

BEVEZETÉS AZ ÁLLATTANBA

Szerkesztette: dr. Molnár Kinga

**dr. Csörgő Tibor
dr. Farkas János
Kis Viktor
dr. Molnár Kinga
dr. Sass Miklós
Szatmári Zsuzsanna
dr. Török Júlia Katalin**

BEVEZETÉS AZ ÁLLATTANBA: Szerkesztette: dr. Molnár Kinga

írta dr. Csörgő Tibor, dr. Farkas János, Kis Viktor, dr. Molnár Kinga, dr. Sass Miklós, Szatmári Zsuzsanna, és dr. Török Júlia Katalin

lektorálták:

dr. Bercsényi Miklós, Pannon Egyetem (1.–14. fejezet)

dr. Csorba Gábor, Magyar Természettudományi Múzeum (15., 31.–37. fejezet)

dr. Köhidai László, Semmelweis Egyetem (2., 17. fejezet)

dr. Merkl Ottó, Magyar Természettudományi Múzeum (15.–33. fejezet)

Szerzői jog © 2012 Eötvös Loránd Tudományegyetem

E könyv kutatási és oktatási célokra szabadon használható. Bármilyen formában való sokszorosítása a jogtulajdonos írásos engedélyéhez kötött.

Készült a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0073 számú, „E-learning természettudományos tartalomfejlesztés az ELTE TTK-n” című projekt keretében. Konzorciumvezető: Eötvös Loránd Tudományegyetem, konzorciumi tagok: ELTE TTK Hallgatói Alapítvány, ITStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Tartalom

Előszó – Az állattan tudományterületei és a könyv felépítése	viii
1. Bevezető az állatok leírásához - (S.M.)	1
1.1. Szimmetriaviszonyok az állatvilágban	1
1.2. A kétoldalian szimmetrikus állatok jellemzésének alapfogalmai	2
1.3. Az állatok testének fő részei és a szervrendszerek	3
1.4. A könyvben használt rövidítések	3
2. Az egysejtűek felépítése - (T.J.)	4
2.1. Testszerveződés és -felépítés alapfogalmai	5
2.2. Egy egysejtű általános felépítése	6
2.2.1. A mozgás	6
2.2.2. A táplálkozás	9
2.2.3. Az ozmoreguláció	10
2.2.4. A szaporodás	10
Összefoglalás	11
3. A többsejtű állatok (Metazoa) - (F.J.)	12
3.1. A meghatározás nehézségei	12
3.2. Mikor és milyen ősekből alakulhattak ki?	12
3.3. A többsejtűség kialakulásának elméletei	12
Összefoglalás	13
4. A szövetség megjelenése - (F.J., M.K.)	15
4.1. Mi a szövet?	15
4.2. Az álszövetség	15
4.3. A szivacsok jellemzése	16
Összefoglalás	18
5. A többsejtű állatok testszerveződése - (K.V., M.K.)	19
5.1. A barázdálódás	19
5.1.1. A barázdálódás rendszertani jelentősége – a Spiralia klád	20
5.2. A bélcsíra képződés	20
5.3. Ahol csak két csíralemez van – a diploblasztikus állatok	21
5.4. Ahol mindhárom csíralemez megjelenik – a triploblasztikus állatok	22
5.4.1. A mezodermális sejtek sorsa	22
5.4.2. A másodlagos testüreg képződése az összjáruaknál	23
5.4.3. Az ízeltlábúak kevert testüree	24
5.4.4. A másodlagos testüreg képződése a gerinchúros újszájúakban	25
5.4.5. A gerincesek testszerveződésének kialakulása	26
Összefoglalás	29
6. A köztakaró (<i>integumentum commune</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	31
6.1. Az összjáru állatok köztakarója – tendenciák	31
6.1.1. A kezdetek – a csalánozók testfala	31
6.1.2. A bőrízomtömlő megjelenése	32
6.1.3. A külső váz megjelenése	36
6.2. Az újszájúak köztakarója – a bőr fogalma és néhány más alapvetés	41
6.2.1. Az alaphelyzet és a változások kezdete – a halak és a kétélűek bőre	42
6.2.2. A szárazföldi élethez való alkalmazkodás eredménye – a hüllők köztakarója	44
6.2.3. Mi emeli a levegőbe a madarakat? – A tollas köztakaró felépítése	45
6.2.4. Egy sikertörténet alapja – az emlősök bőre	47
Összefoglalás	50
7. A vázrendszer (<i>systema scheleti</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M.)	51
7.1. A belső váz bemutatása	51
7.2. A gerinchúrosok tengelyváza	51
7.3. A gerincesek vázrendszere	52
7.3.1. A névadó gerincoszlop	52
7.3.2. A szárazföldre lépés lehetősége – a végtagvázak	57
7.3.3. A gerincesek koponyája	66
Összefoglalás	75

8. A tápcsatorna (<i>apparatus digestorius</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	77
8.1. Az ős- és az újszájasság kérdése	77
8.2. A tápcsatorna tagolódása és a feladatok megosztása az összajúaknál	78
8.2.1. A kezdetek – a kétszakaszos tápcsatorna és feladatai	79
8.2.2. A háromszakaszos bélcsatorna megjelenése	80
8.2.3. Az ízeltlábúak tápcsatornája	81
8.3. Az újszájúak tápcsatornája	83
8.3.1. Az alapszabás	83
8.3.2. Különbségek az ős- és az újszájas állatok tápcsatornájában	85
8.3.3. A részletek – tápcsatorna a halaktól az emlősökig	86
Összefoglalás	93
9. A légzőkészülék (<i>apparatus respiratorius</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	95
9.1. Ahol a gázcsere lebonyolítása még a köztakaró feladata	95
9.2. Az összajúak légzőszervei	96
9.2.1. A kopolytűk és egy tüdő	96
9.2.2. Az ízeltlábúak légzőrendszere	98
9.3. Az újszájúak légzőszervei	99
9.3.1. A víz alatti légzés lehetősége – a kopolytű adottságai	100
9.3.2. A légköri oxigén felvételének lehetősége – a kételtűk és a hullók légzőszerve	100
9.3.3. A madarak különleges légzőszerve és a kettős légzés	103
9.3.4. Az emlősök légzőrendszere	104
Összefoglalás	106
10. A kiválasztó szervrendszer (<i>apparatus uropoetica</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	108
10.1. Néhány alapvetés	108
10.2. Az összajúak kiválasztószervei	109
10.2.1. Az ozmoregulációs szervek	109
10.2.2. A metanephridium típusú kiválasztószervek	109
10.2.3. A rovarok egyedülálló szerve - a Malpighi-edény	112
10.3. A gerinchúrosok kiválasztószervei	112
10.3.1. A gerincesek húgy-ivar szervrendszere (<i>apparatus urogenitalis</i>)	112
Összefoglalás	117
11. Az ivarszervrendszer (<i>systema genitalia</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	118
11.1. Általános jellemzés	118
11.2. A diploblasztikus állatok ivarszervrendszere	119
11.3. A triploblasztikus gerinctelenek ivarszervrendszere	119
11.4. A gerinchúrosok és gerincesek ivarszervrendszere	123
11.4.1. Általános jellemzés	123
11.4.2. A halak és kételtűk ivarszervrendszere	124
11.4.3. A magzatburkosok ivarszervrendszere	126
Összefoglalás	131
12. Keringési rendszer (<i>systema vasorum</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	132
12.1. Ahol nincsen keringési rendszer	133
12.2. Az összajúak keringési rendszerei	133
12.2.1. Fejlett zárt és nyílt rendszerek	133
12.2.2. Nyílt keringési rendszer az ízeltlábúaknál	134
12.3. A gerinchúrosok keringése	135
12.3.1. A kopolytűvel lélegző gerincesek keringése	136
12.3.2. A négy lábú gerincesek keringése	137
Összefoglalás	143
13. Az idegrendszer (<i>systema nervosum</i>) és a hormonrendszer - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	144
13.1. Az összajú állatok idegrendszere	144
13.1.1. A diploblasztikus állatok diffúz idegrendszere	145
13.1.2. A bilateralis összajú állatok idegrendszere	145
13.2. Az újszájú gerinchúrosok és gerincesek idegrendszere	150
13.2.1. Az alapszabás kialakulása	150
13.2.2. A kiegészítő részletek	152
Összefoglalás	162
14. Az érzékszervek (<i>organa sensuum</i>) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)	163

14.1. Az összajú gerinctelenek érzékszervei	163
14.2. A gerincesek érzékszervei	166
14.2.1. Bevezető	166
14.2.2. A bőr, mint érzékszerv	168
14.2.3. A szagló (<i>organum olfactorium</i>) és ízlelő szervek	169
14.2.4. A látószervek (<i>organum visus</i>)	170
14.2.5. Az egyensúlyérző és hallószervek (<i>organum statoacusticum</i>)	174
Összefoglalás	176
15. Az állatok rendszerezésének alapelvei és módjai - (F.J.)	177
15.1. A rendszerezés logikai alapelvei	177
15.2. Az állatrendszertan kategóriái	178
15.3. Nomenklatúrai szabályok	179
15.4. A rendszerezés módjai	180
15.4.1. A filogenetikai rendszertan módszerei	180
15.4.2. A filogenetikus rendszertan	181
15.5. A könyvben használt rendszer	184
16. Filogenetikai bevezető - (T.J.)	187
16.1. Hogyan igazodjunk el az élővilágban? – A rendszerezés alapját jelentő elméletek kialakulása	187
16.2. Az élőlények rendszerezésének alapja	188
16.3. Egy izgalmas időutazás – mikor és hogyan alakult ki az élővilág?	189
17. Az egysejtűek - (T.J.)	197
17.1. Jelentőségük	197
17.2. Életmódjuk	198
17.3. Az egysejtűek rendszerezése	198
17.4. A legfontosabb egysejtű törzsek	199
17.4.1. Galléros ostorosok (Choanozoa) törzse	199
17.4.2. Amóbák (Amoebozoa) törzse	199
17.4.3. Likacsoshéjúak (Foraminifera) és sugárállatkák (Radiolaria) törzse	199
17.4.4. Napállatkák (Heliozoa) törzse	200
17.4.5. Euglenozoa törzs	201
17.4.6. Metamonada törzs	202
17.4.7. Spórások (Sporozoa) törzse	202
17.4.8. Csillós egysejtűek (Ciliophora) törzse	204
18. Álszövetes állatok (Parazoa) alországa - (F.J.)	206
18.1. Korongállatok (Placozoa) törzse	206
18.2. Szivacsok (Porifera) törzse	206
18.2.1. Mészszivacsok (Calcarea) osztálya	207
18.2.2. Üvegszivacsok (Hexactinellida vagy Hyalospongiae) osztálya	207
18.2.3. Kovaszaruszivacsok (Demospongiae) osztálya	207
19. Csalánozók (Cnidaria) törzse - (F.J.)	209
19.1. Általános jellemzésük	209
19.2. A csalánozók rendszertana	210
19.2.1. Hidraállatok (Hydrozoa) osztálya	210
19.2.2. Kehelyállatok (Scyphozoa) osztálya	210
19.2.3. Kockamedúzák (Cubozoa) osztálya	211
19.2.4. Virágállatok és korallak (Anthozoa) osztálya	212
20. Laposférgek (Platyhelminthes) törzse - (T.K.)	214
20.1. Általános jellemzők	214
20.2. Leszármazásuk	214
20.3. Szervezetani jellemzésük	214
20.3.1. Fejlődésmenetük és lárvatípusaik	215
20.4. A laposférgek rendszertana	215
20.4.1. Örvényférgek (Turbellaria) osztálya	215
20.4.2. Galandférgek (Cestodes) osztálya	216
20.4.3. Közvetett fejlődésű metélők (Trematoda vagy Digenea) osztálya	217
21. Puhatestűek (Mollusca) törzse - (M.K.)	219
21.1. Általános jellemzés	219
21.2. Leszármazás	219

21.3. Szervezeti jellemzés	219
21.3.1. Testüregviszonyok	220
21.3.2. Fejlődésmenet, lárvatípusok	220
21.4. A puhatestűek csoportjai	221
21.4.1. Csigák (Gastropoda) osztálya	221
21.4.2. Lábasfejűek (Cephalopoda) osztálya	225
21.4.3. Kagylók (Bivalvia) osztálya	227
22. Gyűrűsféreg (Annelida) törzse	230
22.1. Általános jellemzők - (T.J.)	230
22.2. Leszármazásuk	230
22.3. Szervezeti jellemzésük	230
22.3.1. Testüregviszonyok, szelvényesség	231
22.3.2. Fejlődésmenet, lárvatípusok	232
22.3.3. A gyűrűsféreg rendszere	232
23. Fonálféreg (Nematoda) törzse - (T.K.)	238
23.1. Általános jellemzés	238
23.2. Leszármazás	238
23.3. A fonálféreg testfelépítése	238
23.3.1. Testüregviszonyok	239
23.3.2. Egyedfejlődés	239
23.4. A fonálféreg rendszere	239
24. Karmos féreglábúak (Onychophora) törzse - (Sz.Zs.)	243
24.1. Általános jellemzésük	243
24.2. Szervezeti jellemzésük	243
. Testüregviszonyaik	243
25. Medveállatkák (Tardigrada) törzse - (Sz.Zs.)	245
26. Ízeltlábúak (Arthropoda) törzse - (Sz.Zs.)	246
27. Soklábúak (Myriapoda) altörzse - (Sz.Zs.)	247
28. Csápárgósok (Chelicerata) altörzse - (Sz.Zs.)	248
28.1. Rákszabásúak (Merostomata) osztálya	248
28.2. Pókszabásúak (Arachnida) osztálya	248
29. Rák (Crustacea) altörzse - (Sz.Zs.)	252
29.1. Általános jellemzés	252
29.2. Leszármazásuk	252
29.3. Külső morfológia	252
29.3.1. A rákok végtagjai	252
29.4. A rákok testfelépítése	253
29.5. A rákok rendszere	254
29.5.1. Gályarákok (Remipedia) osztálya	254
29.5.2. Levéllábú rákok (Branchiopoda) osztálya	254
29.5.3. Állkapcsilábú rákok (Maxillopoda) osztálya	255
29.5.4. Felsőbbrendű rákok (Malacostraca) osztálya	255
30. Hatlábúak (Hexapoda) altörzse - (F.J.)	259
30.1. Bemutatók	259
30.2. A rovarok testfelépítése	260
30.3. A hatlábúak rendszerének bemutatása	260
30.4. A rovarok posztembrionális fejlődésének típusai	261
30.5. A szárnytípusok alakulása	263
30.6. A hatlábúak rendszere	263
30.6.1. Nem valódi rovarok (Parainsecta) osztálya	263
30.6.2. Rovarak (Insecta) osztálya	264
31. Gerinchúrosok (Chordata) törzse - (M.K.)	279
31.1. A gerinchúrosok csoportjai és származásuk	279
31.2. A gerinchúrosok alapvető vonásai	279
32. Zsákállatok (Tunicata) altörzse - (M.K.)	280
32.1. Általános jellemzés	280
33. Fejgerinchúrosok (Cephalochordata) altörzse - (M.K.)	282
33.1. Jelentőségük	282

33.2. Szervezeti bemutatásuk	282
34. A halak (Pisces) - (S.M.)	284
34.1. A testfelépítés általános jellemzése	284
34.2. Rokonsági viszonyaik	284
34.3. Szervezeti jellemzésük	285
34.3.1. Az úszóhólyag (<i>vesica natatoria</i>)	286
34.4. A „halak” rendszerezése és néhány jellemző faj bemutatása	286
34.4.1. A porcos halak (Chondrichthyes) osztálya	286
34.4.2. A tüdőhalak (Dipneusti) osztálya	291
34.4.3. A bojtosúszós halak (Crossopterygii) osztálya	291
34.4.4. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztálya	292
35. A kétélűek osztálya (Amphibia) - (S.M.)	300
35.1. Általános jellemzésük	300
35.2. Rokonsági viszonyaik	300
35.3. Külső morfológiájuk	301
35.4. Szervezeti jellemzésük	301
35.5. A kétélűek rendszere	302
36. A hüllők (Reptilia) - (F.J.)	307
36.1. Rokonsági viszonyok	307
36.2. Szervezeti jellemzésük	307
36.3. A dinoszauruszok	308
36.4. A ma élő (recens) hüllők rendszere	308
36.4.1. Halántékablak nélküliek (Anapsida) osztálya	309
36.4.2. A kettős halántékablakúak (Diapsida) osztálya	311
37. A madarak (Aves) osztálya - (Cs.T.)	319
37.1. Jelentőségük	319
37.2. Általános jellemzésük	319
37.3. Szervezeti bemutatásuk	319
37.3.1. A madarak repülése	320
37.4. Származási viszonyaik	322
37.5. A madarak rendszertana	324
37.5.1. A futómadár-szabásúak (Paleognathae) alosztálya	324
37.5.2. Újmadár-szabásúak (Neognathae) alosztálya	325
38. Az emlősök (Mammalia) osztálya - (F. J.)	338
38.1. Általános jellemzésük	338
38.2. Leszármazásuk	338
38.3. Szervezeti bemutatásuk	339
38.4. Az emlősök rendszere	340
38.4.1. Tojásrakó emlősök (Prototheria) alosztálya	340
38.4.2. Theria alosztály	341
A. A nem saját ábrák forrásai	370
Ajánlott irodalom	386

Előszó – Az állattan tudományterületei és a könyv felépítése



Az élettudományon (biológia) belül az állattan (zoológia) az a tudományterület, amely az állatokkal és az állatok közösségeivel foglalkozik. (Érdemes megemlíteni, hogy hazánkban – helytelenül – elterjedt az az értelmezés, hogy a zoológia csupán a rendszertani-ökológiai tudományágakat foglalja magába.) A zoológián belül számos, speciális ismereteket összefoglaló tudományágat különböztetünk meg. Ezek a következők:

1. **Alaktan (morfológia) vagy bonctan (anatómia)**
2. **Rendszertan (taxonómia vagy szisztematika)**
3. Élettan (fiziológia)
4. Viselkedéstan (etológia)
5. Egyedfejlődéstan (ontogenetika)
6. Törzsfjlődéstan (filogenetika)
7. Környezetan (ökológia)
8. Állatföldrajz (zoogeográfia)
9. Ősállattan (paleozoológia)
10. Alkalmazott állattan
 - Orvosi, járványügyi
 - Mezőgazdasági
 - Halászati
 - Vadászati
 - Erdészeti állattan

A jelen könyv anyaga elsősorban az alapvető anatómiai és a rendszertani ismereteket foglalja össze, de számos helyen teszünk fontos utalásokat az állatok fejlődésére, viselkedésére, szaporodására, gazdasági jelentőségére és az elterjedésére, környezeti szerepére vonatkozóan. Az itt ismertetett tudáskincs feltétlenül szükséges ahhoz, hogy az egyes tudományágak anyagát tárgyaló (későbbi) tantárgyak és tankönyvek érthetők, követhetők, tanulhatók legyenek.

A zoológiai kutatások jelentőségét azok célja határozza meg, ennek alapján számos megközelítést ismerünk a mai zoológián belül:

1. *Alapkutatások; az állatok szervezetének, működésének, molekuláris szerveződésének és szabályozásának minél alaposabb megismerése*
2. *Orvosi kutatások, állatkísérletek*
3. *Biológiailag aktív anyagok keresése*

4. *Parazita állatok biológiája*
5. *Parazitákat terjesztő (vektor) állatok biológiája*
6. *Táplálékforrásként szereplő állatok biológiája*
7. *Állattenyésztés*
8. *Mező- és erdőgazdasági haszonállatok tanulmányozása*
9. *Kártevők elleni védekezés céljából zajló kutatások*

Az alaktan (morfológia) tudományterületei:

1. *Promorfológia*
2. *Egyedfejlődéstan*
3. *Sejttan (citológia)*
4. *Szövettan (hisztológia)*
5. *Szervtan (organológia)*

A morfológián belül alkalmazott megközelítési módok:

1. *Tipológia: egy állatcsoport anatómiai sajátosságainak bemutatása egy példaállaton (fajon) keresztül.*
2. *Összehasonlító szervezettan (komparatív anatómia): az azonos működést ellátó szervek, szervrendszerek bemutatása az egyre fejlettebb állatcsoportok esetében.*

A rendszertan tudományterületei:

1. *Taxonómia: az elnevezésekkel és a kategorizálásokkal foglalkozik.*
2. *Szisztematika: az élőlények rokonsági viszonyaival foglalkozó, oknyomozó tudományág.*

(Ezekről részletesebben l. a 15. fejezetet.)

Könyvünk a későbbi tanulmányok szempontjából legfontosabbnak tartott állatcsoportokat mutatja be egy-egy kiragadott példacsoport vagy faj jellemzésén keresztül. A választást nyilvánvalóan befolyásolta földrajzi környezetünk, valamint a gyakorlati oktatásban hozzáférhető állatok előfordulása és beszerzési lehetőségei. A közölt leírások érthetősége és megalapozása érdekében az ismeretanyagot két részre választottuk szét: az 1.–14. fejezet az anatómiai vonatkozásokat tartalmazza, míg a 15.–38. fejezet a csoportokat tárgyalja, az általunk összeállított rendszer szerint.

Az első 14 rész rávilágít az állatvilág sokszínűségére, amennyiben sejteti, hogy az élőhely által felvetett problémák megoldásához milyen felépítésű és működésű szervek szükségesek és alkalmasak, s hogy ugyanazon kihívásra többféle válasz is születhet. Hogy ezek között vannak emberi szemmel nézve tökéletesebbek, az a rendszerezési szempontokban minden bizonnyal megnyilvánul. Az élővilág azonban nem tud ezekről a szempontokról, így az állatok szervezetének alakulásában elsődlegesen a környezethez történő alkalmazkodás játszik szerepet, amelyet mi nem egyszer visszalépésnek, vagy egyszerűsödésnek látunk (l. Mesozoa vagy Placozoa csoport). Ez a jelenség igencsak megnehezíti bizonyos csoportok rendszertani helyzetének megítélését, ami az egyes iskolák által használt rendszerekben eltérő besorolást eredményez. Az ilyen bizonytalanságok körülbekintő bemutatása nem célunk, ezek későbbi megértésének csupán a megalapozására vállalkozhatunk! A könyvünk második részében alkalmazott rendszer tehát összességében egy hagyományos szisztéma, a legújabb tudományos eredményeket csak részben tükrözi.

A könyv 16.–38. fejezetében ismertett állatcsoportok részletes megismeréséhez az első rész ismeretanyaga is szükséges, azaz a két rész kiegészíti egymást! Ennek alapján azt javasoljuk, hogy az egyes részek olvasása közben az Olvasó feltétlen „lapozzon” előre vagy vissza a csoportok jellemzéséhez, illetve a leírásban éppen szereplő szerv vagy szervrendszer előző fejezetekben szereplő részletesebb anatómiai bemutatásához. Ezt a lapozást a legtöbb helyen linkkel segítjük, de mivel minden állításunk alapjaihoz nem volt alkalmunk könyvjelzőt tenni, az Olvasó ezirányú szorgalmára (a „keresés” funkció használatára) feltétlenül számítunk.

A könyv egy munkaközösség évtizedes együttműködésének eredményeként született, azt az Eötvös Loránd Tudományegyetem két tanszékének – az Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai, valamint az Állatrendszertani és Ökológiai tanszékének – munkatársai állították össze. A rajzok forrásmunkák alapján készített saját alkotások. A fotók egy része szintén saját felvétel, más része régi könyvekből vagy a világhálóról származó, szabad felhasználású fotó (lejáró védettséggel vagy olyan megkötéssel, amely csak a szerző adatainak közlését írja elő). A külső forrásból

származó képanyag eredetét minden esetben feltüntettük, a két tanszékről származókat csak akkor, ha annak alkotója nem szerzője a könyvnek. Az ábrákhoz tartozó forrásokat a könyv végén listáztuk. Elektronikus könyvről lévén szó, ahol az ábra beillesztését nem tudtuk szabad felhasználással biztosítani, ott linkkel jeleztük azt a honlapot, ahol az Olvasó megtalálhatja az illusztrációt. Ezek a könyv végén egy listába gyűjtve találhatók.

Bízunk benne, hogy könyvünket a vizsgára készülő hallgatók haszonnal „forgatják” majd, s aki csak érdeklődésből „lapoz” bele, az is sok érdekes ismerettel találkozhat majd.

Budapest, 2012. június 30.

A szerzők

1. fejezet - Bevezető az állatok leírásához - (S.M.)

Ebben a fejezetben alapfogalmakat veszünk sorra, amelyek meghatározása és egyeztetése fontos lépés, mivel az állatok leírása, bemutatása csak a szaknyelvben elfogadott és pontosan használt fogalmakkal egyértelmű és közérthető. E fogalmakat könyvünkben rendszeresen használni fogjuk, tehát megtanulásuk és készség szintű használatuk előfeltétele a későbbi leírások megértésének.

1.1. Szimmetriaviszonyok az állatvilágban

A **promorfológia** az állati test tengely- és szimmetriaviszonyaival foglalkozik. A következő kérdésekre keresi választ: 1) hány **szimmetriasík** fektethető keresztül az állat testén, 2) van-e az állatnak **főtengelye**, 3) a **melléktengelyek** milyen viszonyban vannak egymással és a főtengellyel.

Szimmetriasíknak mondunk minden olyan síkot, mely a testet olyan két részre tagolja, amelyek egymásnak tükörképei. **Szimmetriatengelynek** nevezzük azt a képzelt, mozdulatlan egyenest, amely körül elforgatva a testet az eredeti objektummal azonos (fedésbe hozható) alakzatot kapunk.

Mindezek alapján a következő fő típusokat különböztetjük meg (1.1. ábra):

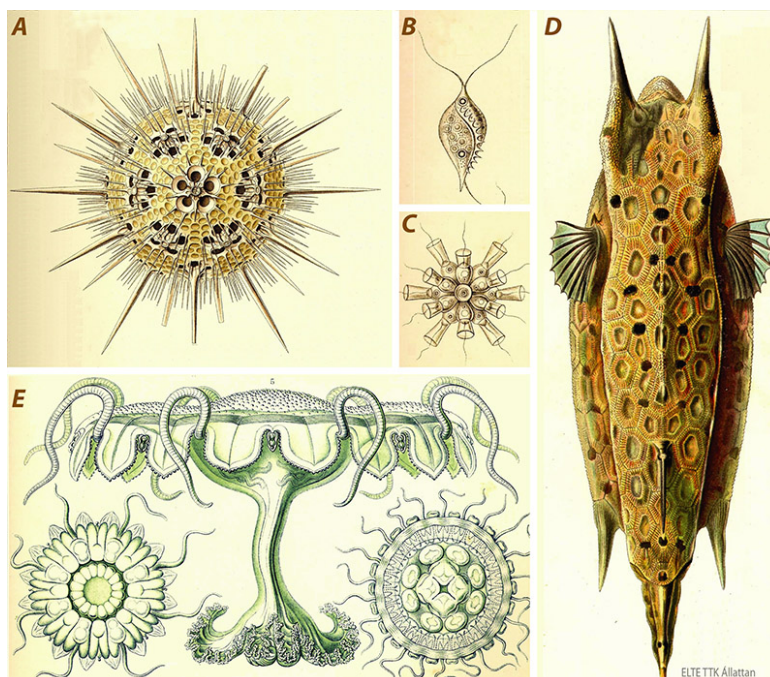
Szabálytalan forma (anaxonia): nincs szimmetriasík (amoeba, telepes szivacsok).

Gömb alapforma (homaxonia): a test gömb alakú, azaz a szimmetriasíkok száma tetszőleges. Ilyenek a vízben lebegő egysejtűek (napálatkák, Radiolaria).

Egytengelyűség (monaxonia): a testnek egy főtengelye van, amelyen tetszőleges számú szimmetriasík fektethető (ostorosok, *Opalina*- és *Euglena*-fajok).

Sugaras (radiális) **szimmetria**: a testnek egy főtengelye van, a szervek a főtengely körül sugárirányban helyezkednek el. A sugarak száma 3, 4, 5, 6 és 8 lehet. Főként az aljzathoz rögzült állatokban fordul elő (csalánozók, Cnidaria).

Kétoldali (bilaterális) **szimmetria**: a legtöbb állatfaj ide tartozik. Azokra a fajokra jellemző, amelyek az aljzaton egy irányban mozognak, tehát a legtöbb inger egy irányból éri őket. A bilaterális szimmetria nem vonatkozik a belső szervek felépítésére és elrendezésére!



1.1. ábra. Szimmetriaviszonyok az állatvilágban: A) gömb alapforma (sugárállatkák), B–C) egytengelyűség (ostorosok), D) sugaras szimmetria (csillós egysejtűek, csálánózók), D) kétoldali szimmetria (gerincesek)

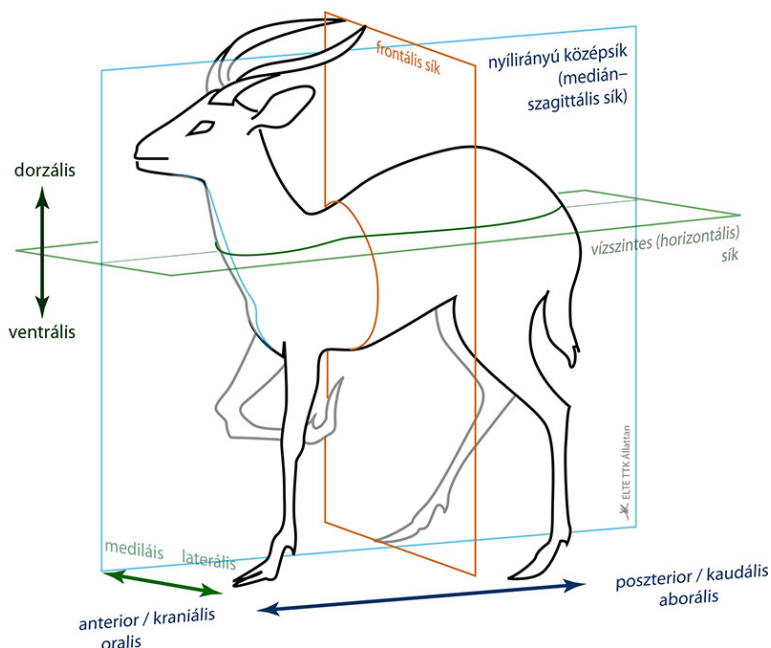
1.2. A kétoldalian szimmetrikus állatok jellemzésének alapfogalmai

A legtöbb állat testét egy **nyílrányú középsík** (*median–sagittalis* sík) két közel azonos felépítésű **jobb** (*dexter*) és **bal** (*sinister*) félre osztja. Ha az ilyen irányú metszés nem a középsíkban fut, akkor a nyílrányú síkkal párhuzamos (*parasagittalis*) síkról beszélünk. Ha egy sík, vagy szerv a középsíkhöz közelebb esik, akkor az **mediális** (*medialis*) helyzetű a középsíktól távolabb eső, **laterális** (*lateralis*) elhelyezkedésű struktúrákhoz képest.

Az állat testét egy **vízszintes** (*horizontalis*) síkkal egy **háti, dorzális** (*dorsalis*) és egy **hasi, ventrális** (*ventralis*) helyzetű részre lehet tagolni. Egy harmadik, a hossz tengelyre merőleges, transzverzális (*transversalis*) síkkal a testet egy **elülső** (*anterior*) és egy **hátsó** (*posterior*) részre oszthatjuk. Ezt a síkot frontálisnak (*frontalis*) is nevezik, mert (ha van ilyen, akkor) a homlok (*frons*) síkjával megegyező helyzetű a négy lábú állatokban.

Az elülső testvéget gyakran **fejnek** (**kranialis**, *cranialis*), a hátsót „farki”-nak (**kaudális**, *caudalis*) említjük, de találkozhatunk a **szájfelőli** (**orális**, *oralis*) és a **szájnyílással ellentétes** (**aborális**, *aboralis*) elnevezésekkel is. Egy szervnek a középsíkhöz közelebb eső részét **proximálisnak** (*proximalis*), a távolabbit **disztálisnak** (*distalis*) nevezzük. Emberben az álló testhelyzet miatt kicsit mások a viszonyok (itt a frontális sík a horizontálissal egyezik), de az elnevezések azonosak, így azok használatával a félreértések elkerülhetők.

A kétoldalian szimmetrikus állatok leírásánál használt síkokat és irányokat az 1.2. ábra mutatja be.



1.2. ábra. A kétoldalian részarányos állatok jellemzésére használt síkok és elnevezésük

A promorfológia tárgyához tartozik a **szelvényesség** (metaméria, *metameria*) kérdésköre, amikor a törzs olyan kisebb részekre tagolódik, amely részekben egyes szervek megismétlődnek. Két alaptípusa van. Az **egyenemű szelvényesség** (homonom metaméria) esetén minden szelvény hasonló, ugyanazokat a szerveket tartalmazza. Ez az ősi típus. A **különnemű szelvényességnél** (heteronom metaméria) eltérő morfológiájú és funkciójú szelvények jönnek létre. Nagyobb specializációt és adaptációt tesz lehetővé, s az, hogy melyik fajnál melyik típust találjuk, az az életmód függvénye (l. 22.3.1. fejezet).

1.3. Az állatok testének fő részei és a szervrendszerek

A kétoldalian szimmetrikus állatok testének fő részei a következők: **fej** (*caput*), **nyak** (*cervix*), **törzs** (*truncus* = mellkas (*thorax*) és has (*abdomen*)), **farok** (*cauda*) és **végtagok** (*extremities*). Ezek mindegyike nem feltétlen jelenik meg minden állatnál.

A **soksejtű, valódi szövetes állatok** szervezetét szervek, illetve ezek együttese alkotják. A **szerv** (*organum*) az a szöveti egység, amelynek önálló formája, alakja van, kiboncolható a test többi része közül és önálló működéssel, szabályozással rendelkezik. Minden szerv **szövetekből** épül fel, van egy jellemző, ún. főszöve, és vannak mellékszövevei. A szervek felépítése a funkciós állapotuknak megfelelően változik.

Ha egy szervegyüttes az egész szervezetben szétterjed, akkor **szervrendszer**ről (*systema*) beszélünk. Ha a szervek a közös élettani működés miatt nagyobb egységet alkotnak, akkor együttesüknek **készülék** (*apparatus*) a neve.

Az **állatok** szervezetének **szervrendszerei és készülékei** a következők:

1. köztakaró (*integumentum commune* vagy *integumentum tenue*)
2. vázrendszer (*systema skeleti*)
3. izomrendszer (*systema musculorum*)
4. emésztőkészülék (*apparatus digestorius*)
5. légzőkészülék (*apparatus respiratorius*)
6. húgyivarkészülék (*apparatus urogenitalis*)
7. keringési rendszer (*systema vasorum*)
8. belső elválasztású szervek (*glandulae sine ductibus*)
9. idegrendszer (*systema nervosum*)
10. érzékszervek (*organa sensuum*).

1.4. A könyvben használt rövidítések

A morfológiai leírások során használt tudományos neveket esetenként rövidítésekkel használjuk. Értelmezésük a következő:

- a. = *arteria* (verőér), többesszámának rövidítése: aa.
- ggl. = *ganglion* (idegdúc)
- gl. = *glandula* (mirigy)
- m. = *musculus* (izom), többesszámának rövidítése mm.
- n. = *nervus* (ideg), többesszámának rövidítése: nn.
- sp. = *species* (faj), többesszámának rövidítése: spp.
- v. = *vena* (visszér), többesszámának rövidítése: vv.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mivel foglalkozik a promorfológia?
2. Értelmezze a következő fogalmakat: gömb szimmetria, egytengelyűség, sugaras és kétoldali szimmetria. Mindegyikre mondjon példát is!
3. Nevezze meg és mutassa be azokat a fő síkokat és irányokat, amelyeket egy bilaterális szimmetriájú állat leírásánál használunk!
4. Mit nevezünk szervrendszernek és készüléknek? Sorolja fel a valódi szövetes állatok szervrendszereit illetve készülékeit!

2. fejezet - Az egysejtűek felépítése - (T.J.)

Egysejtűnek vagy *protozoon*nak nevezzük mindazokat az **eukarióta** élőlényeket, amelyek **nem tartoznak az állatok, a gombák, a növények vagy a színes moszatok közé**. Az ezredfordulóig Protozoa néven egységes rendszertani csoportként (hol törzsként, hol országgént) tárgyalták őket, mára azonban ez a felfogás a molekuláris filogenetikai eredmények tükrében teljesen elavult, a Protozoa csupán gyűjtőnévként alkalmazható azokra az eukarióta élőlényekre, amelyek **zömében heterotróf** táplálkozásúak és elsődlegesen egyetlen sejtből állnak.

Az „egysejtű” fogalomnak a taxonómiai mellett egy másik lehetséges értelmezése, ha szerveződési szintként tekintjük: az egysejtűeknek tekintett élőlények egyetlen sejtből állnak, bár némelyek fejlődésmenetük bizonyos szakaszában vagy pedig állandóan telepet, kolóniát képeznek. A telepek legváltozatosabb megjelenési formáit a gombák, a növények és a színes moszatok országában találjuk. Az első kettőbe ugyan számos egysejtű élőlény is tartozik, de ezeket egyértelmű evolúciós leszármazási kapcsolataik miatt nem tekintjük protozoonnak. A harmadik értelmezési lehetőség keretében az egysejtű kládokat, azaz leszármazási utakat vizsgálhatjuk. Egy klád valamely őst és annak minden leszármazottját tartalmazó élőlénycsoport, kladisztikai szakkifejezéssel élve monofiletikus csoport.

Az egysejtűek többnyire a mikroszkopikus mérettartományba tartoznak, bár némelyek szabad szemmel is észlelhetők.

A legkisebb eukarióták megismerése már a XXI. század vívmánya. Míg korábban egyes sejtparazitákat tartottak 1 µm-nyi mérettel a legkisebbnek, ma már tudjuk, hogy a természetes vizekben előfordulnak nagyjából 0,8 µm-nyi méretű egysejtűek is. A legtöbb egysejtű azonban a 20–300 µm mérettartományban van. A legnagyobbak közé tartoznak bizonyos szabadszemmel már észlelhető csillós egysejtűek (pl. a 3–4 mm-re megnövő csigaszájú csillós (Spirostomum ambiguum), vagy a kinyújtózva 1–1,5 mm kék kürtállatka (Stentor coeruleus), de a ma élő tengeri likacsoshéjúak némely képviselője a centiméteres nagyságrendbe tartozik, az ásatag fajok között pedig 12 cm-es átmérőjű fajt is leírtak. A nagyméretű foraminiferák többmagvúak, csakúgy, mint a több négyzetcentiméternyi kiterjedést elérő nyálkagomba plazmódiumok, amelyek voltaképp a legnagyobb méretű egysejtűeknek tekinthetők.

E méretbeli tulajdonságaik miatt tanulmányozásuk eredményessége még fokozottabban kötődik a mikroszkópos, citológiai és molekuláris biológiai technikák és módszerek fejlődéséhez, mint az állatvilágé. Az egysejtűek megismerését lehetővé tevő legfontosabb technikák és módszerek felsorolása az I. táblázatban olvasható.

1. táblázat. Mérföldkövek az egysejtűkutatásban

Mikroszkopizálás elterjedése:	Különbféle mikroszkopikus élőlények első felismerése, mikroszkóppal észlelhető sejtalkotók felismerése: különféle vázak, sejthártya, endo- és ektoplazma, sejtmag, kromatin állomány, lüktető üröcske, emésztő üröcske tanulmányozása
Különböző festési eljárások:	Egyes sejtszervecskék láthatóvá tétele
Különbféle megvilágítási eljárások alkalmazása (sötétlátótér, polarizáció, fáziskontraszt, differenciál interferencia kontraszt (DIC)):	Részletgazdagabb képek alapján a morfológia pontosabb megismerése festés nélkül, <i>in vivo</i>
Pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkóp használata:	Ultrastruktúra tanulmányozása, a sejtfelszín és a sejtalkotók (pl. sejthártya, endoplazmatikus retikulum, Golgi-készülék, sejtmag) behatóbb megismerése
Fluoreszcens mikroszkópia:	Sejtszámlálás során a legkisebb eukarióták láthatóvá tétele, pl. a nyílt vizek és üledékek egysejtűinek vizsgálatakor; először tett lehetővé pontos egyedszám becslést
Fluoreszcens <i>in situ</i> hibridizáció:	A fluoreszcens mikroszkópia segítségével végzett eljárás sejtalkotók vizsgálatára, különféle speciális jelölésekkel
Modern biokémiai, immunológiai és citológiai vizsgálati módszerek:	Az egysejtűek molekuláris szintig történő megismerése

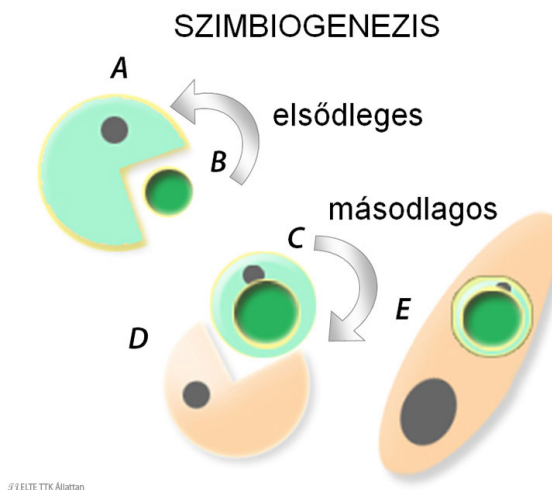
Molekuláris filogenetikai technikák:	DNS és fehérje alapú törzsfák készítésének lehetősége
--------------------------------------	---

Az egysejtűeket vizsgáló tudományág a **protozoológia**. Hagyományosan a protozoológusok az amőbák, a különféle szintelen ostoros egysejtűek, a csillósok és a spórás egysejtűek kutatói. Bizonyos egysejtűek tanulmányozása történeti okok miatt más tudományterületeken történik. Így az ostoros egysejtűek fotoszintetizáló képviselőit az algológusok vizsgálják, csakúgy, mint például a kovaalgákat vagy a zöldalgákat, holott előbbiek filogenetikailag különféle protozoonok rokonai, utóbbiak a színes moszatok és a növények közé tartoznak. A protozoológiától némiképp eltér a **protisztológia** vizsgálódási köre: valamennyi egysejtű szervezet, filogenetikai rokonságra való tekintet nélkül a protisztológia „felségterülete”. Miután a protozoológia sem monofiletikus csoportot vizsgál, ésszerű az a nemzetközi törekvés, hogy a tudományterületet mind több helyen protisztológia néven illettik a korábbi protozoológia helyett. Tehát, ha tágabb értelemben valamennyi egysejtű eukariótáról van szó, akkor a **protisza** megjelölés helyes. A kimondottan heterotróf egysejtűek, amelyek ebben a fejezetben kerülnek bemutatásra, a szűkebb értelmezési körbe, a **Protozoába** tartoznak. Hagyományosan a mikológusok (mikrogomba szakértők) területe a nyálkagombák, amelyek egyes amőbák közeli rokonai, így maguk is protiszták. A mikropaleontológia fontos vizsgálati objektumai a likacsoshéjúak (foraminiferák), amely az egyik legbehatóbban tanulmányozott protozoon csoport. Számos parazitológus szakterülete valamely állati vagy humán protozoon kórokozó.

2.1. Testszerveződés és -felépítés alapfogalmai

Az egysejtűek eukarióták. A testszerveződés megértéséhez az **endoszimbionta elmélet** ismerete és **sejtbiológiai alapismeretek** szükségesek. Az endoszimbionta elmélet lényege röviden az, hogy az eukarióta sejt egyes sejtszervecskéi (mitokondrium és kloroplasztisz) bekebelezett prokarióta sejtekből alakultak ki. (Az elmélet a sejtmag és az endomembrán rendszerek eredetét nem magyarázza.)

Elsődleges szimbiogenezis során a bekebelezett sejt prokarióta volt: valószínűleg ősi alfa-proteobaktériumból ered a mitokondrium, míg a kloroplasztisz egy cianobaktériumból. Másodlagos szimbiogenezisről akkor beszélünk, ha a bekebelezett sejt autotróf eukarióta volt, amely tehát már plasztiszként tartalmazta a prokariótát: ilyen például az euglenozoák plasztisza (2.1. ábra).

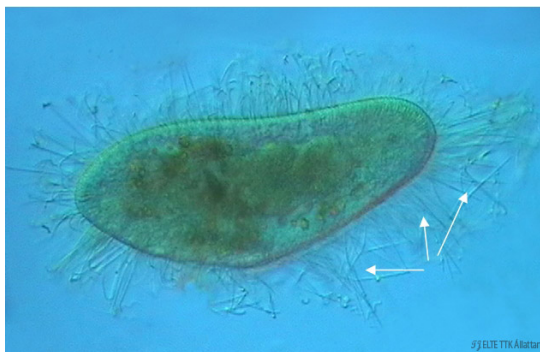


2.1. ábra. Az elsődleges és a másodlagos szimbiogenezis lépései: A) ősi eukarióta sejt, B) cianobaktérium, C) eukarióta alga, D) heterotróf eukarióta, E) eukarióta alga felvételével autotróffá váló egysejtű, pl. *Euglena*

Az eukarióta sejtre általánosan jellemző, **univerzális sejtszervecskék**, **organellumok** a következők: 1. minden sejtben van: sejtmag; 2. a legtöbb egysejtűben jól fejlett endoplazmatikus retikulum, Golgi-készülék, lizoszómák és mitokondriumok találhatóak, egyeseknél azonban ezek kevésbé fejlettek. Mellettük van néhány speciális szervecske, amely többsejtűekben nem fordul elő: ezek szerepe általában analóg valamely, a többsejtűekben is jelenlevő szervecskével, néhány azonban teljesen egyedi feladatot tölt be. Ilyen **speciális organellumok** a következők:

- Az álmókórostorosok (Trypanosomatidae) **glikoszómái**: a glikolízis enzimrendszerét tartalmazzák, bizonyos életszakaszban nem a citoplazmában, hanem ebben az organellumban zajlik a glükóz oxidációja.

- A **lüktető üröcske** komplex az ozmoregulációt végzi, eltávolítja a citoplazmából a túlzott mennyiségű vizet, amely a táplálékkal és a sejthártyán át a sejtbe kerül.
- A **hidrogenoszómák**¹ a mitokondriumokkal rokon, membránnal határolt sejtszervecskék, amelyek különféle anaerób csoportoknál fordulnak elő (pl. egyes ostorosok: pl. *Trichomonas*, egyes csillósok²). A hidrogenoszómákban ATP termelés mellett molekuláris hidrogén szabadul fel, amely az ostorosokból szabadon távozik, a csillósokban szimbióta baktériumok metán képzésével energiát nyerve hasznosíthatják.
- Az **extruszómák** egysejtűekre jellemző, membrán által határolt speciális organellek, rendszerint a sejthártya alatt helyezkednek el, tartalmukat különböző (fizikai, kémiai) ingerek hatására exocitózissal a környezetbe bocsájtják. A belsejükben tárolt anyag természete és szerepe, valamint a kilövés módja szerint több fajtájuk ismeretes (pl. a papucsállatkák trichocisztái, 2.2. ábra). Csillósokon kívül több más egysejtű csoportban, pl. napállatkákban (Heliozoa) is megtalálhatók.



2.2. ábra. Speciális organellek egysejtűekben: trichociszták papucsállatkákban (fehér nyilak jelzik)

2.2. Egy egysejtű általános felépítése

A **sejthártya** (plazmamembrán) lipid kettős réteg intramembrán fehérjékkel, külső felszínén található a **sejtköpeny** (*glycocalix*). Ez összetett cukrokból (poli- és oligoszaccharidokból) álló, fajra (állatokban sejttípusra) jellemző összetételű külső burok, amelynek szerepe a védelem és a kommunikáció (l. glikoprotein receptorok). Az ilyen típusú marker molekulák például egy állati parazitánál a gerinces gazdaszervezet szempontjából antigénként viselkednek, a szabadon élő csillósok között pedig a partner megtalálását segítik elő az ivaros folyamat során. A **citoplazma** fénymikroszkóppal nézve sok egysejtűnél két, jól láthatóan különböző részre különül (l. 2.4.D ábra). A **cortex** vagy **ektoplazma** a plazmamembrán belső felszíne alatti, sejtvázelemekben (elsősorban aktinban) gazdag, fajra jellemző vastagságú réteg. Ez adja a sejt alakját, felelős a sejt mozgásáért és szabályozza a táplálékfelvétellel (exo- és endocitózis) kapcsolatos mozgásokat. Az **endoplazma** az ektoplazmán belüli, szemcsés kinézetű citoplazma rész, itt foglalnak helyet a mikroszkóppal is látható nagyobb sejtszervecskék, mint a sejtmag, az emésztőüröcskék, a lüktető üröcskék stb.

A heterotróf egysejtűek életműködései analógok az állatokéval, tehát a mozgás, táplálkozás, légzés, kiválasztás, szaporodás, ingerlékenység témaköröket náluk is érdemes áttekinteni.

2.2.1. A mozgás

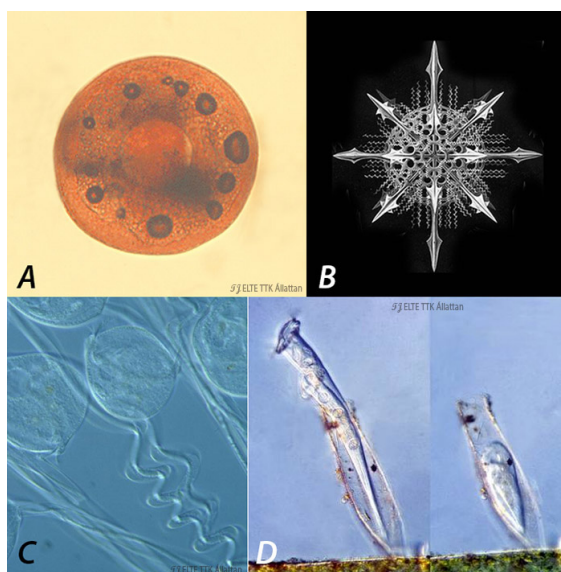
A szabadon élő egysejtűek egyes csoportjainál nincsen aktív helyváltoztatást elősegítő sejtszervecske, ezek csak **lebegni** képesek. A helyváltoztatás passzív módon történik, például a sugárállatkáknál és a napállatkák többségénél. A lebegést elősegíthetik olajcseppek, gázvakuólák, felületnövelő vázképződmények. Sok egysejtű képes **helyzetváltoztatásra**, de nem tud aktívan helyet változtatni, pl. arrébb kúszni. Helytülő csillós egysejtűeknél a sejtkontrakció során az egész sejt hirtelen összehúzódik, hossza a nyugalmi (relaxált) állapothoz képest akár a negyedére zsugorodik (2.3. ábra).

Összehúzódáskor a cortexben található sejtizmok (*myonemák*) gyors kontrakcióra képesek a környező endoplazmatikus retikulumból származó Ca^{2+} -ionok hatására. Elernyedéskor a csillók alapi (bazális) testjeinél

¹ A hidrogenoszómát Müller Miklós magyar protozoológus fedezte fel 1973-ban.

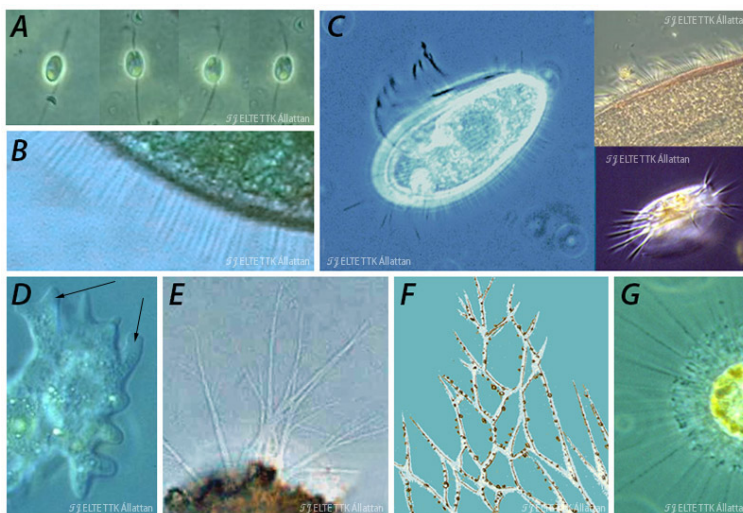
²<http://www.nature.com/nature/journal/v396/n6711/images/396527aa.eps.2.gif>

eredő, hátrafelé húzódó mikrotubulus kötegek ATP felhasználása közben aktívan, dinein karok segítségével elcsúsznak egymás mellett.



2.3. ábra. Lebegő és helytülő egysejtűek. A) Házas amőba gázvacuolákkal lebeg. B) A sugárállatkák állandóan lebegnek a tenger nyílt vizében, C) telepes harangállatka faj nyelei kinyújtott és dugóhúzó alakban kontrahált sejtizommal, D) helytülő csillós, ingerre a sejt összehúzódik (bal oldali kép), majd ismét kinyújtózik (jobb oldali kép)

Az **aktív helyváltoztatás** ostorral, csillóval, állábbal és csúszva lehetséges. Az **ostor** és a **csilló** alapfelépítése azonos: alapi (vagy bazális) test és axonéma (csilló- vagy ostorszál) alkotja. Az ostor axonémája hosszú és ostorból rendszerint kevés van. A csilló axonémája rövid, mindig nagyon sok (több ezer) van belőle (2.4. ábra). A két struktúra alapfelépítése és működési elve azonos. Csillóval csak a csillós egysejtűek csoportja (Ciliophora) rendelkezik az egysejtűek körében. Minden más egysejtű csoportnál ostorról beszélünk.



2.4. ábra. Az aktív mozgás formái egysejtűeknél: A) ostoros egysejtű ostorai különböző mozgásfázisokban, B) csillós egysejtű, számtalan apró csillóval a sejt felszínén, C) a hatékony vízáramlásra módosult különféle szinciliumok, D) lebegő álláb, E) fonális álláb, F) hálózatos álláb, G) tengelyláb (a D képen fekete nyilak a citoplazma szemcsementes, ektoplazma nevű részére mutatnak)

Ostoros egysejtűek a legkülönbözőbb törzsekben vannak (pl. galléros ostorosok, Trypanosoma és Trichomonas fajok, különböző amőboid egysejtűek ostoros rajzói, stb.). Jellemző az alapi test elhelyezkedése (pl. a sejt csúcsi vagy hátsó részén ered), az axonéma iránya (előre vagy hátrafelé nyúlik), a lecsapás módja (síkban, uniplanárisan vagy térben, helikálisan történik). A hátul eredő ostort viselő fajknál az alapi testből indul ki egy szinuszos hullám (pl. galléros ostorosok). Ahol az ostor a sejt csúcsán ered, ott az ostor csúcsáról indul ki a szinuszos hullám, az

egysejtű mindkét esetben előre halad. Apró pillák boríthatják az ostort, terelőlapátként befolyásolva az úszásirányt. A csillók csillósorokba rendeződnek (kinéta) a sejt felszínén, az alapi testeket sejtvázelemekből álló rostrendszer köti össze, szabályos rendben. A csilló működése során inger hatására a csilló tövéénél kalcium-ioncsatornákon keresztül Ca^{2+} -beáramlás történik, ez indítja el a lecsapást. Az egyenletes úszás egyik előfeltétele a metakronia: egy csillósorban a csillók ütegekben működnek és egy ütegen belül az egymást követő csillók aktív lecsapása kis időbeli késéssel követi egymást. Ennek hiányában a mozgás rángatózó, vagy szaggatott lenne. A szabadon élő csillósok zömére az antiplektikus metakronia jellemző, ahol a lecsapás a haladási iránnyal ellentétes irányba történik³. A csillókkal és ostorral keltett vízáramlatoknak a mozgáson kívül meghatározó szerepe van a táplálékszerzésben is (2.4. ábra).

Állábbal (pszeudopódium) az amöboid egysejtűek mozognak, mindenkor alzat szükséges hozzá. Ha az amöboid nem az alzaton, hanem a vízterben van, akkor ún. lebegő alakot vesz fel, ami jelentősen eltér az alzaton megfigyelhetőtől. Az állabnak – belső felépítése és alakja szerint – több fő típusát különböztethetjük meg.

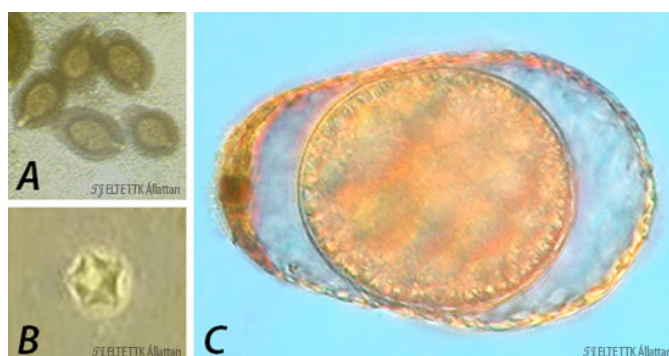
Az ujj alakú álláb (lobopódium) vastag, endoplazmát is tartalmaz. A fonalas álláb (filopódium) vékony, endoplazmát nem tartalmaz, elágazhat. A hálózatos álláb (retikulopódium) vékony, hálószerű összeköttetéseket képez. A tengelyláb (axopódium) vékony, szabályos geometriai elrendezésű mikrotubulus kötegekkel merevített álláb, amely sokadmagával sugárirányban veszi körül a sejtet a napálatkák (Heliozoa) és a sugárállatkák (Radiolaria) csoportjában (2.4. ábra).

Az amöboid mozgás mechanizmusa fénymikroszkópos megfigyelés során a citoplazma szol-gél átalakulásával írható le szemléletesen: az endoplazma az álláb közepén előreáramlik, majd az álláb végén levő ektoplazma részénél hirtelen géllé dermed. Kétoldalt, az álláb szélén egy ellenirányú áramlás egyenlíti ki a folyamatot: ennek eredményeként a gélszerű ektoplazma hüvely szol állapotúvá válik, s anyagai visszalépnek az endoplazma állományába. A mozgás molekuláris hátterét a sejtváz (az akto-miozin rendszer) biztosítja, amelynek működését ATP igényes folyamat.

A **spórás egysejtűek** közé tartozó üregi élősködők (gregarinák) sajátos, csúszó mozgást végeznek, amelynek módja mikroszkopikus módszerrel nem tehető láthatóvá.

A sejtmembránon levő kötőhelyek segítségével a sejt az alzathoz kapcsolódik, majd a kötőhelyek spirálisan a sejt elülső végétől a hátulsó irányába haladva (a sejt váz kontraktilis filamentumainak közreműködésével) elmozdítják a sejtet. A felszínükön jól látható csikolat figyelhető meg.

Élete során számos egysejtűnél jelentős alaki fejlődés, **morfogenezis** játszódik le. Ilyenek a következő példák: 1. Aktív állapotból a betokozódás során passzív, nyugalmi vagy ciszta állapot kialakulása (különféle amóbák, csillósok, ostorosok). Erős vízvesztéssel jár, a sejt legömbölyödik és egy jellemző burkot képez maga körül (2.5. ábra). 2. A csillósok ivartalan szaporodásánál a szájrész és a környező kinetidák újonnan jönnek létre a sejt kettéosztódása előtt. 3. Bonyolult fejlődésmenettel rendelkező és gazdaváltó parazitáknál számos eltérő forma követi egymást. 4. Külső környezeti faktor hatására a primer amóbás agyvelőgyulladás okozó amöboid (Naegleria) amöboid alakból ostorossá alakul vagy betokozódik.



2.5. ábra. Betokozódott egysejtűek: A) csillós egysejtű, B) csupasz amöboid, C) házas amöboid

³ A csillómozgás felderítésében Párducz Béla protozoológusnak kiemelkedő szerepe volt.

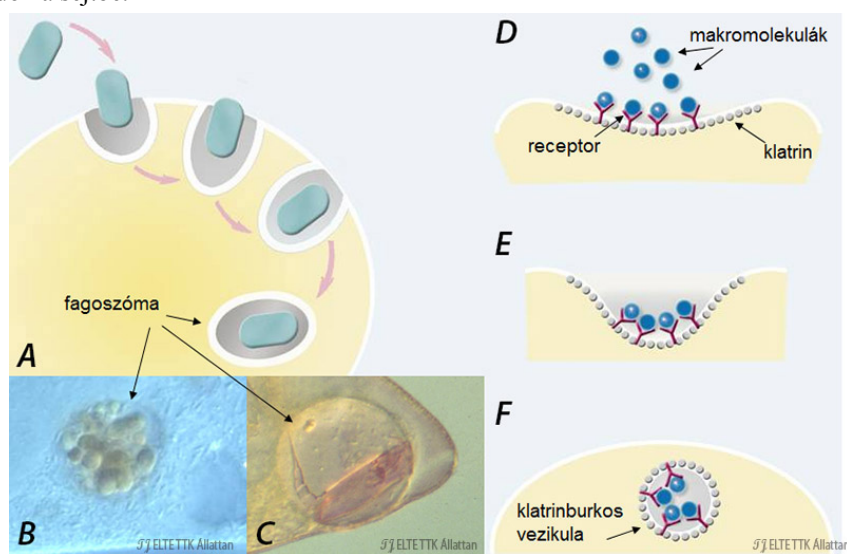
2.2.2. A táplálkozás

A táplálkozó, aktív sejt a **trofozoita** nevet viseli. A táplálkozás folyamata az anyagfelvétel és leadás lehetséges módjainak áttekintésével ismerhető meg.

A molekulák egy része közvetlenül a membránon át jut be a sejtbe, ill. távozik onnan. Ez a **transzmembrán transzport**, amely lehet passzív és aktív transzport.

A passzív transzport koncentráció gradiens mentén, kémiai energia befektetése nélkül történik a membrán lipid kettősrétegén keresztül (pl. gázok: O_2 , CO_2 , bizonyos poláros, de töltéssel nem rendelkező molekulák, például víz áthaladása. Megjegyezzük, hogy a víz aktív transzport rendszerekkel, transzporterekkel⁴ is bejuthat.). Aktív transzport során kémiai energia felhasználásával koncentráció gradiens ellenében (szintén transzporterekkel) zajlik az anyagszállítás.

Csomagolt transzportról akkor beszélünk, ha az anyagok szállítása membránnal burkolt testekben történik. Az **endocitózis** anyagfelvétel csomagolt transzporttal. A felveendő anyag érintkezik a sejtthártyával, körülötte a membrán bemélyed, majd körbezárva lefüződik, az így keletkező hólyag neve endoszóma. **Fagocitózis** akkor történik, ha nagyobb méretű, formált táplálékot vesz fel az egysejtű. Ilyenkor fagoszóma (*phagosome*) a keletkező endoszóma neve. A **pinocitózis** folyadékfázisból való anyagfelvétel endocitózissal. Ha kimondottan a folyadékot veszi fel az egysejtű, akkor fluid fázisú endocitózisról van szó. Ha oldott makromolekulákat szelektíven, membránreceptorokhoz kötve, azokkal együtt vesz fel a környezetéből, akkor **receptor-mediált** (közvetített) **endocitózis** történik. Ilyenkor a plazmamembrán a receptorokkal kiválogatott molekulákat (vagyis a receptorhoz kötődő ligandumokat) veszi fel úgy, hogy közben a befűződő endoszóma citoszól felőli oldalát egy klatrin nevű fehérjemolekula borítja be (2.6. ábra). Például az afrikai *Trypanosoma* fajok a sejt felszíni glikoproteineket juttatják vissza ilyen módon a sejtbe.



2.6. ábra. Példák az endocitózis különböző módjaira: A) fagocitózis, B) papucsállatka emésztőőröcskéje baktériumokkal, C) szemhéjállatka emésztőőröcskéje kerekesszerűvel, D–E–F) makromolekulák felvétele receptor mediált endocitózissal (részletekért l. a sejtteni tanulmányokat)

Az amőbáknál a táplálékfelvétellel kapcsolatban nem alakultak ki különösebb specializált sejtszervecskék. Bonyolultabb külső felépítésű egysejtűekben (csillósok és egyes ostorosok) **szájkészülék** (orális apparátus) alakul ki: az egysejtű csupán egy helyen, a **sejtgarat** területén (*cytopharynx*) képes fagocitózásra. A sejtgaratba a **sejtszáj** (*cytostoma*) vezet. Ez a papucsállatkáknak és sok más csillósban a speciális táplálkozási csillózáttal ellátott árokszerű mélyedésből, a szájmezőből nyílik. Az élősködő spórák egysejtűek trofozoitájának⁵ felületén rengeteg apró mikropórus található: ezeken a betűródéseken történik a táplálékfelvétel ozmotrófiával (lényegében pinocitózissal).

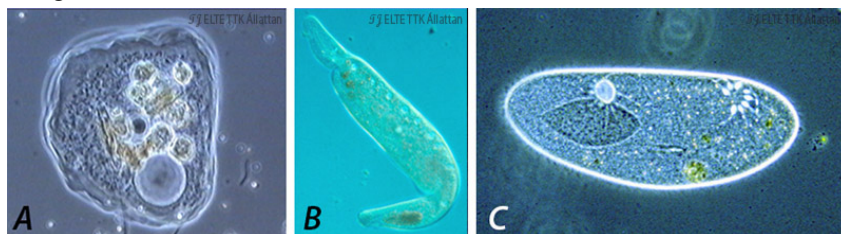
⁴ Transzporterek: töltéssel rendelkező vagy hidrofíl molekulákat szállítanak, specifikusak (K^+ , Na^+ ioncsatornák, glükóz stb.).

⁵ A trogozoita egy egysejtű aktív, táplálkozó, ivartalan úton (mitózissal) szaporodó formája.

Emésztés során az endoszóma (pl. fagoszóma) összeolvad a lizoszómákkal, a bekebelezett anyag így kerül egy térbe az emésztő enzimekkel (savas hidrolázok). A kialakult **emésztőüröcske** membránja protonpumpákhoz is jut: utóbbiak az enzimműködés optimumához szükséges savas közeget biztosítják. Az emésztés végén a salakanyag exocitózissal ürül (*defaecatio*) a sejt bármely pontján, vagy a bonyolultabb felépítésű protozoonoknál egy adott helyen. Utóbbi neve **sejtalrás** (*cytoproct* vagy *cytopye*).

2.2.3. Az ozmoreguláció

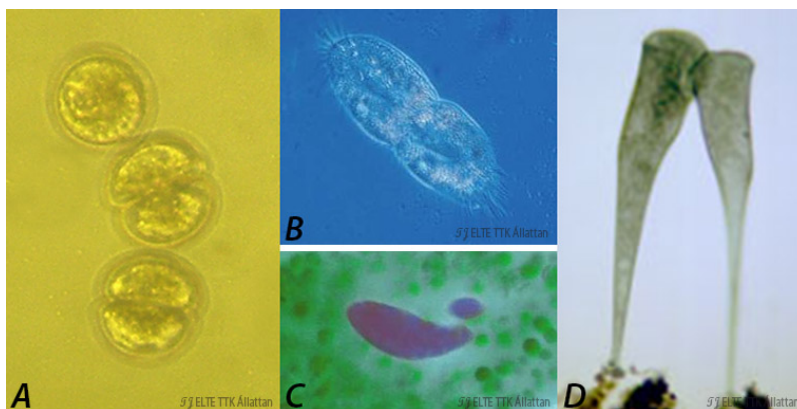
Az **édesvízi protozoonok** ozmoregulációja döntően a szervezetbe beáramló vízfelesleg eltávolításával történik. Ezt a rendszertani csoportonként változó felépítésű **lűktetőüröcskék** (*contractilis vacuola*) végzik (2.7. ábra). Amőbákban a folyadékot apró membrán hólyagocskák gyűjtik össze, melyek majd fokozatosan összeolvadva alakulnak fénymikroszkóppal látható méretű vakuolává amely exocitózissal ürül ki. A csillósoknak egy vagy több lűktető üröcskéje lehet. A papucsállatkának két lűktetőüröcske rendszere van, egyik a sejt elülső, másik a hátsó felében. Ezek több, mikroszkóppal is látható képletből állnak. A folyadékot csak elektronmikroszkóppal megfigyelhető, csövecskés felépítésű ún. *spongioma*⁶ szedi össze és továbbítja a hosszú sugárcsatornákba. Ezek végén található a megduzzadó ampullák, amelyek a folyadékot a központi vakuolába továbbítják. Ez rendszeres időközönként a plazmamembrán egy specializált helyéhez kapcsolódva exocitózissal üríti tartalmát. A két lűktetőüröcske mindig felváltva működik, soha nem látni azonos fázisban a kettőt.



2.7. ábra. Lűktető üröcske különböző édesvízi egysejtűekben: A) amőba egyetlen, központi vacuolával, B) csillós több, sorban elhelyezkedő vacuolákkal, C) papucsállatka két, váltakozó ütemben működő lűktető üröcske komplexe

2.2.4. A szaporodás

Ivartalan szaporodásuk során mitózis történik: a mag(ok) számtartó osztódását a sejt kettéosztódása követi (2.8. ábra).



2.8. ábra. Szaporodás egysejtűeknél: A) osztódó házas amőba, B) osztódó csillós, C) magdimorfizmus: kismag és nagymag csillós egysejtűnél (Feulgen-féle festés, a magok lilák), D) konjugáló csillósok

Ivaros folyamat nem minden egysejtűnél ismert. Közvetlenül nem kíséri egyedszám növekedés. Lényege, hogy meiózissal haploid sejtmagok jönnek létre, amelyek majd egy másik haploid maggal összeolvadva zigotikus sejtmagot hoznak létre: ennek folyamata a megtermékenyítés vagy fertilizáció.

⁶ A név jelentése: szivacsos állomány.

Ha a haploid sejtmagok kialakulása után sejtosztódással ivarsejtek (gaméták) képződnek, akkor a szaporodás módja gametogámia (spórás egysejtűek). Ha az ivarsejtek egyformák, akkor izogamiáról, ha különböznek, akkor anizogamiáról beszélünk. Utóbbi esetben a nagyobbik gaméta a nőjellelű (+) makrogaméta, míg a kisebbik a hímjellelű (–) mikrogaméta. Ha a meiózis során nem keletkeznek gaméták, akkor a sejt neve gamont és a szaporodás módja gamontogámia. Csillósoknál (pl. papucsállatka) a gamontogámiát egybekelésnek (konjugáció) nevezik. (A folyamatról részletesebben az anatómia tantárgy kapcsán szólnunk majd.)

A **magdimorfizmus** főként a csillós egysejtűekre jellemző. Az egysejtűben egyidejűleg egy nagymag (makronukleusz) és egy vagy több kismag (mikronukleusz) található (2.8. ábra). A kettő nem csak formájában, de tartalmában is különbözik. A kismagban a teljes génállomány jelen van, a nagymagban csak a napi életfolyamatokhoz szükséges gének, de azok sok kópiában. Méretük a kromatin állomány kondenzáltságától függ. Osztódáskor a kismag(ok) mitózissal, a nagymag egy befűződéssel (egy a mitózistól eltérő mechanizmus, azaz amitózis révén) válik ketté. Meióziskor a kismagvak osztódnak, a nagymag lassan lebomlik, majd az utódsejtekben az egyik kismagból újra képződik.

Összefoglalás

Kezdeként bevezettük a protozoon és Protista fogalmakat, kitértünk a Protozoa elnevezés használatának változására, röviden felidéztek az endoszimbionta elméletet, s felsoroltuk az egysejtűek speciális szervecskéit. Leírást adtunk egy általánosított egysejtű felépítéséről, mozgáslehetőségéről (lebegés, passzív és aktív helyváltoztatás), táplálkozásának módjairól (transzmembrán és csomagolt transzport) és ezek szerveiről, majd az ozmoregulációs szervecske felépítéséről, végül ivaros és ivartalan szaporodásáról. Utóbbi témával kapcsolatban említettük a magdimorfizmus fogalmát.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mi a véleménye a Protozoa név használatáról?
2. Jellemezze az egysejtűek felépítését az életfolyamatokkal (táplálkozás, ozmoreguláció, szaporodás) összefüggésben!
3. Jellemezze röviden az egysejtűek mozgását példákkal!
4. Mit jelent egy egysejtű esetében az alaki fejlődés, azaz morfogenezis?

3. fejezet - A többsejtű állatok (Metazoa) - (F.J.)

3.1. A meghatározás nehézségei

Az élővilág nagy csoportokra való felosztásakor mindig el szokták különíteni az **állatok országát** (Regnum Animalia). Annak meghatározása azonban, hogy mit is értünk „állatok” alatt, nem is olyan egyszerű feladat! A klasszikus értelmezés szerint mindazon élőlényeket, amelyek nem képesek szerves anyagaikat szervetlen anyagokból önállóan előállítani, állatoknak tekintjük. Így azokat az egysejtűeket is, amelyekre ez a megállapítás igaz. Mások azonban úgy vélik, hogy az **állatok csak többsejtű élőlények** lehetnek, és ezeket Metazoa névvel illetik. Alapbéllyegek alapján közös eredetű ősre visszavezethető (monofiletikus) csoportnak tartják őket.

A Metazoa közös alap bélyegei az alábbiak:

1. A sejtek differenciálódása funkció-megosztáshoz vezet.
2. Heterotróf szervezetek.
3. Ivarsejtjeik számfelző osztódással keletkeznek (gametikus meiózis).
4. Diploid életszakaszuk hosszabb, mint a haploid.
5. Egyedfejlődésük során barázdálódnak: ennek során a megtermékenyített petesejtjeikből szedercsíra (morula), ebből hólyagcsíra (blasztula), majd bélcsíra (gasztrula) stádium fejlődik (erről részletesebben l. az 5.1. fejezetet).
6. A sejtek közötti állomány kollagént¹ tartalmaz.

3.2. Mikor és milyen ősből alakulhattak ki?

A legfontosabb evolúciós események idejét közvetett vagy közvetlen módszerekkel lehet meghatározni. A világegyetem tágulása alapján az ősrobbanás kb. 14 milliárd évvel ezelőtt következett be. A Föld kialakulását 4,7 milliárd, az élet kialakulását 5–3,83 milliárd évvel ezelőttre teszik. A valódi sejtmagvas egysejtűek csak valamikor 1,3–1,9 milliárd éve alakultak ki. A sejt belső struktúrája, a mitokondrium egységes jelenléte alapján a valódi sejtmagvas élőlényeket (eukarióták) monofiletikusnak tekintjük. Kezdetben minden ősi csoport egysejtű élőlényekből állt (protiszták, többféle különböző törzsfajlódási ágon). A heterotróf eukarióták egyik ősi csoportja, az opisztokont (hátsó ostort viselő) egysejtű élőlények törzsfajlódási ága volt, amelyben kialakult az az egysejtű, amely az állatok és a galléros ostoros egysejtűek közös őse volt. Azt a hipotetikus élőlényt, amely az egysejtű ősből kialakulva a legelső állat lehetett, Archaemetazoa vagy Urmetazoa néven említik. Természetesen semmilyen konkrét élőlény nem feleltethető meg az Archaemetazoa-val, azonban feltételezzük, hogy rendelkezett már a Metazoa közös alapbélyegeivel. Kialakulása legalább 650 millió éve történhetett.

3.3. A többsejtűség kialakulásának elméletei

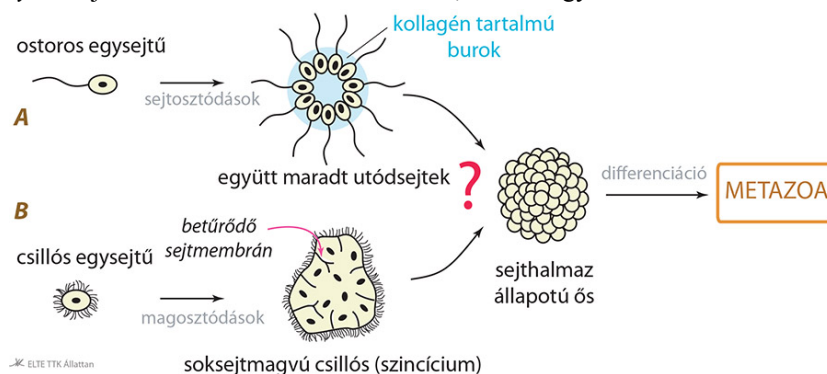
A többsejtűek kialakulására jó néhány, zömmel történeti jelentőségű elmélet létezik. A folyamat részleti sokféleképpen képzelhetők el, a kiindulási és végállapotokat illetően azonban kevés variációs lehetőség van.

A két fő teória egyike a **koloniális vagy telepes flagelláta hipotézis**. E szerint a kiindulási egysejtű egy ostoros (*flagellata*) volt, amelynek utódsejtjei az osztódás során nem váltak szét, mivel a sejtek kollagént is termeltek maguk köré, ez együtt tartotta őket. Először egy sejtalmaz alakult ki, majd ebből a sejtek **differenciációjával** egy valódi többsejtű élőlény jött létre (3.1.A ábra). Az elméletet az támasztja alá, hogy a legegyszerűbb szivacsok testfelépítése emlékeztet az így létrejövő többsejtű állatra.

A másik elmélet az ún. **cellularizációs hipotézis**. E szerint az ős egy csillós egysejtű volt, amely sok sejtmaggal rendelkezett. Ez úgy alakulhatott ki, hogy az ivartalan szaporodás során a magosztódást nem követte sejtosztódás, így az utódmagok egy közös citoplazma térben maradtak. E sokmagvú citoplazma tömeg a szincícium (*syncytium*).

¹A kollagének speciális fehérjék, molekulacsálódót alkotnak. Szerkezetük által meghatározott módon rendeződhetnek kötegekbe és hálózatokba is, így alkalmasak a sejtek közötti terek kitöltésére. Részletesebben l. a későbbi szövettani tanulmányokban.

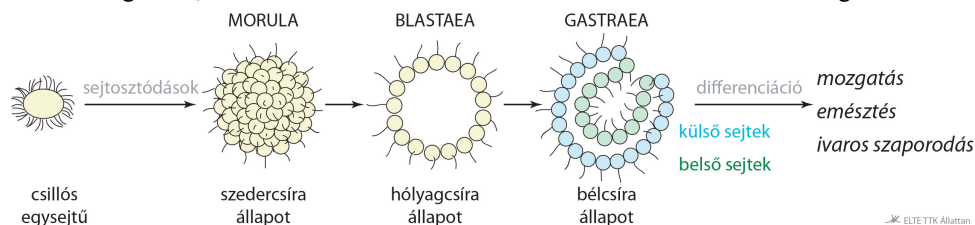
Egy darabig növekedett a sejt, majd a sejtmembrán több helyen betüremkedett a citoplazmába és így elhatárolta egymástól a sejtmagvakat: sejtek (*cellulae*) jöttek létre (*cellularisatio*). Kialakult a sejthalmaz állapotú ő, melyből kifejlődött a valódi többsejtű állat (3.1.B ábra). Az elméletet két alappillére már megdőlt, hiszen a csillósok vélt ősi megjelenési formáját mutató gyöngyálatkáknak (Opalinata) csakúgy, mint a csillósoknak (Ciliophora), semmi köze nincs se egymáshoz, se az állati evolúcióhoz. Az is kiderült, hogy a laposférgek (azon belül is az örvényférgek) testében a *parenchyma* sejt és nem szinciciális szerkezetű, mint ahogy azt a korai tudósok elképzelték.



3.1. ábra. A többsejtűség kialakulására vonatkozó két fő teória vázlatosan: a koloniális vagy flagellata (A) és a cellularizációs hipotézis (B)

A két alapelméletet számos más elképzelés alapján részleteiben finomították, hiszen a csíralemezek vagy a szövetek eredetét nem magyarázták. A kurzus keretében az egyik legrégebbi és legegyszerűbb hipotézist ismertetjük.

A Haeckel-féle „Gastrea”-hipotézis Müller és Haeckel biogenetikai alaptörvényén alapszik, amely így szól: **az állatok egyedfejlődésük során megismétlik (rekapitulálják) törzsfjlődésük leglényegesebb lépéseit.** A kiindulási egysejtű ez esetben is valamilyen csillós, amelyből kialakul a szedercsíra (morula) állapotú átmeneti alak, ez továbbfejlődött hólyagsíra állapotúvá (*blastaea*). Ennek sejtje egy ponton betüremkedett, s kialakult a bélcsíra állapotú ő (*gastraea*) (3.2. ábra). Az elmélet szerint a sugaras szimmetriát és a nyílt vízi (pelágikus) életmódot kell elsődlegesnek, őseink tekinteni a kétoldali szimmetriával és az alzaton mozgó életmóddal szemben.



3.2. ábra. Haeckel Gastrea-hipotézise

A bélcsíra állapotú lénynél már lehetőség volt a sejtek alak- és funkcióbeli elkülönülésére, azaz differenciálódására, hiszen a külső sejtsor egy területének betüremkedése miatt egyes sejtek helyzetében lényeges változás következett be. A felszíni sejtek a mozgásban játszottak szerepet (lokomotoros rész), a betüremedett terület sejtjei pedig az emésztést végezték. E vegetatív funkciókat végző testi sejtektől elkülönültek az ivarsejtek, amelyek csak az ivaros szaporodásban játszottak szerepet. A mai élőlények közül a csalánozók testfelépítése ilyen.

Az elmélet egyszerű, elegáns, sok mindent jól megmagyaráz, de például a szivacsokról nem tesz említést. Az állatrendszertan előadásokon majd további, a valóságot feltehetően jobban közelítő elméletet is ismertetünk.

Összefoglalás

A fejezetet az „állatok” fogalmának meghatározásával, illetve ennek nehézségeivel kezdtük. Felsoroltuk a valódi szövetesek alapvető tulajdonságait, közös bélyegeit. Ezután elméltünk arról, hogy mikor és milyen ősből alakulhattak ki, majd ismertettük a többsejtűség kialakulásának két fő elképzelését. Megvizsgáltuk Haeckel „Gastrea”-hipotézisét, amely a biogenetikai alaptörvényen alapszik.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mik a Metazoa csoport közös bélyegei?
2. Milyen elméleteket ismer a többsejtűség kialakulására vonatkozóan? Röviden ismertesse ezeket!
3. Fogalmazza meg a biogenetikai alaptörvényt, s mutassa be rajzok kíséretében Haeckel Gastrea-hipotézisét!

4. fejezet - A szövetesség megjelenése - (F.J., M.K.)

Az előző fejezetben bemutatott többsejtű állatok (Metazoa) sejtjei már helyzetük alapján más-más feladatokat ellátására specializálódtak, s ez együtt járt a kezdetben egyforma sejtek különbözővé válásával. A különbségek (differenciák) kialakulásának folyamatát **differenciációnak**, a differenciált állapotból való visszalépést pedig **dedifferenciációnak** nevezzük.

A soksejtűek sejtjei bonyolult, jól szervezett kapcsolatban állnak egymással annak érdekében, hogy tevékenységüket összehangolják. Ennek eredményeképpen szervezetek alakulnak ki. Ezekben azonban a sejtek közötti kapcsolatok erőssége és a sejtek dedifferenciációra való képességének mértéke alapján alapvető különbségek figyelhetők meg, amit a szövetesség és az álszövetesség fogalmának (kategóriájának) megalkotásával fejezünk ki.

4.1. Mi a szövet?

A szövetek azonos eredetű, többé-kevésbé azonos alakú és egy jól meghatározható feladatkör ellátására szerveződött, egymással állandósult kapcsolatban lévő sejtek együttese. Az azonos eredet csíralemez (ektoderma (*ectoderma*), entoderma (*entoderma*), mezoderma (*mesoderma*)) eredetét jelent (l. 5.1. fejezet), a „feladatkör” megfogalmazás arra utal, hogy a sejtek együttese több, egymással kapcsolatos feladatot is ellát. Az „állandósult kapcsolat” kitétele azért van szükség, mert egy szövet sejtjei meghatározott kapcsolatokat alakítanak ki szomszédaikkal és a környezetükkel, ami azt is jelenti, hogy térben meghatározott helyen fordulhatnak elő.

Négyféle ún. **alapszövetet** különítünk el¹, amelyekkel részletesen itt nem foglalkozunk: bemutatásuk és feladataik részletes tárgyalása a későbbi szövettani tanulmányok körébe tartozik. Róluk röviden csak a következőket említjük. Az evolúció (és az egyedfejlődés) során legkorábban kialakuló szövet a **hámszövet** (epitélium, *epithelium*). A szervezetet elhatárolja a környezettől, de egyben a vele való kapcsolattartást is biztosítja. Lényeges alkotója a sejtek által a sejtréteg szervezet felőli oldalára termelt ún. **alaphártya** (*membrana basalis*), amelyhez a sejtek rétege rögzül. Ennek az összetétele a Metazoa csoportban egységes, állandó. A hámrétegben a sejtek szorosan kapcsolódnak egymáshoz (**sejtkapcsoló struktúrák**, l. sejtteni tanulmányok), ami szintén helyhez köti őket. A **kötőszövet** olyan szövettípus, amely térkitöltő szerepű, s ezzel lehetővé teszi az egymástól távolabb fekvő szövetek és szervek közötti kapcsolattartást (összekapcsol szöveti rétegeket, diffúziós teret biztosít). A **támasztószövetek** speciális kötőszövetek, amelyek a szervezet támasztékát, belső vázát alkotják. Általánosan az újszájúaknál fordulnak elő. Az **izomszövet** az izomfehérjék (aktin és miozin) felhalmozására specializált sejtekből áll, amelyek feladata a mozgással, mozgatással kapcsolatos. Az **idegszövet** ingerületek felvételére, feldolgozására és a megfelelő válaszreakciók kidolgozására specializálódott szövettípus.

Az állatok törzsfelődése során megfigyelhető, hogy szöveteik és ezzel az azokból szerveződő szerveik hogyan változnak a megoldandó feladatok elvégzéséhez alkalmazkodva. Ha egy szervezeten belül a sejtek olyan közössége alakul ki, amely a szövet fent közölt meghatározását valamilyen szempontból nem teljesíti, akkor álszövetességről beszélünk.

4.2. Az álszövetesség

A szövet meghatározásából kiindulva az álszövetes állatok sejtjeinek közösségei olyan csoportokat alkotnak, amelyben a sejtek vagy nem azonos eredetűek, vagy nem állandósult kapcsolatban állnak egymással.

Az álszövetes állatokra az alábbi bélyegek jellemzőek:

1. A sejtek kapcsolataikat intenzíven és állandóan átszervezik, saját rétegükben helyüket is intenzíven változtatják. A szövetesekre jellemző szoros sejtkapcsolatokat nem alakítanak ki, szervezetük minden rétege **állandó reorganizációban** (átrendeződésben) van. A szöveteseknél ilyen nem fordul elő!

¹Ez a felosztás a geinsecsek, azon belül is elsősorban az emlősök szövettípusain alapszik.

2. A szervezetüket a környezettől elhatároló sejtrétegek alatt ugyan van egy rostok szövedékéből álló lemez, ám ezt nem tekinthetjük azonosnak a szövetesek alaphártyájával (*membrana basalis*), mivel összetétele eltér a Metazoa-ban jellemzőtől. Ezért ezeket a rétegeket nem is tekintjük hámrétegnek, azaz epitéliumnak. Megnevezésük: *ős-epitél*. A csíralemeznek nevezett sejtegyüttesek (ektoderma, mezoderma, entoderma) képesek alaphártyát termelni. Mivel alaphártya az álszöveteseknél nem alakul ki, ezért **csíralemezről sem beszélhetünk**.
3. **Sejtjeik nagymértékben átalakulóképesek**, azaz egy már meghatározott funkcióval rendelkező, differenciált sejt könnyen és a mindennapi élet során megszokottan dedifferenciálódik, hogy egy másik funkciójú és típusú sejté alakuljon. Erre példa, hogy a szivacsok galléros ostoros sejtjei amöboid vándorsejtekké alakulhatnak át a táplálék felvétele után azért, hogy a tápanyagokat ők maguk szállítsák el a szervezet többi sejtéhez. Ugyanilyen átalakulás az ivaros szaporodás során is megfigyelhető, amikor a galléros ostoros sejtek a bekebelezett (saját fajú) hímivarsejtet – a megtermékenyítés érdekében – a petesejthez szállítják. Mindkét esetben a saját, hámrétegnek tűnő rétegükből lépnek ki egy kötőszöveti állományba. Egy hámsejt nem képes átlépni az alaphártyát, hogy elhagyja a réteget!
4. **Az egyedek individualitása kicsi**. Ez azt jelenti, hogy a telepek nem különülnek el önálló egyedekre, s két azonos fajú szivacs sejtjeit is „összekeverhetjük” egymással, azok képesek és hajlandók egy „közös” egyed kialakítására.

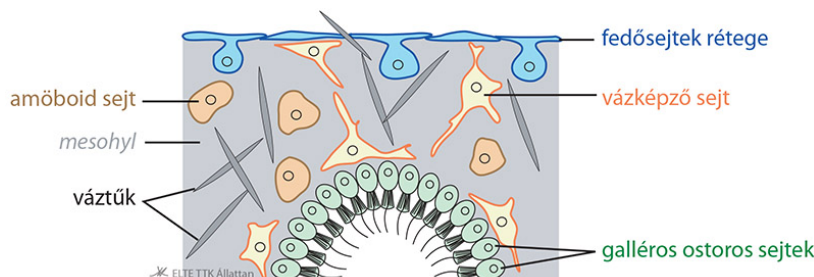
Mindezen jellemzők alapján összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy az álszövetesekben **valódi szövetek nem alakulnak ki**. Hám- és kötőszövetre emlékeztető sejtegyüttesek alakulnak, de izom- és idegszöveti funkciókat ellátók nem.

A többsejtű állatok országát (Regnum Animalia) a fentieknek megfelelően két, egymással párhuzamosan fejlődött csoport alkotja: a **valódi szövetesek alországa** (Subregnum Eumetazoa) és az **álszövetesek alországa** (Subregnum Parazoa, 15.8. ábra). A kettő közül a szövetesek bizonyultak sikeresebbnek.

4.3. A szivacsok jellemzése

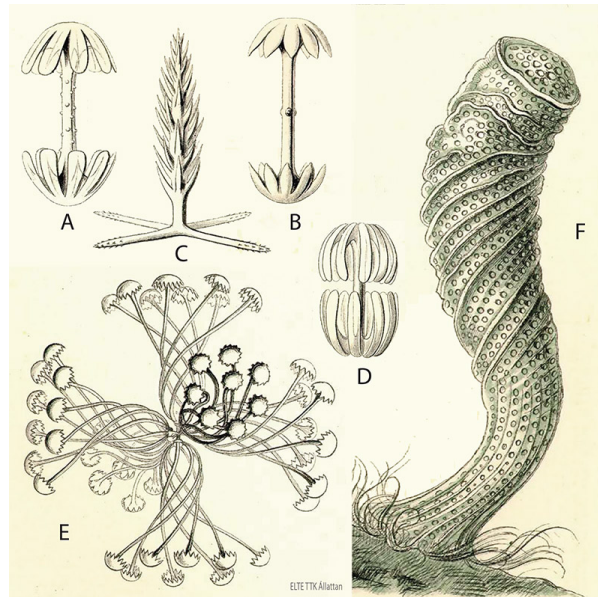
A **szivacsok** (Porifera) az álszövetes állatok közé tartoznak. Bár a prekambrium időszak óta léteznek, az evolúció vakvágányának tekintik őket, mivel semmilyen más állatcsoportot nem lehet levezetni belőlük. **Szövetek hiányában nincsenek szerveik** sem. A sejtek nagyfokú önállósága és az ebből fakadó nagymértékű regenerációs képesség jellemzi őket.

A szivacsok testét felépítő sejtek az ún. **alapanyagba** (*mesohyl*) vannak beágyazva. Ez egyfajta extracelluláris mátrixnak (ECM) tekinthető, amelybe sejtek ágyazódnak. Ennek kívül felé néző felszíneit kétféle sejtréteg borítja. Az egyik a **fedősejtek**, a másik a **galléros ostoros sejtek** rétege. A fedősejtek között pórusokat formáló **likacssejtek** is találhatók. Mindkét sejtrétegre jellemző, hogy a sejteket sejtkapcsolatok kapcsolják össze, de ezek könnyen felbonthatók, a sejtek szabadon elmozdulhatnak a saját rétegükben. Ezt az **alaphártya hiánya** is lehetővé teszi. A két hámszerű réteg közötti *mesohyl* állományban **vázképző sejtek**, **amöboid vándorsejtek**, **rostok** és **vázelemek** találhatók. Közöttük differenciálatlan **össejtek** és **ivarsejtek** is vannak. A testfal sejtjeit az 4.1. ábra mutatja be.



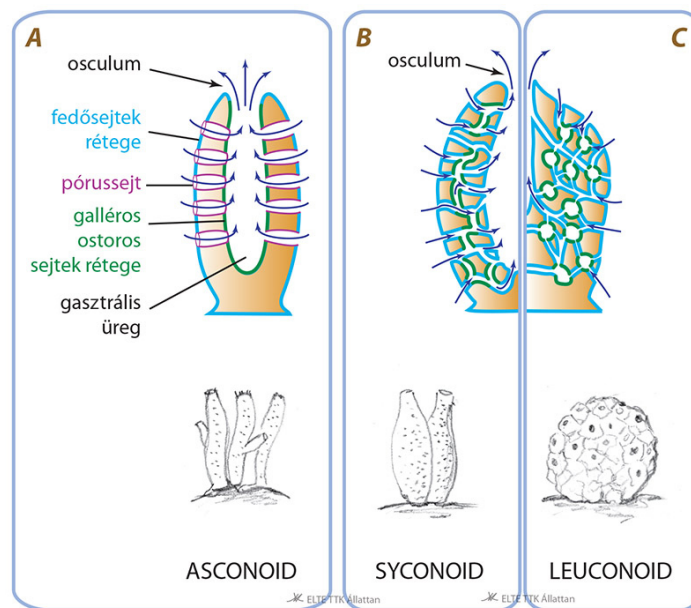
4.1. ábra. A szivacsok testfalának sejtjei (általánosított vázlatrajz)

A szivacsok rendszerezése **vázúti anyaga és szimmetriája** alapján történik (4.2. ábra). A vázelemek felépülhetnek kalcium-karbonátból, szilícium-dioxidból (kova) és spongin (speciális fehérje) fonalakból. A vázelemek keverten is előfordulnak. A szimmetria alapján elkülönítünk egytengelyes, kéttengelyes, háromtengelyes stb. tüket. Ha a vázelemek összenőnek, akkor ún. szpikuláris váz jön létre. Ez főként a kovatűknél fordul elő.



4.2. ábra. Szivacsstűk és szerveződésük: gyöngysarjak tüi (A, B, D), vénuszkosárka (*Euplectella aspergillus*) váza (F)

A szivacsok **testfelépítés alapján 3 típusba sorolhatók** (4.3. ábra). Ezek között a különbséget a galléros ostoros sejtek által elfoglalt felszín nagysága jelenti. E sejtek veszik fel a mikroszkópikus méretű táplálékszemcséket (fagocitózis), így az általuk képviselt felszín a táplálékfelvétel hatékonyságát határozza meg. Hozzájuk a víz a testfalat áttörő **pórusok** (likacssejtek) vagy egy **elágazó csatornarendszer** segítségével jut, majd egy nagyobb nyíláson (*osculum*) át távozik.



4.3. ábra. A szivacsok testfelépítése: a felső sorban a vázlatos testfal szerkezet, alatta a szivacs jellegzetes megjelenése látható. A) *asconoid*, B) *syconoid*, C) *leuconoid* felépítés (Kék vonal: fedősejtek rétege, zöld vonal: galléros ostoros sejtek rétege, narancssárga terület: *mesohyl* réteg.)

Az asconoid típus a legősbibb és a legegyszerűbb. Ebben az esetben a táplálkozásért felelős galléros ostoros sejtek egy nagy, központi üreg, az ún. gasztrális üreg (spongocoel) falát alkotják. Ez a típus csak a mészsziavacsok osztályában fordul elő.

A syconoid típusú szivacsoknál a szivacs testét csatornák törnek át, és ezek falát borítják a galléros ostoros sejtek. Az eredeti gasztrális üreg jelentősen beszűkül.

A legbonyolultabb a leconoid típus. A név arra utal, hogy az ilyen szivacsok metszésfelszíne fehér színű. A szivacs testét áttörő csatornák kiöblösödnek, és ezek falán helyezkednek el a galléros ostoros sejtek. Ebben az esetben a legnagyobb a táplálék-felvevő felület és a legtöbb szivacs ebbe a típusba tartozik (pl. mosdószivacs).

A szivacsok lehetnek **magányosak** (szoliter) vagy **telepesek** (koloniális). Többségük tengeri, az édesvizeket csak azok a fajok hódították meg, amelyek **gyöngysarjakat** (*gemmae*) képeznek. A kedvezőtlen körülmények beköszöntekor a *mesohyl* réteg számos összejtje kis csoportokat képez, amelyeket kettős falú szpongin tok vesz körül. A toknak van egy kivezető nyílása (*mikropyle*) is, amelyen tavasszal majd az összejtek el tudják hagyni a gyöngysarjat. Télen a szivacs teste elhal, de a kettős tok védelmében az összejtek túlélnek. Tavasszal a tokból kijövő sejtek minden sejtípust létrehozhatnak, s így kialakítják az új szivacsstelepet.

Összefoglalás

A fejezetet a szövetesség meghatározásának nehézségeivel kezdtük, majd részleteztük, hogy mit nevezünk szövetnek. Ezután bevezettük az álszövetesség fogalmát, s támpontokat adtunk ennek felismeréséhez. Végül jellemeztük a szivacsok testfelépítését: a testfal sejtípusait, a váztük rendszertani jelentőségét, a testfelépítési típusokat és a szaporodásmódokat, kitérve a gyöngysarjképzésre is.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mit jelent a szövet, s mit az álszövetesség fogalma?
2. Mik az álszövetesség ismérvei és kritériumai?
3. Milyen a szivacsok testfal szerkezete, milyen rétegeket és sejtípusokat különíthetünk el benne? Ezek milyen feladatokat látnak el?
4. Rajzolja le a szivacsok körében előforduló testfelépítési típusokat, s mutasson rá arra, hogy ezek között milyen lényegi különbségek vannak!
5. Jellemezze a szivacsok szaporodását!

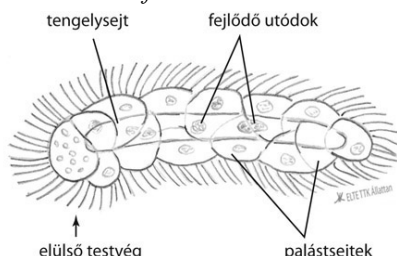
5. fejezet - A többsejtű állatok testszerveződése - (K.V., M.K.)

Minden komoly, tudományosan értékes fejlődéstörténeti rendszer alapja az a megfigyelés, felismerés volt, hogy egy adott állatfaj egyedfejlődése során előbb a törzsre, majd az osztályra, rendre, családra és végül a fajra jellemző tulajdonságok, szervek, szervrendszerek jelennek meg. Ezt már a XIX. század elején leírták, de általános törvényszerűségként **Müller és Haeckel** fogalmazták meg az ún. **biogenetikai alaptörvény** keretében (1866). Ahogy azt a 3.3. fejezetben is leírtuk, ez azt mondja ki, hogy az egyedfejlődés (ontogenezis) nem más, mint a törzsfjlődés (filogenezis) lényeges lépéseinek rövid időszak alatti megismétlése.

Más szavakkal, modern megközelítésben, a mai fejlődésgenetikai ismeretek tükrében ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy az egyedfejlődés során először azok a gének fejeződnek ki (íródnak át mRNS-re, majd fehérjékre), amelyek a hasonló fejlődésű állatok (akár több törzsbe tartozó) nagy csoportjában (közel) azonosak. Majd azok a gének aktiválódnak, amelyek már csak egy törzsbe, osztályba, rendbe tartozó állatokban hasonlóak és szabályoznak hasonló fejlődéstani lépéseket. Természetesen ez egyben azt is jelenti, hogy az azonos egyed- és törzsfjlődésű állatokban a fejlődést szabályozó gének jelentős része meg kell hogy őrződjön, szinte identikus formában. Ezeket a géneket nevezik evolúciósan konzervált géneknek. Sajnos, az ilyen szempontból fontos ismereteink ma még messze nem teljeseek, csupán néhány konkrét, de nagyon érdekes és jellemző példát ismerünk.

A Müller-Haeckel törvény értelmében minden többsejtű állat egysejtűekből származtatható, hiszen az egyedfejlődésük egyetlen sejtől, a megtermékenyített petesejtől (zigótából) indul.

A többsejtűség kialakulása rendkívül bonyolult evolúciós lépés lehetett (l. 3.3. fejezet). Ezt mutatja a régebben Mesozoa („közép állatok”) elnevezésű csoport körül kialakult bizonytalanság. Tagjait sokáig az egysejtűek és a többsejtűek közötti átmeneti állapotnak tartották. Jelenlegi ismereteink szerint ők a legegyszerűbb testfelépítésű recens állatok. Két osztályuk közül a Rhombozoa tagjai fejlábúak veséjében élősködnek. 0,5–7 mm méretű testüket maximum 25 sejt építi fel. Van egy hosszú tengelysejtjük, a többi sejt pedig palástként, spirális alakban elrendezve veszi ezt körbe (5.1. ábra). Ivaros és ivartalan módon is képesek szaporodni. Mindkét esetben lárvá alak is kialakul. Az újabb genetikai vizsgálatok azt sugallják, hogy a valódi szövetes állatok leegyszerűsödött testszerveződést mutató képviselői. Hovatartozásuk és rendszertani felosztásuk is vitatott.



5.1. ábra. Középalát rajza tengely- és palást sejttekkel

5.1. A barázdálódás

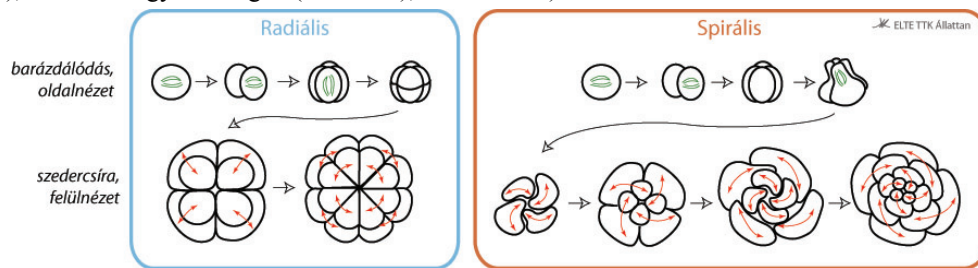
A soksejtűség kialakulásával kapcsolatos egyik elmélet szerint (l. 3.3. fejezet) a többsejtűség megjelenéséhez elsősorban az szükséges, hogy a zigóta és az utódsejtjeinek osztódása során létrejövő sejtek egymással fizikai kapcsolatban maradjanak. Ki kell alakulniuk a **sejtkapcsoló struktúráknak**, amelyek a szomszédos sejteket egymással összekapcsolják. Emellett alapvető fontosságú a sejtek közti térben megjelenő kapcsoló, ragasztó, térkitöltő fehérjék (pl. kollagén) megjelenése, amelyek összességükben az **extracelluláris mátrixot** (ECM) alkotják. Egy soksejtű szervezet természetesen nem csupán az egymáshoz és az extracelluláris mátrixhoz kapcsolódó sejtömeg, hanem e sejtek funkcionális kapcsolatba kerülnek egymással, közöttük munkamegosztás alakul ki, aminek következtében az egyes sejtek, sejtcsoportok egy-egy feladat elvégzésére specializálódnak. A többsejtű szervezet sejtjeinek összehangolt működéshez azok funkcionális, szabályozott kapcsolata is szükséges. Ehhez a **sejtek közötti kommunikációra**, extra- és intracelluláris jelátvitel, ún. szignálmolekulákra, extra- és intracelluláris jelátviteli útvonalakra van szükség. Mindezek következtében a többsejtű szervezetekben annak az egyes

életműködések elvégzésére kialakult részeit (szövegeteit, szerveit, szervrendszereit) többnyire nagymértékben specializálódott, differenciálódott, önálló (szabad) életre már alkalmatlan sejtek építik fel.

Valamennyi állatsoport egyedfejlődésének első szakasza a **barázdálódás**, amely nem más, mint a petesejt anyagának egyre több és egyre kisebb sejtekbe (blasztomérákba) való becsomagolódása. Két alaptípusát ismerjük: a radiális és a spirális barázdálódást. Eközben az embrionális test méretre nem növekszik. Így alakul ki a **szedercsira** (morula) állapot.

5.1.1. A barázdálódás rendszertani jelentősége – a Spiralia klád

Amennyiben az egymást követő osztódások során az osztódási síkok mindig egymás felett, illetve alatt maradnak (meridiánok mentén futnak), a barázdálódás radiális. Ez a típus jelenik meg több újszájúban, pl. tengeri sünökben, kételtűekben. A **spirális barázdálódás** esetében az osztódási síkok szöget zárnak be egymáshoz képest (kitérnek a meridiánok síkjából, 5.2. ábra). Ilyen barázdálódási típusú számos összajú állatsoport: ők alkotják az **összajás állatok Spiralia nevű kládját**. Két nagy rendszertani egységre különülnek: ezek a Platyzoa (ide tartoznak pl. a laposférgek, Platyhelminthes) és a tapogatós-csillókoszorús állatok (Lophotrochozoa: ide tartoznak pl. a puhatestűek (Mollusca), valamint a gyűrűsférgek (Annelida), l. 15.8. ábra).



5.2. ábra. Barázdálódási típusok: radiális (baloldalon) és spirális (jobboldalon) oldal és felülnézetben

Egy bizonyos sejtszám fölött a felszínen lévő sejtek között szorosabb sejtkapcsolatok alakulnak ki; ez a sejtréteg **hámjellegűvé válik**, szinonim kifejezéssel élve epitelizálódik. Belső, alapi részén kialakul az **alaphártya**. Ebből következően – az embrió felszínén – a külvilág felé néző sejtek **hám funkciót** látnak el, vagyis védik, elhatárolják az élőlényt a külvilágtól (de egyben össze is kötik azzal) és kialakítanak egyfajta belső környezetet a felszín alatti sejtek számára.

Ezt követően a fejlődő sejtegyüttes hólyagszerűvé alakul, azaz belsejében folyadékkal telt üreg jelenik meg. Ez a **hólyagszúra** (blasztula) állapot. A blasztula ürege a **blastocoel**, amelyből az állat **elsődleges testürege** (protocoeloma) fejlődik (5.3. ábra).

5.2. A bélcsíra képződés

Az egyedfejlődés következő szakaszában a hólyagszúra falát alkotó sejtek rétege egy ponton betűrődik (*invaginatio*), ahhoz hasonlóan, ahogyan egy lazán felfújt léggömbbe belenyomjuk az öklünket. A folyamat neve **bélcsíra képződés** (gasztruláció, *gastrulatio*), amelynek során **bélcsíra** (gasztrula) keletkezik (5.3. ábra). A folyamat során lezajló sejtvándorlás révén (legalább) kétféle elemi hámréteg (csíralemez) alakul ki. A fejlődő embrió külső felületén maradó sejtek alkotják a **külső csíralemezt** (ektoderma), míg a test belsejébe tűródók a **belső csíralemezt** (entoderma). A betűrődéssel létrejött üreg az **ősbélüreg** (*archenteron*), annak nyílása az **összaj** (*gastroporus*).

Annak, hogy az összajnyíláshoz képest hol fejlődik ki az állat szájnyílása, még ma is van jelentősége az állatok rendszerezésében (l. 15.8. ábra). Azok az élőlények, amelyekben a kifejlett élőlény szájnyílása a tápcsatorna azon végén alakul ki, amelyen az összaj volt, az **összajúak** (Protostomia), amelyekben pedig a szájnyílás másik oldalon jelenik meg, az **újszájás állatok** (Deuterostomia). (A folyamatra a 8.1. fejezetben visszatérünk!) Az ekto- és entoderma közötti üreget továbbra is **blastocoelnek** nevezzük. A külső és a belső csíralemez eltérő fejlődési potenciállal rendelkezik.

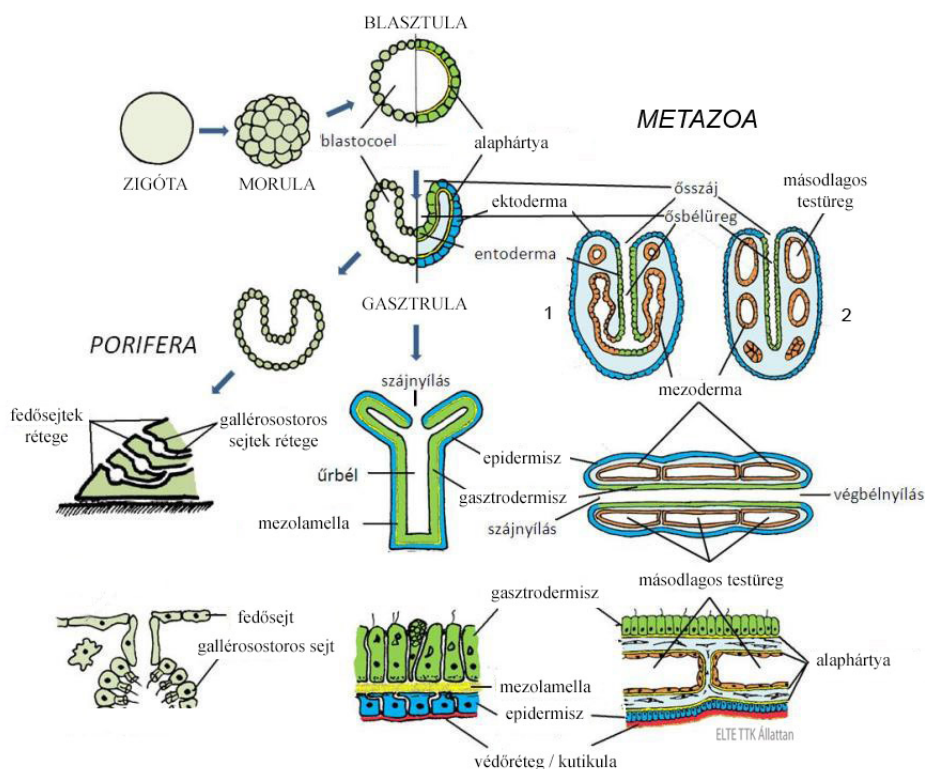
5.3. Ahol csak két csíralemez van – a diploblasztikus állatok

Az állatok egy része megmarad ezen a kétrétegű fejlettségi szinten. Körükben a **gasztruláció totális**, azaz a betűrődő entoderma belülről teljesen hozzáfekszik az ektoderma belső felszínéhez. Ennek következtében eltűnik a *blastocoel*.

Az egyed- és törzsfjlődés ezen szintjét képviselő állatok a „két csíralemezzel rendelkezők”, azaz az ún. **diploblasztikus** (*diploblasticus*) szervezetek, amelyek közé a csalánozók (Cnidaria) és a bordásmedúzák (Ctenophora) tartoznak. Bár a diploblasztikus állatokat már a valódi szövetesek közé soroljuk, fontos megjegyezni, hogy körükben kötő- és támasztószövettel még nem találkozunk, az izomszövet funkcióját pedig hámizomsejtek láthatják el (l. 6.1. ábra). Ugyanakkor a szervezetükben idegsejtek (neuronok) jelennek meg, amelyek primitív felépítésű és működésű idegrendszer formáinak. A valódi szövetes állatok (Eumetazoa) fontos, közös jellegzetessége, hogy képviselőiben megjelennek az idegsejtek, melyek a környezetükből származó ingerekre membránpotenciáljuk erőteljes változásával reagálnak. Az így létrejött ingerületet más idegsejteknek, továbbá más sejtípusoknak is képesek átadni. Emiatt a szövetes állatok megnevezésére az „**idegsejtekkel rendelkezők**” (Neuralia) kifejezést is használják.

A diploblasztikus állatoknak még egy közös, jellemző tulajdonságuk van: testük elsődlegesen **sugaras** (radiális) **szimmetriát** mutat. A nyílt vízi lebegő (pelágikus) és a csupán nagyon lassú mozgással együtt járó „helytülő” (szesszilis) életforma számára jobban megfelel a sugarasan szimmetrikus testfelépítés, mivel így az ingerek a testet minden irányból egyforma valószínűséggel érik.

Ezt támasztja alá, hogy az igen lassú mozgású tengeri sünök és csillagok bilateralis szimmetriájú korai fejlődési alakjai másodlagosan és külsőleg sugaras szimmetriájúvá válnak.



5.3. ábra. Az állati testfelépítés alapvető típusainak néhány jellegzetessége. Felül az embrionális stádium korai szakaszát ábrázoljuk, középen a kifejlett állat vázlatos felépítése, majd alul az utóbbiak részlete látható. Az embrionális fejlődés korai szakaszában (morula) az osztódó zigóta által létrehozott sejtek (blasztomérák) az összes állatban csak gyengén kapcsolódnak egymáshoz, laza sejthalmazt alkotnak. Az álszövetesek (szivacsok, Porifera) epitéliális sejtjeinek kapcsolata laza, a sejtek alatt nincs alaphártya. A szivacsban a felszint fedő hámjellegű sejteknek végső soron két fő típusa alakul ki, a lapos fedősejt és a galléros ostoros sejt. A szövetesekben (Metazoa) a blasztula stádiumban megkezdődik az erős és fejlett sejtkapcsolatok és az alaphártya kialakulása. A gasztrula képződése a

szövetekben is igen sokféle. Itt egy invaginációs példát ábrázolunk. A diploblasztikus állatokban két markáns hámréteg fejlődik ki. Az ektodermából a felhám (epidermisz), az entodermából pedig a bélhám (gasztrodermis). Mindkét réteg sejtei alaphártyát képeznek és azon nyugszanak. Közöttük lényegében sejtmentes (mezolamella), vagy sejtekben igen szegény köztes réteg (*mesogloea*). A diploblasztikus állatokra az ábrán példaként egy csalánózó polip vázlatos felépítését ábrázoltuk. A diploblasztikus állatokra a radiális szimmetria jellemző. A triploblasztikus állatokban a gasztruláció során az ekto- és az entoderma között létrejön a mezoderma. Ennek két fő módja az entoderma rétegből kifelé történő lefűződés (*enterocoelia*, 1 rajz), vagy bizonyos ektoderma sejtek középső rétegbe való vándorlása (*schizocoelia*, 2 rajz). A mezodermában másodlagos testüreg jön létre, amely az állatok többségében szelvényes felépítésű (az ábra csak ezt az esetet és a valódi testüreges példát mutatja)

5.4. Ahol mindhárom csíralemez megjelenik – a triploblasztikus állatok

Az állatok túlnyomó részében a további fejlődés során az ekto- és az entoderma között újabb, középső sejtréteg, a középső csíralemez vagy **mezoderma** (*mesoderma*) alakul ki. Olyan sejtekből áll, amelyek a gasztruláció során az összájnyílás mentén vándorolnak be az állat belsejébe. Mivel ezen állatok teste három csíralemezből fejlődik ki, őket „három csíralemezűnek”, azaz **triploblasztikusnak** (*triploblasticus*) nevezzük. A triploblasztikus állatok szervezetében megjelenik a **szövetek négyféle alaptípusa**: a hámszövetek, a kötő- és támasztószövetek, az izomszövet és az idegszövet. Az idegszövetben már az idegsejtek (neuronok) mellett a támasztósejtek (glia) is megjelennek.

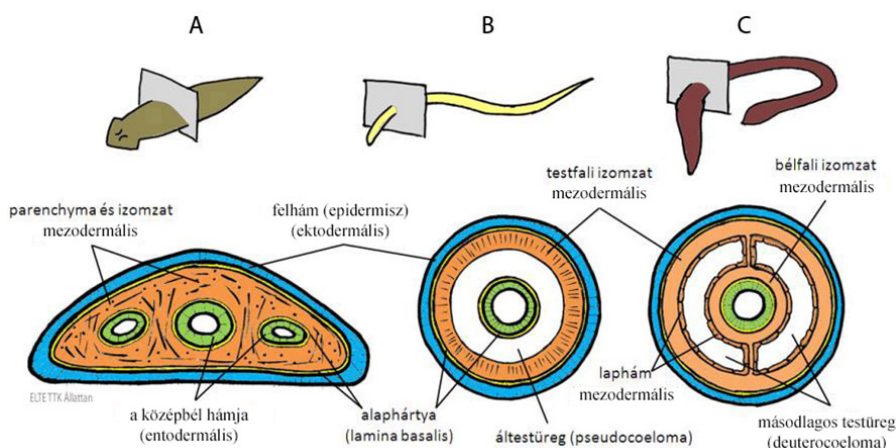
5.4.1. A mezodermális sejtek sorsa

A legegyszerűbb triploblasztikus szervezetek, a **laposférgek** (Platyhelminthes, Platyzoa klád) esetében az embrió belsejébe került sejtek embrionális kötőszövetet, **mesenchymát** hoznak létre. Ennek a külső csíralemez szomszédságában fekvő sejteiből a bőrízomtömlő izomrétegei lesznek (l. 6.1.2. fejezet), a belsőkből pedig jellegzetes szerkezetű kötőszövet, **parenchyma** differenciálódik. Utóbbi sejtei legfeljebb foltszerű kapcsolatokat hoznak létre egymás között és kiterjedt, laza szerkezetű alapállományba ágyazódnak. A kifejlett laposférgek körében e sejtek között semmiféle üreg nincs, ezért e csoportot testüreg nélkülieknek (Acoelomata) is nevezzük (5.4. ábra). Az összájnyílásuk közé tartozó laposférgek további jellemzője, hogy szájnílásuk a hasoldalon található. Tápcsatornájuk kétszakaszú, azaz nincs utóbelük és végbélnyílásuk. A laposférgek és a náluk fejlettebb állatcsoportok **bilaterális szimmetriájúak**.

Csupán didaktikai szempontokból ennek kialakulását úgy lehet elképzelni, hogy egy sugaras szimmetriájú, bordásmedúza-szerű állat a tengerfenékre süllyed, és ott mozog, szerzi a táplálékát. Ennek megfelelően az ingerek a haladásának megfelelő irányból érik elsősorban, ami azt eredményezi, hogy az érzékszervei és az azokat beidegző idegelemek erre az egy oldalra fognak koncentrálni és a mozgásszervei is a haladási iránynak megfelelően rendeződnek át. Kialakul a test feje és a farki vége, a kettő között pedig a test hossz tengelye, amelynek lesz egy jobb és egy bal oldala. A bilaterális szimmetria megjelenésével alapvetően megváltozik az állatok viselkedése: képessé válnak gyorsabb, célirányos mozgásra. A testszerveződés ilyen értelmű átalakulásának fontos szerepe lehetett a táplálékszerzés, a menekülés, a párzó partner keresése és megtalálása szempontjából egyaránt, és valószínűleg nagymértékben hozzájárult a bilaterális szimmetriájúak evolúciós sikeréhez.

A **fonálférgek** (Nematoda) embrióiban a mezoderma sejttömege belülről az ektodermához nyomódik, ezért a középbél falát nem kíséri mezodermális eredetű szövet. Ebből következik, hogy a kifejlett állat testüregge elsődlegesnek tekinthető, amelyet egyrészt mezodermális eredetű bőrízomtömlő, másrészt entodermális eredetű (közép)bélhám határol. Ennek a testüregtípusnak **áltestüreg** (*pseudocoeloma*) a neve (5.4. ábra). A szakirodalomban újabban a *blastocoeloma* elnevezést is használják, mivel az üreg homológ a *blastocoel*-nek. A mezodermális sejtek bőrízomtömlőt és belső szerveket hoznak létre (l. 6.1.2. fejezet).

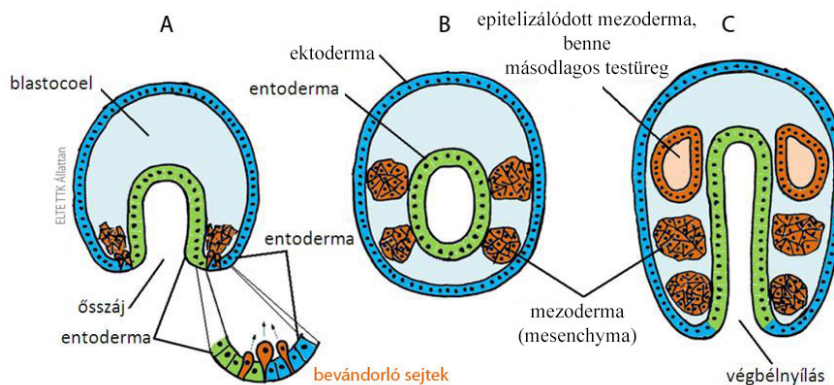
A legtöbb triploblasztikus állat egyedfejlődése során a keletkező mezodermális sejtek között üreg nyílik. A középső csíralemez sejteinek között nyíló üreget **másodlagos vagy valódi testüregnek** (*deuterocoeloma*, röviden *coeloma*) nevezzük. A Spiralia kládban mindig megjelenik. Az üreget határoló sejtek hámszetté alakulnak, azaz epitelizálódnak. A másodlagos testüreg minden esetben a középső csíralemezből fejlődő hámréteg béleli, amelynek neve **hashártya** (*peritoneum*) (5.4. ábra).



5.4. ábra. A bilaterális szimmetriájú állatok testfelépítésének legfontosabb típusai a testüregek szempontjából. A) Az *Acoelomata* testének felépítése egy tipikus képviselőjük, az örvényféreg testén bemutatva. A test és a bélfal között lévő *mesenchymalis* eredetű *parenchyma* szövetben nem jön létre üreg. Mezodermális eredetű *mesenchymalis* szerkezetű szövet csak a testfal felőli oldalon található, a középbélnek nincsen mezodermális borítása. B) Az áلتestüreg megjelenése egy fonálféreg példáján. A mezodermális borítás itt is csak a testfal felőli oldalon található meg – ez különbözteti meg a valódi testüregesektől. C) A gyűrűsférgekben már másodlagos, vagy valódi testüreg alakul ki. Ezt mind a testfal, mind a bélfal felőli oldalon mezodermális laphám határolja, melynek alaphártyája alatt a mezodermából keletkezett szövetek és szervek találhatók

5.4.2. A másodlagos testüreg képződése az összájúaknál

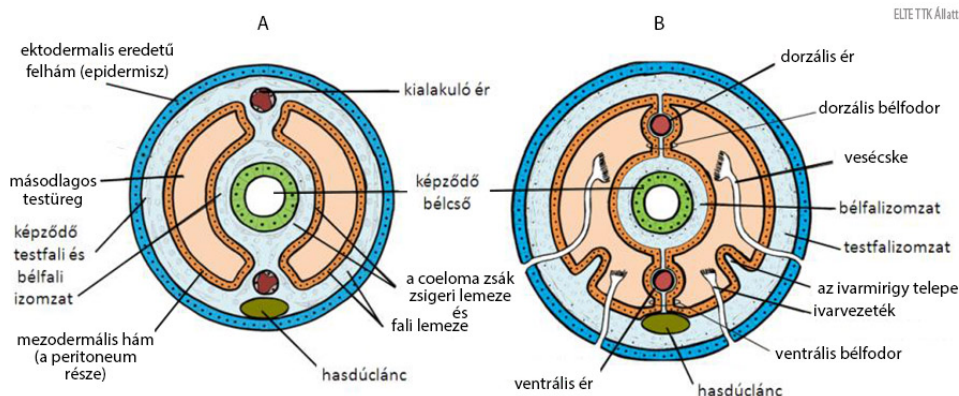
A Spiralia kládba sorolható gyűrűsférgek (Annelida) és puhatestűek (Mollusca) jellegzetes testüreg képződési módja az ún. *schizocoelia*. Folyamatát a gyűrűsférgek fejlődésének példáján mutatjuk be. Itt a *blastocoel*-be vándorolt sejtek szelvényesen elhelyezkedő, páros csoportokba rendeződnek, melyek belsejében később „hasadékképződés” révén jön létre a testüreg (ezt jelzi a *schizocoelia* kifejezés). A hasadékképződés azt jelenti, hogy a sejtek között üreg nyílik. A testüreg belső felületén az epitelizálódó *mesenchymalis* sejtek egyrétegű hámmá állnak össze. A folyamatot az 5.5. ábra mutatja be.



5.5. ábra. A spirális barázdálódásúakra jellemző testüregképződés (*schizocoelia*) elvi vázlata. Az összaj ekto- és entodermájának határán lévő sejtek a *blastocoel*-be vándorolva és ott osztódva *mesenchymalis* sejthalmazt hoznak létre (A), amely szelvényes tagozódásúvá fejlődik (B). A mezodermális szelvények központi részén a belső epitelizálódott sejtek által határolt, kezdetben hasadékszerű testüreg (*schizocoel*) jön létre (C)

A mezodermális hám által határolt üreg egyre jobban nő és így a mezoderma külső, ún. **fali**, illetve belső, ún. **zsigeri lemezét** nekinyomja a külső, illetve a belső csiralemez rétegének. Az ektoderma felszínen maradó része lesz a felhám (epidermisz), az entoderma pedig a középbél hámlját hozza létre. A fejlődő mezoderma eközben természetesen a *blastocoel* üregét tölti ki, amely így fokozatosan leszűkül és végül eltűnik (az állatnak nem „marad” elsődleges testürege).

A nem epitelizálódott, azaz a hashártya alatti, *mesenchyma* sejtekből a testfal és a tápcsatorna izom- és kötőszöveti rétegei, valamint a különböző mezoderális szervek (pl. kiválasztószervek, ivarmirigyek stb.) alakulnak ki. A jobb és baloldali *coeloma* zsákoka fala a középsíkban összefekszik, s az itt elhelyezkedő szerveket, elsősorban a tápcsatornát rögzítő **bélfodrot** (mezentérium, *mesenterium*) hozza létre (5.6. ábra).



5.6. ábra. A mezoderma fejlődése a gyűrűsférgek példáján. A) A mezoderma és a benne lévő másodlagos testüreg már kitöltötte a *blastocoel* terét. A testüreg falai: a felhám felé a fali lemez, a fejlődő bélcső felé pedig a zsigeri lemez látható. Mindkettő két rétegű: a peritoneum hámja és izomzat alkotja. B) Az expandáló *coeloma* zsákoka fala a középsíkban összefekszik, létrejönnek a mezoderális eredetű belső szervek. Kialakul a testüreg végleges szerkezete a belet felfüggesztő bélfodorral és benne az ivarmirigyekkel, valamint a testüregből kiinduló vesécskével (az ivarvezetékek és a vesécske hámrétegét egyetlen vonallal jelöltük). A másodlagos testüreg hashártya (peritoneum) borítja, amelynek hámrétege a *coeloma* zsákoka belső sejtrétegéből alakul ki

A mezoderma zsákoka a hossz tengely mentén egymást követik. Ez az alapja a **szelvényesség** (metaméria) kialakulásának, azaz annak, hogy bizonyos külső és belső szervek előfordulása ismétlődni fog.

A hossz tengely mentén elhelyezkedő, egymás után következő *coeloma* zsákoka egymás felé eső, összenőtt falaiból *haránt válaszfalak* (dissepimentumok) fejlődnek. A dissepimentumokban, valamint a nyíl irányú középsíkban a bél alatt és felett a hashártya két oldalról egymáshoz fekszik olyan módon, hogy a testüreg felé mindkét oldalon hámval borított felületet alkot, melyek között vékony kötőszövetes réteg van. Ebben erek és idegek futnak, míg a dissepimentumokban izomsejtek is előfordulnak. Kezdetben egy-egy teljes dorzális és ventrális bélfodor is létrejön, de ezek a későbbiekben részben (leggyakrabban a ventrális oldalon) felszívódhatnak. Ezáltal a jobb és baloldali mezoderma zsákoka ürege egybe nyílik. A bélfodorhoz hasonlóan hashártya kettőzetek függeszthetnek fel más zsigereket is.

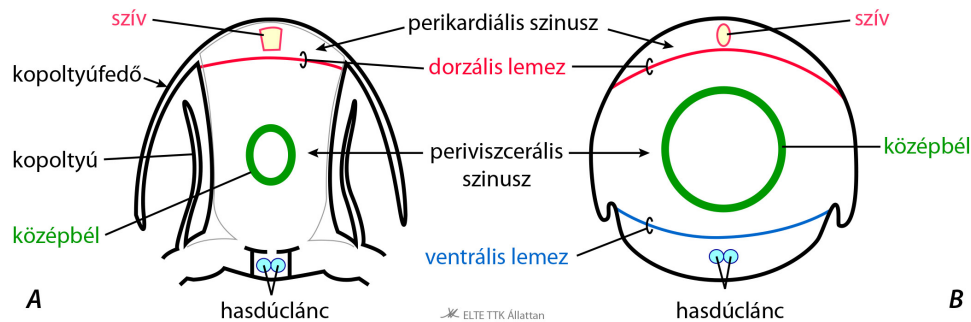
A gyűrűsférgek példája alapján láttuk, hogy hogyan jön létre a szervezet alapváza, amit a három csíralemez alkot. Ez utóbbiakból indul meg az egyedfejlődés további időszakaiban a szövetek és a szervek kialakulása (hisztó- és organogenezis).

A mezoderma és üregei a gyűrűsférgek, a puhatestűek és az ízeltlábúak fejlődése során mindig megjelennek. Utóbbiak esetében azonban a *coeloma* zsákoka nem maradnak zártak, ami egy új testüreg típus kialakulásához vezet.

5.4.3. Az ízeltlábúak kevert testürege

Az ízeltlábú állatok (Arthropoda) egyedfejlődése során a középső csíralemez sejtjei között több kisebb üreg keletkezik, ami azt jelenti, hogy másodlagos testüregük több rész(let)ből áll. Más nézőpontból azt mondhatjuk, hogy mivel ezek az üregek másodlagos testüregek, minden ilyen üreget mezoderális sejtek rétege választ el az elsődleges testüregtől. Ha a falazat sejtjeinek mindegyike részt vesz egy-egy szerv megformálásában, akkor nem maradnak olyan sejtek, amelyek összefüggő rétegben a helyükön maradnának: **a két testüreg szükségszerűen összenyílik**. A közös tér, azaz a **kevert testüreg** (*myxocoeloma*) neve megtévesztő, mert nem arról van szó, hogy a két testüreg a szó szoros értelmében összekeveredne! Csupán a közöttük lévő „válaszfalak” számolódnak fel azzal, hogy sejtjeikből például izmok, kötőszöveti lemezek alakulnak ki. A kevert testüreg létrejötte mindig **nyílt keringési rendszer** kialakulásával jár együtt, ami azt jelenti, hogy a testüreget testfolyadék (vérnyirok) tölti ki – ez okból a kevert testüreg szinonim elnevezése: *haemocoeloma* (l. 12.2.2. fejezet).

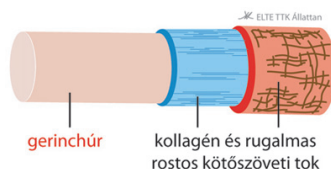
Tagolódása jellegzetes: terét ugyanis kötőszöveti lemezek kettő vagy három részre osztják (5.7. ábra). A dorzális lemez feletti térben helyezkedik el a szív, a tér neve ezért szív körüli (perikardiális, *pericardialis*) szinusz (hogyan a szinusz elnevezés mit jelent, l. 12. fejezet). A lemez alatt a tápcsatorna húzódik, más szervek környezetében (pl. ivarszervek), ezért ennek a térnek a neve „zsigerek körüli”, azaz periviszcerális (*perivisceralis*) szinusz. Ezt a helyzetet látjuk a felsőbbrendű rákok (Malacostraca) osztályában. A rovaroknál (Insecta) egy ventrális lemez is megjelenik, amely a periviszcerális térből egy hasdúcúlc körüli teret választ le: ennek neve ezért perineurális (*perineuralis*) szinusz.



5.7. ábra. Ízeltlábúak testüregének tagolódása magasabbrendű rákokban (A) és rovarokban (B). A rákok testüregére egy lemezzel két részre, a rovaroké két lemezzel három részre osztott. (Mindkét ábra keresztmetszet: az A) a fejtor, a B) pedig a potroh magasságában készült)

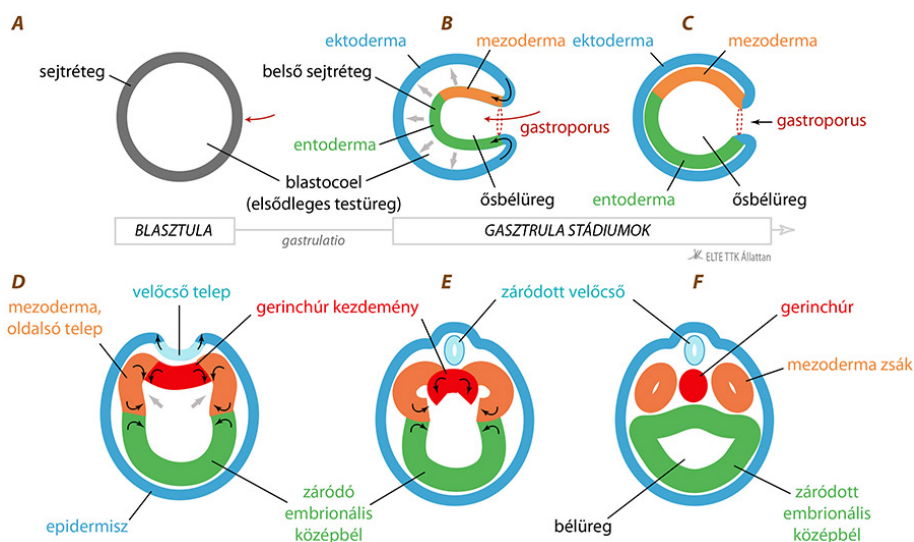
5.4.4. A másodlagos testüreg képződése a gerinchúros újszájúakban

A **bélsíráképződés** során az embrióba kerülő sejtegyüttes egy olyan belső sejtréteget alakít ki, amelyben eleinte nem különülnek el a későbbi belső és középső csíralemez sejtjei. Kezdetben az ősbélüreget tehát a leendő entodermális és mezodermális sejtek közös rétege határolja. Később a mezodermává differenciálódó területek sejtjei mindkét oldalon egy-egy, az elsődleges testüregbe benyomuló, majd **lefűződő mezoderma zsákot** képeznek. A másodlagos testüreg ilyenkor való képződésével kapcsolatban vezették be az *enterocoelia* fogalmát, amelynek neve arra utal, hogy a másodlagos testüreg (l. „*coelia*” utótag) és az ősbélüreg (l. „*entero*” előtag) egy közös tér feltagolódásával alakul ki. Az ősbélüreg falazatának középsíkjában szintén mezodermális sejtek jelennek meg: ez a telep a **gerinchúr** (*chorda dorsalis*) alakítja ki (5.8. ábra).



5.8. ábra. A gerinchúr felépítése: állományát kötőszöveti rostokból álló tok veszi körül

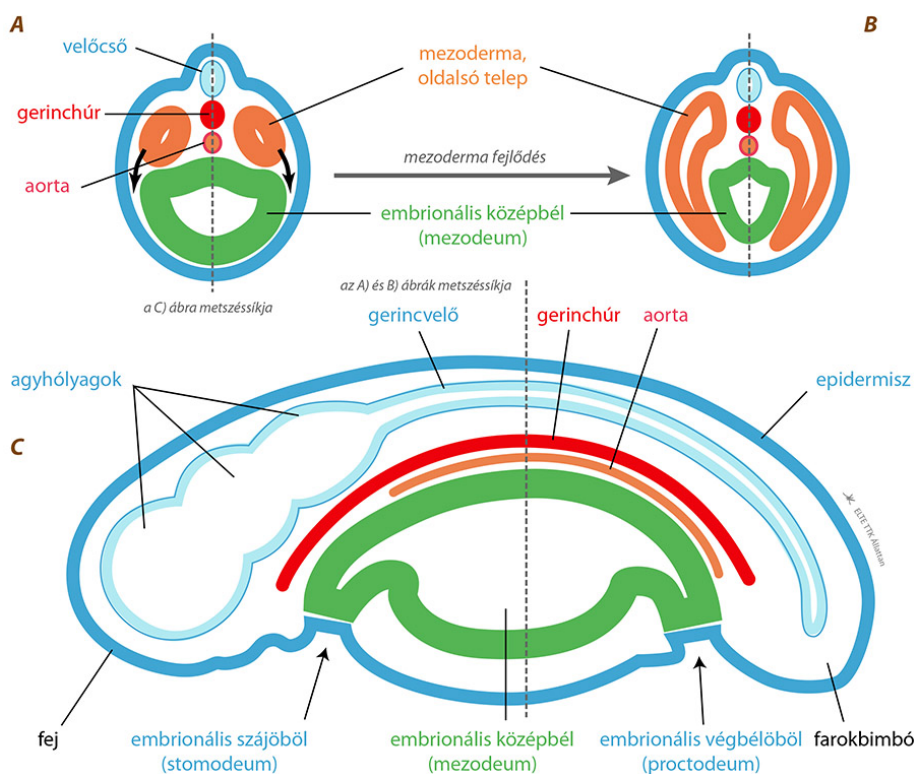
A mezodermális telepek kiválásával záródik az **embrionális középbél** (*mesodeum*) fala, amelyet immár csak entodermális eredetű sejtek alkotnak (5.9. ábra). Megjelenik a dorzális helyzetű **velőcső** is (a folyamat neve: neuruláció, *neurulation*), amely az idegrendszer telepe lesz (erről részletesebben l. 13.2.1. fejezet).



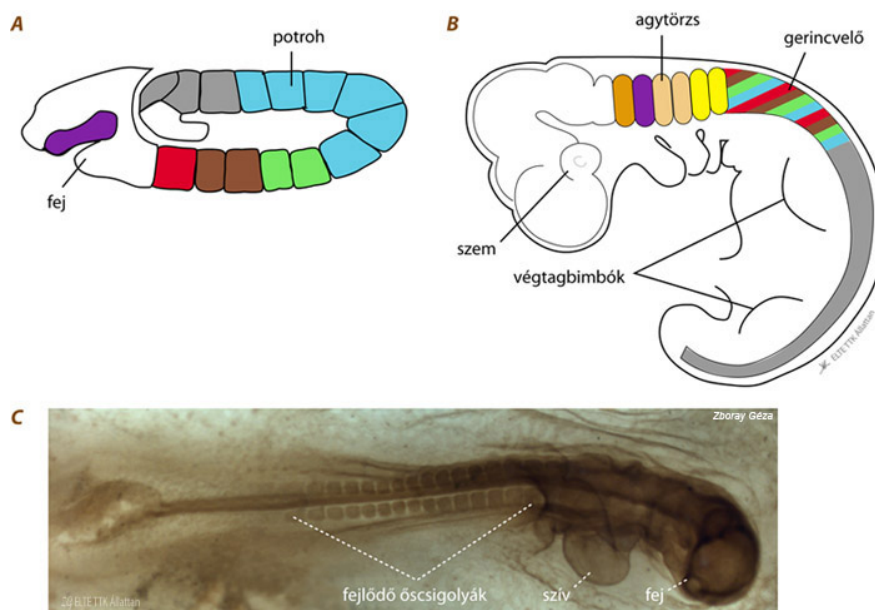
5.9. ábra. A gerinchúrosok bélcsíra képződése, a csíralemezek megjelenése és a másodlagos testüreg képződése

5.4.5. A gerincesek testszerveződésének kialakulása

A gerincesek egyedfejlődésének áttekintésében az előzőekben odáig jutottunk, hogy kialakul a gerinces embrió alapszabása (5.9. ábra). Ezután hamarosan az egyes **szervtelepek** is megjelennek (kialakulásukkal a csíralemezek megszűnnek létezni). A **külső csíralemez** felszínén maradó sejtjei a **felhámot (epidermiszt)** adják, a mélybe süllyedő sávja pedig a **központi idegrendszer** telepét alakítja ki (5.10. ábra). Ez a **velöcső**, amelynek elülső része **három agyhólyagot** képez (ezek az agyvelő egyes részeit fogják létrehozni), a kaudális része pedig **gerincvelővé** fejlődik. A velöcső alatt jelenik meg a mezodermális eredetű **gerinchúr** és a főverőér, az **aorta**. A hasi oldalon az entodermából formálódó **embrionális középbél (mesodeum)** látható, amely ekkor még nem közlekedik a külvilággal. E kapcsolat az ektodermális betűrődésként megjelenő **embrionális száj- és végbélöböl (stomodeum és proctodeum)** teremti majd meg, amikor összenyílnak a primitív bélcsővel (8.1. fejezet).



5.10. ábra. Általánosított gerinces embrió vázlatos felépítése kereszt (A, B) és hosszmetsetben (C)



5.12. ábra. Gerincesek szelvényezettsége. Az A) és B) ábrán az azonos színek azonos génműködési mintázattal rendelkező területeket jelölnek a legyekben és az emlősökben. C) A szelvényesség látható megjelenése kiscsirke fejlődése során: az őscsigolyák ismétlődnek

Az **őscsigolyák sejtcsoportjai** alakítják ki a csigolyák sorozatából álló **gerincoszlopot** (l. 7.3.1. fejezet), a törzs, a testfal és a végtagok izomzatát, valamint a bőr kötőszöveti rétegeit (írha, bőralja, l 6.2. fejezet).

Az **őscsigolyanyél** tudományos neve *gononephrotom*. Mediális sejtcsoportja az **ivarmirigyek** (*gonadok*), laterális sejtcsoportja pedig a **vesetípusok**¹ létrehozásában játszik szerepet. E telepek közeli szomszédsága az alapja annak, hogy a kiválasztó és az ivarszervrendszer fejlődése során (hímekben) kapcsolatba kerül egymással (húgy-ivar szervrendszert alkot, l 10.3.1. fejezet).

A jobb és bal oldali oldalmesoderma körülnöve a tápcsatornát a középsíkban találkozik: falaik összefeksznek – dorzális és ventrális **bélfodrot**, mezentériumot kialakítva –, majd üregeik a hasoldalon egybe nyílnak (a ventrális bélfodor felszívódik), s így **egységes testüreg** jön létre.

5.4.5.1. A gerincesek testüregének tagolódása

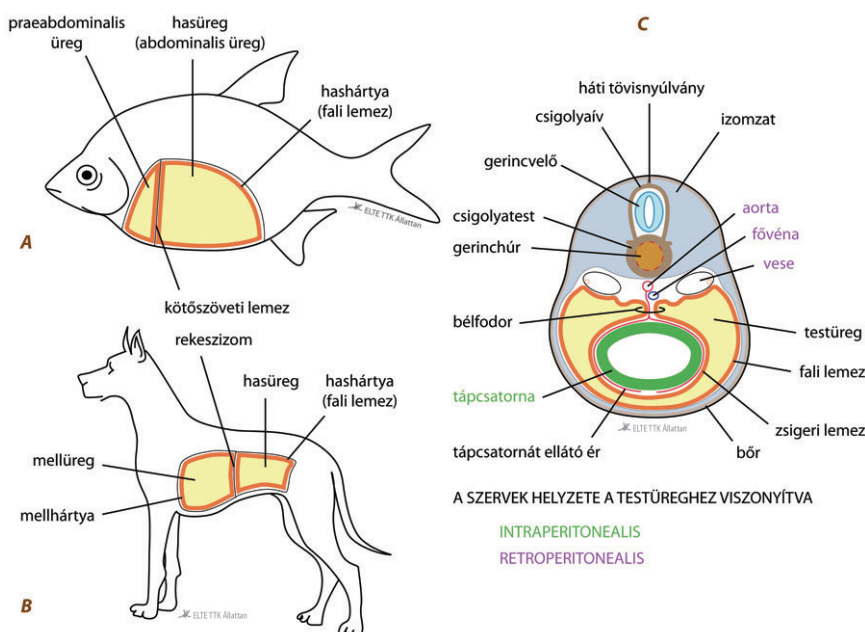
A **halaknál** a testüreg egy függőleges helyzetű **kötőszövetes lemez** két részre osztja. Az elülsőben helyezkedik el a szív, ez az üreg tehát a **szívüreg** (perikardiális üreg). A hátsó rész maga a hasüreg (5.13.A ábra).

A szívüreg minden gerincesben megjelenik, **kételtűekben** (Amphibia) már – a keringés átrendeződésével – a szívvel együtt hátrébb tolódik, s az egységes testüreg, amelyet **mell-hasüregnek** (*thoraco–abdominalis* üregnek) nevezünk, (részben) körülveszi. A **hüllők** többségében és a **madarakban** ugyanilyen tagolódást láthatunk. A **krokodilfélékben** a halaknál megismert kötőszövetes lemez kifejlődik, s az egységes mell-hasüreg két részre osztja: a felette lévő üregben a tüdők helyezkednek el, ez a mellüreg, az alatta lévőben pedig a hasüregi szerveket találjuk, ez a hasüreg. Ehhez a kötőszövetes lemezhez (rekeszhez) a medencéről mindkét oldalon egy-egy izomnyaláb fut, amely összehúzódnásával képes a lemezt a medencéhez közelíteni. Ilyenkor a rekesz alakja úgy változik meg, hogy a felette lévő mellüreg térfogata megnő, s ez jelentősen hozzájárul a belégzéshez. Az izmok elernyedésekor az eredeti helyzet áll vissza, ami a kilégzést könnyíti (l. 9.11. ábra).

Az **emlősök** egyedfejlődése során is megjelenik az a kötőszövetes lemez, amely az egységes mell-hasüreg két részre osztja (5.13.B ábra). Lényeges különbség azonban, hogy ebbe izmok nőnek bele, így a kialakult szervet jogosan nevezzük **rekeszizomnak**. Kupola alakú, s izomzatának összehúzódnásakor lelapul, ami a mellüreg térfogatának növekedésével jár (belégzés). Ha izomzata elernyed, akkor a kupola ismét bedomborodik a mellüregbe,

¹Nephro–: vese–

csökkentve annak térfogatát (kilégzés). A rekeszizom munkája alapvető a légzésben, funkciójának kiesése légzéselégtelenséghez vezet. Munkáját a bordaközi izmok egészítik ki.



5.13. ábra. A gerincesek testüreg tagolódása, valamint a hasüregi szervek helyzete. A halak (A) és az emlősök (B) testüregének elhelyezkedése oldalnézetben (a szívet és a szívburoküreget nem tüntettük fel egyik rajzon sem), valamint a hasüregi szervek helyzete és elnevezése (C, keresztmetszet)

5.4.5.2. A hasüregi szervek helyzete: intra- és retroperitoneális szervek

A hasüregben elhelyezkedő szerveket helyzetük alapján két csoportba sorolhatjuk (5.13. ábra). Azokat, amelyek a hasüregben (vagy egységes mell-hasüregben) úgy helyezkednek el, hogy minden oldalról a hashártya (zsigeri lemeze) veszi őket körül (amely nem mellesleg felfüggesztésükről is gondoskodik), **intrapertoneális szerveknek** nevezzük. Tipikusan ilyen a középbel, amelyet a bélfodor függeszt fel.

Vannak olyan szervek, amelyek egyik felszínükkel a testfalhoz simulnak, így csak a testüregbe domborodó felszínükre húzódik rá a hashártya (fali lemeze). Ezeket a szerveket hashártya mögötti, **retroperitoneális szerveknek** nevezzük. Felfüggesztésük nincs. Ilyenek pl. a vesék és a húgyhólyag.

Összefoglalás

A testszerveződés alakulását az embrionális fejlődés lépései szerint követtük: szó volt a barázdálódásról, annak két fő formájáról és ennek rendszertani jelentőségéről, majd a bélcsíra képződéséről és az ezzel kapcsolatos fogalmakról, elnevezésekről. Megnéztük, hogy az ő- és újszájú állatok elkülönítésének mi az alapja, elkülönítettük a diplo- és triploblasztikus állatokat, s utóbbiaknál részletesebben áttekintettük a középső csíralemez sejteinek sorsát, valamint azt, hogy milyen testfelépítés (testüreg) típusokat különíthetünk el az állatvilágban. Vázoltuk a másodlagos testüreg képződésének módját az ő- és újszájú állatokban, majd megnéztük az ízeltlábúak speciális kevert testüregét. Foglalkoztunk egy általános gerinces embrió testszerveződésével, a középső csíralemez tagolódásával és telepeivel, végül a testüreg tagolódásával és a hasüregi szervek helyzetével.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Rajzoljon egy ábrasort, amely az embrionális fejlődés kezdeti lépéseit mutatja be a bélcsíra képződésig! Nevezze meg az ábrák részleteit és ismertesse a közöttük lévő összefüggéseket!
2. Mutassa be a barázdálódás leglényegesebb eseményeit, s ismertesse a folyamat rendszerezésben betöltött jelentőségét!

3. Mit jelentenek a következő fogalmak: diploblasztikus és triploblasztikus állat? Mi lehet az embrióba bevándorló mezodermális sejtek sorsa?
4. Határozza meg a másodlagos testüreg fogalmát és mutassa be azt, hogy hogyan keletkezik az ősz- és az újszájú állatoknál!
5. Ismertesse, hogy hogyan alakul ki az ízeltlábúak kevert testürege, s hogy milyen annak tagolódása!
6. Ismertesse, hogy a középső csíralemez hogyan tagolódik a gerinces embriókban, s melyik milyen szerv telepét alakítja ki!
7. Mutassa be a gerincesek testüregének tagolódását és a hasüregi szervek testüreghez viszonyított helyzetét!

6. fejezet - A köztakaró (*integumentum commune*¹) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

A köztakaró vagy más néven kültakaró a szervezet külvilág felé eső felszínét borítja, így elszigeteli azt a környezettől, egyben azonban a vele való kapcsolattartásról is gondoskodik. Legfelső rétege mindig hámszövet, amelyet felhámnak, **epidermisznek** nevezünk. Ez a **külső csíralemez** (ektoderma) **származéka**, s hámsejteken kívül mirigysejteket, érzéksejteket, szőrsejteket is tartalmazhat.

A köztakaró eredendő **funkciója** a fizikai (mechanikai, sugárzásokkal szembeni) és kémiai (mikroorganizmusok elleni) hatások elleni védelem, a környezettel való kapcsolattartás, valamint esetenként a mozgás biztosítása. Utóbbi miatt a köztakaróban izomrétegek is előfordulhatnak (l. bőrizomtömlő). Ahol az izomzatot önálló izmok alkotják, a köztakaró ott is szoros kapcsolatban áll vele: a rovarok izmai a külső vázhoz, a gerincesek izmainak jelentős része pedig a bőrhez is kapcsolódik. A köztakaró **epidermisz alatti rétegei** minden állatcsoportnál **középső csíralemez** (mezoderma) **eredetűek**. A következő fejezetekben néhány ősz- és újszájú állat kültakaróját vesszük szemügyre részletesebben, hogy lássuk, milyen változatos módon képesek megfelelni gazdáik igényeinek és a környezet kihívásainak.

6.1. Az ősszájú állatok köztakarója – tendenciák

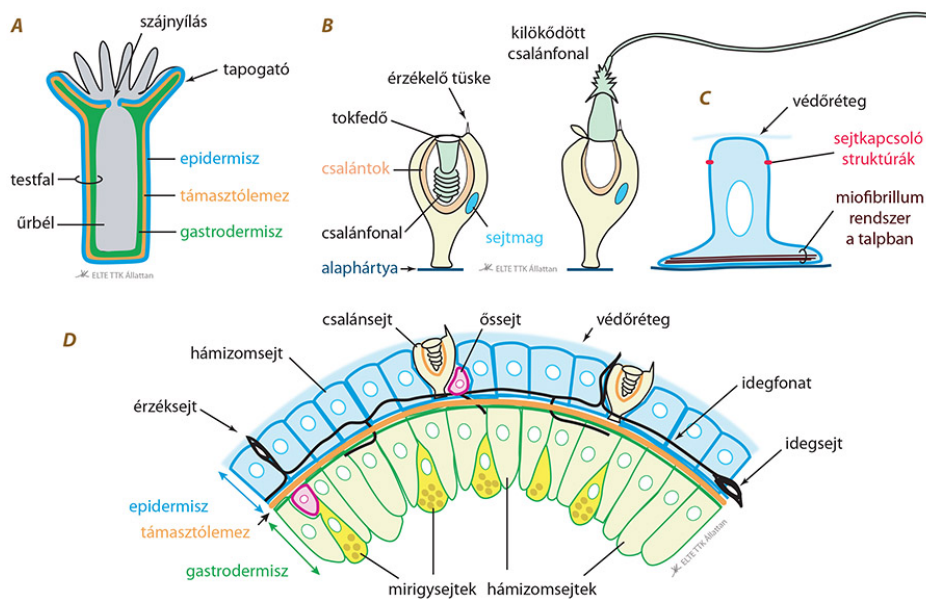
Az ősszájúak körében a köztakaró hám és izom jellegű funkciói kezdetben egységben, egyetlen sejtben (hámizomsejt) jelentek meg. A törzsfelföldés során hamarosan önállósultak azonban az izomsejtek, amelyek a hámtól elkülönülve, azzal együtt, de az alatt rétegeket képezve létrehozták a bőrizomtömlőt. A legfejlettebb ősszájúaknak tartott ízeltlábúaknál pedig már általánossá vált az, hogy az izomsejtek rétegek helyett önálló, egyedi (ún. kiegyénült) izmokat hoznak létre, amelyek már csak eredési és tapadási pontjukkal kapcsolódnak a külső váz hámrétegéhez. Látható tehát, hogy az ősszájúak körében a mozgás biztosítása sok állatcsoportnál a köztakaróra hárul, más csoportokban azonban – ahol ez az életmód miatt előnyösebb – ezt a feladatot az egyre inkább önállósult izomrendszernek adja át.

6.1.1. A kezdetek – a csalánozók testfala

A valódi szövetes állatok legősibbnak tekintett csoportja a **csalánozók** (Cnidaria) törzsének **hidraállatok** (Hydrozoa) által alkotott osztálya (l. 19.2.1. fejezet). Diploblasztikus állatok, s ahogy azt 5.3. fejezetben említettük, ősi voltakra egy speciális sejt típusuk utal, amelynek hám és izom funkciói is vannak: ez a **hámizomsejt**. A hidrák testfala két, alapvetően ilyen típusú sejtekből felépülő rétegből áll: a külső az epidermisz, a belső az ürbelet (gasztrális üreget) bélelő ún. gasztrodermisz. A két sejtréteg között egy rostokban gazdag, sejtmentes támasztó lemez húzódik (6.1. ábra).

A hámizomsejtek csúcsi és oldalsó felszíne hám funkciókat lát el: az epidermisz a külvilág felé védőréteget választ ki (6.1.C, D ábra), a gasztrodermisz sejtjei pedig az ürbeletbe emésztő enzimeket juttatnak és a tápanyagok felszívását végzik (6.1.D ábra). A sejtek mindkét rétegben alaphártyán ülnek, s rétegüket sejtkapcsoló struktúrák teszik szorosan zárttá. A hámsejtektől eltérő módon azonban az alaphártya felé eső részükön összehúzódásra képes **miofibrillum rendszert**, azaz aktin és miozin filamentumok kötegeit tartalmaznak (6.1.C ábra). Mivel ez a rendszer a sejtek „talpacskáiban”, azaz a sejtártyán belüli (citoplazmatikus) térben helyezkedik el, a sejt képes azt karban tartani, az előregedett fehérjéket lebontani, s azokat újjal helyettesíteni. Az aktin-miozin kötegek jelenléte egyértelműen mozgással kapcsolatos funkcióra utal. A miofibrillumok orientációja meghatározott: az epidermisz sejtekben a hossz tengellyel párhuzamos, míg a gasztrodermisz sejtegyüttesében erre merőleges, azaz körkörös. Ha az epidermisz miofibrillumai húzódnak össze, akkor az állat és tapogatói megrövidülnek, ha a gasztrodermisz rendszere lép működésbe, akkor pedig megnyúlik, kinyújtózik. A hidrák ragadozók, a zsákmány megszerzéséhez pedig testük és tapogatóik mozgására van szükség – ez, differenciált izomsejtek hiányában a hámizomsejtek nélkül elképzelhetetlen lenne. A két réteg miofibrillum rendszerének összehangolt mozgását az idegrendszer szabályozza.

¹Szó szerint köztakaró: tegere (*latin*): betakarni, communis (*latin*): általános, közös.



6.1. ábra. A csalánozók testfalának felépítése és sejtjei: A) virágállat hosszmetesze vázlatosan a testfal rétegeivel, B) nyugalomban lévő és működés utáni csalánsejt, C) hámozósejt metszete vázlatosan, D) a testfal szövettani felépítése

A fejlettebb csoportokban (pl. kehelyállatok osztálya) ez az alapfelépítés már e törzsön belül is módosul – bizonyoságul arra, hogy a mozgásra, azaz nagymennyiségű miofibrillum rendszer létrehozására és fenntartására elkülönült sejt- és szövettípusra szükség van: a közti lemezben / rétegben már itt megjelennek az **izomsejtek**.

Ne feledkezzünk meg azonban a csalánozók névadó tulajdonságáról sem! Epidermiszükben helyezkednek el a **csalánsejtek** is (*cnidocyt*). A csalánsejt belsejében egy kettősfalú tok van (csalántok), amely feltekeredett csalánfonalat és esetenként bénító hatású mérget tartalmaz (6.1. ábra). A csalántok tetején egy fedő helyezkedik el. A csalánsejtből egy ostor eredetű függelék, az érzékelőtuskó nyúlik ki: benne erős mechanikai és/ vagy kémiai inger hatására ingerület keletkezik. Ez áttevődik a csalántokra, a csalántok falának vízáteresztő képessége hirtelen megváltozik, s a citoplazmából nagymennyiségű víz áramlik a tok belsejébe. A megnövekedett turgor nyomás felpattintja a fedőt és a csalánfonal kicsapódik. Az egész állatvilágban ez a leggyorsabb reakció.

A csalánsejteknek 3 alaptípusa van, ezek a faltörő, a hurkoló és a ragasztó. Magyar neveik elárulják funkciójukat: a faltörő csalánfonalának tövén tüskék vannak, amelyek sebet ütnek a zsákmány testfelszínén. Csalántokja mérget tartalmaz, amely a csalánfonal kicsapódásakor bejut a sebbe. A hurkoló lasszóhoz hasonlóan működik, a zsákmány megragadását végzi. A ragasztó típus egyrészt megakadályozza a vergődő zsákmány elmenekülését, másrészt az alzathoz rögzíti az állatot (ha az helytűlő). A csalánsejtek a legnagyobb számban a tapogatókon helyezkednek el.

A kisült csalánsejt elpusztul, kilökődik a hámozósejt közül, majd őssejtekből pótlódik (6.1. ábra). Az őssejtek differenciálatlan, osztódó képes sejt. Utódsejtjeik közül egyesek megmaradnak őssejt állapotban, mások – az igényeknek megfelelően – az epidermisz szükséges sejtjeitípusává alakulnak.

A hámozósejteken és a csalánsejteken kívül az epidermisz fontos sejtjeitípusai még a működésüket szabályozó idegsejtek, amelyekről az idegrendszerrel kapcsolatban még szót ejtünk.

6.1.2. A bőrízomtömlő megjelenése

A kétoldalian szimmetrikus, fejlettebb állatokban a felhám, az immár önállósult izomsejtekből szerveződő izomrétegek, valamint az ezeket egymással összekötő kötőszöveti rétegek morfológiai és funkcionális egységet, ún. **bőrízomtömlőt** alkotnak. A „morfológiai” jelző arra utal, hogy e rétegek lapjával összenöttek, egymástól nem választhatók el. A funkcionális egység azt jelenti, hogy a bőrízomtömlő rétegei feladataikat csak együtt, egymástól szét nem választva képesek ellátni. Mik ezek a funkciók? A legkézenfekvőbbek a védelem, a mozgás, légzőszerv hiányában a gázcsere, egyes anyagcsere végtermékek leadása, illetve a kommunikáció (színezet, illatanyagok).

Vigyázat, a bőrizomtömlő elnevezés annyiban megtévesztő, hogy a gerinctelenek e szervének semmilyen kapcsolata nincsen a gerincesek kültakarójaként szolgáló szervvel, azaz a bőrrel! Mivel a bőrizomtömlő legfelső rétege, azaz hámja semmiképpen nem azonos a kötőszöveti rétegeket is tartalmazó bőrrel, azaz máshogyan fogalmazva a bőrizomtömlő legfelső rétege nem maga a bőr, hanem „csak” egy hámréteg, a szó értelmezése ennek megfelelően: „hámizomtömlő”.

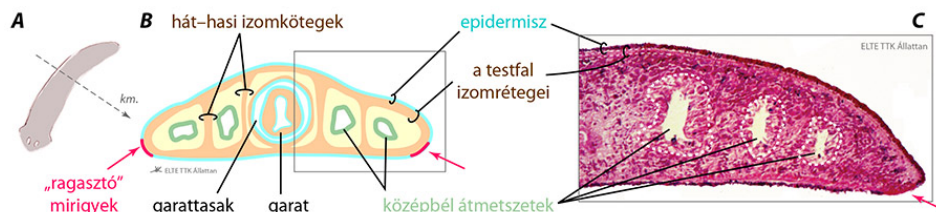
A bőrizomtömlő hámrétege egyrétegű hengerhám. Esetenként speciális fehérjék fonadékából álló réteget, például **kutikulát** termelhet a felszínére. Ha ez igen vastag, az alatta lévő epidermiszt **hipodermisznek**² nevezzük. Mivel a kutikula nem nő együtt az állattal, időnként le kell vedleni. A **kutikulamentes felhám** felszíne sem csupasz: fehérjékből és nyálkaanyagokból álló réteg vonja be, amely a hámsejtek, és a hámhoz tartozó mirigysejtek közös terméke. Sikamlóssá teszi a felszínt, véd a kiszáradás ellen, megkönnyíti a gázcserét.

Az izomzatot sima izomszövet alkotja³, amely több, eltérő lefutást mutató rétegekbe rendeződhet: ez mindenképpen előrelépés a hámizomsejtekhez képest, hiszen az édesvízi hidrák testfala a miofibrillumok számára csak kétféle orientációt biztosít. Az izomzat működéséhez szilárd támasztékra van szükség, amelyet a testfolyadékkal telt testüreg biztosít. Mivel a folyadékok összenyomhatatlanok, ha egy zárt teret (testüreg) folyadékkal töltünk fel, az megfelelő támasztékot biztosít az izomzatnak a mozgáshoz. Ez esetben a folyadékkal kitöltött testüreg és az annak falát (a bőrizomtömlő rétegeként) alkotó izomzat együttesen ún. **hidrosztatikai vázat** alkot, amelynek fontos szerepe van a testalak megtartásában is.

6.1.2.1. A férgek és a puhatestűek bőrizomtömlője

A **laposférgek** törzsének (Platyhelminthes) bőrizomtömlőjét a szabadon élőknel (örvényférgek) **egyrétegű, csillós hengerhám** borítja. A hámréteghez **mirigyek** tartoznak, amelyek legtöbbje nyálkát termel. Vannak még az alzathoz rögzülést segítő, „ragasztóanyagot” termelő, és védelmi funkciót ellátó váladékot termelő mirigyek is (6.2. ábra). Az élősködőknél (métélyek, galandférgek) ez a felépítés módosul, hiszen esetükben a testfelszín részt vesz a tápanyagfelszívásban is. Hogyan lehet egyszerre hatékonyan vastag kutikulával védekezni a gazdaszervezet ellen, ugyanakkor minél nagyobb, a külvilág számára szabadon hozzáférhető felületet biztosítani anyagok felvételére? A feladat megoldható: a részleteket nem ismertetve úgy valósul meg, hogy a hámsejtek által termelt, átjárhatatlan kutikulát olyan pórusok törnek át, amelyeken keresztül maguk a hámsejtek nyújtják a felszínre nyúlványaikat, amelyek itt összefüggő réteget képeznek.

A bőrizomtömlő izomsejtjei önmagukba visszatérő rétegeket alkotnak, amelyek lefutási iránya rétegenként eltérő (van hosszanti, ferde és körkörös): ennek köszönhető, hogy pl. az örvényférgek ügyes, gyors mozgású ragadozók. Esetükben az izomzathoz hát-hasi izomkötegek is tartoznak, amelyek az állatok lapitottságát (l. laposféreg elnevezés) biztosítják (6.2.B ábra).



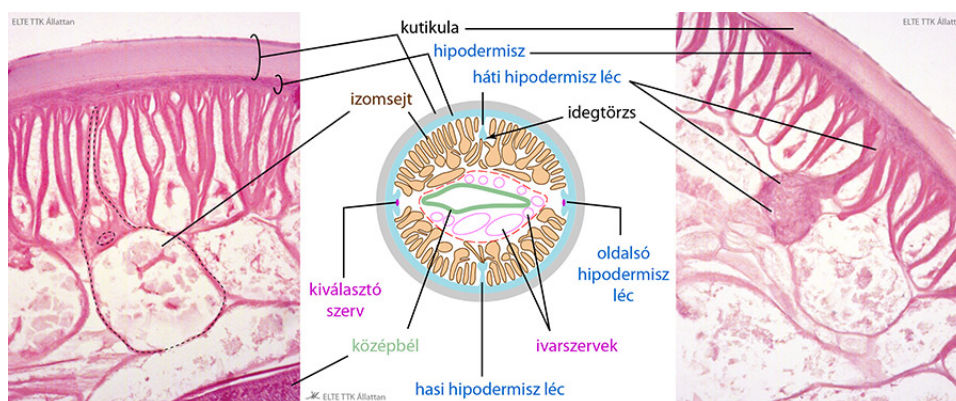
6.2. ábra. Laposférgek bőrizomtömlője: planária (A) keresztmetszetének vázlata a bőrizomtömlő rétegeivel (B), a test keresztmetszetének részlete metszeten (C)

A **fonálférgek** (Nematoda) bőrizomtömlőjének külső rétege az epidermis által termelt jól fejlett, többrétegű kutikula, amelyet fejlődésük során többször levedlenek. Egyik fő feladata, hogy a környezet és a szervezet közti átjárhatóságot jelentősen csökkentse. Feladatát jól végzi, emiatt egyes fonálférgek olyan kedvezőtlen élőhelyeken is képesek megmaradni, mint a kiszáradó talajok, vagy a gazdaszervezetek bélcsatornája. Epidermiszüket hipodermisznek nevezzük. Ez a középsíkban egy háti és egy hasi, a horizontális síkban pedig két oldalsó megvastagodást, ún. hipodermisz lécet képez. Az előbbieken idegkötegek futnak, az utóbbiakban a kiválasztószerv helyezkedik el (6.3. ábra).

²hypo: valami alatti, itt arra hívja fel a figyelmet, hogy vastag kutikula alatti hámról van szó.

³Van ez alól kivétel, de itt nem foglalkozunk vele.

A hipodermisz testüreg felőli oldalához csak hosszanti lefutású miofibrillumokat tartalmazó, speciális (itt nem részletezett) felépítésű izomsejtek rétege kapcsolódik. A körkörös izmok hiányában a fonálféreg araszolni nem tudnak, a kisebbeknél jellegzetes “ficánkoló” mozgás, míg a hosszabbaknál a test ostorszerűen hullámzó mozgása figyelhető meg. Az izomzatban belül található testüregfolyadékkal kitöltött testüregük, így hidrosztatikai vázuk van.

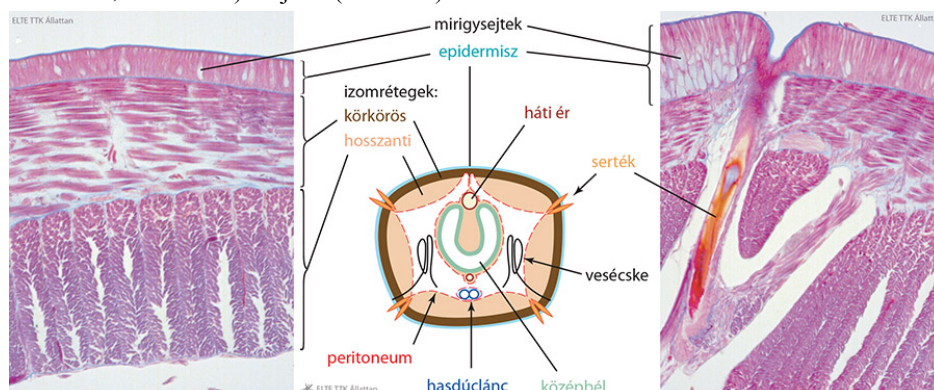


6.3. ábra. Élősködő fonálféreg (sertés orsógilisza) testfalának vázlatos rajza (középen) és metszetei (kétoldalt)

A **gyűrűsféreg**ek törzsében (Annelida) az epidermisz lehet csillós, vagy – hagyományosan kutikulának nevezett! – fehérje tartalmú nyálkareteggel fedett (csilló mentes) hám. Származékai (egyes hámsejtek terméke) a törzsre oly jellemző különféle **sérték**, amelyeknek a megkapaszkodásban van szerepük: segítségével a hátsóbb szelvények az elülsők után húzhatók. A serték kétoldalt, szelvényenként csomókban vagy jellemző számban követik egymást, csoportra, fajra jellemző módon. Fontos határozóbélyeget jelentenek. A felhámhoz tartozó fehérje és nyálkatermelő mirigyek (6.4. ábra) síkossá teszik az állat felszínét, kibélelik a lakócsöveket, járatokat, valamint képezhetnek gubót is, amelyben az embriók biztonságban fejlődnek. A gubót az ún. **nyereg** szelvényei termelik (nyeregképzők csoportja, Clitellata).

A nyereg egy megvastagodás az állat első kétharmadánál, azaz olyan szelvények csoportja, amelyek szélesebbek a többinél: epidermiszükben a szokásosnál jóval több mirigysejt foglal helyet, s ez a hámréteg megvastagodását eredményezi. A gubó kezdetben egy váladék gyűrűnek fogható fel, amely a nyereg körül alakul ki. A fehérje tartalmú váladék a felszínen megszilárdul, így az állat hátrafelé araszolva kibújhat belőle. E nem könnyű mutatvány során belehelyezi a párzótárostól kapott spermiumokat és a saját petesejtjeit, majd miután kibújik a gyűrűből, annak végei összeszáradva zsugorodnak, így az embriók a gubóba záródnak. Teljes fejlődésük ennek belsejében megy végbe.

A költakaró izomrétegei hosszanti és körkörös lefutásúak, így a két réteg alternáló mozgása **perisztaltikus mozgást** tesz lehetővé. Ennek kivitelezéséhez folyadékkal telt testüregük is hozzájárul (hidrosztatikai váz). A testfalat hashártya (peritoneum, l 5.6. ábra) zárja le (6.4. ábra).



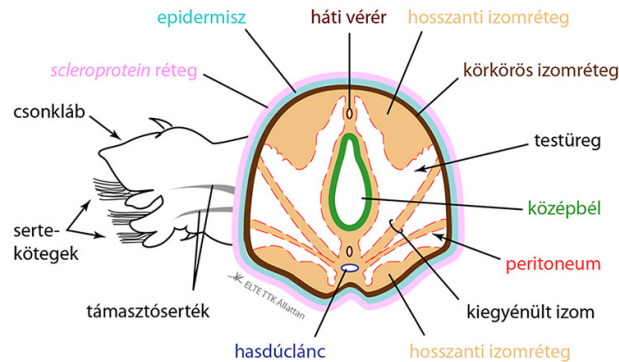
6.4. ábra. Földigilisza testfalának vázlatos rajza (középen) és metszetei (kétoldalt)

Amikor egy szelvény hosszanti izomzata húzódik össze, akkor az adott szelvény megrövidül, s mivel folyadék tölti ki, ez átmérőjének növekedését eredményezi. Amikor a körkörös izomzat kontrahál, akkor a szelvény átmérője

lecsökken, ami a szelvény hosszönvekedésével jár. Az idegrendszer hangolja össze a szomszédos szelvények izomrétegeinek alternáló működését.

A testfal jellegzetes kitüremkedései a soksertéjűek osztályában megjelenő ún. **csonklábak** (*parapodium*) is, amelyeket belülről egy támasztótüske mozgathat. A bőrízomtömlő mellett – főként soksertéjű gyűrűsférgeknél – néhány jellemző helyen **kiegyénült izom** (rövid bemutatásukat l. 6.1.2.2. fejezet!) is előfordulhat: a garat kiöltése, az állkapcsok, valamint a csonkláb és a serték mozgatása is ezekkel történik (6.5. ábra, 22.5. ábra).

A csonklábat a kutatók sokáig az ízelt láb őskének tekintették, de bizonyos újabb (molekuláris biológiai) vizsgálatok eredményei szerint a gyűrűsférgek és az ízeltlábúak csoportja nem egy leszármazási vonalon fejlődött, így végtagjaik nem lehetnek kapcsolatban egymással.



6.5. ábra. Soksertéjű gyűrűsféreg testkeresztmetszete egy csonklábal (a piros szaggatott vonal a peritoneumot jelzi)

A **puhatestű** (Mollusca) törzs szintén bőrízomtömlővel rendelkezik. Ennek izomsejtjei azonban – a férgekétől eltérően – nem egymáson fekvő, elkülönült rétegeket alkotnak, hanem egy egységes, vastag szövetet, amelyben tehát az izomkötegek lefutása – a réteget átjáró kötőszövettel együtt – hálózatos. **Színsejteket** és az azok által alkotott komplex sejt együtteseket is tartalmaz, amelyeknek egyedi beidegzése is van. A puhatestűek kültakarójának jellegzetes képződménye a **köpeny**, amelyről a külső váz kapcsán szözlünk!

Kiegészítésként megjegyezzük, hogy az ízeltlábúakat megelőző rendszertani csoportokban, a **karmos féreglábúakban** (Onychophora) és a **medveállatkákban** (Tardigrada) szintén bőrízomtömlő alakul ki. Felszínét kitűnő kutikula borítja, amelyről részletesebben a következő fejezetben lesz szó. Testfaluk jellegzetes, csak ezen osztályokban előforduló képződményei az ún. **féreglábak** (*archipodiumok*). Ezek felépítéséről és az ízelt lábba való összehasonlításáról a 6.1.3.3. fejezetben lesz szó.

6.1.2.2. A kiegyénült izmokban rejlő lehetőségek

A soksertéjű gyűrűsférgek és a puhatestűek izomzatával kapcsolatban – a bőrízomtömlőhöz képest – egy jelentős változást kell megemlíteni: ez az ún. **kiegyénült izmok** egyre tömegesebb jelenléte. A bőrízomtömlő izomzata önmagába visszatérő rétegekből áll, nem alkalmas arra, hogy precíz, finoman szabályozott, kis területre lokalizált mozgást hajtson végre. A kiegyénült izmok **meghatározott eredési és tapadási hellyel rendelkeznek**, elkülönülnek a bőrízomtömlő izomzatától és esetleges szomszédaitól is. Összehúzódsukkor tapadási helyüket közelítik eredési pontjukhoz úgy, hogy ez a mozgás a környezettől elszigetelt maradhat. A soksertéjűek csonklábait (6.5. ábra) és állkapcsát mozgató izmok, a kagylóteknőket összehúzó, vagy a csigaház kanyarulatának tengelyében kialakuló oszlopról eredő oszlopizom ebbe a kategóriába tartozik. Utóbbi nyalábjai a fej és a talp felé közeledve több ágra oszlanak, s pl. a fej szerveihez (pl. tapogatók) futva lehetővé teszik az állat csigaházba (pontosabban köpenyüregbe) való visszahúzódsát.

A puhatestű állatok mozgásában az izomzaton kívül jelentős szerepet kapnak a bőrízomtömlő testfolyadékkal telt terei is (l. keringési rendszer), amelyeknek folyadékartalma, ezzel együtt mérete is szabályozható.

A kiegyénült izmok az **ízeltlábúak körében általánosan elterjedtek**, ami a végtagok és a szárny megjelenésével (mozgásával) hozható összefüggésbe. Működésük alapján többféleképpen is csoportosíthatók. A **közelítő** (*adductor*) **izmok** azt a vázeleket, amelyen tapadnak, a test középvonala felé mozdítják el, vagyis a test középvonala felé közelítik. Ezzel ellentétes mozgást végeznek a **távolító** (*abductor*) **izmok**. A **hajlító** (*flexor*) izmok

összehúzódása a végtag vagy test hajlítását eredményezi, míg a **fesztítő** (*extensor*) izmok az ezzel ellentétes mozgásért felelősek. Ha két izom egymással ellentétes irányú munkát végez, **antagonistáknak**, ha munkájuk egymást segíti, akkor pedig **szinergistáknak** nevezzük őket.

6.1.3. A külső váz megjelenése

A külső váz (*exoskeleton*) a tudományos név szószerinti fordítása, hiszen a struktúra az állat testfelszínén van, s így jól látható. Ez alapesetben valóban így van, hiszen a külső vázak a felhám termékei. Eredendő funkciója tehát a védelem: gyakran az állat egész testét beborítja (pl. kagylóteknők vagy az ízeltlábúak kutikula „páncélja”). Előfordul azonban, hogy a vázat létrehozó hám a mélybe türemkedik, s a vele együtt mélybe süllyedő váz fölött záródik: így kerül a tintahalak és kalmárok ún. szépiacsontja (6.6. ábra) a testfelszín alá. Ez esetben a váz már nem látható, nem felszíni, ám mivel mégiscsak az epidermisz terméke, típusa szerint külső váz marad! A típusba sorolás szempontja itt tehát nem az elhelyezkedés (bár az elnevezés ezt sugallja), hanem egyértelműen az eredet: **azokat a vázakat, amelyeket a köztakaró hoz létre, külső vázoknak nevezzük.**



6.6. ábra. Szépiacsont dorzális és ventrális nézete.

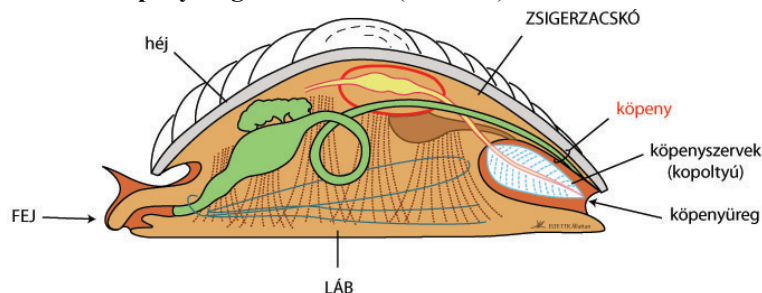
A külső vázak alapját mindig fehérje hálózat alkotja, amelyet a váz alatt fekvő hámsejtek sokasága termel. Szilárdságát lehet biztosítani a vastagság növelésével (l. élősködő fonálférgesek kutikulája), vagy a fehérje térhálós tereibe berakódó szerves sókkal (mésztartalmú vázak a puhatestűeknél, rákoknál), valamint az alkotó fehérjemolekulák közötti minél nagyobb számú keresztkötések kialakításával (l. rovarok). Az ilyen vázak szükségszerűen nehezek, így a szárazföldi életmódot folytató állatcsoportoknál a tömeg (súly) határt szab a testméret növelésének.

Egy ilyen váz, ha nem zárt, együtt nőhet az állattal (l. kagylóteknők). Amikor azonban teljesen beborítja a test felszínét (pl. az ízeltlábúaknál), az állat azt előbb-utóbb kinövi, így annak levetésére, megújítására, azaz vedlésre kényszerül. A vedlés veszélyes életszakasz, mivel szabályozása és folyamata igen bonyolult, s az új kutikula páncél kialakításáig az állat védtelen marad.

A külső vázak előnye, hogy szilárd, stabil izomtapadási helyül szolgálnak, így (a gerincesek csontjaihoz hasonlóan) a mozgásrendszer részét is képezik. A vedlő állat azonban a régi kutikula ruháját már nem, az újat pedig lágyasága miatt még nem képes támasztékul használni izmai számára, így ekkor gyakorlatilag mozgásképtelen.

6.1.3.1. A változatos vázak mesterei – a puhatestűek héja

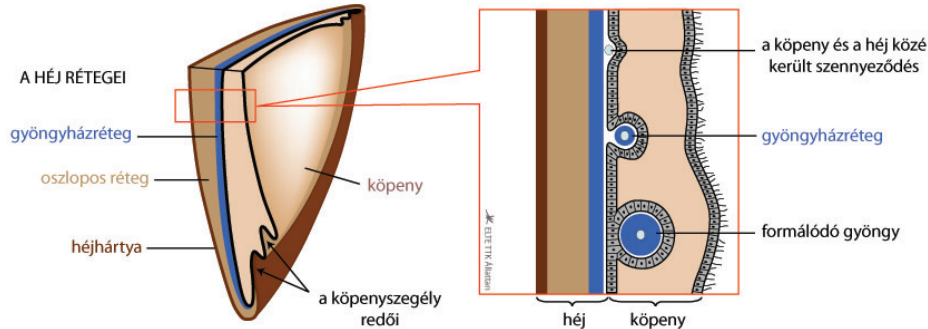
A **puhatestűek** (Mollusca) törzsének legjelentősebb csoportjaiban (könyvünk csak ezekkel foglalkozik) a köztakaró igen eltérő és változatos külső vázakat hoz létre (pl. kagylóteknők, csigaházak, szépiacsontok). A köztakaró törzsszinten jellegzetes képződménye az ún. **köpeny** (*pallium*). Ez nem más, mint köztakaró kettőzet, amely a külvilággal kapcsolatban lévő **köpenyüreget** veszi körül (6.7. ábra).



6.7. ábra. A puhatestűek általános testfelépítése: a külső váz, a köpeny és a köpenyüreg helyzete

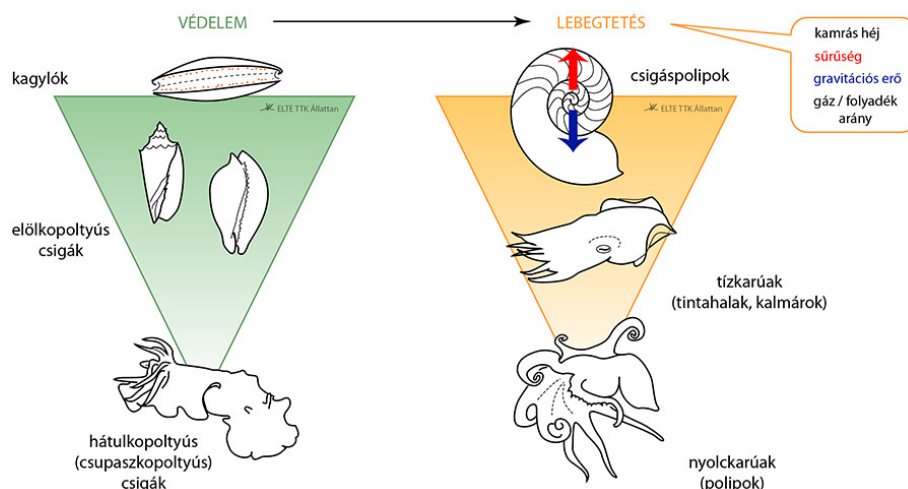
A váz termeléséért a **köpeny szegélyének nyálka, fehérje és mészmirigyei** a felelősek: az általuk felszínre kiválasztott, összetett váladékban gyorsan kikristályosodnak a mészsók. A köpenyszegély hozza létre a **szifókat**, amelyek a köpenyüregtet a külvilággal összekötő, hosszabb-rövidebb csövek (l. 21.5., 21.10.B ábra). A kagylók – hátulsó testvégükön – egy bevezető és egy kivezető szifóval rendelkeznek (az elnevezések azt jelzik, hogy az adott szifón keresztül a víz a köpenyüregbe vagy onnan kifelé áramlik, 21.13. ábra). Kétoldali köpenyszegélyük állhat szabadon, ám egyes esetekben hosszan össze is forrhat (l. óriáskagylók). Szifók a csigáknál és a fejlábúaknál is előfordulnak.

A héjnak alapvetően három rétege van. A legkülső, a **héjhártya** csak fehérjéből áll, a héj színezetét, felületi rajzolatát, mintázatát adja, s védi az alsóbb rétegeket. Az édesvízieknel a vízbe került avar bomlásakor felszabaduló savak ellen is véd. A középső az ún. **oszlopos réteg** egy fehérjeváz irányításával kristályosodó, a felszínre merőleges, öt- vagy hatszögletű kalcium-karbonát prizmákból áll. A legbelső réteget a felszínnel párhuzamos kristálylapok alkotják, rajta a fény selymesen csillog, **gyöngyházréteg** a neve (6.8. ábra). Az előző két rétegtől eltérően – amelyeket a köpenyszegély termel – a köpeny héjhoz simuló, külső felszíne hozza létre. Ennek ékes bizonyítéka a **gyöngyképződés**: amikor a köpeny héj alatti területének epidermisze és a héj közé idegen szemcse kerül, azt a hámréteg gyöngyházréteggel igyekszik körülvenni (6.8. ábra). Mivel az epidermisz sejtek itt csillókat nem viselnek, az idegen anyag elszigetelésének ez az egyetlen lehetősége. Gyöngyök nem csupán a kagylóknál alakulhatnak ki (bár előfordulásuk a nyitott kagylóteknők miatt a csoportban a leggyakoribb), hanem a zártabb (természetesen gyöngyházréteggel rendelkező) csigaházaknál is.



6.8. ábra. A puhatestűek külső vázának általános felépítése. A bal oldali ábra a köpenyszegélyt, a köpeny és a héj egy részletét mutatja a héj rétegződésével. (A bőrizomtömlő rétegei közül a rajz csak az epidermiszt jelzi vastag fekete körvonallal!) A jobb oldali ábra a tömörszelvény felső lapján bejelölt piros négyzet kinagyított rajza, s a gyöngyképződés folyamatát mutatja. A köpeny rétegei közül szintén csak a felhám jelzett. Ennek csillómentes felszíne a héj felé, csillós felszíne pedig a köpenyüreg felé néz

A külső váz eredendő szerepe itt is a **védelem**. A kagylók testének teljes egészét a védelmező héj (páros teknő) fedi. A csigáknál ezzel szemben jelentős **redukció** figyelhető meg: míg az ún. előlkopoltyús csigáknak mindig jól fejlett háza van, az ún. hátulkopoltyús és tüdőscsigáknál ez akár el is tűnhet. A fejlábúaknál a védelemhez egy másik funkció is társult, amely az állatok sikerességét és elterjedését alapvetően befolyásolta. Mivel többségük kamrás vázat készít (csigáspolip váza: *Nautilus*-ház, kalmárok és tintahalak szépiacsontja), s lakókamraként csak a legutóbbi – egyben legtágasabb – kamrát használja, a régi kamrákat lezárja (21.10.B ábra), és szifója segítségével testfolyadékkal és/vagy az ebből származó gázzal tölti fel. A folyadék/gáz arányt az állatok szabályozni képesek: ezzel nem tesznek mást, mint testük sűrűségét, s ezzel a változatlan (térfogatból adódó) felhajtóerő és a testre ható gravitációs erő eredőjét változtatják. Ez a mechanizmus kiválóan alkalmas a vízben izommunka nélküli szintváltoztatásra, azaz az ilyen, ún. **hidrosztatikai vázak** a hely- és helyzetváltoztatásban is fontos szerepet kapnak (6.9. ábra).



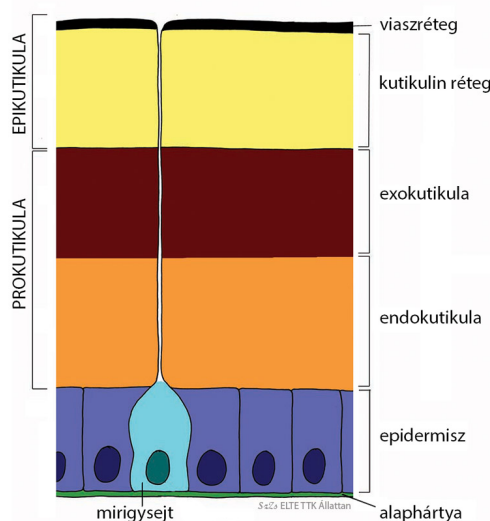
6.9. ábra. A puhatestűek külső vázának fő funkciói: az eredeti feladat, a védelem mellett a fejlábúaknál a lebegtetés is megjelent. A képek mögött bal és jobb oldalon látható, csúcsán álló háromszögek arra utalnak, hogy a héj a csigáknál és a lábasfejükénél is redukálódhat

6.1.3.2. Egy páncélzat előnyei – az ízeltlábúak váza

Az **ízeltlábúak** (Arthropoda), a **karmos főreglábúak** (Onychophora) és a **medveállatkák** (Tardigrada) törzsébe tartozó állatok kutikulája kitinizált. A **kitin** nitrogén tartalmú poliszaharid, amely a **kutikula** fehérjéihez kapcsolódik. A fehérjék (egy kinoidális vegyület révén) keresztkötésekkel egy hatalmas, az egész testfelszínt beborító, térhálós polimert hoznak létre. A keresztkötések sűrűsége a váz szilárdságát határozza meg: minél több a keresztkötés, annál keményebb a vázelem. Ennek fordítottja is igaz: az egyes vázelemeket összekötő, ún. ízületi membránok területén érdemes jóval kevesebb keresztkötést kialakítani, hogy azok rugalmasak maradjanak. A kutikula anyagait a hipodermisnek nevezett felhám termeli.

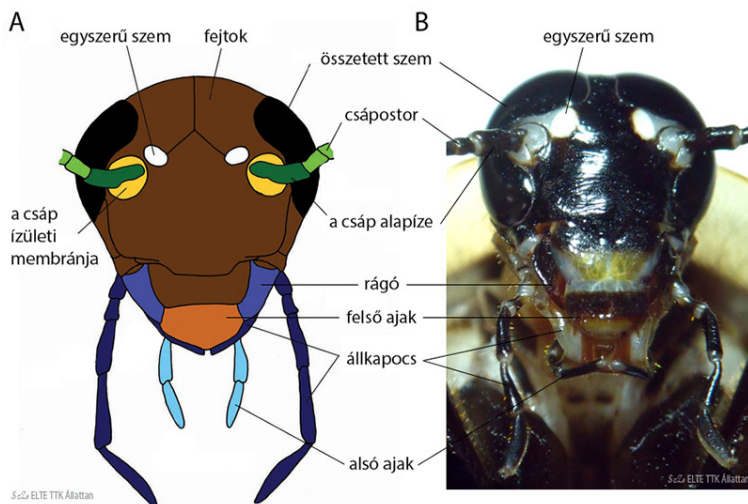
A kutikula külső, keményebb és ellenállóbb rétege az ún. **epikutikula**, alatta található a sokkal vastagabb **prokutikula** nevű réteg.

Az ízeltlábúak vázának további tagolódását a **rovarok** példáján mutatjuk be (6.10. ábra). Epikutikulájuk alsó, vastagabb részét az ún. **kutikulin** réteg adja. A felső, vékonyabb réteget **viasz** alkotja, amely vízzáró funkcióval rendelkezik. Az epidermisz egyes mirigysejtjeinek terméke, amely a kutikula kis átmérőjű pórusain keresztül jut a felszínre. A hipodermisben illatanyagokat termelő mirigyek is találhatóak. A prokutikulát két részre oszthatjuk: **exo-** és **endokutikulára**. Ezek egymástól csak a polimerizáltság fokában, azaz a fonalas fehérjéket és a kitinmolekulákat egymással összekapcsoló keresztkötések számában különböznek.



6.10. ábra. Rovarok köztakarója: a köztakarót az epidermisz és a hámsejtek által termelt többrétegű kutikula alkotja. A hámrétegben mirigysejtek ülnek, ezek váladéka adja a kutikula felső viaszrétegét

Ez a váz alapesetben szelvényenként egy **hasi (sternit)**, egy **háti (tergit)** és két **oldalsó (pleurit)** elemet képez, amelyek teljesen lefedik a külvilág felé néző felszínüket (5.7. vagy 6.14. ábra). A fej vázelemei összenőnek, s egységes fejtokot képeznek (6.11. ábra).



6.11. ábra. Rovarok fejtoka: a fejtok elemeinek vázlatrajza (A) és a csótány feje előlnézetben (B). A feji szelvények vázelemei hozzák létre a fejtokot, amelyhez rugalmas ízületi membránokkal kapcsolódnak a csápok és a szájszervek.

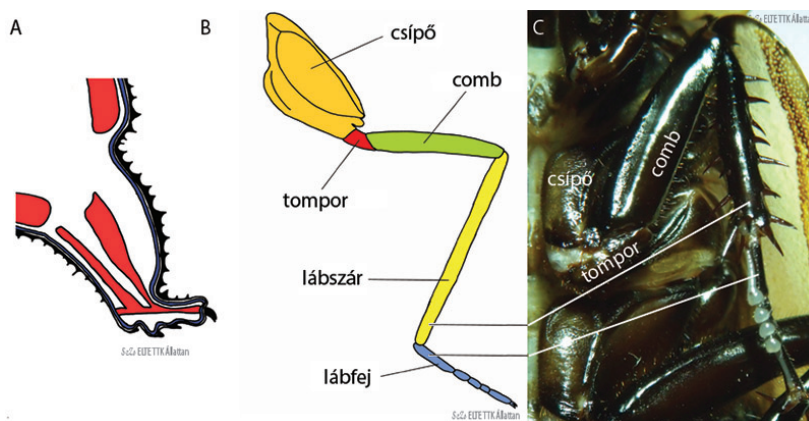
A fej oldalsó részén az összetett szemeket, a csápoktól mediálisan pedig egy pár egyszerű szemet láthatunk

Ez a külső váz **vedléssel** újítható. Ennek fő lépéseit röviden szintén a rovarok példáján mutatjuk be. A folyamat **első szakaszában** (neve: *proecdysis*, „vedlés előtti lépés”) az epidermis hámsejtjeinek anyagcseréje a **vedlési hormon** (ekdizon) hatására megváltozik, és a hipodermisz egy ún. **vedlési folyadékot** kezd termelni a kutikula réteg alá. Ez a folyadék inaktív „előenzimeket” (proenzimeket) tartalmaz, amelyek aktív formái a prokutikula anyagait képesek bontani. A folyadék szekréciója után megindul az új kutikula legfelső rétegének termelése (ez az epikutikula alsó, kutikulin tartalmú rétege). Ez az **új epikutikula** védi majd meg a hámsejteket a lebontó enzimektől. Miután elkészült az új epikutikula, a proenzimek aktiválódnak, és megindul a régi prokutikula anyagainak lebontása. Ez a **vedlés második szakasza**, az *apolyysis*. Közben a régi prokutikula anyagainak egy részét a hámsejtek visszaveszik, és felhasználják az új váz felépítéséhez, amely párhuzamosan zajlik a régi lebontásával. Amikor teljesen lebomlott a régi prokutikula, és elkészült az új, a régi epikutikula felreped, és az állat kibújik belőle. Ez a szűk értelemben vett **vedlés**, az *ecdysis*. Az új kutikula ekkor még nem szilárd (l. pl. vajrák elnevezés), hiszen nincsenek keresztkötések az azt felépítő fehérjék és kitinmolekulák között. Az állat ekkor megnövelni testméretét: a rovar levegővel telíti légsőrendszerét (a rákok lágy vázukon keresztül vizet vesznek fel). Hormonális hatásra a hámsejtek kinoidális vegyületeket szekretálnak, amelyek kialakítják a megfelelő számú keresztkötést a kutikula építőelemei között, ezzel megszilárdítják az új, nagyobb méretű kutikulát. Ez a folyamat a „keményedés”, **szklerotizáció**. Miután az állat leadja a felesleges levegőt (rákoknál kiválasztja a vizet), megjelenik egy térfogat többlet, amelybe az elkövetkező időszakban belenőhet. A rovarok lárvákban többször, kifejlett korukban azonban egyszer sem vedlenek, míg a rákok életük végéig képesek rendszeres vedlésre és így növekedésre. A vedlést a neuroendokrin rendszer szabályozza.

6.1.3.3. Az ízeltlábúak végtagjai és a féreglábak

Az ízelt lábak ízülettel csatlakoznak a törzshöz, hengeres vázelemekből állnak, amelyeket szintén **ízületek** kapcsolnak össze. A lábnak **saját izomzata** van, amelyet **kiegyénült izmok** alkotnak. Az izmocskák az egyik szelvényben erednek, majd áthajlanak a következő lábrészbe, s ott tapadnak. A láb alap ízébe a testfalról húzódnak be izmok. Mivel minden izom önállóan mozgatható, segítségükkel a láb minden egyes íze precízen koordinálható.

A **karmos féreglábúak** (Onychophora) és a **medveállatkák** (Tardigrada végtagjait **féregláb**nak (*archipodium*) nevezzük (6.12. ábra). E végtagokat a törzsszel nem ízület kapcsolja össze, a **végtag nem ízelt**, csak gyűrűzött, és **nincsen saját izomzata** sem: csak olyan izmokat találunk benne, amelyek a törzsből nyúlnak bele.

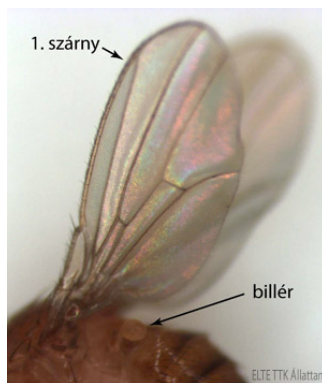


6.12. ábra. Féregláb (A) és ízelt láb felépítése: rovarláb rajzon (B) és fotón (C). Az ízelt láb hengeres vázelemekből áll, melyek egymáshoz és a testhez is ízülettal kapcsolódnak, míg a féregláb esetén ízületek nem fejlődnek

Az ízeltlábúak alapszabásához végtagjaik feltétlenül hozzá tartoznak. Olyannyira igaz ez, hogy csak azon szelvényeket tekintjük **valódi szelvényeknek**, amelyeknek van (vagy bizonyíthatóan volt) ízelt láb származékuk. Az **alpfelépítés** a következő: az alap- vagy **tőíz** egy **belső** és egy **külső karéjnak** megfelelő ágban folytatódik. Mindkettő több ízből áll. Ez az alapszabás sokféleképpen módosulhat, így e végtagok alakja és funkciója nagyon változatos. (l. 29.3.1. fejezet).

6.1.3.4. A gerinctelenek szárnya a rovaroké

A rovarszárny **köztakaró kettőzet**, amely a második és harmadik torsi szelvények (*meso-* és *metathorax*) háti (tergit) és oldalsó (pleurit) elemének találkozásánál kitűrődésként jelenik meg. A kettőzet alsó és felső lemeze nem fekszik szorosan össze a szárny teljes területén, lehetővé téve a szárny-tracheák befutását a két lemez közé. A légcsövek (l. 9.2.2. fejezet) többszörösen elágaznak és anasztomizálnak egymással (összesimulva keresztkapcsolatokat létesítenek). A főbb tracheákat haemolympha-terek és idegek is kísérik. Ezek alakítják ki a szárny jellegzetes hálózatos rajzolatát, amelyet **erezetnek** (*nervatura*) nevezünk (6.13. ábra). Az erezet fajra jellemző, ezért rendszertani szempontból fontos határozóbélyeg lehet.

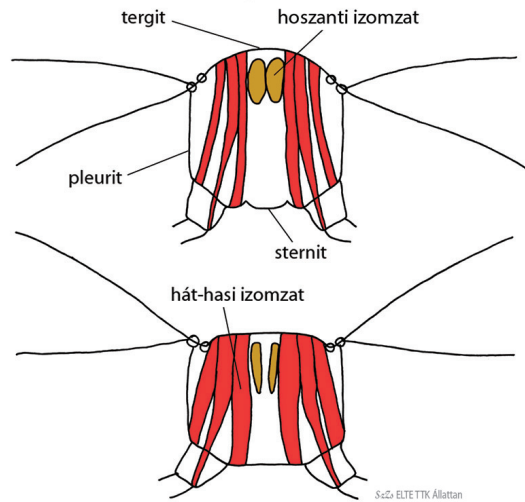


6.13. ábra. A rovarszárny erezete: az első pár szárny hártás, a második pár billérré módosult (ecetmuslica)

A szárnyak felépítése, alakja, mérete, egész megjelenése **fontos szempontot ad a rovarok rendszerezéséhez**. A szárnyak lehetnek egyformák vagy eltérőek, hiányozhatnak vagy átalakulhatnak érzékszervvé. Az első szárny lehet teljesen kitinizált: ez a **szárnyfedő** (*elytrum*), amely védi a rovar testét és a második pár szárnyat. Ilyen szárnyfedőt találunk például a bogaraknál (Coleoptera rend). Ha az első pár szárny csak félig kitinizált, **félfedő a neve**. Ez jellemző a poloskák rendjének (Heteroptera) képviselőire. Ha a szárny nem kitinizált, **hártásnak** nevezzük.

A szárnyak mozgatása, azaz a **repülés** a legtöbb rovarfaj esetében indirekt mechanizmussal történik. Ez azt jelenti, hogy a rovarok többségénél nem közvetlenül a szárnyhoz kapcsolódnak a repülőizmok, tehát csak közvetetten mozdtítják el a szárnyat a torsi szelvényekhez képest.

A repülésben két izomcsoport vesz részt. A hosszanti izomzat – ahogy a neve is mutatja – a test hossz tengelyével párhuzamos lefutású. Összehúzódásával rövidíti a tori szelvényeket, és a tergít emelkedését okozza, így a szárny lecsapódik. A hát-hasi lefutású izmok a dorsalis vázelemek (tergiteket) a ventralis vázelemekhez (sternitekhez) közelítik, ezzel a szárny felemelkedését okozzák (6.14. ábra).



6.14. ábra. Rovar repülőizmai és a repülés mechanizmusa. A repülőizmok a tori szelvények vázelemein erednek és tapadnak, a szárnyat közvetve mozgatják. A test hossz tengelyével párhuzamos lefutású, ún. hosszanti izmok összehúzódásának hatására a háti vázelem kidomborodik, és a szárnyak passzívan lecsapódnak (felső ábra). A szárny felemeléséért a hát-hasi izomzat összehúzódása felelős (alsó ábra)

6.2. Az újszájúak köztakarója – a bőr fogalma és néhány más alapvetés

Könyvünk az újszájú állatok bemutatását a **gerinchúrosok** (Chordata) törzsével kezdi. Az előgerinchúros **zsákállatoknak** sajátos köztakarójuk van, amely az állattal együtt növe, külső csíralemez eredetű burkot (tunikát) formál. A **fejgerinchúrosoknak** kétrétegű köztakarójuk fejlődik, amit már **bőrnek** nevezhetünk: hámja egyrétegű, s az ez alatt fejlődő vékony kötőszöveti állomány szintén csak egy rétegbe tömörül. A **gerincesek** (Vertebrata) altörzsének **bőre három rétegből áll**: a legfelső a **felhám (epidermisz)**, a középső az **irha (cutis)**, a legalsó pedig a **bőralja (subcutis)**. A bőrnek nevezett köztakarók közös jellemzője, hogy hámrétegük mindig ektodermális, kötőszöveti állományuk pedig mezodermális eredetű.

A **gerincesek epidermisze** minden esetben **többrétegű**, jól regenerálódó **laphám**. A többrétegűség azt jelenti, hogy nem minden sejt kapcsolódik az alaphártyához: azok a sejtek, amelyek leválnak az alaphártyáról, differenciálódnak, s felfelé tolnak, miközben hengeres alakjuk ellaposodik. Mire a felszínre, a legfelső sejtsorba érnek, már laphám sejtekké alakulnak.

Az eredendően **vízben élő halaknál** ez a felhám még nem szarusodik el, ám mirigysejtekben gazdag. A mirigysejtek váladéka sikamlóssá teszi a test felszínét, segíti a súrlódás csökkentését és a menekülést, véd a mikroorganizmusok ellen, valamint szerepet kap a kommunikációban. A **szárazföldi életmódhoz történő alkalmazkodás** a felhám megváltozásához vezetett. A kétélűek (Amphibia) csoportjában a hám gyengén elszarusodóvá vált. Az **elszarusodás** (keratinizáció) egy speciális differenciálódási folyamat. A felsőbb rétegekbe toló hámsejtek citoplazmájában speciális granulumok halmozódnak fel. A „gyenge” jelző arra utal, hogy a folyamat lassú, a felszínre érkező sejtek élnek, a hám egésze víz és légzési gázok számára átjárható. Az előregedő felső sejtréteg időnként leválik. A kétélűektől származtatott **hüllők** epidermisze már erőteljesen elszarusodó. A jelző azt mutatja, hogy a felfelé toló hámsejtekben keratin molekulák a fent említett granulumok mellett a citoplazmában is megjelennek. Ezek egy, a citoplazmatikus teret teljesen átszövő rendszert hoznak létre, amelyet a folyamat során a granulumok anyaga erőteljesen átrendez. Eközben a sejtekből (exocitózissal) olyan lipidek ürülnek, amelyek a sejtek közötti teret teljesen kitöltik, s biztosítják a réteg vízzel szembeni átjárhatatlanságát. A keratinizáció összetett, szabályozott folyamata hüllőktől kezdve a sejtek pusztulásával jár (ezért végdifferenciációnak nevezzük), így a hám felszínén megjelenő **szaruréteg** már elpusztult sejtekből áll. Minél fokozottabb az elszarusodás, annál vastagabb lesz a

szaruréteg. A leírásból látható, hogy az elszarusodás folyamatának fontos szerepe van a párologtatás (bőrön keresztüli vízvesztés) mértékének csökkentésében, a bőr vízzel szembeni átjárhatatlanságának biztosításában, valamint a mechanikai védelem biztosításában. A hullók, a madarak és az emlősök epidermisze szarufüggelékeket (szarupikkelyek, tollak, szőrszálak, karmok) is létrehoz.

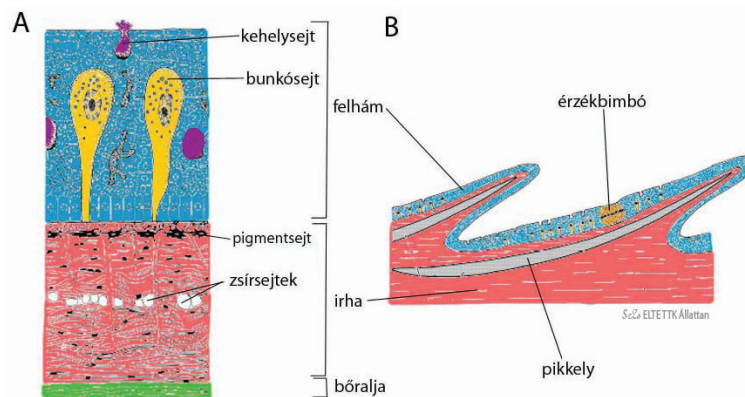
A keratinok sok taggal rendelkező molekula családot képeznek, amelynek két alapvető csoportját az ún. lágy és a kemény keratinok alkotják. Az emlősök bőrében a lágy, a hozzá tartozó szarufüggelékekben pedig a kemény keratinok mutathatók ki.

A felhám alatti **irha** erekben gazdag (táplálás, hőszabályozás) kötőszövet. Benne az ősi gerincesekben ún. **bőrcsontok** fejlődtek, amelyek – első védelmi vonalként – összefüggő falazatot alkottak pl. az agyat védő koponyacsontok körül (7.26. ábra). Ilyen csontlemezek egyes mai hullóknél (6.19. ábra), de még emlősöknél (kilencöves tatu) is megfigyelhetők. Ugyanilyen helyzetű, de apró csontlemezek a halak pikkelyei is. A **bőralja** a bőr felsőbb rétegeit rögzíti a vázizomzathoz.

A bőrérzékelésben betöltött szerepéről az érzékszervekről szóló 14.2.2 fejezetben írunk.

6.2.1. Az alaphelyzet és a változások kezdete – a halak és a kétéltűek bőre

A halaknál a felhám **többrétegű, el nem szarusodó laphám**. Vastagsága a pikkelyezettség fejlettségétől és az élőhelytől (gyors folyású vagy álló víz) függ. Az epidermiszben **nyálkatermelő mirigysejtek** (kehelysejtek) nagy számban vannak. Az általuk termelt váladék a testfelszínre ürül és csökkenti a test és a víz között a súrlódást. Az epidermisz ún. **bunkósejtjei** (nevüket felfelé szélesedő alakjukról kapták) szintén egysejtű, a hámba ágyazott mirigyek. Váladékuk véd a fertőzésektől, továbbá segíti a fajon belüli és fajok közötti kommunikációt. Az **irharéteg** (*cutis*) lazarusos kötőszövet alkotja. Igen jó a vérrellátása, ami nélkülözhetetlen a legtöbb halfajra jellemző bőrlégzés szempontjából. Itt ülnek a **pikkelyek**, amelyek csontlapocskáknak tekinthetők (6.15. ábra). Alakjuk és funkciójuk sokféle lehet. Ősi pikkelyekből származtatják a gerincesek fogait is.



6.15. ábra. A hal köztakaró fénymikroszkópos szerkezete vázlatrajzon és a pikkelyek

A pikkelyek (6.15. és 6.16. ábra) tetőcserépszerűen átfednek egymásra, és soha nem törik át az epidermisz sejtrétegét. Vannak halak, amelyek bőrében nincsenek pikkelyek (harcsa, törpeharcsa, tüskés pikó). Nagyon kicsi pikkelyei vannak az angolnának, a menyhalnak és a csikhalaknak. Más halfajokban (vérteshalak, páncélosharcsák) a pikkelyek csontlemezekké nőnek össze.



6.16. ábra. A halpikkelyek változatossága csontoshalakban

Az irha jellemző képletei a **színsejtek** (*chromatophora*), amelyek az ún. **kémiai színezetet** adják. A színsejtek viszonylag nagyméretű, sokszorosan elágazó nyúlványokat hordozó sejtek, amelyek citoplazmájában apró, színanyagokat tartalmazó testek (*chromatosoma*) vannak.

Egy színsejtben csak egyféle színanyagot tartalmazó chromatosomák vannak, amelyek sötétbarna, sárga, piros és gyöngyházfényű színanyagot tartalmazhatnak. A színsejtek egyesével, vagy különböző csoportokban helyezkedhetnek el a köztakaróban. Bennük a chromatosomák vagy a sejtmag köré koncentrálnak, vagy szétszóródnak a citoplazma nyúlványokba. Ennek következtében igen sokféle, változatos szín kialakítására szolgálnak.

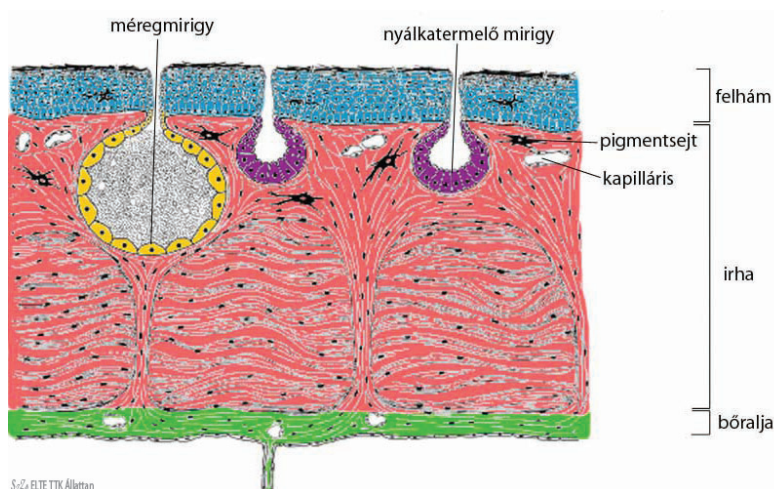
A *chromatosomák* sejtben való eloszlását a **hormonális rendszer** szabályozza, így arra is módja van sok halfajnak, hogy szükség esetén színét változtassa. A halakban gyakori zöldes és kékes színeket (általában) a köztakaróra vetülő és az azon megtörő, majd visszaverődő fénysugarak interferenciája okozza. Az így létrejövő színezetet **fizikai színezetnek** nevezzük. A gerincesek körében csak a halakra jellemző, hogy színsejtjeiknek egyedi beidegzésük van.

Az irha alsó rétegei – főként tógazdasági halakban – erősen elzsírosodnak. (Ez adja a nálunk kapható pontyok jellegzetes mellékizét.) A bőralja tömöttrostos kötőszövet, ami a köztakaró és az izomrendszer kapcsolatát biztosítja.

A kétélűek (Amphibia) **felhámja** többrétegű, **gyengén szarusodó laphám**. Hozzá sok, kisebb–nagyobb, **egyszerű, bogyós végkamrájú mirigy** tartozik, amelyek mélyen benyúlnak a hám alatti irhába. A kisebbek nyálkát, a nagyobbak mérgező váladékot termelnek (6.17. ábra). Váladékukat a bőr felületére ürítik, ezért a bőr állandóan síkos, nyálkás. A mirigyek váladéka megvédi a bőrt a baktériumoktól, a gombásodástól, ezen kívül – vizet megkötve – állandóan nedvesen tartja a bőr felületét. Mivel a hám ún. „gyenge” elszarusodása nem vezet elhalt hámsejtekből álló szaruréteg kialakulásához, az epidermisz vízre és gázokra nézve is áteresztő, így az köztudottan részt vesz a légzésben is. Ha az állat tüdejét eltávolítjuk, életben marad, mert bőrén keresztül elegendő oxigént tud felvenni. Ha viszont a bőrét bekenjük olajjal, rövid időn belül elpusztul.

Az epidermisz legkülső, szarusodó rétege bizonyos időközönként levetődik. Évenként kb. négyszer vedlik ily módon az állat. Ha a vedlést valami (betegség, szárazság stb.) meggátolja, az állat elpusztul.

Az epidermisz alatti **irharétegnek** a mechanikai védelemben van nagy szerepe. Itt nagy számban **pigmentsejtek** találhatók, ezek adják a bőr színét és mintázatot (6.17., 35.7. ábrák). A színszabályozásért a hormonrendszer a felelős.



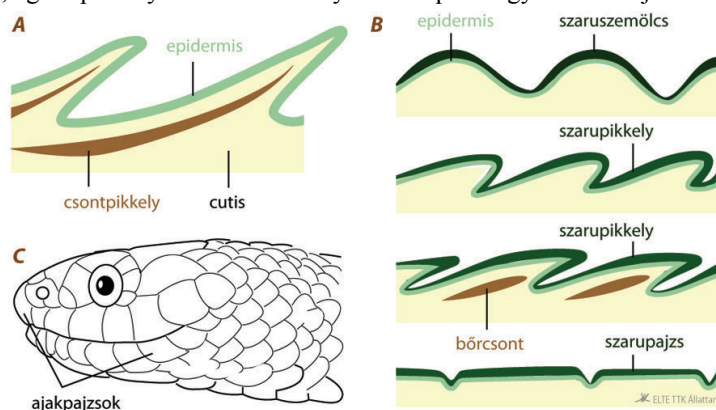
6.17. ábra. A kételtű bőr fénymikroszkópos szerkezete

A pigmentsejtekben többféle festékanyag fordul elő, mint pl. a barna és fekete melanin, a sárga és vörös lipo- és erythrochromok és a csillogó, fehér guanin. A béka viszonylag széles skálán képes a színét változtatni. A bőrt ellátó erek és idegek is az irharétegben futnak.

A **bőralatti kötőszövet** (*subcutis*) csak néhány helyen nő össze az alatta húzódó vázizomzattal. A legtöbb helyen a bőr és az izmok között a nyirokerek fúziójával kialakult nagy üregek, ún. **nyirokszakok** helyezkednek el, amelyeket értelemszerűen nyirokfolyadék (limfa) tölt meg, így e terek a bőr kiszáradása ellen ható folyadéktérnek is értelmezhetők.

6.2.2. A szárazföldi élethez való alkalmazkodás eredménye – a hüllők köztakarója

A **hüllők** bőrének legjellemzőbb képződményei azok a **szarupikkelyek**, amelyek a többrétegű, elszarusodó laphám származékai, így mindig a felszínen találhatók. Erőteljesen elszarusodott hámsejtekből épülnek fel. Alakjuk, méretük és vastagságuk alapján lehetnek apróbb szaruszemcsék, lapos, nagyobb szarupikkelyek és kiterjedt szarupajzsok. Elhelyezkedésük szerint megkülönböztetünk pl. ajak-, hát-, has- és farok pikkelyeket, pajzsokat (6.18. ábra). A pikkelyruha növekedésre nem képes, így **vedléssel újítható**. A vedlés lehet folyamatos, alig észrevehető vagy nagyon feltűnő. Utóbbira a kígyók adnak példát: a csörgőkígyók farok csörgőjét az évente levedlett, összeszáradt, egész pikkelyruhák maradványaként képződő gyűrűk alkotják.

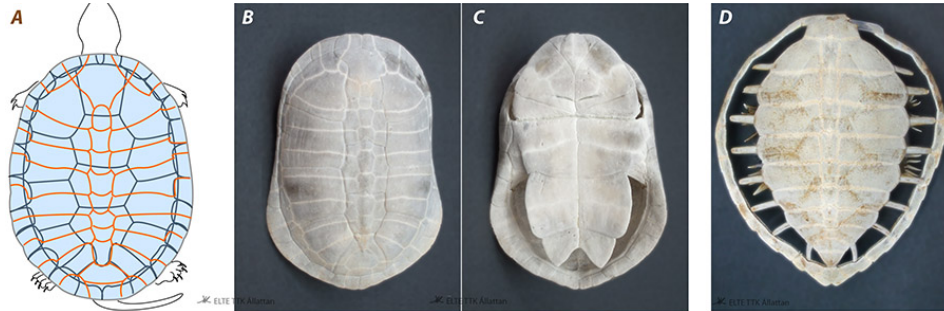


6.18. ábra. A halak és a hüllők pikkelyeinek összehasonlítása: A) a halak pikkelyei a felhám alatt, az irhában fejlődő csontlapocskák. B) A hüllőpikkelyek a felszínen lévő szarupikkelyek, amelyek az epidermisz származékai (fentről lefelé: szaruszemölcsök, szarupikkelyek és -pajzsok). C) Kígyó ajakpajzsai

A pikkelyekkel homológ képződmények a tollak, amelyek már a hüllők körében megjelentek: számtalan tollas hüllőt ismerünk, amelyek azonban már kihaltak. A madarak őseit közöttük kell keresnünk, de mivel nem minden tollas

hüllő tartozik a mai madarak leszármazási vonalába, a madárösoők felkutatása óvatosságot igényel! (Részletesebben l. a 37.4. fejezetben!)

A hüllők bőrének irharétegében ún. **bőrcontok** is fejlődhetnek (6.18. ábra), amelyek a szarupajzsok alatt második védelmi vonalként szolgálnak. A **teknősök páncélja** (hátpajzs és mell- vagy hasvért) két rétegből épül fel: a felszínen az epidermisz által létrehozott szarupajzsokat, alattuk pedig az irhában kialakuló csontlemezeket találjuk. A biztonságot a két rendszer elemeinek átfedő elhelyezkedése fokozza (6.19. ábra). A bőrcontok rendszere összesen a vázrendszerrel, illetve a vázrendszer egyes csontjai (pl. szegycsont, bordák) beleolvadnak a páncélba.



6.19. ábra. A teknősök páncélja. A szarupajzsok (narancssárga vonalak) és a bőrcontok (szürke vonalak) határai többnyire nem esnek egybe (A), hátpajzs). A szárazföldi teknősök hátpajzsa és mellvértje egységes felszínt ad (B, C), míg a tengeri teknősök redukálódott carapaxa nem (D). (Mindhárom fotón csak a bőrcontok láthatók, a szarupajzsok hiányoznak. A B) ábrán ezek szegélye jól látható világos vonalrendszerként rajzolódik ki a szürkés csontokon

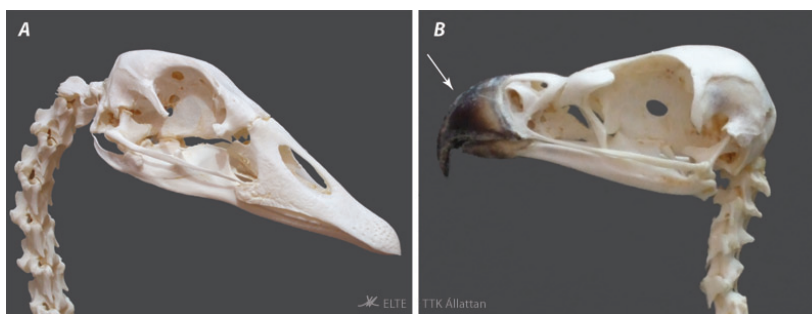
A csontos teknőspáncél eredetileg a szárazföldi teknősöknél a bordák összenövésével jött létre, s kitűnő védelmet biztosított. Az őslénytani leletek alapján ismert, hogy a tengerbe visszatérő fajok súlyos páncélja fokozatosan elcsökevényesedett, ám amikor utódaik újból szárazföldi életmódra tértek át, azoknak ismét páncélra lett szükségük. Ez az új csontpáncél már nem a bordák (ismételt) összenövésével alakult ki (a törzsféjlődés visszafordíthatatlan), hanem a bőrben (irhában) fejlődő csontlemezekből jött létre. A ma élő legnagyobb teknős, a tengeri bőrtékősoői másodszor is visszatértek a vízbe – ennek megfelelően a bőrtékősoői bőrben lévő csontos páncélja már csökevényes (l. 6.19. ábra), s elemei nem is kapcsolódnak a vázrendszerhez. Szintén kötőszöveti elcsontosodással alakul ki a hasi szegycsont és a hasi bordák együttese, amely a krokodilok hasüregi szerveit védi.

Míg a halak és kételtűek bőre mirigyekben gazdag, a hüllők **mirigyekben szegény**. A krokodilok átható szagú váladékot termelő ún. pezsmamirigyei (illatmirigyei), amelyek az állkapocs alatt találhatóak, a szaporodási időszakban aktívak.

6.2.3. Mi emeli a levegőbe a madarakat? – A tollas köztakaró felépítése

A **madarak** (Aves) bőrének osztály szinten jellemző képződménye a tollazat. Az epidermisz csak néhány sejtrétegből áll, s csak igen **vékony szaruréteg** borítja. Ennek magyarázata, hogy a tollak összessége átvállalja a szaruréteg fő funkcióit: hatékony mechanikai védelmet nyújt, fontos szerepe van a hőháztartásban, csökkenti a párolgást, víztaszító bevonattal rendelkezve megakadályozza az epidermisz „átázását”. A kötőszövetes irhában a tolltüszőkhöz futó kisebb izomkötegek húzódnak (tollak felborzolása). A bőrben nincsenek verejték- vagy faggyúmirigyek. Az egyetlen – a tollazat vízhatlanná tételére szolgáló zsíros anyagot termelő – **farkcsik mirigy** (gl. *uropygii*) a farktollak tövében található. Jelenlétének különösen a vízmadaraknál van nagy jelentősége, bár a halevő, következésképpen a vízben halászó kormoránoknál hiányzik. A kárókatónak tollazata ezért viszonylag gyorsan átázik, s így rendszeresen ki kell üljene a szárazra, hogy a szél és a nap megszáritsa a tollazatukat a következő vízbemerülés előtt (37.24.B,C ábrák).

A **bőr jellemző szaruképletei** a lábat borító pikkelyek, a lábujjak utolsó percein levő karmok, a **csőr** **kávát borító szarutok** (6.20. ábra), valamint a csőr tövében levő színes viaszhártya. Az első kettő folyamatosan újul meg, az utóbbi kettő viszont részt vesz a vedlésben.

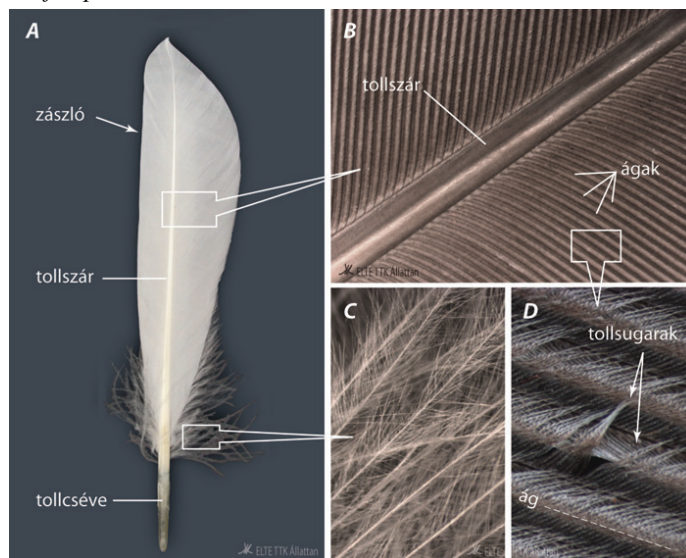


6.20. ábra. A madarak csőrkávéit borító szarutok: a házilúd csőréről hiányzik (A), a parlagi sas koponyáján (B) a preparálás során is megmaradt (fehér nyíl)

A madarak a vonulás előtt, illetve teleléskor több-kevesebb **zsírt raktároznak az irharétegben**. Ez a vonulóknál a repülés üzemanyagaként szolgál. Ennek mennyisége a hosszútávú, „nonstop” repülő fajoknál (mint egyes poszták vagy fülemülék) elérheti vagy meg is haladhatja a testtömeg dupláját. A telelő fajoknál elsősorban a hosszú, hideg éjszakák átvészeléséhez szükséges.

A **tollazat** jellemzésére érdemes egy kis figyelmet szentelni! A tollak pikkely eredetű szaruképletek (azaz homológok a hüllők szarupikkelyeivel). A legtöbb faj esetében nem egyenletesen helyezkednek el, így a bőrön tolltűszők sorozatából álló tollas dülök és toll nélküli mezsgyék találhatók. A tollazat két fő tolltípusból, a pehelytollakból és a kontúrtollakból áll (6.21. ábra). A két tolltípus felépítése alapvetően megegyezik.

Hogyan alakul ki egy olyan tollszerkezet, amely a légáramlásnak ellent tud állni, azaz amivel a levegőt terelni lehet? A válasz megtalálásához nézzük át röviden a toll szerkezetét! A tolltűszőben a toll cséve nevű része ül, a hámból kiemelkedő rész neve pedig tollszár. Ehhez ágak kapcsolódnak, amelyekről tollsugarak ágaznak le. A kontúrtollak esetében a szár egyik oldalán sorakozó sugarakon kis horgok találhatók, amelyek összekapcsolódnak a szomszédos ág ide nyúló sugaraival, és így összekapaszkodva – a tollszár mindkét oldalán – egy merev, légáramlásnak ellenálló külső és belső zászlót alakítanak ki. A pehelytollaknál ezek az összekapcsoló képletek nem jelennek meg, ezért e tollak felépítése laza.



6.21. ábra. A kontúrtoll szabad szemmel elkülöníthető részei (A) és mikroszkóp alatt látható szerkezete (B–D). A tollzászló alján a tollsugarak szabadon állnak (C), míg a zászló területén az egymásra lapolódók egymásba kapcsolódnak (D)

A **pehelytollak** fő funkciója a test hőszigetelése. A **kontúrtollak** (*pennae*) fedik a testet (kontúrt adnak), alkotják a szárnyon az első-, másod- és harmadrendű evezőket (6.22. ábra), valamint a farok kormánytollait. Annak érdekében, hogy a szárnyon minél több tollat el lehessen helyezni, felületnövelő bőrkettőzések jelennek meg rajta: ezek a testfal és a könyök ízülete, valamint a váll és az alkar között feszülnek ki. A tollazat fontos szerepet játszik a rejtő színezet kialakításában (mimikri), valamint a szaporodásban is: az ivari dimorfizmus legfeltűnőbbben a nemek

eltérő színű és alakú tollazatában jelenik meg. A tollak színét különböző festékanyagok (kémiai színezet) illetve a fény interferencia (fizikai színezet) alakítja ki.



6.22. ábra. A madárszárny első- és másodrendű evezői (gólya jobb szárnyának részlete)

Bár a tollazatukat a madarak „karbantartják” – a farkcsík mirigy váladékával zsírozzák, a zászlókat összerendezik – az egy idő múlva mindenképpen elkopik, hiszen élettelen lévén regenerálódni nem tud. Az elhasznált tollak cseréje a **vedlés**. Erre általában évente egyszer kerül sor: vagy a fészkelés után, vagy a tél végén-tavasszal. A vedlés lehet teljes, amikor minden tollát lecseréli a madár, vagy részleges, amikor csak a fedőtollak esnek ki. A legtöbb fajnál az evező és kormánytollak cseréje szabályozott sorrendben történik, így megmarad a röpképesség. Néhány fajnál azonban az öreg tollak egyszerre esnek ki, és az újak is egy időben növekednek (ilyen vedlése van pl. a récéknek és a pingvineknek is). Az utóbbiak esetében a levedlett tollazat egyben marad, tovább védi a testet és alatta növekszik az új. A vedlés **hormonális szabályozás** alatt áll.

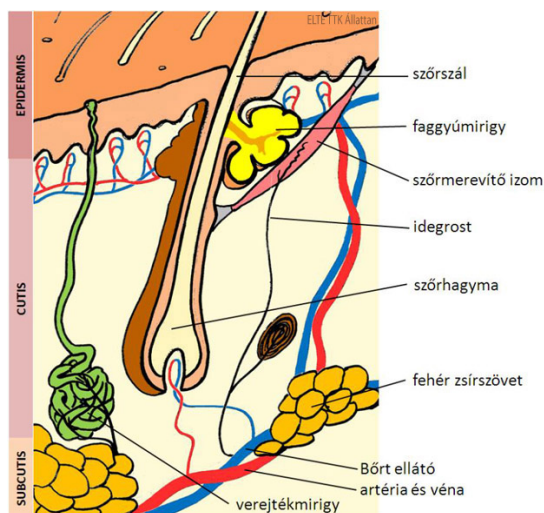
A madarak tojásaikat testmelegükkel költik ki. Mivel a hő átadását a tollazat megakadályozná, a kotlásban résztvevő ivar mellén, hasán a tollazat kihull, **kotlófolt** alakul ki. A fiókák kikelését követően ezen a területen gyorsan új tollazat fejlődik ki.

6.2.4. Egy sikertörténet alapja – az emlősök bőre

Az **emlősök** (Mammalia) köztakarója a hüllőkhöz képest több eltéréssel is rendelkezik – közülük az egyik olyan jelentős, hogy az osztály elnevezésére is okot adott. Nem másról van szó, mint a tejmirigyek, illetve az ezek csoportosulásával létrejövő **emlők (mamma)** megjelenéséről, amely az utódnevelésben betöltött szerepével nagyban hozzájárult e csoport sikeréhez. Nézzük meg részletesebben, hogy milyen is ez a bőr!

Az emlősök **bőre** erős, rugalmas, az állat testtömegéhez viszonyítva nagy tömegű szerv, amely mechanikai védőszerepén túl **számtalan más funkciót is ellát**. Gátolja a szervezet vízvesztését, és természetesen véd a külső nedvességtől (csapadék) is. Jól szigetelő, dús érhalózata, pigmentjei, szőrzete és verejtékmirigyei révén elsőrendű szerepet játszik a szervezet hőegyensúlyának megteremtésében és az érzékelésben is. Minthogy a test felszínén van, könnyen sérül, de gyorsan és igen jól regenerálódik. A **bőralja** viszonylag lazán kapcsolódik az izomzathoz, és attól sok helyen emelhető.

Az epidermisz **többrétegű, elszarusodó laphám**, amely papilláival az irhába nyomulva nagy felületen érintkezik azzal; táplálása innen történik (6.23. ábra). Az elszarusodás a mechanikai igénybevételnek legjobban kitett helyeken a legintenzívebb, így pl. macskákban és sok más emlősben az ún. talp- és ujjpárnák területén. Ezek a részek szőrtelenek, igen rugalmasak, egyben vastag szaruréteggel fedettek, lehetővé teszik az állatok nesztelen és gyors mozgását (6.24. ábra).



6.23. ábra. Az emlősök bőrének felépítése (szövettani metszetről készített rajz)



6.24. ábra. Házimacska talp és ujjpárnái

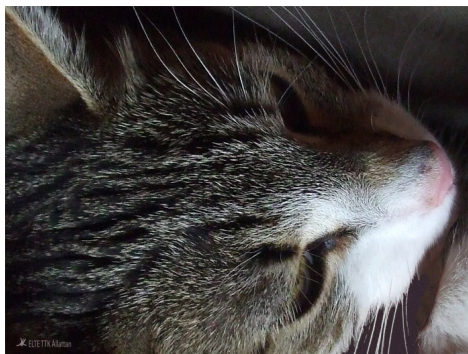
Az **epidermis származékai** a szőrzet, a bőr mirigyei és a karmok, paták – utóbbiak az utolsó ujjpercre támaszkodnak (6.25. ábra). A **karmok** a köztakaró jellegzetes szaruképletei. A legtöbb macskaféle karmai akaratlagosan mozgathatók, egy kis tasakba visszahúzhatók, így járáskor vagy futáskor a karmok nem érik el a talajt. Más állatok (pl. gepárd, patkányok, kutyák) karmai nem húzhatók vissza.



6.25. ábra. A páros és páratlanujjú emlősök patái: a végtag vázelemei és a szaruból felépülő paták

A szőrzet szőrszálakból épül fel, melyek lehetnek durvább nemezszőrök, puhább, finomabb piheszőrök és speciális érzékszőrök. A szőr, a tollal ellentétben, nem homológ a hullók pikkelyével, – itt nem részletezett módon – attól eltérően fejlődik. A szőrzet **vedlésekkel újul meg**, és alkalmazkodik környezetéhez (nyári, illetve téli bunda).

A szőrtüszőkhöz kis szőrmerevítő simaizmok kapcsolódnak, amelyek összehúzódásakor a szőr(zet) felborzolódik (6.23. ábra). A kis izmokat vegetatív idegrostok innerválják, a szőrzet felborzolása rendszerint az állat ingerültségének a jele. A bajusz és a szemöldök hosszú, vastag szőrszála ún. szinusz-szőrök (6.26. ábra). Szőrtüszőik mellett véröblöket találunk, bennük a vér nyomása, mennyisége az idegrendszer segítségével szabályozható. Ha a szinusz vérrel telik meg, a receptorokban gazdag tüszőfal hozzányomódik a szőrszállhoz, amelynek legkisebb elmozdulása is érzékelhetővé válik. Ezek a jelzések igen fontosak az állatok tájékozódásában. Speciális, receptorokban és erekben igen gazdag az orrnyílások körüli terület, az ún. orrtüskör bőre is (6.26. ábra). Macskáknál, kutyáknál és számos más emlős esetében az állat egy új tárgyat nemcsak megszagolgat, de orrával azt meg is „tapogatja”.



6.26. ábra. Házimacska fején jól láthatók a hosszú, fehér bajusz és szempilla szőrök (szinusz-szőrök), valamint a rózsaszínű orrtüskör

A **faggyúmirigyek** rendszerint a szőrtüszőkkel együtt fejlődnek, a mirigyek kivezető csöve a szőrtüsző felső részébe nyílik (6.23. ábra). Váladékuk a szőrtüsző üregén át jut a bőr és a szőrszál felszínére, ahol azok szarurétegét impregnálja: kialakítja rugalmasságukat és fokozza víztaszító tulajdonságukat. A **verejtékmirigyek** a verejték kiválasztása révén jelentős szerepet játszanak a szervezet hőregulációjában.

Hogyan működnek a verejtékmirigyek? A folyadékok párolgása hő elvonó hatású, azaz hűtő folyamat. Ahhoz tehát, hogy lehűtsük bőrünk felszínét, folyadékot kell elpárologtatni róla. Ez a vízvesztést hatékonyan akadályozó epidermisz léte mellett csak kerülő úton valósítható meg. A csak emlősökre jellemző verejtékmirigyek sejtjei vizet választanak ki a mirigy végkamráiba. A víz szervezetből történő „kicsalogatására” ionokat (sókat) használnak: első lépésben tehát – energia ráfordítással – ezeket „emelik át” a mirigy üregébe. Az ionokat a víz passzívan követi, s végül az epidermisz felszínére jutó szekrétaum vize elpárologva lehűti a felszínt, amelyen kiválik a só. Mindez energián kívül ionvesztésébe is kerül – alkalomadtán tehát mindkettőt pótolni kell.

A verejtékmirigyek általában a test meghatározott helyein csoportosulnak, így pl. macskáknál a talppárnák területén. (Egerekben itt oly nagymérvű lehet az izzadás, hogy nagy melegben az állatok szinte „tócsában” állnak.) Főemlősökben a verejtékmirigyek az egész testfelszínen, csaknem egyenletes eloszlásban találhatók. A főleg hőmérséklettől való megszabadulás másik fontos eszköze a lihegés.

Az **illatmirigyek** módosult, rendszerint a szőrtüszőkbe nyíló verejtékmirigyek. Szerepük elsősorban az állatok **szexuális életében** fontos.

Az emlősök sikerességének megalapozásában nélkülözhetetlen szerepű **tejmirigyek** módosult verejtékmirigyek. A legfejletlenebb emlősöknél (Prototheria alosztály, kacsacsőrű emlősök) a hasi oldalon elszórva helyezkednek el, s a tejet a kicsinyek a bundáról nyalogatják le. A tejmirigyek erszéyeseknél (Metatheria alosztály) már csoportosulnak, ún. **emlőket alkotnak**. Mivel összefutó vezetékük az ennek területén kiemelkedő emlőbimbón nyílnak, az erszéyesek kölykei már szophatnak. A legfejlettebb méhlepényeseknél az emlők a hónalj és a lágyéktájék között húzódó ún. tejléc mentén sorakoznak. Az emlők száma a szokásos utódszámhoz igazodik. (A tejléc mindkét nemből megjelenik, de a mirigyek kifejlődését és fejlettségét hormonális háttér szabályozza.)

Az **irha** kötőszövetes rétegében számos idegvégződés és vénás, illetve artériás érfonadék található (6.23. ábra). Az előbbieket fontos szerepet játszanak a bőrérzékelésben, az utóbbiak a rajtuk átáramló vér mennyiségének és

eloszlásának szabályozásával a szervezet hőszabályozásának fontos eszközei. A bőralja zsíros kötőszövet, amely többé-kevésbé egységes réteg. Egyes állatokban (fókák, cetek) hőszigetelés vagy tápanyag raktározás céljából ez a zsírréteg igen vastag lehet. A mechanikai igénybevételnek erősebben kitett helyeken (tenyér, talppárnák) szabályos zsírpárnák képződnek. Ezek állományát – mechanikai stabilitását fokozandó – kötőszövetes rekeszek tagolják, illetve határolják.

Összefoglalás

Átnéztük, hogy mik a köztakaró alapvető feladatai (ebből adódóan megadható definíciója is), hogy ezek teljesítéséhez milyen sejtekre, rétegekre van szükség, valamint azt, hogy ezek melyik csíralemezből származnak. Az összajú állatok törzsféjlődésében egy-egy fontos állomást érintve áttekintettük, hogy a hám és izom jellegű funkciók a kezdeti egységből hogyan különülnek el, s hogy ennek milyen előnyei vannak. Láttuk, hogy a puhatestűek külső vázának megjelenésével együtt kialakulnak az első kiegyenült izmok, amelyek az ízeltlábúaknál már általános előfordulásúak. Segítségükkel a bőrizomtömlőhöz képest differenciáltabb, precíz mozgások is megvalósíthatók. Áttekintettük a külső váz előnyeit és hátrányait, a vedlés folyamatát. Ezután áttértünk a könyvünkben bemutatott újszájúak köztakarójára, azaz a bőrre: annak általános felépítésére, majd a gerinces osztályokban megfigyelhető jellegzetességeire. Röviden megvizsgáltuk, hogy az epidermisz elszarusodása mennyiben segíthette a szárazföldi életre való áttérést, s hogy az elszarusodó felhámnak milyen származékai, függelékei fejlődnek a hüllőkben, madarakban és emlősökben. Szó volt a bőr irharétegében kialakuló bőrcsontokról és halpikkelyekről, valamint a hámhoz tartozó mirigyekről – ez utóbbival kapcsolatban az emlősök tejmirigyeiről s ezek emlőt formáló csoportosulásáról. Mindezek mellett szóba kerültek a köztakaró egyéb, pl. a légzésben, a hőszabályozásban, a színezet kialakításában betöltött funkciói is.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mik a köztakaró alapvető funkciói?
2. Mik a hámizomsejtek, s melyik állatcsoportra jellemzőek?
3. Mi a bőrizomtömlő, s hogyan értelmezi az elnevezést? Milyen feladatokat és hogyan lát el? Mely állatcsoportokban fordul elő?
4. Mit jelent a hidrosztatikai váz és a kiegyenült izom fogalma, s milyen állatokra jellemző?
5. Adja meg a külső váz meghatározását, sorolja fel előnyeit és hátrányait! Milyen formáival találkozott, s ezek mely állatcsoportokban fordulnak elő?
6. Röviden ismertesse az ízeltlábúak vedlésének folyamatát!
7. Mi a bőr, milyen rétegei vannak, s milyen állatcsoportra jellemző?
8. Mi történik az epidermisszel, ha az elszarusodik? Az elszarusodásnak milyen típusait ismeri?
9. Mutassa be röviden a gerinces felhám szarufüggelékeit azok elhelyezkedése és felépítése alapján!
10. Mik a bőrcsontok és a halpikkelyek? Hol fordulnak elő, s mi a szerepük?
11. Milyen mirigyeket találunk a gerincesek bőrében, s milyen feladataik vannak?
12. Milyen szerepe van a bőr irha és bőralja rétegének?

7. fejezet - A vázrendszer (systema sceleti) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M.)

7.1. A belső váz bemutatása

A vázrendszernek, mint a mozgató rendszer tagjának, fő feladatai közé tartozik, hogy stabil támasztékot, tapadási felszínt adjon az izmok számára. A „Köztakaró” c. fejezet összjáukra vonatkozó részében láttuk, hogy a törzsfejlődés során az állatok izomzata fokozatosan önállóul, azaz különül el a kültakarótól – a két szervrendszer közötti kapcsolat azonban mindvégig megmarad. A puhatestűeknél és az ízeltlábúaknál általánosan megjelenő külső váz, amelyet a köztakaró hoz létre, védelmet és izomtapadási felszínt is szolgáltat.

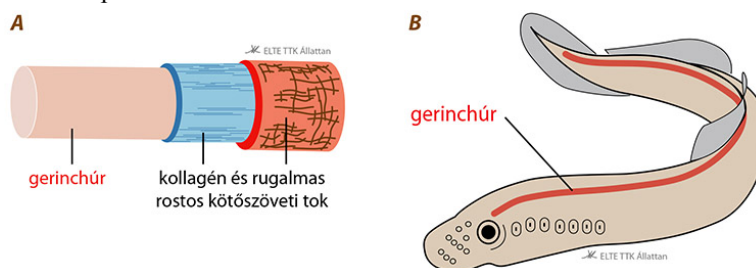
A **belső váz** a kültakaró alatt fejlődik, így eredendően a felszín alatt van és nem látható. Mivel a szervezet belsejében van, minden oldalról annak szövetei veszik körül, együtt nőhet vele, s az igénybevételnek megfelelően folyamatosan átalakítható, sérülései regenerálhatók. Egyik fő feladata, hogy az izomzat számára stabil támasztékot biztosítson, így porc és csontszövet kombinációja alkotja. Másik feladatuként a vázrendszer – a támasztószövetek szilárdságát kihasználva – védi a létfontosságú szerveket (l. koponyával az agyvelőt, a mellkassal a tüdőt és a szívet). A belső váz a **középső csíralemez származéka**¹.

Belső váz a gerinctelenek közül egyedül a puhatestűeknél jelenik meg (pl. a központi idegrendszert és a szemeket védő porcos fejtök), előfordulása a gerinchúrosoknál – és azon belül a gerinceseknél is – azonban már annyira általános és jellemző, hogy e csoportok alapvető, legjellemzőbb, névadó tulajdonságát adják.

A vázrendszer felépítésének tanulmányozásával nemcsak azért foglalkozunk, hogy csontok neveivel ismerkedjünk, hanem sokkal inkább azért, mert nagyon sok olyan tulajdonságát árulja el tulajdonosának, amely a csontrendszeren túl mutat. Nem véletlen, hogy a paleontológusok egy kis csontdarabból képesek egy egész élőlényt rekonstruálni, annak szokásaival együtt! Érdemes tehát elkezdni az ismerkedést!

7.2. A gerinchúrosok tengelyváza

A **gerinchúrosok** (Chordata) törzsének névadó tulajdonsága a **gerinchúr** (*chorda dorsalis*) megléte, amely a test tengelyében elhelyezkedő, rugalmas, támasztékul és izomtapadásul szolgáló, pálca alakú szerv. Speciális kötőszövet építi fel. A gerinchúrosok minden csoportjában megjelenik (7.1. ábra). A még nem gerinces **zsákállatokban** (egyik régi nevükön: Urochordata²) és **lándzsahalakban** (Cephalochordata³) vagy csak a fark, vagy – a fejbe is benyúlóan – az egész test területén található (l. tudományos elnevezések). Gerincesekben embrionális kori tengelyváz, amelynek mentén fejlődik a gerincoszlop.



7.1. ábra. A gerinchúr felépítése (A) és helyzete a körszájú ingolában (B)

¹Ez alól van kivétel, amivel itt nem foglalkozunk.

²Uroid–: farki

³Cephalo–: feji

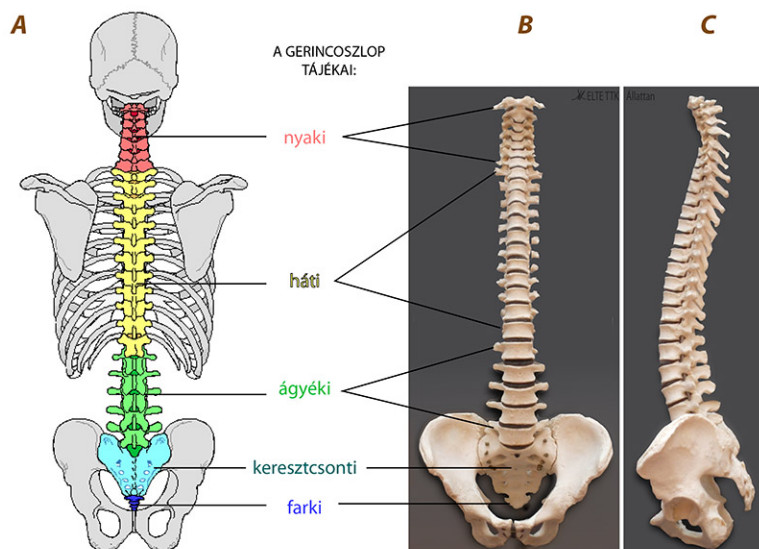
7.3. A gerincesek vázrendszere

Ahogy azt a **gerincesek** (Vertebrata) altörzs alapszabását bemutató fejezetben leírtuk, a vázrendszer alapvetően a középső csíralemez őscsigolya részének származéka. Áttekintését érdemes a tengelyvázként szolgáló gerincoszloppal kezdeni, majd a koponya és a végtagok felépítésével folytatni. Elsőként lássuk tehát a csoport névadóját!

7.3.1. A névadó gerincoszlop

A gerincesek tengelyváza a csigolyák sorozatából álló **gerincoszlop** (*columna vertebralis*): támasztékot ad a testnek, s gerinccsatornával védi a gerincvelőt.

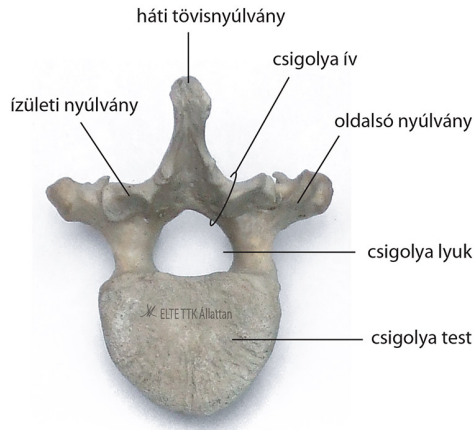
Amíg az állat elsődlegesen vízi életmódja miatt a gerincoszlop nem vesz részt a testsúly hordozásában, teljes hosszában szinte azonos felépítésű csigolyákból áll. A szárazföldi életmód következtében, azaz a végtagok kialakulásával a test súlya már nem egyenletesen oszlik meg a tengelyváz teljes hosszában – a csigolyák eltérő alakúak lesznek, s nyaki, törzsi (háti), ágyéki, keresztcsonti és fark **tájékokat** alakítanak ki (7.2. ábra). A gerincoszlopban jellegzetes görbületek, hajlatok jelennek meg.



7.2. ábra. Az ember gerincoszlopa hátoldali nézetben (A), elülső (B) és baloldali (B) nézetben

Egy gerinces **csigolya** (*vertebra*) **felépítése** vázlatosan a következő (7.3. ábra). Alapját csigolyatest képezi, amely a gerinchúr helyén fejlődik⁴. Ez dorsalis oldalán egy csigolyaívet visel, amely csigolya lyukat formál: ezek sorozata gerinccsatornát alakít ki a gerincvelő védelmére. Az íven a középsíkban egy háti tövisnyúlvány jelenik meg, az ív tövénél pedig ízületi (szomszédos csigolyák egymáshoz kapcsolódása) és – négy lábú gerinceseknél (Tetrapoda) – a bordák támasztására szolgáló nyúlványok (oldalsó nyúlvány) alakulnak ki.

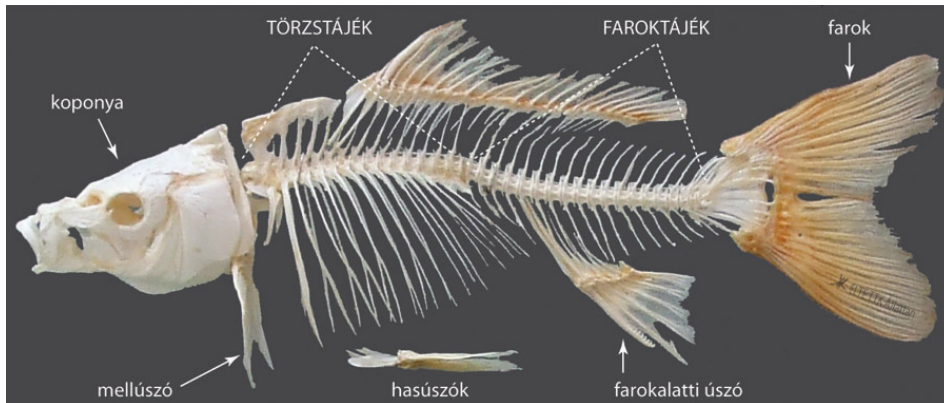
⁴A gerinchúr állománya elcsontosodva bele épül.



7.3. ábra. Tetrapoda csigolya alapszabásának bemutatása (ember hátszigolyája, kaudális nézet)

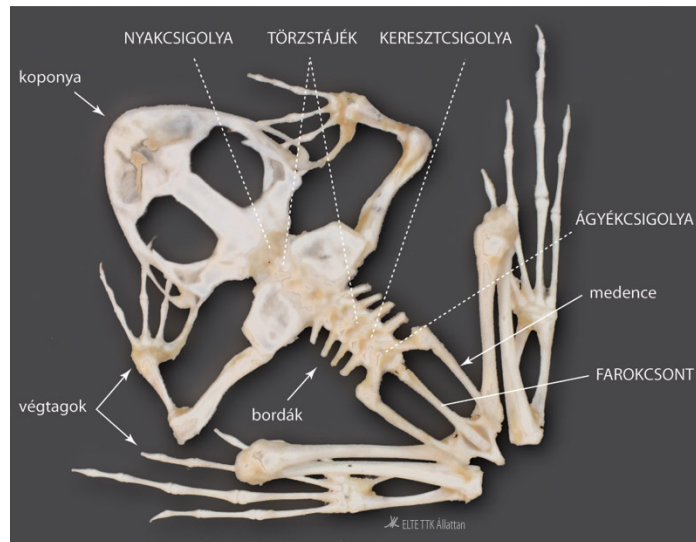
7.3.1.1. A gerincoszlop alkalmazkodóképessége

A **halak** gerincoszlopát annak teljes hosszában azonos erőhatások érik, így rajta csak törzsi és fark tájékat különíthetünk el (7.4. ábra). A csigolyák elmeszesedett porcszövetből (porcos halak) vagy csontszövetből (csontos halak) épülnek fel. A csigolyatestek a gerinchúr körül alakulnak ki, s úgy sorakoznak egymás mögött, mint damil szálra fűzött gyöngyök. Egymáshoz apró ízületekkel kapcsolódnak, amely a szomszédos csigolyák egymáshoz képesti elmozdulását teszi lehetővé. Az elmozdulás lehetősége a horizontális síkban sokkal nagyobb mértékű, mint hát-hasi irányban, s ez a halak jellegzetesen kígyózó úszómozgását alapozza meg. A gerincoszlopot a hozzá kapcsolódó izomzat mozgatja.



7.4. ábra. Csontoshal teljes váza a gerincoszlop tájékaival (ponty)

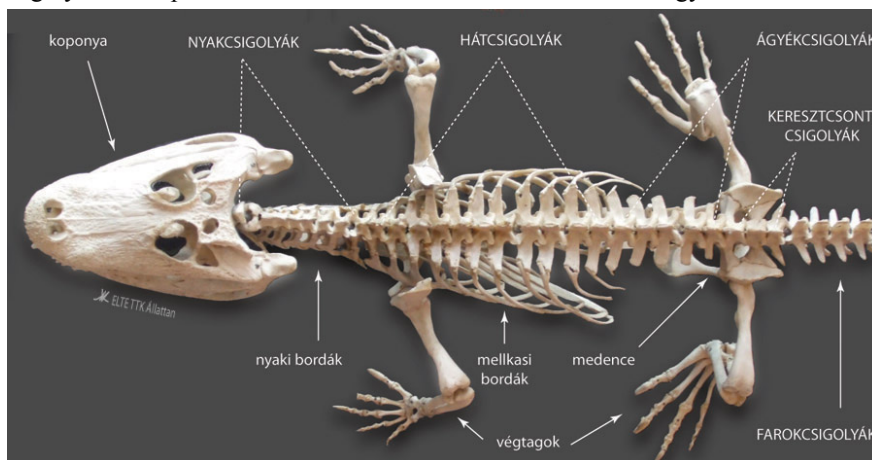
A farkos és farkatlan **kétéltűek** (Amphibia) eltérő módon kapcsolódnak a vízi életteréhez. Mindkét csoport lárvái vízhez kötöttek, vázrendszerük a metamorfózis során átalakul. Ennek legfeltűnőbb jele, hogy a békák farkatlanná válnak, azaz gerincoszlopuk farki szakasza jelentősen megrövidül, s farkcsontot képez. A szárazföldön való közlekedés, így a végtagok és függesztő öveik kialakulásának következményeként **gerincoszlopuk** nyaki, törzsi, ágyéki, keresztcsonti és farki **tájékokra különül** (7.5. ábra). A nyaki szakasz első csigolyája – ez az **atlasz, magyarul fejjgám** – két ízületi nyúlvánnyal kapcsolódik az agykaponyához, így az utóbbi ettől kezdve mozgathatóan kapcsolódik a gerincoszlophoz! A törzscsigolyákhoz rövid, **bordák** kapcsolódnak. A keresztcsonti tájék a kapcsolatot tartja a hátsó függesztőövvel, s azon keresztül a végtaggal. A farkos kétéltűek (szalamandrák, gőték) a metamorfózis után is hosszú farkkal rendelkeznek.



7.5. ábra. Farkatlan kétéltű teljes váza a gerincoszlop tájékaival (kecskebéka)

A gerincoszlop mozgékonyága a két csoportban eltérő: a farkos kétéltűek kifejlett korukban is többnyire (vagy kizárólag) vízben tartózkodnak, így csigolyáik ízületei a nagyobb mértékű laterális elmozdulást teszik lehetővé (úszó mozgás). A kifejlett békák gerincoszlopa azonban a hát-hasi irányú hajlítást preferálja (l. ugráló helyváltoztató mozgás, elrugaszkodás, talajra érzézés).

A hüllők gerincoszlopa nyaki, háti, ágyéki, keresztcsonti és fark tájékra tagolódik (7.6. ábra). Első nyakcsigolyájuk a **fejgyám** (atlas), amely után megjelenik a **forgatócsigolya** (axis). Míg az első a koponya függőleges, a második annak vízszintes irányú mozgását biztosítja. (Valójában az elfordulás a fejgyám és a forgatócsigolya között történik.) A hátszigolyákhoz kapcsolódó bordák – a kétéltűektől eltérően – a szegycsonthoz futnak (**zárt mellkas**⁵).



7.6. ábra. Hüllők (krokodil) váza: a gerincoszlop tájékai és a bordák (a bőrcsontként fejlődő hasi szegycsont és a hasi bordák hiányoznak a csontvázról)

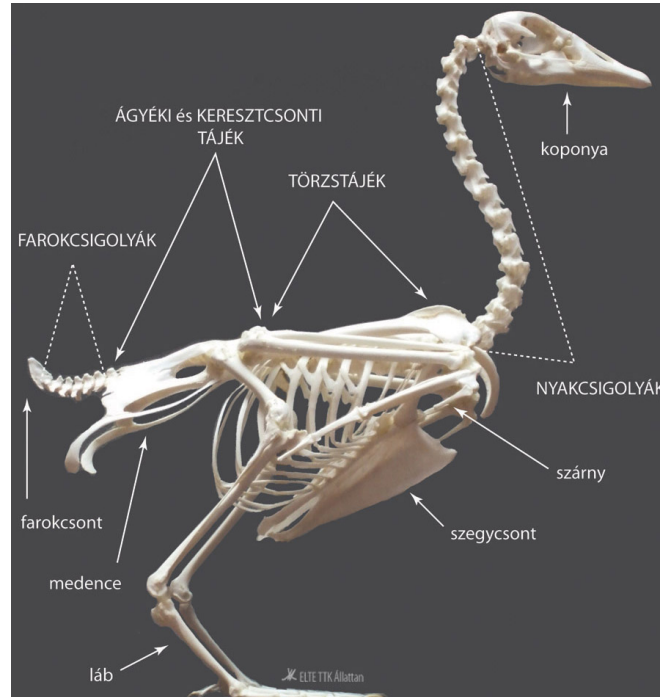
A bordák között **légzőizmok** (bordaközi izmok) két rétege húzódik: a külső a beléggző, a belső réteget pedig a kiléggző izmok alkotják.

A be- és kilégzéshez egyaránt izommunkára van szükség, amit a vízben tartózkodó állatok esetében a hidrosztatikai nyomás segíthet (energia-megtakarítás kilégzésnél) vagy éppen gátolhat (többletenergia kell a belégzéshez).

A hüllőknél a nyak- és ágyékcsgolyák is gyakran hordoznak bordákat (7.6. ábra). Az utóbbiak az ún. hasi bordák, amelyek a hasüreget védik, és a hasfalat támasztják. Krokodiloknál hasi szegycsonthoz kapcsolódnak.

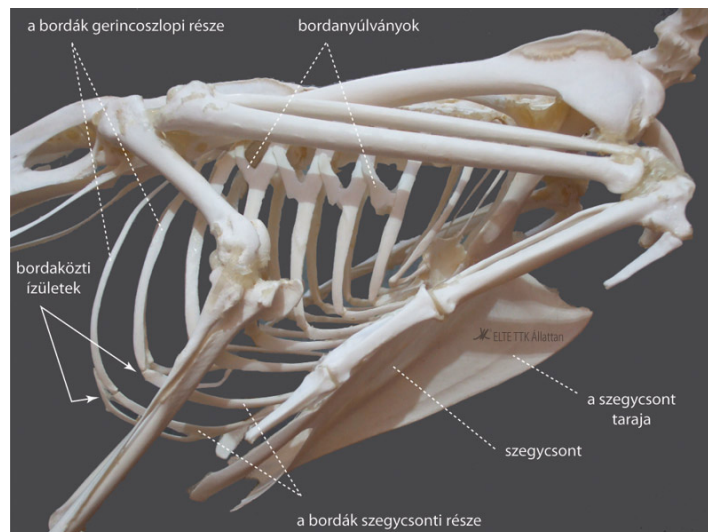
⁵Nincsen zárt mellkasuk a kígyóknak (nincs szegycsontjuk) és a teknősöknek (bordák a hátpáncélba mozdíthatatlanul beleolvadtak, s nem érik el a hasvértebe beépült szegycsontot).

A **madarak** (Aves) gerincoszlopának csigolyái is több szakaszba oszthatók. A csigolyák speciális, ún. **nyereg alakú ízülettel** kapcsolódnak egymáshoz, amely horizontálisan és dorzo-ventrálisan is nagymértékű elmozdulást tesz lehetővé. Mivel a **nyakcsigolyák száma** rendszertani egységenként 11–24 között változik, az elmozdulási lehetőségek összeadódnak, így lesz lehetséges például az, hogy a madarak a farkcsík mirigyük váladékát az egész testfelszínen szét tudják kenni, vagy fejüket 180 fokban elmozdítva, hátra tudnak nézni. A hosszú nyak nyugalmi helyzetben S alakúan görbült (7.7. ábra). A görbület változtatásával a madarak képesek fejüket mozgás közben is stabilan tartani. A fejjár egy ízülettel kapcsolódik az agykaponyához.

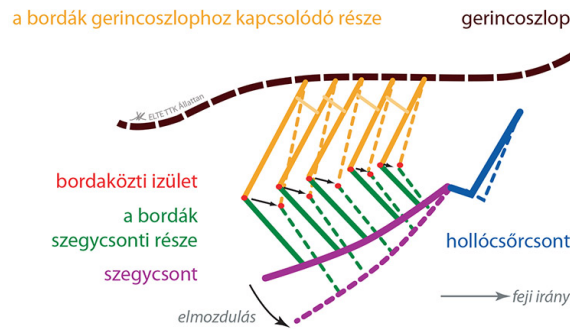


7.7. ábra. Madarak vázrendszere (házilúd): figyelemreméltó a nyak S alakú görbülete

A törzsi szakasz csigolyái rendszertani egységenként változó mértékben összecsontosodnak, hozzájuk **felső állású bordák** ízesülnek. A bordák két részből állnak, s a csigolyákhoz kapcsolódókat egymáshoz nyúlványok támasztják: ez növeli a mellkas stabilitását (7.8. ábra). A légzőmozgásokat, azaz a mellkas térfogatváltozásait a két bordaszakasz közti ún. **bordaközi ízület** biztosítja: belégzéskor a két bordarész által bezárt szög nő, kilégzéskor pedig csökken (7.9. ábra). A **zárt mellkast** a gerinccsigolyák, a bordák és a szegycsont vagy mellcsont (*sternum*) alkotják. Belégzéskor a szegycsont lesüllyed, kilégzéskor visszaemelkedik az eredeti helyzetébe. Mozgása a mellkas térfogatváltozásával jár.

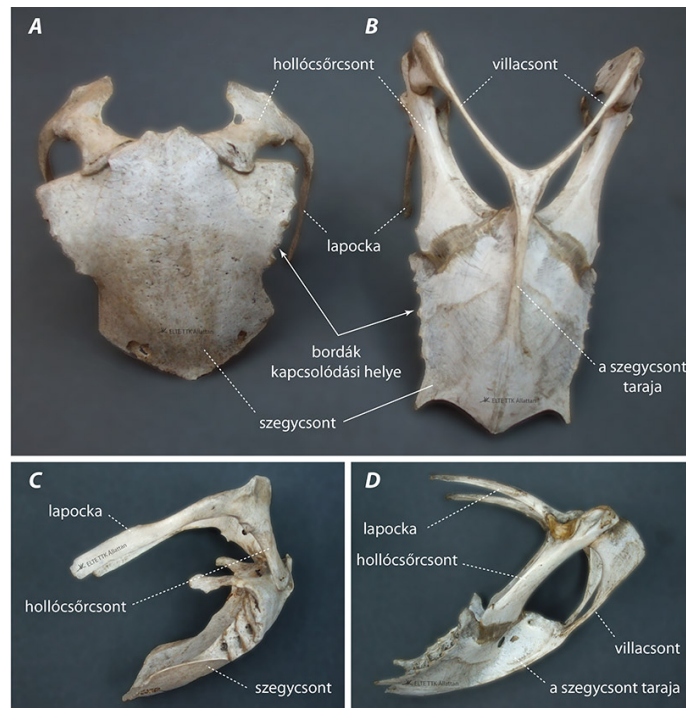


7.8. ábra. A madarak mellkasa: a szegycsonthoz kapcsolódó bordák két részből állnak és nyúlványokkal támaszkodnak egymáson. Jól láthatók a bordaközi ízületek (házilúd váza)



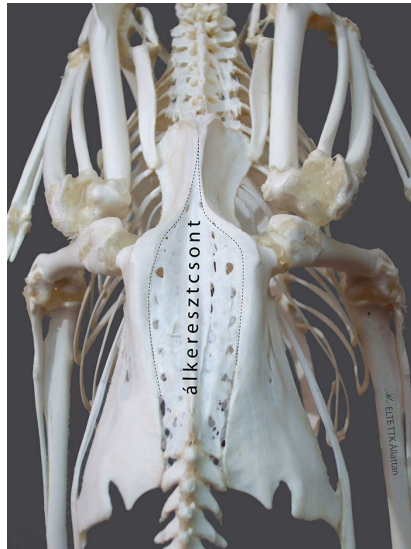
7.9. ábra. A madarak bordáinak és szegycsontjának elmozdulása a légzés során. (A szaggatott vonalak a belégzési helyzetet mutatják. A belégzési elmozdulásokat nyilak jelzik. Látható, hogy belégzéskor a két bordaszakasz által közrezárt szög megnő)

A **szegycsonton** – a repülőizmoknak tapadási felület adó – **taraj** fejlődik. Ennek mérete a repülőizmok méretével, így a röpképességgel egyenes arányban változik. A futómadaraknál hiányzik (7.10. ábra), a szárnyal evező pigvineknél viszont természetesen megvan.



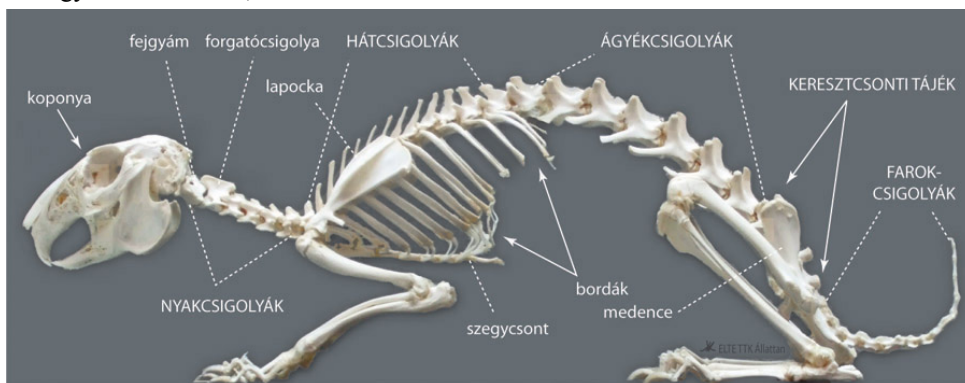
7.10. ábra. Futómadár (A, C) és „repülő” madár (B, D) szegycsontja a vállövvel előlről (A, B) és jobboldalról nézve (C, D)

Az utolsó háti, az ágyéki, a keresztcsonti és az első farki csigolyák összenőttek, s így együtt az **álkeresztcsontot** alkotják (7.11. ábra). Az összenövés nagyobb stabilitást biztosít a két lábon járáshoz. A néhány önálló farokcsigolyát az utolsók összezsontosodásával képződő farkcsíkcsonthoz követi, amelyhez a kormánytollak kapcsolódnak (37.5.D ábra).



7.11. ábra. Madarak álkeresztcsontja összezsontosodott háti, ágyéki és farokcsigolyákból fejlődik (házilúd csontváza)

Az **emlősök** (Mammalia) gerincoszlopa a szokásos tagolódást mutatja, s alapvetően nem tér el a hüllőkétől (7.12. ábra). A **nyakcsigolyák** száma 7, az agykoponya nyakszirti régiója két ízülettel kapcsolódik az első csigolyához, a fejgyámhoz (*atlas*). A második nyakcsigolya a forgatócsigolya (*axis*). A törzs tájékához **bordák** kapcsolódnak, amelyek között a már hüllőknél bemutatott bordaközi (légzőizmok) húzódnak. Az itt is **zárt mellkas** megléte miatt a légvételek mechanizmusa is a hüllő alapszabást követi. A keresztcsonti csigolyák egységes **keresztcsontot** formálnak, amelyhez a medence feszes ízülettel kapcsolódik. A nyaki, ágyéki és keresztcsonti csigolyákon bordacsökevények is azonosíthatók. A farokcsigolyák száma átlagosan 15–30. A gerincoszlop hát-hasi irányú elmozdulásai nagyobb mértékűek, mint a horizontális síkúak.



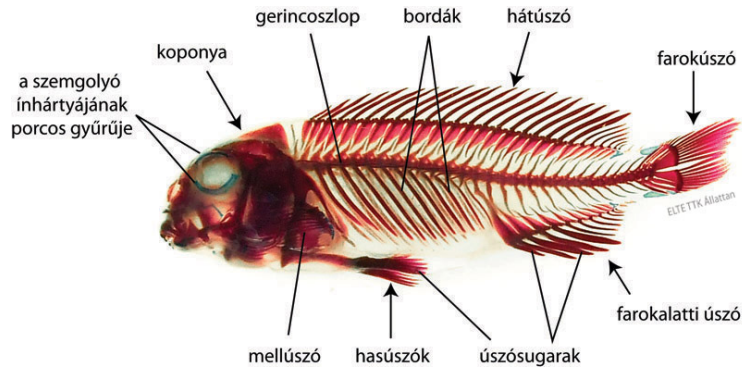
7.12. ábra. Emlős teljes váza a gerincoszlop tájékaival (házinyúl)

A két lábon járáshoz alkalmazkodott emberi gerincoszlopnak 7 nyaki, 12 háti, 5–5 ágyéki és keresztcsonti, valamint 3–5 farokcsigolyája van (7.2. ábra). A felegyenesedés jeleit (pl. görbületek megléte) az emberré válás során egyértelműen azonosítani lehet: az egyik emberelőd tudományos nevét (*Homo erectus*, „egyenes (testtartásban járó) ember”) éppen erről kapta. (A felegyenesedés, két lábon járás természetesen a medenceöv és a lábak anatómiai felépítésében is változásokat hozott).

7.3.2. A szárazföldre lépés lehetősége – a végtagvázak

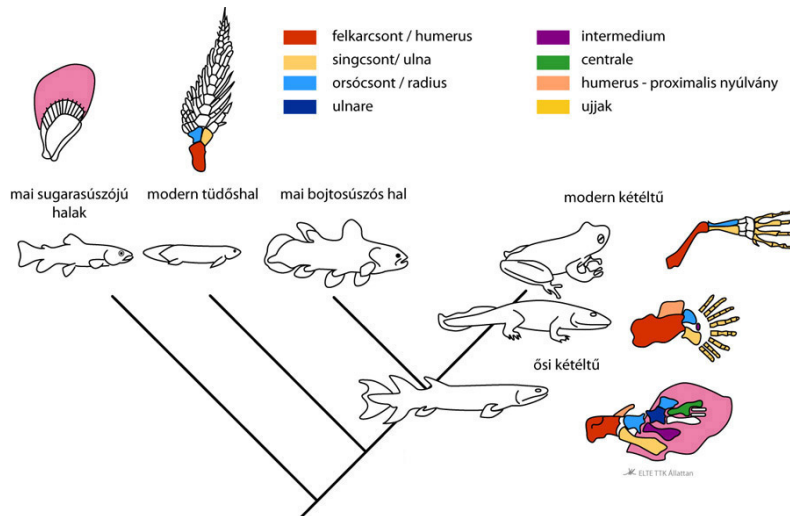
A gerincesekben páros végtagok is megjelentek, amelyek alapját a halak mell- és hasúszói képezték. A páros végtagok ún. **függesztő övekkel** (vállöv, medence öv) kapcsolódnak a tengelyvázhoz. Ezek a halakban igen egyszerű felépítésűek. A mellső függesztőöv a koponya kaudális részéhez rögzül (egyes elemeit a 7. garatívból származtatják). A hátulsó függesztőöv csontpárja viszont **szabadon fekszik** a hasi izomzatban, így helyzete viszonylag tág határok között változik (7.4. és 7.13. ábra). A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztályában a **végtagvázakat az úszósugarak képviselik** (7.14. ábra).

Ezeknek a vékony csontpálcikáknak a külső része az úszókat merevíti és gyakran elágazik, míg a belső részük az izomzatba ágyazódik. Egyes halakban azonban, pl. a bizzar formájú pulyka- vagy oroszlánthalban, vagy a tövises rájákba, a kemény úszósugarakat borító köztakaróban erős mérget termelő mirigyek vannak.



7.13. ábra. Sugarasúszójú hal vázrendszere csont-porc festési eljárás után: a kék színű vázelemek porcszövetből, a bordók csontszövetből állnak. A mellúszó előreahajtott állapotban van. A hasúszók helyzetét érdemes összehasonlítani a 7.4. ábrán szereplő pontyével

Felvetődik a kérdés, hogy a halak mely osztálya hozható kapcsolatba a négy lábú gerincesekkel (Tetrapoda), s hogy ezt mely tulajdonságuk alapján lehet eldönteni? Úgy tűnik, hogy a legkézenfekvőbb, a tüdő megléte önmagában nem döntő, mivel a már kihalt fajok igen nagy hányada rendelkezett vele, s megjelenése a ma is élő osztályok közül kettőre is jellemző (tüdőshalak, Dipneusti és bojtosúszós halak, Crossopterygii: együtt izmosúszójú halak, Sarcopterygii, l. devon időszaki események). Ha a négy lábú gerincesek névadó tulajdonsága a végtagokra vonatkozik, akkor a kérdés megválaszolásához a halak páros úszóit érdemes szemügyre venni: az őslénytani leletek alapján a négy lábú gerincesek végtagja a mai bojtosúszós- és tüdőshalak fejlődési vonalán alakult ki (7.14. ábra).



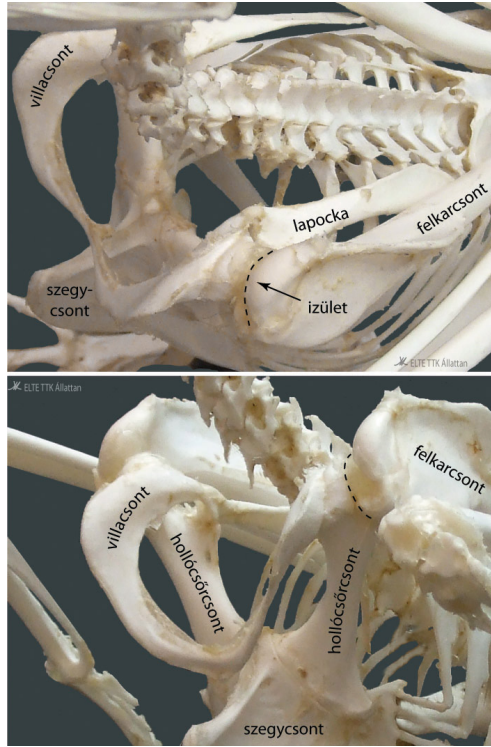
7.14. ábra. A négy lábú gerincesek végtagjainak kialakulása az őslénytani leletek és a ma élő halak egyes csoportjainak végtagváza alapján

7.3.2.1. A függesztő övek és a nyélszakasz

A végtagok váza funkcionálisan két területre tagolható: a tengelyvázhoz (középsíkhöz) közelebbi csont együttesek az ún. függesztő öveket, a távolabbiak pedig a nyélszakaszt alakítják ki.

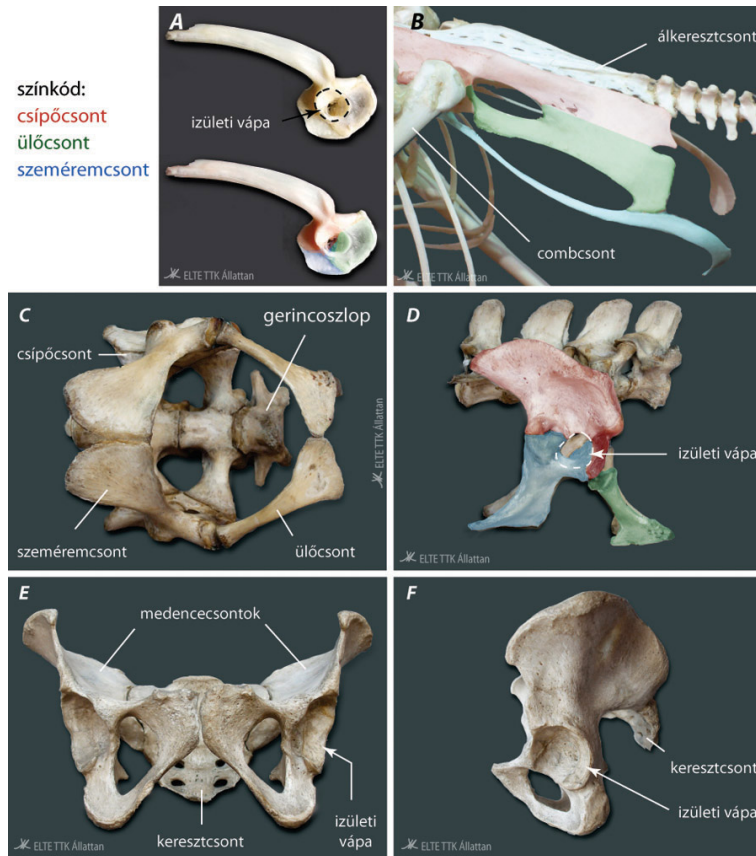
A **mellső függesztőöv (vállöv)** csontos összeköttetést nem alakít ki a gerincoszloppal, csupán az izomzatba ágyazódik. Ez nagyobb mozgásteret ad a végtagoknak, mint a rögzített, halaknál közvetlen koponya mögötti helyzet. A **hátsó függesztőöv (medence)** a gerincoszlop keresztcsonti tájékához viszont csontjaival kapcsolódik, hiszen a szárazföldi helyváltoztatásnál a fő erő kifejtés általában a hátsó végtagra hárul (ugrás, kétlábos járás, futás). A keresztcsonti csigolyák emiatt gyakran össze is nőnek (keresztcsont alakul ki).

A mellső függesztőv fő csontjai a következők: a végtagtól dorzálisan elhelyezkedő **lapocka** (*scapula*), a ventralis **kulcscsont** (*clavicula*) és a **hollócsőrcsont** egymáshoz kapcsolódó területe közösen alakít ki ízületi felszínt a felkarcsont számára. A két ventrális csont a középsíkban fekvő szegycsonthoz (mellcsonthoz, *sternum*) kapcsolódik (7.15. ábra).



7.15. ábra. A vállöv csontjai madarakban (parlagi sas): a villacsont a két, összenőtt kulcscsontnak felel meg

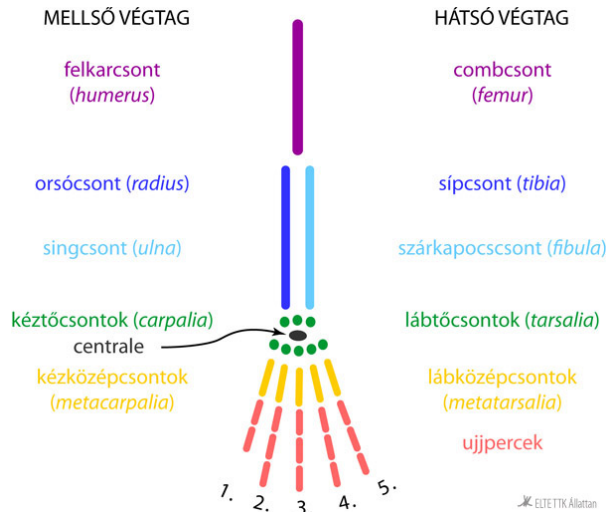
A medencev csontjai a következők: a **csípőcsont** (*ilium*) és az **ülőcsont** (*os ischii* vagy röviden *ischium*) a gerincoszlop mellett helyezkednek el. A tőlük ventralisan fekvő **szeméremcsont** (*os pubis*) képezi a függesztőv harmadik csontját. E csontok közösen alakítják ki a combcsont ízületi vápáját. Ha e csontok közül egy vagy két pár a ventrális középsíkban összeér, akkor zárt medencét alakít ki. Ellenkező esetben nyitott medencéről beszélünk (madarak) (7.16. ábra). Emlősöknél a három említett csont egységes medencecsontot (*os coxae*) képez. A medence felépítésének a dinoszauruszok rendszerezésében van szerepe.



7.16. ábra. A medenceőv felépítése békában (A, kecskebéka), madárban (B, házilúd), hüllőkben (C–D, krokodil) és emlősökben (E–F, ember). (A, B, D, F: oldalnézetek, ahol a kraniális irány balra van, C és E ventrális nézetek: C-nél a kraniális irány bal kéz felé esik, E-nél felfelé.) Jól látszik, hogy a krokodil esetében a szeméremcsontok és az ülőcsontok is találkoznak a középsíkban (C), míg embernél csak a szeméremcsontoknak megfelelő részek között alakul ki kapcsolat

A végtagok nyélszakaszai egységes szerveződési elv alapján kapcsolódnak egymáshoz (7.17. ábra). Mindkét esetben a proximalis csont páratlan: ez a **felkarcsont** (*humerus*) vagy a **combcson** (*femur*). A végtag a könyök, illetve a térd ízületén keresztül két-két csontban folytatódik, amelyek közül a medialisak az **orsócsont** (*radius*) és a **sípcsont** (*tibia*), amelyeknek laterális szomszédai a **síngcsont** (*ulna*) és a **szárkapocscsont** (*fibula*). A végtagok két-két sorba rendeződött **kéz- és lábtőcsontokkal** (*carpalia, tarsalia*), egy sornyi **kéz- és lábközép csontokkal** (*metacarpalia, metatarsalia*), valamint 2–3 **ujjpercből álló ujjakkal** (*digiti*) végződnek. Az ujjak száma az ősi kétélűtüekben 5 és 10 között mozgott⁶ (7.14. ábra) – ma az alapszabásnak az 5 tekinthető.

⁶Ezért előfordul, hogy egy végtagon ötnél több ujj jelenik meg.



7.17. ábra. A gerinces végtag alapszabása

7.3.2.2. gerinces végtagok felépítése – halaktól a hüllőkig

A **kétéltűek** (Amphibia) végtagjai az előző fejezetben leírt alapszabást mutatják, s kiindulási állapotot jelentenek a további alkalmazkodáshoz. Felépítésük a békák esetében az ugráló mozgáshoz alkalmazkodott: benne egyes csontok megnyúltak, illetve a kéz- és a lábfej nagyobb stabilitása érdekében összenőttek (az orsócsont a singcsonttal, a sípcsont pedig a szárkapocscsonttal). A hátsó végtagnál a lábtő és lábközép csontok is módosultak. Az első végtag négy, a hátsó ötujjú (7.18. ábra).



7.18. ábra. Kecsebéka végtagjainak felépítése

Hüllőknél a függesztő övek és a végtagok felépítése igen változatos, s az állatok életmódját tükrözi. A kígyóknak nincsen mellső függesztő öve. A medence általában erősebb, s mivel lágy héjú tojásokat raknak, zárt. Szerkezete a **dinoszauruszok rendszerezésében** fontos szerepet kap. Az ún. **hüllő medencéjű** fajokban a csípőcsonthoz kapcsolódó szeméremcsont és ülőcsont egymással szöveget zár be (oldalnézetben látható, 7.16. ábra). Ezzel szemben a **madármedencéjű** dinoszauruszokban a jelentősen megnyúlt szeméremcsont és ülőcsont egymással és a csípőcsonttal (gerincoszloppal) párhuzamosan halad⁷.

⁷Az elnevezés bizonyos értelemben megtévesztő lehet, mert e dinoszauruszok medencéje, a madarakkal ellentétben, zárt volt!

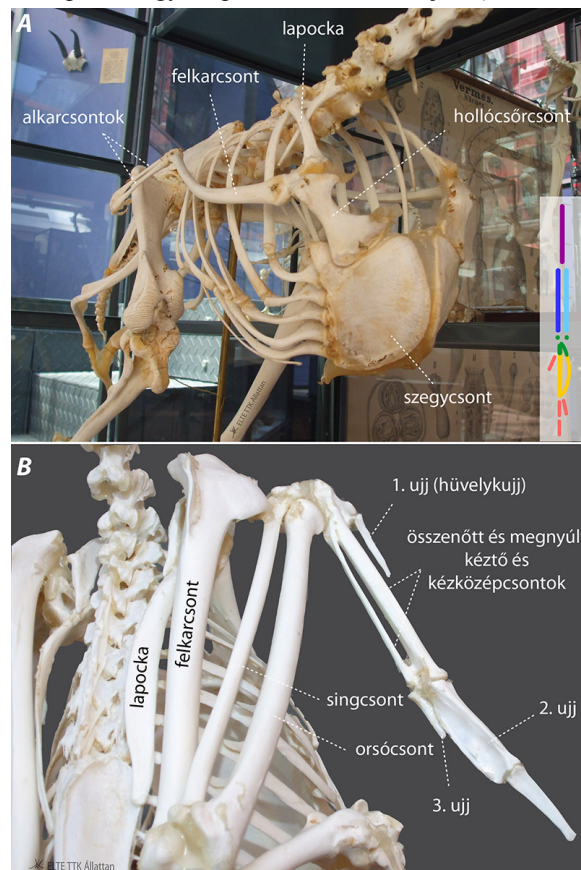
A szeméremcsontnak előre irányuló nyúlványa is volt, amely a zsigerek megtartásában játszott szerepet: ebbe a csoportba ugyanis növényevő dinoszauruszok tartoznak, hosszú tápcsatornával. A hüllő medencéjük között növényevő és ragadozó fajokat egyaránt találunk, így nyilvánvaló, hogy ez utóbbi csoportban kell keresnünk a madarak rovarrevő őseit is!

A kétélűektől eltérően a hüllők elemelik testüket a talajtól, könyök és térdízületeik a testtől eltávolodva, annak oldalára helyeződnek. (Ez alól egyes dinoszauruszok és az emlősszerű őshüllők kivételek voltak.) Az alapszabás az ötujjú végtag (7.6. ábra).

7.3.2.3. A levegőbe emelő madárszárny

A gerincesek körében a levegőbe emelkedést és a légtérben való fennmaradást egyértelműen a madarak (Aves) szárnya biztosítja a legtokéletesebben. Ez egy olyan végtag, amelynek minden csontja, ízülete, teljes egésze ezt a célt szolgálja. Kialakulásával párhuzamosan a kétlábon járás miatt a hátsó végtag is jelentősen átalakul.

A **mellső függesztőv** csontjai a lapocka, a hollócsőr-csont és a kulcs-csontok összenövésével kialakult **villacsont**. A három csont együttesen alkotja a felkarcsont fejének ízületi vágóját (7.15. ábra). A mellső végtag, a **szárny** csontrendszere az **alapszabáshoz képest jelentősen megváltozik** (7.19. ábra). A felkarcsont, az orsócsont és a singcsont rendszertani egységeként rövidebb-hosszabb: a végtag egyes részeinek arányai a fajra jellemző repülési mechanizmustól függenek (siklórepülés vagy csapkodás, l. 37.3.1. fejezet).



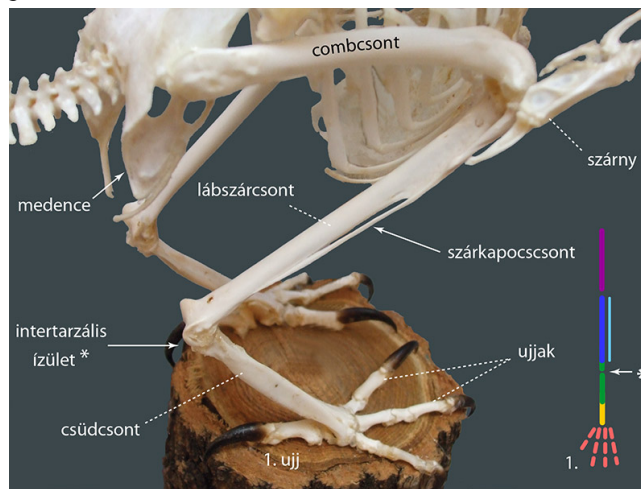
7.19. ábra. Madárszárny vázrendszere a strucc (A) és a házilúd (B) esetében (a struccnál a szárnyvég nem látszik). Az A) ábrán látható kis színes rajz a 7.17. ábra színekkel mutatja a végtag felépítését

A felkarcsonton találhatók a váll-, vagy harmadrendű **evezők**, az alkaron pedig a másodrendű evezők. A madarak köztakarójánál leírtak alapján a tollakkal borított felület növelését olyan bőr kettőzetek biztosítják, amelyek a testfal és a felkarcsont, valamint a felkarcsont és az orsócsont között húzódnak. A kéztőcsontok proximális sorában kis csontok találhatók, a distális sor összenő a kézközépcsontokkal. Ehhez három ujj csatlakozik, melyek közül az első az ún. fiókszárnyat hordozza, a harmadik és a negyedik ujj pedig csőkevényes. A kézfejen és az ujjak területén találhatók az elsőrendű evezők (6.22. ábra). A szárny egészének felépítése (csontok elhelyezkedése, ízületek

szervezete) úgy alakul, hogy amikor a madár nyugalmi, testhez zárt szárnyát emelni kezdi, az a szárny automatikus „kinyitását” vonja maga után.

A **hátsó függesztő öv** három csontja a csípőcsont, az ülőcsont és a szeméremcsont. A madarakra – a nagyméretű, kemény, meszes héjú tojások miatt – a **nyitott medence** jellemző, ami azt jelenti, hogy a két szeméremcsont ventralisan nem ízesül össze. Az azonos oldali medencecsontok egymással és az álkerecsonttal is összezsontosodnak (7.16.B ábra). A **hátsó végtag** területén is **jelentős változások** láthatók. A combcsont (*femur*) proximálisan a medencecsontok által kialakított ízületi vápába illeszkedik. A sípcsont (*tibia*) hozzacsontosodik a lábtőcsontok (*tarsalia*) proximális sora (ezek alkotják a *tibiotarsus* nevű csontot). A lábtőcsontok disztális csontjai a lábközépcsontokkal (*metatarsus*) nőnek össze és a csüdcsontot (*tarso-metatarsus*) alkotják. A lábszárcsont és a csüdcsont között egy ún. intertazális ízület található (7.20. ábra). Elnevezését az indokolja, hogy az ízület a lábtőcsontok (*tarsalia*) két sorozata között alakul ki. Megjelenése csak madarakra jellemző.

A szárcsapocscsont (*fibula*) proximálisan a térdízületben kezdődik, míg disztális vége az izmok között végződik, az intertazális ízületet nem éri el. A lábujjak (*digiti*) száma általában négy, bár háromujjú madarakat több rendszertani csoportban (harkályok, sirályok) is lehet találni. A futómadarak ujjainak száma általában három, kivételt a kétujjú strucc képez.



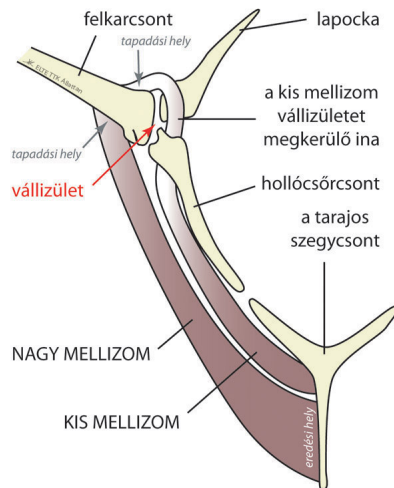
7.20. ábra. A madárláb csontjai, melynek felépítése eltér a Tetrapoda alapszabástól. Az ábrán látható kis színes rajz a 7.17. ábra színkódjaival mutatja a végtag felépítését

A lábujjak hossza, egymáshoz viszonyított aránya, a karmok formája a mozgás, illetve a táplálkozás függvényében nagy változatosságot mutat. Ugyanarra a funkcióra (mint pl. az úszás) több alternatív változat is kialakulhatott pl. récék, vöcskök és szárcsák esetében.

7.3.2.4. A madarak speciális izmai – a repülőizmok

A **legfontosabb izmok** a repüléssel kapcsolatosak. A legnagyobb a szárny lecsapását végző **nagy mellizom** (*m. pectoralis*) és a szárny emelését végző **kis mellizom**. A két izom eredési és tapadási helye megegyező (mellcsont és felkarcsont, 7.21. ábra).

Az ellentétes működés úgy jöhet létre, hogy a kis mellizom ina a vállízületet megkerülve a felkarcsont (humerus) felső oldalán tapad, míg a lecsapásért felelős nagy mellizom ina az alsó oldalon. A szárnyak mozgásában, a testhez képest bezárt szög és a szárnyak részeinek egymáshoz való viszonyának beállításában természetesen sok más izom is részt vesz.

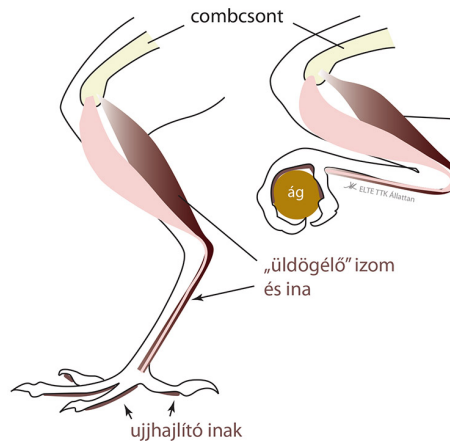


7.21. ábra. A madarak legfontosabb repülőizmiai a szegycsonton elhelyezkedő nagy és kis mellizom (az ábra az izmok helyzetét és tapadási területét mutatja előlnézetben)

Az izomrostok vékonyak, így az összfelület nagy, ami kedvez az oxigén diffúciónak. (A nagy mennyiségű oxigén felvételét pedig a kettős légzés, ill. a többféle hemoglobin típus megléte biztosítja.)

Arról, hogy ez a vázrendszeri felépítés és izomzat milyen repülési stratégiákat tesz lehetővé, a madarakat bemutató fejezetben írunk (l. 37.3.1. fejezet).

Megemlítendő még egy, a madarak lábában található izom. Ha a madár leszáll és megkapaszkodik egy ágon, a lába behajlik. Ilyenkor a térd ízület külső oldalán futó ín – amelyik az ujjhajlító izmok inával összeolvad – megfeszül. Minél jobban leereszkedik a madár a lábaira, annál jobban feszül az ín, így annál erősebben begömbölynek az ujjak. Ennek eredményeként a madár – akár alvás közben is – stabilan tud kapaszkodni (7.22. ábra).



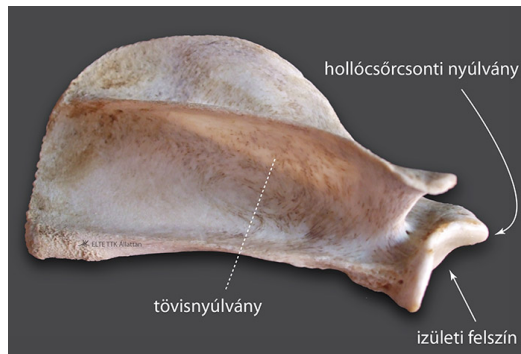
7.22. ábra. A madárláb kapaszkodást lehetővé tevő izmának helyzete és kapcsolatai álló és ágon ülő madár esetében (oldalnézet)

7.3.2.5. Az alkalmazkodóképesség mintaképe – az emlősök végtagjai

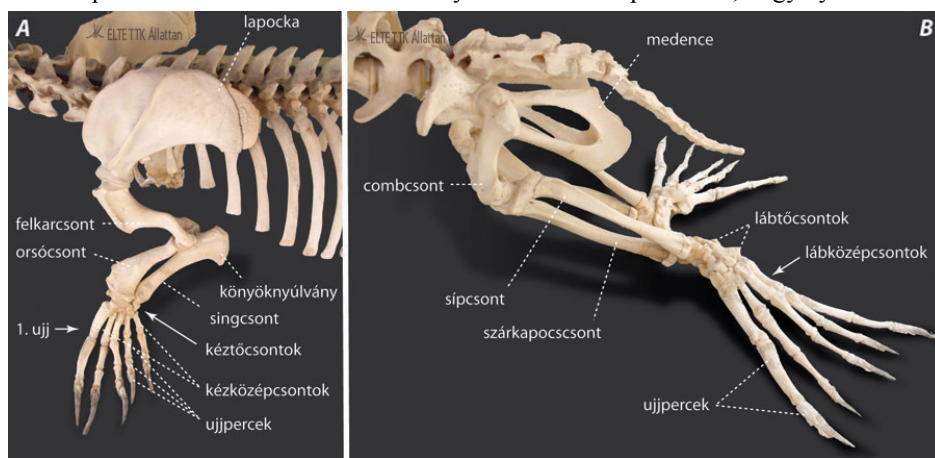
Az emlősök végtagjai általában az ötsugaras alapszabásnak megfelelők, a testet a talajtól elemelik. Alkalmasak lehetnek úszásra, ugrásra, kitartó és nagy sebességű futásra, fán való függeszkedésre, ásásra és repülésre is. Mivel az életmód függvényében igen változatos igényeknek kell megfelelniük, felépítésük is igen sokszínű. Leírásunk így korántsem törekedhet a teljességre, csupán csak néhány fő jellemzőre hívja fel a figyelmet.

A **melső végtag függesztőívében a lapocka** (*scapula*) a domináns elem, a **hollócsőrcsont** ennek nyúlványává redukálódik (7.23. ábra). A **kulcs csont** (*clavicula*) nem feltétlenül tart kapcsolatot a vállövvel, lehet szabadon álló, azaz izomzatba ágyazott (l. macskák). A **felkarcsont** (*humerus*) nagy mozgásterű, az orsócsont és a vele együtt futó singcsont – lefelé fordított tenyér esetén – keresztezi egymást (7.24.A ábra). A két alkarcsont esetenként össze

is nőhet egymással. Ha ez így történik, akkor az állat a mellső talpát nem tudja felfelé fordítani. Az említett összenövés miatt pl. a macskák a „tenyerüket” csak a középsík felé tudják elfordítani, ami azonban elegendő a biztonságos fára mászáshoz és a zsákmány elfogásához.



7.23. ábra. Emlős lapocka: a hollócsőrscsont maradványa hozzánőtt a lapockához, s egy nyúlvánként azonosítható

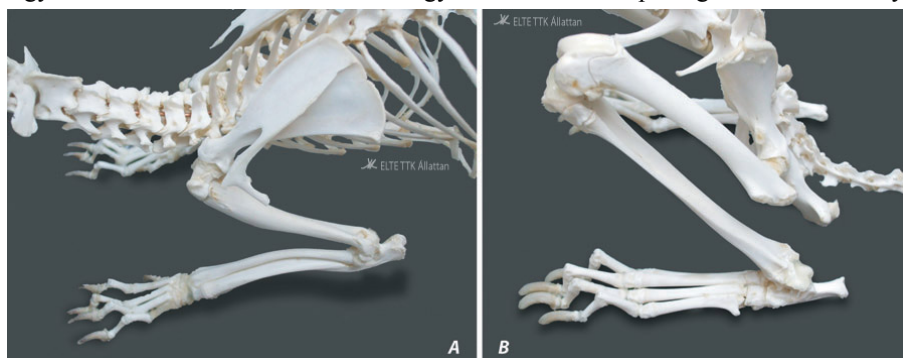


7.24. ábra. Emlős (főka) mellső (A) és hátsó (B) végtagjának nyélszakasza a Tetrapoda alapszabást követi

A **medencében** mindhárom fő alkotóelem (csípőcsont, ülőcsont, szeméremcsont) megtalálható. A szeméremcsontok a középsíkban egy rugalmas, hormonális hatásra táguló kapcsolatban összeérnek, így a medence **zárt** (7.16. ábra). A tágulékonyságnak szüléskor van nagy jelentősége. A medence alakja és arányai a két nemben eltérőek, így felépítése alkalmas a nem meghatározásához. A hátsó végtag az alapszabást követi (7.24. ábra).

Az emlősök lehetnek **ujjon vagy talpon járók**. A kifejezések azt árulják el, hogy járáskor a teljes talp ujjakkal együtt, vagy csak az ujjak érintik-e a talajt. Talpon járó pl. a medve és az ember, ujjon járók a patások és a macskafélék. A két tulajdonság együttesen is előfordulhat, amikor a mellső végtag ujjon, a hátsó pedig talpon járó (házinyúl, 7.12. és 7.25. ábra).

Az emlősök végtagjai szélsőséges módon specializálódhattak, s ennek alapjait természetesen vázrendszerük biztosította. Itt nem térünk ki a patások (6.25. ábra), a repülő emlősök és a cetek végtagjainak alakulására, csupán azt jelezzük, hogy a vázrendszer e része rendkívül nagy alkalmazkodó képességről tett tanúbizonyságot.



7.25. ábra. Ujjon- és talpon járó mellső (A) és hátsó (B) végtag (házinyúl)

7.3.3. A gerincesek koponyája

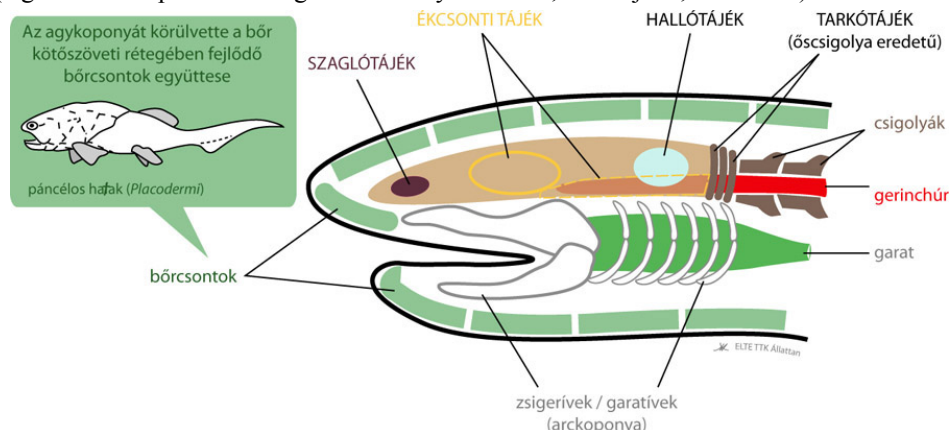
A központi idegrendszer elülső része a fejgerinchúrosoknál nem kap különösebb védelmet: a lándzsahalaknak pedig nincsen koponyájuk (l. Acrania elnevezés). Hozzájuk képest a koponyával rendelkező gerincesek (Craniata) nagyobb túlélési eséllyel rendelkezhetnek.

A **koponya** (*cranium*) **agykoponyára** (*neurocranium*) és **arckoponyára** (*viscerocranium*)⁸ tagolható. Az agykoponya feladata az agyvelő és a feji érzékszervek védelme, míg az arckoponya a táplálék felvételére specializálódott.

7.3.3.1. Az alapszabás kialakulása és a továbblépés lehetőségei

Az **agykoponya tájékai** a tarkó- vagy nyakszírti-, a halló-, az ékcsonti- és a szaglótájéék, valamint a koponyatető (7.26. ábra). Összességükben egy egységes falazatot biztosítanak, amely a koponyaüreget határolja. A szaglótájéék a szaglószervert, az ékcsonti tájék szemgödri része a szemgolyót, a hallótájéék pedig a belsőfület hordozza és védi. A nyakszírti tájék csigolyatelepek (öscsigolya részek) származéka, felépítésében így hasonlóságot mutat a gerinccsigolyákkal. Az a nyílása, amelyen keresztül a gerincvelő belép a koponyaüregbe, az öreglyuk.

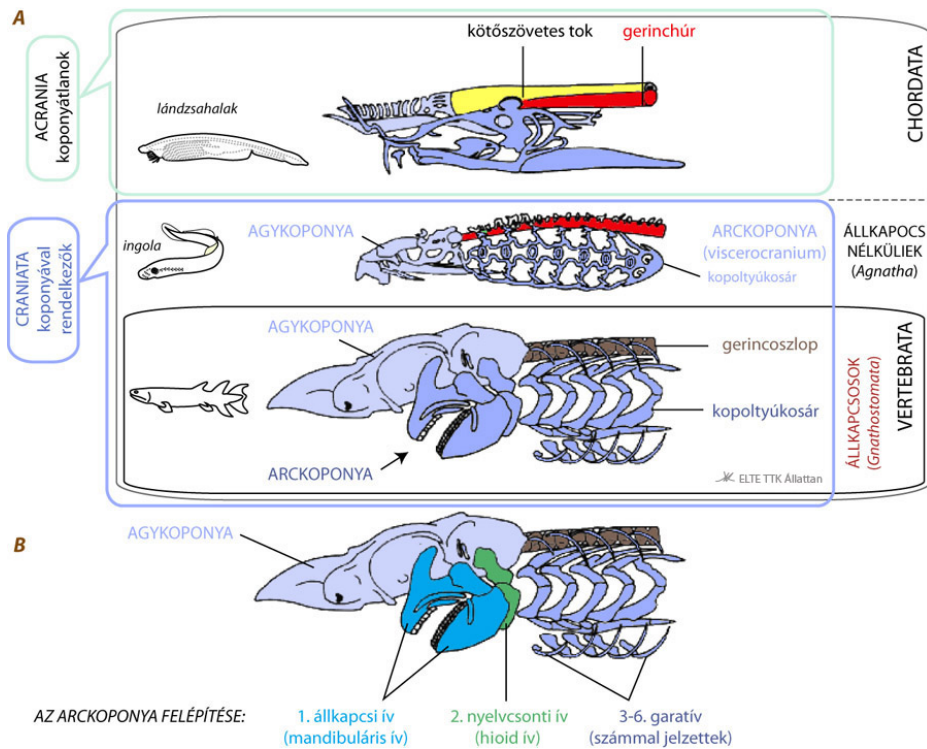
Az **arckoponya** elsődleges feladata a garattájéék falának támasztása (7.26. ábra). Az ősi gerinceseknél ez egyforma **garatívek** (**zsigerívek**) sorozatával történt, amelyek a **kopoltyúkosár** vázát képezték. Közöttük **entodermális hámmal borított garattasakok** és **ektodermális hámmal fedett garat barázdák** alakultak ki, amelyek fúziójával a garatfalban **rések** nyíltak: a szájgaratüregbe felvett víz átáramlott a kopoltyúívekké fejlődő garatívek között, miközben a benne lévő táplálékot ki lehetett szűrni belőle (7.29.A ábra). A garatívek között kezdetben nem volt különbség (Agnatha: állkapocs nélküli gerincesek: nyálkahalak, körszájúak, 7.27. ábra).



7.26. ábra. A gerinces agykoponya tájékai. Az ősi gerincesekben a csontos koponyát a zöld színű, irhában fejlődő bőrcsontok együttese vette körül. Ez a kihalt páncélos halakban érte el legnagyobb fejlettségét

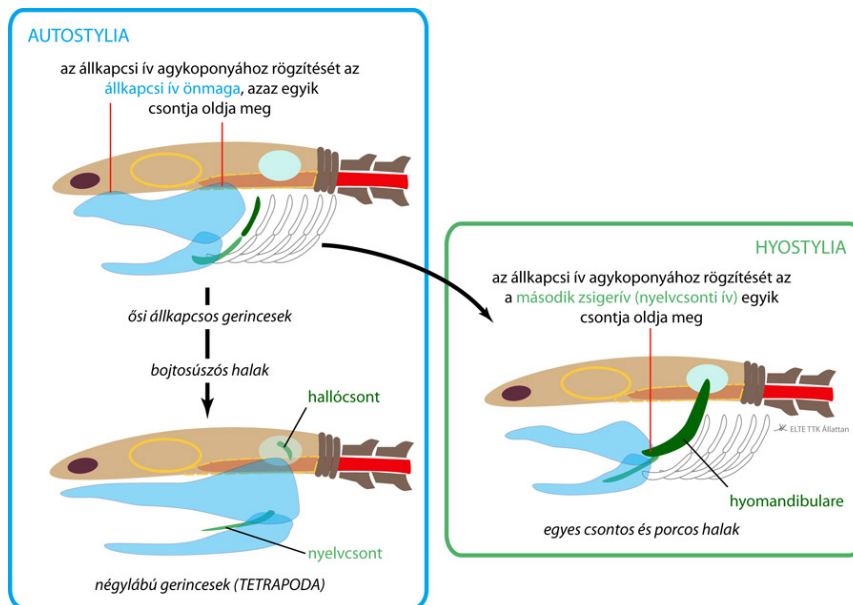
Később az első ív megerősödött és alkalmassá vált a táplálék megragadására: ez lett az **állkapcsi (mandibuláris) ív**, amelyen fogak is megjelentek – kialakultak az állkapocsos gerincesek. A második zsigerív a **nyelvcsonti (hioid) ív**: ventrális része a nyelvcsontot (vagy nyelvcsonti együttest) képezi, míg dorzális része a Tetrapodában hallócsonttá alakul (oszlopocska, *columella*), s bekerül a dobüregbe. A többi (**3–6-odik**) **garatívet** számozással különböztetjük el egymástól (7.27. ábra).

⁸Neuro-: lat. idegi, viscero-: lat. zsigeri



7.27. ábra. A) A koponya megjelenése és felépítésének alakulása a gerinchúrosokban és B) az arckoponya elemei

A mandibuláris ív alapvetően kétféle módon kapcsolódhat az agykoponyához: ez az **állkapcsi ív ún. felfüggesztési módját** határozza meg (7.28. ábra). Alapesetben az állkapcsi ív egy vagy több saját csontja biztosítja ezt a kapcsolatot (**autostyilia**). Ha e kapcsolat kialakítására a mandibuláris ív egyik eleme sem képes, a felfüggesztés feladatát átveszi a második zsigerív dorzális eleme (**hyostilia**). Az állkapocs felfüggesztés ősi típusa az **autostyilia**, ebből alakult ki a **hyostyilia**. Halaknál mindkettő ma is előfordul.

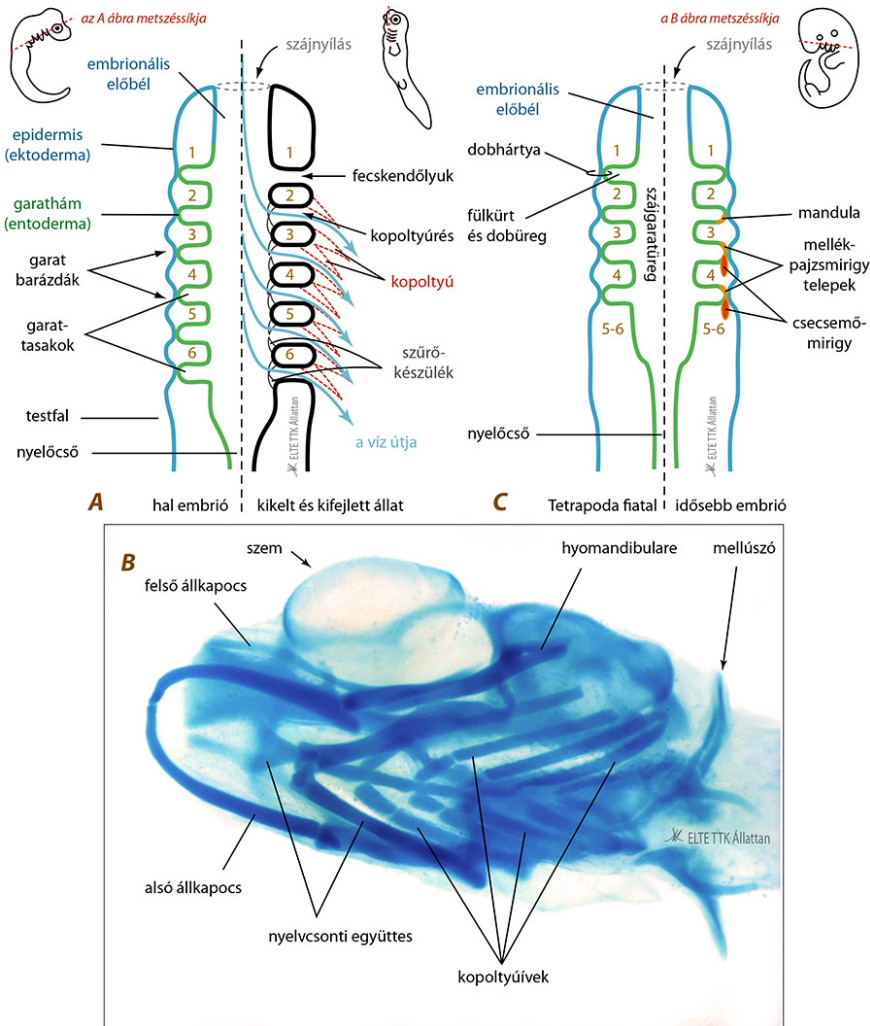


7.28. ábra. Az állkapocs felfüggesztés alakulása: auto- és hyostilia (vázlatrajz). Az állkapcsi ív csontjai kékek, a nyelvcsonti ívé zöldek. Utóbbi dorzális csontja részt vehet az állkapocs felfüggesztésében (**hyostilia**), vagy a hallótájékon hallócsonttá alakulhat (**autostyilia** alsó ábra), míg a ventrális része a nyelvcsontot képezi

Bizonyított, hogy a Tetrapoda csoport **autostyilia**-val rendelkező bojtosúsós halaktól származik, így a kétélűtűektől kezdve már csak ez a típus fordul elő (7.28. ábra). Az embrionális korban megjelenő garatívok sorsa ezzel jelentősen megváltozik a halakhoz képest: vázelemeik nem kopolyúívekké, hanem pl. gégeporcokká, hámborításuk pedig

nem légzőhámmá, hanem részben ún. branchiogén szervekké alakul (ilyen szervek pl. a mandulák, a csecsemőmirigy). A szájfénék garathámjának származéka a pajzsmirigy páratlan telepe is.

A garattájék fejlődése során **garattasakok** és velük szemben az **garatbarázdák** megjelennek, de ezek nem nyílnak össze, így a kopolyúrésekhez hasonló nyílások sorozata nem töri át a négy lábúak embrionális garatfalát (7.29. ábra). Az első garattasakból **fülkürt** (Eustach-kürt) fejlődik. Ezt a **dobhártya** zárja le, amelynek alapját az első garattasak és a vele szemben kialakuló garatbarázda összefekvő hámja adja. Alatta a **fülkürt** **dobüregét** alakítja ki. Ebbe az üregbe kerül be az a csontocská, amely a nyelvcsonti ív dorzális részének felel meg, s itt **hallócsontocskává** alakul, s a dobhártya rezgéseit vezeti el.



7.29. ábra. A garattájék alakulása halak (A, B) és négy lábú gerincesek (C) esetében. Az A) és C) ábrák jobb oldala idősebb embrióból való, mint a bal oldali fél. A B) ábra csuka lárvá koponyájának vázelemeit mutatja porcfestés után: jól kivehetők az állkapcsi és a nyelvcsonti ív, valamint a kopolyúívek

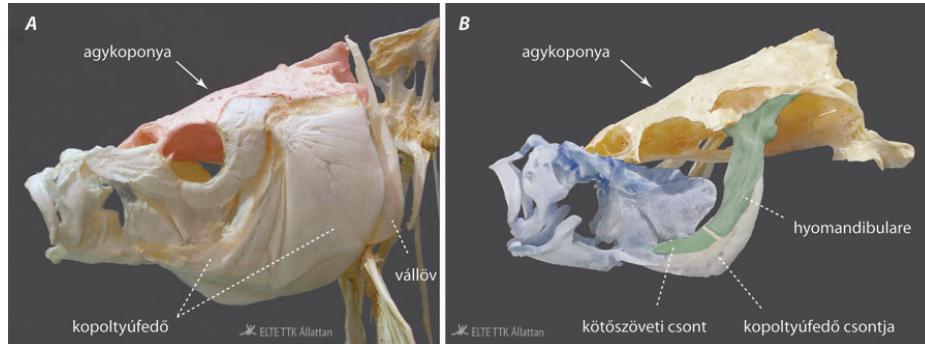
7.3.3.2. A halak és a kétélűek koponyája

A **halak** koponyájának felépítése az **alapszabásnak megfelelő**: az agy koponya érzékszervi tájékai az orrtok (szaglótájék), a szemtök (ékesonti tájék) és a fültök (hallótájék). Az agy koponyát a nyakszirti régió kapcsolja a gerincoszlophoz, s a koponyatető zárja le.

Az **arckoponya** garatívekből, más néven embrionális kopolyú ívekből alakul ki, amelyek állkapcsi ívvé (az első), nyelvcsonti ívvé (a második) és kopolyúívekké (3.–6.) alakulnak. A hetedik ív a testfalba épül be, egyes források szerint a mellső függesztőön bizonyos részei származnak belőle. A halak körében *auto-* és *hyostyia* egyaránt előfordul. Előbbi a könyvünkben ismertetésre kerülő porcoshal csoportok közül csak a tömörfejűekben (Holocephali) jellemző. Vegyük szemügyre a tömörfejű elnevezést, hiszen ez éppen a lényegét közli velünk! Esetükben az állkapocs felső ívének csontjai közül több hozzájárul az agy koponyájához, így a kettő között nem lágy szövetek vannak,

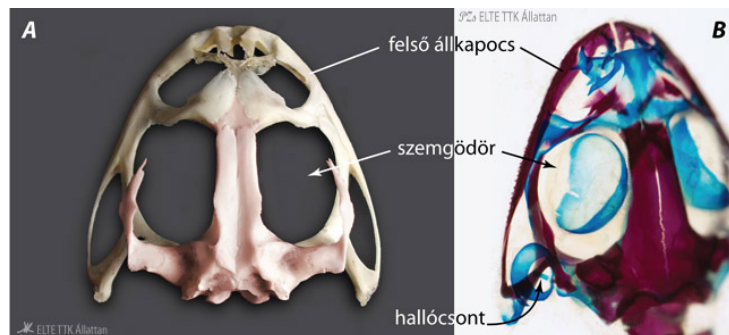
hanem „tömör” csontfalazat (l. 7.28. ábra). A csontoshalak körében a négylábú gerincesek leszármazási vonalába tartozó csoportok *autostylia*-val rendelkeztek, míg a többi hal koponyájára a *hyostilia* jellemző (7.14. és 7.30. ábra).

A bőrcsontokból álló dermatocranium a ma élő halakban nem alkot összefüggő falazatot. Tény azonban, hogy a halakban általában rendkívül sok bőrcsont jelenik meg a koponya területén.



7.30. ábra. Ponty koponyája oldalnézetben: a teljes koponya (A) és az agykoponya az állkapcsi és a nyelvcsonti ív elemeivel. Az A ábrán az agykoponya piros, a B ábrán az állkapcsi ív kék, a nyelvcsonti ív csontjai pedig zöld színűek

A **kételtűek** (Amphibia) koponyájának felépítése alapvonásokban a bojtosúszós halakéból vezethető le. Csontjainak egy része porcos marad, így egy csontkészítményt nézve a csontok száma kisebb, mint a halaknál. Orrüregük már közlekedik a szájaratüreggel, így külső orrnyílásukon keresztül is képesek levegőt venni (belső orrnyílás megléte, l. 9.3.2. fejezet). Szemüregük (*orbita*) nyitott, ami lehetővé teszi a szemek szájaratüregbe történő lehúzását („pislogás”). Állkapcsi ívük önmagát függeszti fel (*autostylia*), lárvális kopolytűív elemei a metamorfózis során átalakulva többek között a gége porcait hozzák létre. Fülkürtjük és dobüregük fejlődik, amelyben a *hyomandibulare*-nak megfelelő (azzal homológ) **hallócsontocska** (oszlopocska, *columella*) foglal helyet (7.31. ábra).



7.31. ábra. Kecsebéka fejképe: vázkészítmény (A) és fiatal állat csont-porc festett preparátuma (B). Az A ábrán a piros színű terület az agykoponya, a B ábrán a kék színű vázelemeket porszövet, a pirosakat csontszövet építi fel. Jól látható, hogy fiatal békában egyes vázelemek még porcosak, s találhatók olyan részletek is, amelyek egy csontpreparátumról hiányoznak: ilyen a hallócsontocska

7.3.3.3. Mik a halántéklablakok? – Alapvonások a hüllőkben

A **hüllők** agykoponyájának nyakszirti régiója kicsit hátrébb nyúlik kaudális irányban, azaz kiterjedtebb, mint a magzatburok nélküli kételtűké. Ennek következtében a magzatburokos gerincesek öreglyuka hátsóbb helyzetben alakul ki, s így egy (a törzsfejlődés során) eddig gerincvelői ideg is a koponyába kerül (azaz a magzatburokosoknak több agyidegük lesz!). A nyakszirti régió – a kételtűektől eltérően – egy ízületi bütök fejlődik, amely a koponya első nyakcsigolyához (*atlashoz*) történő rögzítését biztosítja.

A gerincesek testfelépítésének kialakulását bemutató fejezetben láttuk, hogy a gerincesek agykoponyájának nyakszirti tájéka (a gerincoszlop csigolyáihoz hasonlóan) őscsigolya eredetű. E csigolyatelepek közül a formálódó koponya területén lévők nem különülnek el egymástól, s az öreglyukat körülvevő nyakszirti csontok alapját képezik. A

magzatburok nélküli gerincesek esetében az első 3 őscsigolya csatlakozik az agykoponya telepéhez, a magzatburkosoknál (hüllők, madarak, emlősök) azonban már kettővel több, azaz az első 5.

A hüllők osztály szintű rendszerezésének fontos alapja az agykoponya felépítése, az ún. **halántéklablakok** hiánya, illetve megléte és helyzete. Egy ősi koponyatípusra a nyakszirti tájék felől ránézve azt látjuk, hogy az agyvelőt körülzáró koponyaüreget egy olyan csontfalazat alkotja, amelyhez egy csontos boltozat rögzül. Oldalnézetből jól látható, hogy e boltozatot részben a hallótájék csontjai alkotják. A halántéklablakok tulajdonképpen nyílások e csontfalazaton bizonyos csontok között (7.32. ábra). (Vigyázat! Nem az agykoponya üregébe vezetnek, az továbbra is zárt marad!) A csontboltozat tapadási felszínét biztosít a tekintélyes tömegű tarkó és rágóizmok számára – ezt a feladatot a halántéklablakok a területüket fedő **kötőszöveti lemezek** segítségével ugyanolyan jól el tudják látni, mint az eredeti csontozat. A halántéklablakokat, azok alsó szegélyén, ún. **járomívek** kísérik: a felső halántéklablakot a felső, az alsót pedig az alsó járomív szegélyezi (7.32.B ábra).



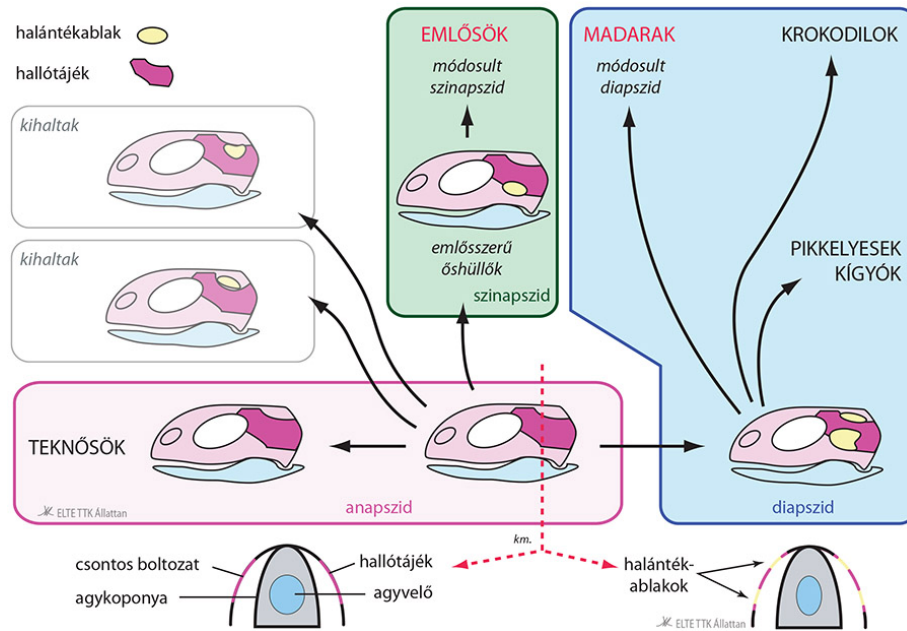
7.32. ábra. Halántéklablak hiánya (teknős, A) és megléte (krokodil, B) hüllők koponyáin. Az A ábrán a hallótájékot lila színezés, a B ábrán a halántéklablakokat pedig szaggatott vonal jelzi. Jól látszik, hogy a teknős hallótájékán a csontfalazat egységes, nincs rajta nyílás

A járomívek megjelenése lehetővé teszi a rágóizmok tapadásának átrendeződését, ezen felül az alsó járomívnek fontos szerepe van az állkapcsot érő erőhatások tompításában, más koponyacsontokra való átvezetésében is. Mindez összefüggésbe hozható azzal, hogy a hüllő állkapcsok nagyobb erő kifejtésre váltak képessé, ami alapvetően befolyásolta a csoport sikerességét.

A halántéklablakok fent említett jelentősége képezi az alapját annak, hogy azok száma és helyzete a hüllők és a tőlük származtatott madarak és emlősök (együttesen magzatburkosok, Amniota) rendszerezésében alapvető fontosságú.

A részleteket és csontneveket nem említve a 7.33. ábráról leolvasható, hogy az ősi, kiindulásnak tekintett koponyatípus a **halántéklablak nélküli** (anapszid) típus. Ennek a fejlődési vonalnak a leszármazottai a mai élő teknősök (Anapsida osztály, Testudines rend).

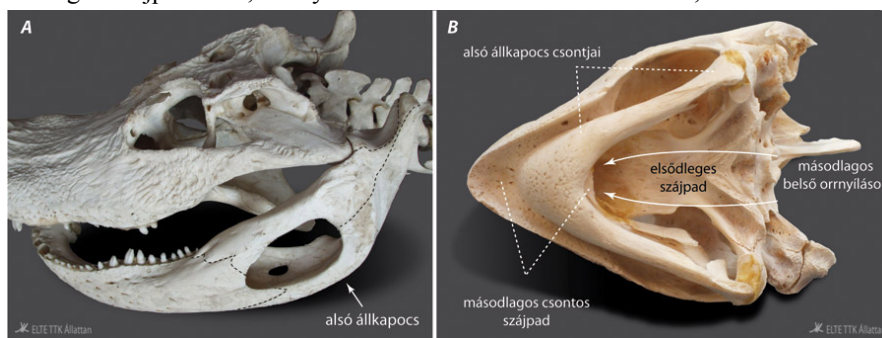
Két (egy alsó és egy felső) **halántéklablakkal** rendelkeztek azok a hüllők, amelyektől a mai krokodilfélék is származnak (Diapsida osztály, Crocodylia rend). Ugyancsak a diapszid koponyatípus átalakulásával jött létre a mai pikkelyesek (gyíkok és kígyók, Diapsida osztály, Squamata rend), valamint a mai madarak (Aves) koponyája. A harmadik fejlődési vonal, amellyel foglalkozunk, az az **egy halántéklablakkal** rendelkezőké: ez a szinapszid (*synapsid*) típus. Leszármazottaik az emlősszerű őshüllők, amelyek utódai a mai emlősök (Mammalia).



7.33. ábra. A magzatburkosok halántéklablakai a hallótájékon alakulnak ki, s a rendszerzésük alapját képezik. (A madarak és az emlősök nevének piros színnel való kiemelését az indokolja, hogy nem tartoznak a hüllők közé. Erről bővebben l. alább a leírást)

Itt az ideje, hogy a könyvünkben is használt rendszertani beosztást vegyük alaposan szemügyre! Fel kell tűnjön, hogy a hüllők, mint rendszertani kategória ugyanúgy nem létezik benne, mint ahogyan a halak osztálya sem! A hüllőknél „elkezdett”, halántéklablakokon alapuló osztályba sorolás nem következetes. Ha az alapelvet alkalmaznánk a hüllőktől származó madaraknál és emlősöknél is, akkor ez utóbbi két csoport a Diapsida, illetve a Synapsida osztályba kerülne, sok más kihalt állatfajjal együtt. Ez azt jelenti, hogy megszűnne e két csoport osztály szintű léte! A madarak és az emlősök azonban olyan, hüllőktől alapvetően eltérő jellegzetességekkel bírnak, s annyi fajt számlálnak, hogy indokolt az osztály szintű megkülönböztetésük megtartása: a rendszer itt tehát mesterséges, önkényes kiemelés alkalmaz.

Az állkapcsi ív felépítése az alapszabást követi, alsó tagja több csontból áll (7.34., 7.35. ábra). Itt kell megemlíteni a **másodlagos csontos szájpád** kialakulását. Az elsődleges csontos szájpád a szájgaratüreget dorzálisan határolja, s az agykoponya alapi részének, valamint az állkapcsi ívnek egyes csontjai alkotják. A hüllők közül a **teknősök és a krokodilok rendjében** alakult ki a másodlagos szájpád, amely egységes képlet: mozdíthatatlanul foglalja magába az alkotó csontokat és stabilan kapcsolódik a felső állkapocshoz is (7.34.B ábra). Az emlősszerű őshüllőknek szintén volt másodlagos szájpádlásuk, amelyet továbbadtak leszármazottaiknak, az emlősöknek is.



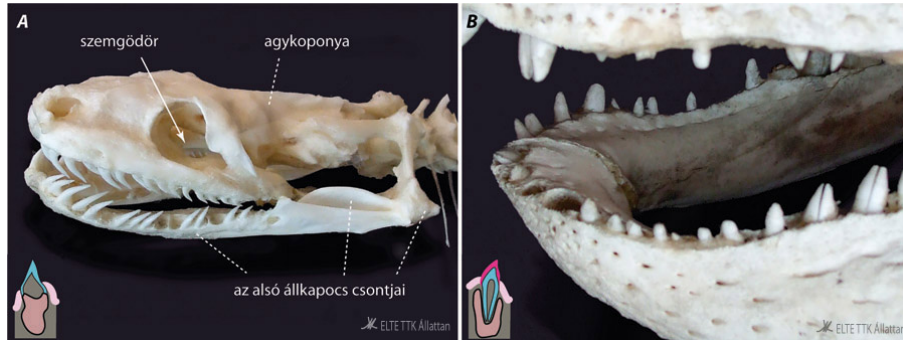
7.34. ábra. A hüllők arckoponyájának jellegzetességei: az állkapocs alsó része több csontból áll (krokodil, A), s egyes csoportoknál másodlagos csontos szájpád jelenik meg (teknős, B)

Az elsődleges csontos szájpád (a bojtosúsósok kivételével) a halaknál és a mai kétélűeknél nem egy egységes csontfalazat – éppen ez az, ami a nagyméretű szemmel rendelkező békáknál lehetővé teszi a szemek szájüregbe való lesüllyesztését (nyelés, sérülések elleni védelem). A hüllők közül a pikkelyesek rendjében sincsen egységes

csontos szájpád: ennek kialakulása nem lenne előnyös, mivel náluk az egymáshoz képest mozgatható (össze nem nőtt) felső állkapcsi csontoknak elmozdíthatóknak kell maradniuk, hogy nagyobbra tudják nyitni állkapcsukat.

Az elsődleges belső orrnyílások a koponyaalapon nyílnak, s az elsődleges csontos szájpáddal rendelkező állatokban (halak, kételtűek, pikkelyes hüllők) az orrüreget kötik össze a szárgaratüreggel. A teknősök és krokodilok másodlagos belső orrnyílásai a másodlagos csontos szájpádon lévő nyílások, így a csontos szájpád és a koponyalap közötti teret kötik össze a szájpádlás alatti garatüreggel (7.34. ábra).

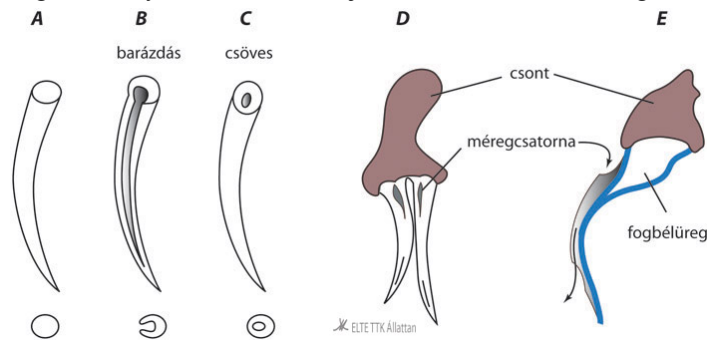
A teknősök kivételével a hüllők állkapcsában **fogakat** találunk. A fogak típusa lehet (a csont felszínére) **ránótt**⁹ és **fogmederben ülő**¹⁰ (krokodilok, 7.35. ábra). Az utóbbi stabilabban rögzül, s rajta megkülönböztetjük a foggyökeret, a fogkoronát és a kettő határán az íny által körülvett fognyakat. A hüllők azonos alakú fogaikat (ún. homodont fogazatukat) korlátlan számú alkalommal válthatják.



7.35. ábra. Hüllők fogazata: óriáskígyó koponyája (kockás piton) homodont fogazattal (A) és krokodil fogmederben ülő fogai (B). A kis rajzok a fogtípusok vázlatrajzai, ahol az állkapcsi csont barna, a fog állománya kék, a zománcréteg sötétrózsaszín, az íny pedig világos rózsaszín

Alakjuk és funkciójuk szempontjából külön csoportot képeznek a **kígyók méregfogai**. Ezek a többinél hosszabb, kissé hajlított fogak, amelyek méregmiriggyel állnak kapcsolatban. A mirigy váladékát a fog hosszában végighúzódo barázda (**barázdás méregfog**) vagy csatorna (**csöves méregfog**) vezeti a fog csúcsára (7.36. ábra). Az előlméregfogas (pl. kobra, zöld mamba) és a csöves méregfogas (vipera, csörgőkígyók) kígyókon a méregfogak a felső állcsonton helyezkednek el, míg a hátulméregfogas fajokon (pl. homoki sikló) a szájpádhhoz csatlakoznak. A pitonok méregfog nélküliek. Sajátos fogtípus a tojásfog, amely a felső állkapocs peremén helyezkedik el: szaruképződmény, amely a kikelés után lehullik.

A hüllők egyetlen, dobüregben elhelyezkedő hallócsontja a kételtűekének felel meg.



7.36. ábra. Kígyók fogtípusai: tömör fog (azaz nem méregfog, A), barázdás (B) és csöves (C) méregfog. Vipera állkapocscsontjához rögzülő csöves méregfoga előlnézetben (D): látszik, hogy két fog rögzül egy csontba – az egyik tartalék. A viperafog hosszmetzetén látszik, hogy a méregcsatorna a fogbélüregtől teljesen elkülönül (E)

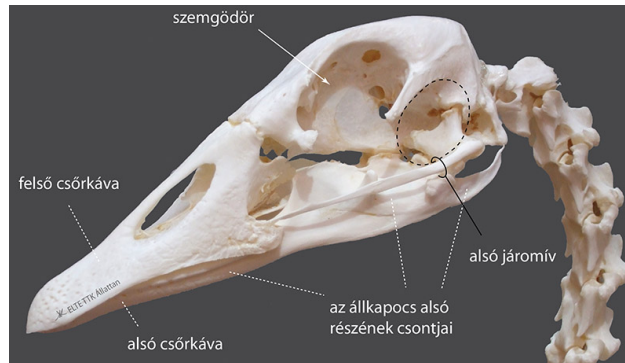
⁹acrodont (acros, gör.: csúcs, azaz a csont élén ülő fog) vagy *pleurodont* (pleura, gör.: a test oldala, a csont egyik szélén támaszkodó fog)

¹⁰thecodont (theca, gör.: tok, tartó) vagy más néven *alveodont* (alveus, gör.: mélyedés)

7.3.3.4. A madarak koponyája és annak rendszertani vonatkozásai

A madarak két **halántéklablakos** (diapszid) koponyájú ősoktól származnak, koponyájuk tehát ennek módosulásával alakult ki (7.33. ábra): a két ablakból a törzsfejlődés során azonban egy lett és az őket kísérő járomívek közül is csak az alsó maradt meg. A koponyát – mint a vázrendszer többi elemét – az összenövések, ill. a tömeg csökkentését jelentő egyéb tényezők jellemzik. A csontok felépítése szivacsos. A recens fajoknál **hiányoznak a fogak**. (Szerepüket nagyrészt a zúzógyomor vette át.)

Az **agykoponya** csontjai csak fiatal madaraknál különíthetők el, az egyedfejlődés során összezsontosodnak. Az **arckoponya** csontjai a madarakra jellemzően specializálódtak, kialakul a **felső és alsó csőrkáva**, csontos szájpád viszont nincsen (7.37., 7.38. ábra).



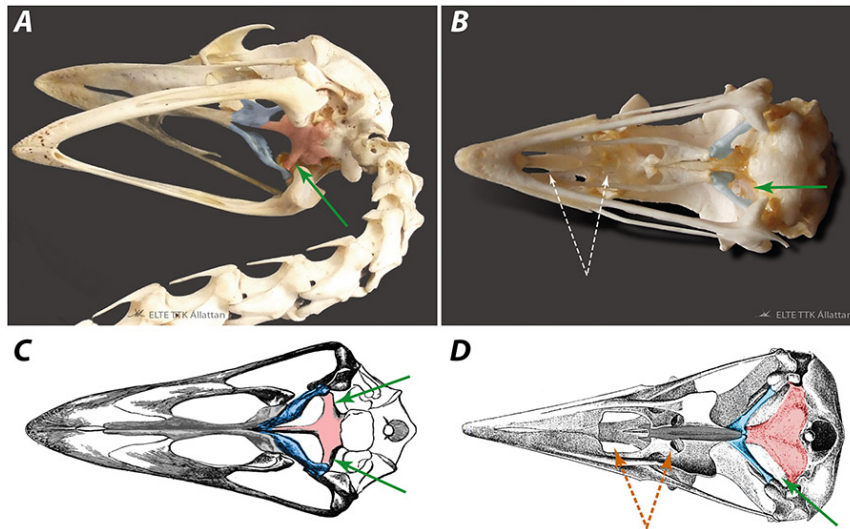
7.37. ábra. Házilúd koponyája oldalnézetben. A két halántéklablakból kialakuló egységes halántéklablakok körvonalát szaggatott vonal jelzi. Alatta az alsó járomív húzódik (a csőrkávák szarutokja hiányzik)

A csőr alakja a táplálkozásnak megfelelően nagyon változatos (7.38. ábra), még rendszertanilag közelálló fajok esetén is jellegzetesen különbözhet (l. pl. Darwin pintyek (8.14. ábra), parti madarak: lilék, godák, pólingok).



7.38. ábra. Néhány példa a madárcsőr változatosságára: a példák között vannak ragadozók, iszapból szondázó, halászó, plankton-szűrő, csipegető, legelő-szűrőgető életmódot folytató fajok

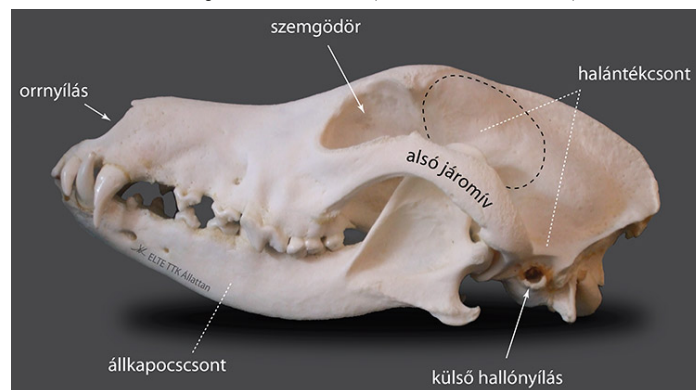
A **modern madárrendszertanban** a két alosztály elkülönítésére már nem a szegycsont, hanem a koponya bélyegeit alkalmazzák. A **futómadaraknál** (Palaeognathae) a szájpadsont és a röpcsont egymással összezsontosodott, s ezt az egységes csontot a koponyalapról ide húzódó nyúlvány még támasztja is. Egy ilyen állkapocsnak (csőrnek) nyilvánvalóan korlátozott mozgástere lesz. Az ún. **modern madaraknál** (Neognathae) ez a nyúlvány nem alakul ki és a szájpadsont és a röpcsont sem nő össze: mindennek eredményeként a mozgékonyabb csőr nagyon változatos táplálékforráshoz lesz képes alkalmazkodni (7.39. ábra). A két alosztályba tartozó fajok számát és életmódjának változatosságát tekintve ez jelentős előnyhöz juttatta az utóbbiakat.



7.39. ábra. Futómadár (emu, A, C) és modern madár (házityúk, B, varjú, D) koponyájának ventrális nézete: az emu esetében a röpcsontot (kék színű) a koponyalap egyik (pirosra színezett) csontjának nyúlványa (zöld nyíl mutat rá) támasztja (A, C). A házityúk és a varjú esetében a röpcsontok önállóak és nem kapnak ilyen támasztékot (ahol ez lenne, oda nyíl mutat, B, D). A koponyán jól látszik, hogy nem alakul ki egységes szájpádlás (ennek helyére szaggatott fehér vagy barna nyíl mutat)

7.3.3.5. Az emlősök koponyája

Az emlős koponya a magzatburkosok **egy halántéklablakos** (szinapsid) típusából, annak módosulásával alakult ki. A halántéklablak alsó állású, ezért **alsó járomív** kíséri (7.33. és 7.40. ábra).



7.40. ábra. Kutya koponyája oldalnézetben: az alsó járomívvel kísért halántéklablak helyét szaggatott vonal jelzi. Az állkapocs egyetlen csontból áll

Az agykoponyában az egyes tájékokat alkotó csontok rendszerint egyetlen csonttá nőnek össze. A nyakszirti régió két nyakszirti büttyökkel kapcsolódik a gerincoszlop első csigolyájához.

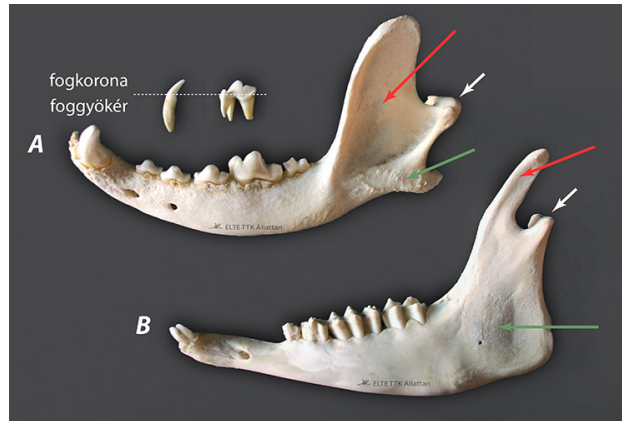
Fejlett, nagy térfogatú **orrüreggel** találkozunk, benne a szaglóhámot hordozó nagyfelületű csontos–porcos lemezrendszer foglal helyet. A szemgödörök – az életmód függvényében – előre vagy oldalra tekintők. (Ez meghatározza a látótér átfedésének mértékét). A középfülben az állkapcsi és a nyelvcsonti ív egyes elemeiből származó **három hallócsontocska** viszi át a dobhártya rezgéseit a belsőfülre. A dobhártyához a kalapács rögzül, ehhez az üllő kapcsolódik, majd a sort a kengyel zárja.

A csontocskák között apró ízületek vannak (elmozdulások!), s közülük kettő helyzete úgy változtatható, hogy extra normális (magyarul túl erős) inger hatására kimozdíthatók az optimális, leghatékonyabb jelátvitelt biztosító helyzetükből. A kalapácsnak és az üllőnek megfelelő csontok a hüllőknél még az állkapcsi ív részét képezték (az állkapcsi ív felső és alsó csontsorozata közötti ízület éppen közöttük volt), de mivel az emlősök állkapcsának alsó részét már csak egyetlen csont alkotja, leváltak a mandibularis ívről, s áthelyeződtek a közeli dobüregbe. Egymással

tartott kapcsolatukat megőrizték, s így együttesen csatlakoztak a hüllők már meglévő hallócsontocskájához, amely itt a kengyel nevet viseli.

A **másodlagos csontos szájjpad** fejlett. Az **állkapocs** egyetlen csontból áll (7.40. és 7.41. ábra), s ez az emlősökre jellemző, a mai hüllőktől eltérő ízülett kapcsolódik a hallótájékhöz. Az ízület változatos alakú, lehetővé teszi a **rágást** (azaz az állkapocs horizontális síkú mozgását).

A **fogazat** nagyon változatos, a fejlettebb csoportoknál eltérő alakú és funkciójú fogakból áll (heterodont fogazat, 7.40. és 7.41. ábra). A fogak **fogmederben** ülnek. A fogváltások száma általában egy, azaz a tejfogakat a maradék fogak egyetlen nemzedéke követi. Az állkapocs és a fogazat felépítését a táplálkozásmód határozza meg (7.41. ábra), így ezekre a tápcsatornával kapcsolatban visszatérünk (8.17. ábra).



7.41. ábra. Emlősök táplálkozásmóddal összefüggő eltérő állkapocs felépítése. Ragadozó (A) és növényevő (B) állat bal oldali állkapocscsontja a fogakkal. A fehér nyíl az ízületi nyúlványokra mutat, a piros és a zöld nyilak pedig két rágóizomcsoport tapadási helyét jelzik. Utóbbiak tekintetében jelentős különbség figyelhető meg (Az A ábrán szereplő fogakon átfutó szaggatott vonal a fogkorona és foggyökér közötti határvonalat jelzi)

Összefoglalás

Bevezettük és meghatároztuk a belső váz fogalmát, s megállapítottuk, hogy ennek megjelenése az újszájúak körében olyan jelentőséggel rendelkezik, hogy a gerinchúrosok törzsének, s egyik altörzsének (gerincesek) is névadójául szolgál. A gerinchúr rövid jellemzése után áttértünk a gerincesek vázrendszerének ismertetésére. Elsőként a gerincoszlopot vettük szemügyre, foglalkoztunk a csigolyák felépítésével, valamint a tengelyváz alakulásával, mozgási lehetőségeivel a vízi életmódú halaktól az emlősökig. Szó esett az alsó és felső állású bordákról, valamint a légzésben betöltött szerepükről. Áttérve a végtagok felépítésére: megkerestük, hogy a négylábú gerincesek végtagjai mely mai halak őseitől származnak. Felvázoltuk a végtagok alapfelépítését, s röviden érintettük azt, hogy ez mennyiben változik az egyes gerinces osztályok életmódjának megfelelően. Végezetül átnéztük a gerincesek koponyájának tagolódását, az agy- és arckoponya elemeit, valamint az utóbbi garatíveinek alakulását. Szóba kerültek a hüllők halántéklablakai, a magzatburkosok rendszerezésben betöltött szerepük, valamint az általuk kijelölt leszármazási vonalak. A madaraknál megállapítottuk, hogy modern rendszerezésükben alapvető szempont állkapcsuk felépítése és mozgékonyasága, amely az alosztályok elkülönítési szempontját adja. A vázrendszer bemutatását az emlősök koponyájának rövid ismertetésével zártuk.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mikor nevezünk egy vázrendszert belsőnek, s kialakulása mely állatcsoportokban jellemző? Mik az előnyei és a feladatai?
2. Mi a gerinchúr, mi a rendszertani jelentősége, s milyen állatcsoportokban fordul elő?
3. Határozza meg a gerincoszlop fogalmát, s jellemezze alapegységét, a csigolyát!
4. Mutassa be röviden az egyes gerinces csoportok gerincoszlopát! Figyeljen az életmódból adódó összefüggésekre!
5. Rajzolja le a négylábú gerincesek végtagjának alapszabását, s nevezze meg csontjait! Nevezze meg azt az állatcsoportot, amelynek őseitől a végtag származik, s indokolja döntését!
6. Gondolja át, hogy végtag alapszabásától milyen igények kielégítésére milyen változások következtek a négylábú gerincesekben!

7. Nevezze meg a gerinces koponya fő részeit, s mutassa be ezek felépítését!
8. Mik a garat vagy zsigerívek? Hogyan módosultak a szárazföldi életmódnak megfelelően?
9. Mik a halánték ablakok, s hogyan alapozzuk rájuk a magzatburkosok rendszerezését?
10. Mik a madár és az emlős koponya jellegzetességei?
11. Mi az elsődleges és másodlagos csontos szájpád?
12. Mit tud a hallócsontok eredetéről, helyzetéről és funkciójáról?

8. fejezet - A tápcsatorna (*apparatus digestorius*) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

Az életfolyamatokhoz energia kell, amelyet a **heterotróf** táplálkozású állatok szerves tápanyagforrásból biztosítanak. Ahhoz, hogy ebből saját testük építőelemeit és az életfolyamatokhoz szükséges energiát előállítsák, a táplálékot le kell bontani, a tápanyagokat a sejtekig el kell juttatni, a sejteknek pedig fel kell azokat dolgozni. A tápcsatorna munkáját tehát a légzőszervrendszer és a keringési rendszer egészíti ki. Elsőként tekintsük át azt, hogy a tápcsatorna hogyan, milyen elvek alapján szerveződik.

A **többsejtűség** kialakulásával lehetővé vált, hogy az emésztésre szolgáló enzimek termelésére sejtek specializálódjanak, így a törzsfajlás során az **intracellularis emésztést** hamar felváltja az **extracellularis**. A sejten kívüli emésztés ténye azt feltételezi, hogy a lebontási folyamatok egy olyan térben zajlanak, amely a szervezet belsejétől elszigetelt, ugyanakkor – az anyagfelvétel és leadás miatt – kapcsolatban áll a külvilággal. Az embrionális fejlődés során megjelenik egy ilyen üreg: ez az **ősbélüreg** (*archenteron*, 5.3. és 5.9. ábra).

A táplálékból kinyert egyszerű felépítésű molekulákat, azaz tápanyagokat az azok felszívására differenciálódott sejtek felveszik, majd a szervezet felé eső oldalukon leadják a többi sejtnak. Minél több emésztést és felszívást végző sejt van, a táplálék feldolgozása annál hatékonyabb lehet, a **tápcsatorna hossza** tehát előbb-utóbb meghaladja a test hosszát. A hossznövekedés további előnye, hogy lehetőséget ad arra, hogy az emésztőrendszer mentén egyre több elkülöníthető feladattal rendelkező szakasz jöheszen létre. E szakaszokban a lebontás komplex folyamatának csak azon lépései zajlanak, amelyek számára az optimális körülmények (elsősorban a hőmérséklet és a pH) éppen adottak. Annak érdekében, hogy minden enzimescsoport megtalálja a számára kedvező körülményeket, a tápcsatorna kémhatása szakaszonként változik. Savas kémhatás mellett fehérje bontás (l. pepszin), lúgos pH-n pedig szénhidrátok, lipidek és nukleinsavak bontása zajlik. E mellett a fehérjék feldolgozása is ilyen körülmények között fejeződik be. Ha tehát egy állat tápcsatornájából a savas kémhatást biztosító szakasz hiányzik, az azt jelenti, hogy tápláléka fehérjében szegény.

Az emésztő rendszer kezdetben **kétszakaszú**, elő- és középbélre¹ tagolódik. Ugyan az előbbi a csalánozók ürbelének esetében igencsak idézőjeles fogalom (gyakorlatilag a szájníylás területének felel meg), a laposférgeknél már hosszabb, jól elkülöníthető rész. Az ilyen tápcsatornáknak egyetlen nyílásuk van, következésképpen a táplálék felvétele és a salakanyagok leadása is ezen keresztül zajlik.

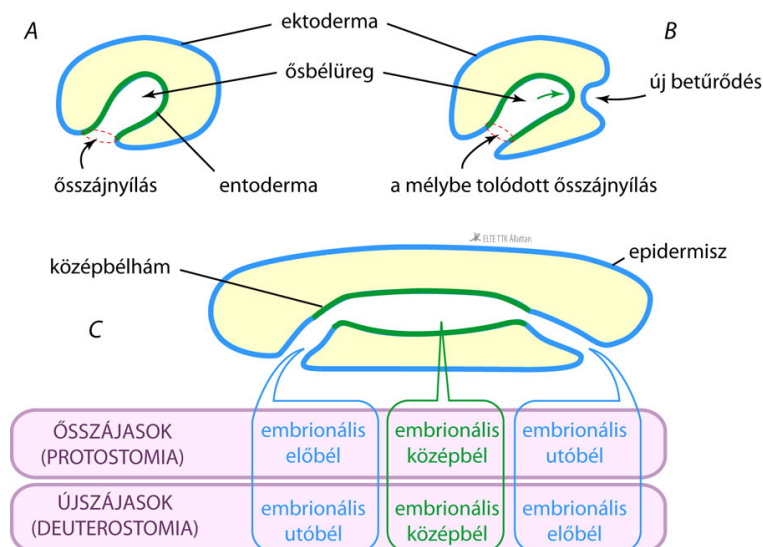
A többi állatcsoportban, amellyel könyvünk foglalkozik, **háromszakaszú tápcsatorna** alakul ki, amelynek immár két nyílása van: az előbél felőli oldalon a szájníylás, az utóbél felőlin pedig a végbélíylás.

A további lépés előtt nézzük át röviden, hogy e szakaszok milyen eredetűek!

8.1. Az ő- és az újszájasság kérdése

Az állatok testszerveződésének kialakulását bemutató fejezetből kiderült (l. 5.4.4. fejezet), hogy a tápcsatorna kezdeményeként megjelenő **embrionális középbél** (*mesodeum*) a gasztruláció idején alakul ki, s **entodermális** sejtek alkotják. Ez az entodermális hámréteg az **összajnyílás** (*gastroporus*) területén fordul át az ektodermális sejtek rétegébe. Az **ősbélüreg** (*archenteron*) egy olyan üreg, amely éppen ezen a nyíláson tart kapcsolatot a külvilággal (5.9. ábra). Szó szerint nincsen az állat belsejében, azaz szervezetén belül, hiszen a külvilág betüremkedéseként jött létre, s a szervezet belsejétől egy hámréteg választja el! Az embrionális fejlődés során az összajnyílás vonala soha nem marad a felszínen, mivel a szomszédságában lévő külső csíralemez sejtjei mélyebbre tolják azzal, hogy betüremkedésükkel meghosszabbítják a formálódó tápcsatorna feléjük eső szakaszát. Az összajnyílást mélyebbre toló, külső csíralemez eredetű szakasz tehát egy új nyílást hoz létre: ez vagy a száj- vagy pedig a végbélíylás lesz (8.1. ábra).

¹A középbél elnevezés utóbél hiányában nem logikus, mivel a név a bélszakasz köztes voltára utal. Az elnevezést mégis megtartjuk, mert funkciója szerint a háromszakaszos tápcsatorna középső szakaszának felel meg.



8.1. ábra. A háromszakasú tápcsatorna kialakulása és szakaszai az ős- és újszájas állatokban

Abban az esetben, ha **szájnyílás** (*stoma*) lesz, az állatot **összajúnak** nevezzük: szájnyílása ugyanis a tápcsatorna **összajnyílás felőli oldalán** alakul ki. Vigyázat, megismételjük: ez a szájnyílás nem azonos az összajnyílással, hiszen az mélyebbre tolódott, már nem a felszínen van! A tápcsatorna elülső, szájnyílástól a hajdani összajnyílás vonaláig tartó, ektodermális eredetű hámmal bélelt szakaszát **embriónális előbélnek** (*stomodeum*) nevezzük (8.1. ábra).

Egy általánosított embrionális fejlődésmenetet tekintve ezzel az új nyílással szemben is megjelenik egy ektodermális hám betűródés: kezdetben ez egy mélyülő gödör csupán, amely az embrionális középbél felé növekszik. Fala, azaz hámja azonban nemsokára összeér annak hámjával, s a két összefekvő hám felszívódásával a két szakasz egybe nyílik, létrejön az átjárható, három szakasú tápcsatorna. Ennek az utolsóként létrejövő szakasznak a nyílása az összajú állatokban **végbélnyílás**, a külső csíralemez által bélelt szakasz neve pedig **embriónális utóbél** (*proctodeum*) lesz (8.1. ábra).

Az **újszájú állatokban** a tápcsatorna szakaszai ugyanilyen alapokon jönnek létre, azonban náluk a **szájnyílás** a tápcsatorna **összajnyílással szembeni, másik oldalán alakul ki**, a másodikként megjelenő betűremkedés nyílásából. Értelemszerűen innen indul az embrionális előbél, amely itt is az ősbélüreg entodermális eredetű szakaszáig, az embrionális középbélig tart. A **végbélnyílás** az összajnyílással azonos oldalon alakul ki, s az az ektodermális hámmal borított embrionális utóbél vezet hozzá, amely a mélybe tolta (8.1. ábra).

A **kloáka** (*cloaca*) a tápcsatorna, az ivarvezetékek és esetleg a kiválasztószerv vezetékeinek közös végső szakasza. Az ős- és újszájú állatok körében egyaránt előfordul.

Az általunk használt rendszerben az ős- és újszájas állatok törzs feletti kategóriákban különülnek el (szupertörzsek, l. 15.8. ábra).

8.2. A tápcsatorna tagolódása és a feladatok megosztása az összajúaknál

Az összajú állatok előbele a szájnyílással kezdődik, s a középbél kezdetéig tart. Az **embriónális előbélből** (*stomodeum*) fejlődik, **hámrétege külső csíralemez eredetű**. Ha a szintén ektodermális eredetű epidermisz védőréteget (pl. kutikulát) termel, akkor várhatóan az előbélnek is lesz hasonló bélése, amely védeni fogja a hámot az esetleges sérülésektől. Az előbél feladata a táplálék vagy zsákmány megragadása, felvétele és továbbítása a középbél felé. Munkáját a hámbéléshez fekvő **izomzat** segíti, amely a testfal izomzatnak (pl. bőrizomtömlőnek) az itteni megfelelője. Az előbélben enzimek alapesetben nem termelődnek. Ez alól kivételt akkor látunk, ha az állatnak van nyálmirigye, amely szénhidrát vagy fehérje bontó enzimeket termel.

A **középbél** az embrionális középbélből (*mesodeum*) fejlődő, entodermális eredetű hámmal bélelt szakasz, melynek sejtjei emésztő enzimeket termelnek és tápanyagokat szívnak fel. A **puhatestűek** (Mollusca) törzsében és az **ízeltlábúak** (Arthropoda) egyes csoportjaiban az embrionális középbélből egy nagy mirigy fejlődik, melynek vezetékrendszere ebből következően a középbélbe torkollik: ez a **középbéli mirigy** (*hepatopancreas*). Tudományos neve arra utal, hogy funkciója összetett: egyrészt a gerincesek májához (*hepar*) hasonlóan anyagokat alakít át, méregtelenít, tápanyagokat raktároz, másrészt a gerinces hasnyálmirigyhez (*pancreas*) hasonlóan emésztő enzimeket termel. Ezen kívül – hatalmas felülete révén – a tápanyagok felszívásában is részt vesz.

A középbélhez akkor csatlakozik **izomzat**, ha az állatnak van **másodlagos testürege**. Ekkor ugyanis a *coeloma* zsák embrionális középbélhez fekvő lemeze izomsejteket is létrehoz, s a kialakuló izomzat jelentősen megkönnyíti a béltartalom mozgását, növelve ezzel a lebontás hatékonyságát (l. 5.4. ábra).

Az **utóbél** a hasznosíthatatlan vagy eltávolításra szánt anyagokból álló bélsár besűrítését (vízviasszívás) és leadását végzi. Háborítása embrionális utóbél (*proctodeum*), azaz ektodermális eredetű, falában **izomzat** mindig fejlődik. Ha ivarvezetékekkel nyílik össze, a két vezetékrendszer közös kivezető szakasza **kloakát** képez.

8.2.1. A kezdetek – a kétszakaszos tápcsatorna és feladatai

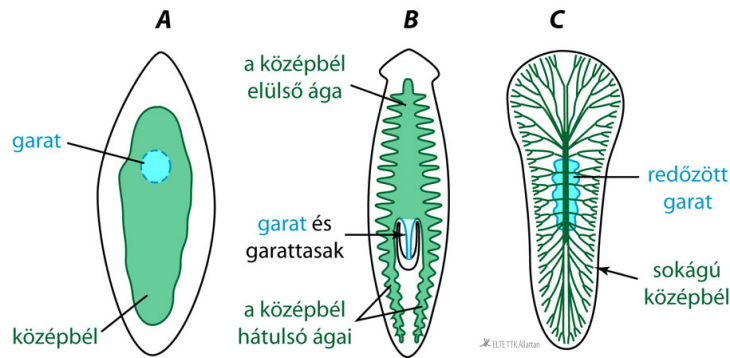
Az összajú állatok törzsejlődésének kezdetén álló csalánozóknak és laposférgeknek egyenylású, kétszakaszos emésztő rendszere van.

A **csalánozók** (Cnidaria) törzsében az embrionális ősbélüreg **ürbéllé**, más néven **gasztrális üregg**é fejlődik, amely sokszor a tapogatókba is betérjed. A szájnylás közvetlenül belevezet. Az ürbél **hámizomsejtjei** a **gasztrodermisz** rétegét alkotják, amelynek mirigysejtjei emésztő enzimeket termelnek (6.1. ábra). Az extracellulárisan megkezdett emésztést intracellulárisan fejezik be: a bekebelezhető méretű táplálék szemcséket fagocitózissal felveszik, lizoszómális enzimek segítségével lebontják, majd a kinyert tápanyagok egy részét leadják az epidermisz réteg felé. A tápanyagok szállítására nincsen szervrendszerük, így az, hogy a táplálékból felszabaduló tápanyagok a test minden részébe eljussanak, az ún. **béledény- vagy gasztrovaszkuláris² rendszert** képező, azaz elágazó ürbél feladata.

A csalánozók táplálékszerzésében kulcsszerepet játszó csalánsejtekről és működésükről a köztakarónál tettünk említést, hiszen ezek a sejtek az epidermisz rétegéhez tartoznak.

A **laposférgek** (Platyhelminthes) bélcsatornájának felépítését és tagolódását a szabadon élő örvényférgeknél (Turbellaria) tanulmányozhatjuk a leginkább, hiszen az az élősködőknél (galandférgek, mótelyek) változó mértékben csökevényes. **Örvényférgeknél** a kétszakaszos tápcsatorna **elő- és középbél szakaszokból** áll. Szájnylásuk az izmos, **kiölthető garat** végén található. A garat nyugalmi állapotban a hasoldal hátulsó harmadában, a középsíkban elhelyezkedő garattasakban foglal helyet. Táplálékszerzés közben a garat a garattasak nyílásán keresztül kiölthető. Az örvényférgek tápcsatornájának felépítése annyira jellemző, hogy őket **korábban éppen a garat és a bélcsatorna alakja alapján osztályozták** (8.2. ábra). A testüreget kitöltő kötőszövetbe (*parenchyma*) ágyazódott középbélük ágakra oszlik, **béledényrendszerként** behálózva a testet. A bélhámban vannak mirigysejtek, amelyek fehérjebontó enzimeket termelnek (az emésztés tehát extracelluláris módon kezdődik), s vannak emésztő sejtek, amelyek a félig megemésztett táplálék darabjait kebelezik be (az emésztés intracellulárisan fejeződik be). A fel nem használt tápanyagokat a testüreget kitöltő kötőszöveti sejtek raktározzák. Mivel **középbélükhöz nem kapcsolódik izomzat**, a béltartalom mozgását a bőrízomtól segíti. A salakanyagok a szájnyláson át ürülnek.

²Az elnevezés arra utal, hogy – keringési rendszer híján – ez a rendszer végzi az emésztést és a tápanyagok szervezetbeni elosztását is (gaster: gyomor, vaszkuláris: érrel, érrendszerrel kapcsolatos).



8.2. ábra. Örvényférgek tápcsatornája az egyenesbelű, a hármabelű és az ágasbelű örvényférgekben

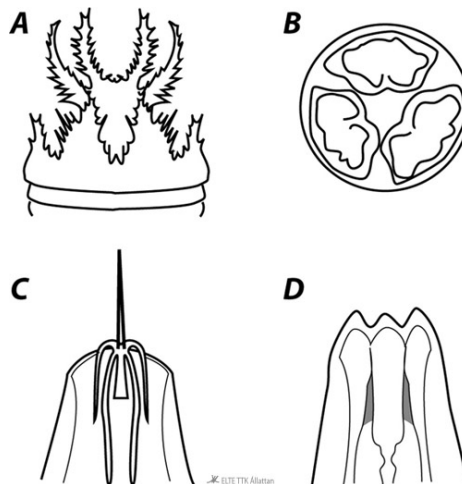
A gazda tápcsatornájában élősködő galandférgek (Cestoda) osztályában nyoma sincs szájnak és emésztőszerveknek. A közvetett fejlődésű mótelyek (Trematoda) csoportjában az elülső szívókán nyíló előbél veszi fel a táplálékot (ez a gazda béltartalma, szövetnedvei és testfolyadék). A középbél itt is vakon végződik.

A galandférgek a bőrizomtömlőjükön keresztül veszik fel a gazda által előállított tápanyagokat annak bélsatornajából, mégpedig pinocitózissal. Ezután a tápanyagok diffúzióval a test minden részébe eljutnak.

A közvetett fejlődésű mótelyek szájniylását a garat, majd a nyelőcső követi. A középbél két vakon végződő bélág, amelynek mentén ők is pinocitózissal veszik fel a makromolekulákat. Néhány fajuk emésztőenzimeket juttat a szájon vagy a tapadószerven át a külvilágba, hogy előeméssze a gazda testét.

8.2.2. A háromszakaszos bélcsatorna megjelenése

A fonálférgek (Nematoda) bélcsatornája már **háromszakaszos**, elő- közép- és utóbél szakaszokkal. Az elő- és utóbél hámja ektodermális, a középbélé entodermális eredetű, itt zajlik a tápanyagok felszívása. A tápcsatorna legváltozatosabb része a szájniylás körül van, mert a fonálférgeknél az életmódtól függően a táplálékszerzést más-más struktúrák segítik. A **talajlakó fajoknál** ásásra, táplálék válogatására módosult **ajkak** jelentek meg (8.3. ábra). A parazitáknál, pl. az **orsóféregnél** (*Ascaris* fajok) háromosztatú ajak rögzíti az állatot a gazda bélfalához. A **szabadon élő ragadozóknál** apró penge vagy tűszerű képződmény, szurony áll a zsákmányejtés szolgálatában. Sok szabadon élő fajnál parányi algák, baktériumok és növényi törmelék felvételére módosul a száj (l. *Caenorhabditis elegans*). Végbélnyílásuk vagy kloakájuk van attól függően, hogy az ivarvezeték hova torkollik.



8.3. ábra. Fonálférgek feji vége a jellemző táplálkozás szerint: talajlakó faj ásásra, táplálék válogatására módosult ajkai (A), orsóféreg háromosztatú ajka (B), szuronyok (C), szabadon élő lebontó faj egyszerű felépítésű feji vége (D)

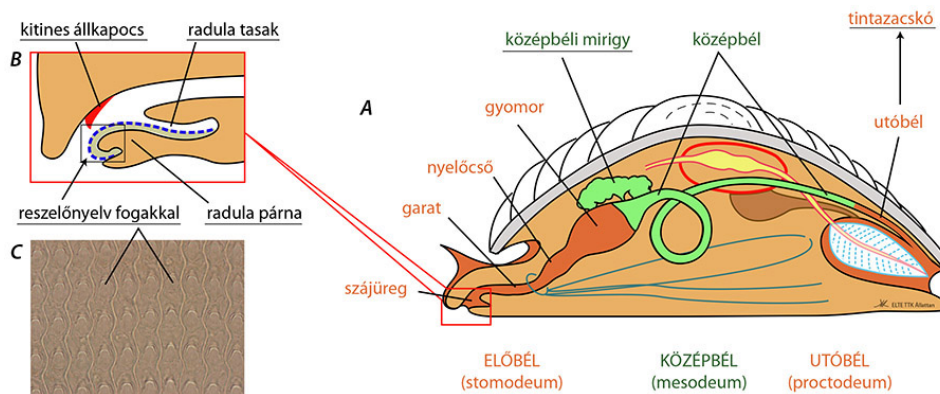
A **gyűrűsférgek** (Annelida) törzsében a tápcsatorna szintén teljes, **háromszakaszos bélcsatorna**, amely elő- közép- és utóbélből áll. Felépítése nagyobb csoportonként (osztály, alosztály) jellegzetességeket mutat. Az előbél

az embrionális szájöblből (*stomodeum*) származik, ektodermális eredetű hám béleli, s speciális fehérjéből álló borítása van (ezt pontatlanul kutikulának is nevezik). A **soksertéjűeknél** (Polychaeta) a szájüreg mélyén erős **állkapcsok** lehetnek, amelyeket táplálkozáskor a garat – izomzata segítségével – kiölt. A nyelőcső páros vakzsákjai **nyálmirigyeket** tartalmaznak. A **nyeregképzőknél** (Clitellata), így a földigilisztánál a szájnyílás után az izmos garat, majd a vékonyfalú nyelőcső következik, amelynek falában **mésmirigyek** találhatók. E mirigyek mészókat választanak ki a vérből a bél üregébe, ezzel a vér kémhatásának szabályozásában vesznek részt. A következő szakasz a **begy**: tárolásra szolgáló vékonyfalú tágulat, amelyet a táplálék őrlésére, aprítására szolgáló **gyomor** követ. A **középbél** az embrionális középbélből (*mesodeum*) alakul ki, entodermális eredetű hám béleli, amely emésztőenzimeket és nyálkát termel, valamint a tápanyagfelszívást végzi. Az emésztésben itt már az extracelluláris folyamatok kerülnek túlsúlyba. A középbél falát redő növeli (enzimtermelés, felszívás!). A felszívott **tápanyagok a keringési rendszerbe kerülnek**. Az **utóbél** az embrionális végbélöblből (*proctodeum*) származik, ektodermális eredetű hám béleli. Ez a rövid bélszakasz a testvégen (*pygidiumon*) nyílik a külvilágba.

A bélcsatornát saját izomzata végig kíséri. Ennek körkörös és hosszanti rétegei is vannak, így a **bél perisztaltikus mozgásra képes**. A középbél testüreg felőli felszínén (azaz izomzatán) hashártya (*peritoneum*) eredetű, sárgászöldes színű sejtek ülnek, amelyek a bélből felszívott különféle anyagok további átalakítását, méregtelenítését, tárolását végzik.

A **puhatestűek** (Mollusca) között vannak plankton fogyasztók, növényevők, ragadozók, hulladékevők, s egyes fajaik (időlegesen) élősködhetnek is. Tápcsatornájuk minden esetben három szakaszra különíthető. Emésztőrendszerüket vázlatosan és általánosítva a 8.4. ábra mutatja be. A szájüreg törzsszinten jellegzetes képződménye a **reszelőnyelv** (*radula*). Szilárd kötőszöveti váza (*radula* párna) **kitinfogakkal** borított felszínt visel. E fogak alakja, helyzete, elrendeződése rendszertani bélyeg. A táplálékszerzésben még fontos szerepe van a szintén **kitines állkapocsnak**, amely a szájüreg boltozatán, a reszelőnyelvvvel szemben foglal helyet. Az állkapcsot a reszelőnyelvhez szorítva megragadható a táplálék, amelyből azután a reszelőnyelv mozdításával falatnyi darabok reszelhetők le. Az előbél további részei a garat, a nyelőcső és a gyomor. A nyelőcsőhöz gyakran **nyálmirigyek** csatlakoznak, amelyek váladéka lehet (fehérje, szénhidrát bontó) enzim- vagy mérgektartalmú (polipok). A **középbél** felületét itt is gyakran redő növeli (enzimtermelés, felszívás!). Közvetlenül a gyomrot követő szakaszához csatlakozik a kiterjedt **középbéli mirigy** (*hepatopancreas*). Sokrétű funkciójáról korábban már szóltunk. Ha váladéka előrefelé bejut a gyomorba, az emésztés már ott megkezdődhet. A tápcsatorna utolsó szakasza az **utóbél**, amelynek általános szerepe a vízviasszívás. Lábasfejűeknél ide nyílik a **tintazacskó**.

Egyes csupaszkopolyús csigák a táplálékukként szolgáló csalánozók ép, működésre képes csalánsejtjeit képesek a középbéli mirigyben felhalmozni. Ha őket egy ragadozó „megkóstolja”, a csalántokok a ragadozó szájában pattannak ki, elvéve annak kedvét a fajtársak elfogyasztásától (l. hidraállatok osztálya és hátulkopoltyús csigák).



8.4. ábra. A puhatestűek tápcsatornájának általános felépítése (A): a törzsszintű jellemzők nagybetűvel szerepelnek. A bal oldalon a szájüreg kinagyított képe látható a reszelőnyelvvvel és az állkapocccsal (B), a bal oldali fotó a reszelőnyelv felülnézeti képe a fogakkal (C)

8.2.3. Az ízeltlábúak tápcsatornája

Az ízeltlábúak (Arthropoda) tápcsatornája az életmód függvényében nagyon változatos, így itt csak néhány alapelv áttekintésére szorítkozunk. A tápcsatorna a szájnyílással kezdődik, amelyet kétoldaltól szájszervek fognak közre. Az **ízelt láb eredetű szájszervek** kettő vagy három feji szelvényhez tartoznak. A szájnyíláshoz emelik a táplálékot,

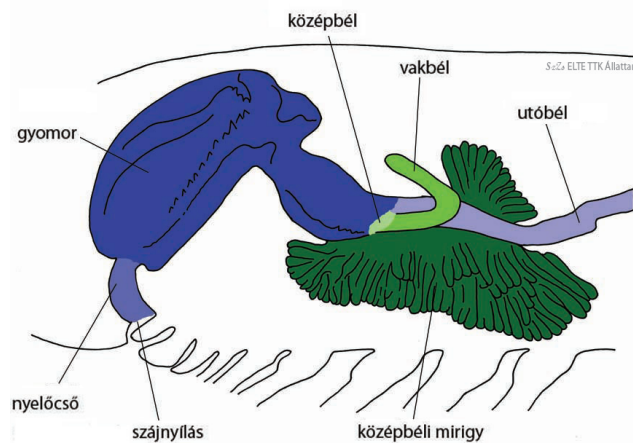
s annak falatokra szagztatását is elvégzik. Közülük az első pár a legerősebb, ez a **rágó** (*mandibula*), a második az **állkapocs** (*maxilla*). A harmadik a rákoknál egy újabb állkapocs, a **soklábúak** (Myriapoda) altörzsében viszont hiányzik. A **csápírók** (Chelicerata) altörzsében **csápíró** (*chelicera*) és **tapogatóláb** (*pedipalpus*) alakul ki, mindkettő lehet ollós (l. skorpiók). A **hatlábúak** (Hexapoda) altörzsében a harmadik pár szájszerv az **alsó ajak** (*labium*).

A mai, a törzsfajlódást is figyelembevevő rendszerek a **szájszervek elhelyezkedése alapján a hatlábúak** (Hexapoda) **altörzsét** nem valódi rovarok (Parainsecta) és valódi rovarok (Insecta) osztályára tagolják (l. 15.8. ábra). Az előbbi osztályra az a jellemző, hogy a szájszervek a feji szelvények fúziójával létrejött **fejtök belsejében** helyezkednek, míg az utóbbi csoportban a **fejtökhöz kívülről kapcsolódnak** hozzá (6.11. ábra).

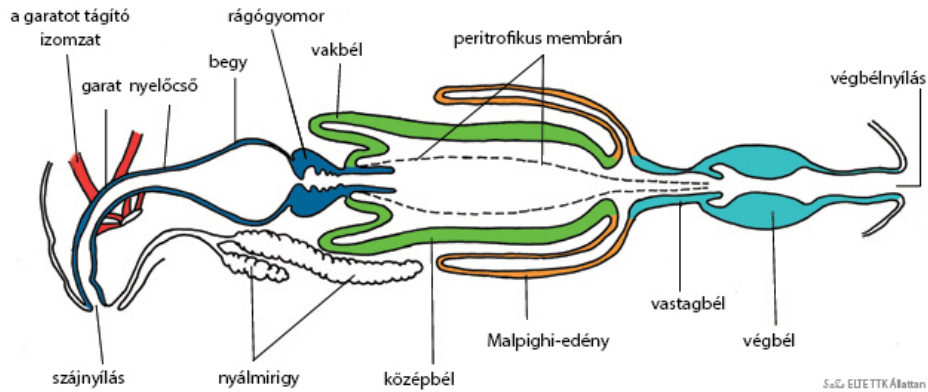
A szájszervek a rovaroknál az életmódnak megfelelően nagyon változatosan alakulhatnak: a táplálék állagának és megszerzési módjának megfelelően különböző **szájszerv típusok** alakultak ki (rágó, nyaló, szűrő-szívó, szívó). A szájszervek elhelyezkedése a rendszerezésben fontos szerepet tölt be. Mindhárom szájszerv szelvényében fejlődhetnek **nyálmirigyek**, de az emésztésben csak az alsó ajak mirigyei vesznek részt. Az állkapocs szelvényében szövő- (pl. selyemhernyó) és méregmirigyek fejlődhetnek.

A továbbiakban a bélcsatorna felépítésének leírásában figyelmünket a tízlábú rákok (8.5. ábra) és a rovarok (8.6. ábra) szervrendszerére összpontosítjuk – a többi csoportra jellemző specialitásokra az állatcsoportok leírásával foglalkozó fejezetekben utalunk majd!

Az **előbél szakaszai** a két állatcsoportban kissé eltérők: rovarokban garat, nyelőcső és begy, rákokban csak nyelőcső alakul ki. Az előbél utolsó szakasza mindkét állatban a gyomor, amely a táplálék felaprítását végzi. Mivel hámja még ektodermális eredetű, belső felszíne kitinizált kutikulával bélelt. Rákoknál és rovaroknál is fogakat képez (**rágógyomor**), amelyeket a gyomor erőteljes izomzata mozgat. A tízlábú rákok gyomra két részből álló, összetett szerv, amelynek második szakasza a felaprított táplálék részecske méret szerinti válogatását is végzi. A **középbél** rákoknál rövidebb, s mirigysejtjei a felszint bevonó védőréteget termelnek. E szakasz rövidegsége annak köszönhető, hogy kezdetéhez **középbéli mirigy** (*hepatopancreas*) csatlakozik, amelynek hatalmas felszíni járatrendszere az enzintermelésben és a tápanyagok felszívásában is részt vesz, mentesítve e feladatok elvégzése alól a középbél hámját. A megfelelően finom szemcsés gyomortartalom egyenesen a középbéli mirigy vezetékeibe jut. Rovaroknál a középbél hosszú, kanyarulatossá válik. Sejtjei emésztőenzimeket termelnek. Kezdeti részéből vakon végződő csövecskék, a vakbelek erednek. Ezek felépítése és működése megegyezik a középbél többi szakaszáéval: funkciójuk elsősorban a felületnagyságbővítés. A középbél hámsejtjei fehérje-, zsír- és szénhidrátbontó enzimeket termelnek, valamint felszívják a tápanyagokat.



8.5. ábra. Tízlábú rák tápcsatornája (oldalnézet): a felvett táplálék a szájnyíláson át a nyelőcsőbe, majd a gyomorba jut. A gyomor a táplálék aprítását és méret szerinti osztályozását végzi. A durvaszemcsés táplálék innen egyenesen az utóbélbe kerül. A kisméretű táplálékszempék a tölcseren keresztül (a rajz nem tünteti fel) a rövid középbélbe, majd a középbéli mirigy finom vezetékeibe kerülnek. Az ábrán lila színnel jelölt szakaszokat (elő- és utóbél) ektodermális, a zölddel jelölt struktúrákat pedig entodermális eredetű hám borítja



8.6. ábra. A rovarok tápcsatornája (csótány). Az ábrán kék színnel jelölt struktúrák hámja ektodermális eredetű, a zöld színnel jelölt középbéllet entodermális eredetű hám borítja. (A Malpighi-edények lehetnek ecto- és vagy entodermális eredetűek is, a rajzon narancssárgával jelöltek)

Mindkét állat középbélének entodermális eredetű hámja sérülékeny, mechanikai védelméről tehát gondoskodni kell. A tízlábú rákokban a gyomor második szakaszának bizonyos sejtjei egy vége felé szűkülő hengert formáló ún. tölcsért hoznak létre (ábránkon nem szerepel), amely innen átnyúlik az utóbél kezdetéhez, áthidalja tehát a középbélet. Anyaga kitinizált kutikula, s azon durva szemcséket vezet át az utóbélbe, amelyek szerves részeket már nem tartalmaznak (nincs bennük felszívható tápanyag). A rovaroknál a gyomor végső szakasza tölcsér helyett egy ún. peritrofikus membránt termel (8.6. ábra). Ez szintén egy cső, amely a középbélbe hosszan benyúlik. Feladata a tölcsérével egyező: távol tartja a gyomorból kilépő táplálék durva szemcsés frakcióját a sérülékeny bélhámsejtektől. Lényeges különbség azonban, hogy a rovaroknál az emésztést és felszívást az a középbél végzi, amelyet a peritrofikus membrán éppen áthidal! Hogyan lehetséges így a tápanyagok kinyerése és felszívása? A kérdésre a választ e furcsa membrán felépítésében kell keresni: falát ugyanis fehérjehálózat alkotja, amelynek szövedéke pórusokat formál! Pórusméreténél fogva átengedi az emésztőenzimeket az általa körülvett térbe, azaz a középbél üregének központjába, ahol a táplálék halad, s (ellenkező irányban) átjuthatnak rajta a már lebontott tápanyagok is, hogy a bélhámsejtek felszínén megkötődjenek és felszívódjanak. A mechanikai igénybevételnek megfelelően anyaga kopik, így az utóbélben már nem folytatódik.

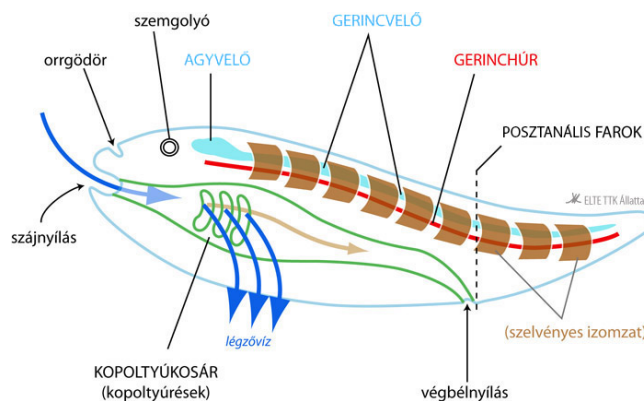
Az **utóbél** mindkét csoportnál már ismét kutikulával fedett, hiszen hámja ektodermális eredetű. Rákoknál a potroh teljes hosszában végigérő, egyenes lefutású, tagolatlan cső, amely az utolsó szelvényen végbélnyílással nyílik a kívülágba. Rovaroknál első szakasza a **vastagbél**. Egyes fajok esetében itt cellulózbontó baktériumok is élnek, amik lehetővé teszik a növényi eredetű táplálék hatékonyabb hasznosítását a gazdaállat számára. Az utóbél rövid, tágult szakasza a **végbél** (*rectum*): elsősorban a **vízviasszívásban** játszik szerepet. Az utolsó testszelvényen található **végbélnyílással** (*anus*) nyílik a kívülágba.

A rovarok szervezetében van egy speciális szerv, amely a potroh és torsi szelvényekben lebenyeket képez. A neve **zsírtest**: az intermedier anyagcsere központja, benne glikogén, zsírok és fehérjék raktározódnak. Sejtjei a raktározott tápanyag-készletükből a szervezet szükségleteinek megfelelően szabadítanak fel cukrokat, zsírsavakat, aminosavakat, fehérjéket. Működése a gerincesek májához hasonlítható.

8.3. Az újszájúak tápcsatornája

8.3.1. Az alapszabás

A **gerinchúrosok** (Chordata) törzse az **újszájúak** szupertörzsébe tartozik, tehát az ide sorolt állatcsoportokban a **szájnyílás** (*stoma*) az **összszájnyílással ellentétes oldalon alakul ki**. Alapvető, a törzset jellemző tulajdonságaik (l. 3.1.2. fejezet) közül kettő a tápcsatorna felépítésével kapcsolatos: a **kopoltyúkosár** és a **farok előtti végbélnyílás** (másképpen megfogalmazva: végbélnyílás mögötti, posztanális farok) kialakulása. A kopoltyúkosár az előbél olyan tágulata, amelynek falát akár több ezer nyílás is áttörheti (l. zsákállatok). A nyílások, rések légzőhámmal borítottak, rajtuk keresztül a szájnyíláson felvett víz a kívülág felé áramoltatható, miközben megtörténik a gázcsere. A vízzel felvett táplálék az előbélben marad, s a középbél felé továbbítódik (8.7. ábra).



8.7. ábra. A gerinchúrosok alapvető tulajdonságai közül kettő a tápcsatorna felépítésével kapcsolatos: ezek a kopolyúkosár megléte és a fark előtti, posztanális végbélnyílás

A már koponyával rendelkező **gerincesek** (Vertebrata) altörzsében a kopolyúkosarat az arkoptya vázelemei, a **garat- vagy zsigerívek** támasztják (részletesebben l. 7.7.1. fejezet). A törzsfejlődés során az első garatívből alakul ki az **állkapocs** (mandibuláris ív), a második hozza létre a nyelvcsontot (nyelvcsonti, hioid ív): mindkettő fontos és jellemző része lesz a gerinces osztályok tápcsatornájának (7.27. ábra). Az állkapcsi ív felépítése megszabja annak működését, **táplálkozási módokhoz való alkalmazkodó képességét**, így alapvető szerepe van egy-egy csoport sikerességének meghatározásában.

A gerincesek tápcsatornájának alapját a belső csíralemezből fejlődő **embrionális középbél** (*mesodeum*) adja. Ehhez csatlakozik a feji végen az **embrionális előbél** (*stomodeum*), a farki végen pedig az **embrionális utóbél** (*proctodeum*). A tápcsatorna kezdeti és végső szakaszán tehát ektodermális, míg középső szakaszán entodermális eredetű hámmal bélelt cső (7.8.1. ábra). Falazatában **végig mezodermális eredetű izomzat** fejlődik (5.11. ábra).

Az **előbél** feladata a táplálék megragadása, általában annak falatokra darabolása és továbbítása. Első szakasza a **szájüreg**, amelynek háma ektodermális eredetű. Az állkapcsi ív több csontja is **fogakat** (*dentes*) hordoz, amelyek a zsákmány fogva tartására, harapásra, az emlősöknél pedig már rágásra is alkalmasak (7.41. és 8.9. ábra). A fodazat felépülhet azonos, vagy különböző alakú és funkciójú fogakból: ennek megfelelően elkülönítjük a **homodont és heterodont fogazatot**. Az utóbbi tipikusan az emlősökre jellemző, ezért itt a fogazat felépítését az ún. **fogképletben** adjuk meg. Ez egy törtszám, amelynek számlálójában a felső fogsor, nevezőjében pedig az alsó fogsor feléne felépítése szerepel. A helyi értékek a fogtípusoknak felelnek meg, így a számlálóban és a nevezőben az első szám a metsző fogak számát, a második a szemfogakét, a harmadik a kis-, a negyedik pedig a nagy őrlőkét adja meg. Ha az adott faj fogazatából fogtípus hiányzik (foghézag van), akkor annak helyi értékéhez nullát írunk. Az ember fogképlete például így néz ki: 3 1 2 3/3 1 2 3. A patkánynak nincsen szemfoga, fogképlete a következő: 1 0 0 3/ 1 0 0 3. A fogak egyes gerinces csoportokban hiányozhatnak is (l. teknősök, madarak).

A halak kivételével a gerinceseknek vannak **nyálmirigyeik**, amelyek sikamlóssá teszik a falatot, s már a szájüregben megkezdik az emésztést (szénhidrátbontást). Enyhén lúgos kémhatású váladékukat a **nyelv** (*lingua*) keveri el a táplálékkal. A nyelv mechanikai és ízérző funkciójú szemölcsöket hordoz. A szájüreget a **garat** (*pharynx*) követi. Ha a kettőt szűkület nem választja el egymástól, azaz egy teret képeznek, akkor üregüket **szájgarat üregnek** nevezzük. Ezt a **nyelőcső** (*oesophagus*), azt pedig a **gyomor** (*gaster* vagy *ventriculus*) követi: mivel ez utóbbiak már entodermális eredetű hámmal bélelték (*mesodealis* eredetűek), a **gyomor** – és esetenként a nyelőcső (pl. békák) – itt **enzimet is termel**. Ez a **pepszin**, amelyet inaktív formában, pepszinogénként szekretál. E mellett **sósavat** is kiválaszt. A szélsőségesen alacsony pH egyrészt denaturálja a fehérjéket (rejtett hasító helyeket tesz hozzáférhetővé), másrészt megváltoztatja a pepszinogén térszerkezetét is: aktiválja azt. A pepszin fehérjéket emészt. Békés, növényevő halakban a tápcsatorna enzimekészetéből – a gyomorral együtt – hiányzik.

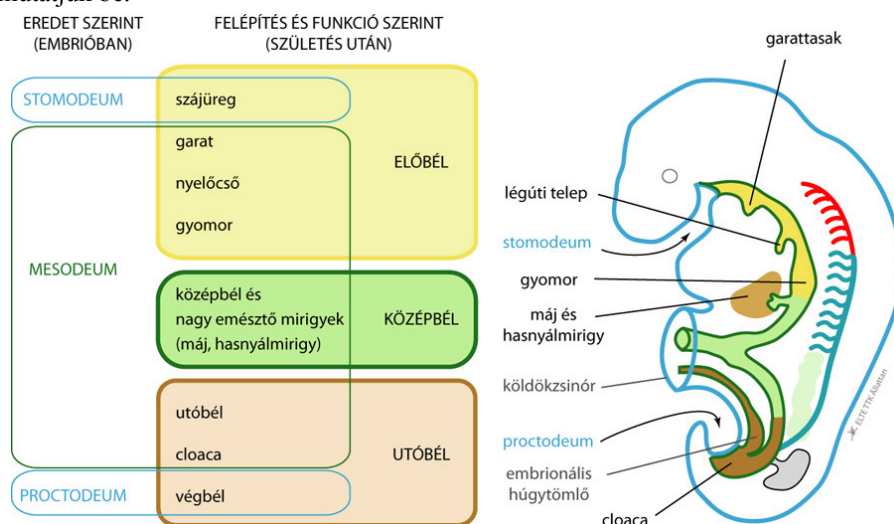
A **középbél** (vékonybélnek is nevezik, *intestinum*) hámsejtjei olyan enzimeket termelnek, amelyek pH optimuma már az enyhén lúgos tartományba esik. Hogy a gyomorból érkező béltartalom savas pH-ja semlegesítődjön, a középbél kezdeti szakaszához – **epésbél vagy patkóbél** (*duodenum*) a neve – kapcsolódó nagy emésztő mirigy, a **hasnyálmirigy** (*pancreas*) lúgos kémhatású váladékot juttat a bél üregébe. Ennek víztartalma jelentős, s fehérje, szénhidrát, lipid és nukleinsav bontó enzimeket is nagy mennyiségben tartalmaz. Szerepe nélkülözhetetlen az emésztésben. A középbél tehát a hasnyálmirigyből és a saját bélhámsejtjeiből származó enzimek segítségével tápanyagokra bontja le a táplálékot, majd annak felszívásáról is gondoskodik. Felületét **redők**, emlősökben

bélbolyhok növelik. **Hossza** a táplálék összetételétől függ: növényevőkben hosszabb, mint ragadozóknál. Jellemzőségei alapján esetenként több szakaszra tagolható (patkó- vagy epés-, éh- és csípőbélre). A lipidek lebontását segíti a **máj** (*hepar*) epesókat (is) tartalmazó váladéka (epe), amely a vizes közegben stabilizálja azokat a lipidcseppeket, amelyeket a bél perisztaltikus mozgása „aprít” (emulgeál). Az epevezetékhez esetlegesen kapcsolódó **epeshólyag** raktározza és besűríti az epeváladékot („gazdaságosabb” felhasználhatóság). A középbélben felszívott tápanyagok a keringés (bélfodri véna, v. *mesenterica*) útján a májba jutnak: itt feldolgozásra kerülnek, raktározódhatnak, illetve – ha eltávolítandók, akkor – a vese számára kiválasztható formába kerülnek. A gerincesek mája tehát központi szerepet tölt be a szervezet anyagforgalmában. A máj számos véréhért is termel (l. albuminok).

Az **utóbél** nagy része még mindig entodermális eredetű hámmal bélelt, s fő feladata az ide jutó béltartalom nagymennyiségű **víz tartalmának visszavétele**. A magzatburkos hullóknál, madaraknál és emlősöknél jellegzetes képződménye a **vakbél** (*coecum*), amelynek mérete és felépítése a táplálkozásmódtól függ (növényevő, ragadozó életmód). Az utóbél **baktérium flórája** olyan anyagokat is előállít, amelyekhez máshonnan a gazdaszervezet nem jutna hozzá. Egyenes lefutású **végbéllal** (*rectum*) tart a **végbél nyílás** (*anus*) felé. Gyakran a tápcsatorna és a húgyvíz rendszer vezetői (ivar- és húgyvezetők) által embrionális korban kialakított közös szakasz, azaz a **kloáka** a kifejlett állatban is fennmarad (hüllők, madarak, kezdetleges emlősök).

A tápcsatorna testüregekben elhelyezkedő szakaszát **bélfodor** (*mesenterium*, 5.4.5.2 fejezet) függeszti fel. Nemcsak rögzíti a szervet, hanem ér- és idegköteget is (el)vezeti.

Mivel a gerincesek tápcsatornája egyöntetű felépítést mutat, szakaszai és azok funkciói az egyes csoportokban megegyeznek, tagolódását a 8.8. ábrán foglaljuk össze, az egyes állatcsoportokra jellemző vonásait pedig a következő fejezetekben mutatjuk be.



8.8. ábra. Gerincesek tápcsatornájának tagolódása: a bal oldal a felosztást, a jobb oldal pedig egy emlős embrió fejlődő tápcsatornáját mutatja be a bélcsőből fejlődő főbb szervelepekkel

8.3.2. Különbségek az ő- és az újszájás állatok tápcsatornájában

A különbségek megtalálásához érdemes alaposan áttanulmányozni a 8.6 és a 8.8 ábrát! A **hasonlóságok** a tápcsatorna általános, egymás után logikusan következő feladataiból adódnak, a **különbségek** pedig az egyes szakaszok részben eltérő eredetének köszönhetők.

Röviden megfogalmazva: az ősszájúaknál az embrionális és a kifejlett állat tápcsatorna szakaszai egybe esnek – az embrionális előbélből fejlődik az előbél, az embrionális középbélből a középbél, az embrionális utóbélből pedig az utóbél. Funkcióikat hámbélésük eredete határozza meg, funkcionális határaik a morfológiai határokkal egybe esnek.

Az újszájúaknál az eredet és funkció szerinti tagolódás átfedő, a differenciálódott tápcsatorna legnagyobb része (a garattól a kloákáig) az embrionális középbélből alakul ki.

8.3.3. A részletek – tápcsatorna a halaktól az emlősökig

A **halak** szájníylásának helyzete, nagysága sokat elárul az adott halfaj táplálkozásmódjáról. A szájníylás mellett számos halfajnál **bajuszszerűségeket** találunk. A bajuszon mechanikai és kémiai érzékszervek tömege van, amelyek segítenek a táplálék megtalálásában és kiválasztásában.

A legtöbb hal **szájüregében fogakat** találunk, ezek a szájüreget határoló valamennyi csonton megjelenhetnek (8.9. ábra).



8.9. ábra. Halak fogai: csontos hal (csuka) fogazata (A), rája és cápa állkapcsának részlete (B), harcsa felső állkapcsi és szájpadi fogai (C). A rája fogai tompák, a cápáé hegyesek (a bal alsó sarokban lévő kis ábra cápa fogakat mutat)

A fogak egyszerű szerkezetű, ún. (csont élére) **ránótt (acrodont) fogak**, azaz gyökerük nincs. Az ilyen fogazat a **táplálék megragadására** és nem megőrlésére, vagy felaprítására alkalmas. A halak szájüregében valódi **nyelv nem alakul ki**. A halaknak **nincsenek nyálmirigyeik**, sőt a száj nyálkahártyája is relatíve kevés egysejtű nyálkatermelő mirigyet tartalmaz.

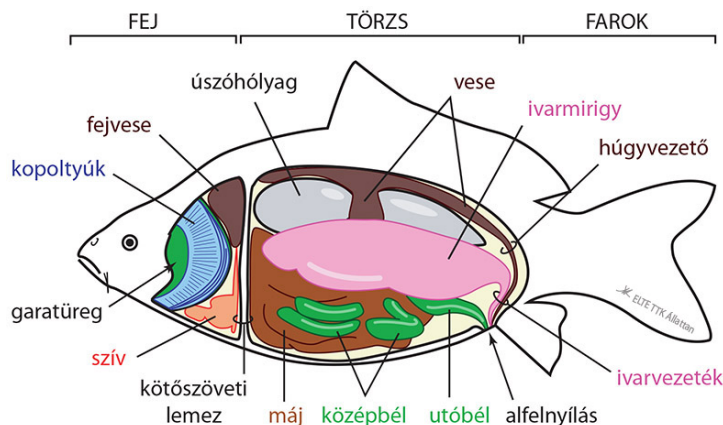
A szájüreg után a **garat (pharynx)** következik, amelynek két oldalát a **kopoltyúrések** törik át (l. 7.7.1. fejezet). A kopoltyúréseket a szájüreg felé a kopoltyúívekről eredő fésűszerű nyúlványok fedik és megakadályozzák, hogy a táplálék részecskék a kopoltyúüregbe kerüljenek (9.7. ábra). A csontos halakban a garat dorzális részéhez csatlakozik az úszóhólyag vezetéke.

A garat hátulsó, beszűkülő része pontyokban közvetlenül megy át a bélcsatorna kezdeti szakaszába (8.10. ábra). Ragadozó halakban az emésztőrendszer a **gyomorral (gaster, vagy ventriculus)** folytatódik. Ez egy zsákszerű kiszélesedés, fala sokszorosan redőzött és nagyon tágulékony. Ennek megfelelően egy ragadozó hal igen nagy mennyiségű táplálékot képes a gyomrába gyömöszölni. A gyomor nyálkahártyájában csöves mirigyek vannak, amelyek sejtei **hidrogén ionokat és pepszint** termelnek.

A gyomor után – vagy békés halakban közvetlenül a garat után – a **középbél (intestinum)** következik. Ragadozó halakban ez egy egyenes (pl. lazacok), vagy egy S alakú kanyarulatot (pl. csuka, harcsa) leíró cső. Békés halakban sokkal hosszabb és általában kettős S-alakban rendeződik a hasüregben. A középbél és a vastagbél makroszkóposan nem különíthető el. A középbélben **nincsenek bélbolyhok**. A bélfalban rengeteg, a hám alatti kötőszövetbe benyomuló egyszerű csöves mirigy van: ezek termelik az emésztő enzimeket. A pH itt enyhén lúgos.

A középbél kezdeti szakaszába csatlakozik a **máj** (*hepar*) kivezető csőve. A májnak az epe termelésén keresztül van szerepe az emésztésben.

Alakja igen változó. Egyes halakban (pl. kecsge) egyetlen nagy zsák, más halakban (pl. csuka) néhány lebenyre tagolódik, ismét más fajokban (pl. ponty) igen sok kis lebenye van, amelyek a bél kanyarulatai között helyezkednek el.



8.10. ábra. A ponty emésztőszerveinek elhelyezkedése a hasüregben

A máj felveszi a bélsatornából felszívódó összes anyagot, annak következtében, hogy a bélből érkező valamennyi véna közvetlenül a májba torkollik. Ez lehetőséget ad arra, hogy a máj elraktározza a szervezet számára aktuálisan nem szükséges tápanyagokat és lebontsa a szervezet számára káros anyagokat.

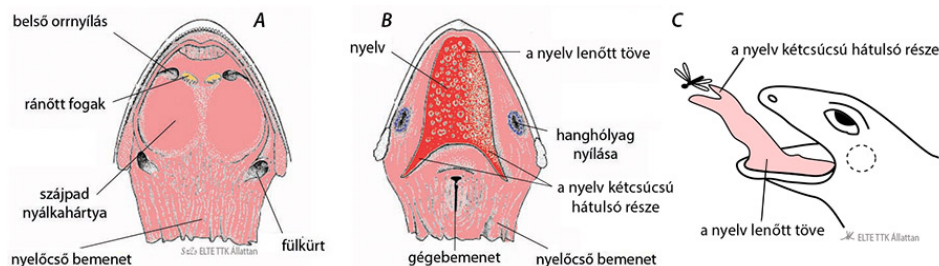
Halakban a **hasnyálmirigy** (*pancreas*) makroszkópos vizsgálattal nem azonosítható. Apró, mikroszkópos méretű mirigyvégkamrák alkotják, amelyek többnyire a máj szövetébe beágyazódnak. Szöveti módszerekkel meg lehet találni a hasnyálmirigy **belső elválasztású részét**, a Langerhans-féle szigeteket is. Ezek terméke a vércukor szintet szabályozó hormonok, az inzulin és a glukagon, amiket közvetlenül a véráramba ürítenek.

A **vastagbélnek** megfelelő szakaszban víz és ásványi anyagok **visszaszívása** történik, és kialakul a bélsár. A **végbél** (*rectum*) legtöbbször a **kloakába** lép be. Ha a tápcsatorna végső szakasza nem fut össze a húgy- és ivarvezetékek által együttesen képzett vezetékbe, hanem önállóan nyílik azok közelében, akkor nem kloákáról, hanem **alfelnyílásról** beszélünk. (l. 8.10. ábra).

A **kétéltűek** (Amphibia) tápcsatornáját a kifejlett kecskebéka példáján mutatjuk be. Leírásunk nem tér ki a metamorfózis előtti helyzet ismertetésére, bár ilyen irányú, a szájgarat üregét érintő ismereteket a gerincesek agykoponyájával foglalkozó vázrendszeri leírásunk tartalmaz (l. 7.7.1 fejezet).

Az emésztőkészülék a szájnyílással kezdődik, mely a **szájgarat üregbe** vezet. Ez nagy, tág, **nyálkahártyával** bélelt tér. A nyálkahártya mirigyekben gazdag. A **mirigyek váladéka** a szájüregtet nedvesen tartja, valamint a megragadott zsákmányt tapadós, nyálkás anyaggal vonja be. Emésztő szerepe nincs. Az állkapcsos és a szájpadlason **ránótt fogak** vannak. A fogak egyforma, hegyes kúpok, hátrafelé irányulnak, rágásra nem alkalmasak. A zsákmány legtöbbször sértetlenül, élve kerül a gyomorba. A szájüregbe nézve láthatjuk, hogy annak felső részén a nagy szemek domborodnak be, melyeket a szájüregtetől csak vékony hártva választ el. Nyeléskor a szemgolyók a szájüregbe domborodva elősegítik a táplálék lenyelését. A szemgolyók előtt a **belső orrnyílásokat** találjuk. A szájgarat hátulsó felső részén az **Eustach-féle fülkürt** nyílásai vannak, melyek a szájüregtet a **középfüllel** kötik össze (l. 8.11. ábra és 7.29. ábra).

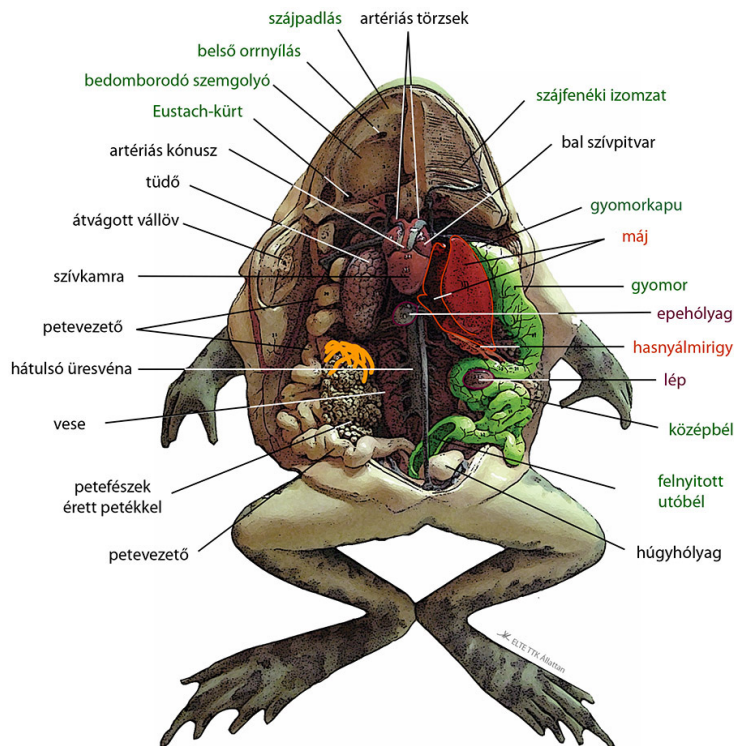
A szájgaratüreg első részén az izmos **nyelv** (*lingua*) helyezkedik el. Elülső része a szájfenékhez nőtt, hátulsó része szabadon végződik és két csúcsa van. Hátról előre kiölthető. Felületét nyálkahártya borítja és nagyon sok gomba-, valamint fonál alakú szemölcsöt hordoz. A nyelv az izmok segítségével messzire kivethető és fontos szerepet játszik a táplálkozásban. Segítségével fogja meg a béka a táplálékaul szolgáló állatokat (8.11.C ábra).



8.11. ábra. A béka szájürege képletei felül- (A) és alulnézetben (B), valamint az elől lenőtt nyelv használata zsákmányszerzés közben (C)

A nyelv mögött a szájüreg hátulsó részén található a **gégefő** (*larynx*), ahol a **hangrést** két **porc** fogja körül. Hím állatoknál a nyelv két oldala mellett két hanghólyag nyílása helyezkedik el (8.11. ábra). Ezek rezonátorként működnek és a hang erősítésére szolgálnak.

A szájüreg éles határ nélkül megy át a **nyelőcsőbe** (*oesophagus*). Fala vékony, izmos, jelentősen tágulni képes. Belső felületét mirigyekben gazdag nyálkahártya borítja. A nyelőcső mirigyei **fehérjéket emésztő** (pepszinogén tartalmú) váladékot termelnek. A nyelőcső a **gyomorba** (*ventriculus*) nyílik. Ez a hasüreg bal oldalán helyezkedik el, terjedelmes, izmos falú, hosszúkas szerv (8.12. ábra). Belső felületét szintén nyálkahártya borítja, melyben sok emésztőmirigy található. Ezek főleg **pepszinogént és hidrogén ionokat** termelnek.



8.12. ábra. A béka emésztőszervei a felboncolt állatban (a tápcsatorna képleteinek neveit zöld színnel kiemeltük)

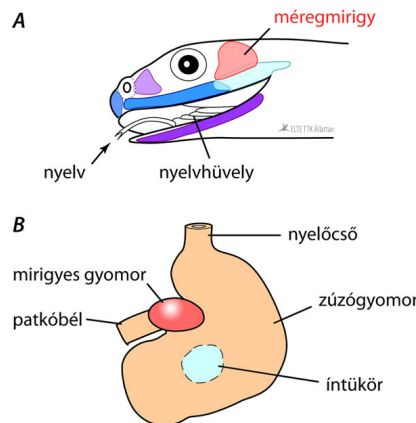
A gyomorból a táplálék a **középbélbe** (*intestinum*) jut tovább. Ennek előlső szakasza az **epésbél** (*duodenum*). Ide torkollik az **epevezeték**. A középbél belső felületét a nyálkahártyaredők erősen megnövelik. A táplálék megemésztése és felszívódása a középbél szakaszban történik. A **máj** (*hepar*) a szervezet legnagyobb mirigye, sötét, barnászöld színű szerv. Váladéka az epe, az **epehólyagban** gyűlik össze, innen az epevezetéken keresztül jut a **duodenumba**. Az epehólyag kékeszöld színű, a középső májlebeny alatt helyezkedik el. A **hasnyálmirigy** (*pancreas*) a gyomor és az epésbél kanyarulata között található. Lapos, szabálytalan alakú, sárgászöld színű szerv. Váladéka az epevezetékbe ömlik, és ezen keresztül jut a bélbe. A hasnyálmirigy külső és belső elválasztást végez. Belső elválasztású részét a **Langerhans-féle szigetek** alkotják. Hatóanyagaik a szénhidrát anyagcserére ható inzulin és a glukagon.

A középbél az **utóbélbe** megy át, aminek az utolsó szakasza a tág **végbél** (*rectum*). A végbél a **kloakába** nyílik, melynek nyálkahártyája erősen pigmentált. Az egész bélcsövet a bélfodor (*mesenterium*) függeszti fel a testüreg falához.

A **hüllők** igen változatos élet- és táplálkozásmóddal rendelkeznek, tápcsatornájuk követi a gerinces alapszabást. Szájüregüket **ajkak** határolják, amelyeket **teknősöknél szarukávák** borítanak. A szájüreget dorzálisan a pikkelyeseknél az elsődleges szájpád, teknősöknél és krokodiloknál a másodlagos szájpád határolja (l. 7.34. ábra). A szájüreg jellegzetes, izmos képlete a **nyelv** (*lingua*). A teknősök és krokodilok nyelve alig mozgatható, míg a kaméleonoké, gyíkoké és kígyóké messzire kiölthető, rendkívül mozgékony szerv. A kígyók nyelve egy, a szájfenéken rögzülő, alagútszerű **nyelvhüvelybe** visszahúzható (8.13. ábra). Fontos szerepe van a táplálékszerzésben (l. kaméleonok), a tapintásban, valamint az ízérzékelésben (kígyóknál a szaganyagok Jakobson–szervhez juttatása, l. 14.7. ábra).

A teknősök kivételével a hüllők állkapcsában **fogakat** találunk. A fogak típusa lehet (a csont felszínére) **ránőtt** és **fogmederben ülő** (krokodilok, 7.35. ábra). Az utóbbi stabilabban rögzül, s rajta megkülönböztetjük a foggyökeret, a fogkoronát és a kettő határán az íny által körülvett fognyakat. A hüllők azonos alakú fogaikat (ún. *homodont* fogazatukat) korlátlan számú alkalommal válthatják. Alakjuk és funkciójuk szempontjából külön csoportot képeznek a **kígyók méregfogai**. Ezek a többinél hosszabb, kissé hajlított fogak, amelyek méregmiriggyel állnak kapcsolatban. A mirigy váladékát a fog hosszában végighúzó barázda (barázdás méregfog) vagy csatorna (csöves méregfog) vezeti a fog csúcsára. Az előlméregfogas pl. kobra, zöld mamba) és a csöves méregfogas (vipera, csörgőkígyók) kígyókon a méregfogak a felső állcsonton helyezkednek el, míg a hátulméregfogas fajokon homoki sikló) a szájpádhhoz csatlakoznak (l. 36.4.2.2. fejezet). A pitonok méregfog nélküliek. Sajátos fogtípus a tojásfog, amely a felső állkapocs peremén helyezkedik el: szaruképződmény, amely a kikelés után lehullik.

A szájüreg területére számos mirigy kivezető csöve nyílik. Funkciójuk szerint ezek **nyál-, só- vagy méregmirigyek**. A **méregkígyók** méregmirigye a felső ajak mentén, a szájníylás szögletének közelében található – vezetéke innen húzódik előre a méregfogakhoz (8.13. ábra).



8.13. ábra. A hüllők tápcsatornájának néhány jellegzetessége: kígyók szájüreg környéki mirigyei (színes foltokkal jelölve, A) és krokodil gyomra (B)

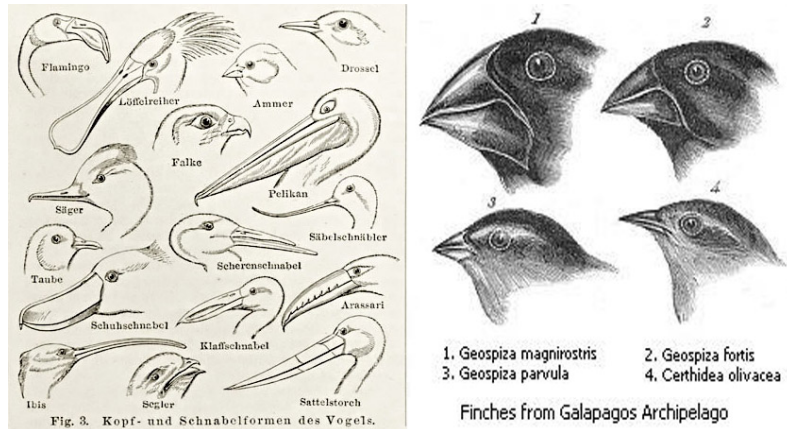
A szájüreg mögött a már entodermális eredetű hámmal bélelt **garat** (*pharynx*) következik. Ürege – a belső orrnyílások révén – kapcsolatban áll az orrüreggel, valamint – a fülkürtön (Eustach-kürtön) keresztül – a középfül üregével, a dobüreggel. A garatból nyílik a **gégefő** (*larynx*), valamint a **nyelőcső** (*oesophagus*). A nyelőcső szerepe – az életmód függvényében – igen változatos: szerepet kaphat a táplálék raktározásában és mechanikai roncsolásában (l. kígyók). A zsákmány emésztése már itt megkezdődhet.

A **hüllők gyomra** (*ventriculus*) egyrészt a táplálék mechanikai roncsolását (a zsákmány megölését) végzi, másrészt pepszinogén tartalmú szekrétumot termel. A **krokodilok gyomra** összetett: első szakasza, amelybe a nyelőcső torkollik, erőteljes izomzata révén a táplálék aprítását végzi. Jellegzetes képződménye az **intüör**, amelyen izmai erednek és tapadnak (8.13. ábra). Az aprítást lenyelt kövek segítik (ilyeneket az ősi krokodiloknál és a dinoszauruszoknál is találtak). A táplálék innen a mirigyes gyomorba kerül, amely pepszint termel. (Az enzimetartalmú bélnedv természetesen a zúzógyomorba is bekerül.) (Figyelem, a krokodil gyomor felépítése nagyon hasonlít a madarakéra, ám a gyomorrészek sorrendje éppen fordított.)

A **középbél** az **epésbéllel** (*duodenum*) kezdődik. A táplálék emésztését egyrészt a bélfal által termelt, másrészt az epésbélbe nyíló **hasnyálmirigy** (*pancreas*) által termelt és szekretált enzimek végzik a máj (*hepar*) által szintetizált **epe** segítségével. A tápanyagok a középbélben szívódnak fel, s itt jutnak a keringési rendszerbe. A hullóknak bélbolyhaik még nincsenek, középbélük belső felszínét redők növelik.

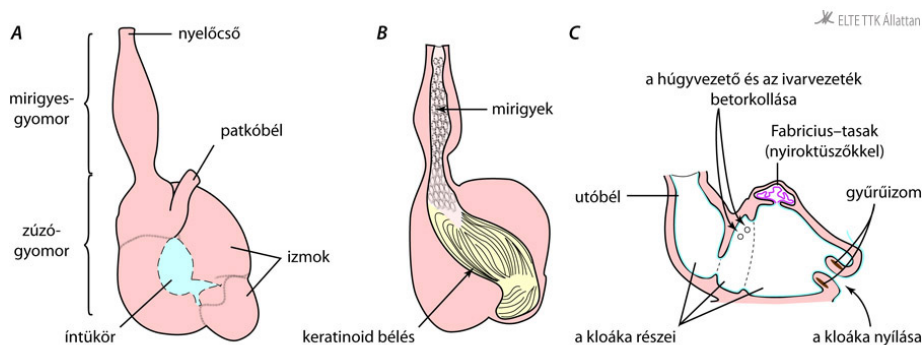
Az **utóbél** részei a vastagbél (*colon*), a vékony- és vastagbél határán nyíló vakbél (*coecum*), valamint az egyenes lefutású végbél (*rectum*). A tápcsatorna végső szakasza összenyílik a húgyivarkészülék kivezető rendszerével, így a hullóknál **kloáka** alakul ki.

A **madarak** (*Aves*) tápcsatornájának felépítése alapvetően a repülő életmóddal, illetve az ebből következő **gyors anyagcserével** függ össze. A **csőr alakja** a táplálkozásnak megfelelően nagyon változatos (7.38. ábra), még rendszertanilag közelálló fajok esetén is jellegzetesen különbözhet (pl. Darwin pintyek (8.14. ábra), parti madarak: lilék, godák, pólingok).



8.14. ábra. A madárcsőr változatossága a táplálkozásmód változatosságát tükrözi (a jobb oldalon Darwin-pintyek feje látható)

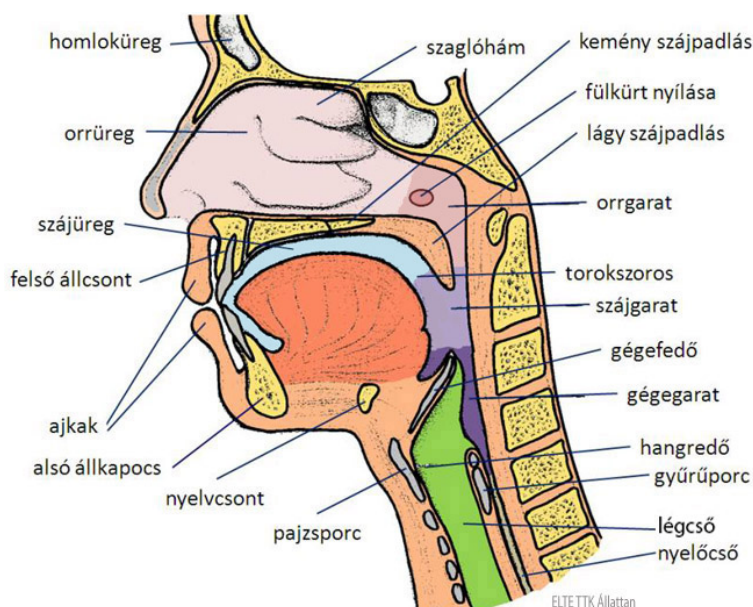
A **fogazat hiánya** miatt a madarak nem tudnak rágni. A táplálékot vagy egészben nyelik le, vagy csőrükkel, illetve lábukkal tépik kisebb darabokra. A **nyelv** a legtöbb madárnál nem játszik nagy szerepet, legfeljebb a nyelvben van jelentősége, de néhány fajnál (pl. harkályok) a táplálékszerzés meghatározó eszköze. A nyelőcsövet követő begy a tyúkalkatúaknál, galamboknál, énekesmadaraknál két oldalt elhelyezkedő, gyűrűs izmokkal határolt **valódi begy**, a többiekénél csak egy orsószerű tágulat, **álbegy**. Az **összetett gyomor** első szakasza a **mirigyes gyomor**: itt kezdődik az emésztés. Nyálkahártyája sósavat és emésztőenzimeket (pepszin) termel. Itt a táplálék megpuhul, kissé emésztetté válik. A második szakasz a **zúzó gyomor** (8.15. ábra). Ennek szerepe az aprítás, amit egyrészt erős izmok és a belső felszínt borító kemény (keratinoid) bélés tesz lehetővé, másrészt pedig az, hogy a madarak kisebb-nagyobb kőveket nyelnek le. Ezek segítségével az erős izomzat mozgása pépesíti a lenyelt táplálékot. A zúzógyomorból a felaprított gyomortartalom újra visszakerül a mirigyes gyomorba, ahol tovább emésztődik a táplálék. Mindez akár többször is ismétlődhet. A ragadozó, hlevő madarak az emészthetetlen csontokat, szőrt, pikkelyeket visszaöklendezik.



8.15. ábra. A madarak tápcsatornájának jellegzetes szervei: a gyomor és a kloáka. A madárgyomor külső felszíne (A) és hosszszelvénye a gyomor nyálkahártya felszínével (B). Utóbbin jól elkülöníthető a mirigyes rész a keratinoid béléstől. A kloáka a beletorkolló vezetékekkel (C), falában öblöt formál a Fabricius-tasak

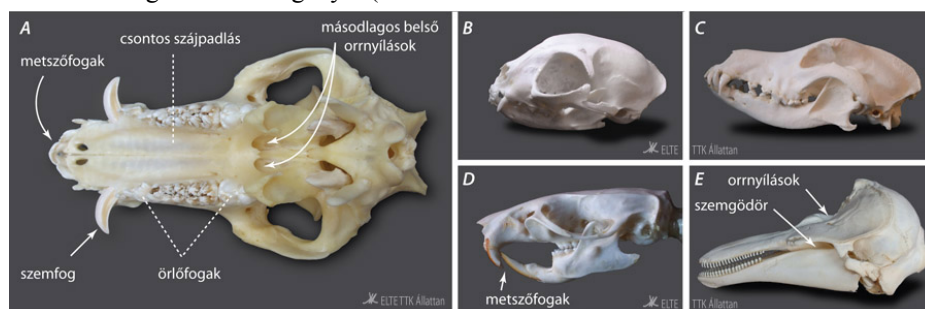
A madarak egy része növényevő, mások ragadozók. Ennek függvényében alakul **középbélük hossza**, az emésztőmirigyek által termelt enzimek milyensége. Több faj is képes arra, hogy élete folyamán sokszor – minden évbe kétszer – táplálékot váltson. Ezt teszik pl. a cinegék. Az ő esetükben tavasszal és ősszel alapvetően változik a bélcső hossza és a termelt enzimek összetétele. Tavasszal, amikor állati táplálékra térnek át, csökken a bélszakasz hossza, hiszen az állati eredetű táplálék könnyebben emészthető, mint a növényi eredetű, lebomlanak a növényi táplálék emésztésére szolgáló enzimeket termelő mirigyek, és helyüket fehérjebontókat termelők foglalják el. A **vakbelek** hossza is a táplálkozásmódtól függ: növényevőknél jóval hosszabb, mint a húsevőknél. A hullókhöz hasonlóan a madaraknál is **kloáka** alakult ki. Ennek falában egy nyirokszerv is fejlődik (Fabricius-tasak, 8.15. ábra).

Az **emlősök** (Mammalia) emésztőkészüléke is **elő-, közép- és utóbélre** tagolódik. A **szájüreg** az ajkakkal körülvett szájrésszel kezdődik (8.16. ábra). A szájüreget oldalról a **pofák** határolják, dorzális falának elülső része a **kemény szájpád**, ennek nyálkahártyája szemölcsös és redőzt; szorosan, elmozdíthatatlanul rögzül csontos alapjához, a csontos szájpádhhoz. Az utána következő **lágyszájpad** mozgékony, izmos lemez, leválasztja a garat szájüregi részét az orrgaratától, és helyzetének függvényében (pl. nyeléskor) elzárja a szájüregből az orrgarat felé vezető utat. A lágyszájpadból redők húzódnak a nyelvhez és a garathoz, melyek a garatüreg felé vezető **torokszoros** határolják. Ez utóbbi szűkületig tart az embrionális előbél ektodermális eredetű hámja. A **nyelv** (*lingua*) a szájfenék elszarusodott hámval borított izmos kiemelkedése.



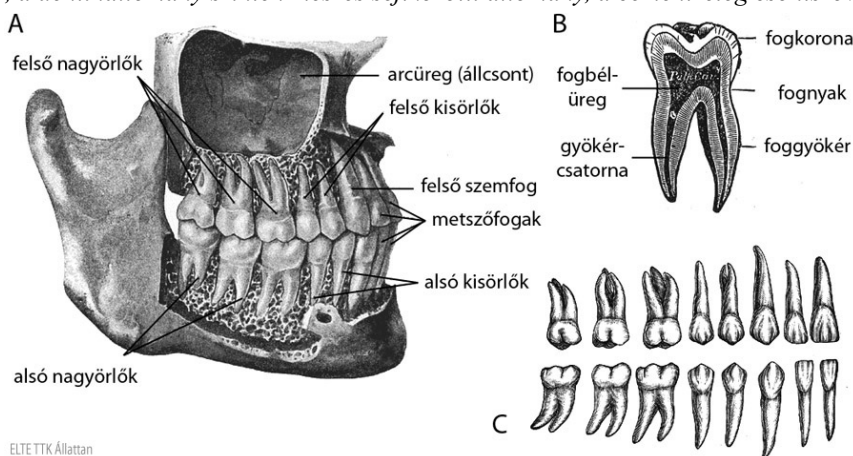
8.16. ábra. Emlős (ember) szájgaratürege (középsíkú hosszmetset)

A **fogak fogmederben ülnek**. A fogazat emlősökben rendszerint **heterodont**, azaz különböző rendeltetésű és alakú fogakból áll. (Rovarevőkben, delfinekben pl. egyforma fogakból álló, azaz **homodont** fogazattal találkozunk (8.17. ábra).) A fogazat differenciálódása szoros kapcsolatban áll azzal, hogy az emlősök a megszerzett vagy leszakított táplálékot többé-kevésbé megrágnak. A **heterodont fogazat fogtípusai**: metszőfogak, szemfogak, kisírló- és nagyírlófogak. A fiatal állatokon megjelenő **tejfogakat a maradó fogak váltják fel**. A rágás speciális állkapocsszerkezetet és rágóizomzatot igényel (ennek részletes ismertetése az anatómia kurzus feladata).



8.17. ábra. Példák emlősök fogazatára: vaddisznó felső fogsora a másodlagos szájpaddalással (A), macska (B), kutya koponyája heterodont fogazattal (C), patkány hiányos (D) és delfin homodont fogazata (E)

A fogak az állkapocs csontos üregeiben, a fogmedrekben ülnek. A foggyökér és a fogmeder csontos fala között található a gyökérhártya, mely érzőideg végződéseiben gazdag csonthártya, nem meszesedik el. A fognyakat a szájnyalkahártyával összefüggő erős, vérbő, rostos kötőszövet, a foghús vagy íny veszi körül. Az említett képletek rögzítik a fogat a fogmederben. A fogaknak három fő részük van, úgymint a fogmederben rögzülő gyökér; a fogínnyel körülvevett fognyak és a szájüregbe beemelkedő korona (8.18. ábra). A gyökérben vékony, hosszú gyökércsatornát látunk, benne húzódnak a korona felé a fogat ellátó erek és idegek. A gyökércsatorna a korona felé haladva fogbélüreggé, más szóval pulpaüreggé szélesedik, ahol is az ereket és idegeket kötőszövet veszi körül. A pulpaüreg és a gyökércsatornát köröskörül vastag, kemény dentinállomány határolja. Körülötte a gyökérben a cementállományt, a korona területén pedig az igen kemény és ellenálló zománcállományt fedezhetjük fel. A zománcréteg a szervezet legkeményebb anyaga, s kémiai is rendkívül ellenálló. Sérülésével, hiányával (lyukas fog) a kevésbé ellenálló dentin állomány kerül a felszínre, amelyet a szerves savak (pl. egyes üdítő italok foszforsav tartalma) gyorsan bontanak. A zománcréteg a fognyak területén adja át helyét a cementállománynak. A zománcréteg elmeszesedett hámeredetű rész, a dentinállomány szintén meszes sejtközi állomány, a cementréteg csontszövetnek felel meg.



8.18. ábra. Fogmederben ülő fog részei: a fogazat jobb oldali fogai eredeti helyükön (A), egy kiemelt és hosszában elfűrészelt fog részei (B), valamint a fogazat jobb oldali fogai (a metszőfogak jobbkéz felé, C)

A **nagy nyálmirigyek** (fültő-, állkapocsalatti- és nyelvalatti mirigy) a szájüregen kívül foglalnak helyet, váladékukat kivezetőcsöveiken juttatják a szájüregbe. A nyál pH-ja enyhén lúgos, benne szénhidrátbontó amiláz található.

A száj- és garatüreg közötti beszűkülő átmeneti rész a **torokszoros**. A táplálék és a szájníláson át beszívott levegő rajta át kerül a garatüregbe. A **garat** (*pharynx*) **három részre különül**. A szájgarat a szájüreg mögött helyezkedik el, folytatása a gégei garat, amely a géget veszi körül. Utóbbi fölött találjuk az orrgaratot, amely az orrüreggel és a fülkürtökkel (Eustach-kürt) tart kapcsolatot. Nyiroktüszői a garatmandulák. A gégei és az orrgaratot egymástól a lágy szájpad választja el. A gégei garatban a levegő és a táplálék útja kereszteződik (8.16. ábra).

A garat elsősorban a táplálék továbbításában játszik fontos szerepet, amennyiben azt a nyelőcsőbe juttatja tovább. A garat működése a gégeével szorosan koordinált. Az emlősök garatja a többi Amniotához hasonlóan, entodermális hámmal bélelt cső. Az embrionális garatból az egyedfejlődés során szelvényezetten és párosan kitűrődések (garattasakok) fejlődnek, melyek átmeneti struktúrák és még az embrionális korban eltűnnek, illetve átalakulnak (l. 7.7.1 fejezet). Legnagyobb részben ezen garattasakok entodermális hámból fejlődnek az ún. **branchiogén szervek**: a pajzsmirigy, a mellékpajzsmirigy, a csecsemőmirigy és a mandulák. Ez utóbbiak nyirokszervek.

A **nyelőcső** (*oesophagus*) a garatból nyílik és a mellkasban a légsötét dorzálisan halad. A mellüreg elhagyva a nyelőcső a rekeszizomhoz ér, ahol azt „átfúrva” a gyomorba torkollik. A **gyomor** (*ventriculus*) az emésztőkészülék ív alakban görbült, kitágult része. A gyomoremésztéshez szükséges enzimtartalmú váladékot (elsősorban proteolitikus enzimeket) a gyomor mirigyei hozzák létre. A **középbél** a gyomortól a vakbélig terjedő izmos falú bélszakasz, amely tulajdonképpen azonos az emberi vékonybéllel. Macskákban és sok más emlősben azonban az utóbél nem vastagodik meg, így az embernél érvényes vékonybél kifejezés – legalábbis szó szerint – nem helytálló. A középbél felszínét **bélbolyhok és redők** növelik. Ez a bélső rész a felszívódás fő helye. Kezdeti szakaszának, azaz az

epésbélnek (*duodenum*) a homorulatában találjuk a hasnyálmirigyet, ezzel ellenkező oldalán a máj foglal helyet. Mindkét mirigy kivezetőcsöve a *duodenum* kezdeti szakaszába torkollik.

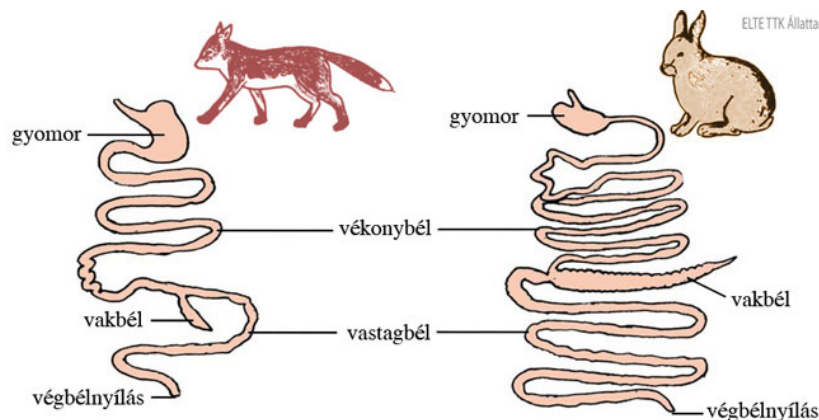
A **máj** (*hepar*) nagyjából a hasüreg jobb oldalán, a rekesz alatt foglal helyet. Lebonyei között találjuk az **epehólyagot**. Az epe zöldes-zöldessárga váladék, segíti a zsírok emulzióban tartását. A **hasnyálmirigy** (*pancreas*) a patkóbél hajlatában helyet foglaló lebenyes szerv. Külső elválasztású része fehérje-, zsír-, valamint szénhidrátbontó enzimeket termel, amelyek a *pancreas* vezetékén át jutnak a *duodenum*-ba. Belső elválasztású részének (Langerhans-féle szigetek) sejtjei termelik az inzulint és a glukagont³.

A máj és a hasnyálmirigy telepe az embrionális epésbélből fejlődik, ezt kifejlett állatokban is világosan bizonyítja, hogy vezetékük a duodenum kezdeti szakaszán torkollanak be.

A hasnyálmirigy váladéka, a **hasnyál** közömbösíti a savas gyomortartalmat, így saját enzimjeinek megteremti az enyhén lúgos pH-optimumot. A középbélben (és az utóbélben is) a béltartalmat **perisztaltikus mozgások** keverik, illetve továbbítják, melynek vezérlésében meghatározó a bélcső saját idegrendszerének és izomzatának működése.

Az **utóbél** macskákban a középbélnél vékonyabb falú, viszonylag egyszerűbb lefutású bélsőrész, közelítőleg az emberi vastagbélnek felel meg. Az utóbélben bolyhokat nem találunk, nyálkahártyáján keresztül igen intenzív a vízfelszívódás, ennek következtében a béltartalom székketté (*faeces*) sűrűsödik. Az utóbél fő szakaszai a vakbél, a vastagbél és a végbél. A **vakbél** (*coecum*) – amely az utóbél első szakasza, annak tágulata – a húsevőkben, így macskákban is, kevésbé fejlett, a növényi táplálékot fogyasztó állatokban azonban a bélcső legnagyobb térfogatú része. Ez esetben a növényi sejtek (cellulóz), illetve bizonyos szénhidrátok megemésztődése szimbióta baktériumok közreműködésével itt megy végbe. Bizonyos fajok vakbele egy nyiroktüszőt tartalmazó, vakon végződő feregnyúlványt visel. A következő bélszakasz a **vastagbél**, lumenében történik a táplálékkal felvett víz és ionok felszívása, minek következtében a béltartalom székketté sűrűsödik. A **végbél** (*rectum*) a bélcső utolsó szakasza. Latin nevének megfelelően többé-kevésbé egyenes cső, amely a végbélnyíláshoz vezet.

Az itt részletesen bemutatott szervek méretarányai a táplálkozásmód függvényében jellemzően alakulnak (8.19. ábra).



8.19. ábra. A tápcsatorna arányainak alakulása a táplálkozás függvényében.

A béltraktust a hashártya (*peritoneum*) zsigeri lemezének speciális kettőzete, a **bélfodor** (*mesenterium*) függeszti fel (5.13.C ábra). Az emésztőszervek erei és idegei a *mesenterium* kettőzeteiben haladva érik el az emésztőcső egyes részeit.

Összefoglalás

Kezdetben az emésztés sejten belül zajlott, majd ezt fokozatosan felváltotta a sejten kívüli, ami a két- majd háromszakosúvá fejlődő tápcsatorna megjelenésével vált lehetővé. Az előbbi csak egy, az utóbbi már két nyílással rendelkezik. Tárgyaltuk az ő- és újszájasság kérdését, amely alapján az állatvilágon belül két nagy csoportot különíthetünk el. Áttekintettük az összjáruak tápcsatornájának togolódását, s részletesen bemutattuk az csalánozók

³Egyéb hormonjairól itt nem ejtünk szót.

és a laposférgek béledényrendszerét, majd a gyűrűsférgek és a puhatestűek emésztőszerveinek jellegzetességeit. Az ízeltlábúak esetében a tízlábú rákok és a rovarok szervrendszerére térünk ki alaposabban. Bemutattuk az újszájúak tápcsatornájának morfológiai és funkcionális tagolódását, s felhívtuk a figyelmet ennek az összjáúaktól való eltéréseire. Megneveztük a szervrendszer azon jellemzőit, amelyek közősek a gerinchurok és a gerinces csoportokban, utalva az állkapocs kialakulásának csonttani alapjaira és a folyamat jelentőségére. Felhívtuk a figyelmet a fogazatra és a fogtípusokra. Ezután végignéztük a gerinces állatcsoportok emésztőszerveinek alakulását és működését.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a sejten kívüli emésztés jelentőségét és fejlődését a két- és háromszakaszos tápcsatorna megjelenésével párhuzamosan! Határozza meg az ős- és újszájasság fogalmát!
2. Hasonlítsa össze a csalánozók és az örvényférgek béledényrendszerét! Mondjon néhány mondatot a nem szabadon élő laposférgek emésztéséről!
3. Jellemezze a háromszakaszú tápcsatorna felépítését és működését a fonálférgek, a gyűrűsférgek és a puhatestűek példáján!
4. Mutassa be a tízlábú rákok és a rovarok bélrendszerét és emésztését! Emelje ki a hasonlóságokat és a különbségeket!
5. Mutassa be az újszájú állatok tápcsatornájának alapszabását, s nevezze meg az összajásoktól való eltéréseket!
6. Jellemezze a csontoshalak emésztőszerveit, s az előbéllel kapcsolatban térjen ki az arckoponya vázrendszerének alakulására is!
7. Mutassa be röviden a kételtűek tápcsatornáját és táplálkozását!
8. Ismertesse a hüllők tápcsatornáját, annak jellegzetességeit és működését!
9. Jellemezze a madarak emésztőrendszerét és annak specialitásait!
10. Mutassa be az emlősök tápcsatornáját, fogazatát és az emésztés folyamatát!

9. fejezet - A légzőkészülék (*apparatus respiratorius*) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

A táplálékból a tápcsatorna által kinyert tápanyagok a sejtekbe jutva kétféle sorsra juthatnak. Vagy felépítő folyamatok során a sejt (szervezet) saját makromolekuláiba épülnek be, vagy lebontó folyamatok során energia és hő termelésére használódnak. Mivel a földi életformák zöme az oxigéntartalmú légkörhöz alkalmazkodott, az utóbbi végső soron azt jelenti, hogy a tápanyagokat a sejtek elégetik: a glikolízis és a citrát kör folyamata során belőlük felszabadított hidrogén atomok elektronjait a terminális oxidáció elektron transzport láncán molekuláris oxigénre juttatják, azaz vízzé égetik el. A lebontás során felszabaduló energia egy részét képesek nagyenergiájú (ún. makroerg) kötésekbe építeni (ATP szintézis), a másik része azonban hő formájában mindenképpen felszabadul. (Ez utóbbi nem feltétlenül veszteség, ha a szervezet melegítésére hasznosul.)

Az ún. sejtlegzéshez az oxigént a légzés biztosítja. Az evolúció során kezdetben elegendő volt az az oxigén mennyiség, amely a kültakarón keresztül jutott be a szervezetbe: a külső gázcserét tehát a **köztakaró** biztosította. A hatékonyság fokozására később **légzőszervek** alakultak, amelyek arra specializálódtak, hogy a környező vízből vagy a légkörből oxigént vegyenek fel. Mivel ezt az oxigént csak diffúzióval juttathatjuk a szervezetbe, alapvető törekvés az, hogy ez a **diffúziós út** minél rövidebb, a **gázcserét biztosító felszín** pedig minél nagyobb legyen. A légzőszervekben a **gázcsere** (*respiratio*) lebonyolítására **légzőhám** rétegek alakultak ki, amelyeket viszonylag alacsony hámsejtek alkotnak. A gázok felszínükön történő megkötését és „szervezetbe oldódását” speciális összetételű nyálkareteg segíti – ha a légző felszín kiszárad, a diffúzió elégtelenné válik vagy le is áll. A diffúzió előbb–utóbb kiegyenlíti a légzőhám két oldalán lévő tér közötti oxigén (és széndioxid) különbséget, ami a gázcsere leállításához vezet. Hogy ez ne következzen be, a hám mindkét oldalán gondoskodni kell az oxigén tartalmú közeg frissítéséről, cseréjéről. A légzőhám külvilág felé néző felszínén ezt a **légző mechanizmusok** (**víz- vagy légcseré, ventilatio**), a szervezet felőli oldalon pedig (a fejlettebb állatoknál) a **keringési rendszer** biztosítja. A testfolyadékban az oxigén szállítható oldott állapotban, vagy ún. **légzőpigmenthez**¹ kötve.

Összefoglalásként egy fontos vezérfonalat adunk a szervek tanulmányozásához, felépítésük és működésük megértéséhez. Egy légzőszerv esetében három alapvető kérdést minden esetben tisztázni kell: az első az, hogy hol van a légzőhám, a második az, hogy hogyan zajlik körülötte a víz- vagy a gázcsere, a harmadik pedig az, hogy a légzési gázok szállításában részt vesz-e a keringési rendszer, s ha igen, hogyan.

A légzőszervek nagy felületet képviselnek, így a gázcserén kívül részt vehetnek bizonyos anyagcsere végtermékek leadásában, ionok transzportjában és – a tüdők – a hőleadásban is.

Az **összjájú állatokban** a **légzőhámok** a **külső csíralemez származékai**, a légzőszervek annak ki- vagy betüremkedéseként fejlődnek. Az **újszájú állatokban** a légzőhámok ezzel ellentétben **belső csíralemez eredetűek**, s a légzőszervek a garat származékai.

9.1. Ahol a gázcsere lebonyolítása még a köztakaró feladata

A **csalánozóknál** (Cnidaria), **laposférgeknél** (Platyhelminthes) és a **fonálférgeknél** (Nematoda) a gázcsere biztosítására nem alakultak ki légzőszervek. Ezek az állatok a testfelszínükön veszik fel az életműködésükhöz szükséges oxigént, mert vagy vizes közegben élnek, ahol elegendő mennyiségű oldott oxigén áll a rendelkezésükre (csalánozók, örvényférgek), vagy életmódjuk miatt oxigénszegény környezethez alkalmazkodtak (belső élősködők: galandférgek, méhelyek, fonálférgek). Mivel ezen állatoknak keringési rendszerük sincsen, a diffúzióval felvett oxigén a szervezetben is diffúzióval terjed.

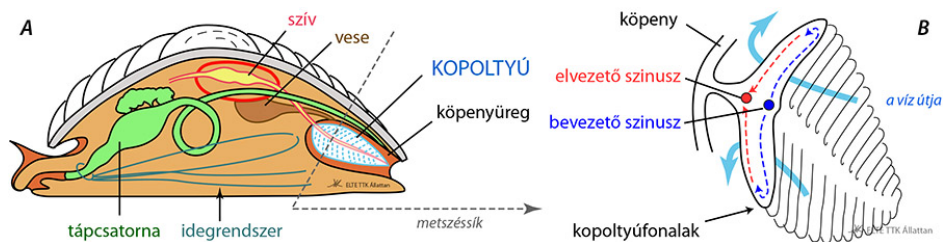
¹A légzőpigmentek légzési gázt szállító, fémiont tartalmazó, valamilyen színnel rendelkező proteinek.

9.2. Az ősszájúak légzőszervei

9.2.1. A kopoltyúk és egy tüdő

A gázcsere számos **soksertéjűnél** (Polychaeta, Annelida) és a nyeregképzőknél (Clitellata, Annelida) a testfalon át, diffúzióval történik. A **tengeri soksertéjűek** (Polychaeta) zöménél **kopoltyúkon** (*branchia*) keresztül zajlik a gázcsere. Ahol az állat mérete már szükségessé teszi, ott a testfal kitüremkedéseiből létrejövő fonalak, vagy a feji végen található szűrő koszorút formázó tapogatók szolgálnak légzőszervként (22.7. ábra). Esetenként a csonkláb dorzális része alakul kopoltyúvá (pl. zöld százlábúféreg, *Nereis virens*). Az oxigén és a széndioxid szállításában a zárt keringési rendszer is részt vesz. **Légzőpigmenttel** rendelkezhetnek.

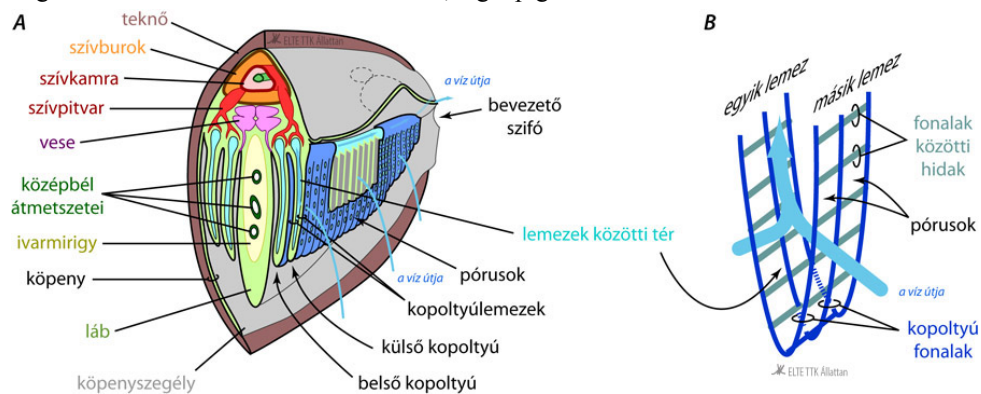
A **puhatestűek** (Mollusca) törzsében a légzőszervek ún. **köpenyszervek**, tehát a köpeny (*pallium*) által körülvelt köpenyüregben helyezkednek el. A kopoltyúk ősi típusa a **fésűs kopoltyú**. A köpenyfalon rögzülő tengelyéhez fésűfogszerűen – csak a megszokott fésűtől eltérően, mindkét oldalon – háromszögletű, lapos lemezeknek megfelelő kopoltyúfonalak sorakoznak, melyek köpenyüregbe néző felszínét csillós légzőhám fedi. A gázcsere során a légzési gázok a fonalak belsejében futó keringési rendszer és a víz között diffundálnak (9.1. ábra).



9.1. ábra. Ősi puhatestű a köpenyüreggel (A) és a köpenyhez rögzülő fésűs kopoltyú kinagyított rajza (B)

A **kagylók** (Bivalvia) osztályában kialakult fejlettebb, **lemezes kopoltyú** a láb két oldalán található, már tagoltabb, nagyobb légzőfelszínt boztosító szerv (9.2. ábra).

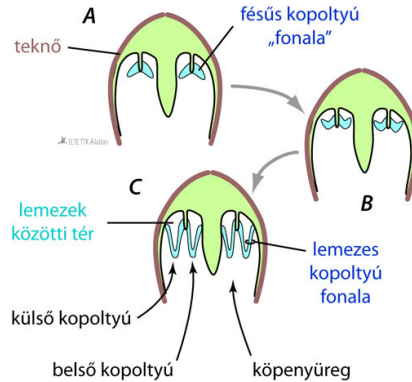
A kagylók köpenyüregébe a víz a bevezető szifón keresztül – és nyitott köpenyüreg esetén – a köpenyszegélyek között a láb felől áramlik be, majd a gázcsere után a kivezető szifón keresztül távozik (l. 21.13. ábra). A légzési gázok a keringési rendszerben oldottan szállítódnak, légzőpigment nincsen.



9.2. ábra. Kagylók kopoltyúja: a légzőszerv helyzete és felépítése térbeli tömbszelvényen (A), valamint szerkezetének vázlatrajza nagy nagyítással (B)

A lemezes kopoltyú alapvetően annyiban tér el a fésűs kopoltyútól, hogy kopoltyúfonalai hosszabbak, így annak érdekében, hogy a közöttük átáramló víz sodrásával szemben azok ellenállást tudjanak kifejteni (azaz helyben maradjanak), minden egyes filamentum haránt hidakkal összeköttetésbe kerül a szomszédaival. Az egymás melletti fonalak és összeköttetések így egy rácsos lemezt hoznak létre, amelyből minden kopoltyú esetében kettő, a kopoltyú alsó élén egymásba áthajló lemez fut egymás mellett. A rácsszerkezet pórusai összekötik a köpenyüregét a kopoltyú két lemeze közötti térrel. A légzőhám a pórusok falát borítja, így a gázcsere akkor történik, amikor a víz a köpenyüregből a kopoltyúlemezek közötti térbe áramlik (9.2. ábra). A lemezes kopoltyú a legegyszerűbben talán a következőképpen vezethető le: a fésűs kopoltyú két sorban álló fonalai megnyúlnak, s eredetileg ventralis,

nem rögzülő végükkel vissza-, illetve hozzánőnek a velük szemben álló felszínhez. Keresztmetszetben így egy fésűs kopolytű egyik oldali filamentumaiból egy "V" alakzat jön létre, s mivel mindkét oldalon sorakoznak kopolytűfonalak, ezek összessége "W"-t alkot. A "V" alakzat egy lemezes kopolytűnek felel meg oly módon, hogy a betű szárainak felső pontja a testfalhoz rögzül, lezárva azt a teret, amelyet e száruk közrefognak. A valóságban, a háromdimenziós térben a "V" betű szárai lemezek, s az általuk bezárt tér a kimeneti szifóhoz vezet; a "W" alak pedig azt jelzi, hogy a láb mindkét oldalán két-két (egy laterális és egy mediális) kopolytű alakul ki (9.3. ábra).

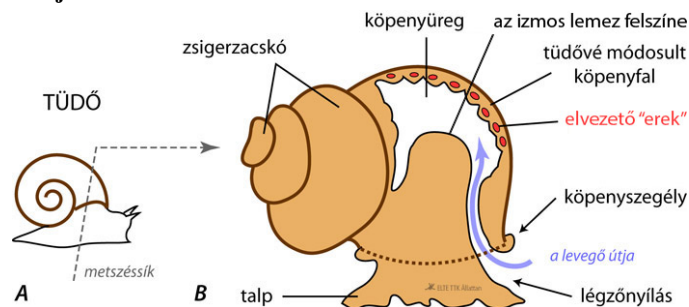


9.3. ábra. A lemezes kopolytű levezetése a fésűs kopolytűből: az ősi kopolytű „fonalai” (A) V-alakot formálva megnyúltak (B), majd szabad végükkel hozzánőttek a köpenyhez, miközben hosszuk tovább növekedett (C) (vázlatos keresztmetszetek az állatból)

Az említett lemezeket egymással párhuzamosan, hát-hasi irányban lefutó fonalak alkotják. Mivel azonban e kopolytűfonalak igen hosszúak, stabilitásuk érdekében szomszédaikkal összeköttetésbe kerülnek. A lemezekre oldalról ránézve tehát egy rácsszerkezetet látunk (9.2. ábra), amelynek pórusai a kopolytűt körülvevő térből, azaz a köpenyüregből a kopolytűlemezek közötti térbe vezetnek.

A csigák két alosztálya ugyancsak kopolytűvel lélegzik. Légzőszervük szívhez viszonyított helyzete a morfológián alapuló rendszerekben rendszerezési szempont: az **előlkopolytűs csigák** (Prosobranchiata) alosztályában a kopolytűk a szív előtt találhatók, míg a **hátsókopolytűsoknál** (Opisthobranchiata) a szív mögött. A csigák harmadik csoportja szárazföldi életmódra tért át. A **tüdőscsigák** (Pulmonata) kopolytűje a törzsféjlődés során visszafejlődött: légzőszervként a levegővel telt köpenyüregük falát, azaz magát a köpenyt használják, ugyanis ennek légzőhám által borított területét a keringési rendszer is sűrűn behálózza. A köpeny itt tehát **tüdőt** (*pulmo*) hozott létre (9.4. ábra).

Nézzük meg, hogy a köpenyüregben hogyan mozgatható a levegő, azaz mi jellemzi a **légzőmozgásokat**! A köpenyüreg alsó falazatát a testfal bőrízomtömlője alkotja, mégpedig egy izmos lemez formájában (9.4. ábra). Ha ennek az izomzata összehúzódik, akkor a lemez lelapul: ezzel megnő a köpenyüreg térfogata, s a köpenyszegélyen található **légzőnyíláson** keresztül levegő áramlik be ide (belégzés). Amikor az izmos lemez elernyed, akkor kupolaként beemelkedik a köpenyüregbe: annak térfogata lecsökken, ami levegő kiáramlással jár (kilégzés). A csigáknak van **légzőpigmentjük**.

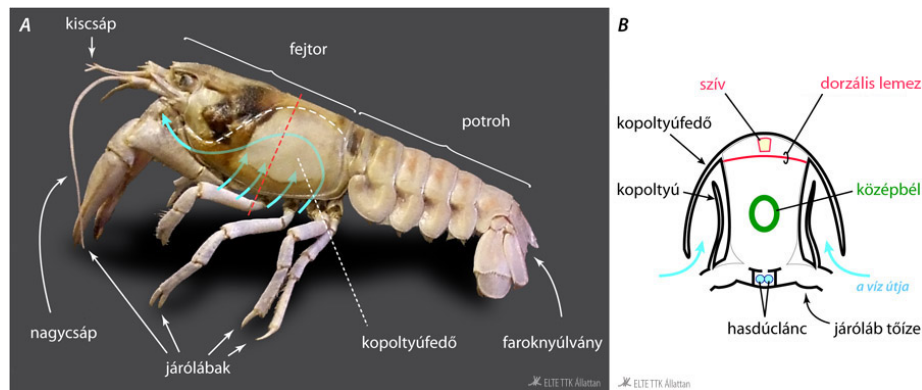


9.4. ábra. Tüdőscsigák tüdejének helyzete (A) és vázlatos felépítése a test metszetében (B)

A **fejlábúak** (Cephalopoda) mind tengeriek. Mivel ragadozók, oxigénszükségletük nagy, így keringési rendszerük **kopolytűkba** vezető szakasza izmos tágulatot képez (**kopolytűszív**), amely a testfolyadékot ütemesen pumpálja át a légzőszerveken, növelve a gázcsere hatékonyságát. Légzőpigmentjük van. A vízcserét a köpeny izomzatának mozgásai biztosítják.

A puhatestűeknél a gázcserében a keringési rendszer által behálózott testfal és a köpenyfal mindig részt vesz. Légzőpigmentjük a réztartalmú **hemocianin** és ritkábban a **hemoglobin**.

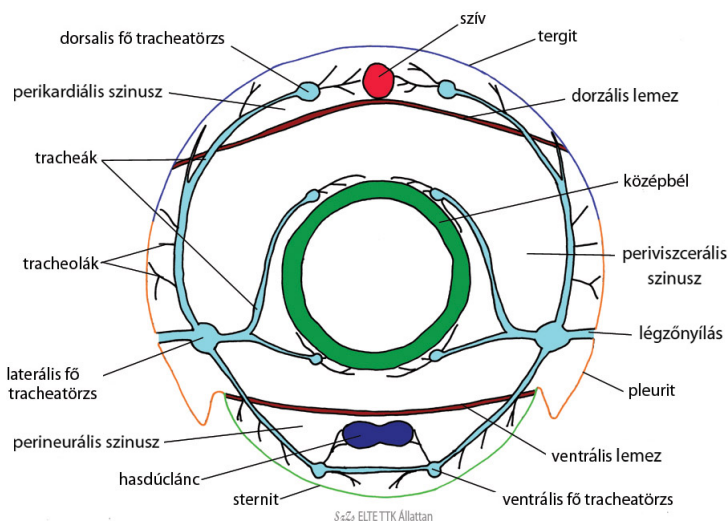
Az **ízeltlábúak** (Arthropoda) törzsében találunk légzőszerv nélküli, kopolytúval és légszűrőrendszerrel rendelkező csoportokat is. A kistermetű, vízben élő rákok a testfalon keresztül veszik fel az oxigént (pl. levéllábú rákok). A **rákszabású csáprágósok** (Merostomata, atlanti törfarkú) és a **felsőbbrendű rákok** (Malacostraca) **kopolytúkkal** (*branchia*) lélegeznek. Az utóbbi osztályba tartozó folyami ráknál ezek az állkapcsi és a járólábak tövének dorzális irányú kitűrődései. Vékony kutikularéteggel borított egyrétegű hámjukon át – koncentráció gradiensüknek megfelelően – szabadon diffundálnak a légzési gázok a kopolytú hámja alatt áramló vérnyirokba (oxigén), illetve onnan a légzővízbe (széndioxid). A kopolytúkat a fejtorpajzs által alkotott páros **kopolytúfedő** borítja és védi a sérülésektől (9.5. ábra). Ez a kopolytúfedő nem más, mint egy testfal kettőzet, amely a külvilágból az állat mindkét oldalán egy-egy kopolytúüreget választ le: ebbe a víz a lábak tövéénél áramlik be, majd előre felé kanyarodva áramlik ki. A légzővíz áramlását egyrészt az üreg alakja, másrészt a második állkapocs külső karéja (l. 29.3.1. fejezet) mozgásával biztosítja.



9.5. ábra. A tízlábú rákok légzőszerve: a lábak tövéhez kapcsolódó kopolytúkat a kopolytúfedő takarja (A). A piros szaggatott vonallal jelzett síkban készült keresztmetszeten (B) látszik, hogy a kopolytú a lábak tövéénél található köztakaró kitűrődések (a víz mozgását mindkét ábrán kék nyilak jelzik)

9.2.2. Az ízeltlábúak légzőrendszere

A **karmos féreglábúak** (Onicophora), a **medveállatkák** (Tardigrada), a **soklábúak** (Myriapoda) és a **rovarok** légzőszerve a **légszűrő- vagy trachearendszer**. Ennek hámja ektodermális eredetű, a köztakaró visszatűrődéseként jön létre, és mint ilyen, **kitinizált kutikula borítja**. A rovaroknál az alapszabás szerint a toron 2, a potrohon 8 pár **légzőnyílás** található, amelyekben a kutikulából kialakult **szűrőkészülék** akadályozza meg a szennyeződések bejutását. A légzőnyílások kis tárgulatokba, ún. pitvarokba nyílnak, ahonnan a légszűrők indulnak. Három pár hosszanti fő tracheatörzs alakul ki: egy-egy pár a dorzális és a ventrális középsík, egy-egy pedig a légzőnyílások mentén fut (9.6. ábra).



9.6. ábra. Rovarak légcsőrendszere: a trachearendszer elrendeződése és felépítése potroh keresztmetszetén (általánosított vázlat). A testüreget két izmos-kötőszövetes lemez osztja három hosszanti lefutású részre. A dorzális üregben (perikardiális szinusz) található a szív. A középső üregben (periviscerális szinusz) húzódik a tápcsatorna. A ventrális üregben (perineurális szinusz) találjuk a hasdúc-láncot. A testet behálózzák a trachearendszer ágai (az ábrán a piros szín mezodermális eredetű, a kék színű struktúrák ektodermális eredetűek, a zöld színnel jelölt középbél hámja entodermális eredetű)

A levegő a légzőnyílásokon át az oldalsó fő törzsekbe kerül, majd innen a hosszanti törzseket haránt irányban összekötő ágakba jut, s így kitölti a dorzális és a ventrális fő törzsek üregét is. A fő trachea ágakból kisebb légcsőágak indulnak (tracheolák), amelyek behálózzák az egész testet, így egészen **a sejtekig szállítják a légzési gázokat**.

A tracheák kutikula borítása vékonyabb, mint az epidermiszé, folyamatos réteget csak az epikutikula alkot bennük. A prokutikula (l. 6.1.3.2. fejezet) csak spirális megvastagodásként van jelen: ez egy gégecsőszerű struktúrát hoz létre, ami belégzéskor megóvjaa a légcsövet az összenyomódástól, ugyanakkor lehetővé teszi a csőrendszer hajlíthatóságát. A szervek szöveteibe a tracheákból kilépő légcsővecskék, tracheolák nyomulnak be. A tracheolák végén egy-egy csillag alakú végsejt ül. A végsejtek területén zajlik a gázcsere, azaz a légcsőrendszer üregében áramló levegőből e sejteken keresztül lép át az oxigén a hámborítás másik, szervezet felőli oldalán oxigénre várakozó sejtekhez. A nyúlványos tracheola végsejtek tehát légzőhámsejtek, amelyek nyúlányaikkal minden szervet, szövetet behálóznak.

A **trachea rendszer fejlettsége** csoportonként változik. Akarmos főreglábúak ban (medveállatkák) az egyes szelvények légcsővei egymástól elszigetelt rendszert alkotnak, a rovarokban azonban ezek összeköttetésbe kerültek egymással. Mivel a trachea rendszer a szervezet minden sejtjéhez elszállítja a levegőt, **a testfolyadék nem vesz részt a légzési gázok szállításában**.

A **légcsere**t elsősorban a potroh hát-hasi izmainak működése biztosítja. Ezek sszehúzódása hatására kipréselődik a levegő a légcsővekből. Amikor az izmok elernyednek, a szelvények közötti ízületi membránok – rugalmasságuknál fogva – visszaállítják a potroh eredeti térfogatát, így a trachea rendszerbe levegő áramlik. A légcsere a potroh térfogatának szűkítése, majd passzív tágulása következtében történik.

A trachea tüdő felépítése elviekben a légcsőrendszerével azonos, csak itt a csövek inkább ellapuló lemezek. További különbség, hogy e lemezek nem elágazó, fához hasonló alakzatot formálnak, hanem egymás mellett fekszenek (28.5. ábra). Üregeik a lemezek alapjánál összenyílnak, s mivel e közös tér a külvilággal kapcsolatos, azt levegő tölti ki. A lemezeket vékony kutikula bevonatú légzőhám képezi. Ez a levegővel telt lemezrendszer a potroh oldalán egy testfolyadékkal kitöltött térben „fürdik”. A kéttüdős pókoknál a lemezes tüdőhöz trachea rendszer is társul, amely a levegőt a test elülső részeibe (előtest) is elvezeti. A négytüdős pókoknál légcsőrendszer nem alakul ki.

9.3. Az újszájúak légzőszervei

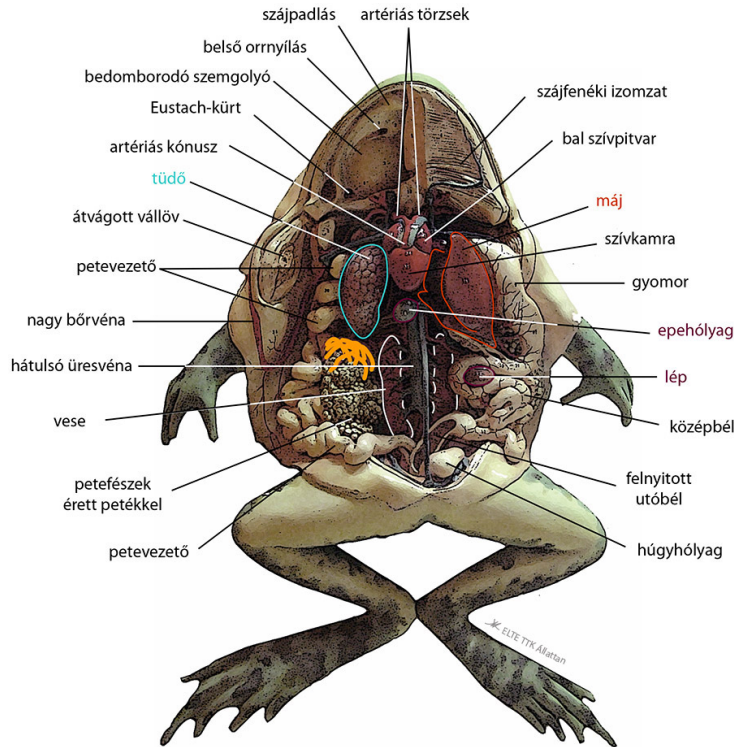
A gerinchúrosok (Chordata törzs) légzőszervei kezdetben a **kopoltyúkosár kopoltyúi** (*branchia*). Ez jellemző a zsákállatok (Tunicata), a lándzsahalak (Cephalochordata) altörzsére, valamint a gerincesek (Vertebrata) altörzsén belül a halakra és a kétéltűek lárváira. A kétéltűek (Amphibia) metamorfózisa után az átalakuló garattájék létrehozza az alsó légutakat és a **tüdőt** (*pulmo*). A hüllőkben, madarakban (Aves) és emlősökben (Mammalia) csak a tüdő jelenik meg.

Mindkét légzőszerv felszínét légzőhám borítja, amely a vízből, illetve a levegőből képes felvenni az oxigént. Fejlettsége, tagoltsága az életmód függvénye. A légköri levegővel lélegző állatoknál a levegőt a légzőhámig vezető rendszer felső és alsó légutakat képez. Ezek feladata a levegő felvétele és tüdő felé továbbítása. A **felső légutak** az ornyílástól a gégei garatig, az **alsó légutak** rendszere pedig a gégetől (*larynx*) a légzőhámig tart. A gége porcai garatív eredetűek (l. 7.7.1 fejezet).

A gerincesek légzőpigmentje a **hemoglobin**, amely a vörösvérsejtekben (emlősöknél vörösvértestekben) található. A légzés megfelelő hatékonyságához a légzőmozgások biztosítják az oxigén tartalmú közeg (víz, levegő) cseréjét.

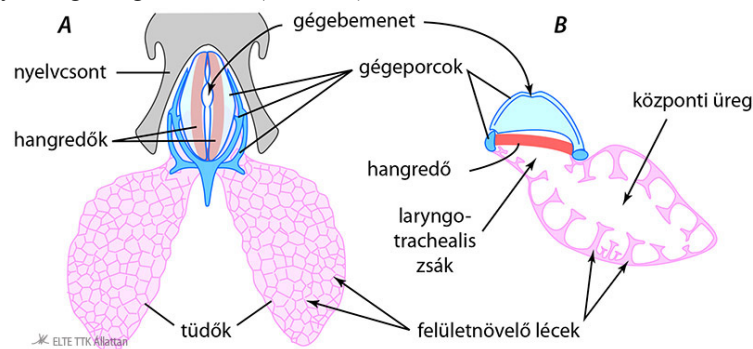
A **gégefő** (*larynx*) nyílását egy porcpár veszi körül, ezekhez rögzülnek a hangszalagok. Mikor megfeszülnek, a tüdőből kiáramló levegőt rezgésbe hozzák és hang keletkezik. A hím békák a hangot a szájgarat üregéből nyíló hanghólyagokban még felerősítik (8.11. ábra).

A gégefő az ún. *laryngo-trachealis* zsákba torkollik, ahová a tüdők széles szájadékkal nyílnak be. A ***laryngo-trachealis* zsák** elnevezése arra utal, hogy itt a gége (*larynx*) és a légcső (*trachea*) még nem különül el egymástól, hanem a két szerv csupán egy rövid, elágazó, közös, zsákszerű teret hoz létre. A **tüdők** (*pulmo*) páros, vékonyfalú, zsák alakú képződmények, a testüregben, a szív két oldalán helyezkednek el (9.8. ábra).



9.8. ábra. A békák testüregi szerveinek helyzete a felboncolt állatban

Belső felületükön légzőhámmal borított léceket találunk, melyek a felület megnagyobbítására szolgálnak: ezekben fut a gázcsere lebonyolító gazdag érhálózat (9.9. ábra).



9.9. ábra. A kételtűiek alsó légutai a tüdővel felülnézetben (A) és a gégefőn átmenő metszéssíkban (B). (A B ábra csak a legnagyobb léceket mutatja, az ezek terét tovább tagoló kisebb sövényeket csak egy területen ábrázolja)

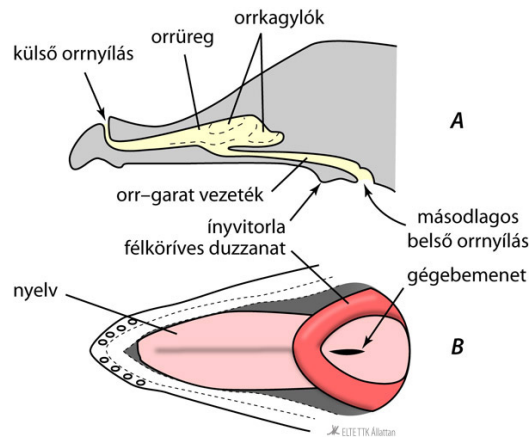
A békákban **mellkas nem alakul ki** (bordáik rövidek, nem érnek a szegycsontig, l. 7.5. ábra), ezért a légzés sajátos módon, a szájfene mozgatásával történik.

Mikor az állat leereszti a szájfenejét, a **szájüreg** a **külső orrnyíláson**, az **orrüregen** és a **belső orrnyíláson keresztül** beáramló levegővel megtelik. Ekkor orrnyílásait egy billentyűvel elzárja, a szájfenejét felemeli és így a **szájüreg** szűkítésével a levegő a gégefő nyílásán át a tüdőbe nyomódik. A levegőt tehát a békák „nyelik”. Kilégzésnél a tüdő körüli izmok összehúzódása miatt a tüdők rugalmas fala összeesik és mintegy kiszorítja a levegőt.

A tüdők mint hidrosztatikus szervek is működnek. Hiányukban a béka nem tud a víz felszínén úszni. Ha viszont a tüdőket mesterségesen felfújuk, az állat nem tud alámerülni.

A légzésben egyaránt szerepe van a **szájüreg hajsálerekben gazdag nyálkahártyájának, a tüdőnek és a bőrnek is**, melynek érhálózata igen fejlett.

A **hüllők** mindegyike tüdővel lélegző állat. A **felső légutakhoz** tartoznak a külső orrnyílások, az orrüreg az orrkagylókkal, a belső orrnyílások, valamint a garat ürege. A másodlagos szájpaddal rendelkező állatoknál az elsődleges szájpadon lévő, s az orrüreget határoló elsődleges belső orrnyílásoktól egy járatrendszer, az ún. orr-garat vezeték vezet a garat üregéhez a másodlagos belső orrnyílásokon át (9.10. ábra). Az **alsó légutakat** a gégefő (*larynx*), a légcső vagy gégecső (*trachea*), valamint a tüdők (*pulmo*) alkotják.



9.10. ábra. Másodlagos szájpaddal rendelkező hüllő (krokodil) felső légutai: a felső légutak elhelyezkedése a koponyában (vázlatrajz, A) és a krokodilok gégebemenetének környezete (B)

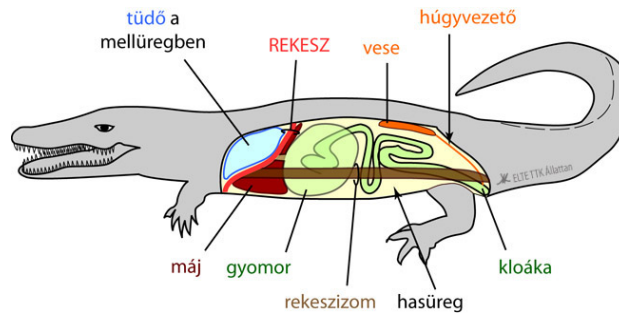
Tanulságos megvizsgálni, hogy a másodlagos csontos szájpad kialakulása hogyan teszi lehetővé azt, hogy a krokodilok vízbe fojthassák zsákmányukat, miközben ők maguk elegendő levegőhöz jutnak a küzdelem során. A krokodilok másodlagos szájpadlása megnyílt, s belső orrnyílásaik a gége fölé kerültek. A gége területét a nyelvgyökér veszi körül: itt egy olyan félköríves duzzanat van, amelyet az állat a szájpadlásához tud szorítani, elzárva ezzel egymástól a száj- és a garatüreg terét (9.10. ábra). Ennek táplálékszerzéskor van jelentősége, hiszen a krokodilok áldozatukat vízben kapják el, s azt igyekeznek a víz alatt is tartani: mivel a vízzel telt szájüregtel képesek elválasztani a gégebemenetet körülvevő garatüregtől, a megnyílt orrtájékon lévő orrnyíláson beszippantott levegőt képesek továbbítani az alsó légutak felé.

A **gégefő** (*larynx*) vázát porcok alkotják: ezek a pajzsporc, a gyűrűporc, valamint a kannaporcok. Hangszálaik csak a krokodiloknak vannak. A hüllőkben a **légcső** (*trachea*) már önálló szerv, s az állat testfelépítésének (nyakának) megfelelő hosszúságú. Porcgyűrűk merevítik, s a két főhőrgön keresztül a tüdőbe juttatja a levegőt. A **tüdők** (*pulmo*) a mellkasban foglalnak helyet. Az egyes hüllőcsoportok tüdeje igen változatos felépítésű, így eltérő fejlettségű. Faláról (a kétélűtüekhez hasonlóan) többé-kevésbé elágazó kötőszöveti sövények nyúlnak be a központi üregébe. A sövények rendszere légzőhállyal borított, félgömb alakú kamrákat vesz körül.

A kétélűtüekhez hasonlóan a hidasgyík tüdejében még nagy centrális üreg található, a varánuszféleken, teknősökön és krokodilokon azonban a tüdőt már csaknem teljesen kitöltik a kamrák. A megnyílt testű kígyókon a két tüdő nem egyformán fejlett: a rendszer elején álló óriáskígyókon még mindkét szerv megvan, ám a bal oldali kisebb; a többi fajon csak a bal oldali tüdő fejlődik ki. A kaméleonok és teknősök tüdején a madarak légcsákjaira emlékeztető nyúlványok is megjelennek (1.9.13. ábra).

A **hüllők légző mechanizmusa** alapvetően eltér a kétélűtüektől, mivel bennük Hiba: A hivatkozás forrása nem található alakul ki, s bordáik között bordaközi izmok is fejlődnek. A mellkasfal belső felszínéhez a mellhártya (*pleura*) két lemezének segítségével hozzátapadnak a tüdők. A belégző izmok összehúzódásakor a mellkas térfogata tágul, ezt a mellhártya közvetítésével a tüdők passzívan követik: a hüllők már beszívják (és nem lenyelik) a levegőt. A kilégző izmok kontrakciójakor a mellkas térfogata csökkent, a tüdőkből kipréselődik a levegő. Ez a mechanizmus a szegycsonttal nem rendelkező kígyóknak és a merev mellkasfallal rendelkező teknősökben máshogyan alakul (itt nem foglalkozunk vele). A légcserét krokodiloknál a testüreget mell és hasüregre tagoló rekesz is segíti (9.11. ábra).

Ez felépítésében ugyan eltér, működésében azonban hasonló az emlősök rekeszizmához. A különbség abban nyilvánul meg, hogy ez a szerv egy olyan kötőszöveti lemez, amely – az emlősökkel ellentétben – izmokat nem tartalmaz. Hozzá mindkét oldalon egy-egy, a medencéről eredő rekeszizom kapcsolódik: amikor ezen izmok összehúzódnak, a rekeszt caudalis irányba húzzák, a mellüreg térfogatát tehát növelik. Amikor az izmok elernyednek, a rekesz visszatér eredeti helyzetébe, a mellüreg térfogata tehát csökken.



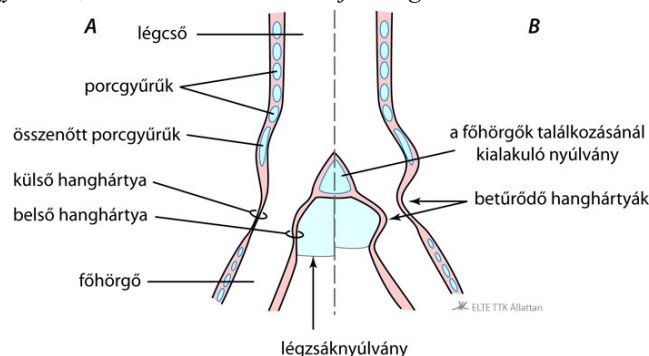
9.11. ábra. Krokodilok testüreg tagolódása: a rekesz és a hozzá futó izom elhelyezkedése

9.3.3. A madarak különleges légzőszerve és a kettős légzés

A **madarak** (Aves) légzőszervrendszere a gerincesek körében egyedülállóan hatékony gáz- és légcserét képes lebonyolítani. A szervrendszer alapszabása a gerinces sémát követi, ám lényeges eltérésekkel.

A **felső légutakba** a levegő a külső orrnyíláson keresztül jut be. A madarak többségénél az orrkagylók fejletlenek (rossz szaglás). Belső orrnyílásukon keresztül a levegő a garatba kerül. Az **alsó légutak** a gégevel (*larynx*) kezdődnek. Itt rögtön meg kell jegyeznünk, hogy ebben a csoportban a többi Tetrapodától eltérően a légcső mentén egy másik gége is kialakul, így ezt a hullők és emlősök szervének megfelelő, több porcos elemből álló szervet magyarul **felső gégefőnek** (*larynx*) nevezzük. Nem vesz részt a hangadásban. A hangadás szerve az ún. **alsó gégefő** (*syrinx*), amely a hosszú légcső (*trachea*) két főhörgőre ágazásánál alakul ki (9.12. ábra). Több típusa van, a legfejlettebb az énekesmadarakra jellemző.

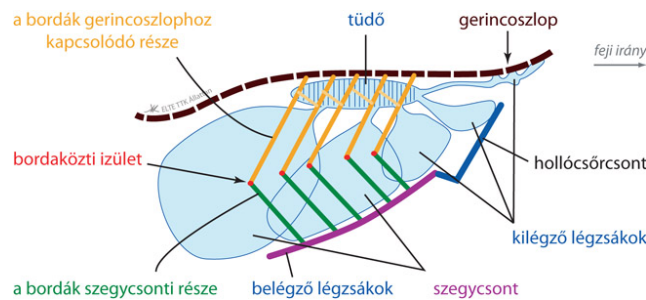
Ez esetben a trachea utolsó és a bronchusok első gyűrűinek fala elvékonyodik és létrehozza a külső hanghártyát. A két főhörgő találkozásánál, annak belső fala mentén kialakuló nyúlványon alakul ki a belső hanghártya (9.12. ábra). Ehhez a struktúrához több külső (közeli csontokon eredő) és belső (az alsó gégefőt el nem hagyó) izom tapad. Ezek szabályozzák a hanghártyák feszességét, illetve a légút átmérőjét, amiktől a hang frekvenciája és amplitúdója függ. Minél feszesebbek a hanghártyák, annál magasabb a hang, minél nagyobb az átmérő, annál erősebb. A két főhörgő felől érkező levegő útjában a beállítások különbözhetnek, ami lehetővé teszi, hogy a madár kétféle hangot adjon ki egyszerre, duettet énekelhessen saját magával.



9.12. ábra. Madarak alsó gégefője (általánosított vázlatrajz): a rajz a középsíkkal felezett: bal oldala (A) a nyugalmi állapotot, jobb oldala (B) pedig a hangadáskor kialakuló helyzetet mutatja

A légcső elágazásával kialakuló főhörgők a tüdőkapun át lépnek a tüdőkbe. A **madártüdő** (*pulmo*) **felépítése és működése egyedülálló**. Térfogata a légzés során gyakorlatilag nem változik: a térfogatváltozás feladata a levegő áramoltatása, amelyet a tüdőhöz kapcsolódó légzsákok biztosítanak (9.13. ábra).

A légzsákok két csoportja a kilégző (nyaki, villacsonti és elülső törzsi), és a belégző² (hátsó törzsi és hasi, 9.13. ábra) légzsákok.



9.13. ábra. A madártüdő és a légzsákok elhelyezkedése a testben (általánosított vázlatrajz): a légzsákok a tüdőhöz kapcsolódnak, amelyben egymással párhuzamos lefutású tüdősípok (kék vonalak) biztosítják a gázcserét

A tüdő – felépítése és áramlásviszonyai alapján – két részből, egy ősi (*paleopulmo*) és egy fiatalabb részből (*neopulmo*) áll. Az ősi típusú madarakban (l. futómadarak) a tüdő teljes egésze ősi felépítést mutat, benne **a levegő áramlása ki- és belégzéskor is megegyező irányú**. A többi madárban (*Neognathae*) *neopulmo* is kialakul: utóbbi a legnagyobb fejlettségét az énekesmadaraknál éri el, itt **a levegő áramlása a két légzési fázisban különböző**.

A madarak tüdejében a légzőhám nem gömb alakú léghólyagocskákat, hanem ún. légcsöveket bélel. Ezek egymással párhuzamosan futó csövecskék, ezért egy-egy csövecske neve magyarul **tüdősip**. Itt nem részletezett felületükön zajlik a gázcsere mind a ki, mind pedig a belégzés során. A halkopoltyúhoz hasonló módon a levegő és a vér áramlási iránya itt is ellentétes (**ellenáramlás elve**), ami növeli a gázcsere hatékonyságát. A belégzés végén a tüdőből a levegő a légzsákokba kerül. Kilégzésnél innen visszaáramlik a tüdőbe, annak tüdősípjait (vagy legalább azok egy részét) ismét átjárja. A madártüdőre tehát az jellemző, hogy rajta a légzsákokba be- és az azokból kiáramló levegő oda-vissza átjárja a tüdőt – ez a **kettős légzés** jelensége. E nélkül a madarak nem tudnák biztosítani a repüléshez szükséges magas oxigénigényüket.

Az, hogy egy második gázcsere is van lehetőség, tulajdonképpen annak köszönhető, hogy az első után marad még a levegőben elegendő oxigén, s hogy ezt a levegőt a madarak a be- és kilégzés között a légzsákjaikban tartalékolják (mi ezt elveszítjük, kilelegezzük).

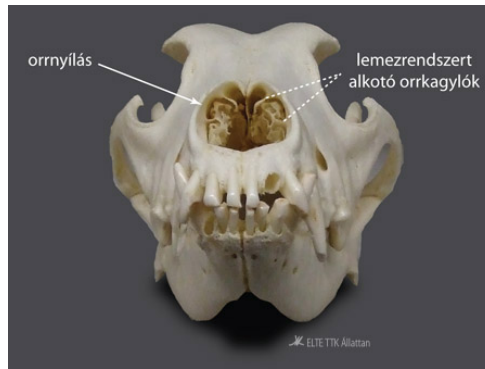
A légzőmozgásokról a madarak vázrendszerének tárgyalásánál már szoltunk.

9.3.4. Az emlősök légzőrendszere

Az **emlősök** (*Mammalia*) légzőkészüléke a **felső légutakból** (orr, orrüreg, szájüreg, garat), az **alsó légutakból** (gége, légcső), továbbá a **légzőszervből**, azaz a tüdőkből áll. Legfontosabb funkciója a gázcsere lebonyolítása, továbbá a hangadás, és számos emlősben a hőszabályozásban is részt vesz (lihegés).

Az ornyílásokat egy speciális, receptorokban és hajszálerekben igen gazdag terület, az ún. orrtükör veszi körül (6.26. ábra). Az orrüregben található az orrkagylók (ezek jó szaglású állatokban bonyolult lemezenszerzett képeznek, 9.14. ábra), rajtuk rögzül az ornyálkahártya jelentős része, mely mirigyekben igen gazdag, vénái fonatokat képeznek, így az orrüregen átszívott levegő párával telítődik és előmelegedik (8.16. ábra). Az orrüreg felső része szaglóhámmal borított. Az orrüregből a levegő az orrgarat vezetéken, majd a másodlagos belső ornyílásokon át jut az orrgaratba.

²Az elnevezések magyarázata a következő: megnézték azt, hogy a belélegzett levegő mekkora hányada mely légzsákokba jut. Azokat a légzsákokat, amelyek ilyenkor a belélegzett levegő nagyobb részét fogadják, belégzőknek nevezték el. A kilégző légzsákokra az jellemző, hogy kilégzéskor a levegő belőlük ürül ki először.

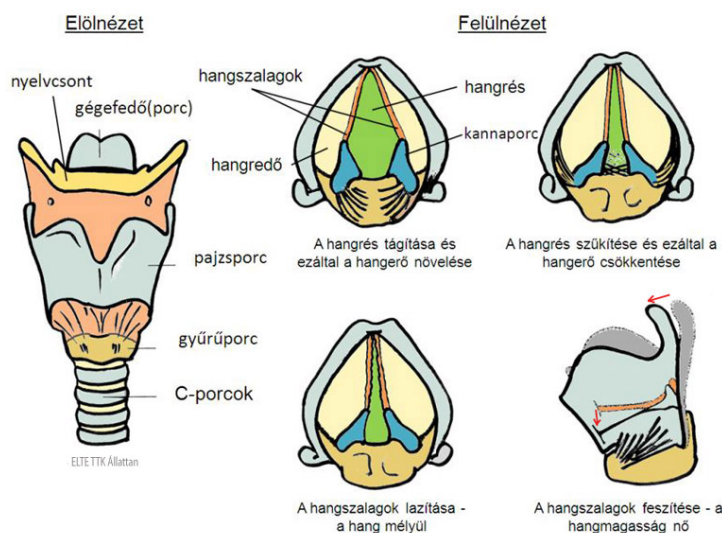


9.14. ábra. Emlősök orrkagylói: jó szaglású állat esetében az orrkagylók bonyolult, felhajtogatott lemezrendszert képeznek

A garatból a levegő útja a gégefőbe vezet, melynek porcai, izmai a nyelvcsonttal együtt az embrionális garat átalakulásával fejlődnek (l. 7.7.1 fejezet). A **gége** (*larynx*) üreges szerv, a nyelvcsonthoz és a tracheához kapcsolódó gégeporcokból, kötőszövetes szalagokból és igen differenciáltan működő izmokból áll. A garatból a levegő a gégebemeneten keresztül jut a gége nyálkahártyával bélelt üregébe. A gégebemenet a rugalmas porcívázzal rendelkező, csak emlősökben kialakuló **gégefedő** takarja. A gégefedőnek van egy középsíkban álló, tarajszerű kiemelkedése, miáltal keresztmetszetben háztetőhöz hasonlít. Így a lenyelt táplálék, illetve folyadék – a gégefedő alakjából következően is – a gégebemenetet két oldalról megkerülve továbbbitódik a nyelvcsőbe.

Nyeléskor a gége reflexesen cranialis irányba mozdul, „fölemelkedik”, közelebb kerül a koponyaalaphoz és mintegy „bebújik” a gégefedő alá, így az még jobban takarja a gégebemenetet és biztosítja azt, hogy abba falat véletlenül se jusson be. (Ezt a mozgást magunkon is tapasztalhatjuk, ha megfogjuk gégénket, majd nyelvünk egyet.)

A **gége porcai**, a már említett gégefedőn kívül az alábbiak. A pajzsporc a legnagyobb, amely szintén az emlősökre jellemző törzsfejlődéstani újítás. A gyűrűporc a pajzsporcot kaudálisan és dorzálisan találhatók, és pecsétgyűrű alakú. A „pecsétnyomó” dorzális helyzetű, kraniális részéhez ízesülnek a kannaporcok. A kannaporcok az előzőekkel ellentétben párosak (9.15. ábra). Közöttük és a pajzsporc között rögzül a gége nyálkahártyájának jellegzetes kettőzete, a **hangredő**. A hangredő hangadáskor intenzív rezgést végző mediális élében húzódik a **hangszalag**, amely a nyálkahártya egy kötőszövetes szalagokban gazdagabb megerősödése. A hangredők között látható a **hangrés**.

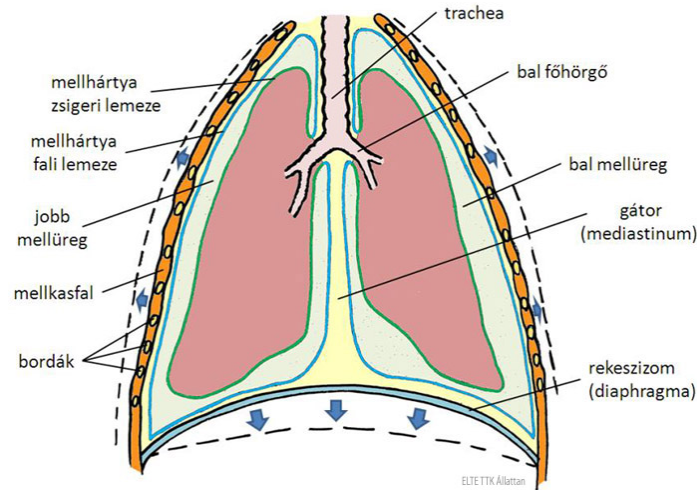


9.15. ábra. Ember gégefőjének felépítése

A hangképzés nélküli légvételek alkalmával a hangredők igen távol vannak egymástól, a gégerés tehát maximálisan tág. Csak az ember képes arra, hogy a hangredőit rövid időre teljesen összezárja. Erre az akcióra pl. akkor kerül sor, ha valamilyen nagy erőfelfejtést (erőltetett széketürítés vagy jelentős mérvű fizikai erőfelfejtés) törzsünket

a tüdőnkben tartott és összepréselt levegő nyomásával, és egyidejűleg a hasfalizomzat működtetésével is támasztani, erősíteni kívánjuk. A hangredők teljes zárásának szerepe van a tagolt beszéd kialakításában is.

A gége ürege a légcsőben folytatódik. A **lég- vagy gégecső** (*trachea*) C alakú porcokból álló rugalmas, de alaktartó cső, amely porcainak köszönhetően akkor is megőrzi belméretét, ha benne belégzéskor a levegő nyomása csökken. A gégecső a mellüregben a mellhártya lemezek közötti térben (ez a gátor) halad, majd két főhörgőre ágazik, amelyek a tüdőbe lépve egyre finomabb ágakra oszlanak (hörgőfa). A **tüdő** (*pulmo*) páros, lebenyezett, rugalmas tapintatú, szivacsos szerv (9.16. ábra). Színe a benne levő vér oxigenizáltságának függvényében vagy élénkpiros, vagy sötétebb lilásvörös, a városban élő állatok (és emberek) esetében pedig a belélegzett koromtól gyakran sötétszürke. A tüdő több lebenyből áll, az egyes lebenyek kisebb részekre, majd végül csak mikroszkóppal látható lebenyekékre tagolódnak, melyek önálló ér- és légúti ellátással rendelkező egységek. A gázcsere az emlősökre jellemző **tüdőhólyagocskák** (*alveolusok*) falán keresztül bonyolódik le.



9.16. ábra. Az ember tüdeje a mellkasban (horizontális metszéssík) – a mellüregek a valóságban nem ilyen tágasak, a mellhártya egymással szemben fekvő lemezei összefeksznek

A tüdő felületét a **mellhártya** (*pleura*) zsigeri lemeze vonja be. A mellhártya fali lemeze a zsigeri lemezzel folyamatosan összefügg és a mellkasfal belső felszínéhez tapad ki. A mellhártya fali és zsigeri lemezei szinte teljes felületükön egymáshoz simulnak, de a közöttük lévő vékony folyadék réteg miatt képesek elmozdulni egymáson. A mellhártyalemezek közötti savós folyadékkal kitöltött térben (mellhártya üreg) a nyomás a külső légnyomáshoz képest kisebb („negatív nyomás”).

Belégzéskor a mellkas térfogat növekedése következtében (elsősorban a külső bordaközi izmok és a rekeszizom kontrakciója lényeges e szempontból) a külső, légköri és a belső, a mellhártya üregben mérhető („negatív”) nyomás közötti különbség fokozódik, és a légutakon át beáramló levegő nyomása a tüdőt a mellkasfalhoz nyomja. A tüdő kitér és levegővel telik meg. **Kilégzéskor** a mellkas térfogatának csökkenésével (a belső bordaközi izmok összehúzódnak, a rekeszizom elernyed és így felemelkedik) a tüdő térfogata csökken, belőle kipréselődik a levegő.

Az említett folyamat során a tüdőben lévő teljes levegőmennyiség (teljes kapacitás) egyetlen légzési ciklusban nem cserélődik ki. A kicserélhető maximális levegőmennyiséget vitálkapacitásnak, a tüdőben maradt nem cserélődő levegőfrakciót reziduális térfogatnak nevezzük. Ez utóbbi levegőmennyiség erőltetett kilégzés során sem hagyja el a tüdőt.

Összefoglalás

Kezdetként felvázoltuk, hogy miért van szükség a légzőszervekre, s röviden jellemeztük a légzőhámokat. Megállapítottuk, hogy a szerv működésének megértéséhez el kell különíteni a gázcsere és a víz- vagy légesere folyamatait, meg kell vizsgálnunk azt, hogy a szervezetbe bejutott oxigén hogyan szállítódik, illetve hogy ebben légzőpigment szerepet játszik-e vagy sem. Megjegyeztük, hogy kezdetben a bőrízomtól képes volt ellátni a gázcsere feladatát is, így egyes állatsoportokban nem alakultak ki légzőszervek. Ezután röviden kitértünk az ő- és újszájú állatok légzőszerveinek csíralemez eredetére, majd sorra vettük az összájúak körében előforduló légzőszerveket: a gyűrűsférgék és puhatestűek kopoltyúit, valamint az utóbbiak tüdejét. Bemutattuk a rákok

kopoltyúját és a rovarok légcsőrendszerét. Áttérve az újszájúakra megemlítettük a kopoltyúkosár fogalmát, megvizsgáltuk a gerincesek kopoltyúinak eredetükből adódó közös vonásait. A halak és kételtű lárvák légzőszervéről áttértünk a kifejlett békák és hüllők tüdejének valamint légutainak bemutatására. Megvizsgáltuk a kettős légzés fogalmát, a madarak és az emlősök hangadó szervét, végezetül bemutattuk az emlősök tüdejének felépítését és működését.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mi a légzés célja, mit jelent a gázcsere és a légcseré fogalma? Milyen felépítésűnek kell lennie egy bőrízomtömlőnek akkor, ha a gázcsere feladatát is el akarja látni?
2. Mi jellemző a légzőhámokra? Milyen csíralemez eredetűek az ősz- és az újszájúaknál, s milyen légzőszerveket alakítanak ki?
3. Jellemezze az újszájúak légzőszerveit, s részletesebben hasonlítsa össze a puhatestűek fésűs és lemezes kopoltyúit!
4. Milyen felépítésű és hogyan működik a tüdőcsigák tüdeje?
5. Mutassa be a gerincesek kopoltyúit azok eredete, felépítése és működése szempontjából!
6. Hasonlítsa össze a kételtűek és a hüllők tüdejét, valamint légúti rendszerének alakulását!
7. Jellemezze a madarak légzőszervrendszerét, térjen ki a hangadásra és a kettős légzésre!
8. Mutassa be az emlősök légútait és tüdejének felépítését! Foglalja össze a hangadásról és a légzőmechanizmusról szóló ismereteit!

10. fejezet - A kiválasztó szervrendszer (*apparatus uropoetica*) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

10.1. Néhány alapvetés

A kiválasztás a belső környezet állandóságának (**homeosztázisának**) fenntartása szempontjából nélkülözhetetlen életműködés. A szervrendszer elnevezése arra utal, hogy itt bizonyos anyagokat mások közül ki kell válogatni. Mikor fontos ez? Nyilván akkor, ha ezek a sejt vagy szervezet számára fölöslegesek, illetve károsak. A válogatáson túl a kiválasztószervek ezen anyagok szervezetből való kijuttatását, eltávolítását is végzik.

Az egysejtűek esetében és a soksejtűek evolúciójának kezdetén ez a válogatás a megfelelő ozmotikus koncentráció és nyomásviszonyok kialakítása és fenntartása érdekében víz eltávolítására szorítkozott. Ez az **ozmoreguláció**. Ehhez egy sejtmembránra és abba ágyazott ionpumpákra van szükség: az energia felhasználással a membrán egyik oldalán lévő térből a másikba ájtuttatott ionokat a víz passzívan követi, így az ionok mozgatásával vizet is lehet mozgatni. Az édesvízben élő sejtek és szervezetek annak vannak kitéve, hogy félig áteresztő membránjaikon keresztül víz áramlik belsejükbe. Ennek leadására **ozmoregulációs szerveik** alakultak ki, amelyek – a felesleges víz leadása érdekében – ionokat választanak ki és adnak le. Ha ez a folyamat leáll, a sejtek kipukkadnak. A fejlettebb soksejtűeknél ezt a folyamatot más anyagok szelektálása és transzportja is kiegészíti: náluk megjelentek a komplexebb funkciójú **kiválasztószervek**.

A **kiválasztás folyamatát** két szakaszra osztjuk. Az elsőben méret és töltés szerint zajlik a válogatás, a sejtek közötti térből vagy testfolyadékból (ha van, a keringési rendszerből) a kiválasztószervrendszer üregébe. Ez a folyamat az **ultraszűrés (ultrafiltráció)**, eredménye az ultraszűrlet vagy **elsődleges (primer) vizelet**. Az elnevezések arra utalnak, hogy molekuláris méretű anyagok válogatása történik, s gyakran valóban mechanikai úton, azaz szűréssel. Az ún. **molekuláris szűrő** egy olyan fehérjék hálójából álló lemez, amely töltésmintázattal rendelkezik: a pórusátmérő az ájtutó részecskék méretét, a töltésmintázat pedig azok töltését határozza meg. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen szűrőn csak bizonyos méretű és töltésű anyagok fognak ájtutni a kiválasztó szervrendszer üregébe. Az ultraszűrés energia igényes folyamat, s nem alkalmas minden eltávolítandó anyag egy lépésben történő kiválogatására. Az ultraszűrőt a kiválasztószerv speciális sejtjei termelik és hordozzák, s mivel az a szűrés során sérül, állandóan karban is tartják.

Mi lehet a **szűrés hajtóereje**? A szűréshez nyomáskülönbség kell, amelynek előállítása mindenképpen energia igényes folyamat. Ha van rá lehetőség, akkor az egyik oldalon a testfolyadék nyomásának növelésével (pl. zárt keringési rendszernél), vagy a másik oldalon (a kiválasztószerv üregrendszerében) a nyomás csökkentésével (a beáramló folyadék elhajtásával) lehet a vizet mozgásra kényszeríteni. Az áramlásba hozott folyadékot már lehet szűrni. Ha nyomáskülönbség létrehozására nincsen lehetőség, akkor alkalmazható az ozmoregulációs szerveknél már bevált módszer: ionkoncentráció különbséget kell létrehozni a kiválasztószerv fala által elválasztott két tér között, s az egyik térből a másikba ájtuttatott ionokat a víz követni fogja. (Az ionvesztesség csökkentéséről, az ionok visszavételéről gondoskodni kell.)

A kiválasztás második lépésében az **ultraszűrlet módosításának folyamata** zajlik: eredményeként alakul ki a **végleges (szekunder) vizelet**. Egyrészt azok az anyagok, amelyek ugyan belekerültek a szűrletbe, de a szervezet számára még hasznosíthatók (pl. aminosavak, cukrok), visszaszívásra kerülnek. Mások pedig, amelyek az ultraszűrés (ultraszűrő) jellege miatt nem juthattak be a kiválasztószerv üregébe, itt kerülnek kiválasztásra. Mivel a vizelet kialakítása vízmozgással jár, a szárazföldi állatok esetében a vizeletbe juttatott víz egy részének visszatartása, visszavétele (vízviszszívás) fontos lépés. Ezt a hormonrendszer szabályozza.

A **nitrogéntartalmú anyagcsere (nukleinsavak, aminosavak és fehérjék lebontásából származó) végterméke lehet az ammónium ion (NH_4^+ , nagy mélységben élő lábasfejűek, halak), a vízben jól oldódó urea (más néven karbamid, emlősök), valamint a vízben rosszul oldható húgysav (a legtöbb hüllő és a madarak). Míg az urea kiürítése jelentős vízmennyiséget igényel, a húgysav eltávolításához (oldhatatlansága miatt) minimális víz kell (víztakarékos szervezetek, pl. hüllők).**

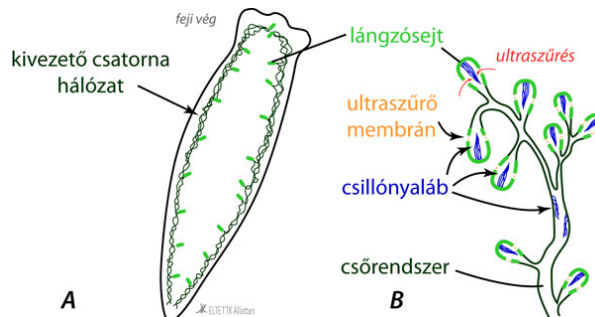
Összefoglalva az eddigieket, egy kiválasztószerv felépítésének és működésének tanulmányozása során mindig keresni kell a következő kérdésekre a választ: 1. hol és hogyan történik az ultraszűrés, azaz a szűrletet milyen sejtek és milyen alapon képezik? 2. Hol és hogyan módosul az ultraszűrlet, s hogyan kerül a végleges vizelet a külvilágba?

10.2. Az ősszájúak kiválasztószervei

10.2.1. Az ozmoregulációs szervek

A **csalánozók** (Cnidaria) törzsében az ozmotikus egyensúly fenntartásának feladatát a sejtek egyedileg oldják meg, e célra szervek nem alakultak.

A **laposférgek** (Platyhelminthes) törzsének kiválasztó, pontosabban ozmoregulációs szerve az **elővesécske** (*protonephridium*). Az **örvényférgenél** (Turbellaria) ez a testüreget kitöltő kötőszövetbe (*parenchymába*) ágyazódva, kétoldalt húzódó csőrendszer formájában halad végig az állat testén. Felépítésének főbb vonásai a következők (10.1. ábra). A külvilágba nyíló csőrendszer vakon végződő ágainak végét ún. **terminális sejtek** zárják le. Másik, elterjedt nevük: **lángzósejt**. A sejtek bögére hasonlítanak, amelyeket a csőrendszer végére borítottak. A bögre üregébe a sejt csillagó nyalábja nyúlik be, amely csapkodásával a kiválasztószerv üregrendszerében lévő folyadékot hajtja a csőrendszer kijárata felé. Ha itt folyadék mozgatása történik, akkor a közelben ultraszűrés zajlik! Hol a molekuláris szűrő? A képzeletbeli bögre oldalfala, azaz a lángzósejt üregét körülvevő citoplazma rész több helyen keskeny résekkel áttört: a keresett ultraszűrő ezeket úgy fedi, mint szűnyogháló az ablaknyílást. A testüreget kitöltő kötőszöveti térből csak e szűrőn keresztül áramolhat be víz – s vele együtt méret és töltés szerint bizonyos anyagok – a szervrendszer üregébe. A *parenchyma* szövetnedvéből előállított ultraszűrlet összetételét az **elvezető csatorna** kiválasztás és visszaszívás útján még módosítja, s kialakítja a végleges vizeletet. Ez több nyíláson (*nephridioporus*) át ürül a külvilágba. A nitrogén-tartalmú anyagcsere végtermékek ammónium formájában a testfalon keresztül távoznak a szervezetből. A kiválasztószerv az élősködőknél is megtalálható.



10.1. ábra. Örvényfereg kiválasztószerve, az elővesécske: helyzete az állatban (felülnézet, A) és kinagyított csővégi részlete a lángzósejtekkel (hosszmetszet, B)

A nem tengeri **fonálférgenél** (Nematoda) a kiválasztás egyetlen nagy, **felülnézetben H alakú sejt** végzi. A H betű függőleges szárainak megfelelő részek a hipodermisz oldalsó megvastagodásaiban (léceiben) helyezkednek el (6.3. ábra), a közös kivezetőnyílás a H-alak vízszintes, összekötő vonalában a feji végen, a hasi oldal középsíkájában található. Elhelyezkedéséből adódóan **oldalszervnek is nevezik**. Feladata valószínűleg a testfolyadék ozmoregulációja (a szervetlen kationok mennyiségét szabályozza).

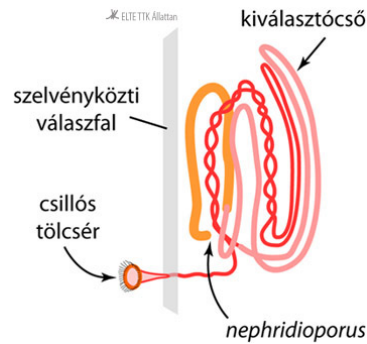
A tengeri fajoknál a kiválasztás ún. **renett-sejtekkel** történik. A sejtestestből egy hosszabb-rövidebb intracelluláris csatorna nyílik a külvilágba a hasi oldalon.

10.2.2. A metanephridium típusú kiválasztószervek

A **gyűrűsférgek** (Annelida) jól fejlett kiválasztószervvel rendelkeznek, amely szelvényenként helyezkedik el, párosan. Ez a **vesécske** (*metanephridium*), amelynek feladata a salakanyagok eltávolítása a szervezetből.

Felépítése a következő: a másodlagos testüregben elhelyezkedő **csillós tölcser** (*nephrostoma*) a szelvény kaudális válaszfalán rögzül. Az innen kiinduló **kiválasztócső** (*nephrotubulus*) átlép a szomszédos szelvénybe, s itt kanyarog,

míg végül a legtöbb fajnál a nephridiopóruson¹ át a külvilágba nyílik (10.2. ábra). A *metanephridium* tehát olyan kiválasztószerv, amely a másodlagos testüreget köti össze a külvilággal.

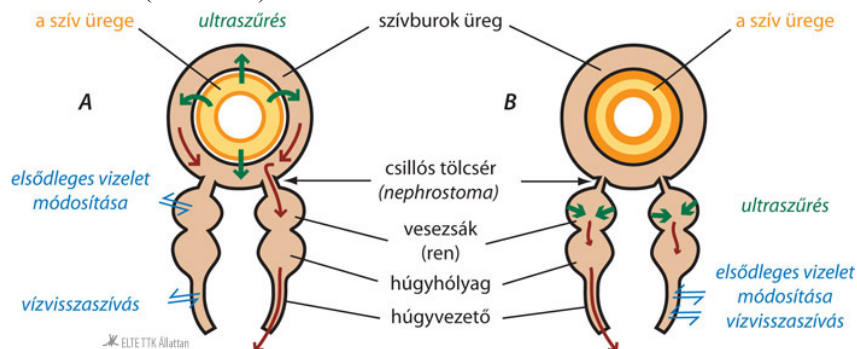


10.2. ábra. Földigiliszta vesécskéje nagy nagyítású vázlatrajzon

Hol van ebben a rendszerben **molekuláris szűrő**? A csillós tölcser bizonyosan nem az, hiszen egy csillós szegélyű tölcser molekulákat nem képes szűrni. Feladata csupán az, hogy a testüreget kitöltő folyadékot a vesécske vezetékébe hajtsa. Az ide került folyadék összetétele fokozatosan megváltozik: salakanyagok kiválasztása, az állat számára még fontos anyagok visszaszívása módosítja. (Hogy e folyamatok megtörténhessenek, a zárt keringési rendszer kapillárisai végig kísérik a vesécske kanyarult csatornáját.) Ha így a végleges vizelet alakul ki, akkor az elsődleges vizeletnek, azaz az ultra szűrletnek azt a folyadékot kell tekintenünk, amely a csőrendszerbe a csillós tölcseren keresztül bekerül. Ez azt jelenti, hogy az ultraszűrést nem a kiválasztószerv végzi, **a metanephridium nem képes szűrlet képzésére**. Ha mégis a szűrletet módosítja, akkor a szűrés korábban történik, akkor, amikor a testüreg folyadék kiszűrődik a zárt keringési rendszerből. Az **ultraszűrést tehát erek fala végzi**, s ilyen értelemben a testüregfolyadék primer szűrlet².

A **puhatestűek** (Mollusca) kiválasztószervét röviden **vesének** (*ren*) nevezzük (9.1. ábra). Ez a szerv tulajdonképpen egy erősen hajtogatott, redőzött falú zsák (ún. vesezsák), amelynek ürege másodlagos testüreg eredetű szívburok üreggel (perikardium) és a külvilággal (köpenyüreggel) tart kapcsolatot (10.3. ábra). Végso soron tehát a gyűrűsférgek kiválasztószervéhez hasonlít, típusa ennek is **metanephridium**. E szerv felépítése azonban lényegesen eltérhet a gyűrűsférgeknél megszokott, „klasszikus” változattól, így **módosult** vesécskének számít. Az elnevezést a szerv morfológiája indokolja: ugyan csillós tölcserrel (*nephrostoma*) nyílik a szívburoküregbe, ám vezetéke a fajok többségénél kiszélesedve vesezsákot hoz létre, amely egy húgyvezetéként szolgáló szakasszal végződik. (A klasszikus vesécskének vesezsák és húgyvezető szakasza nincsen).

Mivel ennél a kiválasztószerv típusnál az elsődleges szűrlet (ultraszűrlet) a testfolyadékból (a keringési rendszerből) származik (l. fentebb!), alapesetben az ultraszűrést a szív, illetve a vérnyirok tereket is tartalmazó szívburok végezheti. Szárazföldi csigáknál a szívfal jelentősen megvastagszik (erőteljesebb izomzatúvá válik), így szűrletképzésre már alkalmatlan. Az ultraszűrletet itt maga a vesezsák képezi: ennek alapja az, hogy falazatát vérnyirokkal töltött terek szövik át: az ultraszűrlet tehát e terek üregéből kerül a vesezsák hámborításán keresztül a vese üregébe. Az elsődleges vizelet módosítása, azaz a másodlagos (végleges) vizelet előállítása a vesezsák, illetve a húgyvezető feladata (10.3. ábra).

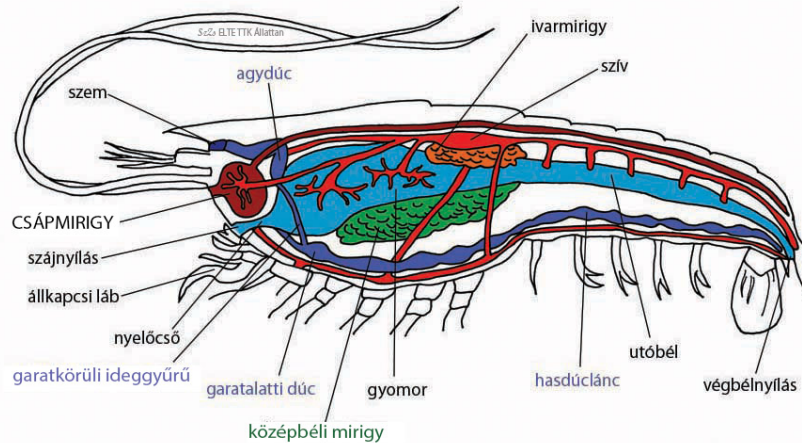


¹A „legtöbb faj” kitétel az indokolja, hogy a vesécske tubulusa ivarvezetékkel is összenyíthat, s ekkor más az elnevezés.

²Természetesen több annál, mivel az érrendszerből való kiszűrődése után módosul.

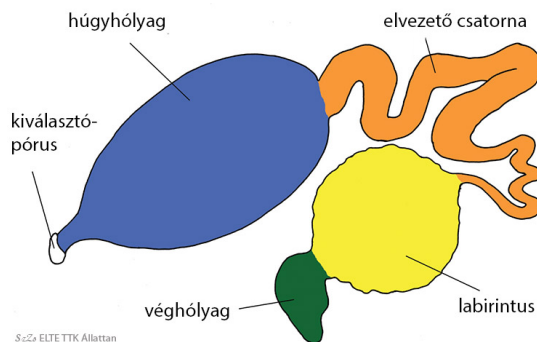
10.3. ábra. Puhatestűek kiválasztószerve és a kiválasztás fő lépései vízben (A) és szárazföldön (B) élő állat esetében (keresztmetszeti ábrák): a szervrendszer felépítése azonos, ám a szívfal vastagsága eltérő, így az ultraszűrés helye a szárazföldi fajoknál áttevődik a vesezsákra (ebben az esetben a csillós tölcsér majdnem zárt)

Metanephridialis kiválasztószervük van még a **karmos féreglábúaknak** (Onychophora) és az ízeltlábúak egy részének is. A **magasabbrendű rákok** (Malacostraca) kiválasztószerve tulajdonképpen a második, hosszabbik csáp (*antenna II*) szelvényének jól fejlett és módosult *metanephridiuma*, a **zöldmirigy vagy csápmirigy** (10.4. ábra). A gyűrűsférgeknél megismert klasszikus vesécskéhez hasonlóan ez a kiválasztószerv is másodlagos testüreget köt össze a külvilággal. Azért nevezzük módosultnak, mert a klasszikus vesécskével ellentétben a rákok kiválasztószerve nem ismétlődik szelvényenként, és felépítése is eltér a gyűrűsférgeknél bemutatott szerv szerkezetétől.



10.4. ábra. Tíz lábú rák testfelépítése: a csápmirigy a hosszabbik csáp tövé mellett található (az ábrán a kék szín ektodermális, a zöld entodermális, a piros pedig mezodermális eredetű struktúrákat jelöl)

A hosszabbik csáp tövénél a másodlagos testüreg egy kisebb zsák (**véghólyag**) formájában maradt meg, innen indul a kiválasztószerv csatornája (10.5. ábra). A véghólyag falának hemolimfa ellátása gazdag: az ultraszűrés hemolimfa terekből a szerv üregébe, így a véghólyag üregébe a testfolyadék alakos elemeitől és makromolekuláitól mentes része, az elsődleges szűrlet kerül. A szűrlet az **elvezető csatornába** lép (ennek első szakasza a labirintus nevezetű rész), amelynek sejtjei aktív transzporttal kiválasztandó anyagokat juttatnak a szűrletbe, és visszaszívják az állat számára még szükséges anyagokat és a víz egy részét. Így kialakul a végleges vizelet, amely a húgyhólyagba lép, majd a hosszabbik csáp tövézén található póruson át a szabadba jut.

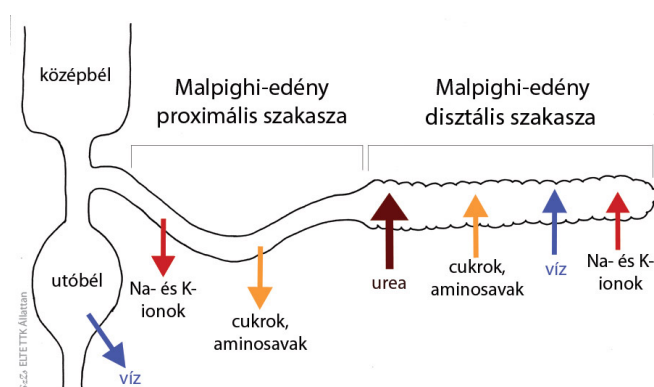


10.5. ábra. Tíz lábú rák csápmirigyének (zöldmirigyének) felépítése: a másodlagos testüreg itt a véghólyag formájában maradt meg, ennek falában történik ultraszűrés, majd a szűrletet a labirintusba és a kivezető csatornába lép, ahol módosul. A vizelet a húgyhólyagban raktározódhat, mielőtt a külvilágba ürülne a második pár csáp tövézén található kiválasztópóruson keresztül

10.2.3. A rovarok egyedülálló szerve - a Malpighi-edény

A **rovarok** (Insecta) kiválasztószervei a Malpighi³-edények. Ezek a közép- és utóbél határán nyíló, vakon végződő, vékony csövecskék (l. 11.6. ábra). (Eredetük így lehet entodermális (embrionalis középbel) vagy ektodermális (embrionális utóbél)).

A Malpighi-edények fala hártavékony (csupán csak egy egyrétegű köbhám alkotja, amely természetesen alaphártyán ül). A testüreg felőli oldalon kis izmocskák tapadnak rá, amik lassan, fűregszerűen mozgatják a csövecskéket. Ez azért szükséges, mert a keringési rendszerben a testfolyadék áramlása nagyon lassú, így a Malpighi-edények mozgása is segíti a szűrletképzést. A **primer szűrlet** az edények disztális, vakon kezdődő részén keletkezik: az itteni hámsejtek kationokat pumpálnak a testfolyadékból az edénykék üregébe, amit a víz a benne oldott anyagokkal követ. A méret és töltés szerinti válogatást a hámsejtek közötti sejtkapcsoló struktúrák végzik. A csövecskék tápcsatornához (és középsíkhöz) közelebbi, proximális szakaszán visszaszívódnak a szervezet számára még szükséges anyagok, például ionok, cukrok, aminosavak. Az így létrejövő **másodlagos vizelet** az utóbélbe kerül, ahol annak akár teljes víztartalma visszaszívódik (egy speciális mirigy, az ún. rektális mirigy területén, 8.6. és 10.6. ábra).



10.6. ábra. Malpighi-edény felépítése és működése (a közép- és utóbél határán nyíló edénykék közül csak egyet ábrázoltunk): a vakon végződő csövecskék disztális részén képződik az ultraszűrlet, melybe aktív transzporttal kerülnek a kiválasztandó anyagok. A proximális rész sejtjei visszaszívják a szervezet számára szükséges anyagokat, míg a vízvisszaszívás az utóbél területén történik (az utóbél falában lévő rektális mirigy a rajz nem tünteti fel)

Látható tehát, hogy a rovarok kiválasztószerve alapvetően eltér a *metanephridiális* szervektől: sem a felépítés, sem pedig az ultraszűrlet képződése nem egyezik a két rendszerben! A Malpighi-edények a tápcsatornába torkollanak (más megközelítésben onnan nyílnak), s nem vezetnek a külvilágba, s az őket körülvevő tér kevert testüreg (5.4.3 fejezet). Emlékeztetőül: a vesécske a másodlagos testüreget köti össze a külvilággal.

10.3. A gerinchúrosok kiválasztószervei

A zsákállatoknak nincsen kiválasztószerve, a fejgerinchúros lándzsahalaké pedig nem mutat rokonságot a gerincesek veséjével.

10.3.1. A gerincesek húgy-ivar szervrendszere (*apparatus urogenitalis*)

A gerincesek vese- és ivarmirigyének telepei az **öcsigolyanyél** (*gononephrotom*) területén alakulnak ki. A két szervrendszer vezetékeinek kezdeményei szomszédos szervtelepek, így fejlődésük során kapcsolatba kerül(het)nek az öcsigolyanyél szervekezdeményeivel. Ez az alapja annak, hogy a gerincesek esetében a két szervrendszer egységéről, húgy-ivar szervrendszerről beszélünk. Ez alól a csontos halak kivételt képeznek (l. 11.4.2 fejezet). A két szervrendszer közül lássuk először a kiválasztó szervrendszert!

³kiejtése: malpigi.

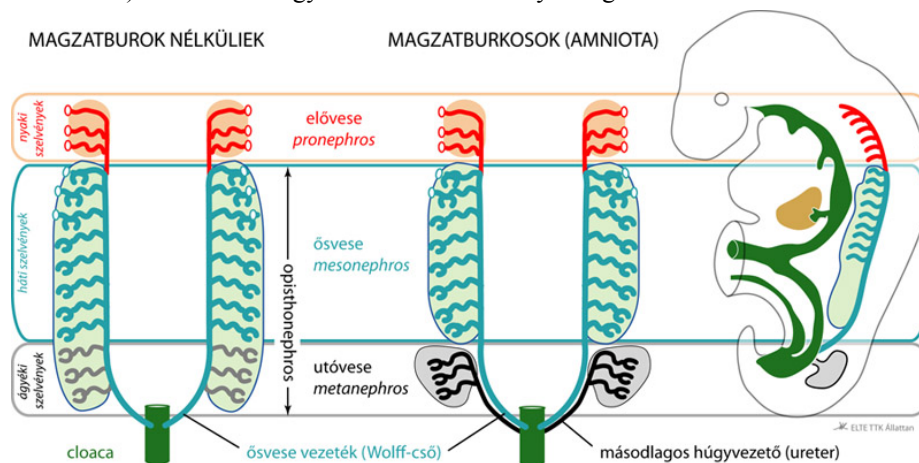
10.3.1.1. A gerincesek vizeletképző szervrendszere (*apparatus uropoetica*)

Ez a szervrendszer vizeletképző (vese), vizelet elvezető és -tároló (húgyvezeték, húgyhólyag), valamint vizeletkivezető részekből (húgycső) áll. A gerincesek kiválasztószerve a **vese** (*ren, nephros*), amelyet a szelvényenként ismétlődő, páros őscsigolyanyelek (*gononephrotom*) oldalsó, laterális telepei (vesetelep, *nephrotom*) hoznak létre (5.11. ábra). A hossz tengely mentén sorakozó **vesetelepek** részben eltérő képességekkel rendelkeznek, így eltérő vesetípusokat alakítanak ki.

A **legősibb gerincesekben** a fej mögötti, nyaki testszelvények területén ún. **elővese** (*pronephros*) jelent meg. A **fejlettebb gerincesek** egyedfejlődése során ez a vesetípus ugyanitt, a nyaki szelvényekben megjelenik ugyan, de az egyedfejlődés során felváltja egy, a hátsóbb szelvények vesetelepei által kialakított vesetípus. Ez az elővese mögötti összes, még rendelkezésre álló vesetelepet „felhasználja”, neve ennek megfelelően **opisthonephros**⁴. Magzatburok nélküli gerincesek, **halak és kétélűek vesetípusa** (10.7. ábra). Belső felépítését tekintve ősvese fejlettségű. Húgyvezetője az elővesevezetékéből (a későbbi Wolff-csőből) kialakuló **elsődleges húgyvezető**.

A **hüllők, madarak és emlősök** egyedfejlődése során megjelenő első vesetípus szintén az elővese. Hamarosan felváltja azonban a hossz tengely mentén hátrébb fekvő szelvények vesetelepeinek közreműködésével kialakuló vese, az **ősvese** (*mesonephros*). Mivel ez nem „használja el” a leghátulsó szelvények vesetelepeit, így azokból egy harmadik, az evolúció során új típusú vese, az **utóvese** (*metanephros*) jöhetett létre. Ennek húgyvezetője a **másodlagos húgyvezető** (*ureter*).

Az egyedfejlődés során megjelenő vesetípusok a hossz tengely mentén rendeződnek. A nyaki szelvények vesetelepei elővesét (*pronephros*), a háti szelvények szervtelepei ősvesét (*mesonephros*), míg a leghátulsó, ágyéki szelvények telepei utóvesét (*metanephros*) alakítanak ki (10.7. ábra). Felhívjuk a figyelmet az evolúció és az egyedfejlődés során megjelenő vesetípusok tudományos elnevezéseire: az előtagok (*pro-, meso-, meta-*) az adott szerv **hossz tengely mentén elfoglalt helyzetét írják le**⁵! A vesék tipikusan a testüreg, azaz a hashártya mögött, ún. **retroperitonealis** helyzetben (l. 5.13. ábra) találhatók. Húgyvezetőik is a hashártya mögött futnak.

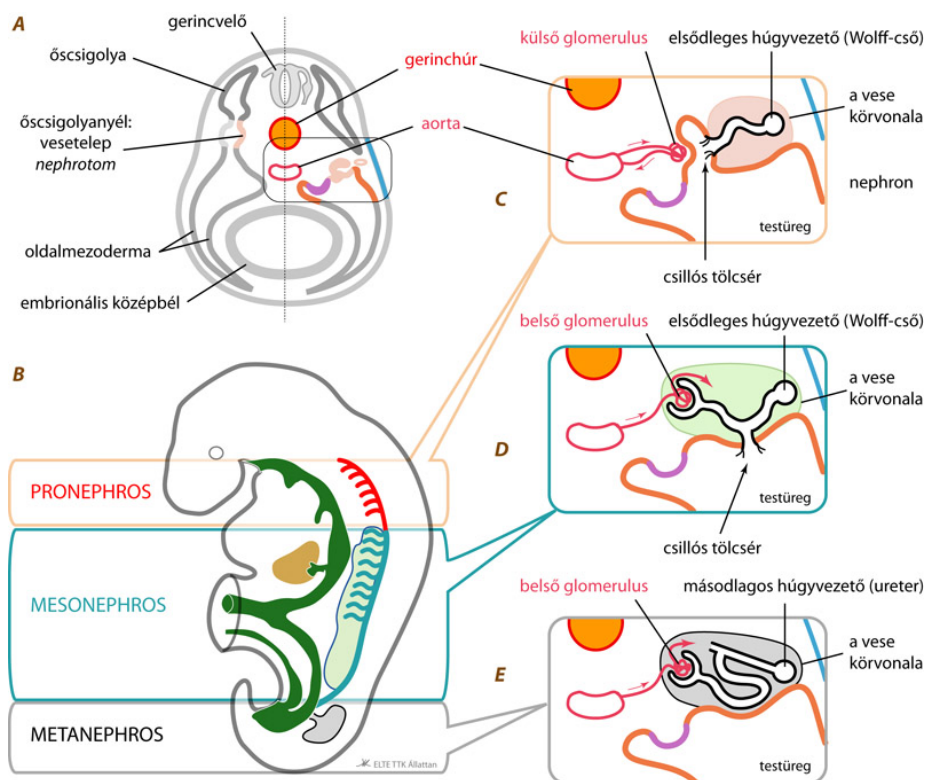


10.7. ábra. Gerincesek vesetípusai (a jobb oldalon emlős embrióba helyezve)

Mindegyik vesetípus morfológiai és funkcionális egysége a **nefron** (*nephron*). Ennek felépítése, s így teljesítménye azonban az egyes típusokban eltérő. A vesetípusok felépítését a 10.8. ábra foglalja össze. Erről leolvasható, hogy a különbségek az ultraszűrésben résztvevő érgomolyag (*glomerulus*) helyzetében (külső vagy belső), a nefron kettős falú tokjának (Bowman-tok) és csillós tölcserének meglétében illetve hiányában, a nefrotubulus hosszában és a húgyvezető eredetében (elsődleges vagy másodlagos, 10.7. ábra) vannak.

⁴Opistho–: leghátulsó

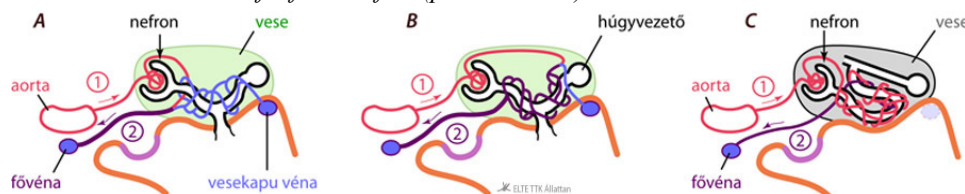
⁵Pro–: el(ül)ső, meso–: középső, meta–: valamin túli, azaz hátulsó



10.8. ábra. A gerinces vesetípusok helyzete és belső szerkezete, nefronjaik felépítése és kapcsolatai: a vesetelep elhelyezkedése az embrió keresztmetszetében (A), a vesetípusok helyzete emlős embrió hossz tengelye mentén (B). A C–E ábrák az egyes vesetípusok nefronjait és azok kapcsolatait mutatják: az elővese nefronja a vese felszínén található csillós tölcscsérrel kezdődik, amely (külső) glomerulussal szemben helyezkedik el. A nefron vezetéke az elsődleges húgyvezetőbe vezet (C). Az ősvese nefronjának is van a vese felszínén nyíló csillós tölcscsér, de már belső érgomolyagja fejlődik, amelyet kettősfalú Bowman-tokkal vesz körül. Húgyvezetője az elsődleges húgyvezető (D). Az utóvese nefronjának nincsen csillós tölcscsér, belső glomerulusa van, s hosszú vezetéke. Ez a másodlagos húgyvezetőbe torkollik (E) (az ábra színekódja megegyezik az 5.11. ábrán alkalmazottal)

A gerinces vesék vérrellátásáról azért szólunk röviden, mert ennek a veseműködés szempontjából kiemelt szerepe van. A Bowman-tok hámsejtjei az ultraszűrletet a keringési rendszerből képezik, s a primer vizelet módosításakor visszaszívott anyagok is a keringési rendszerbe jutnak vissza. Az érrendszer tehát végig kíséri a nefronokat, funkciójuk ellátásához és táplálásukhoz is nélkülözhetetlen.

A vese vérrellátására kezdetben egy kettősség jellemző: a vesébe egy vagy több veseartéria és egy vese kapu véna lép be. Az előbbi képezi az ultraszűréshez létrejövő érgomolyagokat (glomerulusokat), mivel benne a vérnyomás szabályozható. Az utóbbinak a nephrotubulusok hámsejtjeinek vérrellátásában van szerepe. A kiválasztócsatornák vérrellátását esetenként csak a vese kapu véna, máskor az érgomolyagból kilépő ér és a vese kapu véna – kevert vérrel – együtt biztosítja. Emlősöknél a vese kapuér rendszer visszafejlődött, már nincsen szerepe a nefronok vérrellátásában. A nephrotubulust az érgomolyagból kilépő artéria látja el (10.9. ábra). A vese vért az egy vagy több vese véna vezet el a hátsó testfél fővénái felé (pl. 12.7. ábra).



10.9. ábra. Az ő- és utóvese nefron vérrellátásának lehetőségei: a nefrotubulus vérrellátásában csak a vese kapuér (A), vagy a vese kapuér és az érgomolyagból kilépő artéria együttesen (B), illetve csak az érgomolyagot elhagyó artéria vesz részt (C)

A vese működését só- és vízháztartást szabályozó hormonok irányítják.

10.3.1.1.1. A halak és kételtűek vesetípusai

A **halaknak** fejlődéstani értelemben **kétféle veséjük** alakul ki. Az első 4–7 testszelvény vesetelepeiből fejlődik az **elővese** (*pronephros*). A szervtelepben szelvényenként a testüregbe csillós tölcserrel nyíló, laterális irányba futó csatornák alakulnak ki, amelyek aztán kaudális irányba fordulnak és az **elővese kivezetőcsővébe** torkollnak (10.8. ábra). A Wolff-féle cső aztán a testüreg fala mentén (retroperitoneális helyzetben) futva a kloakában végződik.

Az előveses csillós tölcserével szemben az aortából erek lépnek ki. Ezek elágaznak kisebb, gombolyagszerűen felcsavarodó arteriolákra, amelyek aztán újra összeszedődve visszalépnek az aortába. Az arteriolákban a vér nyomása viszonylag magas és ez lehetővé teszi, hogy a speciális szerkezetű érfalakon át a vérből alakos elemeket és a makromolekulákat nem tartalmazó folyadék szűrődjön ki. Ez a testüregbe jut, majd innen a csillós tölcser segítségével a kiválasztócsatornába. A kiválasztócsatornában aztán a szervezet számára aktuálisan szükséges anyagok visszaszívódnak, a maradék pedig kiürül a környezetbe (10.8. ábra).

Az elővese az egyedfejlődés során visszafejlődik és maradványa a testüreg legelülső részében található meg. Ebben az állapotban **fejvesének** nevezzük. A fejvese vérképző szerv, és a nyirokrendszer tagjaként működik (8.10. ábra).

A törzs további testszelvényeiben megjelenő **gononephrotomokból ősvese típusú kiválasztószerv** (*opisthonephros*) fejlődik (10.7. ábra). Az érgomolyagokat ebben a vesetípusban a vese szöveti állományába nyomulnak és azokat a kiválasztócsatorna kettőzete, a **Bowman-tok** körülveszi. Az érgomolyag és a Bowman-tok együttese a **vesetestecske**. Az érgomolyagot elhagyó ér az adott szelvény kiválasztó-csatornáját hálózta/hálózhatja be (10.9. ábra). A kiválasztócsatornák visszaszívják a szervezet számára szükséges anyagokat, majd e vesetípus esetében is a Wolff-féle csőből származó **elsődleges húgyvezetőbe** torkollnak. Ez **húgyhólyagba** nyílik, majd onnan a **húgyvezető** viszi a vizeletet a **klokába**. A húgyhólyag sok halfajban hiányzik.

A kifejlett halak működő veséje a testüreg dorsalis falához tapadó, hosszúkas, lapos, sötétvörös színű, páros szerv (8.10. ábra). A vese ventralis felszínén fut a húgyvezető, ami vékony, kékesfehér szalagként ismerhető fel.

A **kélteltűeknél** (Amphibia) a kiválasztás szervei a páros **vesék** (*ren*). Ezek fejlődéstani fejlettségüket tekintve ugyanolyanok, mint a halak működő veséje (*opisthonephros*, 10.7. ábra). A vesék a gerincoszlop két oldalán fekvő lapos, sötétpiros színű szervek (9.8. ábra). Mindegyik veséből egy-egy **húgyvezeték** indul ki, amelyek a kloakába nyílnak. A húgyvezetők a Wolff-féle csőből származtathatók. A hímekben a húgyvezetők egyben ivarsejteket is szállítanak (**húgy-ondó vezető**, magyarázatot lásd később), így annak vége hólyagszerűen kitágul és az ondóhólyagot alkotja, közvetlenül mielőtt a kloakába torkolna. A kloakából ventrálisan nyílik a **húgyhólyag**, melynek nincs közvetlen összeköttetése a húgyvezetőkkel.

10.3.1.1.2. A magzatburkosok veséi

A **hüllők veséje utóvese** (*metanephros*), mivel az embrió ágyéki testszelvényeinek vesetelepeiből alakul ki (10.7. ábra). Kéreg és velőállományra nem tagolódik az emlősknél megszokott módon. A nefronok száma néhány ezer (az emlősökben ez milliós nagyságrendű). A nefronoknak van feji része, amelyet a veseartériából származó érgomolyagot körülvevő **Bowman-tok** alkot (belső érgomolyag alakul ki). A magzatburok nélküliek nefronjához képest a nefrotubulus hosszabb, más szakaszokból áll, s csillós tölcserrel már nem rendelkezik (10.8. ábra).

A vese változatos és szabálytalan alakú, mivel lebenyezettsége többé-kevésbé születés után is megmarad. Húgyvezetője a Wolff-féle csőből származó, de attól fejlődés közben elkülönülő **másodlagos húgyvezető** (*ureter*), amely mindkét nemből csak vizeletet szállít (10.7. ábra).

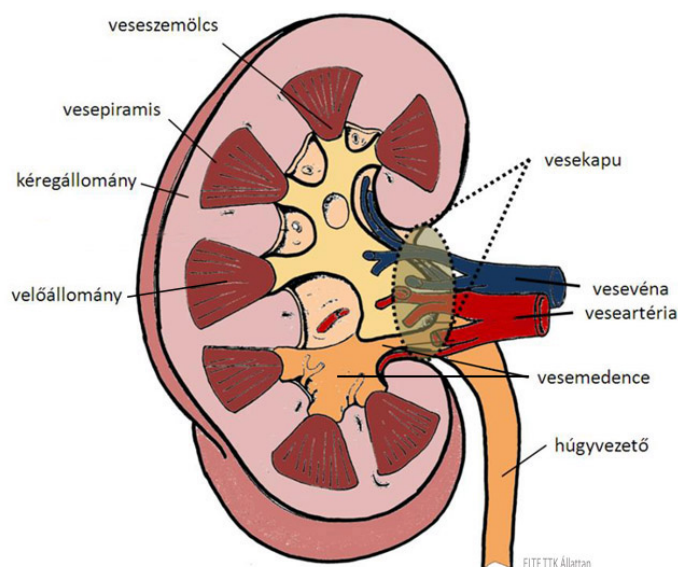
A hüllők (és a madarak) nitrogén-anyagcsere végterméke a húgysav – az emlősökhöz hasonlóan tengeri teknősknél és krokodiloknál ez részben a karbamid, más néven urea. (A tengeri teknősök még a vízben szintén nagyon jól oldódó ammóniát is használják e célra.) A karbamid eltávolításához sok vízre van szükség, s ennek biztosítása a vízszegény környezetben élő hüllők esetében jelentős gondot okozna – a húgysav viszont vízben nem oldódik, így kiválasztásához sem kell vizet használni. A húgysavat a máj szintetizálja, s a vérből a nephrotubulusok juttatják a vizeletbe. A kristályos húgysav még itt fehérjeburkot kap (ez már vízben oldható!), amit a kloakába kerülő vizeletből a mikroorganizmusok visszavesznek (ezért a húgysav a leadott vizeletben ismét kikristályosodik). A húgysav további előnyére szolgál az, hogy nagy mennyiségben sem toxikus, s hogy molekulájában kétszer annyi nitrogén van, mint a karbamidban, így segítségével hely- és víztakarékosabb módon (kristályos formában) oldható meg a nitrogéntartalmú végtermék kiválasztása, felhalmozása / tárolása – utóbbi a tojásban is.

A kiválasztásban jelentős szerepet kapnak még a **sómirigyek is**, amelyek az ornyílás és a szemek mellett, illetve a szájüregben alakulnak ki.

A **madarak** (Aves) osztályában szintén **utóvese** (*metanephros*) jelenik meg (10.7. ábra). Tulajdonságait tekintve a hüllők veséjéhez hasonló. Az emlősöktől eltérően benne nem fejlődik vesemedence és a kéreg és velőállomány sem mutat az emlősökre jellemző tagolódást. A víz visszaszívás nagyrészt nem a vetotubulusokban történik, hanem főleg az utóbélben és a kloakában. A nitrogén-tartalmú anyagcsere végtermék, a húgysav nagyon tömör formában az ürülékkel együtt távozik. A madaraknak nincs húgyhólyagjuk.

A tengeri madarak táplálkozás közben sok tengervizet nyelnek. Az ebből származó sók kiválasztása az orrüregbe nyíló sómirigy segítségével történik, amely a szemgolyó fölött, a csontos szemgödörben helyezkedik el.

Az **emlősök** (Mammalia) veséje (*ren*) jellegzetes alakú, vörösesbarna szerv, típusát tekintve ez is **utóvese** (*metanephros*, 10.7. ábra). A vesék a gerincoszlop ágyéki szakaszának két oldalán, a hashártya mögött foglalnak helyet (5.13. ábra), és tokjaik segítségével rögzülnek az izomzathoz. A vesének van egy **zsírszöveti és** azon belül egy **kötőszövetes tokja** – az előbbi kóros fogyás esetén felszívódhat, ekkor ún. vándorvese alakul ki. A vesék *ventralis* felszínére, a fentiekén kívül, még a hashártya fali lemeze lemeze is ráhúzódik. A vese mediális felszínén található bemélyedés a **vesekapu**, itt lépnek be a vesébe a veseartéria és a veséhez futó idegek, illetve innen lép ki a vesevéna és az húgyvezető. A vese belső felépítését legjobban a szerv hosszmetsetén figyelhetjük meg (10.10. ábra).



10.10. ábra. Emlősvese jellegzetességei (hosszmetset, vázlatrajz). A vesemedence üregének (narancssárga színezés) felső része annak felénk eső, külső (sárgával színezett) felszíne által takart)

Közvetlenül a vese saját tokja alatt egy sötétebb, finoman szemcsés, illetve egy csíktolt zóna látható, ez az érgomolyagokat is tartalmazó **vesekéreg**. Alatta a vesecsatornácskák magába foglaló és ezért csíktolt **velőállomány** következik, mely a vesekapu felé fokozatosan elkeskenyedve, az ún. **vesesemölcsben** végződik. (A vesesemölcsök (papillák) száma alapján megkülönböztetünk egy és több papillás vesetípusokat is.) A vesepapilla vesemedence felé tekintő felszínét számos vizeletkivezető cső (gyűjtőcső) torkolata teszi lyukacsossá. A vesesemölcs a **vesemedencébe** nyúlik, mely a papillát körülvevő keskeny, résszerű üreg; belőle lép ki a **húgyvezető** (*ureter*).

Az emlősök veséjére jellemző a **nefronok igen nagy száma**. A nefron kezdeti része a **vesetestecske**, itt a vérből fehérjementes ultraszűrlet képződik. A vesetestecske érgomolyagából (*glomerulus*) és Bowman-tokból áll (10.8. ábra). A nagy mennyiségű primer vizelet összetétele, illetve egyes anyagainak koncentrációja a vesecsatornácskákon áthaladva nagymértékben változhat. A változás mértéke egyrészt faji jelleg (egy száraz környezetben élő, pl. sivatagi állat veséje intenzívebb víz- és elektrolitvisszatartásra képes, mint egy nedves környezetben élő), másrészt fajon belül az állat aktuális élettani állapotának is függvénye (milyen táplálékot fogyasztott, ivott-e és mennyit). Általánosságban azonban elmondható, hogy az emlős nefron vízvisszatartásra specializálódott, a szövetközi

foliadéknál sokszorta töményebb (hiperozmotikus) vizelet előállítására képes. A **húgyhólyag** osztatlan üregű, rendkívül táglalékony, izmos falú szerv. Belőle a **húgycső** (*urethra*) vezet a kívüllágba.

Az emlősvese vérellátásában a hajdani portális (kapuér) vénának már nincsen szerepe: a nefron teljes egészét az érgomolyagot is képző veseartéria rendszere látja el oxigenizált vérrel (10.9. ábra).

Összefoglalás

Elsőként megállapítottuk, hogy a törzsfajlódás során először az ozmoregulációs szervek jelentek meg. A kiválasztószervek a só- és vízháztartás szabályozásán kívül anyagcsere végtermékek eltávolításával is foglalkoznak. Leszögeztük, hogy a kiválasztásnak két alapvető folyamata van, s hogy tanulmányozása során milyen kérdésekre kell választ keresnünk. Átnéztük az összjáuk *proto-* és *metanephridialis* típusú szerveit, valamint a fonálférgék egyedülálló oldalszervét és a rovarok Malpighi-edényeit. A gerincesekre áttérve megállapítottuk, hogy kiválasztó és ivarszerveik egységes szervrendszert képeznek, s hogy ennek fejlődéstani okai vannak. Felhívtuk a figyelmet arra, hogy a vesetípusaik a törzs- és egyedfejlődés során kranio-kaudális sorrendben követik egymást, s hogy tudományos neveik térben elfoglalt helyzetükre utal. Röviden jellemeztük a halak fejveséjét és maradó veséjét, amely utóbbihoz a kétéltűek szerve is hasonló. A hullóknél, madaraknál és emlősöknél már egy fejlettebb vesetípus jelenik meg, amelynek az első két csoportban sok hasonló vonása van. Végezetül jellemeztük az emlősök veséjét, annak néhány működési sajátosságával együtt.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Milyen feladatai vannak egy ozmoregulációs szervnek, s mely állatcsoportokban találkozott vele?
2. Jellemezze a kiválasztás fő folyamatait!
3. Hasonlítsa össze a *proto-* és *metanephridiumot*! Melyik milyen felépítésű és működésű, s mely állatcsoportokra jellemző?
4. Mutassa be röviden a fonálférgék kiválasztószervének specialitásait!
5. Sorolja fel a gerincesek körében kialakuló vesetípusokat, s magyarázza meg elnevezéseiket! Mik a közös és eltérő tulajdonságaik?
6. Jellemezze röviden a halak és a kétéltűek veséjét és vizelet elvezető rendszerét!
7. Hasonlítsa össze a hullók, a madarak és az emlősök veséjét felépítés és működés szempontjából!

11. fejezet - Az ivarszervrendszer (*systema genitalia*) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

11.1. Általános jellemzés

Az ivarszervrendszer felépítésének áttekintését érdemes annak funkcionális felosztásával kezdeni. Az ivarsejteket az **ivarmirigyek** (*gonad*) termelik. Elnevezésük magyarázata, hogy üreges szervek, amelyek falát eredendően hámréteg alkotja. Az egyedfejlődés során e hámrétegbe telepednek be az ivarsejtképző őssejtek, amelyek az ivarérett kor elérése után az ivarsejteket létrehozzák, „termelik”. A **petefészek** tudományos neve *ovarium*, a **here** neve pedig *testis*.

Az **ivarsejtek** (gameták) az állatvilágban **számfelező osztódással** (meiosis) alakulnak ki. A női ivarsejtek a **petesejtek** (oocita), a hímivarsejtek a **spermiumok**. A petesejteket a petefészekben speciális funkciójú hámsejtek veszik körül, amelyek vele együtt ún. **tüszőket** (*folliculus*) alkotnak. A tüszőhám hormonokat (is) termel. A hímivarsejtek nem tüszőkben, hanem **herecsövecskékben** fejlődnek.

Az ivarmirigyekben létrehozott ivarsejtek érési folyamatokon mennek keresztül, majd egy vezetérendszeren keresztül kivezetődnek a külvilágba. A női ivarutak fő eleme a **petevezető** (*oviductus*), amelyhez peteburkok anyagainak termelő, ún. **járulékos mirigyek** csatlakozhatnak. Ha a megtermékenyítés belső, akkor a párzótárs spermiumainak raktározását végző **párzótásak vagy spermiumtartó/tároló szerv** is kialakulhat. A hímivarsejteket elvezető csőrendszer része az **ondóvezető** (*ductus deferens*), amely mentén gyakran fejlődik **ondóhólyag** (*vesicula seminalis*). Váladéka a hímivarsejteket táplálja. Bonyolult felépítésű ivarszervrendszerekben egyéb funkciójú járulékos mirigyek is kialakulhatnak (l. pl. tüdőcsigáknál). Az ivarvezetékek testfelszíni nyílását **ivarnyílásnak** (*gonoporus*) nevezzük.

A megtermékenyítés lehet külső és belső. Az utóbbi esetben a hímivarsejtek párzótársba juttatását **párzószerv** (*penis, phallus*) segíti. Az ivarsejteket egyesével vagy ún. **spermiumtartó tokocskába** (*spermatophora*) zárva is át lehet adni. Utóbbit úgy kell elképzelni, hogy a spermiumok egy csoportja az ivarutak egy adott szakaszában fehérjeburokba csomagolódnak. A fehérjeburkot a nőtények enzimtartalmú váladék segítségével lebontják, s az így szabadabbá váló spermiumok megtermékenyítik a petesejteket.

A **megtermékenyítés** (*fertilizatio*) egyik **fő feladata**, hogy a megtermékenyített petesejtben (zigóta) helyreállítsa a diploid állapotot. A megtermékenyítés ugyanakkor aktiválja a petesejtben kódolt fejlődési programot, aminek következtében beindul az egyedfejlődés (embriogenezis). Egyes állatcsoportokban erre a petesejt hímivarsejt nélkül is képes: ekkor beszélünk **szűznemzésről** (partenogenezis). Ilyenkor a petesejt haploid magjának DNS állománya megkettőződik, de ezt nem követi sejtosztódás, így a megduplázódott kromatin mennyiség egy sejtben marad. Ez a sejt már diploid, bár alléljeire nézve homozigóta. Ezen állatok egyedfejlődéséhez nem szükségesek apai eredetű gének, míg az állatvilág többi fájánál ezek nélkülözhetetlenek. Az embrionális fejlődés a barázdálódással kezdődik. Mivel az állatok egy általános fejlődésmenetét már az 5. fejezetben leírtuk, így erre most nem térünk ki.

Az állatvilágban találunk **váltivarú** és **hímnős** állatokat.

A kétféle ivarsejt egy szervezetben való termelésére többféle megoldást is találunk. A leggyakoribb esetben ugyanabban a szaporodási ciklusban a petefészekben és a herékben egyaránt termelődnek ivarsejtek. Az ön megtermékenyítés elkerülése érdekében az ivarszervrendszer felépítése olyan, hogy a saját hímivarsejtek térben nem találkoznak a saját petesejtekkel. További biztosítékot jelent, hogy a két gaméta érése időben eltoltt egymástól. Előfordul, hogy az állat fiatal és idősebb korában más jellegű ivarsejteket termel, azaz pl. ivarmirigye a hímivarsejtek termeléséről átvált a petesejtek termelésére (pl. kagylók, üvegsügérek). Ilyenkor előfordulhat, hogy saját, elraktározott hímivarsejtjeivel termékenyíti meg a petesejtjeit (Caenorhabditis elegans).

Sajátos és egyedülálló a **tüdőcsigák** esete: olyan ivarmirigyük van, amelyben **látszólag** egy időben és ténylegesen egymás mellett termelődnek a hímivarsejtek és a petesejtek. Ezért ezt a szervet **hímnős mirigynek** (*ovotestis* vagy

glandula hermaphroditica) nevezzük. Ivarjáraitak felépítése, az ivarsejttermelés és a párzás szigorú szabályozottsága biztosítja az önmegtermékenyítés elkerülését (a részleteket l. a későbbi anatómiai tanulmányokban).

A gerinchúrosok és a gerincesek mind váltivarúak.

Az ivarmeghatározás (sexdeterminatio) lehet kromoszómális (szexkromoszómákkal, pl. X, Y), de azt, hogy az embriókban megjelenő differenciálatlan, ún. indifferens ivarmirigy melyik ivarmiriggyé fejlődik, azt a külső körülmények is meghatározhatják (pl. a hőmérséklet egyes hüllőknél). Az ivarmirigyek és az ivarutak fejlődését, valamint működését a hormonrendszer szabályozza.

11.2. A diploblasztikus állatok ivarszervrendszere

A **csalánozók** (Cnidaria) törzsébe tartozó állatoknál az ivarmirigyek az ivaros nemzedékben (medúzákban) jelennek meg (11.1. ábra). Ahol nincsen nemzedékváltozás, ott az ivarsejteket a helytűlő polipok termelik. Az ebbe a kategóriába tartozó **zöldhidra** ivarmirigyei az epidermisz rétegében alakulnak ki: a szaporodási időszakban (összel) egy petefészkek és több here jelenik meg az állat testén, a tapogatók alatt. A hímivarsejtek a vízbe kerülnek, eljutnak egy másik egyed petefészkehez. Megtermékenyítik az itt fejlődő petesejtet, majd a fejlődésnek induló embrió betokozódik. Az anyaállat az ősszel elpusztul, a betokozódott embriók azonban tavasszal új hidra generációt hoznak létre.

A nemzedékváltozást mutató csalánozóknál az ivarmirigyek a medúza nemzedékben fejlődnek ki, a megtermékenyítés külső, s a fejlődés lárvalakokon keresztül történik (19.1. ábra).



11.1. ábra. Csalánozó ivarszerve: a fülesmedúzán jól látszik a négy, kerekded ivarmirigy

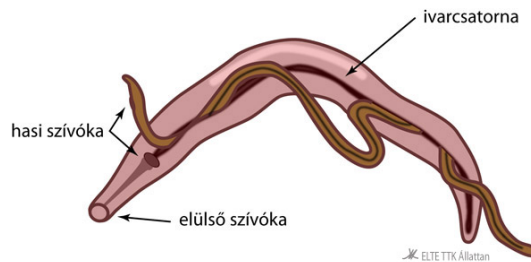
11.3. A triploblasztikus gerinctelenek ivarszervrendszere

A **laposférgek** (Platyhelminthes) a vérméltók kivételével **hímnős állatok**. Ivarszervük felépítése változatos. Az **örvényférgek** (Turbellaria) osztályában a planáriák ivarszerveit mutatjuk be vázlatosan (11.2. ábra). Ezek az állatok *parenchyma* szövetében találhatók. A hímivarsejtek számtalan herében (*testis*) termelődnek, majd az ondóvezetőbe (*ductus deferens*) jutnak. Az ondóvezetők párosak, végső szakaszuk ondóhólyagot formál, majd egyesülve a párzószervbe (*penis*) vezet. Ez utóbbi nyugalmi állapotban a köztakaró ivarpitvar nevű betüremkedésében található. Az ivarpitvar nyílása a külvilágba vezető ivarnyílás. Párzáskor az állatok a hímivarsejtjeiket kölcsönösen átadják egymásnak, azaz azokat a párzótárs párzótásájában ürítik. A spermiumok innen a petevezetőbe jutnak, majd a petefészkek felé, felfelé indulnak. A petesejtek a páros petefészkekben (*ovarium*) termelődnek, s a petevezető kezdeténél találkoznak a párzótárs hímivarsejtjeivel. A megtermékenyítés belső.



11.2. ábra. Örvényféreg ivarszervrendszere: az állat hímnős, ezért a hím- és női ivarszervrendszer egyaránt kifejlődik benne (az előbbi részeit kék és lila, az utóbbit zöld színnel jelöltük)

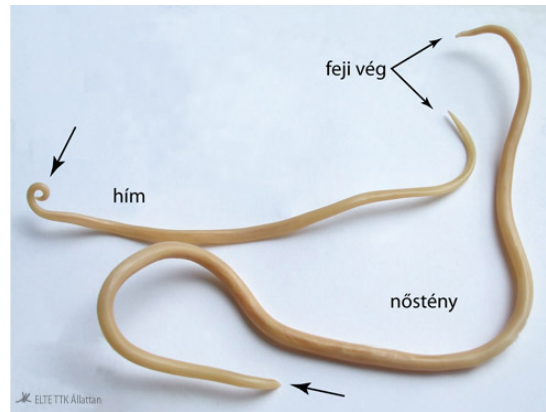
A paraziták közül a **galandférgeket** érdemes kiemelni, ahol a féregláncnak a dajkától távolabbi ízeit zömmel az ivarszervek (többnyire egy hím és egy női) és ivartermékek töltik ki. A közvetett fejlődésű mótelyek közegészségügyi szempontból talán legjelentősebb csoportjában, a **vérmótelyeknél** a két ivar között jelentős dimorfizmus alakult ki. A hím nagyobb a nőténynél, amelynek teste a hím testhosszában futó csatornában helyezkedik el – az állatok összekapcsolódva élnek (11.3. ábra). A szabadon élő laposférgek életkora nem ismert. A paraziták között a kifejlett galandférgek akár hosszú éveken át élősöködhetnek, miközben ontják a petéket. A kifejlett vérmótelyek negyven éves kort is megérhetnek.



11.3. ábra. Vérmótely hímje és nőténye: a nagyobb hím ivarcsatornájában él a nőtény

Az örvényféregnél közvetlen az egyedfejlődés, csak a tengeri ágasbelű örvényféregnél fordul elő **lárvaalak**. A közvetett fejlődésű mótelyeknél és a galandférgek körében bonyolult **fejlődésmenet** tapasztalható változatos lárvatípusokkal. Ezek közül néhányat a 20.4. fejezetben írunk le.

A **legtöbb fonálféreg** (Nematoda) **váltivarú**, a nemek között ivari dimorfizmus van: a hímek kisebbek és testvégük erősebben bekunkorodik (11.4. ábra). Az ivarszervek mindkettőnél jól fejlettek, részletes felépítésük ismertetésétől itt eltekintünk. A nőtényeknek van külön ivarnyílása, a hímeknél kloáka alakul ki. Belső megtermékenyítés jellemző, a hím párzó tüskékkel segíti a sperma bejuttatását a nőtény ivarnyílásába. A zigóta körül erős burok alakul ki a nőtény testében, majd lerakása után az embrionális fejlődés a környezetben folytatódik. **Néhány faj hímnős**: ilyen a laboratóriumi modellállatként használt *Caenorhabditis elegans*), amelynek populációiban hím példányok is megjelennek. Kevés fajnál szűznemzés (partenogenezis) fordul elő, az állati parazitáknál különféle bonyolultságú **fejlődésmenetek** alakultak ki a gazdaszervezettel összefüggésben (l. 23.4. fejezet).



11.4. ábra. Fonálféreg ivari dimorfizmusa

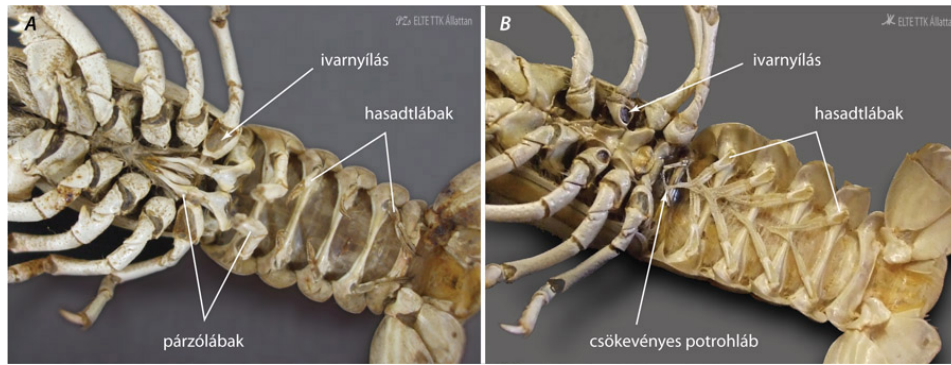
A **gyűrűsférgek** (Annelida) többsége **váltivarú**, de az édesvízi soksertéjűek, valamint a nyeregképzők **hímnősek**. A **soksertéjűeknél** (Polychaeta) nincsenek összetett felépítésű ivarszervek, időben sincsenek folyamatosan jelen a már ivarérett állatokban. Az ivarsejtek az ivarmirigyekben keletkeznek, a testüregben érnek és változatos utakon juthatnak ki a külvilágba: akár ivarvezetékeken, akár a vesécskén keresztül, akár a test felhasadásával. A megtermékenyítés külső, vízben élőknel a nőstény a vízbe bocsátja a petesejteket, amiket a hím megtermékenyít. Egy sajátos, Polychaeta jellegzetesség az epitokia, amelyről a csoport rendszertani jellemzésénél írunk.

A szárazföldi életmódra áttért, illetve édesvízi **nyeregképző** (Clitellata) **fajoknál** az ún. nyereg kialakulásával egy sajátos, párással egybekötött szaporodás jön létre. Éppen a szaporodás módja és a nem tengeri élőhelyekhez való alkalmazkodás az, amiben a két csoport (soksertéjűek és nyeregképzők) a leginkább különbözik egymástól. A nyeregképzők hímnősek és jól fejlett, bonyolult, állandó ivarszervekkel rendelkeznek. Az ivarszervek elhelyezkedése általában a test valamely részének szelvényeire korlátozódik, többnyire a feji vég közelében. Az ivarszervek felépítésének ismertetésétől itt eltekintünk. Szaporodás során kölcsönös megtermékenyítés történik, majd a zigóta a nyereg váladékából kialakuló petetokba (kokonba) záródik, és annak védelmében zajlik le az embrionális fejlődés. A soksertéjűek többsége szabadonúszó, ún. **csillangókoszorús** (*trochophora*) **lárvaalakon** keresztül fejlődik (l. 22.3.2. fejezet).

A **puhatestűek** (Mollusca) **többsége váltivarú** (pl. kagylók többsége, fejlábúak), de **vannak közöttük hímnősek** (pl. szárazföldi csigák) is. Ez utóbbi esetben az ivarmirigyek petesejteket és hímvarsejteket egyaránt termelnek (!), ivarmirigyük tehát ún. hímnős mirigy (*ovotestis*). Egyes fajok képesek nemük megváltoztatására (pl. tavikagyló). Az ivarmirigyekhez az ivarsejteket a külvilágba vezető ivarutak csatlakoznak. A petesejteket minden esetben peteburkokkal veszik körül, a hímvarsejteket pedig egyes csoportoknál spermiumtartó tokocskába zárják. Megtermékenyítésük lehet külső (pl. kagylók, fejlábúak) vagy belső (csigák). A csoportban a legbonyolultabb ivarszervrendszerrel a tüdős csigák (Pulmonata) rendelkeznek: ennek ismertetésére itt nem térünk ki. Csak annyit jegyzünk meg, hogy az ivarutakhoz több(féle) járulékos mirigy is kapcsolódik. Lárvatípusaik (ha vannak) a **csillókoszorús és a vitorlás lárva** (*trochophora* és *veligera*, l. 21.3.2. fejezet).

Az **ízeltlábúak** (Arthropoda) ivarszervrendszerét a rákok (Crustacea) és a rovarok (Insecta) körébe tartozó egy-egy példafajon ismertetjük. A **tízlábú rákok** (Decapoda) rendjébe tartozó **nemesrák** (*Astacus*) fajokat **ivari dimorfizmus** jellemzi. A hím állatok fejtora szélesebb a potrohnál, nőstényekben a két testtáj közel egyformán széles. Hímekben az első és második potrohláb jól látható és pározálabbá módosult, nőstényekben csökevényes (11.5. ábra).

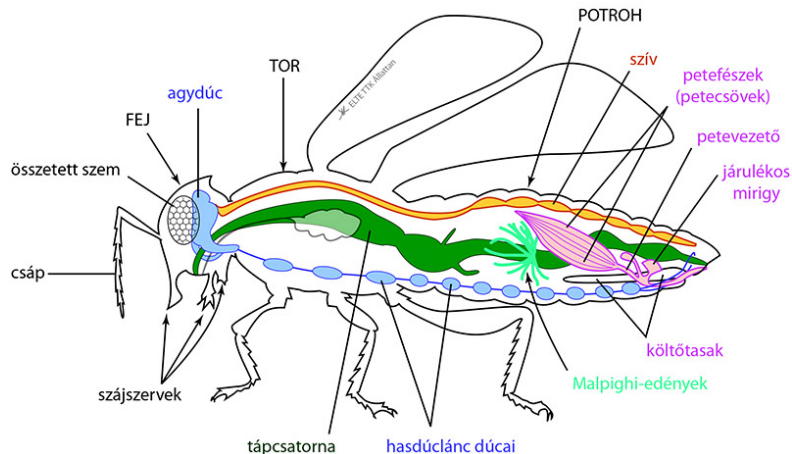
A **nőstények** fejtorban található petefészke (*ovarium*) páros szerv (10.4. ábra). A petefészkekből induló petevezető (*oviductus*) a harmadik járóláb tövéen nyílik a szabadba (11.5.B ábra). A **hímek** heréi (*testis*) szintén párosak. Az ondóvezető (*ductus deferens*) az ötödik járóláb tövéen nyílik a külvilágba (11.5.A ábra). A spermiumok spermiumtartó tokocskába (*spermatophora*) záródnak, amelyet a hím a pározálábak segítségével a nőstény hasoldalára, a petevezető nyílásának közelébe ragaszt. Ezt a petevezető váladéka lebontja, és a kiszabaduló spermiumok megtermékenyítik a petevezetőn leérkező petesejteket. A nőstény a megtermékenyített petesejteket (zigótákat) a torszelvényei alá hajtott potrohlábaihoz ragasztja, és az embriókat azok kikeléséig hordozza.



11.5. ábra. Tíz lábú rákok ivari dimorfizmusa: a hím első két pár potrohlába párzó lábbá módosul, s ivarnyílása az ötödik járóláb töizén található (A), míg a nőstény első potrohlábai csőkevényesek, ivarnyílása pedig a harmadik járóláb töizén van (B)

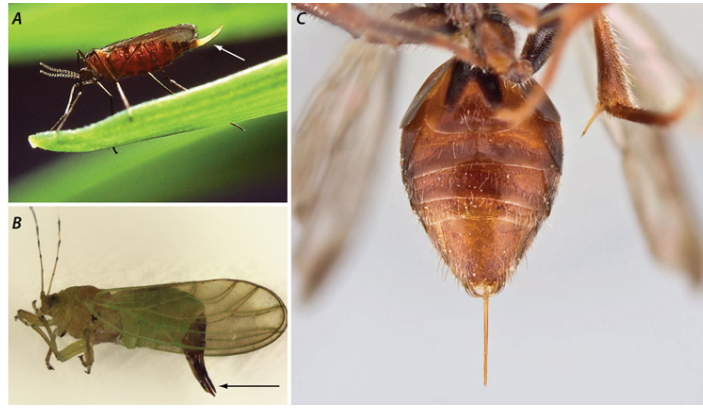
A **rovarok** (Insecta) szintén **váltivarú állatok**, a **megtermékenyítésük belső**. Ez azt jelenti, hogy az érett petesejtek a nőstény állat testén belül termékenyülnek meg. A belső ivarszervek az ivarmirigyekből (gonadok), a járulékos mirigyekből és a kivezetőcsövekből állnak. A külső ivarszervek a tulajdonképpeni párzószervek. A szervrendszer felépítését a **csótányok** példáján mutatjuk be.

A **nőstény rovarok** ivarmirigyei a páros petefészkek (*ovarium*), amelyek kötőszövetes szalaggal rögzülnek az egyik potrohszelvény hátlemezéhez. A petefészkek **petecsövecskékből** (*ovariola*) állnak, amelyek disztális részében sejtosztódás és a petesejtek kialakulása zajlik, proximális részében pedig érnek a petesejtek, azaz citoplazmájukba szikanyagok rakódnak be. A petesejtek a páros **petevezetőn** (*oviductus*) át a **hüvelybe** (*vagina*) jutnak, ahová az ivarszervek **járulékos mirigyeinek** kivezetőcsövei torkollnak. Ezek a járulékos mirigyek termelik a peteburkok anyagát. Ez védi, álcázza, illetve az aljzathoz rögzíti a fejlődő embriót. Sok fajnál ondótartály is csatlakozik az ivarszervekhez, ami a párzótárs spermiumainak időleges tárolására szolgál. Az ondótartály mirigyei táplálják a hímivar-sejteket. Az innen kiszabaduló spermiumok a petevezetőben termékenyítik meg a petesejtet. A belső ivarszervekhez sorolhatjuk a **költőtasakat** is. Ez egy hosszú, zsákszerű köztakaró visszatűrődés, amely a potroh *ventralis* részében található, egészen a torig húzódik. A költőtasak a vagina alatt nyílik a külvilágba (11.6. ábra). A rovarok a megtermékenyített petesejteket lerakják, majd visszaveszik a költőtasakba, ahol biztonságos környezetben fejlődhetnek az embriók.



11.6. ábra. Nőstény rovarok ivarszervei (általánosított vázlatrajz, amelyen az szervrendszer részeit lila szín jelöli)

A külső ivarszervek az utolsó potrohszelvény vázelemeiből kialakuló párzószervek. Egyes rovaroknál megfigyelhető az ún. **tojócső** (ovipositor, 11.7. ábra), amely a megtermékenyített petesejtek lerakását segíti. Sok rovarcsoportban a tojócső visszafejlődik. Ez a szerv szerepet játszik a párzás során, a peterakásban, és a lerakott peték újra felvételében is. Módosulásával alakul ki a fullánk.



11.7. ábra. Tojósövek (nyíl mutat rá, A, B) és fullánk (C)

A **hím** ivarmirigyek a **herék** (*testisek*) szintén a hátlemezhez rögzülnek. A páros herékből egy-egy **ondóvezető** (*ductus deferens*) lép ki, amelyekhez járulékos mirigyek csatlakozhatnak. A **járulékos mirigyek** széles kivezetőcsövét, amellyel csatlakoznak az ondóvezetők, ondóhólyagnak is nevezik. Ezután a páratlan **ondókilövellő cső** következik, amelybe szintén járulékos mirigyek torkollhatnak. Ezek váladéka a hímivar-sejteket 10–20 spermiumból álló együttesekké (*spermatophora*) ragasztja össze. A hím rovarok **külső ivarszervei** asszimmetrikusak és horog formájúak: egyes részeik segítenek a pározótársak összekapcsolásában. A külső ivarszervek alapállapotban az állatok testében visszatűrve foglalnak helyet, párzás előtt izmaik segítségével innen kifordíthatók.

A rovarok körében a szűznemzés nem szokatlan. Az osztály változatos posztembrionális fejlődéssel rendelkezik, amelynek típusaira a csoport rendszertani bemutatása során térünk ki részletesebben (30.4. fejezet).

11.4. A gerinchúrosok és gerincesek ivarszervrendszere

11.4.1. Általános jellemzés

Az ivarszervrendszer ivarsejteket létrehozó szerve az **ivarmirigy** (gonad), amely az **őscsigolyanyél** (*gononephrotom*) mediális (*gonotom*) telepéből alakul ki (l. 5.11. ábra). Ez az első háti szelvényekben, az *opisthonephros* (halak, kételtűek) vagy az ősvese (magzatburkosok) kraniális része mellett fekszik. Mesodermális állományába a fejlődés során vándorolnak be az ivarsejtképző őssejtek. Az ivarmirigy felépítése e betelepülés előtt mindkét nemből egyforma. Az, hogy a szervtelep petefészekké (*ovarium*) vagy herévé (*testis*) alakul, az általában attól függ, hogy a betelepülő őssejtek milyen szex kromoszómákkal rendelkeznek¹.

Az ivarjáratokat képező vezetékek kezdeményei mindkét nemből megjelennek. Ezek egyike a **Wolff-cső**, amely nem más, mint az *opisthonephros* vagy az ősvese vezetéke. A másik cső mellette húzódik, s **Müller-csőnek** hívják – csillós tölcserrel (petekürt) nyílik a hasüregbe, s egyik vesetelephez sem kapcsolódik. Mindkét említett vezeték az embrionális kloakába nyílik (11.8. ábra).

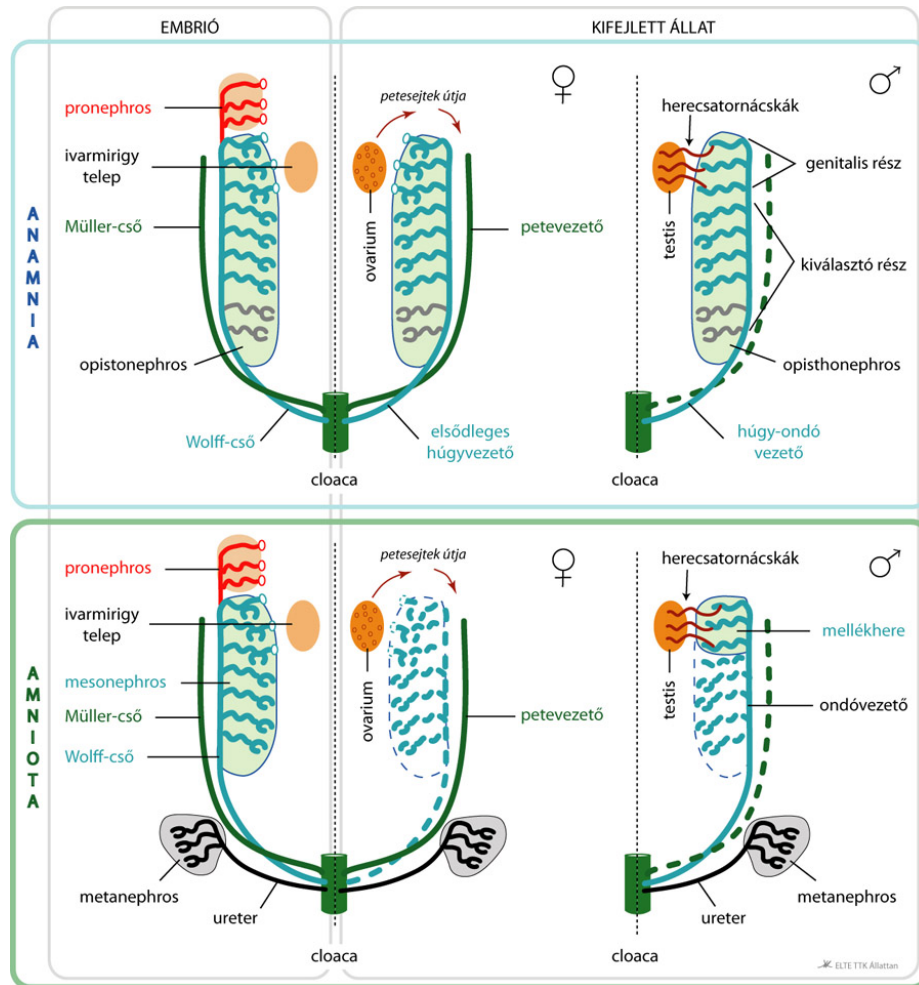
A **nőstény** gerinces állatokban az ivarsejtek nem érintik a kiválasztó szervrendszer egyik tagját sem. Esetükben a gonad telepéből petefészkek alakul ki. A benne megérett petesejtek a hasüregbe kerülnek, ahonnan a Müller-csőből alakuló² petevezető (*oviductus*) veszi fel őket: peteburkot termel köréjük, s a kloakán át a külvilágba juttatja őket.

Hímek esetében a helyzet bonyolultabb: a herévé fejlődő ivarmirigy csatornácskáinak rendszere átnő a szomszédos vesetelepbe (**húgy-ivar készülék** alakul ki), így a képződő hímivar-sejtek elvezetésében a Wolff-csőből fejlődő vezeték (magzatburok nélkülieknél húgy-ondó vezeték, magzatburkosoknál ondóvezeték, *ductus deferens*) mindenképpen részt vesz. A pontos viszonyokról a 11.8. ábra ad tájékoztatást!

¹A szexdeterminációnak gerincesek körében ettől eltérő szabályozása is ismert: pl. egyes hüllőknél a hőmérséklet alapján dől el, hogy a tojásban milyen nemű utód fejlődik.

²Ez nem vonatkozik a csontoshalakra (l. ott).

A fenti leírtak a csontoshalakra csak részben érvényesek (erről l. a következő fejezetet)!



11.8. ábra. Gerincesek ivarszerv rendszerének alapszabása és alakulása magzatburok nélküliek (porcos halak és kétéltűek, Anamnia, felül) és magzatburkosok (hüllők, madarak, emlősök, Amniota, alul) esetében. (A bal oldali ábrák felezettek: bal oldaluk embrionális, míg jobb oldaluk kifejlett nőstényekre jellemző állapotot mutat. A hímekben kialakuló viszonyokat a jobb oldali, csak egyik testfelet ábrázoló rajzok mutatják be. A csontoshalakban jellemző viszonyokat az ábra nem mutatja)

11.4.2. A halak és kétéltűek ivarszervrendszere

A **csontos halak ivarmirigyei** – a gerinces alapszabásnak megfelelően – az őscsigolyanyélből fejlődnek. Fejhez közeli, kraniális részükben termelődnek az ivarsejtek. Ez a szerv ún. fertilis része. Az **ivarvezetékek** az ivarmirigyek kaudális részéből alakulnak ki, tehát a gerincesek körében egyedülálló módon nem a Wolff- és Müller-csövek származékai!

A halak körében a **váltivarúság (gonochorismus)** jellemző.

Ritka kivételként azonban előfordulnak hímnős (hermaphrodita) fajok, vagy példányok. Az még gyakoribb, hogy egy adott faj hímjei nőstényekké alakulnak, vagy esetleg a nőstények válnak idősebb korukra hímekké.

Számos halfaj hímjét és nőstényét alig lehet egymástól megkülönböztetni, mások esetében az ivarok feltűnő különbségeket mutatnak (ivari dimorfizmus).

Pl. a keszegek, a ponty, a márna, a csuka hímjeit és nőstényeit csak bizonyos gyakorlattal és bizonyos valószínűséggel lehet külső megfigyeléssel elkülöníteni. A közismert díszhalak (pl. guppi, mexikói kardfarkú hal, sziámi harcoshal, ikrázó fogaspontyok, törpesügerek) hímjei és nőstényei viszont külsőleg annyira különböznek egymástól, hogy akár más fajnak is gondolhatnánk őket.

A **női ivarszerv** az őscsigolyanyél medialis részéből (*gonotom*) fejlődik, tehát mezodermás eredetű. A hasüregben foglal helyet (8.10. ábra). Ebbe vándorolnak be a csíralemezektől függetlenül keletkező ősvarsejtek. Utóbbiak többszörös osztódásuk során hozzák létre az ivarsejteket. A legtöbb halfajban az így kialakuló **petefészkekben** (*ovarium*) óriási számú (több millió) petesejt keletkezik. Minden szaporodási időszakban (ívási periódusban) a fajra jellemző számú petesejt (ikra) érik meg. Az ivartelep hátulsó, ivarsejteket nem tartalmazó (steril) részéből fejlődik a **petevezető** (*oviductus*). Ebben az ikrahéj felszínét borító, többnyire ragasztó anyagokat tartalmazó külső réteg szintetizálódik. A petevezető igen vékony falú cső, ami a kloakába torkollik.

Csontos halakban a **hím ivarszervek** a nőtényekben ismertekhez nagyon hasonlóan fejlődnek. Az ivarmirigy telepének kraniális (*fertilis*) részéből alakulnak ki a **herék** (*testis*). Belsejüket herecsatornák töltik ki, amelyekben a hím ivarsejtek keletkezése és érése zajlik. A szervtelep kaudális helyzetű, steril része, mint **ondóvezető** (*ductus deferens*).

A legtöbb halfaj **külső megtermékenyítésű, ikrarakó** (*ovipar*) állat, tehát külső ivarszerveik nincsenek. Csak az **eleventőjő** (*ovivipar*) halak (pl. elevenesülők fogaspontyok) megtermékenyítése belső.

A szaporodási (ívási) időszakban a halak fajra jellemző számú, legtöbbször nagyon sok ikrát raknak. Az ikrák száma elsősorban az ivadék gondozás fejlettségétől függ. Minél bonyolultabb az ivadék gondozás, annál kevesebb számú ivartermék tudja biztosítani a faj fennmaradását.

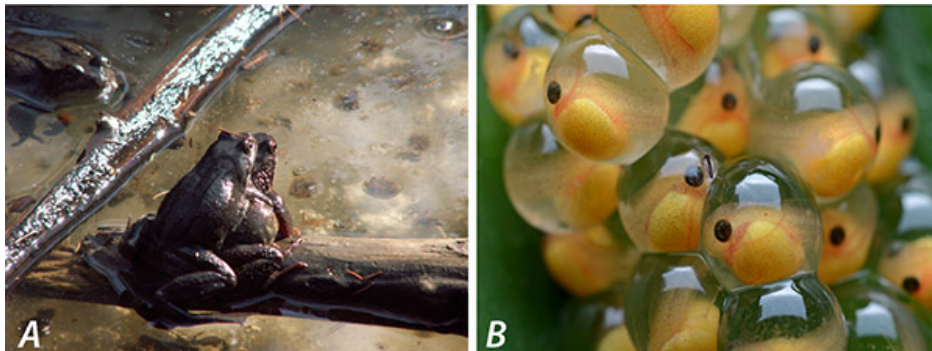
A **kéltűek** (Amphibia) osztályába tartozó békák **nőtényeiben** a páros petefészek (*ovarium*) terjedelmes, a hasüreg felső-középső részét kitöltő szerv. Fala nagyon vékony, rajta áttűnnek a fekete-sárga színű, fejlődésben levő petesejtek. A **petevezető** (*oviductus*) a tölcser alakú petekürttel kezdődik egészen elől, a tüdők mellett. Hosszú, sokszorosan kanyargós lefutású, sárgásfehér cső, amelynek „méh” (*uterus*) nevű tágulatában átmenetileg felhalmozódnak a peték a lerakásuk előtt (9.8. ábra). A petevezető mirigyeinek váladéka adja azt a kocsonyás burkot, amely a békák lerakott petecsomóit védi. Az érett peték a petefészekből annak falán átjutva a testüregbe kerülnek, majd a petevezetőn keresztül a kloakába, innen pedig a szabadba kerülnek.

A **hímekben** két ovális sárgás színű herét (*testis*) találunk, melyek a vesék hasi oldalához simulnak. A here lényegében finom ondócsatornácskákból áll. Ezekben termelődnek az ivarsejtek. A herékből kiinduló finom vezetékek a vese szöveti állományába lépnek, ahol egyesülnek a kraniális helyzetű kiválasztócsatornákkal (11.8. ábra). Ez utóbbiak a Wolff-csőbe nyílnak. A Wolff-cső tehát a kifejlett hím kéltűekben húgy-ondóvezetőként működik. Ezen keresztül jutnak le az ivartermékek a kloakába. A kéltűeknek nincsenek pároszerveik.

Az ivarmirigyek mérete mindkét nemnél évszakonként változik. Tavasszal megnagyobbodnak, az év többi szakában kisebbek. Mindkét nemnél az ivarmirigyek mellett élénk sárga színű zsírtest is látható (l. 9.8. ábra). Ezek az ivarsejtek képzéséhez és fejlődéséhez szükséges tápanyagokat tartalmazzák.

A **megtermékenyítés külső**, a béka petéit vízbe rakja (11.9. ábra).

A lerakott petéből kedvező körülmények esetén 7–8 nap alatt fejlődik ki a **lárva (ebihal)**. Az ebihal eleinte a halakhoz hasonló, majd fokozatosan alakul át békává. Tehát a kéltűek **fejlődése közvetett**, a lárva **metamorfózison** megy keresztül, így alakul kifejlett egyedé.



11.9. ábra. Békák párzás közben (A) és a fejlődő ebihalak (B)

11.4.3. A magzatburkosok ivarszervrendszere

11.4.3.1. Az alapszabás

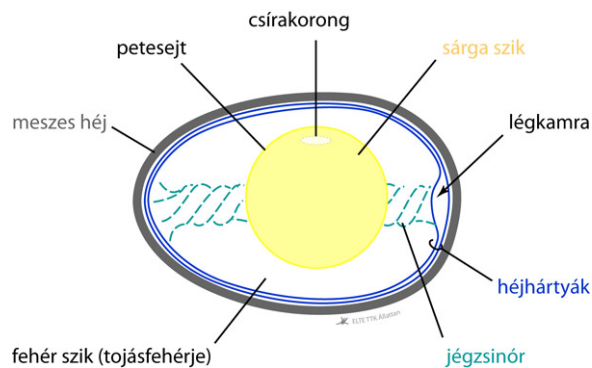
Hím magzatburkosoknál a húgy- és ivarszervrendszer megőrzi fejlődéstani kapcsolatát. A **Wolff-cső**, mint elsődleges húgyvezető, eredetileg az elő-, majd az ősvese vezetéke, ám amikor a hímekben a gonadtelep (*gonotom*) herévé alakul, a herecsatornák és az ősvese kraniális részének nefrotubulusai összeköttetésbe kerülnek egymással. Az ősvese kraniális részéből, valamint a Wolff-cső kezdeti szakaszából a magzatburkosok egy új szerve, a **mellékhere** (*epidydimis*) differenciálódik, a Wolff-cső további szakasza pedig a kifejlett állat **ondóvezetője** (*ductus deferens*) lesz (11.8. ábra). A **hímek párzószervvel rendelkeznek. A megtermékenyítés belső.**

A **nőstény embriókban** az ivarmirigyek telepei petefészkekké fejlődnek, az ősvese és a Wolff-cső visszafejlődnek (a változások oka hormonális). Esetükben a **Müller-csőből** fejlődik az ivarvezeték, amelynek kezdeti része a testüregebe nyíló csillós tölcserré (petekürt) alakul (11.8. ábra). A vezeték további szakaszai a **petevezető** (*oviductus*), a "méh"³ (*uterus*), valamint a hüvely (*vagina*), amely párzószerv.

A **gonadok kettős működésűek**. Egyrészt citogén (sejtképző) szervek, másrészt hormontermelésük révén endokrin mirigyek. A **nemi hormonok** szerepet játszanak az ivarsejtek fejlődésének és érésének szabályozásában, biztosítják a szexuális aktivitást, és felelősek a másodlagos nemi jelleg kialakításáért, illetve fenntartásáért. Szekréciójukat mindkét nemben a hipofízis gonadotrof hormonjai (tüszőérés serkentő hormon, FSH és a luteinizáló hormon, LH) szabályozzák.

A megtermékenyítés annak a petevezetőnek a felső szakaszában történik, amelyben a **hüllők és madarak** esetében **tojás** formálódik. A tojás tulajdonképpen egy zárt tér, amelyben az egyedfejlődéshez szükséges feltételek szárazföldi körülmények között is biztosítottak.

Miközben a megtermékenyített petesejt (hétköznapi értelemben a tojás sárgája) elkezd lefelé vezető útját, a felszínére kerülnek a tojás rétegei (a tojásfehérje, a héjhártyák együttese és a tojánhéj). A petesejtet a jégzsinór függeszti fel, biztosítva, hogy a belőle fejlődő, növekvő embriót még a forgatott tojásban is megfelelő tér vegye körül. A tojás lerakása után kialakul a légkamra. A hüllőtojások többnyire lágy, a madártojások meszes héjúak. A tojás szerkezetét a 11.10. ábra mutatja be.



11.10. ábra. Tojás felépítése: közepén a petesejt látható, amely sárga sziket tartalmaz, benne a csírákorong szikmentes citoplazmája (fehér folt): ebből a területből fejlődik az embrió. A jégzsinór a petesejtet függeszti fel. A belső és külső héjhártya összefekszik, közöttük csak a tojás tompábbik végénél alakul ki légkamra. A héjhártyák a tojánhéjhoz simulnak (a valóságban a két héjhártya, valamint a külső héjhártya és a tojánhéj közötti rés nem létezik)

Emlősők esetében tojás nem alakul ki (kivétel a kacsacsőrű emlős), hiszen az utódok születésükig a vezetékrendszer jellemző tágulatában, a **méhben** (*uterus*) fejlődnek.

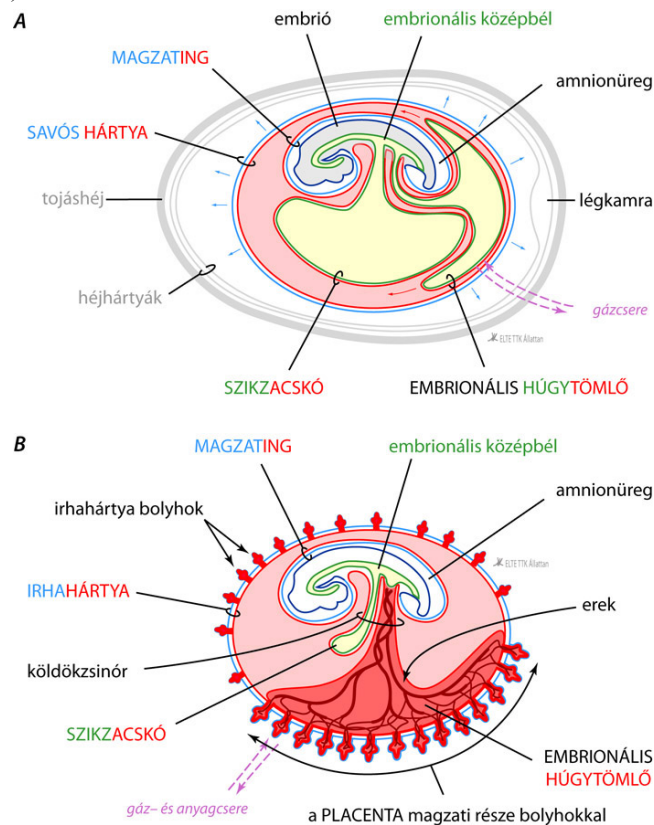
³A tojásrakóknál az elnevezés indoka, hogy itt a tojás hosszabb ideig tartózkodik.

11.4.3.2. A víztől függetlenített embriogenezis – a magzatburkok

Magzatburkok a fejlődő magzatot körülvevő hárták, burkok. Csak akkor fejlődnek ki, ha az embrió is fejlődésnek indul, azaz kialakulásuk előfeltétele a megtermékenyítés. Mivel az embriót veszik körül, nem épülnek be annak szervezetébe, embrióon kívüli (extraembriális) magzatburkoknak is nevezik őket.

Négy magzatburkot különítünk el, amelyek egymás feladatait kiegészítve az embrionális fejlődés vizes közegtől való függetlenné válását teszik lehetővé.

Nézzük először a **hüllők és a madarak** fiókáit! A magzatburkok közül a legbelső, ami az embriót körülveszi, a **magzating** (*amnion*, 11.11.A ábra). Ez egy üreget (amnionüreg) határol, amelyben amnion folyadék van. Ennek megfelelő összetétele a fejlődéshez szükséges mikrokörnyezetet biztosítja, mechanikai védelmet nyújt (a folyadékok összenyomhatatlanok), s lebegteti az embriót. A legkülső magzatburok az ún. **savóshártya** (*serosa*). Ennek elsődleges feladata a légzésben van, hiszen a porózus tojásbél alatt fekszik, és a légzési gázok átdiffundálnak rajta. A magzating és a savós hárták közötti tér embrióon kívüli másodlagos testüreg, amelyben további két magzatburok található. Közülük az egyik a **szikzacskó** (*saccus vitellinus*), amely tartalék tápanyagként szolgáló szikanyagot raktároz. A szikanyagot a szikzacskó fala bontja (enzimek termelése révén), s az így kinyert tápanyagokat a szikzacskó falában kialakuló keringés szállítja az embrióba. A szikzacskó ürege az embrionális középbél (*mesoderm*) üregével áll kapcsolatban. A másik magzatburok az **embrionális húgytömlő** (*allantois*). Az embrionális kloáka falának kitürodéseként jelenik meg, s kinőve az embrióból fokozatosan belenő az embrióon kívüli másodlagos testüregbe. Elsődleges feladata a vese által kiválasztott anyagcseretermékek raktározása, hiszen ezeket a tojásba zárt fióka nem tudja leadni a környezetbe. Növekedve fala hozzáfekszik a savós hárták belső felszínéhez, s ahhoz hozzá is tapad. Falában ereket van, amely így a tojásba bejutott oxigén szállítását végzi. (Természetesen a széndioxid leadásában is van szerepe.)



11.11. ábra. A magzatburkok: A) A legbelső a magzating, amely az amnionüreget kitöltő amnion folyadékot termeli. A legkülső a savós hárták, amely a héjhárták alá fekszik, s egyre jobban megközelíti azokat (kis kék nyilak). A szikzacskó és az embrionális húgytömlő a kettő között fejlődik. Utóbbi növekedve fokozatosan kitölti a savós hárták és a magzating közötti teret (kis piros nyilak), s belülről hozzátapad a savós hártához. Erezete révén a fióka oxigénellátását biztosítja. A héjhárták és a meszes tojásbél nem tartoznak a magzatburkokhoz (azaz az embrióhoz), ezért szürke színűk jelzi. B) Az emlősökben a savós hárták más nevet kap, s irhahárták a neve, mert bolyhokat visel. A szikzacskó fejletlen. Az üreget nem tartalmazó embrionális húgytömlő itt is hozzájárul a külső

magzatburokhoz, s vele együtt a méhlepény magzati részét képezi, amely nagy bolyhokat visel: e bolyhokon keresztül zajlik a magzat oxigén- és tápanyagellátása. A köldökzsinórt az embrionális húgytömlő képezi, állományába a szikzacskó is belekerül. (Mind a négy magzatburok két-két lemezből áll, amit a neveik színösszetétele jelez – kék: ektoderma, piros: mezoderma, zöld: entoderma eredetű réteg. A magzatburok erezettségével kapcsolatban a szöveg ad tájékoztatást)

Az **emlősökben** kialakuló viszonyok hasonlóak. A magzating itt is a legbelső magzatburok. A szikzacskó fejletlen, mivel a tápanyagokat az anyai szervezet biztosítja. A magzat és az anya között a méhlepény teremti meg a kapcsolatot. A **méhlepény** (placenta) korong alakú képlet, amelynek van egy magzati (fötális) és egy anyai (maternális) eredetű része. A magzati rész alkotásában két magzatburok vesz részt: a hüllők és madarak savós hártájának megfelelő, de itt más nevet viselő ún. **irhahártya** (*chorion*), valamint az embrionális húgytömlő (*allantois*). Az irhahártya bolyhokat visel, amelyeknek a magzat rögzítésében van szerepe. Az embrionális húgytömlő emlősöknél nem tartalmaz üreget, ám erezete rendkívül fejlett, hiszen a placenta bolyhokba benőve ez hozza létre a kapcsolatot az anyai keringéssel. A méhlepény magzati részével a köldökzsinór tart kapcsolatot (11.11. ábra). A placenta anyai része a méhnyálkahártyából fejlődik.

A méhlepény számtalan funkciója közül a legfontosabbak a következők. Főszerepet vállal az embrió méhfalhoz való rögzítésében, szoros kapcsolatot teremt az anyai és a magzati vérkeringés között (tápanyag ellátás és légzési gázok cseréje), hormontermelésével fenntartja a méhfal megfelelő szerkezetét, valamint kapcsolatot tart az anyai immunrendszerrel (tolerancia a magzattal szemben, ugyanakkor a magzat fertőzésekkel szembeni védelme).

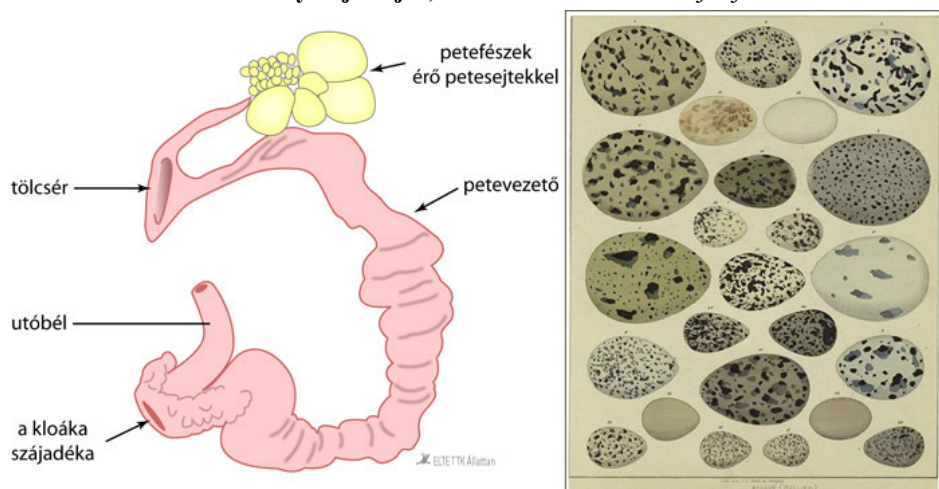
11.4.3.3. A hüllők és madarak ivarszervrendszere

A **hüllők ivarszervrendszerének felépítése** a magzatburkos gerinces alapszabást követi (11.8. ábra). Hímekben urogenitális rendszer, mellékhere (*epididymis*) és ondóvezető (*ductus deferens*) alakul ki. Párázószervük a kloáka ventrális falának képződménye, lehet páros és páratlan.

A megtermékenyítés belső, a **tojások többnyire lágyhéjúak**. Egyes hüllők kikelt fiókáikról gondoskodnak.

A hüllők körében ismert a *“tojás elevenszülés”* (*ovo-viviparia*): ez esetben a tojások az uterusban időznek, így az embriók fejlődését az anyai szervezet testmelege biztosítja. A fiókák vagy a tojás lerakása közben, vagy nem sokkal az után kelnek ki (*pl. lábatlan gyík, keresztes vipera*).

A **madarak** (*Aves*) osztályában az ivarszervek csak a szaporodási periódus elején – az ivarsejtek termelésének idején – fejlettek, illetve aktívak, ezen kívül visszafejlődnek. A **hímek** heréi a nyugalmi állapothoz képest akár 200-szorosra is nőhetnek ebben az időszakban, majd ezt követően gyorsan visszafejlődnek. Néhány csoport kivételével (récék, futómadarak) a hímeknek nincs párázó szervük. A **tojók** ivarszerve is csak a szaporodási időszakban jelentős méretű (11.12. ábra). Kifejlett állatokban rendszerint csak a bal oldali petefészek található meg. A termelődő petesejtek a petevezetőbe kerülnek, ennek kezdeti szakaszában megtermékenyülnek meg, majd lefelé haladva fokozatosan alakul ki a **kemény héjú tojás**, illetve kialakul ennek fajra jellemző színezete is.



11.12. ábra. Tojó petefészke és ivarvezetéke (baloldalon), valamint különböző méretű és színezetű tojások (jobbra) (A petefészekben a nagyobb méretű petesejtek idősebbek. A petevezető különböző átmérőjű szakaszaiban a tojás más-más rétegei rakódnak a lefelé haladó megtermékenyített petesejt köré)

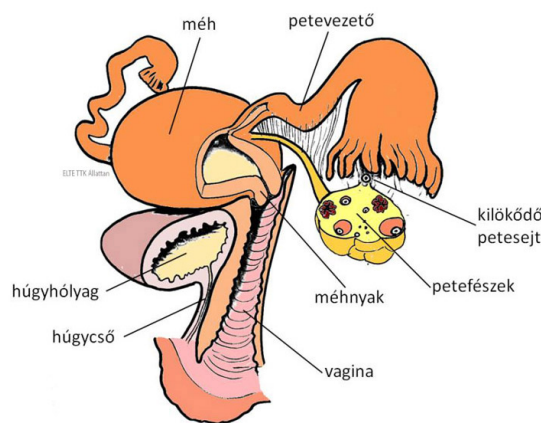
A **tojások száma** általában fajfüggő, a nagyobb fajoknál általában kisebb, a kistermetű fajoknál nagyobb, akár tízes nagyságrendű is lehet. A testtömeghez viszonyítva a legnagyobb tojásai jellemzően a kolibriknek vannak, de az abszolút győztes a kivi.

A tojásokon – a szaporodási stratégia függvényében – vagy mindkét ivar vagy csak az egyik **kotlik**. A kikelt fiókákat mindkét vagy csak az egyik ivar gondozza. Az ivadék gondozás terén a legnagyobb teher a fészeklakó fiókákkal bíró fajoknál hárul a szülőkre, a fészekhagyóknál ez a szerep kisebb.

A madarak rendkívül **változatos szaporodási stratégiával bírnak**. Egyes csoportjaikra jellemző a színezetben vagy méretben megjelenő ivari kétalakúság. Jellemzően a hímek a díszesebbek és/vagy nagyobbak, de az ellenkezőjére is van példa (baglyok, víztaposók). Lehetnek poligámok, de gyakoribb az – esetenként élethosszig tartó – monogámia (pl. sasok).

11.4.3.4. Az emlősök ivarszervei

Elsőként nézzük át a **női ivarszervrendszert**! Itt a **belső nemiszervek** a petefészek, a petevezető, a méh és a hüvely. A **petefészek** (ovarium) a petéket és a női nemi hormonokat (ösztrogének, progeszteron) termelő lapított, tojás alakú szerv. A petefészekben kéreg- és velőállományt különíthetünk el. Az előbbiben találjuk az érőben lévő tüszőket, az érett tüszőket és a sárgatesteket (11.13. ábra).



11.13. ábra. Az emlősök női ivarszervrendszerének belső szervei és a petefészek felépítése

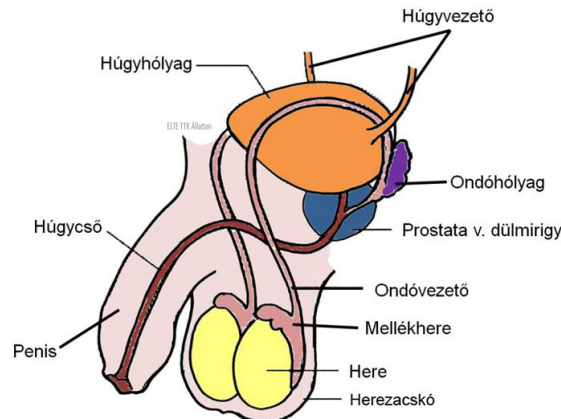
A **petevezető** kezdete, a petekürt ráborul a petefészkekre. Az petevezető ehhez közeli kis tágulatában történik a megtermékenyítés. Az embrionális fejlődés kezdetét veszi, s közben az embrió halad a méh felé. A **méh** (uterus) területén kitapad annak falához, majd a méhnyálkahártyába sülljed (beágyazódik). A **beágyazódás** (implantáció) teremti meg annak lehetőségét, hogy kialakulhasson a magzati és az anyai szervezet között az emlősökre jellemző szoros kapcsolat. A méh már páratlan szerv, a külvilágból ebbe nyílik a **hüvely** (vagina), amely a nőtény állatok pároszerve. Egyes esetekben a húgycső ennek végső szakaszába nyílhat, máshol az ivarszerv és a vizeletképző szervrendszer önállóan vezet a külvilágba.

Az elsőrendű tüsző fejlődése során egyre nagyobb lesz és saját hormontermelése (ösztrogének) is nagymértékben fokozódik. Az érési folyamat végén a most már érett tüsző (Graaf-tüsző) az FSH, de főleg a hirtelen megnövekedett LH termelés hatására (LH-csúcs) fölreped, és a pete kilöködik. Ezt a folyamatot nevezik tüszőrepedésnek (ovuláció). Bizonyos állatokban, így pl. a macskákban is, az ovulációt a párosodás váltja ki (indukált ovuláció). A fölrepedt Graaf-tüsző bevérzik, majd röviddel ezután sárgatestté alakul. A sárgatest ösztrogéneket és progeszteront termel, majd ha az állat nem termékenyült meg, hormontermelésének csökkenésével fokozatosan elszorvad. Ha az állat vemhes lesz, a sárgatest tartósan működő terhességi vagy vemhességi sárgatestté alakul át, és hormontermelésével fenntartja a méhnyálkahártya beágyazódást és embrionális fejlődést lehetővé tevő állapotát. Szerepét egy idő múlva méhlepény eredetű hormonok veszik át. Minthogy a működő sárgatest a hipotalamusz-hipofízis rendszeren keresztül gátolja a peteérést, így a fennálló terhesség megakadályozza az újabb terhesség bekövetkezését.

A **külső nemiszervek** a csikló és a vulva (a hüvelynyílást határoló képletek gyűjtőneve).

Az emlősök **hímivarszervei** belső ivarszervekre (herék, mellékherék, ondóvezetők és járulékos mirigyek), illetve külső ivarszervekre (herezacskó és hímvessző) tagolhatók (11.14. ábra). A **here (testis)** a **herezacskóban (scrotum)** foglal helyet. A herezacskó a hasfal ventrális kitüremkedése, benne a hőmérséklet valamivel alacsonyabb, mint a testüregben, és ez a kis hőmérséklet különbség rendszerint nélkülözhetetlen a spermiumok normális fejlődéséhez, termékenyítőképességéhez. (Bizonyos emlősfajokban (pl.: szarvas) a herék csak a szaporodási időszakban találhatók meg a herezacskóban, különben a lágyékcsonthoz vagy a hasüregbe húzódnak vissza.)

A here állománya kúp alakú lebenyekre tagolódik, amelyekben vékony, felcsavarodott csövecskék, herecsatornácskák nagy tömege található. A herecsatornácskák falában fejlődnek a spermiumok, a csatornácskák között, az ún. interstitialis állományban a tesztoszteront termelő Leydig-sejtek találhatók.



11.14. ábra. Emlősök hímivarszervei

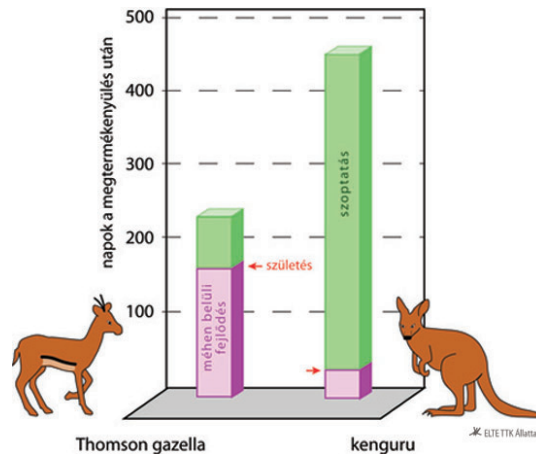
A herék a hasüregben fejlődnek, majd a magzati élet folyamán a lágyékcsonthoz át innen szállnak le a herezacskóba.

A **hímivarszervek járulékos mirigyei** az ondófolyadék termelésében, a spermiumok életképességének biztosításában játszanak fontos szerepet. A hím húgycső a húgyhólyagból lép ki és a hímvessző csúcsán nyílik a szabadba. Izmos falú cső, mely a vizeletet, valamint az ejakulátumot vezet ki a szervezetből. A **hímvessző (penis)** merevedésre képes (erectilis) pároszerv.

Legbelső része a medencecsontokhoz kapcsolódik, és így erősen rögzíti a hímvesszőt. Szabadon levő kiemelkedő része testre és makkra tagolódik. A penis testében és a makkban szivacsos test és barlangos testek vannak, amelyek vérrel megtelve megmerevítik a hímvesszőt és lehetővé teszik a hüvelybe való behatolását. A makk (glans) mögötti ároknál a makk bőre visszahajlik és a makkot borító fitymát hozza létre.

Az erekció bonyolult mechanizmusa jelentős egyszerűsítésekkel a következőképpen képzelhető el. A barlangos testekbe vezető artériák lumene nyugalmi állapotban igen szűk. Mindezek következtében rajtuk csak minimális mennyiségű vér áramlik át. Nemi izgalom hatására az erek átmérője megnő, a bezúduló vér telíti a barlangos testeket, mire ezek megduzzadnak. Ez a duzzadás csak egy határig növeli a penis méreteit, ui. a barlangos testet körülvevő erős kötőszövetes tok nem tágulékony. A hímvessző mérete egy határon túl tehát már nem nő, megmerevedik. Az ejakulációt követően a nemi izgalom csökken, az említett artériák lumene szűkül, ezzel együtt fokozódik a vénás elfolyás, a hímvessző fokozatosan visszanyeri eredeti, nyugalmi méreteit.

A **megtermékenyítés** a petevezető felső részén történik, az embrió beágyazódásának helye azonban már a méh. A méh nyálkahártyája mirigyekben és erekben igen gazdag. A fejlődő embrió körül kialakulnak a magzatburkok, amelyek közül kettő létrehozza a méhlepényt (placenta) magzati részét (11.11. ábra). Mivel a méhlepénynek van magzati és anyai része is, itt „találkozik” a magzati és az anyai keringés (természetesen a kettő nem nyílik egybe). A magzatot a köldökzsinór köti a placentához, amelyben magzati erek futnak. A méhlepény az erszényesekben (Marsupialia) kezdetleges, utódaik így korán és viszonylag fejletlenül jönnek a világra. Az **emlősök evolúciója során** a méhen belüli fejlődés hossza a placenta tökéletesedésével nőtt, ami a méhlepényes emlősök (Placentalia) elterjedését és sikerességét alapvetően befolyásolta. (11.15. ábra).



11.15. ábra. A méhlepény tökéletesedése lehetőséget ad a méhen belüli fejlődés időtartamának növekedésére, így fejlettebb utódok születhetnek

Összefoglalás

Az ivarszervrendszer általános felépítésének (ivarmirigyek és vezetékek) áttekintése után megnéztük a diploblasztikus állatok (csalánozók) ivarszerveit, majd áttértünk a triploblasztikus gerinctelen állatok szervrendszereire. Közülük részletesebben az örvényférgek (laposférgek), a tízlábú rákok és a rovarok (ízeltlábúak) szervrendszerét jellemeztük. Felvázoltuk a gerincesek ivarszervrendszerének alapszabását, majd kialakulását összehasonlítottuk a magzatburok nélküliek és a magzatburkosok esetében. Ezután áttértünk a halak, kétéltűek, hüllők, madarak és emlősök szervrendszerének részletesebb bemutatására. Rövid leírást adtunk a magzatburkokról, megnéztük a tojás, valamint egy magzatburkos (hüllő vagy madár) embrió felépítését. Végezetül kitértünk arra, hogy az emlősök szaporodásbeli sikere belső megtermékenyítésüknek, a méhen belüli fejlődés lehetőségének, azaz a méhlepény kialakulásának köszönhető.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Milyen feladatai vannak az ivarmirigyeknek, s mit nevezünk tüzőnek?
2. Általánosságban milyen szakaszai vannak az ivarutaknak, s ezeknek mi a feladata?
3. Mi a megtermékenyítés, s milyen funkciói vannak? Mi a szűznemzés jelensége?
4. Mutassa be röviden csalánozók, a férgek és a puhatestűek ivarszervrendszerét!
5. Jellemezze az ízeltlábúak, azon belül a tízlábú rákok és a csótányok ivarszervrendszerét!
6. Mutassa be röviden a gerincesek ivarszervrendszerének alapvető vonásait!
7. Hasonlítsa össze halak és a kétéltűek ivarszerveit!
8. Jellemezze a magzatburkosok ivarszervrendszerének fő vonásait, majd hasonlítsa össze a hüllők és a madarak ivarszerveit!
9. Mutassa be röviden az emlősök ivarszervrendszerét!
10. Adjon rövid leírást a magzatburkokról!

12. fejezet - Keringési rendszer (*systema vasorum*) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

A keringési rendszer testfolyadék áramoltatását végzi annak érdekében, hogy az az általa szállított tápanyagokat, légzési gázokat a szervezet minden sejtjéhez eljuttassa. További szerepe az anyagcsere végtermékek (széndioxid, víz) elszállítása a légző- és kiválasztószervekhez, ahol azok leadódhatnak a környezetbe. A szervrendszer általánosan ellátandó feladatai annak alapján is megfogalmazhatók, hogy bizonyos állatsoportokban ki sem alakul, hiszen fejlettsége más szervrendszerek fejlettségétől függ. Ha a tápanyagok elosztásában döntően a tápcsatorna vesz részt (béledényrendszer, l. örvényférgesek), a kiválasztó szervrendszer hálózatot képezve önmaga keresi fel a test minden részét (l. *protonephridium*), vagy a légzési gázokat sejtekig szállító légzőszerv rendszer alakul ki (légcsőrendszer), akkor ez a szervrendszer hiányzik vagy gyengén fejlett lesz.

A testfolyadék áramoltatható **önálló fallal rendelkező**, csőszerű edényekben, azaz **erekben**. Ez esetben a keringési rendszert **zárt keringési rendszernek**, a benne keringő testfolyadékot pedig **vérnek** nevezzük. Egy adott érszakasz izomzata olyannyira megerősödhet, hogy a vér mozgztatásában vezető szerepet kap: megjelenik a **szív** (*cor*). Az a része, amely az ide beérkező vért fogadja, a **pitvar** (*atrium cordis*). Általában gyengébb izomzattal rendelkezik az őt követő **kamránál** (*ventriculus cordis*). A kamra fala vékonyabb ott, ahol a testfolyadék mozgztatása kisebb ellenállású edényekben történik (pl. vízi állatokban). A szárazföldi életmódhoz való alkalmazkodás megnöveli a kamra izomzatának vastagságát.

A szív gyakran egy másodlagos testüreg részletben helyezkedik el, amelyet szívburököregnek nevezünk. Ezt a **szívburök** (*pericardium*) lemeze határolja.

Az önmagába visszatérő szívburök szívfalhoz növe területét (lemezét) epicardiumnak, a környezethez fekvő területét (lemezét) pedig pericardiumnak nevezzük. A két lemez között savós folyadékréteg van, amely lehetővé teszi a két lemez egymáson való elmozdulását, így megkönnyíti a szív mozgását.

A szív felé vezető ereket **visszereknek** (**vénáknak**), a szívtől elvezetőket pedig **verőereknek** (**artériáknak**) nevezzük. A főverőér neve: **aorta**. A két rendszer kis átmérőjű szakaszait a szervek többségében **hajszálerek** (kapillárisok) kötik össze. A kapillárisok területén a vér átszűrődhet az érfalon, s vérsejtmentes szűrletet képezhet: ez a **nyirokfolyadék**, azaz a limfa. Gerinceseknél nyirokereket gyűjtik össze, s szállítják vissza a szívbe. Az érrendszerben **billentyűk** alakulhatnak ki, amelyek az áramlás egyirányúságát biztosítják.

Ha a testfolyadék a véredényekből kilépve olyan terekbe kerül, amelyeknek nincsen önálló falazatuk, akkor a rendszert **nyílt keringésnek** tekintjük. A keringés központja ez esetben is a **szív**, amelybe **visszerek** futhatnak és ahonnan **verőerek** indulhatnak, de a szervek többségében **nincsenek hajszálerek**, vagy ezek nem képeznek összeköttetést az artériás és a vénás rendszer között. Az artériás rendszer a szervek közötti kötőszöveti terekbe (azaz sejtközötti állományba) nyílik, amelyeket **szinuszoknak** és **lakunáknak** nevezünk. Az előbbi alakja szabályosabb, csőszerű, az utóbbié szabálytalan. E tereknek nincsen önálló falazata, határait kötőszöveti lemezek és szervek fala képezi. Mivel itt a testfolyadék érfalon történő átszűrődés nélkül kerül ki a kötőszöveti állományba (a vér nem különül el a nyirokfolyadéktól), a testfolyadékot **vérnyiroknak** (**hemolimfának**) nevezzük.

A keringési rendszert kitöltő testfolyadék **vérsejteket** (alakos elemeket) és **plazmát** tartalmaz. A vérsejtek fontos szerepet kapnak a kórokozókkal szembeni védelemben (immunválasz), a szervezetbe került idegen anyagok és paraziták elszigetelésében (betokozásában), valamint a vérárvadás beindításában. Az oxigént szállító **légzőpigmentek** vagy vérsejtekben koncentrálódnak, vagy a plazmában oldottak.

A mondottak kiegészítéseként három megjegyzést teszünk. 1. Az értípusok elnevezései gerinces viszonyokat tükröznek: a gerinctelenek érfalának felépítése és így tulajdonságai nem feltétlen egyeznek a gerinces állatokéval. 2. A keringési rendszer típusának meghatározása sokszor „statisztikai alapú”: a zárt keringési rendszer nem azt jelenti, hogy egyes szervekben nem fordulhatnak elő szinuszok (pl. gerincesek lépe és mája)! Fordítva is igaz: ha a keringési rendszer nyílt, bizonyos szervekben akkor is kialakulhatnak hajszálerek (pl. rákok csápmirigye)! 3. Az erek (így a szív) falát középső csíralemez eredetű sejtek alkotják.

12.1. Ahol nincsen keringési rendszer

Az összájú állatok törzsfejlődésének kezdetén önálló keringési rendszer nem fejlődik. Ezt láthatjuk a **csalánozóknál** (Cnidaria), ahol az ürbél gondoskodik a tápanyagok elosztásáról (l. gasztrovaszkuláris rendszer elnevezés), s a testfalon a légzési gázok akadálytalanul átjutnak. A **laposférgekben** (Platyhelminthes) szintén nem alakul ki ilyen rendszer: a tápanyagok elosztásában az esetenként elágazó béledényrendszer itt is részt vesz, az anyagszállítás pedig (a légzési gázokat is beleértve) a *parenchyma* sejtek közti térben levő folyadékban (sejtközötti állományban) történik. Ennek mozgását a bőrízomtömlő segíti.

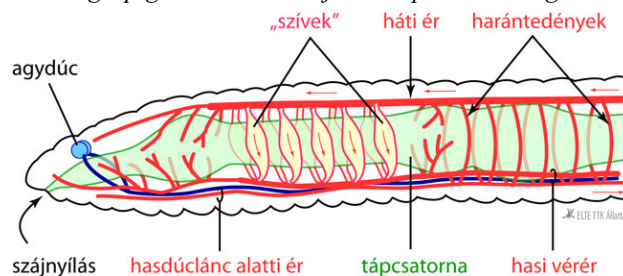
A **fonálférgek** (Nematoda) hasonló a helyzet. A tápanyagok a bélből a testüreget kitöltő testfolyadékba kerülnek, majd innen a szervekbe. A légzési gázok itt is diffúzióval jutnak át a testfalon. Az állati paraziták zöme oxigénszegény környezetben él, s energiához nagyrészt anaerob lebontással jut (erjedés). Egyes fajok a rendelkezésre álló kevés oxigént a testfolyadékban egy speciális hemoglobin segítségével kötik meg.

12.2. Az összájúak keringési rendszerei

12.2.1. Fejlett zárt és nyílt rendszerek

A **gyűrűsférgek** (Annelida) jól fejlett, **zárt keringési rendszere van**, a testfolyadék (**vér**) zárt érpályán belül kering. A szelvényezettség nem minden csoportban egynemű (homonom), így a kopolyúk elhelyezkedése és a gázcsere jelentős része sok fajnál csak egy meghatározott területre korlátozódik. Továbbá az is tény, hogy tápcsatornájuknak az a szakasza, amely a tápanyagok felszívását végzi, csupán csak a középbéli szakasz, ami nem fut végig a test teljes hosszában. Mindezek miatt szükségessé válik a légzési gázok és a tápanyagok szállítása. A mezodermális eredetű ereket hashártya borítja és rögzíti a testüregben.

Földigilisztánál a keringési rendszer főbb elemei: (1.) a háti ér, amely izmos falának összehúzódásával a kapillárisokból összeszedődő vért a feji vég felé pumpálja. Az egyenirányítást zsebes billentyűk végzik. (2.) A fej mögött 5 pár haránt ér található: ezek az ún. „szívek”, amelyek szintén pulzáló mozgást végeznek, miközben a vért a (3.) hasi vérérbe juttatják. A bélcsatorna alatt futó hasi érben kaudális irányban áramlik a vér. Vele párhuzamosan kialakul egy hasdúc alatti vérér is. E két véredényből olyan erek lépnek ki, amelyek a különböző szervek, valamint a bőrízomtömlő felé futnak, s a célszervekben gazdagon elágazó hajsálérhálózatot alkotnak (12.1. ábra). A soksertéjűek (Polychaeta) keringési rendszere alapvonásaiban hasonló, de a testfelépítés miatt összetettebb. A testfolyadékot az ősi testfelépítésű fajoknál (pl. Nereis) döntően a test mozgása hajtja. A többségnél a vérplazmában oldott állapotban légzőpigmentek vannak jelen. A piócák keringése eltér az itt bemutatottól.



12.1. ábra. Földigiliszta keringési rendszere (a kis nyilak a vér áramlási irányát jelzik)

A **puhatestűek** (Mollusca) törzsében a **keringési rendszer nyílt** típusú, s változó fejlettségű. Központja a szívburok üregben található szív (*cor*). Egy, kettő, vagy 4 pitvar (*atrium*) és egy kamra (*ventriculus*) építi fel. A lábasfejúeknél ezen felül még a kopolyúkba vezető erekben, a kopolyúk tövéénél egy-egy izmos érszakasz, **kopolyúszív** is kialakul, amely a testfolyadék légzőszerveken való átáramoltatását segíti (nagy oxigénigény).

Megjegyezzük, hogy a szív kopolyúkhöz viszonyított helyzetének rendszerezési jelentősége lehet: l. csigák osztályán belül az előkopolyús (*Prosobranchiata*) és hátulkopolyús (*Opisthobranchiata*) csoportok elkülönítése.

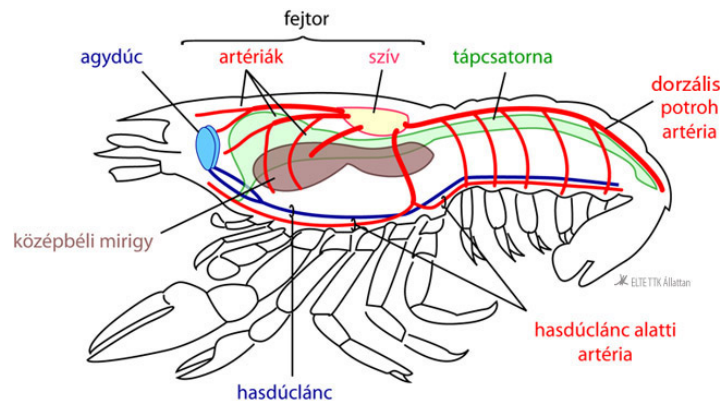
Véredényeik (arteriák és vénák) között hajsálerek nincsenek: a verőerekből a testfolyadék a szervek, szövetek közötti terekbe kerül, testfolyadékuk neve **vérnyirok** (hemolimfa). A lábasfejúek szervezetében találhatók ugyan hajsálerek, ám ezek csupán a kopolyúkban alakulnak ki.

A nyílt keringési rendszer nagyon fontos **szerepet** tölt be az **állatok mozgásában**: a vérnyirok – mint összenyomhatatlan folyadék – egyrészt stabil támasztékot ad az általa telített testrészekben az izmok kontrakciójához (hidrosztatikai váz), másrészt a szövetközi teret kitöltve közvetlenül befolyásolja az adott testrészek méretét és alakját (pl. kagylók lábának vagy lábasfejűek tapogatóinak hirtelen kinyújtása, méretének növelése).

12.2.2. Nyílt keringési rendszer az ízeltlábúaknál

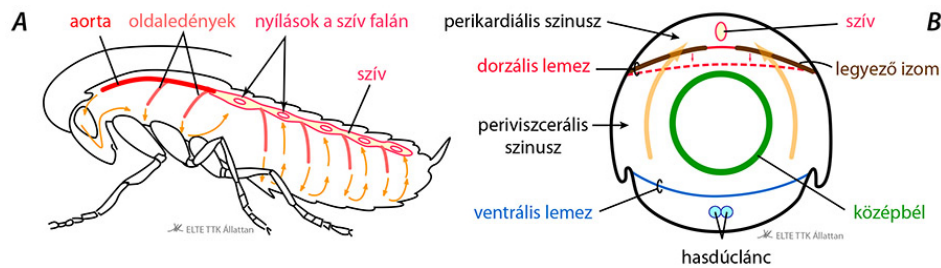
Az ítéltlábúak testürege **kevert testüreg** (*myxocoeloma*), keringése **nyílt**. Testfolyadékuk **vérnyirok** (hemolimfa), amely ezt a testüregt teljesen kitölti, átjárja: a testüregük másik megnevezése ezért *haemocoel*. A testüreg egy vagy két vékony, a vérnyirok számára átjárható szövetlemez, ún. diafragma hosszanti üregekre osztja. A dorzális testüreg részlet a „szív körüli tér”, azaz az ún. **perikardiális szinusz**: ebben foglal helyet a szív (*cor*). Ettől ventrálisan helyezkedik el a zsigerék körüli **periviscerális szinusz**, amelyben az emésztőszervek és ivarszervek találhatók. Rovaroknál ezt a testüreg részt még egy lemez osztja ketté, amely a hasdúcúlcot körülvevő teret, a **perineurális szinusz** választja le. Rákoknál ez utóbbi nincsen (5.7. ábra). A keringési rendszer központja a szív, amelyből artériák indulnak. Visszerek egyik csoportban sem alakultak ki, szívük így a testüreg szívet körülvevő teréből (perikardiális szinusz) veszi fel a kipumpálendő hemolimfát.

A **felsőbbrendű rákok** (Malacostraca) osztályába tartozó állatokban a keringési rendszer központja a kissé megnyúlt, szögletes **szív** (*cor*), amely – a fentiek szerint – a perikardiális szinuszban foglal helyet (5.7. ábra). A szív egyetlen kamrából áll: ez a testfolyadékot a körülötte lévő térből veszi fel. A szív összehúzódásakor a vérnyirok az artériákba áramlik. A szívből artériák indulnak a szervek felé, ezek a szervek felé vezető kisebb verőerekre ágaznak, amelyek kapillárisokban folytatódnak (12.2. ábra). Ezek azonban vakon végződnek, és a vérnyirok a szövetek közötti térbe ömlik. Vannak olyan szervek, amelyek területén szabályos, zárt keringési rendszerrel rendelkező élőlényekre jellemző kapilláris hálózatok alakulnak ki (ilyen például az agydúc és a zöldmirigy). A szövetek közötti térből a testfolyadék nagyobb szinuszokba szedődik össze, a kopolyúkat megjárva felfrissül, majd a szív körüli térbe jut vissza. Az állatoknak nagy az oxigén igénye, amit légzőpigmentjük (hemocianin) léte is jelez.



12.2. ábra. Tízlábú rák szíve és artériái (a rajz a keringési rendszer nyílt részét nem mutatja)

A **rovarok** (Insecta) osztályában a **keringési rendszer fejletlen**, ami annak a következménye, hogy a légzési gázok szállítása a légcsőrendszeren történik. A keringési rendszer központja a potroh dorzális részén, a szív körüli (perikardiális) szinuszban elhelyezkedő cső alakú, pulzáló **szív** (*cor*), amely a torban **aortaként** folytatódik, és a fej közelében vakon végződik (12.3.A ábra). Az aortából és a szívből néhány páros ér vezet oldalirányba. Ezek a szakaszok alkotják a keringési rendszer önálló fallal rendelkező részét. A **szív összehúzódásai** a fej, valamint az oldaledények irányába pumpálják a vérnyirokot. A szívben zsebes billentyűk találhatók, amik a testfolyadék egyirányú áramlását biztosítják. A fej területén és az oldaledények végén a vérnyirok az aortából a szövetközi térbe ömlik, és ott relatív túlnyomást létesít. Emiatt az ventrális, majd kaudális irányba áramlik a periviscerális és a perineurális szinuszokban. Amikor a szívcső alatti dorzális kötőszöveti lemez (diafragma) **legyező izmai** összehúzódnak, a lemez alakja megváltozik: boltozata ellapul, ezzel megnő a felette lévő üreg, azaz a perikardiális szinusz térfogata, és az emiatt kialakuló szívóhatás következtében a hemolimfa dorzális irányba fordul (12.3.B ábra). Miután bekerül a perikardiális szinuszba, végül – kis nyílásokon keresztül – a szívbe jut vissza.



12.3. ábra. Rovarak keringési rendszere: a szív és az aorta helyzete és a vérnyirok áramlása (A) és a dorzális diafragma és a benne lévő legyezőizmok szerepe a hemolimfa áramoltatásában: a kötőszöveti lemezben futó legyező izmok összehúzódásakor a lemez lelapul (szaggatott vonallal jelzett állapot), megnő a perikardiális szinusz térfogata, ami a vérnyirok felfelé áramlását idézi elő (a hemolimfa áramlást mindkét rajzon narancssárga nyilak mutatják, a diafragma elmozdulási irányát a B rajzon pedig kis piros nyilak jelzik)

12.3. A gerinchúrosok keringése

A **gerinchúrosok** (Chordata) törzsében a zsákállatok (Tunicata) és a gerincesek (Vertebrata) altörzseire a **ventrális helyzetű szív** jellemző. A fejgerinchúros lándzsahalak (Cephalochordata) érrendszerének nincsen szívként elkülönülő része. (Egyik régi elnevezésük, a „csőszívűek” éppen arra utal, hogy a szív nem különbözik az érrendszer más, cső alakú szakaszától.) Rájuk és a gerincesekre a **zárt keringési rendszer** jellemző. A kopolyúval lélegzőknél **egy vérkör** alakult ki, a szívbe vénás vér érkezik, a kopolyúuk a szívből kipumpált vért frissítik. A tüdővel lélegző halaknak és a négy lábúaknak már **két vérkör** van: a tüdő vérköre a kisvérkör, míg a test egyéb szerveit a nagyvérkör látja el. A két vérkör a szívben vagy azon kívül összeköttetésben állhat egymással (ennek mindig az életmódból adódó élettani okai vannak).

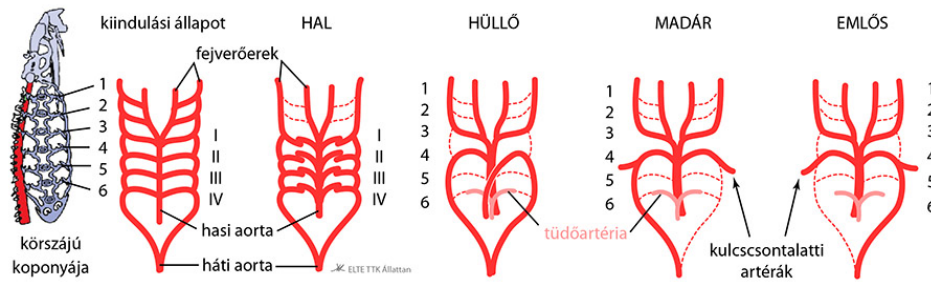
A vérkeringési rendszer részei a szív, a vérerek, a vérképző szervek, a nyirokrendszer szervei, továbbá a nyirokerek. A vérképzésben a máj, a lép, a vörös csontvelő és a nyirokszervek vehetnek részt.

A keringési rendszer a tápcsatorna és a légzőrendszer, valamint a sejtek között teremt kapcsolatot, felépítése és működése tehát az anyagcserével szorosan összefügg. A **vérvnyomás** alakulása számos szerv működését meghatározza (pl. a vesében az ultraszűrlet képzésében fontos), valamint hatással van a testhőmérséklet szabályozására is. A „hidegvérű” állatok vérvnyomása tag határok között mozog, míg a „melegvérűeké” szűk tartományba beállított. Az artériás rendszer falában fejlődnek simaizom sejtek, így bennük a vérvnyomás szabályozható. A vénák falában izomsejtek nincsenek. A vérvnyomást a hormon és az idegrendszer szabályozza.

A gerincesek artériás és vénás rendszerének van egy **alapszabása**, amelyet leginkább a halakban tapasztalható viszonyok tükröznek. Ezt az alapszabást részletesen nem mutatjuk be, csak egy-két vonását emeljük ki.

A keringési rendszer központja a **szív** (*cor*), amely a szívburk (perikardium) üregében helyezkedik el. A belépő vért a szív vénás öbl (sinus venosus) nevű része fogadja, amely a szív ingerületképző központját tartalmazza. A vénás öblt az egy vagy két pitvar (*atrium*) és kamra (*ventriculus*) követi.

A szívből kilépő artériás törzs ágakat ad az arckoponya zsigerívekhez (l. 7.27. ábra): ezeket az ereket **zsigerív artériáknak** nevezzük. A kopolyúval lélegző állatoknál ezekből fejlődnek a kopolyúív artériák (*a. branchialis*), a tüdővel lélegzőknél pedig az aortaívek (*arcus aortae*) és a fejverőerek (*a. carotis*), valamint a tüdőbe vezető tüdőartériák (*a. pulmonalis*). A zsigerívek vagy aortaívek vérét a **leszálló aorta** (*aorta descendens*) gyűjti össze (12.4. ábra). Ez a testüregben a gerincoszlop alatt fut végig, s artériákat küld a tápcsatornához, a vesékhez, az ivarszervekhez, a testfal izomzatához és a végtagokhoz. Az aorta a hasüreget nem hagyja el, a farokba a farokartériát (*a. caudalis*) küldi.



12.4. ábra. Gerincesek zsigeri artériái és származékaik: a bal oldalon egy ingola koponyáját látjuk oldalnézetben, mellette a zsigeri erekhez tartozó érrendszert (kiindulási állapot) felülnézetben (!). A zsigeri ereket arab számok (1–6), a működő kopolyúveket római számok jelölik (I–IV). Az elzáródó erek szaggatott vonallal jelöltek. A halaknál a 3–6. zsigeri artéria területén kapilláris hálózat fejlődik, kialakulnak a bevezető és elvezető kopolyú artériák. Előbbiek a hasi aortából indulnak, utóbbiak a háti aorta felé vezetnek. Az első két garatívhöz tartozó artéria elzáródik, csak az őket összekötő szakaszok maradnak meg, mint fejtörőerek. A hüllők aortaívei a 4. zsigeri artériából, a tüdő artériái pedig a 6. zsigeri artéria egy szakaszából fejlődnek. Az aortaívek egymást keresztezve hajlanak át a másik oldalra. A madarakban a jobb oldali, az emlősökben pedig a bal oldali aortaív marad meg. A másik oldali aortaívek egy szakaszából a kulcsfontalatti artériák alakulnak ki

A **visszerek** két fő területől gyűjtik össze a vért. Az egyik a középbél (visszere a **bélfodri véna**, *v. mesenterica*), ahonnan a felszívott tápanyagok a **májkapu vénán** (*v. portae hepatis*) keresztül a májba jutnak: itt feldolgozásra, átalakításra, méregtelenítésre, illetve egy részük raktározásra kerül. Minden olyan vénát, amely kapillárisokra oszlik, kapuérnek nevezünk. A gerincesekben ilyen ér előfordulása a májban és a vesékben is általános. A máj tehát a tápcsatorna felől érkező vért alaposan átvizsgálja, s csak ezután enged tovább a szív felé. A vénás rendszer másik gyűjtő területe a testfal, a végtagok, a farok és (a tápcsatorna kivételével) minden (más) belső szerv: az innen származó vér a **hátulsó és elülső fővénákba**, majd végül (ez is) a szívbe kerül.

A fővénák elnevezése a halakban és a négy lábúakban eltérő. Halakban szó szerint „fő véna” (*v. cardinalis*), a többi gerincesben azonban „üres véna” (*v. cava*). A különböző néven szereplő erek eltérően fejlődnek, s nem felelnek meg egymásnak!

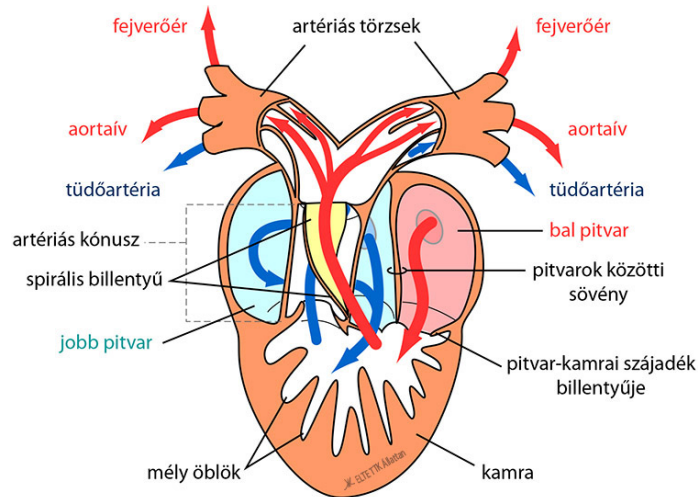
Az gerincesek keringésével foglalkozó leírásokban olvasható „a.” rövidítések arteriát, a „v.” rövidítések pedig vénát jelentenek. Az aorta (főverőér) nevének nincsen rövidítése.

12.3.1. A kopolyúval lélegző gerincesek keringése

A **halak** keringési rendszere **egyvérvű**, a szíven csak vénás vér folyik keresztül. Felépítését a sugarasúszójú halak (*Actinopterygii*) osztályába tartozó ponty példáján mutatjuk be.

A **szív** (*cor*) a testüreget kettéosztó kötőszövetes lemez előtt, a kopolyúüreg mögött helyezkedik el (l. 5.13. ábra). Két fő része van, a **pitvar** (*atrium*) és a **kamra** (*ventriculus*). A pitvar előtt egy nagy térfogatú, de vékonyfalú duzzanat, a **vénás öböl** (*sinus venosus*) található meg. Ez nyílik a pitvarba, ami még mindig elég vékonyfalú képlet, színe a vértől sötétvörös. A kamra már vastag falú rész, piros, vagy rózsaszín színezetű. Előtte az **aortahagyma** (*conus arteriosus*) látható. Ennek igen vastag fala csaknem fehér. A szív négy része közötti nyílásokban mindenütt zsebes billentyűk vannak, amelyek a vér előrefelé való áramlását biztosítják. A szív működése közben előbb a vénás öböl, aztán a pitvar, majd a kamra húzódik össze. Az aortahagyma nem pulzál, hanem arra szolgál, hogy ha vért a kamra az üregébe préseli, azaz kilöki, akkor megduzzad, majd lassan újra összeszűkül: ezzel nyomáskiegyenlítő funkciót lát el. Belőle a hasoldalon orális irányba indul a **hasi (felszálló) aorta**. A kopolyúk tövéhez fut és ott mindegyik kopolyúhoz lead egy-egy ágat. Ezek az **odavezető kopolyúartériák** (*aa. branchiales*), amelyek a kopolyúban kapillárisokra ágaznak. A gázcsere után a kopolyúból összeszedődő oxigén-dús vér a kopolyúk **elvezető artériái**ba kerül. Az oldalanként négy elvezető kopolyúartéria a koponyaalapon oldalanként egy-egy **aortagyökérben** egyesül. Utóbbiakat elől is és hátul is rövid érszakaszok egy kör alakú képlettel zárják. Ebből az **artériás körből** lépnek ki előrefelé a **fej verőerei** (*a. carotis*), hátrafelé pedig a **leszálló aorta** (*aorta descendens*). Ez utóbbi az izomzat és a zsigeri szervek felé ad le ágakat, majd a **farokartériában** (*a. caudalis*) folytatódik (12.5. ábra).



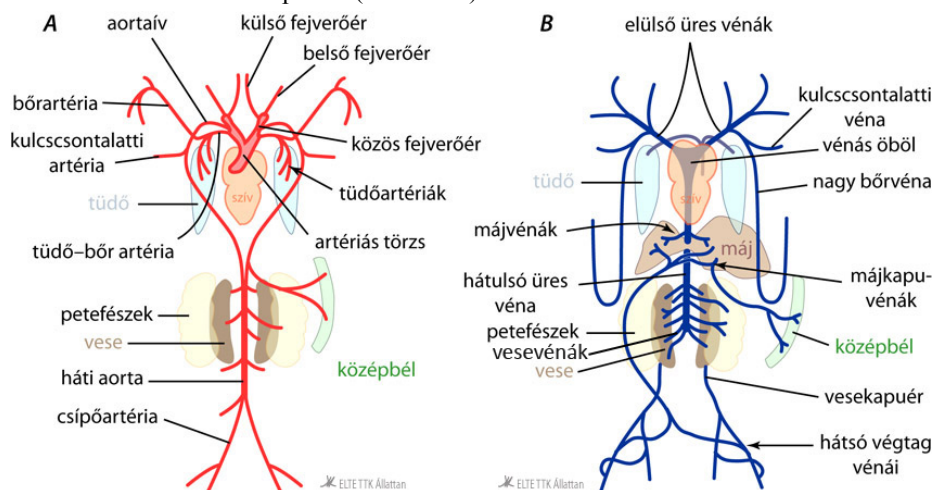


12.6. ábra. A béka szív felépítése: az artériás és a vénás vér keveredését a kamra mély öblei hatékonyan akadályozzák meg, így a kamrából kilökődő véráramok különböző terekbe terelhetők (hosszszmet, dorzális fél)

Nézzük először az **artériás rendszer** felépítését (12.7.A ábra) !

A vér a kamrából az artériás kónuszon keresztül az **artériás törzsbe** (*truncus arteriosus*) jut. Az artériás törzs két ágra oszlik, s mindkét ágából három-három ér ered. Közülük az első, a leginkább fej felé eső pár a **közös fejverőér** (*a. carotis communis*). Ez mindkét oldalon kettéágazik a **külső és belső fejverőerekre** (*a. carotis externa* és *interna*), melyek a vért a fejbe szállítják. A második pár ág az **aortaív** (*arcus aortae*). Nevét onnan kapta, hogy a szívet ívben megkerüli, majd a két oldali ér egyesül, s mint háti vagy **leszálló aorta** (*aorta dorsalis* vagy *aorta descendens*) folytatja útját a gerincoszlop alatt. A jobb és bal oldali aortaív adja le az elülső végtagokhoz futó **kulcsontalatti verőeret** (*a. subclavia*). A háti (leszálló) aorta a gerincoszlop mentén húzódik, miközben az izomzathoz és minden belső szervhez ágakat ad. A farokcsont közepe tájékán kettéoszlik a hátulsó végtagokat ellátó **csípőartériákra** (*a. iliaca*). (Békákban a farok nem marad meg, így a metamorfózis után farokartéria sem található.)

Az artériás törzs harmadik pár ága a **tüdő-bőr artéria** (*a. pulmocutanea*). Ez rövid lefutás után két ágra oszlik, egyik ága a **tüdőarteria** (*a. pulmonalis*), amely a tüdőbe, a másik pedig a bőr artériája (*a. cutanea magna*), amely a bőrbe szállítja a vért. Emlékeztetőül: az artériás törzs és a belőle kiágazó fő artériák a halak felszálló aortájából és a zsigerív artériákból levezethető képletek (12.4. ábra).



12.7. ábra. Kecsebéka artériás (A) és vénás (B) érrendszere (az ábrákon nem szerepel minden ér)

Ezután lássuk a **vénás rendszert** (12.7. ábra)! A test elülső részéből a vénás vér a két **elülső üres vénába** (*v. cava anterior*) gyűlik össze. Az elülső üres vénába futnak a fejből, a felső végtagokból (kulcsontalatti véna) és a bőrből

érkező gyűjtőerek (nagy bőrvéna). A két elülső üres véna a jobb szívpitvar előtt fekvő **vénás öbölbe** (*sinus venosus*) lép be. A **bőrből oxigenizált vér érkezik**, ezért az elülső vénákból kevert vér kerül a szívbe.

A test hátulsó részének izomzatából, valamint (a középbél és a máj kivételével) a belső szervekből az elhasznált vénás vér a páratlan, **hátulsó üres vénában** (*v. cava posterior*) gyűlik össze. A *v. cava posterior* – az elülső üres vénához hasonlóan – a vénás öbölbe torkollik. A **máj kapuvénája** (*v. portae hepatis*) gyűjti össze a gyomor, hasnyálmirigy, lép és bélső vénáit. A májból a **májvéna** (*v. hepatica*) lép be a vénás öbölbe.

A kisvérkörben a tüdőből az oxigénben dús, artériás vér a két **tüdővénán** (*venae pulmonales*) keresztül áramlik vissza a bal pitvarba.

A jobb pitvarba tehát vénás, illetve gyengén kevert vér (az elülső üres vénákba ömlik a bőrvéna artériás vére), a bal pitvarba pedig artériás vér kerül. A két pitvarból a vér a kamrába jut, ahol csak kisrészben keveredik. A teljes keveredést a kamra vastag falának mély kriptái akadályozzák. Mikor a kamra összehúzódik, a vér az artériás kónuszba, majd az artériás törzsbe nyomódik. Az **artériás kónuszban található spirális billentyű** a vénás vért a tüdőartériákba, a kevert vért az aortaívbe, majd az artériás vért az a fejverőerekbe irányítja (12.6. ábra).

A szív összehúzódásait a vénás öbölben található, ritmusdiktáló, **ingerképző központból** kiinduló ingerek serkentik.

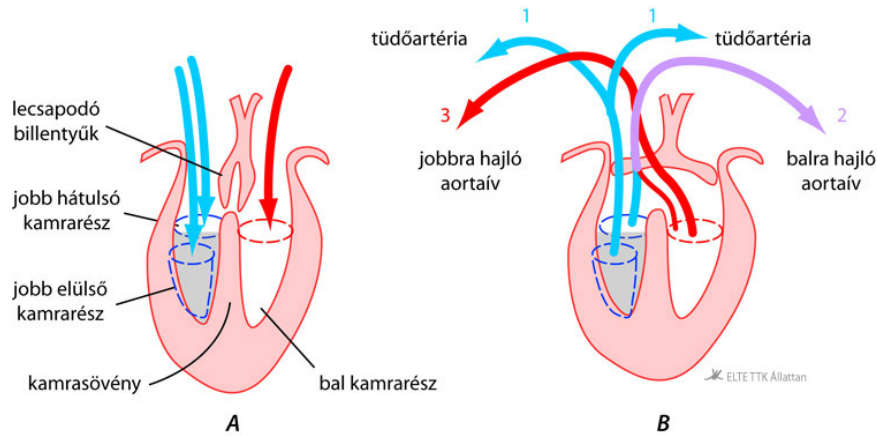
A nyirokrendszer az érrendszerrel összefüggő, nyílt keringési rendszer. A békában erősen fejlett. A két pár nyirokszívből és a bőr alatti nyirokszákokból áll. A nyirokshívek összehúzódásai a nyirokfolyadékot állandó mozgásban tartják.

A nyirokrendszerhez tartozik a lép (lien) is, mely az utóbél kezdeti szakaszánál helyezkedik el. Vérsejtek képzésében, raktározásában és lebomlásában van szerepe.

A **hüllők** (egész életük folyamán) **két vérkörrel rendelkező állatok**. Keringésük központja a **szív** (*cor*), amely a mellkasban, a szegycsont alatt, a szívburóküregben található. Alapszabásnak a pikkelyesek szívét tekinthetjük: ennek két pitvara (*atrium*) és egy, három térrészre osztott kamrája (*ventriculus*) van (12.8.A ábra). A szív vérellátását biztosító emlősökben ismert **koszorúerek** a hüllőkben jelennek meg.

A szív jobb pitvarába a nagyvérkör nagyvénái nyílnak (elülső és hátulsó üres fővénák): vénás vért szállítanak, amely a kamra jobb oldalának üregeibe kerül. A bal oldali pitvarba a tüdővénák oxigénben gazdag, artériás vért vezetnek: ez a vér a kamra bal oldali üregébe kerül. A szívkamrából nyíló nagy artériák (a tüdő artériás törzse, valamint a két aortaív) mindannyian a jobb oldali kamrarészből indulnak. Szájadékok térbeli elrendeződésének, valamint az ingerület kamraizomzaton megfigyelhető szétterjedésének¹ van alapvető szerepe abban, hogy mindegyik nagy ér a szív kamra meghatározott teréből kapja a vért. Először a vénás vér távozik a tüdőartériák felé (hogy oxigént vehessen fel), majd a vénás vér „maradéka” mögé némi artériás vér is tolul, s ez a vértérfogat a jobb oldali, balra hajló aortaívbe kerül (12.8.B ábra). A kamrában ezután már csak artériás vér marad, amely a bal kamrarészből a bal oldali, jobbra hajló aortaívbe jut. Miután a két, egymást keresztező aortaív a szív alatt (attól *caudalisan*), a középsíkban találkozik, a leszálló aorta már kevert vért szállít és oszt el a szervek felé. A két aortaív elágazási rendszere azonban különböző: a szívizomzatot ellátó koszorúerek, valamint az agyvelő vérellátását (is) biztosító fejverőerek a jobb oldalra kanyarodó aortaívból ágaznak le – ezek az erek tehát artériás vért szállítanak e létfontosságú szervekhez (12.4. ábra).

¹Meghatározza a kamra részeinek összehúzódási sorrendjét.



12.8. ábra. Pikkelyesek szívkamrájának működése: a szívkamrának három mély öble van, közülük a jobboldalon lévő elülsőt és hátulsót egy sövény választja el (szürke színezés a metszés síkjában). A pitvarok a jobboldali kamrarészekbe vénás, a baloldaliba artériás vért löknek. Ezek nem keverednek, mert a lecsapódó pitvar-kamrai billentyűk zárják a részleges kamrasövény nyílását (A). A kamra kontrakciójakor először a jobb elülső, majd a jobb hátulsó, végül pedig a baloldali öbl izomzata húzódik össze, s löki ki magából a benne lévő vért. A nagyerek szájadékának elrendeződése következtében az erekbe vénás, kevert vagy artériás vér jut. Telődésük sorrendjét számok jelzik (B)

A krokodilok szívének felépítése az itt leírt alaptípustól eltérő: kamrasövénye ugyanis teljes, így a szív nem csak funkcionálisan, hanem morfológiailag is négy üregre osztott. A tüdőartériák közös gyökere és a bal aortaív a jobb kamrából, a jobb aortaív pedig immár a bal kamrából indul. E felépítés fontos következménye az lenne, hogy a krokodilok balra kanyarodó, jobb oldali aortaívébe – s ezzel együtt az ezen oldali mellső végtagba és bordaközi izmokhoz – csak vénás vér jutna. A probléma megoldását egy, a két aortaív gyökere között kialakuló nyílás (Panizza-féle nyílás) teszi lehetővé: ezen keresztül ugyanis a nyomásviszonyoknak megfelelően vér közlekedhet a két aortaív között. Amikor az állatok szárazföldön tartózkodnak, artériás vér juthat a jobb aortaívbe. Víz alá merüléskor a tüdőerek ellenállása jelentősen megnő, s a jobb kamrában feltorlódik a vér – miután ez nem távozhat a tüdők felé, a bal aortaív gyökere felé áramlik. Ugyanekkor a bal kamrában kevesebb a vér (hiszen nem érkezik ide utánpótlás a tüdők felől), s ennek következtében a jobb aortaívben kisebb lesz a nyomás és a két aortagyökér közötti nyomáskülönbség ismét a Panizza-féle nyíláson át egyenlítődik ki.

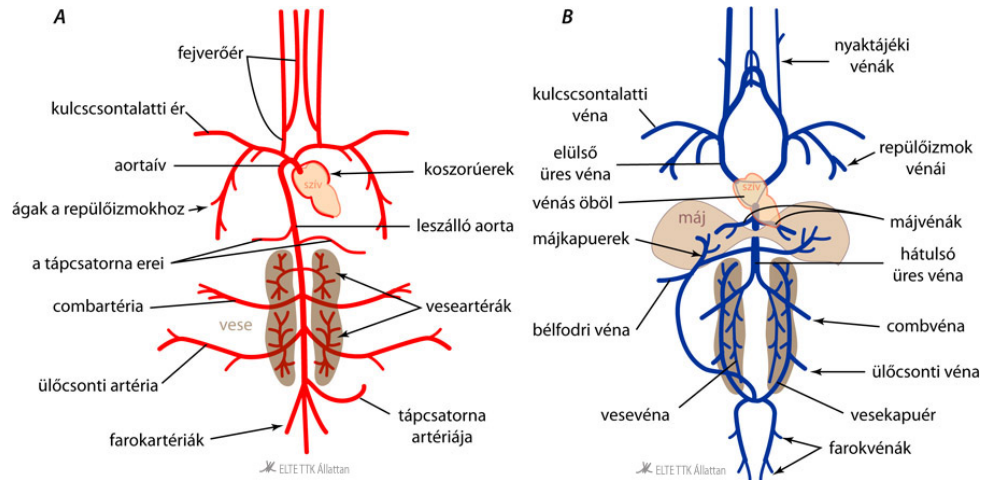
A nagyvérkör artériás rendszeréhez tartozik a **két aortaív** (*arcus aortae*), s a területükről kilépő **fejverőerek** (*a. carotis*) és **kulcscsont alatti artériák**. A két aortaív találkozásával kialakuló **leszálló aorta** páratlan ágai a tápcsatornához, páros ágai pedig a vesékhez, az ivarmirigyekhez és a hátsó végtagokhoz futnak. Az aorta a **farokartériában** (*a. caudalis*) végződik.

A **vénás rendszer** felépítése (egyes vonásaiban) hasonlít a kétélűekéhez: a **farokvéna** (*v. caudalis*) kettéágazva egy mediális és egy laterális ágat ad. Utóbbiak a vesék felé térnek, s mint **vesekapu vénák** (*v. portae renis*) lépnek a szervbe (a kétélűekhez hasonlóan, l. 12.7. ábra). A veséből kilépő vesevénák a középsíkban futó **hátsó üres fővénát** (*v. cava posterior*) hozzák létre, amely a szív jobb pitvarába nyílik. A farokvéna mediális ágai a hátsó végtag vénáival összefutva egy páratlan, a tápcsatorna felé vezető eret alakítanak ki. Ez felveszi a középbél felől érkező (felszívott tápanyagokat szállító) **bélfodri vénát** (*v. mesenterica*), s a májba mint **májkapu véna** (*v. portae hepatis*) lép be. A máj vérét a májvénák a hátsó üres fővénába szállítják. A mellső végtag vénás vérét, valamint a fej területéről összegyűjtött vért az **elülső üres fővénák** (*c. cava anterior*) vezetik a szív jobb pitvarába.

A ma élő hüllők mind változó testhőmérsékletű állatok. Keringési rendszerüknek a **hőszabályozásban** is fontos szerep jut. Az állatok nagy melegben a felesleges hőmennyiség leadásakor (verejtékmirigyek hiányában) bőrreikre hagyatkoznak.

A **madarak** (Aves) szíve – amelllett, hogy számos hüllő bélyeget visel – **teljesen szeparálódott négy üregből áll**. Néhány rendszertani egységnél (pl. futómadarak, tyúkalkatúak) még elkülöníthető a vénás öbl (*sinus venosus*) is, ami szintén hüllő bélyeg. Keringési rendszerükben a vénás és artériás vér teljesen szeparálódik.

Fő artériáik az előző csoportokhoz képest annyiban térnek el, hogy a repülő izmokhoz is erős ágak futnak, amelyek a szárnyak felé húzódó kulcscsontalatti artériák ágai (12.9.A ábra). A hüllők két aortaívéből náluk csak a **jobb oldali aortaív** maradt meg (12.4 ábra).



12.9. ábra. Madarak artériás (A) és vénás (B) rendszere (az ábrákon a legfontosabb erek szerepelnek, de nem minden ér nevét adtuk meg)

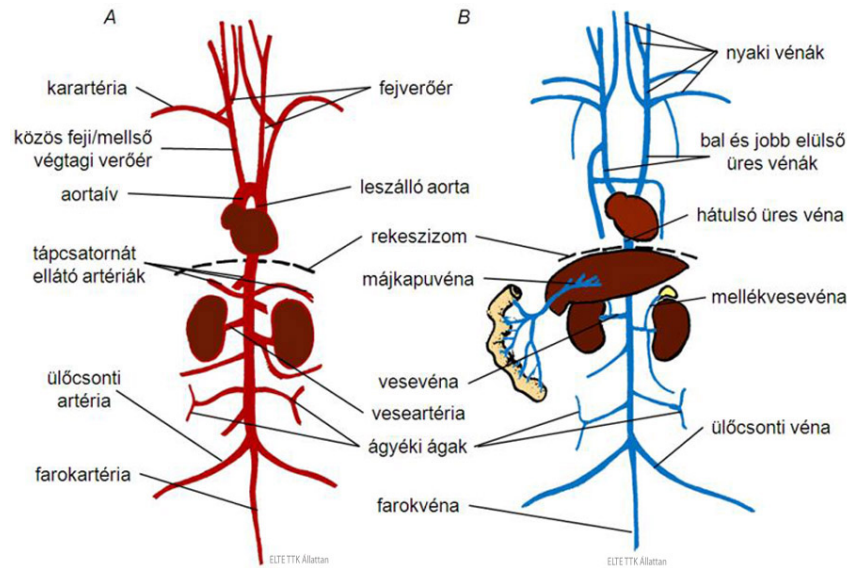
Vénás rendszerük felépítése a nyaki tájékon aszimmetrikus. A farok területéről érkező **farokvéna** (*v. caudalis*) a testüregbe lépve összefutnak, majd az így kialakuló ívből egy olyan ér lép ki, amely a béltraktus felől érkező **bélfodri vénával** (*v. mesenterica*) egyesül, s vele a **májkapu vénát** (*v. portae hepatis*) hozza létre. A vese vénás keringése meglehetősen összetett. Kapuér rendszerébe a bélrendszer, a farok és medence tájékról, valamint a hátsó végtagból is áramolhat vér (12.9. ábra). Ez utóbbi irányból érkező vér a vesét kikerülve egyenesen a hátsó üres vénán (*v. cava posterior*) keresztül is eljuthat a szívbe.

Az **emlősök** (Mammalia) érrendszere két körre tagolódik. **Szívük négyüregű, a vénás öböl** (*sinus venosus*) a szerv fejlődése során a **jobb pitvar falába épül**, nem marad önálló rész. A két pitvart és a két kamrát a pitvar-kamrai szájadék vitorlás billentyűi zárják el.

A név onnan ered, hogy e billentyűknek van egy lemez-szerű része, amely a jobb oldali esetében három, a bal oldalánál két részre tagolt. A részek olyan alakúak, hogy egymás mellett rendeződve egy teljes kört formálnak, s kitöltik, elzárják a szájadékot. A peremükhöz ínhúrok futnak, amelyek a lemezek szélét a kamra szemölcsizmaivalhoz rögzítik. Működésük (némi egyszerűsítéssel) a következő: amikor a pitvarok izomzata elernyed, s a kamrák húzódnak össze, akkor a szemölcsizmok is összehúzódnak, kiemelkedésük alacsonyabb lesz (ellapul), a hozzájuk kapcsolódó ínhúrok megfeszülnek, s nem engedik a pitvarok felé átfordulni a billentyűk lemezszerű vitorla részeit.

A szív működését saját **ingerületképző és vezető rendszere** irányítja. Ennek központja a jobb pitvarban, a vénás öbölnek megfelelő területen található. A szívizomzatot a **koszorúerek** látják el.

Az **artériás rendszer** felépítése kisebb-nagyobb variabilitást mutat. Az emlősökben a hüllők **bal aortaíve** maradt meg (12.4. ábra). Ennek **felső szakaszából** (*aorta ascendens*) lépnek ki a koszorú artériák, majd az **aorta ívből** (*arcus aortae*) a **közös fejverőerek** (*a. carotis communis*), amelyek egy külső és egy belső ágra oszlanak (12.10.A ábra). Az előbbi a fej felszínes képleteit, az utóbbi a koponyauregbe lépve az agyvelőt látja el vérrel. Az aortaív ágai a **kulcscsont alatti artériák**, amelyek a mellső végtagok felé futnak. Az itt említett erek száma és kilépési szimmetriája fajonként változó lehet. Az aortaív **leszálló aortában** (*aorta descendens*) folytatódik, amelynek van egy **mellkasi és egy hasüregi szakasza**. A mellkasi a bordákhoz és a bordaközi izmokhoz ad ágakat, a hasüregi ellátja a tápcsatornát, az ivarszerveket és a veséket (*a. renalis*). A medence területén **csípőartériákat** ad (*a. iliaca*), amelyek a hátsó végtagot is ellátják. Az aorta a **farokartériában** (*a. caudalis*) végződik.



12.10. ábra. Emlős (patkány) artériás (A) és vénás (B) keringési rendszere

A **vénás rendszer** az **elülső és a hátulsó üres vénákba** (*v. cava anterior és posterior*) gyűjti össze az elhasznált vért (12.10. ábra). Az előbbibe futnak a fej felől érkező **torkolati vénák** (*v. jugularis*) és a mellső végtag felől érkező **kulcscsont alatti vénák** (*v. subclavia*). A **hátulsó üres fővéna gyűjtőrendszere** megváltozik a hullókhöz képest, mivel az emlősöknél a vesekapuér rendszer elvesztette jelentőségét (nem vesz részt a nefronok vérellátásában), s visszafejlődött. A *v. cava posterior* így a **farokvéna** (*v. caudalis*) folytatása, amely felveszi a hátsó végtagok felől érkező **csípővénákat** (*v. iliaca*), majd a vesékből kilépő **vesevénákat** (*v. renalis*). Az ivarszervek vénái az utóbbiba vagy a *v. cava posterior*ba nyílnak. A két üres fővéna a szív jobb pitvarának vénás öböléből fejlődő részébe torkollik. Ide lépnek be a koszorúerek is.

Az emlősök **vére** a többi gerinceséhez hasonlóan folyékony plazmára és sejtekre, ún. alakos elemekre különül. Ez utóbbiak vörösvérsejtekre, fehérvérsejtekre és vérlemezkékre oszthatók. A vér jellemző színét a vörösvértesteknek nevezett magvatlan vörösvérsejtek hemoglobin tartalma adja. A vérsejtek elsősorban a vörös csontvelőben, a csecsemőmirigyben, a lépben és a nyirokcsomókban, illetve a nyiroktüszőkben keletkeznek.

Emlősembriókban, a többi gerinccsel megegyezően, magvas vörösvérsejtek keringenek. Születés után a magzati vörösvérsejtek elöregednek és elpusztulnak, hemoglobintartalmuk a plazmába kerül, lebontódik, illetve kiürül. Helyüket és funkcióikat fokozatosan a felnőtt állatokra is jellemző magvatlan vörösvértestek veszik át. A csontvelő ettől kezdve – és normális viszonyok között – már elsősorban magvatlan vörösvérsejteket juttat a keringési rendszerbe.

A **nyirokrendszer** a szervek falában, pl. a gyomor-béltraktusban, a tüdőben stb. helyet foglaló nyiroktüszőkből, nyirokcsomókból és nyirokerekből, továbbá a csecsemőmirigyből, a lépből és a csontvelőből álló rendszer. A nyirokrendszer a benne keringő, áramló és megszűrt nyirok, illetve a nyiroksejtek révén meghatározó fontosságú a szervezet védekező reakcióiban, az immunkompetens sejtek és ellenanyagok termelésében, valamint számos felszívódással és anyagtranszporttal összefüggő folyamatban. A **nyirok** (limfa) az artériás kapillárisok falán átszűrődött, és az adott terület vénás kapillárisaiba visszaszívódni már nem képes, áttetsző szövetközi folyadék, amely keringési rendszerén (nyirokerek, nyiroktüszők, nyirokcsomók stb.) átáramolva a vénás rendszerbe kerül vissza. A **nyirokerek** fala még a vénáknál is sokkal vékonyabb, rajtuk ezért szakaszonként kisebb-nagyobb tágulatok, bennük pedig a nyirok egyirányú áramlását biztosító billentyűk vannak. A nyirokrendszerben az **elsődleges nyirokszervek** (pl. csecsemőmirigy, csontvelő) termelik azokat a nyiroksejteket, melyek a **másodlagos nyirokszervekben** (pl. a lép, a nyirokcsomók) „letelepedve” antigén hatásra nyerik el jellemző szerkezeti és működési sajátosságait. Nyiroktüszők a mandulák is. A nyirokcsomók saját kötőszövetes burokkal határolt szervek, melyek olyan helyeken fordulnak elő, ahol megakadályozhatják a fertőzések továbbterjedését a szervezet belseje vagy a szigerek felé. Nyirokcsomókat találunk pl. a nyaktájékon az állkapocs alatt, a hónaljban, a lágyékon. A csecsemőmirigy branchiogén szerv (7.29. ábra), a szegycsonthoz és a szív nagyereibe rögzül, a sejt immunválaszok központi szerve. A lép a hasüreg bal oldali részében elhelyezkedő hosszúkas, sötétvörös szerv, keresztmetszetben jellegzetesen háromszögletű.

A lép speciális szerkezete és keringési rendszere révén igen nagy mennyiségű vér raktározására képes, amelyet azután izmos tokja kontrakcióival gyorsan a keringésbe juttathat. Ez a mechanizmus elsősorban ragadozóknál fejlett, és az állat adaptációját segíti fokozott megterhelésekben. Emberben ez az izmos tok fejletlen, kontrakciója jellegzetes szűrő fájdalmat érzünk. A lép ezenkívül fontos szerepet játszik az előregedett vörösvértestek szétbontásában, az innen kikerülő hasznos anyagok (pl. vas) megőrzésében, részt vesz a vérsejtképzésben és a szervezet védekező mechanizmusában.

Összefoglalás

Bevezetőként megvizsgáltuk a keringési rendszer kialakulásának létjogosultságát, elkülönítettük és összehasonlítottuk a zárt és a nyílt típusát. Röviden jellemeztük a kettő felépítését és meghatároztuk a vér és vérnyirok összetételét. Megneveztük azon állatsoportokat, ahol még nem alakult ki keringési rendszer, majd jellemeztük a gyűrűsférgek és a puhatestűek keringési rendszerét. Kitértünk az ízeltlábúak kevésbé fejlett keringésének rákokban és rovarokban közös és eltérő vonásaira. Ezután összefoglalóan jellemeztük a gerincesek keringési rendszerét, röviden felvázoltuk annak alapszabását, majd részletesebben átnéztük a halak és a négylábúak érrendszerét. Láttuk, hogy a vérkörök és a szív felépítése hogyan változik, hogy a madarak és az emlősök érrendszere miben tér el egymástól, s azt, hogy mindkettő a hüllőkéből vezethető le. Végül bemutattuk az emlősök nyirokrendszerét is.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mik a keringési rendszer feladatai, s mely állatsoportokban és miért nem alakult ki? Mi a vér, a vérnyirok és a nyirokfolyadék?
2. Határozza meg a zárt és a nyílt keringési rendszert, s hasonlítsa össze őket!
3. Mutassa be a gyűrűsférgek és a puhatestűek keringési rendszerét!
4. Jellemezze az ízeltlábúak keringését, keresse meg a hasonlóságokat és a különbségeket a rákok és a rovarok szervrendszerében!
5. Röviden foglalja össze a gerincesek keringési rendszerének fő vonásait! Milyen felépítésű és milyen feladatokat lát el az emlősök nyirokrendszere?
6. Mutassa be a keringési rendszer gerinces alapszabását, s a halak érrendszerét!
7. A kifejlett kételtűek és a hüllők keringési rendszerében keresse meg azokat a jellemzőket, amelyek a szárazföldi életre való áttérés következményeiként alakultak ki!
8. Hasonlítsa össze a madarak és az emlősök érrendszerének fő vonásait, s vezesse vissza azokat a hüllők viszonyaira!

13. fejezet - Az idegrendszer (*systema nervosum*) és a hormonrendszer - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

Az idegrendszer a környezet ingereinek felfogására, az ingerek feldolgozására, valamint a megfelelő válaszreakciók kidolgozására szerveződött szervrendszer. Alapja az **idegszövet**, amely **idegsejtekből** (neuronokból) és **támasztósejtekből** (glia) áll. Inger felvételére minden sejt képes, ám az idegsejtekben erre és az ez által kiváltott ingerület továbbítására speciális struktúrák (receptorok, sejtmembrán, sejtnyúlványok) jöttek létre. A differenciált idegsejtek **sejttesttel** (perikarion) és egy vagy több **nyúlvánnyal** rendelkeznek. Ezek közül az információkat felvevőket **dendritnek**, az információkat leadót pedig **axonnak vagy neuritnek** nevezzük. Az idegsejtek alakjuk alapján lehetnek egy-, két- és többnyúlványú (unipolaris, bipolaris, multipolaris) neuronok.

Az idegsejtek jellegzetes felépítésű kapcsolatokat, ún. **szinapszisokat** alakítanak ki egymás között, s információikat ezek segítségével adják tovább, illetve cserélik ki. A neuronok működéséhez a támasztósejtek biztosítják a megfelelő környezetet (pl. az extracelluláris tér ionösszetételét).

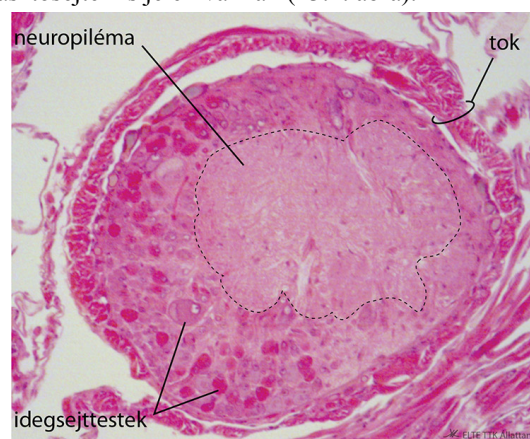
A fejlettebb állatok idegrendszerét **központi** (centrális) és **környéki** (perifériális) részre különítjük. Az idegrendszer a célszerveit az utóbbihoz tartozó **idegek** (*nervus*) útján éri el.

Az idegrendszerben már a törzsfajlás során megjelennek olyan idegsejtek is, amelyek hormonokat (neuroszekrétiókat) termelnek: ezek az ún. **neuroszekréciós sejtek**. A hormonok közvetett módon, a testfolyadék (szövetközi folyadék, vér vagy vérnyirok) közvetítésével jutnak el a célsejtekhez, így – az idegrendszerhez képest – a hormonrendszer beavatkozásának hatása később jelenik meg, ám a hatás hosszabb ideig tartó (ameddig a hormon a vérben van). A hormonrendszer felépítése hierarchikus, központja a központi idegrendszerben van. A központ sejtjei által termelt hormonok gyakran ún. **neurohemális szervek** segítségével jutnak a keringési rendszerbe. Az elnevezés arra utal, hogy e szervekben szoros kapcsolat alakul ki az ideg- és a keringési rendszer között: a hormontermelő sejtek axonjai itt ürítik a testfolyadékba termékeiket, amelyek itt – a szervezet szükségleteinek megfelelően, időlegesen – raktározódhatnak is.

Az idegsejtek és az idegrendszer a **külső csíralemez** (ektoderma) **származékai**.

13.1. Az összájú állatok idegrendszere

Az összájúaknál megjelenő **idegdúcok** (ganglionok) felépítése nagyon jellemző, s röviden a következőkben foglalható össze. Az idegsejtek sejttestjei (perikarion) a dúcok perifériáján helyezkednek el, míg nyúlványaikat a dúc centrális részébe küldik be. Ezt, az axonokat és dendriteket, valamint a közöttük kialakuló szinapszisokat nagy mennyiségben tartalmazó központi területet **neuropilémának** nevezzük. A dúcokban – mind a periférián, mind pedig a neuropilémában – támasztósejtek is jelen vannak (13.1. ábra).



13.1. ábra. Gerinctelen idegdúc felépítése: az idegsejtek sejttestjei a dúc felszíne alatt jól láthatók, a dúc belsejét egymással is kommunikáló nyúlványok töltik ki. Az idegdúcot (izomsejteket és ereket tartalmazó) kötőszövetes tok veszi körül (földigiliszta agydúcának szövettani metszete)

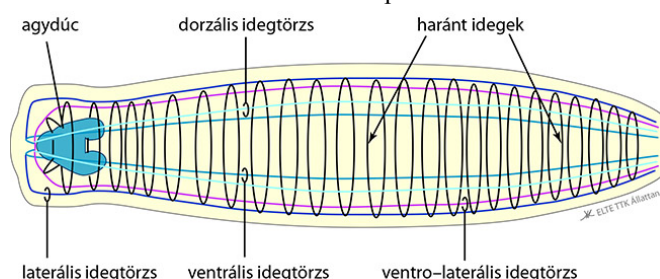
Az idegsejtek a **csalánozóknak** jelentek meg. Itt **diffúz hálózatot** alkotnak, hiszen a sugaras szimmetriájú testfelépítés és az életmód következtében ingerek a test bármely területére azonos valószínűséggel érkeznek. Már ebben az egyszerű szerveződésű rendszerben is megfigyelhető az idegsejtek csoportosulása, azaz idegdúcok megjelenése (pl. medúzákban). A kétoldalian részarányos állatok már meghatározott irányba mozognak, ezért őket az ingerek döntően a test elülső részén érik: kialakul a fej, amelyben az idegrendszer is központosul. Ez a jelenség a **kefalizáció** (*cephalisatio*). A fejben lévő egyik idegdúc párból **agydúc** (ggl. *cerebrale*) alakul ki, amelynek működése a többi dúc, így az egész idegrendszer tevékenysége szempontjából meghatározó, irányító jellegű. Az azonos oldali (egymás „mögötti”) idegdúcokat hosszirányú, a jobb és baloldali (egymás melletti) dúcárokat pedig keresztirányú idegkötegek kötik össze. Az előbbieket tudományos neve *connectivum*, az utóbbiakat pedig *commissura*.

13.1.1. A diploblasztikus állatok diffúz idegrendszere

A **csalánozók** (Cnidaria) törzsében az idegsejtek az epidermisz rétegében fejlődnek (6.1. ábra). **Diffúz hálózatot** alkotnak, amelyben a többé-kevésbé egyenletes eloszlású idegsejtek dúcokat is képezhetnek. Az idegrendszer feladata az érzékelés, az információk feldolgozása, a válaszreakciók kidolgozása (pl. a mozgás, csalánsejtek működése) és neuroszekréciók termelése. Ez utóbbiak a regenerációs folyamatok irányításában játszanak szerepet.

13.1.2. A bilaterális összajú állatok idegrendszere

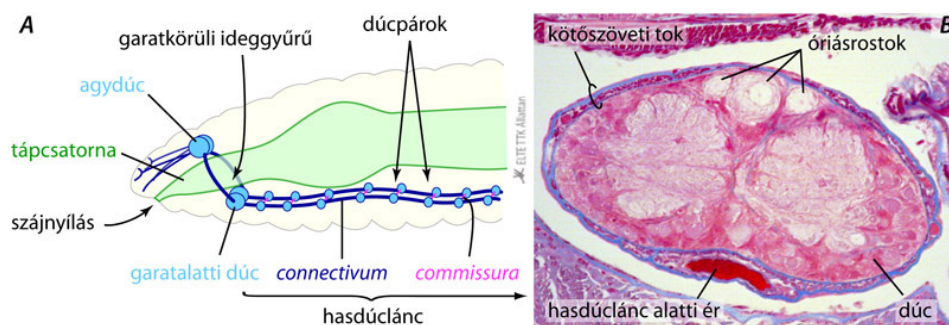
Az idegrendszer **laposférgek** (Platyhelminthes) törzsére jellemző vonásait az **örvényférgek** (Turbellaria) közé tartozó planáriákon mutatjuk be. Idegrendszerüknek központi és perifériás részét különböztetjük meg. A központi idegrendszert az **agydúc** (ggl. *cerebrale*) és néhány **hosszanti idegtörzs** alkotja, amelyek között gyűrűszerűen körbefutó **haránt törzsek** teremtenek összeköttetést (13.2. ábra). Az elágazási pontnál **kezdetleges dúcok** is találhatóak. Az ilyen felépítést – az egymásra merőleges idegkötegek miatt – **ortogonális rendszernek** nevezik. Idegszövetükben az idegsejtek mellett glia is fejlődik. A laposférgekben neuroszekréciós sejteket is leírtak. A **perifériás részt** az epidermisz alatt húzódó diffúz hálózat képezi.



13.2. ábra. Örvényféreg központi idegrendszere felülnézetben: az agydúcból hosszanti idegtörzsek indulnak ki, amelyeket gyűrűszerű harántágak kötnék össze

A **fonálférgek** (Nematoda) törzsében az idegrendszer egyszerű felépítésű. Központi része egy garat körül futó ideggyűrűből (**garatideggyűrű**) és a száj körüli érzékszerveket beidegző dúcokból áll. A környéki idegrendszerhez tartozik a hipodermiszből **hosszában lefutó 8 idegtörzs**, amelyek közül a legnagyobbak a háti és a hasi hipodermiszlécekben haladnak (6.3. ábra). A hosszanti idegtörzseket aszimmetrikusan elhelyezkedő harántidegek kötik össze (**otogonális rendszer**).

A **gyűrűsférgek** (Annelida) törzsébe tartozó állatok központi idegrendszerét egy pár dorsalisán elhelyezkedő **agydúc** (ggl. *cerebrale*), a ventralis helyzetű **garatalatti dúc** (ggl. *suboesophageale*), valamint a kettőt összekötő garat körüli idegtörzsek és a garatalatti dúcokból kiinduló **hasdúcclánc** képezi. Az agydúc, a garatalatti dúc és az őket összekötő garatkörüli idegtörzsek együttesen alkotják a **garatideggyűrűt**. Feladatuk az elülső szelvények beidegzése (itt találhatóak a legfontosabb érzékszervek és a száj). Innen indul a hasdúcclánc (13.3. ábra).



13.3. ábra. Nyeregképző gyűrűsféreg (földigiliszta) központi idegrendszerének felépítése: az agydúc, a garatkörüli ideggyűrű és a garatalatti dúc a garatideggyűrűt alkotják. Innen indul a hasdúclánc, amely két hosszanti idegtörzs mentén sorakozó dúcpárok sorozatából áll. A dúcpárok tagjait így hossz- és haránt irányban is idegkötegek kötik össze (A). A hasdúclánc egyik dúcpárjának keresztmetszete az óriásrostokkal és a hasdúclánc alatti érrel (B, szövettani metszet)

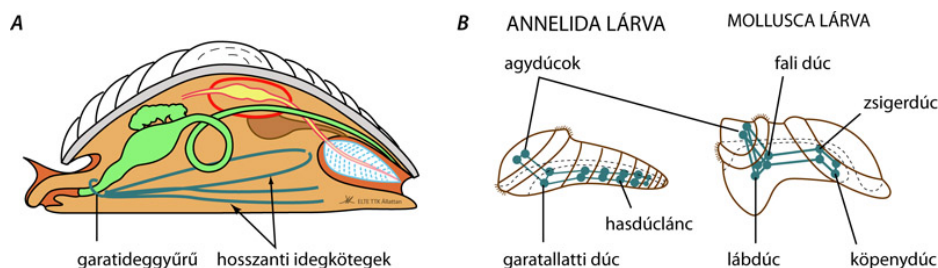
A **soksertéjűek** (Polychaeta) a nyeregképzőkhöz képest sokkal mozgékonyabb állatok, a fejükön szemekkel, különféle típusú tapogatókkal és szaglógödrökkel, továbbá sokan aktív ragadozók fejlett állkapcsokkal. Központi idegrendszerük ennél fogva sokkal differenciáltabb, mint a nyeregképzőké (Clitellata). A kizárólag gyorsmozgású ragadozó fajok agydúcában megtalálható **gombatestek** (13.5., 13.6., 13.7. ábrák) asszociációs központok, amelyek a rovarok azonos elnevezésű képletéhez képest kezdetlegesebbek. Rengeteg kapcsolatot létesítenek a garatideggyűrű különböző területeivel és az ellenoldali gombatestekkel. A lassabban mozgó, kevesebb differenciált érzékszervvel rendelkező nyeregképzőkben az agydúc sokkal kisebb.

A laposféreghez képest a gyűrűsféregben a centralizáció (kefalizáció) fokozódásával a hosszanti idegtörzsek száma csökken. Minden szelvény hasi oldalán **dúcpárok** jönnek létre, amelyeket egymással és a szomszédos szelvények dúcpárjával **hosszanti (connectivum) és haránt idegkötegek (commissura)** kötnek össze. E kötegek és dúcok együttese képezi a **hasdúcláncot** (l. 13.3. ábra). A környéki idegrendszert a dúcpárokból kilépő és a tápcsatornát beidegző idegfonat alkotja.

A hasdúclánc teljes hosszában nagy átmérőjű, ún. óriásrostok is futnak, amelyek vastagságuknak köszönhetően gyorsabb ingerületvezetést tesznek lehetővé, mint a kisebb átmérőjű rostok (13.3.B ábra). A szelvényeken megszakítás nélkül haladnak át, de menet közben kapcsolatba lépnek a szelvények testfal izomzatát beidegző motoros neuronokkal. Az óriásrostokon terjedő ingerület így pl. veszélyhelyzetben a test villámgyors összehúzódását eredményezheti.

A gyűrűsféreg idegrendszerében hormontermelő idegsejteket is azonosítottak.

A **puhatestűek** (Mollusca) idegrendszere szintén **dúcididegrendszer**: benne páros dúcok alakulnak ki, amelyeket hosszanti idegkötegek kötnek össze. Ez utóbbiak legfontosabbika a garatkörüli ideggyűrű (amely dúcaival a garatideggyűrű része). A fejletlen csoportok idegrendszere hasdúcláncszerű, míg a magasabb rendűeké a dúcok egyesülése, s ezzel a központosulás jellemző. **Dúcpárjaik** az agy-, pofa-, zsiger-, fali-, köpeny- és lábdúcok¹ (13.4. ábra).



13.4. ábra. Puhatestűek központi idegrendszere: ősi puhatestű feltételezett hasdúcláncszerű idegrendszere (A). Egy gyűrűsféreg (Annelida) és egy puhatestű (Mollusca) embrió idegrendszerének összehasonlítása: alapvetően mindkét rendszert ismétlődő dúcpárok sorozata alkotja, ám a puhatestűeknél a dúcok száma jóval kevesebb, s ezek az agy- és a pofadúc kivételével garatalatti dúccá egyesülnek (B)

¹Tudományos neveik sorrendben: ggl. cerebrale, ggl. buccale, ggl. viscerale, ggl. parietale, ggl. pleurale és ggl. pedale

Az agydúc a feji érzékszerveket (szemek, tapogatók) idegzi be. Pofadúcuk a tápcsatorna kezdeti szakaszának működését és a táplálékfelvételt szabályozza a fali dúcgal együtt. Zsigerdúcuk a zsigerzacskó szerveit, a köpenydúc a köpenyt és annak szerveit látja el. A lábdúc a láb mozgásait szervezi.

Idegrendszerük felépítése és teljesítménye széles skálán mozog: a kagylóké rendkívül egyszerű, mindössze 3 dúcpart tartalmaz, míg a lábasfejúeké koncentrált, hatalmas tömegű, bonyolult idegrendszeri működésekre képes szervrendszer – nem véletlen, hogy a gerinctelen állatok legintelligensebbjei ez utóbbi csoportból kerülnek ki.

A csigák rendszerezésében az idegrendszer morfológiájának, azaz egyes dúcaik között kapcsolatot teremtő hosszanti idegkötegek egymáshoz viszonyított lefutásának fontos szerepe van. Az egyenes és keresztezett idegűség jelenségéről és ennek rendszertani vonatkozásairól a puhatestűek csoportjának szövegünk (21.4.1. fejezet).

Az **ízeltlábúak** (Arthropoda) idegrendszere is **hasdúclánc típusú és szelvényezett** felépítésű. Az **agydúc** (ggl. *cerebrale*) a szemeket és a csápokat idegzi be, s a fej szemeket és csápokat hordozó szelvényeinek fuzionált dúcparjaiból jön létre. A **garatalatti dúc** (ggl. *suboesophageale*) a szájszerveket idegzi be, s szintén a megfelelő szelvények dúcparjainak fúziójával keletkezik. A **hasdúclánc** mentén az egyes szelvényekben található dúcparok a saját szelvényük (így az azokhoz tartozó függelékek) beidegzését végzik. Egyes csoportokban a dúcok nagyfokú központosulása figyelhető meg.

Idegrendszerükben óriásrostok is megjelenhetnek, de ezek szerepe – a gyűrűsférgekhez képest – alárendeltté válik.

Hormonrendszerük fontos élettani működések szabályozása mellett a **vedlést irányítja**, rovaroknál pedig azt is meghatározza, hogy a vedlést követően milyen fejlődési stádium (lárva, báb vagy imágó) következzen.

Nézzük át először a **rákok** (Crustacea) osztályába tartozó **tíz lábú rákok** (Decapoda rend) idegrendszerét a nemesrák (*Astacus* fajok) példáján! Ezekre az állatokra a központosult dúcidegrendszer jellemző (10.4 ábra). Az **agydúc** (ggl. *cerebrale*) az első három embrionális dúcpar összeolvadásából alakul ki, ezért a kifejlett rák agydúca három fő részből áll: ezek a *proto-*, *deutero-* és *tritocerebrum* (a magyar elnevezéseik sorrendben: előagy, középagy, utóagy², 13.5. ábra).

A **protocerebrumban** található az idegrendszer legfőbb asszociációs központja, a páros **gombatest** (*corpus pedunculatum*, többes száma: *corpora pedunculata*). A látási információ a **látólebenyen** keresztül több átkapcsolódás után ide érkezik. A két gombatest között található *protocerebrum* részt **centrális testnek** nevezik. Itt a gombatestek között átkereszteződő, valamint fel- és leszálló idegrostok találhatók.

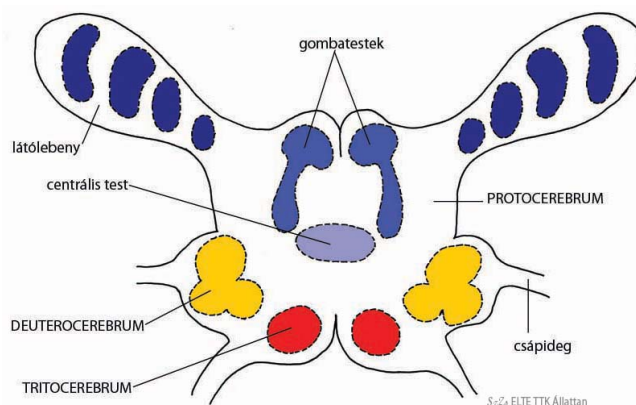
A **deutocerebrum** feladata a kis csáp (*antenna I*) motoros beidegzése, és az ott elhelyezkedő mechano- és kemoreceptorokból érkező információk feldolgozása és továbbítása.

A **tritocerebrum** a nagy csápot (*antenna II*) idegzi be, valamint idegek futnak belőle az emésztőszervek első szakaszához (tehát vegetatív központként is működik). Innen indul ki a **garatkörüli idegyűrű** (*connecivum*), ami a garatalatti dúcba (ggl. *suboesophageale*) fut.

A **garatalatti dúc** a 4.–6. embrionális testszelvények dúcparjainak összeolvadásából keletkezett. Feladata a szájszervek beidegzése. A hasdúclánc egyes dúcparjai az adott szelvényt idegzik be, de a központ felé is küldenek információkat, illetve utasításokat is kapnak.

A tritocerebrumból kiinduló, a hasdúclánc teljes hosszában végighúzó axonok egy része nagy átmérőjű, ún. óriásrost. Ezek elsősorban gátló neuronok axonjai, amelyek a hasdúclánc valamennyi szelvényének dúcait egyformán gátolják.

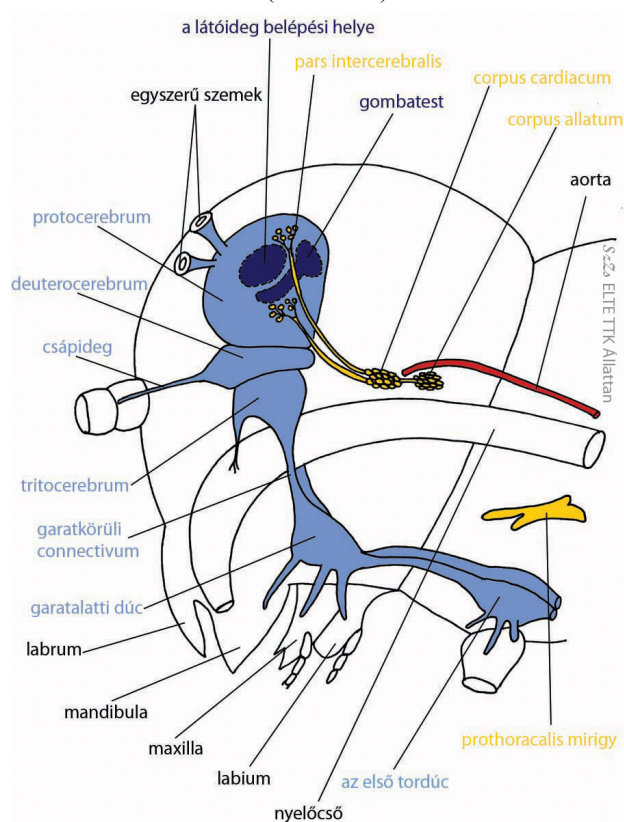
²A magyar elnevezések nem használatosak, csak azért szerepelnek itt, mert érthetővé teszik a tudományos elnevezéseket!



13.5. ábra. Tíz lábú rák (Decapoda) agydúcának szerkezete (a kékkel jelölt struktúrák a *protocerebrum*hoz, a sárgával jelöltek a *deutocerebrum*hoz, a pirossal jelöltek pedig a *tritocerebrum*hoz tartoznak)

A **hormonrendszer központja** az ún. X-szerv-szinuszmirigy-komplexum. Az **X-szerv** nevét jellegzetes alakjáról kapta – a szemnyél idegkötegének felszínén fekszik és X alakú. Feladata a hormontermelés. A szinuszmirigy neurohemális szerv, azaz az X-szerv által termelt hormonok benne raktározódnak, és belőle ürülnek a vérnyirokba. A neuroendokrin rendszer részt vesz a vedlés, a szénhidrát anyagcsere, a vízháztartás, az ivari működések és a fejlődés szabályozásában is.

A **rovarok** (Insecta) idegrendszerének jellemzőit a csótányok szervrendszere alapján írjuk le. Idegrendszerük fő részeit és elhelyezkedését a 11.6. ábra mutatja be. Az **agydúc** (ggl. *cerebrale*) – a rákokéhoz hasonlóan – az első három embrionális testszélvény dúcparjainak összeolvadásából jött létre. Ennek megfelelően három fő részre tagolódik: a *proto*-, a *deuto*- és a *tritocerebrum*ra (13.6. ábra).



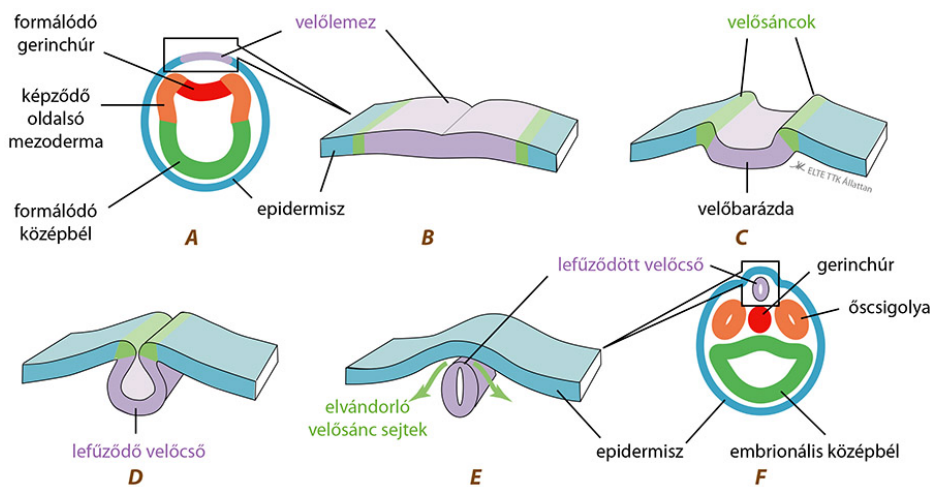
13.6. ábra. A rovarok központi idegrendszerének és neuroendokrin szerveinek elhelyezkedése a fejben és az első tori szelvényben (az idegrendszeri struktúrák az ábrán kék színnel szerepelnek, a neuroendokrin rendszer tagjai sárgák)

13.2. Az újszájú gerinchúrosok és gerincesek idegrendszere

13.2.1. Az alapszabás kialakulása

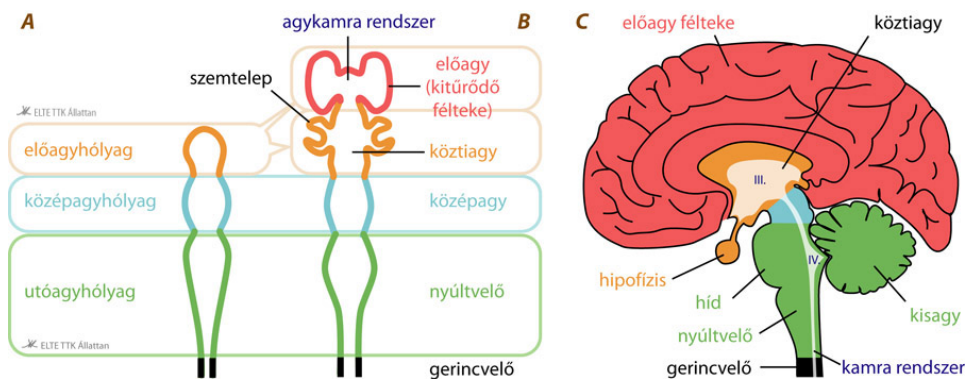
Az idegrendszer alapszabását annak kialakulása szabja meg, így először ezt nézzük röviden! Az idegrendszer telepe itt is ektodermális eredetű. Ez az ún. neurális ektoderma (neuroektoderma), amely először az embrió dorsalis középsíkja mentén a felszínből kicsit kiemelkedő lemezként azonosítható: ez az ún. **velőlemez**, amelynek szélei felemelkedve **velősáncokat** képeznek. Ezek a középsík felé fordulnak, majd összefeksznek. Érintkező felszínükön fuzionálnak, lefűzve a **velőcsövet** a felszíni hámrétegről (13.8. ábra).

A velősáncot alkotó sejtek ugyan bekerülnek az epidermis alá, de nem épülnek be a velőcsőbe, hanem annak mentén két összefüggő, majd szelvényenként feltagolódnó lécet, ún. dúcléceket képeznek. A sejtek nagy része ezt követően kivándorol innen (pl. a mellékvese velőállományát alkotja majd). Az itt maradó sejtek a gerincvelői dúcok neuronjait képezik majd, innen a dúcléc elnevezés.



13.8. ábra. Az idegrendszer telepének kialakulása gerincesekben (A és F: teljes embrió keresztmetszetek, B–E: az embrió keresztmetszetein jelzett terület sorsának alakulása: a folyamat leírását lásd a szövegben)

A velőcső a hossz tengely mentén nem egyforma: a feji végen három tágulat, agyhólyag jelenik meg rajta (5.10. ábra). Ezek az **elő-** (prosencephalon), **közép-** (mesencephalon) és **utóagyhólyagok** (rhombencephalon). Az **agyvelőt** (cerebrum) kialakító származékaik minden gerincesben ugyanazok (13.9. ábra): az előagyhólyagból fejlődik a köztiagy (diencephalon) és a két előagyi félteke (telencephalon). A középagyhólyag származéka a középagy (mesencephalon), míg az utóagyhólyag hozza létre a nyúltvelőt (medulla oblongata) és a magzatburkosoknál megjelenő hidat (pons), illetve a kisagyat (cerebellum). A nyúltvelőtől a középagyig terjedő szakaszt (a kisagy nélkül) **agytörzsnek** nevezzük. Benne létfontosságú, légzést és keringést szabályozó ún. **vitális központok** működnek.



13.9. ábra. A gerincesek agyhólyagjai és azok származékai: kezdetben három agyhólyag jelenik meg (A), majd a későbbiekben az előagyhólyag fejlődésével (az előagy féltekék megjelenésével) ezek száma ötre emelkedik (B). Az agyhólyagokból kifejlődő agyrészek (ember agyvelejének középsíkú metszete, V). (A két ábrán azonos színnel jelölt területek egymásnak megfeleltethetők)

A velőcső további szakasza kisebb átmérőjű marad, s **gerincvelővé** (*medulla spinalis*) alakul. A gerincvelő belső szerkezete nem szelvényezett. Benne az idegsejtek alkotja ún. **szürkeállomány** többé-kevésbé közepén helyezkedik el. Alakját H-betűhöz hasonlítják általában. A H ventrális szarait **mellső szarvnak**, felső szarait **hátsó szarvnak** nevezzük (13.11. ábra). Ebben a szürkeállományba többféle neuron típust is elkülöníthetünk. A legtöbbször emlegetettek a **mozgató vagy motoneuronok**, amelyek axonjai elhagyják a központi idegrendszert, s egy célszervhez futnak. Az **interneuronok** olyan idegsejtek, amelyek a szürkeállomány idegsejtjei között teremtenek kapcsolatot, azaz nyúlványaik nem hagyják el a szürkeállományt.

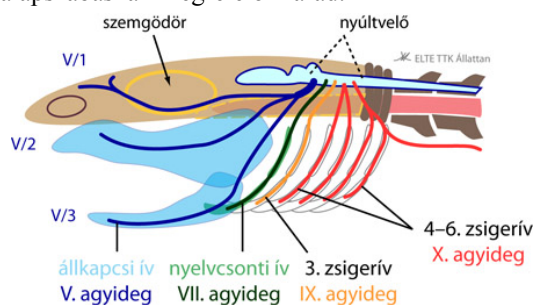
A szürkeállományt körülvevő perifériás **fehérállományt** a fel- és leszálló idegrostok tömege alkotja, amelyekkel a gerincvelő az agyvelő területeivel tart kapcsolatot.

A gerincvelőből szelvényenként és kétoldalt egy **háti és egy hasi gyökér** lép ki. A háti gyökéren egy duzzanat van, ez a **csigolyaközi dúc** (*ganglion spinale*). A perifériáról befutó érzőidegek sejttesteit foglalja magába. A háti gyökök egyesülnek az azonos oldali mellső gyökérrel: ez az egyesült szakasz a **gerincvelői ideg** (*nervus spinalis*).

A velőcső eredeti ürege az agyvelőn és a gerincvelőn végighúzódnak üregrendszerre alakul, s **agy-gerincvelői folyadék** (*liquor cerebrospinalis*) tölti ki (13.9. ábra). Ennek megfelelően az agy egyes részeiben (előagyi féltekék, köztiagy, középagy és nyúltvelő) **agykamrák** alakulnak ki, a gerincvelő szürkeállományban pedig egy olyan centrális helyzetű, szűk üreg húzódik végig (13.9., 13.11. ábra), amely az agyvelő területén az agykamrákban folytatódik.

Az idegrendszer központi részeiből (az agy- és a gerincvelőből) agy-, illetve gerincvelői idegek lépnek ki a perifériára – utóbbiak a **környéki idegrendszer** részei. Az **agyidegek** lehetnek tisztán **érzők** (szaglóhámot, retinát, belsőfül receptorterületeit beidegzők), tisztán **mozgatók** (szemmozgató izmokat beidegzők), illetve **keverték** (érző és mozgató rostokat egyaránt tartalmazók). Vannak közöttük **vegetatív** rostokat tartalmazók is (pl. nyálszekréció, könnytermelés).

A gerincesek törzsféjlődése során az agyidegek konzervatív módon megtartják beidegzési területüket. Néhány alapvető jellegzetességüket a II. és a III. táblázat foglalja. A konzervativizmussal kapcsolatban itt annyit jegyeznünk meg, hogy az az arckoponya zsigeríveinek beidegzésére is vonatkozik. Az első zsigerívet (állkapcsi ív) az V., a második zsigerívet (nyelvcsonti ív) a VII., a harmadik garatívet a IX., a 4–6 garatívet pedig a X. agyideg látja el (13.10. ábra). Az arckoponya egyes elemei az evolúció során megváltoztatják helyüket (és funkciójukat), beidegzésük ennek ellenére az alapszabásnak megfelelő marad.



13.10. ábra. A zsigerívekhez tartozó agyidegek: az állkapcsi ívet beidegző V. agyidegnek három ága van (V/1, V/2, V/3), a X. agyideg több gyökérrel lép ki az agyvelőből, s egyik ága a testüregi szervek felé kanyarodik. (Az ábrán csak a garatívek idegeit tüntettük fel, amelyek mindegyike a nyúltvelőhöz tartozik)

Erre egy szemléletes példa az emlősök hallócsontjainak esete: a kalapács és az üllő eredetileg a hullók állkapcsi ívének csontjai voltak (más néven). Emlősökben bekerültek a dobüregbe, beidegzésüket azonban megtartották (V. agyideg, l. 13.10. ábra).

A **gerincvelői idegek** mindig keverték és szelvényesen rendeződnek (hiszen a csigolyák közül lépnek ki). A környéki idegrendszerben az idegek mentén dúcokat (ganglionokat) találunk. Ezek felépítése eltér a gerinctelen állatokban található dúcokétól (erről l. 13.1. ábra), mivel azokat az idegsejtek egyenesen „töltik ki”.

A **hormonrendszer** hierarchikus felépítésű, **központja** a köztiagy ventrális részén található hipotalamusz-hipofízis rendszer. A **hipotalamusz** azon kívül, hogy az idegrendszer része, egyben **belső elválasztású mirigy** is, hiszen egyes sejtesoportjai neuroszekrétaanyagokat termelnek. Az **agyalapi mirigy vagy hipofízis több lebenyből áll**. A hátsó idegi (velőcső) eredetű (neve ezért **neurohipofízis**), s ennek megfelelően közvetlen, axonális kapcsolatban áll a hipotalamuszsal. Ez azt jelenti, hogy az utóbbi bizonyos neuroszekréciós sejtesoportjai axonjaikat a hipofízis hátsó lebenyébe nyújtják, s hormonjaikat itt adják le. Ez utóbbiak itt raktározódnak, s a szervezet szükségleteinek megfelelő mennyiségben a keringésbe kerülnek – a hipofízis hátsó lebenye tehát neurohemális szerv (amely hormonokat nem termel).

Az agyalapi mirigy elülső része hám eredetű (**adenohipofízis**), s az embrionális fejlődés során tolódik a köztiagy ventrális felszínére, a hipotalamusz alá. Alapesetben a hipotalamuszsal portális keringés köti össze. A **hipotalamusz egyes magcsoportjai** a hipofízis elülső lebenyének működését serkentő (angolul: releasing) és csökkentő, gátló (angolul: inhibiting) hormonokat termelnek, amelyek a portális keringés útján jutnak célsejtjeikhez.

A rendszer alárendelt tagjai belső elválasztású mirigyek, amelyek hormonjai a vérkeringés útján jutnak el a célsejtjeikhez.

A fenti leírásban számos részletre nem térünk ki. A teljesebb kép kialakításához mindenképpen javasoljuk a következő fejezet áttanulmányozását!

13.2.2. A kiegészítő részletek

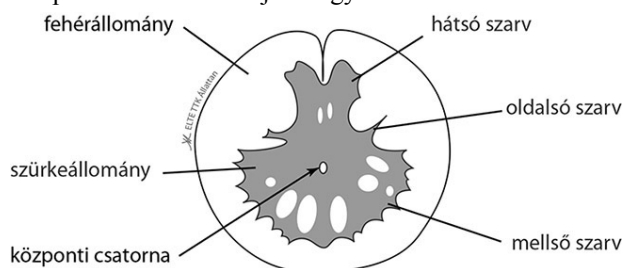
13.2.2.1. A magzatburok nélküliek idegrendszere

A most következő leírásban a legterjedelmesebb a halak idegrendszerével foglalkozó rész. Ennek az a magyarázata, hogy az előző fejezetben leírtakkal együtt ez adja meg az összes gerinces csoport idegrendszerének megértéséhez szükséges alap információkat. A halaknál fejlettebb csoportoknál nem mutatjuk be a szervrendszer egészét, csupán az adott csoportra vonatkozó jellegzetességeket emeljük ki.

13.2.2.1.1. A halak idegrendszere

A **halak** idegrendszerét a sugarasúszójú halakhoz (Actinopterygii) tartozó ponty példáján mutatjuk be. Az idegrendszer központi és perifériás részből áll. A központi idegrendszer részei az agyvelő (*cerebrum*) és a gerincvelő (*medulla spinalis*). A perifériás idegrendszer az agyidegekből, a gerincvelői idegekből, továbbá a hozzájuk tartozó dúcokból áll.

A **gerincvelő** a csigolyaívek által alkotott gerinccsatornában (l. 7.3. ábra) húzódik végig. Fehér színű, hengeres test. A H alakú szürkeállomány ventrális szarai lényegesen nagyobbak, mint a dorzálisak (13.11. ábra). A gerincvelő részben (a később ismertetendő gerincvelői reflexívek segítségével) szabályozza az adott testszelvény működéseit, részben a perifériáról érkező impulzusokat továbbítja az agy felé.

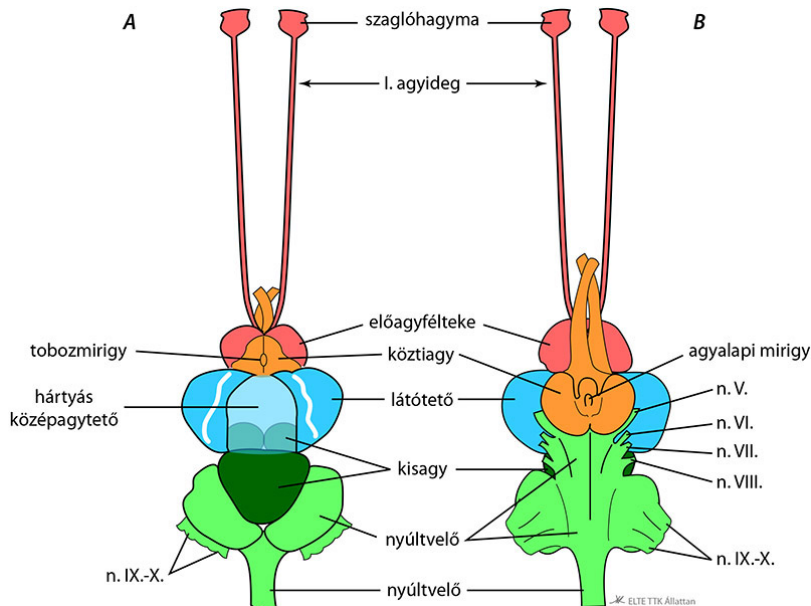


13.11. ábra. Keresztmetszet hal gerincvelőjéből

A gerincvelő halakban az agytól viszonylag független működésre képes szerv. Az agyirtott (decerebrált) ponty pl. normális testtartásban képes úszni, vegetatív működései is alig szenvednek zavart.

A gerincvelői interneuronok egy része ún. hosszú pályákkal lép szinaptikus kapcsolatba. E pályák a fehérállományban felfelé futva eléri az agyi központokat (felszálló vagy érzőpályák), ill. onnan lefelé haladva (leszálló, mozgatópályák) interneuronok közvetítésével a mellső szarvi mozgató neuronokon végződnek. Ezáltal lehetőség nyílik a gerincvelői működés modulálására. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy az agy főként gátló impulzusokkal szabályozza a gerincvelő működését. Egyes mozgásokat az érzékszervekből érkező ingerek mintájának megfelelően gátol, az aktuálisan adaptív mozgásokat viszont "megengedi".

A **nyúltvelő** (*medulla oblongata*) az agyvelő kaudális része (13.12. ábra). Életfontosságú rész, az ún. **vitális centrumok** (légzési és keringési központok) találhatók benne. Fontos, végső végrehajtó területe az agyi eredetű mozgató utasításoknak. Két részét kell elkülönöztetnünk: a kaudális, ún. **zárt részt** és az előtte fekvő **nyílt részt**.



13.12. ábra. Hal (ponty) agyvelejének szerkezete dorzális (A) és ventrális (B) nézetben

A nyúltvelő zárt része a gerincvelőhöz hasonló és folyamatosan megy át a nyílt részbe. A nyúltvelő nyílt részének dorzális fala csupán egy vékony hátya. Alatta a gerincvelő központi ürege kitágul; ez a **negyedik agykamra**. A nyúltvelő belső felépítése a gerincvelő szerkezetéből vezethető le.

A gerincvelő hátulsó szarvának megfelelő területekből alakulnak ki a X., a IX., a VII. és az V. agyideg érző magvai. Az V. agyideg az első, a VII. a második zsigerív idege. Agyaik az adott kopolyúvekből fejlődő szerveket idegzik be. A IX. agyideg a harmadik zsigerív (az első működő kopolyúív) idege, ezen kívül beidegzi a garatot, a nyelvet és a kopolyúüreget. A X. agyideg ágai a negyedik, ötödik és hatodik zsigerívbe (csontoshalakon ezek a 2., 3. és 4. működő kopolyúívek) és a zsigerikbe hatolnak be (13.10. ábra). Vegetatív ágai beidegzik a szívet, az úszóhólyagot, az egész emésztőtraktust.

A **kisagy** (*cerebellum*) az agyvelő legfontosabb mozgáskoordináló része. Dorzális nézetben meglehetősen nagy, enyhén hátrahajló, széles alapú duzzanat a nyúltvelő előtt és fölött. Ezt a felemelkedő részt a kisagy testének nevezzük. A kisagy másik része egy középagytető alá benyomuló páros kitűrődés, amely a középagyi kamrába nyomul be (13.12.A ábra).

A kisagy testébe a gerincvelő felől érkeznek érző pályák. A legtöbb rostot az egyensúlyérző területekből kapja, ahol eredendően az oldalon-szerv és a belsőfül érzetei integrálódnak. A kisagy mozgató elemei speciálisan gátló neuronok, tehát gerincvelői szinten csak azoknak a közép- és nyúltagi motoros neuronoknak a serkentő hatása érvényesül, amelyeket a kisagy aktuálisan nem gátol.

A kisagy a fenéklakó, növényevő halfajokban egészen kicsi, a gyorsmozgású ragadozóknál viszont igen nagy lehet. Az egyik kisagyfél irtását követően az állat – a kezdeti teljes bénulás feloldódása után – csak az ép kisagyfél felé, körkörös irányban tud úszni. A kisagy teljes irtásakor a hal nem képes térbeli helyzetét érzékelni, többnyire hassal felfelé fordulva, a víz felszínén görcsös mozdulatokkal vergődik.

A **középagy** (*mesencephalon*) a csontoshalak **legfontosabb érző (szenzoros) és mozgató (motoros) központja**, egyben az agy legnagyobb tömegű része (13.12. ábra). Egy dorzális középagytestből (*tectum mesencephali*) és egy ventrális, páros, agykocsánynak nevezett részből (*pedunculus cerebri*) áll. A középagytestből dorzális nézetben kétoldali, félgömb formájú, nagy duzzanatot látunk, közöttük háromszög alakú, igen vékony hártya feszül ki (13.12.A ábra). A félgömb alakú, oldalsó helyzetű testek képezik a látótétőt (*tectum opticum*). Másik nevük kettős ikertest. A középagy ürege a középagyi kamra, amely a nyúltvelő nyílt részében levő IV. agykamrával van összeköttetésben. A középagyi kamrától ventrálisan a középagy bazális része, a hengeres agykocsány található, mely ép agyon csak ventrális nézetben látható (13.12.B ábra).

A középagyból lépnek ki a III. és a IV. és VI. agyidegek, amelyek a szemmozgató izmokat idegzik be.

A látótétő a halak látóanalizátorának legfelsőbbrendű központja.

A halak középagya igen fontos mozgáskoordináló centrum. Centrális szürkeállományában egy nagy, motoros magvat különítenek el. Megfigyelések szerint a feltételes reflexes mozgássorozatok nagy része halakban középagyi-kisagyi szinten rögzül. E reflexkapcsolatok akkor is megmaradnak, ha az állat közti- és nagyagyát kiirtják.

A halakra jellemző, öröklött, motoros reflex a zsákmány vagy ellenség követése. Ez esetben a középagyi mozgató centrumok az állat testét folyamatosan úgy állítják be a térben, hogy annak képe mindig pontosan a retina éleslátásának területére essék.

A meglehetősen fejletlen **köziagy** (*diencephalon*) dorzális nézetben gyakorlatilag nem is látszik (13.12.A ábra). Laterális és ventrális oldalról azonban jól felismerhető képlet. Elülső határát a látóideg kereszteződése adja. A II. agyideg, a látóideg (*n. opticus*) a köztiagyba lép be, de nem itt végződik, hanem a kereszteződése után a középagyi látótétőbe fut. **A köztiagy három részre osztható:** a dorzális epitalamuszra, a centrális helyzetű talamuszra és a ventrális hipotalamuszra. A köztiagy ürege a III. agykamra, amely a középsíkban helyezkedik el. Az epitalamusz endokrin szerve a tobozmirigy (*corpus pineale*, vagy epifízis).

Az epitalamuszba számos rost fut be a nagyagy felől. Ezek a szaglással és ezen keresztül a táplálkozási és vándorlási mechanizmusokkal kapcsolatos információkat juttatnak a köztiagyba.

A **talamusz** több magcsoportját vizsgálva megállapították, hogy sem szagló, sem tapintó, sem halló afferentációt (bemenetet) nem kap. A halakban elsősorban a mozgás szabályozásában vesz részt.

A **hipotalamusz** területén, a III. agykamra falában főleg neuroszekréciós sejtek alkotta idegmagvak vannak. A nagyagyból ide szaglórостok, a szemgolyóból pedig látórостok érkeznek ide. Ez aza agyterület a végső állomása az ízézésnek és csaknem valamennyi zsigeri érző információnak is. Azt mondhatjuk tehát, hogy a köztiagyban számos vegetatív és igen sok szomatikus érzet integrálódik, a pályák nagy többsége a halak idegrendszerében itt végződik. A hipotalamuszban leszálló, mozgató pályákon keresztül a táplálkozási, az érrendszeri, a légzési és a nemi működések vezérlése történik. Sok adat szól amellett, hogy a társas viselkedés reflexsorai is köztiagyi szinten rögzülnek a halakban.

Az **előagy** (*telencephalon*) halakban az agy legkisebb része (13.12. ábra). A látótétők előtt két kis tojás formájú testecske figyelhető meg, ezek a nagyagy "féltekéi" (*hemispheriumai*). A féltekék felszíne szederhez hasonló: kisebb duzzanatok vannak rajta.

A nagyagy idege az első agyideg, a szaglóideg (n. olfactorius). A szaglólámból érkező ingerület finom axonkötegeken át érkezik az orrüreg mögött levő, gömb alakú szaglólagymába. Az ingerület itt másodlagos szaglórостokra kapcsolódik át. A szaglólagymából kilépő másodlagos neuronok axonkötege, a tulajdonképpeni szaglóideg, a telencephalon anterobazális részébe fut.

A funkciós vizsgálatok szerint a halak nagyagyja elsősorban szaglóanalizátor, de lehet szerepe a társas magatartásformák szabályozásában és a feltételes reflexek rögzülésében is. Nagyagyirtott, rajban élő halak elveszítik kapcsolatukat fajtársaikkal. A tanult reakciók – és több öröklött reflextevékenység – nagyagyirtás után ugyan nem esnek ki, de nehezen előhívhatók, e funkciókat az operált állat sokkal kisebb intenzitással végzi. Ezek alapján úgy tartják, hogy az előagy halak esetében aktiváló (facilitáló) rendszer, az öröklött és szerzett cselekvésformákat stimulálja.

13.2.2.1.2. A halak agyidegei

Az agyvelőből kilépő agyidegeket az II. táblázatban foglaljuk össze (a zsigerívekre vonatkozó utalásokat l. a gerinces arckoponya felépítése c. fejezetben!).

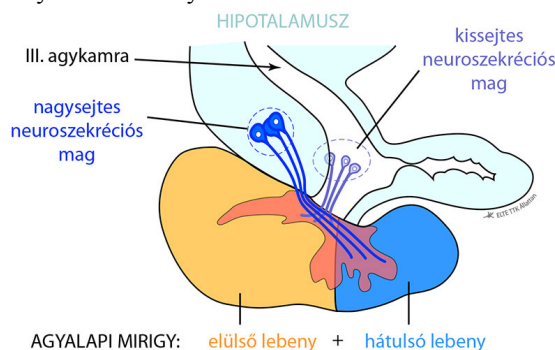
II. táblázat

	magyar név	tudományos név	lefutás, végállomás
I	szaglóideg	<i>nervus olfactorius</i>	a szaglóhagymából az előagy szaglólebenyébe fut (érző)
II	látóideg	<i>nervus opticus</i>	a szemgolyóból kilépve a köztiagy alapján kereszteződik, annak oldalsó peremén át a középagytetőbe érkezik (érző)
III	közös szemmozgató ideg	<i>nervus oculomotorius</i>	a középagyból lép ki, több szemmozgató izmot idegez be (mozgató)
IV	sodorideg	<i>nervus trochlearis</i>	a kisagy és középagy határáról ered, szemmozgató izmot idegez be (mozgató)
V	háromosztatú ideg	<i>nervus trigeminus</i>	a legnagyobb és legbonyolultabb agyideg, három gyökérrel ered a nyúltagyból, a homloktájékat és az állkapcsi ív területét idegzi be (kevert) (13.10. ábra)
VI	szemtávoltító ideg	<i>nervus abducens</i>	a nyúltvelőből lép ki, szemmozgató izmot idegez be (mozgató)
VII	arcideg	<i>nervus facialis</i>	a nyúltvelőből lép ki, a nyelvcsonti ív területét idegzi be (kevert) (13.10. ábra)
VIII	halló-egyensúlyérző ideg	<i>nervus stato-acusticus</i>	a belsőfülből indulva a nyúltvelőbe lép be (érző)
IX	nyelvgarat ideg	<i>nervus glossopharyngeus</i>	a nyúltvelő idege, a harmadik zsigerív területét látja el (kevert) (13.10. ábra)
X	bolygóideg	<i>nervus vagus</i>	a nyúltvelő idege, a 4–6-dik zsigerívek területét látja el, ágakat ad a testüregi szervekhez is (kevert) (13.10. ábra)

13.2.2.1.3. A halak neuroendokrin rendszere

A halak **neuroendokrin rendszerének központja** a hipotalamusz-hipofízis rendszer.

A **hipotalamuszban** a látóideg kereszteződése előtt és fölött található, **nagyméretű neuroszekréciós idegsejtek alkotta (nagysejtes) mag** található (13.13. ábra). Ezen sejtek axonjai a hipotalamusz ventrális falában futva az agyalapi mirigy (hipofízis) hátulsó, idegi eredetű részében végződnek. Az itt tárolódó hormonok elsősorban a szervezet vízháztartását és a vérnyomást szabályozzák.



13.13. ábra. A halak hipotalamusz-hipofízis rendszere (a részleteket l. a leírásban)

A hipotalamusz másik, ún. **kissejtes neuroszekréciós magyában** levő sejtek nyúlványai a benyomulnak a hipofízis elülső részébe és ott közvetlen kapcsolatba lépnek a hámsejtekkel. A halakban a hipotalamusz sejtjeinek váladékai (a releasing hormonok) tehát **közvetlenül érik el** célsejtjeiket, nem úgy, ahogyan a többi gerincesben, a keringési rendszer (kapuér keringés) révén.

Az agyalapi mirigy elülső részének sejtjeiben nagymolekulájú hormonok, ún. serkentő hormonok termelődnek. Szintézisüket és felszabadulásukat a hipotalamusz *releasing* hormonjai szabályozzák. A serkentő hormonok a következők:

- növekedést serkentő hormon (szomatotrop hormon – STH),
- pajzsmirigy serkentő hormon (thireoidea-stimuláló hormon – TSH),
- mellékvesekéreg serkentő hormon (adrenokortikotrop hormon – ACTH),
- tüszőérés serkentő hormon (follikulus-stimuláló hormon – FSH).
- Halakban a sárgatest serkentő hormon (luteinizáló hormon – LH) létezése kérdéses.
- A tejelválasztást serkentő hormon (laktotrop hormon – LTH: halakban természetesen nem a tejelválasztást serkenti, hanem a víz- és ionháztartást szabályozza).

A **perifériás endokrin szervek** közül a **pajzsmirigy** (*glandula thyreoidea*) embrionális korban a ventrális garathám kitürodéseiből fejlődik. Valamennyi gerinces állattal szemben a halakban nem alkot makroszkóposan is felismerhető, kompakt szervet. A kopolyúartériák, a felszálló aorta és a fejvesék területén szétszór, apró, csak mikroszkópos metszeteken megtalálható mirigyvégkamrák (follikulusok) alkotják. Hormonjai – mint a többi gerinces állatban is – a tiroxin és trijótironin. Nélkülük az egyedfejlődés, a növekedés megáll és igen súlyos zavarokat szenved. A mellékpajzsmirigy (*glandula parathyreoidea*) halakban nem alakul ki.

A **”mellékvese”** (*glandula suprarenalis*) sem kompakt szerv a halakban, hanem a vese szövetébe ágyazódott, apró sejtcsoportokból áll. E sejtcsoportok közül egyesek a fejlettebb gerincesek mellékvese velőjének, mások a mellékvese kérgének megfelelő működést fejtenek ki. A mellékvese sejtek egyik hatóanyaga az adrenalin. Növeli a vérnyomást és szerepe van a vér glukóz koncentrációjának szabályozásában. A mellékvese sejtek szteránvázas hormonokat is termelnek. Ezek a hormonok a szénhidrát-anyagcserét, valamint a só- és vízháztartást szabályozzák.

Az **ivarmirigyek** szteránvázas nemi hormonokat (androgéneket és ösztrogéneket) termelnek. Hatásuk megegyezik a magasabbrendű gerincesek esetében tapasztaltakkal: meghatározzák az ivarszervek fejlődését, a másodlagos nemi jelleget (ha van) és befolyásolják a szexuális viselkedést.

A **hasnyálmirigy** belső elválasztású részei, az ún. Langerhans-féle szigetek sejtjei a vércukorszintet csökkentő inzulint és az ellentétes hatású glukagont termelik.

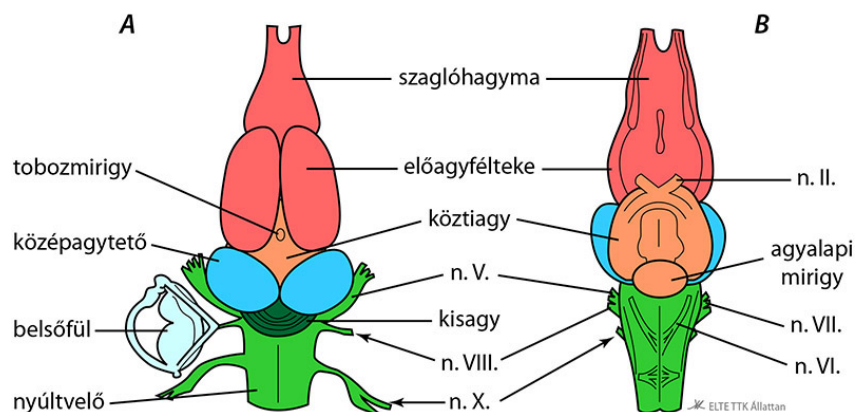
13.2.2.1.4. A kétéltűek idegrendszere

A **kétéltűek** (Amphibia) idegrendszerét a kecskebéka példáján írjuk le.

Az idegrendszer központi része az agyvelő és a gerincvelő. A **gerincvelő** (*medulla spinalis*) a gerinccsatornában húzódik végig. Viszonylag rövid, belőle csupán 10 pár **gerincvelői ideg** (*nervus spinalis*) indul ki, amelyek dorzális gyökerén **gerincvelői dúc** (*ganglion spinale*) található. Mindegyik dúc tövéből egy vékonyabb és rövidebb dorzális, valamint egy vastagabb és hosszabb ventrális ág indul ki. A ventrális, hosszabb ágak vagy idegek hamar elvesztik önállóságukat, egybeolvadnak és **fonatot** (*plexus*) képeznek. Így jön létre a **karfonat** az első három pár gerincvelői ideg ágaiból és az **ágyék–keresztáji fonat**, melyet az utolsó négy pár gerincvelői ideg ágai hoznak létre. A két fonat a végtagok beidegzését látja el. A többi szabadonfutó, zömben dorzális ágak a megfelelő izmokat és bőrfelületeket idegzik be.

Az **agyvelő** (*cerebrum*) abban különbözik a halakétól, hogy a nagyagy két féltekéje fejlettebb, szaglólebenyei a féltekéktől kevésbé különülnek el (13.14. ábra). Az agy részei a gerincagytól előrehaladva a következők. A **nyúltvelő** (*myelencephalon*) a gerincvelő folytatásaként fogható fel, tőle élesen nem határolódik el. Az agyidegek nagy része innen indul ki. Belsejében a IV. agykamra található, amely a gerincvelő központi csatornájának folytatása.

A **kisagy** (*cerebellum*) békákban kicsi, jelentéktelen lemez (13.14. ábra). Fejletlensége azzal magyarázható, hogy testük mozgása nem sokoldalú.



13.14. ábra. A béka agy felülnézeti (A) és ventrális (B) képe a kilépő agyidegekkel

A **középagy** (*mesencephalon*) felső részét ugyanúgy az ovális alakú látótető (*tectum opticum*) ikertestei alkotják, ahogy azt a halakban láttuk. Ha ezeket sérülés éri, az állat elveszti a látását. A középagy belsejében egy elég tág üreget vagy „kamrát” találunk, ami a IV. agykamra folytatása (középagyi kamra).

A **köztiagy** (*diencephalon*) elsősorban az agyvelő ventrális részén látható, ha az agyvelőt kiemeljük a koponyaüregből (13.14.B ábra). Két oldalsó részén helyezkedik el a **látótélep**. Belsejében a III. agykamrát találjuk. A dorzális részéhez a **tobozmirigy** (epifízis), a ventrálishoz pedig az **agyalapi mirigy** (hipofízis) kapcsolódik. Belső elválasztású mirigyek, amelyek fő funkciói megegyeznek a halakban megismertekkel.

Az **elő- vagy nagyagy** (*telencephalon*) két féltekére oszlik. A féltekék belsejében helyezkedik el az I. és a II. agykamra. Elülső részükből indulnak ki a szaglőlebenyek.

Az agyvelőből kiinduló idegek az érzékszerveket, arcizmokat, a hasüregbe lenyúlva a belső szerveket idegzik be. Fő jellemzőik a halaknál megismertekkel egyezők.

13.2.2.2. A magzatburkosok idegrendszere

13.2.2.2.1. Az alapszabás – a hüllők idegrendszere

A **hüllők** idegrendszerének bemutatásánál csupán csak a törzsfejlődéstanilag új vonásokra hívjuk fel a figyelmet. A **gerincvelő** (*medulla spinalis*) dorzális oldalán, a fehérállományban egy olyan felszálló pálya jelenik meg, amely a nyúltvelő szintjéig húzódik, s az agyvelőt a testet a talajtól elemelő végtagok aktuális helyzetéről tájékoztatja. E rendszer receptorai a végtagok bőrében, ízületeiben és izmaiban helyezkednek el.

Az idegrendszer fejlődésének kezdetén megjelenő három agyhólyagból fejlődő agyrészek az egyes hüllőcsoportokban az állatok életmódjának megfelelően alakulnak, illetve térnek el egymástól. A kétélűekhez képest a legjellemzőbb eltérések a következők.

A hüllők **agyidegeinek száma 12**: a magzatburok nélkülieknél megismert 10 agyideghez kettő „csatlakozik”. A **XI. agyideg** a X (*nervus vagus*) önállósult ága, ezért a járulékos ideg (*nervus accessorius*) elnevezést kapta. A **XII. agyideg**, a nyelvvalatti ideg (*nervus hypoglossus*) pedig (a nyakszirti régió eltérő fejlődése miatt) koponyába került gerincvelői ideg. A VI–XII agyidegek a nyúltvelő (*medulla oblongata*) területéről lépnek ki (I. II. és III. táblázatok).

A **híd** (*pons*) a nyúltvelő és a középagy között – a törzsfejlődés során először hüllőkben – kialakult agyrész (13.15. ábra). Megjelenése elsősorban annak köszönhető, hogy a felsőbb agyerületek felől érkező leszálló, mozgató pályák és a mozgásszervező funkciójú kisagy között teremt kapcsolatot. Agyidege az V. agyideg (*nervus trigeminus*).

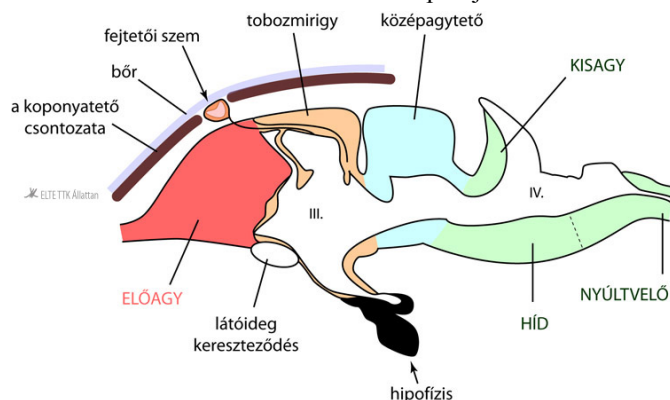
A **középagy** (*mesencephalon*) látótető nevű része a magzatburok nélkülieknél a látópálya végállomása volt (I. halak). Hüllőknél a látópálya fő vonulata – a látóidegek kereszteződése után – a köztiagy (talamusz) felé veszi útját, s végállomása az előagy meghatározott területe lesz. A látótetőnek megfelelő középagyi rész tehát „kiesik” a fő

útvonalból, ám bizonyos reflexek szervezéséhez továbbra is kap optikus információkat. A magzatburok nélkülieknek van egy másik érzékszervi pályája, amely a középgagyban végződik: ez a hallópálya. A hüllőknél ennek lefutása is megváltozik: az érintett középgagy terület csak átkapcsolási állomás lesz, mivel a pálya továbbhalad a köztiagy felé, s az előagyban végződik. A középgagy ventrális részében megjelenik a mozgások szervezésében kiemelt szerepű vörös mag. A középgagyból lépnek ki a III–IV. agyidegek.

A **köztia**gy (*diencephalon*) itt is három részre osztható: ezek az epitalamusz, talamusz és hipotalamusz. Az epitalamusz ún. **pineális komplexének** feladata fény által irányított életfolyamatok szabályozása. Két részre tagolódik: elülső része a páratlan parietális test, amely egyes gyíkokban a **parietális szemmel** áll kapcsolatban. Másik tagja a tobozmirigy (epifízis), amely melatonin termelése révén (a színszabályozás mellett) az alvás–ébrenlét ciklusát szabályozza.

A köztiagy középső része a talamusz (látótelep), amelynek tömege a kétélűekhez képest jelentősen megnőtt. A magzatburok nélküli állatokkal összehasonlítva elsősorban dorzális része fejlett: ez az előagy felé tartó (felszálló) érzőpályák fontos átkapcsolási és feldolgozási állomása. Ennek látványos példája az oldalsó térdes testek (*corpus geniculatum laterale*) kialakulása, amelyek a látópálya nagyagy előtti utolsó átkapcsolási állomásaként alakulnak ki. A dorzális részhez hüllőkben gyakran egy kiegészítő fényérző szerv, az ún. fejtetői szem csatlakozik (13.15. ábra). A köztiagy idege a II. agyideg (látóideg, *n. opticus*).

A köztiagy ventralis része, a hipotalamusz itt is morfológiai és funkcionális egységet alkot a hipofízissel: a **hipotalamusz-hipofízis rendszer** a neuroendokrin rendszer központja.



13.15. ábra. Hüllők agyvelejének hosszmetsete (általánosított vázlat): jól látszik a fejtetői szem, amely a koponyacsontok által formált nyílásba illeszkedik, s a bőr fedi (a narancssárga színű agyrész a köztiagy, amelyhez a fejtetői szem is tartozik)

Az **előagy** (*telencephalon*) fejlődése során megjelenik egy olyan sejtcsoport, amely a felszínre vándorolva **agykérget** (*cortex*) képez. Ez a kéreg közvetlen, **reciprok kapcsolatban áll a talamusz magjaival**. Az idegsejtek más csoportjait itt is a felszín alatt találjuk. Az előagy a viselkedés szabályozásának és a tanulási folyamatoknak a legfelsőbb központja. Idege az I. agyideg, a szaglóideg (*n. olfactorius*).

13.2.2.2.2. A magzatburkosok agyidegei

Az agykoponya tarkótájéjának alakulása miatt a magzatburkosokban az agyvelőhöz 12 agyideg tartozik. Ezeket a III. táblázat foglalja össze. Az első 10 agyideg annyiban különbözik a magzatburok nélküliekétől, hogy itt a közép- és nyúltagy között kialakul a **híd**, éppen az V. agyideg magasságában.

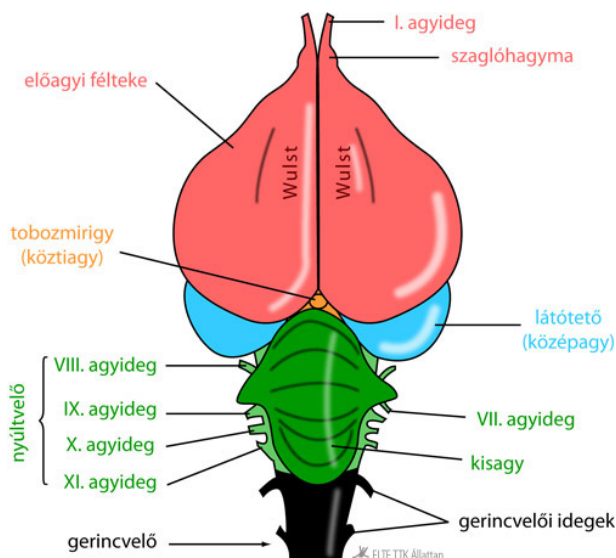
III. táblázat

	magyar név	tudományos név	lefutás, végállomás
I	szaglóideg	<i>n. olfactorius</i>	a szaglóhagymából az előagy szaglólebenyébe fut (érző)
II	látóideg	<i>n. opticus</i>	a szemgolyóból kilépve a köztiagy alapján kereszteződik, annak oldalsó peremén át a középgagyba érkezik (érző)
III	közös szemmozgató ideg	<i>n. oculomotorius</i>	a középgagyból lép ki, több szemmozgató izmot idegez be (mozgató)

IV	sodorideg	<i>n. trochlearis</i>	a kisagy és középagy határáról ered, szemmozgató izmot idegez be (mozgató)
V	háromosztátú ideg	<i>n. trigeminus</i>	a legnagyobb és legbonyolultabb agyideg, három gyökérrel ered a hídból , a homloktájékat és az állkapcsi ív területét idegzi be (kevert) (13.10. ábra)
VI	szemtávoltató ideg	<i>n. abducens</i>	a nyúltvelőből lép ki, szemmozgató izmot idegez be (mozgató)
VII	arcideg	<i>n. facialis</i>	a nyúltvelőből lép ki, a nyelvcsonti ív területét idegzi be (kevert) (13.10. ábra)
VIII	halló– egyensúlyérző ideg	<i>n. stato-accusticus</i>	a belsőfülből indulva a nyúltvelőbe lép be (érző)
IX	nyelvgarat ideg	<i>n. glossopharyngeus</i>	a nyúltvelő idege, a harmadik zsigerív területét látja el (kevert) (13.10. ábra)
X	bolygóideg	<i>n. vagus</i>	a nyúltvelő idege, a 4–6-dik zsigerívek területét látja el, ágakat ad a testüregi szervekhez is (kevert) (13.10. ábra)
XI	járulékos ideg	<i>n. accessorius</i>	a X. agyideg önállósult ága, a nyúltvelőből lép ki (kevert)
XII	nyelvalatti ideg	<i>n. hypoglossus</i>	a magzatburok nélküliek első gerincvelői idegének felel meg, a nyelv belső izmait idegzi be (mozgató)

13.2.2.2.3. A madarak és az emlősök idegrendszere

A **madarakban** (Aves) a gerincvelő és a nyúltvelő a Tetrapodára általában jellemző felépítést mutatja. A madarak agya a hüllőkhöz viszonyítva sokkal nagyobb (13.16. ábra). A **kisagy** (*cerebellum*) – a repülés és a két lábon való járás miatt – **nagy tömegű, fejlett**. A **középagy** (*mesencephalon*) nagyméretű, a madarakra jellemző **nagyon fejlett látás analízátor** központi része (látótető), bár innét többszörös átkapcsolással a talamuszba és az előagy kiemelkedő részébe (*Wulst*) is futnak rostok. A **köziagy** (*diencephalon*) a hüllőkénél sokkal fejlettebb, megjelenik a **termoregulációs központ**. Az **előagy** (*telencephalon*) két nagy féltékéből áll. Felszínük **nem barázdált**. A madaraknál a fejlett agykéreg és az agykamra között több rétegben is található idegsejtek (a területnek jellegzetes csíkolt mintázatot adnak). Ezek közül az ősbibék a mozgáskoordinációban, a modernebbek az érzékszervi működésben és a tanulási folyamatokban játszanak fontos szerepet. Ez utóbbiak teszik lehetővé, hogy a madarak a hüllőknél sokkal bonyolultabb viselkedési mintázatokat mutatsanak, illetve intelligencia szintjük sokkal magasabb. Több rendszertani egységbe (pl. varjúfélék, papagájfélék) olyan fajok tartoznak, amelyeknél ez eléri a főemlősök szintjét.

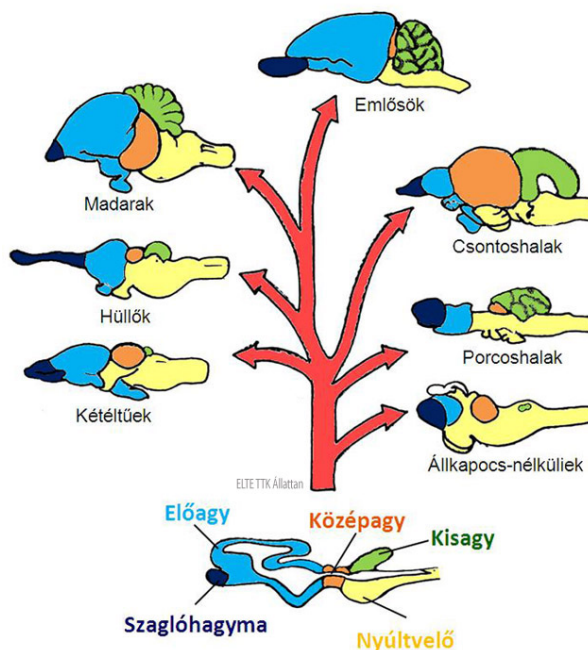


13.16. ábra. Házityúk agyvelejének dorsalis nézete: feltűnő a fejlett kisagy és középagytető (látótető), a hatalmas előagyi féltékék és a kicsi, fejletlen szaglőhagyma

Neuroendokrin rendszerük – néhány speciális vonással – a gerinces sémát követi.

Az alábbiakban a madár jellegzetességek közül csak néhányat említünk. A madarak hipofízisének két lebenye van (az emlősökben három fejlődik), a prolactin (emlősökben lactotrop hormon, LTH) nevű hormonjuk nyilvánvalóan más funkciót tölt be, mint az emlősöknél. Szerepe van a begytej termelésében (galambfélék), a kötőfolt kialakításában, a költési magatartás kiváltásában, valamint a vonulásban is. A tollazat lecserélését, azaz a vedlést a pajzsmirigy tiroxin hormonjának megemelkedett szintje váltja ki, míg a mérsékelt égövi énekesmadarak szezonális énekének megjelenését a tesztoszteron megemelkedett szintje indukálja.

Az **emlősök** (Mammalia) rendelkeznek a gerinces állatok között a legösszetettebb idegrendszerrel. Ennek általános szerveződése megegyezik az alacsonyabbrendű gerincesekben tanultakkal, így itt csak az emlősökre jellemző tulajdonságokat említjük. Az emlősökben nagyon **fejlett kisagyat** (*cerebellum*) találunk (13.17. ábra). Állománya lebenyezett, benne igen sok idegsejt található, melyek száma összemérhető a teljes előagy neuronszámával! A kisagy ilyen mértékű fejlettsége azzal magyarázható, hogy az emlősök négy lábon járó állatok, végtagjaik a testüket elemelik a talajtól, mozgásaik így igen finoman differenciálhatóak. Ez viszont csak úgy lehetséges, ha a mozgás során a test folyamatosan egyensúlyban marad. A kisagy feladata tehát kettős; egyfelől a mozgások finomszabályozását vezérli, másfelől a test folyamatos egyensúlyban tartását biztosítja. A kisagy ennek megfelelően szoros összeköttetésben van az egyensúlyérző szervvel, a végtagok és a test térbeli helyzetéről informáló gerincevelői érzőpályákkal, valamint az akaratlagos mozgásokat vezérlő előagyi mozgatókéreggel. A kisagyat az agytörzzsel összekötő agyrészt **hídnak** (*pons*) nevezzük. A kisagyba bemenő és kimenő rostok egyaránt a hídban futnak.



13.17. ábra. Az emlősök agyfelépítése más gerinces csoportokhoz viszonyítva

A **középagy** (*mesencephalon*) az emlősökben relative fejletlen agyrész (13.17. ábra), ami annak következménye, hogy a vizuális információk feldolgozását fokozatosan az előagy vette át. Ezt a funkciót az alacsonyabb rendű gerincesekben a középagy látja el (l. látótető). A középagy egyes magcsoportjai vezérlik a szem és a pupilla reflexes mozgásait. A **köziagy** (*diencephalon*) állománya emlősökben is epitalamuszra, talamuszra és hipotalamuszra tagolódik. A **hipotalamuszban** van a táplálkozást és ezen keresztül bizonyos viselkedésformákat is szabályozó éhség- és jóllakottság központ, a szervezet hőregulációs és anyagcsereszabályozó központjai és mindezekkel együtt azok a neuroszekréciós sejtcsoportok, amelyek az agyalapi miriggyel együtt a neuroendokrin reguláció központi részét, a hipotalamusz-hipofízis rendszert képezik. Az emlősök fejlett érzékszerveiből érkező ingerületeket a köziagy **talamusz** nevű magcsoportja irányítja a megfelelő agykérgi részekbe. A különböző érzékszervi információk végül az előagy kérgi részében dolgozódnak fel.

Az **előagy** (*telencephalon*) fejlettsége az emlős agy legjellemzőbb vonása (13.17. ábra). Állománya felszíni szürkeállományra, az **agykéregre** (*cortex*) és az alatta elhelyezkedő fehérállományra tagolódik. Előbbiben az idegsejtek sejttestjeit, utóbbiban az azok nyúlányaiból kialakuló bonyolult rostrendszert találjuk. Az **agykéreg**

felszíne barázdált. Ennek mértéke elsősorban az állat fejlettségével arányos. Az agykéregben találjuk a **legmagasabb szintű érző központokat**, valamint az **akaratlagos mozgásokat vezérlő mozgatóközpontokat**. Emellett nagyon jellemzőek az egyes különálló, akár érző, vagy mozgató központokkal is összeköttetésben álló ún. **asszociációs kéreg részek** is! Így lehetséges az, hogy az idegrendszer különálló területein létrejövő ingerületek egymással társíthatóakká válnak, összetett érzetek és válaszreakciók keletkeznek. Az asszociációs kéreg részek képezik az emlősök differenciált viselkedésének, tanulási képességének idegrendszeri alapját.

13.2.2.2.4. Az emlősök neuroendokrin rendszere

Központja a **hipotalamusz-hipofízis rendszer**. Az agyalapi mirigy (hipofízis) áll egy garathám eredetű **elülső lebenyből** (adenohipofízis) és egy idegi eredetű **hátsó részből** (neurohipofízis). Ez utóbbi a hipotalamusz közvetlen folytatása, amellyel a hipofízisnyélen keresztül tart kapcsolatot. A hipotalamusz **nagysejtes állományának** neuroszekréciós sejtjeiben termelődött hormonok, a hipofízis nyélen keresztül jutnak a **neurohipofízisbe**. A keringési rendszerbe történő felszabadulásukig itt tárolódnak. Az előbbiekből következik, hogy a gerincesek és így az emlősök neurohipofízise ún. neurohemális szerv, azaz hormont nem termel, csak tárol³. Az **adenohipofízis** hormontermelését a hipotalamusz speciális sejtcsoportjai szabályozzák. Ezek **serkentő** (ún. *releasing*) és **gátló** (ún. *inhibiting*) **hormonokat** termelnek, melyeket a hipotalamuszból az adenohipofízisbe tartó speciális erekbe juttatnak. Minden itt termelődő hormonnak megvan a saját serkentő illetve gátló hormonja.

Az **adenohipofízisben termelődő hormonok** a következők. A somatotroph hormon (STH) az állatok növekedéséhez nélkülözhetetlen. A follikulus-stimuláló hormon (FSH) az ovariumban serkenti a follikulusok Graaf-tüszővéérését és a tüszők ösztrogén szekrécióját. Hímekben ugyanez a hormon a spermiogenezist stimulálja. A luteinizáló hormon (LH) a nőstényekben az FSH hatására megérett Graaf-tüsző fölrepedését és a petesejt kilökődését (*ovulatio*) idézi elő. Hímekben termelődése előfeltétele a normális spermiogenesisnek. A herecsatornácskák közötti *interstitialis* (Leydig-) sejtekre hatva az androgen hormonok termelődését serkenti. A *lactotroph* hormon (LTH) vagy *prolactin* az *ovariális* hormonok által „előkészített” emlőben a tejtermelést indítja el a szülést megelőzően, illetve tartja fenn az utódok megszületése után. Az *adrenocorticotroph* hormon (ACTH) a mellékvesekéreg hormontermelését fokozza. A *thyreoidea*-stimuláló hormon (TSH) a pajzsmirigyek hormontermelését növeli.

A **neurohipofízis hormonjai** a vazopresszin (ADH) és az oxitocin. A vazopresszin a vese gyűjtőcsatornáiban serkenti a víz visszaszívását, ezáltal a vizelet mennyiségét csökkenti. Innen a neve: anti-diuretikus hormon, azaz ADH. Az oxitocin simaizom összehúzó hatású, különösen fontos ez a szülés folyamán (ahol a méh simaizomzatát kontrahálja) és szoptatáskor. Ez utóbbi esetben az emlőmirigyek simaizmait összehúzza idézi elő az anyatej kilövellését.

A **perifériás endokrin mirigyek** közé tartozó **pajzsmirigy** (*gl. thyreoidea*), a pajzsporchoz és a légcsőhöz tapadó páros, ún. branchiogén szerv (a garathámból fejlődik). Hormonjai a tiroxin és a trijód-tironin a jóanyagcserében játszanak igen fontos szerepet, növelik az alapanyagcserét. A pajzsmirigy harmadik hormonja, a tireokalcitonin, a follikulusok közötti/melletti, ún. parafollikuláris vagy C-sejtekben termelődik⁴. Fokozza a kalcium beépülését a csontokba és ezzel csökkenti a vér kalciumszintjét. A pajzsmirigy hormontermelését az adenohipofízisben termelődő *thyreoidea* stimuláló hormon (TSH) szabályozza. A **mellékpajzsmirigy** (*gl. parathyreoidea*) szintén branchiogén szerv, általában négy, párosan elhelyezkedő kis testecskéből áll. Hormonja a parathormon, amely a csontállomány bontásával és a vese közreműködésével növeli a vér kalcium szintjét és csökkenti a foszfát szintet.

A **hasnyálmirigy** (*pancreas*) Langerhans-féle szigetkiszülékei termelik az inzulint, ami a vércukorszintet csökkenti. Másik hormonja a glukagon az inzulinnal ellentétben (és az adrenalinnal egyezően) a vércukorszintet növeli.

A **mellékvese** (*gl. suprarenalis*) tudományos nevének megfelelően a vesék kraniális pólusánál foglal helyet. A kéregállománya három zónára tagolódik, ez emlős jellegzetesség. A mellékvesekéreg hormonjai: a Na- és a K-anyagcserét szabályozó ún. mineralokortikoidok (pl. aldosteron), a szénhidrát-anyagcserére ható ún. glükokortikoidok (pl. kortikoszteron, kortizol) és a nemi jellegek kialakításáért felelős ún. szexuáliszteroidok. A mellékvesekéreg hormonok termelődését az adenohipofízisben termelődő ACTH irányítja.

A velősejtek igen nagy mennyiségű adrenalin és noradrenalin termelésére képesek, amelyeket szükség esetén a vérbe juttatnak. Az adrenalin a szimpatikus tónusfokozódás jellemző tüneteiként fokozza a szív működést, jellemzően megváltoztatja a vér eloszlását a szervezetben, növeli a vércukorszintet, a pulzust és a vérnyomást. A noradrenalin

³Ezzel analóg (tehát hasonló működésű) szerv a rovarok corpora cardiaca!

⁴A *parafollicularis* sejtek a nem-emlős gerincesek *ultimobranchialis* szerve sejtjeinek felelnek meg.

az előzőhöz hasonlóan, de kiterjedtebben vérnyomásemelő hatású, azonban az anyagcserére számottevő befolyása nincs. A mellékvese velőállományának hormontermelését a szimpatikus idegrendszer szabályozza.

Kéregállománya mezodermális eredetű, velőállományát dúcléc eredetű sejtek alkotják (l.13.8. ábra).

Az **ivarmirigyek endokrin működését** a herénél, illetve a petefészeknél tárgyaltuk.

Összefoglalás

Leírásunkat az idegsejtek, a támasztósejteket is tartalmazó idegszövet bemutatásával, valamint az idegrendszer alapvető felosztásának ismertetésével kezdtük. Ezt követően megnéztük a diploblasztikus csalánozók és a triploblasztikus lapos- és gyűrűsférgek, valamint a puhatestűek idegrendszerének alapvető vonásait, bevezettük az ortogonális és a hasdúclánc típusú idegrendszer fogalmát. Szó esett az ízeltlábúak közül a tízlábú rákok és a rovarok központi idegrendszeréről, majd az utóbbiak vedléssel és a fejlődési stádium meghatározásával kapcsolatos hormonjairól. Áttérve az újszájú állatokra, felvázoltuk a gerincesek idegrendszerének kialakulását és alapszabását, majd részletesebben a csontoshalak idegrendszerével foglalkoztunk. A többi gerinces csoportnál csak az ehhez képesti legjellemzőbb eltéréseket említettük. Kitértünk a magzatburok nélküliek és a magzatburkosok agyidegeinek rövid bemutatására, valamint a garatívekkel kapcsolatban megállapítottuk, hogy azok egyes elemeinek (vázelemek, izomzat) beidegzése a gerincesek törzsfejlődése során konzervatív módon megmaradt. Végül, de nem utolsó sorban foglalkoztunk a neuroendokrin rendszer központi részének felépítésével és funkcióival néhány perifériális endokrin mirigy említése mellett.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Sorolja fel az idegrendszer fő feladatait, nevezze meg az idegszövet sejt típusait és röviden mutassa be felépítésüket és funkciójukat!
2. Mit jelent a kefalizáció, jelensége mivel függ össze? Mik a dúcok, s mi az agydúc?
3. Jellemezze az ortogonális idegrendszereket!
4. Mutassa be a törzsfejlődés során megjelent hasdúclánc típusú idegrendszerek felépítését!
5. Ismertesse az ízeltlábúak neuroendokrin rendszerének felépítését és vedlésben betöltött szerepét!
6. Váolja fel a gerinchúrosok / gerincesek idegrendszerének alapszabását (kialakulás, fő részek, agy- és gerincvelői idegek).
7. Mutassa be a halak idegrendszerének felépítését!
8. Hasonlítsa össze a halak és a kétélűek idegrendszerének felépítését!
9. Mutassa be a magzatburkos gerincesek idegrendszerének fő vonásait a hüllők szervrendszere alapján!
10. Hasonlítsa össze a hüllők és a madarak idegrendszerét!
11. Hasonlítsa össze a hüllők és az emlősök idegrendszerét!
12. Sorolja fel a magzatburok nélküliek és a magzatburkosok agyidegeit, s adja meg fő funkciójukat és azt, hogy mely agyrészhez tartoznak!
13. Mutassa be a gerincesek neuroendokrin rendszerét a halak és az emlősök alapján!
14. Sorolja fel a hipotalamuszban és a hipofízisben termelődő hormonokat, ezek célszerveit és ismertesse hatásukat!
15. Sorolja fel a perifériális endokrin szerveket és nevezze meg a hormonjaikat azok hatásával együtt!

14. fejezet - Az érzékszervek (organa sensuum) - (Cs.T., K.V., M.K., S.M., Sz.Zs., T.J.)

Az érzékszervek a környezettel való kapcsolattartást segítik, hiszen a környezetből érkező ingerek érzékelését teszik lehetővé. Lényegi részük mindig egy **érzékhám**, egy olyan hámréteg, amelyben érzék- vagy **receptorsejtek**, és többnyire támasztó funkciójú sejtek is vannak. Az érzékszervek, és így a receptorsejtek is egy ún. **adekvát inger** felvételére specializálódtak (ez specifikus jelfelfogó molekulák, pl. receptorok, fotopigmentek megjelenésével járt). A szagló és ízlelő szervek kemoreceptor, a szemek fotoreceptor, az egyensúlyérző és hallószervek pedig mechanoreceptor sejteket tartalmaznak. A nyomás ingereket és a rezgéseket szintén mechanoreceptorok veszik fel (a bőrben és az üreges belső szervek falában), míg a hőmérsékletet hőreceptorok érzékelik.

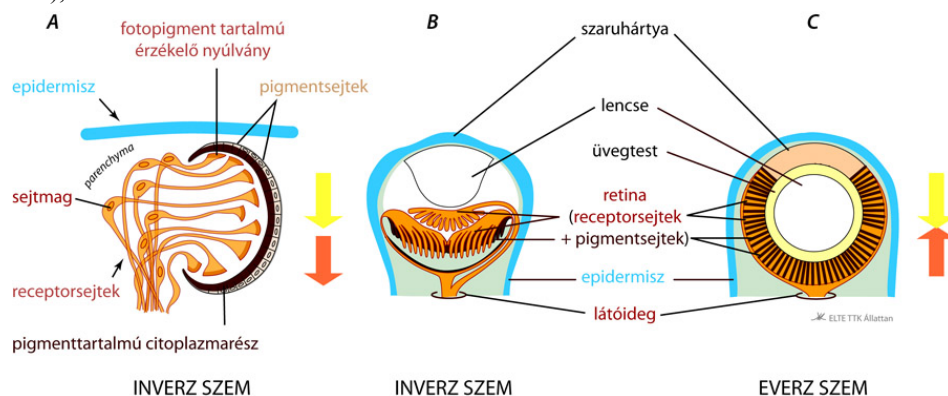
A receptorokat osztályozhatjuk abból a szempontból, hogy a külső vagy a belső környezet ingereit veszik-e fel. Az előbbieket az exteroceptorok, amelyek lehetnek távolsági vagy érintkezési ún. kontakt receptorok. Az utóbbiak az interoceptorok, amelyek zsigerekben lévő visceroreceptorok vagy helyzetérző proprioceptorok (pl. izmok feszítettségét érzékelik).

Az érzékszervek lehetnek egysejtűek és többféle szövetből álló, bonyolult szervek. Az érzékszervekben az inger hatására keletkező **ingerület** a központi idegrendszerbe vezetődik végső feldolgozása, az **érzet** kialakulása itt történik. Az egész anatómiai és működési egységet **analizátornak** nevezzük.

A következőkben az összajú gerinctelenek érzékszerveit állatcsoportonkénti tagolásban, míg a gerincesek érzékszerveit az érzékhámok típusa alapján csoportosítva mutatjuk be.

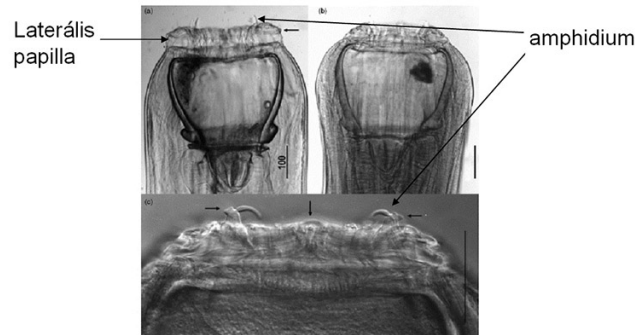
14.1. Az összajú gerinctelenek érzékszervei

Az érzékszervek tárgyalását a **laposférgek** (Platyhelminthes) csoportjával kezdjük. Itt a kefalizáció következtében a feji végen csoportosulnak az érzéksejtek (tapintás-, áramlásérző és kemoreceptorok). Szemléletes példával szolgálunk erre a számos planárián jól megfigyelhető **fűlszerű nyúlványok**, amelyek érzéksejtekkel sűrűbben ellátott területek. A **serlegszem** kapcsán már látószervről is beszélhetünk (14.1.A ábra). A serlegszem ugyan kezdetleges látószerv, azonban már **iránylátásra** is képes. A névadó pigmentserleg egyrészt meghatározza azt, hogy a szembe milyen irányból léphet be a fény, másrészt a már bejutott fény szóródását akadályozza. A fotoreceptor vagy retinasejtek a pigmentsejtek által formált kehely belsejébe nyújtják fotopigmentet tartalmazó nyúlványait. Mivel az érzéksejtek fényérzékeny része a pigmentserleg irányába néz (azaz a receptorsejtek a beérkező fénynek hátat fordítanak), ez a szem ún. **inverz szemnek** tekinthető.



14.1. ábra. Példák gerinctelenek szemtípusaira: planária serlegszemének (A), fűsúskagyló köpenyszegélyi szemének (B) és éticsiga hólyagszemének (C) vázlatos rajza. A retina típusát a fotoreceptorsejtek fényhez viszonyított orientációja határozza meg: az everz típusnál a receptorsejtek (narancssárga nyilak) a fény beesési irányának (sárga nyilak) hátat fordítanak(A, B), míg az inverz típusnál azzal „szembe néznek” (C)

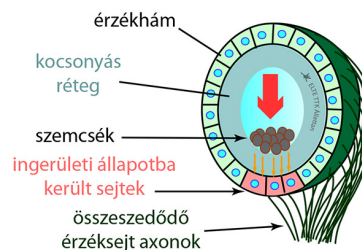
A **fonálférgek**nél (Nematoda) előfordulnak kimondottan a törzsre jellemző érzékszervek, amelyeknek a rendszerezésben fontos szerep jut. A feji végen található az *amphidium*ok, amelyek párosan elhelyezkedő mirigyes kemoreceptorok (14.2. ábra). A farki végen „érzékpálcák”, *phasmidium*ok vannak, amelyek páros, mirigyes, kemoreceptorokat tartalmazó érzékszervek (közegészségügyi szempontból fontos parazitákban fordulnak elő). Néhány tengeri és szabadon élő fajnál 1 pár serlegszem van.



14.2. ábra. Érzékszervek egy mikroszkopikus méretű szabadon élő fonálféreg feji végén

A **gyűrűsférgek** (Annelida) két nagy osztályában (a soksertéjűek és a nyeregképzők csoportjában) az idegrendszer felépítésében tapasztalható eltérésekről már szoltunk. Ehhez hasonlóan az érzékszervek tárgyalásánál szintén hangsúlyozzuk a két nagy csoport feji végében mutatkozó különbséget. A **soksertéjűek**nél (Polychaeta) változó számú csáp, tapogató és tapogatókacs figyelhető meg tapintó és kemoreceptorokkal felszerelve. A fejen feltehetőleg kemorecepciót szolgáló kis gödrök (szaglógödrök) is ismertek. Az elülső testvégnél helyzetérző receptorok (sztatociszták) is előfordulnak, amelyekben a Föld gravitációját érzékelő ún. **georeceptorok**: a helyes mozgásirány megtartását segítik elő például az alzatban ásó fajoknál.

Itt szólnunk röviden a **sztatociszták** általános felépítéséről. Ezek a szervek zárt hólyagocskák vagy nyitott gödrök, amelyek belsejét érzékhám béleli. Ennek felszínén egy, a hámsejtek által termelt kocsonyás váladékból álló réteg húzódik, amelybe szemcsék ágyazódnak. A szemcsék a gravitációs térnek megfelelően rendeződnek, s gyakorolnak nyomást az alatta lévő receptorsejtek felszínére: a test helyzete abból állapítható meg, hogy az érzékhám mely területének sejtjei kerülnek ingerületi állapotba (14.3. ábra). Az érzetet a receptorsejtek nyúlványai továbbítják az idegrendszer felé.



14.3. ábra. Gravitációs teret érzékelő szerv, sztatociszta általános felépítése: a gravitációs erőt vastag piros nyíl, a szemcsék érzéksejtekre gyakorolt hatását pedig kis narancssárga nyilak jelzik

A gyűrűsférgeknek **változatos felépítésű szemek** lehetnek, az egyszerű, lencsét nem tartalmazó gödörszemtől a lencsével ellátott, irányításra képes szemig. Számos csoportnál a feji végen több szempár is megjelenik.

Egyes soksertéjűeknél a szemek a test egész hosszában megtalálhatók. A helytűlő csőlakóférgek között a koszorú alakban elrendeződő tapogatókon (szűrőkoszorú) találni számtalan, apró gyöngyre emlékeztető parányi, lencsés szemet. Ezzel szemben a nyeregképzőkönél csak egyes vízi kevésértéjűek és piócák körében fordul elő a feji végen páros kehelyszem, a többségénél mindössze fényérzékelő receptorok találhatók a test egész hosszában elszórtan.

A **puhatestűek** (Mollusca) törzsében a tapogatók, helyzetérző szervek és szemek az egyszerűbb testfelépítésű csoportokban hiányoznak. A többi taxon képviselőinek fején rendszerint kemo- és mechanoreceptorokkal ellátott tapogatók találhatók. A helyzetérző szerv (sztatociszta) a lábban, a kemoreceptorként funkcionáló érzékszerv (érzékhámmal borított, köpenyüregbe nyúló kis gödör) pedig a köpeny területén helyezkedik el.

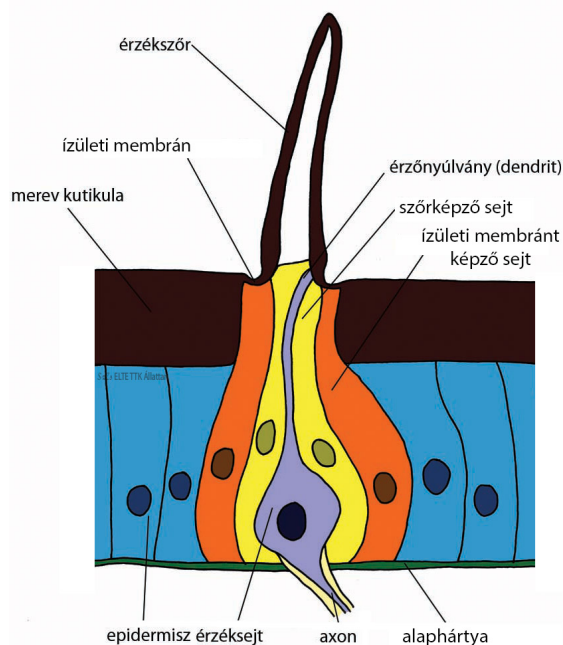
A puhatestűek többségének életében a **fényérzékelésnek kiemelkedő szerepe van**: csésze- és hólyagszemek is lehetnek (14.1. ábra).

A csészeszemek a testfelszín olyan gödørszerű bemélyedései, amelyek falát fényre érzékeny hám béleli. A hólyagszemek testfelszín alatti, zárt, gömb alakú érzékszervek. A csészeszembe a fény annak nyílásán át jut be, a hólyagszembe pedig az epidermisz és a szem falának áttetsző részén, amelyeket szaruhártyának nevezünk. Lencséje mellett üvegtest biztosítja a szem alakjának megtartását, s egyben tökéletes optikáját. Ideghártyája (retinája), amely fotoreceptor és pigmentsejtek együttese, kétféle orientációt mutathat. Amennyiben a receptorsejtek a szembe lépő fény felé fordulnak fotopigment tartalmú részükkel, akkor everz szemről, ha annak hátát fordítva sorakoznak, akkor inverz szemről beszélhetünk (14.1. ábra). Köztudott, hogy a lábasfejúek hólyagszeme szerkezet és teljesítmény tekintetében egyaránt méltó párja a gerincesek szemének, s így az itt bemutatott egyszerűbb hólyagszem típusnál bonyolultabb felépítésű.

Az **ízeltlábúak** (Arthropoda) érzékszervei rendkívül változatos felépítésűek. Részletesebb ismertetésük messze meghaladja e könyv kereteit. Csupán csak két csoport érzékszerveivel foglalkozunk röviden.

A **tíz lábú rákok** (Decapoda) tartozó fajok kivétel nélkül rendelkeznek összetett szemekkel és érzékszőrökkel. Ezek felépítéséről részletesebben a rovarokról szóló, következő bekezdésben esik majd szó. Egyensúlyérző szervük a sztatociszta. Ez tulajdonképpen a kis csáp (*antenna I*) töízén található mélyedés (gödör), melynek belső felszínét érzékhám borítja. Vedléskor homokszemeket vesz fel bele az állat, amik a gravitáció irányának megfelelően mozognak, ráneheznek az érzékhámra és ingerlik az érzéksejteket, ezzel adva információt az állat pontos térbeli helyzetéről.

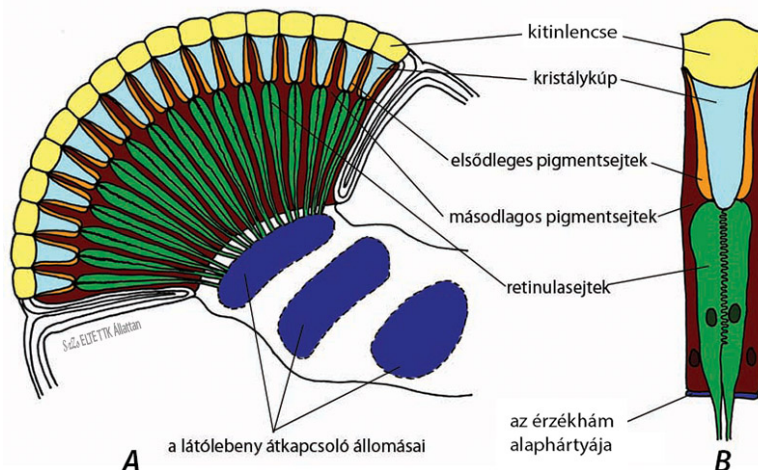
A **rovarok** (Insecta) mechanikai érzékszervei ún. **érzékszőrök** (14.4. ábra). A szőr formájú képleteket rugalmas ízületi membrán köti össze a vázelemek merev kutikulájával. Az érzékszőr merev kutikuláját a szörképző sejtek termelik. A rugalmas ízületi membránt, amely az érzékszőrt a vázelemek kutikulájához kapcsolja, az ízületi membránt képező sejtek hozzák létre. Az érzékszörhöz belülről kapcsolódik egy érzéksejt perifériás nyúlványa (dendritje). Amikor a szőr elmozdul, ingerli a belsejében található dendritet, ezzel ingerületi állapotba hozza az érzéksejtet, ami az ingerületet a központi nyúlványán keresztül (axon) szállítja közvetlenül vagy közvetetten a központi idegrendszerbe.



14.4. ábra. Rovarak érzékszőre: a szőr merev kutikuláját a szörképző sejtek termelik. Ez egy rugalmas ízületi membránnal kapcsolódik a vázelemek merev kutikulájához, emiatt képes elmozdulni. Az érzékszőr belső felületéhez egy érzéksejt perifériás nyúlványa (dendritje) csatlakozik. A szőr elmozdulása az érzéksejtet ingerületi állapotba hozza

Hasonló felépítésűek a kémiai érzékszervek is, de ezek szőröszerű részén pórusokat találunk, amiken keresztül az íz- és szaganyagok közvetlenül ingerelhetik az érzékszerveket. Az érzékszervek sűrűsége különösen a csápokon és a szájszerveken nagy.

A rovarok **összetett szemeinek** (6.11. ábra) anatómiai és funkcionális egységei az ommatidiumok (14.5. ábra). Ezek külső részét olyan elemek képezik, amelyek a fényt fókuszálják (kitinlencse, kristálykúp), alattuk pedig fényérzékeny (ún. *retinula*) sejtek ülnek. Az összetett szem egyes ommatidiumait pigmentsejtek választják el egymástól. A pigmentsejtek elnyelik a rájuk eső fényt, ezzel lehetővé teszik azt, hogy egy adott ommatidium fényérzékeny sejtjeit csakis a saját dioptrikus apparátusukon át érkező fény ingerelje. Az ommatidiumok a látótér egy-egy szűk részletéről képesek képet alkotni. Az összetett szemek hátránya, hogy kisebb felbontásúak, és fókusz távolságuk nem változtatható. Előnyük, hogy nagyon széles a látószögük, így nagy látótérben képesek érzékelni a mozgásokat.



14.5. ábra. Rovarok összetett szeme (A) és annak szerkezeti és működési egysége, az ommatidium (B): utóbbiakat fényérzékeny (*retinula*-) sejtek, pigmentsejtek és fénytörő (*otikai*) elemek (*kitinlencse*, *kristálykúp*) építik föl

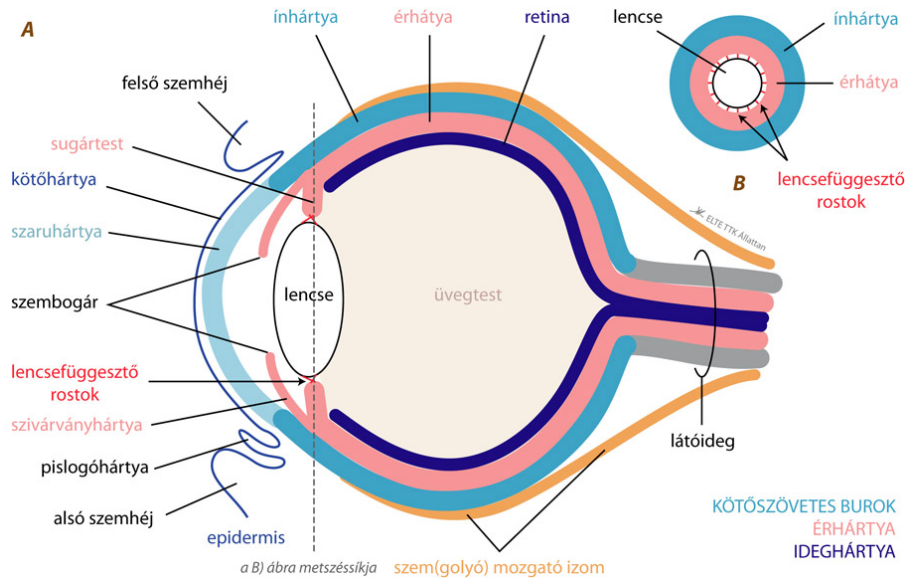
Az összetett szemnek többféle típusa is ismert, ám ezek megismerése az elkövetkező anatómiai tanulmányok körébe tartozik.

14.2. A gerincesek érzékszervei

14.2.1. Bevezető

A koponya érzékszervi tokjai a szaglóhámot, a szemeket és a belsőfület veszik körül (l. 7.26. ábra). A **szaglóhám** az orrüreget bélelő hámréteg része, a vízben vagy levegőben „oldott” szaganyagokat érzékelő kemoreceptorok sokaságát tartalmazza. Érzeteit az I. agyideg viszi az előagyba.

A gerincesek **szemgolyója** (*bulbus oculi*) – alapesetben – gömb alakú érzékszerv (hólyagszem, 14.6. ábra). **Optikai elemei** a szaruhártya (*cornea*) és a lencse (*lens*). A pupillán belépő fényt az ideghártya fotoreceptorai (csapok és pálcikák) érzékelik. A gerincesek szemének retinája inverz típusú, azaz a receptor sejtek a beérkező fénynek „háttal fordítanak”. Ingerületüket a II. agyideg (*n. opticus*) szállítja a köztiagyba (II. vagy III. táblázat). A szemgolyó külső felszínét **kötőszövetes burok** képezi (*tunica fibrosa bulbi*): elülső, áttetsző része a **szaruhártya** (*cornea*), nagyobb része az **inhártya** (*sclera*). Utóbbihoz tapadnak a szemmozgató izmok, s fontos szerepe van a szem alakjának megtartásában is. A szemgolyó belsejét a nagy víztartalmú **üvegtest** tölti ki. A már említett **ideghártya** (*retina*) és a kötőszövetes burok között egy harmadik réteg a pigmentált **érhártya** (*tunica vasculosa bulbi*): nevének megfelelően a szem vérellátásában, illetve a retina „leárnnyékolásában” van szerepe. Képződménye a **szivárványhártya** (irisz) és a **sugártest** (*corpus ciliare*). Az irisz nyílása a **szembogár** (pupilla), amely az egyes állatcsoportokban eltérő alakú. A sugártest a lencsét **lencsefüggesztő rostokkal** tartja. Az ideghártya receptorsejtjei a csapok és a pálcikák. Ezek a beérkező fénynek háttal fordítanak, azaz a **retina inverz típusú**. Ennek következtében az ideghártyát elhagyó axonok annak üvegtest felőli felszínén futnak szedődnek össze, majd látóideget (*n. opticus*) képeznek. Ahol ez ered, ott a retinában nincsenek receptorsejtek: ez a **vakfolt**. A közelében van az éleslátás helye, a **sárgafolt**.



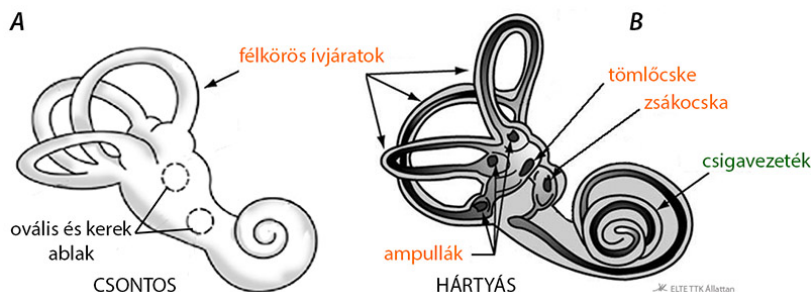
14.6. ábra. Gerinces szem felépítése vázlatosan: a szemgolyó hosszmetsete (A) és frontális metsete az A) ábrán jelzett síkban (B)

A vízben élő állatok szemének optikája a közeli tárgyakra, a légkörben élők pedig a távoli tárgyakra fókuszált. Az ettől eltérő tárgy távolsághoz és az aktuális fényviszonyokhoz való alkalmazkodás (az ún. akkomodáció) módja az egyes állatcsoportokban eltérő. A szemgolyóhoz ún. segédkészülékek a szárazföldi élethez való alkalmazkodás során társultak: ilyenek a szemhéjak, a pislogóhártya és a könnymirigyek.

A **belsőfül** egy csontos és egy benne lévő hártás labirintusból áll. A **hártás labirintus** zárt teret vesz körül, amely folyadékkal (**endolimfa**) kitöltött. A hártás labirintus a hallótájéék egyik csontjába „ágyazódik”, azaz azt a „befogadó csont” járatrendszer, a **csontos labirintus** veszi körül. Benne **perilimfa** található (tehát ez veszi körül a hártás labirintust). A hártás labirintus mechanoreceptor területei hangrezgéseket (l. csigavezeték), gravitációs teret (fej térbeli helyzete) és áramlást (fej elmozdulása) érzékelnek (14.7. ábrta). Ez utóbbi terület származéka a halak oldalvonal szerve. A felsorolt receptorterületek közül csak a csigavezetékhez érkezik a külvilágból az inger: ahhoz, hogy ez eljuthasson a hártás labirintusra, a csontos labirintus falán két nyílás alakul ki: ezek az ovális és a kerek ablak.

A hártás labirintus központi üregei a zsákocskák és a felette elhelyezkedő tömlőcske. Az utóbbiból három, egymásra merőleges félkörös ívjárat (**ductus semicircularis**) lép ki. Ezeken egy-egy tágulat (**ampulla**) van. A zsákocskák és a tömlőcske közötti összeköttetést egy rövid vezeték biztosítja. A hártás labirintus alakjának megfelelő az azt magába foglaló csontos labirintus alakja is (14.7. ábra).

A belsőfül érzékszetei a hártás labirintus megvastagodott részein találhatók. Az szerv érzeteit a VIII. agyideg (*n. statoacusticus*) szállítja a nyúltvelőbe (II. vagy III. táblázat).



14.7. ábra. A csontos (A) és a hártás (B) labirintus alakja megfelel egymásnak (a hártás labirintus ábráján a zöld feliratú rész a hallásban, a narancssárga feliratúak pedig a térérzékelésben vesznek részt)

A szárazföldi életmódhoz való alkalmazkodásként a kételtűekben megjelenik a **középfül**, s üregében (dobüreg) egy vagy több hallócsontocskák. Ezek kialakulása az arckoponya halakhoz képesti átalakulásához köthető

(részletesebben l. a 7.7.1 fejezet). A dobüreget a dobhártya zárja le, s a fülkürt (Eustach-kürt) köti össze a garatüreggel. A dobhártya rezgéseit a dobüregben elhelyezkedő hallócsontocskák vezetik a belfül hártás labirintusára.

A dobhártya, illetve a hallócsontok megfelelő működéséhez az kell, hogy annak mindkét oldalán azonos légnyomás uralkodjon. A fülkürt járata nyitott vagy nyitható, így a garatban (kívilágban) uralkodó nyomás a dobüregben is előállítható.

Porcos fülkagylókkal merevített **külsőfűl** jellemzően csak az emlősökben alakul ki.

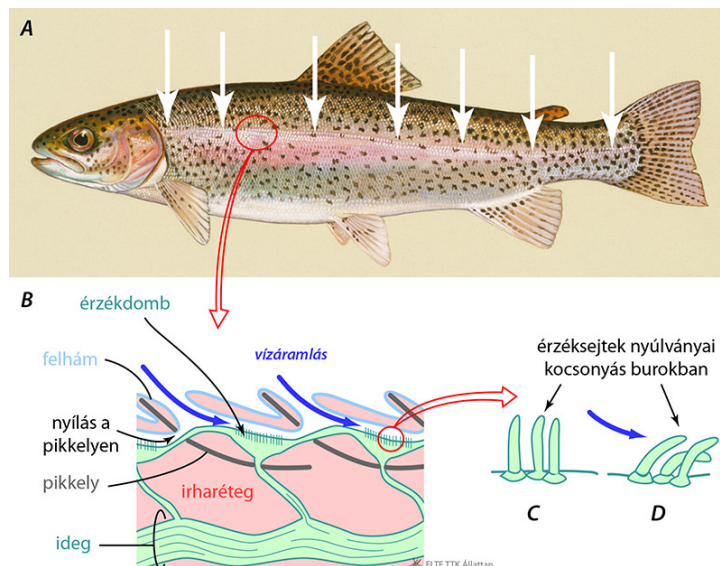
Ízérekélekésre alkalmas kemoreceptorok elsősorban a szájnílás körül (ajkakon, bajuszokon), és a szájgarat üregben alakulnak ki. A bőrben mechano-, kemo- és hőreceptorokat találhatunk.

14.2.2. A bőr, mint érzékszerv

A bőr vagy köztakaró, mint a kívilággal közvetlenül érintkező szerv, igen nagy mennyiségű idegvégtestecskét (receptorokat) és szabad idegvégződést tartalmaz. A receptorok elsősorban a hámalatti kötőszövetben vagy ritkábban magában a hámrétegben fordulnak elő.

A **halak** esetében a bőrben levő tapintó érzékszerveknek igen nagy a jelentőségük, ugyanis nemcsak a testfelületüket érintő, hanem a távolabbi ingerforrás jelenlétét is képesek érzékelni (pl. vízben terjedő rezgéseket). Ez utóbbi, ún. távolsági érzékelés miatt a mechanoreceptorok a halak térbeni tájékozódásának is igen fontos szervei. A mechanoreceptorok a test felületén közel egyforma sűrűséggel elszórt érzékszervekből állnak, csak az úszók és a testnyílások környékén, illetve a bajuszokon fordulnak elő sűrűbben.

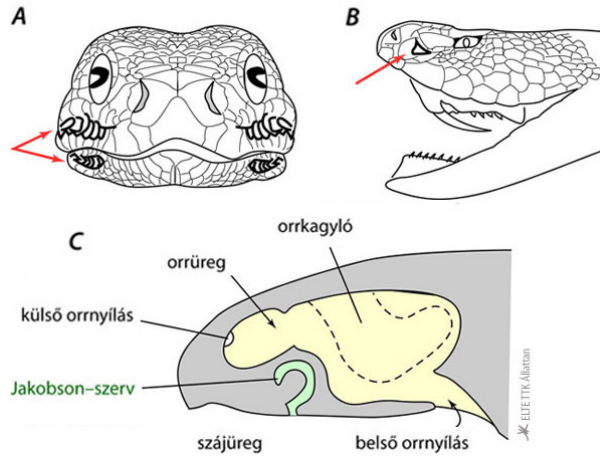
Az **oldalvonalszerv** a vízben élő gerincesek jellegzetes szerve, mely a fej, a törzs és a fark területén végighúzódo "vonal"-ként látható. A víz áramlását és a vízben terjedő rezgéseket érzékeli. Az érzékszervek a mélybe süllyednek, a betűrűdött rész a testfelzínnel közlekedő csűszerű szervvé záródik (14.8. ábra). A csű belsejét kocsonyas anyag tölti ki. Az érzékszervek csűcsi felzínrűl eredű nyűlványok ebbe ágyazódnak bele. A környező víz nyomásváltozásai a pikkelyeken nyűlű és az oldalvonalszervekbe torkollű kis mellékcsatornák útján elmozdítják a csűben levű nyűlkát és ezzel egyűtt ingerlik az érzékszerveket. A víz áramlásának érzékelése fontos a halak életében. Sűtűben, vagy zavaros vízben élő halakban az oldalvonalszerv a térbeni tájékozódás kiemelkedűen fontos szerve. A megvakított halak életműködése, tájékozódása, fajtársai és ellenségeik felismerése alig szenved zavart, míg azok az állatok, amelyek oldalvonalszervét kiirtották, ez irányű képességeiket szinte teljesen elvesztik és néhány nap után elpusztulnak.



14.8. ábra. Halak oldalvonal szervének helyzete (A), felépítése (B) és működése (C)

A **kétélűűek** esetében is találunk a bőrben elszórt érzékszerveket, idegvégződéseket, amelyek a tapintás és hőérekélekés szervei.

A **hüllők** köréből csak a kígyók sajátos hőérzékelő szerveit említjük. Ezek érzékgödrök (**gödörszervek**), amelyek az óriáskígyónál az ajkak mentén (labialis szerv), a viperánál és a csörgőkígyónál az ornyílás és a szem között (facialis szerv) helyezkednek el: az infravörös sugarakat hőként érzékelve lehetővé teszik a melegvérű zsákmány éjszakai felkutatását (14.9.A–B ábra).



14.9. ábra. Kígyók jellegzetes érzékszervei: a gödörszervek (A, B) és a Jacobson-féle szerv (C)

A **madarak** bőrérzékelése a vastag tollazattól mentes bőrfelszínekre korlátozódik, így az emlősökhöz képest kevésbé jelentős. Érzékszervekben leggazdagabb testrészüik a csőr és környéke (tapintás, rezgések érzékelése).

Az **emlősök** bőre nagymennyiségű végtestecsket és szabad idegvégződést tartalmaz (elsősorban a kötőszöveti rétegekben). Ezek mechanikai (nyomás, rezgés) és hő ingereket vesznek fel és elsősorban a szőrtől mentes csupasz bőrben találhatók. Speciális szőrszálak az ún. sinusz-szőrök (bajusz és szempilla szőrök), amelyek szőrtüszőit véröblök veszik körül. Mivel ezek érfala a szőrtüsző receptorokban gazdag falát hozzányomja a szőrszálhoz, annak legkisebb elmozdulása is érzékelhetővé válik (l. 6.26. ábra).

14.2.3. A szagló (*organum olfactorium*) és ízlelő szervek

A **halak** kemoreceptorait, a szárazföldi gerincesekkel ellentétben, nem lehet szó szerint ízérző és szagló szervekre különíteni, ugyanis mindkét esetben a vízben oldott vegyületek érzékeléséről van szó. A felosztás alapja az ingerforrás távolsága. Legtöbbször kontakt (ízérző) és távolsági (szagló) érzékszervekről beszélünk.

A **kontakt receptorok** a teljes testfelületen megtalálhatók, bár többségük a szájnyílás környékén, a bajuszokon, a száj- és a garatüregben, továbbá az úszókon koncentrálódik. A kemoreceptorok kis, bimbó alakú képletek, melyek érzékelő- és "támasztősejtekből" állnak. Az ízekkel kapcsolatos vegyi ingereken kívül hőmérséklet-változásra is érzékenyek.

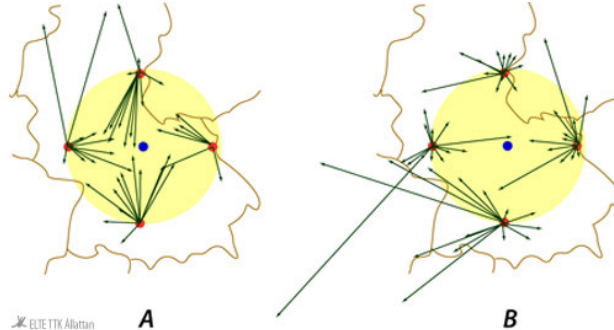
A **távolsági kemoreceptor**, a szaglószerv, az áramló víz által szállított vegyületek jelenlétét érzékeli. Az érzékszejték az ornyálkahártyában vannak, felületüket nyálkaréteg fedi. A szaganyagok először ehhez kötődnek, majd utána közvetlenül kapcsolódnak a szaglósejték membránjaiban levő receptor molekulákhoz. A halak orrürege, a magasabbrendű gerincesekével ellentétben, nem közlekedik a szájüreggel. Tulajdonképpen egy be- és egy kimeneteli nyílással bíró gödör. Belső felületét redők növelik. Az orrgödör fölé emelkedő, kis, billentyűszerű bőrkettőzet a hal úszásakor a vizet az orrgödörbe tereli, így a víz folyamatosan átöblíti a szaglóhámmal borított területet.

A **kétélűtűekre** (Amphibia) az jellemző, hogy az orrjárat a külső környezetet összeköti a szájüreggel, azaz a kétélűtűeknek a halakkal ellentétben külső és belső ornyílásuk is van. A szájban érzőbimbók vannak, de ezek inkább tapintó, mint ízlelőszervek.

A **hüllőkben** az orrüreg kialakulása során létrejön egy szaglóhámval bélelt melléküreg is, amely később elszigetelődik az orrüregtől, s a szájüregbe nyílik. Ez az ún. **Jacobson-féle** (*vomeronasalis*) **szerv**, amelynek üregét folyadék tölti ki (14.9.C ábra). A teknősökben és a krokodilokban nem jelenik meg, a gyíkoknál és a kígyóknál azonban jól fejlett: utóbbi állatok a kiöltögetett, illatanyagokkal bevont nyelvüket vezetik e szerv szájüregbe torkolló nyílásába.

A legtöbb **madár** (Aves) csak gyenge ízérzékelésre képes, kivételt a gyümölcssevő fajok között lehet találni. A madarak szaglása jellemzően gyenge. Kivételt képeznek pl. a galambok, egyes tengeri madarak, a kivik és az újlilági keselyűk néhány faja. Ez előbbieknél a szaglás a tájékozódásban játszik szerepet.

Kísérletek szerint a galambok tájékozódását közep távon – 100 kilométeres nagyságrendben – megzavarja a szaglógám blokkolása. Az ép szaglógámú madarak képesek visszatérni származási helyükre, míg a szaglásukban korlátozottak véletlenszerűen választottak repülési irányt (14.10. ábra).



14.10. ábra. Galambok közep távú tájékozódása: ép szaglógámú madarak képesek visszatérni származási helyükre (A), míg a szaglásukban korlátozottak véletlenszerűen választottak irányt (a kék pont a származási helyet, a piros pontok a szabadonbocsátás helyét jelzik, a sárga kör a származási helytől mért 100km-en belüli területet jelöli)

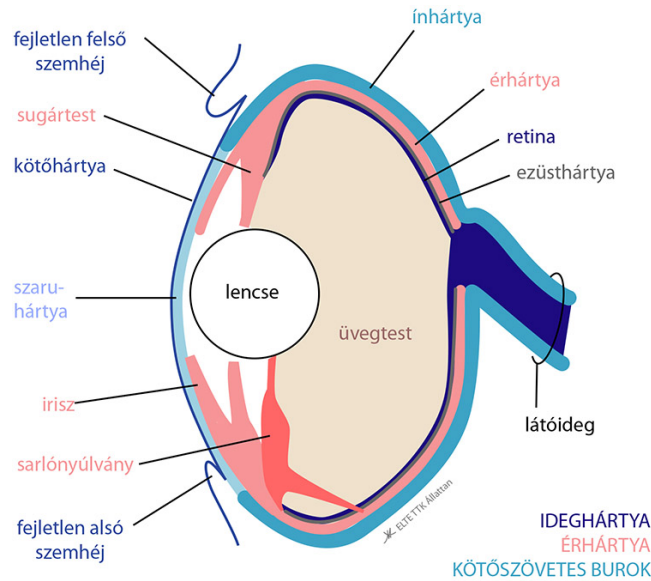
Az újlilági keselyűk szaglása eléri a vadászkutyákra jellemző érzékenységet. Akár néhány deka húst is több kilométerről képesek érzékelni akkor is, ha az pl. az avarban takarásban van.

Az **emlősök** (Mammalia) **szaglása** valamennyi szárazföldi gerincesé közül a legfejlettebb. A kifejezetten jó szaglóképességű, ún. *macrosmaticus* állatok (mint pl. a kutyák) mellett vannak csekélyebb szaglóképességű, *microsmaticus* fajok (a főemlősök és az ember), illetve szinte szaglóképtelen állatok (pl. bálnák) is. Minél jobb szaglása az adott állat, annál nagyobb felületű az orrnyálkahártya, ill. az őt hordozó csontlemez rendszer (9.14. ábra) és természetesen a szaglás központi idegrendszeri apparátusa (elsősorban a szaglógagyma és az előagy megfelelő (ún. szaglógagyi) területei (9.17. ábra). Meg kell említenünk, hogy számos emlősben az ún. „orrérzékelés” bizonyos szempontból komplex tapintási és szaglásérzékelési együttes. Ez jól látszik, amikor pl. egy kutya az orrával megvizsgálja, megtapogatja az útjába kerülő új tárgyakat, lényeket (l. orrtükör, 6.26. ábra).

Az emlősök **ízérzékelése** is igen fejlett. Az ízérzékelés speciális, mikroszkópos dimenziójú receptorai az ízlelőbimbók. Legnagyobb részét a nyelvben helyezkednek el (az ún. ízérző nyelv elsősorban az emlősökre jellemző), de található még a lágyszájpadon és a gégebemenet környékén is. Az emberre jellemző differenciált, négy, ún. alapízre visszavezethető ízérzékelés az emlősök körében nem tekinthető általánosnak. Az egyes fajok ízérző képessége igen eltérő lehet; így pl. a macskák nagymértékben vagy éppen teljesen érzéketlenek az édes ízzel szemben.

14.2.4. A látószervek (*organum visus*)

A **halak látószerve** a **szemgolyó** (*bulbus oculi*), amelynek felépítése a gerinces sémát követi (14.11. ábra). Fala három rétegből tevődik össze, benne ezen rétegek származékait, a fókusz távolságát változtatni nem tudó szemlencsét, valamint az üvegtestet találjuk. A szem legkülső rétege a rostos réteg (*tunica fibrosa bulbi*). Ennek elülső, átlátszó része a szaruhártya és a hátulsó, fehéres része az ínhártya. Az ínhártya felszínén tapadnak a szemmozgató izmok, hátulsó területéről lép ki a látóideg.



14.11. ábra. Csontoshal szemgolyójának hosszmet szete vázlatrajzon (a színezés a 14.6. ábrát követi)

Az érhártya (*tunica vasculosa bulbi*) a rostos réteg alatt helyezkedik el. Nevének megfelelően erekkel dúsan átszőtt lemez. A szemlencse felé eső szakasza megvastagodik, és a sugártestet alkotja – erről erednek a lencsét felfüggesztő rostok. Ugyancsak az érhártya származéka a halak legfontosabb távolság-alkalmazkodási, azaz **akkomodációs szerve**, a **sarló alakú nyúlvány**. Ennek csúcsa rögzül a lencséhez. Nyugalmi állapotban, a többi gerinccsel ellentétben, a lencse közellátásra van beállítva (a vízben a látótávolság kisebb, mint a légtérben). Ha a hal távolabbi tárgyakra figyel, a sarlónyúlványban levő lencsevisszahúzó izom a szemlencsét a retina felé húzza. A *tunica vasculosa* elülső része a pigmentált szivárványhártya (írisz). Ez kerek lyukat zár közre (pupilla), melynek átmérője halakban csak kismértékben változtatható. Az érhártya a halakra jellemző, speciális része az **ezüsthártya**, amely mint egy tükör, a beeső fényt visszaveri az ideghártya érzéksejtjeire.

Az ideghártya (retina) a szemgolyó legbelső rétege, amelyben a fényérzékeny elemek a pálcikák és csapok vannak. A pálcikák és csapok érzékelő része a fénybelépéssel ellentétesen, tehát az ezüsthártya felé fordul (inverz szem). A halak közelre jól látnak és színeket is képesek megkülönböztetni. Mivel szemeik a fej két oldalán helyezkednek el, látótereik alig vagy egyáltalán nem fedik egymást, térlátásuk nincsen. Szemeik külön is mozgathatók.

A **kétféltűek** (Amphibia), közelebből a békák (Anura) szemének felépítése hasonló a halak és általában a gerincesek szeméhez. A halak szemétől annyiban különbözik, hogy alkalmazkodik a szárazföldi látási viszonyokhoz: a szem nyugalmi állapotban a távoli tárgyakat látja élesen. Ennek megfelelően a szaruhártya domború, a szemlencse kettősen domború, és nem gömb alakú, mint a halakban. A sarlóalakú nyúlvány és az ezüsthártya hiányzik. Az **akkomodáció** itt is a szemlencse helyének változtatásával történik, de nem a sarlóalakú nyúlvány, hanem az érhártya egy speciális izma segítségével. Közeleli tárgyak megfigyelésekor a lencse itt előre felé, a szaruhártya felé mozdul el.

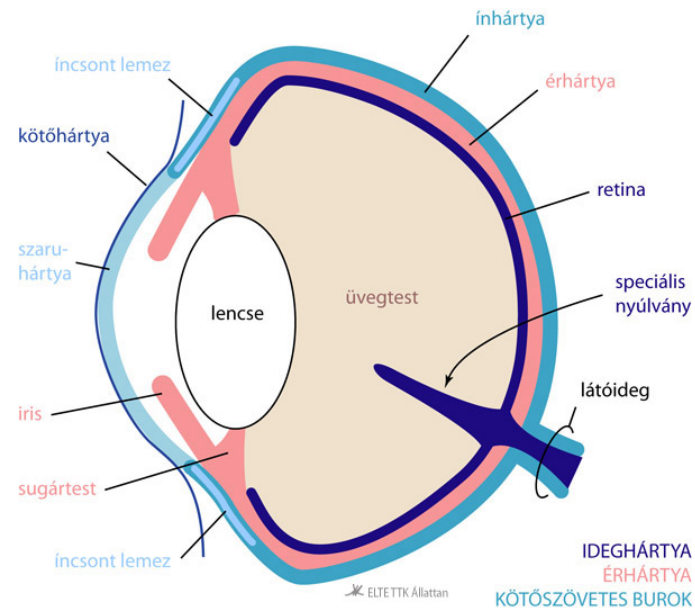
A szemet – a szárazföldi életmódhoz való alkalmazkodásként kialakuló **segédkészülékek** – a felső és alsó szemhéj, valamint a pislogóhártya fedi.

A **hüllőkben** kialakuló fényérző szervek közül páratlanok az epitalamuszhoz tartozó fejtetői szemek (l. 13.15. ábra), párosak pedig a talamuszhoz kapcsolódó (l. látópálya lefutása) ún. laterális szemek. Mindegyik hólyagszem.

A hüllők laterális szemének, azaz **szemgolyójának** felépítése alapvetően a gerinces sémának felel meg (14.12. ábra). Két eltérést említünk: ezek a retinához kapcsolódó, az üvegtestbe benyúló nyúlvány és az inthártyában fejlődő incsont lemezek. Utóbbiak előről támasztják a szemgolyót. Az **akkomodáció** egyes hüllőknél az emlősökével megegyező módon, a sugártest és a rugalmas lencse között húzódnak lencsefűggesztő rostok közreműködésével zajlik. A szemlencse rugalmas, s ha a rostok ellazulnak (a sugártest izmai összehúzódnak), akkor a lencse domborúbbá válik, s képes lesz a retinára vetíteni a közelebbi tárgyak képét. Amikor a sugártest izmai elernyednek, akkor a lencsefűggesztő rostok megfeszülnek, s a lencse domborulata csökken: ilyenkor a távolabbi tárgyak képe

vetül élesen a retinára. Ebben az esetben tehát nem a lencse helyzete, hanem az alakja változik a tárgytávolságnak megfelelően.

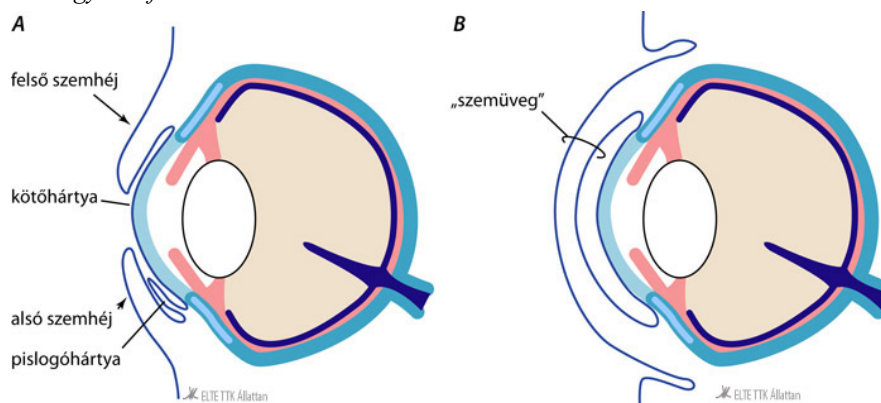
Teknősök és kígyók esetében az alkalmazkodás speciális: a szaruhártya görbületének, illetve a lencse helyzetének változtatásával történik.



14.12. ábra. Hüllők szemgolyójának általánosított felépítése (hosszszmet): jellemző a retinához kapcsolódó, üvegtestbe nyúló nyúlvány, valamint az ínhártyában fejlődő íncsontlemez (a szemgolyó rétegeinek színei a 14.6. ábrát követik)

A **szemgolyó ún. segédkészülékei** a szemhéjak, a kötőhártya, a pislogóhártya, valamint a könnymirigyek. A kisebb felső szemhéj alig mozgatható, az alsó nagyobb, s mozgékony. A szemhéjak területén áttetsző ablak, ún. **szemüveg**, *spectaculum* alakulhat ki, amely védi a talajban és a fűben élő állatok szemét. Képzésében egyes gyíkoknál csak az alsó, a lábatlangyíkok és a kígyók esetében pedig mindkét szemhéj részt vesz (utóbbiaknál a két szemhéj összenő, 14.13. ábra).

A **pislogóhártya** a kötőhártya kettőzete amely az alsó szemhéj tövénél rögzül (14.13. ábra). Feladata – a szemhéjakkal együtt –, hogy a hozzá tartozó ún. **pislogóhártya mirigy**, valamint a könnymirigyek váladékát a kötőhártya felszínén eloszlassa (kiszáradás¹ és fertőzések elleni védelem). Feltűnően nagy könnymirigyek vannak azon teknősöknek, amelyeknél ez sómirigyként funkcionál.

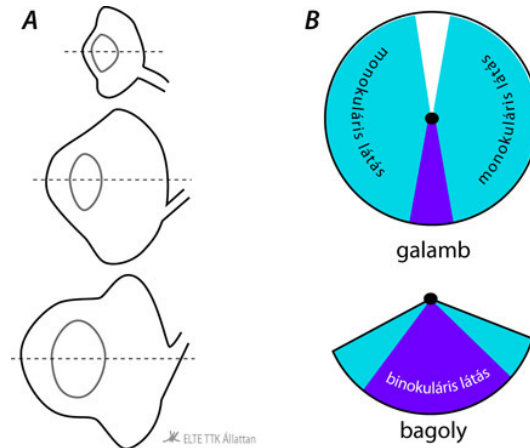


14.13. ábra. A szem ún. segédkészülékei: a szemhéjak és a pislogóhártya (hosszszmet): az A) ábra az alapszabást mutatja: az alsó szemhéj tövénél induló kettőzet a pislogóhártya, amely mozgásával a szemhéjakkal együtt nedvesen tartja a kötőhártya felszínét, a B) ábra kígyó szemét mutatja, ahol a szemhéjak összenőttek, áttetszővé váltak („szemüveg”), pislogóhártya nem alakult ki

¹A kötőhártya nem szárad el, ezért kell nedvesíteni.

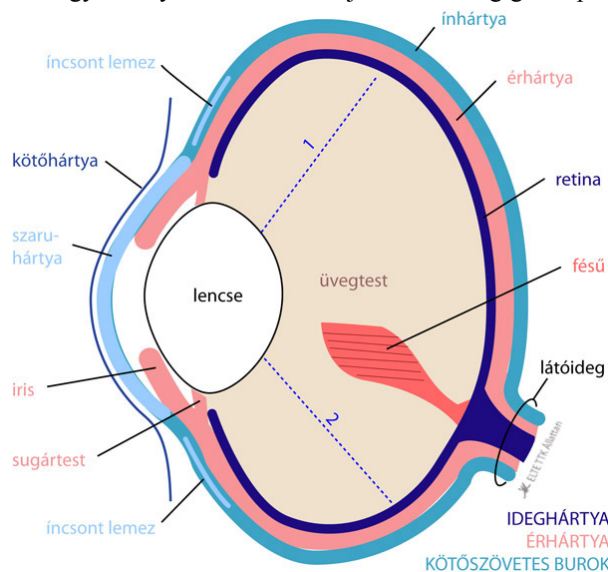
A fejtetői szemek közül hüllőknél az epifízis (tobozmirigy) előtt, a koponyán kívül (13.15. ábra), szarupikkely által nem fedett fejtetői, pontosabban parietális szem előfordulása gyakori (hidasgyík, nyakörvös gyíkok, agámafélék, leguánok, varánuszok). Ennek bőr felé néző fala átlátszó, hiszen pigmentmentes, magas hámsejtekből áll, amelyek lencsét alkothatnak. A fény érzékelésére differenciálódott falrész az ezzel szemben fekvő retina, amely azonban – a laterális szemek ideghártyájával ellentétben – everz típusú (a receptorsejtek a fény felé néznek). A szervből kilépő ideg az epitalamuszba fut (a fény által szabályozott életfolyamatok irányítása).

A **madarak** (Aves) legfontosabb érzékszerve a szem. A fej tömegéhez képest a szemek nagyok, formájuk szerint 3 fő típusba (lapos, gömb, cső) sorolhatók (14.14.A ábra). Elhelyezkedhet a fej két oldalán, mint pl. a galamboknál, vagy lehet előre néző, mint pl. a baglyoknál. Előző esetben a látótér 300 foknál is nagyobb lehet (az erdei szalonkánál 360 fok), de kisebb az átfedés, következésképpen a térlátás, míg utóbbi esetben a látótér sokkal kisebb, viszont ezen belül jobb a térlátás (14.14.B ábra).



14.14. ábra. Madárszem formák és látóterek: A) a madarak szeme lehet lapos (felül), gömb (középen) és cső alakú (alul) (mindegyik vázlat középsíkú metszet.) B) A madarak látótere a szemek helyzetétől függ: a galambok szeme a fej két oldalán van, így esetükben a látóterek átfedése (binokuláris látás) kicsi, az előrenéző baglyoknál viszont nagy

A **szemgolyók** alapfelépítése a többi gerinceséhez hasonló, de van néhány madarakra jellemző struktúrája is (14.15. ábra). Az érhártyából kinyúló ún. **fésű** részt vesz az üvegtest képzésében, a retina oxigénellátásában és a tájékozásban (Nap orientáció). Az ínhártyában egy csontos-porcós felépítésű gyűrű (íncsont lemezek) szolgál a szem védelmére és támasztására. A sugártestben és a szivárványhártyában speciális izmok találhatók, amik a szemlencse és a szaruhártya alakváltoztatására szolgálnak az **akkomodáció** során. Ezek egymást segítő működése miatt a madarak nagyon gyorsan képesek lencsájuk fókusz távolságán több dioptriányit állítani. A távolba néző madarak retináján a teljes látótér képe éles, mivel teljes felülete a fókusz távolságnak megfelelő. Ez alapvető különbség az emlősök szeméhez képest, amelyeknek – ugyanannyi információhoz jutáshoz – végig kell pásztáznia a látóteret.



14.15. ábra. A madarak szemgolyójának rétegei és jellegzetességei: az ínhártyában íncsontok támasztják a nagyméretű szemgolyót, s az érhártya képződménye a fésű, amely az üvegtestbe nyúlik. A retina minden pontja a lencsétől azonos távolságra van (lila szaggatott vonalak, ahol az 1-es és a 2-es számmal jelzett távolságok azonosak; az egyes rétegek színei egyeznek az 14.6. ábra színeivel.)

A nappali madarak színlátók. Külső szemmozgató izmaik fejletlenek, fejüket forgatják.

Az **emlősök** (Mammalia) látószerve a szemgolyóból, a szemgolyót védő és mozgató segéd szervekből továbbá a látás központi idegrendszeri apparátusából áll. A szemgolyó felépítése megfelel a gerinces sémának (rostos réteg, árhártya, ideghártya és ezek tagolódása, l. 14.6. ábra és a hozzá kapcsolódó leírás).

Nagy fényintenzitásnál a csapsejtek aktívak – egyben ők biztosítják a színlátást is. Kis fényintenzitásnál a pálcikasejtek működnek, amelyek színeket „nem látnak”. A főemlősök és az ember színlátása bizonyított, más emlősök, így pl. macskák, kutyák inkább igen finom árnyalatdiszkriminációval, semmint az emberéhez hasonló színlátással tájékozódnak. Más fajok csak egy vagy két színt látnak és az ezek kiváltotta ingerületek „keverésével” állítják elő saját világuk színeit.

A tárgy távolsághoz való alkalmazkodás (**akkomodáció**) a sugártest izmainak segítségével a lencse alakváltozásával történik (l. hullók).

A **szemgolyó segéd szervei** a szemhéjak, melyek a szemgolyót borító bőrredők. Akaratlagos vagy reflexes összehúzódásukkal megakadályozzák a szem sérülését, ismétlődő összecukódásukkal szétterítik a könnymirigyek váladékát, így nedvesen tartják a szem felszínét; alvásakor lecsukódnak. A szemhéjak külső felszínét bőr, belső felszínét a kötőhártya borítja. Az emlősök pislogóhártyája visszafejlődött, maradványa kis rózsaszín képletként azonosítható a mediális szemzugban.

14.2.5. Az egyensúlyérző és hallószervek (*organum statoacusticum*)

A **halakban** a halló-egyensúlyérző szervet a más gerincesekhez képest még fejletlen **csontos és a benne található hártás labirintus** alkotja. A szerv elsősorban a térbeli orientáció szerve, és minden bizonnyal az igen hasonló sejtes szerkezetű oldalvonalszerv feji részéből származtatható. A belsőfül akusztikus része és ezzel együtt a hangérzékelés halakban fejletlen. A belsőfűlből kiinduló ingerület a VIII. agyidegen (*n. stato-acusticus*) keresztül jut a nyúltvelő nyílt részébe.

A kísérletek tanúsága szerint a halak a 340–13 000 Hz-ig terjedő hangrezgéseket is képesek érzékelni, bár specializált akusztikus receptor terület nem ismeretes a belsőfűlben.

A **kétéltűek** (Amphibia) osztályába tartozó békákban a hallás és a helyzetérzés szerve bonyolultabb, mint a halakban. A belsőfül hártás labirintusát a csontos labirintuson kialakuló nyílást (ovális ablak) fedő lemez választja el a kétéltűekben kialakuló középfül (dobüreg) üregétől. A középfül külső részét a **dobhártya** (*membrana tympani*) határolja. Ez vékony bőrredő, mely felveszi a levegő rezgéseit. A dobhártyával érintkezik a **hallócsont** (*columella*) egyik vége (l. 7.31. ábra), másik vége pedig az ovális ablakot fedő lemezen fekszik. Ily módon a dobhártya rezgéseit a hallócsont közvetíti az ovális ablakon keresztül a belsőfül hártás labirintusa felé. A békák viszonylag jól hallanak, meghallják a rájuk leselkedő ragadozók által keltett zajokat és a nőstények messziről reagálnak az azonos fajú hímek brekegésére.

A középfül üregét a fülkürt (Eustach-féle kürt) köti össze a garattal. Ahogy azt írtuk korábban, a középfül ürege és az Eustach-kürt a halak első és második zsigerívei között elhelyezkedő garattasakból származtathatók (7.29. ábra).

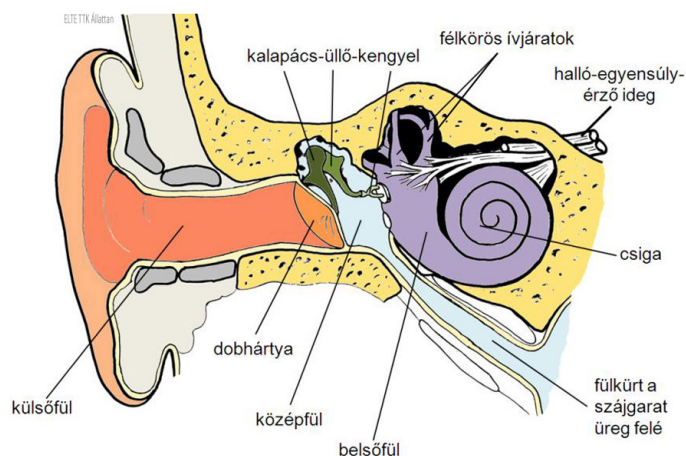
A **hüllők** hallószervei általában fejletlenek. A fűszintben élőknek inkább rezgéseket érzékelnek.

A **madarak** (Aves) hallószervének fejlettsége eléri az emlősök szintjét, de anatómiailag sok szempontból különbözik. Fülkagylójuk nincs (a baglyoknál található ennek megfelelő struktúra), külső hallójáratuk rövid. Középfüliük felépítése a hüllőkéhez hasonló, **egy hallócsontjuk** van. A belsőfül felépítése már jobban hasonlít az emlősökére, bár **csigavezetékük** nem felcsavarodott, hanem csak görbült. A madarak nagyjából az emlősöknek megfelelő hangtartományban hallanak, de hangfelbontó képességük nagyobb.

A baglyokra jellemző háromdimenziós hallásnak a zsákmányszerzésben van szerepe. A sok esetben láthatatlan, pl. hótakaró alatt mozgó állat helyének pontos bemérését a kétoldali hallórendszer asszimetriája teszi lehetővé.

Az egyensúlyérzékelés az Amniota alapszabásnak megfelelő. A repülés miatt igen bonyolult feladatokat lát el.

Az **emlősök** (Mammalia) hallószerve külső-, közép- és belsőfülre tagolódik. A **külsőfül** legjellegzetesebb képletei a porcos vázú **fülkagylók**. Ezek jól fejlett, izmok segítségével a hangforrás irányába fordítható képletek. Minél nagyobbak, annál több hanghullámot képesek felfogni, fejlettségük az adott faj hallóképességével korrelációban áll. A fülkagyló belső tere nem egy egyszerű tölcser alak, benne akusztikailag fontos hajlatok, kiemelkedések vannak. A fülkagylóból a hanghullámok a külső hallójáratban vezetődnek tovább és rezgésbe hozzák a hallójáratot lezáró dobhártyát (14.16. ábra). A külső hallójárat az első garatbarázdából (7.29. ábra) jön létre. A **középfül** ürege a nyálkahártyával bélelt csontos falú dobüreg. A külső hallójárat felé egy rostos lemez, a **dobhártya** határolja, amelyre mind a külső hallójárat, mind pedig a dobüreg hámja ráhúzódik. A dobüregben található az emlősök **három hallócsontocskája**, a kalapács, az üllő és a kengyel. Mindhárom hallócsontocska zsigerív eredetű. A hallócsont láncolat a dobhártya rezgéseit kisebb amplitúdóval, de nagyobb nyomással továbbítja a belsőfülbe (egykarú emelő-hatás).



14. 16. ábra. Emlősök hallószervének felépítése

A kalapácshoz és a kengyelhez kapcsolódik a dobhártyafeszítő izom és a kengyelizom. Ezek kontrakciója a normálisnál erősebb ingerlés hatására fékezi, csillapítja a hallócsont láncolat mozgását, és így megkíméli a belsőfület a károsodástól.

A középfül üregét a garatüreggel a fülkürt (Eustach-kürt) köti össze (l. 7.29. és 14.7. ábra), feladata a dobüreg szellőztetése és a dobhártya két oldalán keletkezett nyomáskülönbségek kiegyenlítése. Nyeléskor, ásításkor a fülkürt megnyílik, ilyenkor a dobüreg levegője cserélődik, „felfrissül”. A **belsőfül** csontos és hártyás labirintusból áll. A csontos labirintus a halántékcsontról bonyolult üregrendszer, benne találjuk a hártyás labirintust. Utóbbi központi tagjai a tömlőcske és zsákocskák. Ezek érzékdombocskái igen hasonlóak: mindkettő felületén „érzékszőröcskéket” (microvillusokat) viselő érzéksjtes kiemelkedés van, amelyet nyálkarétegbe ágyazott mészkristályok borítanak.

A tömlőcske és zsákocskák a fej térbeli helyzetét és a gravitációs viszonyokat érzékeli azáltal, hogy a mészkristályok a fej különböző helyzeteiben, eltérő erővel és irányban nehezednek az érzékszőröcskékre, ill. hajlítják el azokat. Ezek a receptorok nem adaptálódnak és akkor is képződik bennük ingerület, ha a fej, illetve a test nem mozog. A három félkörös ívjárat a tömlőcskéből indul ki és a csontos csatornában haladva ugyancsak a tömlőcskéhez tér vissza. Kezdeti részükön tágulat van, itt találjuk a félkörös ívjáratoknak az ampulla üregébe beemelkedő receptorait. A félkörös ívjáratok egymásra merőleges síkokban helyezkednek el, a fej forgómozgásait érzékelik, tehát szöggyorsulási receptorok (14.7. ábra). A hártyás csiga, azaz a **csigavezeték** a csontos csigába benyúló, annak falaihoz rögzülő, vakon végződő cső, mely a zsákocskából fejlődik. Emlős jellegzetesség, hogy a csigavezeték **hossza jelentősen megnövekszik**, és nevéhez híven, **spirál alakban felcsavarodik** (14.7. ábra).

Összefoglalás

A szervrendszereket bemutató utolsó fejezetünket az érzékhám, az érzékszerv és a jelfeldolgozást szolgáló központi analizátor fogalmainak bevezetésével kezdtük. Ezután az összajú gerinctelen csoportok legjelentősebb érzékszerveit tárgyaltuk, különös tekintettel a fényérző szervekre (csésze és hólyagszem, összetett szem). Sorra vettük a gerincesek érzékszerveit: az alapfelépítésüket, majd részletesebben tárgyaltuk az egyes csoportok bőrérzékelését, szagló és ízérző szerveit, a látószerveket (beleértve a fejtetői szemet is), végül a halló és egyensúlyérző szerveket.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mi az érzékhám, mik a receptorsejtek, hogyan vesznek részt érzékszervek alkotásában, mi a központi analizátor fogalma?
2. Mutassa be a férgek és a puhatestűek jellemző érzékszerveit, részletesebben kitérve a szemekre!
3. Adjon leírást az ízeltlábúak érzékszerveiről a tízlábú rákok és a rovarok példáján!
4. Mutassa be a gerinces bőrt, mint érzékszervet!
5. Jellemezze röviden az egyes gerinces csoportok szagló és ízérző szerveit!
6. Rajzolja le a gerincesek szemgolyó alapszabását, adja meg az egyes részek funkcióját és jelezze, hogy mely részek mely csoportokban mutatnak jellegzetes felépítést!
7. Mutassa be a gerincesek hallószervét és az egyes részeinek funkcióját! Foglalja össze a hallás folyamatát emlősökben!

15. fejezet - Az állatok rendszerezésének alapelvei és módjai - (F.J.)

A nagyszámú élőlény egyenkénti megismerése önmagában nem elegendő („*sine systema chaos*¹”), szükség van arra is, hogy e sokaságot át tudjuk tekinteni. Ebben segít a **rendszertan**, amely tehát az összes élőlényt meghatározott elvek szerint osztályozó, rendező tudomány. Alapvetően két formáját ismerjük: a **taxonómia** az osztályozás tudománya, a leíró rendszerezés, a **szisztematika** pedig az élőlények sokféleségével és a közöttük fennálló rokonsági kapcsolatokkal foglalkozó, oknyomozó tudomány.

15.1. A rendszerezés logikai alapelvei

Az élővilág rendszerezése során, a rendszer kialakítása érdekében logikai műveleteket kell végrehajtani. Ezek a műveletek csak meghatározott sorrendben elvégezve eredményezik valamely élőlénycsoport rendszerének kialakítását.

Az első művelet a **meghatározás** (*definitio*): ez nem egyenlő az azonosítással (identifikáció vagy determinálás), vagyis a faj vagy csoport – határozókönyvek, összehasonlító anyag vagy a szakember ismerete alapján történő – meghatározásával, hanem a fogalmak olyan csoportosítása, amelynél fogva megmondjuk, hogy mi az a faj, vagy csoport, amiről szó van.

A **névleges definitio** a név jelentését eredetével ismerteti (pl: zoológia = állattan). A **tárgyi definitio** a tárgy ismertető jegyeit sorolja fel. Ez a meghatározás lehet **essentialis**, vagy lényeg szerinti: a tárgy tulajdonságai közül kiválasztja a két legfontosabbat: 1. **genus proximum** (legközelebbi nem) és **differentia specifica** (fajlagos különbség). Például: madár = tollas gerinces. Ha egy faj esetén használjuk a lényeg szerinti meghatározást, eljutunk a logikai faj fogalmához, ami a **binominalis nomenclatura** (kettős nevezéktan) alapja. Például: házi veréb = a verébfélék közül az ember környezetében élő faj.

A **descriptiv**, vagy **leíró definitio** a tárgy több vagy valamennyi tulajdonságát felsorolja.

A **genetikus** vagy eredeztető **definitio** használatával az alany eredetét, létrejöttét, származását mondjuk meg. Például az öszvér = *Equus caballus* × *Equus asinus*: a ló és a szamár keresztezéséből származó állat.

A második logikai művelet a **felosztás** (*divisio*) – ez az a művelet, mikor az egészet részre osztjuk. A felosztás analitikus művelet. Fogalmai a **totum dividendum** (a felosztandó egész, pl. sok faj), **membra divisionis** (a felosztás tagjai) és a **fundamentum divisionis** (a felosztás alapja). Utóbbi az a tulajdonság, amire a felosztás épül. Sikeres a felosztás akkor, ha a helyesen megválasztott alap és az erre nézve kizáró módon megállapított tulajdonság összeférhetetlen fogalmak: ellentmondók (van – nincs) vagy ellentétesek (piros – kék vagy szőrös – tollas). Nézzük egészében: a Vertebrata (Geincések) csoportját két alcsoportra oszthatjuk egy helyes alap megválasztásával. Az alap legyen a magzatburok léte. Ha magzatburok van, az Amniota (Magzatburkosok), ha magzatburok nincs, az Anamnia (Magzatburok nélküliek) csoportját kapjuk.

A felosztás művelete a **határozókulcs** alapjául szolgál. A határozókulcsok alapján való faji azonosítást nevezzük **identifikációnak** vagy **determinálásnak**.

Az **osztályozás** (*classificatio*) az, amikor a fajokat fajlagos különbségek révén jól elhatároljuk egymástól, majd megkeressük azokat a tulajdonságokat, amelyekben megegyeznek, és ez utóbbit egy magasabb rendű rendszertani egység jegyeinek tekintjük.

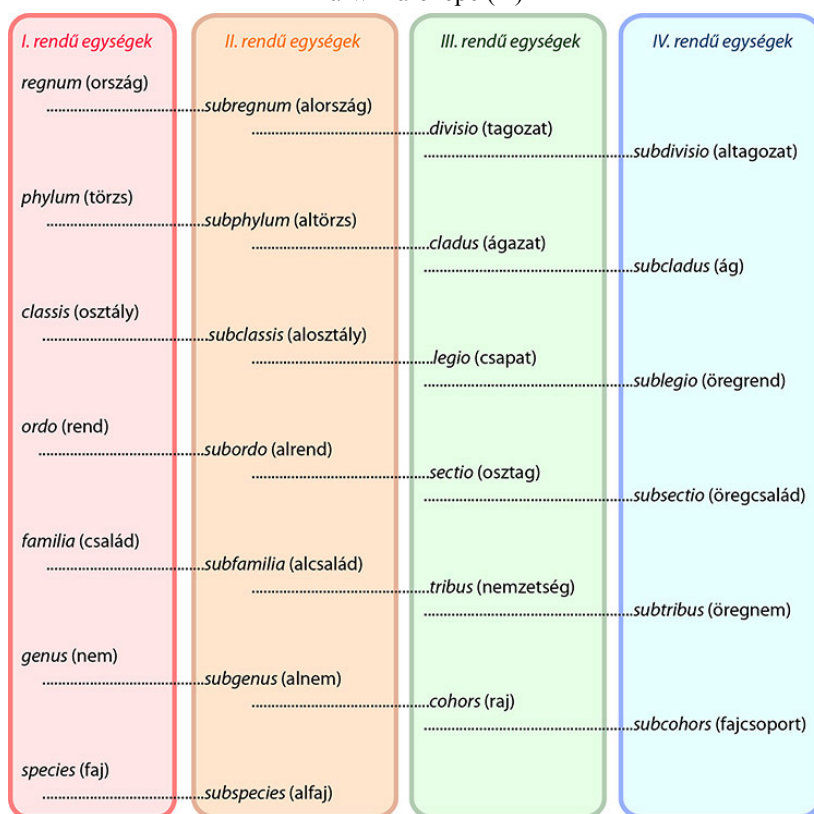
¹Jelentése: rendszer nélkül káosz van.

15.2. Az állatrendszertan kategóriái

A rendszertani kategóriákat először Linné (1758) alkotta meg. Ezek: **osztály, rend, nem, faj, változat**. A rendszertani egységeket **taxonnak** nevezzük. 1866-ban Ernst Haeckel megalkotta azt a kategóriarendszert, amit kisebb-nagyobb változtatásokkal ma is használunk (15.1. és 15.2. ábra).



15.1. ábra. Linné (A), Haeckel (B), Ray (C), Cuvier (D), Lamarck (E), Geoffroy Saint-Hilaire (F), Latreille (G), Darwin arcképe (H)



15.2. ábra. A rendszertani kategóriák

A **rendszerezés alapegysége** a faj. A **faj** (*species*) elnevezés John Ray angol természetbúvártól származik (1686, 15.1. ábra). Tudományosan Linné határozta meg először a faj fogalmát, logikai úton levezetve, és bevezette **kettős nevezéktant** (*binominalis nomenclatura*).

Linné fő célja a fajok egymástól való világos elkülönítése, majd ezek rendszerezése volt. Ismert műve a *Systema Naturae* („A természet rendszere”), amelynek 10. kiadásában kristályosodott ki rendszerezésének alapelve, ezért

ezt az időpontot tekintik a kettős nevezéktan kezdetének. Magáról a fajról részletesebb definíciót nem adott. Nevéhez fűződik még a faj állandóságának (*species sunt constantissimae*) tana és az állítás, hogy annyi faj van, amennyi kezdetben teremtetett (*species tot numeramus, quod diversae formae in principio sunt creatae*). Később azonban megfigyeléseket közölt a fajok változékonyságáról, és felállította a *varietas* kategóriát.

A fajfogalom első definíciója G. Cuvier francia anatómus-szisztematikustól származik (1798, 15.1. ábra). „A faj összessége mindazon szerves testeknek, amelyek egymástól vagy pedig közös szülőktől származtak, valamint mindazoknak, melyek éppen annyira hasonlítanak azokhoz, mint egymáshoz.”

Amikor Lamarck (1744–1829, 15.1. ábra), majd Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1722–1844, ???15.1. ábra) munkái eredményeképpen megindult a származástan, a törzsfelföldéstani kutatása, kezdett inogni a faj állandóságának tana. Ekkor lépett fel Charles Darwin (1809–1882, 15.1. ábra), az evolúció tanának megalapítója. Az 1859-ben megjelent „A fajok eredete a természetes kiválogatódás útján, vagy a létért való küzdelemben előnyhöz jutott fajták fennmaradása” című munkája után a faj addigi fogalma lényeges változáson ment át.

A fajt többféle alapon kísérelték meghatározni, de eddig még nem született olyan definíció, amely az élővilág valamennyi csoportjára alkalmazható lenne. Az egyik legfrappánsabb meghatározás: Faj az, amit egy szavahihető taxonómus annak tart.

A számos fajfogalom közül két széles körben alkalmazott definíciót mutatunk be. A **taxonómiai vagy morfológiai faj** a gyakorlati rendszerező munka számára a strukturális bélyegeken nyugvó fajdefiníciót jelenti: azon egyedek összességét, melyek minden lényeges strukturális bélyegben – ezek variabilitását is figyelembe véve – egymással és az utódokkal megegyeznek.

A múzeumi taxonómia (Grant, 1976) megpróbálja az élőlényeket többé-kevésbé rendszeresen összegyűjteni, konzerválható maradványaikat megtartani, ezeket besorolni és elnevezni. A morfológiai faj legfontosabb metodikai kritériumai a hasonlóság, illetve az elválaszthatóság. A morfológiai faj azon alapszik, hogy az élőlények egyedei nem változnak folyamatosan (kontinuusan), így az alaksorok közt megszakítottság (hiátus) van, ami lehetővé teszi a fajok elhatárolását. A probléma azonban az, hogy az esetek egy részében a megszakítottság nem mindig egyértelmű, és mértéke is eltérő lehet. Így ennek megállapítása erősen függ a rendszerező szubjektív ítéletétől, szakmai gyakorlatától és tudásától.

A **biológiai faj** olyan természetes körülmények közt létrejövő szaporodási közösség, amelyben korlátlan a génáramlás, és amely más, hozzá hasonló szaporodási közösségektől reprodukív izolációval elválasztott. A genetikai alapokon meghatározott biológiai faj az evolúció alapegysége is.

A genetikai alapon nyugvó fajdefiníció alkalmazása azonban sokszor komoly nehézségekbe ütközik. Az interfertilitás vagy intersterilitás vizsgálatait a közel 1,5 millió állatfajnál elvégezni nem lehet. Az állományfelvetelek, faunisztikai felmérések eredményeképpen már holt vagy szaporodásra már nem képes egyedekkel van dolgunk, amelyeknél ilyen vizsgálatokra értelemszerűen nincs lehetőség, csakúgy, mint a fossziliák esetében. Végül problémát jelent a tisztán partenogenetikus (szűznemzés) és a vegetatív úton való szaporodás jelensége is.

Az esetek többségében a két fajfogalom azonos faji körülhatároláshoz vezet, mert mindkettő a fajkeletkezés folyamatának eredményét nézi, csak más-más oldalról közelíti meg a problémát (morfológiai elkülönülés, illetve genetikai izoláció).

A faj tehát olyan objektíven létező organizáció, amelynek lényege, hogy egyedei szaporodó közösséget alkotnak, egyedeinek belső kritériuma az egymás felismerése és a más hasonló közösségektől való reprodukív izoláció.

15.3. Nomenklaturai szabályok

1895-ben Leidenben a Nemzetközi Zoológiai Kongresszus bizottságot jelölt ki, amely 1902-ben kiadta „Az állattani nomenklatura nemzetközi szabályai”-t. A zoológiai tudománynak van egy állandó nomenklaturai bizottsága, és 1960 óta létezik a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexe.

A nevezéktani szabályok között az egyik legalapvetőbb az ún. **elsőbbségi törvény** (*lex prioritatis*). Ha két vagy több állatfajra, alfajra, alnemre vagy nemre egyazon írású és hangzású név van alkalmazásban (ún. *homonymák*), akkor ezek közül a legrégebben alkalmazott név marad érvényben, míg a többi állat hasonló neve helyett új neveket

(*nomen novum*) kell alkalmazni. Ha egyazon alfajra, fajra, alnemre, nemre többféle név van alkalmazásban (ún. *synonymák*), akkor ezek közül a legrégebbi lesz az érvényes, míg a többi ennek szinonimájává (*nomen synonymicum*) válik.

A Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexe az **állatnevek írásmódjáról** a következőképpen intézkedik:

1. A nem (*genus*) neve egy szó, amely után ki kell tenni a leíró kutató, az ún. szerző = *auctor* nevét, illetve annak rövidítését. Így pl.: *Equus* L. (L., azaz Linné).
2. Ugyanígy írandó az alnem (*subgenus*) neve is, pl. a fenti *genus* egyik alneme az *Asinus* L.
3. A faj (*species*) neve két szóból áll: a nemi névből és a faji jelzőből, utánuk pedig a szerző következik. Így pl. a szamár tudományos neve *Equus asinus* L. Megjegyzendő, hogy nem szigorúan tudományos írásművekben (pl. tankönyvekben is) a szerzők nevét nem kell okvetlenül kiírni.
4. Az alfaj (*subspecies*) neve három szóból áll: a faji jelző után következik az alfaji jelző, majd ennek szerzője (az első leíró neve). Pl. a magyar csíkos szöcskegér neve: *Sicista subtilis trizona* Frivaldszky.
5. Aszerzőnevek után, vesszővel elválasztva, ajánlatos kitenni az elnevezés évszámát is.

Az alfaj, a faj és a *genus* neve védett. A *genus*név csak egyszer fordulhat elő, beleértve a már kihalt fajokat is. Végül megjegyezzük, hogy **négy rendszertani egység nevének van határozott végződése**. Ezek a következők:

- főcsalád (*superfamilia*): *-oidea*, pl. *Booidea* (óriáskígyók)
- család (*familia*): *-idae*, pl. *Carabidae*
- alcsalád (*subfamilia*): *-inae* pl. *Carabinae*
- tribusz (*tribus*, az állattanban hagyományosan nemzetségnek nevezik): *-ini*, pl. *Carabini*.

Az **állatfajok magyar nevei** vagy a népnyelvből és a köznyelvből származnak, vagy pedig műnevek, melyeket zoológusok alkottak meg.

15.4. A rendszerezés módjai

A Darwin munkásságáig megalkotott rendszerek célja csupán az volt, hogy úrrá tudjunk lenni az állatfajok sokaságán, ezért az állatokat a szervezetük egyszerűbb vagy bonyolultabb volta szerint bizonyos fokozati sorokba állították. Mivel azonban rendszerint egy kiválasztott, méghozzá önkényesen kiválasztott bélyeg alapján rendszereztek, ezeket **mesterséges rendszereknek** nevezzük. Ilyen volt például Linné növényrendszere, vagy Latreille (1762–1833, 15.1. ábra) bogárrendszere (ez a lábfej ízeinek számát vette alapul), vagy a ragadozó madarak nappali vagy éjszakai csoportra való osztása.

A Darwin után született rendszereket **természetes rendszereknek** nevezték, mert a hasonlóságokban, illetve különbségekben a rokonság kifejeződésének mértékét igyekeztek kifejezni. Ehhez igyekeztek a szerzők az adott faj vagy csoport lehető legtöbb tulajdonságát figyelembe venni.

A filogenetikai adatok értelmezésére a kladogenezis (elágazás), az anagenezis (a magasabbrendű fejlettség az időben), az átalakulás foka (ökológiai evolúció) vonatkozásában még nem áll rendelkezésünkre egységes tudományos elmélet. Ennek megalkotása a jövő feladata.

15.4.1. A filogenetikai rendszertan módszerei

A filogenetikai rendszertanban különböző módszerekkel dolgoznak, és eszerint megkülönböztetünk **fenetikus, numerikus, kladisztikus és evolúciós** rendszertant.

Lényeges eredményeket kaphatunk más biológiai tudományoktól is, pl. a molekuláris biológia területéről DNS-szekvenciák, fehérje-polimorfizmus, immunglobulinok vizsgálatával, vérszérumok összehasonlításával, elektroforetikus eljárások és DNS-hibridizációs technikák alkalmazásával stb. Ezek segítségével a kutatók ma már molekuláris törzsfák felállítására törekednek.

A **fenetikus rendszertan** a legrégebbi, és a leghosszabb időn át alkalmazott vizsgálati metodika, melyet még ma is gyakran használnak. Morfológiai vizsgálati módszerekre alapszik. Mivel a morfológiai hasonlóság az esetek túlnyomó többségében egyben filogenetikus rokonságot is jelent, olyan rendszerek jöttek létre, melyek gyakran a vizsgált csoportok törzsféjlődését tükrözték. Emellett keletkeztek mesterséges, tisztán tipológiai osztályozó

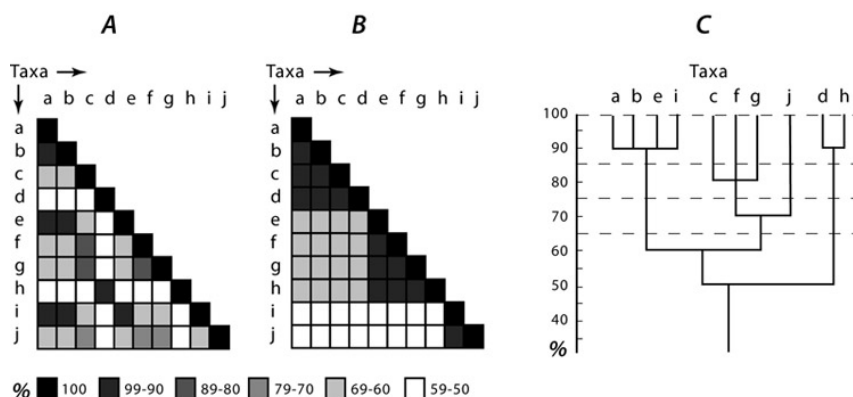
rendszerek is. Abból indulhatunk ki, hogy a vizsgált esetek mintegy 85–90 százalékában a morfológiai hasonlóság filogenetikus rokonságot is jelent. Az esetek 10–15 százalékában konvergenciák (inhomológiák, l. 15.5. ábra) és párhuzamos fejlődési vonalak találhatók, melyek hamis következtetésekhez vezetnek.

A fenetikus rendszertan olyan rendszereket alkotott, melyek minden további rendszertani munkamódszer alapját jelentik. Különbséget tesznek a primitív, **eredeti** (*plesiomorf*), és a **levezetett, új** (*apomorf*) **bélyegek** között. Felismernek konvergenciákat, és megállapítanak párhuzamos fejlődési vonalakat is.

A fenetikus rendszertanból még hiányzik egy egységes vonatkoztatási rendszer arra nézve, miként lehet az alaki hasonlóságokat (a konvergens bélyegek előzetes kizárása után) mérni, és átvinni a rendszerre. Az eredmények itt különösen függenek a feldolgozó egyén képességeitől, „rendszertani érzékétől”.

A **numerikus rendszertan** a fenetikus rendszertan változatát képviseli. Igyekszik lehetőleg objektív módszereket kidolgozni. Alapja a hasonlóságok szerint való rendszerezés. Lehetőleg nagyszámú (50) bélyeg alapján, azokat egységes séma szerint, mennyiségileg osztályozzák. Valamennyi csoportnak valamennyi tulajdonság szempontjából való – többnyire számítógép segítségével végzett – összehasonlítása azután százalékokban kifejezett hasonlósági koefficiens (,össz-hasonlósági fokot”) eredményez. Az **össz-hasonlósági fok** ezen értelmezés szerint a rokonsági foknak felel meg (15.3. ábra).

A csoportok hasonlósági koefficienseik segítségével csoportosíthatók. Ábrázolhatjuk törzsfá alakjában. A törzsfa elágazási pontjai csak eltérő hasonlósági értékeket jelölnek, és nem jelentik egy filogenetikus törzsfa időbeliségére utaló elágazásait.

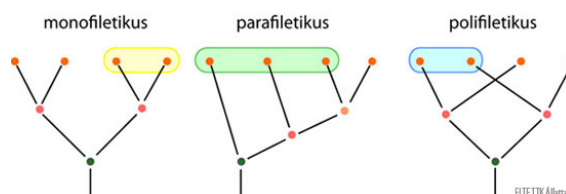


15.3. ábra. A hasonlósági koefficiensek: taxonok összevetése hasonlósági koefficiens alapján táblázatos formában (A, B) és dendrogramban (C) ábrázolva

15.4.2. A filogenetikus rendszertan

Ezen belül két, egymással ellentétben álló és versengő fő irányzat létezik: a kladisztikus és az evolúciós rendszertan. Mindkettőnek azonos a célja, de különböző eszközökkel igyekszik azt elérni. Alább ezeket mutatjuk be.

A **filogenetikus rendszertan** az egyetlen olyan rendszer, amely az élőlények törzsfejlődésének történeti folyamatát igyekszik megmagyarázni, elsődlegesen nem a hasonlóságokkal foglalkozik, hanem az evolúció folyamatának az időben lejátszódó változásaira kérdez rá. A rendszer fő célja a fajok **filogenetikai rokonságának** kutatása, amit egy filogenetikailag megalapozott rendszerben ábrázolnak. Ez a rendszer csak monofiletikus csoportokat (*taxonokat*) foglalhat magába. A monofilum olyan fajok csoportja, amelyek egyetlen törzsfajból származnak, és ahol minden egyes faj közelebbi rokonságban van egymással, mint azokkal a fajokkal, amelyek a csoporton kívül vannak (15.4. ábra).



15.4. ábra. A mono-, a para- és a polifília fogalmainak magyarázatára szolgáló vázlat. A mono-, para- és polifiletikus csoportokat ovális vonallal körülzárt taxonként ábrázolják (Hennig, 1960 után)

15.4.2.1. A kladisztikus rendszertan

A **kladisztikus („következetesen filogenetikus”) rendszertan** alapelveit Hennig dolgozta ki (1950). Fő célja olyan filogenetikus rendszer létrehozása volt, amely csak monofiletikus csoportokat tartalmaz. Ez, mint már beszéltünk róla, kizárólag olyan tagokat tartalmaz, amelyek egy közös törzsfaj (törzscsoport) leszármazottai. Ezek adják meg a kidolgozott **kladogram** elágazásait és a rendszerben a monofiletikus csoportok hierarchikus egymásutánját.

A monofiletikus csoportok felismerése azon alapszik, hogy a törzsfaj dichotomikus hasadásakor két leányfaj keletkezik. Az egyik rendszerint megtartja **ősi**, azaz **plesiomorf** vonásait, a másik a megváltozott életkörülményekhez való alkalmazkodás során **új**, azaz **apomorf** (levezetett) **vonásokat** fejleszt ki. Ezek a **testvércsoportok** vagy testvérfajok. Gyakran *adelfotaxonok*nak nevezik őket. Ezeknek **azonos kategóriaranggal kell rendelkezniük**. A filogenetikai rokonság értelmében két faj csak akkor van szorosabb rokonságban egymással, mint egy harmadik fajjal, ha egy törzsfajból vezethetők le, amely ugyanakkor nem törzsfaja a harmadiknak is. A három faj közös törzsfajának tehát idősebbnek kell lennie, mint a két faj törzsfajának. A kladogram időbelileg egymásra következő elágazásai így módon meghatározzák a kategóriák sorrendjét.

A kutatók abból indulnak ki, hogy a fajok és a magasabb kategóriák közti különbségek a filogenezis során időben egymást követő hasadásokból keletkeztek. A rokonsági viszonyok elemzésénél nem a megegyezésekkel, hanem a **különbségekkel dolgoznak**.

A bélyegek közt különbséget kell tenni **homológ** (azonos eredetű) és konvergens (**analóg** – az azonos funkcióból következő) **bélyegek** között.

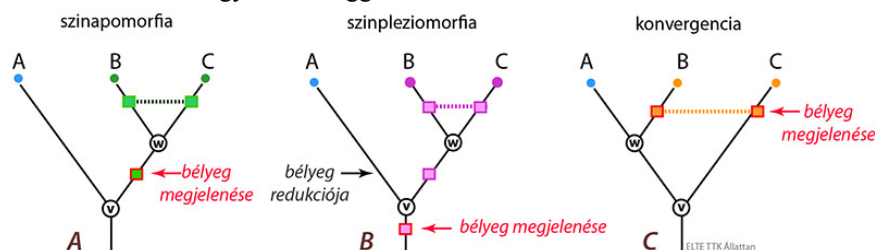
A kladisztikus rendszertan mindig bélyeg-párokkal, illetve olyan bélyegsorokkal dolgozik, amelyek bélyeg-párookra bonthatók. Ezek lehetnek *apomorf* és *plesiomorf* bélyegek.

A bélyegek egymásnak megfelelő volta esetén különbséget tesznek szinpleziomorfiá, szinapomorfiá és konvergencia között (15.5. ábra).

Szinapomorfiá: a testvércsoportok közötti olyan bélyegmegegyezés, amely a közös törzsvonalon mint evolúciós újdonság jött létre, és a közös törzsfajnál mint autapomorfiá fordult elő (egy új bélyeg megjelenése vagy egy meglévő redukciója).

Szinpleziomorfiá: olyan bélyeg(ek)ben való megegyezést jelent a monofiletikus fajcsoportok között, amely(ek) nem a közös törzsvonalon jött(ek) létre, hanem már egy korábbi törzsfajtól átvett bélyeg(ek). Pl. a 15.5. ábrán a bélyeg már a „v” fajnál jelen volt, és a „w” faj is átvette és változatlanul átadta a B-nek és a C-nek. Az A fajnál ez a bélyeg redukálódott, így a B és a C közötti megegyezés pleziomorfián alapszik. A viszony a szinpleziomorfiá.

A **konvergencia** olyan bélyegben való megegyezést jelent, amely a közös törzsfajnál nem fordul elő, hanem az egymástól elválasztott vonalaknál egymástól függetlenül alakult ki.



15.5. ábra. Szinapomorfiá (A), szinpleziomorfiá (B) és konvergencia (C) ábrázolása

A filogenetikai szisztematika céljaira a szinapomorfiá a döntő megegyezési forma. **Egyedül a szinapomorfiák segítségével lehet megalapozni a lehetséges rokonsági hipotézisek közül a legmegalapozottabb valószínűséggel rendelkező döntést.**

A vizsgálat menete a következő: először meg kell állapítani, hogy a két faj közötti hasonlóság *pleziomorf* vagy *apomorf* eredetű, aztán ha *apomorf*, akkor az szinapomorfia vagy konvergencia. A megállapított szinapomorfiaikat egy szinapomorfia-vázlatba, azaz kladogramba foglalják össze.

Ez az ábrázolás automatikusan tükrözi a kladisztikus módszerrel nyert rokonsági viszonyokat. A séma csak monofiletikus csoportosításokat tartalmaz. A polifiletikus és parafiletikus csoportosítások ki vannak belőle zárva. Polifiletikus csoportok könnyen képződnek ott, ahol nem ismerik fel a konvergenciákat. A parafiletikus csoportok nem foglalják magukban egy törzsfaj valamennyi leszármazottját, amit a kladisztikus rendszertan nem, az evolúciós azonban elfogad. Ilyen parafiletikus csoportok a mai eddigi rendszerekben pl. a hüllők csoportja. Ezek az állatok ugyanis nem képviselnek zárt leszármazási közösséget, mivel a madarak és a krokodilok szinapomorfiaik alapján szorosabb rokonságot mutatnak. A hüllőkre jellemző bélyegek szinpleziomorfok és ezekkel monofiliájuk nem alapozható meg.

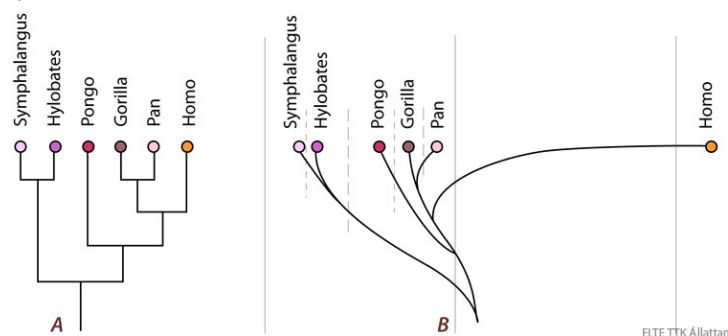
Összefoglalva: a kladisztikus rendszertan jól megalapozott metodikát mutat. Egyedül ennek átültetése egy rendszerbe azonban vitatható.

15.4.2.2. Az evolúciós rendszertan

Az **evolúciós rendszertan** (Mayr, 1967, 1974; Simpson, 1961) a kladisztikus rendszertannal szemben a filogenezis (törzsfajlódás) fogalmát sokkal szélesebb értelemben fogja fel, és az **evolúciós változás mértékét** (változás az időben = evolúciós sebesség) is be kívánja vonni. Megkísérli a teljes evolúciós történetet figyelembe venni, s a fenetikus és a kladisztikus rendszertanra épít. A fenetikus rendszertantól átveszi a kidolgozott rendszert, mint munkabázist, a kladisztikus rendszertantól általában átveszi a kladogramot (szinapomorfia-sémát). Mindazonáltal nem ülteti át a kladogramot közvetlenül az osztályozásba, hanem új szempontokat (pl. adaptív zónák, az evolúciós átalakulás mértéke) kíván belevinni abba. A kladisztikus rendszertan kladogramjából így alakul ki az evolúciós rendszertan **filogramja** (15.6. ábra). Az evolúciós rendszertan is abból indul ki, hogy egy filogenetikus rendszerben csak monofiletikus csoportok fordulhatnak elő. A monofília fogalmát azonban tágra értelmezi, vagyis a szigorúan monofiletikus csoportok mellett a parafiletikus csoportokat is figyelembe veszi. A parafiletikus taxon olyan csoport, mely a legközelebbi rokonságban lévőket, de egy adott törzsfaj (törzscsoport) nem valamennyi leszármazottját foglalja magába (15.4. ábra). A polifiletikus csoportokat az evolúciós rendszertan is kizárja.

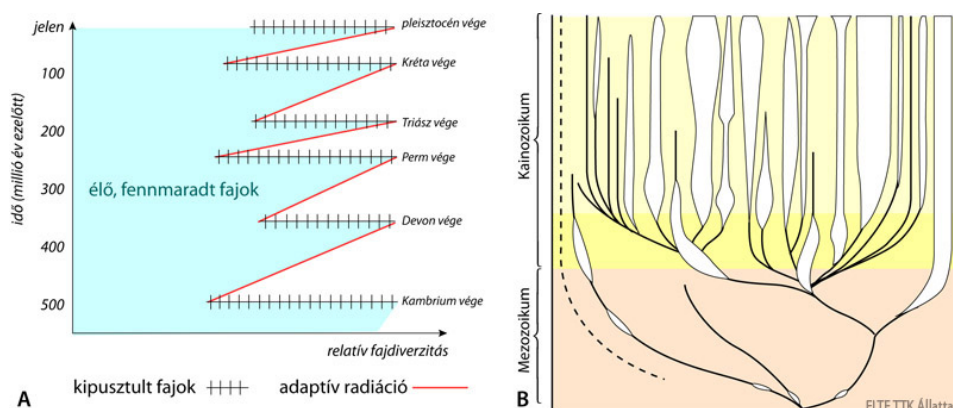
A kladisztikus rendszertantól többnyire a kladisztikus bélyegelemzést, de nem a testvércsoportok szigorúan azonos kategóriáján alapuló osztályozási módot veszi át.

Egy filogram nagymértékben megfelelhet egy kladogramnak, ha az elágazásokat meghagyják, az ordináta változatlan marad, és az abszcisszán az evolúciós változás eltérő mértékét (adaptív zónák adatai), s ezáltal a recens taxonok egymástól való távolságának széthúzódsát ábrázoljuk. A szemléltetés e formája átvezet a kladisztikustól az evolúciós ábrázoláshoz.



15.6. ábra. Kladogram és filogram összehasonlítása (Symphalangus és Hylobates: gibbon, Pongo: orángután, Gorilla: gorilla, Pan: csimpánz, Homo: ember)

Az evolúció során azonban fajok nemcsak keletkeznek, hanem el is tűnnek. A kihalásoknak két típusát különböztetjük meg. A háttérkihalások során a fajok a biológiai „órájuktól” függően, kis számban folyamatosan tűnnek el. Ez az ökoszisztémákban nem okoz gyors és jelentős változásokat. A másik típus a tömeges kihalás, amikor egész rendszertani kategóriák (közel) egyidejű eltűnése következik be (ilyen volt például a dinoszauruszok eltűnése, 15.7. ábra).



15.7. ábra. Az A) ábra a tömeges kihalási időszakokat és az azt követő adaptív radiációt, a B) a kréta végi tömeges kihalást követő emlős adaptív radiációt mutatja be

15.5. A könyvben használt rendszer

Könyvünkben olyan rendszert használunk, amely a **fenetikus rendszertanon** alapszik, alapját tehát az állatok morfológiai jellemzői képezik. Nem hagyhatjuk figyelmen kívül azonban, hogy egyre több (sejtmagi és mitokondriális genomra vonatkozó) genetikai ismeret áll a rendelkezésünkre ahhoz, hogy az állatcsoportok közötti rokonsági, leszármazási viszonyokat vizsgáljuk. Ezen kutatások ún. forró pontok, manapság hozzák eredményeiket, amelyek a régi álláspontok felülvizsgálatára, átértékelésére ösztönöznek, szétfeszítve a morfológiai alapokon nyugvó rendszerek gondolatmenetét és kategóriáit. A következőkben általunk követett rendszerben törekszünk arra, hogy a feltárt törzsfajlódástani, filogenetikus összefüggéseket jelezzük: így ma már nem beszélünk a halak és a hüllők osztályáról, a magzatburok nélküli (Anamnia) kategória sem taxon értékű, viszont a rendszerezésben kiemelt jelentőséget kapott az evolúciós szinten konzerválódott génhálózatok által szabályozott embrionális fejlődés korai szakaszának folyamata (l. Spiralia klád, barázdálódási típusok), valamint a vedlés képessége (Ecdysozoa, vedlő állatok).

Kimondottan nem célunk egy éppen aktuálisnak elfogadott, tudományos viták keresztüztüében álló rendszer ismertetése. Az általunk összeállított rendszerrel az a szándékunk, hogy felhívjuk a figyelmet olyan jelenségekre, összefüggésekre, amelyek támpontot adnak a későbbi anatómiai ismeretek elsajátításához (egy csoport részletesebb bemutatása egy példafajon keresztül, l. tipológia), illetve a későbbi rendszertani kurzusok anyagához. A következő fejezetekben követett rendszert a nagyobb kategóriákig lebontva a 15.8. ábra ismerteti.

ÁLSZÖVETES ÁLLATOK (PARAZOA)

alország

Szivacsok (Porifera)

VALÓDI SZÖVETES ÁLLATOK (EUMETAZOA)

alország

SUGARAS SZIMMETRIÁJÚAK (RADIATA, „COELENTERATA”)

tagozat

Csalánozók (Cnidaria)
Bordásmedúzák (Ctenophora)

KÉTOLDALIAN RÉSZARÁNYOSAK (BILATERIA)

tagozat

**ÚJSZÁJÚAK
(DEUTEROSTOMIA)**

ÖSSZÁJÚAK (PROTOSTOMIA)

SPIRÁLISAN BARÁZDÁLÓDÓK (SPIRALIA)

LAPOSFÉREGSZERŰEK (PLATYZOA)

Laposférgek (Platyhelminthes)
Gnathosomulida
Kerekesférgek (Rotifera)
Acantocephala
Cicliophora
Micrognathozoa
Gastrotricha

**TAPOGATÓS–CSILLÓKOSZORÚS ÁLLATOK
(LOPHOTROCHOZOA)**

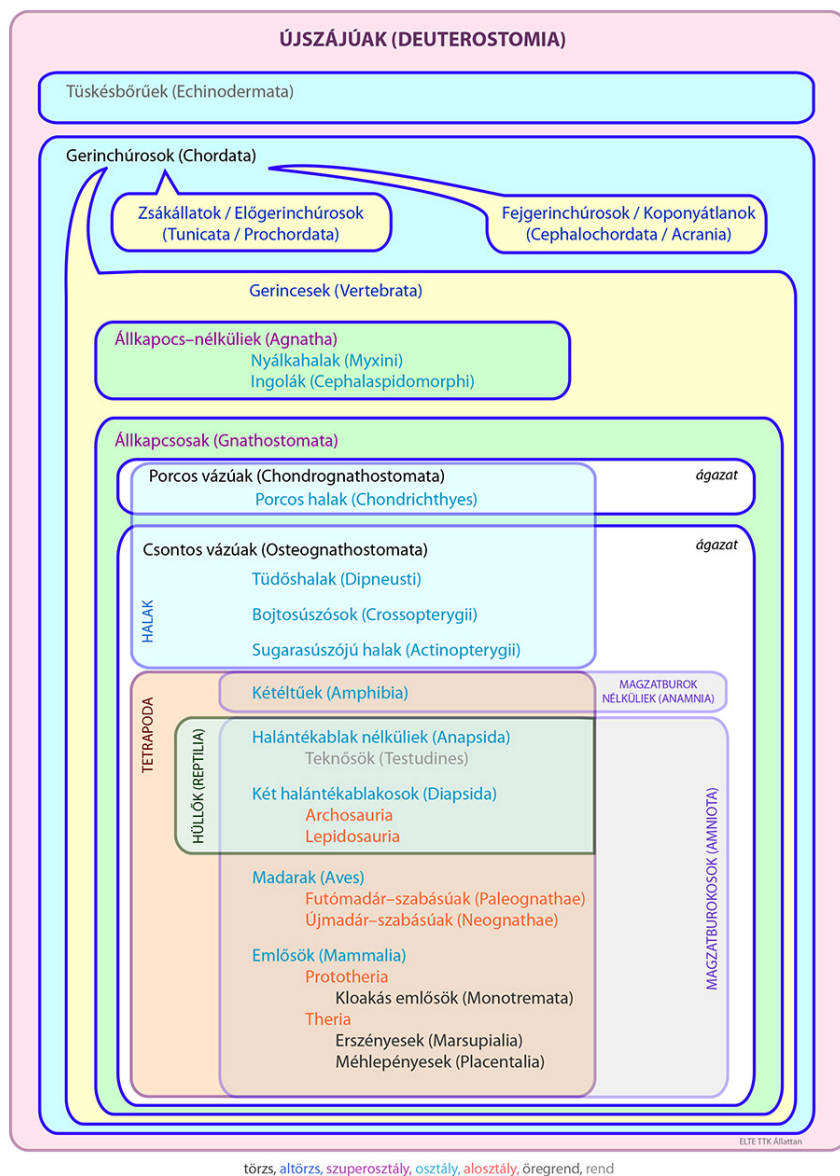
Puhatestűek (Mollusca)
Gyűrűsférgek (Annelida)
Zsinórférgek (Nemertea)
Csöves tapogatóók (Phoronida)
Nyelesférgek (Entopneustata)
Mohaállatok (Bryozoa / Ectopneustata)
Pörgekarúak (Brachiopoda)

VEDLŐ ÁLLATOK (ECDYISOZOA)

Övesféregcskék (Kinorhyncha)
Farkosférgek (Priapulida)
Loricifera
Fonálférgek (Nematoda)
Húrférgek (Nematomorpha)
Medveállatkák (Tardigrada)
Karmos féreglábúak (Onychophora)
Ízeltlábúak (Arthropoda)
Soklábúak (Myriapoda)
Csápárgósok (Chelicerata)
Rákok (Crustacea)
Hatlábúak (Hexapoda)
Nem valódi rovarok (Parainsecta)
Rovarok (Insecta)
Elsődlegesen szárnyatlanok (Apterygota)
Elsődlegesen szárnyasok (Pterygota)

ELTE TTK Állattan

törzs, altörzs, osztály, tagozat



15.8. ábra. Könyvünkben az összajú (felül) és az újszajú (alul) állatokra alkalmazott rendszertani beosztás a főbb kategóriákig lebontva. A szürke színű csoportnevekkel a könyvben nem foglalkozunk

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Határozza meg a taxonómiai vagy morfológiai és a biológiai faj fogalmát! Melyik milyen alapokon nyugszik, s használatának mi a nehézsége?
2. Sorolja fel a rendszertan fontosabb kategóriáit, jelezze egymáshoz viszonyított helyzetüket!
3. Ismertesse a filogenetikus rendszertan módszereit!
4. Mutassa be a kladsztikus rendszertan alapelveit, s mondjon példákat az alkalmazásukra!
5. Foglalja össze röviden evolúciós rendszertanról szerzett ismereteit! Hasonlítsa össze a kladogramot a filogrammal!

16. fejezet - Filogenetikai bevezető - (T.J.)

16.1. Hogyan igazodjunk el az élővilágban? – A rendszerezés alapját jelentő elméletek kialakulása

Az állatvilág – és általánosabban az élővilág – nagyobb csoportjait az ember az ókortól kezdve osztályozza valamilyen rendezőelv szerint, egyszerűen azért, hogy eligazodjon az élőlények sokaságában. Az első rendszerek mesterséges rendszerek voltak: tetszés szerinti hasonlóságon alapultak. Az újkori hierarchikus rendszerek egyik rendezőelve az élőlények tökéletesedése volt. Ennek értelmében született a grádicselmélet, amely lineáris sorba rendezte az élőlényeket a legegyszerűbbtől a legtokéletesebbig, Charles Bonnet (1720–1793) „létrája” legalsó fokán a növények, legfelül az ember állt. Carl Linné (1707–1778, 15.1.A ábra) Systema Naturae című műve hasonlóképpen mesterséges rendszert követett, szerinte azonban a mesterséges rendszerek alkalmazása csak szükségszerűség, amely addig használatos, amíg meg nem lelik az ún. természetes rendszert.

Ma már, Darwin munkássága óta, ez a rendezőelv a közös származás. Ezzel az élőlények rokonsági viszonyai, nem pedig a kutatók szubjektív, kiragadott szempontjai szerint történik az osztályozás. A törzsfajlódás felismeréséhez Linné korában még hiányoztak az alapismeretek: az összehasonlító anatómia még nem létezett, ahogy a sejtelmélet sem, amely a szerveződési szintek és egyéb alapvető vonások alapján egy állatot más élőlényektől megkülönböztetett. Jól példázza ezt, hogy Linné élete során a Systema Naturae egymást követő kiadásai között jelentékeny eltérések voltak: például a ceteket az első, 1735-ös kiadásban még a halak között, míg az 1758-as, legtöbbet idézett, 10. kiadásban már az emlősök között találjuk. A 12. kiadásban a fajok számának növelése mellett az addig hiányzó szivacsokat is feltüntette az állatok között (a Zoophytes csoportban). Továbbra is maradtak benne olyan, mai ismereteink birtokában visszatekintve derűt keltő részletek, mint a puhatestűek között a Nautilus mellé beékelte a likacsoshéjúak, amelyek egysejtűek, nem pedig állatok.

Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829, 15.1.E ábra) természettudós a fejlődés fogalmát sajátos értelmezéssel vezette be az állattanba: transzformizmusa a megváltozott környezet hatására alacsonyabb rendű élőlényekből magasabb rendűek létrejöttét jelentette. Az evolúció szót ő használta elsőként a biológiában. Neki köszönhető a gerinctelenek kifejezés is.

Georges Cuvier (1769–1832, 15.1.D ábra) anatómus, őslénykutató volt az összehasonlító anatómia megalapítója, aki a kőületek alapos ismeretén túl magyarázatot is adott a földtörténeti rétegekben egymást követően található, eltérő állatközösségek létrejöttére: katasztrófa elméletében a természeti katasztrófák az állatvilág egy részének kipusztulásához vezetnek, a megmaradókból fejlődik tovább az élővilág.

Charles Darwin (1809–1882) életműve szorosan a fenti és más, fel nem sorolt kutatók munkásságára épülve jöhetett létre. Az evolúcióval kapcsolatban rámutatott arra, hogy annak nincs iránya. A tökéletesedés vagy a komplexitás növekedése – amely még ma is visszaköszön egyes tankönyvek lapjain – antropomorf szemléletet tükröz¹. Az evolúció alapanyagát az élőlények változékonysága, mechanizmusát a természetes szelekció és az alkalmazkodás (adaptáció) jelentik. Ezzel az akkori közelmúlt grádicselmélete és a transzformizmus idejélműlttá váltak.

A biológia tudományterületei lassan kibontakoztak az utóbbi 250 év során, bár a folyamat napjainkban is zajlik (pl. evolúciós fejlődésbiológia mint önálló tudományterület elkülönülése). A törzsfajlódási viszonyok mai rekonstrukciója számos tudományterület eredményeinek megfelelő értelmezésével jöhetett létre, és nem nélkülözhetette az újabb és újabb vizsgálati módszerek felhasználását (IV. táblázat).

IV. táblázat. A) Az állatvilág törzsfajlódásának megismerését elősegítő tudományterületek és elméletek, valamint B) technikák

¹Bizonyos szempontok miatt a mi könyvünk is alkalmazza ezt a szemléletet, ám a későbbi rendszertani kurzus megközelítési módja túllép ezen.

A táblázat két oszlopot tartalmaz, a bal oldali oszlop a tudományterületek, a jobb oldali pedig a technikák felsorolását tartalmazza.

A	B
Evolúció elmélet kialakulása	Összehasonlító anatómia
Paleontológia	Mikroszkópia
Sejtmélelet	Kladisztika
Geológia: a Föld életkora, keletkezése	Ontogenetika
Kontinensvándorlás	Sejt- és szövettani technikák
Lemeztektonika	Elektronmikroszkópia
Biogeográfia	Molekuláris filogenetika
Szimbiogenezis	Numerikus módszerek
	<i>In silico</i> módszerek

A molekuláris filogenetika körébe tartozik a DNS-DNS hibridizációs módszer. A technika azon alapszik, hogy melegítés hatására a kiegészítő bázispárok közötti hidrogénhidak felszakadnak, a DNS két külön szállá esik szét, lehűléskor a bázispárok felismerik egymást, és újra összetapadnak. Ha különböző fajok DNS-eit keverik össze, a lehűléskor csak a két faj közös őstől örökölt szakaszok között jön létre a kötés. A kialakuló új kettős hélixek olvadáspontja arányos a két szál közti hidrogénhidak számával, ami viszont a rokonsági foktól függ. Mivel a DNS változása hosszú időtávon egyenletes, így az elválás időpontjára is lehet következtetni. A kalibrálást olyan eseményekkel lehet elvégezni, mint pl. a Gondwana szétválása. Az Atlanti-óceán kialakulása jelentette az afrikai struccok és a Dél-Amerikában élő nanduk szétválását (l. futómadarak). A fajpárok vizsgálatával megállapítható, hogy 1 Celsius-fok olvadáspont különbség kb. 4,5 millió évet jelent. A hibridizációs módszer lehetőséget ad tehát a leszármazási sorok rekonstrukciójára. A különböző fajok DNS-e közötti különbségek mérésével meg lehet állapítani az elágazási sorrendeket, így a rendszertani besorolás korrektebb lehet, mint az életmódbeli hasonlóságokra visszavezethető külső tulajdonságok szerinti.

Szintén molekuláris genetikai módszer adott DNS-szakaszok szekvenciáinak összehasonlítása: minél nagyobb a hasonlóság, annál közelebbi a rokonság. A technika egyszerűsége ellenére alkalmazása eltérő következtetésekhez vezethet, hiszen a kísérletsorozat eredménye alapvetően attól függ, hogy egy adott kutatócsoport milyen DNS-szakaszt választ ki a munkájához (l. 37.8. ábra). Választható például genomiális (autoszomális vagy szexkromoszómán lévő) és mitokondriális DNS-szekvencia is.

Az esetleges ellentmondások ellenére a molekuláris genetikai módszerekkel kimutatott rokonsági viszonyokat – a kezdeti elutasításhoz képest – egyre többen elfogadják. Olyan állatcsoportoknál azonban, ahol még nincs elegendő megbízható genetikai adat, a rendszerezés továbbra is a konzervatívabb, fenológiai bélyegeken alapul.

16.2. Az élőlények rendszerezésének alapja

Ma az élőlények rendszerezésének alapja a **törzsfajlódás**, amely az élőlények leszármazási rokonságán alapuló rendező elv. Ennek következetes alkalmazása során számos régi, hibás osztályozásra derült fény. A fajleírásnak mind több élőlénycsoportban ajánlott feltétele egy megfelelő génszakasz bázis sorrendjének meghatározása, ami lehetővé teszi a fajok genetikai alapú azonosítását. Sok élőlénynek csak alaktani bélyegek alapján történt leírása rejtett fajokat takarhat. Állatcsoporttól függően a módszerek alkalmazásában hangsúlyeltolódások tapasztalhatók, de ma is döntő fontosságú a morfológiai bélyegek ismerete, amelyeket a molekuláris eredményekkel összevetve lehet eredményesen alkalmazni. A rendszertan ma sem lezárt fejezete a biológia tudományának!

A biodiverzitás szintjeinek felismerése, az élőlények sokféleségének vizsgálata továbbra is rengeteg feladatot ad a terület kutatóinak. Mára lassan körvonalazódnak a nagyobb filogenetikai leszármazási útvonalak (kládok), amelyeket a taxonómiai kategóriákkal kell(ene) megfeleltetni. A kladisztika módszertanával szükséges a szinapomorfiák alapján kijelölt monofiletikus csoportok azonosítása, megfelelő hierarchiába rendezése és taxonként való meghatározása. Ez még csak kevés csoportnál történt meg. Még azt sem tudjuk, hány élőlény – faj – él a Földön. A legtöbb kutató, aki nagyobb állatcsoportokkal foglalkozik, jelentős fajszámnövekedést jósol az általa tanulmányozott rendszertani kategóriákban. A korábban nem vagy kevésbé feltárt élőhelyeken történő gyűjtések

mellett a múzeumi gyűjteményekben való bűvárkodás is növelheti a fajszámot, csakúgy, mint a megfelelő génszakasz nukleotidsorrendjének megismerése. Nem tetszőleges döntés nyomán, hanem a fenti módszerek és elvek alkalmazásával a meglévő anyagokból is születhetnek új fajok. A leltár valószínűleg soha nem lesz teljes. Ráadásul, a fajok ember által történő kipusztítása is csökkenti ennek esélyét.

16.3. Egy izgalmas időutazás – mikor és hogyan alakult ki az élővilág?

A következőkben törzsfajlódásnak a mai állatvilág kialakulásához vezető főbb mérföldköveit tekintjük át röviden². A mintegy 4600 millió éve kialakult Földön kb. 3800 millió éve, az **archaikum** nevű korszakban (eonban) jelentek meg az első ún. protosejtek. Az első prokarióta mikrofossziliák, azaz mikroszkopikus baktériumok kövületei 3500 millió évesek. A cianobaktériumok bizonyosan 2700 millió éve léteznek, ezek voltak az első fotoszintetizáló élőlények.

Az élet legősibb nyomai között számoltartott sztramatolitok sekélytengeri üledék és mikroorganizmusok rétegesen összecementálódott tömbjei. Élő összetevői közül a cianobaktériumokat szokták kiemelni, bár a legelső ilyen képződmények jóval korábbról ismertek, mint az első cianobaktériumok (3400 millió éve). Mára csak mutatóban maradtak aktív sztramatolitok, pl. Ausztrália nyugati partvidékén. Az archaikumból származókat viszont ma is az élet egyik első képviselőiként ismerik.

Mintegy 2200 millió éve már oxidatív légkör volt bolygónkon. Az első eukarióta élőlények nagyjából 1900 millió éve jöhettek létre. Az eukarióták kialakulásának nem ismerjük minden lépését, de a mitokondrium, majd a zöld színtest (kloroplasztisz) létrejöttének folyamatát a szimbiogenezis elmélete jól magyarázza. A szimbiogenezis szerint két élőlény szimbiózisa, együttélése új minőséget eredményez, ebből jön létre egy új, önálló élőlény.

Az ún. elsődleges endoszimbiózis során egy ősi Archaeobacterium egy Alpha-proteobacterium bekebelezésével alakította ki az első eukariótát, egy eukarióta egysejtűt. (Az eukarióta sejt létfontosságú alkotóinak – mint a sejtmag és az endomembránrendszerek – kialakulásával itt nem foglalkozunk.) A korai eukarióta egy cianobaktérium felvételével szert tett a fotoszintézisre való képességre: kialakult az első zöldmoszat.

Az archaikumot követő **proterozoikum** eon (2500–542 millió éve) során az első élőlények között óriási szelekció mehetett végbe. Újabb minőségi változást a többsejtűség hozott, amelynek első lépéseként moszatfonalak keletkeztek (1200 millió éve). 542 millió éve a máig is tartó **fanerozoikum** eonban, a **paleozoikum** (óidő) kezdetén gyökeres változást eredményezett az állattörzsek, köztük a legtöbb ma is létező törzs gyors, szinte robbanásszerű megjelenése – ezt nevezik **kambriumi evolúciós robbanásnak**.

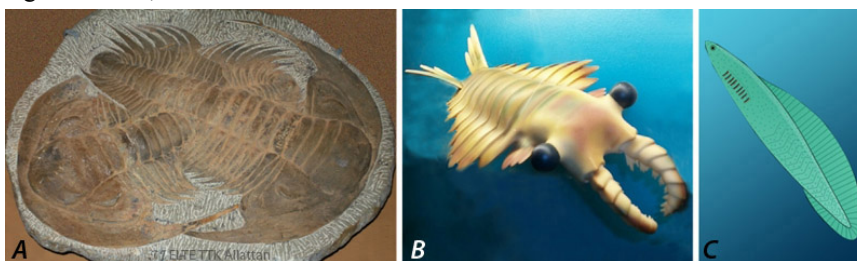
A kövületek és más éleltnyomok arról tanúskodnak, hogy a többsejtűek már a megelőző, nagyjából 100 millió év során is jelen voltak. A proterozoikum vége felé, az ún. vendi időszakban keletkezett az ausztráliai Ediacara-hegységben egy sor kövület és lenyomat, amelyek részben a csalánozókra hasonlító, részben mai élőlényekkel nem megfeleltethető csoportokat őriztek meg a távoli múltból. A híres ún. ediacara-fauna mellett ma már az északi félteke kőzeteiben is többfelé bukkantak a vendi időszakból származó maradványokra. A talányos, páfrányszerű külsőt mutató Pteridium maradványait például Ausztrália mellett Oroszország, Namíbia és az Amerikai Egyesült Államok területén is megtalálták. Tehát az azonos korú, semmilyen ma létező formához nem hasonló vendi időszaki maradványok olyan általánosan elterjedt élőlényekre utalnak, amelyek a proterozoikum végén uralták a sekély tengereket, majd a mai állattörzsek megjelenését követően alulmaradtak a velük való versenyben. Az arasznyi Xenusion auerswaldae a proterozoikum végéről ismeretes. A mai Svédország területéről származó kőzetekben maradt fenn, majd a jégkorszak során sodródott délre, németországi lelőhelyére. Valószínűleg az egyik első végtaggal rendelkező, talán már szelvényezett élőlény volt.

²Az évszámok hozzávetőlegesek, a különböző szakirodalmi forrásokban más-más számadatok olvashatók.



16.1. ábra. Az ediacara-időszak élővilágának néhány jellegzetes képviselője: A) *Pteridinium*, B) *Kimberella*, C) *Dickinsonia*

A **kambrium** időszak (542–488 millió év) evolúciós robbanása során számos új törzs jelent meg, a legtöbb gerinctelen állatcsoport mellett létezett már ősi gerinchúros (Chordata) is. A sekély tengerek csúcsragadozója lehetett az *Anomalocharis*, amelynek 1,2 méter hosszú testét külső váz borította, ízelt lába viszont nem volt. A trilobiták (háromkarójú „ősrákok”) az óidő legismertebb gerinctelen kövületei, az első ismert ízeltlábúak. Több mint 15 ezer fajuk már szinte kezdettől nagy alaki és életmódbeli változatosságot mutatott. A *Haikouichthys* az egyik első ismert gerinchúros, mindössze 1–2 cm méretű volt.



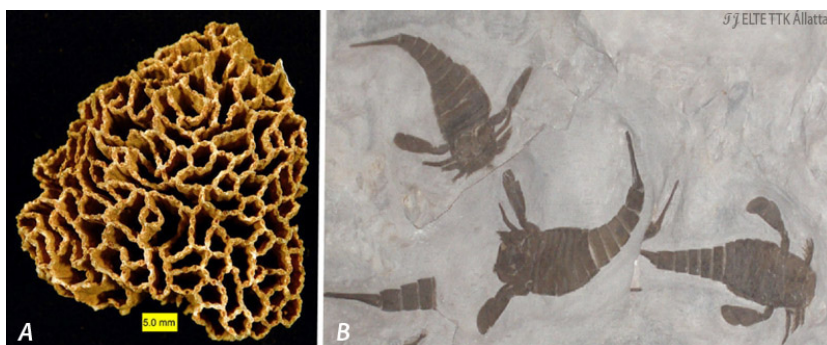
16.2. ábra. A kambrium néhány jellegzetes állata: A) trilobiták (háromkarójú „ősrákok”), B) *Anomalocaris*, ismeretlen hovatartozású ragadozó, C) *Haikouichthys* korai gerinchúros

Az **ordovicium** időszak (488–444 millió év) tengereinek fenekén nyeles tengerililiomok ringatóztak, amelyeket ma csak a sötét mélytengerekben lehet megtalálni (13.3.A ábra). Ekkorra tehető a puhatestűek törzsébe tartozó lábasfejűek megjelenése, amelyek némelyike nem hasonlított a ma élő rokonaira (pl. *Orthoceras*-fajok egyesek héjukkal, 16.3.B ábra). A kagylókra némiképp emlékeztető szűrőgető csoport, a tapogatókoszorúsok közé tartozó pörgekarúak is ekkortól léteznek. A szárazföldön megjelentek az első növények, a mohák.



16.3. ábra. Az ordovicium néhány jellegzetes állata: A) nyeles tengerililiom, B) *Orthoceras*

A **szilur** időszak (444–416 millió éve) során kiterjedt sekély, meleg tengerek uralták a Földet. A tengeri skorpiók (Eurypterida), a csápágósok egyik kihalt ősi csoportja, bolygónk legnagyobb testű ízeltlábúit adta (16.4.B ábra). A zátonyépítő kórkorallok ekkor képezték az első korallszirteket. Akkoriban azonban más korallcsoportok uralkodtak, mint ma! Az óidő végén a legjellemzőbbek (pl. a korallok *Tabulata* rendjének minden faja, l. 16.4.A ábra) kihaltak. A zátony, mint újfajta élőhely, elősegítette a rajta megtelepedő élővilág evolúcióját, így halakét is. Míg kezdetben az állkapocs nélküliek (a nyálkahalak és az ingolák ősei) domináltak, az időszak végén már a csontos halak is megjelentek.

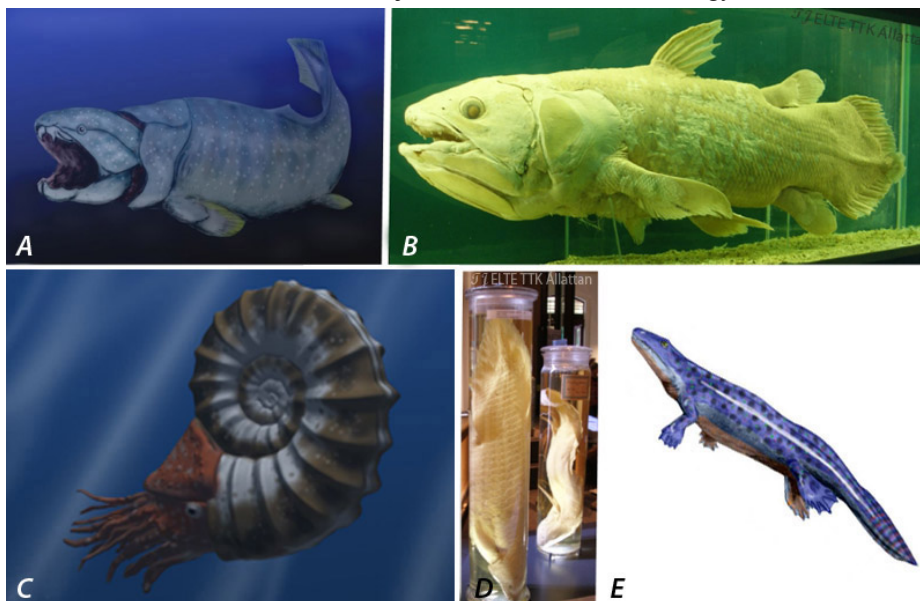


16.4. ábra. A szilur jellemző állatai: A) Tabulata rendbe tartozó korall, B) tengeri skorpiók (Euryptera) kőületei

A **devon** időszakot (416–360 millió éve) gyakran úgy említik: a halak kora. A korai állkapocs nélküliek hamar letűntek, és porcos vázú (de még szintén állkapocs nélküli) cserepesbőrűek (Ostracodermi) hajtották rövid időre uralmuk alá a vizeket. Helyüket hamar átvették a Placodermi csoport halai, amelyeknek volt állkapcsuk, kopolyúfedőjük és páros úszókkal is rendelkeztek. Az Ostracodermire emlékeztető páncél csak a fejet és a törzs elülső részét borította. Ide tartozott a 10 méter testhosszt elérő ragadozó *Dunkleosteus*. Ránőtt fogak helyett szájában csontos lemezek voltak. A porcoshalak (cápák, ráják és tömörfejűek) kialakulása a devon közepén, valószínűleg ősi Placodermikből történt. Csontos váz hiányában nem foszilizálódtak, csupán a fogaikat ismerjük!

A csontoshalak szintén a devon közepétől jelentek meg, elsőként a Sarcopterygii klád, amelyből a mai bojtosúszósok (Crossopterygii), a tüdőshalak (Dipneustii) és a szárazföldi állatok (Tetrapoda) alakultak ki. A Sarcopterygii osztály Coelacanthimorpha csoportja a korábbi feltételezések szerint a középidő (mezozoikum) végén kihalt. 1934-ben azonban élő bojtosúszós maradványhalra (*Latimeria chalumnae*) bukkantak a kutatók: az óidő e sekélytengeri halai a mélyebb vizekbe húzódtak, és élő kőületeként máig megőrizték a csoport jellemző bélyegeit (16.5.B ábra). A másik, ún. Rhipidistia ág átalakult, nincsenek későbbi kőületei, mert belőlük lettek a tüdőshalak és az első négy lábúak (Tetrapoda)³, az ősi kétéltűek. A csontoshalak második osztálya, a tüdőshalak kialakulása a váltakozva elöntött, majd kiszáradó mocsaras területeken történt. Működő tüdejük mellett kopolyújuk is funkcionált. A tengerekben a devon időszakban minden addiginál hatalmasabb korallzátonyok jöttek létre, és ekkor jelentek meg az első ammoniteszek (a puhatestűek egyik uralkodó csoportja a középidő során).

Az állatvilág is kilépett a szárazföldre: az első rovarok és pókszabásúak, valamint a már említett legelső négy lábúak megjelenése is a devonban történt. A legelső kétéltűek a Labyrinthodontia csoport fajai voltak (pl. *Ichthyostega*). Valamennyien kihaltak, de belőlük vezethetők majd le a hüllők, és közvetve vagy közvetlenül a mai kétéltűek.



³Vigyázat! A megfogalmazás nem azt jelenti, hogy a tüdőshalakból lettek az ősi kétéltűek!

16.5. ábra. A devon állatvilágának jellegzetes tagjai: A) *Dunkleosteus*, ragadozó páncélos őshal, B) bojtosúsós maradványhal, az egykori bojtosúsós halak ma élő kései leszármazottja, C) az ammoniteszek első képviselői a devonban jelentek meg, D) mai tündőshalak – őseik a devonban alakultak ki, E) *Ichthyostega* rekonstrukciója

A **karbon** időszak (360–299 millió éve) kiterjedt sekély, meleg tengereiben intenzív biogén mészkőképződés zajlott, főként a pörgekarúak és mohaállatok vázaiból. A trilobiták mindinkább visszaszorultak, a porcoshalak és csontoshalak viszont mind nagyobb teret nyertek. A kontinensek tengerparti részei szárazra kerültek, meleg, csapadékos területek alakultak ki, és az időszak végére összeállt a Pangea szuperkontinens. A dús növényzetet fátermetű harasztok uralták, a légköri oxigén koncentrációja megnőtt. Óriási méretű rovarok szálltak a levegőben, minden idők legnagyobb rovára, a 70 cm-es szárnyfesztávú szitakötöszerű *Meganeura* is a karbonban élt (16.6. ábra). Ekkor már számottevő volt a tetrapodák jelenléte. Törzsfajlásuk még ma sem tisztázott, számos elképzelés létezik párhuzamosan. A ma élő lábatlan, farkos és farkatlan kétéltűek a karbon vége–perm eleje táján alakulhattak ki. Az őshüllők már a karbon vége felé létrejöttek egy ősi kétéltűcsoportból.

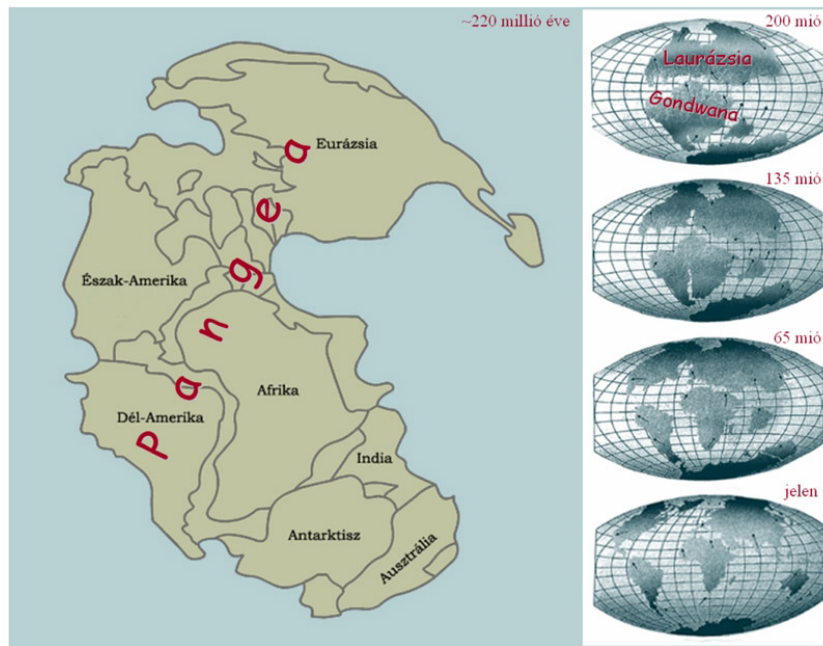
A legősibbeknél a kétéltű–hüllő hovatarozás is kérdéses. A legősibb hüllők a Labyrinthodontia kétéltűklád Anthracosauria csoportjából alakultak ki (nevezik őket reptiliomorpháknak, hüllőszerű négy lábúaknak is). Az Anthracosauria fajai még a kétéltűekre jellemző tulajdonságokat mutattak, de csonttani bélyegeik között már több hüllőtulajdonság is fellelhető (csigolyák felépítése, ujjercek száma). A Seymouria szárazföldön élő, hüllőszerű kétéltű volt, de nem belőle vezethetők le a későbbi hüllők.

A **perm** időszak (290–251 millió éve) során a kétéltűeknek a szárazföldi élethez jobban alkalmazkodó csoportjai kihaltak, annak az egynek a kivételével, amelyek továbbfejlődve az első valódi hüllőket eredményezték. Az első magzatburkosnak tartott kővület, a *Casineria* 340 millió éves (karbon és a perm határáról való). Korabeli környezete száraz, sziklás volt, fejlődése már elszakadt a víztől. A gerincesek tehát kiléptek a szárazföldre! Az állatok szervrendszerei, a légzés, a kiválasztás, a keringés, a szaporodás, az érzékszervek mind meg kellett hogy feleljenek a szárazföldi életmód támasztotta követelményeknek.



16.6. ábra. Karbon idôszaki erdô óriási, szitakötöszerű rovarral (*Meganeura*)

A perm idején, amint a Pangea szuperkontinens (16.7. ábra) északabbra tolódott, szárazodás, majd lehűléskövetkezett, a karbon időszakban keletkezett esőerdők eltűntek és egy jégkorszak köszöntött be, amely a valaha történt legnagyobb mérvű kihaláshoz vezetett: az ismert élővilág fajainak mintegy 90 százaléka kihalt. A szárazodás következtében a növényzetben a nyitvatermők jelentettek újdonságot, az állatvilágban pedig a víztől elszakadó hüllők tömegessé válása volt megfigyelhető. Ekkor alakult ki a Földön az első szárazföldi megafauna (nagytestű állatok alkotta állatvilág).



16.7. ábra. A Pangea szuperkontinens és a feldarabolódását követő kontinensvándorlás főbb állomásai

A hüllőknek nagyon korán szétvált két fejlődési ága: egyik a **Synapsida** ág – egy halántéklablakkal (1. 7.7.3. fejezet) – az emlősszerű hüllőket, és így a mai emlősöket is tartalmazza (7.33. ábra). Közöttük a Therapsida őshüllők megjelenése vetítette előre a majdani emlősöket. A Therapsidák körében alakulhatott ki fokozatosan a szőrzet és a tejelválasztás. Ennek a permiben megjelenő és közepén uralkodó szárazföldi csoportnak a hüllő tulajdonságú tagjai a kréta elején eltűntek, az emlősök azonban fennmaradtak.

A hüllők másik nagy ága a két halántéklablakkal rendelkező **Diapsida** ág volt (7.33. ábra), amely még ebben az időszakban szétvált az **Archosauria** (krokodilok, dinoszauruszok) és **Lepidosauria** (felemás gyíkok, pikkelyes hüllők) fejlődési ágra. Eleinte mindkettőt viszonylag kisméretű fajok képviselték. Az időszak végére az akkor élő zátonyépítő korallak nagyobb csoportjai kihaltak.

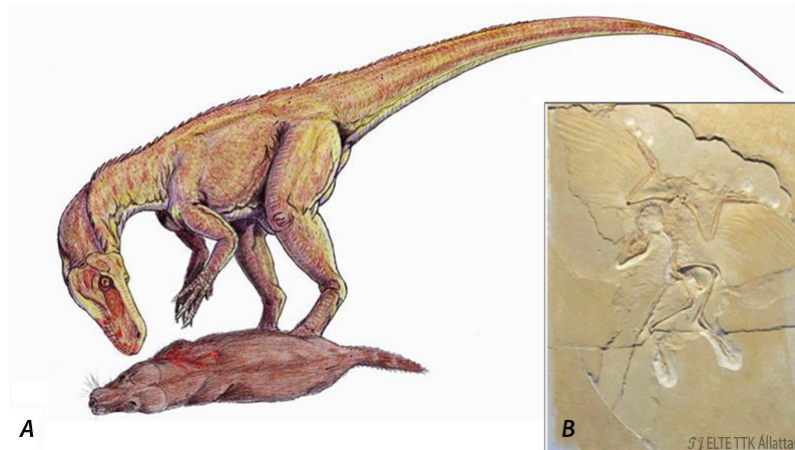
A **mezozoikum** (középidő, 251–65 millió éve) három nagy időszaka a triász, a jura és a kréta. A permiben nagy kihalást követően a szárazföldi megafauna arcuata jelentősen megváltozott. A Synapsida – és a halántéklablak nélküli Anapsida – visszaszorult, és a Diapsida Archosauria csoportja kezdett kibontakozni. A **triász** közepén megjelentek az első dinoszauruszok (pl. a *Herrerasaurus*, 16.8.A ábra), és az időszak végére már számos fajuk kimutatható (36.3. fejezet).

A triász vége felé élt az első valódi emlősnek feltételezett állat, a *Morganucodon*, bár egyes kutatók még inkább hüllőnek tartják. Talpon járó, szőrös, tojásrakó állat volt, nagyjából 10 cm körüli, éjszaka aktív rovarévrő.

A triász végén jelent meg a Theropoda dinoszauruszcsoport, amelyből a jura során kialakultak az első madarak. A **jura** és a **kréta** időszak volt a dinoszauruszok virágkora. A késő jurában, 150 millió éve jelentek meg olyan dinoszauruszok, amelyeknél a hüllők és madarak tulajdonságai keverten mutatkoztak. A szarka méretű *Archaeopteryx* szájában ránőtt fogak ültek, szárnya három ujján karom volt, gerincoszlopa hosszú, csontos farokban végződött (16.8.B ábra). Testét tollak borították, repülni vagy siklani tudott a levegőben. Azonban nem belőle fejlődtek ki, hanem egy másik fejlődési ágon jelentek meg a madarak, számos átalakulás során, melyek között a farok megrövidülése és a farok végén a farok kormánytollainak rögzítését szolgáló ún. *pygostyle* csont kialakulása alapvető lépések voltak (37.6. ábra).

A kréta (145–67 millió éve) időszakára tehető a **mai madarak közvetlen őseinek megjelenése**, két ágon: az egyik egy ősbib koponyaszerkezetet (*paleognath* típus) mutatott (tinamualakúak és futómadarak), a másikon a modern, ún. *neognath* koponyatípus jött létre (ilyen a többi ma élő madár). A kétszikű zárvatermők és a beporzásukat végző rovarrendek (lepkék, kétszárnyúak, hártýásszárnyúak) is ekkor jelentek meg. Az időszakot az ún. kréta-tercier kihalási esemény zárta le (ez a legismertebb valamennyi kihalási esemény között), amelynek egyik oka egy

kisbolygó becsapódása lehetett. A leglátványosabb következmény a dinoszauruszok kihalása volt. Emellett eltűnt az ismert fajok közel háromnegyede.

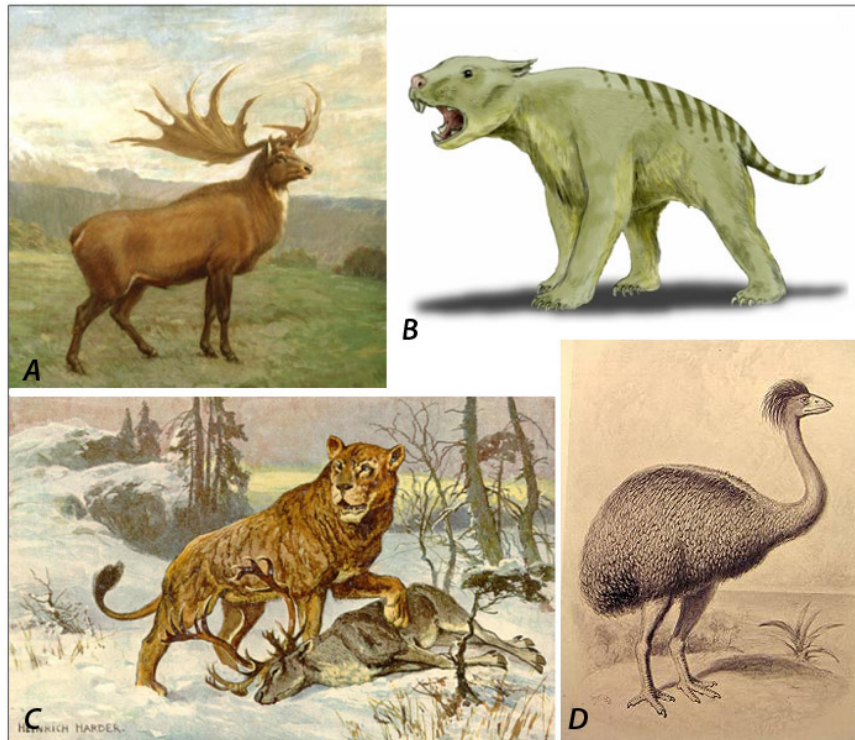


16.8. ábra. A földtörténeti középidő állatvilágának képviselői: A) *Herrerasaurus*, az egyik legősibb dinoszaurusz, B) a solnhofeni (Németország) palában fennmaradt *Archaeopteryx* a madárevolúció tanulmányozásának egyik fontos kőülete, noha a madarak nem az ő leszármazottai (eredeti példány, Berlin)

A földtörténeti **újidőt** (kainozoikum, 65 millió éve – jelen) harmad- és negyedidőszakra osztják. Míg a középidő a hullóké volt, az újidő egyértelműen az emlősök kora, bár a madarak is ekkor nyernek igazán teret.

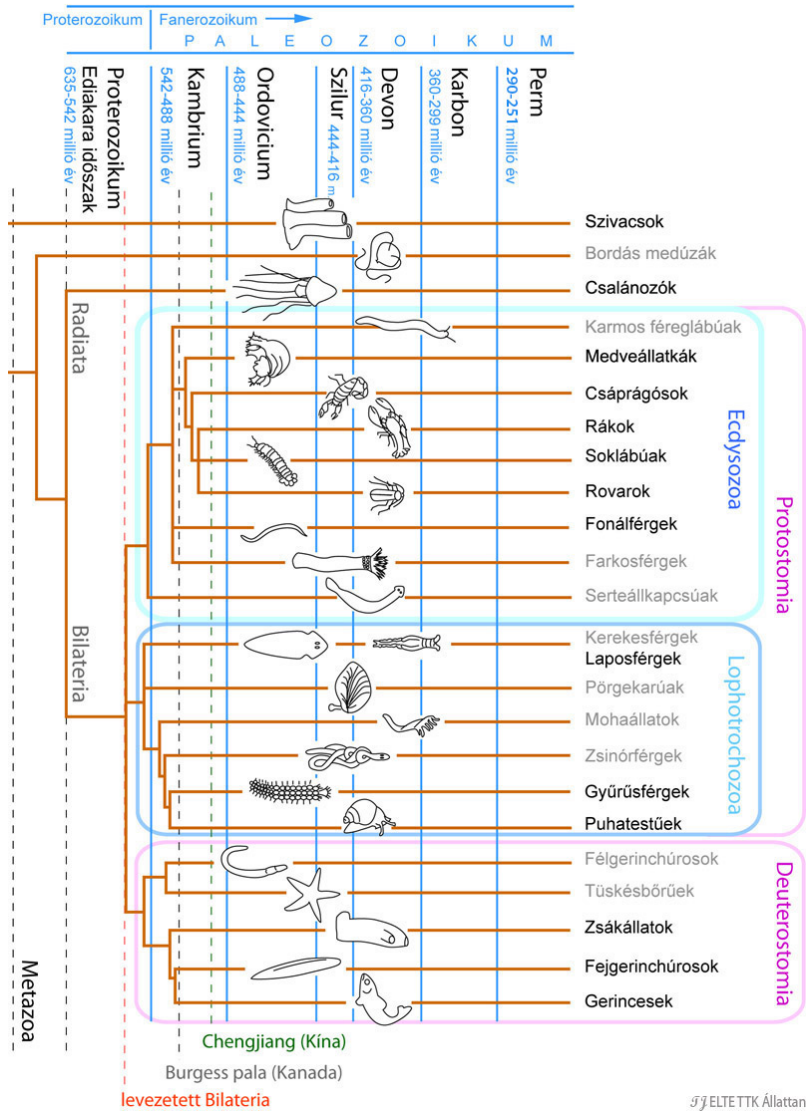
A **tercier** (harmadidőszak, melyet ma inkább paleogén és neogén időszakokra osztanak) 62,5 millió éve alatt először az emlőscsaládok növekedése volt megfigyelhető a kétszikűek leginkább levezetett csoportjainak – valamint a pázsitfűveknek – a megjelenésével párhuzamosan (paleocén). Az eocén kor volt a mai emlősrendek kialakulásának hajnala. A következő, oligocén korban még léteztek a később kihaló nagy emlősök (számos növényevő, néhány ragadozó), majd hosszú lehűlés kezdődött, amely egészen a földtörténeti közelmúlt, a negyedidőszak jégkorszakának beköszöntéig tartott. A miocén korban a szárazföldi gerincesek közül már megjelentek a kétéltűek és a madarak mai csoportjai, az emlősöknél az ormányosok virágkorukat élték, a nyúlalakúak, a rágcsálók és a párosujjú patások terjeszkedése, valamint a páratlanujjúak visszaszorulása volt megfigyelhető. Az utolsó korban, a pliocénben jelentek meg a modern emlős ragadozók.

A **negyedidőszak** az utóbbi 2,5 millió évet foglalja magába. A pleisztocénben a jégkorszak beköszöntével a jól ismert emlős megafauna uralkodott: a gyapjas mamut, az óriásszarvas, a barlangi medve, a barlangi oroszlán és a kardfogú macskafélék. Ausztráliában az ersényes emlősök között az ersényes oroszlán volt a jégkorszak egyik jellemző faja, amely mintegy tízezer éve halt ki. A madarak között a hatalmas, röpképtelen elefántmadárfélék (Madagaszkár, 16.9.D ábra) és a moák (Új-Zéland, 37.10. ábra) még éltek. A felmelegedést követően fokozatosan kihaltak, némelyek eltűnéséhez már az ember is hozzájárulhatott. Az újidő történései jóval kevésbé változatosak, mint a megelőző időké. Ha azonban összehasonlítjuk az időtartamokat, látható, hogy az egész újidő kb. 65 millió éve tart, ami csupán annyi, mint a megelőző ó- vagy középidő valamelyik időszaka.



16.9. ábra. A pleisztocén jégkorszak állatvilága: A) óriásszarvas, B) ersényes oroszlán, C) barlangi oroszlán, D) elefántmadár

A ma élő (recens) állatsoportok tehát hosszú evolúciós utat jártak be addig, amíg mai formáik létrejöttek. Ahhoz, hogy testfelépítésüket jobban megértsük, érdemes ismernünk az állatsoportok leszármazási viszonyait. A rövid földtörténeti összefoglalót követően a kladogramon megtekinthető a recens nagyobb állatsoportok leszármazása a földtörténet során. Jól látható, hogy az állattörzsek már a földtörténeti óidő elején kialakultak.



16.10. ábra. A ma élő legfontosabb állattörzsek megjelenésének és leszármazási viszonyainak bemutatása a földtörténeti időskála mentén. Valamennyi csoport már a paleozoikum elején megjelent! (Azon állatcsoportok nevei, amelyekkel nem foglalkozunk, szürke színnel szerepelnek)

17. fejezet - Az egysejtűek - (T.J.)

17.1. Jelentőségük

Egysejtűeknek (*protozoon*) nevezzük mindazokat az eukarióta élőlényeket, amelyek **nem tartoznak** az állatok, a gombák, a növények vagy a színes moszatok közé. Az ezredfordulóig Protozoa néven egységes rendszertani csoportként (hol törzsként, hol országként) tárgyalták őket, mára azonban ez a felfogás a molekuláris filogenetikai eredmények tükrében teljesen elavult, a Protozoa csupán gyűjtőnévként alkalmazható azokra az eukarióta élőlényekre, amelyek zömében heterotróf táplálkozásúak, és elsődlegesen egyetlen sejtből állnak. Az „egysejtű” fogalomnak a taxonómiai mellett egy másik lehetséges értelmezése, ha **szerveződési szintként** tekintjük: az egysejtűeknek tekintett élőlények egyetlen sejtből állnak, bár némelyek fejlődésmenetük bizonyos szakaszában vagy pedig állandóan telepet, kolóniát képeznek. A telepek legváltozatosabb megjelenési formáit a gombák, a növények és a színes moszatok országában találjuk. Az első kettőbe ugyan számos egysejtű élőlény is tartozik, de ezeket egyértelmű evolúciós leszármazási kapcsolataik miatt nem tekintjük protozoonnak. A harmadik értelmezési lehetőség keretében az **egysejtű kládokat**, azaz leszármazási utakat vizsgálhatjuk. Egy klád valamely őst és annak minden leszármazottját tartalmazó élőlénycsoport, kladisztikai szakkifejezéssel élve monofiletikus csoport. Az egysejtűeket vizsgáló tudományág a **protozoológia**.

A modern technikai lehetőségek birtokában már ismert, hogy az egysejtűek biodiverzitása nagyságrendekkel meghaladja a mostanáig leírt fajok számát. A leírt fajok száma közel 75 ezer, ebből kb. 40 ezer fosszilis.

A jelenlegi intenzív molekuláris filogenetikai vizsgálatok során ezerszámra születnek génszekvencia-adatok, amelyek későbbiekben új fajok leírását teszik szükségessé. Ezért a létező egysejtű fajok számáról most még megbízható becslést sem tehetünk. A fajszám növekedéséhez jelentősen hozzájárulnak az eddig kevésbé kutatott élőhelyekről (pl. mélytengeri alzat, állati testfolyadék, béltartalom, növényi nedvek, stb.) nyert mintákból kapott eredmények.

Az ember számára az egysejtűek fontos egészségügyi jelentőséggel bírnak (17.1.B ábra). A vírusos és bakteriális **kórokozók** következtében történő elhalálozások számát tekintve a *protozoonok* felelősek évente a legtöbb emberi halálesetért. A WHO¹ adatai szerint 2008-ban mintegy 450 millió ember szenvedett a spórás egysejtűek közé tartozó *Plasmodium falciparum* lázallatka fertőzés okozta legsúlyosabb kimenetelű maláriában, közülük mintegy 863 ezren haltak meg e betegségben. A malária mellett a vérhasamőbba (*Entamoeba histolytica*) szedi a legtöbb áldozatot. A *Trypanosomatidák*-k okozta *leishmaniázisok*, a Chagas-kór és az álomkór olykor vezető halálozási ok bizonyos trópusi országokban.

A Metamonada ostorosokhoz tartozó Giardia intestinalis és a Trichomonas vaginalis a fejlett országokban is elterjedt paraziták. A spórás egysejtűek közül kiemelkedő jelentőségű a Toxoplasma gondii és a Cryptosporidium parvum, amelyek a fejlett országokban opportunistá patogénként² is veszélyt jelentenek.

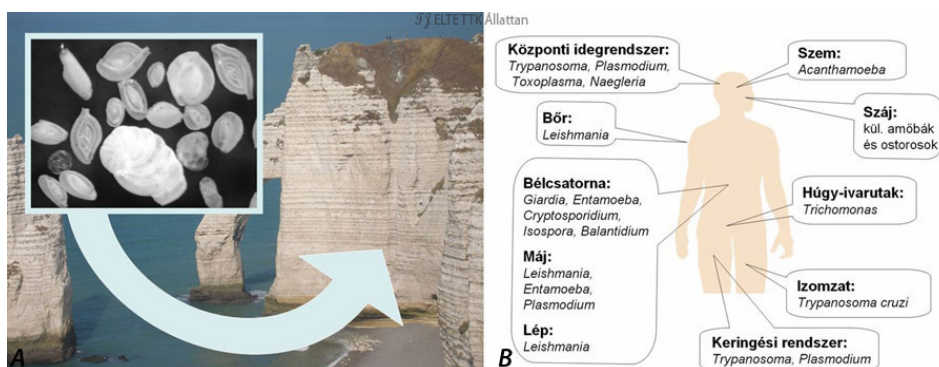
Ahogy az embernek, úgy az állatoknak is megvannak a maguk egysejtű parazitái. A legfontosabb, **haszonállatokat fertőző fajok** szintén a Trypanosomatidák (pl. *Trypanosoma brucei*), valamint a Metamonada ostorosok (pl. *Histomonas meleagridis*, *Trichomonas foetus*) és a spórás egysejtűek (Sporozoa) köréből kerülnek ki (pl. *Babesia spp.*, *Eimeria spp.*, *Neospora spp.*).

A jól fosszilizálódó egysejtűvázak az évszázmilliók során hatalmas közetrétegeket hoztak létre (17.1.A ábra). A geológiában az ilyen, ún. biogén mészkőképződés főként a foraminiferavázakkal hozható összefüggésbe, amelyeket a rétegek korának meghatározására használnak fel (biosztratigráfia).

A klimatológia a nyíltvízben lebegő foraminiferák fosszilis üledékeit vizsgálja a földtörténeti közelmúlt éghajlatának rekonstruálására, amelynek ismeretében a jövőre vonatkozó predikciók is tehetők.

¹WHO – World Health Organization: az ENSZ egészségügyi világszervezete.

²Opportunistá patogén: legyengült immunrendszer esetén sikerrel támadja meg a szervezetet, és többnyire végzetes kimenetelű betegséget okoz.



17.1. ábra. Példák az egysejtűek jelentőségére: A) Foraminifera – kőzetalkotó mikrofossziliák, B) Humán kórokozó egysejtűek az emberben

Ökológiai szerepük: az egysejtűek aktív életük során az adott ökológiai rendszer részeként az anyag- és energiaáramlás fontos részesei. A vízi táplálékhálózatokban nagyon fontos közvetítő szerepet töltenek be a baktériumoknak a táplálékláncba juttatásával.

Az eukarióták között majdnem egyedülként számos egysejtű az anaerob élőhelyeket is benépesíti. A sejtbiológia számos új eredményt köszönhet az egysejtűek köréből származó **laboratóriumi kísérleti alanyoknak** (*Amoeba proteus*, *Paramecium* spp., *Tetrahymena* spp., stb.).

A *Tetrahymena*-nál sikerült először szinkron osztódó klóntenyészetet létrehozni, amelynek segítségével először tudták a mitózis folyamatait részleteiben vizsgálni. Elsőként a *Tetrahymena*-ból izoláltak és tisztítottak egy motorfehérjét, a dineint. A *Tetrahymena*-ban fedezték fel a katalitikus RNS-t (ribozim) és a telomeráz enzimet. A *Tetrahymena*-val végzett vizsgálatok hozzájárultak a lizoszómák és peroxizómák megismeréséhez. Mindháromért Nobel-díjat kaptak a kutatók.

17.2. Életmódjuk

Az egysejtűeknek az aktív állapothoz folyékony közegre van szükségük. Vannak köztük **szabadon élők** (édes- és sós vízben, talajban a talajszemcsék közötti kapilláris vízben, mohapárnában), lehetnek **endobionták** (más élőlény testében élők): amelyek vagy **kommenzalisták** (vízi gerincesek utóbelében szabadon élő csillósok megjelenése, pl. harangállatka (*Vorticella*), vagy **szimbionták** (*Hypermastigida* ostorosok: csótányok és termeszek közepében), vagy **paraziták** a bélcsatornában vagy belső szervekben, vagy intracellulárisan. A gazdaszervezetek köre az egysejtűektől az emlősökig terjed, növényi paraziták a klasszikus *protozoonok* között csak a *trypanosomatidáknál* ismertek.

17.3. Az egysejtűek rendszerezése

Régen a morfológiai alapú osztályozás alapján négy nagy csoportot különítettek el: az ostorosok, az amőbák, a spórák és a csillósok törzseit. Ma már elismert tény, hogy az **egysejtűek számos kládot alkotnak**, amelyek leszármazási kapcsolatainak feltárása napjainkban a törzsejlődés, vagyis filogenetika legforróbb területe. Mivel az egysejtűek nem alkotnak egyetlen közös leszármazási csoportot (kládot), alaptalan egységes rendszertani csoportként tárgyalni őket. A közelmúltig megjelent tankönyvek – didaktikai szempontokra hivatkozva – még egységesen a **Protozoa** országba sorolták az egysejtűeket. A korszerűbb rendszertani munkák áthidaló megoldásként a már felismert nagyobb kládokat ismertetik.

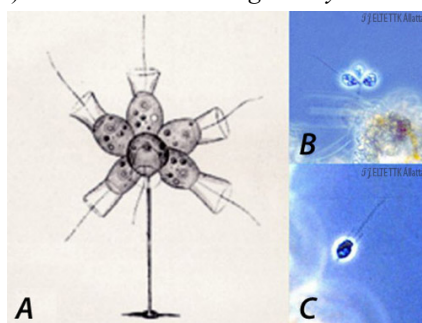
A legősibb egysejtűek mibenléte ismeretlen. A mai egysejtűek éppúgy levezetett csoportok, mint az állatok. A fosszilizálódó házzal rendelkező likacsoshéjúak (Foraminifera) és sugárállatkák (Radiolaria) már a proterozoikumban léteztek, a többi csoportról azonban csak közvetett információink vannak vagy nincsenek. Az egysejtűek, főként a belső élősködők kialakulását és felvirágzását a kambriumi evolúciós robbanás éppúgy elősegítette, mint az állatokét. A számos új élőhely – állati testüregek, szövetek – benépesítése lehetett a gyors evolúció egyik mozgatórugója. E fejezetben a legfontosabb egysejtűkládokat reprezentáló törzseket mutatjuk be, tekintet nélkül a köztük fennálló filogenetikai kapcsolatokra.

A rendszer a törzsek szintje felett a legújabb kutatási eredmények függvényében erősen változik, néhány évente jelentős módosítások történnek.

17.4. A legfontosabb egysejtű törzsek

17.4.1. Galléros ostorosok (Choanozoa) törzse

Elsősorban **evolúciós jelentőségük** miatt érdemesek említésre: a soksejtűség kialakulása feltételezhetően kolóniaképző ősi galléros ostorosokhoz tartozó ősöknel történt meg. Rokonságukat az Animalia-val morfológiai és molekuláris biológiai bizonyítékok is alátámasztják. Szűrőgető életmódot folytatnak, baktériumban gazdag vizekben élnek, a vizek öntisztulásához jelentősen hozzájárulnak. Helytűlők, de ha leválnak az alzatról, úszáskor az ostor a sejt mozgásiránnyal ellentétes végéről nyúlik hátrafelé, akárcsak az állati spermiumoknál (17.2. ábra). (Ezt nevezzük opisthokont jellegnek.) Ide tartozik a *Codosiga botrytis*.

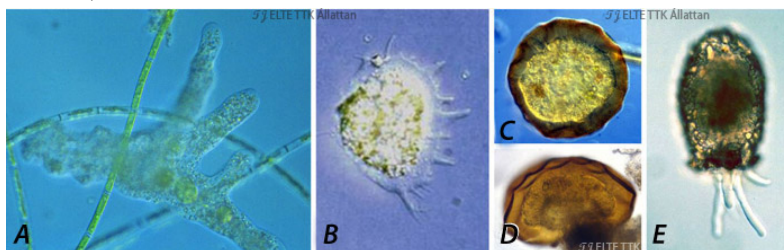


17.2. ábra. Galléros ostorosok törzse: A) édesvízi kolónia felépítése rajzon és B) fényképen, C) magányos galléros ostoros

17.4.2. Amőbák (Amoebozoa) törzse

Ciszta és trofozoita állapotuk lehet, némelyeknél alapi test és ostor is előfordul.

A kúszó (alzaton mozgó) és a lebegő alak (véletlenül a nyílt víztérbe kerülve) nem hasonlít egymásra, utóbbiak csillag, buzogányfej vagy gömb alakot öltenek, amíg újból az alzatra nem érnek. Többnyire egy sejtmagjuk van, jellemzően *lobopodium* típusú állábakkal mozognak. A **csupasz amőbák** közé tartozik a szabadon élő Próteusz amőba (*Amoeba proteus*) és a humán amőbás vérhasért felelős vérhasamőba (*Entamoeba histolytica*). A **házas amőbák** egy része szintén *Amoebozoa*: a sejt körül egyetlen nyílással rendelkező ház alakul ki. A zománcálatkák (*Diffugia* spp.) homokszemcsékből ragasztott házban élnek, a bárkaálatkák (*Arcella* spp.) fehérjegránulumból készítik házukat (17.3. ábra).



17.3. ábra. Csupasz és házas amőbák az Amoebozoa törzsből: A) Próteusz amőba (*Amoeba proteus*), B) *Flamella* sp., C) bárkaálatka (*Arcella* sp.) felülnézetből és D) oldalnézetből, E) zománcálatka (*Diffugia* sp.)

17.4.3. Likacsoshéjúak (Foraminifera) és sugárálatkák (Radiolaria) törzse

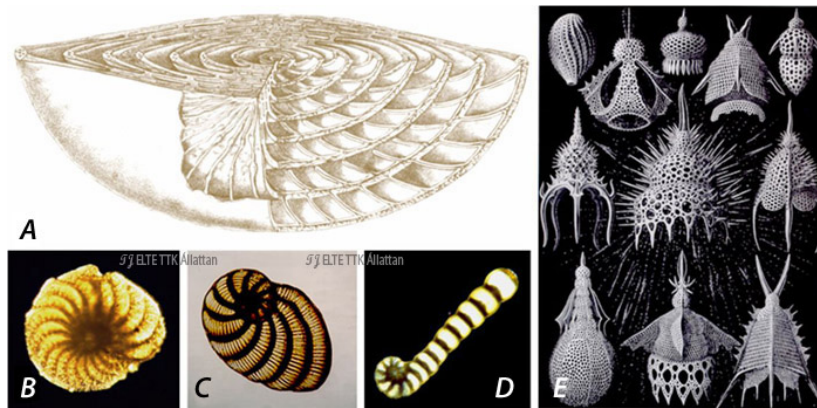
Állábaik mikrotubulusokat tartalmaznak. A **hálózatos álláb** vagy *reticulopodium* (foraminiferáknál) elágazik és összeköttetéseket alkot. Feladata kisebb részben mozgás, főként inkább táplálékszerzés. A mozdulatlan egysejtű

órák alatt hatalmas hálózatot képes kialakítani a háza körül. A **tengelylábakat** vagy *axopodiumokat* (radioláriáknál) közösen szabályos alakban elrendezett mikrotubulus kötegek merevítik. Feladata a táplálékszerzés és a lebegés elősegítése. Az ide tartozó foraminiferák vagy likacsoshéjúak és radiolariák vagy sugárállatkák bonyolult felépítésű vázakat készítenek (17.4. ábra). Nagy méretükkel és hosszú élettartamukkal komplex fejlődésmenetek jellemzik őket. Citoplazmájukban autotróf endoszimbionták sokasága figyelhető meg a legkülönbözőbb algacsoportokból, gyakoriak közöttük a *zooxanthellák* (Dinozoa). Jellemzően tengeriek. Jól fosszilizálódnak, emiatt gyakorlati jelentőségük nagy (foraminiferák: korjelzők, radiolariák: radiolarit kőzet).

A foraminiferák – a nyálkagombák plazmódiumait nem tekintve – a legnagyobb méretű egysejtűek. A legősibbek planktoni életmódúak lehettek, később a fajok zöme fenéklakó életmódra tért át. A legtöbb faj háza mészből készül, jól fosszilizálódik, a biogén mészkőképződésben nagyon nagy jelentőségűek. A fenéklakó fajok házai korjelző fossziliák, a kőolajlelőhelyek feltárásakor lehet gyakorlati szerepük. A nyíltvízben lebegő életmódot folytató fajok lesüllyedt házából képződött fossziliák alapján éghajlat-rekonstrukció végezhető az elmúlt néhány millió évre visszamenően, és hozzásegítenek a jövőbeli éghajlatváltozási trendek megismeréséhez.

Jellemzően sokkamrás vázuk van, a kamrák között gyakran likacsos válaszfallal, a ház falát is likacsok (foramen) boríthatják (elnevezésük: foraminifera = „likacschordozó”). Az állábak a nyíláson (apertura) lépnek ki, a likacsokon a plazma is kiléphet, beborítva a vázat. Az újabb kamrák a kezdőkamra köré változatos módon (spirálisan, fonatszerűen stb.) növekednek. A Dunántúli-középhegységben gyűjthető Szent László pénze az újidőből származó fosszilis foraminifera, 1 cm körüli. Vannak egyszerűbb és bonyolult fejlődésmenetű fajok.

A radiolariák lebegő életmódot folytatnak, sokaknál gömbszimmetrikus a sejt, máshol harang formájú, vagy aszimmetrikus. A sejt citoplazmája a legtöbb csoportnál jól láthatóan endo- és ektoplazmára különül. Az Acantharea csoportban a váz stronciumszulfát tükkből áll, amely a tengervízben feloldódik, ezért e csoport tagjai nem fosszilizálódnak. A Polycystinea csoportban a váz kovából készül, jól fosszilizálódik. (A radiolarit a fosszilis radiolariavázakból képződő kőzetfésleges.) Egy részük váza gömbszimmetrikus (Spumellaria), másoké kúp alakú, gazdagon mintázott, áttört csipkére emlékeztető (Nassellaria). Egyeseknél nagyszámú egyed időleges kolóniát képez a táplálkozás időtartamára, amikor egy nagyobb méretű zsákmányt közösen fogyasztanak el (pl. egy döglött kiskrák testének maradványait). Kizárólag tengerben élnek, sokan kimondottan mélytengeriek.



17.4. ábra. Likacsoshéjúak és sugárállatkák törzse: A) sokkamrás ház felépítése (*Nummulites*), B–D) a Foraminifera-házak változatos formái, E) sugárállatkák művészi vázai (*Nassellaria*)

17.4.4. Napállatkák (Heliozoa) törzse

A sejt gömbszimmetrikus. Lebegő vagy helyhez kötött (nyélen ülő sejt) életmódot folytatnak.

Axopodumaik vannak, amelyek keresztmetszetében a mikrotubulusok szabályos geometriai formációt mutatnak, amely erősen eltér a sugárállatkáknál jellemzőtől. A tengelylábak felületén kinetociszták vannak: ennek az **extruszóma** típusnak a zsákmány rögzítése, megbénítása, sejthez való szállítása a szerepe. Ismert ivaros folyamatuk, amely egy egyeden belül lejátszódó ún. autogámia. Egyeseknél az ivartalan szaporodáshoz ostoros rajzók szükségesek (nyeles napállatka). Időlegesen kolóniát alkotnak közös emésztőüröcskével egy nagyobb zsákmány körül. Ide tartozik például a közönséges napállatka (*Actinophrys sol*) és a nyeles napállatka (*Clathrulina elegans*, 17.5. ábra).



17.5. ábra. Napállatkák törzse: A) közönséges és B) nyeles napállatkák

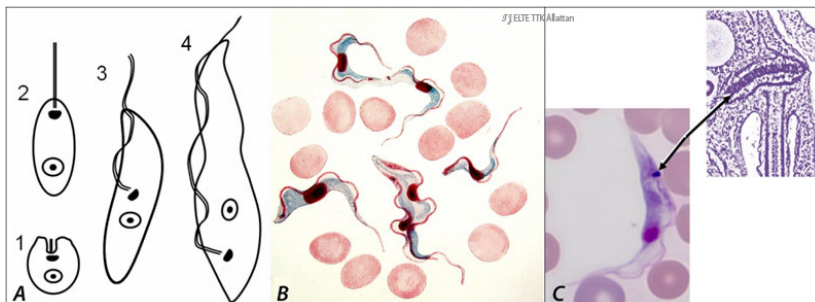
17.4.5. Euglenozoa törzs

Ostoros egysejtűek, a mitokondriumban elsődlegesen lemezes kriszták vannak, nem pedig tubuláris jellegűek (l. sejtteni ismeretek!). A bonyolult rendszer ismertetése nélkül ide tartoznak az Euglenida algák és a Kinetoplastida csoportok. Utóbbi a kinetoplasztról nyerte a nevét, amely az alapi test közelében látható képlet. A Kinetoplastidáknak egyetlen hatalmas mitokondriumuk van, amely végighúzódik a sejt teljes hosszában. Ennek a része a kinetoplaszt, amely maga a DNS-állomány – csak kivételesen nagy méretű egy mitokondriumhoz képest. Vannak szabadon élő baktériumfalók (*Bodo* spp.) amelyek alacsony oxigéntartalmú, baktériumban gazdag természetes vizekben élnek és állati testben élő (endozoikus) paraziták – ilyen a Trypanosomatida rend. Az ide tartozó fajok bonyolult fejlődésmenettel rendelkeznek, komoly morfogenetikai, vagy az anyagcserét érintő változásokkal a fejlődés menet során.

A Trypanosomatida jellemző fejlődési alakjai (néhány kiragadott példa a sok közül. Egy adott fajnál az alakoknak csak egy része van meg.):

1. *amastigota*: ostor csak elektronmikroszkóppal mutatható ki (intracelluláris alak)
2. *promastigota*: csúcsi helyzetű, hosszabb ostor
3. *epimastigota*: ostor a sejt középső részén (a sejtmaggal nagyjából egyvonalban) ered és onnan nyúlik előre
4. *trypomastigota*: ostor a sejtmagtól kaudális irányban ered, onnan nyúlik előre és a sejthártyával hullámzó hárttyát képez az ostornak csupán a sejten túlnyúló része szabad (a vérben tipikus, az ostorból kialakuló hullámzóhártya a víznél sűrűbb közegben segíti elő az úszást).

Afrika egyenlítői és déli területein az **álomkór** a *Trypanosoma gambiense* és a *Trypanosoma rhodesiense* okozzák (17.6. ábra). Terjesztőjük a cecelég. Az álomkór kezelés nélkül halálos kimenetelű, olykor járványszerűen fellépő betegség, amely az érintett területeken napjainkban is állandóan jelen van. Tünetei között a nyaki nyirokcsomók duzzanata, ödémák, agyhártyagyulladás, aluszékonyság szerepel. A háziállatoknak (szarvasmarha, ló) is van hasonló betegsége (nagana). A *Trypanosoma cruzi* Dél-Amerikában a **Chagas-kór** okozója, amely főként az öt év alatti gyerekeknél okoz magas halálozást, de a felnőtt lakosság is szenved tőle. Főbb tünetei az ödémák és az izomzat, elsősorban a szívizom gyulladása – utóbbi gyakran végzetes kimenetelű. Vérszívó rablópoloskák terjesztik. A *Leishmania donovani* a Közel-Keletről Ázsia nagy részén elterjedt, az emberi **kala-azar betegség** okozója. A zsigerek, főként a lép és a máj működését károsítja – kezelés nélkül végzetes. Lepkeszúnyogok (*Psychodidae*-fajok) terjesztik.



17.6. ábra. Euglenozoa törzs. A) Az álmkórostoros és rokon fajok különböző fejlődési alakjai: 1. amastigota, 2. promastigota 3. epimastigota, 4. trypomastigota alak. B) *Trypanosoma brucei* vörösvértestek között. C) A kinetoplast elhelyezkedése (elektronmikroszkópos felvétel után készült rajz)

17.4.6. Metamonada törzs

Anaerob vagy az oxigén alacsony koncentrációját toleráló ún. mikroaerofil ostoros egysejtűek. Mitokondrium helyett hidrogenoszóma vagy egy másik mitokondriumszármazék, ún. mitoszóma fordul elő. Többségük endozoikus, de létezik néhány szabadon élő faj is.

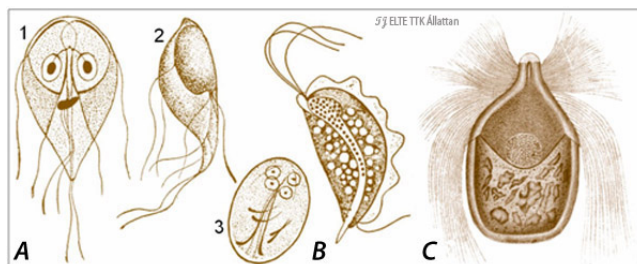
Két fontos altörzsük a következő.

Az *Eopharyngia* altörzs tagjainak ciszta és trofozoita alakjuk lehet. Az állati, emberi parazitáknál a fertőzés cisztával történik. Nincs sejtszáj, fagotrófia helyett a sejt egy meghatározott felületén „ozmotrófia” (pinocitózis) zajlik. Zömmel endozoikusak, mitokondrium nincs, mitoszóma van. Mikroaerofilok. Többeknél jellemző az ún. diplozoikus szerveződés: a sejt kétoldali szimmetriát mutat, két sejtmagja van, az ostorok száma is duplázódik. Nagy mennyiségben patogének. Emberben fontos, hazánkban is jellemző kórokozó a krónikus hasmenést keltő *Giardia intestinalis*, amelynek 4x2 ostora, hasi tapadókorongja és egy ventráli barázdája van, ebben a tölcészerű mélyedésben történik a táplálékfelvétel (17.7.A ábra). A vékonybélben a bélhámra tapadó nagyszámú egysejtű gátolja a tápanyagfelszívást, fiatal állatokon komoly éhezési tüneteket eredményezve.

A *Parabasalia* altörzs a nevét a parabazális testről kapta, amely a bazális test közelében elhelyezkedő, nagy kiterjedésű Golgi-vezikulumok összessége. Akár 30 cisztarna is előfordulhat, ez az élővilágban ismert legnagyobb számú Golgi-cisztarna. Több, csúcsi helyzetű ostoruk van (egyeseknél számuk akár ezer is lehet). Klasszikus mitokondrium helyett hidrogenoszómájuk van. Nincs meghatározott helyen a sejtszájuk.

A *Trichomonadea* csoportban a sejteknek 4–5–6 ostoruk van, egyikük hullámzóhártyát képez. A sejt hossz tengelye mentén egy látványos, mikrotubulusokból álló merev pálca töri át látszólag a sejtet, ez a tengelypálca (axostyl). Emellett többféle hasonló képződményük is lehet. Endozoikus életmódot folytatnak gerincesekben. A patogén fajok közé tartozik a *Trichomonas vaginalis*, amely az ember húgyivarutáiban a nyálkahártyát súlyosan károsítva elhúzódó gyulladást okoz (17.7.B ábra).

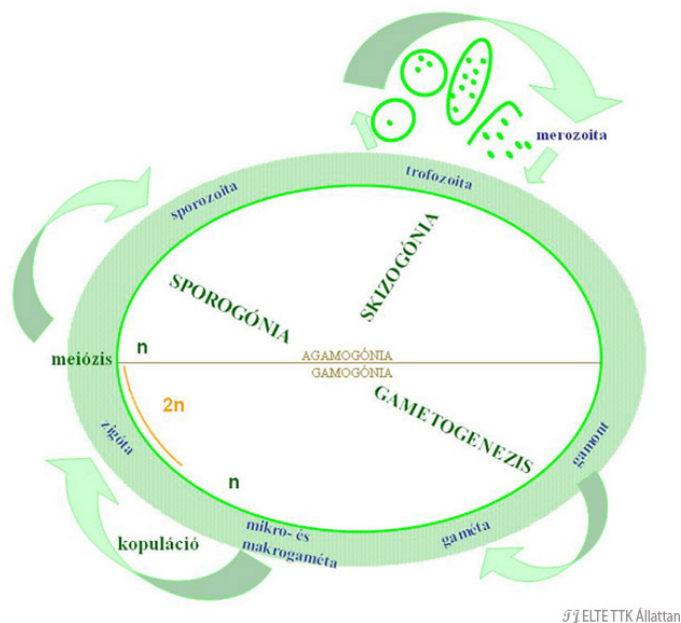
Hypermastigida csoport: a sejt csúcsi végén számos ostor ered. Az alapi testek sokszor spirálisan rendeződnek el (17.7.C ábra). Kizárólag ősi, fagogyasztó csótányok és természetek bélcsatornájában élnek tömegesen, szimbiotiként. Jelenlétük fokozza a növényi rostok lebontásának hatékonyságát a gazdaállat számára.



17.7. ábra. Metamonada törzs: A) *Giardia intestinalis* (1. felülnézet, 2. oldalnézet, 3. ciszta), B) *Trichomonas vaginalis*, C) *Hypermastigida* (*Trichonympha agilis*)

17.4.7. Spórások (Sporozoa) törzse

Bonyolult, sokszor gazdaváltással is egybekötött nemzedékváltó fejlődésmenettel rendelkező egysejtűek. Terjedésük történhet a belőlük kialakult ellenálló képletekkel, innen ered az elnevezésük. Táplálkozó alakjukat trofozoitának nevezik. Fejlődésmenetük során legnagyobb részben haploidok (17.8. ábra).

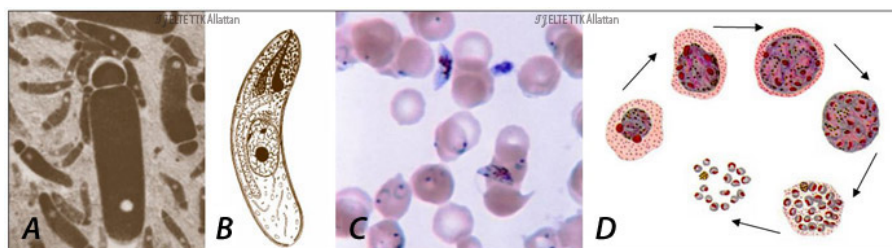


17.8. ábra. Spórás egysejtűek nemzedékváltó szaporodásának alapsémája

Jellemzően endozoikus élőlények, amelyek között sok súlyos patogén található, mind az ember, mind a háziállatok vonatkozásában. Nemrég megtalálták a csoport autotróf eredetére utaló plastisz maradványt. Az ún. apikoplaszt vörösmoszat eredetű, másodlagos endoszimbiózis eredménye a sejtben. (Egészen 2008-ig ismeretlen volt a ma is létező, ebbe a rokonságba tartozó szabadon élő, fotoszintetizáló tengeri egysejtű!) Csúcscserves spórásoknak is nevezik őket a gazdaszövetbe való behatolásra, vagy a gerinctelenekben élő ártalmatlan üregi élősködőknél (17.9.A–B ábra) a bélfalhoz való rögzülésre szolgáló komplex alapján, amely a sporozoiták és merozoiták csúcsi végén található. A táplálékfelvétel pinocitózissal történik, akár több ezer mikropóruson keresztül.

A csúcscserves spórások nemzedékváltó szaporodásánál két szakasz, az ivartalan agamogónia és az ivaros gamogónia különböztethető meg. Az ivartalan rész során történik a spóráképzés és a skizogónia. Skizogónia nincs minden fajnál, gyors egymás utáni mitotikus osztódást jelent (17.9.D ábra). Az agamogónia részeként a sejtek intenzív elszaporítását szolgálja a gazdaszervezeten belül. Mivel rövid idő alatt zajlik le, a képződő merozoita sejtek sokkal kisebbek lesznek, mint a kiindulási trofozoita sejt. Az ivaros rész a gamogónia, amely az ivarsejtképző sejtek megjelenésétől a kopuláció során a zigóta képződését követő meiózis végéig tart.

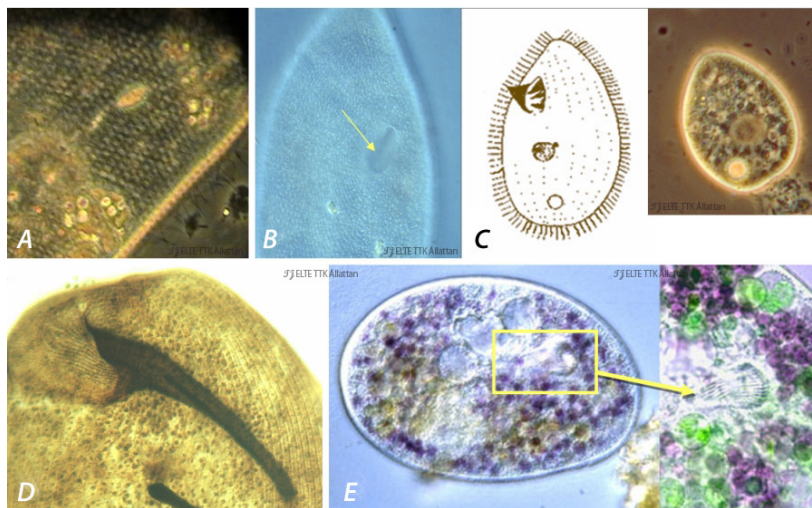
A **malária (váltóláz)** a legsúlyosabb egysejtűek által okozott betegség (17.9.C ábra). A bakteriális és virális kórokozók után a *Plasmodium*-fajok („lázállatkák”) felelősek évente a legtöbb emberi halálesetért. Az utóbbi évek felfedezését is beleértve 5 emberi maláriaparazita létezik, közülük a mindenképpen halálos kimenetelű megbetegedést a ma trópusi elterjedésű *P. falciparum* okozza. A betegség legfontosabb tünetei a lázrohamok, amelyek egyes fajoknál szabályos időközönként jelentkeznek („harmadnapos, negyednapos láz”) vagy pár naponta szabálytalan időközönként. A vért ekkor elárasztó merozoiták törmelékeivel egy idő után nem tud megküzdeni a gazdaszervezet és a vese, valamint az agyi kapillárisok eltömődése okozza a halált. A kórokozót a maláriaszúnyogok (*Anopheles*-fajok) terjesztik, ellene még ma sincs hatékonyabb védekezés, mint a szúnyogcsípés megelőzése. A ***Toxoplasma gondii*** Európában és világszerte elterjedt, emberre a macskával való érintkezéskor kerül át. A népesség közel harmada fertőzött az egysejtűvel, amely múltó hasmenést okozhat, de tünetmentes is maradhat. Az első fertőzés várandós nőknél a magzatra végzetes vagy súlyos veszélyt jelent. A legyengült immunrendszerű emberben a fertőzés után akár évtizedekkel is halált okozhat.



17.9. ábra. Sporozoa törzs: A) üregi élősködők csótányban, B) sporozoiták felépítése csúcscsövvel, C) lázállatka faj (*Plasmodium falciparum*) gyűrűalakú trofozoitái vörösvértestekben, D) skizogónia a vörösvértestben (*Plasmodium vivax*)

17.4.8. Csillós egysejtűek (Ciliophora) törzse

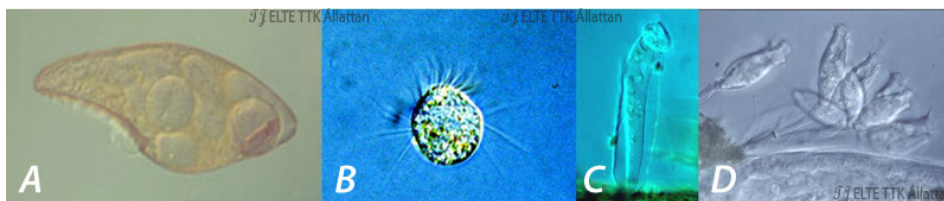
Több mint 8000 fajuk ismert, legtöbbjük szabadon él. Három egyidejűleg előforduló tulajdonság, a bőrke, a magdimorfizmus és a konjugáció megléte alapján **monofiletikus csoportot alkotnak**. Osztályozásuk régebben a testi csillózat alapján, ma a szájmezőt övező, orális ciliatúra alapján történik (17.10. ábra). A **bőrke** vagy pellicula a sejthártya és a hozzá kapcsolódó lapos membránszakok, ún. alveolusok, valamint az alapi testeket összekötő rosthálózatot tartalmazó citoplazmarész, az ún. epiplazma összessége.



17.10. ábra. Csillós egysejtűek törzse: Membránalveolusok felülnézetben (A), különböző táplálkozású csillósok orális apparátusa (B–E): a baktériumfaló papucsállatka (*Paramecium*) bemélyedő szájmezője (B), a *Tetrahymena* szinciliumai (C), a nagyobb préda fogyasztását lehetővé tevő, szinciliumokkal felszerelt erősen bemélyedő szájmező (D), algafonalak fogyasztására alkalmas garatvarsa a varsaállatka citoplazmájában, a bőrke alatt (E)

A mikroszkopos vizsgálat során szembetűnő sajátosságuk a csillózat (ciliatúra). Az orális apparátus (sejtszáj és a hozzá tartozó szinciliumok) alakulásának különféle típusai figyelhetők meg a csillósoknál, az élőhellyel, a mozgással és a táplálkozásmóddal összefüggésben (17.10. ábra). A sejtszáj legegyszerűbb esetben a sejt csúcsi vagy oldalsó részén nyílik, beöblösödés nélkül. A varsaszájnál a sejthártya alatt merevítő gyűrű alakul ki mikrotubulus-kötegekből: a hosszú fonalas algákat és fonalas cianobaktériumokat fogyasztó fajoknál mindenképpen megfigyelhető (17.10.E ábra). Számos fajnál egy beöblösödő szájmező mélyén nyílik a sejtszáj, változatos megjelenésű szinciliumok helyezkedhetnek el a beöblösödés szélén és benne is (17.10.C–D ábra). A legbonyolultabb, nagyméretű szinciliumok változatos örvényszerűeket hoznak létre, amelyek már meghatározóak az úszásban is, nem csak a táplálékszerzést szolgáló vízörvények keltésében. Az extruszmák sok formája található meg a csillósok körében. A belsejükben tárolt anyag természete és szerepe, valamint a kilövés módja szerint több fajtájuk ismeretes. A legjellegzetesebbek a zsákmányszerzést szolgálják: például az ormányos csillós (*Didinium nasutum*) vagy a hattyúnyakú csillós (*Lacrymaria olor*) toxicisztái megbénítják a hozzájuk érő zsákmányt. A *Tetrahymena* mukocisztái a betokozódást segítik elő. A papucsállatka (*Paramecium*) trichocisztái a ragadozó egysejtűek elleni védelemben hatékonyak.

A csillós egysejtűek a természetes vizek és talajok látványos, gyakran nagytermetű egysejtűi. A bomló szervesanyag-tartalom mennyiségével összefüggésben eltérő fajösszetételű együttesek figyelhetők meg, így a vizek szervesanyag-terhelésének jellemzésekor hasznos indikátor csoport. A helytűlő fajok gyakran láthatók vízinövények felszínén vagy állatok testén (17.11. ábra).



17.11. ábra. Csillósok különböző élőhelyekről: A) a szemhéjállatka alzat közelében gyakori, B) a *Halteria* a nyílt víztérben jellemző, C–D) a szájkoszorús csillósok algafonalakon és állatok testén is előfordulnak

Megválaszolandó kérdések és feladatok

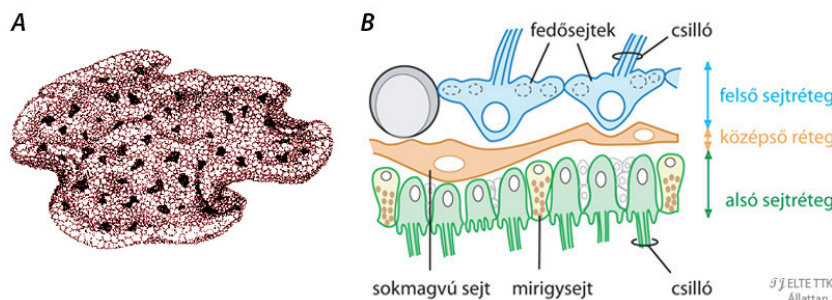
1. Mutassa be az egysejtűek jelentőségét (biodiverzitás, egészségügy, közetrétegek kormeghatározása, biológiai kutatások)!
2. Jellemezze az egysejtűek felépítését!
3. Sorolja fel az egysejtűek legfontosabb törzseit, és röviden mutassa be azokat!
4. Nevezze meg az álomkór és a malária kórokozóját, s jellemezze azok elterjedését és a betegség tüneteivel összefüggő életciklusát!

18. fejezet - Álszövetes állatok (Parazoa) alországa - (F.J.)

Az álszövetességről a soksejtű állatok kialakulásával kapcsolatban már írtunk (4.2. fejezet). Az álszövetesek (Parazoa) neve arra utal, hogy a (valódi) szövetes állatokkal párhuzamosan fejlődtek. Két törzstől különíthetjük el: ezek a korongállatok és a szivacsok. Megjegyezzük, hogy az első csoport e kategóriába való besorolása újabban kérdésessé vált!

18.1. Korongállatok (Placozoa) törzse

A törzsbe tartozó első példányt meglehetősen régen, 1883-ban egy tengeri akvárium faláról izolálták. Emiatt is nevezték el a 2–3 mm átmérőjű, korong alakú, aszimmetrikus állatot *Trichoplax adherens*-nek. **Testüket két réteg építi fel:** a felszíni sejtréteg csillós, és a lapított alak miatt felső és alsó sejtegyüttesre különül (18.1. ábra). A felső sejtek biztosítják az állat védelmét, az alsók pedig az emésztést végzik. Emésztésük sejtén kívüli: az állat rákúszik a táplálékra, az alsó sejtrétege kis beöblösődéssel időleges ürbelet képez, amelybe enzimeket ürít. A részben megemésztett anyagokat fagocitózissal felveszi, így sejtén belül fejezi be a lebontást. A két sejtréteg között sokmagvú sejtek találhatók. Az összes állat között a korongállatoknak van sejtenként a legkisebb DNS-mennyiségük. Ivarosan és ivartalanul (hasadás, bimbózás) is képesek szaporodni.



18.1. ábra. Korongállatok testfelépítése: felülnézet (A) és metszet a sejtípusokkal (B)

A bal oldalon barna színű rajz mutatja a korongállatkát felülnézetben, a jobb oldalon színes rajz a sejtrétegeket: a kék a felső, a zöld az alsó, a barna a középső réteg.

Korábban nem tudták kimutatni bennük a sejtréteg alatti alaphártyát, és a sejtrétegen belül extracelluláris mátrixot sem találtak. Az újabb vizsgálatok azonban számos olyan fehérje génjének jelenlétét mutatták ki a genomjukban, amelyek alaphártya és sejt közötti állomány létrejöttéért felelősek, így **besorolásuk az álszövetesek közé megkérdőjeleződött**. Pontos filogenetikai helyzetük még vitatott, de az újabb molekuláris törzsfák a csalánozók közelében ágaznak ki, tehát Eumetazoa csoportról van szó.

18.2. Szivacsok (Porifera) törzse

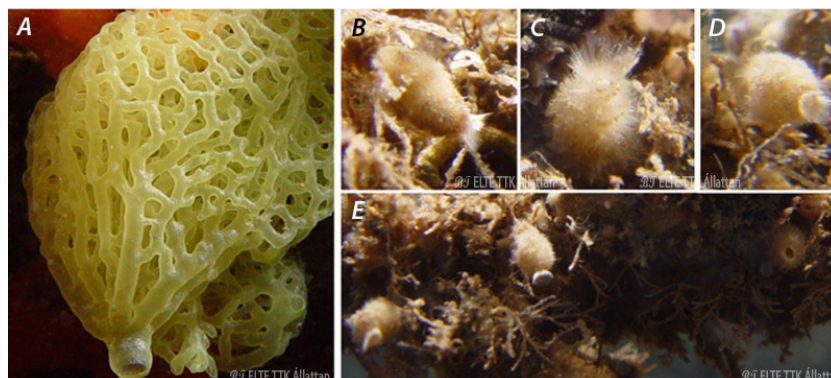
A Porifera név „pórushordozót” jelent. A testfelépítésükkel kapcsolatban **korábban leírtak** alapján ez arra utal, hogy a külvilág felé néző felszínükön rengeteg pórus nyílik. Ezeket vagy a pórussejtek alkotják (az *ascon* típusú testfelépítésnél), amelyek a galléros ostoros sejtek által bélelt központi, ún. gasztrális üregbe vezetnek, vagy fedősejtek képezik. Az utóbbi esetben csatornarendszer indul a felszínről (*sycon* és *leucon* típus), amely mentén galléros ostoros sejtek által bélelt kamrácskák sokasága alakul ki (1. 4.3. fejezet).

A szivacsok gazdasági jelentősége napjainkban csekély, de ökológiai szerepük a vizek tisztítása miatt annál jelentősebb.

Rendszerezésük aváztíaik anyaga és szimmetriája alapján történik (1. 4.3. fejezet). A vázelemek felépülhetnek kalcium-karbonátból, szilícium-dioxidból (kova) és sponginból (speciális fehérjefonalakból). Az alábbiakban olyan példafajokat mutatunk be, amelyek mindegyike megtekinthető az ELTE Biológiai Múzeumában.

18.2.1. Mészszivacsok (Calcarea) osztálya

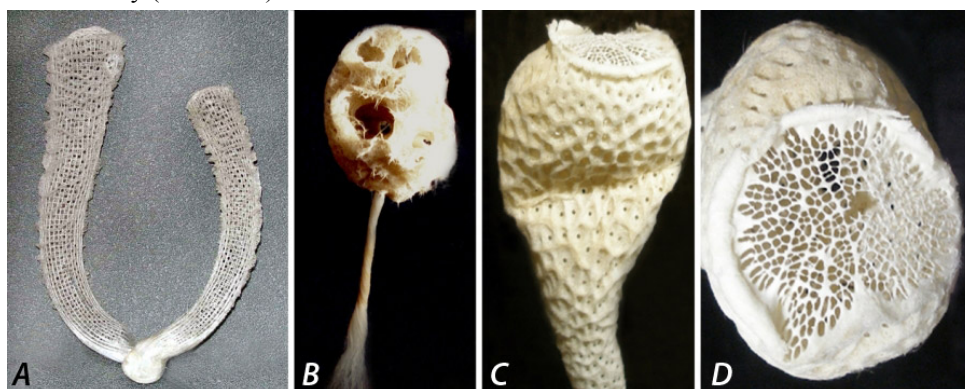
Egytengelyű (monaxon), 3 vagy 4 sugaras váztüket kalcium-karbonát kristályok alkotják. 10 cm-nél kisebbek, cső vagy váza alakúak. Mindhárom (*ascon*, *sycon*, *leucon*) testszerveződés előfordul náluk. Ide tartoznak az összszivacs (*Leucosolenia*-fajok.), a rácsszivacs (*Clathrina clathrus*) és a **retekszivacs** (*Sycon raphanus*, 18.2. ábra).



18.2. ábra. A rácsszivacs (*Clathrina clathrus*, A) *asconoid*, a retekszivacs (*Sycon raphanus*, B–E) *syconoid* típusú mészszivacs

18.2.2. Üvegszivacsok (Hexactinellida vagy Hyalospongiae) osztálya

Általában mélytengeriek. Hatsugaras szilíciumtüik hálózatot képeznek (szpikuláris váz). Vázaalakjuk és sugaras szimmetriájuk van. Méretük 7,5 cm–1,3 m. Nincsen fedősejtrétegük, és összehúzókönyv elemeik sincsenek. Testfelépítésük *sycon* és *leucon* típusú lehet. Ide tartozik a csavarfonatos kovaszivacs (*Hyalonema sieboldi*) és a **vénuszkosárka** (*Euplectella aspergillus*), amelynek szerves anyagtól megtisztított (kiizzított) váza szemet gyönyörködtető látvány (18.3. ábra).



18.3. ábra. Üvegszivacsok kiizzított vázai: A) vénuszkosárka (*Euplectella aspergillus*), B) csavarfonatos üvegszivacs (*Hyalonema sieboldi*), C–D) *Regadrella okinoseana*

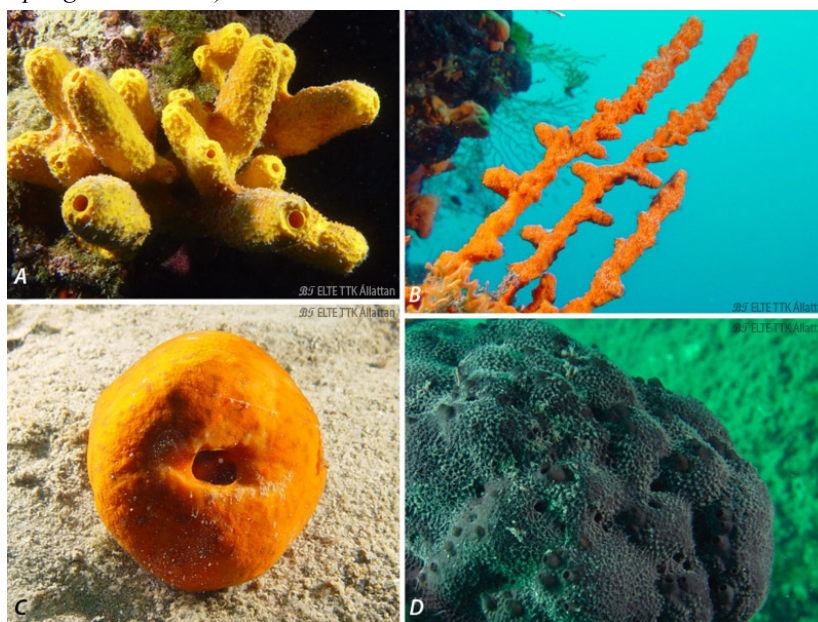
Az összes fényképen fehér színű a kiizzított váz, amely a bal oldalon szürke, a többi felvételen pedig fekete háttér előtt látható.

18.2.3. Kovaszaruszivacsok (Demospongiae) osztálya

A ma élő szivacsok 95 százaléka ide tartozik. Tengeriek, egy családjuk (Spongillidae) édesvízi. Az édesvízi elterjedést lehetővé tevő gyöngysarjakról a szivacsok jellemzésénél írtunk (l. 4.3. fejezet). Szilíciumtüik vannak, amelyek nem hatsugaras szimmetriájúak. Vázukat csak spongin is alkothatja. Testfelépítésük *leuconoid* típusú.

Az ide tartozó fajok számát tekintve nem véletlen, hogy ebből az osztályból tudjuk a legtöbb ismertebb fajt felsorolni (18.4. ábra). Ilyen a kéményszivacs (*Aplysina cavernicola*), a paraszivacs (*Suberites domuncula*) és az agancsszivacs

(*Axinella cannabina*). A Spongiidae család egykor közismert képviselői a **mosdószivacs** (*Spongia officinalis*) és a lószivacs (*Hippospongia communis*).



18.4. ábra. Tengeri kovaszaruszivacsok: A) kéményszivacs (*Aplysina cavernicola*), B) agancsszivacs (*Axinella cannabina*), C) paraszivacs (*Suberites domuncula*) és D) mosdószivacs (*Spongia officinalis*)

Az édesvízi Spongillidae család tagjai a **tavi szivacs** (*Spongilla lacustris*, 18.5. ábra), a **folyami szivacs** (*Ephydatia fluviatilis*) és a **balatoni szivacs** (*Spongilla carteri balatonensis*).



18.5. ábra. Tavi szivacs telepei a Balatonban, felfordított kővön. A kő oldalára nőtt telepben szimbionta zöldmoszatok élnek, a kő alján sötétben növekedő szivacsok szintelenek. A jobb oldali kis képen a nyíl gyöngysarjakra mutat

Megválaszolandó kérdések

1. Mutassa be az álszövetesség jelenségét, és nevezze meg az idetartozó törzseket! Mondjon néhány szót a korongállatkákról (felépítés, besorolásuk bizonytalansága)!
2. Jellemezze a szivacsok testfelépítését, és ismertesse rendszerezésük alapját!
3. Mutassa be röviden a szivacsok törzsének osztályait néhány példával! Ismertetésében térjen ki az édesvízi fajokra, és az édesvizek meghódításának feltételeire is!

19. fejezet - Csalánozók (Cnidaria) törzse - (F.J.)

A **valódi szövetes állatok** (Eumetazoa) sejtjei szövetekbe szerveződnek, és így szervezetükben szervek, szervrendszerek, készülékek alakulnak ki. A szövet meghatározásával és a szövetesek alapvető tulajdonságaival a korábban részletesebben foglalkoztunk. Azzal pedig, hogy mit nevezünk szervnek, hogyan jönnek létre a szervrendszerek és készülékek, az 1.3. fejezetben írtunk.

A következőkben a valódi szövetes állatok rendszerét mutatjuk be az egyszerű testfelépítésű csoportoktól a legfejlettebbekig. Elsőként az összjárukat, majd ezt követően az újszárukat körébe tartozókat.

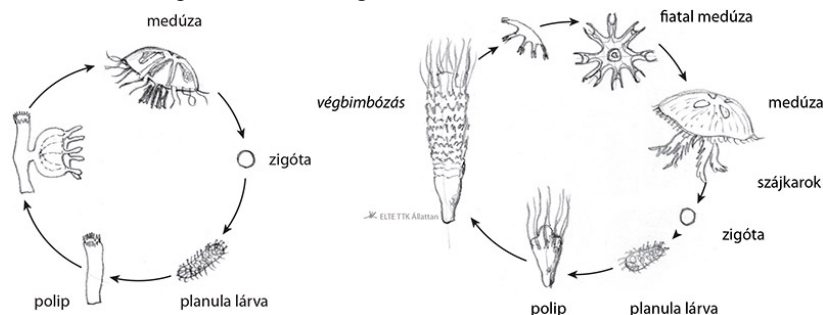
19.1. Általános jellemzésük

A csalánozók a sugaras szimmetriájú állatok (Radiata vagy Coelenterata) közé tartoznak, szervezettani jellemzésüket már korábban megadtuk, így azt most csak röviden foglaljuk össze. Főbb jellemzőik a következők.

A **sugaras szimmetria** – legalábbis lárválisan – felismerhető. **Diploblasztikus** állatok, azaz (csak) külső és belső csíralemezük van. Az ektodermából **felhám** (*epidermis*), az entodermából pedig **bélhám** (*gastrodermis*) fejlődik. A hidraállatokban (Hydrozoa) mindkét hámrétegben (egyéb sejtípusok mellett) **hámizomsejteket** találhatunk. Az önállóult **izomsejtek** a fejlettebb csoportokban már megjelennek. A két hámréteg között egy vékonyabb-vastagabb **köztesréteg** van: ennek neve *mesolamella*, ha a réteg vékony és sejtmentes, illetve *mesogloea*, ha vastagabb, és izomsejteket is tartalmaz. Névadó sejtjeik a **csalánsejtek** (*cnidocyt*a vagy *nematocyt*a), amelyek az epidermiszben találhatók. Több típusuk is ismert. Emésztőrendszerük a **gasztrovaszkuláris ürbél**, hálózatos idegrendszerük van, kiválasztó-, légző- és keringési rendszerük azonban nem alakult ki.

Nemzedékváltakozás jellemző rájuk, amelyben az ivaros medúzaalak és az ivarszerveket nem fejlesztő, ivartalan polipalak váltják egymást (19.1. ábra). A medúza és a polip testfelépítése alapjaiban ugyanaz. A medúzánál a *mesogloea* rétege lényegesen vastagabb, mint a polipoknál, hiszen ez ad támasztékot a mozgások kivitelezéséhez. A polipok és medúzák mozgása igen eltérő. A polipok vagy helytűlők, vagy csak nagyon lassan, bukfencezve haladnak. A medúzák az ürbélükből kiperéselt víz segítségével gyorsan úsznak.

A nemzedékváltakozás többféleképpen módosulhat. Ha a fejlődésmenetben csak az egyik nemzedék van meg, akkor az ivaros és az ivartalan szaporodást is az végzi.



19.1. ábra. Nemzedékváltakozás a hidraállatok (A) és a kehelyállatok (B) esetében

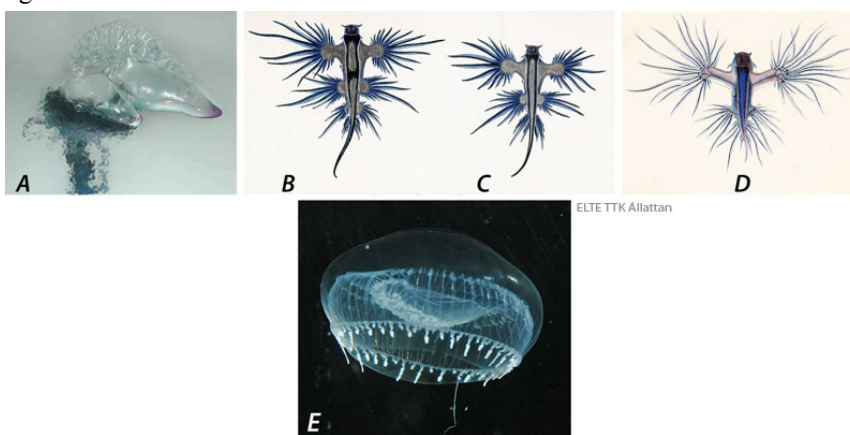
Lárvájuk alaptípusa a planktonikus bolygólárva vagy *planula*, amelyből egyes csoportoknál ún. *actinula* lárvá fejlődhet. Magányosak vagy telepesek. 8000 fajuk ismert, méretük néhány millimétertől a méteres nagyságrendig terjed. A legnagyobb a sárga hajas medúza (*Cyanea capillata*): 2 m ernyőátmérő + 40 m tapogatóhossz.

19.2. A csalánozók rendszertana

19.2.1. Hidraállatok (Hydrozoa) osztálya

Nagyjából 3000 faj tartozik ide, mintegy 700 fajnál a medúzaalak is megtalálható (19.1.A ábra). Általában a polipalak a fejlettebb. A **zöld hidra** (*Chlorohydra viridissima*) a csupaszpolipocskák rendjének (Athecata vagy Anthomedusae) tagja. Váltivarú állat, apró gerincteleneket fogyaszt. Hiányzik a medúzanemzedéke. Hazánkban is megtalálható az **édesvízi medúza** (*Craspedacusta sowerbii*). Eredeti élőhelye Észak-Amerika, ahonnan akvaristák hurcolták be. Ma vízimadarak révén tud új élőhelyeket meghódítani. Kisméretű, magános polip- és szabad medúzaalak jellemzi. A hidraállatok medúzaira az jellemző, hogy tapogatói az ernyő pereméről erednek (19.2.E ábra).

A híres-hírhedt **portugálgálya** (*Physalia physalis*) a telepespolipok (Siphonophora) rendjébe tartozik. Erősen módosult polipokból álló lebegő telepeket alkot. Meleg tengerekben, hatalmas csapatokban is előfordulhat (akár 30 km hosszúságban is). Emberre is halálos a mérge, azonban egyes csigák (pl. a *Glaucus* csupaszkopolytús csiga, vagy a tutajcsiga [*Janthina*]) fogyasztják (19.2. ábra). Ezek képesek megakadályozni a csalánsejt kisülését, és az ép, mérget tartalmazó csalántokokat saját testükben (a középbéli mirigyben) halmozzák fel, amely sok ragadozóval szemben védeltséget biztosít nekik.



19.2. ábra. Portugálgálya (*Physalia physalis*, A) és az azt fogyasztó *Glaucus*-fajok: *Glaucus briareus* (B) és *Glaucus lineatus* (C, D). A hidraállatok medúzáinak felépítése (E)

19.2.2. Kehelyállatok (Scyphozoa) osztálya

Kb. 300 fajt számláló csoport, amelyben szabályos *scyphopolip*–*scyphomedúza* nemzedékváltakozás és a medúzaalak dominanciája jellemző (19.1.B ábra).

A **közönséges fülesmedúza** (*Aurelia aurita*) a zászlósszájú medúzák közé tartozik. A tapogatókarok a hidraállatok medúzáitól eltérően nem az ernyő pereméről erednek, hanem a szájsző nyúlik meg és alkot **szájkarokat**. Nevét a testén áttűnő, fülalakú, színes ivarmirigyeiről kapta. Ivartalan szaporodása az ún. végbimbózás vagy strobiláció.

Rekordméretük miatt megemlíthetjük még az ide tartozó sárga és a kék hajamedúzát (*Cyanea capillata* és *Cyanea lamarckii*) (19.3. ábra).



19.3. ábra. Kehelyállatok: A) közönséges fűlesmedúza (*Aurelia aurita*), B) más fűlesmedúza-fajok (a jobb alsó képen végbimbózás látható, a polip van felül, a szabadabbá váló medúza alul), C) sárga hajasmedúza (*Cyanea capillata*) fotója és D) rajza

19.2.3. Kockamedúzák (Cubozoa) osztálya

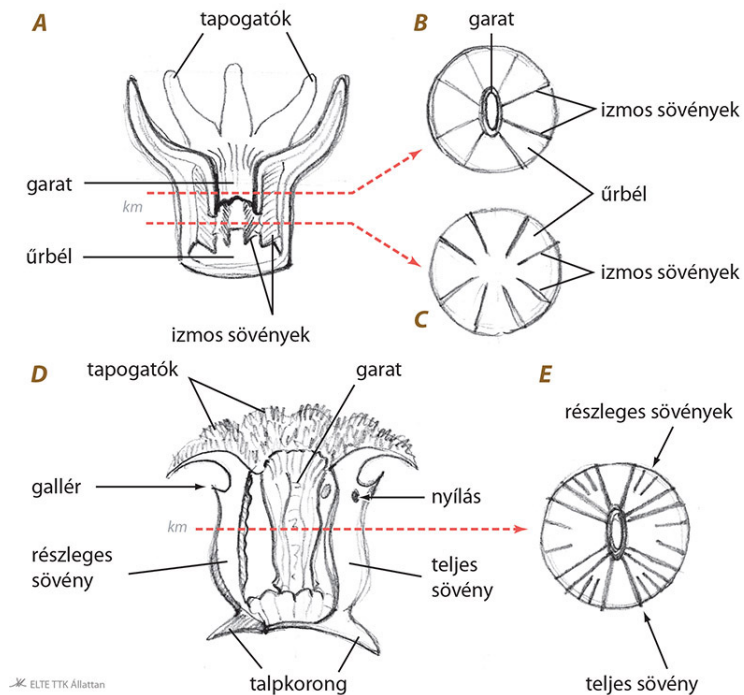
Nevüket a medúza jellemző alakjáról kapták: ennek 4 oldala és 4 tapogatója van (19.4. ábra). Érintésük nagyon komoly sérülést okoz, mely égési sebekhez hasonlít. Lárvájuk polipszerű *planula* lárva. Idetartozó faj a tengeri darázs (*Chironex fleckeri*).



19.4. ábra. Kockamedúzák: felül Haeckel rajzai, alul a tengeri darázs elterjedési területe

19.2.4. Virágállatok és korallok (Anthozoa) osztálya

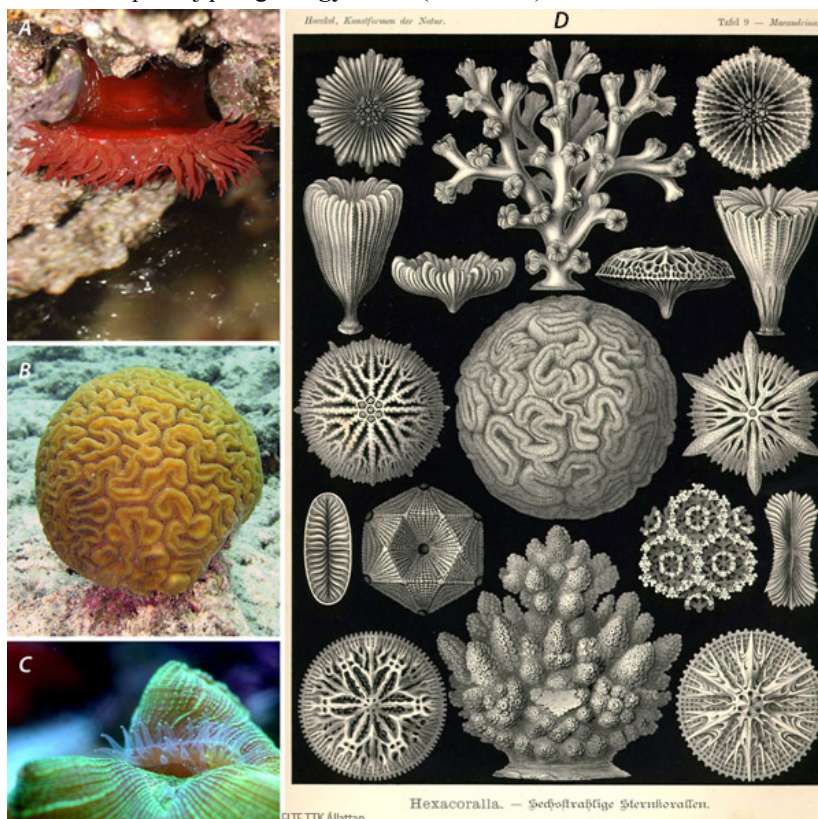
Csak **polip** alakjuk van. Az úrbélükbe izmos sövények (*septum*) türemkednek be. Ezek száma alapján beszélünk a hatosztatúak (Hexacorallia) és nyolcosztatúak (Octocorallia, 19.5. ábra) alosztályáról. Többségük **meszes vázat** választ ki, amelybe veszély esetén behúzódik. Lehetnek magánosak is, de a többségük hatalmas telepeket képez. A korallépítők **geológiai tényezőknek** számítanak.



19.5. ábra. A virágállatok testfelépítése: ürbélükbe sövények nyúlnak be, amelyek tagolják annak üregét. A hosszmetseteken (A, C) látszanak az ürbélbe benyúló sövények, a keresztmetseteken (B, E) pedig az ürbél tagoltsága. (A keresztmetsetek síkját az A) és C) rajzokon szaggatott vonalak jelzik)

Egyes állatsoportok tagjai (pl. bohóchalak, garnélák stb.) képesek megakadályozni a csalánsejtek kisülését, így ragadozóik elől a virágállatok karjai között keresnek menedéket.

Az árapályzóna jellegzetes faja a **lóaktínia** (*Actinia equina*). A magános korallok példafaja a **gombakorall**, az egyik legnagyobbra növő telepes faj pedig az **agykorall** (19.6. ábra).



19.6. ábra. Virágállatok és korallok: A) lóaktínia (*Actinia equina*), B) barázdás agykorall (*Diploria labyrinthiformis*), C) zöld agykorall (*Trachyphyllia geoffroyi*) polipja, D) Haeckel illusztrációi

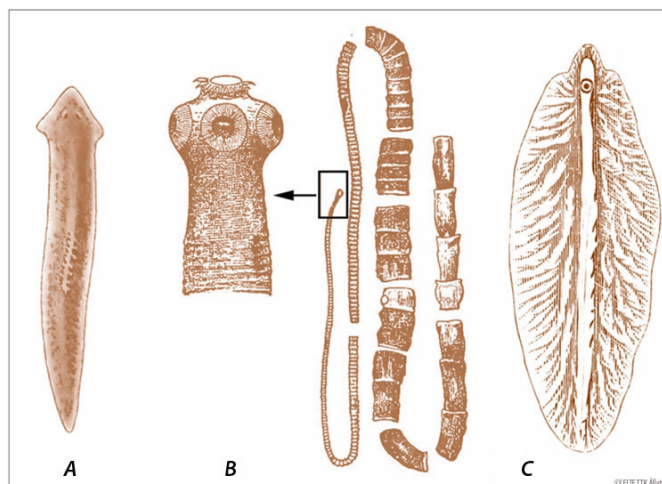
Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a csalánozók testfelépítését, sejttypusait, táplálkozását, élőhelyét és szaporodását!
2. Mi a nemzedékváltozás, és milyen formáit ismeri?
3. Jellemezze a hidra- és kehelyállatokat! Nevezzen meg ide tartozó fajokat!
4. Mutassa be a kockamedúzákat és a virágállatokat!

20. fejezet - Laposférgek (Platyhelminthes) törzse - (T.K.)

20.1. Általános jellemzők

Testük megnyúlt, **hát-hasi irányban többé-kevésbé lapított**, néha ovális. Testalakjuk miatt a köznyelvben féregnek nevezik őket, csakúgy, mint más, távoli állatcsoportokat, ahol a test szintén hasonló formájú. A laposférgek a fajsza és az ember szempontjából a legjelentősebb törzs az ún. Platyzoa kládban, amely a legegyszerűbb testfelépítésű összjáúakat foglalja magába (15.8. ábra). Szabadon élő fajai közül a mindennapi életünk során kevés találkozzunk, ám a humán- és a haszonállat-paraziták évezredek óta kísérik az embert. A szabadon élők, vagyis az örvényférgek, továbbá a paraziták különböző csoportjainak testfelépítése szembetűnően különbözik, az életmódjukkal összefüggésben (20.1. ábra). Az **örvényférgek** (Turbellaria) felülnézetből többnyire hosszúak, megnyúlt állatok, a zömmel mikroszkopikus méretű fajok mellett csak kevés a több centiméteres. A legnagyobb örvényféreg 30 centiméter hosszú. A **galandférgeknél** (Cestoda) ezzel szemben kevesebb a mikroszkopikus nagyságú állat, itt vannak a legnagyobb méretet elérő fajok: a többméteres galandférgek között az ember széles galandférg 13 m testhosszt is elérhet! A **mételyek** (Trematoda) néhány centiméteres vagy kisebb fajok. A közel 20 ezer laposféregből mintegy 4500 örvényféreg, 4500 galandféreg és 9000 a közvetlen vagy közvetett fejlődésű métely.



20.1. ábra. A laposférgek főbb csoportjainak jellemző képviselői: A) örvényférgek, B) galandférgek, C) közvetett fejlődésű mételyek

20.2. Leszármazásuk

A Platyzoa klád a Spiralia („spirálisan barázdálódó”) klád tagja (15.8. ábra). A laposférgek törzse (Platyhelminthes) a klád egyik korán kialakult, de számos levezetett bélyeget hordozó csoportja (16.10. ábra). Nem jelenthető ki, hogy a kétoldalian részarányosak (Bilateria) legprimitívebb csoportja lenne. Rendszerét a számos új filogenetikai eredmény jelentősen átfőrmálta. A paraziták monofiletikus csoport, és ezen belül a galandférgek és a közvetett fejlődésű mételyek szintén. A szabadon élő örvényférgek csoportja azonban parafiletikus.

20.3. Szervezettani jellemzésük

A 6.–14. fejezetben részletesebben bemutatott szervrendszerek jellemzőit itt csak röviden összegezzük. Köztakarójuk **bőrizomtömlő**, **tápcsatornájuk kétszakaszos**, az élőködőknél változó mértékben csökevényes. Légzőszervük nincsen, az oxigént testfalukon keresztül veszik fel. Testüregük **elsődleges testüreg**, amelyet az örvényférgeknél laza szerkezetű, speciális kötőszövet (*parenchyma*) tölt ki. Kiválasztószervük ozmoregulációt végző **elövesécske**. Keringési rendszerük nincsen. A laposférgek a vérmételyek kivételével hímnős állatok. **Ivarszerveik** felépítésé

változatos. A paraziták közül a galandférgeket érdemes kiemelni, ahol a főreqláncnak a dajkától távolabbi ízeit zömmel az ivarszervek (többnyire egy hím és egy női) és ivartermékek töltik ki. A közvetett fejlődésű metelyek közegészségügyi szempontból talán legjelentősebb csoportjában, a vérmételyeknél a két ivar között jelentős dimorfizmus alakult ki (l. 20.5.B ábra). A hím nagyobb a nőténynél, és a nőtény teste a hím testhosszában futó csatornában helyezkedik el; összekapcsolódva élnek.

Idegrendszerük ún. ortogonális idegrendszer, amelyben támasztósejtek (glia) is fejlődnek. Neuroszekréciós sejtjeik is vannak. A kefalizáció következtében a feji végen csoportosulnak az érzékszervek (tapintó-, áramlásérző- és kemoreceptorok). Szemléletes példával szolgálnak erre a számos planárián jól megfigyelhető fülszerű nyúlványok, amelyek érzékszervekkel sűrűbben ellátott területek. Szemük **serlegszerű**.

A szabadon élők életkora nem ismert. A paraziták között a kifejlett galandférgek akár hosszú éveken át élősíkhódhatnak, miközben ontják a petéket. A kifejlett vérmételyek negyven éves kort is megérhetnek.

20.3.1. Fejlődésmenetük és lárvatípusaik

Az örvényférgek egyedfejlődése közvetlen, csak a tengeri ágasbeli örvényférgeknél fordul elő lárvaalak. A közvetett fejlődésű metelyeknél és a galandférgek körében bonyolult fejlődésmenet tapasztalható változatos lárvatípusokkal. A **paraziták** között sok fajnál előfordul **gazdaváltás**. **Köztesgazdának nevezzük** azt a gazdaszervezetet, amelyben a parazita növekszik, ivartalanul szaporodhat, ivaroson azonban nem. **Végleges gazda** az az állat, amelyben az ivarérett, ivaroson szaporodó parazita él.

*Néhány jellemző példát érdemes áttekinteni a galandférgek lárvatípusai közül. Az embrionális fejlődés elsőként parányi hathorgas vagy csillós hathorgas lárvát eredményez. Előbbi felszínén 6 apró horog van, és nem képes életben maradni a gazdán kívül. A csillós hathorgas lárván egyenlítői helyzetben még egy csillóöv is van, amellyel rövid ideig úszhat a külvilágban, mielőtt a köztigazdába jutna. A köztigazdában újabb lárvaalakokon keresztül juthat el a galandféreg a kifejlett állapotba. A **borsóka** (cysticercus) további lárvaalak: hólyag alakú képződmény, belsejében egy idő után már felismerhető a dajka. A dajkák száma dönti el a lárvánál, hogy hány új egyed keletkezik belőlük. A köztigazdát általában elfogyasztja a végleges gazda, így kerül át a féreg egyik gazdából a másikba. A végleges gazdában alakul ki a dajkából és izekből álló test (l.20.4.2. fejezet), ahol a gyarapodási zóna a dajka mögött található, majd válik a féreg ivaréretté, és szaporodni kezd. A hátsó, ivartermékeket tartalmazó izek leválnak és egy idő múlva kiürülnek. A megtermékenyített galandféregpeték a székletből is kimutathatók.*

*A közvetett fejlődésű metelyeknél szintén bonyolult fejlődésmenetekkel és változatos lárvatípusokkal találkozhatunk, amit a Közép-Európában ma is jelenlevő, egykor igen elterjedt **májmetely** (Fasciola hepatica) példáján mutatunk be. A petéből a vízben kibújó mikroszkopikus méretű csillós lárv a köztigazdába kerül, ott növekedni kezd, csíratömlővé alakul, kezdetleges bélcsatornája fejlődik (beles csíratömlő), majd a belsejében lejátszódó ivartalan szaporodás során farkos lárvák alakulnak ki benne. Ezek kiszabadulnak, növekedésmetellyé alakulnak, amit a végleges gazda elfogyaszt. A kifejlett metely az epeutakban él, ott szaporodik, megtermékenyített petéi a széklettel ürülnek ismét a külvilágba. Európában a májmetely köztigazdája a törpe iszapcsiga (Galba truncatula), amely vizesárkokban, nedves, kisvízes helyeken jellemző.*

20.4. A laposférgek rendszertana

A laposférgek változatos rendszerét három nagy osztály néhány jellegzetes képviselőjének bemutatásán keresztül szemléljük.

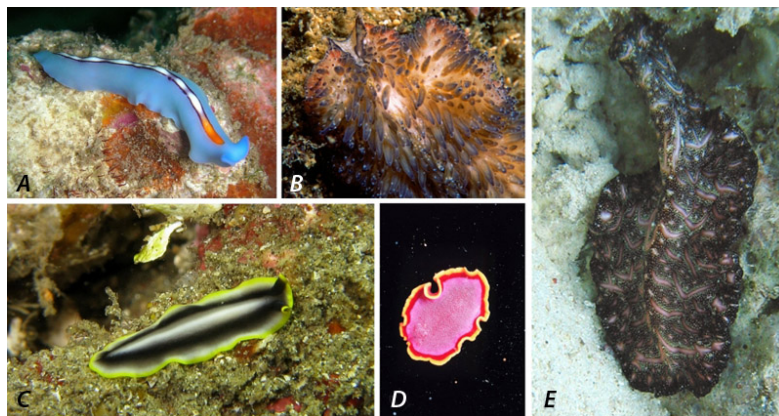
20.4.1. Örvényférgek (Turbellaria) osztálya

A **szabadon élő** laposférgek az örvényférgek (Turbellaria) osztályának tagjai. A számos, mikroszkopikus méretű állatot magába foglaló rend mellett a hármasbeli és az ágasbeli örvényférgek tartoznak ide, amelyeket a természetjárók is könnyen megtalálhatnak. Valamennyien **ragadozók**. A **hármasbelűek** (Tricladida) középle három nagy ágra válik szét a nyelöcső után (l. 8.2 ábra). Idetartoznak a planáriák, amelyek a mérsékelt övben élő vízi szervezetek. A **füles planária** (*Dugesia gonocephala*) tiszta patakvizekben sokfelé előfordul (20.2. ábra). A trópusok párás levegőjén a szárazföldi planáriák is könnyedén megélnek.



20.2. ábra. Füles planária (*Dugesia gonocephala*)

Az **ágasbelűek** (Polycladida) középle többcsőri elágazásokkal számos apró ágra oszlik (l. 8.2 ábra). Tengeriek, rendszerint nagyobbak, mint édesvízi társaik. A trópusi fajok között bámulatos színekavalkád mutatkozik. A bolyhos örvényféreg (*Thysanozoon brocchi*) hátát sűrűn borítják nyúlványok. Az Adria nem túl jelentékeny, de annál gyakoribb faja (20.3.B ábra). Gyakorlati jelentősége van a világszerte elterjedt kagylóparazita *Stylochus pilidium* fajnak, amely a kagylótelepeken tetemes mennyiségben lehet jelen, és a kagylóhúst fogyasztja.

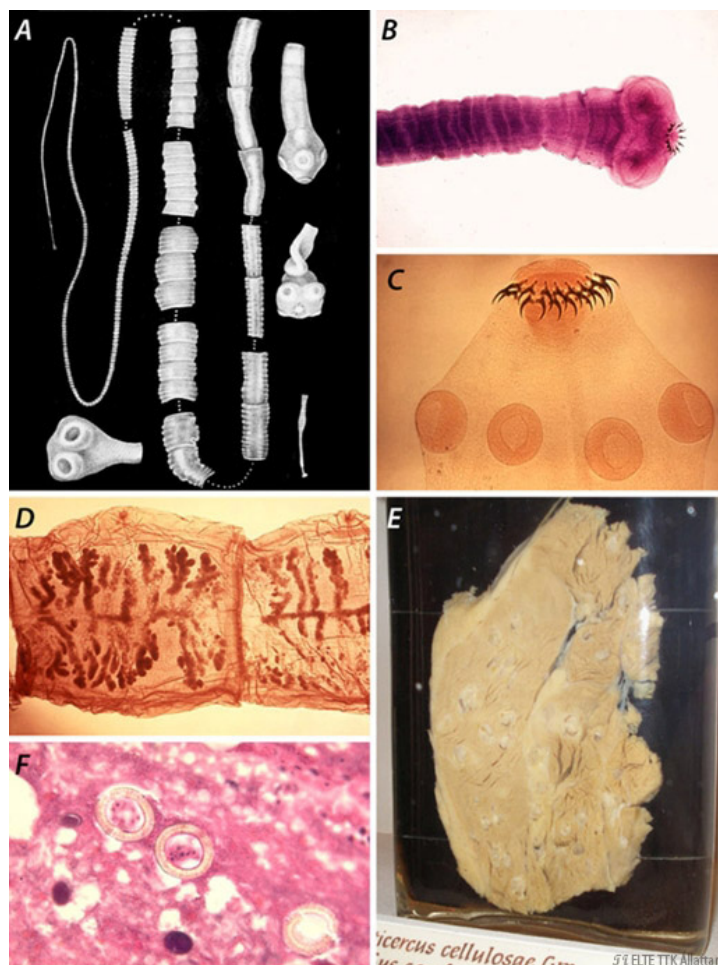


20.3. ábra. Ágasbelűek: A) *Pseudoceros bifurcus*, B) bolyhos örvényféreg (*Thysanozoon brocchi*), C) *Eurylepta*-faj, D) *Pseudoceros ferrugineus*, E) *Pseudobiceros bedfordi*

20.4.2. Galandférgek (Cestodes) osztálya

A galandférgek teste az élősködő életmódhoz történő alkalmazkodás következtében erősen specializálódott. Testük rögzítésre szolgáló elülső részből (*scolex* v. **dajka**) és az utána következő, ízektől felépülő **féregláncból** (*strobila*) áll. A *strobila* gyarapodása a *scolex* mögötti, ún. gyarapodási (germinatív) zónában történik (20.1.B, C). A galandférgek közül a **horgasfejű** (*Taenia solium*) (20.4. ábra) és a **simafejű galandféreg** (*Taenia saginata*) az ember élősködői, vagyis az ember a végleges gazda, amelyben a 6–8, illetve a 10 m-t is elérheti a kifejlett féreg hossza. A hatalmas méret miatt a végleges gazdában rendszerint csak egy parazita van, amely elsősorban a táplálékot vonja meg a gazdától, nem kelt fájdalmas tüneteket, azonban éveken át jelen van. A köztigazdák a sertés (horgasfejű galandféreg) és a szarvasmarha (simafejű galandféreg). A köztigazda számára igen kellemetlen, fájdalmas tünetekkel jár a fertőződés: a peték az elfogyasztott táplálékkal jutnak be a bélcsatornába, majd a kikelő lárvák onnan a bélfalat átfúrva a fajra jellemző helyre kerülnek, és borsókává alakulnak. (A sertésben az izmokban és az agyban (20.4.E ábra), a szarvasmarhánál az izomzatban, gyakran a nyelvben.)

Ha az ember a petékkel fertőződik, akkor a köztigazda sorsát szenved el a szó szoros értelmében. Ha rosszul átsült hús fogyasztásával jutnak a borsókák a szervezetbe, akkor a féreg a vékonybélben kifejlődhet, és ott élősködik. A fertőzés ilyenkor nem jár fájdalommal.

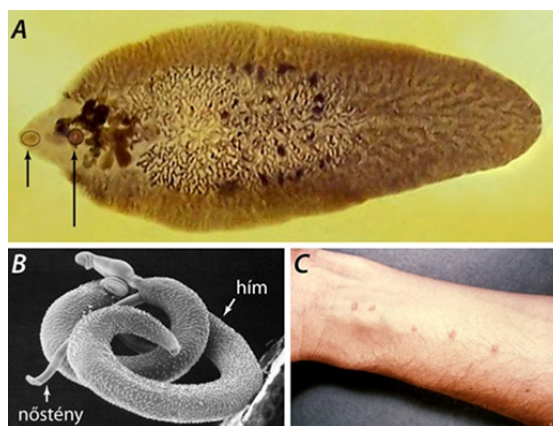


20.4. ábra. Galandférgek: A) horgasfejű galandféreg (*Taenia solium*), B) horgasfejű galandféreg elülső testvége: a gazda bélfalához rögzítő dajka (*scolex*) és az első ízek, C) a dajka közelről: horgokkal és 4 szívókával, D) az ízek mikroszkópos képén az ivarszervek láthatók, legfeltűnőbb az elágazó méh, E) Sertésagyvelő metszete a benne levő borsókákkal, végül F) a borsókák szöveti metszetben (B, C, D, F mikroszkópos felvételek)

A gazdaváltás során két köztigazda is szükséges lehet az egyedfejlődési program teljesítéséhez. A *Diphyllobothriidae* családban az 1 méteresre megnövő szíjgalandféreg (*Ligula intestinalis*) lárvája a vízben élő evezőlábú rákokból a tápláléklánc mentén kerül be a kisorsákgyaszító pontyfélé halakba, onnan pedig a végleges gazdába, egy vízimadárba. Az ember széles galandférgre akár 13 méteresre is megnőhet. Köztigazdái azonos állatcsoportok fajtái.

20.4.3. Közvetett fejlődésű mótelyek (Trematoda vagy Digenea) osztálya

Ebben a csoportban is több humánélősködő akad. Az egy köztigazdás **májmótely** (*Fasciola hepatica*) mellett a két köztigazdás **lándzsás mótely** (*Dicrocoelium dendriticum*) is említésre méltó, mint világszerte az emberben is felbukkanó parazita, holott a végleges gazdái a juh és a szarvasmarha, ahogyan a májmótelynek is. A lárvális fejlődés a szárazföldi zebracsigában kezdődik, majd a farkos lárvák hangyába kerülnek és a növendékmótelyek jutnak be a hangya elfogyasztásával a végleges gazda epeutáiba. A **vér-mótelyek** az ember számára legveszélyesebb laposférgek közé tartoznak, évente közel egymillió ember halálát okozzák. A bilharziázist okozó trópusi *Schistosoma mansoni* farkoslárvái a bőrt, illetve a hámot átfúrva jutnak be a végleges gazdába, az emberbe (20.5. ábra). A bélfodor (mesenterium) ereiben élnek, és kifejletlen évtizedeken át ontják a petéket. A képződő peték folyamatosan intenzív működésre késztetik az immunrendszert, ami a máj és a lép megnagyobbodását eredményezi. A mótelyek a máj keringési rendszerének tönkretételével végül halált okozhatnak.



20.5. ábra. Métélyek: A) májmétely (*Fasciola hepatica*), B) vérmételyfaj (*Schistosomamansoni*), a bilharziázis okozója; a vékonyabb nőstény a hím hasi oldalán levő ivarcsatornában foglal helyet. C) az ember bőrén viszkető kiütések jelzik a vérmétely farkoslárváinak behatolási helyét

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Adja meg röviden a laposférgek összefoglaló és anatómiai jellemzését! Sorolja fel az ide tartozó osztályokat!
2. Mutassa be az örvényférgek osztályát, édesvízi és tengeri példákkal!
3. Jellemezze a galandférgeket és a mételyeket, és térjen ki egészségügyi vonatkozásukra is!

21. fejezet - Puhatestűek (Mollusca) törzse - (M.K.)

Az állatvilág második legnagyobb törzse, mintegy 50 ezer–130 ezer faj tartozik ide. Méretük a néhány millimétertől a 16 méterig terjed. Meleg és hideg tengerekben, édesvizekben, valamint szárazföldön is előfordulnak. Planktonfogyasztók, növényevők vagy ragadozók, ám az ekto-, sőt az endoparazitizmus sem ismeretlen körükben (elől- és hátulkopoltyús csigák, tüskésbőrű gazdaállatokkal). Sok fajuk gazdaságilag jelentős, halásszák és tenyésztik is őket. Egyes csoportjaik képviselői neuroanatómiai, idegéletteni, valamint viselkedéstani kutatások kísérleti alanyai. Bámulatos szépségű vázaik a tengerfenéken felhalmozódva közetté (mészkö) vál(hat)nak; kövületeik alapján pedig földtörténeti kormeghatározásokat végeznek.

21.1. Általános jellemzés

A puhatestűek **testtájai** a fej, a láb és a zsigerzacskó. Fejük az érzékszervek jelentős részét hordozza, és a központi idegrendszer foglalta magába. Láruk izmos mozgásszerv; ennek származékai a fejlábúak tölcse, tapogatói és karjai. A zsigerzacskó a belső szerveket tartalmazza.

A törzsszinten jellemző **köpeny** (*pallium*) a köztakaró kettőzete, amely a külvilágba nyíló köpenyüreget veszi körül. Az utóbbiban található szervek (pl. kopoltyú) az ún. köpenyszervek. A köpeny külső felszíne a héjat hordozza, amely így a zsigerzacskót (is) védi.

21.2. Leszármazás

A puhatestűek a földtörténeti óidőben, a kambrium időszak elején jelentek meg. Olyan, talán örvényféregszerű csoportból származnak, mint amilyen a ma is élő laposférgek, gyűrűsférgek és puhatestűek báziscsoportja lehetett (Lophotrochozoa, 16.10. ábra). A fenti állatcsoportokon belül a gyűrűsférgeknek és a puhatestűeknek sok közös vonásuk van; elsősorban a spirális barázdálódás és a csillókoszorús lárva megléte.

A primitív puhatestűek féregszerű állatok lehettek, hátukat meszes tüket tartalmazó, kitinszerű kutikularéteg boríthatta. Köpenyüregeikben két kopoltyút hordhattak, szájjagratüregeikben reszelőnyelv (radula) volt. Keringési rendszerük nyílt, idegrendszerük hasdúcúlszerű lehetett.

21.3. Szervezetani jellemzés

Az alább bemutatott csoportok testfelépítése nagyon különböző, így arra részletesebben az adott osztályoknál térünk ki. Itt csak rövid, általános jellemzést adunk, melynek részleteit a szervrendszerekkel foglalkozó fejezetek tartalmazzák.

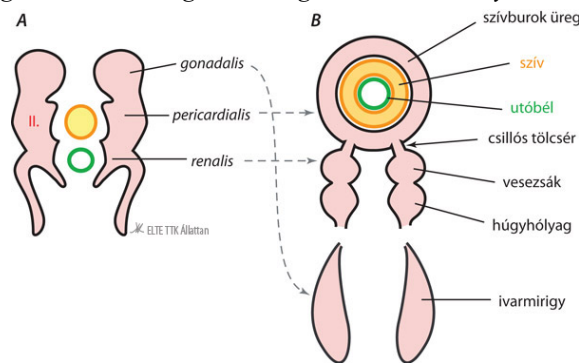
A puhatestűek köztakarója **bőrizomtömlő**, amelynek köpenyszegélyén fejlődő felhámja (epidermis) **külső vázat** termel. Ennek funkciói a védelem vagy a lebegtetés (hidrosztatikai váz, 6.9. ábra). Redukálódhat, sőt el is tűnhet. A köpenyszegény képződménye a szifó, amely hosszabb-rövidebb csőszerű nyúlvány.

Tápcsatornájuk háromszakaszos, felépítése a táplálkozásnak megfelelően alakult. A törzsre jellemző jellegzetességei a **reszelőnyelv** (*radula*) és az állkapocs, valamint a **középbél mirigy** (*hepatopancreas*) megléte. Az utóbélhez tintazacskó kapcsolódhat (lábasfejűek). Légzőszerveik köpenyszervek, **kopoltyú vagy tüdő**. A kopoltyú felépítése a kagylók rendszerezésében fontos szempont (l. 21.4.3. fejezet). A légzőszervek mellett a légzésben – még a fejlett csoportoknál is – a testfal és a köpenyfal is részt vesz. Légzőpigmentjük a *hemocianin* és ritkábban a *hemoglobin*. Kiválasztószervük **módosult vesécske**, amely többnyire vesét (*ren*) képez. **Keringési rendszerük nyílt**, szívük (*cor*) a szívburok (*pericardium*) üregében helyezkedik el. A puhatestűek többsége **váltivarú** (pl. a kagylók többsége, lábasfejűek), de vannak közöttük **híműek is** (pl. szárazföldi csigák). Ez utóbbi esetben az ivarmirigyek petesejteket és hímvarsejteket egyaránt termelnek (!), ivarmirigyük tehát ún. hímnős mirigy (*ovotestis*). Egyes fajok képesek nemük megváltoztatására (pl. tavikagyló).

Idegrendszerük dúcidegrendszer, amelyben a páros dúcokat hosszanti idegkötegek kötik össze. Garatideggyűrűjük van. A fejletlen csoportok idegrendszere hasdúcúcláncszerű, míg a magasabbrendűeké a dúcok egyesülése, s ezzel a központosulás jellemző. **Érzékszerveik** változatosak. A tapogatók, helyzetérzőszervek és szemek a primitívebb csoportokban hiányoznak. A többi csoport képviselőinek fején rendszerint kemo- és mechanoreceptorokkal ellátott tapogatók találhatók. A helyzetérző szerv a lábban, a kemoreceptorként funkcionáló érzékszerv (érzékhámmal borított, köpenyüregbe nyíló kis gödör) pedig a köpeny területén helyezkedik el. A puhatestűek többségének életében a fényérzékelésnek kiemelkedő szerepe van: csésze- és hólyagszemeik is lehetnek.

21.3.1. Testüregviszonyok

Egy általánosított felépítésű puhatestű egyedfejlődése során az embrió jobb és bal oldalán megjelenő mezodermatelep – amely másodlagos testüreg (deuterocoelomát) tartalmaz – három-három részre különül. Ezek kezdetben természetesen kapcsolatban vannak egymással. Később a három rész közül az egyik a szívet veszi körül (ez a szívburok, pericardium), egy szomszédos pedig a vese üregét képezi (renalis coeloma) (21.1. ábra). E kettő megtartja az egymás közti összeköttetését, amely a kifejlett állatban csillós tölcsérként jelenik meg. A harmadik elkülönül az előzőektől, és messzire vándorolva az ivarmirigyek üregévé alakul (gonadalis coeloma). A szívburok, a vesezsák, valamint az ivarmirigyek ürege tehát másodlagos testüreg eredetű tér, amelyet mezodermális falazat vesz körül.



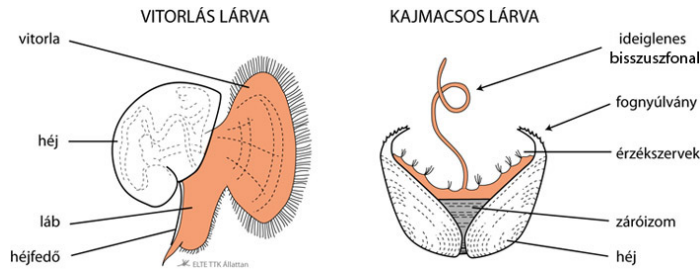
21.1. ábra. A deuterocoeloma tagolódása puhatestűeknél (keresztmetszetek): A) Általánosított, korai fejlődési állapot: középen a szív átmetszete, alatta a tápcsatornáé, kétoldalt a még egységes másodlagos testüreg (II.). B) A kifejlett kagylók testüregviszonyai: a szív kamra körülövi az utóbél, a szív körül a pericardialis, alatta és vele kapcsolatban a renalis coeloma, tőlük távolabb a gonadalis coeloma található. Látható, hogy e testüregrészek a fejlődés során változtatják helyzetüket (vándorlásukat szürke, szaggatott vonalú nyilak jelzik)

21.3.2. Fejlődésmenet, lárvatípusok

A puhatestűek a spirálisan barázdálódók (Spiralia), azon belül a tapogatós-csillókoszorús állatok (Lophotrochozoa) csoportjába tartoznak. Primitív lárvatípusuk a **csillókoszorús lárv** (*trochophora*), míg fejlettebb puhatestűeknél megjelenik a **vitorlás lárv** (*veligera*) is (21.2. ábra).

A „vitorla” csillókat viselő, mozgatható, lebegtetésre használatos szerv, páros nyúlványai a csillókoszorús lárv egyik csillókoszorójából fejlődnek. E lárvatípusnak már van köpenye, héjkezdeménye és lába. A puhatestűek jelentős részénél a *trochophora* a peteburokban átalakul, s csak a vitorlás lárv kel ki (az édesvízi kagylók közül pl. ilyen a vándorkagyló).

Az édesvízi kagylók (pl. a tavikagyló) speciális vitorlás lárvája a kajmacsos lárv (glochidium, 6. ábra): halak kopolyájához rögzül (teknőjének szegélyén fognyúlványok, s ideiglenes bisszuszfónál segíti ebben), hetekig innen táplálkozik, s viteti magát (elterjedés), majd átalakulva leválik, s önálló életet kezd.



21.2. ábra. Puhatestűek vitorlás és kajmacsos lárvája. A vitorlás lárvának két csillós lebenye van, a kajmacsos lárvának héjkezdeménye és a rögzítését szolgáló ideglenes bizzuszfonala

Az édesvízi és egyes tengeri csigáknak, kagylóknak, valamint a legfejlettebbnek tartott lábasfejűeknek nincsen szabadon úszó lárvájuk: petéikből már átalakult fiatal állatok kelnek ki.

21.4. A puhatestűek csoportjai

A puhatestűek törzse testfelépítés és életmód szempontjából nagyon változatos. A következőkben csak az összefüggő héjjal rendelkező (Conchifera) altörzs legismertebb, legnépesebb és gazdasági jelentőséggel is bíró osztályait mutatjuk be röviden.

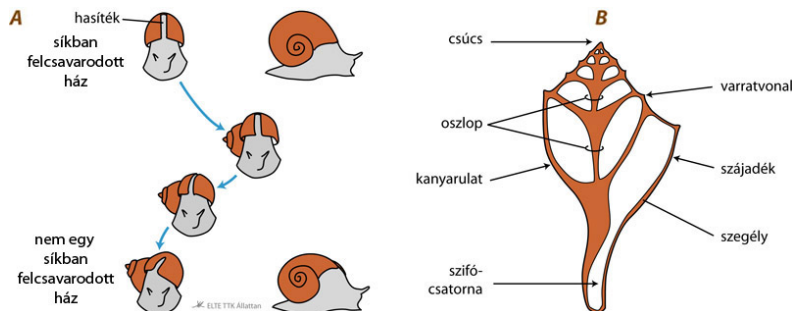
21.4.1. Csigák (Gastropoda) osztálya

A puhatestűek legnépesebb csoportja: 15 ezer kövület, s 40 ezer ma élő, tengeri, édesvízi és szárazföldi faj tartozik ide. Testtájaik a fej, a láb és a zsigercsákó. Jellemzőjük a **felcsavarodott ház**, amely a primitív csigáknál két félből áll és síkban felcsavarodott (*planospiralis*). A legtöbb csiga háza azonban olyan, hogy a későbbi kanyarulatok az előbbieknél alatta és azokon kívül fekszenek (azaz ún. *helicospiralis*) annak érdekében, hogy a zsigerek kiegyensúlyozottabban feküdjenek a lábon (21.3. ábra).

A csigaház részei a csúcs, a kanyarulatok és az azok tengelyében húzódó oszlop.

Ez utóbbihoz kapcsolódik a csigák legnagyobb, legfejlettebb kiegyenült (azaz meghatározott eredési és tapadási hellyel rendelkező) izma, melynek szerepe a belső szervek és a fej, valamint a láb visszahúzása a házba.

Az egymás feletti kanyarulatok a varratvonalakban találkoznak. A legutolsó, egyben legtágasabb kanyarulat hozza létre a szájadékot, amelyet a perem szegélyez. A szájadék egyes fajoknál (ragadozók) hosszú szifócsatornában folytatódik (21.3. ábra). A legtöbb csigaház jobbra csavarodó, azaz ha a héjat csúcsával felfelé és szájadékával magunk felé fordítjuk, a szájadék jobb kéz felé esik. A ház szerkezete, színezete és mintázata rendszertani bélyeg.



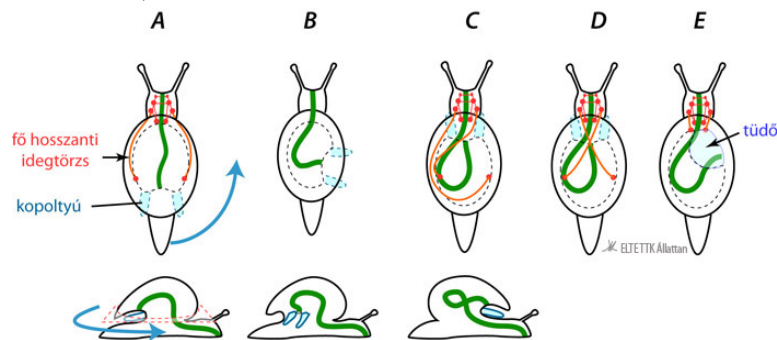
21.3. ábra. Csigaház szerkezete. A) Felül az ősi típusú, síkban felcsavarodott házat látjuk szemből és oldalnézetből. Ebből alakult ki a nem egy síkban felcsavarodott ház, amelynek kicsit döntött helyzete stabilabbá teszi a zsigercsákó hordozását. B) Az általános csigaház hosszmetstetén jól látható a csúcs, az oszlop, a kanyarulatok, a közöttük lévő varratvonalak, a kiszélesedő utolsó kanyarulat szegélyén pedig a szájadék és a hosszú szifócsatorna

A csigák evolúciója során az állatok szimmetriaviszonyai jellegzetes módon változtak (21.4. ábra).

Az első lépésben az eredetileg hátulsó helyzetű köpenyüreg a fej fölé, előre került (a folyamat neve áthajlás, flexio). E pozíció előnyével kapcsolatban több feltételezés is született. A köpenyüregben található kémiai érzékszerv segítségével az állatok így a haladási irányukba eső víz összetételét lettek képesek érzékelni. Az sem kizárt, hogy ettől kezdve veszély esetén fejüket hamarabb tudták a biztonságot nyújtó házba visszahúzni, mint annak előtte.

A második lépés a csavarodás (torsio), amelynek során egyes, eredetileg bal oldali szerveik jobb oldalra, a jobboldaliak pedig baloldalra kerülnek. A folyamat egyik következményeként fő idegtörzseik kereszteződtek: az ősi, elsődleges egyenesidegűségből így létrejött az ún. keresztezettidegűség, illetve egyes páros szerveik páratlaná váltak (pl. vese, kopolytű) – a redukálódó szervek eltűnése talán a víz áramlását tette hatékonyabbá a köpenyüregben. E két folyamat következményei minden ma élő fajon megfigyelhetők.

A harmadik lépés, az ún. visszacsavarodás (detorsio) csak bizonyos fajokat érintett. Ennek eredményeként a köpenyüreg oldalsó-hátulsó helyzetbe tért vissza, s a helyzetüket változtató szervek „visszakerültek” eredeti pozíciójukba: megszűnt a keresztezettidegűség, másodlagos egyenesidegűség alakult ki (a páratlan szervek azonban továbbra is páratlanok maradtak).



21.4. ábra. A csigák evolúciója során lezajlott változások és következményük az idegrendszer szimmetriaviszonyaira. Az ábrásor felső sora felülnézetben, az alsó sora pedig oldalnézetben mutatja be az áthajlás folyamatát (A–C: az eredetileg hátsó helyzetű, hátrafelé nyíló köpenyüreg a fej fölé került, s ettől kezdve nyílása előrenézett.). Ezt a csavarodás (D) és a visszacsavarodás (E) eseménye követte. E folyamatok során az elsődleges egyenesidegűséget (A–C) felváltotta a keresztezettidegűség (D), majd a tüdőcsigáknál másodlagos egyenesidegűség alakult ki (E), ahogy azt a fő idegtörzsek lefutása jelzi. (A rajzokon a zöld színű vonal a tápcsatorna lefutását jelzi, a piros pöttyök pedig dúcok)

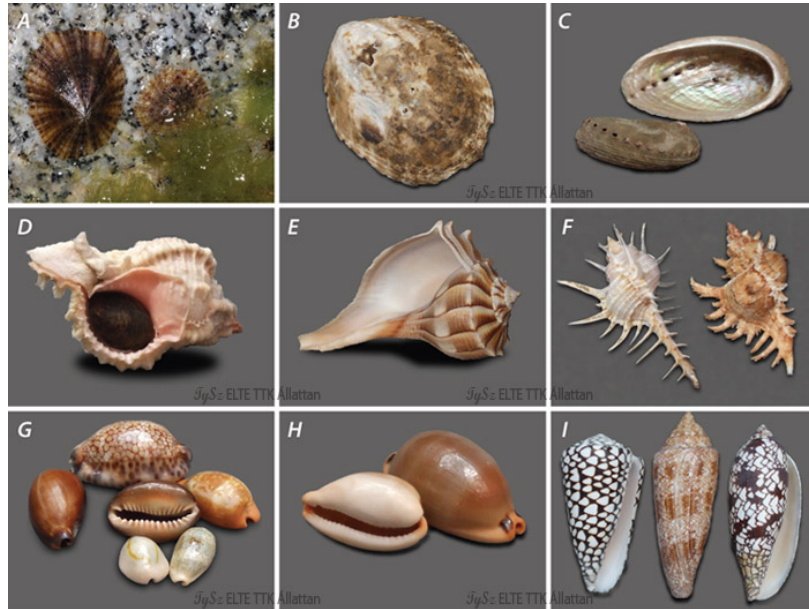
A csigák alosztályszintű besorolásához azt kell megvizsgálni, hogy testfelépítésük a fentebb említett, többlépéses folyamat mely állomását tükrözi.

Csupán jelezzük, hogy az e szempontok alapján felállított csoportosítás a genetikai vizsgálatok eredményei alapján nem tükrözi kellő pontossággal és részletességgel a leszármazási viszonyokat, azaz a csigák rendszere az itt bemutatotthoz képest jelentős átrendeződésen megy keresztül. Az állatcsoporttal való ismerkedés kezdetéhez azonban az itt közölt rendszert ajánljuk.

Az **előlkopolytűs csigák** (Prosobranchiata) keresztezettidegűek, köpenyüregük a fejük felett fekszik, tehát a 21.4. ábra C-vel jelölt állatának felelnek meg. Névadó tulajdonságuknak megfelelően **kopolytűik a szív előtt** helyezkednek el. Házuk mindig van, s ennek szájadékát gyakran a láb háti felszínén hordozott **héjfedő** zárja le (21.6.A,B ábra). Köpenyszegélyük gyakran messzire kinyújtható szifót képez. Ivarszervrendszerük egyszerű.

Képviselőik (21.5. ábra) közül a tengerpartokon, az árapályzónában, a tapadó vagy csészecsigákkal (*Patella*-fajok) találkozhatunk, amint kúp alakú házukat erősen a sziklához tapasztják. A **fülcsigák** (*Halio*-fajok) házának kanyarulatai redukáltak, az utolsó azonban hirtelen és nagymértékben kiszélesedő, ezáltal házuk viszonylag lapos, ovális. Szájadékát apró nyílások sorozata kíséri: a peremtől távolabbiak a köpenyüregbe vezetnek, s a légzővíz innen történő eltávolításában játszanak szerepet; a szájadékhoz közelebbieken a köpenyszegély tapogatói nyúlnak ki. Házuk ősi jellegzetessége miatt érdemes megemlíteni a hasítócsigákat: a ház utolsó kanyarulatának területén húzódó rés, amely a végbélnyílásnál kezdődik, és a salakanyagok leadását hivatott egyszerűsíteni, ősi bélyegnek számít, így e csoport is a rendszer elején foglal helyet. Néhány fajuk él az Indo-Pacifikus térség és a Japán környéki vizek mélyén. A szó szoros értelmében legértékesebb csigaházak tulajdonosai is az előlkopolytűsok csoportjába tartoznak: ezek a kauri-, porcelán- vagy **pénzcsigák** (*Cypraea*-fajok), amelyek utóbbi nevüket az Indo-Pacifikus térség hajdani kereskedelmi életében betöltött szerepükről kapták. A hidegebb Földközi-tengerben is élnek. Az

előkopoltyúsok híres-hírhedt képviselői a főleg az Indo-Pacifikus térségben élő ragadozó (férgeket, csigákat, kisebb halakat fogyasztó) **kúpcsigák** (*Conus-fajok*): amilyen tetszetős mintázatú a kúp alakú házuk, olyan (emberre is) veszélyes neurotoxint is tartalmazó mérgejük. A Mediterráneumban gyakran lehet találkozni olyan kagylóteknővel és csigaházakkal, amelyeken pici, fűrt lyuk látható. Ezek részben a **tüskés bíborcsiga** zsákmányszerzésének következményei: *radulájával* megsérti a zsákmány vázának felszínét, majd valószínűleg savat tartalmazó nyálat bocsát a lyukba. A mechanikai és kémiai hatások segítségével képes átfúrni áldozata vázát, s így közel kerülhet annak lágy szöveteihez. Az ókorban a bíborcsigából vonták ki a kelmék színezéséhez használt bíborszínű festéket.



21.5. ábra. Előkopoltyús csigák néhány tengerben élő képviselője: csészecsigák (*Patella caerulea*, A) és egy másik *Patella*-faj, B), fülcsiga (*Haliotis tuberculata*, C), héjfedővel lezárt szájadékú tüskécsiga (*Phyllonotus globosus*, D), ellentétescsiga (*Bursycon contrarium*, E), tüskécsigák (*Murex nigrispinosus*, *Chycoreus asianus*, F), porceláncsigák (G, H: *Cypraea lurida*) és kúpcsigák (*Conus*-fajok, I)

Az alosztály édesvízi fajai a nálunk is honos **fiállócsiga** (*Viviparus*-fajok) és a közönséges vízicsiga (21.6.A, B ábra). A fiállócsigák nevének magyarázata az, hogy belső megtermékenyítésűek, s utódaik egy ideig az ivarutakban fejlődnek. A csoport egy szárazföldi képviselője a hazánkban is előforduló nyugati ajtócsiga (*Pomatias elegans*¹) kopoltyúi visszafejlődtek, így – hasonlóan a tüdőcsigákhoz – légzőszervként köpenye erekek dúsán behálózott falát használja.

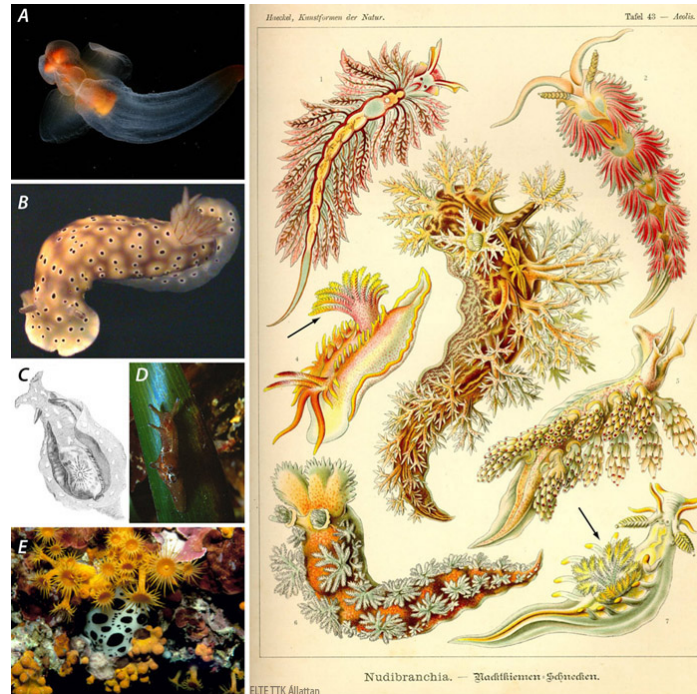


21.6. ábra. Hazai előkopoltyús csigák: a házából éppen előbújó közönséges vízicsiga (*Bithynia tentaculata*, A–B) és a házába visszahúzódtott fiállócsiga (C). Mindkettőnél jól látható a héjfedő, amellyel a ház szájadékát zárják le. A közönséges vízicsiga fotóin erre piros nyíl mutat

Az ún. **hátulkopoltyús csigák** (Opisthobranchiata) az általunk követett rendszerben egy másik alosztályt alkotnak. Mivel a csigák szimmetriaviszonyait meghatározó lépések mindegyikén túljutottak, sok fajuk ismét egyenesidegűvé vált (másodlagos egyenesidegűség, 21.4.E ábra). A **héj és a köpenyüreg** azonban **gyengén fejlett vagy hiányzik** (csupasz kopoltyúsok) náluk, s ez alapján ránézésre elkülöníthetők más alosztályok tagjaitól (21.7. ábra). Fejükön többnyire két pár tapogató van, egyes, lebegő életmódot folytató fajaik lába úszásra módosult: fejhez közeli része kiszélesedett, farki része megnyúlt – ilyenek a bálnák táplálékául is szolgáló tengeri pillangók (*Clione*-fajok, 21.7.A ábra). A köpenyüreg elvesztésével együtt járt a kopoltyúk elvesztése, így a hátoldalon vagy a végbélnyílás körül

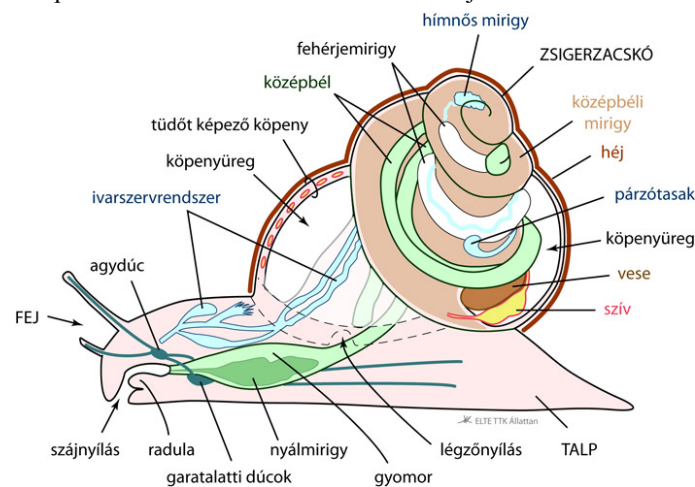
¹http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomatias_elegans_.jpg

csokorba fogott **másodlagos kopoltyúkat** hordoz(hat)nak (Dollo-törvény²). Egyes fajaik hátoldalán sorba rendezett, ujjszerű függelékek találhatók (pl. *Aeolis*-fajok, 21.7. ábra jobb oldala, 2. számú állat), amelyek tengelyébe a középbéli mirigy lebenyei is benyúlnak: ezekben a táplálékként elfogyasztott csalánozók épen megőrzött csalántokjai halmozódnak fel (l. még tápcsatorna és 19.2.1. fejezet). A függelékek mellett, hogy védik tulajdonosukat (elég egyszer megkóstolni egy ilyen csigát!), egyben légzőszervként is szolgálnak. Mivel neuroanatómiai és idegéletteni kísérletek gyakori alanya, megemlíjtük az ide sorolt **tengerinyulát** (*Aplysia*-fajok) is (21.7. ábra).



21.7. ábra. Hátulkopoltyús csigák: tengeri pillangó (*Clione*-faj, A), csupaszkopoltyús csiga (*Risbecia tyroni*, B), a Földközi-tengerben honos egyik tengerinyúl (faj) (*Aplysia punctata*, C, D), fehér alapon fekete foltokat viselő leopárdcsiga (*Peltodoris atromaculata*, E). A jobboldalon Haeckel illusztrációi

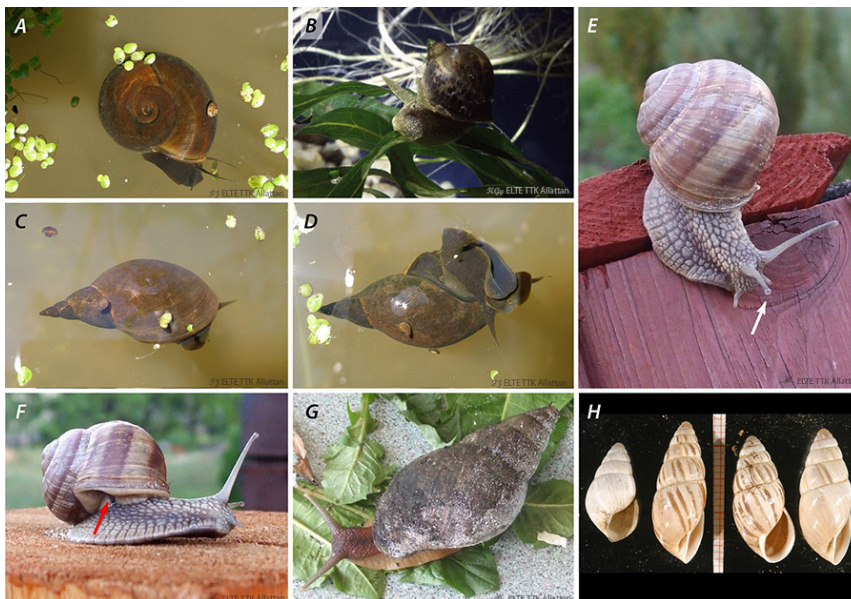
A csigák harmadik alosztályát a **tüdőscsigák** (Pulmonata) alkotják. Héjuk rendszerint van, a héjfedő viszont általában hiányzik. Kopoltyújuk nincs, köpenyüregük jobb oldali fala (a köpeny belső felszíne) légzőszervvé, **tüdővé** alakult. Idegrendszerük koncentrált, másodlagosan egyenesidegűek (21.4.E ábra). **Hímzőselek**, bonyolult felépítésű és működésű ivarszervrendszerrel. A lárvastádiumok legtöbbször hiányoznak. Szárazföldi, édesvízi, ritkán tengeri fajok. Testfelépítésüket vázlatosan a 21.8. ábra mutatja.



²Az evolúció egyirányúságát, visszafordíthatatlanságát fogalmazza meg: az evolúció során eltűnt szervek nem jelennek meg újra (egy leszármazott faj nem hoz létre őseivel megegyező utódot).

21.8. ábra. A tüdőcsigák testfelépítése az éticsiga alapján (vázlatrajz). A tápcsatorna felhúzódik a zsigerzacskóba csakúgy, mint az ivarszervrendszer, mely utóbbi külvilágba vezető nyílása a jobb oldali hosszabb tapogató alatt van. A szív és a vese a zsigerzacskó mellett, még a köpenyüregben foglal helyet. (A köpenyüreg megkerüli hátulról az első kanyarulat végét)

Két rendjük az **ülőszeműek** (Basommatophora) és **nyelesszeműek** (Stylommatophora). A nevek arra utalnak, hogy az első rendbe tartozó állatok szemei a hosszabb tapogatók tövében, míg a második csoportba tartozóknál azok csúcán találhatók. Ülőszemű tüdőcsigák a nagy tányércsiga (*Planorbarius*-fajok), a balogcsiga (*Physidae*-fajok), a **mocsári csiga** (*Lymnaea stagnalis*), valamint a májmétely köztes gazdája, a **törpe iszapcsiga** (*Galba truncatula*³). Hazai szárazföldi csigáink jelentős része a nyelesszeműek rendjébe tartozik. Az ide sorolható **éticsiga** (*Helix pomatia*) magyar neve kifejezetten utal az ételmezésben betöltött szerepére. Száraz, meszes vidékeken él a **zebracsiga** (*Zebrina detrita*), amely a lándzsás métely köztes gazdája. 23 cm-es házukkal a legnagyobb tüdőcsigák, s egyben gazdasági kártevők az afrikai **achátcsigák** (*Achatina*-fajok, 21.9. ábra).



21.9. ábra. Tüdőcsigák: az ülőszeműekhez tartozó nagy tányércsiga (*Planorbarius corneus*, A), balogcsiga (*Physidae*-faj, B), nagy mocsári csiga (*Lymnaea stagnalis*, C, D). A nyelesszeműekhez tartozó éticsiga (*Helix pomatia*, E–F): az E képen fehér nyíl mutatja a szem tapogató végi helyzetét, az F fotón pedig piros nyíl a légzőnyílást. Achátcsiga (*Achatina*-faj, G), zebracsiga háza (*Zebrina detrita*, H)

21.4.2. Lábasfejűek (Cephalopoda) osztálya

A lábasfejűek osztályát 600–650 faj képviseli. **Mind tengeriek** (vízközt vagy alzaton élő fajok) és ragadozók. A gerinctelen állatok között a legintelligensebbek. **Testük hát-hasi irányban megnyúlt:** a test hátulsó része a (háti fekvésű) zsigerzacskónak, elülső része (a fej és a karok) pedig a hasi oldalon lévő testtájának (fej, láb) felel meg. Méretük a néhány centimétertől 16 m-ig terjed.

A külső **héj** vagy az egész állatot védő, jól látható képződmény (csigáspolipok), vagy az epidermisz által körülvett, felszín alá süllyedt, rejtett, redukált váz (tintahalak, kalmárok). A polipoknál hiányzik. Mezodermális eredetű porcos, **belső vázuk** is van. **Karjaik** más puhatestűek lábának elülső részéből differenciálódtak, s tapadókorongokat viselnek, ellentétben a **tapogatókkal** (fogókarokkal), amelyeknek csak kiszélesedő részén vannak tapadókorongok (21.11.D ábra). A ventrális testfalat a vastag, izmos köpenyfal alkotja. Jellemző testrészüik a **tölcsér**, amely a fej alatt látható csőszerű képződmény, s a köpenyüregből vezet a külvilágba (szaggatott vonalú nyílak jelzik a 21.11. ábrán).

Az osztály tagjainak (a csigáspolipok kivételével) **színváltoztató képessége** bámulatos. A sejtek alakját és bennük a pigment szemcsék eloszlását az idegrendszer és a neuroendokrin rendszer szabályozza. A színezet és változása

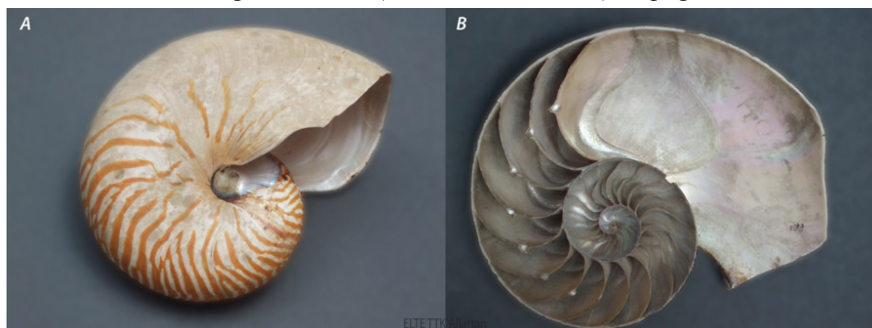
³<http://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Galba+truncatula&title=Special%3ASearch>

nem csupán a menekülő vagy vadászó állat elrejtését szolgálja, hanem a hangulat kifejezésére is alkalmas, a kommunikációban is fontos szerepet játszik.

Mozgásuk életmódjuktól, élőhelyüktől függően igen változatos. A nyolckarúaknál fontos szerepet kapnak a karok (elsősorban természetesen a part menti vizekben, az alzáton mozgó fajoknál). A tízkarúak zsigerzacskójának oldalsó élét úszószegély kíséri, melynek segítségével szinte más testrészük mozdtítása nélkül is képesek helyzetük változtatására. Gyors helyváltoztató mozgásoknál a „szökkenés” előkészítő fázisában megnövelik köpenyüregük térfogatát, melynek következtében a fej és a zsigerzacskó ventrális határán lévő nyíláson át víz áramlik be a köpenyüregbe. Ezt követően az izmos köpenyfal nagy erejű, hirtelen összehúzásával a köpenyüregből a külvilágba vezető tölcseren keresztül kipréselik a vizet, miközben hátralendülnek.

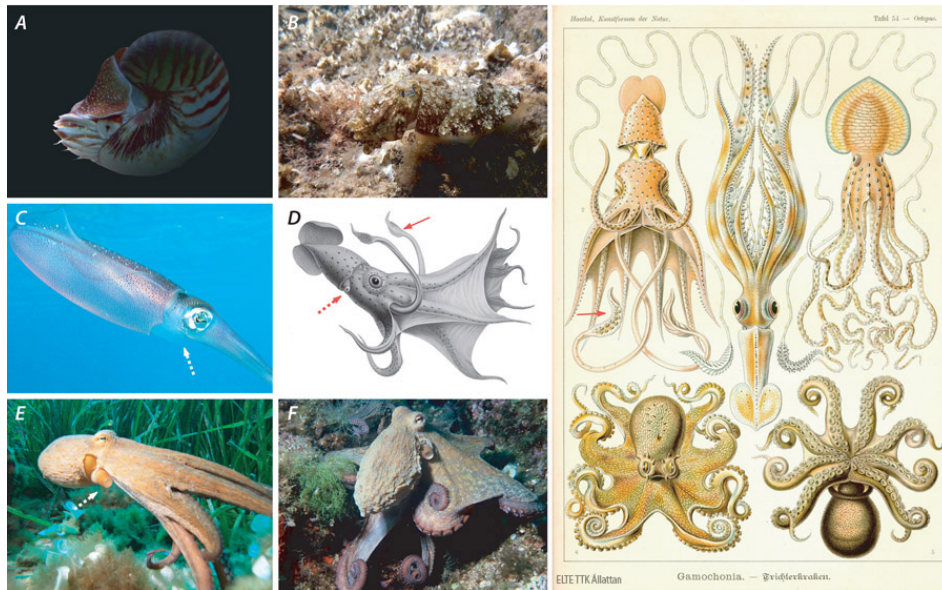
Reszelőnyelvük mellett két részből álló, **papagájcsőrszerű állkapcsuk** van. Nyálmirigyük mérget, ill. emésztőenzimeket tartalmazhat (testen kívüli emésztés), **tintazacskójuk** az utóbélhez kapcsolódik. Kopolyúik tövében kopolyúszivek alakultak ki, testfolyadékuk hemocianint tartalmaz. Központi idegdúcaik összeolvadtak, s a hatalmas szemekkel együtt a porcos fejtokban (a belső váz része) helyezkednek el.

A **csigáspolipok** a legprimitívebb lábasfejűek. Kamrákra osztott, egy síkban felcsavarodott, gyöngyházzréteggel bélelt héjuk hidrosztatikai váz (l. 6.1.3.1. fejezet): segítségével az ehető húsú pompás csigáspolip (*Nautilus pompilius*) 60 és 600 m között mozog a víztérben (21.10., 21.11.A ábra). Tapogatóinak száma közelíti a 100-at.



21.10. ábra. Csigáspolip (*Nautilus*-faj) ép (A) és kettéfűrészelt (B) háza. Utóbbin jól látszanak a kamrák, a válaszfalak, és a kamrarendszer egy részén végighúzódnó szifó nyoma

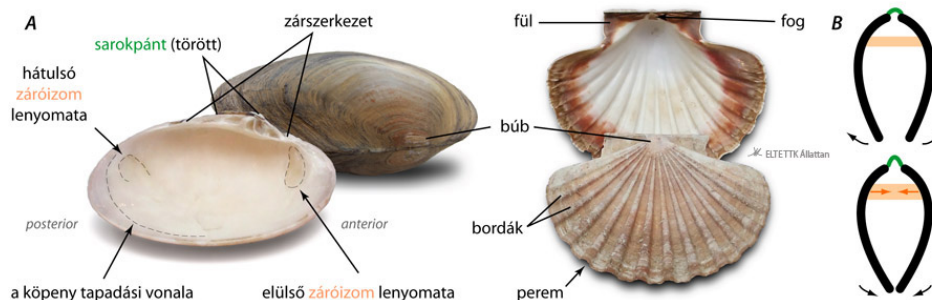
A **kalmárok és tintahalak** képviselőivel a közeli Földközi-tengerben is lehet találkozni. Tízkarúaknak is nevezik őket: 8 tapogatójuk és 2 fogókarjuk van – utóbbit villámgyorsan kinyújtva ragadják meg zsákmányukat. Külső vázuk maradt, de csökevényes: a testfelszín alá süllyedt héjuk kamrás (szépiacsont). Húsuk ízletes, ezért nyíltvízi fajukat halásszák. A **közönséges tintahal** (*Sepia officinalis*) jó úszó, kíváncsi állat, az ember közelségétől sem ijed meg. Éjjel vadászik. A kalmárok a nyílt vizeket kedvelik, partközelsébe ritkán, csak éjszaka jönnek. Kitűnően úsznak, nagy távolságokat képesek megtenni. A legendás óriáskalmárok nagy mélységekben élnek, és az ámbráscet táplálékául szolgálnak. Nyolckarúak a gömbölyded testű **polipok**. Héjuk csökevényes vagy hiányzik, de megjelenhet másodlagos váz (l. hajóspolip). Nyolc karjuk van, tapogatóik viszont nincsenek. A karok alakja, mérete, a tapadókorongok jellege és elhelyezkedése rendszertani bélyegként szolgál. A Földközi-tengerben a leggyakoribb a **közönséges polip** (*Octopus vulgaris*), valamint a mósuszszerű váladékot termelő pézsmapolip (*Moschites moschata*). A pelágikus életmódú hajóspolip (*Argonauta argo*) az Adriában is előfordul. Papírvékonyágú héjat csak a hímeknél ötször nagyobb nőstények hoznak létre.



21.11. ábra. Lábasfejűek: A) pompás csigáspolip (*Nautilus pompilius*), B) rejtőzködő közönséges tintahal (*Sepia officinalis*), C) kalmár (*Sepioteuthis sepioidea*), D) *Histiotheutis bonelli* (tapogatóját piros nyíl mutatja), E–F) közönséges polip (*Octopus vulgaris*). Az ábra jobb oldali része Haeckel munkája

21.4.3. Kagylók (Bivalvia) osztálya

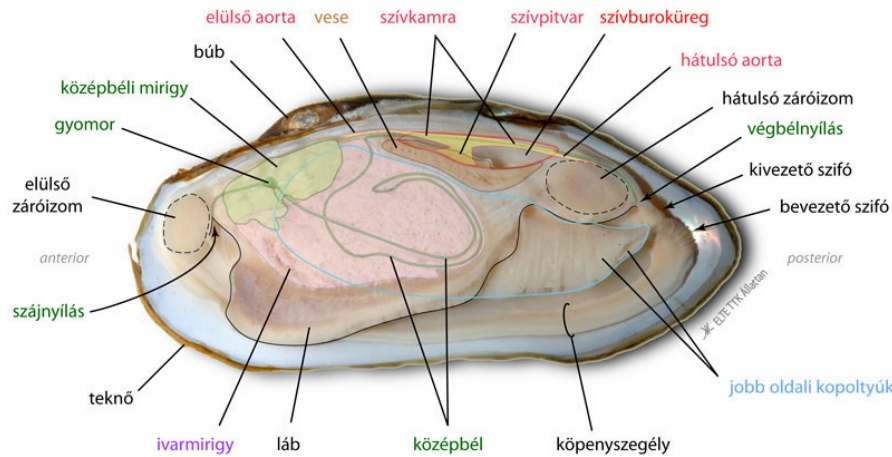
Mintegy 10 ezer fajjal a törzs második legnagyobb osztálya. Testnagyságuk 2 mm-től 1 m-ig terjed. Az osztály jellegzetessége a két részből (teknőből) álló héj, amelyet a hátoldalon rugalmas szalag, ún. sarokpánt kapcsol össze. Ez a teknőket szétvágni igyekszik, míg a teknők között húzódó záróizmok azokat összeszorítják. (Az elpusztult állatok teknői automatikusan szétnyílnak.) A teknők tökéletes, elmozdulást kizáró záródását a sarokpánt mellett elhelyezkedő zárszerkezet biztosítja, amely fogakból és lemezekből áll – egyes fajoknál hiányozhat. A zárszerkezet, illetve a teknő felszíni díszítése (pikkelyek, tüskék), a szegély jellege (pl. fogazottság), valamint az izomlenyomatok alakja, mérete határozóbélyeg. A teknők elülső vége lekerekített, míg a hátulsó hegyesebb. Az embrionális héj maradványa a teknők dorzális részén látható apró csúcs (búb) (21.12. ábra).



21.12. ábra. A kagylóteknő jellemzői: A) A teknők külső és belső felszínén jellegzetes struktúrák és mintázat található, amelyek a faj meghatározásában fontosak (ilyen a búb, az apró fogakból vagy lemezekből álló zárszerkezet, a perem és a teknő külső felszínének mintázata, díszítettsége. A belső felszínen látható záróizomlenyomatok alakja és elhelyezkedése is fontos információ). B) Az egymással szembe fordított teknőket keresztmetszetben látjuk (a teknők közül az állat „hiányzik”): felső szegélyüket a teknőket összefogó, rugalmas sarokpánt (zöld vonal) szétnyitja, ha a záróizmok (narancssárga vastag vonal) elernyed állapotban vannak (felső rajz). A teknők szorosan záródnak, ha a záróizmok összehúzódnak (alsó rajz)

A kagylók testtájai közül a fej hiányzik, ezért megjelenésük nagymértékben eltér a korábbiakban leírt általánosított testfelépítéstől, érdemes tehát a főbb szerveik elhelyezkedéséről a 21.13. ábra segítségével tájékozódni! Az ábrán látható, hogy a kagylók köpenyszervei közé tartoznak az izmos, fejsze alakú láb és a kopoltyúk. Ez utóbbiak szerepe kettős, hiszen nem csupán a légzésben, hanem a táplálékfelvételben is fontos szerepet játszanak. Emellett

kopoltyújuk típusa rendszertani bélyeg: a fésűs kopoltyúval rendelkező csoportok más alosztályba tartoznak, mint a fejlettebb, ún. lemezes kopoltyúval rendelkezők.



21.13. ábra. Kagyló testfelépítése: a középsíkban megfelezt állat jobb oldalát látjuk a szervek körvonalának metszéspontjára vetítésével (az elülső testfél balra esik)

A légzőszerv másik szerepe a táplálékszerzés: a kopoltyúlemezeken külső felszínét csillós hám borítja, amely nyálkatermelő mirigysejteket is tartalmaz. Miközben a víz a pórusok felé áramlik, hogy átmossa a kopoltyút, az általa szállított planktonikus élőlények a nyálkába tapadnak. A csillók csapódásával ezt a nyálkába tapadt táplálékot fonalakká sodorják és a szájnyílás felé hengergetik. Mivel a kagylóknak nincsen fejük, szájnyílásuk az elülső záróizom és a láb töve között található. Gyomruk speciális képződménye a **kristálynél**, amely kristályos enzimekből áll, pálcikaszerű képződmény. Mivel a táplálékkal egy kis víz is kerül az állat gyomrába, a kristálynél felszínéről oldatba lépnek az enzimek, miközben felveszik aktív konformációjukat, azaz megkezdik az emésztést. Ivarszervrendszerük egyszerű, **váltivarúak**, külső megtermékenyítéssel. Egyes fajaik a nemüket is tudják változtatni.

A kagylók központi idegrendszere roppant egyszerű (1. életmód). Köpenyszegélyük hámfájában azonban rengeteg a mechanoreceptor, és a szifók környéke kemoreceptorokban is gazdag – sőt, bizonyos fajoknál e terület színpompás szemek sokaságát is hordozhatja (pl. fésűkagylók).

Ismertebb kagylók a telepeken tenyésztett **osztrigák** (*Ostrea*-fajok) és az ehető kékkagyló (*Mytilus edulis*). Mivel a kagylók szűrőgető életmódot folytatnak, a vízből származó mérgező anyagok is felhalmozódnak szervezetükben, ezért csak ellenőrzött forrásból származó kagylót szabad fogyasztani! Ahogy az előzőekkel, úgy a nagy sonkakagylóval (*Pinna nobilis*) is találkozhatunk a Mediterráneumban. Az egyik üzemanyag-forgalmazó cég emblémájaként ismert a **nagy fésűkagyló** (*Pecten maximus*). A fésűkagylók mozgása nagyon szórakoztató: teknőik ritmikus összehúzómozgásával a köpenyüregükből hirtelen kilökik a vizet, és így a lábasfejűekre emlékeztető módon a vízszellexel ellentétes irányba szökkennek – erőfeszítésük eredményeként a bolharákhoz hasonló módon szökdecselnek a vízben. Nevezetesen még a gyöngykagylók és a korallzátonyok sziklái közé ékelődő **óriáskagylók** (*Tridacna*-fajok). Utóbbiak teknői gyakran használati tárgyak (hamutartó, szenteltvíztartó). Édesvízi, hazai fajok a **tavikagyló** (*Anodonta cygnea*), valamint a más fajok kiszorításával károkat okozó, szinte minden élő vagy élettelen tárgyra rátapadó **vándorkagyló** (*Dreissena polymorpha*, 21.14. ábra).



21.14. ábra. Ismertebb kagylók: A–D) óriáskagyló (*Tridacna gigas*) (a B ábrán a teknők között látható nagy nyílás a rögzítő bisszuszfonalak számára alakul ki, a C ábrán a zárókészülék fogai láthatók), E–F) nagy sonkakagyló (*Pinna nobilis*), G) ehető kékkagyló (*Mytilus edulis*), H) osztriga (bal teknője lapos, a jobb teknőnél látható kis fehér nyíl a zárókészülék fogára mutat), I) nagy fésűskagyló (*Pecten maximus*), J–L) vándorkagyló (*Dreissenia polymorpha*, nevének megfelelő változatossága az L fotón látható)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Adjon rövid, lényegre törő jellemzést a puhatestűek törzséről!
2. Mutassa be a csigák osztályát a következő szempontok alapján: anatómiai jellegzetességek, a csigaház felépítése, az osztályon belüli csoportosítás alapja, az elől- és hátulkopoltyús, valamint a tüdős csigák jellemzése, példák!
3. Adjon leírást a lábasfejűek osztályáról: foglalja össze az anatómiai tulajdonságaikat, térjen ki a külső ház alakulására, jellemezze a csigaház polipokat, a nyolc- és tízkarúakat!
4. Jellemezze a kagylók testfelépítését, különös figyelemmel a kopoltyú alakulására, s nevezzen meg tengeri és édesvízi példákat!

22. fejezet - Gyűrűsférgek (Annelida) törzse

22.1. Általános jellemzők - (T.J.)

A gyűrűsférgek az állatvilág közel 17 ezer fajt számláló törzse. Nevük a testüket felépítő szelvényekre utal. A **szelvényesség** – mint legismertebb tulajdonságuk – miatt a gerinctelenek között korábban központi jelentőséget tulajdonítottak nekik az összajúk leszármazása terén. Olyan jól ismert állatok tartoznak ide, mint a talajlakó giliszták, a vérszívásukról ismert piócák, amelyek a nyeregképzők (Clitellata) osztályának tagjai, de a zömük a tengerek legváltozatosabb élőhelyeihez alkalmazkodó, szabadon mozgó vagy helytülő soksertéjű (Polychaeta). Alaktani szempontból a **legváltozatosabb testfelépítést mutató féregcsoport**. Az élőhelyekhez való nagyfokú alkalmazkodóképességük összefüggésben lehet a szelvényesség biztosította evolúciós rugalmassággal. A **nyeregképzők** közel 5000 faja (köztük mindössze 500 a pióca) döntően szárazföldi és édesvízi, a **soksertéjűek** túlnyomó többsége azonban a tengerek lakója. A kontinens belsejében élő ember számára az avarlebontó giliszták képe jelenik meg a gyűrűsféreg szó hallatán. A tengerparti népek számára jóval több szempontból hasznosak: több fajukat fogyasztják, vagy halfogásra használják csaliként. Az alaki és élőhelyi változatosság mellett a méretük is igen széles tartományt fog át, a néhány 100 mikrométeres üledéklakóktól a 3 méter hosszúságú tengeri vagy trópusi talajlakó fajokig.

22.2. Leszármazásuk

Mivel szilárd vázuk nincsen, a gyűrűsférgek teste nem fosszilizálódik. Csupán állkapocsmaradványok és megkövült lakócsövek őrzik egykori őseik nyomát. Az első bizonyítottan Annelida ősmaradvány a kambrium időszakból származik, bár a proterozoikum vendi időszakából is előkerültek gyaníthatóan gyűrűsférgekhez tartozó leletek. A mai soksertéjű csoportok közül többnek a képviselői megjelentek a karbon időszak végére, ám az első kevéssertéjűeket csupán a harmadidőszakból ismerjük.

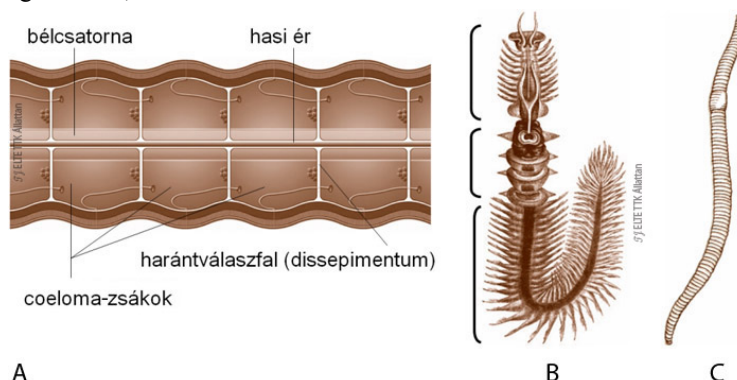
22.3. Szervezettani jellemzésük

Másodlagos testüreggel (*schizocoeloma*) rendelkező, **triploblasztikus** összajú állatok, a test újabb szelvényekkel való gyarapodása kaudálisirányban történik. Feji végüket a szelvénynek nem tekinthető **fejleány** és az azt követő, szájníllást tartalmazó **peristomium** alkotja. Ez után következik a **szelvényes test**, majd a testvéget alkotó **pygidium**, rajta a végbélníllással. Szelvényenként hám eredetű **sértéket viselnek**, amelyek morfológiája és elhelyezkedése rendszertani bélyeg. **Csonklábaik** lehetnek. **Tápcsatornájuk teljes** (háromszakaszos), csoportra jellemzően sokféle specializációt mutathat. Légzőszerveik lehetnek. Elsődlegesen **zárt keringési rendszerük van**, vérükben légzőpigmentek (pl. hemoglobin, hemoeritrin stb.) szállíthatják az oxigént. Kiválasztószervük jellemzően **vesécske** (*metanephridium*). **Váltivarúak**, csupán kis részük **hímnős**. Megtermékenyítésük külső. Jellemző náluk a csillókoszorús lárva (*trochophora*). Idegrendszerük jól fejlett **hasdúc-láncrendszer**. Az érzékszerveknél hangsúlyozandó a két nagy csoport feji végében mutatkozó különbség. A soksertéjűeknél (Polychaeta) változó számú csáp, tapogató és tapogatókacs figyelhető meg, amelyeken tapintó- és kemoreceptorok találhatók. A fejen feltehetőleg kemoreceptiót szolgáló kis gödrök (szagló-gödrök) is ismertek. Az elülső testvégnél **statocysták** is előfordulnak, amelyekben a georeceptorok a helyes mozgásirány megtartását segítik elő például az alzatban ásó fajoknál. Változatos felépítésű szemeik lehetnek. A feji végen több szempár jellemző számos csoportnál.

Egyes soksertéjűeknél a szemek a test egész hosszában megtalálhatók. A helytülő csörlakó férgek között a koszorú alakban elrendeződő tapogatókon találni számtalan, apró gyöngyre emlékeztető parányi, lencsés szemet. Ezzel szemben a nyeregképzőknél csak egyes vízi kevéssertéjűek és piócák körében fordul elő a feji végen páros kehelyszem, a többségnél mindössze fényérzékelő receptorok találhatók elszórtan a test hosszában.

22.3.1. Testüregviszonyok, szelvényesség

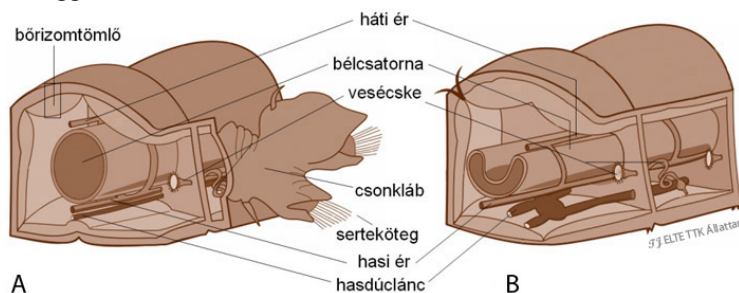
A gyűrűsférgeknek az összjáukra jellemző *schizocoeloma* jön létre, amely az embrionális fejlődés során a testfal és a képződő bélcső közti teret páros coelomzsák formájában tölti ki. A coelomzsákok szelvényenként ismétlődnek (22.1.A ábra). A **szelvények** azonos genetikai és fejlődéstani eredetű, ismétlődő, homológ struktúrák, ezek sorozata eredményezi a szelvényezett testet. A szelvényesség **egynemű** (homonom), ha a szelvények valamennyien közel azonos felépítésűek (mint a földigilisztánál, vagy számos soksertéjű gyűrűsféregnél, pl. a zöld százlábúféregnél (*Nereis virens*) (22.1.C ábra). **Különnemű** (heteronom) a szelvényesség akkor, ha a szelvények egy csoportja más felépítésű, mint a többi (22.1.B ábra). Például a csaliféregnél (*Arenicola marina*) a kopolytű adott szelvényeken (a test elülső felén) megtalálható, máshol nem.



22.1. ábra. A) A metameria sematikus ábrázolása (háti nézet), B) heteronom szelvényesség (*Chaetopterus*, Polychaeta), C) homonom szelvényesség (*Lumbricus*, Clitellata)

A soksertéjűek (Polychaeta) sajátos jellegzetessége az **epitokia**, amelynek legjellemzőbb formája a következő: tengeri alzatlakó fajoknál az ivartermékeket tartalmazó (ún. epitok) szelvények eltérő külleműek a steril (ún. atok) szelvényekhez képest (duzzadtak, sokszor nagyobb sertékötegekkel a csonklábakon). (Az epitok szelvények összességét is szokás epitoknak nevezni). Az epitokban a tápcsatorna és egyéb, a szaporodáshoz nem kapcsolódó szervek csökevényesek, a testfal elvékonyodik. Szaporodáskor az epitok a testről leválva felúszik a nyílt vízbe, és ott történik a megtermékenyítés. Valószínűleg a lárvák életben maradásának nagyobb esélye miatt előnyös ez a szaporodási forma (22.3. ábra).

A szelvényezettség miatt a testüreg is jelentősen tagolt, és mivel homológ struktúrákról van szó, a bennük levő szervek is ismétlődnek – ezeket **szelvénytiszteknék** is nevezik. Gyűrűsférgeknek ilyenek például a kiválasztószervek. A szelvények gyarapodása kaudális irányban történik. Az egymást követő szelvényeket oldalnézetben jól láthatóan a szomszédos coelomzsákok érintkező falából kialakuló harántválaszfalak (*dissepimentumok*) határolják. A coelomzsákok falából a **hashártya** (*peritoneum*) jön létre: két oldalról összeérő feléből alakul ki a **bélfodor** (*mesenterium*) amely felfüggeszti a bélcsövet, valamint a háti és hasi véreter.



22.2. ábra. Gyűrűsférgek jellemző testfelépítése: A) soksertéjű gyűrűsféreg és B) kevésertéjű gyűrűsféreg

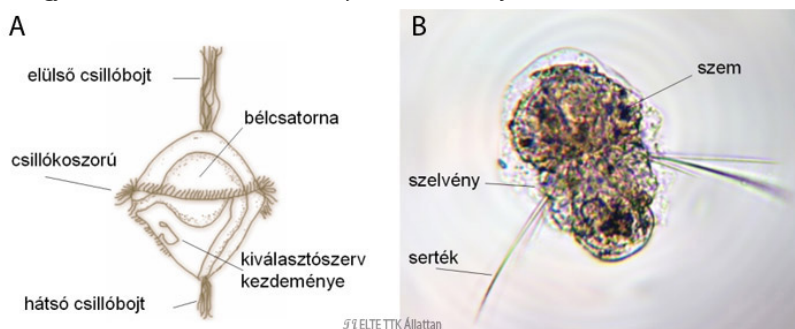


22.3. ábra. Epitokia. Balra epitok, jobbra atok szelvények (ehető palolóféreg)

22.3.2. Fejlődésmenet, lárvatípusok

A soksertéjűek többsége szabadonúszó, **csillókoszorús lárvalakon** (*trochophora*) keresztül fejlődik. Ez a lárvatípus még további *lophotrochozoáknál* is megjelenik (pl. puhatestűek, 21. fejezet). Testfelépítése a kezdeti szakaszban még igen egyszerű: 100 mikrométeres nagyságrendű, szelvényezetlen, a szájnílás felett elhelyezkedő ekvatoriális helyzetű csillókoszorújával (*prototroch*) úszik a nyílt vízben. Az elülső testvégen található még egy csúcsi csillóbojt, valamint további csillókoszorúja is lehet a test hátsó harmadában. A gyarapodás ez utóbbi részen történik. A *trochophora* lárvális szerveket is visel: lehetnek egyszerű szemei, a kiválasztószerve még elővesécske (*protonephridium*) (22.4. ábra). A szelvénytérzéssel kísért egyedfejlődés során a lárv hamar speciális, az adott csoportra jellemző alakot ölt.

A *prototrochtól* anterior irányban levő részből alakul ki a *prostomium*, magából a *prototroch* területéből lesz a *peristomium*. Ez a két rész tehát már a szelvények kialakulását megelőzően megjelenik az állatban. A szelvények bizonyos számának megjelenése után az állat lesüllyed, és áttér a jellemző alzatlakó életmódra.



22.4. ábra. Gyűrűsféreglárvák: A) trochophora lárv felépítése, B) fejlettebb, a trochophora állapot utáni idősebb lárv, egy szelvénnel, sertékekkel és szemekkel

Az édesvízi életre áttért soksertéjű fajoknál a lárvalak eltűnik, csakúgy, mint a nyeregképzőknél. Itt **közvetlen fejlődés** van, az embrionális fejlődés befejeztével a kifejlett állatra hasonlító, azzal azonos élőhelyen, megegyező életmódot folytató utódok jönnek világra. A kölcsönös megtermékenyítés után a vízi nyeregképzők jellemző formájú kokonjukat az alzatra rakják, a szárazföldiek pedig a talajba juttatják, olyan mélységbe, ahol nem fenyegeti a kiszáradás. Érdekes módon a piócák közül néhány vízi faj is a parti nedves talajt keresi fel e célra (pl. orvosi pióca).

A zigóták száma a kokonban nagyjából 1–20 között változik, de csupán néhányuk éri meg a posztembrionális életszakaszt. Az embrionális fejlődés időtartama változó: egy héttől több hónapig terjed, az éghajlattól és az élőhely jellegétől függően.

22.3.3. A gyűrűsférgek rendszere

A gyűrűsférgek törzsét (Annelida) a soksertéjűek (Polychaeta) és a nyeregképzők (Clitellata) osztályára tagoljuk. Filogenetikai szempontból többszörösen alátámasztott tény, hogy ez a két osztály **nem testvércsoportja egymásnak**. A nyeregképzők jól elkülönülő monofiletikus csoportot alkotnak a számos soksertéjű csoport mellett. Ezen kívül a törzset három, korábban önálló törzsként számolt csoport is gazdagítja, amelyek a különféle soksertéjű csoportok közé ékelődnek be a molekuláris törzsfákban. A továbbiakban a hagyományos rendszertani felosztás

alapján bemutatott fajok a gyűrűsféregnek az élőhelyekhez való nagyfokú alkalmazkodó képességét, valamint az emberi szemszögből vett jelentőségét illusztrálják.

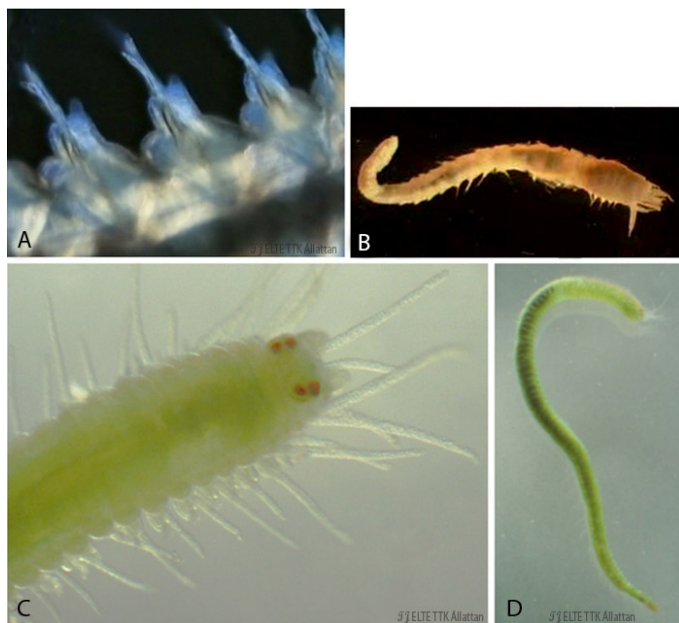
22.3.3.1. Soksertéjűek (Polychaeta) osztálya

Méretük 700 mikrométer és 3 méter között van, szelvényszámuk nyolctól ezerig terjed. Testükön kétoldalt változó elhelyezkedésű **csonklábak** (*parapodium*) lehetnek (22.5.A ábra).

A parapodium háti (notopodium) és hasi (neuropodium) részről áll, serték és kopoltyúk lehetnek rajta.

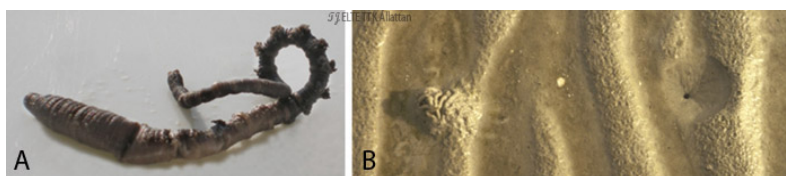
Feji végükön sokszor jól láthatóan számos érzékszerv van jelen. Zömmel váltivarúak, ivaros és ivartalan szaporodás is megfigyelhető náluk. Jellemző rájuk a *trochophora* lárva. **Életmódjuk** roppant **változatos**, ragadozók, szűrőgetők vagy alzatfogyasztók lehetnek. A világtenger legkülönbözőbb élőhelyei mellett néhány faj az édesvizekbe is bekerült. Ilyen a Magyarországon is nemrég kimutatott, édesvizekben inváziós, parányi *Hypania invalida*, amelyet a Duna vízrendszerében mind gyakrabban lehet találni. A kevés talajlakó faj egyike hazánkban is előforul.

A soksertéjűek ivaros szaporodásának különleges módja az **epitokia**. Óceániában él az ehető **palolóféreg** (*Eunice viridis*), amelynél az epitok megjelenése lunárisan, tehát a Hold által szabályozott: nyáron, október-november folyamán az utolsó holdnegyed előtti napon úsznak fel a sötétzöld, több tíz centiméter hosszú epitokok, amelyeket az őslakosok finom táplálék gyanánt kihalásznak. Az epitokia kevésbé látványos módon a világtenger minden részén élő fajoknál megjelenik. Akár méteresre növő *Eunice*-fajok a Földközi-tengerben is élnek. Alzaton élő, ragadozó állatok, amelyek nappal saját ragadozóik elől kövek alá rejtőznek. Az Európa körüli tengerekben gyakori **zöld százlábúféreg** (*Nereis virens*, 22.5.C, D ábra) néhány centis füzöld testét nappal szintén kövek alatt találni. Éjszaka a kisméretű soksertéjűek hullámozó mozgással felúsznak a nyílt víztérbe és onnan táplálkoznak. Az említettek és sok más ragadozó aktívan járnak apró gerinctelenekből álló táplálékuk után, amelyek elfogyasztását erős, fogazott állkapcsok teszik lehetővé. A *Nereis*-és *Eunice*-fajok **szelvényezettsége közel homonom**, életmódjuk miatt nem jelentene előnyt a szelvényezett rész további tagolódása. A testüket lágy alzatba beásó és az üledék szervesanyag-tartalmát fogyasztó fajoknál, továbbá a csőlakó fajoknál a **szelvényezettség heteronom**. Elsősorban a kopoltyúk azok, amelyek a friss, oxigéndús vízzel hamarabb érintkező régióba tolnak.



22.5. ábra. A) Soksertéjűek csonklábai, B) a Dunában is előforduló *Hypania invalida*, C) zöld százlábúféreg (*Nereis virens*) feje a 2 pár szemmel és a feji függelékkel, és D) teljes teste

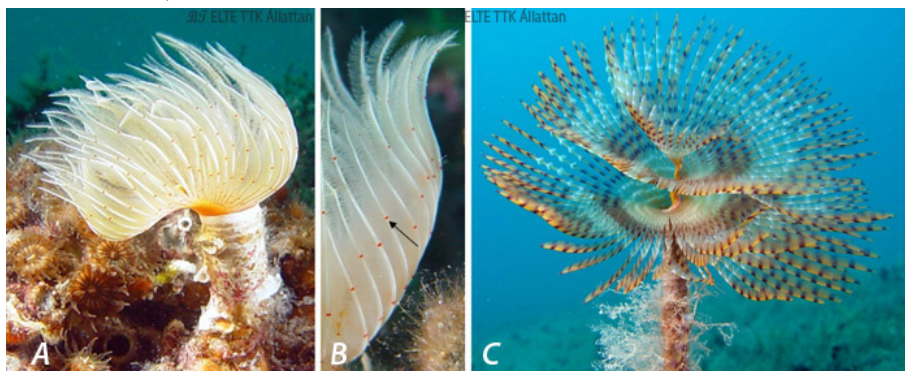
A **csaliféreg** (*Arenicola marina*) a lágy üledékbe függőlegesen induló, U alakú járatot váj, abban él. A feji vég közelségét bemélyedő homoktölcsér jelzi, a testvéget pedig a másik oldalon felhalmozódó ürülékkupac. A 10–20 cm hosszú féreg soha nem hagyja el a járatot, de nyomai a vízfenéken mindig elárulják jelenlétét. Testén rövid nyúlványok jelzik a kopoltyúkat hordozó csonklábakat, amelyek a test elülső kétharmadában vannak (22.6. ábra).



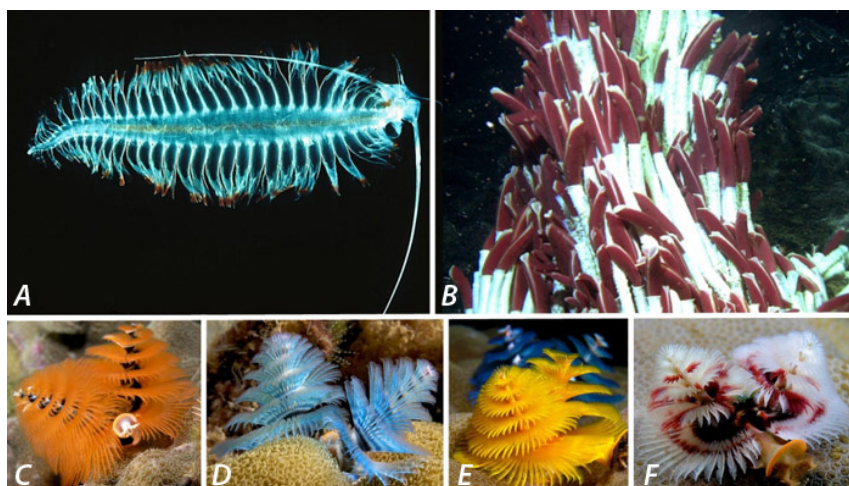
22.6. ábra. A) csaliféreg (*Arenicola marina*) és B) járatának nyomai az alzaton: balra ürülékkupac, jobbra a lakócső bejárata

A helytűlő **csőlakóférg**ek rendszerint lágytestűek, kevésbé izmosak, testük heteronom szelvényességet mutat és parapodiumaik csökevényesek. A testet a serték rögzítik a lakócsőben. A peristomiumról eredő, madártollszerű, gyakran látványos, színes és mintázott, kör vagy spirál alakban elrendezett **tentaculumokból** álló **szűrőkoszorú** segítségével a nyílt víztérből szűrőgetik ki a táplálékot (22.7. ábra). (Másoknál a *prostomium* tapogatói alakulnak hasonlóan.) A táplálékszerzés mellett ezek a struktúrák a gázcsert is ellátják, így kopolytúnak is tekinthetők. Amikor szűrőgetés során az elülső testvég a csőből kinyújtózik, kellemetlen ingerre azonnal visszarántják azt a test lakócsőben maradó nagyobb hányadának izmai.

Egyes csoportok hófehér mészcsoveket készítenek a peristomium közelében levő mirigyek segítségével, amelyek a vízből felvett kalcium- és hidrokarbonát-ionokat kalcium-karbonáttá alakítják (Protula-fajok, 22.7.A, B ábra). Más fajok, mint a **forrósféreg** (*Sabella spallanzanii*), a szerves alapanyagba apró homokszemcséket válogatnak, de csak egy jellemző mérettartományban használják fel azokat (22.7.C ábra). A cincérférg (Tomopteris-fajok) áttetsző testükkel a nyílt víztér élőlényközösségének lakói (22.8.A ábra). A **karácsonyfáférg**eknek (*Spirobranchus giganteus*) kicsiny fenyőfára emlékeztető, mindig dupla spirál alakú szűrőgető készülékük van. Ennek élénk fehér, sárga, kék, piros színe miatt a karácsonyfáférg a trópusi korallzátonyok feltűnő lakói, amint a kőkorallok vázába készített járatukból néhány centire kinyújtóznak (22.8.C–F ábra). A csőlakóférgek egyik szélsőségesen alkalmazkodott csoportja a mélytengeri fekete füstölők különleges állatvilágához tartozó Siboglinidae család (22.8.B ábra). A pár hónap alatt másfél méteresre (maximum 2,5 m-re) megnövő fehér, óriás csőlakóférg (pl. Riftia-fajok) kemoszintetizáló baktériumokat tartanak a testüregre szolgáló beöblösödésében. Az általuk kemoszintézissel szén-dioxidból előállított cukrok képezik az állatok fő táplálékát. A férg elején lévő vöröslő függelék kopolytúként szolgál, az oxigén és a dihidrogén-szulfid felvételére. Előbbi az állat légzéséhez kell, utóbbit a szimbióta baktériumok kén oxidálják, ebből nyernek energiát (ATP) a kemoszintézishez. (Régen tapogatószakállasok néven külön törzsnek tartották őket.)



22.7. ábra. A) A Protula-fajok lakócsőve meszes falú, fehér, B) tapogatóikon apró szemek láthatók (nyíl!). C) A forrósféreg (*Sabella spallanzanii*) lakócsőve homokszemcsékből készül, tapogatói dupla spirált alkotnak



22.8. ábra. Különböző soksertéjűek: A) a cincérféreg a nyílt tenger mély vizeinek lakója, B) az óriás csőlakó férgek a mélytengeri fekete füstölők sajátos állatközösségének tagjai, C–F) a karácsonyfaféreg a kókorallok vázába rejtik testüket

22.3.3.2. Nyeregképzők (Clitellata) osztálya

A nyeregképzők osztályában a névadó szinapomorf tulajdonság a **nyereg** (*clitellum*) megléte. A nyereg a köztakaró megvastagodása bizonyos egymást követő szelvényeken, az ivarnyílások közelében. Részletesebben a bőrizomtömlő kapcsán írtunk róla (6.1.2. fejezet). Az osztály további jellemző tulajdonsága a **homonom szelvényezettség**. Testfelépítésük a soksertéjűekkel összehasonlítva jóval egyszerűbb: a feji végen nincsenek függelékek, a szelvények nem viselnek csonklábakat, a serték a szelvény felületéről erednek (l. 6.4. ábra). Hímzősek, közvetlen fejlődésűek, lárvalak nincsen. A párzás során kölcsönös megtermékenyítés történik. Két alosztályuk a kevésertéjűek (Oligochaeta) és a piócák, más néven nadályok (Hirudinea). A nyeregképzők alapvetően édesvízi és szárazföldi állatok, a piócák egy része azonban tengeri.

22.3.3.2.1. Kevésertéjűek (Oligochaeta) alosztálya

A kevésertéjűek **édesvizekben és talajban élő, zömmel lebontó állatok**, a vízi fajok között akadnak **ragadozók** is. Testfelépítésük az életmódjuk és élőhelyük megfelelő adaptációkat mutat (egynemű szelvényezettség, érzékszervek redukciója). Előfordul náluk szűznemzés (*parthenogenesis*) és a test feldarabolódásával (fragmentáció) történő ivartalan szaporodás is. A víziek többsége mikroszkopikus kicsinységű, bár a **csővájó férgek** (*Tubifex*-fajok, 22.9.D ábra) centiméteresek, vöröslő, fonálszerű testük örvénylő mozgásával kavargatják a vizet, így szűrik ki szerves törmelékből álló táplálékukat. Akvaristák használják őket különféle hobbiállatok etetésére.

A **televényféreg** (Enchytraeidae, 22.9.E ábra) zömmel mikroszkopikus, fehér állatok, amelyek az avar lebontásában különösen fontosak. A két sarkvidék között mindenhol megtalálhatók, ahol talaj van. Jelentőségük különösen a hidegebb mérsékelt övi területektől a pólusok irányában növekszik, ahol a hideg éghajlat miatt a giliszták már hiányoznak. Az avarlebontásban vezető szerepet töltenek be. Egyes televényféreg vízben élnek. A világszerte elterjedt (kozmpopolita) **földgiliszta** (*Lumbricus terrestris*) nagyméretű gilisztánk egyike, az emberi településeken sokszor ezt a fajt látjuk kiadósabb esők után az utak aszfaltján. Természetes erdeinkből azonban hiányzik, ott a még nagyobb **erdei gilisztá** (*Lumbricus polyphemus*, 22.9.B ábra) él. A **trágyagilisztá** (*Eisenia foetida*, 22.9.C ábra) kisebb, intenzíven bomló szerves anyag közt, például trágyában található. A normál talajokból hiányzik, tehát nem ás járatokat a talajban, hanem a földfelszín fölött fordul elő. Veszélyhelyzetben bűzös váladékot bocsát ki magából. Ez a védekezés is arra utal, hogy könnyebben kerül a ragadozók szeme elé, mint talajlakó társai. A **világító gilisztá** (*Eisenia lucens*) a nedvesebb, üdőbb hegyvidéki élőhelyeket kedveli, korhadó fatörzsekben fordul elő. Nevét enyhén foszforeszkáló testéről kapta.

A trópusokon akár 3 méteresre megnövő óriásgiliszták is élnek, több rokonsági körben is (pl. *Glossoscolecidae* család) (22.9.F ábra).



22.9. ábra. Kevéssertéjű gyűrűsféreg: A) párzó giliszták, B) erdei giliszta, C) trágyagiliszták tömege, D) csővájó féreg, E) televényféreg, F) trópusi óriásgiliszták

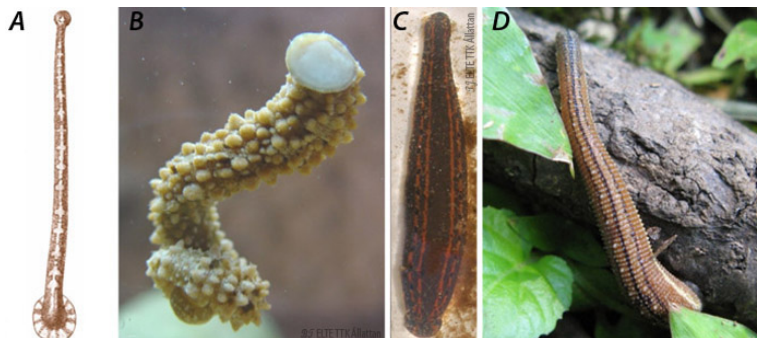
22.3.3.2.2. Piócák (Hirudinea) alosztálya

A piócák (vagy nadályok) testén látható gyűrűk nem feleltethetők meg közvetlenül a szelvényhatárokkal, testükön kívülről **másodlagos gyűrűzöttség** figyelhető meg. Sertéik nincsenek. Testüregük is erősen módosult, emiatt keringési rendszerük nyílt. Ránézésre legfeltűnőbb sajátosságuk az, hogy testük elől-hátul korongszerűen kiszélesedik. Az elülső a **szívókorong**, benne található a szájnyílás, míg hátul látható a **tapadókorong**, fölötte helyezkedik el a végbélnyílás. A tapadókorongoknak az állatok sajátos, araszoló mozgásánál is szerepe van. **Ragadozók** vagy **élősködők**, mindenképpen állati testnedvekkel táplálkoznak. Az orvosi pióca a felszívott és alvadésgátlóval kevert vért hónapokig is raktározza.

A táplálék hosszú távú, eredményes tárolását egy speciális szimbionta baktérium is elősegíti.

Érzékszerveik valamivel fejlettebbek, mint a kevéssertéjűeké: egyszerű, lencse nélküli szemek és érzőszemölcsök lehetnek. A piócák számos csoportja közül érdemes ismerni az **ormányos piócákat**, amelyeknél nincs állkapocs, az előbél ormányszerűen kiölthető, és a testfolyadékuk szintelen. Ide tartoznak olyan, hazánkban is gyakori fajok, mint a 2 cm körüli parazita **közönséges halpióca** (*Piscicola geometra*, 22.10.A ábra), vagy a ragadozó **széles csigapióca** (*Glossiphonia complanata*). Sikvidéki álló- és lassú folyású vizekben élnek. A **rájapióca** (*Pontobdella muricata*) tengeri parazita, 8–10 cm hosszú, a Földközi-tenger halain élősködik (22.10.B ábra). Az állkapocsospiócák garatjában három fogazott állkapocs van, a testfolyadékuk piros. Ismert hazai fajok a gerinceseken vérszívó **orvosi pióca** (*Hirudo medicinalis*, 22.10.C ábra), valamint a hasonló méretű, de ragadozó **lónadály** (*Haemopsis sanguisuga*).

A szárazföldi piócák szintén állkapocsospiócák (nedves talajon más csoportok fajai is előfordulnak!), amelyek elsősorban trópusokon élnek, Madagaszkártól Délkelet-Ázsián át Ausztráliáig. Állati gazdáik különböző gerincesek, az emberen a végtagokon és ágyéktájon szívnak vért. Az aljnövényzetből, vagy akár a lombkoronából az arra haladó emberre vetik magukat (22.10.D ábra). A 2–4 cm-s állatok kellemetlen sebeket hagynak maguk után, de kórokozót nem terjesztenek.



22.10. ábra. Piócák: A) halpióca, B) rájapióca, C) orvosi pióca, D) trópusi szárazföldi pióca

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a gyűrűsférgek közös jellemzőit (testfelépítés és ennek specialításai, lárvatípusok)!
2. Ismertesse a soksertéjű gyűrűsférgek jellegzetességeit, mutasson be aktívan táplálék után járó és csőlakó, szűrőgető életmódot folytató fajokat!
3. Jellemezze röviden a nyeregképzők osztályát, és ezen belül a kevésbertéjű gyűrűsférgeket példákkal!
4. Jellemezze röviden a nyeregképzők osztályát, és ezen belül a piócák alosztályát példákkal!

23. fejezet - Fonálférgék (Nematoda) törzse - (T.K.)

23.1. Általános jellemzés

Testméretük 0,3mm-től 8 méterig terjed. Valamennyi faj teste, legyen hosszabb vagy rövidebb, egyszerű, megnyúlt, valóban fonálra emlékeztet (23.1. ábra). Bár ránézésre testalakjuk meglehetősen egyhangú, a **legkülönbözőbb életmódok és életmenetek** jellemzik őket. Lehetnek szabadon élő édesvízi, tengeri és szárazföldi ragadozók vagy növényi lebontók, vagy állati és növényi paraziták. Az ember életét is sokféle fonálféreg keseríti, különösen a trópusokon, de a mérsékelt övben is, így **közegészségügyi szempontból a legfontosabb állatcsoportok egyike**. A Föld valamennyi élőhelyén megtalálhatók, gyakran minden más állatcsoportot messze felülmúló mennyiségben, így **a bioszféra legtömegesebb élőlénycsoportjainak egyikét** jelentik. A Nematoda fajszaám alapján is a nagy állattörzsek közé sorolható: közel 30 ezer fajt írtak már le, amelyek több mint a fele parazita. Becslések szerint összesen akár két nagyságrenddel többen is lehetnek. Rendszerük erősen átalakulóban van.

23.2. Leszármazás

Annak ellenére, hogy testük semmilyen fosszilizálódásra alkalmas szilárd struktúrát nem tartalmaz, megfelelő körülmények között mégis fennmaradtak fonálférgék, mégpedig borostyánba ágyazva.

Koruk 100–110 millió éves, kréta időszaki. Feltételezhető, hogy a csoport már jóval korábban, a kambriumi evolúciós robbanásakor is létezett.

Az ún. vedlő állatok (Ecdysozoa) az összajuk nagy monofiletikus csoportját alkotják, a Spiralia klád testvércsoportjaként (15.8. ábra). Névadó tulajdonságuk a vedlésre (*ecdysis*) utal. Az Ecdysozoa csoportoknál a felhám által termelt kutikula nem nő az állattal, ezért azt időről időre levedlik. További közös tulajdonságuk, hogy spermiumaik elsődlegesen amöboid jellegűek. Barázdálódásuk jellemzően nem spirális.

23.3. A fonálférgék testfelépítése

Mivel a szervrendszerekre vonatkozó részletes leírást korábban megadtuk, az ott leírtakat itt csak összegezzük, hogy egészében láthassuk a fonálférgék felépítését. **Triploblasztikus, bilaterális szimmetriát** mutató, szelvényezetlen állatok, elsődleges testüregük van. Testük keresztmetszete kör alakú, **bőrizomtömlőjük és jól fejlett kutikulájuk van**, amelyet növekedés során levedlenek (6.3. ábra).

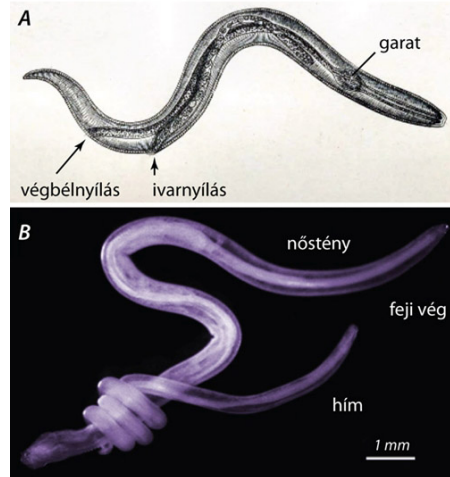
A talajlakó és parazita fajok kutikulája mutatja a legbonyolultabb felépítést, míg a szabadon élő édesvízi és tengeri fajoké jóval egyszerűbb. A kutikula felülete lehet sima, lehetnek rajta érzőserték, szemölcsszerű kiemelkedések. Sok fajnál gyűrűzött vagy hosszanti bordákkal mintázott. A hidrosztatikai váz mellett a kutikulának is jelentős szerepe van a test szilárdításában.

A felhámot (*epidermis*) – elhelyezkedése miatt – inkább *hypodermis*nek nevezik. A szabadon élőknél sejtes felépítésű, a parazitáknál azonban *syncytialis*, amely hosszanti, ún. **hypodermis léceket** képez. A testfalban csak hosszanti izmok vannak, a körkörös izomréteg hiányzik, ezért araszolni nem tudnak (hullámmozgást végeznek, 6.3. ábra).

Bélsatornájuk háromszakaszos, légző- és keringési szerveik nincsenek. A légzési gázokat a testfalon keresztül diffúzióval veszik fel és adják le. Az állati paraziták zöme oxigénszegény környezetben él, ezek nagyrészt erjesztenek. A kevés oxigént egyes fajok egy speciális hemoglobin segítségével kötik meg a testfolyadékban. Kiválasztószervük az állatvilágban egyedülálló, felülnevezetben H betűt formázó **oldalszerv**, amely ozmoregulációt végez. A legtöbb fonálféreg **váltivarú**, a nemek között **ivari dimorfizmus** van (23.1. ábra). Néhány faj hímnős. Kevés fajnál szűznemzés fordul elő. Peterakók vagy „eleventojók” (*ovoviviparok*): ez utóbbi azt jelenti, hogy a lerakott petéből azonnal világra jön az utód.

Idegrendszerük egyszerű felépítésű (13.1.2. fejezet). A fonálférgeknél előfordulnak kimondottan a **törzsre jellemző érzékszervek**, amelyeknek a rendszerezésben fontos szerep jut.

A feji végen található az *amphidiumok*, amelyek párosan elhelyezkedő mirigyes kemoreceptorok (14.1. fejezet). A farki végen „érzékpálcák”, *phasmidiumok* lehetnek, amelyek páros, mirigyes, kemoreceptorokat tartalmazó érzékszervek. A *phasmidiumok* a fontos parazitákat tartalmazó *Secernentea* osztályban fordulnak elő. Néhány tengeri és szabadon élő fajnál 1 pár serlepszem van.



23.1.ábra. A fonálférges jellemző megjelenése. A) Nőstény fonálféreg elkülönült ivarnyílással. B) Hím és nőstényfonálféreg (a hím kisebb méretű)

23.3.1. Testüregviszonyok

A fonálférges **szelvényezetlenek**, másodlagos testüregük nincs. A mezoderma a testfal kialakításában részt vesz, a bőrízomtömlő izomrétege középső csíralemez eredetű. A testfal és a bélcső közötti folyadékkal telt tér az embrionális *blastocoel* származéka, tehát elsődleges testüreg. Régebben **átestüregnek** (*pseudocoeloma*), újabban *blastocoelomának* nevezik (l. 5.4. fejezet). Kiterjedése nem túl nagy, döntő részét a szervek kitöltik. Testfolyadék van benne, amely a bőrízomtömlővel együtt **hidrosztatikai vázat** képez a szilárd vázzal nem rendelkező állatban.

23.3.2. Egyedfejlődés

Barázdálódásuk sajátos, nem radiális és nem spirális jellegű. A **szabadon élő fajoknál** posztembrionálisan **közvetlen fejlődés jellemző**, az ivarérettség előtti fiatal, ún. *juvenilis* stádiumokat gyakran nevezik lárvának, bár azonos élőhelyen élnek és azonos életmódot és testfelépítést mutatnak, mint a kifejlett állatok. Kifejlett állapotuk előtt négyyszer vedlenek.

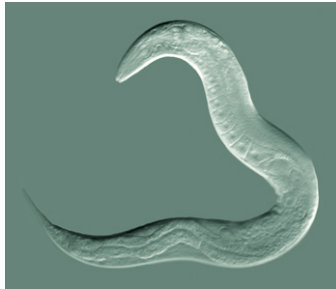
Az állati **parazitáknál** különféle bonyolultságú **fejlődésmenetek alakultak ki** a gazdaszervezettel összefüggésben. A lárvák a gazda különböző szerveibe kerülhetnek a posztembrionális fejlődés során. Vannak gazdaváltó fonálférgesek, ahol a kifejlett állat más gazdában él, mint ahol a posztembrionális fejlődése elkezdődött.

A szomatikus sejtek száma a kifejlett állatban állandó.

23.4. A fonálférges rendszere

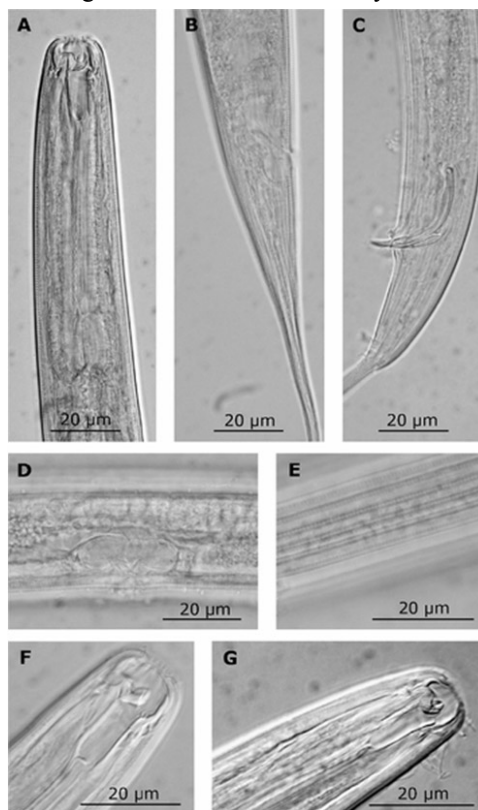
A fonálférges rendszere erősen átalakulóban van. Hagyományosan két nagy osztályukat különböztetik meg. Az Adenophorea osztályban sok a szabadon élő, bár vannak fontos (humán) paraziták is. A monofiletikus Secernentea osztályba zömmel élősködők tartoznak, köztük vannak a legfontosabb emberi fonálféreg-kórokozók. A következő összeállításban **taxonómiai besorolás nélkül** a jelentősebb fajok ismertetésére törekszünk a legjellegzetesebb életmódok bemutatásán keresztül.

A *Caenorhabditis elegans* mérsékelt övi talajokban él, híműs, populációiban hímek csupán nagyon kis gyakorisággal fordulnak elő. A kifejlett állatnak kisszámú (959) testi sejtje van¹. Kis mérete miatt az egész szervezet tanulmányozható. Ez az első többsejtű élőlény, amelynek teljes genomszekvenciája elkészült (1998, teljes: 2002). 1974 óta a **genetika és a fejlődéstan kiemelkedő fontosságú modellállata**² (23.2. ábra).



23.2. ábra. A *Caenorhabditis elegans* híműs példánya (fénymikroszkópos felvétel)

A talajban nagy számban és egyedsűrűségben fordulnak elő a növényeket lebontó fonálféregfajok (23.3. ábra).



23.3. ábra. Talajlakó fonálféregfaj (*Mononchoides composticola*) testfelépítése. A nőstény feji végén jól látható a száj és a garat (A). Nőstény hegyes testvége a végbélnyílással (B) és hím testvége kloakával és a párzást elősegítő (a test síkjából kiálló) tüskével (C). D) Nőstény testének részletén a méh látható, E) a testfelszínen pedig a kutikula hosszanti bordázata. F–G) Nőstény fogazott szélű szájnyílása, valamint a szájban található fajspecifikus struktúrák

A Tylenchida rend fajai növény- és rovarparaziták. Utóbbiak – az ún. entomopatogén („rovarokat betegítő”) fonálféregfajok – a biológiai védekezésben használhatók rovarkártevők (pl. burgonyabogár) ellen.

A különféle **orsóféreg**ek (Ascarididae) egygazdás paraziták, megtermékenyített petéik a széklettel kerülnek a külvilágba. A **kutya orsóféreg** (*Toxocara canis*) az ember orsóféregének rokona. Kutya között – a széklet mellett történő szoptatáskor – a tejjel jut be az utódba. Emellett méhlepényen át is terjed. Kutyaról átkerülve emberi kórokozó is lehet, de életciklusa nem teljes: a lárva (23.4.D ábra) nem tudja elérni a béltraktust, ahol kifejlődhetne

¹Ez a szám a hermafrodita állatra vonatkozik.

²A kutatását elkezdő Sydney Brenner 2002-ben Nobel-díjat kapott.

az ivarérett alak. A lárva a szervezetben a legkülönbözőbb helyeken akadhat meg, ettől függ, milyen tünetek alakulnak ki. A *visceralis larva migrans* (VLM) tünetegyüttes okozója. Főként Észak-Amerikában és Nyugat-Európában fordul elő.

Az **orsóféreg** (régies, félrevezető névén orsógiliszta, *Ascaris lumbricoides*, 23.4.E ábra) a **leggyakoribb humán féreg okozta betegség** (szakkifejezéssel *helminthiasis*) okozója. Napjainkban a trópusi, szubtrópusi területeken fordul elő nagy gyakorisággal, de a sarkvidéki területek kivételével elvileg bárhol lehet. Nagytermetű, a kifejlett hím 15–30 cm, a nőstény 20–53 cm hosszúra nőhet. A kifejlett egyedek az emberi vékonybélben tartózkodnak. Az általa okozott betegség az **orsóférgesség** (*ascariasis*), amelyre nézve a 3–8 éves gyermekek a legveszélyeztetettebbek.

A fertőzés leggyakrabban talajjal szennyezett kéz szájbavételével történik. Fejlődésmenete a következő: a fertőzőképes peték a szájon át a szervezetbe kerülnek, majd a nyombélben a lárvák kiszabadulnak a peteburokból. A bélfal kapillárisaiba, majd onnan a májkapuérbe jutnak, ezt követően a vénás rendszer erein és a nyirokutakon át a szív jobb kamrájába és onnan a tüdőbe kerülnek. A szöveteken áttörve magukat a légcsőbe érnek, onnan felköhögve a garatba jutnak. Lenyelést követően a vékonybélben ivaréretté válnak. A peték a széklettel ürülnek. A fertőződés és a peték ürítése között kb. 60–90 nap telik el. A világ szegényebb régióiban (pl a Távol-Kelet egyes területein) az emberi széklettel történő trágyázás jelent nagy fertőzési kockázatot.

A **hegyesfarkú bélgiliszta** vagy cérnagiliszta (*Enterobius vermicularis*, 23.4.F–G ábra) a mérsékelt öv kontinentális éghajlatú területein elterjedt faj. Feji vége kihegyesedő. Gyermekek körében a leggyakoribb előfordulása, még a mai Magyarországon is rendszeresen okoz fertőzéseket, elsősorban közösségekben (óvoda, általános iskola), a petékkel szennyezett élelmiszer fogyasztásakor.

A gazdák között valamilyen vektor (átvivő) szervezettel terjedő fonálféregfajok között az emberre a vérben, illetve a nyirokerekben tartózkodók a legveszélyesebbek. Ezeket **filariáknak**, lárvákat mikrofiliáknak nevezik.

A **nyirokféreggel** (*Wuchereria bancrofti*, 23.4.H ábra) történő fertőződés eleinte gyakran tünetmentes. Emberben a 3. lárvastádium fertőz, amely különféle csípőszúnyogfajok által jut be vérszívás során. A lárvából kifejlődő férgek összetekeredve a nyirokcsomókban tartózkodnak. Azokat eltömítve a nyirokkeringést akadályozzák, fájdalmas ödémákat okoznak. A nyirokkeringés akadályozása miatt extrém módon megduzzadhatnak egyes testrészek, például az emlők, a herezacskó vagy a végtagok.

A 3 hónaptól egy évig tartó lappangási idő alatt a nyirokcsomók, nyirokutak gyulladását okozzák, de ez még tünetmentes is lehet. A kifejlődő férgek szaporodnak, és nagyszámú utódot hoznak létre életük során, úgy 10–15 éven keresztül. A mikrofiliariák a tüdőerekben és a nagyerekben (a koszorúerekben is!) tartózkodnak, éjszaka innen rajzanak ki a bőr közelébe, a perifériás erekbe. Ekkor aktívak a szúnyogok, amelyek a mikrofiliariákkal csípéskor fertőződnek és továbbviszik azokat egy másik gazdába. A mikrofiliariák tömegei extrém módon eltömítik a nyirokereket. A kialakuló tünetegyüttes az elefántkór (Wuchereriasis, elephantiasis), ebben a késői fázisban már csak sebészeti úton kezelhető. Trópusokon, főként Afrikában fordul elő. A megelőzés nagyon nehéz, mert a vektor számos szúnyogfaj lehet, ráadásul nem csak vérszívó rovarokkal terjedhetnek.

A **medinaféreg** (*Dracunculus medinensis*, 23.4.I ábra) első stádiumú lárváit parányi édesvízi rákok (kandicsok) eszik meg. Azok szervezetében kétszer vedlenek, majd az ember a harmadik stádiumú lárvát tartalmazó kiskárok elfogyasztásával (a szüretlen, szennyezett ivóvízből) fertőződik.

A bélcsatornában a rák elpusztul, és a féreglárva átfúrva a gyomor és a bél falát a keringésben kerül. A kifejlett férgek szaporodnak. A nőstény a megtermékenyített petékkel a bőr közelébe hatol, ahol elvékonyodó, fájós duzzanatot kelt. Az ember szívesen enyhíti a fájdalmat a végtag vízbe mártásával. Ekkor a kelés felreped, a lárvák a vízbe kerülnek. A nőstény ezután visszahúzódik, majd később ismét petét ürít. A kifejlett medinaféreg nőstény hossza a 80 cm-t is eléri, míg a hím csak 3–4 cm hosszú.



23.4. ábra. Fonálféreg különböző környezetből: A) szójabab-cisztaképző fonálféreg (*Heterodera glycines*) petékkel telt barnásfehér cisztái a gyökérszöveten, B) szójabab-cisztaképző fonálféreg a petéjével (színezett SEM felvétel), C) gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogine incognita*) lárvája éppen behatol a gazdanövénybe (SEM felvétel), D) a kutya-orsóféreg petéi: balra szederesírá állapotú embrióval, jobbra 3.stádiumú lárvával (fénymikroszkópos fotó), E) sertés orsóféreg (*Ascaris lumbricoides*), F) hegyesfarkú bélgiliszta (*Enterobius vermicularis*) petéi és G) kihegyesedő feji vége, H) nyirokféreg (*Wuchereria bancrofti*) okozta elefántkór tünetei, I) medinaféreg (*Dracunculus medinensis*) eltávolítása

Ez a nagy fájdalmat keltő élősködő az ókortól kezdve ismert volt, és eltávolításának módja a gyógyítás, majd a patikák szimbóluma lett. A nőstény testét a bőr felnyitott duzzanatából több ezer éven át vékony pálcára feltekerve távolították el az orvosok. A **patikák cégérén** valójában nem kígyó kúszik fel Aszklepiosz botjára, hanem a jelkép a medinaféreg pálcára történő feltekérésének hagyományát örökíti meg. Bár a középkori Európában is előfordult, az utóbbi időkben főként Afrika trópusi területeire korlátozódott.

A WHO fonálféreg okozta betegségek megfékezésére irányuló programjai közül a medinaféreg okozta dracunculiasis elleni program kiemelkedően sikeres lett: az utóbbi 25 év alatt a globális eradikációs kampány eredményeként az addig milliókat fertőző féreg 2010-re mindössze 6 országban már csak 1800 körüli fertőzéses esetet produkált.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Jellemezze a fonálférget jelentőség, leszármazás, anatómiai felépítés szerint!
2. Nevezzen meg egy szabadon élő fonálférget, amelynek kutatása kapcsán Nobel-díjat adtak!
3. Mutasson be parazita fonálférget (orsóféreg, nyirokféreg, medina féreg), s ismertesse terjedésüket!

24. fejezet - Karmos féreglábúak (Onychophora) törzse - (Sz.Zs.)

24.1. Általános jellemzésük

A törzsbe tartozó állatok feregszerűek, akár a 15 cm-es hosszúságot is elérhetik (24.1. ábra). Elsősorban a trópusi területeken fordulnak elő, a nedves avarban élő **éjszakai ragadozók** (pl. antillai őslégcsőves, *Peripatus juliformis*).



24.1. ábra. Karmos féreglábú

24.2. Szervezetani jellemzésük

Egynemű (homonom) szelvényezettség jellemző rájuk. Ez azt jelenti, hogy törzsi szelvényeik felépítése nagyon hasonló, egyes szerveik szelvényenként megismétlődnek. Ez ősi bélyegnek tekinthető. A testük gyűrűzött, szelvényeik száma a féreglábak (*archipodiumok*) számából ítélhető meg: minden szelvényükön egy pár, karmokban végződő féregláb található. A testüket vékony, **kitintartalmú kutikula** borítja. Mozgásszervük a **bőrizomtömlő** (ősi bélyeg).

A karmos féreglábúak fején egy pár gyűrűzött **csáp** található. A szájnyílásuknál egy pár karomszerű **állkapocs** van, amely láberedetű. A láberedetű **szájszervek** az ízeltlábúaknál is megtalálhatók, tehát jelenlétük a karmos féreglábúak körében előremutató bélyegnek tekinthető. Az állkapocs mellett nyílnak a nyál- és védekezőmirigyek kivezetőcsövei. A nyálmirigy váladékát, amely emésztőenzimeket is tartalmaz, áldozatukra fecskendezik, így már a testen kívül megkezdődik a táplálék lebontása. Döntően külső emésztésű állatok.

A bőrizomtömlő hámrétege minden szelvényen több helyen visszatűrődik a testüreg felé: e visszatűrődések nyílásai a légzőnyílások, melyekből vakon végződő **légcsővek** (*tracheák*) futnak az izomzathoz és a belső szervekhez. A trachearendszer egyes ízeltlábúcsoporthoz jellemző, de míg náluk a légcsővek hálózatot, azaz egységes szervrendszert alkotnak, addig a karmos féreglábúaknál az egyes légcsővek egymástól függetlenek maradnak. **Nyílt keringésük** központja a szív, szelvényenként ismétlődő kiválasztószerveik *metanephridiális* eredetűek.

Váltivarú állatok, belső megtermékenyítésük, barázdálódásuk típusa az ízeltlábúakéval egyező. **Egyedfejlődésük közvetlen**, átmeneti alakok nélkül történik.

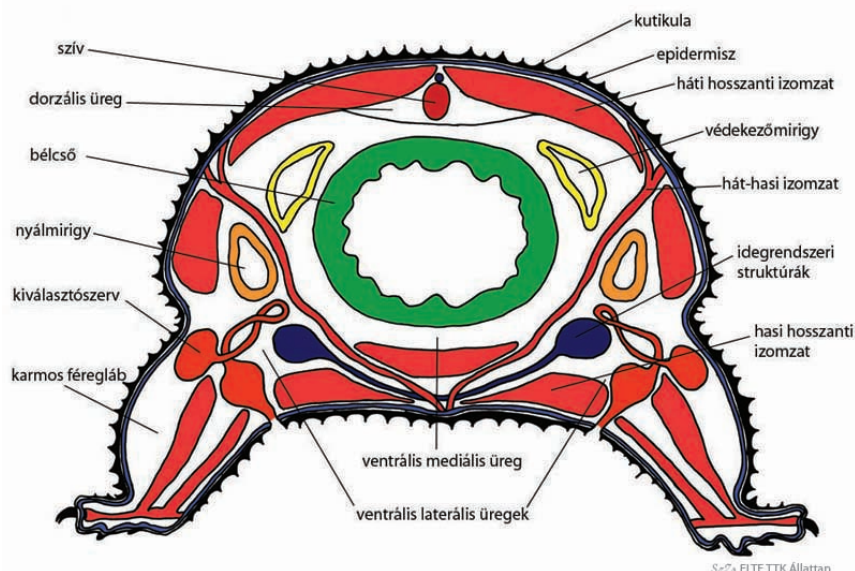
Az **idegrendszer** egyszerű: a fej ganglionja („agydúc”) három dúcpár összeolvadásából jött létre. Ebből két hosszanti idegtörzs indul hátrafelé. Ezek között a harántirányú kapcsolatot azonban csak egy laza ideghálózat alkotja.

A köztakaró felszínén bőrérzékszervek találhatók. Szemeik a gyűrűsférgek fotoreceptoraihoz hasonlóak.

. Testüregviszonyaik

24.3. A karmos féreglábúak egyedfejlődése során az elsődleges és másodlagos testüreg összenyílik, így **kevert testüreg** (*myxocoeloma*) alakul ki (részletesebben l. 5.4.3. fejezet).

Ez a kevert testüreg négy, hosszanti lefutású, egymással összeköttetésben álló térrészre tagolódik (24.2. ábra). A dorzális üregben található a csőszerű szív. A ventrális-mediális üregben a bélcsatorna, a védekezőmirigyek és az ivarszervek, míg a két ventrális-laterális üregben a szelvényenként ismétlődő kiválasztószervek, a nyálmirigyek és az idegrendszeri struktúrák foglalnak helyet.



24.2. ábra. Karmos féreglábú testének keresztmetszete (az ábrán a kék színnel jelölt struktúrák ektodermális eredetűek, a zöld színnel jelöltek entodermális eredetűek, a piros szín és árnyalatai pedig mezodermális eredetűek)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a karmos féreglábúak törzsét! Emelje ki az evolúciósan ősbibbnék és az előremutatónak tekinthető bélyegeiket!

25. fejezet - Medveállatkák (Tardigrada) törzse - (Sz.Zs.)

Testfelépítésük hasonló a karmos féreglábúakéhoz. 4 pár **féreglábuk** (*archipodium*) van. Maximum 1,5 mm hosszúságúak. Főleg mohapárnákban élnek, ahol a növényi sejtek anyagával táplálkoznak. **Rendkívüli ellenálló képességükről ismertek.** A tudományos nevük azt jelenti, hogy „lassan lépkedők”. Az ismert fajok többsége váltivarú, belső megtermékenyítésű. Közvetlenül, lárvaalakok nélkül fejlődnek. Egyes fajoknál hímek nem ismertek, ezek szűznemzéssel (partenogenezis) szaporodnak¹.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Röviden ismertesse a medveállatkák törzsét! Ismertetésében használja a karmos féreglábúak jellemzésénél olvasottakat is!

¹<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Hypsibiusdujardini.jpg>

26. fejezet - Ízeltlábúak (Arthropoda) törzse - (Sz.Zs.)

Az ízeltlábúak az állatvilág fajokban leggazdagabb törzse, több mint 1 millió faj tartozik közéjük. Monofiletikus csoport. Igen különböző megjelenésű állatokat sorolunk közéjük, ennek ellenére vannak olyan tulajdonságaik, amelyek törzsszinten jellemzik őket.

Többségükre jellemző a **különnemű** (heteronom) **szelvényezettség**, azaz az egyes testszelvények jelentősen különbözhetnek egymástól. A fejlettebb ízeltlábúakban a szelvényszám állandó, sok esetben a szelvények összeolvadnak egymással. Végtagjaik **ízelt lábak** (*arthropodium*), amelyek ízülettel csatlakoznak a törzshöz, hengeres vázelemekből állnak, és saját izomzatuk van (6.1.3.3. fejezet).

Testük minden külső csíralemez eredetű hámját **kitintartalmú kutikula** fedi (6.1.3.2. fejezet). Ez **külső vázként** is funkcionál. A vázelemeket **ízületi membránok** kötik össze egymással, ez biztosítja a test mozgékonyágát. A kutikula nem növekszik az állattal együtt, ezért időről időre **vedléssel** kell megújítani.

Légzőszerveik a **légcsővek** (*tracheák*). Ezek a köztakaró visszatűrődései. Egyes ízeltlábúak azonban kopolyúkkal lélegeznek.

Kiválasztószerveik egyes csoportokban **módosult vesécskék**, másoknál a közép- és utóbél határán nyíló **Malpighi-edények**.

Váltivarú, belső megtermékenyítésű állatok. A barázdálódás részleges, felszíni (*superficialis*), azaz az utódsejtek a petesejt központi sziktomegének felszínén jönnek létre.

Idegrendszerük **központosult dúcidegrendszer**, azaz az egyes dúcok koncentrálnak és összeolvadnak egymással. Látószerveik **pont- és/vagy összetett szemek**.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Milyen tulajdonságok indokolják az ízeltlábúak közös törzsbe sorolását?

27. fejezet - Soklábúak (Myriapoda) altörzse - (Sz.Zs.)

Megnyúlt testű, fereg formájú állatok. Fejükön egy pár **csáp** (*antenna*) található. Szájszerveik a **rágó** (*mandibula*) és az **állkapocs** (*maxilla*). Mindkét szájszerv ízeltláb-származék. Jellemző rájuk az **egynemű** (*homonom*) **szelvényezettség**. **Légcsőrendszerrel** lélegeznek. Kiválasztószerveik **Malpighi-edények**. **Váltivarúak**, spermatoróráik vannak, vagyis a hímek spermiumcsomagot adnak át a nőstényeknek, melynek külső tokját az ivarszervek járulékos mirigyei termelik. Gyakori a szűznemzés. Felszíni barázdálódással indul fejlődésük. Pont- és összetett szemeik is kialakulnak.

Két osztályukat mutatjuk be. A **százlábúak** osztályában (Chilopoda) a test fejre és törzsre tagolható. Utóbbi szelvényenként egy pár ízelt lábat hordoz. Szájszerveik (1 pár rágó és 2 pár állkapocs) ízeltláb-eredetűek. Zsákmányukat az első törzsszelvény állkapcsi lábbá módosult végtagjával ejtik el, amelynek végén méregmirigy vezetéke nyílik. A nagyobb szkolopendrák harapása igen fájdalmas. Ide tartozik a 10–12 cm nagyságú **öves szkolopendra** (*Scolopendra cingulata*), amely elsősorban a Mediterráneumban él, de hazánkban a Vértesben is előfordul. Védett faj. A **légyölő pókszázlábú** (*Scutigera coleoptrata*) gyors mozgású ragadozó. Erős szájszervei vannak. Járólábai hosszúak. Elsősorban éjszaka vadászik.

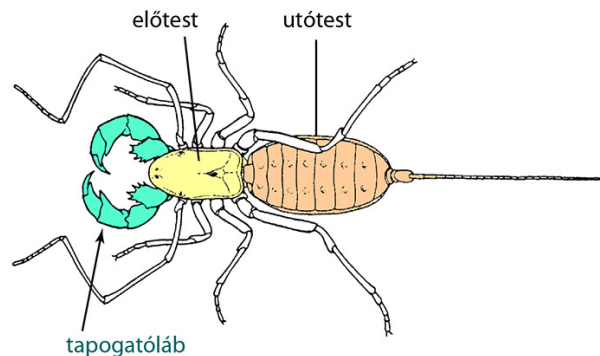
A másik osztályt az **ikerszelvényesek** (Diplopoda) alkotják. Testük szintén fejre és törzsre tagolódik, de **törzsszelvényeik** a százlábúakkal ellentétben **nem egyenértékűek**. Az első törzsszelvény, az ún. gallérszelvény (*collum*), nem hordoz lábakat. A 2–4. törzsszelvényen egy-egy pár láb található, az 5. törzsszelvénytől **ikerszelvények** következnek, amelyek 2-2 pár lábat hordoznak. Idesorolható a nagyméretű rozsdás ezerlábú (*Trigoniulus corallinus*), amely nevét vöröses színéről kapta. Elsősorban Thaiföld és Mianmar területén fordul elő, de mára már Észak-Amerikába is behurcolták. Az **erdei vaspondró** (*Megaphyllum projectum*) egész életében növekszik. Korhadékevő, az avar lebontásával fontos ökológiai szerepet tölt be az erdei életközösségekben. A 27.1. ábra néhány soklábút mutat be.



27.1. ábra. Százlábúak (A, B) és ikerszelvényesek (C): szkolopendrafaj (A), légyölő pókszázlábú (*Scutigera coleoptrata*) (B) és vaspondrófaj (C)

28. fejezet - Csáprágósok (Chelicerata) altörzse - (Sz.Zs.)

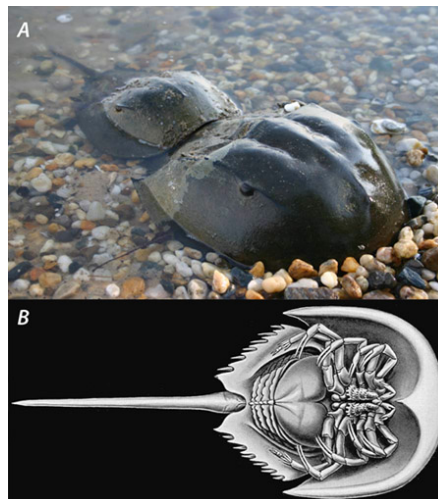
Testük **előtestre** (*prosoma*) és **utótestre** (*opisthosoma*) tagolódik. Az előtesten található a **csáprágó** (*chelicera*) és a **tapogatóláb** (*pedipalpus*), amelyek ízelt láb származékai (28.1. ábra). Szerkezetük fontos rendszertani bélyeg. Ezután 4 pár **járóláb** következik. Az utótesten soha nincsenek végtagok. Legtöbbjük **külső emésztésű**, középbelükhöz kiterjedt vakbélrendszer csatlakozik. Légzőszerveik **kopoltyúk** vagy **tracheatüdők** lehetnek. Kiválasztószerveik **csípőmirigyek** és/vagy **Malpighi-edények**. **Váltivarúak**, ivarnyílásaik az utótesten találhatók. Erősen központosult **dúcidegrendszerük** van.



28.1. ábra. A csáprágósok testtájai és a tapogatóláb helyzete

28.1. Rákszabásúak (Merostomata) osztálya

Ősi csoport, első ismert leletei a szilurból és devonból származnak. Testük elő- és utótestre tagolódik, csak az előtest hordoz ízelt lábakat és azok származékait. Csáprágójuk és tapogatólábuk is ollós, ezeket 4 pár, szintén ollóban végződő járóláb követi. Jellemző hátápáncéljuk van. Négy ma élő fajuk közül legismertebb az **atlanti törőfarkú** (*Limulus polyphemus*, 28.2. ábra).



28.2. ábra. Atlanti törőfarkú élőhelyén (A) és Haeckel ábrázolásában (B). Az utóbbi a hasoldalt ábrázolja, így jól látszanak az előtest végtagjai

28.2. Pókszabásúak (Arachnida) osztálya

A pókszabásúak **elsődlegesen szárazföldi** állatok, de vannak köztük víziek is. Szájníylásuk szűk, így többnyire csak folyadékfelvételre képesek, ezért jellemzően **külső emésztésűek**. Ez azt jelenti, hogy a táplálék aprítása és

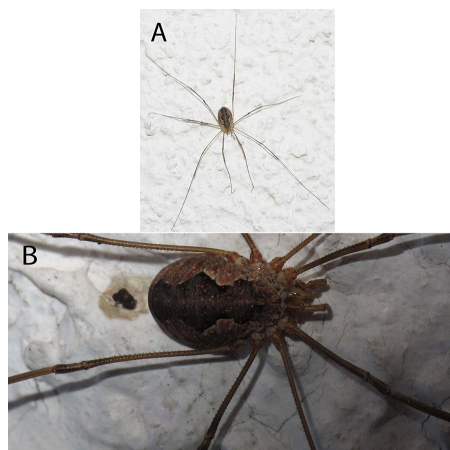
enzimatis emésztése már a szájüregbe kerülése előtt megtörténik. Lehetnek **szövő**-, **méreg**- és **bűzmirigyeik**. **Tracheatüdővel** és légcsőrendszerrel lélegeznek. Kiválasztószervük 1 vagy 2 pár **csípőmirigy**, és **Mapighiedényeik** is lehetnek. **4 pár járólábuk** és legfeljebb 5 pár **pontszemük** van.

A **skorpiók** (Scorpiones) alosztályában az utótest két részre osztható: az első hét szelvény az „előpotroh” (*preabdomen*), ezt követi a keskenyebb „utópotroh” (*postabdomen*), amely méregtővisben végződik. Ollós csáprágó és ollós tapogatóláb jellemző rájuk. A tapogatóláb különösen erős, ez a táplálékszerzésben segíti az állatot. A **császárskorpió** (*Pandinus imperator*; 28.3. ábra) az egyik legnagyobb ma élő skorpiófaj, akár 20 cm hosszúra is megnőhet. A trópusi Afrika lakója, terraristák kedvelt állata. A **mezei skorpió** (*Buthus occitanus*¹) Észak-Afrikában, a Közel-Keleten és a Mediterráneumban él. Európai egyedei kevésbé mérgezőek, az afrikaiak mérge azonban halálos lehet.



28.3. ábra. Császárskorpió (*Pandinus imperator*)

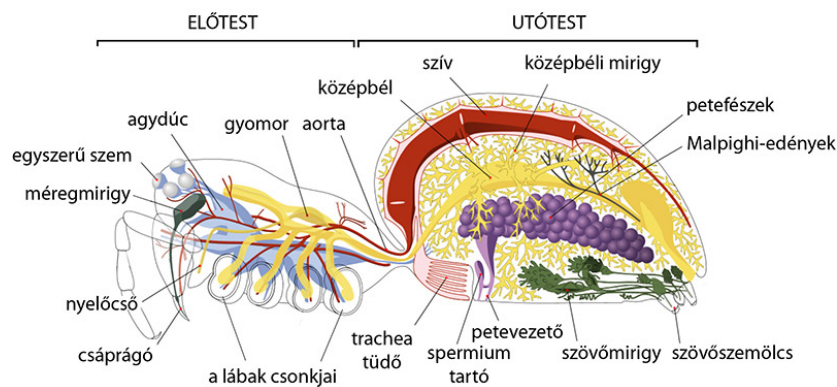
A **kaszáspók**ok (Opiliones) alosztályában az előtest széles alappal kapcsolódik az utótesthez, emiatt szabad szemmel **testük egységesnek tűnik**. Az utótest szelvényezettsége látható marad. Ollós csáprágó és karmos tapogatóláb jellemző rájuk. Az előtest központi részén szemdombot viselnek, melyen két egyszerű szem található. Oldalszemeik soha nincsenek. A csoport a feltűnően hosszú lábairól kapta a nevét. Lábfejük akár 60 ízből is állhat. A **házi kaszáspók** (*Phalangium opilio*; 28.4. ábra) Euráziában elterjedt. Testhossza az 1 cm-t is elérheti. A hímek tapogatólába feltűnően hosszú, járólábszerű.



28.4. ábra. A házi kaszáspók (*Phalangium opilio*) habitusképe (A) és teste nagyítva (B). A B ábrán jól megfigyelhetők azok a jellegzetességek, amelyek alapján elkülöníthetjük a kaszáspókokat a pókok alosztályába tartozó fajoktól

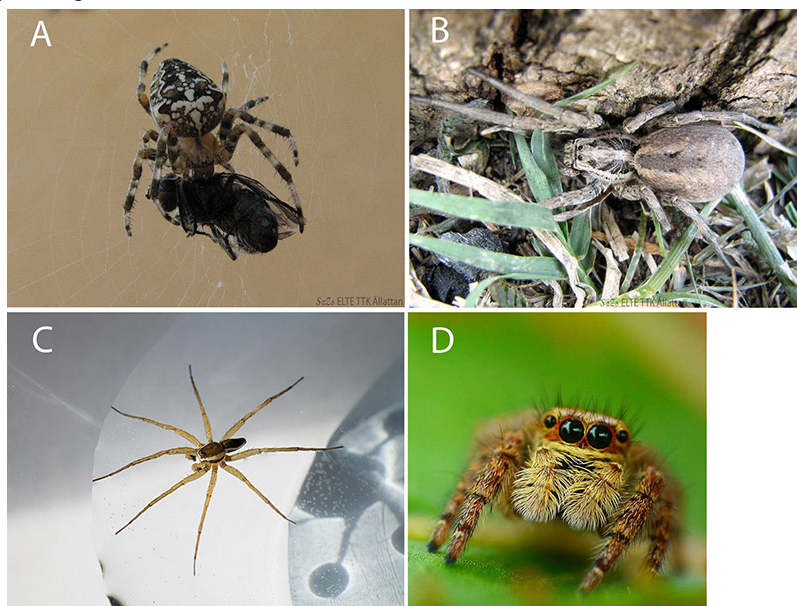
A **pók**ok (Araneae) alosztályára az jellemző, hogy **elő- és utótestük** nem széles alappal kapcsolódik, így **jól elkülöníthető**. Az utótest szelvényezettsége legtöbbször nem látszik. A csáprágó és a tapogatóláb is karmos, utóbbi a hímeknél pároszervként funkcionál. Szemdombjuk nincs, közép- és oldalszemeik vannak. Egyetlen faj kivételével mind **ragadozók**.

¹http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buthus_occitanus.jpg



28.5. ábra. Pókok belső testfelépítése

A **koronás keresztespók** (*Araneus diadematus*) zsákmányát a hálója segítségével ejti el (28.6.A ábra). 1,5–2 cm nagyságú. Nevét az utótesten látható kereszt alakú rajzolatról kapta. A **szongáriai cselőpók** (*Lycosa singoriensis*) a farkaspókok közé tartozik. Aktívan vadászik: zsákmányát lerohanással ejti el. Földbe ásott üregekben él. Hazánk legnagyobb pókfaja, akár a 4–5 cm-es nagyságot is elérheti (28.6.B ábra). A **szegélyes vidrapók** (*Dolomedes fimbriatus*) hazánkban is előforduló, vizes élőhelyeken élő, nagyméretű pókfaj. Aktívan vadászik, fogóhálót nem készít. A víz felszínén is tud szaladni, sőt alá is merülhet vadászat során (28.6.C ábra). Ebihalakat, kisebb halakat is zsákmányol. Az **ugrópókok** zömök testalkatú, vaskos, viszonylag rövid lábú pókok, melyek nagy ugrásokra képesek. Elülső középszemeik nagyok (28.6.D ábra). Közéjük tartozik a *Bagheera kiplingi*, az **egyetlen ismert növényevő pókfaj**. Közép-Amerikában fordul elő.



28.6. ábra. Pókok: koronás keresztespók (*Araneus diadematus*, A), szongáriai cselőpók (*Lycosa singoriensis*, B), szegélyes vidrapók (*Dolomedes fimbriatus*, C), ugrópók (Marpissa muscosa, D)

Az **atkák** (Acari) alosztálya igen változatos csoport. Testtagolódásuk bonyolult, az egyes rendek között eltérések vannak. Nem minden fajnál különül el a két testtáj. Csáprágójuk lehet ollós, karmos vagy szigonyyszerű. Az élénkpiros **báronyatkák** (*Trombidium*-fajok) kövek alatt, sziklákon, talajon élő ragadozók. Lárvaik a melegvérű állatok testfelületére tapadva azok hámsejtjeivel és testnedveivel táplálkoznak, ezzel viszkető kiütéseket okoznak. A **közönséges kullancs** (*Ixodes ricinus*) apró, ricinusmagra emlékeztető állat (28.7. ábra). Élősködő. Melegvérű állatok (és emberek) vérért szívja. Táplálkozás során a teste többszörösére növekszik. Fertőzött egyedei a **vírusos agyvelő- és agyhártyagyulladás** (kullancs-enkefalitisz), valamint a **Lyme-kórt** terjeszthetik. A **háziporatkák** a bőr elhalt és levált hámsejtjeivel táplálkoznak. Nagy számban fordulnak elő lakástextíliákban. Ürülékük **allergiás reakciót** válthat ki az arra érzékeny személyeknél.



28.7. ábra. Bársonyatka (A) és közönséges kullancs (B)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a soklábúak altörzsét! Hasonlítsa össze a két tanult osztályt!
2. Hasonlítsa össze a póksabásúak és ráksabásúak osztályát! Sorolja föl és röviden jellemezze a póksabásúak tanult alosztályait!

29. fejezet - Rákok (Crustacea) altörzse - (Sz.Zs.)

29.1. Általános jellemzés

A rákok altörzsébe igen változatos testfelépítésű állatokat sorolunk. Legfontosabb közös tulajdonságuk, hogy **2 pár csápjuk** van. **Elsődlegesen vízi élőlények**. Többségüket **különnemű** (heteronom) **szelvényezettség** jellemzi.

A rákok **ökológiai jelentősége hatalmas**. Kisméretű fajaik adják a **zooplankton** jelentős részét, amely sok más állat számára biztosít táplálékot. Hulladék- és dögevő fajaik a növényi és állati maradványok lebontásával játszanak fontos szerepet.

Gazdasági jelentőségük sem elhanyagolható. Több fajuk is fontos emberi táplálékforrás, étkezési célra tenyésztik őket.

29.2. Leszármazásuk

Rendszerünkben a rákok az ízeltlábúak törzsének egyik altörzseként szerepelnek. Csoportjuk nagyon heterogén, s bizonyítottan polifiletikus eredetű, azonban testszerveződésükben mégis számos közös vonás található. A leszármazásukra vonatkozó elképzelések ismertetésétől itt eltekintünk, ezek a későbbi állatrendszertani tanulmányok tárgykörébe tartoznak.

29.3. Külső morfológia

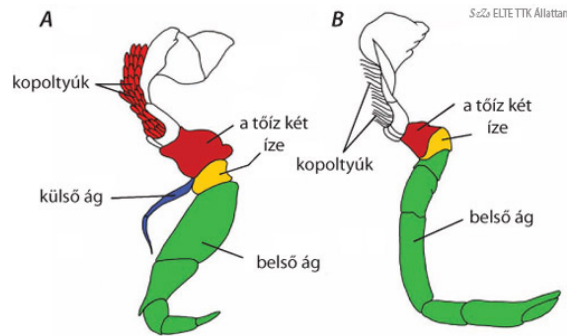
Testük általában **három testtájra tagolódik**: ezek a **fej** (*caput*), a **tor** (*thorax*) és a **potroh** (*abdomen*), de a feji és tori szelvények összeolvadásával kialakulhat egységes **fejtor** (*cephalothorax*) is. Mindhárom testtáj viselhet végtagokat.

Ún. **valódi szelvényeknek** azokat a szelvényeket tekintjük, amelyek tartalmaznak másodlagos testüregrészt. Az első valódi fejszelvény az egy pár szemet, a második és harmadik szelvény pedig az első és második pár csápot hordozza. Ezek többnyire érzékszervek, de szolgálhatnak mozgásszervként is (l. vízibolhák, kandicsok). A három utolsó fejszelvény a **szájszerveket** viseli: ezek a rágó (mandibula), az elülső és a hátulsó állkapocs (maxilla). A legtöbb esetben a torszelvényeken is találunk ízelt lábakat, amelyek változatos alakúak és funkciójúak. Erre épül a rákok hagyományos, morfológiai rendszerezése. A potrohszelvényeken általában nincsenek végtagok – ez alól kivételt jelentenek pl. a felsőbbrendű rákok (Malacostraca) osztályának képviselői.

A **fejtor hátpajzsa** kétoldalt kagylóhéjszerű kettőzeteket képezhet, amelyek a lábak tövéig, vagy azokon is túlérnek. Utóbbi esetben a tor és általában a potroh is a héjak által védett üregben van.

29.3.1. A rákok végtagjai

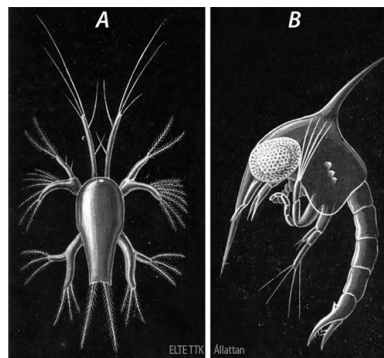
A rákok végtagjai alapszabás szerint **kétágúak**. Van egy **tőízük** (*propodit*), amely általában két további ízből, az alapízből (*basipodit*) és a csípőízből (*coxopodit*) áll. Ehhez kapcsolódik a **külső** (*exopodit*) és a **belső ág** (*endopodit*). A tőizen lehetnek **függelékek** (*exitek és enditek*), ilyen függelékek például a kopoltyúk is. Ezt a kétágú lábtípust **hasadtlábnak** (*schizopodium*) nevezzük (29.1.A ábra). Ebből vezethető le a rákok körében megfigyelhető összes lábtípus. A tízlábú rákok jól ismert járólábai **pálcálábak** (*pereiopodium*). Ennél a típusnál a tőíz két ízből, az első ág öt ízből áll, az első ág pedig elcsökevényesedett (29.1.B ábra). A **levélláb** (*phyllopodium*) a levéllábú rákok (Branchiopoda) körében jellemző végtagtípus, mely megjelenésében valóban levélszerű, lebenyekből álló végtag.



29.1. ábra. Hasadtláb és pálcaláb: A) tízlábú rák hasadtlába (a piros alapíz és a sárga csípőíz együttesen alkotják a tőzt. Erről ered a belső ág (az ábrán zöld), illetve a külső ág (az ábrán kék). A kopolyúk a láb dorzális függelékai. B) Tíz lábú rák pálcalába. A tőzről ered az öt ízű álló belső ág (az ábrán zöld), a külső ág pedig elcsökevényesedett. A kopolyúk a láb dorzális függelékai

29.4. A rákok testfelépítése

Hámjukat **kitintartalmú kutikula** fedi (1. 6.1.3.2. fejezet), amelybe **szervetlen sók** rakódhatnak, elsősorban kalcium-karbonát. **Külső vázuk** (*exoskeleton*) van, kiegyénült izmokkal. Tápcsatornájukban az elő- és az utóbél borítása is kitinizált kutikula, középbélük entodermális hámmal bélelt, rövid szakasz. Hozzá jól fejlett **középbéli mirigy** (*hepatopancreas*) kapcsolódik. Légzőszerveik epidermisz eredetű **kopolyúk**, de egyes csoportokban az egész testfelületen, vagy a héjon át történik a gázcsere. Kiválasztószerveik **módosult metanephridiumok**, amelyek vagy a csáp (**csápmirigy**), vagy az elülső állkapocs (**állkapcsi mirigy**) szelvényében alakulnak ki. **Testüregük kevert** (*myxocoeloma, haemocoeloma*), az egyedfejlődés során az elsődleges és másodlagos testüreg összenyílásával alakul ki (részletesebben 1. 5.4.3. fejezet). **Keringési rendszerük nyílt**. Általában **váltivarúak**, de előfordulnak **hímű** fajok is. A megtermékenyítés mindig belső. Egyedfejlődésük közvetett. Kétféle lárvaalak jellemző: a **fejlárva** (*nauplius*) és a **tőviseslárva** (*zoa*, 29.2. ábra). Gyakoriak azok a fajok, amelyeknél a kétivaros szaporodás mellett a környezeti feltételektől függően szűznemzés is megjelenik (a jelenség neve szaporodásforgó).



29.2. ábra. Rákok lárvatípusai: fejlárva (felülnézet, A) és tővises lárva (oldalnézet, B)

Erősen **központosult dúcidegrendszerük** van. Az idegrendszerük központját a garatideggyűrű és a hasdúclánc alkotja. Előbbi az agydúcból, a garatalatti dúcból és a kettőt összekötő páros hosszanti idegkötegből, a garat körüli ideggyűrűből áll. A hasdúcláncot szelvényenként egy-egy dúcpár, és az őket összekötő idegtörzsek építik föl. **Neuroendokrin rendszerük** szabályozza a vedlést, a szénhidrát-anyagcserét, a vízháztartást, a pigmentsejtek működését, az ivari működéseket és az egyedfejlődést. Mechano- és kemoreceptoraik az úgynevezett **érzékszőrök**, amelyek érzékszérthez kapcsolódó speciális kutikulaképletek a köztakaróban. Látószerveik **egyszerű és összetett szemek**.

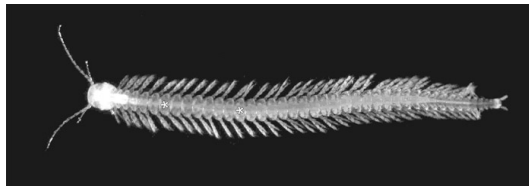
A rákokat a hagyományos, morfológiai rendszerekben négy osztályba sorolhatjuk. Képviselőik egymástól lényegesen különbözhetnek.

29.5. A rákok rendszere

29.5.1. Gályarások (Remipedia) osztálya

Egyszerű testfelépítésű állatok tartoznak ebbe az osztályba. Testük fejre és törzsre tagolódik (ősi bélyeg), **nincs fejtorpajzsuk** és szemük. Az első törzsszelvényük összenőtt a fejjel. Minden törzsszelvényükön egy pár hasadt láb található, s egymást követő végtagjaik evezősorokra emlékeztetnek (29.3. ábra). **Hímnős állatok** (ez egyedülálló a rákok között). A csoportot csak 1981-ben fedezték fel, azóta 6 recens fajukat írták le, melyek a Bahama- és Kanári-szigetek barlangi vizeiben fordulnak elő.

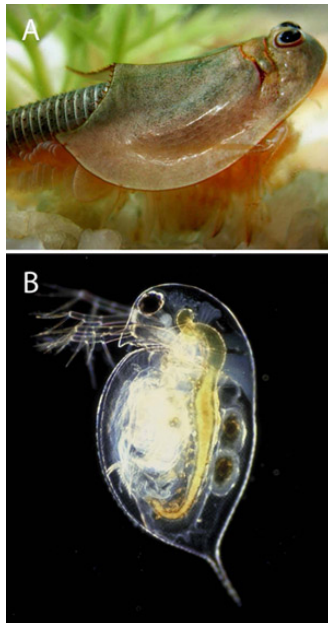
Ez a csoport képezi az alapját az ún. Pancrustacea elméletnek, mely szerint az ízeltlábúakon belül a rákok és a hatlábúak egy kládba tartoznak. A hipotézis nukleinsav szekvencia adatokon alapszik (részletesebben I. rendszertani kurzus).



29.3. ábra. Gályarákfaj (*Speleonectes tanumekes*)

29.5.2. Levéllábú rákok (Branchiopoda) osztálya

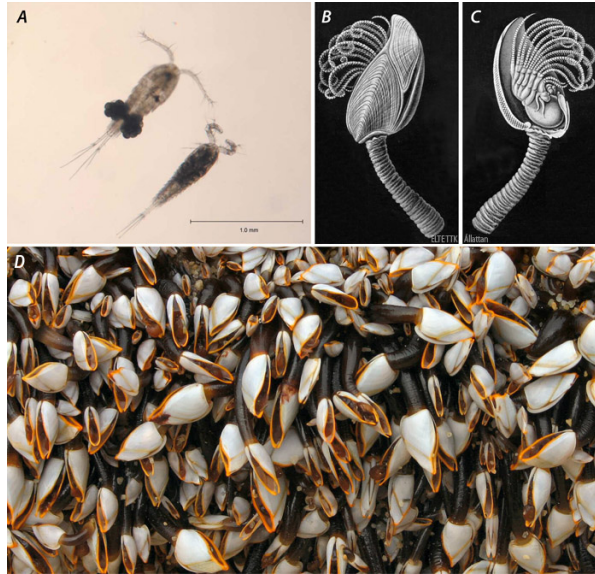
A **testszelvények száma változó**. A torszselvényeikhez levéllábak kapcsolódnak. A potrohszelvények soha nem hordoznak lábakat. A potroh végén farokvilla található (29.4. ábra). Ide tartozik a 8–20 mm testméretű **közönséges tócsarák** (*Branchipus schaefferi*), amely időszakos vizeinkben gyakran előforduló faj. A **nyári pajzsosrák** (*Triops cancriformis*) szintén időszakos vizeink lakója. Nevét viszonylag nagyméretű fejtorpajzsáról kapta. A **vízibolhák** (*Daphnia*-fajok) második pár csápjá nagyméretű, elágazó evezőszerv: az állatok csápjukkal csapkodva, szökdelő mozgással haladnak a vízben. Gyakran használják őket akváriumi díszhalak táplálására.



29.4. ábra. Levéllábú rákok: pajzsosrákfaj (*Triops longicaudatus*, A) és vízibolhafaj (*Daphnia pulex*, B)

29.5.3. Állkapcsilábas rákok (Maxillopoda) osztálya

Ebbe a csoportba **változatos megjelenésű állatok** tartoznak, de vannak közös jellemzőik is: hat torsi-szelvényük és öt, **végtagok nélküli potrohszelvényük van**, tehát **szelvény számuk állandó**. A **kandicsoknál** (*Cyclops*-fajok) fejtorpajzs nem alakult ki, összetett szemeik sincsenek, első feji szelvényükön egyetlen egyszerű szem található. Innen származik tudományos nevük: első leírójukat a görög mitológiából ismert egyszemű óriásokra, a küklópszokra emlékeztették (29.5.A ábra). A **pontytetű** (*Argulus foliaceus) halak bőrén élősködik, azok vérért szívja. Parazita életmódjának megfelelően szűrő-szívó szájszerve van. Az első állkapocs tapadókorongokká módosul, ami a gazdaállaton való megkapaszkodást segíti. Fényképe a <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Argulus.jpg> oldalon látható. A **kacsakagyló** (*Lepas anatifera*) az Atlanti-óceánban és a Földközi-tengerben elterjedt helytűlő rákfaj. Külső megjelenésében kagylóra emlékeztet (29.5.B–D ábra).*



29.5. ábra. Állkapcsilábas rákok: kandicsfaj (*Cyclops bicuspidatus*) mikroszkópi felvétele (A), kacsakagyló rajza (B, C) és telepének fotója (D)

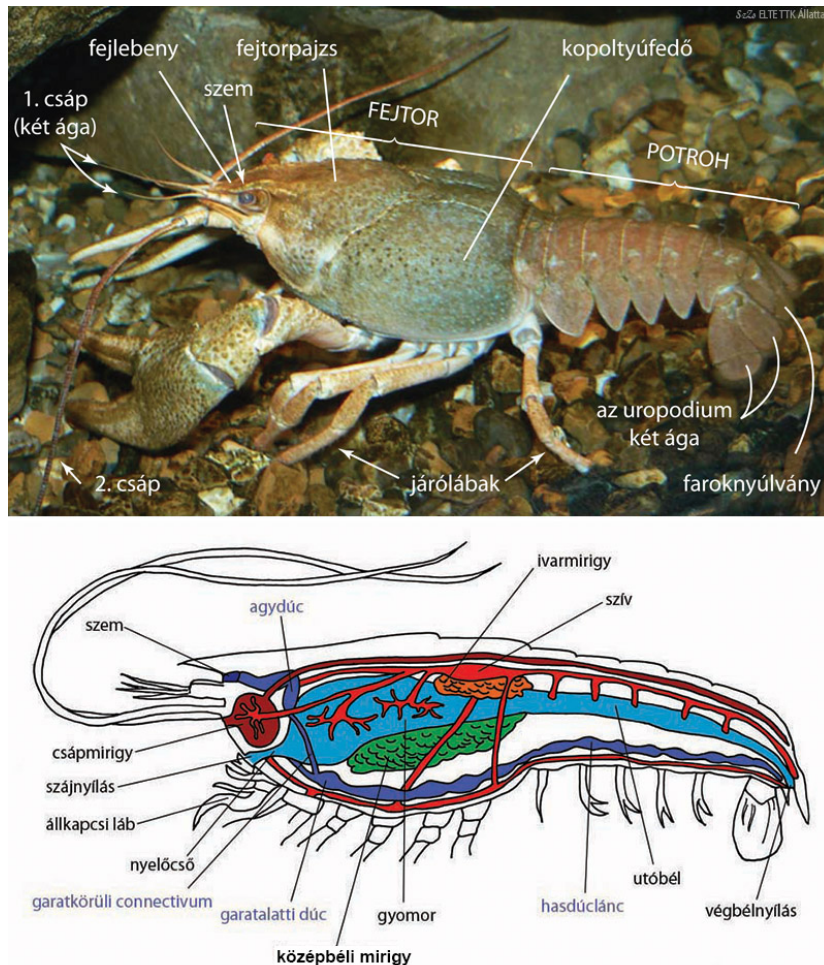
29.5.4. Felsőbbrendű rákok (Malacostraca) osztálya

A **testszelvények száma állandó**: 6 fej-, 8 tor- és 6 potrohszelvény. A **potrohon lábak vannak**, az utolsó pár uropodiummá alakult. A torlábaik pálcalábak.

A felsőbbrendű rákok anatómiai sajátosságait a **tíz lábú rákok** (Decapoda) rendjébe tartozó folyami rákok (*Astacus*) fajain mutatjuk be (29.6. ábra). A tízlábú rákok általában az aljzaton lépegetnek járólábaikon, de potrohizmaik és úszólábaik segítségével úszómozgásra is képesek. Ha megriasztják őket, potrohukat a fejtor alá csapva szökkenve hátrálnak.

Hat valódi fejszelvényük van, előttük pedig a **fejlebeny** (*acron*) található, amelyet nem tekintünk valódi testszelvénynek, mert nem terjed bele a másodlagos testüreg. Toruk 8, potrohuk pedig 6 szelvényből áll. Az utolsó potrohszelvényt a **faroknyúlvány** (*telson*) követi, amely a fejlebenyhez hasonlóan szintén nem valódi testszelvény. A fejlebenyen és a faroknyúlványon ízelt lábak sincsenek.

A fej összeolvad a torsi-szelvényekkel, így fejlett **fejtor** (*cephalothorax*) alakul ki. A fejtor dorzális és laterális részét egységes **fejtorpajzs** (*carapax*) borítja. A fejtorpajzs dorzális felületén található a fej és a tor határát jelző nyaki barázda. A fejtorpajzs elülső végén a fejlebeny hegyes csőrnyúlvány (*rostrum*) formájában jelenik meg, melynek hátulsó, kiszélesedett lemeze alá behúzhatók a szemek. A fejtorpajzs oldalt fedi a lábakon található **kopoltyúkat**, így ún. **kopoltyúfedőként** is funkcionál, és a test mindkét oldalán egy-egy jól védett kopoltyúüreg alakul ki a tor laterális vázelemei és a kopoltyúfedő között (l. még 9.5. ábra).



29.6. ábra. A tízlábú rákok testrészei és belső szervei a kecskerákon (*Astacus leptodactylus*) bemutatva

A folyami rák **ízelt láb származékai** a következők. A fejen az első a mozgatható **szemnyél**, ezt követi a **2 pár csáp** (*antenna I és II*), valamint a **szájszervek** (*mandibula, maxilla I és maxilla II*). Az első **3 pár** torláb hasadt **állkapcsi láb**, a táplálkozásban vesznek részt. Ezeket **5 pár pálcaláb**, a járólábak követik. Közülük az első pár **ollóban** végződik, és a táplálék megszerzését segíti. A potrohon **5 pár hasadt úszólábat** találunk, hímeknél az első 2 pár párzólábbá módosult. A nőstények első pár potrohlába csőkevényes (11.5. ábra), a többi pedig szaporodási időszakban a megtermékenyített petesejteket és a fejlődő embriókat hordozza. A hatodik pár potrohláb alkotja az **uropodiumot**, amely lemezszerűen kiszélesedik, és a farknyúlvánnyal együtt evező- és kormányzószervezetet alkot a hátulsó testvégen.

Külső vázuk anyaga **kitintartalmú kutikula** (l. 6.1.3.2. fejezet), amelybe **szervetlen sók** rakódnak. A kutikula külső, keményebb és ellenállóbb rétege az epikutikula, alatta található a sokkal vastagabb prokutikula. Ez utóbbi tartalmazza az állat mintázatát kialakító **színsejteket**. A kutikula nem nő az állattal együtt, ezért a rákok fejlődésük során több vedlésen mennek keresztül, ilyenkor van lehetőség a test növekedésére. Az itt **hipodermisnek** nevezett epidermisz egysejtű mirigyeket is tartalmaz. Ezek feladata, hogy a vedlést megelőzően visszaszívják a kutikulából a kalciumsókat, amelyeket az állat felhasznál az új kutikula szintézise során. Szintén a mirigysejtek termelik a vedlés során az ún. exuviális folyadékot, amely a régi kutikula egyes rétegeinek lebontásában, leválasztásában játszik szerepet.

A folyami rák elsősorban dögevő, de gyakran élő zsákmányra is vadászik. A zsákmányt az első pár járóláb ollóival ragadja meg, majd a falatot az állkapcsi lábakkal tartja a szájnyílás elé. A **rágókkal** (*mandibulák*) aprítja a táplálékot, az **állkapcsokkal** (*maxillák*) pedig a lehulló darabkákat fogja fel. Az állkapcsokon sok ízérző receptor is található. Az elfogyasztott táplálék a nyelőcsőn (*oesophagus*) át jut a gyomorba (*gaster*). Ezek az előbél részei, ektodermális eredetű hám borítja őket, amely kutikulát termel (8.5. ábra). A gyomor rágógyomor, amely a táplálék aprítását és részecskeméret szerinti osztályozását végzi. A középbél finom vezetékeibe és a **középbéli mirigybe**

(*hepatopancreas*) csak a finomszemcsés táplálék juthat el, hiszen ezek entodermális eredetű hámjának nincs kutikulaboritása, ezért sérülékeny. A középbél dorzális vakzsákja a vakbél (*coecum*). A durvább táplálékdarabok a gyomorból az ektodermális eredetű, tehát kutikulával borított utóbélbe jutnak. Ezt a gyomor dorzális falából eredő kitinlemez, az ún. **tölcser** biztosítja. Az utóbél a faroknyúlványon található végbélnyíláson át közlekedik a külvilággal.

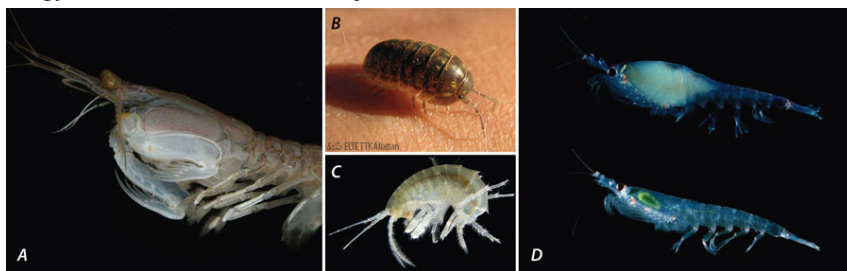
A folyami rák **kopoltyúkkal** lélegzik (1. légzőszervek). Kiválasztószerve a **zöldmirigy vagy csápmirigy** (módosult *metanephridium*). **Keringése nyílt**. A Decapoda rendbe **váltivarú** állatok tartoznak, azaz külön állatban találhatók a hím és női ivarú ivarmirigyek. Az *Astacus*-fajokat **ivari dimorfizmus** jellemzi. A hím állatok fejtora szélesebb a potrohnál, nőstényekben a két testtáj közel egyformán széles. Hímekben az első és második potrohláb jól látható, nőstényekben csökevényes (11.5. ábra). A hímek spermiumaikat spermiumtartó tokocskába (*spermatophora*) csomagolják. A megtermékenyítés külső, a nőstények a fejlődő embriókat potrohlábaikon hordozzák. Idegrendszerük központosult **dúcidegrendszer**. A **neuroendokrin rendszer** központja az X-szerv-szinuszmirigy-komplexum. A Decapoda rendbe tartozó rákoknak kivétel nélkül van **összetett szemük** (14.4. ábra) és érzékszőrökkel is rendelkeznek (14.3. ábra). A rákok egyensúlyérző szerve a sztatociszta (14.3. ábra).

A felsőbbrendűrákok csoportjába tartozik az **éti sáskarák** (*Squilla mantis*), amelynek a fejtorpajzsa rövid, nem fedi az összes torsiágyat. Torsiágyaihoz pengés fogólábak, valamint járólábak csatlakoznak. Potrohszerviágyai a fonalas kopoltyúkat hordozó potrohlábak láthatók (29.7.A ábra). *Zoea* lárvákon (29.2. ábra) keresztül fejlődik. 20 cm-re is megnőhet. A Földközi-tengerben gyakori faj.

Az **ászkarák** közé vízi és szárazföldi életmódot folytató fajok is tartoznak. Utóbbira példa a **gömbászka** (*Armadillidium vulgare*). Teste hát-hasi irányban lapított. A fej és az első torsiágy egységes fejtort alkot. Torlábai pálcálábak. Potrohszerviágyai összenőttek (29.7.B ábra).

A felemáslábú rákok teste oldalirányban lapított. Torlábai közül az első pár állkapcsi láb, a 2.–3. pár a táplálék tartására szolgál, a 6.–8. párt használják járás során. Az első 3 pár potrohlábuk hasadt, az úszást segíti, a 4.–6. pár pálcaszerű, segítségével szökellő mozgást végeznek (29.7.C ábra). A **közönséges bolharák** (*Gammarus fossarum*) hazai közephegységi patakjaink gyakori faja.

A **világítórák** teste szintén oldalirányban lapított (29.7.D ábra). Állkapcsi lábai nincsenek, mivel szűrőgető életmódot folytatnak. Fejtorpajzsuk összenőtt a torsiágyakkal, nem fedi a torlábakon található kopoltyúkat. Általában nagy rajokban mozognak (**krill**). A hideg, cirkumpoláris (sarkvidékek körüli) tengerekben élnek. **Ökológiai szerepük** fontos, hiszen a sziláscetek és a heringek fő táplálékforrását jelentik, illetve sok helyen takarmányozásra vagy étkezési célokra is használják őket.



29.7. ábra. Éti sáskarák (A), ászkarák (B), bolharák (*Gammarus roeselii*, C) és világítórák (D)

A **tíz lábú rákok** (Decapoda) rendjében fejlett **fejtor** (*cephalothorax*) alakul ki. Hazánkban három folyami rák-faj őshonos: a **nemesrák** (*Astacus astacus*¹), a **kecskerák** (*Astacus leptodactylus*, 29.6. ábra) és a **kövi rák** (*Austropotamobius torrentinum*²). A kecskerákot könnyű megkülönböztetni a másik két fajtól, hiszen jellegzetes foltos-márványos rajzolata van, és karsú az ollója. A kövi rák és a nemesrák ollója rövid, zömök, de az előbbi fejtorán a szem mögött csak egy pár kitinléc látható, míg a nemesrákon és a kecskerákon is két-két pár kitinlécet találunk. Az 1980-as évektől megjelent hazánkban a **cifrarák** (*Orconectes limosus*, 29.8.D ábra), amely észak-amerikai eredetű, inváziós faj. A **homár** (*Homarus gammarus*) a folyami rákok közeli rokona (29.8.A ábra). Európai tengerekben gyakori, akár az 50 cm-es testhosszt is elérheti. Étkezési céllal halásszák és tenyésztik. Az **ehető langusza** (*Palinurus vulgaris*) a Földközi-tengerben és az Atlanti-óceánban gyakori. Az első pár járóláb nem visel

¹http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Astacus_astacus_02.JPG

²<http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Steinkrebs.jpg&filetimestamp=20070802135859>

nagy, fejlett ollót (29.8.E ábra). A második csáp hossza meghaladja az állat testhosszúságát. A **remeterákok** potroha kevésbé fejlett, puha, spirálisan csavart, ezért üreges tárgyakba, például csigaházakba rejtik. A **tarisznnyarákok** (nagy tarisznnyarák, *Cancer pagurus*) fejtora hát-hasi irányban lapított, tojásdad vagy kerek. Potrohukat a fejtörük alá hajtják. Ide tartoznak az **integetőrákok** (*Uca*-fajok.) is. Meleg vizű tengerek partján élő állatok, gyakran a homokba ássák magukat. Nevüket onnan kapták, hogy himjeik egyik ollója igen nagy, ezt integetésre használja a násztánc során (29.8.B ábra). Az Adriában is honos tengeripókok fejtora háromszög alakú, előre felé keskenyedő, két csúcsban végződő. Lábaik feltűnően hosszúak. A Japán körüli tengerekben élő **óriás tengeripók** (*Macrocheira kaempferi*, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Macrocheira_kaempferi.jpg) fejtora 30 cm átmérőjű, ollós lába akár 1,5 m hosszú is lehet. A **garnélarákok** is a Decapoda rendbe tartoznak. Tengeri, édesvízi és brakvizi élőhelyeken is megtalálhatók. Testük oldalirányban lapított. Fejtorpajzsuk összeolvadt a torral. Vannak közöttük korallokon és tengeri rózsák biztonságában élők: testük üvegszerűen áttetsző, alakjuk, meglévő színeik és ennek mintázata az otthonként választott csalánozóéval egyező. A tisztogatógarnélák más állatok testfelszínét és fogazatát tisztítva jutnak táplálékhoz (29.8.C ábra).



29.8. ábra. Tíz lábú rákok: homár (*Homarus gammarus*, A), integetőrák (*Uca pugnans*, B), muréna fogazatát tisztító tisztogató garnéla (C), cifrárák (*Orconectes limosus*, D), languszta (*Palinurus vulgaris*, E) és hátán fekvő nagy tarisznnyarák (*Cancer pagurus*, F). Középen Haeckel rajzai láthatók

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Sorolja föl a rákok legfontosabb külső morfológiai jellemzőit!
2. Milyen ízelt láb típusokat ismert meg a rákoknál? Hasonlítsa össze ezeket!
3. Ismertesse röviden a rákok testfelépítését!
4. Hasonlítsa össze röviden a rákok tanult osztályait!
5. Mi jellemzi a levéllábú rákok osztályát? Soroljon fel 3 példafajt is!
6. Jellemezze az állkapcsilábú rákok osztályát! Nevezzen meg 3 példafajt!
7. Mutassa be a felsőbbrendű rákok osztályát! Röviden jellemezzen 3 példafajt is!

30. fejezet - Hatlábúak (Hexapoda) altörzse - (F.J.)

30.1. Bemutatásuk

Az ízeltlábúak törzsének fajokban legnépesebb altörzsét a **hatlábúak** (Hexapoda) alkotják. A hatlábúság jellemzi a csoport fajait, de valószínűleg e tulajdonság az evolúció során többször is kialakult, ezért a legtöbb rendszerező az altörzset legalább két osztályra, a **nem valódi rovarokéra** (Parainsecta) és a **valódi rovarokéra** (Insecta) osztja. A későbbiekben, amikor általánosságban „rovarokról” beszélünk, nem teszünk különbséget a Parainsecta és az Insecta között.

A rovarokkal foglalkozó tudomány az **entomológia**, amely a XVIII. század eleje óta létezik. Komplex tudományág, amely magában foglal olyan biológiai rész tudományokat, mint a taxonómia, anatómia, ökológia stb. A „rovarászok” között hivatásos és amatőr embereket egyaránt lehet találni.

Vajon hány rovarfaj él a Földön? A legóvatosabb becslések szerint is közelíti az 1 milliót. Az eddig leírt fajok és az évente felfedezett fajok arányából lehet leginkább következtetni, hogy hány faj vár még felfedezésre, ha közben ki nem irtja őket az ember.

Tudományos megnevezésük (Insecta) azt jelenti, hogy „bemetszettek”: e név arra utal, hogy a csoportba tartozó állatok teste befűződésekkkel három testtájjra – fejre, torra és potrohra – tagolódik.

A tipikus testfelépítéstől egyes rovarrendekben, pl. hártáásszárnyúak, kisebb-nagyobb eltéréseket találunk, azonban az alapszabás ugyanaz.

A **rovarok változatossága** szinte minden szempontból egyedülálló. Vannak közöttük ragadozók, növényevők, törmelékekkel vagy egyéb szerves anyaggal táplálkozók ugyanúgy, mint élősködők (paraziták). A legkevesebb rovar a tengerekben találjuk, az édesvízben már jóval gyakoribbak, az igazi élőhelyük azonban a szárazföld. A Föld felszínén is egyenetlenül oszlanak meg. A téritők között fordul elő az összes faj 50 százaléka. A rovarok között találunk nappali életmódot folytatókat és éjszaka aktívakat is. Sikereségük részben annak is köszönhető, hogy a magányos életmódúak (szoliter) mellett sok a társas életmódú, sőt államalkotó (szociális) faj is.

A **rovarok és az emberek** élete már az ősidőktől fogva szorosan összekapcsolódott. Rovarok által előállított anyagokat (pl. selyem, festékek) iparilag hasznosított az emberiség, és a gyógyszeripar is sok rovarhatóanyagot használ (pl. véralvadástgátlók). Több olyan rovarfaj van, amely laboratóriumban jól tartható, ill. nagy tömegben a természetben befogható, tanulmányozható, így különböző, elsősorban ökológiai, **fejlődésgenetikai** vizsgálatokban **modellállatként** használható.

A legtöbb rovarfaj tápanyagokban, vitaminokban igen gazdag. Elsősorban a trópusokon fogyasztanak belőlük sokat. Egyesek szerint az emberek éhezését legkönnyebben így lehetne csökkenteni. Főként egyenesszárnyúakat, poloskákat, lárvákat és bábokat esznek. A **rovarevésnek** is vannak azonban veszélyei. A növényekkel táplálkozók különböző kémiai szereket halmozhatnak fel a szervezetükben, amelyek az emberbe is átjuthatnak. Némely rovar pedig maga is termel mérgeket.

Nem minden rovarcsoport volt egyformán sikeres az evolúció során. A **fajokban leggazdagabb 5 rovarrend a következők**: bogarak (Coleoptera, 300 ezer faj), hártáásszárnyúak (Hymenoptera, 250 ezer faj), kétszárnyúak (Diptera, 150-200 ezer faj), lepkék (Lepidoptera, 150–200 ezer faj), felemáásszárnyúak (Hemiptera, 150-200 ezer faj).

Mitől ilyen sikeresek a rovarok? A fő okok az alábbiak:

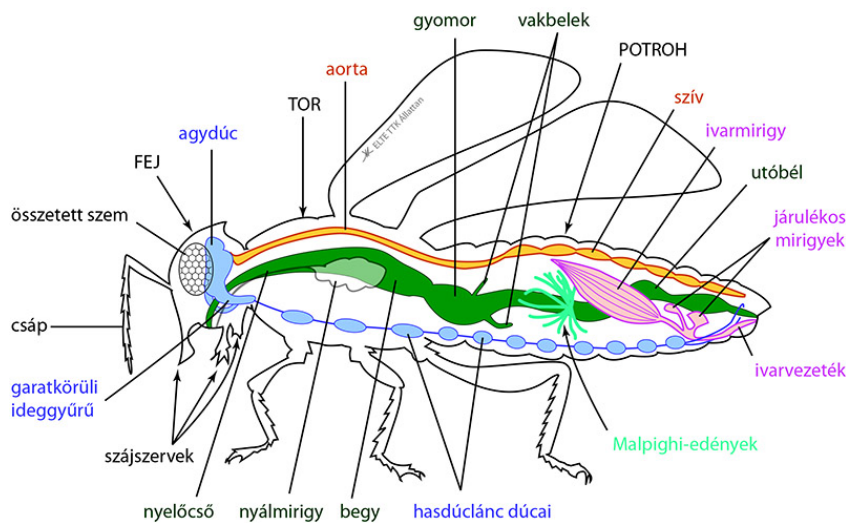
- kis testméret,
- rövid generációs idő,
- fejlett érzékszervek, idegrendszer,
- koevolúciós hatások,
- metamorfózis,

- repülés képessége.

30.2. A rovarok testfelépítése

A rovarok igen különböző megjelenésűek, testfelépítésükről azonban egységes jellemzés adható. **Testtájai** a **fej** (*caput*), a **tor** (*thorax*) és a **potroh** (*abdomen*). A fej vázelemei egységes fejtokot képeznek, s itt található az **összetett szemek** és a **csápok**, valamint a szájszervek (6.1. ábra). Csápjuk gyűrűzött, és benne csak az alapízben van izom. Három pár lábuk, és két pár **szárnyuk** fejlődik: a lábak mindhárom, a szárnyak azonban csak a középső és az utolsó torsiálműveléhez kapcsolódnak (6.1.3.3., 6.1.3.4., 30.5. fejezetek). A nőstények potrohvégen hosszabb-rövidebb tojócső fejlődik (a peterakást segíti), amely fullánkú módosulhat. A hímek párzószerve is a potrohvégen alakulnak ki, nyugalmi állapotban rejtettek.

Külső vázukat **kيتينizált kutikula** alkotja, amelyet a felhám hoz létre. Vedlésekkel újítható. (l. 6.1.3.2. fejezet) A szelvények vázelemei a **háti lemez** (*tergit*), a két **oldallemez** (*pleurit*) és a **hasi lemez** (*sternit*). A felszínre nyílik a **légszűrőrendszer**, amely szintén kutikulával fedett (bélelt, 9.2.2. fejezet). A rovarok izmai **kiegyenült izmok** (6.1.2.2. fejezet). **Tápcsatornájuk háromszakaszos**, ízeltláb-eredetű **szájszerveik** a táplálkozásmódnak megfelelően változatosan alakulnak: az alaptípus a rágó szájszerv (l. bogarak), ennek módosulásával alakult ki a nyáló (legyek), a szűrő-szívó (poloskák, szúnyogok) és a szívó (pödörnyelv, lepkék) szájszerv. (Részletesebb felépítésükkel itt nem foglalkozunk, ez a későbbi tanulmányok tárgya.) Kiválasztószervük **Malpighi-edény**, amelyek sokasága a közép- és utóbél határához kapcsolódik (10.2.3. fejezet). **Keringési rendszerük nyílt**, **testüregük kevert** (*myxo-* vagy *haemocoleloma*, 5.4.3. fejezet). Váltivarúak, **ivari dimorfizmussal**, belső megtermékenyítéssel (11.3. fejezet). Idegrendszerük központja a három részből álló **agydúc és a hasdúc-láncrendszer**. Hormonrendszerük számos életfolyamatot szabályoz: ezek közül a **vedléssel** foglalkoztunk (13.1.2. fejezet). Testfelépítésüket vázlatosan a 30.1. ábra mutatja be.



30.1. ábra. Rovarok általánosított testfelépítése a belső szervekkel

30.3. A hatlábúak rendszerének bemutatása

A hatlábúakat a régebbi rendszerek a repülőképességük alapján szárny nélküliekre (*Apterygota*) és szárnyas rovarokra (*Pterygota*) osztották. Azóta kiderült, hogy ez a felosztás mesterséges.

A mai, a törzsfajlódást is figyelembe vevő rendszerek a szájszervek elhelyezkedése alapján a hatlábúak altörzsét **nem valódi rovarok** (*Parainsecta*) és **valódi rovarok** (*Insecta*) osztályára tagolják. Az előbbi osztályra az a jellemző, hogy a szájszervek a fejtok belsejében helyezkednek el, míg az utóbbi csoportban a szájrészek a fejtokhoz kívülről kapcsolódnak. Míg a *Parainsecta* tagjai mind röpképtelenek, a valódi rovaroknál csak a legősibbeknek nem alakultak ki az evolúció során a szárnyaik.

A rovarokon belül két alosztályt különítenek el, aszerint, hogy a rágó (*mandibula*) a fejhez, a lábszár a combhoz (l. 6.12 ábra) egy vagy két büttyökkel ízesül.

Könyvünkben csak a legfontosabb rovarrendeket ismertetjük. A hatlábúak altörzsének (Hexapoda) **főbb rendszerét** az alábbiak szerint tárgyaljuk:

- Parainsecta osztály
 - Előrovarok (Protura) rendje
 - Ugróvillások (Collembola) rendje
 - Lábaspotrohúak (Diplura) rendje
- Rovarak (Insecta) osztálya
 - Egybütykűek (Monocondylea) alosztálya
 - Ugró ősovarok (Archaeognatha) rendje
 - Kétbütykűek (Dicondylea) alosztálya
 - Elsődlegesen szárnyatlanok (Apterygota) tagozata
 - Pikkelykék (Zygentoma) rendje
 - Elsődlegesen szárnyasok (Pterygota) tagozata

30.4. A rovarok posztembrionális fejlődésének típusai

A hatlábúak **sikerességének** egyik legfontosabb oka a változatos posztembrionális fejlődés. Posztembrionális fejlődésen mindazon élettani, biológiai folyamatok összességét értjük, amelyek a petéből való kibújástól vagy születéstől az ivarérettség eléréséig lejátsszódik. Főbb típusai a következők:

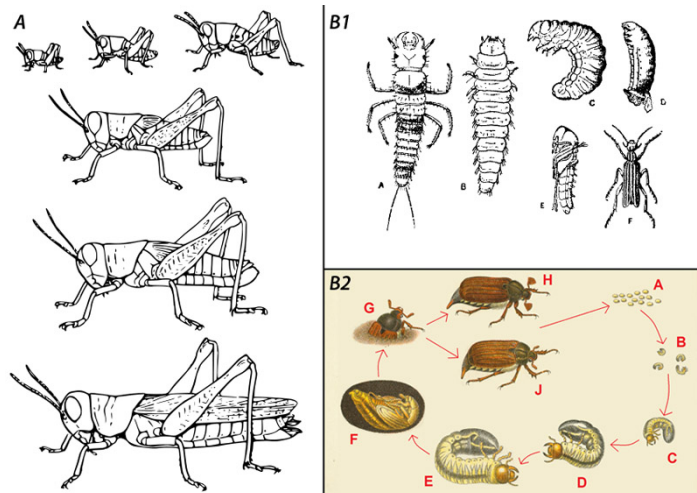
I. **Szelvénytörzsi fejlődés** (*anamorphosis*). A lárva szelvénytörzsi száma kevesebb, mint a kifejlett állaté (*oligomer* lárvatípus), csak az előrovaroknál fordul elő.

II. **Állandó szelvénytörzsi fejlődés** (*holomorphosis*). A lárva szelvénytörzsi száma megegyezik a kifejlett rovaréval.

II.1. **Kifejlés** vagy közvetlen fejlődés (*epimorphosis*). A lárva és a kifejlett rovar nagyon hasonló kinézetű, a lárva ivarszervei, szárnyai hiányozhatnak, életmódja is a kifejlett állathoz többnyire hasonló (30.2.A ábra). A lárvát elsődleges vagy *primer* lárvának hívjuk. Az ősovarok, ugróvillások, egyenesszárnyúak, poloskák így fejlődnek.

II.2. **Átváltozás** vagy tökéletlen átalakulás (*hemimetamorphosis*). A lárva és a kifejlett állat között viszonylag jelentős különbség figyelhető meg. A lárva eltérő élőhelyen él, eltérő az életmódja. Az ilyen lárvákat másodlagos vagy *secunder* lárvának hívjuk. Lárvakori szerveik vannak, mint amilyenek a tracheakopoltyúk, vagy a szitakötőlárvák speciális szájszerve, az ún. fogóálarc. Pl. a szitakötők, kérészek, álkérészek fejlődnek így.

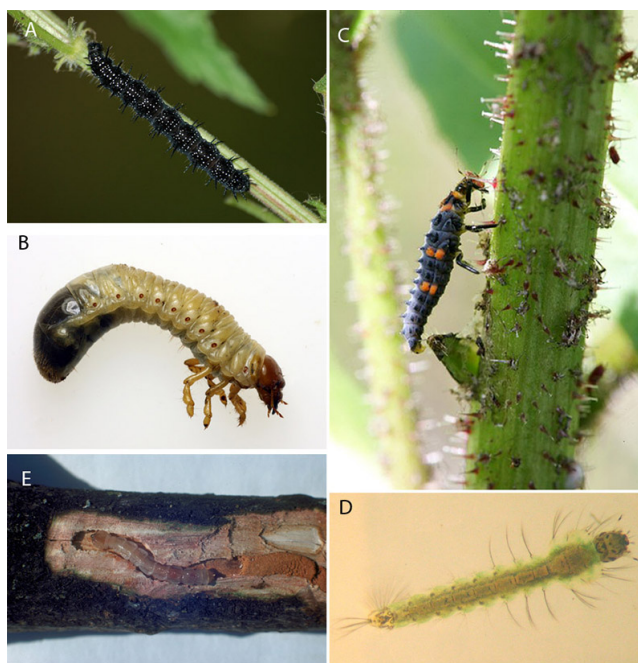
II.3. **Tökéletes átalakulás** (*holometamorphosis*). A lárva és a kifejlett rovar között akkora a különbség, hogy a kifejlett állat kialakulásához egy nyugalmi állapotnak, az ún. bábállapotnak kell közbeiktatódnia. Pete, lárva, báb, kifejlett rovar állapotokon mennek keresztül (30.2.B ábra). A harmadlagos vagy *tercier* lárvák általában más életmódot folytatnak, mint a kifejlett állatok (*imago*). Ez a fejlődésmenet többek között a bogarakra, lepkékre, hártyásszárnyúakra, bolhákra, kétszárnyúakra jellemző.



30.2. ábra. Példa fejlődésmenetekre: kifejlés (egyenesszárnyúak, A) és tökéletes átalakulás (bogarok, B1, B2)

A tökéletes átalakulással fejlődő ún. harmadlagos lárvák szervezetük alapszabása alapján négy csoportba sorolhatók.

1. *Protopod* lárvák. Potrohuk szelvényezetlen, vagy a szelvényezettségnek csak jelei láthatók rajta. Végtagjaik is kezdetlegesek. Egyes endoparazitoid hártáásszárnyúaknál fordul elő.
2. *Polipod* lárvák. Torukon kívül a potrohon is viselnek „lábakat”, de ezek általában rövid és vastag, ízeletlen végtagok, ún. állábak. A lepkék lárvája, a hernyó ilyen típusú (30.3.A ábra).
3. *Oligopod* lárvák. Csak a toron találhatók lábak, a potrohon nem. Több változatuk is van:
 - 3a *Pajorszerű* lárvák. Zömök, vastag testű, rendszerint a hasoldaluk felé kifli alakban meggörbült lárvák. Kutikulájuk lágy. Lassan mozognak. Rendszerint növény- vagy korhadékevők (30.3.B ábra).
 - 3b *Kampodeoid* lárvák. Hát-hasi irányban kissé lapított, keményebb kutikulájú lárvák. Rágójuk hegyes, erős, torlábaik erőteljesek (30.3.C ábra). A potroh végén rendszerint két nyúlvány van. Az előző lárvatípusnál gyorsabb mozgásúak. Többségük ragadozó.
4. *Apod* lárvák. Sem torukon, sem potrohukon nem viselnek végtagokat. Fejük kialakulása alapján három típusukról beszélhetünk:
 - 4a *Eucephalikus* lárvák. Fejük normálisan fejlett, rajta rágó szájszervek vannak (30.3.D ábra).
 - 4b *Hemicephalikus* lárvák. Fejük aránylag kicsi (30.3.E ábra).
 - 4c *Acephalikus* lárvák. Fejük nem különült ki. Ebbe a csoportba tartoznak a felsőrendű legyek lárvái, az ún. nyüvek.



30.3. ábra. Lárvatípusok. Polipod lárvák (A: *Inachis io*, B: *Melolontha melolontha*) és campodeoid lárvák (C: *Coccinella* sp.). Apod lárvák: D) eucephalikus lárvák (*Anopheles* sp.), E) hemicephalikus lárvák (Buprestidae), F) acephalikus lárvák

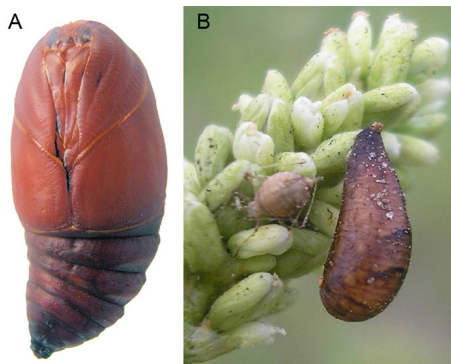
A harmadrendű lárvák, mielőtt imágóvá alakulnának, **bábállapoton** (pupa) mennek keresztül. Sok lárvák maga köré védőszövetet, gubót sző.

A báboknak három típusát lehet megkülönböztetni:

1. *Szabad báb* (pupa libera). A báb felületén a későbbi imágó végtagjainak és szárnyainak kezdeményei szabadon fekszenek, onnan műtéti beavatkozás nélkül, kísérletileg felemelhetők. Sok bogár bábja ilyen¹.
2. *Fedett vagy múmiabáb* (pupa obducta, 30.4.A ábra). A végtagkezdemények a testet fedő kutikula alatt jól láthatók, de műtéti beavatkozás nélkül nem emelhetők fel. Ez a báb típus a lepkékre jellemző.

¹http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Melolontha_melolontha_02.JPG?uselang=hu

3. *Tonna- vagy hordóbáb* (pupa coarctata, 30.4.B ábra). Az utolsó lárvakori bőr a bábbon marad, rajta összeszáradva átlátszatlan tokot képez. Ez alatt szabad báb helyezkedik el. A legtöbb légynek ilyen bábja van.



30.4. ábra. Bábtípusok: múmiabáb (*Actias luna*, A) és tonnabáb (zengőlégy, C)

30.5. A szárnytípusok alakulása

A szárnyas rovarok szárnyai a közép- és az utótoron erednek. A különböző rovarrendekben azonban a szárnyak nagyon változatosan alakulhatnak. A következőkben röviden a főbb szárnytípusokat mutatjuk be.

I. Mindkét pár egyformán hártyás:

- az első pár kb. azonos nagyságú a második párral (pl. szitakötők),
- a második pár hosszabb, mint az első pár szárny (pl. lepkék, hártyásszárnyúak).

II. Az első pár erősen kitines, a második pár hártyás:

- az első pár szárny egész felülete megvastagodott, **szárnyfedő** (*elytrum*, bogarak),
- az első pár szárnynak csak a tövi része megvastagodott, **félfedő** (*hemelytrum*, poloskák).

III. Az egyik szárnpár érzékszervvé alakul át:

- az első pár szárny lesz érzékszerv (legyezőszárnyúak),
- a második pár szárny lesz érzékszerv (kétszárnyúak).

IV. Valamelyik szárny hiányzik vagy elcsökevényesedik:

- A második pár csökevényes vagy hiányzik, részleges szárnyatlanság (pl. röpképtelen bogarak),
- mindkét szárnpár csökevényes vagy hiányzik:
 - elsődleges szárnyatlanság:** egyik nemnek sincs szárnya, és az őseiknek sem volt (félrovarok, ugróvillások),
 - másodlagos szárnyatlanság:** életmódjuk miatt veszítették el szárnyukat, az őseiknek még volt (vérszívó- és rágótetvek, bolha, természet stb.).

A továbbiakban a hatlábúak néhány jellegzetes képviselőjének főbb jellemzőit ismertetjük, elsősorban azt a célt kitűzve, hogy rávilágítsunk a csoport sokszínűségére, változatosságára, ökológiai szerepükre és az emberrel való kapcsolatukra.

30.6. A hatlábúak rendszere

30.6.1. Nem valódi rovarok (Parainsecta) osztálya

A **félrovarok** (Protura) rendjének tagjai apró, talajlakó állatok, amelyek legfeljebb a 2 mm-es nagyságot érik el. Testük megnyúlt, nagyjából egyenletesen szelvényezett, világos színű vagy sárga (30.5.A ábra). Szájszerveik szűrő-szívó típusúak. Csápjuk és szemük hiányzik. Tapogatásra az első lábpárjukat használják, így csak négy lábon járnak. 12 potrohszelvényük van. Mind peterakók. A petéből kibújó ún. nimfának csak 9 potrohszelvénye van. Ez a szelvényszám a későbbi vedlések során kiegészül. Élettartamuk körülbelül egy év. Nedves, fénytől védett helyeken, korhadó fatönkőkben és mohában élnek. Nimfa vagy ivarérett alakban telelnek át. Itt-ott előforduló fajok a **hajnalrovar** (*Eosentomon transitorium*).

Az **ugróvillások** (Collembola) rendjének fajai a talaj ún. mezofaunájának igen fontos tagjai. Apró, rendszerint 1–2 mm nagyságú, szárnyatlan rovarok. A legkisebbek testhossza csak 0,25 mm, a legnagyobbaké pedig 7–8 mm.

Világszerte több mint 3500 fajukat írták le. A Föld szinte minden pontján megtalálhatók, még az örök hó határán túl is (gleccserbolha). A szélsőségesen hideg területen, pl. az Antarktiszon vagy gleccsereken élő fajok teste fagyálló folyadékot tartalmaz. Többségük azonban a talajban, az avarban vagy a növények felszínén él. Baktériumokkal, korhadó növényi anyagokkal, gomba fonalakkal táplálkoznak. A ragadozó fajok száma csekély.

Testfelépítésük sok ősi bélyeget mutat. A test tagolódása alapján két alrendbe soroljuk őket: szelvényezett- vagy ízeltpotrohúak és a szelvényezetlenpotrohúak.

Testük három részből épül fel. A fejet hat szelvény alkotja. Rajta találjuk a rendszerint négy ízből álló csáppárt. A csáp különlegessége, hogy minden ízét külön izom mozgatja. Veszély esetén csápjukat képesek visszahúzni. Szájszerveik rágó, ritkábban szívó típusúak, a fejtokba mélyen behúzhatók. Három torsi-szelvényük mindegyikén egy-egy egyszerű felépítésű lábat találni. A potrohot hat szelvény alkotja. Az első szelvényen helyezkedik el az ún. hasi tubus, amelynek feladata még nem teljesen tisztázott. Valószínűleg tapadó-, vízfelvevő és légzőszerv is.

A harmadik szelvényen apró akasztószerkezet, a negyediken pedig ugróvilla van. Az ugróvillát az állat nyugalmi állapotban a hasa alatt előrehajítja, és az akasztószerkezettel rögzíti. Ugráskor a villa kiakad az akasztóból, majd azt a hátrahajlító izmai hátrarántják, így a villa az állatot előrelelendíti. Az ugróvilla még a levegőben visszacsapódik és rögzítődik. A szelvényezetlen potrohúak (villásgömböcök) teste gömbölyded, három torsi-szelvény és négy potrohszelvény egységes testtájjá olvad össze.

Különlegességük, hogy az **ivarérettség után is vedlenek**, ezért a vedlések száma egy állat életében akár 40 is lehet. Élettartamuk általában egy év. A villásgömböcök és a növényeken élő szelvényezett potrohúak egyes fajai pete alakban telelnek át. Az ízeltpotrohúak többségét egész évben meg lehet találni.

Álló és lassú folyású vizek partjain illetve felszínén gyakran lehet látni rendkívül apró, leginkább mákszemhez hasonlító, többnyire palaszürke színű ugróvillásokat. Ezek a **vízi ugróvillások** (*Podura aquatica*²).

Más fajok egyedei a gypsztintben ugrándoznak. Többnyire nagyobbak és gömbölyded potrohúak. Egyesek kártevők is lehetnek. Ilyen a **zöld gömböcugróka** (*Sminthurus viridis*³) is.

30.6.2. Rovarok (Insecta) osztálya

A **pikkelykék** (Zygentoma) az **elsődlegesen szárnyatlan rovarok** (Apterygota) egyetlen rendje. Rendszerint 1 cm-es vagy annál kisebb állatok, **epimorfózissal** fejlődnek. Megnyúlt torpedó alakúak, toruk szélesebb, mint a potrohuk. Apró összetett szemeik vannak, vagy vakok. Ugrani nem képesek. Többségük éjszaka aktív. Erdőkben, kövek alatt, hangyák között, esetleg lakásokban élnek (*synanthrop*, azaz emberrel együtt élő fajok). Utóbbiak között gyakori az **ezüstös ősovar** (*Lepisma saccharina*), amelyet még ezüsthálacsának és cukrocskának is neveznek (30.5.B ábra). Lakásokban fordul elő. Minden ehetőt (ételmaradékot, befőttet), de még a tapétát, könyveket is összerágja. Nappal repedésekben rejtőzködik és csak éjszaka aktív. Gyors mozgású. Ha elszaporodik, kárt is okozhat.



30.5. ábra. Félrovarok és elsődlegesen szárnyatlan rovarok: előrovarfaj (*Protura* sp., A) és ezüstös ősovar (*Lepisma saccharina*, B)

A továbbiakban az **elsődlegesen szárnyas rovarok** (Pterygota) rendjei következnek: szárnyas rovarok, illetve másodlagosan szárnyatlanok. Poszttembrionális fejlődésük a **teljes átalakulás** (*holomorphosis*) valamelyik formája.

²<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PoduraAquatica.jpg>

³http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sminthurus_viridis.JPG

A **kérészek** (Ephemeroptera) rendjébe levegővel telt testű, törekeny rovarok tartoznak. Legfeltűnőbb tulajdonságuk, hogy 3 hosszú potrohvégi függelékük van (2 fartoldalék és 1 végfonal). Mindkét pár szárnyuk hártás – ezeket nyugalmi állapotban a hátuk fölött függőlegesen összecsapva tartják. A második pár mindig jóval kisebb az elsőnél, sőt, sok fajnál hiányozhat is. Csápjuk rövid. Szájszerveik csökevényesek, mert a „kérészéletű” imágók rövid (néhány órás) életük alatt nem táplálkoznak.

Lárváik testvégén is megtalálhatók a fartoldalékok. Víziek, tracheakopoltyúkkal lélegeznek, melyeket párosával a potrohszelvényeiken viselnek. Testfelépítésük változatos életmódjukhoz alakult, lehetnek ragadozók, növény- vagy törmelékevők. Több évig fejlődnek. Fejlődésük átalakulás. Az imágóstádium elé beiktatódik az ún. szubimágó állapot is, mely az ivarszervek fejletlenségében tér csak el a kifejlett állapottól.

Nálunk 50 fajuk él. A legnevezetesebb közülük a **hazánkban védett tiszavirág** (*Palingenia longicauda*). 28–35 mm-es testhosszával a legnagyobb európai kérészfajok közé tartozik. Teste sárgás, szárnya szürkés, áttetsző⁴. Lárvája iszaplakó és szerves törmeléket fogyaszt. Egész Európában elterjedt volt, de a folyószennyezés és -szabályozás miatt mára már a legtöbb helyről kipusztult. A Tisza magyarországi szakaszán még napjainkban is él: a „Tisza virágzása”, azaz a tiszavirágok rajzása júniustól júliusig tarthat. Az imágók kora hajnalban kelnek ki, párzanak, majd 2–3 órán belül elpusztulnak.

A **szitakötők** (Odonata) rendje hosszú, karcsú potrohú rovarok csoportja. Két szárnypárjuk nagyjából egyforma nagyságú. Két hatalmas összetett szemük és rövid, serteszerű csápjuk van. A szájszervük erős rágó szájszerv. Ragadozók, nappali vadászok. Lárváik vízben élnek, szintén ragadozók. Áldozatukat az alsó ajakból (*labium*) kialakult, a has alá bicskaszerűen behajtható és onnan hirtelen kinyújtható ún. fogóálarccal kapják el. Átalakulással fejlődnek 1–3 évig.

Érdekes a szív alakzatban összekapaszkodó párzó szitakötők látványa⁵. Ez a jellegzetes póz úgy jön létre, hogy a hím a potrohvégével szó szerint nyakon csípi a nőtényt, majd a nőtény a potrohvégét előrenyújtja a hím 2. potrohszelvényén lévő párzószerkezethez, melyet a hím előzőleg megtöltött spermával. A párzás természetesen a levegőben, röptükben történik.

A **szitakötőket két alrendbe** soroljuk a szárnyak alapján.

Az **egyenlőszárnyú szitakötők** (Zygoptera) alrendjébe törekenyebb testfelépítésű, kisebb méretű állatok tartoznak. **Két, szinte teljesen egyforma szárnypárjukat** nyugalomban a test fölött függőlegesen összecsapva tartják. Szemük a fej két oldalán domborodik, így szemből nézve súlyzóra emlékeztet. Kevésbé sebes, inkább lebegő röptűek. Vízpartok környékén ülő rovarokra vadásznak. Karcsú lárváik a potroh végén található 3 tracheakopoltyúval lélegeznek, melyeket alakjuk miatt „fűzfalevél kopoltyú”-nak is neveznek⁶. Lassú folyású vagy állóvizekben élnek.

Ide tartozik a védett **kisasszony szitakötő** (*Calopteryx virgo*). A hím szárnya és teste is acélkék (30.6.A ábra). A nőtény szárnya áttetsző barna, teste fémes zöld⁷. Testhossza 46 mm. Hegy- és dombvidéki patakok környékén repül. Lárvái oxigéndús folyóvizet igényelnek.

Az **egyenlőtlen szárnyú szitakötők** (Eiprocta) sokkal erőteljesebb testfelépítésű rovarok. **A két pár szárny alakra különbözik egymástól.** Szárnyaikat nyugalomban vízszintesen kiterjesztve tartják. Szemeik olyan hatalmasak, hogy szinte az egész fejet betöltik. Nagyon gyors röptűek, és zsákmányukat a levegőben kapják el; e tulajdonságaik miatt sokszor a „levegő sárkányai”-ként is emlegetik ezt az alrendet. Angol nevük (dragonfly = sárkánylég) is erre a tulajdonságukra utal. Tenyészhelyüktől messze eltávolodnak vadászat közben.

Nagytermetű, zömök lárváik kívülről nem látható végbélkopoltyúval lélegeznek.

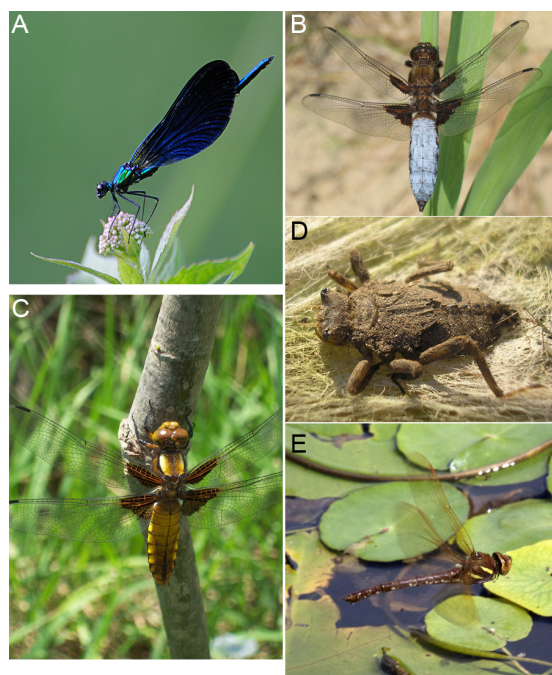
A **laposhasú aca** (*Libellula depressa*) himjének teste hamvaskék (30.6.B ábra), a nőtényé sötétsárga, barna foltokkal (30.6.C ábra). Testhossza 38–45mm. Lárvája állóvizekben, csatornában fejlődik. Gyakori faj.

⁴http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Tiszavir%C3%A1g%C3%A1s_a_Tiszainkai_kik%C3%B6t%C5%91n%C3%A9%2C_2011._%C3%BAnius_13._%C3%A1n.JPG

⁵http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Calopteryx_splendens_qtl7.jpg

⁶http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Calopteryx_cornelia_miyamakawatonbo_larva.jpg

⁷http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colapteryx_virgo_Luc_Viatour.JPG



30.6. ábra. Szitakötők: Hím kisasszony szitakötő (*Calopteryx virgo*, A), hím (B) és nőstény (C) laposhasú acsa (*Libellula depressa*), valamint lárvája (D), nagy acsa (*Aeshna grandis*, E)

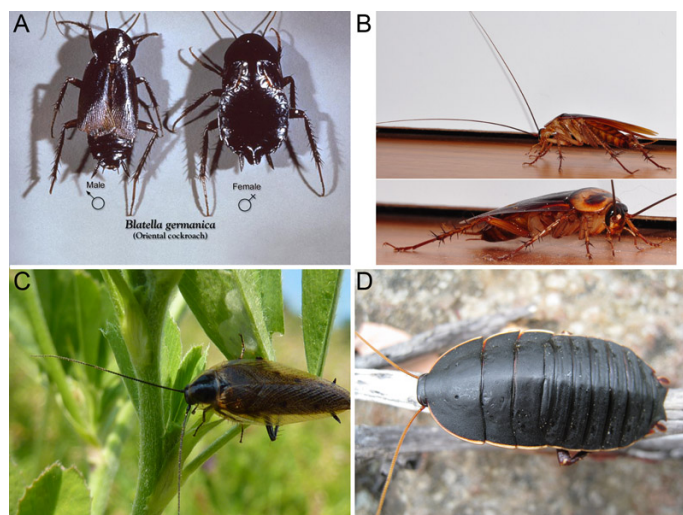
A **csótányok** (Blattoptera) rendjének tagjai ősi bélyegeket hordozó, hát-hasi irányban lapított, viszonylag lágy kültakarójú rovarok. Az első pár szárny pergamenszerű, a nőstényeknél gyakran rövidebb vagy csökevényes, a második pár (ha megvan) hártvás. Nagy, lapos előtoruk (nyakpajzs) előrenyúlva a fejet is elfedi (30.7. ábra). A potroh hátán bűzmirigy, a végén függelék (*cercus*) található. Tokba (*ootheca*) zárt petéiket a nőstények magukkal cipelik. Szájszervük rágó típusú. Kifejléssel (*epimorphosis*) fejlődnek.

Mindenevők, a bélesatornájukban levő mikroorganizmusok szinte bármit képesek lebontani. Meleg- és sötétségkedvelők. Hazánkban kb. 10 fajuk él. Némelyik fajuk erősen kötődik az emberi környezetnek. **Kórokozókat is terjeszthetnek.**

A **konyhai csótány** (*Blatta orientalis*, 30.7.B ábra) – helytelen nevén a svábbogár – sötétbarna színű, 19–25 mm hosszú. A hím szárnya a potroh végéig ér, a nőstényé pikkelyszerű, csökevényes. Emberhez kötődő (*synanthrop*), gyakori faj. Mindenféle élelmiszert megrág, benyálaz, ami útjába kerül, és betegségeket is terjeszthet. Éjjel aktív.

Vannak olyan csótányfajok is, amelyek csak természetes élőhelyeken fordulnak elő. Ezeket „szabadföldi” csótányoknak is hívjuk. Ilyenek az erdeicsótányok (Ectobius-fajok, 30.7.C ábra). Kistermetű, 7–11 mm-es csótányok. Előtoruk egyszínű, barna színezetű. A nőstények első szárnya is hosszú, de a potrohcsúcsot nem, vagy alig éri el, míg a hímeknél azon túlér. Jól repülnek. Erdei avar között élő rovarok.

Főként Dél-Amerikában és Ausztráliában egészen nagyra növő csótányokat is találunk. Némely faj egyedeit hobbiállatként is tartják. Ilyen a madagaszkári sziszegőcsótány (*Gromphadorrhina portentosa*).



30.7. ábra. Csótányok: az ember közelében élő német csótány (*Blattella germanica*) (A) és konyhai csótány (B), valamint két természetben élő faj (C: *Ectobius lapponicus*, D: *Polyzosteria limbata*)

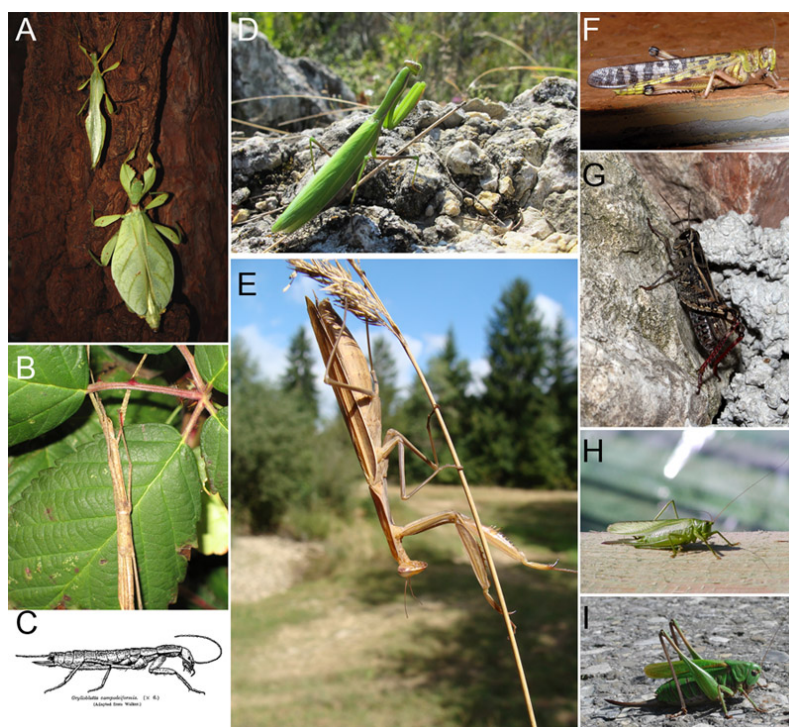
A **botsáskák** (Phasmatodea) rendjébe közepes vagy nagytestű rovarok tartoznak. Az álcázás nagymesterei: testük száraz faágra vagy levélre emlékeztet. Sokszor szárnyatlanok, vagy az első pár szárny nagyon kicsi, erősen kitinizált és a második pár hártvány. Lábaik járólábak. Szájszervük rágó, növényevők. **Trópusi csoport**, mégis érdemes megemlíteni őket, mert ismert laboratóriumi állatok, és hobbiállatként is egyre többen tartják őket. Egyedfejlődésük kifejlés. Gyakori náluk a szüznemzés.

A vándorlólevelek családjába (Phyllidae) tartozó állatok falevéltre emlékeztetnek: potrohuk széles és lapos, combjaik és lábszáraik is lapítottak (30.8.A ábra). Fákon és bokrokon élnek (olykor tömegesen), színük zöld vagy barnás (a lombzat színéhez igazodva), és még a mozgásuk is a szélben lengedező levélre emlékeztet. Ázsia trópusi erdeinek lakói pl. a *Phyllium*-fajok, melyek hossza a 8–9 cm-t is elérheti.

A valódi botsáskafélék (Phasmatidae) családjának tagjai pálca alakú rovarok, erősen megnyúlt torsiákkal, amelyek ágat mimelnek. Az Indiából származó, 5–6 cm hosszú mogorva botsáska (*Carausius morosus*) ismert (ökológiai és élettani) kísérleti faj (30.8.B ábra). Otthon is könnyen tartható és szaporítható, ha tudunk gondoskodni számára kellő mennyiségű szeder- és rózsalevélről, valamint megfelelő páratartalomról.

A gleccsersáskák (Notoptera) rendje szélsőséges körülményekhez alkalmazkodott. A rovarok változó testhőmérsékletű állatok, így igen érzékenyek a környezet hőmérsékletére. Többségük nem képes a fagyponthoz közeli hőmérsékleten élni, de a gleccsersáskákat éppen a magas hőmérséklet pusztítja el. Kezünkbe véve őket, a mi testhőmérsékletünkön már nem képesek életben maradni. A fajok többsége a magas hegyek lakója. Morfológiai bélyegeik alapján a tücskökre, a csótányokra és az ősróvarokra emlékeztetnek (30.8.C ábra). Az amerikai gleccsersáska tudományos neve (*Grylloblatta campodeiformis*) is erre utal.

A **fogólábúak** (Mantodea) rendjébe nagytermetű, megnyúlt testű rovarok tartoznak. Az 1. pár lábuk bicskaszerűen behajtható, tüskés fogólábbá módosult. A másik 4 lábukkal mászni és ugrani is tudnak. Fejük háromszög alakú és igen könnyen mozgatható (30.8.D, E ábra). Rágó szájszervükkel marcangolják szét a fogólábakkal elkapott élő rovarokat. Kifejléssel fejlődnek. Főleg trópusi elterjedésű rend. Hazánkban 1 fajuk él: ez az **imádkozó sáska vagy ájtatos manó** (*Mantis religiosa*). Zöld és drapp színvariációja is előfordul. Testhossza 4–6 cm. Sokszor megfigyelt jelenség, hogy a nőstény párzaskor elfogyasztja a jóval kisebb termetű hímét. Olykor már az aktus közben megkezdheti lakomáját a hím fejével, majd lefelé haladva a többi testrészével folytatja. Eközben a párzómozgás nem áll le, mert a hasi idegdúc irányítása alatt áll. A nőstény habszivacszerű kokonban rakja le petéit, amelyek a következő tavasszal kelnek ki. Száraz, napos, bokros-füves lejtőkön, parlagokon nálunk szinte mindenütt lehet vele találkozni. Ez a melegkedvelő mediterrán faj hazánkban közelíti meg elterjedése északi határát. **Védett!**



30.8. ábra. Botsáskák és fogólábúak: vándorlólevélfaj (A), mogorva botsáska (B), amerikai gleccsersáska (C), imádkozó sáska (D, E), egyiptomi vándorsáska (F), olasz sáska (G), zöld lombzsöcske (H) és szemölcssevő zsöcske (I)

Az **egyenesszárnyúak** (Orthoptera) rendje olyan rovarokat foglal magába, amelyeknek az 1. pár szárnya keskeny, egyenes, pergamenszerű. A 2. pár szárny hártás, széles, az első alá hajtogatható. A 3. pár lábuk erős **ugróláb**, melynek a combja a legfejlettebb, mivel a lábszár és a comb közti ugróizület izmai itt tapadnak. Círpelőszerű és hallószerű van. A potroh végén 1 pár függelék található. Szájszerűjük rágó. Epimorfózissal fejlődnek.

A **tojókampósok** (Caelifera) alrendjébe tartozó állatokat a hétköznapi nyelvben **sáskáknak** hívjuk. A hozzájuk hasonló zsöcskéktől legkönnyebben a csáp hosszúsága alapján lehet elkülöníteni őket. A sáskák esetében a csápok nem érik el a testhossz felét. A hím és a nőstény egyaránt adhat hangot a 3. láb combjainak az 1. pár szárnyhoz történő dörzsölésével. Egy pár timpanális hallószerű az 1. potrohszelvény két oldalán helyezkedik el.

Kizárólag növényevők. Egyes fajaik **sáskajárás**kor tömegesen jelennek meg, és ilyenkor tetemes mezőgazdasági kárt okoznak.

Az **egyiptomi vándorsáska** (*Schistocerca gregaria*, 30.8.F ábra) még napjainkban is jelentős gazdasági problémákat okoz. Kétféle alakja van, az egyik a vándorló, a másik pedig a nem vándorló forma. Ha van annyi csapadék, hogy sok lárva kelhessen ki a petékből, és a lárváknak a növényzet foltos elhelyezkedése miatt gyülekezniük kell táplálkozás közben, a hátulsó lábaik gyakran összeérnek. Ez váltja ki az anyagcsere és a viselkedés olyan változásait, amelyek a vándorló forma kialakulásához vezet. A sáskák még az előtt megkezdik a vándorlást, hogy a szárnyuk kifejlődne. A teljes csapat egy irányba halad. A szárnyak kifejlődésével vándorlásuk felgyorsul. Sok kilométer kiterjedésű rajokban repülnek, majd az első leszállnak, és enni kezdenek. A következők eléjük repülnek, így az egész csapat szinte átgördül egy-egy területen, és közben minden növényt felfal. Beszámoltak már akkora sáskarajokról is, amelyekben az állatok becsült testtömege kb. 50ezer tonna volt.

Bár a **keleti vándorsáska** (*Locusta migratoria*) Magyarországon is megtalálható, és a középkorban sáskajárás is előfordult, a hazai sáskafajok többsége tömeges, de sáskajárást nem okoz.

A **sisakos sáska** (*Acrida ungarica*⁸) nagytermetű, nyúlánk (25–45 mm hosszú), elterjedésének északi határát a Kárpát-medence száraz, meleg, kopár homok- és szikes pusztáin elérő, védett faj. Az Alföldön sokhelyütt gyakori. Az előrefelé szélsőségesen megnyúlt fej miatt úgy tűnik, mintha csúcsos sisakot viselne az állat. A csáp lapított,

⁸http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Acrida_ungarica_1.JPG

lándzsaszerű, tövi részén szélesebb. Az ugróláb combjai feltűnően vékonyak. Színe a zöldtől a világosbarnáig változhat. Igen jól, zajosan repül.

Az **olasz sáska** (*Calliptamus italicus*, 30.8.G ábra) áttetsző, rózsaszín 2. pár szárnya röptében látszik. A 3. lábszára cseresznyepiros. Testhossza 18–38 mm. Hangadása nem szokványos, mivel rágóit összedörzsölve „énekel”. Mindenféle napos lejtőkön és lucernásokban, gyomos parlagokon is nagyon gyakori. A magyarországi sáskagradiációk egyik résztvevője, amely a kétszikűeket is károsíthatja.

A **tojócsövesek** (Ensifera) alrendjébe tartozik a szöcskék (Tettigonioidae) öregcsaládja. A csáp hosszabb a fél testhossznál. A nőstényeknek hosszú, lapított, kardszerű tojócsövük van. Fejlett hangadásra általában csak a hímek képesek első szárnytüveik összedörzsölésével. Timpanális hallószervük az 1. lábak lábszárának tövén lévő két kis részként tűnik szemünkbe. Többnyire ragadozók, de növényi eredetű táplálékot is fogyasztanak. Hazánkban több mint 50 fajuk él.

A **zöld lomboszöcske** (*Tettigonia viridissima*, 30.8.H ábra) élénkzöld színű, 28–35 mm-es szöcske. A 3. combon alul fekete tüskék vannak, melyek töve zöld. Ragadozó, de gyümölcsöt is szívesen fogyaszt. Dúsabb növényzetű, akár mezőgazdasági területeken is előfordulhat, gyakori faj. Gyakran „énekel” fák, bokrok lombjában, innen a neve is.

A szemölcssevő szöcske (Decticus verrucivorus) változó színű, legtöbbször zöldes alapon barnán foltozott, 24–44 mm. Neve onnan ered, hogy a támadókedvét kihasználva, állítólag vele haraptatták le az emberek a szemölcsüket, és utána a kiöklendezett bálnedvvel kenték be a sebet, hogy megakadályozzák az újra kinövését. Elterjedt, gyakori faj. Mindenevő, sáskát, hernyót, de pillangósokat és gyermekláncfüvet is fogyaszt.

Új-Zélandon él az egyik legtermetesebb szöcskefaj, az óriás vetaszöcske (Deinacridia heterocantha), amely az ugrólábán levő tövisekkel akár az ember tenyerén lévő bőrt is át tudja szúrni.

A **termeszek** (Isoptera) rendjének tagjai államalkotó, társas életmódot folytató rovarok. Az egyedek különböző kasztokat alkotnak. A királynő feladata csak a peterakás, és a hímek is csak a szaporodásban vesznek részt. A legnépesebb kaszt a dolgozóké, de a katonák is fontos szerepet töltenek be a termesvár életében (30.8.A ábra). A kasztok tagjai külalakjukban is jelentősen eltérnek egymástól. A királynő mérete általában többszöröse a dolgozókénak. A termesvárak⁹ speciális szerkezetük miatt még a szélsőséges hőmérsékleti körülmények között is szinte állandó belső klímát biztosítanak.

A **tetűalakúak** (Phthiraptera) rendje másodlagosan szárnyatlan, kistermetű (legfeljebb 1 cm-es), emlősökön vagy madarakon élő külső élősködőket (ektoparazita fajokat) foglal magába. A tetvek kifejléssel fejlődnek, sokuk gazdaspecialista. Hagyományosan két alrendbe (szívótetvek és rágótetvek) sorolják őket. Humán vonatkozásai miatt mi csak a **szívótetveket** ismertetjük.

Emlősök parazitái. Szűrő-szívó szájszervük, apró fejük van. Lábaik nagy, erős kapaszkodókarmokban végződnek. Másodlagosan szárnyatlanok. Fejlődésüket kifejlés. Petéiket, a „serkéket” a gazdaállat szőrszálaiba ragasztják. Vérszívásuk helye kellemetlenül viszket. A **fejtetű** (*Pediculus humanus capitis*) az ember hajában él. 2,6 mm hosszú¹⁰ (30.9.B ábra). Manapság speciális fertőtlenítőszerrel már viszonylag könnyen kiirtható. A kezelést 1–2 hét múlva meg kell ismételni az esetleg megmaradt petékből kikelő új nemzedék miatt. A **ruhatetű** (*Pediculus humanus humanus*) akár 4,2 mm-re is megnőhet. Az ember ruházatában, főleg a fehérműben él. Vérszívás alkalmával többek között a kiütéses tifusz és a visszatérő láz kórokozóit terjesztheti. A fertőzött ruhákat érdemes elégetni, vagy ha bírja az anyag, forró vízben kimosni és vasalni.

A **poloskák** (Heteroptera) rendjének latin neve „felemás szárnyú”-t jelent: az 1. pár szárnyuk tövi része pergamenszerű, míg a csúcsi rész hártvás (l. félfedő). Szárnyaikat nyugalmi állapotban vízszintesen a hátukra fektetve hordják. Szűrő-szívó szájszervük, az ún. szipóka, a fej elején ered, de nyugalmi állapotban a has alá hajtva tartják. A rágók és az állkapcsok négy szűrősertét alkotnak, amelyet a szintén megnyúlt alsó- és felső ajak vesz körbe. Az egymáshoz simuló állkapcsok hozzák létre a táplálék- és nyálcsövet. A legtöbb poloskának jellegzetes szagú váladékot termelő bűzmirigyei vannak („poloskaszag”). Egyedfejlődésük kifejlés. Rendkívül változatos és fajgazdag rend, mi csak 3 alrendjüket említjük.

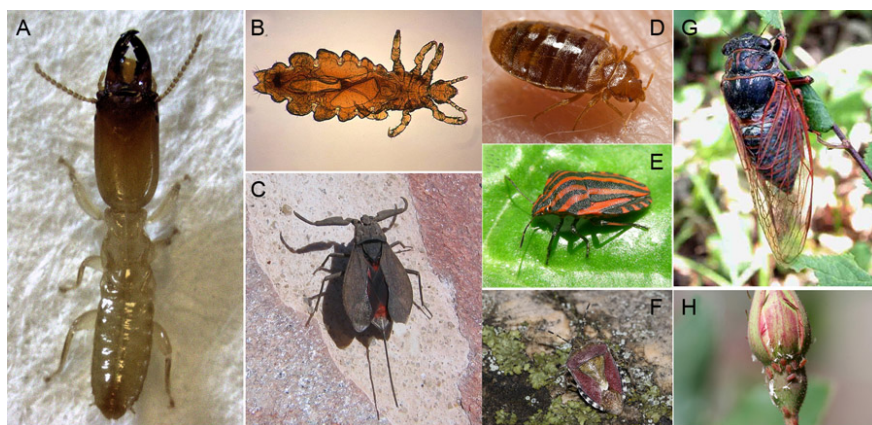
⁹http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Flickr_-_brewbooks_-_Cathedral_Termite_Mound.jpg

¹⁰http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Male_human_head_louse.jpg

A vízipoloskák (*Nepomorpha*) csápjai rövidek, felülről nézve gyakran észre sem vehetők. Szipókájuk rövid és erős. Hátsó pár lábuk többnyire úszólábbá módosult, és úszószőrök találhatók rajtuk. Víz alatt élnek, de a vizet elhagyhatják. Többiségük ragadozó. A vízikorpió (*Nepa cinerea*, 30.9.C ábra) hát-hasi irányban lapított, tojásdad teste szürkésbarna. Röpképtelen faj. Az 1. pár láb fogólábbá alakult, és a potroha hosszú légzőcsőben (siph) végződik. Ezen keresztül légköri levegőt lélegzik, ha a felszínre dugja azt a víz alól. Nincsenek úszólábai. Lassan mászkál az aljzaton, ill. a vízinövényeken. Sekély parti vizekben fordul elő, ahol lesből vadászik rovarokra, lárvákra és olykor kishalakra. A ráarakódott iszaptól, moszatoktól szinte észrevehetetlenné válik.

A **vérszívó poloskák** (Cimicomorpha) alrendjébe tartozó fajok nagy többsége növényi nedveket szív vagy ragadozó, de melegvérűek vérszívói is tartoznak ide. Ezek hát-hasi irányban lapított, tojásdad testű, igen rövid szárnyú, redukálódott szemű rovarok. Az **ágyi poloska** (*Cimex lectularius*, 30.9.D ábra) barna, szívás után egészen sötét színű poloska, hossza 4–6 mm. Az ember hírhedt élősködője. Nappal repedésekben rejtőzködik, éjjel aktív. Az éhezést több hónapon át is elviseli. Erős, jellegzetes „poloskaszaga” van. A poloskaszívás helyén, a sebbe bocsátott nyála hatására, viszkető hólyagok támadhatnak, sőt helyi allergiás reakciók is felléphetnek. Takarítással és rovarirtó szerekkel hatásosan lehet ellene védekezni.

A **címerespoloskák** (Pentatomomorpha) alrendjében a középtör hátlemeze, a pajzsocska (*scutellum*) megnagyobbodott, és néha teljesen vagy részben befedi a szárnyakat. A **csikos poloskát** (*Graphosoma lineatum*, 30.9.E ábra) jellegzetes hosszanti, vörös-fekete csíkozása könnyen felismerhetővé teszi. Testhossza 8–12 mm. Napsütötte réteken, útszéleken, főleg ernyősvirágzatúakon, sokszor tömegesen találkozhatunk vele. A **bogyómászó poloska** (*Dolycoris baccarum*) színe szürkés világosbarna, lilás árnyalattal, a pajzsocska csúcsa sárgásfehér (30.9.F ábra). Testhossza 10–12 mm. Gyümölcsökön is szívogat. A gyümölcsök viaszbevonatában jól oldódó, védekezéskor kibocsátott váladéka okozza a málna, szeder vagy ribizli poloskaízt, amit biztosan mindenki „kóstolt” már.



30.9. ábra. Termesztörő (Stolotermes ruficeps, A), fejtetű (Pediculus humanus capitis, B), vízikorpió (Nepa cinerea, C), ágyi poloska (Cimex lectularius, D), csikos poloska (Graphosoma lineatum, E) és bogyómászó poloska (Dolycoris baccarum, F). Óriás énekeskabóca (G) és zöld rózsalevéltetű (H)

A szinkabócák (Auchenorrhyncha) rendjébe tartozó fajoknak általában két pár hártyás szárnyuk van, melyeket nyugalomban háztetőszerűen tartanak a testük fölött. A poloskákéhoz hasonló, de rövidebb szipókájuk a fej alsó részén, hátratulódva, „toroktájt” ered, és nyugalmi állapotban hátrafelé, a has alá nyúlik. Minden kabóca szárazföldi, és mindegyik növényi nedveket szív. Ürülékük ragadós, édes folyadék, az ún. mézharmat. Sok a kártevő köztük. Egyedfejlődésük változatos. Nálunk eddig kb. 800 fajuk ismert.

Az énekeskabócák családja (Cicadidae) erőteljes, nagytestű (10–40 mm hosszú) rovarokat foglal magába. A kabócák többségétől eltérően ugrani nem képesek, viszont a hímek – mint nevük is utal rá – ciripelni tudnak. Az éneklés egy pár, a potroh hasoldalán lévő membránnal történik, amit a hím kabóca egy izom segítségével pattogat, és a hangot a testében légcsővekből kialakult rezonátorszerv segítségével felerősíti. Az énekeskabócák szárnya jóval túlér a potrohon. Fejlődésmenetük átalakulás. Lárváik a talajban élnek, ezért 1. pár lábuk erős ásólábbá módosult. Növények gyökereit szívogatják. Melegkedvelők.

Az óriás énekeskabóca (Tibicina haematodes) teste fekete, vörös potrohgyűrűkkel (30.8.G ábra). A legnagyobb testű kabócánk: testhossza 26–38 mm. Hazánkban főleg a meleg tölgyesekben terjedt el. Hangja igen erős, messze elhallatszik. Lárvája a kökény gyökerén több évig fejlődik.

A *tajtékoskabócák* (Cercopidae) szárnya kb. a potroh végéig ér. Nevüket onnan kapták, hogy lárváik a maguk által termelt, „kakuknyálynak” nevezett habfészkek (kiszáradás és ellenségeik elleni) védelmében fejlődnek. A tajték a lárva viaszos váladékával kevert ürüléke, amit a kilelegzett levegővel fúj fel habosra. Általában lágyszárú növényeken akadhatunk rájuk. A *vérpettyes kabóca* (Cercopis sanguinolenta) fekete, vérvörös foltokkal¹¹. Testhossza 8–10 mm. Nagyon gyakori, réteken, cserjéken is lehet vele találkozni. Lárvája, eltérően a család többi tagjától, a talajban fejlődik, de ott is készít tajtékot, és lágyszárúak gyökerét szívogatja.

A **növénytetvek** (Sternorrhyncha) rendjének tagjai mindannyian apró termetűek. Szípjuk egész hátra, az 1. csípők közé tolódott. Tömegesen megjelenve nemcsak a szívásukkal okoznak komoly károkat, hanem közvetve is: vírusfertőzéseket terjesztenek és tömény, cukros ürülékük a (mézharmat) bevonja a leveleket, ami egyrészt akadályozza a légzést, másrészt rajta egyéb kórokozók is elszaporodhatnak.

Egyes csoportjaik fejlődésmenete meglehetősen bonyolult, de lényegét tekintve a kifejlésnek valamilyen változata. A kétvaros szaporodás váltakozik a szűznemzéssel, így rendkívül gyorsan el tudnak szaporodni. Egyes nemzedékeik szárnyasok, mások szárnyatlanok. A **zöld rózsalevéltetű** (*Macrosiphum rosae*, 30.9.H ábra) fűzöld egyedei a rózsza fiatal hajtásain jelennek meg, sokszor az őket gondozó hangyákkal együtt. Szárnyatlan nőtényei a 4 mm-es nagyságot is elérhetik.

A *filoxéra* (*Daktulosphaira vitifoliae*, korábban használt nevén *Viteus vitifolii*) igen apró, 1–2 mm-es levéltetű. A szőlő bonyolult fejlődésű kártevője. A szőlő levelén élő nemzedékét szőlőtetűnek, a gyökerén szívogatót gyökértetűnek hívják. A filoxérát a múlt században Észak-Amerikából hurcolták be Európába. Magyarországon az 1880-as években óriási szőlőpusztulásokat okozott. Ma már ellenálló alanyra oltják a régi, nemes szőlőfajtákat, így azok védetté válnak.

A **bogarak** (Coleoptera) rendje a **rovarok fajokban leggazdagabb rendje**, kb. 350 ezer az ismert fajok száma. **Sikerüket** elsősorban annak köszönhetik, hogy megőrizték repülőképességüket, de a kemény szárnyfedő létrejöttével olyan élőhelyeket is meghódíthattak, amelyekben a sérülékeny hártás szárnyak tönkrementek volna.

Testfelépítésükben a rovar alapszabást mutatják, de nagyon sok az adaptációs folyamatok miatti eltérés. Életmódjukban, szaporodásukban is rendkívül változatosak. Egyedfejlődésük tökéletes átalakulás. Változatosságuk, fajgazdagságuk miatt csak ízelítőt tudunk adni színes világukból. Négy alrendjükből kettőt mutatunk be, a másik kettőbe csupán néhány faj tartozik.

A **futóbogárszabásúak** (Adephaga) alrendjében csak az 1. potrohszelvény hártás. Előtoruk hát-, oldal- és haslemeze egyaránt látható, így a 3 lemezt 2 varrat választja el. Ide tartozik a **futóbogarak** (Carabidae) családja, sok hazai fajjal. Egy részük nagyméretű, gyorsan futó, ragadozó bogár, erőteljes futólábakkal. Kis számban növényi kártevők is vannak közöttük. Többségük éjszaka aktív, nappal rejtékhelyen, leginkább talajközelségben tartózkodnak, veszélyt érezve megtorpannak, szétterpesztett lábakkal a földre lapulnak (holtnak tettetés/tanatózis). A ragadozók lárvái is ragadozók, hosszú testű, élénk mozgású kampodeoid lárvák – de a lárvák között vannak dögevők, illetve növényevők is. Zsákmányukat külső emésztést követően szívják fel az erre módosult szájszervük segítségével.

A **futrinkák** (*Carabus*) nemébe csupa nagytermetű futóbogár tartozik. Szárnyfedőik tojásdadok, közepén többnyire összenöttek, hártás szárnyaik pedig részben vagy teljesen csökevényesek, ezért röpképtelenek. Általában éjszaka mozognak, a lárvá és az imágó egyaránt rovarokkal, férgekkel, csigákkal stb. táplálkozik. Évente csupán egy nemzedékük van, és az imágók is csak egy évig élnek. Tekintettel feltűnő és hasznos voltukra, valamennyien védettek.

A *bőrfutrinka* (*Carabus coriaceus*, 30.10.A ábra) a legnagyobb termetű futrinkafajunk. Egyszínű fekete, szárnyfedői bőrszerűen ráncoltak. Ligetes erdőkben, erdőszéleken, száraz hegyoldalokon nem ritka.

A *bábrablók* (*Calosoma*) nagytermetűek; szárnyfedőik nagyjából párhuzamos oldaliak. Fatörzseken, ágakon élnek, de talajlakó fajaik is vannak. Hernyókat, bábokat esznek, azokat a dúsán szőrözött hernyókat is elfogyasztják, amelyekre más rovarok nem, vagy csak kevésbé képesek. Az aranyos bábrabló (*Calosoma sycophanta*, 30.10.B ábra) 25–30 mm hosszú, szárnyfedői zöldes-aranyos fémfényűek. A tölgyesek lombkoronaszintjében vadászik, zsákmányát rágóival tépi szét és kibocsájtott emésztőenzimeivel elpépesíti, majd felszűröcsöli. Lárvája azonos módon táplálkozik. A kifejlett bogár két évig is él, ezalatt kb. 1000 hernyót és bábót fogyaszt el. Igen jelentős szerepe van a hernyók túlszaporodásának megfékezésében, így a leghasznosabb futóbogárnak tekintik.

¹¹<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Cercopis.jpg>

A futóbogarak egyik különleges neme a pöfögőfutrínkáé (Brachinus). Védekezésre a vegyi hadviselést választották. A végbelükhöz kapcsolódó mirigyek váladéka kifecskendezve maró gőzbe burkolja a támadót. Mivel a kémiai folyamat hőt termel, ha gyorsan egymásután „durrogatnak”, a felszabaduló hő még égési sérülést is okozhat.

A futóbogárszabásúak egy része vízi életmódra tért át. Ilyenek pl. a csikbogárfélék (Dytiscidae), amelyek ragadozók. Hátsó lábaik úszószőröket viselnek; úszás közben ezekkel egyszerre csapnak hátra. Szárnyfedőjük alatt levegőtartalékot visznek a víz alá.

A **mindenevő bogarak** (Polyphaga) alrendjében a z 1. és a 2. potrohszelvény is hártás. Előtoruk oldalmezei besüllyedt a testbe, így csak a hát- és a haslemez látható, melyeket 1 varrat választ el. Ide tartozik a ma élő bogarak 90 százaléka. A **csiborfélék** (Hydrophilidae) családjá főleg vízben élő bogarakat foglal magába. A levegőt módosult csápjukkal hajtják a hasoldaluk szőrzetébe. A **közönséges óriáscsibor** (*Hydrophilus piceus*, 30.10.C ábra) 34–47 mm, a legnagyobb csiborfaj. Egyszínű fekete, olajzöld fénnel. A csendes, növényekben gazdag állóvizet kedveli. Alkonyatkor elhagyhatja a vizet, hogy újabb helyre repüljön. Termetes lárvája ragadozó, főként csigákat és más gerinctelen állatokat eszik. Az imágó élő vagy bomló növényi anyagokkal táplálkozik.

A **dögbogárfélék** (Silphidae) családjában a magyar névvel ellentétben a fajoknak csak egy része specializálódott tetemekre; más részük növényevő vagy mindenevő.

A temetőbogarak (Nicrophorus sp.) (30.10.D ábra) ivadékgondozása igen fejlett. Az apró tetemek szagát messziről megérzik. Több bogár is odasereglik az elhullott állathoz, majd a legerősebb him-nőstény páros elzavarja a többieket. Mintegy 2–3 óra leforgása alatt 10 cm mélyre elássák a döngöt (a nagytermetű fajok akár 60 cm-re is) úgy, hogy a földet kikaparják alóla, a kikutort földet pedig köré hordják. Ezt követően párzanak, majd a nőstény elkergeti a hímeket. A petéket a döghöz vezető földalatti járat falába vájt oldalkamrákba rakja, utána a döghöz visszatérve rágóival kis lyukakat rág bele, és ezekbe emésztőfolyadékot bocsát. Ezt követően a lyukakat lezárja és ürülékével megkeni. Így tehát előemésztett táplálékról gondoskodott utódai számára. Öt nap múlva a nőstény ciripelve többször végigmegy a járaton és kitisztogatja azt, miközben a lárvák kikelnek. A nőstény kis táplálékcséppel bocsát ki a szájából és odatartja nekik, a lárvák pedig felszívják, de a későbbiekben már önállóan táplálkoznak a dögből.

A **szarvasbogárfélék** (Lucanidae) családjába kicsi és egészen nagytermetű fajok is tartoznak. A hímek rágója rendszerint nagyobb a nőstényekénél. Csápjuk nyeles fésűre emlékeztet. Lárváik éveig fejlődnek. A fiatal pajorok humuszrészecskéket fogyasztanak, az idősebbek korhadó farészeket rágnak belülről. Bábozódás előtt összecsiszolt fából és talajból kemény bölcst készítenek. Az imágók gyakorlatilag nem táplálkoznak, legfeljebb folyadékot vesznek magukhoz. A nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus*¹²) a legnagyobb európai bogárfaj, hímje a rágókkal együtt 3–8 cm, néha a 10 cm-t is eléri. Fekete, szárnyfedői és a hím rágói barnák. A rágók csupán a hímek vetélkedésekor kapnak szerepet. A nőstény elülső lábszára erős ásólábbá alakult. Lárvakora 6–8 évig tart. A kifejlett bogár tölgyfák kicsorgó nedvével táplálkozik, és alkonyatkor repül. Bár egyre ritkább, ma is a legközismertebb bogárfaj. Ritkulásának egyik oka az, hogy az öreg tölgyfák száma – amelyekben fejlődik – jelentősen megcsappant. Védett.

A **ganéjtúrófélék** (Scarabaeidae) igen változatos fajok tartoznak. Magyar nevük félrevezető, mert csak egy részük táplálkozik trágyával; ide soroljuk a cserebogarakat, virágbogarakat, szipolyokat és orrszarvúbogarakat is. Lárváik – a pajorok – szinte kivétel nélkül bomló növényi anyagokkal táplálkoznak, bár egyes cserebogarak és szipolyok pajorjai eleven gyökereket fogyasztva kárt is okozhatnak. A bomló növényi anyagok egyik különleges típusát, a növényevő emlősök ürülékét igen sok fajuk hasznosítja. Ezek egy része az utódai számára előkészíti (a föld felett vagy alatt golyóvá alakítja) és kamrákkal tagolt járatokba helyezi a táplálékot, majd őrzi is a kikelő lárvákat.

A löcslábú galacsinhajtó (Sisyphus schaefferi¹³) fénytelen fekete, domború testű, igen hosszú lábú bogár; a harmadik pár láb különösen hosszú és befelé görbülő, erről kapta nevét. A trágyából golyókat (galacsinokat) formáz, amelyeket elgörget, és alkalmas helyen elás. Száraz, meleg, löszös domb- és hegyoldalakon fordul elő.

Az **álganéjtúrófélék** (Geotrupidae) családjába tartozó tavaszi álganéjtúró (*Trypocopris vernalis*, 30.10.E ábra) majdnem félgömb alakú, élénk fémfényű, acélkék vagy zöld színű (hűvösebb, nedvesebb területeken kékesfekete). Ivadékgondozása nem olyan fejlett, mint a valódi ganéjtúróké: a trágya alá függőleges járatot ás, abba egyszerűen

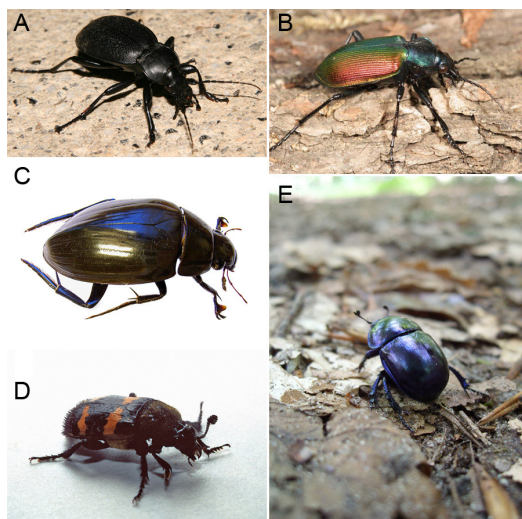
¹²http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Lucanus_cerus_male_Saarland_2012-05-19_006.jpg

¹³http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Croat_fg103.jpg

betömökdi a trágyát, és az oda lerakott petéket sorsukra hagyja. Trágya híján gombákkal, tetemekkel vagy korhadó avarral is beéri. Melegebb hegyvidéki erdők gyakori lakója.

A szentjánosbogár-félék (Lampyridae) családjában a hímek szárnyfedője és szárnya általában fejlett. A nőstények csaknem mindig szárnyatlanok, a szárnyfedő csökevénye olykor látható. Legtöbb fajuk éjszaka aktív, ezek világítanak is. A világítószerv a potroh utolsó szelvényeiben, a hasi oldalon található, módosult zsírtestlebenyekből áll, amely világító baktériumokat tartalmaz. A fény a luciferin nevű anyag oxidációja révén keletkezik, a luciferáz enzim közreműködésével. A folyamat igen jó hatásfokú, mert a kisugárzott energiának kb. 98 %-a fény, és csak 2 százaléka hő. A kibocsátott fény színe és villogásának frekvenciája fajra jellemző. A világítás a nemek egymásra találásában játszik szerepet. Ragadozók, csigákat, apró rovarlárákat esznek. Ide tartozik a nagy szentjánosbogár (Lampyrus noctiluca¹⁴). Hazánkban elsősorban az Alföldön figyelhető meg, a sötétség beálltával rajzik.

A bogarak túlnyomó többsége – köztük a legnagyobb, több tízezer fajt számláló családok tagjai – növényi anyagokat fogyaszt. A **cincérfélék** (Cerambycidae) és a **díszbogárfélék** (Buprestidae) jobbára lábatlan lárvái a frissen elhalt faanyagban fejlődnek, annak lebontásában igen jelentős a szerepük. Imágóik gyakran nagytermetű, nappal aktív, színpompás állatok. Hazánkban sok fajuk védett, így pl. a havasi cincér (*Rosalia alpina*), a nagy hőscincér (*Cerambyx cerdo*) vagy a nagy fenyvesdíszbogár (*Chalcophora mariana*). A **levélbogárfélék** (Chrysomelidae) és az **ormányosbogárfélék** (Curculionidae) viszont szinte mindig eleven növényekkel táplálkoznak; a levélbogarak lárvái kívülről, az ormányosbogarakéi belülről fogyasztják a növényi szöveteket. Elmondható, hogy a Föld minden virágos növényéhez kötődik legalább egy levélbogár- és ormányosbogárfaj; többnyire azonban egy-egy növényen számos fajuk él, amelyek időben és térben is felosztják a növényt. E két család gazdaságilag igen jelentős, a mezőgazdasági, erdészeti és részben a raktári kártevő bogarak nagy többsége közülük kerül ki. Ilyen pl. a burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*), a babzsizsik (*Acanthoscelides obtectus*) vagy a hamvas vincellérbogár (*Otiorhynchus ligustici*).



30.10. ábra. Bogarak: bőrfutrinka (A), aranyos bábrabló (B), közönséges óriáscsibor (C), temetőbogárfaj (D) és tavaszi álgaéjtűró (E)

A **lepkék** (Lepidoptera) rendje rendkívül változatos nagyságú, alakú és színezetű rovarok csoportja. Testüket szőrök és pikkelyek borítják. Szárnyaikon a pikkelyek olyan zárt sorokban helyezkednek el, mint a zsinidék a háztetőn. Sok lepké nagyon jól idomul környezetéhez úgy, hogy annak színét felveszi, vagy valamilyen környezetében található tárgyat, esetleg más élőlényt utánoz. Egyes lepkék színe pl. a fatörzs színére hasonlít, melyen pihenni szoktak. Mások falevelet utánoznak, ismét mások fullánkosszerű szárnyúra, mérgező, vagy bűzmirigyekkel ellátott más lepkékre emlékeztetnek (mimikri). Csápjuk részeiteiben nagyon sokféle kialakulás lehet, de a nappali aktivitásúaké lényegében bunkós, míg az éjszakaiaké fésűs. Lábaik aránylag gyengék, inkább kapaszkodásra, mint járásra alkalmasak. Gyakori az ivari dimorfizmus körükben. Ez a test vastagságában, a csápok jellegében, a szárnyak alakjában, nagyságában, színezetében egyaránt megmutatkozik. Az imágók szájszerve néhány ősi csoportnál rágó típusú, a többségében azonban pödörnyelvű (*proboscis*) módosult, mely a 2 állkapocs módosult külső karjából fekszik össze, és folyadék felszívására alkalmas (30.11.A ábra). Sokuk imágója egyáltalán nem táplálkozik. Pödörnyelvükkel csak folyékony táplálékot fogyaszthatnak. Legtöbbjük nektárral táplálkozik,

¹⁴http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Lampyrus_noctiluca.jpg

mások kedvelik a fák kicsorgó nedvét. Egyesek ürülékre, vagy erjedő, rothadó anyagokra szállnak. Jó néhány lepke imágó állapotban egyáltalán nem táplálkozik. Ezek abból a tartalék tápanyagból élnek, melyet még hernyó állapotban szervezetükben elraktároztak.

A lepkék lárváit hernyóknak nevezzük. A **hernyó** polipod lárva. Potrohán különböző számú, legtöbbször 5 pár álláb van. Az első két potrohszelvény sohasem visel állabot. Fejükön erőteljes rágó szájszervet találunk. A kifejlett lepkékhez hasonlóan a hernyók is igen sokféle színűek és alakúak lehetnek. Csupaszok, vagy testfelületüket kitinszőrzet borítja, amely mérgező anyagokat tartalmazhat. Legtöbbjük élő növényi anyagokkal táplálkozik. A növényeket kívülről vagy belülről rágják. Egyes kistestű hernyók a levelek belsejében fejlődhetnek ki, úgy, hogy a felső és alsó epidermiszt érintetlenül hagyják (aknázó életmód). Vannak száraz, elhalt növényi anyagokon és állati eredetű anyagokon élők is. Ismeretesek ragadozó, levéltetveket pusztító, hangyákkal együtt élő, sőt vízi életmódot folytató hernyók is. Bábjuk múmiabáb.

A **pillangófélék** (Papilionidae) családjának fajai főleg meleg égövi. Nagy vagy jó közepes méretűek. Igen sok színompás, díszes faj tartozik ide. Második pár szárnyukon gyakran nyúlványok vannak. Hátsó szárnyuk hátsó szegélye mentén nincs merevítő ér, ezért a szárnyuk itt ívelten behúzódik, homorú. Némelyek a királylepkéket (Danidae) utánozzák (l. később). Ezáltal sok, egyébként lepkékkel táplálkozó állat elkerüli őket. Hernyóik tarkóján villaszerű függelék van, mely kitolható, és ilyenkor bűzös váladékot bocsát ki.

A **fecskefarkú lepke** (*Papilio machaon*, 30.11.B ábra) nagy, sárga alapszínű, fekete rajzoltos faj. Hátsó szárnyán kék és téglavörös színezet is van. Ez a szárny farknyúlványt is visel. Tavasztól nyár végéig elég gyakori. Évenként 2, esetleg 3 nemzedéke van. Hernyói sárgák vagy zöldek, fekete harántcsíkokkal és barnásvörös foltokkal díszítettek¹⁵. Ernyősvirágzatúak leveleit eszik, néha kertekben a kapron is megjelennek.

A család legnagyobb faja az Alexandra-királynő pillangó (Ornithoptera alexandrae, 30.10.H ábra), amely Új-Guineán él. Szárnyainak fesztávolsága 20–28 cm. Leírója az angol királynénak ajánlotta tisztelete jeléül.

A **fehérlepkék** családjában (Pieridae) a hátsó pár szárny szegélye domború. Ez alapján könnyen elkülöníthetők az előző család egyszerűbb külsejű (farknyúlvány nélküli) fajaitól. A lepkék fehérek, zöldesfehérek vagy különböző árnyalatú sárgák. Többségük közepes nagyságú. Hernyóik megnyúltak, zöldek világosabb rajzolattal. Többnyire pillangós- vagy keresztesvirágú növények leveleit rágják. Némelyek nagyon nagy tömegben szaporodhatnak el. A **káposztalepke** (*Pieris brassicae*, 30.11.C ábra) az egyik leggyakoribb lepkefajunk. Szárnyai fehér alapszínűek, az első pár szárny csúcsa fekete. A nőstény első pár szárnyán két fekete kerek folt is van egymás alatt. Zöldes alapszínű hernyói fekete foltokkal, és sárga hosszanti sávokkal tarkítottak. Nagy károkat okozhatnak a káposztaféléken és egyéb kerti növényeken. Évenként 2–3 nemzedéke is van.

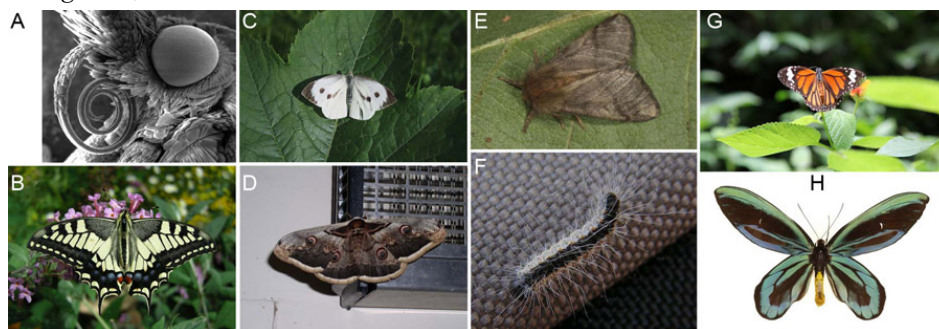
A **pávaszemek** (Attaciidae) családjára nagy és igen nagy termetű lepkéket fog össze. Testük erőteljes. Szárnyaik közepén egy-egy, rendszerint kerek, több színből kialakult szemfolt van. Csápjuk fésűs-tollas. A hímek csápjá – mivel a hosszú oldalfüggelékeken nagyítóval jól látható másodrendű elágazások is vannak – nagy felületű. A hímek csápjáik segítségével nagy távolságból is megtalálják a keveset mozgó nőstényt. Imágóként nem táplálkoznak. Alkonyati-éjjeli állatok. A **nagy pávaszem** (*Saturnia pyri*, 30.11.D ábra) szárnyfesztávolságát tekintve a legnagyobb európai lepke. Szárnyai barnák, és a szemfoltok mellett harántszalagok díszítik. Tavasszal repül. Hatalmas hernyói zöldek, s szelvényenként több kiemelkedő kék bibircs található rajtuk¹⁶. A bibircsekből szőrök indulnak ki. Különböző gyümölcsfák, kökény, kőris levelét eszik.

A búcsújárólepkék (Thaumtopoeidae) családjára jellemző, hogy a potroh végén erőteljes szőrözöttség figyelhető meg, ill. időnként a hernyók tömeges jelenlétére lehet számítani. A tölgyfa- búcsújárólepke (Thaumtopoea processionea, 30.11.E ábra) szürkés színű, viszonylag apró lepke. Hernyói (30.11.F ábra) a tölgyerdők lakói, kártevők. Társasan élnek. A nappali közös szövődék védelme alatt töltik, innen indulnak esténként táplálkozni. Ilyenkor zárt menetben vonulnak, úgy, hogy rendszerint elől egy, közvetlenül mögötte két hernyó megy, a következő sorok pedig 3–4, esetleg több hernyóból állnak. A hernyók hátoldalán hosszabb szőrök mellett apró hegyes szőrök helyezkednek el, melyek állandóan hullanak, és a szél szárnyán mindenfelé eljutnak. Ha ezek az ember bőrére kerülnek, kellemetlen viszketést és gyulladást okoznak. Sajnos egyes években olyan tömegben jelennek meg, hogy a hernyók tarra rágják az erdőket.

¹⁵http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Papilio_Machaon_caterpillar.JPG

¹⁶http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/Saturnia_pyri_larva.JPG

A királylepkék (*Danaidae*, 30.11.G ábra) arról nevezetesek, hogy hernyóik mérgező anyagot tartalmazó növényeket esznek, és a méreganyagok az imágókba is átjutnak, így azok is védettekké válnak. Ezt használják ki más lepkéfajok, amelyek nem mérgezőek, de a mimikri révén annak tűnnek.



30.11. ábra. Lepkék: lepke feje a pödörnyelvvél (pásztázó elektronmikroszkópos felvétel, A), fecskefarkú lepke (*Papilio machaon*, B), káposztalepke (*Pieris brassicae*, C), nagy pávaszem (*Saturnia pyri*, D), tölgyfa-búcsújárólepke (*Thaumtopoea processionea*, E) és hernyója (F), királylepke (G) és Alexandra-királynő pillangó (*Ornithoptera alexandrae*, H)

A **kétszárnyúak** (Diptera) rendje mintegy 150 ezer fajt számlál. Ide tartoznak köznapi elnevezéssel a legyek és a szúnyogok. Arisztotelész foglalta össze először a kétszárnyú rovarokat Diptera néven. Ezt a megjelölést Linné is megtartotta, és ma is így nevezzük ezt a csoportot. Tudományos nevük jól jelzi azt a legfontosabb sajátosságukat, hogy csak egy pár, azaz két szárnyuk van, mert a hátulsó pár kis bunkóban végződő nyeles képletté, az ún. billérré redukálódott (l. 6.13. ábra). Ezek repülés közben erős rezgőmozgást végeznek. A repüléskor egyensúlyozó szerepet töltenek be, ezért meglétük a kétszárnyúak számára nélkülözhetetlen. Ha pl. a legyet megfosztjuk billéireitől, elveszti egyensúly érzékét, repülése bizonytalanná válik, vagy röpképességét is teljesen elveszti. A legnagyobb kétszárnyúak 10 cm körüliek, a legkisebbek nem érik el az 1 mm-t. **Szájszerveik** szűrő-szívó vagy nyaló-szívó típusúak.

A szűrő-szívó szájszerv legjellemzőbb alakja a szúnyogokon található. A tulajdonképpeni szűrősertéket a keresztmetszetben patkó alakú alsó ajak veszi körül. Ez szűrés közben ívesen meghajlik, és nem hatol be a gazdaállat bőrébe. A szűrősertéket a vér felszívására alkalmas csővé alakult felső ajak, a páratlan nyálcsatornával áttört nyelv, valamint a páros, csúcsukon gyakran fűrészesen fogazott egy pár rágó és állkapocs együttesen alkotják. A fejlettebb legyek szívókájának legnagyobb részét az alsó ajak alkotja, amelynek alsó része két nagy szívópárnává módosult. Ilyen a házi légy szájszerve is. Az ajakpárnákat tracheaszerű csövecskék törik át, rajtuk keresztül egyrészt nyál folyik a táplálék felületére, hogy azt elfolyósítsa, másrészt ezeken a csövecskéken áramlik a felszívott tápláléknedv a párnák közötti szájnyíláshoz.

A csápok alapján két alrendet különítünk el. A hosszúcsápúak (Nematocera) a szúnyogok, a rövidcsápúak (Brachycera) a legyek.

A **hosszúcsápúak** alrendjébe tartoznak a lószúnyogfélék (Tipulidae).

A lószúnyogok jellegzetes, könnyen felismerhető állatok. Testük megnyúlt, lábaik igen hosszúak. Tekintélyes nagyságú rovarok, kiterjesztett szárnyaik fesztávolsága elérheti a 10 cm-t, hosszúságuk pedig – az első lábak csúcsától a hátulsó lábak csúcsáig – a 20 cm-t.

A talajba vagy a vízbe rakott peték hosszúkásak, többnyire fekete színűek. Lárvaik igen változatos életmódúak, a vízben szabadon élő alakoktól kezdve a talajban áskáló fajokon keresztül az aknázó életmódúakig mindenféle típust megtalálhatunk közöttük.

A lárvaik légzőnyílásai kis medenceszerű mélyedésben fekszenek, az ún. légzőcsészében, amelyet hosszabb-rövidebb nyúlványok öveznek. Az egész némileg arc benyomását kelti, vagy még inkább valamilyen különös álarcra emlékeztet, ezért szokták ördögmaskarának is nevezni.

A lárvaik táplálkozása is igen változatos lehet, többségük szerves hulladékokkal él (szaprofág), mások friss növényi anyagokat (levelet, gyökeret, fát) rágnak, de vannak közöttük ragadozók is. Az óriás lószúnyog (*Tipula maxima*¹⁷)

¹⁷<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Tipula.maxima.-lindsey.jpg>

szájszerve szúrásra alkalmatlan, vele csak nedveket tud nyalogatni. Május-július hónapokban a hegyvidéken, patak völgyek párás levegőjében repdes. Lárvai hosszúkásak, szájszervei igen erősek, szárazföldben fejlődnek.

A **csípőszúnyogok** (Culicidae) családjának tagjai karcú, megnyúlt alakú rovarok. Testfelületüket apró, mikroszkopikus pikkelyek és szőröcskék borítják. A nőtények szűrő-szívó szájszerve hosszú. A hímek csápja rendszerint tollasan szőrözött, a nőtényeké fonalszerű, legfeljebb rövid szőröket visel.

A szúnyogok lárvai, bár víziek, légköri levegővel lélegeznek. Utolsó előtti potrohszelvényükön hosszú légcsővük van, melynek végét többnyire a víz felszínére helyezik, miközben testük fejjel lefelé függ a vízben. Még bábállapotban is mozgékonyak. Egy esztendőben 5–7 nemzedékük is van.

A gyötrő szúnyog (*Aedes vexans*) főként kiöntésekben, pocsolyákban fejlődik. Szúrásakor potrohát párhuzamosan tartja a megszárt felülettel (30.12.A ábra). A foltos maláriaszúnyog (*Anopheles maculipennis*) Magyarországon is előforduló szúnyogfaj. A malária terjesztője. Szúrásakor potrohát eltartja a szárt felülettől (30.12.B ábra). Napjainkban nincs malária hazánkban, mert a szúnyog nem tudja a már megfertőzött emberek vérének szívni, így a malária kórokozójának életciklusa nem tud elindulni.

A kétszárnyúak második alrendje, a **rövidcsápúak** fajokban még sokkal gazdagabb, mint az első. A karcú, törékeny testű szúnyogokkal szemben a legkisebb legyek is erősebb, vaskosabb felépítésűek. Lárvaik **lábatlan** (apod), és fejtokja is nagyon csökevényes. A fejlődési alakoknak ezt a típusát nyúnek nevezzük. Bábjuk **tonnabáb**.

A **házi légy** (30.12.C ábra) az igazi legyek (Muscidae) családjába tartozik. Úgyszólván az egész Földön elterjedt, mindenütt jelen van, ahol táplálékot talál és hőigényét kielégítheti. Szívókájának végén korongszerű szívópárna helyezkedik el, ezért szúrni nem tud. Folyékony anyagokkal táplálkozik. Táplálkozás közben többször visszaöklendez cseppeket, így fertőzéseket, betegségeket (pl. hastífusz, amőbás vérhas) terjeszt. A szilárd anyagokat (pl. cukrot) először nyálával feloldja. A nőtény élete folyamán 600–2000 petét rak trágyára, különböző rothadó, bomló anyagokra. Kedvező körülmények között már 8–10 nap alatt kifejlődhet egy-egy nemzedék. Ez az oka rendkívüli szaporaságának. Elsősorban sertéstrágyában fejlődik.

A **zengőlegyek** (Syrphidae) szinte az egész Földet benépesítik, hazánkban mintegy 300 fajuk él. Tetszetős, tarka színezetűk, gyakoriságuk, viráglátogatásuk és kecses mozgásuk miatt ismert és kedvelt rovarok (30.12.D ábra). Nevüket jellegzetes hangjukról kapták, melyet szárnyaik bizonyos tartásával és igen magas csapásszámaival keltenek, s közben látszólag mozdulatlanul lebegnek a levegőben. Ha a lebegő állat közelébe megyünk, villámsebességgel odébb cikázik, de nem megy nagyobb távolságra, újból kezdi egy helyben való lebegését. Ezek az érdekes legyek nemcsak sajátos repülésükről, hanem feltűnő színezetükről is felismerhetők. Sárga-fekete mintázatuk a fullánkos hártáásszárnyúakat utánozza, így jó védelmet biztosít nekik. A közönséges herelegy (*Eristalomyia tenax*) méhre emlékeztet. Barna torát sűrű, sárga szőrrel borítja, potrohát két-két sárga folt díszíti. Már a középkorban összetévesztették a herelegyet a méhekkal, ezért található a régi kínai irodalomban az az állítás, hogy a méhek a méz készítésében emberi vizeletet is használnak. Nem kétséges, hogy az árnyékszékben és pöcegödörökben fejlődő, és kifejlett állapotban is rendszerint azok környékén tanyázó herelegyekről van szó. Lárva – melyet pocikféregnek szoktak nevezni – bomló anyagokkal erősen szennyezett vizekben él. Potroha végén hosszú légzőcső (siphon) alakult ki.

A **hártáásszárnyúak** (Hymenoptera) rendjébe tartozó rovaroknak 2 pár hártáas szárnyuk van. Bár testük a többi rovarhoz hasonlóan fejre, torra és potrohra tagolódik, a szelvények alapja látszólag nem követi ezt a tagolódást. Első potrohszelvényük ugyanis a torhoz forr. Az ún. ülőpotrohuáknál a potroh széles alappal kapcsolódik a potrohhoz, míg a darázsderékúaknál a potroh első és második szelvénye között befűződés alakul ki, amely sokszor erőteljesen megnyúlik, és kialakul a nevezetes darázsderék. Az ősi csoportoknál a nőtények a tojócsővükkel helyezik el a megtermékenyített petéket, az evolúciós szempontból fiatalabb csoportoknál a tojócső fullánkká alakul (l. 11.7. ábra). A fullánk elsősorban védekezésre és zsákmányszerzésre szolgál, de a fullánkcsok egy része fullánkját elveszítve áttért a kémiai hadviselésre, pl. hangyasavat termel.

A **növényevő darazsak** (Symphyta) alrendjében a lárva ún. álhernyó. A valódi hernyóhoz, a lepkék lárvához hasonlóan soklábú (polipod) lárva, de attól eltérően a torlábak és a potroh állabai között legfeljebb 1 végtag nélküli szelvény lehet¹⁸. Növényevők; a leveleket fogyasztják, de a fadarazsak (30.11.E ábra) lárvai fatörzsek belsejében ráganak. Ide tartozik a sárgagyűrűs fadarázs (*Tremex fuscicornis*). Akár 4 cm-es testhosszat is elérő rovar. A lárva főleg búkkben, fekete nyárban rág járatokat. Több éven át fejlődik. Május–október között repül.

¹⁸<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ra-2011-06-12-%2809%29.ogv>

A **tojókészülékesek** (Terebrantes) alrendjének nagyon sok faja parazitoid vagy hiperparazitoid életmódot folytat. A nőtény tojócsöve méretében, alakjában igen eltérő a különböző családok között.

A *gyilkosfűrkeszek* (30.12.F ábra) (*Braconidae*) családjába tartozik a *káposztalepke-gyilkosfűrkesz* (*Cotesia glomerata*). A nőtény a káposztalepke hernyójába rakja petéit. A hernyóból már a bábozódásra érett lárvák bújnak ki.

A **fullánkosok** (Aculeata) alrendjében a nőtények tojócsöve fullánkká módosul. Méregmirigyek is kapcsolódnak hozzá, így igen hatékony védekező és zsákmányszerző eszköz. A peterakásban már nem vesz részt. Másodlagosan a fullánk is eltűnt némely hártványsszárnyúnál. Lehetnek rajta visszaálló horgok, mint a méheknél, vagy lehet a felszínük sima, mint a darazsaknál. Az alrend tagjai között vannak magányosak és társasak (államalkotók) is. Egy részük, pl. a **házi méh** (*Apis mellifera*¹⁹) a legfontosabb megporzók közé tartoznak, mások pedig ragadozók.

Ide tartozik a társas redősszárnyú darazsak családja (Vespidae). Jellemzőjük, hogy szárnyaikat legyezőszerűen összeredőzve tartják nyugalomban a potroh felett. Fajtól függ, hogy egy-egy fészek hány állatból áll. A hazai faunából talán a legveszélyesebb a **lódarázs** (*Vespa crabro*, 30.12.G ábra). Bár a fészekben élő egyedek száma messze elmarad a méhekétől, vagy hangyákéktól, de a méreganyag mennyisége és erőssége miatt már 3 szúrása halálos lehet az emberre. A morfológiai különbség csekély a különféle feladatokat ellátó egyedek (kasztok) között. A családok egyévesek (csak a királynő telel át). A lárvákat rovarokkal táplálják, a fészek anyaga nyállal kevert farostokból („darázspapír”) készül. Még gyakoribb faj a **német darázs** (*Paravespula germanica*, 30.12.H ábra). Belsővázas fészket gyakran a talajban találjuk. A **hangyák** (Formicidae) kistermetű, államalkotó rovarok. Egy- vagy kétízű potrohnyelűk alakja és nagysága az alcsaládokon és nemeken belül igen különböző. A hímek és a szaporodásra képes nőtények szárnyasok, a dolgozók és a katonák meddő nőtények, mindig szárnyatlanok, fullánkjuk, vagy a potroh végén hangyasavtermelő mirigyük van. Az Antarktisz kivételével mindenhol megtalálhatók a Földön, az ember környezetét is belakják. Tömegük a biomassza jelentős részét teszi ki. Evolúciós sikerükben államalkotó tulajdonságuknak, fejlett kommunikációjuknak, más fajokkal kialakított kapcsolataiknak kulcsszerepe van (közismert, hogy a hangyák gondoskodnak a levéltetvekről a számukra ízletes „mézharmat” miatt, azokat ellenségeikkel szemben megvédik: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Ant>). Magyarországon az **erdei vöröshangya** (*Formica rufa*) fullánkos, szúrása fájdalmas lehet. Védekezésképpen képes a hangyasavat potrohvégéből messzire kilövellni. Nála nagyobb termetű rovarokra és lárváikra is vadászik (30.12.J ábra). A **levélvágóhangyák** a fészekbe szállított levéldarabokon gombát termesztenek, és a gombával táplálkoznak (30.12.K ábra). A **maggyűjtőhangyák** hazánkban is előfordulnak.

¹⁹http://commons.wikimedia.org/wiki/Apis_mellifera



30.12. ábra. Kétszárnyúak és hártýásszárnyúak. Csípőszúnyogfaj (*Aedes* sp., A), maláriasúnyogfaj (B), házi légy (*Musca domestica*, C), zengőlégy (D), fadarázs (*Anasimya contracta*, E), petét rakó fürkészdarázs (F), lódarázs (*Vespa crabro*, G) német darázs (*Paravespula germanica*, H), hangya feje közelről (I), erdei vöröshangyák zsákmányukkal (*Formica rufa*, I) és levélvágóhangyák (K)

31. fejezet - Gerinchúrosok (Chordata) törzse - (M.K.)

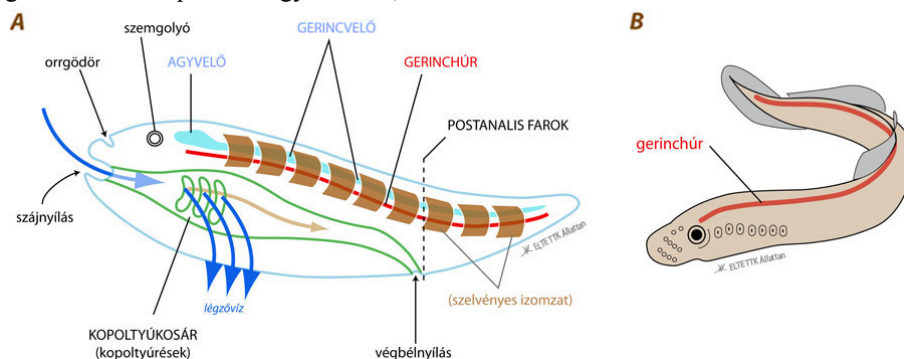
A gerinchúros állatok közé a törzspejlődés során kialakult legbonyolultabb felépítésű, legfejlettebb szervezetek tartoznak. **Másodlagos testüregük** ún. lefűződéssel alakul ki (l. 5.4.4. fejezet). Annak ellenére, hogy a gerinchúrosok elméleti és gazdasági szempontból is kiemelkedően fontos törzse meglehetősen heterogén, egyedfejlődésük jellegzetességei alapvető, közös tulajdonságokat mutatnak.

31.1. A gerinchúrosok csoportjai és származásuk

A gerinchúrosok a földtörténeti óidőben, a prekambrium idején jelentek meg (16.10. ábra). Eredetük, az egyes csoportjaik rokonsági kapcsolatai, s így leszármazási viszonyaik ma is intenzív viták tárgyát képezik a szakirodalomban. Feltételezett ősök újszájú, magányosan élő, helytülő vagy szabadon úszó, már kopolyúkosárral rendelkező, szűrőgető életmódot folytató állat lehetett. Ide tartoznak a zsákállatok (Tunicata), a fejgerinchúrosok (Cephalochordata) és a gerincesek (Vertebrata) – a felsorolás sorrendje nem jelzi a leszármazási kapcsolatokat.

31.2. A gerinchúrosok alapvető vonásai

A gerinchúrosok testszerveződésének **4 fő közös vonása** a következő: 1) gerinchúr, 2) dorzális helyzetű velőscső, 3) kopolyúkosár, 4) a végbélnyílás mögötti (ún. *postanalis*) fark (1.1. ábra). A fejgerinchúrosokra és a gerincesekre ezeken túlmenően jellemző még a szelvényezett elrendeződésű izomzat, a ventrális helyzetű szív zárt keringési rendszerrel, a belső váz kialakulása és a háromszakaszú tápcsatorna. A fejgerinchúrosoknál a belső vázat a gerinchúr jelenti, míg a gerinceseknél a porcos vagy csontos, több elemből álló vázrendszer.



1.1. ábra. A gerinchúrosok alapvető tulajdonságai (A) és a gerinchúr elhelyezkedése ingolában (B)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

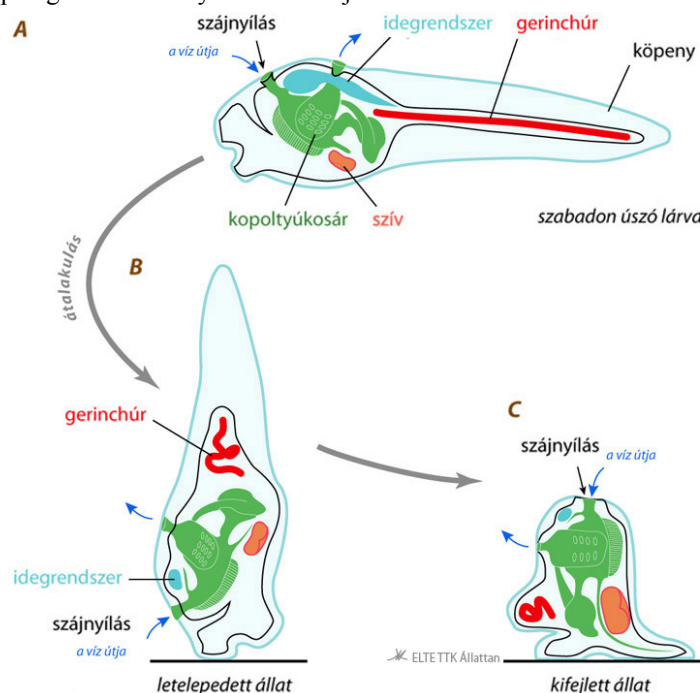
Lásd a 33. fejezet végén!

32. fejezet - Zsákállatok (Tunicata) altörzse - (M.K.)

32.1. Általános jellemzés

A zsákállatok (vagy előgerinchúrosok) Tunicata elnevezésüket a testüket borító, külső csíralemez eredetű rugalmas burokról (tunika) kapták, amely együtt nő az állattal.

Törzsfelföldéstani jelentőségük az, hogy lárváikban **gerinchúr**, **kopoltyúkosár** és **csőidegrendszer** alakul ki (32.1. ábra). A farkos zsákállatok esetében a gerinchúr az egész élet során megmarad, míg másoknál a lárvá átalakulásakor redukálódik a farkkal együtt. Korábban használt neveik közül az Urochordata a gerinchúr lárvákban elfoglalt helyére, a Prochordata pedig annak többnyire átmeneti jelenlétére utal.

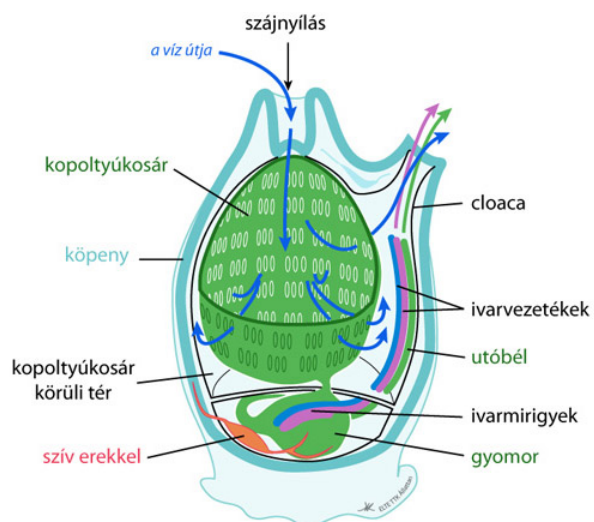


32.1. ábra. Zsákállat (aszcidia) lárvá testfelépítése (A) és metamorfózis során bekövetkező változásai (B, C)

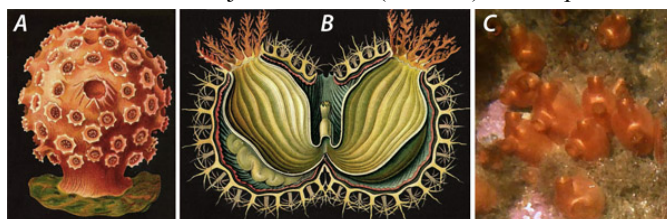
A 32.2. ábra egy helytűlő életmódú aszcidia testfelépítését mutatja be. Az állatok testfelszínén két nyílás található. Az egyik a szájnyílás, amelyen keresztül a víz a garatból fejlődő **kopoltyúkosárba** áramlik. Ennek falát több ezer, légzőhámval borított apró rés töri át. A víztömeg ezeken keresztül a kopoltyúkosarat körülölelő térbe kerül, miközben megtörténik a gázcsere. A planktonikus méretű táplálék beleragad a garat belső felszínét borító nyálkarétegbe. Ezt a nyálkaréteget csillós hámsejtek hajtják a gyomor felé. A végbélnyílás kloakába vezet. Ez utóbbi egy tágas tér, s a légzéshez használt, kopoltyú körüli térbe átszűrt víz is ezen keresztül távozik.

A zsákállatok **szíve** a hasoldalon helyezkedik el, kiválasztószerveik nincsenek. **Hímzősek**, de a telepes fajok ivartalanul (**bimbózással**) is szaporodnak.

Az ide tartozó állatok kivétel nélkül **tengeriek**, méretük a milliméterestől a méteres nagyságrendig terjed. Vannak közöttük **magányosak**, vagy nagy **telepeket alkotók**, helytűlő vagy lebegő életmóddal egyaránt (32.3. ábra). Egyes országokban (pl. Japánban) a „zsákjától” megfosztott állatokat fogyasztják is.



32.2. ábra. Kifejlett zsákállat (aszcidia) testfelépítése



32.3. ábra. Zsákállatok

Megválaszolandó kérdések és feladatok

Lásd a 33. fejezet végén!

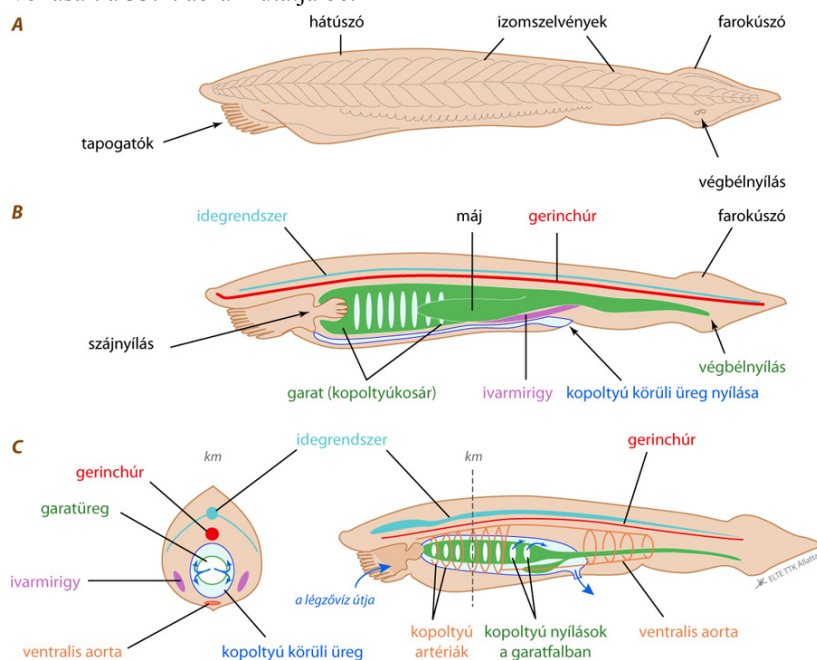
33. fejezet - Fejgerinchúrosok (Cephalochordata) altörzse - (M.K.)

33.1. Jelentőségük

Igen kevés fajt számláló, gazdaságilag kevésbé jelentős állatcsoport. Ismeretük **evolúciós és fejlődéstani szempontból** fontos. Rendszertani besorolásuk változó¹. Nevük arra utal, hogy gerinchúrjuk a „fejükbe” is beterjed, régebben használt nevük – koponyátlanok (Acrania) – pedig arra, hogy nincsen fejkücsük (koponyájuk, l. 7.27. ábra). A fejgerinchúrosok közé a **lándzsahalak** tartoznak.

33.2. Szervezetani bemutatásuk

Fűzfalevélszerűen lapított testük mindkét vége lándzsahegy alakú². Üvegszerűen áttetsző, kicsiny állatok, méretük a milliméterestől a centiméteres tartományig terjed. Primitív és progresszív bélyegekkal egyaránt rendelkeznek. Testfelépítésük fő vonásait a 33.1. ábra mutatja be.



33.1. ábra. Lándzsahal testfelépítése: A) a testrészek, a szelvényezett izomzat és a páros végtagok hiánya. B–C) A belső felépítés kereszt- és hosszmetsetben

Köztakarójuk hámja egyrétegű, alatta vékony kötőszöveti réteggel (*cutis*). **Izomzatuk** felépítése (néhány belső szervük elrendeződésével) **szelvényezettséget** mutat. Vázuk az állatvilágban egyedülálló felépítésű **gerinchúr**, amely valószínűleg aktívan mozgatható. **Végtagjaik, azaz páros úszók nincsenek**. A kifejlett állatok beássák magukat az üledékbe, s a feji végükön sorakozó tapogatóikkal örvényt keltve szerzik szerves törmelékéből és kovamoszatokból álló táplálékukat. Tápcsatornájukra jellemző a hosszú, tágas **kopolyúbél**. Ennek nyílásai a kopolyúréseknek felelnek meg, amelyek a kopolyúívek között egy, a kopolyúkat körülvevő, páros térbe vezetnek. A légzővíz innen a végbélnyílás előtti, páros nyílásokon távozik. A táplálék a kopolyúívek csillós hámján csapdába esik, s nyálkába csomagolódva továbbítódik. Középbélükön ventrális kitűrődés fejlődik, amely helyzete alapján a gerincesek májának előfutára, hámsejtjei azonban emésztőenzimeket termelnek (!). Végbélnyílásuk a fark tövében fejlődik. **Zárt keringési rendszerüknek nincsen szíve**: a vért egy izmos érszakasz keringteti (emiatt csőszívűeknek is nevezték őket).

¹Egyes rendszerekben a gerinchúrosok (*Chordata*) törzs altörzseként szerepelnek, máshol a gerincesek törzsének első altörzsét képezik.

²A lándzsahal-félék tudományos neve (*Amphioxus*) is erre utal.

Kiválasztószerveik szelvényesek, a kopoltyúkat körülvevő üregek felső, elkülönült részéből képezik az ultraszűrletet. A lándzsahalak **váltivarúak**, ivari dimorfizmusuk nem feltűnő. **Megtermékenyítésük külső**, szabadon úszó-lebegő életmódot folytató **lárvaalakjuk** van.

Idegrendszerük központi és periferiális részre tagolható, valódi **agyuk nem fejlődik**. Érzékszerveik fejletlenek, szemük sincsen.

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Adja meg a Chordata csoport rendszertani besorolását, közös bélyegeit és főbb csoportjainak nevét!
2. Sorolja fel a zsákállatok és a lándzsahalak közös és eltérő tulajdonságait!

34. fejezet - A halak (Pisces) - (S.M.)

Megjegyzendő, hogy ilyen rendszertani kategória ma már nincsen, ahogy a 15.8 ábrán is látni lehet. Ugyanakkor, ha valaki azt mondja, hogy hal, valószínűleg senki nem érti félre és nem fog egy körszájúra, vagy zsákállatra, vagy tevére gondolni.

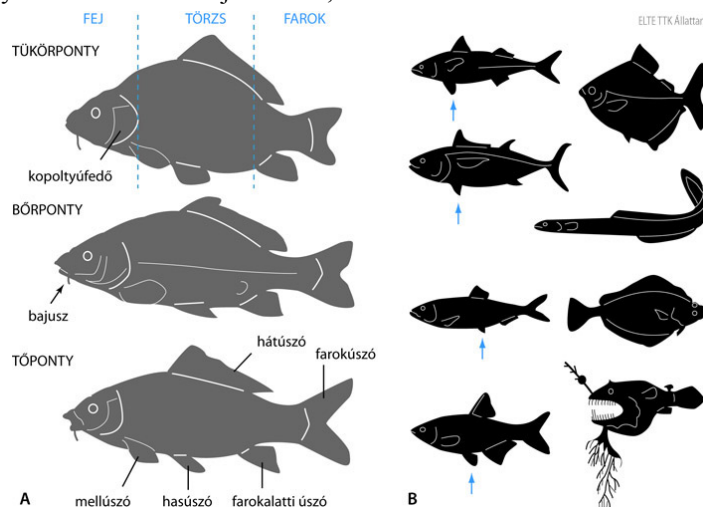
34.1. A testfelépítés általános jellemzése

A halak teste három testtájra tagolható, ezek a **fej** (*caput*), **törzs** (*thorax*) és a **farok** (*cauda*). A testalak változatos és nagyon jól tükrözi az állat életmódját (és nem rendszertani besorolását, 34.1 ábra).

A **fejen** található a páros ornyílás, ami egy bemélyedés, a szaglógyödör nyílása. A szájníylás elhelyezkedése, mérete, alakja szintén nagyon változatos és az adott faj életmódját tükrözi. A páros és általában nagy szemek oldalállásúak. A kopolyúrések vagy szabadon nyílnak a fej hátulsó–alsó részén (porcoshalak), vagy egy csontos kopolyúfedő fedi őket. A kopolyúfedő mögötti nyílás egyben a fej–törzs határvonalat adja meg (34.1A ábra).

A **törzs** a legtöbbször jól megfigyelhető pikkelyekkel fedett. Típusuk, számuk a halak rendszerezésében fontos. A törzsen helyezkednek el a halak páros végtagjai, a mell- és hasúszók. A mellúszó helyzete rögzített, mivel a koponyához csatlakozó mellső függesztő övhöz rögzül (7.4 ábra), míg a hasúszó a hasoldalon (fajtól függően) szinte bárhol elhelyezkedhet (34.1B ábra). A törzs páratlan végtagjai a test *mediansagittalis* síkjában fekvő hát- és farokalatti úszók. A hátúszók száma, alakja szintén rendszertani bélyeg. A törzs hasoldalán nyílik a *cloaca*, vagy esetleg külön nyílnak a végbél, a húgyvezetők és az ivarszervek kivezető nyílásai. Helyzetük egyben meghatározza a törzs és a farok határát. Általában a törzs két oldalán végighúzódik az oldalvonal szerv, amit esetenként, mint apró pontok sorát figyelhetünk meg.

A **farok** szintén pikkelyekkel fedett. Formája változó, hozzá a farokúszó csatlakozik.



34.1. ábra. A pontyfélék és különféle halfajok testformája az életmódot tükrözi

34.2. Rokonsági viszonyaik

Ahogy jeleztük, a halak nem egy egységes rendszertani csoport. Az állkapcsosokon (*Gnathostomata*) belül elkülöníthetjük a porcos és a csontos vázúak (*Chondro- és Osteognathostomata*) ágazatát (15.8 ábra). A porcoshalak az előbbi, a tüdő-, bojtosúszós és sugarasúszójú halak az utóbbi kategóriába tartoznak. Rokonsági kapcsolataikat nem részletezzük, annyit azonban jelzünk, hogy a porcos és csontos vázúak egymással párhuzamosan fejlődtek, s bár mi is előbb tárgyaljuk a porcos halakat, ez nem jelenti azt, hogy tőlük származtatjuk a csontos vázúakat (l. 16.3 fejezet)!

Rendszerük vázlatosan a következő:

Porcos halak (Chondrichthyes) osztálya
 Tömörfejűek (Holocephali) alosztálya
 Cápák és ráják (Elasmobranchii) alosztálya
 cápa alakúak (Selachiformes) rendje
 ráják (Batididea) rendje
 Tüdős halak (Dipneusti) osztálya
 Bojtosúszós halak (Crossopterygii) osztálya
 Sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztálya
 porcos ganoidok (Chondrostei) alosztálya
 valódi csontos halak (Teleostei) alosztálya

34.3. Szervezetani jellemzésük

A halak **kőztakarója**, mint minden gerinces állaté, háromrétegű. A **felhám** (epidermisz) ektodermális eredetű. Többretegű el nem szarusodó laphám alkotja.

Ennek vastagsága elsősorban attól függ, hogy a pikkelyzet mennyire fejlett. A pikkelytelen halakban (pl. leső harcsa) 30-40 sejt sor is alkothatja. A gyorsfolyású vizekben élő halakban vékonyabb a hámréteg, mint az állóvizek esetében.

Az epidermiszben nyálka- és fehérjetermelő mirigysejtek vannak. Az alatta lévő irharétegben (*cutis*) ülnék tetőcserépszerűen egymást fedő pikkelyek, s itt találhatók a színsejtek is.

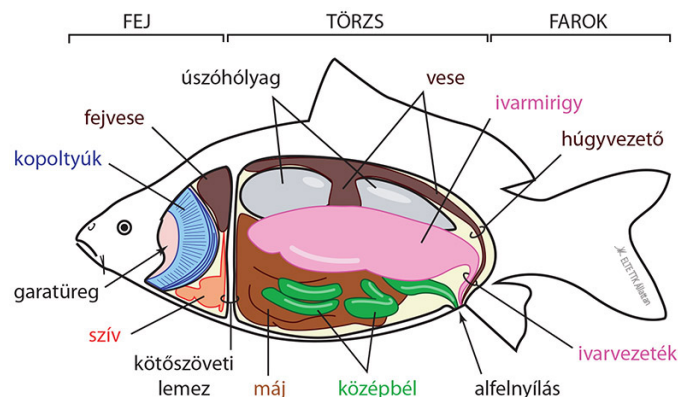
A pikkely a porcos halakban ún. fogaspikkely. Ez négyszög alakú alaplemezből és az abból kiemelkedő fognyúlványból áll, aminek a felszínét zománcréteg borítja. A placoid pikkelyek az állkapcsok területén igen magas fognyúlványokat képeznek. Ezek alkotják a cápák félelmetes, legtöbbször többsoros fogzatát (8.9. ábra). A csontos halakban kör alakú és fésűs pikkelyek fordulnak elő.

A **vázrendszer** mezodermális eredetű, a porcoshalakban porcokból, a csontoshalakban porcokból és csontokból épül fel. Állkapocs felfüggesztésük *auto-* és *a hyostilya* is. Gerincoszlopuk csak két (törzsi és fark) tájékra tagolódik, törzscsigolyáikhoz bordák kapcsolódnak. Mellső fűggesztővük a koponya kaudális részéhez kapcsolódik, a hátsó csontpárja viszont szabadon fekszik a hasi izomzatban. A végtagvázakat az **úszósugarak** képviselik. A legtöbb hal szájüregében fogakat találunk. Ezek rágásra nem alkalmasak (8.9. ábra). Valódi nyelv és nyálmirigyek nem alakulnak ki. Garatjukat **kopoltyúrések** törik át, közöttük találjuk a **kopoltyúíveket**. A csontos halakban a garat dorzális részéhez csatlakozik az úszóhólyag vezetéke. Ragadozó halakban gyomor (*gaster* vagy *ventriculus*) is kialakul. A középbél hossza a táplálkozásmódtól függ (békés halakban hosszabb). Benne **bélbolyhok nem fejlődnek**. Kezdeti szakaszához kapcsolódik a máj és a hasnyálmirigy vezetékrendszere. Legtöbbször kloakájuk fejlődik.

Légzőszerveik a kopoltyúk (*branchia*), amelyek a 3.–6.-dik zsigeríveken alakulnak ki (7.29. ábra). Mivel a halak el nem szarusodó epidermisze nem képez akadályt a gázcserével szemben, minden halban zajlik bizonyos mértékű **bőrlégzés**. Ennek mértéke a 3–9%-tól 15–25%-ig terjedhet. A csontoshalaknak **úszóhólyagjuk** van. A halak **működő veséje** a testüreg dorzális falához tapadó, hosszúkas, lapos, sötétvörös színű, páros szerv (*opisthonephros*, 10.7. ábra). A vese ventralis felszínén fut az elsődleges húgyvezető, ami vékony, kékesfehér szalagként ismerhető fel. Embriónális korban megjelenő előveséjük (*pronephros*) fejvesévé alakul (l. kiválasztószervek). A halak körében a **váltivarúság** (*gonochorismus*) jellemző, sok fajuk ivari dimorfizmust mutat. A **csontoshalak esetében** az ivarvezetékek az ivarmirigyek szervtelepének hátulsó (steril) részéből fejlődnek, így náluk **az ivarszervrendszer független a kiválasztó szervrendszertől** (10.3.1.1.1. fejezet). A **porcoshalakban** – a gerinces alapszabásnak megfelelően – **húgyivarszervrendszer alakul**. A legtöbb csontos hal külső megtermékenyítésű, ikrarakó (ovipar) állat, tehát külső ivarszerveik nincsenek. Csak az elevenetőjő (ovivivipar) halak (pl. eleveneszlő fogaspontyok) megtermékenyítése belső.

Keringési rendszerük egy vérkörű, szívük háromüregű (vénás öböl, pitvar, kamra). A gerincesek körében az alapszabást mutató artériás és vénás keringési rendszerüket korábban ismertettük (l. 12.3. fejezet). **Idegrendszerük** – amely számos, halakra jellemző vonással rendelkezik (utóbbiakat itt nem említjük) – a gerinces sémának megfelelően tagolódik (l. 13.2.2.1.1. fejezet), 10 agyidegük van (II. táblázat). **Neuroendokrin rendszerük** központja a szintén speciális jellegzetességeket mutató hipotalamo–hipofízis rendszer, perifériális endokrin szerveik közül a mellékpajzsmirigy hiányzik, s a mellékvese sejtei nem alkotnak kompakt szervet.

Általános testfelépítésüket a 34.2. ábra mutatja be.



34.2. ábra. Csontoshalak belső szerveinek helyzete a hím ponty példáján

Érzékszerveik közül a bőrben lévő nagy jelentőségűek: ilyen az áramlásokat és rezgéseket érzékelő **oldalvonalszerv** (14.8. ábra). Szaglásuk nagyon jó lehet (l. cápák). **Szemgolyójuk** a gerinces alapszabást követi, bár **néhány**, csak **halakra jellemző specialitással** is rendelkezik (14.11. ábra). Külső- és középfülük nem fejlődik, **belsőfülük** elsősorban a **térbeli orientáció szerve** és minden bizonnyal az igen hasonló sejtjes szerkezetű oldalvonalszerv feji részéből származtatható. A belsőfül akusztikus része és ezzel együtt a hangérzékelés halakban fejletlen.

34.3.1. Az úszóhólyag (*vesica natatoria*)

Az úszóhólyag csontos halakra jellemző, **hidrosztatikai szerv**. A garat dorzális falának vakzsákszerű kitűrődéséből alakul ki. A gerincoszlop alatt helyezkedik el, a hasüreg dorzális részének jelentős területét elfoglalja (34.2. ábra). Az Archimedes-elvnek megfelelően a gáztartalma miatt csökkenti a hal fajsúlyát, így annak nem kell állandó izommunkával vízközt tartania magát.

Számos csontos halnak nincs úszóhólyagja, főként a gyorsfolyású vizek fenéklakó halaiból hiányzik (pl. páncélosharcsák). A csontos halak egy részében a légvezeték, ami összeköti az úszóhólyagot a garattal, kifejtett korban is megmarad, más halakban elcsökevényesedik.

A gáztartalom változtatását még a légvezeték nélküli halak sem végzik közvetlen levegő leadással vagy felvétellel. Ezt a funkciót két, az úszóhólyag falából differenciálódott szerv látja el. A gázmirigy sűrű hajszálérhálózattal ellátott, vörös színű terület az úszóhólyag falában. Feladata, hogy a vérben oldott gázok egy részét az aktuális fiziológiai szükségleteknek megfelelően az úszóhólyag légterébe válassza ki. A másik (ovál) ezzel szemben az úszóhólyagban levő gázok egy részét vissza tudja venni a vérbe. Az úszóhólyag gáztartalma nem azonos összetételű a levegőével, jelentős mennyiségű oxigént tartalmaz. Átmeneti oxigénhiányban a hal ezt a tartalékot hasznosítani tudja.

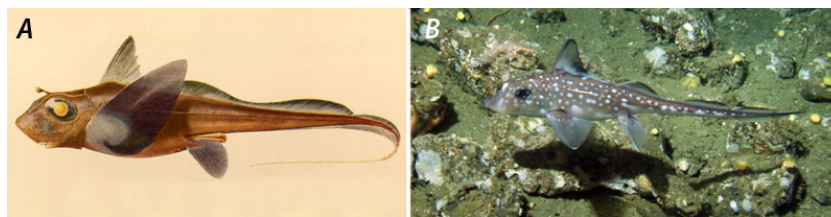
34.4. A „halak” rendszerezése és néhány jellemző faj bemutatása

Ahogy a fejezet elején említettük, a gerinchúrosokon (Chordata) belül a halak nem alkotnak egy egységes csoportot. Osztályaik a porcos halak, a tüdős halak, a bojtosúszósok és a sugarasúszójú halak.

34.4.1. A porcos halak (Chondrichthyes) osztálya

A **porcos halak** a **porcos vázú állkapcsos állatok** (Chondrognathostoma) ágazatába tartoznak (15.8.B ábra). Az osztály első alosztálya a **tömörfejűek** (Holocephali) alosztálya (34.3. ábra).

A felső állkapcsuk hozzánő az agykaponyához (autostylia). A kopolytűréseiket egy bőrredő fedi. Bordáik nincsenek. Pikkelyeik hiányoznak. Két hátúszójuk van, az első magas tövisben húzódik ki. Meglehetősen bizzar formájú, megnyúlt testű halak. Kisebb halakkal és gerinctelenekkel táplálkoznak. Az Európát övező tengerekben a tengerimacska él, amely 1,5 méter hosszúságú is lehet. Valamennyi tömörfejű tengeri élőlény.

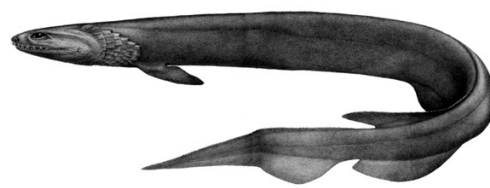


34.3. ábra. Tömörfejú tengeri macskák

A második alosztály a **cápák és ráják** (Elasmobranchii) **csoportja**. Az ide tartozó halak porcos vázzal rendelkeznek, és állkapcsukat a nyelvcsonti ív felső darabja függeszti az agykoponyához (*hyostylia*). **Fecskendőnyílásuk** mindig jól megfigyelhető (7.29. ábra). Fogas (*placoid*) pikkelyeik vannak. Bélcsatornájukban spirális redő van. Úszóhólyagjuk nincs, testük fajsúlyát a májban felhalmozott nagy mennyiségű lipid csökkenti. A hímekben húgyivar szervrendszer alakul ki: a here csatornácskái a vese kiválasztócsatornáiba torkollnak. A petevezető a Müller-cső származéka (11.8. ábra). Sok közöttük az ovivivipar faj. Szinte kivétel nélkül tengeriek.

A **cápa alakúak** (Selachiformes) rendjébe mintegy 250 ma élő faj tartozik.

A legrégebbi, legegyszerűbb felépítésűeknek a galléros cápákat tartják. Gallérjuk a kopolyúrások peremének kiszélesedéséből jön létre. Szájuk nem a hasoldalon van, hanem végállású (34.4. ábra). 1,5 m körüli testnagyságot érnek el. Alakjuk hosszan megnyúlt, majdnem kígyószerű. Főként Nyugat-Európa és Japán partjai mellett fordulnak elő. Ugyancsak a kezdetleges formák közé tartoznak a szürke-cápák. Ezt elsősorban az támasztja alá, hogy 6 vagy 7 kopolyúrásuk van. Nagytermetű állatok, 7-8 m hosszúságot is elérnek. Halakkal táplálkoznak. A trópusi tengerekben gyakoriak, de megjelennek a Földközi tengerben is.

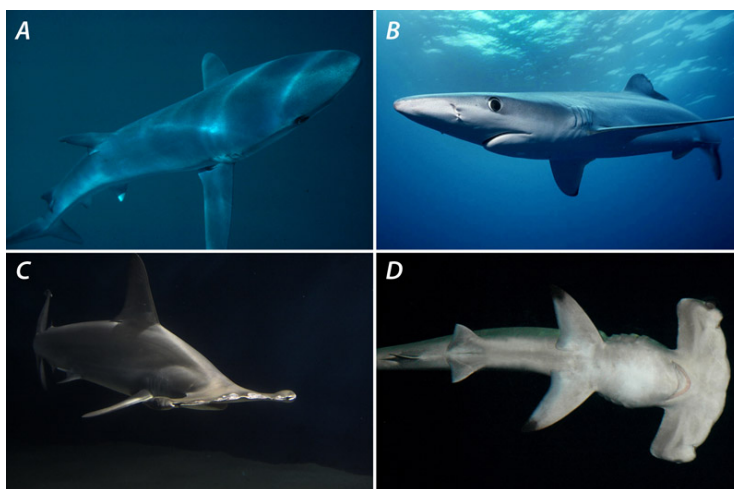


34.4. ábra. Gallérocápa: jól látszik a gallér és az angolnaszerű alak

A **valódi cápáknak** 5 kopolyúrásuk van. Körükben mindig két hátúszó figyelhető meg. Csak a jellegzetes fajokat említjük meg, csoportbesorolások nélkül.

A **kékcápák** 4-5 méterre is megnövő, nagytermetű állatok. Testük felül szürkés-kék, alul világos, csaknem fehér. Torpedó formájú testük, hatalmas fogazatuk azonnal mutatja, hogy igen gyorsmozgású, ragadozó állatok (34.5.A, B ábra). Főleg rajban élő halakkal, heringekkel, makrélákkal, tőkehalakkal táplálkoznak. Nem ritka, hogy az embert is megtámadják. A trópusi tengerekben gyakoriak. Baleseteket elsősorban Ausztrália partjai mentén okoznak. Elevenszülők, utódaik hossza 60 cm.

A **pörölyfejú cápákat** (vagy pörölycápákat) azonnal fel lehet ismerni, hiszen fejük két hatalmas oldalsó kinövést hordoz, amelyeken az orrnyílásaik és a szemeik helyezkednek el (34.5.C, D). Nagytermetű, négy méteres hosszát is meghaladó állatok. Főként a trópusi vizekben gyakoriak, ahol a talaj közelében, nagy csapatokba verődnek össze. Vad ragadozók, minden mozgó élőlényt megtámadnak, ha éhesek.

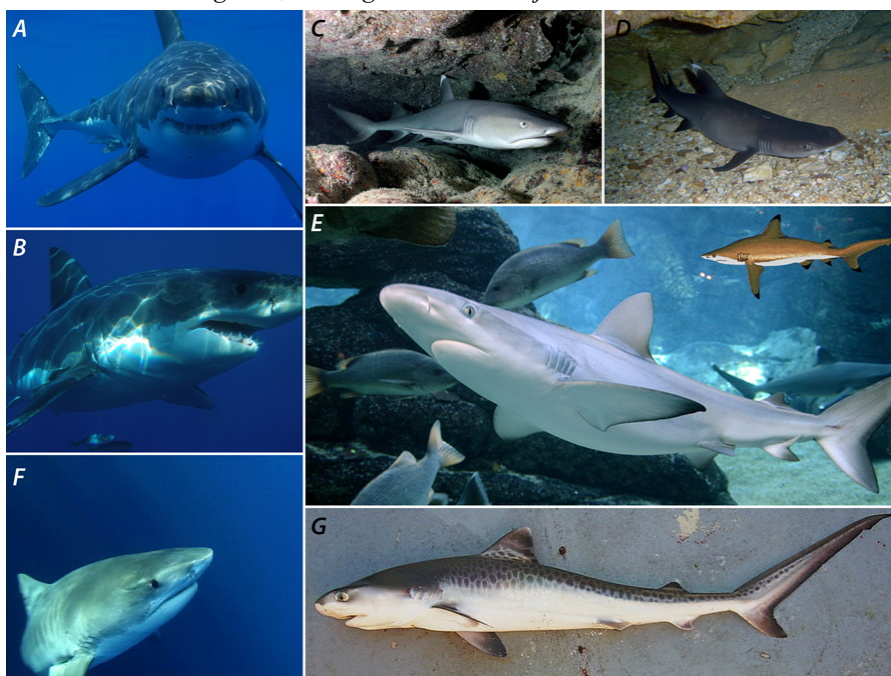


34.5. ábra. Kékcápák (*Prionace glauca*, A, B) és pörölyfejű cápa (*Sphyrna lewini*, C, D)

A **heringcápák** közé több, különböző életmódú és testfelépítésű állat tartozik. Maga a heringcápa 3,5 m hosszú, kozmopolita faj. Nevét a fő zsákmányállatáról kapta. Elsősorban rajhalakkal táplálkozik, de bármilyen más nála kisebb halat elfogyaszt. Húsa kitűnő, a közkezdelt cápauszony levest és a cápakotletet elsősorban ebből a fajból készítik a nagy tengerparti éttermekben.

Ebbe a csoportba tartoznak az emberre nézve legveszedelmesebb, akár 10 m-re is megnövő **fehér cápák** (34.6.A, B ábra). Testalakjuk a tökéletes cápaforma, aminek minden tulajdonsága a lehető leggyorsabb mozgást szolgálja. Itt említjük meg, hogy az emberre több más faj is veszélyt jelent, nem csak a fehér cápa, amiről a hollywoodi filmek főszereplőit mintázták.

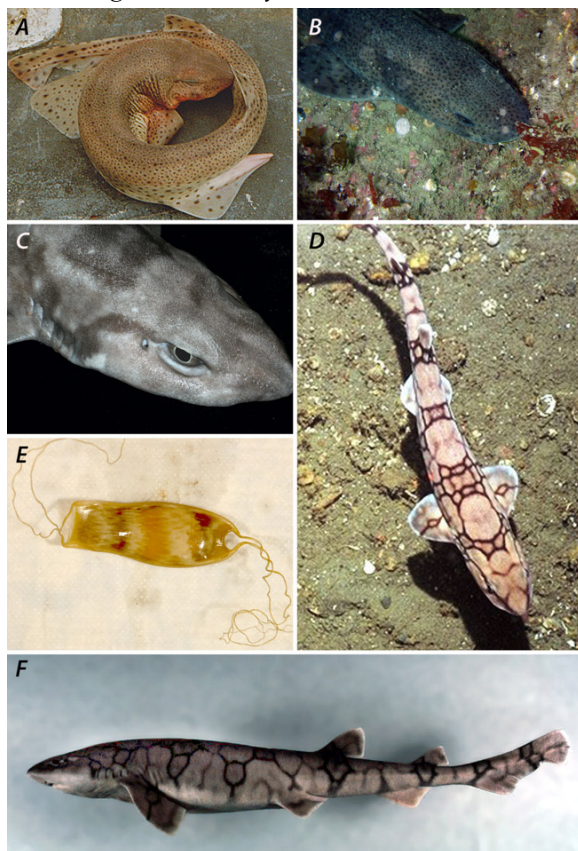
Ilyenek a szirtcápa, a feketefarkú cápa, a tigriscápa (34.6 ábra). Ezek ugyan kisebb termetűek, de legalább olyan támadókedvűek, mint nagyobb rokonuk. A legtöbb cápatámadás Ausztrália, Dél-Afrika, Kalifornia partjai mentén fordul elő, de néha a Földközi-tengerről, sőt még az Adriáról is jelentenek hasonló eseteket.



34.6. ábra. Heringcápák: fehér cápa (*Carcharodon carcharias*, A,B), szirtcápa (*Triaenodon obesus*, C,D), feketefarkú cápa (*Carcharhinus limbatus*, E), tigriscápa (*Galeocerdo cuvier*, F, G)

A **macskacápák** kistermetű, 1 m körüli állatok (34.7. ábra). Elsősorban puhatestűekkel táplálkoznak. Az aljzat közelében mozognak, 5–50 m mélységben. Előfordulnak a Földközi-tengerben is. Ikráikat téglalap alakú tok védő,

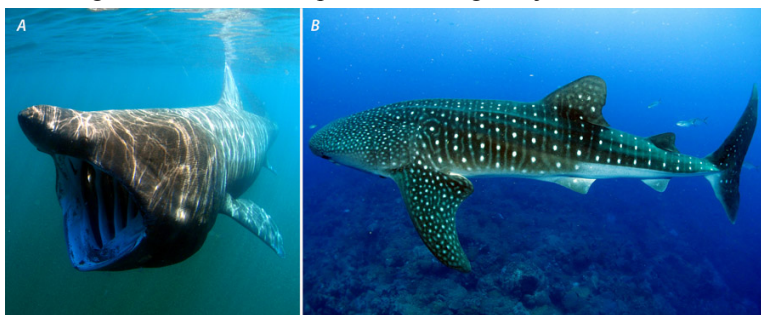
aminek négy sarkából még hosszú fonalak (un. jégzsínórok) húzódnak ki (34.7E ábra). Az ikra lerakása után a jégzsínórok elvesztik víztartalmukat, miközben a víz alatti tárgyakra tekerednek. A kis macskacápák 9 hónapig fejlődnek a tok belsejében. A macskacápa ehető, ha nem is a legkeresettebb halféleség. Vére különösen erős mérget tartalmaz, ami főzés vagy sütés nélkül igencsak veszélyes.



34.7. ábra. Macskacápák (*Scylorhinus* sp.). Az E) fotón petetok látható a jégzsínórral

A 12–15 méter hosszú **óriáscápa** (34.8.A ábra) táplálkozásmódja eltér az eddig tárgyalt cápákétól. Szája végállású, és hatalmas méretű. Kopolyúívei belső oldalán hosszú szarunyúlványok nőnek, amelyek fésűszerűen szűrik a tátott szájon beáramló vizet. Egy ilyen állat száján óránként 1500 tonna víz áramlik át. Ebből a varsa kiszűri a planktonikus élőlényeket. Tulajdonképp azt mondhatjuk, hogy az óriáscápa az ennivalójában úszik és folyamatosan táplálkozik. Ez az állandóan elérhető és szinte korlátlan táplálékforrás teszi lehetővé, hogy ilyen hatalmasra nőjön. Az óriáscápa elevenszülő, egyetlen utóda 1,5 m hosszú. Az Atlanti és a Csendes óceánban is él, de főként az egyenlítőtől északra.

A **cetcápa** (34.8.B ábra) élet- és táplálkozásmódja hasonló az óriáscápáéhoz. Szűrőkészüléke a kopolyúívekről befelé lógó vékony lemezekből áll. Ezzel főként puhatestűeket, rákokat szűr ki a vízből. Akár 18 m-re is megnő. A cetcápa a legnagyobb ma élő halfaj a Földön. Általában a víz felszíne közelében tartózkodik. Sötét alapszínén számos, kisebb nagyobb világos folt van. Az Indopacifikus térség lakója.



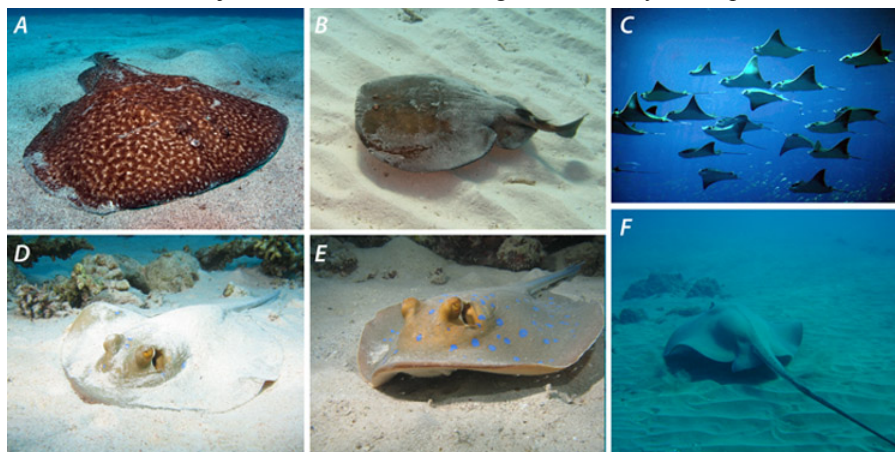
34.8. ábra. Óriás (*Cetorhinus maximus*) és cetcápa (*Rhincodon typus*)

A porcos halak osztályának második rendje a **ráják rendje** (Batididea).

A zsibbasztóráják onnan kapták a nevüket, hogy elektromos szerveik vannak és áramütésük az embert is megbéníthatja. Viszonylag kistermetű, fél méter körüli állatok. Törzsük nem annyira rombusz alakú, mint a valódi rájáé, hanem inkább diszkoszhoz hasonlít (34.9.A, B ábra). A talaj finom homokjába ássák magukat és többnyire itt leselkednek áldozatukra. Törzsük ellapult, lateralis részében vannak az elektromos szerveik. Ha a hátbőrüket lefejtjük, alatta kb. 600 kis prizma formájú oszlopocskának a tetejét láthatjuk. Minden kis oszlopocskára 40 egymásra rendezett lemezből épül fel. E lemezek egy-egy kis kondenzátornak felelnek meg. A kondenzátor egyik lemezéhez az V. agyideg (n. trigeminus) és vagy a bolygóideg (n. vagus) egy ága fut. Ez a szerkezet az izomszövet módosulásának tekinthető. Valószínűleg ioncsatornák működése következtében alakul ki feszültségkülönbség a lemezek két oldala között. Idegi impulzus hatására kisülnek az apró kondenzátorok és összességükben kb. 200 V feszültséget produkálnak. A zsibbasztó rája ezt az áramot a zsákmány megbénítására használja, de eredményesen védekezik is a segítségével. Zsibbasztó ráják élnek a Földközi-tengerben is, de gyakoribbak az Atlanti-partvidéken.

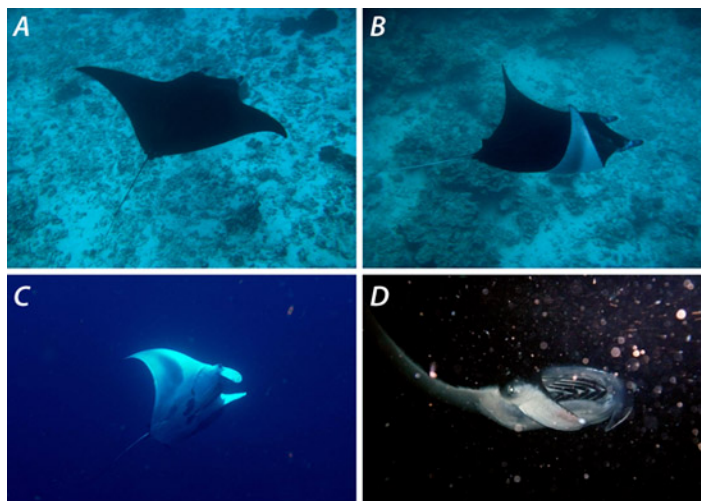
A **valódi ráják** törzse rombusz alakú, hatalmas, széles, lapos mellúszóik a fő mozgásszerveik, segítségükkel mintegy repülnek a vízben. Nagyon szép látványt nyújt egy csapat rája, ahogy hangtalan szárnyalással úszik a kék végtelenségben (34.9.C ábra). Igaz, ez ritka látvány, mert legtöbbször a fenéken, a finom homokba beásva üldögélnek, csak a szemeik és orrnyílásuk emelkedik ki belőle (34.9.E, F ábra). Talajlakó puhatestűekkel, férgekkel, lepényhalakkal táplálkoznak. Viszonylag nagytermetűek, 1–2,5 méter között mozog a testhosszuk. Az európai partok mentén a sima rája és a tövises rája fordul elő nagyobb számban. Mindkét faj húsa ehető és közkedvelt a tengerparti országokban. Japán partai mentén élő fajok a közismert sushi egyik legfinomabb típusának az alapanyaga. Ikrarakó fajok, az ikráikat a homokba egyesével rakják le.

A **tüskés ráják** (34.9.C–F ábra) legfőbb jellemzője a farok hátoldalán található hosszú tövisalakú nyúlvány, aminek a tövében erős mérget termelő mirigyek vannak. Ez a rája védekező szerve, amit eredményesen használ a fürdőzőkkel szemben is. A homokban fekvő ráját csaknem lehetetlen meglátni és könnyen rátaposhat az ember.



34.9. ábra. Zsibbasztóráják (*Torpedo marmorata*, A, B) és tüskésráják (C: *Rhinoptera bonasus*, D: *Dasyatis lata*, E–F: *Taeniura lymma*)

A ráják között is van egy csoport, amely áttért a planktonikus élőlények fogyasztására. Ezek a vízközt mozgó, rendszerint óriási méretű, akár 6 m hosszú **ördögráják**. Szájuk végállású és a kopolyúréseket itt is szűrőkészülék borítja. Hátoldaluk sötét, hasuk szinte fehér. A szájniylás oldalán két bőrlebeny van, ami a vizet a szájniylásba tereli (34.10. ábra). Az ördögráják a víz felszínéhez közel mozog és táplálkozik. Néha kiugrik a vízből és hatalmas csattanással esik vissza. Félelmetes méretei ellenére békés állat. Elsősorban az amerikai partok mentén gyakori.

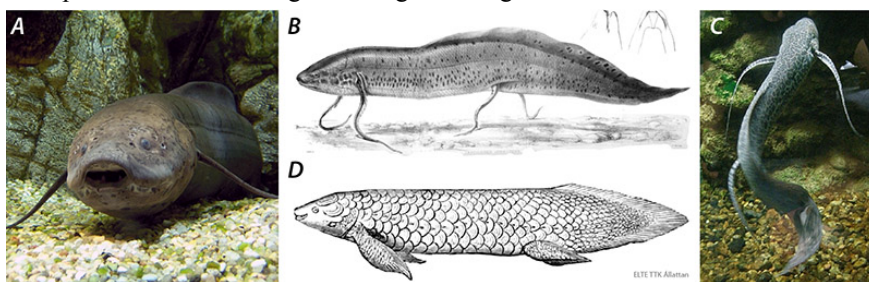


34.10. ábra. Ördögrája (*Manta birostris*)

A csontos vázú állkapcsos állatok (Osteognathostomata) ágazatába tartozik valamennyi ezután következő csoport. Közülük az elsők azok, amelyek elsődlegesen vízi életmódot élnek és kopolyúval lélegeznek (azaz a halak). Ide három osztály tartozik.

34.4.2. A tüdős halak (Dipneusti) osztálya

Mint ahogy minden nagy rendszertani kategória első csoportja, a tüdőshalak is több viszámaradó (episztatikus) és előremutató (epidotikus) jellegzetességet hordoznak egyszerre. **Vázuk nem teljesen csontos**, sok benne a porcos elem. Mint a porcos halaknál, nekik is vannak **fecskendőnyílásaik**. Orrüregük összenyílik ugyan a szájnírással, de nem oly módon, ahogy a magasabb rendű gerinceseknél azt látni fogjuk. Bélcsatornájukban spirális redő van. Működő kopolyúik vannak, de emellett a **tüdő is kialakul**. A páros, vagy páratlan tüdő a garat ventrális oldalához csatlakozik egy járáttal. A tüdő keringése hasonlít a magasabb rendű gerincesek kisvéréköréhez, és a szív pitvara csaknem teljesen két részre osztott egy kötőszövetes lemez segítségével. **Élnek Ausztráliában, Dél-Amerikában és Afrikában** (34.11. ábra). Az utóbbi két kontinensen élők a száraz időszakban az iszapba ássák be magukat, ahol egy levegővel telt kamrában töltenek közel fél évet. A kamrát járat köti össze a talaj felszínével. A nyugalmi periódus alatt nem táplálkoznak és csak légköri levegővel lélegeznek.

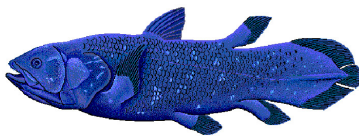


34.11. ábra. Tüdőshalak: afrikai götehalak (*Protopterus*-fajok, A–C) és ausztráliai tüdőshal (*Neoceratodus*, D)

34.4.3. A bojtosúszós halak (Crossopterygii) osztálya

Ide tartozik az 1938-ban felfedezett **maradványhal** (*Latimeria chalumnae*, 16.5.B és 34.12. ábra). Eredetileg a Comore szigetek környékén fogtak pár példányt, de ma már tudjuk, hogy egyáltalán nem ritka és az Indiai-óceán déli részén mindenütt előfordul a szigetek és kontinentális padok mentén. Csapatostul él a sziklás partok üregeiben, viszonylag nagy mélységben. Egyetlen tulajdonsága, ami külön osztályba sorolását indokolja az az, hogy páros úszói minden irányba mozgathatóak, rövid nyélen ülnek, pikkellyel borítottak. A **végtagok belső váza megegyezik a magasabb rendű gerincesek végtagvázának alapszabásával** (l. 7.14. ábra). Ezen az alapon a bojtosúszósokhoz hasonló állatokat tartjuk a szárazföldi gerincesek őseinek. A maradványhal 2–2,5 m hosszú, sötétkék alapon

világosan márványozott színű, ragadozó állat. Sok a porcos vázeleme, van belső ornyílása, bélcsatornájában spirális redőt írtak le. Tüdeje elcsökevényesedett, zsírszövet tölti ki. Eleventojó faj.



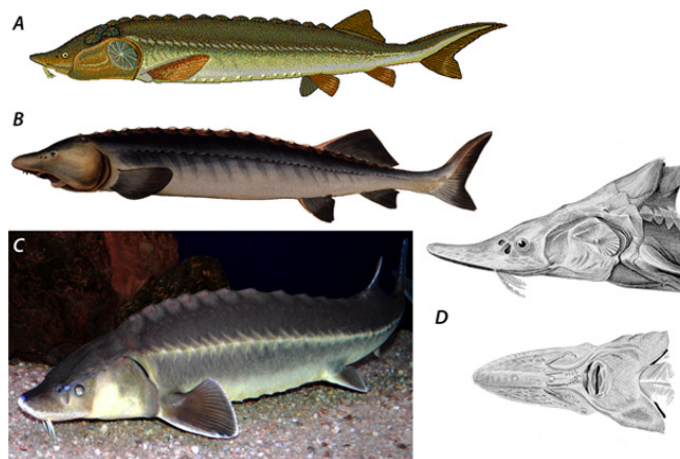
34.12. ábra. Maradványhal rajza

34.4.4. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztálya

Az összes itt következő halat ebbe az osztályba soroljuk.

Közülik először a porcos ganoidok (*Chondrostei*) alosztályát említjük meg. Ezeknek az állatoknak a testét ganoid pikkelyek, vagy az azokból kialakult csontlemezek (vérték) fedik. Innen ered a régebbi vérteshal elnevezésük. Ősi bélyegeik a váz másodlagosan porcos állapotban való maradása, a spiraculum megléte és a bél spirális redője. Képviselőik a tokfélék.

Európa és Ázsia vizeiben a közönséges tok és a vágótok gyakori. Ezek a 3 méteresre is megnövő halak a folyókban az iszapban keresik zsákmányukat. Ennek megfelelően szájuk alsó állású és hatalmas bajusz-szálok övezik. Anadrom halak, ami azt jelenti, hogy a folyókba felvándorolnak ivni, majd újra visszatérnek a tengerbe, ahol viszont halakkal táplálkoznak. A folyószabályozások, a vízszennyezés és a halászat miatt a közép-európai vizekből gyakorlatilag eltűnt ez a két faj, viszont Oroszországban ma is igen nagy mennyiségben lehet őket fogni. Húsuk kitűnő, ikráikból pedig a közismert kaviár készíthető. A csoportnak egyetlen faja maradt a közép-európai fauna állandó tagja, ez a kecsege (*Acipenser ruthenus*, 34.13.A,C ábra). Maximum egy méter hosszúságú állat, vértjei a hátoldalon a test középvonalában és a hasoldal mentés egy-egy sorban futnak. Színe sötét barna, vagy szürke, a vérték és az úszók szélei fehérek. Hosszú ornyúlányuk van, szájuk bajuszokkal szegélyezett, alsó állású. A víz fenekén tartózkodik és keresi férgekkel és puhatestűekkel álló táplálékát. A nagyobb példányok halakra is vadásznak. A víza (*Huso huso*, 34.13.B ábra) valaha a hazai fauna tagja volt, de mivel ez is anadrom hal, a Vaskapu gátjának megépítése óta gyakorlatilag eltűnt hazánkban. Ez a tokfélék óriási, hossza akár a 9 métert is elérheti. Egyetlen állatból egy mázsa kaviárt is lehet készíteni.

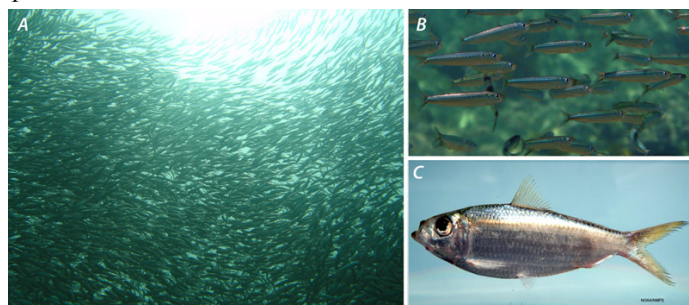


34.13. ábra. Tokfélék: kecsege (*Acipenser ruthenus*, A) és víza (*Huso huso*, B) rajza, kecsege akváriumfotója és vérteshal fejének rajza

A valódi csontos halak (Teleostei) alosztályába mintegy 21 ezer faj tartozik. Ezeket 35 rendbe, 410 családba sorolják. Itt csak a legfontosabb rendek néhány jellemző képviselőjét mutatjuk be.

A heringfélék gazdasági szempontból a legjelentősebb halak közé tartoznak. A hering fél méternél nem hosszabb, kékeszöld hátú, ezüstösen fénylő, lapos testű állat. Elterjedési területe az Atlanti óceán egyenlítőitől északra eső része. A Csendes-óceán északi részét egy másik heringfaj népesíti be. Óriási rajokban gyűlik össze, amelyek több kilométer hosszúak és több száz méter szélesek lehetnek. A rajokat elsősorban a bőr mirigyei által kiválasztott szaganyagok tartják össze. Talán azt is mondhatjuk, hogy a heringek a saját illatukban úsznak. A rajok elsősorban

a talaj közelében tartózkodnak. Táplálékkeresés közben hatalmas vándorutakat tesznek. Apró, de igen sok foguk van, ezzel kapják el planktonikus zsákmányállataikat. A talajra ikráznak, amit ilyenkor vastagon borít a heringikra, terített asztalt nyújtva sok ráknak, puhatestűnek, hálnak. A heringfélék közé tartozik a **sprottni** és a **szardínia** (34.14. ábra), a konzervipar kedvelt halai.

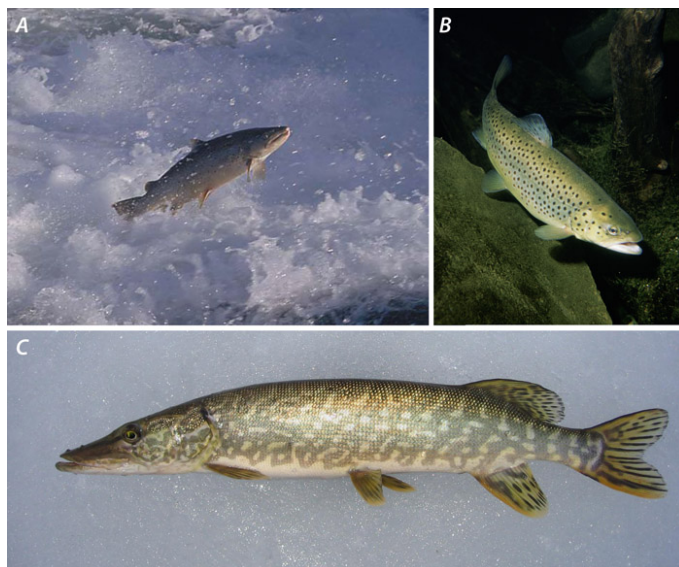


34.14. ábra. Szardínia fajok rajban (A, B: *Sardina pilchardus*) és egyedül (C: *Harengula jaguana*)

A **lazacok** szintén az északi félteke halai és nagyon fontosak az emberi táplálkozás szempontjából. Az atlanti lazac és a Csendes-óceáni **nemes lazac** is egy méter hosszúságú állat, noha fognak jóval nagyobb példányokat is. Az **atlanti lazac** háta sötét, oldala ezüstösen csillogó, hasa csaknem fehér. A nemes lazac oldala pirosas, az ívási időszakban kifejezetten bíborvörös. Minden lazac ragadozó, főként heringfélékkel táplálkoznak. A lazacok valamennyien anadrom halak. Úgy tartják, hogy minden lazac abba a patakba vonul fel ívni, ahol meglátta a napvilágot. Ívási helyüket minden bizonnyal a szaglásuk alapján ismerik fel. A négy éves, kifejlett, méteres lazacok óriási tömegben vonulnak az árral szemben. Úszás közben minden akadályt legyőznek, noha sokan el is pusztulnak közülük a hosszú vándorút alatt. Számuk jelentős csökkenéséhez a rájuk vadászó ragadozók nagy tömege és természetesen az intenzív halászatuk is hozzájárul.

A lazacfélék közé tartoznak a **pisztrángok** is. Hazánkban a **sebes pisztráng** (*Salmo trutta fario*, 34.15.B ábra) őshonos a gyorsfolyású hegyi patakokban, noha ma már a természetes szaporulat aligha volna képes megtartani ezt a fajt a vizeinkben. Szerencsére a lazacok és a pisztrángok mesterséges tenyésztése olyan szinten van, hogy a kitelepített ivadékok biztosítják a faj fennmaradását az egyre növekvő vízszennyeződés mellett is. A természetben a pisztrángok igen korán (februárban) ívnak, nagyméretű (6–8 mm átmérőjű) ikráikat a homoktól megtisztított, csak kavicsos fészekbe rakják le. Az embrionális fejlődés hosszú, csaknem két hónapig tart. Ugyancsak elterjedt nálunk a **szivárványos pisztráng** (*Salmo irideus*) is, ezt a fajt Észak-Amerikából telepítették be. A pisztrángoknak is nagy jelentősége van az ember táplálkozásában, kitűnő húsup mindenütt közkedvelt.

A **csuka** (*Esox lucius*) hazánk valamennyi vizében előfordul. Főként az állóvizeket, vagy a folyókban a lassú folyású szakaszokat kedveli. Akár 1,5 m hosszú is lehet. Megnyúlt, orsó, vagy torpedó alakú teste, hátracsúszott páratlan úszói, hatalmas, előrenyúló állkapcsai, nagy fogai azonnal mutatják, hogy rendkívül gyors mozgású ragadozóval van dolgunk (34.15.C ábra). A csuka lesből vadászik, és villámgyorsan veti magát áldozatára. Különösen fiatal korban a saját testméretével megegyező méretű halakat is megtámad. Közismert a kannibalizmusa. A csuka korán, közvetlenül a jégolvadás után ívik a sekély vizekben. Rendkívül szapora, egy nőstény akár 100-300 ezer ikrát rakhat.



34.15. ábra. Pisztráng vándorlás közben (A) és a víz alatt (*Salmo trutta*, B), csuka jégen (C)

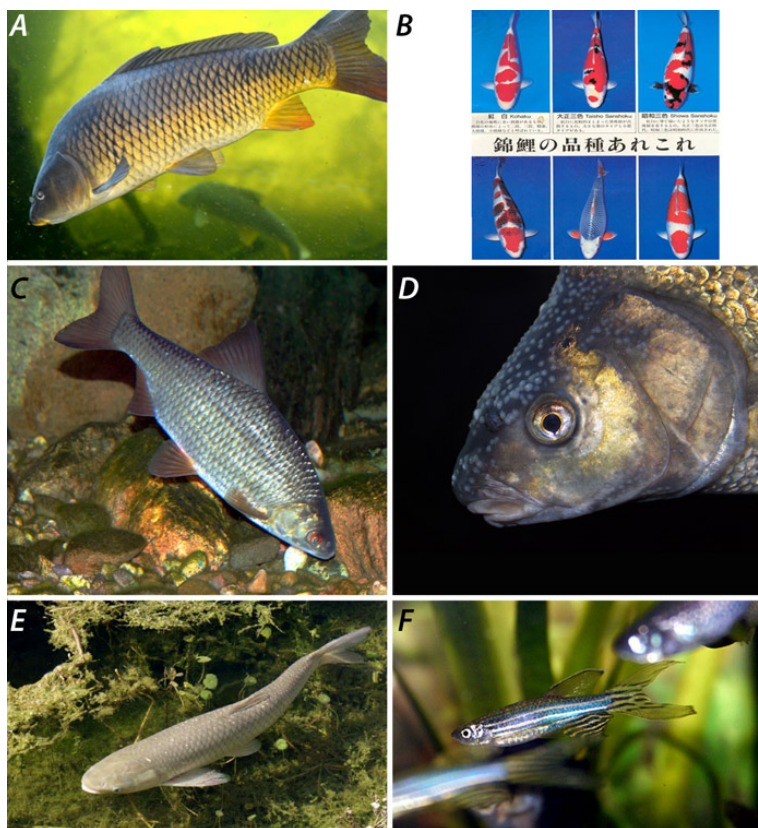
A **pontyfélék** közé tartozik a hazai vizekben élő fajok többsége. A **ponty** (*Cyprinus carpio*, 34.16.A ábra) eredetileg Közép- és Kelet-Ázsiában volt honos, onnan telepítették be hazánkba. Csaknem valamennyi nagyobb állóvizünkben és folyónkban megtalálható. A taviak inkább rövidebb és magasabb, a folyóvíziek elnyújtottabb testalkatot mutatnak. Ritkán 1,2 méter testhosszt is elér. Mivel mesterséges tenyésztése viszonylag könnyű és nagyon jól kidolgozott, gazdaságilag ennek a fajnak van nálunk a legnagyobb jelentősége, akár mint a táplálékunk egy része, akár mint horgászhal. A ponty békés hal, elsősorban a talajban turkál, ott keresi férgekből, puhatestűekből, növényi részekből álló táplálékát. Májusban ívik a sekély, melegebb vizekben. Sokszor csapatostul ívnak és rendkívül nagy mennyiségű ikrát raknak a nőstények. Az ikrahéj nagyon ragadós és nagyon kicsi (mintegy 1 mm átmérőjű). A kis pontyok 2–4 napon belül kikelnek, de az ivadék csak 4–6 nap múlva úszik el, azaz kezd önállóan táplálkozni. A pontynak számos tenyészváltozata van, talán a legszebbek a kiállításokon, versenyeken is mutogatott japán díszpontyok (34.16.B ábra).

Ebbe a csoportba tartoznak a keszegfélék, a **dévér-** (34.16.C, D ábra), a **jász-**, a **vörösszárnyú**, a **szilvaorrú-**, az **Éva-**, a **bagolykeszeg**, vagy a Balatonban tömegesen élő **szélhajtó küsz**. Ez utóbbi szintén tömegesen, nagy csoportokban és nagy zajjal ívik. Ha ilyenkor a partmenti kövekről letépünk egy kis csomó algát, bizonyosan megtaláljuk a rá ragasztott ikrákat. Elsősorban a **compó** (*Tinca tinca*), de a **kárász** (*Carassius carassius*) is a kisebb, iszapos fenekű, sok növényvel benőtt tavak jellegzetes hala.

A keszegekről, általában a pontyfélékről, mindenki tudja, hogy békés halak. Ugyanakkor ide tartozik a ragadozó őn (*Aspius aspius*) és a fejes domolykó, amelyek kifejezetten támadókedvű, vad ragadozók. Hajnali órákban a Balatonban a széli vizekben nagy loccsanásokkal űzi zsákmányát a ritkán méteresre növő ragadozó őn. A domolykó kisebb termetű hal, és a kisebb, behajló part menti növényzettel fedett folyóvizek lakója.

Az utóbbi évtizedekben három növényevő pontyfélét telepítettek be hazánk vizeibe, az **amúrt** (34.16.E ábra), a **pettyes** és a **fehér busát**. Ugyan a várt hatást nem érték el velük, tehát a vízinövényeket nem ritkítják jelentősen, de a ponty mellett szerepük van az élelmezésben.

Az Ázsiában honos pontyfélék közé tartozik számos közkedvelt, nagyon szép színű és könnyen tenyészthető díszhalfaj is (pl. a szumátrai díszmárna, a razbora fajok, a rózsás díszmárna). Közülük a **zebra dánió** (*Brachydanio rerio*, 34.16.F ábra) fontos kísérleti állattá vált a genetikai laboratóriumokban. Mivel rövid a tenyészciklusa, sokféle mutagenézis tesztben használják, elsősorban azért, hogy a gerincesek fejlődését szabályozó géneket azonosíthassanak.



34.16. ábra. Pontyfélék: tógazdaságban tenyésztett pikkelyes ponty (*Cyprinus carpio*, A), díszpontyok, egy japán verseny díjnyertes szereplői (a verseny plakátja, B), dévér keszeg (C), amelynek különös jellemzője, hogy ivási időszakban ún. nászkiutések, elszarusodott szemölcsök jelennek meg a köztakarójában (D), az amúr, amely ma már az egyik legkedveltebb horgászhal Magyarországon (E) és zebra dánió (zebrahal, zebrafish) tenyésztett, ún. fátolyfarkú változata (F)

A pontylazacok elsősorban az Amazonas és az Orinoco vízrendszerének savanyú, lágy vizeiben élő, apró, de nagyon szép színű és mintázatú állatok. Számos fajt tartanak és tenyésztenek közülük akváriumban. A nem érdeklődők számára is ismert a vöröshasú pirája, amely a maga 10-14-cm-es testhosszával a legtermetesebb pontylazacok egyike. Mint minden pontylazac, ez is nagyon támadókedvű hal, hatalmas csapatai percek alatt szétszaggatnak nagyobb, sebesülten a vízbe kerülő emlősöket is. A pontylazacok általában ikrarablók, azaz a saját ikráikat is megeszik. Ugyanakkor pl. a fecskendező pontylazac különös ivadékgondozásáról ismert. Ivás közben az ikrázó pár egyszerre kiugrik a vízből és a nőstény felszín fölé hajló levelekre ragasztja az ikráit, miközben a hím megtermékenyíti őket. Utána a hím a levél alatt úszik és farokúszójával vizet fröcsköl a fejlődő embriókra, míg azok ki nem kelnek.

Képeket e megkapóan szép kis halakról a Google-ban, pl. a *Hyphessobrycon*, *Hemigrammus*, *Paracheirodon*, *Nannostomus*, *Methynnus*, *Moenkhausia* címszavak alatt, az „képek” menüben találhatunk.

Régebben a **harcsaféléket** is a pontyfélék rokonsági körébe sorolták, de ma már önálló rendbe tartoznak. A **törpeharcsát** (*Ictalurus nebulosus*) Észak-Amerikából telepítették be Magyarországra. Ma már mindenütt közönséges faj. Maximum fél méteresre nő, pikkelytelen, négy pár hosszú bajusza van. A fenéken keresgéli táplálékát, ami elsősorban férgek, és kisebb halakból áll. A lerakott ikrákat mindkét ivar gondosan őrzi.

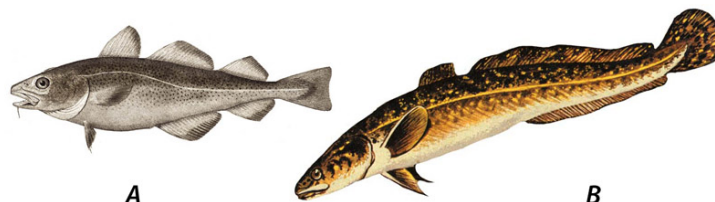
A valódi harcsák hazai képviselője a **leső, vagy szürke harcsa**. Hatalmas termetű állat, néha eléri a 3 métert is. Fenéken élő, elsősorban éjszaka mozgó ragadozó. Hatalmas, hát-hasi irányban lapított fejéről, erőteljes, nagy bajuszairól könnyen felismerhető. Gyakorlatilag pikkelytelen. Halakkal táplálkozik, amelyeket a szájüreg valamennyi csontján ülő, apró fogaival ragad meg. Húsa kitűnő, nagyon ízletes, de gazdasági jelentősége nincs, mert nehezen lehet mesterségesen szaporítani, és mint minden csúcsragadozónál, a harcsák száma is alacsony a természetes vizekben.

Képeket a különböző harcsa fajokról Google-ban, pl. a *catfish* címszó alatt, a „képek” menüben találhatunk.

A **páncélos harcsák** kistermetű, főként Dél-Amerikában honos állatok. Pikkelyeik összenőttek és testük két oldalán egy-egy hasi és háti csontlemez sor védi őket. Belső légzéssel képesek a légköri oxigént is hasznosítani.

Képeket a páncélos harcsa fajokról Google-ban, pl. a *Corydoras* címszó alatt, az *images* menüben találhatunk.

A **tőkehalfélék** elsősorban az északi félteke tengereiben előforduló állatok. Halászati szempontból az egyik legjelentősebb halcsoport. Az atlanti tőkehal 1–1,5 m hosszúságú torpedóalakú, rendkívül gyors mozgású ragadozó hal (34.17.A ábra). Nagy csapatokban vadászik halakra, de puhatestűeket, rákokat is szívesen fogyaszt. A nálunk is kapható **hekk** kereskedelmi szempontból fontos, a közel rokon *Merluccius*-fajok kereskedelmi neve. A tőkehalfélék édesvízben élő tagja a **menyhal** (*Lota lota*, 34.17.B ábra), amely hazai vizekben, elsősorban a Dunában és a Tiszában is él. Egész korán, még a jégzajlás idején ívik. A párok a víz felszíne közelében járják násztáncukat.



34.17. ábra. Tőkehalfélék: az atlanti tőkehal (*Gadus morhua*) és a menyhal (*Lota lota*)

A **fogaspontyokat** különleges szaporodásmódjuk miatt érdemes megemlíteni.

Az ikrázó fogaspontyok kistermetű, pár centiméteres halak. Az ivari dimorfizmus jelentős. A hímek nagyon szép és igen változatos mintázatúak és élénk színűek, míg a nőstényekről minden szín és mintázat hiányzik. Afrikában és Dél-Amerikában élnek. A száraz évszak előtt ikráznak az iszapba, vagy a sűrű vízínövényzet közé. Utána a tocsák kiszáradnak és így az ikrák is. Ez alatt az idő alatt az embrionális fejlődés felfüggesztődik. Az esős évszak beköszöntével kikelnek a kis halak és áttörik a kiszáradás ellen is védelmet nyújtó ikrahéjat.

Képeket az ikrázó fogasponty fajokról Google-ban, pl. az *Aphyosemion*, *Aplocheilus*, *Fundulopanchax*, *Notobranchius*, címszó alatt, a „képek” menüben találhatunk.

A fogaspontyok másik csoportját a főként Közép-Amerikában élő, **elevenszülő fogaspontyok** adják. Kis tocsákban élnek, amelyek gyakran kiszáradnak. Ezért az embrionális fejlődés a petevezetőben zajlik, mivel az anyaállat viszonylag könnyen átugrál egyik tocsából a másikba, ahol még van víz, és így nem maradnak az ikrák egy esetleg kiszáradó vízben. Közéjük tartozik a guppi, a talán legismertebb díszhal (37.18.A, B ábra).

A **sügéralakúak** a csontos halak csoportokban és fajokban leggazdagabb rendje. Hátúszójuk osztott, pikkelyeik fésűsek, úszóhólyagjuk zárt. Édesvíziek és tengeriek is lehetnek, apró, pár centis halaktól több méteres óriások is vannak közöttük. Valamennyien ragadozók.

Az **üvegsügerek**, törékeny szépségű, szinte teljesen áttetsző izomzatú, 3–4 cm hosszúságú halacskák. Sűrű növényzetbe rakják az ikrákat, de maguk ikrarablók.

A **naphal** (*Lepomis gibbosus*, 34.18. D ábra) Észak-Amerikából származik, onnan telepítették be a hazai vizekbe. Ragadozó, de szívesen eszi a többi halfaj ikráit. Arasznyi méretű, szép, szivárványos színű hal. Nevét azonban nem ezért kapta, hanem amiatt, hogy kizárólag napsütésben aktív, egyébként visszahúzódik és pihen. A sekély vízben ikrázik, ahol a köveket megtisztítja az iszaptól. A lerakott ikrákat a hím védi, és úszóival friss vizet hajt följük.

A valódi sügérféléknek mindig két hátúszójuk van, az elülsőben kemény, a hátulsóban lágy úszósugarak vannak. Néha ezek összenőnek, de akkor is jól elkülöníthetőek maradnak.

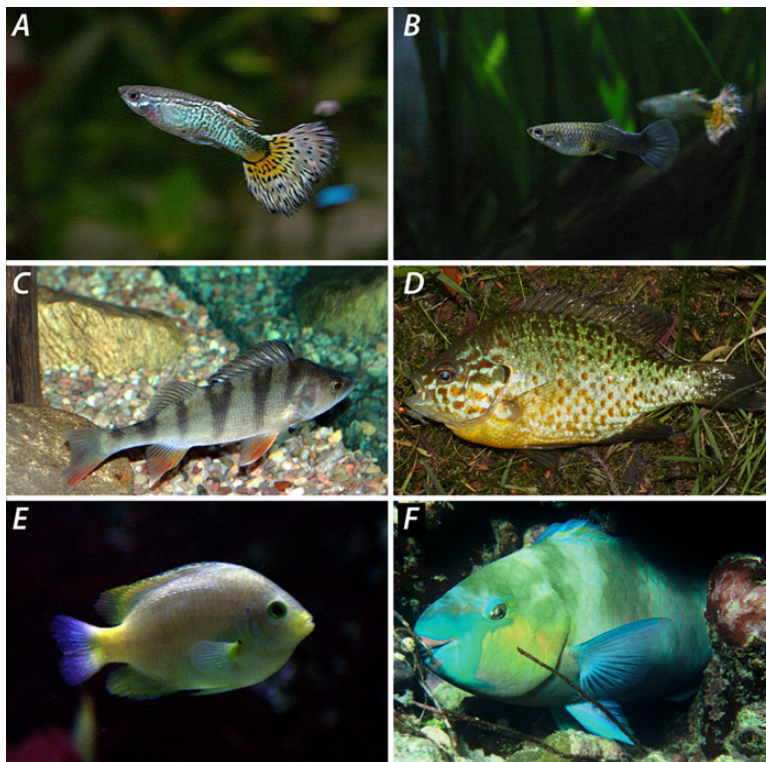
A csoport legismertebb tagja a **csapó sügér** (*Perca fluviatilis*, 34.18.C ábra). Mintegy 30 cm hosszúságú, a hátán olajzöld, az oldalán világoszöld, a hasán sárga színű állat, 5–7 sötétebb, hát-hasi csíkkal. A mocsaras, vagy nagyon sekély vizeinktől eltekintve, mindenütt gyakorinak mondható. Ragadozó, zsákmányállatainak összetétele a testméretétől függ. Csoportosan él és elsősorban az alkonyati, éjszakai időszakokban aktív.

Hazánk folyóvizeiben szintén gyakori a **süllő** (*Lucioperca lucioperca*). A csapó sügérhez hasonló testfelépítésű és színű, de annál szürkésebb árnyalatú hal. Testmérete elérheti a 1,5 m-t. A mély, zavaros vizeket kedveli, ott vadászik a durbincsokra, apró sügerekre és alkonyakor, vagy hajnalban a partmenti vizekben kűszökre. Ikráit

vízínövényekre, gyökerekre ragasztja, vagy egyszerűen a kavicsos aljzaton ívik. A Balatonban élő süllőket a hagyomány szerint **fogasnak** nevezzük, noha ugyanahhoz a fajhoz tartoznak.

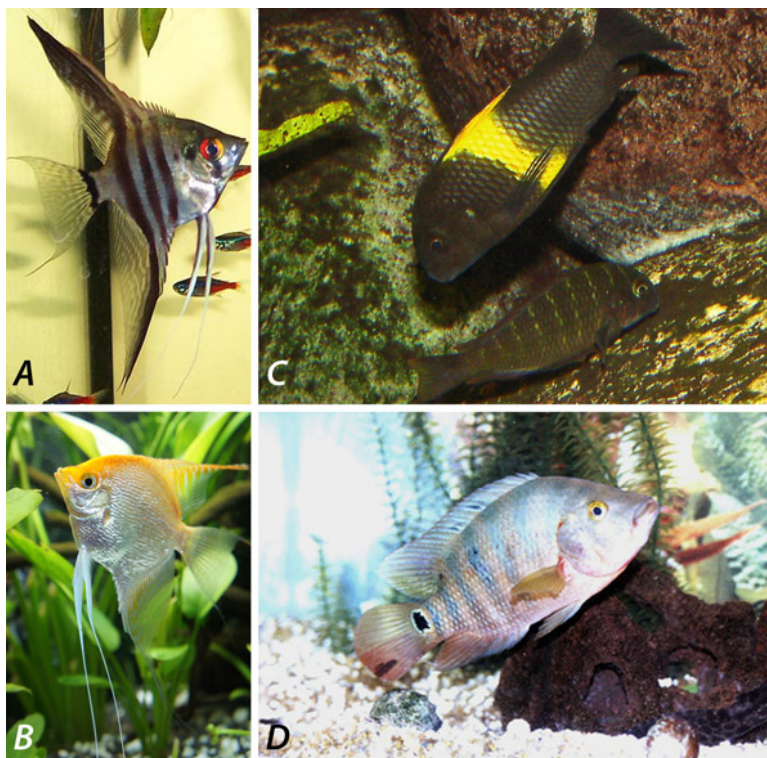
A korallsügek csodálatosan szép és változatos mintázatú és színű, sokszor bizarr formájú, rendkívül tetszetős, kistermetű halak (34.18.E ábra). Nevüknek megfelelően a korallzátonyokon élnek, többnyire nagy csapatokban. Színezetük részben segíti az azonos fajba tartozó példányok egymásra találását, összetartását. Másrészt pedig ún. szomatolitikus hatású lehet, ami azt jelenti, hogy a tarka és élénk szín megakadályozza azt, hogy a ragadozó tisztán felismerje a halacska formáját, képét.

A sügéralakúakhoz sorolják a szintén színes, de nagyobb termetű papagájhalakat is (34.18.F ábra). Az alvó halak igyekeznek észrevétlenek maradni: egyrészt szép, élénk mintázatuk ilyenkor kifakul, másrészt opálos nyálkaburkot képeznek maguk köré.



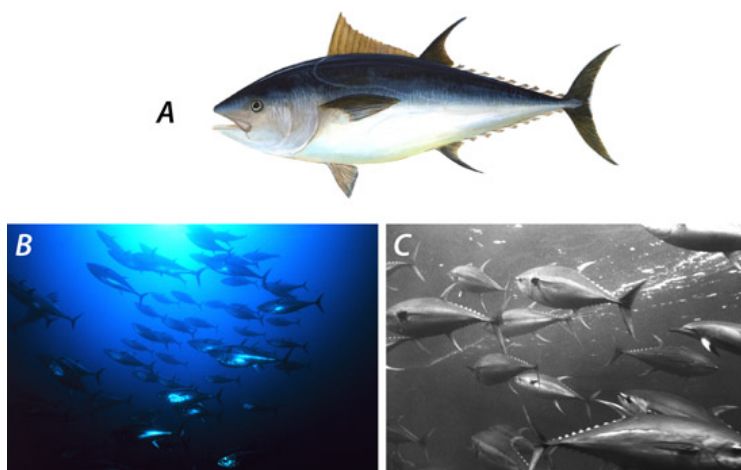
34.18. ábra. Fogaspontyok, sügéralakúak és korallsügek: guppi hím (A) és nőstény (B), csapó sügér (*Perca fluviatilis*, C) akváriumban és egy kifogott naphal (*Lepomis gibbosus*, D), korallsügér (*Pomacentrus moluccensis*, E) és egy papagájhal faj (*Scarus ferrugineus*, F)

A bölcsőszájú halak érdekes viselkedésű, színes halak, főként Afrikában és Dél-Amerikában honosak (34.19. ábra). Különösen ivadékgondozásuk fejlett. A legegyszerűbb esetben kis fészket építenek, ahonnan a homokot elhordják a szájukban és az algáktól megtisztított kövekre ikráznak. Vagy a hím, vagy a nőstény, vagy mindkét ivar gondozza az ikrákat. Ez abból áll, hogy minden betolakodót elzavarnak a környékről, a fejlődő embriókat állandóan legyezgetik, tehát a jó oxigénellátásukat biztosítják és az esetlegesen elpusztult ikrákat kiszedegetik. Ennek a viselkedésmódnak megfelelően viszonylag kevés ikrát raknak. A kikelt kis halakat egy csapatban tartják, veszély esetén – vagy éjszaka – kis gödörbe terelik. A csoport onnan kapta a nevét, hogy számos faj nősténye (esetleg a hímje) az ikrázás során azonnal felveszi a szájába az ikrákat és az egész embrionális fejlődés ideje alatt (akár két-három hétig is) ott tartja. A szájbanköltő halak (34.19.C, D. ábra) az ivadék elűszása után is még hetekig visszaveszik az ivadékokat a szájukba, ha veszély fenyeget.



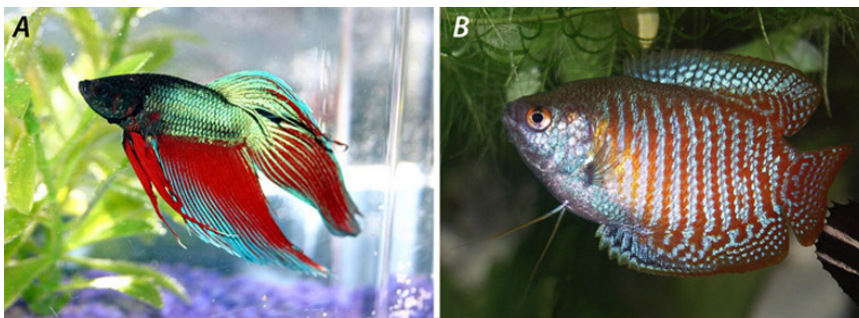
34.19. ábra. A vitorláshal (*Pterophyllum scalare*, A) és kitenyészített „arany” változata (B), szájban költő afrikai (*Tropheus* sp., C) és egy szabadon ivó dél-amerikai bölcsőszájú hal faj (*Cyclasoma urophthalmus*, D)

A sügérfélék között gazdaságilag fontos csoport a **makréláké**. Valamennyien tengeriek. Ide tartozik a **tonhal**, amelynek húsa nem csak a tengeri országokban, de nálunk is ételmezési cikk. A tonhal 2–5 m hosszú, torpedó alakú, fényes, fehér ragadozó, háta és úszói sötétek (34.20. ábra). Nagy csapatokban, hosszú utakat jár be a zsákmánya után. Világszerte elterjedt. Csak Dél-Európában mintegy 20 ezer tonna tonhalkonzervet gyártanak évente.



34.20. ábra. Tonhal (*Thunnus thynnus*) A) és tonhal raj (B, C)

Megemlítjük még az akvarisztikából közismert, főként Ázsiában élő, labirintkopoltyús halakat (34.21. ábra). Ezek a különleges légzőszervük mellett arról nevezetesebbek, hogy ún. *habfészket* építenek. A hím apró nyálbuborékokból készít fészket, ami alá becsalogatja a nőtényt (sokszor meglehetősen erőszakosan), majd ott ívnak, miközben a hím testével körülöleli a nőtényt. Utána a hím összeszedi az ikrákat és a habfészkekbe teszi őket. Egész addig gondozza a fészket és viszi bele vissza a fejlődő embriókat, amíg ki nem kelnek. A habfészkek szerepe, hogy az alacsony oxigénkoncentrációjú, meleg pocsolyákban is biztosított legyen az embriók normális fejlődéséhez szükséges oxigéntartalom.



34.21. ábra. A sziámi harcoshal kultúrváltozata (balra) és a törpe gurámi hímje

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Jellemezze a halak testfelépítését és sorolja fel az ide tartozó osztályokat!
2. Mutassa be a porcos halakat néhány szabadon választott példával!
3. Ismertesse a tüdő- és bojtosúszós halak törzspejlődéstani jelentőségét, soroljon fel ide tartozó állatokat élőhelyükkel együtt!
4. A sugarasúszójú halak köréből válasszon ki és jellemezzen tengeri és édesvízi csoportokat, valamint olyat is, amely a két élőhely mindegyikén előfordul! Soroljon fel legalább 5 hazai halfajt!
5. Mutasson be két olyan csoportot, amelyek valamilyen szempontból (pl. táplálékszerzés, légzés, ivadékgondozás) érdekesek, nevezeteseek!

35. fejezet - A kétéltűek osztálya (Amphibia) - (S.M.)

A kétéltűek osztályának helyzetét az általunk használt rendszerben a 15.8. ábra mutatja.

35.1. Általános jellemzésük

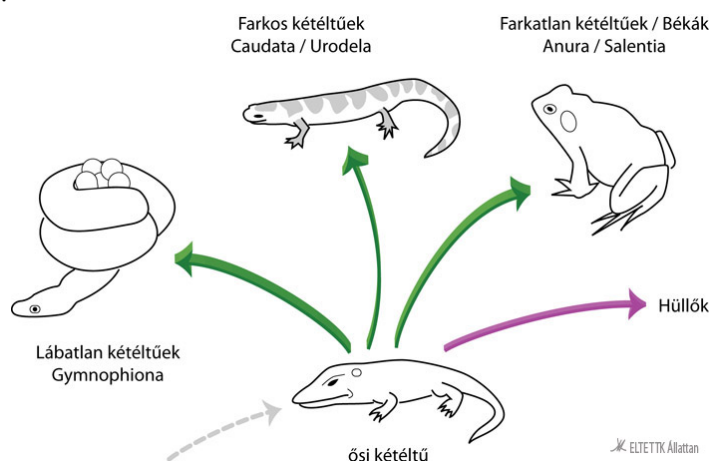
A kétéltűek életmódjukat és evolúciójukat tekintve, **átmenetet alkotnak** a vízi és a valódi szárazföldi gerinces állatok között.

Valamennyien **édesvizek közelében élnek**. Szaporodásuk vízben történik. Átalakulással fejlődnek. **Lárvaik (ebihalak)** a halakra hasonlítanak, vízben élnek és kopolyúkkal lélegeznek (9.3.2. fejezet). A kifejlett állatok viszont félig vízi, félig szárazföldi életmódot folytatnak. **Tüdőlézésük, két vérkörü** (12.7. ábra), mozgékony szemhéjaik, **ötujjú végtagjaik** (7.15. és 7.19. ábra) a szárazföldi életmódra utalnak, nyálkás, a víz számára átjárható bőruk (6.2.1 fejezet, 6.17. ábra) és az ujjak között feszülő úszóhártyaik viszont a vízzel való kapcsolatukat mutatják. **Változó testhőmérsékletűek**, hidegebb éghajlaton a telet megdermedve az iszapban töltik.

A kétéltűek főleg rovarokkal táplálkoznak, de halgazdaságokban károkat is okoznak, mivel a fiatal halakat elpusztítják. A többi gerinces állatcsoporthoz viszonyítva gazdasági jelentőségük csekély.

35.2. Rokonsági viszonyaik

A kétéltűek a mai bojtosúszós és tüdős halak leszármazási vonalán alakultak ki (l. 7.14. ábra). A szárazföldi élethez való alkalmazkodás több átmeneti formán keresztül történt, s a fejlődés végül is elvezetett a már egyértelműen kétéltűnek nevezhető őshöz. Az osztály három rendje a farkos kétéltűek (Caudata, Urodela), a farkatlan kétéltűek (Anura, Salientia) vagy békák (Anura, Salientia) és a lábatlan kétéltűek (Gymnophiona). A három kétéltű rend rokonsági viszonyait a 35.1. ábra mutatja be.



35.1. ábra. A kétéltű rendek leszármazási vonalai

Rendszerük vázlatosan a következő:

- Farkos kétéltűek (Caudata) rendje
 - Gőték (Ambystomatidae) családja
 - Szalamandrák (Salamandridae) családja
- Farkatlan kétéltűek (Anura) rendje
 - Pipa békák (Pipidae) családja
 - Korongnyelvű békák (Discoglossidae) családja
 - Ásóbékák (Pelobatidae) családja
 - Valódi békák (Ranidae) családja

Varangyok (Bufonidae) családja
Levelibékák (Hylidae) családja

35.3. Külső morfológiájuk

Anatómiai jellemzésüket a **békák példáján mutatjuk be**, de felhívjuk a figyelmet, hogy a farkos és lábatlan kétélűtüek szervezeti felépítése – értelemszerűen – ettől kissé eltérhet.

A kecskebéka (*Rana esculenta*) teste rövid, zömök, testtájai a **fej** (*caput*), a **törzs** (*truncus*) és a **végtagok** (*extremities*). A **fej** elől lekerekített, széles, lapított, **nyak nélkül** illeszkedik a törzshöz. A fej elülső részén találjuk a szájníllást, felette a két orrnyílás helyezkedik el. Orrlyukai billentyűkkel zárhatók. A fej két oldalán találjuk kidülledő, nagy, mozgékony szemgolyókat, melyeket az alsó és felső szemhéj, valamint az alsó szemhéj alatt elhelyezkedő pislogó hártya fed. Fülnyílásuk nagy, a szemek mögött fekszik. A felületükön lévő **dobhártyáról** ismerhető fel. Hímeknél a dobhártyák közelében találhatóak a **hanghólyagok**, amelyek szürkés-fehér színűek.

A **törzs** egyenes, rövid és széles. Hátulsó végén a **kloáka** nyílása fekszik. Farok csak lárvális állapotban van. A törzshöz kapcsolódnak az elülső és hátulsó **végtagpárok**, amelyek különböznek egymástól. Az **elülsők** rövidebbek, **négy ujjban végződnek**. A **hátulsók** jóval hosszabbak, **ötujjuak** és az ujjak között **úszóhártya** feszül ki. A kecskebékának karmai nincsenek. Végtagjai szárazföldön és vízben való mozgásra egyaránt alkalmasak.

A kecskebéka hosszúsága 7–8 cm. Melegigénye nagy. Szaporodása későre, május vagy júniusra esik. Színe jelentékenyen változó, de mindig a zöld árnyalatok uralkodók. A hát mindig sötétebb, mint a hasoldal, így bele tud olvadni környezetébe. Combja sárga és barnásfeketén márványozott.



35.2. ábra. A kecskebéka habitusképe

35.4. Szervezettani jellemzésük

A köztakarójuk háromrétegű. **Felhámjuk** (epidermisz) **többrétegű, gyengén szarusodó laphám** (l. 6.17. ábra). Benne sok, nyálkát és méreganyagot termelő **mirigy** fejlődik. A bőr állandóan síkos, nyálkás, részt vesz a légzésben. A bőr színét az **írha** réteg pigmentsejtjei adják. A **bőralatti kötőszövet** csak néhány helyen nő össze az izomzattal: a legtöbb helyen a bőr és az izomzat között üregek vannak (ezek az ún. **nyirokzsákok**, melyeket nyirokfolyadék, limfa tölt ki).

Az **emésztőkészülékük** széles szájníllással kezdődik. Nyeléskor a szemgolyók a szájjüregbe domborodva elősegítik a táplálék lenyelését. Fogaik és fejlett nyelvük van. A nyelv számos csoportnál izmok segítségével messzire kivethető és fontos szerepet játszik a táplálékszerzésben (8.11. ábra). Nyelöcsövük a gyomorba vezet, amit a közép- majd az utóbél követ. Ez utóbbi kloakába nyílik.

A béka **lárvális állapotban kopoltyúkkal**, kifejlődött állapotban **tüdővel** lélegzik (l. 9.3.2 fejezet).

A **gégefő** hangadásra képes. A kiadott hangot a szájarat üregből nyíló hanghólyagok erősítik fel. A **tüdők** páros, vékonyfalú, zsákalakú képződmények. Belső felületükön **léceket** találunk, melyek a felület megnagyobbítására szolgálnak (9.9. ábra). Hidrosztatikai szervként is szolgálnak. A **légzésben egyaránt szerepe** van a szájjüreg hajszerelékben gazdag nyálkahártyájának, a tüdőnek és a bőrnek is, melynek érhálózata igen fejlett.

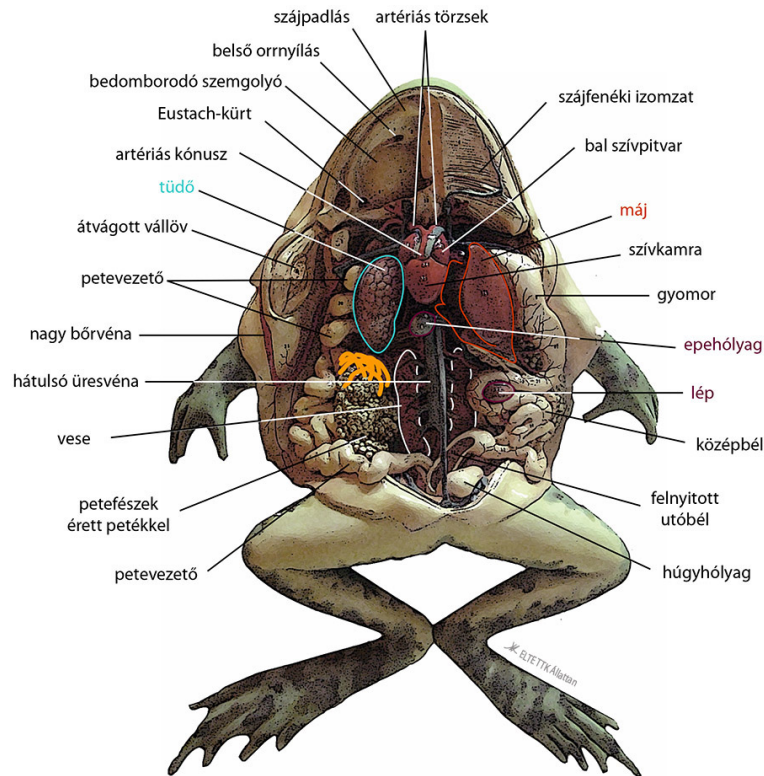
A kiválasztás szervei a páros **vesé**. Ezek ösvese fejlettségűek (*opisthonephros*), húgyvezetőjük elsődleges (10.7. ábra). Váltivarúak, a **megtermékenyítés külső**, a béka petéit vízbe rakja (11.19. ábra).

A lerakott petéből kedvező körülmények esetén 7–8 nap alatt fejlődik ki a lárva (ebihal). Az ebihal eleinte a halakhoz hasonló, majd fokozatosan alakul át békává. Tehát a kétéltűek **fejlődése közvetett**, a lárva **metamorfózison** megy keresztül, így alakul kifejlett egyeddé. A békák körében az **ivadékgondozás** nem ismeretlen.

A kétéltűek keringési rendszere **kétvérvörű** (12.3.2 fejezet). A két vérvör kialakulása a tüdő kialakulásával kapcsolatos. Nyirokrendszerük fejlett.

Idegrendszerük az alapszabást követi. 10 agyidegük van (I. II. táblázat). A **szemgolyó** felépítése hasonló a halak és általában a gerincesek szeméhez. A halak szemétől annyiban különbözik, hogy alkalmazkodik a szárazföldi látási viszonyokhoz (14.2.4. fejezet). A **hallás** és a **helyzetérzés szerve** bonyolultabb, mint a halakban. Középfülük dobüregét az **Eustach-kürt** köti össze a szájarat üregével (7.29 ábra), egy hallócsontjuk van (7.31. ábra). A békák viszonylag jól hallanak, meghallják a rájuk leselkedő ragadozók által keltett zajokat és a nőstények messziről reagálnak az azonos fajú hímek brekegésére.

A szaglás szerve az **orr** belsejében elhelyezkedő **szaglóhám**. Jellemző a kétéltűekre, hogy az orrjárat a külső környezetet összeköti a szájuüreggel, azaz a kétéltűeknek a halakkal ellentétben **külső és belső orrnyílásuk is van**. A **tapintás** és **hőérzékelés** szervei a bőrben elszórt érzékszervek, idegvégződéses. A szájból érzőbimbók vannak, de ezek inkább tapintó, mint ízlelőszervek. A felboncolt béka szerveinek helyzetét a 35.3. ábra mutatja be.



35.3. ábra. Felboncolt béka szervei hasi nézetben (a szájfénék jobb oldalát eltávolították, alatta a szápadlás látható)

35.5. A kétéltűek rendszere

A **farkos kétéltűek** (Caudata) **rendjét** olyan állatok alkotják, amelyeknek **mindig van farkuk**, ami gyakran hosszabb, mint a fej és a törzs együttvéve. Négy, meglehetősen kicsi, rövid lábuk van, ami segíti a talajon és a vízben való mozgásukat, de nem emeli el a testet a felszíntől. Mindig nedves környezetben élnek, sokszor életük jelentős részét a vízben töltik. Szaporodásuk a vízhez kötött.

A **góték** (Ambystomatidae) **családjának képviselői közül hazánkban három faj él: ezek a pettyes góte, a tarajos góte** (35.4.A, B ábra) **és az alpesi góte**. Nedves erdőkben, réteken, vízfolyások, vagy tavak környékén élnek. Rejtőzködő életmódot élnek, csak véletlenül lehet rájuk találni, legtöbbször lehullott fadarabok, ágak, kövek alatt. Ragadozók, apró gerinctelen állatokkal táplálkoznak. Szaporodás módjuk érdekes. Kora tavasszal a hímek nászruhát öltenek, kiszínesednek és (fajtól függően) a hát, fark területén magas úszóhártyájuk nő. Ilyenkor a vízbe vonulnak,

és viszonylag gyakran lehet őket látni a sekély részeken. A hím erőteljes nászjáték után spermátot rak le, amelyet a nőstény felvesz a kloakájába és ott raktározza. A peték itt termékenyülnek meg. Az egyesével lerakott petéket a nőstény a hátsó lábával összehajtott vízinövény levelekre rakja. A lárvák a vízben fejlődnek és alakulnak át. A szaporodási időszak végeztével a kifejlett állatok a szárazföldre vonulnak vissza és a hímek elvesztik nászruhájukat.

Az alpesi gőtéről a Google-ban, a „Triturus alpestris” címszó alatt, a „képek” menüben találhatnak képeket.

A gőték körében gyakori az ún. ifjanmaradás (neoténia). Ilyenkor az állatok lárváformában élnek le életüket és ebben az állapotban válnak ivaréretté. A legismertebb ilyen faj a Mexikóban élő axolotl (35.4.C, D ábra), amelyet számos laboratóriumban tartanak és a fejlődéstani vizsgálatok egyik állatmodelljévé vált.



35.4. ábra. Gőték: a hazánkban honos pettyes göte (*Triturus vulgaris*, A) és a tarajos göte (*Triturus cristatus*, B), akváriumban tartott mexikói axolotl fehér (C) és normál pigmentációjú változata (D)

Külön családba (*Cryptobranchidae*) sorolják az akár 1,8 méteres testnagyságot elérő, patakok vizében élő óriásslamandrákat, amelyek legnagyobb faja Kínában él.

A szalamandrák (*Salamandridea*) családjának tagjai közül hazánkban a foltos szalamandra fordul elő, de sajnos, meglehetősen ritka állat (35.5. ábra). Elsősorban az Északi-Középhegységben találhatjuk meg. Rejtőzködő, éjszakai életmódot folytat, ezért is nehéz rátalálni. Bőrmirigyei nagyon jól fejlettek, méreganyagokat tartalmazó váladékot termelnek, amely bőr irritációt, a szembe jutva erős kötőhártya gyulladást okoz. A szalamandrák a szárazföldön szaporodnak. Ezek is spermiumtartó tokocskában adják át a hímvarsejtjeiket a nőstényeknek, robosztus nászjáték közepette. A nőstények eleventojók, 50-70 db, 3 cm hosszú lárvákat hoznak világra, amelyeket a hegyi patakok vizébe raknak le. A vízhez igyekezve gyakran utakat kénytelenek keresztezni és ilyenkor gyakran esnek áldozatul a forgalomnak.



35.5. ábra. A foltos szalamandra (*Salamandra atra*)

Mivel a kétéltűek anatómiai jellemzése a békák (*Anura*¹) rendjére vonatkozik, itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a gerinces állatok körében a középűl a békák szervezetében jelenik meg először. A hallószerv jelentős fejlődése

¹Az elnevezés a farkos kétéltűek *Urodela* elnevezését idézi, fosztóképpzével

együtt jár a hangadás szervének, a gégefőnek a kialakulásával. A valódi gégefő is a békáknál figyelhető meg először. C saládjai a következők: pipa békák (Pipidae), korongnyelvű békák (Discoglossidae), ásóbékák (Pelobatidae), valódi békák (Ranidae), varangyok (Bufonidae) és levelibékák (Hylidae). Közülük csak az utóbbi három családot mutatjuk be, mivel ezeknek vannak **hazánkban is képviselőik**.

A **valódi békák** (Ranidae) családjának tagjai a sík és dombvidéki lassú folyású vizekben és tavakban, illetve ezek környezetében élnek. Jellemzően három valódi béka faj gyakori: a **kecskebéka** (*Rana esculenta*), a **tavi béka** (*Rana ridibunda*) és a **kis tavi béka** (*Rana lessonae*, 35.6.A–B ábra). Megjegyzendő, hogy e három faj hibridizálódik a természetben is. Nálunk a hibridek előfordulása a jellemző, noha a három eredeti alapfajra hasonlító egyedek is megfigyelhetők. A három faj életmódja nagyrészt megegyezik. Nyáron a sekélyebb, sűrű növényzettel fedett vizek környékét kedvelik, könnyen megfigyelhető, nappali állatok. Ragadozók. Elsősorban gerinctelenekkel táplálkoznak, de megeszik a kisebb halakat, halivadékokat, sőt saját fajtársaikat is. Zömmel májusban szaporodnak. Ilyenkor a hímek éjszaka is hangos brekegéssel hívják fel a figyelmet magukra.

A *Rana* nemzetségből még az **erdei béka** (*Rana dalmatina*) gyakori hazánkban (35.6.C ábra). Kb. 1200 méter magasságig elterjedt bozótosokban, bükk- és vegyes erdőségekben. A víztől gyakran eltávolodik. Jóval kisebb, mint az előbb tárgyalt fajok. Színe barnás, esetenként sötétebb foltokkal. Jellemző, hogy a szeme mögött, körül egy hosszukás sötétbarna sáv húzódik. Hasa fehéres. Elsősorban kisebb tavakban, vízmosásokban szaporodik.

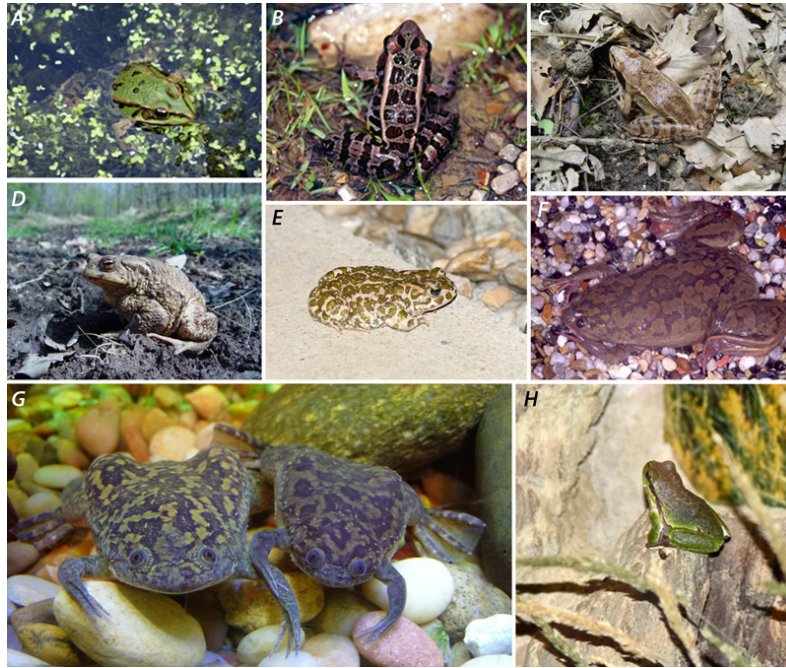
A valódi békák elterjedésének központja Afrika, de valamennyi kontinensen gyakori ez a rendkívül fajgazdag csoport. Közöttük nagyon látványos és különleges színű, nagyon érdekes szaporodásbiológiájú, ivadékgondozó fajok is ismertek. Sokat közülük terráriumi díszállatként is tartanak és tenyésztnek. Az interneten, a Google-ban, a Dendrobates, Rhinoderma, Mantella címszavak alatt, a „képek” menüben nagyszerű képeket találnak e pompás színű kis állatokról.

A **varangyok** (Bufonidae) családjába tartozó állatok közül nálunk honos a **barna, vagy közönséges varangy** (*Bufo bufo*, 35.6.D ábra). Az uralkodó testszín a barna, annak sötétebb és világosabb árnyalataival. A hímek kisebbek, 7-8 cm hosszúak, de a nőstények akár a 12-15 cm-t is elérhetik. Nyáron erdőkben, mezőkön, sőt kultúrkörnyezetben is előfordulnak, ahol körakások, üregek, földlyukak szolgálnak rejtékhelyükként. Maguk is szívesen ásnak a laza talajba 20-40 cm mély járatokat, ahol napközben megbújnak. Lényegében minden náluk kisebb, élő (mozgó) állatot elfogyasztanak. Nagy hasznat hajtának a káros rovarok és pl. a meztelen csigák megtizedelésével. Kora tavasszal szaporodnak, ilyenkor kisebb tavakat keresnek fel tömegesen. Petéiket jellegzetes zsinór alakú nyálkaburok védi, amely több méter hosszúságú. A **zöld varangy** (*Bufo viridis*) valamivel kisebb és zöldes színű, nagyon sok szemölcsessel tarkított (35.6.E ábra).

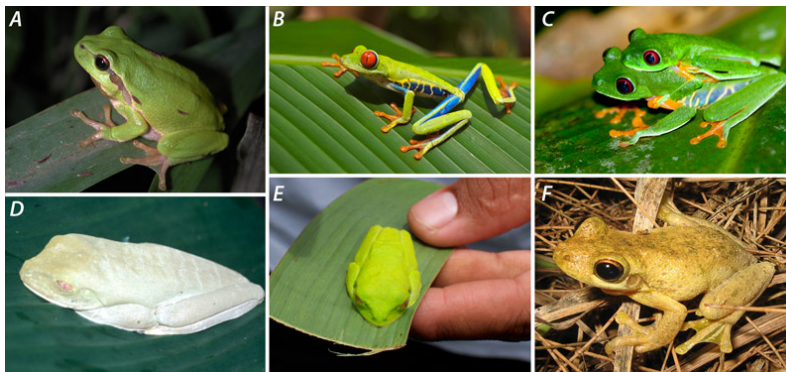
A **levelibékák** (Hylidae) családját nálunk az **európai zöld levelibéka** (*Hyla arborea*) képviseli (35.6.H és 35.7.A ábra). Háta jellemzően zöld, de ezt a színt igen széles skálán, a sötétszürkétől a smaragdzöldig változtatni tudja. Hasoldala fehér. A zöld és a fehér színezetű részeket egy sötét, csaknem fekete sáv választja el egymástól. Hanghólyagja nincs, a táguló szájfénék erősíti a hangjukat. Mint minden béka, nedves környezetben él, de nem elsősorban a leveleken, ahogy a neve mondja. Kétségtelen, hogy akár függőleges felületen is jól mászik és így látható a sás, nád, vagy akár a fák levelein is. Apró gerinctelen állatokkal táplálkozik, főként rovarokkal. Inkább alkonyatkor élénkülnek fel. A petéiket a vízbe rakják és a lárvális fejlődés is ott zajlik.

Leveli békák mindenütt élnek, a sarkvidékeket kivéve. Számos faj nagyon látványos, talán a legszebb színezetű a vörös szemű levelibéka (35.7. ábra).

További képeket találnak ezekről a csodaszép trópusi békákról a Google-ban, a „Litoria”, és az „Agalychnis” címszavak alatt.



35.6. ábra. Békák: kecskebéka (*Rana esculenta*, A), tavibéka (*Rana ridibunda*, B), erdei béka (*Rana dalmatina*, C), barna (*Bufo bufo*, D) és zöld varangy (*Bufo viridis*, E). A fejlődésbiológiai laboratóriumok kedvelt kísérleti állata az afrikai karmosbéka (*Xenopus laevis*, F, G), zöld levelibéka (*Hyla arborea*, H)



35.7. ábra. Levelibékák: a nálunk élő zöld leveli béka (*Hyla arborea*, A), a vörös szemű levelibéka (*Agalychnis callidryas*, B, C), ugyanez a béka rejtőzködő pozícióban (D, E) és a *Litoria tyleri* nevű faj

A kétéltűek harmadik, egyben utolsó rendje a **lábatlan kétéltűek** (*Gymnophiona*) **rendje**. Sok rendszertani leírás a rendszer elején tárgyalja őket, mint a legegyszerűbb testszerveződésű – ezért valószínűleg a legősibb – kétéltű csoportot. Mások úgy vélik, hogy ezek az állatok szélsőségesen alkalmazkodtak egyfajta élőhelyhez és életmódhoz, és ennek a következménye a szervezetük egyszerűsödése. A lábatlan kétéltűek kifejezetten **féregszerű**, hengeres testű, hosszú állatok (35.8. ábra). Átlag 25–30 cm hosszúak, de vannak 130 cm méretű óriások is közöttük. A bőrükön harántirányban gyűrűszerű bemélyedések vannak, amiktől még inkább hasonlítanak egy gilisztára. **Lábaik nincsenek, farkuk egészen rövid**, csökevényes, nincsenek kopoltyúik, a szemük, fülük visszafejlődött. Orruk és előagyuk ezzel szemben igen jól fejlett. Nyelvük végig lenőtt a szájfénékhez. Legtöbbször csak egy tüdejük van, bőrlégzésük jelentős. Gyakori körükben a **belső megtermékenyítés**, és ezek a fajok ovivivipar állatok. Mások a petéiket csomókban lerakják, majd a lárvák a vízben fejlődnek ki. Elsősorban Dél-Ázsiában elterjedtek, de élnek Afrikában és Dél-Amerikában is. **Talajlakók**. Valószínűleg gilisztákkal és más talajban élő gerinctelenekkel táplálkoznak. Rejtőzködő életmódjuk miatt kevéssé ismertek. A leggyakoribbak a gilisztagóték, amelyek Sri Lankán és Indonéziában élnek.

A gilisztagótékről képeket a Google-ban, a „Gymnophiona” és az „Ichthyophis” címszavak alatt, a „képek” (images) menüben találunk.



35.8. ábra. Gilisztagóték testfelépítése

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Jellemezze a kétéltűek osztályát, emelje ki azon tulajdonságait, amelyek a szárazföldi életmódhoz való alkalmazkodást tükrözik! Sorolja fel az idetartozó rendeket!
2. Hasonlítsa össze a farkos és a farkatlan kétéltűeket! Nevezzen meg 3 hazai farkos kétéltű fajt és 3 hazai farkatlan kétéltű családot, példákkal!
3. Jellemezze pár mondatban a lábatlan kétéltűeket!

36. fejezet - A hüllők (Reptilia) - (F.J.)

Az első **magzatburkos** (Amniota) élőlények (l. 11.4.3.2 fejezet) kialakulásuk után gyorsan meghódították a szárazföldeket, és rendkívül változatos csoportokat hoztak létre. Virágkorukat a mezozoikumban élték. A szárazföld meghódításának, a kétélűből hüllővé válásnak azonban voltak nehézségei, „megoldandó” feladatai is. Ilyenek a szaporodás függetlenítése a víztől, a szárazföldön való gyors mozgáshoz szükséges vázrendszer és izomzat létrehozása, a vízvesztés megakadályozása, és a szárazföldi élőhelyek gyorsan változó környezeti tényezőihez (pl. hőmérséklet) való alkalmazkodás. Amiért azonban megérte az új utakat keresni, az a bőséges táplálék (nem volt nagytetű növényevő) és a szárazföldön, tojásban fejlődő utódok (11.11. ábra) nagyobb biztonsága volt.

Ma sem tudjuk eldönteni, hogy a hüllők őse először létrehozta a tojást, amelyet a szárazföldön biztonságban el tudott helyezni, míg maga az állat inkább vízben élt, vagy már szárazföldön élt és csak szaporodáskor kereste fel a vizet.

36.1. Rokonsági viszonyok

A tágabb értelemben hüllőnek nevezett élőlények feltehetően monofiletikus eredetűek az alábbi szünapomorf bélyegek alapján:

1. béta-keratin jelenléte az epidermiszben,
2. kiszélesedő szabad idegvégződés az epidermiszben,
3. a szem íriszmozgató izmainak harántcsíktolt volta,
4. koponyacsont bélyegek,
5. csigolyajellemzők.

36.2. Szervezettani jellemzésük

A hüllők négy lábú (Tetrapoda) állatok, **bőrük erőteljesen elszarusodik**. A szaruréteg pikkelyeket, pajzsokat hoz létre, amelyeket számos esetben védéssel lehet megújítani. A **bőr** irha rétegében bőrcsontok fejlődhetnek (l. 6.2.2. fejezet és 6.19 ábra). Bőrük mirigyekben szegény. **Vázrendszerük** (a koponya alakulása, a csigolyák száma, a bordák, a mellcsont, a végtagok megléte és morfológiája, a medence felépítése) igen változatos, az életmódnak megfelelő alakulását. **Rendszerezésükben az agykoponya hallótájéjának alakulása fontos szempont**: itt ún. halántéklablakok jelenhetnek meg (l. 7.7.3.3 fejezet és 7.33. ábra). A teknősök és a krokodilok csoportjában kialakul a másodlagos csontos szájjpad. Ránőtt vagy fogmederben ülő (krokodilok) fogaik **homodont fogazatot** alkotnak, rágásra nem alkalmasak (7.35. ábra). Fejvázuk felépítése változatos, **állkapcsuk mindig több csontból áll**. Méregmirigyük lehet, amelyhez **méregfog** társulhat (l. kígyók). **Tápcsatornájuk** kloakába nyílik. **Légzőrendszerükben** előrelépést jelent a kétélűekhez képest, hogy kialakul a gégefő, amely elkülönül a légcsőtől. Hangadásra is képesek lehetnek. Tüdejük változó fejlettségű, hozzá légzsákok kapcsolódhatnak (pl. kaméleonok, teknősök). A krokodiloknál megjelenik egy, a testüreget kettéválasztó kötőszövetes lemez (diaphragma, 9.10. ábra), amelyhez izmok is kapcsolódnak: működése szerepet játszik a légzésben. A többi hüllő testürege egységes mell-hasüreg (5.4.5.1 fejezet).

Keringési rendszerük két vérkörű, amelyek az életmód függvényében kapcsolatban állnak egymással. Szívük háromszírtatú (12.8. ábra), a krokodiloknál négyüregű. Keringésüknek fontos szerepe van a hőszabályozásban, **termoregulációs központjuk nincsen**. **Kiválasztószervük** utóvese, húgyvezetőjük másodlagos (l. 10.7. és 10.8. ábra). Húgyhólyagjuk a kloaka falának *ventralis* kitüremkedése.

A hüllők **váltivarúak**, gyakran ivari dimorfizmussal. A hímekben mellékhere és ondóvezető fejlődik (l. 11.4.3.3. fejezet, 11.8. ábra), a kloaka ventrális fala páros szervet képezhet. Megtermékenyítésük belső, tojásokat raknak (ovoparia), vagy eleve szülők (ovoviviparia). Embriónális fejlődésük során **magzatburkaik alakulnak** (l. 11.4.3.2. fejezet), fiókáikat gondozhatják. **Idegrendszerük** fejlettsége változó, előagyuk felszínén agykéreg jelenik meg. Az előagy itt már egyértelműen a látó- és a hallópálya központja lesz. **Szemgolyóik** felépítése a gerinces alapszabást kisebb-nagyobb módosulásokkal követi. Az akkodomáció változatosan alakul. Szemhéjaik összenőhetnek, s részben áttetszővé válhatnak (l. ún. „szemüveg”). **Fejtetői szemük lehet**. **Hallószervük** eltérően fejlett, csőkevényes is lehet (l. kígyók). Középfülükben (dobüreg) **egy hallócsontjuk van**.

Érzékszerveik között vannak speciálisan csak rájuk, pontosabban a kígyókra jellemzők. Ezek a **gödörszervek**, amelyek az óriáskígyóknál az ajkak mentén, a viperáknál és a csörgőkígyóknál az ornyílás és a szem között helyezkednek el: az infravörös sugarakat hőként érzékelve lehetővé teszik a melegvérű zsákmány éjszakai felkutatását (14.9. ábra).

36.3. A dinoszauruszok

A hüllők mai diverzitása, sokszínűsége meg se közelíti a kihaltakét. Az őshüllők legsikeresebb csoportját a dinoszauruszok alkotják. Virágkorukat a triász-jura-kréta időszakokban élték. A kréta időszak végén, 65 millió évvel ezelőtt egy meteorit-becsapódás miatt kihaltak. Mai leszármazottaiknak a madarakat tartjuk (l. 37.4 fejezet). Két fő csoportjuk volt, amelyet a medence felépítése alapján különítünk el (l. 7.3.2.1. fejezet). A hüllőmedencéjük között voltak növényevők és ragadozók is. A madármedencéjük csak növényevők voltak. A korábbi időszakokban a hüllőmedencéjük voltak a diverzebbek, majd a jura-kréta időszak határán a madármedencéjük lettek a domináns csoport. A váltás nagyjából akkorra esik, amikor a nyitvatermőket felváltották a zárvatermők. A következőkben néhány jellegzetes fajuk leírását adjuk meg, képek nélkül, bízva abban, hogy az érdeklődők a világhálón elegendő illusztrációt találnak.

Az *Oviraptorosaurus* fajok a kréta időszakban éltek. Testfelépítésük alapján feltételezik, hogy más hüllők tojásait ették (l. elnevezés). Kb. 1,5-2 m magasak voltak, két lábon futottak, farkukat egyensúlyozásra használták.

Az *Avimimus* nevének jelentése: „madárutánozó” dinoszaurusz. Mellső végtagján tollak voltak, így a nagyobb felülettel könnyebben le tudták ütni a rovarokat, amelyekkel táplálkoztak. A repülőképeség kialakulásának egyik elképzelése is erre a tényre vezethető vissza: a nagyméretű, tollas mellső végtaggal rendelkező őshüllő a csapkodás közben egyszer csak „szárnyra kelt”.

A *Stenonychosaurus* a legokosabbnak tartott dinoszaurusz. Agy-testtömeg aránya az emberével egyezett meg. Russel és Seguin 1982-ben egy tudományos cikkben írták le, hogy feltehetően milyenné vált volna az evolúció során, ha nem hal ki. A nagy agytérfogat valószínűleg a mozgásszabályozással volt összefüggésben.

A „rohanó hüllők” a *Dromaeosauridák*. Ide tartozik a *Velociraptor*, amely kb. 1,8 m magas, feltehetően falkában vadászó dinoszaurusz volt (37.7C ábra). Zsákmányát hatalmas sarlóalakú karmával ölte meg.

A *Tyrannosaurus rex* kb. 14 m testhosszúságú, 6 m magas ragadozó. Életmódjára, mozgására, zsákmányszerzésére az elefántokkal és krokodilokkal való összehasonlításból próbálnak következtetni. Feltehetően inkább dögevő volt, mint aktív ragadozó.

A *Diplodocus* és az *Apatosaurus* 20-30 m testhosszúságú növényevők. A lassú ingerületvezetés miatt a keresztcsonti részen egy második agy is kialakult, amely sokszor nagyobb volt, mint a koponyában lévő.

A „tülkös dinoszauruszok” a *Ceratopsok*. Hatalmas, csontos nyakpajzsuk alakult ki, amelyen még csonttülkök is lehettek. Csordákban éltek.

A *Stegosaurus* a „legbutábbnak” tartott dinoszaurusz. A közel 8 m-es állat agya kb. tyúktojás méretű volt. A hátán levő csontlemezek a hőszabályozásban játszottak szerepet.

A repülő őshüllőket *Pterosaurusok*nak hívjuk. Többségük feltehetően csak vitorlázásra volt képes. A tengerekből szereztek táplálékukat.

A tengerek lakói voltak a mai delfinekre emlékeztető *Ichthyosaurusok* (halgyíkok). Szintén a vizek lakói voltak a hattyúnyakú őshüllők, a *Plesiosaurusok*. Ha léteznek, közéjük tartoznak *Nessi*, a *Lock Nessi* szörny.

Az emlősszerű őshüllők közé tartoztak a *Pelycosaurusok*. Megnyúlt háti csigolyatövisseikkel kifejlesztett bőrrükkel kezdetleges hőszabályozást végeztek.

36.4. A ma élő (recens) hüllők rendszere

Ugyan a hüllők a gerincesek jól körülhatárolható csoportját alkotják, számos indok alapján mégsem sorolhatók egy egységes osztályba (15.8. ábra). Ahogy azt írtuk a 7.3.3.3. fejezetben, a magzatburkosok rendszerezése az

agykoponya hallótájéjának halántéklablakai alapján történik. E **halántéklablakok száma és elhelyezkedése szabja meg az osztályszintű besorolást** (7.33. ábra).

A **mai hüllők két osztálya a halántéklablak nélküliek** (Anapsida) és a **két halánték ablakkal rendelkezők** (Diapsida). Az előbbibe a teknősök, az utóbbiba a krokodilok, a hidasgyíkok és a pikkelyes hüllők tartoznak. A Diapsida osztályban kell keresnünk a madarak őseit.

A rendszer felépítése a következő:

Anapsida osztály

Teknősök (Testudines) rendje

Nyakrejtő teknősök (Cryptodyra) alrendje

Nyakfordító teknősök (Pleurodyra) alrendje

Diapsida osztály

Archosauria alosztály

Krokodilok (Crocodylia) rendje

Lepidosauria alosztály

Hidasgyíkok (Sphenodontida) rendje

Hidasgyíkfélék (Sphenodontidae)

Pikkelyes hüllők (Squamata) rendje

36.4.1. Halántéklablak nélküliek (Anapsida) osztálya

Az osztályra jellemző, hogy **az agykoponya hallótájéján nem alakul ki halántéklablak** (1.7.33 ábra). A **teknősök** (Testudines) **rendje** tartozik ide.

Általános jellemzőiket itt csak röviden foglaljuk össze. Vastagon elszarusodó bőrükön szarupikkelyek, -pajzsok és -szemcsék alakulnak ki. Az epidermisz igen erős elszarusodása következtében kialakul a **teknő**, amelyet a hátpajzs és a mellvért alkot. Alatta az írha elcsontosodásából származó másodlagos csontok (bőrscsontok) rendszeréből felépülő csontpáncél van (6.19 ábra). Mellscsontjuk nincs, a kulcsont mellvértbe olvad. A váll- és medenceöv csontjai megvannak. **Fogaik nincsenek**, az állkapcsok peremén erős szaruél (szarukáva) van. A tüdő hozzánőtt a hátpajzs oldalához. Fejlett a hallószervük van (egyesekek hangot is adnak). Tojásrakók (ovoparia), **hosszú élettartam** jellemzi őket. A víziek általában ragadozók, a szárazföldiek növényevők.

A rendbe két alrendet sorolunk, annak alapján, hogy az állatok a fejüket milyen módon rejtik a hátpáncél alá. Fejük visszahúzása során a **nyakrejtő teknősök** (Cryptodyra) fajai a nyakukat a függőleges középsík, a **nyakfordító teknősök** (Pleurodyra) alrendjébe tartozók pedig a horizontális (vízszintes sík) mentén hajtják meg.



36.1 ábra. A fej visszahúzásának nyakrejtő (A) és nyakfordító (B) technikája

Először a **nyakrejtő teknősök** (Cryptodyra) alrendjének néhány fajtát említjük.

Ide tartoznak a tengeriteknős-félék (Cheloniidae), mint a közönséges levesteknős (Chelonia mydas). 102–127 cm a testhossza, főként növényevő, evezőlapátszerű mellső végtagjaival úszik¹. Általában a partok közelében tartózkodik, de kiúszik a nyílt tengerekbe is. 2-3 évente rak tojásokat, amelyeket tengerpartok homokjába rejt (36.2.A–C ábra).

¹http://commons.wikimedia.org/wiki/Chelonia_mydas

A kérgesteknősfélék (*Dermochelyidae*) közé mindössze egy faj tartozik. Ez a kérgesteknős (*Dermochelys coriacea*, 36.2. D–F). Hátán hosszanti bőrlécek vannak, az átlagos testhossza 155 cm, a „mellúsó” fesztávja 270 cm. A súlya elérheti a 360–590 kg-ot. Főként csalánozókkal táplálkozik. 80–100 tojást rak le, minden második évben.

Az aligátorteknős-félék (*Chelydridae*) közé tartozik az aligátorteknős (*Chelydra serpentina*, 36.2. G–I ábra) és a keselyűtekknős (*Macrolemys temmincki*, 36.2. J ábra). Az utóbbi hossza 33–66 cm, súlya 90 kg is lehet. Észak-Amerikában honos, nagyon falánk ragadozó. Jellemzően hosszú farka van.

A mocsáriteknős-félék (*Emydidae*) a szárazföldi teknősök rokonai. Főként az északi féltekén élnek. Elsősorban ragadozók. Gyakran téli álmot alszanak. Ide tartoznak a közismert mocsári teknős (*Emys orbicularis*, 36.2. M ábra) és a vörösfülű ékszerteknős (*Trachemys scripta elegans*, 36.2. K–L ábra).

A szárazfölditekknős-félék (*Testudinidae*) főként vagy kizárólag növényevők. A lábaikon rös karmok vannak. Ide tartozik a mór teknős (*Testudo graeca*, 36.2. N ábra) és a galápagosi óriás vagy elefántteknős (*Geochelone nigra*, 36.2. O ábra).



36.2. ábra. Teknősök: levesteknős (*Chelonia mydas*, A–C), kérgesteknős (*Dermochelys coriacea*, D–F), aligátorteknős (*Chelydra serpentina*, G–I), keselyűtekknős (*Macrolemys temmincki*, J), mocsári teknős (*Emys orbicularis*, M), vörösfülű ékszerteknős (*Trachemys scripta*, K, L), mórteknős (*Testudo graeca*, N) és elefántteknős (*Geochelone nigra*, O)

A nyakfordító teknősök (*Pleurodira*) alrendjébe, a kígyónyakú teknős-félék (*Chelidae*) családjába tartozik a *cafrangos teknős* vagy *matamata* (*Chelus fimbriatus*²) Dél-Amerika északi nagy folyamrendszerében él. Kb. 40 cm hosszú, ragadozó életmódot él.

36.4.2. A kettős halántéklaplakúak (Diapsida) osztálya

Ebben a csoportban az agykoponyán két halántéklaplakot találunk. Mindkettő alatt egy-egy járomív húzódik (1.7.32 és 7.33 ábra). Alosztályai az Archosauria és a Lepidosauria.

36.4.2.1. Az Archosauria alosztály

A csoport első rendje a **krokodilok** (*Crocodylia*) **rendje**. A test alapszabásának fő jellemzői a gyíkszerű alak, az ormányszerű arc, az oldalról lapított farok, a rövid lábak (a hátsókon úszóhártya), a pikkelyek, szarupajzsok, csontos pajzsok jelenléte. Fogmederben ülő, homodont fogazatuk (7.35.B ábra), másodlagos szájpaddalásuk, négyrekeszes szívük és rekeszük van (9.11. ábra).

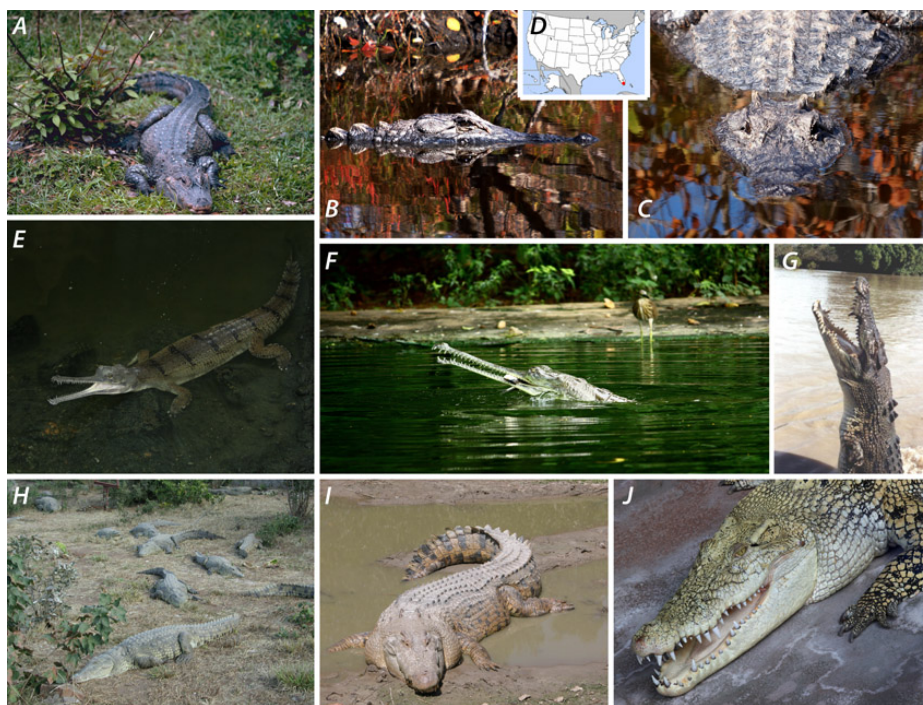
Ide tartoznak az aligátorfélék (*Alligatoridae*), a krokodilfélék (*Crocodylidae*) és a gaviálfélék (*Gavialidae*).

Az **aligátorfélék** (*Alligatoridae*) az **Újvilág** meleg területein élnek. Csukott szájnál az alsó állkapocs fogai nem látszanak. A fajok között erős kompetíció alakult ki. Egy fajuk honos Kínában (*Alligator sinensis*, 36.3.A ábra). Az egyik leggyakoribb és legnagyobb testméretekkel rendelkező faj a **csukaorrú aligátor** (*Alligator mississippiensis*, 36.3.B–C ábra). A Missisipi vízgyűjtőjében sokfelé előfordul. Az emberre is veszélyes állat. Hatalmas populációja él Floridában az Everglades Nemzeti Parkban (36.3.D ábra). Ide sorolhatók a Közép- és Dél-Amerikában honos **kajmánok** is.

A **krokodilfélék** (*Crocodylidae*) **családjába** 12 faj tartozik. Elterjedési területük Közép-Amerika, Afrika, Délkelet-Ázsia, Ausztrália. Az aligátoroktól eltérően csukott szájnál kilátszik az alsó állkapocs 4. foga. A **nílus krokodil** (*Crocodilus niloticus*, 36.3.G,H ábra), ahogyan a neve is jelzi, Afrikában él. Fejlett ivadék gondozás jellemzi. Az anya őrzi a lerakott tojásokat. Kikeléskor a kicsinyek csipogó hangot hallatnak. Az anya kiássa a tojásokat és a kis krokodilokat a szájában szállítja a vízbe. Egy ideig még ott is vigyáz rájuk. A nagytestű zsákmányt megragadva, forog vele a vízben, majd az esetleg még élő állatot a vízbe fojtja. A **bordás krokodil** (*Crocodilus porosus*, 36.3.I, J ábra) elterjedési területe Indiától Ausztráliáig húzódik. Az egyetlen faj, amelyik a felsős vizekben és tengervízben is megél. Emberre a legveszélyesebb és egyben a legnagyobbra növő krokodil. Farmokon bőrért tenyésztik is.

A **gaviálfélék** (*Gavialidae*) **családjába** tartozó egyetlen fajt, a **gangeszi gaviált** (*Gavialis gangeticus*, 36.3.E, F ábra) erősen megnyúlt állkapocs jellemzi. Indiában és Nepálban honos. Hátsó lábai evezőszerűek, csak ritkán hagyja el a vizet. Főként halakkal táplálkozik, melyek nyálkás testét hegyes fogaival biztosan ragadja meg.

²http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Chelus_fimbriatus



36.3. ábra. Krokodilok: alligátorok és krokodilfélék: kínai alligátor (*Alligator sinensis*, A), csukaorrú alligátor (*Alligator mississippiensis*, B, C) és az Everglades Nemzeti Park területe Floridában (D), gangeszi gaviál (*Gavialis gangeticus*, E, F), nílusi krokodil (*Crocodylus niloticus*, G, H) és bordáskrokodil (*Crocodylus porosus*, I, J)

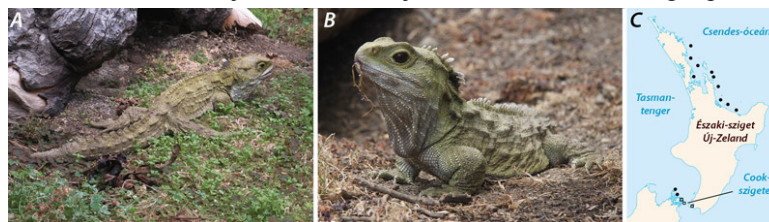
36.4.2.2. Lepidosauria alosztály

A csoportra a szarupikkelyek és -pajzsok előfordulása jellemző. Felső állkapcsuk az állkapocsízület közelében mozgathatóan ízesül az agykoponyához, a végtagok elcsökevényesedhetnek. Igen változatos csoport. Néhány szünapomorf bélyeg alapján azonban monofiletikus csoportnak számítanak. Ezek az alábbiak:

- az agykoponya szaglótájéjának jellegzetes alakulása (a részletekre itt nem térünk ki),
- ujjperccsontok elcsökevényesedése,
- hímeken fejlett páros párzószer.

Ebbe a csoportba tartoznak a hidasgyíkok és a pikkelyes hüllők.

A **hidasgyíkok** (Sphenodontida) **rendjébe**, a hidasgyíkfélék (*Sphenodontidae*) családjába két faj tartozik. Sokáig úgy vélték, hogy csak egy faj tartozik a családba, a **tuatara** (*Sphenodon punctatus*, 36.4 ábra), mely Új-Zéland északi szigetén és néhány kisebb szigeten él. Később Új-Zéland partjainál egy szigeten egy másik fajt is felfedeztek, amelynek mindössze 300 példánya maradt fenn. A hidasgyíkot **élő kővületnek tartják**, mert számos, a kihalt hüllőkre emlékeztető tulajdonsága van. Bőrrel fedett fejtetői szeme van, állkapcsán ránőtt fogak vannak, csigolyáik elől-hátul homorúan vágta, bordáikon horog nyúlványok fejlődnek. Testhossza kb. 65 cm. Dobhártyájuk nincs. Hőmérsékleti optimumuk 12 C0. 13-15 hónapos embrionális fejlődés jellemzi őket, ivarérettségüket 20 éves korukban érik el, élettartamuk hosszú. Tojásuk meszes héjú. A hímeknek kezdetleges páros párzószerve van.



36.4. ábra. Hidasgyík (*Sphenodon punctatum*, A, B) és elterjedése (C)

A **pikkelyes hüllők** (Squamata) **rendjébe tartoznak** a leguánalakúak (Iguania), a gekkóalakúak (Gekkota), a lábatlanyíkalakúak (Anguimorpha), a vakondgyíkalakúak (Scincomorpha), az ásógyíkalakúak (Amphisbaenia), valamint a kígyók (Serpentes).

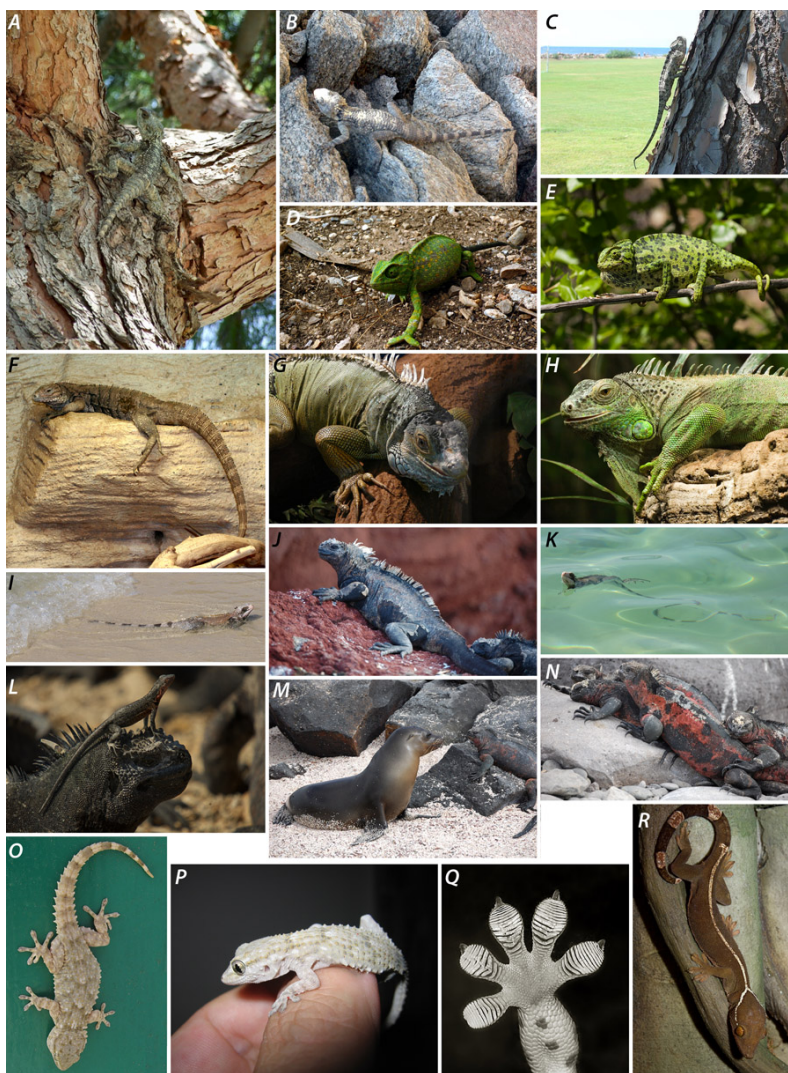
A **leguánalakúak** (Iguania) alrendjébe az agámaféléket, a kaméleonféléket és leguánféléket soroljuk. Az **agámafélék** (Agamidae) körébe kb. 300 faj tartozik, az Óvilágban (Afrika, Ázsia, Ausztrália) honosak. Testhosszuk 8-30 cm, hát-hasi irányban lapított a testük, amely szarupikkelyekkel borított. Fogazatuk ránőtt (*acrodont*). A farkuk nehezen törik le. Jól ismert faj a **közönséges agáma** (*Laudakia stellio*, 36.5.A, B ábra), amely Görögországban is él.

A **kaméleonfélék** (Chamaeleonidae, 36.5C–E ábra) jellemzői a ránőtt fogazat, az oldalról lapított test, a sisakszerű pajzs, az egymással szembe fordítható, összenőtt lábujjak, valamint a fogófarok. Nyelvük kivethető, szemhéjuk összenőtt, szemek külön-külön mozgathatók. Híresek gyors színváltoztató képességükről. Kb. 85 fajt ismerünk, főként Afrikában és Madagaszkáron élnek. **Európában csak a közönséges kaméleon** (*Chamaeleo chamaeleon*) fordul elő.

A **leguánfélék** (Iguanidae) gyakorlatilag az agámák újvilági megfelelői. Elterjedési területük Amerika, Madagaszkár és néhány Csendes-óceáni-sziget. Kb. 900 faj tartozik közéjük. A nagytermetűek (40-80 cm), növényevők, a kisebbek ragadozók. Jellemzőségük, hogy fogazatukat oldalról ránőtt fogak alkotják. A család névadó faja a **zöld leguán** (*Iguana iguana*, 36.5.F–H ábra). Nemcsak fára mászik ügyesen, hanem úszni is jól tud.

A tengeri leguán (Amblyrhynchus cristatus, 36.5.I–N ábra) a Galapagos-szigeteken él. Tengeri moszatokkal táplálkozik. A hideg tengervízben hamar kihűlne, és könnyen vízbe fulladna. Ennek megelőzésére a hideg vízben bőreai összehúzódnak, alig kering bennük vér, így hővesztesége minimális. A fekete, forró sziklákra kifeküdve pedig nagyon gyorsan felmelegszik, mert a napon bőreai kitágulnak. Ha már túl melege van, akkor szembeáll a napsütéssel, hogy csak kevés napsugár érje, megemeli testét, így a hasa alatt átfújó, hűs tengeri szél csökkenti teste felmelegedését.

A **gekkóalakúak** (Gekkota, 36.5.O–R ábra) alrendjébe tartozó fajoknak az előző alrend tagjaitól eltérően elszarusodó, lapos nyelvük van. Jól hallanak és fajra jellemző hangokat adnak ki. A kikelő fiataloknak két tojásfoguk van. Többségük éjszaka aktív, pupillájuk függőleges állású. „Tapadógyíkoknak” is nevezik őket: lemezes szerkezetű, ujjvégi tapadókészülékük segítségével akár a függőleges üvegfalon is tudnak mászni. Bőrük selymes, puha, sérülékeny. A levedlett bőrt általában megeszik. Kb. 700 fajuk van. A melegebb területeken világszerte elterjedtek. Eredetileg a Földközi-tenger vidékén élt csak a **fali gekkó** (*Tarentola mauritanica* 36.5.Q ábra), de mára az USA-ba és Uruguayba is behurcolták. A Gekkonidae család névadó faja a **pöttyös gekkó** (*Gekko gekko*, 63.5. ábra).



36.5 ábra. Kaméleonok, leguánok és gekkók. Községes agáma (*Laudakia stellio*, A, B), kaméleonok (C–E), zöld leguán (*Iguana iguana*, F–H), tengeri leguán (*Amblyrhynchus cristatus*, I–N), fali gekkó (*Tarentola mauritanica*, O, P), pöttyös gekkó talpa (*Gekko gekko*, Q), és sávós gekkó (*Gekko vittatus*, R)

A lábatlangyík-alakúak (*Anguimorpha*) alrendjét több, egymástól is erősen eltérő család alkotja. Közös bélyegük a hasfal egyik izmának³ jelenléte. Hazai képviselőjük a lábatlan gyík vagy törékeny kuszma (*Anguis fragilis*, 36.6.A–C ábra). Végtag nélküli, kígyókra emlékeztető állat. Fényes, sima pikkelyei vannak. Farka nagyon könnyen letörik, de regenerálódik. Napozás közben gyakran esik áldozatul gázolásnak.

A viperagyíkfélék (*Helodermatidae*) családját két, az Egyesült Államok sivatagos és félsivatagos területein és Mexikó északi részén élő, veszélyes méreggel rendelkező hüllőfaj alkotja. Harapáskor nagyméretű sebet ejtenek, melybe belebocsájtják módosult nyálmirigyük váladékát. Az állat farka táplálékraktárként működik, így vastagságából következtetni lehet az állat kondíciójára. A gila (*Heloderma suspectum*, 36.6.D,E ábra) és a mexikói viperagyík (*Heloderma horridum*, 36.6.F ábra) mérgé egyaránt veszélyes lehet még az emberre is.

A varánuszfélék (*Varanidae*) családjába kb. 35 óvilági faj tartozik. Nyelvük a kígyókéhoz hasonlóan kétágú, és azt azokhoz hasonlóan szaglásra/ízlelésre használják. A varánuszfajok többsége jól mászik fára és jól is úszik. Magányos ragadozók. Legnagyobb fajuk a komódói varánusz (*Varanus comodoensis*, 36.6.H–J ábra). Akár szarvasokat és vaddisznókat is el tud ejteni, de kisebb fajtársait is elfogyasztja, ha egyéb táplálékból kevés van. Harapása bakteriális sebfertőzést okoz.

³*musculus rectus abdominis lateralis*

A vakondgyík-alakúak (*Scincomorpha*) alrendjébe hasonló kinézetű, egymást földrajzilag váltó családok tartoznak. A nyakörvösgyíkfélék óvilágiak, míg a tejüfélék újvilágiak. Mindkét család tagjaira jellemző, hogy farkuk egy előre meghatározott helyen nagyon könnyen letörik. Ennek csonttani alapjai vannak: a nagyméretű seb ellenére vérzés alig van, mivel a fark nem a csigolyák között, hanem egy csigolyatest közepén törik le, így az összehúzódó gyűrűalakú izmok el tudják zárni az ereket. A fark regenerálódni képes, de rövidebb lesz, mint az eredeti volt.

A **nyakörvösgyík-félék** (*Lacertidae*) nevüket onnan kapták, hogy a nyakukon van egy fogazott szélű pikkelysor, mely nyakörvre emlékeztet. Hazai fajainkat részletesen majd az állatrendszertan gyakorlatokon fogjuk ismertetni. Közülük a **zöld gyík** (*Lacerta viridis*, 36.6. K, L ábra) a legnagyobb. Országszerte megtalálható erdős és bokros területeken egyaránt. Szaporodási időben a hímek torka kék színű lesz. A hűvösebb, vizes élőhelyeken él az **eleveszülő gyík** (*Lacerta vivipara*, 36.6M ábra).



36.6 ábra. Lábatlangyíkfélék, viperagyíkfélék, varánuszfélék, nyakörvös gyíkok: törékeny kusza (*Anguis fragilis*, A–C), gila (*Haloderma suspectum*, D, G), viperagyík (*Haloderma horridum*, E, F), komodói varánusz (*Varanus komodoensis*, H, I), tartományi címer a komodói varánusszal (ide tartozik a Komodó-szigetek Nemzeti Park, J), zöldgyík (*Lacerta viridis*) hím (K) és nőstény (L), valamint eleveszülő gyík (*Lacerta vivipara*, M)

A tejüfélék (*Teiidae*) az újvilágban ugyanazokat az ökológiai fülkét foglalják el, mint nálunk a nyakörvös gyíkok. Kinézetre az ameivák hasonlítanak legjobban a mi gyíkjainkhoz. A hímek általában színes toroklebernyeget viselnek.

A **kígyók** (*Serpentes*) alrendjébe tartozó fajok ősei talajban élő állatok voltak, amelyek végtagjai az evolúció során redukálódtak, majd teljesen eltűntek. A ma élő legősibb kígyóknál néhány pikkelyszerű függelék még jelzi a hátsó végtagokat.

A kígyókat a többi hüllőcsoporttól elkülönítő szünapomorf bélyegek a következők:

- az alsó állkapocs laza szalagokkal kapcsolódik a felsőhöz,
- a bal aortaív nagyobb, mint a jobb oldali,
- a szem sugártestjében nincsenek izmok,
- a gerincoszlop sok csigolyából áll, s mindhez kapcsolódnak bordák.

Lényeges egyéb bélyegeik a következők. Jellemző a végtagok hiánya, mellső függesztő öv teljesen hiányzik. Nyelvük elszarusodó, mélyen villás, amely hátul tokba visszahúzható (a varánuszokhoz hasonlóan). A bal tüdőfél

csőkevényes vagy hiányzik, nincs külső- és középfülük, szemhéjak összenőttek és átlátszók („szemüveg”). Belső megtermékenyítésűek, a hímeknek páros párzószerük van. Lehetnek tojásrakók (ovipar) vagy eleventojók (ovivipar állatok).

A kígyók régebbi rendszere a koponya típusán és a méregfog helyzetén és morfológiáján alapult. Ma a genetikai vizsgálatok és a méreganyagok összetételének, szerkezetének vizsgálata alapján jelentősen módosult a rendszerük. A koponyatípusok ismerete azonban nagyon sok szempontból ma is fontos, ennek alapján a következő csoportokat lehet elkülöníteni.

A méregfog nélküli kígyók (Aglypha) csoportjába az óriáskígyók és az ún. árva siklók tartoznak. Zsákmányukat izomerejükkel ölik meg. Harapásnyomuk két sor, azonos méretű szúrás (nincs méregfog). A visszahajló fogak szinte lehetetlenné teszik a már szájba kerülő zsákmány menekülését. Ha mérget nem is termelnek, harapásuktól vérmégezést lehet kapni.

A hátul méregfogas kígyóknak (Opisthoglypha) barázdás méregfoguk van a felső állkapocs hátulsó részén. A kisméretű fajok, vagy a nagyobb méretűek fiataljai kevésbé veszélyesek a nagytestű élőlényekre, akár az emberre, mert nehezen tudják méregfogukat egy nagy felszínbe belemélyeszteni. A hátulsó méregfogas siklók közé tartozik pl. a homoki sikló is.

Az elől méregfogas kígyók (Proteroglypha) esetében a barázdás méregfog a felső állkapocs elülső részén helyezkedik el, így könnyen tudnak marni. Igen veszélyes mérgű fajok tartoznak közéjük. Testfelépítésük a siklókéra emlékeztet, mert a farkuk csak lassan vékonyodik el. Ide tartozik a kobra és a zöld mamba.

A csöves méregfogú kígyók (Solenoglypha) méregfogai a felső állkapocs elülső részén helyezkednek el. Nyugalomban hátrafelé hajlanak, és egy szápadredőben rejtődnek el, míg amikor az állat a száját kinyitja, akkor előremerednek. A méregfog belsejében a méreganyag kikristályosodhat. Ilyen koponyával rendelkeznek a viperák és a csörgőkígyók.

A kígyók főbb csoportjait a rendszer részletes ismertetése nélkül mutatjuk be.

Az **óriáskígyó-félékre** (Boidae) jellemző, hogy a hátsó függeszűző és a végtagok maradványa még megvan. Ez ősi jelleg. Páros tüdejük van. Elevenszűlők. Elsősorban az újvilági és óvilági trópusi területek lakói. Nevezetesebb fajaik a 4-5 m hosszú **közönséges óriáskígyó** (*Boa constrictor*, 36.7.A ábra) és a 10 métert is elérő **anakonda** (*Eunectes murinus*, 36.7.B–D ábra).

A **pitonfélék** (Pythonidae) csoportjába kb. 30 faj tartozik. Óvilágiak, tojásrakók. Szemöldökcsontjuk van, ajakpajzsaikon erős bemélyedések látszanak. Néhány nevezetesebb faj a 8-9 méteres kockás piton (*Python reticulatus*, 36.7.E,F ábra); a 6 méteres tigris piton (*Python molurus*, 36.7.G, H ábra) és az 5,5 méter hosszú afrikai sziklapiton (*Python sebae*).

A **mérgessiklófélék** (Elapidae) közé soroljuk az ausztráliai mérgessiklókat és a tengerikígyókat. Előlméregfogas siklók (*Proteroglypha*): barázdás méregfoguk vezetése a fog tövében végződik. 180-200 fajt sorolnak ide. Néhány nevezetesebb közülük: a pápaszemes kobra (*Naja naja*, 36.7.J–L ábra), a köpködő kobra (*Naja nigricollis*, 36.7.M ábra), a zöld mamba (*Dendroaspis viridis*, 36.7.N ábra) és a halálkígyó (*Acanthophis antarcticus*).



36.7. ábra. Óriáskígyók, pitonok és mérgeessiklók: köznséges óriáskígyó (*Boa constrictor*, A), anakonda (*Eunectes murinus*, B, D) és elterjedési területe (C), kockás piton (*Python reticulatus*, E, F), tigrispiton (*Python molurus*) normál színezetű (G) és albino (H) változata, pápaszemű kobra (*Naja naja*, J–L), köpködő kobra (*Naja nigricollis*, M) és zöld mambar (*Dendroaspis viridis*, N)

A **siklófélék** (Colubridae) családjába kb. 1800 faj tartozik. Nem mérges, vagy hátulméregfogas kígyók. Ausztrália kivételével minden földrészen előfordulnak. Néhány jellegzetes fajt említünk közülük: **erdei sikló** (*Elaphe longissima*, 36.8.A–C ábra), **kockás sikló** (*Natrix tessellata*), **köznséges vízisikló** (*Natrix natrix*), **gabonasikló** (*Elaphe guttata*), fekete patkánysikló (*Elaphe obsoleta*, 36.8.D ábra).

A **viperafélék** (Viperidae) családjába a viperák és a csörgőkígyók tartoznak. Régebben külön családba sorolták őket, ám a méreganyag hasonlósága és a genetikai vizsgálatok a közeli rokonságot támasztották alá. A csörgőkígyókat nevezik gödörkés arcú viperáknak is, mert a szemük és az ornyílásuk között egy kis bemélyedés alján helyezkedik el a hőérzékelő szervük (gödör szerv, l. 14.9. ábra), amellyel akár ezred Celsius-fok hőmérséklet-különbséget is képesek érzékelni. A zsákmányt (főként rágcsálókat) annak hönyma alapján találják meg. A csörgőkészüléket (amely a levedlett pikkelyruhákból származó szarugyűrűkből áll) figyelmeztetésre használják. Háromszög alakú fej, gyorsan vékonyodó farok, apró pikkelyek jellemzik őket. Jellegzetes fajaik a borzasztó **csörgőkígyó** (*Crotalus durissus*, 36.8.E, F ábra), a **lándzsakígyó** (*Bothrops atrox*), a **homoki vipera** (*Vipera ammodytes*, 36.8.G ábra), a **keresztes vipera** (*Vipera berus*, 36.8.H, I ábra) valamint a **rákosi vagy parlagi vipera** (*Vipera ursinii rakosiensis*). Az utóbbi kettő hazánkban is előfordul.



36.8. ábra. Siklófélék: vizisikló (*Natrix natrix*, A–C), fekete patkánysikló (*Elaphe obsoleta*, D), csörgőkígyó (*Crotalus durissus*, E), csörgőkígyó farokvége a csörgővel (F), homoki vipera (*Vipera ammodytes*, G), keresztes vipera (*Vipera berus*, H, I)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Sorolja fel a hüllők osztályait, egyben indokolja az elnevezéseket is!
2. Mutassa be a teknősök rendjét (anatómiai felépítés, csoportok példákkal, élőhelyek, életmód)!
3. Jellemezze az Archosauria alosztályt: az aligátorféléket, krokodilféléket és gaviálféléket (testfelépítés, csoportok, példák, élőhelyek).
4. Mutassa be a hidasgyíkokat és indokolja, hogy miért tartják őket élő kövületnek!
5. Jellemezze a leguán- és gekkóalakúakat, valamint a nyakörvösgyík-féléket (megjelenés, életmód, példák, élőhelyek)!
6. Mutassa be a kígyókat és rendszerüket (anatómiai jellemzők, csoportosítási módok, példák, életmód, élőhely)!

37. fejezet - A madarak (Aves) osztálya - (Cs. T.)

37.1. Jelentőségük

A nagy fajsámú és gyakorlatilag mindenhol megtalálható madarak több szempontból is óriási jelentőséggel bírnak. A csaknem tízezer faj több mint fele vonuló. A **madárvonulás** Európában kb. 5 milliárd, összesen kb. 50 milliárd egyedet érint. Ez a tömeg már számottevő a Föld biomassza áramlásában, ezért a Gaia elméletbe¹ is beépítették. A vonuló fajok **közegészségügyi szempontok** miatt is érdekesek. Terjeszthetnek különböző betegségeket, amelyek részben a helyi állatvilágra, gazdaságilag fontos fajokra, esetleg az emberre is veszélyesek lehetnek (Q-láz, USUTU, nyugat-nílusi láz, madárinfluenza). A vadonélő madarak szerepe **gazdasági szempontokból** is fontos lehet, manapság elsősorban mezőgazdasági kártevőként. A seregélyek vagy különböző afrikai pintyek teljesen tönkreteszhetik egy-egy területen a termést, az őszi vetés megerősödése előtt a libák legelése is komoly károkat okozhat. A vadászat mint élelemszerzés jelentősege egyre kisebb, de a sportvadászat helyenként komoly gazdasági tényező.

Az ember számára a **házasított** (domesztikált) **fajok** – főleg a baromfi, kisebb mértékben a többi faj – szerepe az ételmezésben meghatározó jelentőségű. a termelés méretére jellemző, hogy csak az USA-ban 80 milliárd broiler csirkét értékesítenek évente.

37.2. Általános jellemzésük

A madarak jellegzetes megjelenésüket a **tollazatnak** köszönhetik. Minden ma élő fajukra jellemző, hogy testüket toll borítja. Mellső végtagjuk szárnyá alakult. Többségük képes a repülésre. A dinoszauruszok leszármazottjaiként **sok hüllőbélyegük is van** (pl. húgy-ivarkészülék), de legtöbb szervrendszerük (pl. keringési, idegrendszer) vonatkozásában a hüllőknél fejlettebbnek tekinthetők. **Kemény, meszes héjú tojást raknak**, amelyet testmelegükkel költenek ki. **Szaporodási stratégiájuk változatos**, ivadékgondozásuk fejlett.

37.3. Szervezettani bemutatásuk

A madarak **bőre** 3 rétegű. Mivel a **tollazat** az epidermisz legtöbb funkcióját ellátja, a néhány sejtrétegből álló felhámot csak vékony szaruréteg borítja. **Bőrük egyetlen mirigye a farkcsikmirigy** (gl. uropygii). A bőr jellemző **szaruképletei** a lábat borító pikkelyek, a karmok, a csőr-kávát borító szarutok (6.20. ábra) és a csőr tövéén levő színes viaszhártya. A tollazatról és a vedlésről a 6.2.3 fejezetben részletesen szóltunk.

A madarak **vázrendszere számos sajátossággal bír**, alapvetően a repüléshez alkalmazkodást, illetve a két lábon járást tükrözi. A csontok vékonyak, könnyűek. Minden testtájékon jellemző a sok összenövés. **Csontvázuk tömege** alig egy tizede a teljes testtömegnek, míg pl. emlősöké 15-20 % is lehet. Gerincoszlopuk, végtagjaik és koponyájuk felépítéséről a 7.3 fejezetben írtunk. Itt csak visszaidézzük, hogy a modern madárrendszertanban a **két alosztály elkülönítésére** már nem a szegycsont, hanem a **koponya bélyegeit alkalmazzák**. A **futómadaraknál** (Palaeognathae) az arckoponya (állkapcsi ív) egyes csontjai összenőttek egymással, állkapcsi ívük kevésbé flexibilis. A modern madaraknál (Neognathae) ez az összenövés hiányzik (7.39 ábra).

Tápcsatornájuk jellegzetességei a csőr, a begy, a mirigyes és a zúzógyomor, valamint a kloáka jelenléte. **Légzőkészülékük specialitásai** az alsó gégefő, a tüdő légsíp rendszere, valamint a légzsákok. **Kettős légzésük** van (l. 9.3.3 fejezet). Tüdejükben a gázcsere bonyolító vérér kapillárisokban a vér a tüdőben áramló levegővel ellentétes irányban halad (ellenáramlás), ezét a gázcsere rendkívül hatékony.

Keringési rendszerük zárt, szívük négyüregű, számos hüllő bélyeggel (ezeket itt nem részletezzük). **Útóveséjük van**. Nem alakul ki vesemedence és a kéreg és velőállomány sem mutat az emlősökre jellemző tagolódást (10.3.1.1.2. fejezet). Nitrogén-anyagszere végtermékük a húgysav. A tengeri madaraknál a só kiválasztásban **sómirigy** vesz részt.

¹l. pl.: <http://www.c3.hu/~tillmann/konyvek/ezredvegi/lovelock.html>

Váltivarúak, belső megtermékenyítéssel. Az **ivarszervek** csak a szaporodási periódus elején – az ivarsejtek termelésének idején – fejlettek, illetve aktívak, ezen kívül visszafejlődnek (l. 11.4.3.3 fejezet). A **tojások** (11.11 ábra) száma általában fajfüggő, a nagyobb testméretű fajoknál általában kisebb, a kistermetű fajoknál nagyobb, akár tízes nagyságrendű is lehet. A legnagyobb tojásai a struccnak vannak, de a testtömeghez viszonyított legnagyobb tojással a kivi rendelkezik.

A tojásokon – a szaporodási stratégia függvényében – vagy mindkét ivar vagy csak az egyik **kotlik**. A kikelt fiókákat mindkét vagy csak az egyik ivar gondozza. Az **ivadékgondozás** a legnagyobb terhet a fészeklakó fiókákkal bíró fajoknál hárít a szülőkre, a **fészekhagyóknál** ez a szerep kisebb.

A madarak rendkívül **változatos szaporodási stratégiával bírnak**. Egyes csoportjaikra jellemző a színezetben vagy méretben megjelenő ivari kétalakúság. Jellemzően a hímek a díszesebbek és/vagy nagyobbak, de az ellenkezőjére is van példa (baglyok, víztaposók). Lehetnek **poligámok**, de gyakoribb az – esetenként élethosszig tartó – **monogámia** (pl. sasok).

Az **idegrendszer felépítése** a Tetrapodara általában jellemző felépítést mutatja (13.2.2.2. fejezet). A madarak agya a hüllőkhöz viszonyítva sokkal nagyobb. A kisagy – a repülés és a két lábon való járás miatt – nagy tömegű, fejlett. Köztiagyukban megjelenik a **hőszabályozó (termoregulációs) központ**, amely lehetővé teszi a testhőmérséklet szűk határokon belüli szabályozását, így a repüléshez szükséges magas alanyagszerűt.

A legtöbb madár csak **gyenge ízérzékelésre** képes, kivételt a gyümölcssevő fajok között lehet találni. A madarak **szaglása jellemzően gyenge**. Kivételt képeznek pl. a galambok, egyes tengeri madarak, a kivi és az újvilági keselyűk néhány faja. A galamboknál a szaglás a tájékozódásban játszik szerepet (14.10. ábra).

Az újvilági keselyűk szaglása eléri a vadászkutyákra jellemző érzékenységet. Akár néhány dekagramm húst is több kilométerről képesek érzékelni akkor is, ha az pl. az avarban takarásban van.

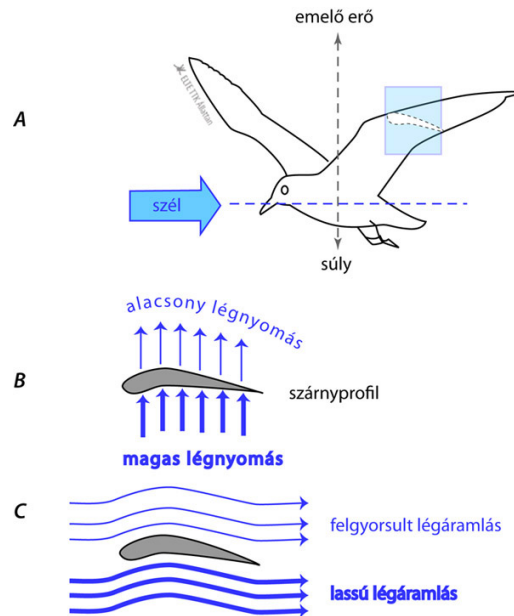
A **hallószervük fejlettsége** eléri az emlősök szintjét, de anatómiailag sokban különbözik. Fülkagylójuk nincs (a baglyoknál található ennek megfelelő struktúra), külső hallójáratuk rövid. Középfülük felépítése a hüllőkéhez hasonló, **egy hallócsontjuk van**. A belsőfül felépítése már jobban hasonlít az emlősökére, bár csigavezetékük nem felcsavarodott, hanem csak görbült. A madarak nagyjából az emlősöknek megfelelő hangtartományban hallanak, de **hangfelbontó képességük** nagyobb.

A baglyokra jellemző 3 dimenziós hallásnak a zsákmányszerzésben van szerepe. A sok esetben láthatatlan, pl. hótakaró alatt mozgó állat helyének pontos bemérését a kétoldali hallórendszer aszimmetriája teszi lehetővé.

Az egyensúlyérzékelés az Amniota alapszabásnak megfelelő. A repülés miatt igen bonyolult feladatokat lát el. A madarak **legfontosabb érzékszerve a szem**. Ennek felépítéséről a 14.2.4 fejezetben szoltunk részletesen. Itt csak annyit idézünk fel, hogy a távolba néző madarak retináján a **teljes látótér képe éles**, mivel teljes felülete a fókusz távolságnak megfelelő (14.15. ábra). Ez alapvető különbség az emlősök szeméhez képest, amelyeknek végig kell pásztázni a látóteret.

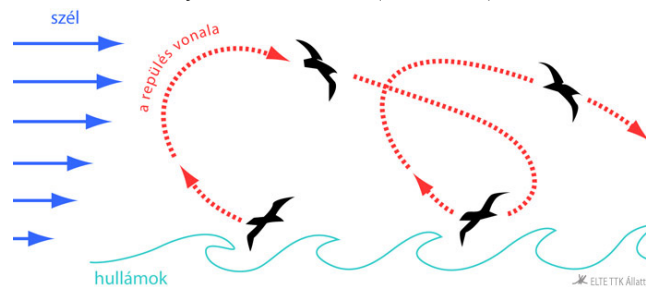
37.3.1. A madarak repülése

A **madarak repülése** – bár alapvetően egyszerű fizikai elvekre épül – meglehetősen változatos. A **szárnyprofil** – némileg leegyszerűsítve – keresztmetszetben felül domború, alul homorú (37.1. ábra). Ebből következően az áramló levegő felül hosszabb utat tesz meg egységnyi idő alatt, ezért sebessége nő. A gyorsabb áramlás miatt csökken a nyomás, így a **szárny felső oldalán emelőerő** képződik. A madarak szárnycsapódásukkal levegőáramlást hoznak létre, így alakítják ki a felhajtóerőt. Minél kedvezőtlenebb a testtömeg/szárnyfelület arány, annál nagyobb frekvenciával kell mozgatni a szárnyat. Ez a tendencia pl. a kolibriknál már ott tart, hogy másodpercenként akár több százszor is kell csapniuk, sőt a legkisebb fajoknál – a csukló ízület szárnyemelés közbeni csavarásával – már ebben a szakaszban is felhajtóerőt kell képezni.



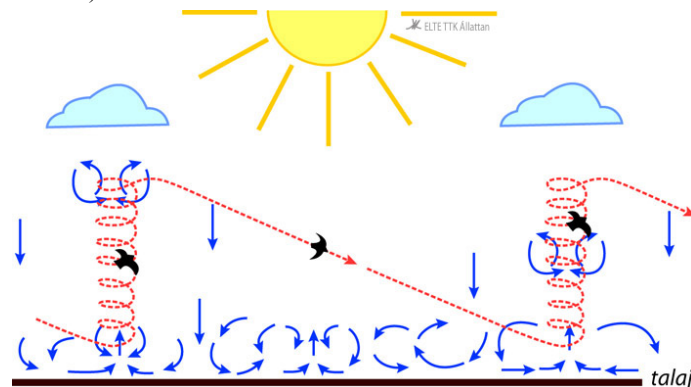
37.1. ábra. A madarak repülésének fizikai alapjait magyarázó vázlatrajz

A legnagyobb madarak szárnycsapás nélkül is képesek repülni. A hosszú, keskeny szárnyú tengeri madarak, pl. albatroszok a **vízfelülettel párhuzamos légmozgást** használják ki. Széllel szembe fordulva – az előbb említett fizikai törvények miatt – a hosszú szárnyon jelentős felhajtóerő képződik, ami megemeli a madarat, és ezt a helyzeti energiát használja ki a mozdulatlan szárnyval való **siklásra** (37.2. ábra).



37.2 ábra. A hosszú szárnyú, nagy testű madarak repülése

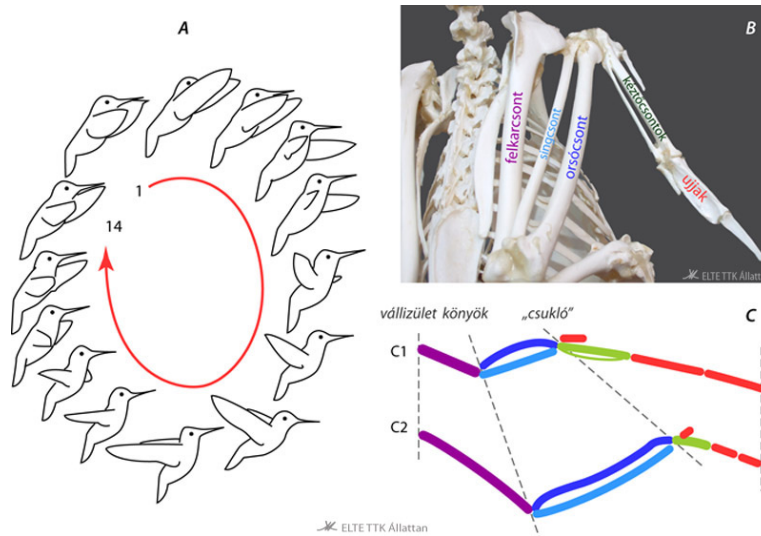
A **függőleges légmozgást** – a termiket – a széles szárnyú madarak, pl. sasok, keselyűk, gólyák tudják kihasználni. A termikbe repülő madarat a felfelé áramló meleg levegő emeli magasra, ahonnan siklórepüléssel képes nagy távolságot megtenni (37.3. ábra).



37.3. ábra. A felszálló légáramlatok (termikek) használata

A **különbözőképpen repülő fajok szárnyának csontozata** a siklórepülés és a nagy frekvenciával való csapkodó repülés eltérő követelményei miatt tér el jelentősen (37.4. ábra). Az előbbieknél a testhez közelebb eső csontok

hosszaránya a nagyobb, mivel itt képződik a felhajtóerő (pl. pelikánok), az utóbbiaknál a disztális csontok a hosszabbak, mert ezek mozgásával lehet felhajtóerőt létrehozni (pl. kolibrik).



37.4. ábra. A repülési stratégia és a szárny arányai: nagy frekvenciával való csapkodó repülés, a kolibri „szitálásának” fázisai (A), a szárny csontjai (B) és a végtag egyes szakaszainak hossza (C): C1–siklórepülést folytató madár, C2 – csapkodó repüléssel haladó madár esetében

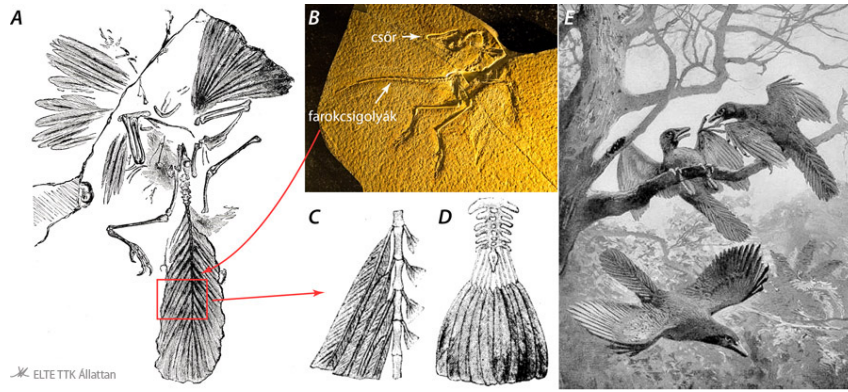
A repülés a legtöbb madárra jellemző mozgásforma, de a teljesítmény természetesen rendszertani csoportonként különböző. Pl. a magassági rekordot a karvalykeselyű tartja. Ennek egy példányát 11300 m magasságban látták. A távolsági rekorder a sarki csér. Ennek példányai az északi sarkkör vidékén költenek, és a déli sarkvidék tájékán telelnek. Így évente akár 40-50 ezer km-t is meg kell tenniük. Több faj képes 150-250 km/óra sebességet is elérni haladó repülés közben. A támadó vándorsólyom zuhanórepülése ennél is gyorsabb. A földrajzi akadályok (tengerek, sivatagok, magas hegységek) miatt sok faj vonulás közben nonstop repüléssel tesz meg több ezer km-t. Mindezek a képességek magyarázzák azt, hogy a madarak az egész Földön elterjedtek.

37.4. Származási viszonyaik

A madarak a mezozoikum jura időszakában alakultak ki **kistermetű, hüllőmedencéjű dinoszauroszból**.

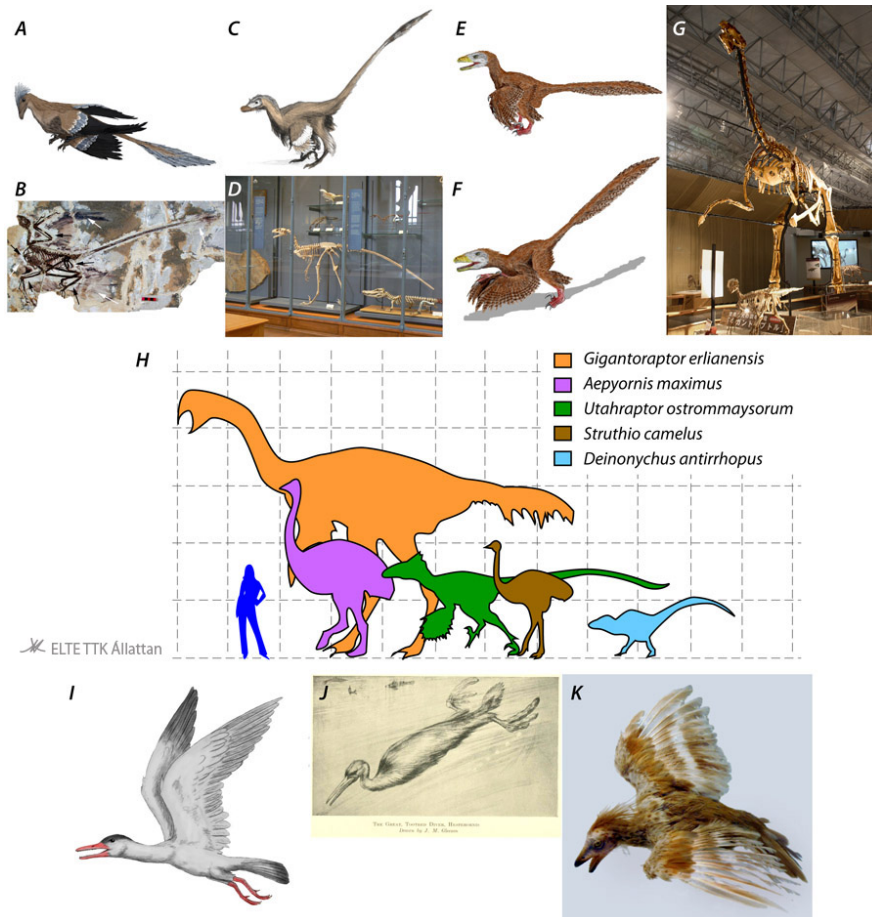
A jura és a kréta időszakban – az újabb leletek szerint – több tollas dinoszauroszt is élt (Microraptor, Sinosauropteryx, Protarchaeopteryx, Dromaeosaurus, Velociraptor, Deinonychus, Gigantoraptor), amelyek a néhány kilótól a tonnás testtömegűekig változatos méretűek voltak. Ezek testfelépítése alapvetően még hüllő jellegű volt (37.5.A–H ábra).

A jurában, a mintegy 150 millió évvel ezelőtt élt **Archaeopteryx** már kevert bélyegeket mutat (16.8 és 37.5 ábra). **Hüllő bélyegei** a hasi bordák megléte, a sok különálló farok csigolya, a fogazott csőr, a különálló kézcsontok, a karmos ujjak, a különálló medencecsontok. **Madár bélyegei** a madárszerű ülő láb, a lábsontok (csüd), a villacsont, az üreges csőves csontok, a négyszögcsont formája, az aszimmetrikus tollak, valamint a belsőfül hosszú csigavezetéke. Sokáig ezt az állatot a hüllők és a madarak közötti láncszemnek, a madarak őseinek hitték – ma már elfogadottabb, hogy önálló, a **mai madaraktól valószínűleg független leszármazási ág volt**.



37.5. ábra. *Archaeopteryx*: a londoni példány rajza (A), az Eichstättban (Jura–Museum) kiállított eredeti példány (B), az *Archaeopteryx* farka és faroktollainak helyzete (C), a mai madarak farka és a hozzá kapcsolódó tollak (D), az *Archaeopteryx* rekonstrukciója

A krétában már olyan madarak is éltek, amelyek testfelépítésükben alig különíthetők el a mai madaraktól: pl. a hatalmas szegycsontú, albatroszokéhoz hasonló életmódú *Ichthyornis*, az állkapcsában még fogakat viselő, röpképtelen *Hesperornis*, vagy a kistermetű, jó röpképességű *Iberomesornis*, *Sinornis*, *Liaoningornis* (37.6.I–K ábra).



37.6. ábra. Tollas dinoszauruszok és madarak: *Microraptor* rekonstrukciója (A) és maradványa (B), *Velociraptor* rajza (C), *Dromaeosaurus* összeállított csontváza (D), *Deinonychus* (E, F), *Gigantoraptor* (G). Tollas dinoszauruszok, a mai strucc és az ember méretei (H). *Ichthyornis* (I), *Hesperornis* (J) és *Iberomesornis* (K)

Az eocénban (kb. 60 millió éve) már kialakultak a mai madárrendek, az oligocénban a mai családok, nemzetségek, a holocénban pedig már a ma élő fajok.

A madarak ősei is – a maiakhoz hasonlóan – folyamatosan változtatták elterjedési területüket a kontinensvándorlás, az éghajlati változások következtében. Ezek a mozgások jól nyomon követhetők a rokon rendszertani egységek mai elterjedésében (pl. varjúfélék, 37.7. ábra), és a vonulási utak, telelőterületek mai képét megfigyelve (pl. pintyfélék).



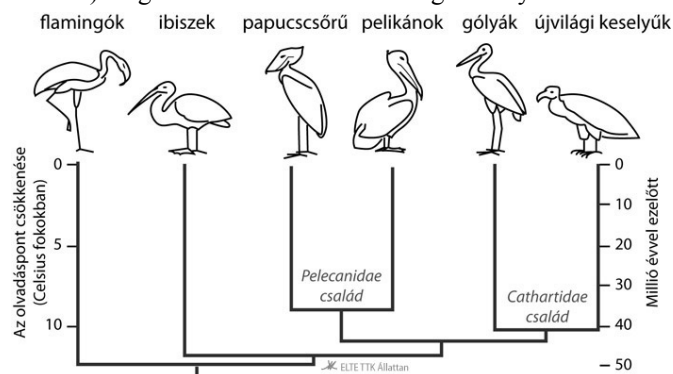
37.7. ábra. A varjúfélék elterjedése

A vonuló a fajoknál megfigyelhető, hogy egy-egy földrajzi területről oda térnek telelni a madarak, ahol őseik túléltek egy-egy jégkorszakot. Így pl. az erdei pintyek hazai állományának ősei a Mediterráneum középső részén levő Appennini-félszigetre vonulnak.

A hosszú ideig tartó izoláció fajképződéssel járhat. A különböző refugiumokból² a melegedés hatására észak felé terjedő populációk között az eltelt idő alatt akkora különbségek alakultak ki, hogy a találkozásukkor már nem alkotnak újra szaporodó közösségeket, önálló fajként viselkednek (pl. fülemülék).

37.5. A madarak rendszertana

A madarak rendszertana – mint általában a többi rendszertani egysége is – **nagy változáson megy át az utóbbi időben**. Míg régebben elsősorban külső, fenológiai, később anatómiai bélyegek alapján történt a besorolás, újabban ezt genetikai módszerek (pl. DNS-hibridizációs technika, mitokondriális DNS szekvenciasorrendjén alapuló törzsfák) váltották fel (37.8. ábra). A gerinchúrosok körében elfoglalt helyüket a 18.5. ábra mutatja.



37.8. ábra. Példa a DNS-hibridizációs módszerrel kapott eredményekre: e szerint a gólyák és az újvilági keselyűk közeli rokonok, s elválásuk kicsit több, mint 40 millió éve történt – erről az eredményről azonban időközben kiderült, hogy műtermék, és modernebb, génszekvencia összehasonlításra alapuló módszerek is igazolták, hogy az újvilági keselyűk is a ragadozó madarak rokonsági körébe tartoznak

37.5.1. A futómadár–szabásúak (Paleognathae) alosztálya

Minden fajuk a Gondwana-eredetű déli kontinenseken él.

²refugium (latin): menedékhely

Régebben a csoportba tartozó nagytermetű futómadarakat a lapos szegycsontúak (Ratitae) alosztályába sorolták, mivel nincs a csonton az izmok tapadására szolgáló taraj (7.10. és 7.19. ábra).

Újabban az alosztály elkülönítésére a koponya csontjainak egymáshoz való viszonyát alkalmazzák (l. 7.3.3.4. fejezet).

Így ebbe a csoportba kerültek a 47 fajt számláló **tinamualakúak** (Tinamiformes) is. Ezek Dél-Amerika változatos tájain élnek. Szegycsonti tarajuk gyengén fejlett, rosszul repülnek. A struccalakúak vagy struccfélék (Struthioniformes) **egyetlen faja Afrikában él, a nandufélék két faja Dél-Amerikában, az emu Ausztráliában, a három kazuár faj Ausztráliában, illetve Új-Guineában fordul elő. A kivifélék Új-Zélandon élnek** (37.9. ábra), illetve éltek, mivel ide tartozott a néhány száz éve a maorik által kiirtott moák mintegy 20 faja is. Ezek közül egyesek a struccnál is lényegesen nagyobbak (37.10. ábra), míg más fajok pulykaméretűek voltak.



37.9. ábra. Futómadarak: tinamu (A), strucc (B), nandu (C), kazuár (D), emu (E), kivi (F)



37. 10. ábra. A bal oldalon moa csontváz látható, a jobb oldalon pedig egy rekonstrukció, amint a szintén kihalt Haast-sas támad moákra

Szaporodási stratégiájuk változatos. Sok fajuknál a tojást a hímek költik ki. A kivik esetében az egyetlen hatalmas tojás lerakása is teljesen kimeríti a tojót, ezért azt a hím költi ki. A kotlási idő mintegy 80 nap, a madárvilágban egyedülállóan hosszú idő. (A testméretben nem nagyon különböző házityúk kotlási ideje 21 nap.)

37.5.2. Újmadár–szabásúak (Neognathae) alosztálya

A ma élő madarak döntő többsége ebbe az alosztályba tartozik.

Lényegében a régebbi osztályozás tarajos szegycsontú (Carinatae) alosztályának felel meg, azzal a különbséggel, hogy a Palaeognathae-ba kerültek át a fentebb említett tinamuk, illetve a régebben önálló alosztályt képező szárnyal evezőket (Impennes) ide sorolták be.

Az alábbiakban az ide tartozó olyan rendekből adunk válogatást, amelyek a legismertebbek vagy az ember számára legjelentősebbek.

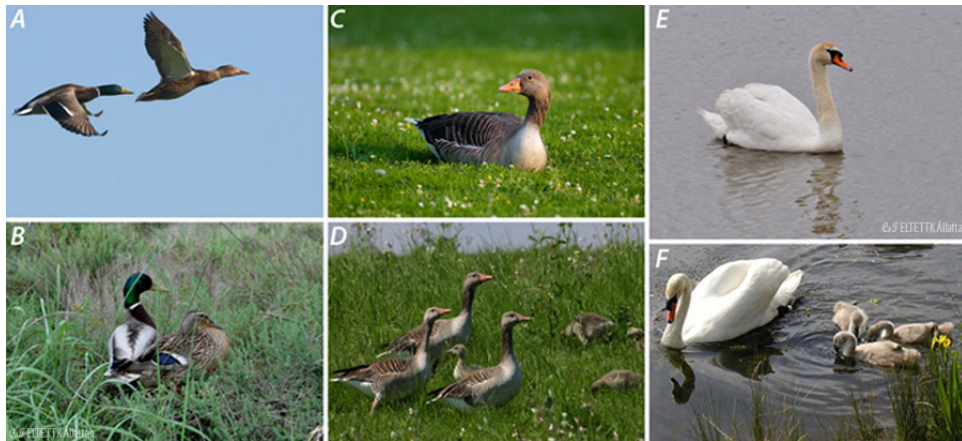
A **tyúkalakúak** (Galliformes) rendjéhez tartoznak a **fácánfélék** (Phasianidae): változatos testméretű, rövid, kerek szárnyú, gyenge röpképességű, mindenevő fajok, többnyire jelentős ivari dimorfizmust mutatnak. Fiókáik fészekhagyók. Példafajok a fűrj, fogoly, fácán, páva, pulyka, bankivatyúk. Ez utóbbi kettő házasításából származnak a házi pulyka és a házityúk (37.11. ábra). Ez a legnagyobb számban tenyésztett baromfi a világ minden részén.

A szintén házasított gyöngytyúk afrikai eredetű, a gyöngytyúkfélék (Numididae) közé tartozik (37.11.I ábra). Az ausztráliai erdőkben élő talegallatyúkfélék (Megapodidae, 37.11.H ábra) tojásaik kikeltetéséhez nem testmelegüket használják. Nagy kupac avart vagy homokot kotornak össze, és tojásaikat ebbe rakják. A korhadásból illetve a homok felmelegedéséből származó hő melegíti a tojásokat. A hőfokot a hímek úgy szabályozzák, hogy az elásott tojásokon levő avar illetve homok mennyiségéből levesznek vagy hozzátesznek, attól függően, hogy melegebbnek vagy langyosabbnak tartják a hőmérsékletet az ideálisnál. A fiókák kikelésük után kiássák magukat, és azonnal önálló életet kezdenek.



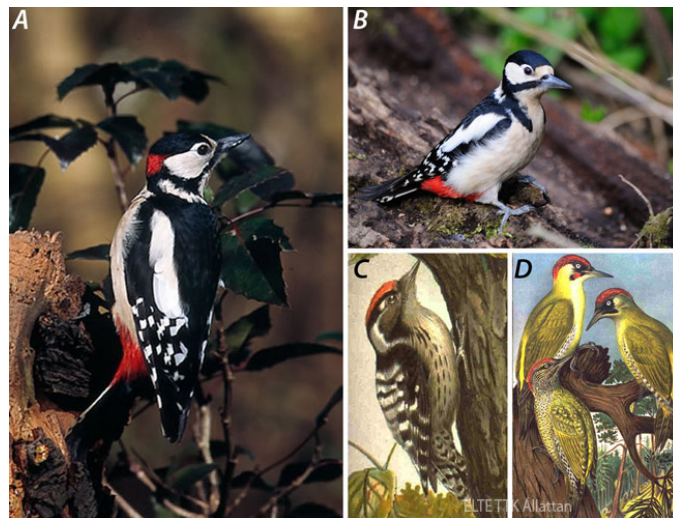
37.11. ábra. Fácánfélék: fűrj (*Coturnix coturnix*, A), fácán kakas (*Phasianus colchicus*, B), indiai páva (*Pavo cristatus*) tojó C) és kakas (D), pulyka (*Meleagris gallopavo*, E), bankivatyúk (*Gallus gallus*, F), házityúk (G), talegallatyúk (*Alectura lathami*, H) és gyöngytyúk (*Numida meleagris*, I)

A **lúdalakúak** (Anseriformes) rendjébe tipikus **vízimadarak** tartoznak, ezért farkcsíkmirigyük fejlett. Vedlésük gyors, repülőtollaikat egyszerre dobják ki, így hosszú ideig röpképtelenek. Ujjai között úszóhártya feszül. Többségük ivari dimorfizmust mutat (37.12.A ábra). Fiókáik fészekhagyók. **Több házasított faj** (tőkésréce – házi kacs, nyárilúd – házi liba) tartozik ide. A bütykös hattyút (37.12.B ábra) sok helyen díszmadárként tartják. Több récefaj (pl. barát-, bőjt-, csörgőréce) vadgazdálkodási szempontból fontos, másokat díszmadárként tartanak (pl. mandarinréce).



37.12. ábra. Lúdalakúak: tőkésréce (*Anas platyrhynchos*, A,B), házilúd (*Anser anser*, C, D) és bütykös hattyú (*Cygnus olor*, E, F)

A **harkályalakúak** (Piciformes) **rendjének** 216 harkályfajából 10 él Európában, és egy kivétellel mind előfordul hazánkban is. Odúköltők lévén fás társulásokhoz kötődnek, de ezen belül a zárt társulásoktól a ligeterdőkig mindenütt megtalálhatók. Méretük a veréb nagyságától a varjú méretéig változik. Színezetükben a fekete-fehér-piros a meghatározó, de néhány fajukban a zöldes színek dominálnak (37.13. ábra). Több fajuk (pl. balkáni fakopáncs, nagy fakopáncs) városi környezetben is előfordul.



37.13. ábra. Harkályalakúak: nagy fakopáncs (*Dendrocopos major*) hím (A) és tojó (B), kis fakopáncs (*Dendrocopos minor*, C) és zöldküllő (*Picus viridis*, D)

A mézmutatófélék (*Indicatoridae*) közepes és kistermetű fajok Afrikában és Ázsiában. A kakukkhöz hasonlóan költésparaziták. Egyes fajaik jellemzője, hogy a méhészborznak vagy embereknek megmutatják a számukra elérhetetlen méhek fészket, majd annak kirablása után a maradék léppel táplálkoznak.

Az orrszarvúmadár alakúak (*Bucerotiformes*) rendjébe az orrszarvúmadár-félék (*Bucerotidae*) és a szarvasvarjú-félék (*Bucorvidae*) tartoznak (37.14.A ábra). Afrika és Ázsia trópusi területein élnek. Közepes vagy nagytermetű, többnyire gyümölcsökkel táplálkozó madarak, a szarvasvarjak viszont elsősorban a talajszintről zsákmányoló ragadozók. Egyes fajokra jellemző, hogy a hím a tojót a költés idejére befalazza.

A bankaalakúak (*Upupiformes*) rendjében a bankaféléknek (*Upupidae*) egyetlen faja él: ez a nálunk is fészkelő búbosbanka, (*Upupa epops*, 37.14.B ábra). Hosszú, ívelt csőrével a talajról gyűjti táplálékát. Odúköltő. A tojóknak bűzmirigyük van, aminek váladékát védekezésre használják.

A szalakótaalakúak (*Coraciiformes*) rendjének képviselői kis- vagy közepes méretű madarak. Többségüknél mindkét ivar tollazata élénk színű. Az alább említett családok mindegyike a trópusokon nagy fajgazdagságú, de Európában

csak egy-egy fajuk fordul elő. Ide tartoznak a szalakótafélék (Coraciidae), a jégmadárfélék (Alcedinidae) és a gyurgyalagfélék (Meropidae, 37.14.C–E ábra).



37.14. ábra. Orrszarvúmadár (*Buceros rhinoceros*, A), búbos banka (*Upupa epops*, B), gyurgyalag (*Merops apiaster*, C), jégmadár (*Alcedo atthis*, D) és szalakóta (*Coracias garrulus*, E)

A **kakukkalakúak** (Cuculiformes) rendjében az óvilági kakukkfélékhez (Cuculidae) tartozó madarak legismertebb tulajdonsága, hogy egyes fajaik – így a hazánkban előforduló is – költésparaziták. A kakukk (37.15.A–C ábra) és gazdafajai között koevolúciós verseny zajlik. Egyes fajok már hatékonyan felismerik az idegen tojást, és eltávolítják azt, vagy otthagyják a fészket és újat raknak. A több gazdamadárral rendelkező kakukkfajokon belül különböző rasszok alakulhatnak ki: a különböző rasszok tojásmimikrije különböző gazdafajokhoz való alkalmazkodást mutat.

A **hoacinfélék** (Opisthocomidae) Dél-Amerika esőerdőiben, mangrove mocsaraiban élnek. Növényevők, levelekkel, gyümölcsökkel táplálkoznak. A régebbi rendszerek a tyúkalakúakhoz sorolták őket. A fiókák második és harmadik **ujján jól fejlett karmok vannak**, amelyekkel kapaszkodva mozognak a sűrű növényzetben (37.15.D–E).

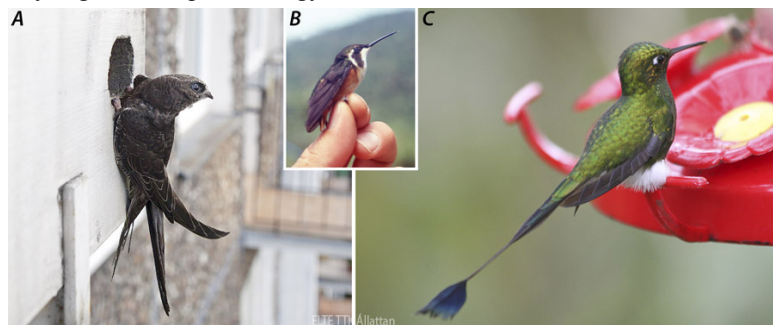
A **papagájalakúak** (Psittaciformes) rendjébe tartoznak a **papagájfélék** (Psittacidae). Többnyire trópusi, szubtrópusi területeken élnek, de néhány fajuk Ausztrália mérsékelt éghajlatú területein fordul elő. Ezek közül több – a fogságban tartott és kiszabadult egyedek leszármazottjaként – Európában és Észak-Amerikában is megtelepedett, mint pl. a hullámos-, és nimfapapagáj. Ide tartoznak a madárvilág legintelligensebb fajai, pl. a kakaduk. Új-Zélandon él a bagolypapagáj (*Strigops habroptilus*) és a kea (*Nestor notabilis*) (37.15.F–G). Sok fajuk a világ minden részén kedvelt díszmadár.



37.15. ábra. Kakukk (*Cuculus canorus*, A–C), hoacin (*Opisthocomus hoazin*, D–E) és kea (*Nestor notabilis*, F, G). A) Kakukk hím és tojó (barna) rajzon, B) kakukk hím és C) fióká, D) hocin az élőhelyén, E) faágakon kapaszkodó fiatal hoacin. F–G), az Új-Zélandon élő kea

A sarlósfecske-alakúak (*Apodiformes*) rendjébe tartozó sarlósfecskefélék (*Apodidae*, 37.16.A ábra) nagyon jó repülők, egész életüket a levegőben töltik, gyakorlatilag csak költeni szállnak le. Lábuk csőkevényes. Légi planktonnal táplálkoznak, aminek mennyisége és elérhetősége erősen időjárásfüggő. Ehhez úgy alkalmazkodtak, hogy inséges időben a fiókák anyagcseréje, testhőmérséklete lecsökken. A költés sikerét az is növeli, hogy a fiókák nem egyszerre kelnek ki, így túlélési esélyük a kiszámíthatatlan körülmények között különbözik, de annak esélye csökken, hogy egyszerre mind elpusztuljon.

A kolibrialakúak (*Trochiliformes*) rendjében a kolibrifélék (*Trochilidae*) családjába a ma élő legkisebb madárfajok tartoznak (37.16.B, C). Amerikában élnek, ahol változatos élőhelyeket népesít be több mint 300 fajuk. Nektárral, kisebb rovarokkal táplálkoznak, amelyekből – kis termetükből következő sajátos repülési technikájuk energiaigénye miatt – hatalmas mennyiséget kell naponta elfogyasztaniuk.



37.16. ábra. Sarlósfecske (*Apus apus*, A) és kolibrik (B, C)

A **bagolyalakúak** (Strigiformes) két csoportját említjük. A **gyöngybagolyfélék** (Tytonidae) Új-Zéland és az Antarktisz kivételével mindenütt előfordulnak. A hazánkban is előforduló faj, a gyöngybagoly (37.17.A ábra), öt kontinensen is előfordul. Kisemlősökkel táplálkozik. Fiókaszáma az adott év táplálékellátottságától függ. Jó években a költés gyakorlatilag folyamatos márciustól októberig, mivel a költés az első tojás lerakásakor kezdődik, ezért a fiókák kora és mérete nagyon eltérő lehet. A második költés tojásait az első költésből származó fiókák kirepülése előtt elkezdhetik lerakni, ilyenkor a kotlást gyakorlatilag a testvérek végzik. Hideg, havas teleken az állomány egy-egy helyről kipusztulhat, de ezt a máshonnan betelepült egyedek következő években nagyobb szaporodási sikere kompenzálhatja.

A **bagolyfélék** (Strigidae) világszerte elterjedtek, több mint másfélszáz fajuk él. Testméretük a verébtől a lúd méretéig változik (37.17.B–F). Többnyire éjszakai ragadozók. A kisebbek elsősorban rovarokat fogyasztanak, a nagyobbak akár őzgida méretű zsákmányt is képesek elejteni. A hazai legkisebb fajaik a törpekuvuk, a füleskuvuk és a kuvik, legnagyobb az uhu. Leggyakoribb az erdei fülesbagoly, amelynek nagyobb csapatai városokban, temetők örökzöldjeinek védelmében töltik a nappali órákat télen. A macskabagoly már költési időszakban is előfordul a városokban, urbanizálódott.



37.17. ábra. Bagolyalakúak: gyöngybagoly (*Tyto alba*, A), erdei fülesbagoly (*Asio otus*, B) és köpete (C), uhu (*Bubo bubo*, D), kuvik (*Athene noctua*, E) és macskabagoly (*Syrinx aluco*, F)

A lappantyúfélék (*Caprimulgidae*) fajainak többsége déli területeken él, hazánkban egy fajuk fordul elő (37.18.A, B ábra). Éjszaka vadásznak kisebb-nagyobb rovarokra.

A **galambalakúak** (Columbiformes) rendjébe tartoznak a **galambfélék** (Columbidae, 37.18.C–G). Változatos méretű, növényevő madarak, magokkal, gyümölcsökkel táplálkoznak. Mindig két tojást raknak. A fiókákat begytejjel etetik. A **szirti galambot** (*Columba livia*) több ezer éve **házasították**, több mint 300 fajtája ismert, amelyeket húsupért vagy díszmadárként tartanak. Nem túl régi időkben, még a II. világháború alatt is a postagalambok szerepet játszottak a kommunikációban. Kivadult egyedek benépesítik a városokat, a leggyakoribb urbanizálódott madárfaj. A **balkáni gerle** (*Streptopelia decaocto*) Ázsiából indulva néhány évtized alatt elterjedt Európa nagy részén. Hazánkban az 1930-as években jelent meg (37.18.E ábra). Városi és mezőgazdasági környezetben is jól érzi magát.

A **dodófélék** (*Raphidae*) a szigetlakó, röpképtelen, kihalt fajok mintapéldányai. Az Indiai-óceánban levő Mauritiuson élt (37.18.F–G ábra). A szigeten kikötő tengerészek a XVII–XVIII. században kiirtották őket.



37.18. ábra. Lappantyú (*Caprimulgus* sp. A,B) és galambfélék (C–G). Sziрти galamb (*Columba livia*, C), balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*, D) és elterjedésének alakulása (E), dodó (*Raphus cucullatus*) rekonstrukciója (F) és élőhelye (Mauritius szigete, G)

A **darualakúak** (Gruiformes) **rendjébe** három család tartozik.

A **túzokfélék** (Otidae) az óvilági füves puszták madarai. Mindenevő, nagytermetű madarak. A hazánkban is élő tűzok (37.19.A ábra) a **magyar természetvédelem** egyik zászlóshajója. A párzási időszakban a kakasok dürgése rendkívül látványos jelenség.

A **darufélék** (Gruidae) a vizes élőhelyek és nagy puszták madarai (37.19.B ábra). Légcsőjük hosszú, a szegycsontban felcsavarodik, ezért jellegzetes hangjuk erős, messzehangzó. A Kárpát-medencéből a XIX. század végén kihaltak, de átvonuló tömegeik száma évről-évre nő.

A Dél-Amerikában a miocénban élt gyilokmadár a valaha élt legnagyobb madárfaj lehetett. A fosszilis leletek alapján koponyája elérte a 80 cm-es hosszt, magassága a 3 métert. Becsült testtömege 400 kg. Egyértelmű csúcsragadozó volt, amíg a két amerikai kontinens érintkezése után benyomuló emlős ragadozók ki nem szorították.

A guvatfélék (Rallidae) kicsi vagy közepes méretű, általában rejtő színű, barnás-szürkés madarak. Többnyire mindenevő, vízi növényzetben élő fajok, pl. guvat, szárcsa, vízityúk, haris tartoznak ide. Ennek a csoportnak Új-Zélandon él egy ritka és röpképtelen faja, a takahe (37.19.C–I ábra).



37.19. ábra. Túzok (*Otis tarda*, A), daru (*Grus grus*, B) és guvatfélék (C–I): szárcsa (*Fulica atra*, C, D), vizityúk (*Gallinula chloropus*, E, F), haris (*Crex crex*, G) és takahe (*Porphyrio hochstetteri*, H, I)

A **lilealakúak** (Charadriiformes) megjelenésük, méretük, táplálkozásuk, szaporodási stratégiájuk alapján is rendkívül változatos, nagy fajgazdagságú csoport. Többségük vízhez kötődik, de sivatagi fajaik is vannak. A **szalonkafélékhez** (Scolopacidae) tartoznak a szalonkaformák és a cankóformák. Általában csőrük és lábuk is megnyúlt, de ezek alakja, arányai nagyon változatosak. A különböző cankó és partfutó fajok, godák és pólingok főleg a tavaszi és őszi vonulás során gyakoriak hazánkban. Az nálunk költő fajok száma kevés (pl. erdei szalonka, piros lábú cankó, nagy goda, 37.20.A–D ábra).

A **gulipánfélék** családjába jellemzően fekete-fehér madarak tartoznak. Többnyire tengerpartokon élnek, de a hazai szikések ezt az igényüket többé-kevésbé kielégítik, így a gulipán és gólyatöcs is fészkel itt.

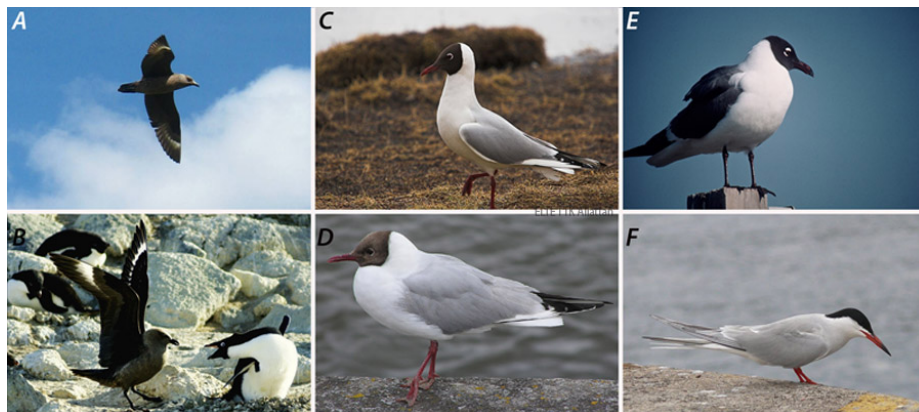
A **lilefélék** többnyire kistermetűek. Egyes fajai vízhez kötődnek és tengerpartokon élnek, mások a sivatagi feltételekhez is jól alkalmazkodtak. Hazai leggyakoribb fajuk a bíbic (37.20.E ábra). Kis számban az alföldi szikésen költ a széki lile (37.20.F ábra).



37.20. ábra. Lilealakúak: mocsári cankó (A), nagy goda (B), kis póling (C, D), bíbic (E) és lile (F)

A **sírályfélékhez** (Laridae) tartozó **halfarkasok** ragadozók, de jellemző tulajdonságuk, hogy rabló életmódot folytatnak (37.21.A, B ábra). Főleg a nagyobb testű sírályoktól ragadják el az általuk elejtett zsákmányt. A **sírályok** főleg az északi féltekére jellemző fajgazdag csoport. Közepes és nagyméretű, főleg víz mellett élő halevők, de fogyasztanak dögöt, rovarokat, alkalomszerűen növényi táplálékot is. Egyes fajaik, mint pl. a dankasírály (37.21.C, D ábra) a városi szeméttelpek jellemző faja lett.

A **csérek** a sírályokra hasonlító, de azoknál általában kisebb, karcsúbb madarak. Hazánkban csak a kűszvágó csér (37.21.F ábra) jellemző költőfaj, de vonuláskor több más, északi fészkelő faj is előfordul nagyobb vizeink mellett.



37.21. ábra. Sírályok és csérek: halfarkas (*Stercorarius skua*, A, B), dankasírály (*Larus ridibundus*) nyári tollazatban (C, D), kacagó sírály (*Larus atricilla*, E) és kűszvágó csér (*Sterna hirundo*, F). A B képen egy halfarkas pingvin tojást próbál zsákmányolni

A **sólyomalakúak** (Falconiformes) rendjébe tartoznak a **vágómadárfélék** (Accipitridae) és a sólyomfélék. Előbbiek közepes vagy nagytermetű ragadozó madarak. Legjellemzőbb hazai gyakori fajaik az egerészölyv, barna rétihéja, héja, karvaly. Ritkák a szirti-, és parlagi sas. A régen is ritkának számító keselyűfajok mára innen kihaltak, de Dél-Európában még megtalálhatók (37.22. ábra).

Az **újvilági keselyűformákhoz** tartozik a természetvédelem egyik ikonfaja, a **kaliforniai kondor** (37.24L ábra). A pulykakeselyűk Amerika nagyvárosaiban is élnek. Kiváló szaglásuk van.

A **sólyomfélék** (Falconidae) kis vagy közepes méretű ragadozók. A hazai fajok közül ide tartoznak a vörös- és kékvércse, valamint a különböző sólymok, mint pl. a kerecsen, ami vélhetően a magyar mondák turulmadara.



37.22. ábra. Sólyomalakúak: egerészölyv (*Buteo buteo*, A), héja (*Accipiter gentilis*, B), karvaly (*Accipiter nisus*, C), szirti sas (*Aquila chrysaetos*, D), pulykakeselyű (*Cathartes aura*, E) és fakó keselyű (*Gyps fulvus*, F)

A **golyaalakúak** (Ciconiiformes) változatos megjelenésű és életmódú csoport.

A **vöcsökfélék** (Podicipedidae) igazi búvármadarak, testfelépítésük a vízalatti vadászathoz alkalmazkodott. A szárazföldön esetlenül mozognak. Nádasokban, álló vagy lassan folyó vizeken fotrdulnak elő. Ide tartozik a búbos vöcsök, amely a költöző madár (37.23.A ábra).

A **kárókatonafélék** (Phalacrocoracidae) közepes vagy nagy testű madarak, jellemzően sötét színűek. Általában hlevő fajok tartoznak ide, amelyek édes és sósvizeken is előfordulhatnak. Kolóniákban költenek. A tengeri fajok felhalmozódott ürüléke, a guanó a műtrágyák elterjedése előtt a legfontosabb talajjavító anyag volt, külön iparág szerveződött köré. Hazánkban gyakorinak mondható faj a kormorán (37.23.B, C ábra), és az utóbbi évtizedben délről terjedő kis kárókatona. A Galápagos-szigeteken röpképtelen fajuk is él.

A **gémfélék** (Ardeidae) közepes vagy nagytermetű vízhez kötődő fajok. Hazánkban a múlt század elején kihalás szélére került, de napjainkra újra jelentős számban élő **nagy kócsag** a **természetvédelem címermadara**. Gyakori fajok a szürke gém, a bakcsó és a törpegém, de az Afrikában gyakori pásztorgém is megjelent (37.23.D–G ábra).

Ide tartoznak a **flamingófélék** (Phoenicopteridae), az **íbiszfélék** (Threskiornithidae) és a **gödénfélék** (Pelecanidae, 37.23.H, I ábra).

A **golyafélék** (Ciconiidae) közé tartoznak a **golyaformák**. Öt kontinensen élő, nagytermetű madarak. Életmódjuk vízhez kötött. Hazánkban két faj, a fehér és a fekete golya él (37.23.J, K ábra). Előbbi évszázadok óta emberközelben, lakott településeken fészkel. A vizes területek fogyatkozása miatt európai állománya jelentősen csökken.

A **pingvinfélék** (Spheniscidae) fajait a régebbi rendszertani művekben önálló alosztályba (szárnyal evezők, Impennes) sorolták. A déli földgömb tengereiben élnek, az Egyenlítőtől az Antarktiszig (37.23.M–O ábra). Tollazatuk nem rendeződnek pásztákba, mint a többi madárnál. Szárnyukon nincsenek evezőtollak. A vízben szárnyukkal evezve úsznak.



37.23. ábra. Gólyaalakúak: búbos vöcsök (*Podiceps cristatus*, A), kormorán (*Phalacrocorax carbo*, B, C), szürkegém (*Ardea cinerea*, D), pásztorgém (*Bubulcus ibis*, E), nagy kócsag (*Egretta alba*, F), bakcsó (*Nycticorax nycticorax*, G), flamingó (*Phoenicopterus roseus*, H), pelikán (*Pelecanus onocrotalus*, I), fehér gólya (*Ciconia alba*, J), fekete gólya (*Ciconia nigra*, K), pingvinek (L–O): fiókák (L), Adélie–pingvinek (*Pygoscelis adeliae*, M), császárpingvin (*Aptenodytes forsteri*, N) és Magellán–pingvin (*Spheniscus magellanicus*, O)

Az **énekesmadár- vagy verébalakúak** (Passeriformes) a fajokban leggazdagabb rend. A recens fajok többsége – mintegy 60 százaléka – ebbe a csoportba tartozik. Többségük kis- vagy közepes méretű. Egységes jellemzésük a nagy fajsúly és életmódbeli különbségek miatt nehéz. Általában magas intelligenciájú, jól alkalmazkodó fajok. Legtöbbjükre jellemző a fejlett hangadás, aminek a szaporodásban van a legfontosabb szerepe.

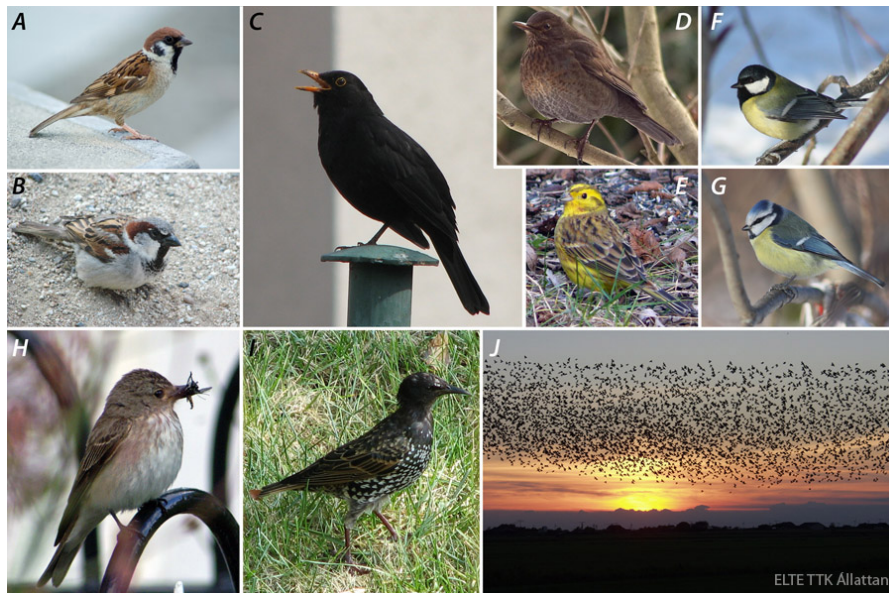
Pontos rendszertani besorolásuk mellőzésével ide tartoznak a varjúszerűek (Corvida). A gébicsfélék (Laniidae) családjának legjellemzőbb hazai faja a töviszszűrő gébics (37.24.A, B ábra), amely nevét arról a jellemző szokásáról kapta, hogy rovarokból és apró gerincesekből álló zsákmányát bőséggel idején bokrok töviseire szúrva raktározza.

A **varjúfélék** (Corvidae) világszerte elterjedt, közepes méretű madarak. Hazai legismertebb fajaik a vetési és dalmányos varjú, a szarka és a szajkó (37.24.D–L ábra).



37.24. ábra. Varjúfélék: tövisszúró gébics hím (*Lanius collurio*, A) és tojó (B), vetési varjú (*Corvus frugilegus*, C), dolmányos varjú (*Corvus cornix*, D), szajkó (*Garrulus glandarius*, E) és egy tolla (F), ivarérett hím szarka (G) és szarka fióka (*Pica pica*, H), szarka röpképe (I)

A **verébszerűek** (Passerida) a legismertebb körülöttünk élő madarak – rigók, légykapók, seregélyek, cinegék, poszták, pacsirták, verebek, pintyek, sármányok tartoznak ebbe a rendszertani csoportba (37.25. ábra). Részletesebb megismerésükre a rendszertani kurzuson kerül sor.



37.25. ábra. Verébszerűek: mezei veréb (*Passer montanus*, A), házi veréb (*Passer domesticus*, B), fekete rigó (*Turdus merula*) hím (C) és tojó (D), citromsármány (*Emberiza citrinella*, E), széncinege (*Parus major*, F), kék cinege (*Parus caeruleus*, G), egy légykapó faj (*Muscicapa* sp. H), seregély (*Sturnus vulgaris*) téli tollazatban (I) és seregélyfelhő a város felett (J)

Megválaszolandó kérdések és feladatok

1. Mutassa be a madarak anatómiai jellegzetességeit és jelentőségét!
2. Ismertesse a két alosztály elkülönítésének alapját és e tulajdonság következményeit (táplálkozásmód, mai elterjedés, fajgazdagság)!
3. Mutassa be a futómadár-szabásúak alosztályát (csoportok, példák, életmód, élőhely)!
4. Soroljon fel domesztikált madarakat őseikkel együtt, s adja meg besorolásukat!

5. Soroljon fel különböző táplálkozású madarakat (pl. magevők, nektárfogyasztók, növényevők, ragadozók, dögevők), s adja meg besorolásukat!
6. Ismertesse röviden, hogy mit tud a madarak repüléséről, és nevezzen meg vándorló madarakat!

38. fejezet - Az emlősök (Mammalia) osztálya - (F. J.)

38.1. Általános jellemzésük

Az emlősök a legfejlettebb gerinces állatok. Testüket **szőrzet** fedi, e tulajdonságuk világosan elkülöníti őket minden más ma élő állatcsoporttól. Ez a szőrtakaró vízi állatokban másodlagosan redukálódhat vagy hiányozhat (pl. cetek, vízilovak), de a magzatjaikon, illetve újszülöttjeiken mindig megtalálható. Bőrük mirigyekben gazdag, ezek közül a **verejtékmirigyek** jelenléte emlősökre jellemző, a tej- vagy emlőmirigyek ezek módosult változatai. Kicsinyeiket ez utóbbiak váladékával táplálják; innen származik a csoport elnevezése. Az emlősök testüregének jellemző, speciális eleme az izmos rekesz (rekeszizom), a mell- és a hasüreget választja el egymástól (5.13. ábra), fontos légzőizom.

Az emlősök rendkívül fontos szerepet játszanak az ember életében. Húsuk táplálékul szolgál, bőrüket, prémjüket nagy tömegben dolgozzák fel, egyes fajukat háziállatként tartják, stb. Az emlősök között található a legnagyobb méretű és tömegű állatok is.

Fajszámuk még a gerincesek között sem túl magas (4 600), de az alfajok száma nagy, illetve ha a viselkedésüket, ökológiai tulajdonságaikat nézzük, a legváltozatosabb állatcsoportnak számítanak.

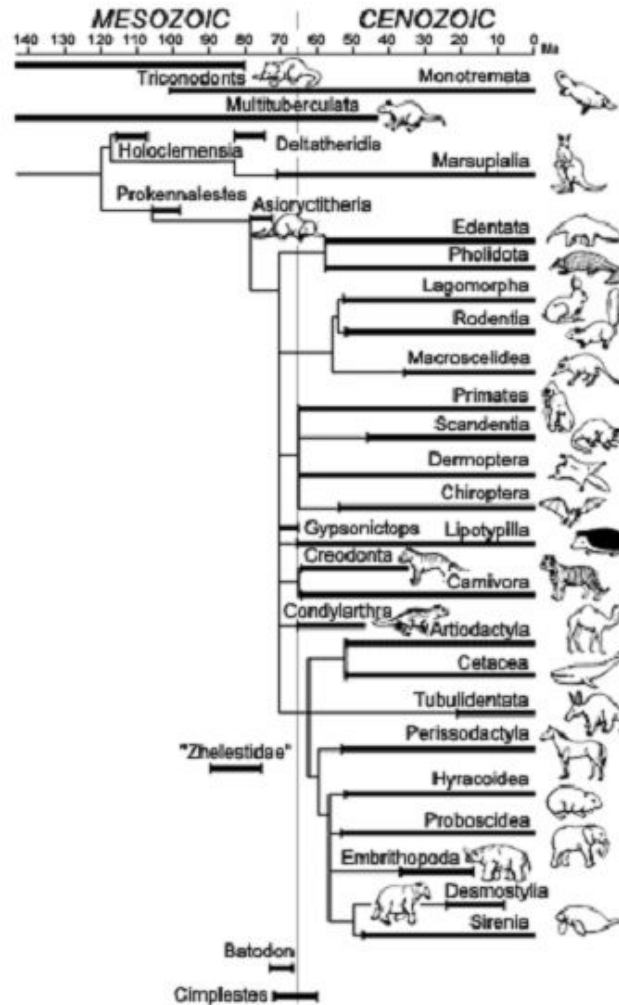
38.2. Leszármazásuk

Az emlősök az ún. **egy halánték ablakos** (synapsida) **hüllők**ből származnak (ld. vázrendszer). Emlősszerű állatok a fossziliák alapján az evolúció során többször is kialakultak. A mai fajok három nagyobb csoportba sorolhatók: ezek a tojásrakó emlősök, az erszényesek és a méhlepényesek:

- Emlősszerűek (Synapsida)
 - Emlősszerű őshüllők (Therapsida) osztálya
 - Emlősök (Mammalia) osztálya
 - Tojásrakó emlősök (Prototheria) alosztálya
 - Kloakások (Monotremata) rendje
 - Theria alosztály
 - Erszényesek (Metatheria / Marsupialia) öregrendje
 - Méhlepényesek (Eutheria / Placentalia) öregrendje

A tojásrakó emlősök a kréta elejétől léteznek, de csak kevés fossziliájuk maradt fenn. Elterjedési területük Ausztráliára és Új-Guineára korlátozódik. Eredetük bizonytalan, így a másik két csoport, az erszényesek és a méhlepényes emlősök közelebbi rokonságban állnak egymással. Bár a Föld nagy részéről a méhlepényesek kiszorították az erszényeseket, ez nem azt jelenti, hogy az erszényesek az ősi csoport és belőlük fejlődtek ki a méhlepényesek. A két csoport evolúciója nagyrészt párhuzamosan játszódott le.

Az emlősök főbb csoportjainak kialakulását és rokonsági viszonyait a 38.1. ábra mutatja be.



38.1. ábra. Az emlősök főbb csoportjainak kialakulása és rokonsági viszonyai

38.3. Szervezeti bemutatásuk

Szervezeti jellemzésükről korábban részletesen szoltunk, így itt most csak röviden összefoglaljuk az ott leírtakat.

Kőztakarójuk háromrétegű, felhámjuk (epidermisz) elszarusodó, többrétegű laphám. Ennek szarufüggelékai a szőrszálak, a karmok és a pikkelyek. A szőrök sokféleképpen módosulhatnak, s a bundázatnak és a bőr kötőszöveti rétegében futó erezetnek alapvető szerepe van a hőháztartásban. A hámhoz többféle mirigy tartozik (verejték-, faggyú-, illat- és tejmirigyek). Az emlősök a legkülönbözőbb tápanyagforrások hasznosítására képesek. **Fogmederben ülő fogazatuk** jól fejlett, differenciált. A törzsfejlődés folyamán először itt jelenik meg a valódi **különnemű**, tehát többféle fogtípusból álló (heterodont) **fogazat**. Szájpadlásuk az orr- és a szájüreget teljesen elkülöníti, ez lehetővé teszi, hogy a táplálékát szájában tartó állat folyamatosan lélegezzon. Nyelvük mozgékony, „ízérző” nyelv, sok emlősfaj táplálékának megragadását is segíti (szarvasmarha, hangyász). Emésztőtraktusuk elő-, közép- és utóbélre tagolódik. Növényevőkben a cellulóz megemésztését segítő terjedelmes összetett gyomor és vakbél fejlődik/et. Utóbbihoz nyiroktüszőkben gazdag függelék, féregnyúlvány csatlakozhat. Középbélük felszínét **bélbolyhok** növelik. A **kloakás emlősökben** (Prototheria) az embrionális korra jellemző kloaka a felnőtt állatokban is megmarad, az emésztőkészülék és a húgyivarkészülék egyetlen nyílással torkollik a külvilágba. A **Theria csoportban** (azaz az erszényesekben és a méhlepényesekben) a **kloaka ürege kettéválasztódik**, külön végbél-, ill. urogenitalis nyílás fejlődik. Az emlősök légzőkészülékében különösen a **gégefő**, illetve a tüdők fejlettsége jellegzetes. A gégeben a gyűrű- és a kannaporcok mellett **önálló pajzsporc és gégefedő porc** alakult ki, a hangképzés a gége szerkezeti adottságainak következtében igen fejlett lehet. A tüdőkben hörgőrendszert találunk, melynek végén emlősökre jellemző **tüdőhólyagocskák** (alveolusok) fejlődnek. A tüdők a mellkas mozgását passzívan követik.

Az emlősöknek **utóveséjük** van (10.7. ábra), amelyben **kéreg és velőállomány**, valamint **vesemedence** fejlődik (10.10. ábra). Kifejezetten vízviasszatartásra specializálódott szerv, mely képes a testfolyadéknaál sokszorosan töményebb (hiperozmotikus) vizelet előállítására. **Húgyvezetője másodlagos** (l. 10.7. ábra). A vizeletképző és az ivarszervek közötti kapcsolat hímekben kiterjedtebb, mint nőstényekben. A legtöbb emlősfajban fejlett **párhízszerveket** és természetesen **belső megtermékenyítést** találunk. Gyakori az ivari kétalakúság. Kis kivételtől eltekintve a hím egyedek mindig nagyobbak, robosztusabb testfelépítésűek.

A megtermékenyítés után az utódok fejlődése a **tojásrakó emlősök** (pl. kacsacsőrű emlős, hangyászszünök) esetében a hüllőkhöz és a madarakhoz hasonlóan megy végbe. A lágylőhjú tojásból kikelt kis állatok anyatejjel táplálkoznak. Emlőbimbók nem alakulnak ki, az újszülöttek anyjuk hasáról nyalogatják fel a tejet. Az **erszényesek** (Marsupialia) már eleve szülők, terhességi idejük azonban igen rövid (8–42 nap), ennek következtében újszülöttjeik nagyon aprók (0,5–3 cm hosszúak), és meglehetősen fejletlenek (38.13. ábra). A kicsik saját erejükből kapaszkodnak fel az emlőkhöz, és teljes kifejlődésük az erszényen belül történik meg. A **méhlepényes emlősök** (Placentalia) utódai a női ivarutak speciális részében, az **anyaméhben** fejlődnek. A **méhlepény** (placenta) anya és magzata között teremt kapcsolatot, rajta keresztül bonyolódik le a magzati gázcsere, anyagsere, egyes bomlástermékek leadása (11.11.B ábra). Fontos szerepe van a fejlődő állatok méhen belüli rögzítésében is.

Szívük négyosztatú, két vérkörük teljesen elkülönült. Vérnyomásuk finoman szabályozott. Bal aortaívük van. Nyirokrendszerükben jól körülhatárolható és határozott alakú **nyirokcsomók** fejlődnek. Vörösvérsejtjeik, a többi gerinccsel ellentétben magvatanok (**vörösvértestek**), így oxigénszállító kapacitásuk nagy, de relatíve rövid életűek. **Idegrendszerükben** elsősorban az előagy és a kisagy fejlettsége szembetűnő, az előbbiben rendszerint jól fejlett **agykérgét** találunk. A löztiagyi **termoregulációs központok** működése, a tojásrakó emlősök kivételével, állandó testhőmérsékletet biztosít számukra.

A mellékvese kéreg- és velőállományra való különülése és a kéregállomány zónákra tagolódása ugyancsak emlős jellegzetesség. **Érzékszerveik fejlettek.** Külsőfülük fejlődik, a középfülben **három hallócsontocska**, a kalapács az üllő és a kengyel foglal helyet (14.16. ábra). A belsőfül hallószervi része, a csiga, ugyancsak jellemző az emlősökre. (Az elnevezést az indokolja, hogy itt ez a vezeték csigavonalban feltekeredik.) Szaglászuk többnyire igen fejlett, fontos szerepet játszik a párkeresésben, a szexuális funkciókban és természetesen a táplálékszerzésben is.

38.4. Az emlősök rendszere

38.4.1. Tojásrakó emlősök (Prototheria) alosztálya

Hangyászszüfélék (Tachyglossidae) családja

Termeszekkel, hangyákkal táplálkozó ausztráliai és új-guineai emlősök. Állkapcsuk megnyúlt, nyelvük ragacsos. Szőrök nagy része tüskeszerűvé vált. A fajok állkapcsaik megnyúlásának mértékében térnek el (38.2. ábra). Hasonló kinézetű és életmódú fajok az erszényesek és a méhlepényesek között is vannak.



38.2. ábra. A bal oldalon rövidcsőrű-hangyászszün (*Zaglossus bruijn*), a jobb oldalon hosszúcsőrű-hangyászszün (*Tachyglossus aculeatus*)

Kacsacsőrű-emlősfélék (Ornithorhynchidae) családja

Vízben élő tojásrakó emlősök. Ausztrália keleti partvidékén és Taszánia-szigetén élnek. A tojásokat a partban készített üregekbe rakják. Kacsa csőrére emlékeztető állkapcsaikkal az ajzatról szedegetik a különféle gerinctelen

állatokat (38.3. ábra). A hímek hátsó lábán sarkantyú van, amely méregmirigyeket is tartalmaz. Ennek funkciója ismeretlen.



38.3. ábra. Kacsacsőrű emlős (*Ornithorhynchus anatinus*)

38.4.2. Theria alosztály

38.4.2.1. Erszényesek (Metatheria / Marsupialia) öregrendje

Körülbelül 272 faj tartozik közéjük. Többségük (kb. 200 faj) Ausztráliában, a többi Dél- és Közép-Amerikában él¹. Ősi, diverz csoport, amely a Kréta időszak közepén vált le a méhlepényesekkel közös ágról.

OPOSSZUMALAKÚAK (DIDELPHIMORPHA) rendje

Oposzumfélék (Didelphidae) családja

Újvilági erszényes család, főként Közép- és Dél-Amerikában élnek, de egyes fajaik Észak-Amerikában is megtalálhatóak. Az Amerikai Egyesült Államokban szinte a kanadai határig előfordul az északi oposzum (*Didelphis virginiana*). Az egéroposzum (*Marmosa elegans*) peleszerű, éjszakai állat.

A családban fajtól függően lehet jól fejlett erszény vagy akár hiányozhat is. Általában kicsi vagy közepes méretű állatok. Gyomruk egyszerű. Néhány fajuk vízi életmódot folytat. A vízioposzum (*Chironectes minimus*) az egyetlen vízi életmódú erszényes (38.4. ábra). Délnyugat-Mexikóban, Bolíviában és Észak-Argentínában él. Akár 3000 m-es tengerszint feletti magasságokban is élhetnek.



¹<http://evolution.berkeley.edu/evosite/lines/IIIBgeography.shtml>

38.4. ábra. Északi oposzum (*Didelphis virginiana*, A), egéroposzum (*Marmosa elegans*, B) és vízioposzum (*Chironectes minimus*, C)

CICKÁNYOPOSSZUM-ALAKÚAK (PAUCITUBERCULATA) rendje

Cickányoposzum-félék (*Caenolestidae*) családja

Dél-Amerikában nem élnek valódi cickányok. Helyüket az ugyanolyan kisméretű oposzumfajok foglalják el (38.5. ábra). Ők is rovarokkal táplálkoznak.

A peru-cickányoposzum (*Lestoros inca*) Peru déli részén az Andok-hegység 2800-4000 m-es magasságában, sűrű vegetációjú hegyi erdőkben él. Szintén az Andok-hegység lakója a Chile-cickányoposzum (*Rhyncholestes raphanurus*).



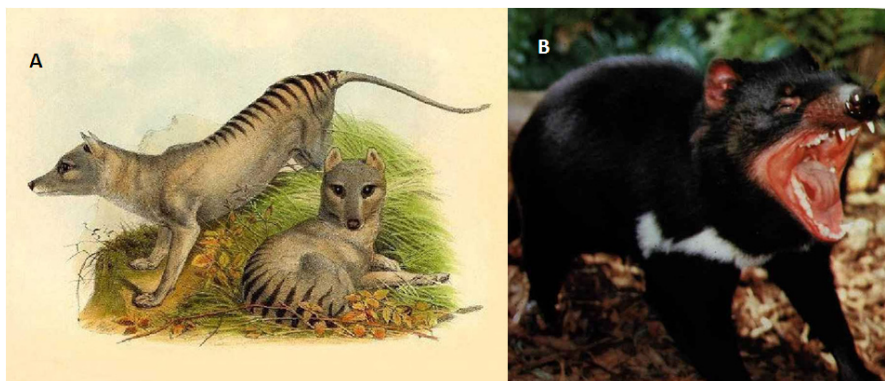
38.5. ábra. Peru-cickányoposzum (*Lestoros inca*) és Chile-cickányoposzum (*Rhyncholestes raphanurus*)

ERSZÉNYES RAGADOZÓK (DASYUROMORPHIA) rendje

Erszényesfarkas-félék (*Thylacinidae*) családja

Az erszényesfarkas (*Thylacinus cynocephalus*, 38.6.A ábra) valaha Ausztrália és Tasmánia legnagyobb erszényes ragadozója volt. Zsákmányát főleg kenguruk és talajon fészkelő madarak alkották. Hirnevén sokat rontott, hogy megölte a juhokat, emiatt 1888 és 1904 között 2268 állatot irtottak ki. Az utolsó példányt 1961-ben ölték meg tévedésből. Utolsó fogságban tartott példánya 1936-ban pusztult el Hobart állatkertjében.

A tasmániai ördög vagy erszényesördög (*Sarcophilus harrisi*, 38.6.B ábra) a ma élő legnagyobb erszényes ragadozó. Főként döögöket eszik. Régebben Ausztráliában is gyakori volt, de ott teljesen kiirtották, ma már csak Tasmania szigetén él. Természetes ellensége nincs, csak az emberi hatások, főként élőhelyének beszűkülése veszélyezteti.



38.6. ábra. Erszényesfarkas (A, *Thylacinus cynocephalus*) és az erszényesördög (B, *Sarcophilus harrisi*)

Erszényeshangyász-félék (*Myrmecobiidae*) családja

Az erszényeshangyász (*Myrmecobius fasciatus*) Nyugat-Ausztrália bozótosaiban élő, természetek fogyasztására specializálódott állat (38.7. ábra). Nyelve nagyon hosszú és ragacsos. Élőhelyének beszűkülése és a behurcolt méhlepényes ragadozók (kutya, macska) miatt állománya megritkult. A nősténynek nincs erszénye.



38.7. ábra. Erszényeshangyász (*Myrmecobius fasciatus*)

ORMÁNYOS ERSZÉNYESEK (PERAMELEMORPHA) rendje

Valódi bandikutfélék (*Peramelidae*) családja

Ausztráliában, Tasmániában, Új-Guineában és néhány környékbeli szigeten élő, hosszú fülük miatt a nyulakhoz hasonló erszényesek (38.8. ábra). Általában magányosan élnek és territóriumot tartanak. Kisebb gerincteleneket és magvakat, bogyókat is esznek. Jellemző képviselőjük a hosszúorrú bandikut (*Perameles nasuta*) és az erszényes nyúl vagy nagy nyúlfülű bandikut (*Macrotis lagotis*).

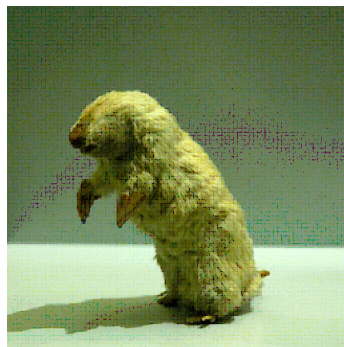


38.8. ábra. Bal oldalon hosszúorrú bandikut (*Perameles nasuta*), jobb oldalon nagy nyúlfülű bandikut (*Macrotis lagotis*)

ERSZÉNYES VAKOND-ALAKÚAK (NOTORYCTEMORPHA) rendje

Erszényes vakond-félék (*Notoryctidae*) családja

Az északi erszényes vakond (*Notoryctes typhlops*) a méhlepényes vakondhoz hasonló kinézetű és életmódú faj (38.9. ábra). A mellső lábán levő hatalmas karmokkal ássa járatát. Szép példa a konvergens fejlődésre, amikor eltérő eredetű fajok a hasonló életmód miatt hasonló kinézetűek.



38.9. ábra. Északi erszényes vakond (*Notoryctes typhlops*)

KEVÉSFOGÚ ERSZÉNYESEK (DIPROTODONTIA) rendje

Koalafélék (*Phascolarctidae*)

A koala (*Phascolarctos cinereus*) táplálékspecialista faj, csak bizonyos eukaliptusz fák leveleit eszi (38.10. ábra). Emiatt, bár látványos állat, tartása nehézkes. Mivel védett állat, sok helyen túlszaporodott, így nincs elegendő tápláléka, ezért az egyedek egy részét át kell telepíteni.



38.10. ábra. Koala (*Phascolarctos cinereus*)

Vombatfélék (Vombatidae) családja

A csupaszorrú vombat (*Vombatus ursinus*) zömök, medveszerű, növényevő erszényes. Szőrzete rendkívül dús, lapított karmaival ássa járatrendszerét (38.11. ábra). Nappal üregében pihen, csak éjszaka aktív. Főként fűvet eszik, de a kiásott gyökereket is elfogyasztja. Nem igényes, így állatkertekben könnyen tartható.



38.11. ábra. Csupaszorrú vombat (*Vombatus ursinus*)

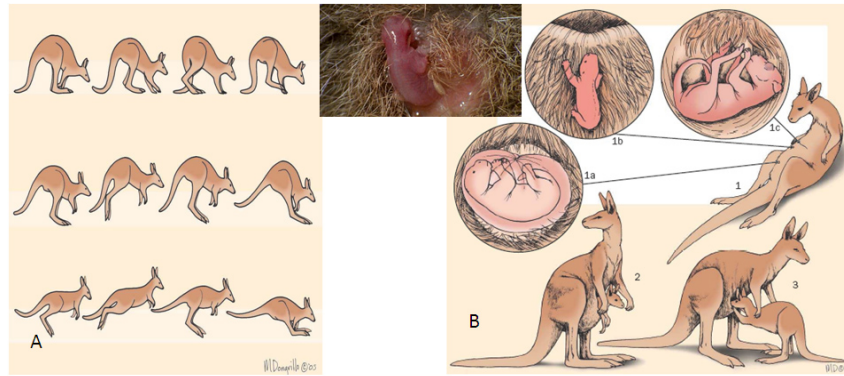
Kengurufélék (Macropodidae) családja

Erős hátsólábakkal, gyengébb mellsővégtaggal és erős farokkal rendelkező növényevő erszényesek. Az utódok fejletlenül jönnek világra, majd bemásznak az erszénybe, rátapadnak a csecsbimbóra és hozzá is nőnek (38.12. ábra). Közben az anya az idősebb testvért is tudja szoptatni. Néhol túlszaporodtak.



38.12. ábra. A kenguru mozgása (A) és szaporodása (B)

Jellegzetes lépviselői a szürke kenguru (*Macropus giganteus*) és a vörös kenguru (*Macropus rufus*, 38.13. ábra).



38.13. ábra. Bal oldalon keleti szürke óriáskenguru (*Macropus giganteus*), jobb oldalon vörös kenguru (*Macropus rufus*)

38.4.2.2. Méhlepényesek (Placentalia / Eutherua) öregrendje

A vendégizületesek (Xenarthra) csoportjába tartozó fajokra jellemző, hogy az utolsó háti és a keresztcsonti tájékon a csigolyáknak a rendes izületi nyúlványok mellett járulékos nyúlványai is vannak, amelyek ún. vendégizületet alakítanak ki. Régebbi, ma már nem használt nevük a „foghíjasok” (Edentata), mivel a családok egy részének hiányoznak a fogai a hangya- és természetvédelemhez való adaptáció miatt.

SZÖRÖS VENDÉGIZÜLETES-ALAKÚAK (PILOSA) rendje

Háromujjú lajhárfélék (Bradypodidae) családja

A közönséges háromujjú lajhár vagy ai (*Bradypus tridactylus*) mellső végtagján három, hatalmas karmokkal bíró ujj van. Kilenc nyakcsigolyája van, így fejét 180 fokban is el tudja fordítani. Dél-Amerika esőerdeiben él, leveleket eszik. Lassú mozgású. Bundájában a szőrszálak has-hát irányban fut le. A szőrök között algák tenyésznek. Van egy fényilonca lepkefaj, melynek hernyója kizárólag ezeket az algákat eszi. Külön családba tartozik a kétujjú lajhár vagy unaut (*Choloepus didactylus*), amelynek az előbbi fajjal szemben csak hat nyakcsigolyája van (38.14. ábra).



38.14. ábra. Bal oldalon háromujjú (*Bradypus tridactylus*), jobb oldalon kétujjú lajhár (*Choloepus didactylus*)

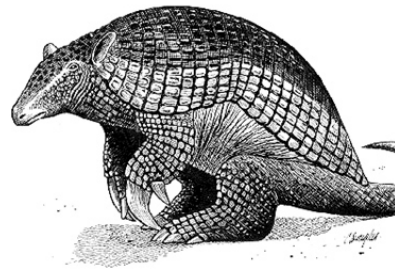
ÖVESÁLLAT-ALAKÚAK (CINGULATA) rendje

Tatufélék (Dasypodidae) családja

Új-világi állatok. Testüket szarupikkelyek védik, melyek egy része ún. övekbe rendeződik (38.15. ábra). Összegömbölyödve a ragadozók többségétől védve vannak.



Kilencövestatu (*Dasypus novemcinctus*)



Óriástatu (*Priodontes giganteus*)

38.15. ábra. Balra kilencöves tatu (*Dasypus novemcinctus*), jobbra óriás tatu (*Priodontes giganteus*)

Hangyászfélék (*Myrmecophagidae*) családja

Megnyúlt állkapcsú, hangyákkal táplálkozó állatok. A kizárólag Közép- és Dél-Amerikában élő sörényes hangyász (*Myrmecophaga tridactyla*) a család leginkább veszélyeztetett faja (38.16. ábra).



38.16. ábra. Sörényes hangyász (*Myrmecophaga tridactyla*)

A **rovarevők** (Insectivora) régebben széleskörűen használt rendszintű megnevezése azon állatfajoknak, amelyekről kiderült, hogy polifiletikus eredetűek, így a csoportot ma több rendre bontották.

AFRIKAI ROVAREVŐ ALAKÚAK (*AFROSORICIDA*) rendje

Aranyvakondfélék (*Chrysochloridae*) családja

Két alcsalád több faja tartozik a családba. Kizárólag Afrikában élő állatok. A nálunk élő vakondhoz hasonló életmódot folytatnak. A konvergenciára jelentenek példát. Egyik nemük az *Eremitalpa*, amelybe a namíbiában élő grant aranyvakon is tartozik (38.17. ábra).



38.17. ábra. Aranyvakond

SÜNALAKÚAK (*ERINACEOMORPHA*) rendje

Sümfélék (*Erinaceidae*)

Az egyik leggyakoribb rovarrevő faj. Kedveli a természetes és lakott területek határát. Az egyik leggyakrabban elgázolt állat. Védekezési reakciója az összegömbölyödés. Speciális izmai és tüskeszerű szőrei vannak. Téli álmot alszik.

A nálunk is élő **európai sün** (*Erinaceus europaeus*) és a **keleti sün** (*Erinaceus roumanicus*) elvileg tudna szaporodni egymással, de a téli álmából eltérő időpontban ébrednek fel.



38.18. ábra. Európai (*Erinaceus europaeus*, A) és keleti sün (*Erinaceus roumanicus*, B)

CICKÁNYALAKÚAK (SORICOMORPHA) rendje

Cickányfélék (Soricidae) családja

Rendkívül gyors anyagcseréjű állatok. Téli álmot nem alszanak. Az éhezést csak pár óráig bírják ki. Három csoportjukat a fogak végének színe alapján különböztetjük el. A vörösfogú cickányok (*Sorex*-fajok) főként erdős területeken élnek, a fehérfogú-cickányok (*Crocidura*-fajok), melyek fogának vége fehér, a nyíltabb területeket kedvelik. A vízi cickányok ujjai szélén és a farkuk alsó szegélyén sertesor növeli a felületet. Akár halivadékokat is elkapnak. Harapásuk mérgező.

Ide tartoznak a mezei cickány (*Crocidura leucodon*), az erdei cickány (*Sorex araneus*) és a vízi cickány (*Neomys fodiens*, 38.19. ábra).



38.19. ábra. Cickányok: mezei cickány (*Crocidura leucodon*, A), erdei cickány (*Sorex araneus*, B), vízi cickány (*Neomys fodiens*, C)

Vakondfélék (Talpidae) családja

A **közönséges vakond** (*Talpa europaea*) ásó életmódot folytató emlős. Gerincteleneket, főként földigilisztákat esznek. Téli álmot nem alszik, gilisztákból táplálékkészletet halmoz fel. Mellső végtagjában az ásás miatt egy plussz csont, az ún. sarlócsont alakult ki. Bundája sűrű, kefeszerű, egyik irányba sem hajló szőrszálakkal (38.20. ábra).

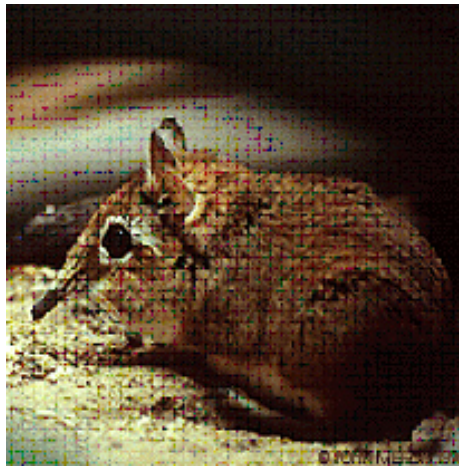


38.20. ábra. A közönséges vakond (*Talpa europea*)

MÓKUSCICKÁNY-ALAKÚAK (SCANDENTIA) rendje

Mókuscickányfélék (Tupaiidae) családja

A rovarvők és a főemlősök közötti helyzetben levő emlősök. A feltételezések szerint az ember ősei is hasonló életmódot folytattak, mint ők. Élő kőületnek tekinthetők. A mókuscickányok közül a közönséges mókuscickány (*Tupaia glis*) elterjedési területe a legnagyobb: Észak-Indiában, Délkelet-Kínában és Indonézia esőerdeiben él (38.21. ábra).



38.21. ábra. Közönséges mókuscickány (*Tupaia glis*)

DENEVÉREK (CHIROPTERA) rendje

Az egyedül valódi repülésre képes emlősök. Mellső végtagjukon a második ujjuktól kezdve az ujjak erőteljesen meghosszabbodnak. Az ujjak között, valamint az ujjak és a törzs között bőrhártya, az ún. vitorla feszül, amely szárnyként működik. A vitorla a hazai fajoknál kiterjed a farokra is. A rágcsálók után a második legfajgazdagabb rend, fajsámuk 930 körüli. Pihenéskor, alváskor, téli álm idején fejjel lefele lógnak. Zömük éjszaka aktív. Echlokációval tájékozódnak. Két nagyobb csoportra oszthatók méret alapján, ami mára kiderült, nem jelent rendszertani elkülönülést is egyben.

NAGYDENEVÉREK (Megachiroptera)

Repülőkutya-félék (Pteropodidae) családja

Kizárólag óvilági fajok. Gyümölcsökkel táplálkoznak (38.22. ábra).



Óriás repülőróka (*Pteropus giganteus*)



Nílusi repülőkutya (*Rousettus aegyptiacus*)

38.22. ábra. Repülőkutya: balra óriás repülőróka (*Pteropus giganteus*), jobbra nílusi repülőkutya (*Rousettus aegyptiacus*)

KISDENEVÉREK (MICROCHIROPTERA)

A denevérek többsége ebbe a csoportba tartozik. Többségük rovarokkal táplálkozik, de vannak közöttük komoly egészségügyi problémákat okozó vérszívó fajok is. Fajtól függően pihenhetnek faodvakban, épületek padlásán, templomtornyokban vagy barlangokban is. Néha hatalmas kolóniákat hoznak létre. Egyszerre csak egy utódot hoznak világra. Közéjük tartozik a ma élő legkisebb emlősfaj, a dongódenevér (*Craseonycteris thonglongyai*) is. A 1,5-2 g testtömegű állatot 1973-ban fedezték fel egy thaiföldi barlangban. Többségüket élőhelyeik megszűnése, leromlása, pihenő-, telelőhelyeik megszűnése veszélyezteti. Magyarországon minden fajuk védett! Hazánkban élő denevérek kettő családba tartoznak.

Patkósdenevér-félék (*Rhinolophidae*) családja

E család tagjai az orrukat fedő, patkó alakú bőrredőn keresztül adják ki az ultrahangot.

Simaorrú denevérek (*Vespertilionidae*) családja

Az ide tartozó állatok a nyitott szájukon keresztül adnak hangot. A fajok élőhelyük forrásait időben is felosztják, nem egyszerre vadásznak.



38.23. ábra. Dongódenevér (*Craseonycteris thonglongyai*)

NYÚLALAKÚAK (LEPIDOMORPHA) rendje

A rágcsálókhoz hasonlóan hosszú, folyamatosan növekvő metszőfogaik vannak. Azonban azoktól eltérően a főmetszőfogak mögött még egy második pár csökevényes metszőfog is található a felső állkapocsban. További különbség, hogy a metszőfogak hátulsó felszínét is zománc borítja. Emésztőrendszerük növényi táplálék felhasználására adaptálódott. A cellulóz lebontását végző mikroorganizmusok a vakbélben találhatók. A nélkülözhetetlen B12 vitamint is ezek állítják elő, és a nyulak koprofágiával jutnak hozzá.

Az **üregi nyulat** (*Oryctolagus cuniculus*) a rómaiak terjesztették el, belőle domesztikálták a házinyulat. Utódait védett helyen, üregekben hozza világra. A nyúlfiak csupaszok és vakok. Magyarországon sajnos kihalt (38.24. ábra).



38.24. ábra. Üregi nyúl (*Oryctolagus cuniculus*)

A **mezei nyúl** (*Lepus europaeus*) nem készít járatokat, utódai szőrösen, nyitott szemmel jönnek a világra. Másnap már futnak és egy hetes korukban elválasztódnak (38.25. ábra).



38.25. ábra. Mezei nyúl (*Lepus europaeus*)

RÁGCSÁLÓK (RODENTIA) rendje

Az emlőssálatok közel 40%-a tartozik ide. A legkülönbözőbb élőhelyeken lehet megtalálni őket, gyakran az ember környezetében, jelentős gazdasági károkat vagy súlyos járványokat okozva, illetve a föld sok részén fontos élelemforrásként szerepelnek. A rágcsálók sikeressége többek között arra vezethető vissza, hogy nagyon fiatal csoportnak tekinthetők evolúciós szempontból (26-38 millió év), így megőrizték a nagyfokú genetikai variációjukat. Évente több alkalommal nagyszámú utódot ellenek. Táplálkozási spektrumuk igen széles. A legtöbb rágcsáló kicsi, kb. 100 g körüli. Mindegyik ide tartozó fajt jellemzi azonban a tipikus rágcsáló fogazat, 1-1 pár folytonosan növekvő metszőfog, amelynek azonban csak a külső felszínét borítja zománc. Koponyájuk általában megnyúlt, farkuk hosszú, végtagjaik rövidek. Kiváló érzékszervekkel (szaglás, látás, érzékszőrök) rendelkeznek. Többségük növényevő, de kisebb gerinctelenekkel és gerincesekkel is táplálkozhatnak. Különösen hatásos az emésztésük, ugyanis a bevitt energia mennyiség kb. 80%-át hasznosítják.

A rendet három csoportba szokták osztani a rágóizmok alapján. Az első alrendben, az egérszerűek (*Myomorpha*) csoportjában a rágóizom nemcsak összehárja az állkapcsokat, de az alsó állkapcsot még előre is húzza, előidézve a jellegzetes rágcsáló szájmozgást. Ez csak ennek a rendnek a tagjaira jellemző. A mókusszerűek (*Sciuromorpha*) oldalsó, felszínes rágóizmai előrehúzódnak a szem előtt az orr irányába, a mélyebben futó erősebb rágóizmok pedig csak összehárják az állkapcsokat. A harmadik alrendre sülszerűek (*Caviomorpha/Hystricomorpha*) az erős rágóizmok és járomívek jellemzőek.

Egyes fajaik az emberiséghez kötődnek. A **házi egér** (*Mus musculus*) főként házakban, gazdasági épületekben él. Belőle tenyésztették ki a labor egeret. A patkányfajok közül a **házi patkány** (*Rattus rattus*) volt egész Európában az elterjedt. Bolhája terjesztette a kolera kórokozóját. A nagyobb méretű **vándorpatkány** (*Rattus norvegicus*) azonban kiszorította, és ma már a legtöbb helyen ez a faj fordul elő (38.26. ábra). A labor patkányt a vándorpatkányból tenyésztették ki.



Házi patkány (*Rattus rattus*)



Vándorpatkány (*Rattus norvegicus*)

38.26. ábra. Balra házi patkány (*Rattus rattus*), jobbra vándorpatkány (*Rattus norvegicus*)

FŐEMLŐSALAKÚAK (PRIMATES) rendje

Több mint 180 fajt tartalmazó rend. Méretük igen változatos, a legkisebb az egérmaki (60 g), a legnagyobb pedig a gorilla (170 kg). A fajok többsége a meleg, trópusi és szubtrópusi területek erdeinek lakója, de a Himalájában a barlangi makákó vagy a japán makákó extrém hideg területeken fordul elő. A rend az evolúció során korán kialakult, már a Kréta időszakban is éltek fajai, vagyis a dinoszauruszok kortársai voltak. Két nagyobb csoportra osztható a rend.

FÉLMAJOM-ALKATÚAK (STREPSIRRHINI) alrendje

A főemlősök ősi csoportja, melynek fajai Madagaszkáron, Afrikában és Dél-Ázsiában élnek. Jellemző tulajdonságuk, hogy fogazatuk a rovarvőkéhez hasonlít, hátsó végtagjuk hosszabb, mint a mellső. Ujjakon lapos köröm található, kivéve a hátsó végtag második ujját, amely hosszú karomban végződik. Éjszaka aktív, hatalmas szemű emlősök. Rovarokkal, gyümölcsökkel, kis testű emlősökkel táplálkoznak.

Igazi makifélék (Lemuridae) családja

A gyűrűsfarkú maki (*Lemur catta*) elterjedési területe Dél-, Délnyugat-Madagaszkár. Főként növényekkel táplálkozik. Leginkább élőhelyének eltűnése (erdőtűzek, fakitermelés) veszélyezteti (38.27. ábra).



38.27. ábra. Gyűrűsfarkú maki (*Lemur catta*)

IGAZI MAJOM-ALKATÚAK (Haplorrhini) alrendje

A főemlősök fajokban gazdagabb alrendje, szinte a Föld minden részén előfordulnak. Két fő csoportra oszthatók. A szélesorrú majmok, orrsövénye széles és csak az Újvilágban fordulnak elő. A keskenyorrú majmokat a keskeny orrsövény a jellemző és az Óvilág lakói. Az igazi majmok élénk, értelmes állatok. Vegyes táplálkozásúak, gyümölcsök, egyéb növényi táplálék mellett rovarokat, sőt kisebb emlősöket is fogyasztanak.

Koboldmakifélék (Tarsiidae) családja

Törpe koboldmaki (*Tarsius pumilus*) Délkelet-Ázsia szigetein él. Éjszaka aktív állat (38.28. ábra).



38.28. ábra. Törpe koboldmaki (*Tarsius pumilus*)

Karmosmajmok (*Callithricidae*) és Csuplyásmajomfélék (*Cebidae*) családjai



Arany oroszlánmajmocska
(*Leontopithecus rosalia*)



Ateles sp.- pókmajom

38.29. ábra. Arany oroszlánmajmocska (*Leontopithecus rosalia*) és pókmajom

Cerkóffélék (*Cercopithecidae*) családja

Az Óvilág trópusi, szubtrópusi területein élnek (38.30. ábra).



Berber-makákó (*Macaca sylvanus*)

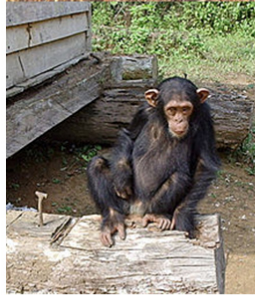
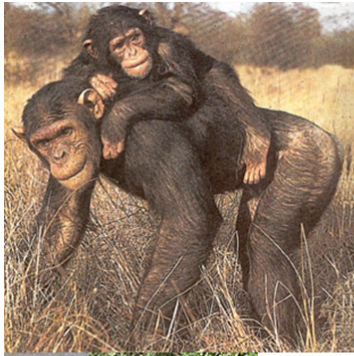


Japán makákó (*Macaca fuscata*)

38.30. ábra Berber-makákó (*Macaca sylvanus*) és japán makákó (*Macaca fuscata*)

Emberfélék (*Hominidae*) családja

Ide tartoznak a közismert emberszabásúak: a csimpánz (*Pan troglodytes*), a bonóbó (*Pan paniscus*), a gorillák és az orángután (38.31.–38.33.képek).



Csimpánz (*Pan troglodytes*)



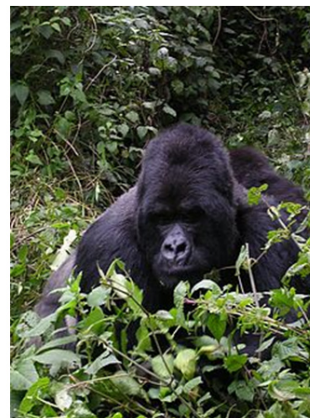
Bonobo (*Pan paniscus*)

38.31. ábra Bal oldalon csimpánz (*Pan troglodytes*), jobb oldalon bonobó (*Pan paniscus*)

A gorilláknak két fajtát különítik el, a **nyugati gorilla** (*Gorilla gorilla*) Nyugat- és Közép-Afrika erdeiben él, míg a **keleti gorilla** (*Gorilla beringei*) Közép- és Kelet-Afrika esőerdeiben honos (38.32. ábra). A keleti gorillákat egyesek két fajra osztják.



Nyugati gorilla (*Gorilla gorilla*)



Keleti gorilla (*Gorilla beringei*)

38.32. ábra. Balra nyugati gorilla (*Gorilla gorilla*), jobbra keleti gorilla (*Gorilla beringei*)

A borneói **orángután** (*Pongo pygmaeus*) Borneó esőerdeiben él. Rokonfaja, a szumátrai orángután Szumátrán fordul elő. Mindkét faj erősen kötődik az erdős élőhelyekhez (38.33. ábra). Bennszülött nyelven „erdei embernek” is hívják őket. Az erdők visszaszorulása, és az egyre gyarapodó úthálózat veszélyezteti.



38.33. ábra. Orángután (*Pongo pigmeus*)

A **páviánok** (*Papio* fajok) óvilági majmok, amelyek Észak-Afrikában és az Arab-félszigeten fordulnak elő. Nagytermetű, csapatokban élő állat. 5-7 fajuk ismert. A talajon tartózkodnak (38.34. ábra). Az ülőgumó színe jelzi, hogy mikor készek a szaporodásra. Általában csak egy utódot hoznak a világra.



38.34. ábra. Guineai pávián

RAGADOZÓK (CARNIVORA) rendje

Néhány kivétellel (óriáspanda, vörös macskamedve) húsevő állatok. A medvefélék és a néhány egyéb faj, pl. róka inkább mindenevőnek tekinthető. Testfelépítésük jól jelzi, hogy miként szerzik zsákmányukat. A kutyafélék, amelyek gyakran falkában vadásznak hosszú lábúak, karmaikat nem tudják visszahúzni. A macskafélék többsége lesből vadászik, így lábuk rövidebb, karmaik visszahúzhatóak.

Kutyafélék (*Canidae*) családja

A **házi kutya** őse a farkas volt, és az eszkimók néha még napjainkban is keresztezik kutyáikat a vadonélő farkasokkal, hogy még ellenállóbbak legyenek. A legtöbb nép igyekezett saját kutyafajtákat kitenyésztetni különböző feladatokra.

A **szürke farkasnak** (*Canis lupus*) pár évtizedig csak kóbor példányai tűntek fel Magyarországon, újabban néhány család megtelepedését is megfigyelték a Zemplénben, ill. az Északi-Középhegység néhány helyén. Tartós jelenléte vadgazdálkodási szempontból is fontos lenne (38.35. ábra).



38.35. ábra. Szürke farkas (*Canis lupus*)

Kilenc magyar kutyafajta létezik, amelyeket természetesen nemcsak hazánkban, hanem sok más helyen is tartanak, kedvelnek (38.36. ábra). A rövidszőrű magyar vizsla őst valószínűleg már az Árpád-házi királyok idején is használták vadászatra. A fajta kialakításában más kutyafajták, pl. agarak is szerepet játszottak. A drótszőrű magyar vizsla a legkésőbb kialakított vadászeb. Szőrzete hosszabb, durvább, hosszabb szálú, mint a magyar vizsláé. A vízi vadászatoknál kiválóan használható. A magyar agár az egyik legősibb vadászkutyafajtánk. Egy időben a magyar agarászat európai hírvolt. Később a vadászatok helyett az agár versenyek lettek kedveltebbek. A magyar agár más agarakkal szemben kitartóbb, de rövidtávon azoknál lassúbb, emiatt a magyar agár állomány rendkívül lecsökkent. Az erdélyi kopót elsősorban a vadak hajtására tenyésztették ki, de kiváló házőrző is. Tanulékony állat. A komondor a pásztorkutyák legszebb példája. Nyugodt, megbízható, önállóan is dolgozó állat. Feladata a juhász és a nyáj őrzése volt. Házőrzőként is kiválóan helytáll. A kuvasz eredetileg szintén pásztorkutya volt, amely nemcsak a ragadozó állatoktól védte meg a nyáját, hanem a rablóktól is. Kiváló házőrző. Közepes termetű terelő kutya a mudi. Fejformája jellegzetes ék alakú, tekintete értelmes, szeretetreméltó. Talán a legismertebb pásztorkutyánk, a puli. Feladata korábban elsősorban az állatok terelése volt. Már honfoglaló ősünk behozták a Kárpát-medencébe. A pumi a pulihoz hasonló, de annál rövidebb szőrű terelő kutya. A pulitól csak az 1920-as években tudták tudatos tenyésztéssel elkülöníteni.



38.36. ábra. Magyar kutyafajták: rövidszőrű magyar vizsla (A), drótszőrű magyar vizsla (B), magyar agár (C), erdélyi kopó (D), kuvasz (E), komondor (F), mudi (G), pumi (H), puli (I)

A vörös róka (*Vulpes vulpes*) vegyes megítélésű ragadozónk. Rágcsálopusztításával sok hasznot hajt, de a háziállatok vadászata miatt a kártétele is jelentős. Régebben a veszettség terjesztése jelentette a legfőbb negatív hatást. Ma már a sikeres immunizálás miatt állományai túl nagyok. Urbanizálódó faj. Egyre több példányát találjuk meg a lakott területeken. Újabban a rühesség terjed a túlszaporodott állományban (38.37. ábra).

Az **aranysakál** (*Canis aureus*) régebben a vizes-nádas élőhelyeken gyakori volt Magyarországon, majd teljesen eltűnt. Az utóbbi időkben a Dráva-mentéről visszatelepült, így ma már az ország nagy részén előfordul. A róka és a farkas közötti átmenetet jelenti méretét, ökológiai szerepét illetően (38.37. ábra).

Az afrikai vadkutya vagy **hiénakutya** (*Lycaon pictus*) latin nevét bundájának színéről, mintázataról kapta (38.37. ábra). Csapatokban vadászó állat. A Szaharától délre eső területeken fordul elő. Rendkívül fejlett a szociális életük.



38.37. ábra. Bal oldalon felül vörös róka (*Vulpes vulpes*), alul aranysakál (*Canis aureus*), jobb oldalon hiénakutya (*Lycaon pictus*)

Macskafélék (Felidae) családja

Az **eurázsiai hiúz** (*Lynx lynx lynx*) Európa legnagyobb macskaféle ragadozója. Az erős területek lakója. Állományai mindenütt ritkák. Mivel a nagyterjedésű, háborítatlan erdőket kedveli Magyarországon csak kevés hiúz él az Északi-Középhegység területén. A hazaiak a kárpáti hiúz alfajba tartoznak. A rágsálókon, madarakon kívül őzeket, szarvas borjakat, vadmalacokat is elejt (38.38. ábra).

Az **oroszlán** (*Panthera leo*) Afrikán kívül Indiában él, de régebben Európában is előfordult. Több alfaja ismert, amelyek keresztezését meg kell akadályozni (38.38. ábra).

A **szumátrai tigris** (*Panthera tigris sumatrensis*) magános, ó-világi ragadozó (38.38. ábra). A párok csak a szaporodási időszakban találkoznak. Állatkertekben sikerült már keresztezni az oroszlánnal, de a természetben tigris-oroszlán hibridet nem találtak. A két faj viselkedése, életciklusa annyira eltér, hogy a természetben nem kereszteződnek.

A **jaguár** (*Panthera onca*) Dél-Amerikában élő nagymacska. Nemcsak fára mászik ügyesen, de jól is úszik. A **puma** (*Felis concolor*) Észak-amerikai ragadozó. Hívják még magyarul ezüst oroszlánnak és hegyi oroszlánnak is. Az **afrikai leopárd** (*Panthera pardus pardus*) talán a legkecsesebb nagymacska. Afrika, Ázsia lakója. Foltjai kisebbek, mint a jaguáré (38.38. ábra).

A **házi macskát** (*Felis silvestris domesticus*) a **vadmacskából** (*Felis silvestris*) házasították (38.38. ábra). Sajnos a kivadult példányok továbbra is képesek szaporodni a vadmacskával, ezáltal gyengítve annak állományát.



38.38. ábra. Macskafélék: eurázsiai hiúz (*Lynx lynx lynx*, A), oroszlán (*Panthera leo*, B), szumátriai tigris (*Panthera tigris sumatrensis*, C), jaguár (*Panthera onca*, D), puma (*Felis concolor*, E), afriai leopárd (*Panthera pardus pardus*, F), házimacska (*Felis silvestris domesticus*, G)

Hiénafélék (Hyaenidae) családja

Elsősorban döggel táplálkozó afrikai állatok. Intenzív kutatásuk során azonban kiderült, hogy ügyesen vadásznak falkában. Végtagjaik – főként a hátsók – viszonylag gyengék, harapásuk azonban még az oroszlánénál is erősebb (38.39. ábra). Gyakran még az oroszlánt is elüldözik zsákmányától.



Foltos hiéna (*Crocuta crocuta*)

Csíkos hiéna (*Hyaena hyaena*)

38.39. ábra. Hiénafélék: balra a foltos hiéna (*Crocuta crocuta*), jobbra a csíkos hiéna (*Hyaena hyaena*)

Menyétfélék (Mustelidae) családja

Hengeres testű, óvilági ragadozók. Hátukat gyakran meggörbítve felemelik. Bűzmirigyeik vannak. Egyes fajaik, pl. a nyest urbanizálódott. Régebben prémjükért vadászták őket. Többségük védett vagy fokozottan védett állat.

Az **európai vidra** (*Lutra lutra*) fokozottan védett menyétfélének (38.40. ábra). Magyarország a faj védelemének köszönhetően „vidra nagyhatalomnak” számít. Halastavakban néha károkat okoz. Régebben kártétele és prémje miatt vadászták. Ma a fő halálozási ok az utakon való gázolás. Az **eurázsiai borz** (*Meles meles*) gyakori menyétféle ragadozónk (38.40. ábra). Gyümölcsöket is eszik. Jelenlétére leginkább a borzvárakból következtethetünk. Néha a rókával közös várat készít. Az egyik leggyakrabban elgázolt állat.

A **menyét** (*Mustela nivalis*) a család névadó faja. Legkisebb ragadozó emlősünk (38.40. ábra). Sokféle élőhelyen megtalálható, főként az erdős területeket kedveli. Gyakran a városokba is beköltözik. Éjszaka vadászik zsákmányára, amely lehet üregi nyúl, patkány, rágcsáló, madár vagy akár nálánál nagyobb egyéb állat is. Áldozatát mindig a tarkójánál harapja meg. A **hermelin** (*Mustela erminea*) a menyéthez hasonló, de annál kissé nagyobb ragadozó. Farkának a vége mindig fekete. Nyáron bundája felül barna, hasa pedig fehér, télen a farkvég kivételével mindenütt fehér (38.40. ábra). Tipikusan erdei faj, bár mezőken, sövények között vagy mocsaras helyeken is megtalálható. Néha a baromfiudvarokban is kárt okoz. Területét illatmirigyének váladékával jelöli meg. Az emberen kívül a nagyobb ragadozó madarak az ellenségei.

A **közönséges görény** (*Putorius putorius*) Európa nagyrészen, elsősorban az erdős területeken fordul elő. Gyakran az emberi települések közelében is megjelenik. Rágcsálók, üreginyúl, békák, hüllők, madarak, tojással táplálkozik. Néha a baromfiakat is megöli. Több állatot is megöl, mint amennyit megeszik. Éjszaka vadászik (38.40. állat).

A **nyuszt** (*Martes martes*) a görénynél lényegesen nagyobb, erdőlakó faj. Fogságban akár 17 évig is él. Magányosan, párokban vagy kis csoportokban vadászik. Bár tipikusan húsevő, de a gyümölcsöket vagy a mézet sem veti meg. Nappal odvas fákban tanyázik, és éjjel vadászik kisemlősöket, madarakat is magában foglaló táplálékára. Néha a baromfiudvarokban is kárt okoz. Bundájáért vadásztak rá (38.40. ábra).

A **nyest** (*Martes foina*) a nyusztnál valamivel kisebb, fehér torokfoltú ragadozónk. Torokfoltja a lábak felé, jobb és bal oldali részre ágazódik (38.40. ábra). A nyusztnál gyakoribb, gyakran az elhagyatott épületek padlásain is megtelepszik. Éjszaka zsákmányol. A baromfi- és vadgazdaság kártevője. Egyre inkább beköltözik a lakott területekre, urbanizálódó faj.

38.40. ábra. Menyétfélé ragadozók: felső sorban bal oldalon vidra (*Lutra lutra*), középen borz (*Meles meles*), jobbra menyét (*Mustela nivalis*); a középső sorban balra hermelin téli és nyári bundában (*Mustela erminea*); az alsó sorban balra nyest (*Martes foina*, álló kép), középen az álló a nyuszt (*Martes martes*); mellette jobb oldalon görény (*Putorius putorius*)

Medvefélék (Ursidae) családja

A család kettő alcsaládra osztható. A pandaformák közé egy faj tartozik, az **óriáspanda** (*Ailuropoda melanoleuca*). Az óriáspanda a természetben csak Kínában él, egyedszáma erősen lecsökkent. Kizárólag bambuszrügyekkel táplálkozik. Érdekes, hogy az óriáspandák, ha bármely ország állatkertjében is éljenek, a kínai állam tulajdonába tartoznak. Bár pandának hívják a kis pandát (*Ailurus fulgens*) is, de az a faj egy másik család, a kispandafélék (Ailuridae) egyetlen képviselője (38.41. ábra).



Kis panda (*Ailurus fulgens*) Óriáspanda (*Ailuropoda melanoleuca*)

38.41. ábra. Kis panda (*Ailurus fulgens*) és óriáspanda (*Ailuropoda melanoleuca*)

A medveformákhoz (38.42. ábra) már több faj tartozik. Egy részük csak gyümölcsöket eszeget, mások vegyes táplálkozásúak és vannak kizárólag ragadozók is. Többségük nagytestű, az emberre is veszélyes állat.

A **barnamedve** (*Ursus arctos*) az Északi-félteke nagytestű ragadozója. Kedveli a gyümölcsöket is. Színe néha lehet szürke vagy fekete is. Hosszú téliálmot alszik. Magyarországra csak kóbor példányok jutnak el napjainkban. A fiatal példányok ügyesen másznak a fára is. A **jegesmedve** (*Ursus maritimus*) az Északi-sarkvidék csúcsragadozója. A védelemnek köszönhetően sok helyen túlságosan elszaporodott. Némely alaskai és kanadai településeken éjszaka nem lehet kimenni a „kukázó” jegesmedvék miatt. A globális klímaváltozás miatt élőhelye jelentősen le fog csökkenni.

A **grizzly** (*Ursus arctos horribilis*) a barnamedve észak-amerikai alfaja, bár sokan külön fajnak tartják. Nem tud fára mászni. Az emberre is veszélyes ragadozó. Dögöket a medvék nem eszik, így támadás során a halottnak tettetés általában segít a megmenekülésben.

Az ajakos medve (Melursus ursinus) DK-Ázsiában és Sri Lanka (Ceylon) szigetén élő faj. Rendszertani helyzete bizonytalan, néha a barna medvével azonos nembe helyezik. Fogságban sikerült keresztezni is őket. Metszőfogai hiányoznak, így „szürcsölgetik” az érett gyümölcsöket.



38.42. ábra. Medvefélék: barnamedve (*Ursus arctos* , A), jeges medve (*Ursus maritimus* , B), grizzly medve (*Ursus arctos horribilis* , C), ajakos medve (*Melursus ursinus* , D)

ÚSZÓLÁBÚAK (PENNIPEDIA) rendje

Tengeri ragadozó emlősök. Elsősorban halakkal táplálkoznak, de az ajzaton élő gerincteleneket is szívesen elfogyasztják. Szaporodásuk a szárazföldön történik, ilyenkor gyakran hatalmas telepeket alkotnak. Vedlés miatt is kétszer a szárazföldre kell vonulniuk. A hímek általában háremeket tartanak. Prémjükért vadászták, vadásszák őket.

Rozmárfélék (*Odobenidae*) családja

A legnagyobb úszólábúak közé tartoznak. Az északi jeges tengerek lakója. A bikák testtömege akár az 1 tonnát is elérheti. Agyaruk kb. 70 cm hosszúságú, az ajzatot túrják fel vele (38.43. ábra). Rákokkal, puhatestűekkel, algákkal táplálkoznak.



38.43. ábra. Rozmár (*Odobenus rosmarus*)

Fülesfókák (*Otariidae*) családja

Külső fülkagylójuk van, hátsó lábukat előre tudják hajlítani. A szárazföldön is ügyesen mozognak. A foka „show” fő szereplői. Szaporodáskor a háremek hatalmas telepeket alkothatnak (38.44. ábra).



Dél-afrikai medvefóka
(*Arctocephalus pusillus*)



Északi medvefóka (*Callorhinus ursinus*)

38.44. ábra. Fülesfókák: bal oldalon dél-afrikai medvefóka (*Arctocephalus pusillus*), jobb oldalon északi medvefóka (*Callorhinus ursinus*)

Igazi fókák (Phocidae) családja

Nincs fülkagylójuk, a hátsó lábak oldalra nem fordíthatóak (38.45. ábra).



Elefántfóka (*Mirounga leonina*)



Grönlandi fóka (*Phoca groenlandica*)

38.45. ábra. Igaz fókák: balra elefántfókák (*Mirounga leonina*), jobbra grönlandi fóka (*Phoca groenlandica*)

CETEK (CETACEA) rendje

A vízi életmódhoz tökéletesen alkalmazkodott emlősök. Már szaporodáskor sem mennek szárazföldre. Testük szőrtelen, de utódaikat tejjel táplálják. Végtagjaik úszószerűen alakulnak, de farokúszójuk a halakétól eltérően vízszintes helyzetű. Nevezetese kommunikációjukról és fejlett intelligenciájukról.

SZILÁSCETEK (MYSTICETI) alrendje

Szájukban levő fésűszerű szilákkal planktont szűrőgetnek. Többségük hatalmasra növő állat. Főként a planktonban dús hideg vizekben élnek (38.46. ábra). Húsukért, olajukért halászták, vadászták őket. Ma már a legtöbb ország csatlakozott a cetek védelméről szóló nemzetközi egyezményekhez.



38.46. ábra. Sziláscetek felülnézetben

FOGASCETEK (ODONTOCETI) alrendje

Tengeri ragadozó emlősök. Fogaik mind egyformák (homodont fogazat). Értelmi képességük kiemelkedő az állatvilágban, nagyon sok mindenre megtaníthatók (38.47. ábra).



Palackorrú delfin (*Tursiops truncatus*)

Kardszárnnyú delfin (*Orcinus orca*)

38.47. ábra. Fogascetek: balra palackorrú delfin (*Tursiops truncatus*), jobbra kardszárnnyú delfin (*Orcinus orca*)

SZIRÉNEK VAGY TENGERI TEHENEK (SIRENIA) rendje

Édesvízben vagy tengerekben élő emlősök. A cetekhez hasonlóan szinte teljesen szőrtelenek. A manátifélék farokúszója lekerekített és főként édesvíziek, a dugongok tengeriek és farokúszójuk bemetszett (38.48. ábra). Növényekkel táplálkoznak.

Steller tengeritehenét 1741-ben fedezték fel a Berring-szorosban, de 1768-ban már ki is pusztították.



Manatusz (*Tricheus* sp.)

Dugong (*Dugong dugon*)

38.48. ábra. Szirének: bal oldalon manatusz (*Tricheus* sp.), a jobb oldalon dugong (*Dugong dugon*)

ORMÁNYOSOK (PROBOSCIDEA) rendje

Elefántfélék (Elephantidae) családja

Nagytestű szárazföldi növényevők. A rend a nevét a megnyúlt ormányról kapta, amelyet táplálkozásakor, kommunikációkor és szinte mindenhez használ. Ma két fajuk él. A nagyobb testű, fülű és agyarú az **afrikai elefánt** (*Loxodonta africana*), a kisebb testű, kisebb agyarú, de jól idomítható az **indiai elefánt** (*Elephas maximus*).

Az afrikai elefántot agyaráért vadászták, de a védelem miatt több helyen a populációk túl nagyra nőttek, ami természetvédelmi problémát okoz. Családi közösségekben élnek. Egy-egy elefántcsordát tehenek és a borjak alkotnak, a bikák magányosan vagy külön csapatban élnek. Az elefántcsordák, csapatok tagja védik, segítik egymást. A csoport vezére egy idősebb elefánt tehén.



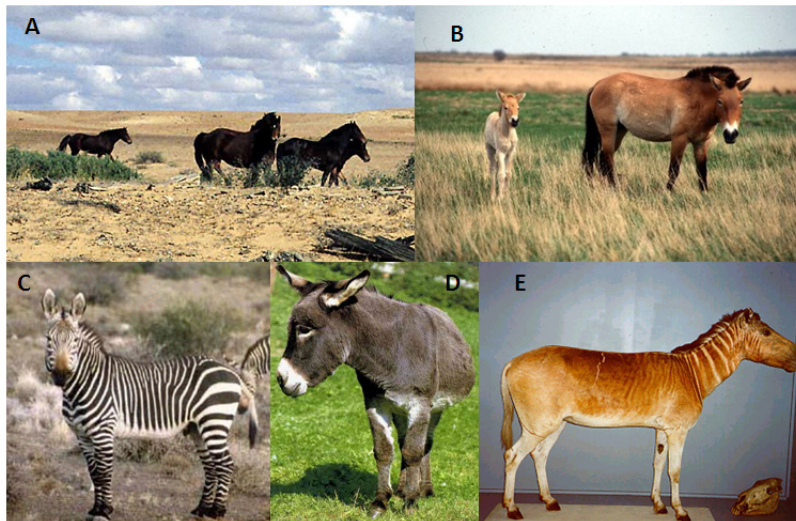
Afrikai elefánt (*Loxodonta africana*) Indiai elefánt (*Elephas maximus*)

38.49. ábra. Elefántfélék: balra afrikai elefánt (*Loxodonta africana*), jobbra indiai elefánt (*Elephas maximus*)

PÁRATLANUJJÚ PATÁSOK (PERISSODACTYLA) rendje

Lófélék (Equidae) családja

A gyors futáshoz adaptálódott lábbal rendelkező emlősök. A háziló (*Equus caballus*) legközelebbi rokona a Przewalski-ló vagy ázsiai vadló (*Equus caballus przewalskii*), és nem az észak-amerikai vadló, a musztáng. Ez utóbbi a spanyol hódítók elvadult lovainak leszármazottja. A Przewalski-ló Belső-Mongóliában maradt fenn, de ma már több helyen, pl. a Hortobágyon is tartják őket (38.50. ábra).



38.50. ábra. Lófélék: a felső sorban balról jobbra háziló (*Equus caballus*) és Przewalski-ló (*Equus caballus przewalskii*), az alsó sorban balról jobbra hegyi zebra (*Equus zebra*), afrikai vadszamár (*Equus asinus*) és kvagga (*Equus quaaga*)

Tapírfélék (Tapiridae) családja

Az elefántok ormányára emlékeztetően megnyúlt orrú emlősök. Két fajuk van. A közönséges tapír (*Tapirus terrestris*) Dél-Amerikában, az indiai vagy maláj tapír (*Tapirus indicus*) pedig Délkelet-Ázsiában él (38.51. ábra). Mindkét faj élőhelye és elterjedési területe erősen összezsugorodott.



Közönséges tapír (*Tapirus terrestris*)

Maláj vagy indiai tapír (*Tapirus indicus*)

38.51. ábra. Balra közönséges tapír (*Tapirus terrestris*), jobbra maláj tapír (*Tapirus indicus*)

Orrszarvűfélék (Rhinocerotidae) családja

Nagytestű afrikai növényevők (38.52. ábra). Látásuk rossz, szaglásuk, hallásuk kifinomult. Tülkükért vadászták őket. A veszélyeztetett fajok védelmében az *in vitro* megtermékenyítést is felhasználják. Erre először a Budapesti Állatkertben került sor.



Keskenyszájú v. fekete orrszarvú (*Diceros bicornis*)

Szélesszájú orrszarvú (*Ceratotherium simum*)

38.52. ábra. Orrszarvűfélék: balra keskenyszájú vagy fekete orrszarvú (*Diceros bicornis*), jobbra szélesszájú orrszarvú (*Ceratotherium simum*)

PÁROSUJJÚ PATÁSOK (ARTIODACTYLA) rendje

DISZNÓALKATÚAK (SUINA) alrendje

Disznófélék (Suidae) családja

Főként növényi termésekkel táplálkozó állatok.

A **vaddisznó** (*Sus scrofa*) a házi sertés őse (38.54. ábra). A többi disznófélé többségét is megpróbálták már házasítani. Európa legtöbb országában a vadászati értéke miatt túl nagy állományai vannak, ami környezetvédelmi és közlekedés biztonsági problémákat okoz.

A házi sertést körülbelül tízezer évvel ezelőtt házasították a vaddisznóból valószínűleg Dél-Európában vagy Törökország területén. A későbbiekben a szelektálást hús vagy zsír előállítás céljából folytatták. Ősi magyar fajták voltak a bakonyi és a szalontai sertés, ezek azonban az 1800-as években fokozatosan eltűntek, főként amiatt, hogy a balkánról bekerült ún. sumadia sertéssel keresztezték őket, és így alakult ki az a fajta, amit **mangalicának** nevezünk. Többféle változatát hozták létre, így van vörös (38.53. ábra), szőke, fekete, vadas és fecskehasú mangalica is.



38.53. ábra. Vörös mangalica

A babirusza (Babyrousa babyrussa) Celebeszen élő állat. Felső állkapcsának metszőfogai áttörik a szápadlást. Alsó szemfogai hatalmas agyarrá alakulnak (38.54. ábra).

A varacskos disznó (Phacocoerus sp.) afrikai állat. Két fajuk ismert, mindegyik a nyílt területek lakója. Szemfogai agyarrá módosultak. Más állatok üregeit használják lakóhelyül.

Az örvös pekari (Pecari tajacu) Dél-Amerikában honos. 10-16 fős csoportokban, kondákban él. Egyes helyeken háziállatként tartják (38.54. ábra).



38.54. ábra. Disznófélék: vaddisznó (*Sus scrofa*, A), babirusza (*Babyrousa babyrussa*, B), varacskos disznó (*Phacocoerus* sp., C), örvös pekari (*Pecari tajacu*, D)

Vízilófélék (Hippopotamidae)

Nagy testű, vizekhez kötődő emlősök. Az emberre legveszélyesebb öt afrikai vad közé tartozik. A nap nagy részét a vízben tölti, többnyire csak éjszaka jár ki legelni a szárazföldre. Természetes ellensége nincs, az emberi hatás azonban az élőhelyeit könnyen tönkretelheti. Ma már csak 2 fajuk létezik. A nilusi vízilovat (*Hippopotamus amphibius*) a világon először a budapesti állatkertben sikerült tenyészteni (38.55. ábra).



38.55. ábra. Nílusi víziló (*Hippopotamus amphibius*)

KÉRŐDZŐK (RUMINANTIA) alrendje

Tevefélék (Camelidae)

A száraz, sivatagi életmódhoz alkalmazkodott emlősök. Talpuk ellaposodik súlyuk alatt, így nem süppednek bele a laza homokba. A púpjukban elraktározott zsírt felhasználva, hosszú ideig bírják víz nélkül.

A kétpúpú teve (*Camelus bactrianus*) Közép-Ázsiában él, az egypúpú teve (*Camelus dromedarius*) Észak-Afrikában, Délnyugat-Ázsiában, Indiában és Ausztráliában fordul elő (38.56. ábra).



38.56. ábra. Kétpúpú teve (*Camelus bactrianus*) és egy púpú teve (*Camelus dromedarius*)

Tülkösszarvúak (Bovidae)

A **juh** (*Ovis aries*) az egyik legkorábban házasított állat. Pontosán nem lehet tudni, hogy melyik vadjuhból házasították. Az biztos, hogy a magyarok már a honfoglaláskor hozták magukkal juhaikat. Ősi magyar fajta a **racka juh** (38.57. ábra). Ezt a fajtát csak ott lehet megtalálni, ahol magyarok élnek.



38.57. ábra. Racka juh

A **vízibivaly** (*Bubalus bubalis*) több alfaja ismert (38.58. ábra). Ezek egyike a **házi bivaly**, amely a Föld számos pontján a leginkább használt igavonó állat. Teje rendkívül magas zsírtartalmú.



38.58. ábra. Vízi bivaly (*Bubalus bubalis*)

A **szarvasmarhát** (*Bos primigenius* vagy *Bos taurus*) az őstulokból (*Bos primigenius primigenius*) háziasították. Két alfaja létezik, a vállpúppal rendelkező, Ázsiában elterjedt zebu és a vállpúp nélküli közönséges szarvasmarha.

Magyar ősi szarvasmarha a **szürkemarha**, amely eredetéről megoszlanak a vélemények. Szabadon tartható, nem igényes fajta. Hús- és tejtermelés szempontjából jó tulajdonságokkal bír a **magyar tarkamarha** (38.59. ábra).



38.59. ábra. Magyar szürkemarha (felül) és magyar tarkamarhák (alul)

Zsiráfélék (Giraffidae)

A lombkoronából való táplálkozáshoz alkalmazkodott afrikai emlősök. Az extrém módon megnyúlt nyakuk miatt számos élettani, anatómiai sajátosságuk is van. A fajok, alfajok mintázata eltér egymástól, de mindegyik jól beleolvad a környezetbe (38.60. ábra). Hosszú mellső végtagjuk miatt inni csak terpeszállásban tudnak, és ekkor a legvédtelenebbek.



38.60. ábra. Zsiráf (*Giraffa camelopardalis*)

Igazi szarvasok (Cervidae)

Agancsukat évente váltják. A csapnak nevezett részről építik fel agancsukat. Az agancsnak a ragadozók elleni védekezésben és a hímek rivalizálásában van szerepe (38.61. ábra).

A **gímszarvas** (*Cervus elaphus*) bikák a szarvasbőgés idején összecsapnak a tehenekért. A borjak a tehenekkel maradnak, míg a bikák eltávolodnak a csoporttól.

A **dámszarvas** (*Cervus dama*) pöttyözöttségéről könnyen felismerhető. Agancsa kissé lapított. A bikák párzási viselkedését barcogásnak hívják. Ekkor a hímek egy gödröt kaparnak, amelybe belevizelnek, majd abban meghemperegnek és jellegzetes hangot kiadva hívogatják a teheneket. A bikák között nincs olyan heves összecsapás, mint a gímszarvasoknál.

A **jávorszarvas** (*Alces alces*) a tundrák lakója. Patái megnyúltak, hogy a mocsaras területeken ne süllyedjen el. Agancsa lapos, lapátszerű. Magyarországon csak kőbor példányok fordulnak elő nagy ritkán.

A **rénszarvas** (*Rangifer tarandus*) az északi területek lakója. Félig háziasított állat. Észak-Amerikában karibunak hívják.



38.61. ábra. Szarvasfélék: gímszarvas (*Cervus elaphus*, A), dāmvd (*Cervus dama*, B), jávorszarvas (*Alces alces*, C), rénszarvas (*Rangifer tarandus*, D)

TOBZOSKAALAKÚAK (PHOLIDOTA) rendje

Tobzoskafélék (Manidae)

Megnyúlt állkapcsú, hangyákkal-termeszekkel táplálkozó állatok. Testüket szarupikkelyek fedik (38.62. ábra).



38.62. ábra. Hosszúfarkú tobzoska (*Manis gigantea*)

A. függelék - A nem saját ábrák forrásai

ábraszám		forrás
6.16.		Kunstformen der Natur, 87. tábla
7.31.	B	Pálfia Zsolt készítménye és fotója
8.14.	bal	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meyers_b16_s0242a.jpg
	jobb	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin%27s_finches.jpeg
8.18.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray1003.png
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray1006.png
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray1002.png
11.12.	jobb	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bird_eggs.jpg?uselang=hu
	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linne.jpg?uselang=hu
	B	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernst_Haeckel_5.jpg
	C	http://en.wikipedia.org/wiki/File:John_Ray.jpg
	D	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bolton-cuvier.jpg
	E	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-Baptiste_de_Lamarck.jpg
	F	http://gl.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Geoffroy_Saint_Hilaire,_Etienne_cropped.jpg
	G	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Latreille_Pierre_André_1762-1833.png
	H	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Charles_Darwin_by_G._Richmond.jpg
16.1.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Pteridinium.JPG
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kimberella_quadrata_fossil.JPG , Esv - Eduard Solà Vázquez felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Esv)
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dickinsonia_costata_e.JPG , (C) Stanton F. Fink)
16.2.	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AnomalocarisDinoMcanb.jpg , (módosítva)
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haikouichthys4.png)
16.3.	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Orthoceras_BW.jpg , Nobu Tamura (http://spinops.blogspot.com/) alkotása)
16.4.	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/HalysitesSilurian.jpg)
16.5.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Dunkleosteus_BW.jpg , Nobu Tamura (http://spinops.blogspot.com/) rajza
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asteroceras_BW.jpg , Nobu Tamura (http://spinops.blogspot.com/) alkotása
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ichthyostega_BW.jpg , Nobu Tamura (http://spinops.blogspot.com/) alkotása)
16.6.		http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/WLA_hms_Pedric_Dagfly.jpg/400px-WLA_hms_Pedric_Dagfly.jpg , http://www.flickr.com/groups/wikipedia_loves_art/pool/tags/The_Wookies/Wikipedia_Loves_Art_participant_The_Wookies "
16.7.		http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Pangaea_continents.png , módosítva
16.8.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e2/Herrerasaurus_DB.jpg/800px-Herrerasaurus_DB.jpg
16.9.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Knight_Megaloceros.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Thylacoleo_BW.jpg , Nobu Tamura (http://spinops.blogspot.com/) alkotása

	C	http://www.copyrightexpired.com/Heinrich_Harder/h%F6hlenl%F6we.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aepyornis.jpg
17.6.	C	http://farm6.staticflickr.com/5304/5687937988_60838e2e3f_z.jpg
18.2.		Béres Tibor felvételei
18.4.		Béres Tibor felvételei
18.5.		Béres Tibor felvételei
19.2.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portuguese_Man-O-War_(Physalia_physalis).jpg
	B, C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glaucilla_briareus_(1).jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glaucus_lineatus_(1).jpg ,
	D	http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Fájl:Aequorea2.jpeg&filetimestamp=20080522174532 , Sierra Blakely felvétele)
19.3.	A, B	Haeckel, Kunstformen der Natur, 98. tábla
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sanc0807_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg ,
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haarqualle_(Cyanea_capillata).jpg , Julius Fürst munkája (http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Julius_Fürst)
19.4.	felső	Haeckel, Kunstformen der Natur, 78. tábla,
	alsó	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chironex_fleckeri_Range_Map.svg)
19.6.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pferdeaktinie-Actinia-equina.jpg?uselang=hu , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brain_coral.jpg , Jan Derk (http://en.wikipedia.org/wiki/User:Janderk) felvétele (2005, Bonaire http://en.wikipedia.org/wiki/Bonaire)
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Open_Brain_Coral.jpg
	D	Haeckel, Kunstformen der Natur, 49. tábla
20.2.		Füles planária (Dugesia gonocephala) (Béres Tibor felvétele)
20.3.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudoceros_bifurcus_Blue_Pseudoceros_Flatworm.jpg , Stephen Childs fotója (http://www.flickr.com/photos/steve_childs/233603352/)
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thysanozoon_brocchii_%28Risso_1818%29.jpg?uselang=hu
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eurylepta_sp.jpg , Stephen Childs felvétele (http://www.flickr.com/photos/steve_childs/4557277162/)
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudoceros_ferrugineus.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bedford%27s_Flatworm.jpg , Jan Derk felvétele (http://en.wikipedia.org/wiki/User:Janderk)
20.4.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taenia_solium1.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taenia_solium_Scolex.jpeg?uselang=hu
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taenia_solium_tapeworm_scolex_with_four_sides_and_two_rows_of_hooks_5262_lores.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taenia_solium_tapeworm_proglottids_5261_lores.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Histopathology_of_Taenia_saginata_in_appendix_05G0045_lores.jpg
20.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fasciola_hepatica2.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schistosoma_mansoni2.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schistosomiasis_itc.jpg
21.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patella-caerulea.jpg , H. Krisp felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday)
	B–I	dr. Tyahun Szabolcs gyűjteménye

21.6.		Kriska György felvételei
21.7.	jobb	Kunstformen der Natur, 47. tábla
	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clione_limacina_by_NOAA.jpg , NOAA Photo Library (http://www.photolib.noaa.gov/htmls/expl0391.htm)
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Risbecia_tryoni_2.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natural_History_-_Mollusca_-_Sea-hare.png
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aplysia_punctata_%28Cuvier,_1803%29_.jpg , Parent Géry fotója (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Parent_Géry&action=edit&redlink=1)
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peltodoris_atromaculata_2.jpg , Heike Wägele & Annette Klussmann-Kolb fotója
21.9.	B	Kriska György felvétele
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zebrina_detrita2.jpg
21.11.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nautilus_pompilius.jpg?uselang=hu
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sepia_elegans.jpg , Nanosanchez fotója (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Nanosanchez)
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caribbean_reef_squid.jpg?uselang=hu , Jan Derk fotója (http://en.wikipedia.org/wiki/User:Janderk)
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Histioteuthis_bonellii1.jpg
	E-F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octopus_vulgaris_2.jpg , Albert Kok fotója (http://nl.wikipedia.org/wiki/User:Albert_Kok)
	jobb	Kunstformen der Natur, 54. tábla
21.14.	A-C E-I	Dr. Tyahun Szabolcs gyűjteménye
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giant_clam_detail.jpg , Jan Derk felvétele
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zebra_mussel_GLERL_2.jpg
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zebra_mussel_GLERL_3.jpg
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dreissena_polymorpha1.jpg
22.2.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Polychaeta_anatomy_hu.svg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Oligochaeta_anatomy.svg
22.5.	B	http://gmecologie.wikispaces.com/file/view/Hypania_invalida.jpg/203916610/Hypania_invalida.jpg
22.8.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Tomopteriskils.jpg/800px-Tomopteriskils.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Gollner_Riftia_pachyptila.png
	C-F	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Spiorbranchus_giganteus_%28Orange_Christmas_tree_worm%29.jpg , http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/Simulsgates%28Christmas_worm%29.jpg/800px-Simulsgates%28Christmas_worm%29.jpg , http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6a/Christmas_tree_worms.jpg/800px-Chrismas_tree_worms.jpg , http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Relativedchristevon%2880px-Simulsgates%28Relativedchristevon%29.jpg
22.9.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/76/Mating_earthworms.jpg/800px-Mating_earthworms.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Regenwurm1.jpg/597px-Regenwurm1.jpg
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6f/Feria_fida_on_compot_b.jpg/800px-Feria_fida_on_compot_b.jpg
	E	Dózsa-Farkas Klára felvétele
22.10.	B	Béres Tibor felvétele
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9f/Hamdpia_zylia.jpg/800px-Hamdpia_zylia.jpg
23.1.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbellaria_003.png
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hedruris-spinigera.jpg

23.3.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscopic_view_of_M.composticola.png?uselang=hu
23.4.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Root_cyst_nematode_infection.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soybean_cyst_nematode_and_egg_SEM.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meloidogyne_incognita.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toxocara_embryonated_eggs.jpg , Flukeman felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Flukeman)
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascaris_lumbricoides.jpeg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eggs_of_Enterobius_vermicularis_5229_lores.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Head_of_Enterobius_vermicularis_human_pinworm_5230_lores.jpg
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elephantiasis.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dracunculiasis2_DPDx.jpg
24.1.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:31-Velvet_Worm.JPG
27.1.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Scolopendra_subspinipes_%28Barbados%29.jpg
	B	http://www.orszagalbum.hu/ezerlabu_p_71899 , llaca felvétele
28.2.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Limulus_polyphemus1.jpg , Brian Gratwicke felvétele
	B	Haeckel, Kunstformen der Natur, 47. tábla, részlet
28.4.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Phalangium_opilio_RF.jpg , Robert Flogaus-Faust felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phalangium_opilio2_RF.jpg , Robert Flogaus-Faust felvétele
28.6.	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dolomedes_fimbriatus_male.png
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flickr_coniferconifer_Jumping_spider_on_SunPatiens.jpg , coniferconifer felvétele (http://www.flickr.com/people/7656600@N06)
28.7.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Velvet_Christmas_Spider_by_anagoria.jpg , Anagoria fotója (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Anagoria)
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gemeine-Holzbock-Ixodes-ricinus.jpg , H. Krisp felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday)
29.2.		Haeckel, Kunstformen der Natur, 76. tábla, részlet
29.3.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Speleonectes_tanumekes_unlabeled.png , Joris van der Ham felvétele
29.4.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Triops.jpg , Steve Jurvetson felvétele
	B	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Daphnia_pulex.png , Paul Hebert felvétele (http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0030219)
29.5.	A	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cyclops_bicuspidatus_GLERL_1.jpg
	B,C	Haeckel, Kunstformen der Natur, 57. tábla, részletek
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gooseneckbarnacles.jpg
29.7.	A	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Squilla_mantis.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gammarus_roeselii.jpg?uselang=hu , Michal Mañas felvétele
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Gravid_krill.png , Langdon Quetin és Robin Ross felvétele
29.8.	A	http://en.wikipedia.org/wiki/File:KreeftbijDenOsse.jpg
	B	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Fiddler_crab.jpg

	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dentist_needed.jpg , Philippe Guillaume felvétele (http://flickr.com/photos/37071060@N06)
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orconectes_limosus_-_Kamberkrebs.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monaco.Musée_océanographique089.jpg , Georges Jansoone felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:JoJan)
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cancer_pagurus_(no).JPG , Arnstein Rønning fotója (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Eaglestein); középen: Haeckel, Kunstformen der Natur, 86. tábla
30.3.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Inachis_io_1.JPG , Lilly M felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Lilly_M)
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Engerling.jpg?uselang=hu , Joachim K. Löckener felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Joachim_K._Löckener)
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Coccinella_growing_up.jpg , Andre Engels felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Andre_Engels)
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Anopheles_larve.jpg
	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Agrilus_arcuatus_torquatus_3057086.jpg
	F	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Mordellistena.larva.w.jpg
30.4.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Actias_luna_pupa_sjh_enhanced.JPG
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Zweefvliegpop_%28met_Diplazon_erin%29.jpg
30.5.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Protura_specimen.jpg , Richard001 felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Richard001)
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Silberfischchen.jpg , Sebastian Stabinger felvétele
30.6.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Calopteryx_virgo%2C_male.jpg , Arend felvétele (http://www.flickr.com/photos/19901746@N00)
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Libellula_depressa.jpg
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Odonata_in_Georgia.jpg
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Libellennimf_habitus_20070811_3527.jpg
	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Aeshna_grandis_1.jpg , Tony Hisgett felvétele (http://www.flickr.com/people/37804979@N00)
30.7.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blatta_orientalis_cdc.jpg
	B fent	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cockroach-closeup-left-side.jpg
	B lent	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cockroach-close-up-right-front.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mulfingen_Insekt.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyzosteria_limbata_2.jpg , John Tann felvétele (http://www.flickr.com/photos/31031835@N08)
30.8.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Phyllium_jacobsoni_-_pair.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Carausius_morusus_-_female_ventral_view.jpg
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/GrylloblattaCampodeiformis.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mantis_religiosa_in_Pálava_(1).jpg , Huhulenik fotója (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Huhulenik)
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praying_or_European_Mantis_(Mantis_religiosa).jpg , Paul White felvétele (http://www.flickr.com/people/22384042@N07)

	F	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Desert.locust.arp.jpg
	G	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Calliptamus-italicus.jpg , Holleday felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday)
	H	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Tettigonia_viridissima_03.jpg
	I	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Decticus_verrucivorus_f_2009_08190381.jpg) G.-U. Tolkiehn felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:G-u-t)
30.9.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Stolotermes_ruficeps_soldier.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Pediculus_humanus_var_capitis.jpg
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Nepa_cinerea_with_wings.jpg
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Bed_bug%2C_Cimex_lectularius.jpg
	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Graphosoma_lineatum%2C_Oleiros.jpg , Jose Luis Cernadas Iglesias felvétele (http://flickr.com/photos/38035878@N07)
	F	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Beerenwanze-dolycoris-baccarum.jpg , H. Krisp felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday)
	G	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Tibicina_haematodes.jpg , Dodoni felvétele (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Dodoni&action=edit&redlink=1)
	H	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Macrosiphum_rosae_5422190.jpg , Whitney Cranshaw felvétele
30.10.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Hirschkäfer2006.JPG
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Calosoma_sycophanta.jpg , Csóka György felvétele
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Hydrous_piceus_male.jpg
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Necrophorus_tomentosus.jpg , LASZLO ILYES felvétele (http://www.flickr.com/people/laszlo-photo/)
	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Oelixdorf_Mistkäfer_Juli-2010_SL274848.JPG , C. Löser felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:C.Löser)
30.11.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Butterfly_tongue.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/Thomas_Bresson_-_Machaon-1_%28by%29.jpg) Thomas Bresson felvétele (http://www.flickr.com/people/36519414@N00)
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Pieris_brassicae_Jaroměř_1.jpg
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Grand_paon_de_nuit_2.jpg
	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Thaumetopoea_processionea01.jpg , Gyorgy Csoka felvétele
	F	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Berlin_caterpillar4.jpg
	G	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Butterfly-from-Koovery-2010.jpg , Vaikoovery felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Vaikoovery)
	H	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Ornithoptera_alexandrae_nash.jpg , Robert Nash felvétele
30.12.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Aedes_Albpictus.jpg
	B	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Anopheles_albimanus_mosquito.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Musca_domestica_housefly.jpg?uselang=hu , készítette Muhammad Mahdi Karim (http://en.wikipedia.org/wiki/User:Muhammad_Mahdi_Karim)
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anasimyia_contracta_4.jpg , Sandy Rae felvétele (http://www.flickr.com/people/35142635@N05)

	E	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Ichneumon_Rhyssa_persuasoria.JPG , Kieren felvétele (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Kieren)
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Braconid.jpg
	G	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Vespa_crabro_germana_05.jpg
	H	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/Echte_wespe.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ant_head_closeup.jpg , Steve Jurvetson felvétele (http://www.flickr.com/people/jurvetson/)
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Formica_rufa_worm.jpg
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LeafAnt.jpg
32.3.	A,B	Haeckel, Kunstformen der Natur, 85. tábla, részletek
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascidias.jpg
34.3.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrolagus_mirabilis.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrolagus_colliei.jpg
34.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blueshark_300.jpg , Shane Anderson felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionace_glauca_1.jpg , Mark Conlin/NMFS
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hammerhead_shark.jpg , Suneko fotója
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sphyrna_lewini_underside.jpg , Kiwi Flickr (http://www.flickr.com/people/10807622@N00) from Auckland, New Zealand
34.6.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Great_white_shark_south_africa.jpg , Hermanus Backpackers (http://www.flickr.com/people/36084059@N08) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carcharodon_carcharias.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carcharhinus_albimarginatus-shark.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Triaenodon_obesus_noaa_2.jpg , David Burdick, NOAA
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:UShaka_Sea_World_1072.jpg , Amada44 fotója, a kis inzert kép: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calim_u0.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galeocerdo_cuvier_seawatch.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fish4258_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg , NOAA Photo Library (http://www.flickr.com/people/51647007@N08): fish4258 (http://www.flickr.com/photos/noaaphotolib/5187494993/)
34.8.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cetorhinus_maximus_by_greg_skomal.JPG
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhincodon_typus_fgbnms.jpg , FGBNMS/Eckert)
34.9.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torpedo_marmorata2.jpg?uselang=hu , Philippe Guillaume (http://flickr.com/photos/37071060@N06) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torpedo_marmorata_corsica.jpg , Roberto Pillon fotója
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhinoptera_bonassus_school.jpg , készítette: Mike Johnston (http://www.flickr.com/people/30412942@N00) from San Francisco, USA
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dasyatis_lata_mauui.jpg , Claire Fackler, NOAA National Marine Sanctuaries
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taeniura_lymma_Marsa_Alam_2.JPG

	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taeniura_lymma_Marsa_Alam_4.JPG . Az E–F fotókat Magnus Kjaergaard (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Kjaergaard&action=edit&redlink=1) készítette
34.10.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reef2328_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reef2326_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sanc0496_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Manta_birostris_feeding.jpg , készítette: Lukas (http://www.flickr.com/people/86265563@N00) from Munich, Germany
34.11.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Götehal-2.jpg , Mathae (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Mathae)
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marbled_lungfish_1.jpg , http://opencage.info/pics.e/large_11454.asp
34.12.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coelacanth.png
34.13.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beluga_sturgeon.png
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Huso_huso.gif
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acipenser_ruthenus_Prague_Vltava_4.jpg ; Karelj fotója
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Huso_huso_head.jpg .
34.14.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sardines_鰭(いわし).jpg , TANAKA Juuyoh (田中十洋) (http://www.flickr.com/people/13910409@N05) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sardina_pilchardus.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fish4270_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
34.15.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hundertrout.jpg ?uselang=hu, Morten Kraabøl/Børre Kind Dervo felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salmo_trutta.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esox_lucius2.jpg ?uselang=hu.
34.16.	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abramis-brama-laichauschlag.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
	D	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Abramis_brama_Prague_Vltava_1.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grass_carp_fexx.jpg .
34.17.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Atlantic_cod.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lota_lota_GLERL_1.jpg
34.18.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guppy_02.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guppy_03.jpg
	C	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Perca_fluviatilis_Prague_Vltava_2.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lepomis-gibbosus-sonnenbarsch.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomacentrus_moluccensis_1.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papegaaivis.JPG
34.19.	A	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Angel_fish.JPG
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:P_scalare.JPG , DeniZka (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:DeniZka&action=edit&redlink=1) felvétele
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tropheus.jpg

	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cichlasoma_urophthalmus.jpg
34.20.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluefin-big.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Group_of_tuna.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gelbflossen-thunfisch.jpg
34.21.		balról jobbra: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Betta_splendens_maschio.jpg , http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colisa_lalia.jpg
35.2.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelophylax-esculentus-teichfrosch.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
35.4.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teichmolch-triturus-vulgaris.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/Triturus_cristatus
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ambystoma_mexicanum_at_Vancouver_Aquarium.jpg , ZeWrestler (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:ZeWrestler) felvétele
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Axolotl_1.jpg , Pmalkowski (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Pmalkowski) Przemysław Malkowski fotója
35.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feuer_Salamander_2.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feuersalamander-salamandra-salamandra.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
35.6.	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xenopus_laevis.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xenopus_laevis_pair.JPG
35.7.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyla_arborea01.jpg?uselang=hu
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_eyed_tree_frog_edit3.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%20Red-eyed_Tree_Frog_(Agalychnis_callidryas)_mating_pair.jpg , Brian Gratwicke (http://www.flickr.com/people/19731486@N07) felvétele
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agalychnis_callidryas_-_camouflage_mode.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agalychnis_callidryas.JPG
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Litoria_tyleri.jpg
35.8.		http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Syphonops_annulatus.jpg
36.1.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chelydra_serpentina_USGS.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tortoise3_cepolina.jpg , http://www.cepolina.com/turtle.htm
36.2.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chelonia_mydas3.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Green_Sea_Turtle_Dec_05.JPG
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three_Kona_sea_turtles.jpg , Angela (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Angela) fotója
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leatherback_sea_turtle_benson_swfsc.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LeatherbackTurtle.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dermochelys_coriacea_Haeckel.png
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Snapping_turtle_on_log.jpg , http://www.flickr.com/people/sherseydc/
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Babysnappingturtle.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baby_snapping_turtle.jpg
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alligator_snapping_turtle.jpg

	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tortoise1_cepolina.jpg?uselang=hu , http://www.cepolina.com/photo/tortoise.htm
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tortue_de_Floride_Amiens.jpg
	M	http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Fájl:Emys.jpg&filetimestamp=20070326190333
	N	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Testudo_graeca_ibera01.jpg , Georges Jansoone (JoJan) (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:JoJan) felvétele
	O	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galapagos_Geochelone_nigra_porteri.jpg
36.3.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:China-Alligator.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:American_Alligator-27527-1.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:American_Alligator-27527-3.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LocMap_Everglades_National_Park.png
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gavial-du-gange.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gavialis_gangicus_India_Gandhi_Zoological_Park_Vishakhapatnam_India.jpg , Siddhartha Lammata (http://www.flickr.com/people/43423936@N08) fotója
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leistenkrokodil.jpg
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nilkrokodile.jpg
	I	http://en.wikipedia.org/wiki/File:SaltwaterCrocodile(%27Maximo%27).jpg
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salzwasserkrokodil_Crocodylus_porosus.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
36.4.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tuatara_southland_museum_invercargill_new_zealand.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tuatara.jpg ,
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:North_Island_Map_tuatara.PNG
36.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hardun.jpg , No escape (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:No_escape&action=edit&redlink=1) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agama_stellio.JPG
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kameleon.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Camaleon_galifa.JPG
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BennyTrapp_Chamaeleo_chamaeleon_Samos_Griechenland.jpg , Benny Trapp (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Benny_Trapp&action=edit&redlink=1) fotója
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leguán_kubánský_1.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leguan_zeleny_(Iguana_iguana).JPG , Kryštof Dobečka fotója
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MC_GruenerLeguan.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leguan_im_Wasser_anagoria.JPG , Anagoria (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Anagoria) felvétele
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anim0083_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leguan_im_Meer_anagoria.JPG , Anagoria (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Anagoria) felvétele
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lava_Lizard_captaining_the_Marine_Iguana.jpg , Andrew Turner (http://www.flickr.com/people/51648834@N00) fotója
	M	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anim0170_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	N	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anim0081_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg

	O	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geco_comune.jpg
	P	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tokay_foot.jpg
	Q	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geco_Tarentola_mauritanica.JPG
	R	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lined_Gecko_(also_called_Skunk_Gecko)_Gekko_vittatus.jpg , Brian Gratwicke (http://flickr.com/people/19731486@N07) felvétele
36.6.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MaleSlowwormInHabitat.JPG , készítette Viridiflavus (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Viridiflavus)
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anguis_fragilis_Torun.jpg , Michał Sulik (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Msulik) felvétele
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anguis_fragilis_20050721_002.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reticulate_Gila_Monster.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexican-Beaded-Lizard.jpg
	F-G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heloderma_comparison.png
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Varanus_komodoensis_2.jpg , Dezidor (http://cs.wikipedia.org/wiki/User:Dezidor) fotója
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:KomodoDragon.jpg
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:East_Nusa_Tenggara_COA.svg
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2007-05_Eidechse_02.jpg
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2007-05_Eidechse_08.jpg ; K és L Ralf Lotys (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sicherlich) fotói
	M	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zootoca_vivipara_11401.jpg , G.-U. Tolkiehn felvétele
36.7.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boa_constrictor_coiled.jpg?uselang=hu
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eunectes_murinus_(1).jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anaconda_dist.png
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sucuri.jpg , Márcio Omar M. da Silva felvétele
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reticulated_python_MP1.JPG
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Juvenile_tiger_retic.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jesperhus_dk_20050820_10_ubt.jpeg , Tomasz Sienicki (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Tsca) felvétele
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albino_Burmese_python.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gator_and_Python.jpg
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naja-naja-kobra.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) fotója
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naja.jpg
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indiencobra.jpg , K és L Kamalnv (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Kamalnv) felvétele
	M	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:N.nigricollis.jpg , készítette Luca Boldrini
	N	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Green_mamba.jpg , David~O fotója
36.8.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Couleuvre_collier_62.JPG?uselang=hu
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natrix_natrix_20060810_002.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ringelnatter_züngelnd.JPG , Konrad Lackerbeck (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Konrad_Lackerbeck) fotója

	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Rat_Snake.jpg , http://www.flickr.com/people/sherseydc/ felvétele
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cascabelle.JPG
	F	http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Fájl:Crotale_diamantin_40.JPG&filetimestamp=20041218184453
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hornotter_Vipera_ammodytes.jpg , H. Krisp (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Holleday) felvétele
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kreuzotter_(Skagen,_Denmark).jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Huggis.jpg , készítette Oskich (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Oskich&action=edit&redlink=1)
37.5.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LondonArchaeopteryxExLydkkr.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archaeopteryx_-_Eichstätt_Exemplar.jpg , a fotót készítette: digital cat (http://www.flickr.com/people/14646075@N03)
	C, D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archaeopteryx-modern_bird_tails.png
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archeopteryx.jpg
37.6.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microraptor_mmartyniuk.png , Matt Martyniuk (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Dinoguy2) rajza
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microraptor_gui_holotype.png , David W. E. Hone, Helmut Tischlinger, Xing Xu, Fucheng Zhang
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Velociraptor_dinoguy2.jpg , Matt Martyniuk (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Dinoguy2) rajza
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dromaeosaurus_skeleton.JPG
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deinonychus_BW-2.png?uselang=hu
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deinonychus_BW.jpg?uselang=hu , E és F: Nobu Tamura (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:ArthurWeasley&action=edit&redlink=1) rajzai
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gigantoraptor.jpg , Kabacchi (http://www.flickr.com/people/36197880@N03) felvétele
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ichthyornis_BW.jpg , Nobu Tamura (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:ArthurWeasley&action=edit&redlink=1) rajza
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hesperornithidae_swimming.jpg
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iberomesornis-model-2.jpg
37.9.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crypturellus_noctivagus_zabele_2.jpg , Marcos Massarioli felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autruche_Thoiry_19801.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhea_americana_hamburg_zoo.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Casarius_casarius_-Australia_-walking_across_road-8.jpg?uselang=hu , Laurens (http://flickr.com/photos/47456200@N04) fotója
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emu_Dromaius_novaeollandiae_JBP_Nov_06.JPG?uselang=hu
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TeTuatahianui.jpg?uselang=hu
37.10.		John Megahan festménye egy tudományos cikkből, Ancient DNA Tells Story of Giant Eagle Evolution (http://www.plosbiology.org/plosone/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pbio.0030020)
37.11.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coturnix_coturnix.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bazant_obecný.jpg?uselang=hu

	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TAUZoo_eman028.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AucklandZoo.1005.JPG
	E	http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Wild_turkey_eastern_us.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gallus_gallus.jpg
	H	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Alectura_lathamii_-_Centenary_Lakes_crop.jpg?uselang=hu , JJ Harrison (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:JJ_Harrison) fotója
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guineafowl1.jpg
37.12.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mallard_pair_in_flight.jpg , Ingrid Taylar (http://www.flickr.com/people/49503118795@N01) felvétele,
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graugans_Anser_Anser.jpg
	D	http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Fájl:Ansans_csalad.jpg&filetimestamp=20080610101745 , Pellinger Attila fotója
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mute.swan.cygnets.750pix.jpg
37.13.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buntspecht_Dendrocopos_major.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dendrocopos_major_-_Durham_England_-female-8.jpg , Peter Mulligan (http://www.flickr.com/photos/50552220@N00) felvétele
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dendrocopos_minor_male.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naumann_gruenspecht.jpg
37.14.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buceros_rhinoceros_-Chester_Zoo-8a.jpg , Steve Wilson (http://flickr.com/photos/26811962@N05) fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotan_דוכיפת_ברוך.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:European_bee_eater.jpg , Raúl Baena Casado (http://www.flickr.com/people/rashuli/)
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:European_Kingfisher.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coracias_garrulus_-Kruger_National_Park-8.jpg , Chris Eason (http://flickr.com/photos/45189308@N00) fotója
37.15.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cuculus_canorus.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cuculus_canorus_3.jpg , jinchin 建昌 lin (http://www.flickr.com/photos/39001016@N00) fotója
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cuculus_canorus_chick1.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Opisthocomus_hoazin_-Peru_-three-8.jpg?uselang=hu , Ricardo Sánchez (http://flickr.com/photos/49483816@N00) felvétele
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoatzin_chick.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kea.bristol.600pix.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Male_Kea_Milford_sound.jpg
37.16.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jerzyk_przy_skrzyncze.jpg , Amikosik (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Amikosik) felvétele
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaetocercus_mulsanti.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Booted_racket_tail_Ecuador_(Ocreatus_underwoodii).jpg
37.17.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kerkuil_André.JPG , André Eijkenaar fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waldohreule1.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelotes_réjection_Asio_Otus.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Little_owl_arp.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bubo_bubo_domesticated.jpeg

	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strix_aluco_-British_Wildlife_Centre,_Surrey,_England-8a.jpg , Peter Trimming (http://www.flickr.com/photos/55426027@N03) felvétele
37.18.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caprimulgus_affinis.jpg , Brian Gratwicke (http://flickr.com/people/19731486@N07) fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caprimulgus_europaeus_2.JPG , P.Taszynski (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:P.Taszynski&action=edit&redlink=1) felvétele
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rock_Pigeon_Dove.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Collared.dove.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dronte_dodo_Raphus_cucullatus.jpg
	G	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mauritius_island_location.svg
37.19.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stamp_of_Moldova_027.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gus_gus_International_Cane_Foundation_Baraboo_Wisconsin_USA-8a.jpg , Rod (http://www.flickr.com/people/8511008@N07) fényképe
	C	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sothöns-6.JPG
	D	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eurasian_Coot_with_open_beak.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teichhuhn.jpg ,
	F	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kokoszka(Grzecho_Lukasik).jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corncrake2.jpg , Rachel Davies (http://www.flickr.com/people/42846000@N04) felvétele
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TakaheMaunga.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Takahe_feeding.jpg , http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Takahe_feeding.jpg
37.20.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tringa_melanoleuca1.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grutto.jpg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Numenius_phaeopus_-_Yas.jpg , Nepenthes (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Nepenthes) fotója
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Numenius_phaeopus_-Tokyo_Bay,_Japan_-eating_crab-8.jpg , coniferconifer (http://www.flickr.com/people/7656600@N06) felvétele
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kiebitz_050424ausschnitt.jpg?uselang=hu
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Snowy_Plover_Morro_Strand.jpg , fényképezte Mike Baird (http://www.flickr.com/people/72825507@N00) from Morro Bay, USA
37.21.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stercorarius_skua_2.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skua_and_penguin.jpeg
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black-headed_Gull_-_Larus_ridibundus_-_Hettumáfur.jpg , készítette Ómar Runólfsson (http://www.flickr.com/people/omarrun/) from Mosfellssveit SW Iceland
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Larus_ridibundus.jpg
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Larus_atricilla1.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sterna_hirundo_-_Rondine_di_mare.jpg
37.22.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buteo_buteo_-Trotter_World_Basenthwaite_Cumbria_England-8a.jpg , Mike Barry (http://www.flickr.com/photos/79949354@N00) fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accipiter_gentilis_-Fife,_Scotland-8.jpg , Nigel Wedge (http://www.flickr.com/people/36666601@N02) felvétele

	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sparrowhawk-Male.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aquila_chrysaetos_Flickr.jpg , Rocky (http://flickr.com/photos/59717542@N00) fényképe
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turkey_vulture_Bluff.jpg , Mjobling (http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Mjobling&action=edit&redlink=1) fotója
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gänsegeier_Bern.JPG
37.23.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Podiceps_cristatus_2(Gollibolli).JPG , Matthias Barby (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Gollibolli) fotója
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Djoudj_-_Cormoran_(5).JPG
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Djoudj_-_Cormoran_(6).JPG , B–C: Remi Jouan (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:CaptainHaddock) felvételei
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grey_Heron,_Tenreuken.jpg ,
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cattle_egret_Niger.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Egretand_lizard.jpg
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Crowned_Night_Heron_Ottawa.jpg
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greater_Flamingo_001.jpg
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelican.great.white.arp.750pix.jpg ,
	J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DSCN1621_resize.JPG
	K	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schwarzstorch,_Rocherath,_Ostbelgien_2.jpg , készítette Frank Vassen (http://www.flickr.com/people/42244964@N03)
	L	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corp2962_-_Flickr_-_NOAA_Photo_Library.jpg
	M	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adelie_Penguins_diving,_Hope_Bay.jpg , Angell Williams (http://flickr.com/people/53357045@N02) felvétele
	N	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_majestic_line_of_Emperor_penguins,_Antarctica.jpg ,
	O	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magellanic_Penguins_16.jpg , Chris Pearson (http://www.flickr.com/people/53175227@N00) fotója
37.24.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lanius_collurio_male_am.jpg , készítette Artur Mikołajewski (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Amikosik)
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neuntöter_weiblich.JPG , Hajotthu (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hajotthu) felvétele
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corvus_Frugilegus_Berlin.jpg
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nebelkraehe_Dahlem.jpg ,
	E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Garrulus_glandarius1.jpg
	F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thumb_feather_or_Alula_of_Eurasien_Jay.jpg ,
	G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pica_pica_-Helsinki,_Finland-8a_(1).jpg , készítette Tomi Tapio K (http://www.flickr.com/photos/7200854@N05)
	H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pica_pica_young.JPG , Arnstein Rønning (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Eaglestein) fotója
	I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elster_wikipedia2.jpg
37.25.	A	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tree_Sparrow_August_2007_Osaka_Japan.jpg
	B	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sparrow_in_Bystrc_01.JPG
	C	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blackbird_singing.JPG
	D	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turdus_merula.jpg , Adam Kumiszczka (http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Akumiszczka) felvétele

E	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emberiza_citrinella_b11.jpg
F	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parus_Major_Oulu_20120303.JPG ,
G	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyanistes_Caeruleus_Oulu_20120303.JPG
H	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papamosques_gris_01_(Muscicapa_striata).jpg , készítette Dave Hamster, http://www.flickr.com/photos/davehamster/746318257/
I	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:European_Starling.jpg
J	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sort_sol_pdfnet.jpg

Ajánlott irodalom

Dr. Zboray Géza (szerk.) (2010) Összehasonlító anatómiai praktikum I. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN: 9789631968194

Dr. Zboray Géza (szerk.) (2012) Összehasonlító anatómiai praktikum II., ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest, ISBN: 9789633120927

Markó Bálint, Ujvárosi Lujza, László Zoltán (2010) Gerinctelen állatismeret I. Állati jellegű egysejtűektől a gyűrűsférgekig. Kolozsvári Egyetemi Kiadó

Kriska György (2009) Édesvízi gerinctelen állatok határozó. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN: 9789631964660

Kriska György (2004) Vízi gerinctelenek. Szivacsok, kagylók, rákok és más vízi gerinctelenek. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN: 9789630945479

Hickman, Keen, Larson, Eisenhour (2010) Integrated Principles of Zoology, 15th ed. McGraw-Hill Higher Education, ISBN 9780071221986