

Funkcionális anatómia I.

**Szentágothai, János
Réthelyi, Miklós**

Funkcionális anatómia I.

írta Szentágothai, János és Réthelyi, Miklós

Publication date 2006-09-01

Szerzői jog © 2006-09-01 Miklós, Réthelyi

Kivonat

Ez a tankönyv kísérlet az orvostudományok alapját képező morfológiai ismeretanyagunk konzekvensen alkalmazott funkciós szemléletben való egybeolvasztására.

Tartalom

Előszó az első kiadáshoz	viii
Előszó a nyolcadik kiadáshoz	xii
1. Az ember saját testéről alkotott képzetei és történeti fejlődésük	1
2. 1. fejezet. Az emberi test méhen belüli fejlődésének alapvonalai	4
1. 1.1. BEVEZETÉS	4
2. 1.2. PROGENESIS (GAMETOGENESIS)	4
3. 1.3. OVULATIO, MEGTERMÉKENYÍTÉS, BARÁZDÁLÓDÁS (MORULA)	10
4. 1.4. BLASTOCYSTA, BEÁGYAZÓDÁS, AZ EMBRYOPAJZS KIALAKULÁSA, GASTRULATIO	12
5. 1.5. AZ EMBRYO MORFOGENEZISÉNEK MOLEKULÁRIS GENETIKAI SZABÁLYOZÁSA, A TEST TENGELYEI, IRÁNYOK	24
6. 1.6. 3–8. MÉHEN BELÜLI ÉLETHÉT: EMBRYONALIS ÉLETKOR	24
7. 1.7. MAGZATI ÉLETKOR: A HARMADIK HÓNAPTÓL A SZÜLETÉSIG	39
8. 1.8. MAGZATBURKOK, KÖLDÖKZSINÓR, MÉHLEPÉNY	40
9. 1.9. IKERTERHESSÉGEK, TORZOK	51
3. 2. fejezet. Alapszövetek	57
1. 2.1. AZ ALAPSZÖVETEK FOGALMA	57
2. 2.2. HÁMSZÖVETEK	59
2.1. Oldalsó, összefekvő sejtmembránok specializációi	59
2.2. A szabad felszíni, apicalis membrán specializációk	62
2.3. Basalis sejtmembrán specializációk	66
2.4. Fedőhámok	67
2.4.1. A fedőhámok alaki osztályozása	67
2.4.2. A hámrétegen átmenő anyagtranszport	71
2.4.3. A hámfelület lepusztulása és pótlódása	72
2.5. Mirigyhám	72
2.5.1. Az exocrin mirigyek fajtái. Endo- és exoepithelialis mirigyek	72
2.5.2. Secretiós mechanizmusok	74
2.5.3. A mirigyek váladékának jellege; kémiai osztályozás	74
2.5.4. Az endocrin mirigyek kialakulása és fő jellemzői	76
2.6. Festékes hám	76
2.7. Érzékhám	77
3. 2.3. KÖTŐSZÖVETEK	78
3.1. Kötőszöveti sejtek	78
3.2. Rezidens sejtek	78
3.3. Vándorló sejtek	87
3.4. Kötőszöveti rostok	87
3.4.1. A sejtek közti víztér	97
3.5. A kötőszövetek osztályozása	98
3.5.1. Éretlen, embryonalis típusú kötőszövet	98
3.5.2. Laza rostos kötőszövet	99
3.5.3. Tömött rostos kötőszövet	100
3.5.4. Elasticus kötőszövet	100
3.5.5. Reticularis kötőszövet	101
3.5.6. Sejtdús kötőszövet	101
3.5.7. Chordoid szövet	102
3.5.8. Zsírszövet	103
4. 2.4. VÉR ÉS VÉRKÉPZÉS	107
4.1. A vérszövet összetevői	107
4.1.1. Vérplasma	107
4.1.2. Vérsejtek	108
4.1.3. Vérlémezkék (thrombocyták)	114
4.2. A csontvelő (medulla ossium)	115
4.2.1. A vörös csontvelő szöveti szerkezete	115
4.2.2. A vérképzés (haemopoiesis)	119
5. 2.5. TÁMASZTÓSZÖVETEK	123

5.1. Porcos (<i>chondroid</i>) szövetek	124
5.1.1. Üvegporc (hyalinporc)	124
5.1.2. Rugalmas porc (elasticus rostos porc)	127
5.1.3. Rostos porc (kollagénrostos porc)	127
5.2. Csontszövet	127
5.2.1. Csontsejtek	128
5.2.2. Csontalapállomány	130
5.2.3. A csontállomány architektúrája	130
5.2.4. Csontképződés és csontnövekedés	133
6. 2.6. IZOMSZÖVETEK	140
6.1. Simaizomszövet	140
6.2. Harántcsíkos izomszövet	141
6.2.1. A myofibrillumok felépítése, contractiós mechanizmusa	143
6.2.2. Az izom contractiós mechanizmusa	145
6.3. A sarcolemma és a sarcolemmális rendszer	149
6.4. Szívizomszövet	151
6.5. Myoepithelium	153
6.6. Izomszövet-regeneratio	153
7. 2.7. IDEGSZÖVET	153
7.1. A velőcsőből kialakuló neuronok és támasztósejtek szerkezete	154
7.1.1. Idegsejtek (neuronok)	154
7.1.2. Ependymasejtek	160
7.1.3. Gliasejtek (gliaszövet)	161
7.2. A dúlcéből és a placodlemezből kialakuló neuronok és támasztósejtek szerkezete	163
7.3. Idegsejtek (neuronok)	163
7.3.1. Satellitasejtek	164
7.3.2. Schwann-sejtek	164
7.4. Idegrosthüvelyek	165
7.5. A peripheriás idegszöveti szerkezete	171
7.6. Az idegrostok kapcsolatai más szövetekkel: receptorok	173
7.6.1. Érzéksejtek	173
7.6.2. Idegvégződéses receptorok	173
7.7. Az idegrostok kapcsolatai más szövetekkel: effectorok	179
7.8. Az idegsejtek kapcsolatai egymással: interneuronális synapsisok	182
7.9. A neuronelmélet tételes megfogalmazása (neurodoctrina)	189
7.9.1. Az idegszövet sejt közti tere	190
7.10. Idegdegeneratio, idegregeneratio	190
4. 3. fejezet. Az emberről általában	193
1. 3.1. AZ EMBER HELYE A TERMÉSZETBEN	193
2. 3.2. AZ EMBERI ÉLET GÖRBÉJE	194
2.1. 3.3. NEMI KÜLÖNBSÉGEK	195
3. 3.4. EMBERFAJTÁK	196
4. 3.5. ALKATI KÜLÖNBSÉGEK	196
5. 3.6. AZ EMBERI TEST SZERKEZETI ELVEI	198
6. 3.7. AZ EMBERI TEST FELOSZTÁSA, LEÍRÁSÁNAK ELVEI ÉS ÁLTALÁNOS ESZKÖZEI	199
7. 3.8. TÁJÉKOZÓDÁS A TÖRZSÖN A CSONTVÁZ KITÜNTETETT PONTJAIÁRA ALAPOZOTT SÍKRENDSZER SEGÍTSÉGÉVEL	200
5. 4. fejezet. A csontvázrendszer	204
1. 4.1. BIOLÓGIAI BEVEZETÉS	204
2. 4.2. A CSONTOKRÓL ÁLTALÁBAN	205
2.1. A csont mint szerv	206
2.2. Periosteum és endosteum	207
2.3. A csontok architektúrája	207
3. 4.3. A CSONTOK KÖZÖTTI ÖSSZEKÖTTETÉSEK (ÁLTALÁNOS ÍZÜLETTAN) ..	209
3.1. Folyamatos csontösszeköttetések (synarthroses)	210
3.2. Megszakított csontösszeköttetések (articulationes)	211
3.2.1. Az ízületek jellemző (obligát) alkotórészei	211
3.2.2. Az ízületek járulékos alkotórészei	212
3.2.3. Ízületi mechanika és az ízületek osztályozása	212

3.2.4. Az ízületet helyben tartó tényezők	213
3.2.5. Az ízületek mozgásai	213
3.2.6. Ízületi gátlóberendezések	214
3.2.7. Az ízületek osztályozása ízfelszíneik alakja szerint	215
3.2.8. Az ízületek ér- és idegellátása	216
4. 4.4. A GERINC CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI	216
4.1. A gerinc összeköttetései	218
4.2. A gerinc fejlődése	220
4.3. A gerinc görbületei	220
4.4. A gerinc mozgásai	222
5. 4.5. A MELLKAS CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI	222
5.1. A bordák és a csigolyák összeköttetései és a légzési mozgások ízületi mechanizmusa 223	
5.2. A mellkas egészben	224
6. 4.6. A FELSŐ VÉGTAG CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI	225
6.1. A vállöv csontjai és ízületei	226
6.2. A szabad felső végtag csontjai és ízületei	227
6.2.1. Karcson (humerus)	227
6.2.2. Vállízület (articulatio humeri)	228
6.2.3. Alkarcson (ossa antebrachii)	229
6.2.4. Könyökízület (articulatio cubiti)	230
6.2.5. A kéz csontjai (ossa manus)	234
6.2.6. A kéz ízületei	235
6.2.7. Kéztő–kézközépcsont ízület(articulatio carpometacarpea)	236
6.3. A medenceöv csontjai és összeköttetései	237
6.4. A medence saját szalagai	239
6.4.1. A medence egészben	239
6.5. A szabad alsó végtag csontjai és ízületei	245
6.5.1. Combcsont (femur)	245
6.5.2. Csípőízület (articulatio coxae)	246
6.5.3. Térdkalács (patella)	248
6.5.4. Térdízület (articulatio genus)	249
6.5.5. A tibia és a fibula összeköttetései	252
6.5.6. A láb csontjai	253
6.5.7. A láb ízületei	254
6.5.8. A láb egészben	256
7. 4.8. A KOPONYA (CRANIUM)	257
7.1. Az agykoponya csontjai	259
7.1.1. Falcson (os parietale)	259
7.1.2. Halántékcson (os temporale)	260
7.1.3. Nyakszirtcson (os occipitale)	263
7.1.4. Ékcson (os sphenoidale)	264
7.1.5. Homlokcsont (os frontale)	266
7.2. Az arckoponya csontjai	267
7.2.1. Rostacsont (os ethmoidale)	267
7.2.2. Felső állcsont (maxilla)	268
7.2.3. Járomcsont (os zygomaticum)	270
7.2.4. Könnyecsont (os lacrimale)	270
7.2.5. Orrcsont (os nasale)	271
7.2.6. Alsó orrkagyló (concha nasalis inferior)	271
7.2.7. Szájpadcsont (os palatinum)	271
7.2.8. Állkapocs (mandibula)	272
7.2.9. Nyelvcsont (os hyoideum)	272
7.3. A koponya egészben	272
7.3.1. Koponyatető (calvaria)	273
7.3.2. Koponyaalap (basis cranii)	273
7.3.3. Szemüreg (orbita)	276
7.3.4. Orrüreg (cavum nasi)	278
7.3.5. Szájüreg (cavum oris)	280
7.3.6. Fossa temporalis et infratemporalis	280

7.3.7. Fossa pterygopalatina	280
7.3.8. Állkapocsízület (articulatio temporomandibularis)	281
7.3.9. A koponya fejlődése	283
7.3.10. A magzati koponya kutacsai (fonticuli)	286
6. 5. fejezet. Az izomrendszer	288
1. 5.1. BIOLÓGIAI BEVEZETŐ	288
2. 5.2. ÁLTALÁNOS IZOMTAN	288
2.1. Az izmokról általában	288
2.1.1. Perimysium és peritendineum	289
2.2. Izompólyák (<i>fasciae</i>)	291
2.3. Súrlódáscsökkentő berendezések	291
2.3.1. Izomtömlők (bursae synoviales)	291
2.3.2. Ínhüvely (vaginae tendinum)	291
2.4. Általános izommechanika	292
2.5. Izom és ideg	296
2.6. Az izom működési alkalmazkodása	297
3. 5.3. RÉSZLETES IZOMTAN	298
3.1. A törzs izmai	298
3.1.1. Felületes hátizomzat	298
3.1.2. Mély (axialis) izomzat	299
3.1.3. Légzőizmok	303
3.1.4. Hasizmok	307
3.2. A medencefenék izomzata	312
3.3. A felső végtag izmai	313
3.3.1. A vállízület mozgását végző izmok	313
3.3.2. A könyökízület mozgását végző izmok (karizmok)	317
3.4. A csukló- és kézizületeket mozgató izmok	317
3.4.1. Alkarizmok	317
3.4.2. A kéz izmai	323
3.5. Az alsó végtag izmai	328
3.5.1. A csípőízület mozgását végző izmok	329
3.5.2. A térdízület mozgását végző izmok	331
3.6. A bokaízületet és a láb ízületeit mozgató izmok	335
3.6.1. Lábszárizmok	335
3.6.2. Lábizmok	339
3.7. Nyakizmok	341
3.7.1. Felületes nyakizmok	341
3.7.2. Nyelvcsont feletti izmok (mm. suprahyoidei)	342
3.7.3. Nyelvcsont alatti izmok (mm. infrahyoidei)	343
3.7.4. Nyaki izomháromszögek	343
3.7.5. Mély nyakizmok	345
3.8. A fej izmai	348
3.8.1. Rágóizomzat	348
3.8.2. Mimikai arcizomzat	349
3.8.3. Az arc fasciái és zsírteste	352
4. 5.4. AZ IZOMRENDSZER FEJLŐDÉSE	352

A táblázatok listája

2.1. Különbségek a spermatogenesis és az oogenesis között	8
4.1. 3/1. táblázat	197
5.1. Az orbita összeköttetései - 4/1. táblázat	277
5.2. Az orrüreg (cavum nasi) összeköttetései - 4/2. táblázat	279
5.3. A fossa pterygopalatina összeköttetései* - 4/3. táblázat	281
6.1. 5/1. Táblázat - Spinohumeralis izmok	298
6.2. 5/2. Táblázat - Thoracohumeralis izmok	313
6.3. 5/3. táblázat - Vállizmok	314
6.4. 5/4. Táblázat - Karizmok	315
6.5. 5/5. Táblázat - Alkarflexorok	318
6.6. 5/6. táblázat - Alkarextensorok	319
6.7. 5/7. táblázat - Belső csípőizmok	327
6.8. 5/8. táblázat - Külső csípőizmok	328
6.9. 5/9. Táblázat - A comb adductorai	330
6.10. 5/10. táblázat - A comb (térd) extensorai	332
6.11. 5/11. Táblázat - A comb (térd) flexorai	333
6.12. 5/12. Táblázat - Lábszárextensorok	335
6.13. 5/13. Táblázat - Lábszárflexorok	336
6.14. 5/14. táblázat - Peroneusok	337
6.15. 5/15. táblázat - Nyelvcsont alatti izmok	343
6.16. 5/16. táblázat - Musculi scaleni	345
6.17. 5/17. táblázat - Rágóizmok	348

Előszó az első kiadáshoz

Ez a tankönyv kísérlet az orvostudományok alapját képező teljes normál morfológiai ismeretanyag (anatómia, tájanatómia, szövettan és fejlődéstan) konzekvensen alkalmazott funkciós szemléletben való egybeolvasztására. Nem öleli fel a cytológiát (sejtten), amely ma már teljesen önálló tudományág igényével jelentkezik; és az orvosi biológia tárgyában oktatására a feltételek biztosítottak.

A lexikális jellegű tananyag radikális csökkentése elsőrendű törekvésem volt ugyan, és ez a tankönyv szövegméret tekintetében lényeges redukciót jelent az anatómia–szövettan–fejlődéstan számára eddig rendelkezésre állt tankönyvek összességéhez képest, a funkciós szemlélet mégis szükségszerűen növelte a könyv terjedelmét.

Kétségtelenül szaporodnak az ún. „fedések” nem csupán az élettannal, hanem a biokémiával és a biofizikával is. A modern funkciós szemlélet magában hordja ezt az ellentmondást, és ez csak az ún. vertikálisan integrált¹ oktatásokban és tankönyvekben nyerheti feloldását. Nem szabad elhallgatnom azt sem, hogy a funkciós szemlélet elősegíti ugyan a mélyebb megértést, de az egy tárgyon belül nyújtott információ mennyiségét nem csökkenti, hanem éppen növeli; csökkenti természetesen az egyidejűleg tanult tárgyak összes adatmennyiségét.

A lexikális jellegű tananyag csökkentése érdekében teljesen elhagytam mindazon anatómiai fogalmakat és nomenklaturai kifejezéseket, amelyek az általános orvos számára nélkülözhetők. Ezzel a felsorolt latin anatómiai elnevezések számát a hivatalos nomenklatúrához viszonyítva mintegy 30%-kal csökkentettem. Említést sem nyernek például a másodlagos verőér- és idegágak.

Ennél radikálisabb anyagredukció, hogy olyan részeket, amelyek teljes elhagyásáért anatómiai tankönyvből a felelősséget nem vállalhattam, de amelyek részletes, adatszerű ismeretét vizsgákon nem szokták elvárni, *apró betűs nyomással elkülöníttem a vizsgákon tételesen megkövetelt anyagtól,*² *amelyet rendes nyomással hozunk.* Apró betűs nyomásra kerültek azok az olvasmányosabb részek, amelyek egy-kétszeri átolvasásra elég maradandó képet adnak az érdeklődő hallgatónak (általános bevezetők, tisztán funkciós eszmefuttatások, vitatott vagy vitatható elméletek stb.). Ennél jelentősebb, hogy ugyancsak apró betűvel szedtem a koponyacsontok leírását, az izomzat részletes (táblázatos) leírásának nagy részét és a nagyobb törzsek kivételével a peripheriás erek és idegek elágazódását. Ezekből tételesen csak a főágak felsorolását és a táj anatómiai részben (9.) reájuk vonatkozó adatok ismeretét követeljük meg. Természetesen a testtájékokban való tájékozódáshoz szükséges ezen apró betűs részekkel a foglalkozás, de emlékezetből való reprodukciójukról minden vérbeli anatómus vizsgáztató szívesen le fog mondani.

Belső arányok tekintetében jelentősen eltértem a fejezetek klasszikus hagyományok szerinti méretezésétől.

A legnagyobb és egyben legigényesebb fejezet a zsigereket tárgyaló rész (7.). Itt nemhogy nem igyekeztem az anyag csökkentésére, de azt tekintélyes mértékben szaporítottam abból a megfontolásból, hogy az általános orvos mindennapi működéséhez a nomenklatúrában rögzített anatómiai fogalomkincs nem kielégítő.

Hasonlóan kiemelt helyet foglal el a szív; a vérképző szövetek és a nyirokrendszer ismertetése. Az idegrendszer tárgyaló rész (8.) méreteinél fogva figyelembe kell venni, hogy ez tartalmazza az érzékszervek és a bőr ismertetését is. Az itt, a könyv többi részeinél is konzekvensen alkalmazott funkciós és hangsúlyozottan fejlődéstan szemlélet kétségtelenül olyan külön igényt támaszt, amely egy statikusabb – bár kevésbé korszerű – leírással elkerülhető lett volna.

Jobb meggyőződésem ellenére alkalmazkodnom kell a nemzetközileg elfogadott ún. párizsi (1955) nomenklatúrához (PNA), bár az 1895-ös baseli nomenklatúra (BNA) kétségtelenül lényegesen jobb. Ezen, nemzetközi megállapodásról lévén szó, mi aligha változtathatunk.³ Különösen bántó a kettős magánhangzók törlése, aminek következménye, hogy ugyanazt a szót más helyesírással kell írunk, ha nomenklaturai fogalom

¹ Ti. olyan oktatás, amelyben a szervek vagy szervrendszerek anatómiáját, biofizikáját, biokémiáját és élettant egységes program keretében egységes tankönyv segítségével ismertetik.

² A különböző anatómiai intézetek és iskolák felfogása között természetesen vannak eltérések, hogy vizsgákon mit, és milyen súlypontozással követelnek meg. Az alkalmazott tipográfiai súlypontozás az én felfogásomat tükrözi, de nyilván nem okozhat nehézséget, hogy minden vezető oktató eltérő súlypontozását közli hallgatóival.

³ Helyenként lapalji megjegyzésben rámutatok a PNA egy-egy különösen bántó és felesleges „újítására”, de ahhoz, hogy nomenklatúrákkal és az őket összeállító nemzetközi bizottságokkal megfelelő hangnemben vitába szálljak, Jonathan Swift tiszteletes tollával és embergyűlöletével kellene bírom. Minthogy – sajnos, illetve szerencsére – egyikkel sem rendelkezem, néhány epés megjegyzésre korlátozom véleményem kifejtését.

része (pl. pre-), vagy ha nem nómenklaturai szakkifejezésben fordul elő (prae-). Ezért az olvasó elnézését kell kérnem.

A tankönyv anyagát decimális rendszerrel osztottam fel. A hivatkozások sem oldalszámokra, hanem a decimális számokra vonatkoznak, amelyeket a felkeresés elősegítésére a margón tüntettünk fel.

A mikroszkópos és ultrastrukturális leíráshoz szükséges hossz mértékegységek tekintetében az elavult, de szövettani könyvekben még általános mm, μ , Å (angström) egységek helyett a m, mm (=10⁻³ m), μ m (=10⁻⁶ m), nm (10⁻⁹ m=10 Å) ezres nagyságrendi egységeket használom; űr, és tömegmértékekben, bár ezek anatómiai leírásában ritkábban fordulnak elő, logikusan a l, ml, μ l, nl és a g, mg, μ g, ng egységek alkalmazása lenne helyén.

Az ábrák nem hivatottak pótolni az anatómiai atlaszokat, és nem adnak teljes képet az emberi szervezetben előforduló szövettani és fejlődéstani viszonyokról.⁴ Zömük a viszonyokat nagymértékben leegyszerűsítő, sokszor durván sematizáló skicc, részben magyarázatként, részben útmutatásul az anatómiai térszemléletet és emlékezetet támogató saját rajzok készítésére. E rajzokat az anatómia klasszikus hagyományai nyomán és terveim szerint *Kálmánfi János*, a SOTE Anatómiai Intézetének grafikus készíttette, amiért itt neki köszönetet mondok.

A szövettani ábrázolások tekintetében – amelyből külön atlasz nem áll a hazai orvostanhallgatók rendelkezésére – nem alkalmazhattam konzekvensen ezt az elvet. Itt természetesen szükséges a lényegesebb szövetek és szervek fény- és elektron-mikroszkópi viszonyairól néhány reprezentatív kép bemutatása, ezeket – elsősorban a színes felvételeket – a hazai anatómiai intézetek képgyűjteményeiből vettem át, amiért ezen intézetek igazgatóinak: *Csillik Bertalan*, *Flerkó Béla*, *Krompecher István* és *Törő Imre* professzoroknak mondok köszönetet.

Látószerv speciálisan igényes histológiai illusztrációinak szíves átengedéséért *Radnót Magda* professzornak tartozom hálával.

Köszönettel tartozom *Szabó Dezső* tudományos főmunkatársnak néhány reprezentatív szépségű szövettani képe átengedéséért.

Az elektronmikroszkópos képeket kevés kivétellel a hazánkban eredményesen működő, ma már szerencsére szép számú elektronmikroszkópos laboratórium kutatóitól vettem át, akiknek itt kollektíve mondok köszönetet, nevük megemlítését az illető ábrák magyarázataira tartva fenn. Több elektronmikroszkópai fénykép helyett a viszonyokat sémás ábrákon illusztrálom, részben annak érzékeltetésére is, hogy egyszerű, mindenki által készíthető vonalas rajzok mennyire alkalmasak az anatómia minden területén – makroszkópos, mikroszkópos és elektronmikroszkópos nagyságrendben egyaránt – a lényeg kiemelésére. Arról szeretném meggyőzni az olvasót, hogy anatómiai szituációról vagy szövettani metszetről készített egyszerű rajz a lényeges információk emlékezetben való rögzítésére többet ér a legjobb fényképnél vagy a leghűbb naturális ábrázolásnál.

Megtisztelő kötelezettségnek teszek eleget – és egyben nagy kiváltságban részesülök és részesítem az olvasót –, amikor a kötőszöveti és endothel sejtek szövettani ábrázolásához *Jancsó Miklós* professzor néhány eredeti ábráját veszem át. A nemrég munkaereje teljében elhunyt kiváló kutató mint pharmacologus különböző anyagoknak a sejtekbe való bekebelezésére (phagocytosis)⁵ és bennük való tárolására vonatkozó zseniális vizsgálatait során szinte „mellékesen”, alapvető szövettani észleléseket tett, amelyeket azóta az elektronmikroszkópia fejlődése mindenben igazolt. Szeretném, ha könyvem olvasói ezekben az esztétikai szempontból is páratlan ábrákban, amelyek készítményeit és fényképeit is saját kezűleg állította elő, megismernék népünk és korunk géniuszának e kivételes képviselőjét. A képek átengedéséért *dr. Jancsóné ár. Gábor Arankának* hálás köszönetemet fejezem ki.

Az anatómiai viszonyoknak röntgenképben való jelentkezéséről még elemi alapvonalaiban sem kívántam itt fogalmat nyújtani. Úgy vélem, erre inkább hivatott a radiológia. A könyvbe felvett néhány röntgenfelvétel – amelyekért ez úton mondok köszönetet *Zsebők Zoltán* professzornak – kivétel nélkül maguknak az anatómiai viszonyoknak világosabb értelmezését szolgálja.

A tetemen és tetemrészeken készített röntgen-angiographiák nem azonosak az élőben diagnosztikai eljárásként készített angiographiákkal; didaktikai értékük az érelágazódásokról adott rendkívül impresszionáló és a

⁴ Ilyen teljes kép nyújtására a klasszikus típusú szövettani és fejlődéstani tankönyvek, mint *Törő Imre Szövetten és Az ember fejlődése és szövettana c. tankönyvei* hivatottak.

⁵ E jelenséggel magával, minthogy szorosabban a cytologia tárgyához tartozik, tankönyvemben nem foglalkozom.

boncolási élményt nagyban kiegészítő jellegükben van. E képek átengedéséért *Luzsa György* főorvosnak mondok köszönetet.

A szívbillentyűkről készített fényképfelvételekért *Lozsádi Károly* doktornak tartozom köszönettel.

A microcirculációs anatómiai viszonyokról bemutatott korróziós praeparatumok nagyobbára a SOTE Anatómiai Intézetében készültek; készítőik nevét szintén az ábramagyarázatokban említem.

E könyv ábraanyaga tehát széles körű hazai kollektív munka eredménye. Értékei nem az én érdemem; hibáért a felelősség engem terhel.

Tankönyvet lehet objektív szellemben írni, hűvös kívülállással mérlegelve minden tárgyalandó adat és ismeret relatív súlyát. Ez a könyv, be kell vallanom, teljes egészében szubjektív mű, saját élményem tükrözése. Meggyőződésem, hogy az anatómia megközelítésének kulcsa – amelynek meg nem találása az oka sok orvostanhallgató kétéves gyötrődésének és későbbi „rossz emlékeinek”⁶ – egyszerűen az, hogy a száraz és tömegénél fogva terhes tényanyag mögött meg kell látni a csak funkcióiban érthető szerkezet csodálatos szépségét és harmóniáját. *Leonardo da Vinci* néhány ábrájának felhasználásával, aki korát 450 évvel megelőzve az emberi test felépítésének ezen lényegét meglátta, utalni szeretnék arra az álláspontra, amely felől ez az anyag tizedrész erőfeszítéssel és százszoros gyönyörűséget nyújtva megnyílik a szemlélő számára.

Nem szégyellem bevallani; hogy a helyesen felfogott anatómia számomra nem csupán minden orvosi gondolkozás és cselekvés elidegeníthetetlen alapja, hanem az anyag és a lét örök szépségének és harmóniájának egyik legmagasabb rendű megnyilvánulása.

Könyvemmel az emberi test szerkezeti felépítéséről való tudományos ismeretanyagon felül valamit át szeretnék adni a leendő orvosnak abból a mélységes elragadtatásból, amelyet ezek ismerete és megértése nekem mindig nyújtott, abból az univerzális *érzésből*, amelyet *József Attila* így önt szavakba Óda című versében:

Óh, hát miféle anyag vagyok én,
hogyan pillantásod metsz és alakít?
Miféle lélek és miféle fény
s ámulatra méltó tünemény,
hogyan bejárhatom semmisség ködén
termékeny tested lankás tájait?
S megnyílt értelembe az ige,
alászállhatok rejtelseibe! ...
Vérköreid, miként a rózsabokrok,
reszketnek szüntelen.
Viszik az örök áramot, hogy
orcádon nyíljon ki a szerelem,
s méhednek áldott gyümölcse legyen.
Gyomrod érzékeny talaját
a sok gyökerecske át meg át
hímezi, finom fonalát

⁶ Ezek azután az orvosi és az orvostudományi egyetemi közvéleményben az anatómia tárgya és oktatása körüli sokszor affektív színezetű értékítéletekben nyernek lecsapódást.

csomóba szőve, bontja bogját –
hogy nedűid sejtje gyűjtse sok raját
a lombos tüdőd szép cserjéi saját
dicsőségüket susogják!
Az örök anyag boldogan halad
benned a belek alagútjain,
és gazdag életet nyer a salak
a buzgó vesék forró kútjain!
Hullámzó dombok emelkednek,
csillagképek rezgenek benned,
tavak mozdulnak, munkálnak gyárok,
sürög millió élő állat,
bogár,
hínár,
a kegyetlenség és a jóság;
nap süt, homályló északi fény borong –
tartalmaidban ott bolyong
az öntudatlan örökkévalóság.

Előszó a nyolcadik kiadáshoz

A több kiadást és utánnomást megélt *Funkcionális anatómia*, Szentágothai János egyszemélyes remekműve, a szerző halála óta először jelenik meg a klasszikus formában és megújított tartalommal. A Medicina kiadó javaslatára az átdolgozást az ország négy orvosegyetemének anatómia tanszékvezetői végezték el. Elsősorban a fejlődéstan, a szövettan és a tájanatómia fejezet változott. A tankönyv olvasását megkönnyíti, hogy a kötetek végéről az ábrák a szöveg megfelelő helyeire kerültek.

A *Funkcionális anatómia* kiemelkedő értéke átfogó morfológiai tartalmában és arányaiban van. Akik hazánkban német vagy angol nyelven is oktatják az anatómiát, naponta szembesülnek a tankönyvek sokszor részletes, aprólékos leírásai és az oktatásra fordítható viszonylag rövid idő közötti ellentmondással. Szentágothai János – személyes hitvallása és több évtizedes oktatói tapasztalata alapján – olyan részletességgel írta meg az emberi test szerkezetét és fejlődését egységbe foglaló munkáját, hogy az alkalmas a preklinikai és klinikai tárgyak tanulásának előkészítésére. A magyar orvostudomány egyik nagy értéke az anatómia, a szövettan és a fejlődéstan tárgyak azonos szemléletben való oktatása, valamint az anatómia egységének megőrzése. Így a hallgatók már tanulmányaik elején egységes és teljes képet kapnak az emberi test tökéletes harmóniájáról.

A jelen kiadás szerzői, a szerkesztő és a kiadó egyaránt azon munkálkodott, hogy a fent leírt érték megőrzéséhez mind tartalmilag, mind formailag a legjobban használható forrást adják a hallgatók és az oktatók kezébe.

Budapest, 2001. október 10.

1. fejezet - Az ember saját testéről alkotott képzetei és történeti fejlődésük

Az embernek már a történelem előtti időkben határozott képzetei voltak testének felépítéséről. A kőkorszakból származó emberábrázolások sokszor torzított, a nemi szerveket vagy a másodlagos nemi jeleket a szimbolikus absztrakcióig túlzó voltából biztosan következtethetünk arra, hogy ilyen irányú képzetek az ember gondolkodásának igen korán lényeges elemei lehettek. Biztos jelek vannak arra, hogy számos történelem előtti társadalomban végeztek orvosi beavatkozásokat (koponyalékelés, csonttörések beigazítása), habár ezek egy része inkább kultikus jellegű lehetett, semmint gyógyító célzatú. A napjainkig fennmaradt kőkorszaki vagy ehhez közel álló jellegű civilizációkban bonyolult anatómiai ismereteket feltételező műtéseket végeztek.

A reánk maradt történelmi kultúrákban az aránylag sokoldalú orvosi ismeretek ellenére rendszerbe foglalt anatómiai ismeret nem maradt, csupán más orvosi művekben elszórt megjegyzések találhatók. Adatok vannak arra, hogy a krotoni *Alkmaeon* (i. e. 500 körül) írt volna már anatómiai művet. Az élővilág jelenségeinek rendszerbe foglalásának első reánk maradt kísérlete *Arisztotelész*től (i. e. 384–322) származik, aki az élőlények fejlődéséről (madártojás) is tett már megfigyeléseket.

Rendszeres, tehát a tudományosság igényével bíró, anatómiai ismeretekkel azonban csak a hellenisztikus kultúrában, elsősorban az alexandriai iskola idején (alapítva i. e. 320) szólhatunk. Az iskola kutatói rendszeresen végeztek boncolásokat emberen. *Hérophilosz* az agyvelőről és a környéki idegekről, az érzékszervekről, valamint az erekről bírt mélyreható anatómiai ismeretekkel. Kortársa, *Erazisztratosz* érző- és mozgatóidegeket különböztet meg, ismeri a szív billentyűit és a belek chylusereit. – Hosszabb szünet után anatómiai ismeretei és kutatásai alapján kiemelkedő *Cl. Galenus* (i. sz. 131–201) pergamoszi születésű római orvos.

Embert nem volt alkalma boncolni, így számos tévedése majmok boncolásából vont következtetéseire vezethető vissza. Jelentősek ismeretei az agyvelő, az agyidegek és a gerincvelői idegek köréből. Tőle származik a szív és a verőerek működéséről alkotott első tudományos – habár téves – elmélet, amely közel másfél ezer évig uralkodó maradt az orvostudományban. Tanait még a 17. század eleji orvostudomány is csalhatatlan dogmának tekintette.

A klasszikus ókori világ felbomlása ezeket a tudományos ismereteket csaknem a teljes feledésbe taszította, kizárólag az *arab kultúrkör* aránylag fejlett orvostudománya mentette át őket a késői európai középkor számára. A 13. és a 14. században elsősorban Olaszországban meginduló tudományos restauráció kezdetéhez a perzsa *Avicenna* (valójában Ibn Szina; 980–1037) művein keresztül jutottak vissza Európába a régi anatómiai ismeretek. Az anatómia művelése a 16. század elején már több olasz, francia és spanyol egyetemen virágzott. Döntő fordulatot jelent mégis *Andreas Vesalius* (1514–1564) brüsszeli születésű orvos Baselban 1543-ban kinyomtatott műve: *De humani corporis fabrica libri septem*. Ez a kiválóan illusztrált mű (fametszeteihez *St. Calcar*, *Tizian* tanítványa készítette a rajzokat) először ad reális, modern tudományos igényű képet az emberi test szinte valamennyi részének szerkezetéről.

E helyütt a további fejlődésnek csupán néhány kiemelkedő állomását jelezhetjük. Újabb, szinte Vesalius művéhez hasonló fordulat volt *William Harvey* (1578–1657) 1628-ban megjelent *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* című műve, melyben a vérkeringést – ahogyan azt ma is lényegében ismerjük – először leírja. – A mikroszkópos anatómia kezdetei *Marcello Malpighi* (1628–1694) működésére vezethetők vissza. A beteg életében észlelt tünetek és a boncoláskor tapasztalt elváltozások összefüggéseit először *Giovanni Ballista Morgagni* (1682–1771) padovai tanár tanulmányozza részletesen. 1761-ben megjelent műve: *De sedibus et causis morborum per anatomen delineata* címmel a kórbonctan kezdetét jelzi, de egyszersmind az ókornak és a középkornak a testnedvekre alapozott homályos betegségi képzetei helyett a szerveknek mint anatómiai, működési és a megbetegedésekben való részvétel tekintetében egységként való felismerésének állomása. Újabb lényeges előrelépés ebben az irányban *François Xavier Bichat* (1771–1802) munkássága, aki *Anatomie générale* c., 1801-ben megjelent művében a szerkezet, a működés és a patológiai reakció alapegységét egy nagyságrenddel tovább mozdítja. A „szövet” konkrét hisztológiai képzetét (amely csak az 1840–50-es években alakul ki) nem ismerve, de mintegy anticipálva, a szervnél kisebb, illetve egyben általánosabb egységek jelentőségét ismeri fel az életfolyamatokban. A sejtet mint az élőlényt felépítő alapegységet *Schleiden* (1838) a növényi, majd az állati szervezetben *Th. Schwann* ismerte fel, ehhez csatlakozott a sejt kóros reakciókban egységként való szereplése lehetőségének felismerése *R. Virchow* (1850) (celluláris patológia).

Az anatómia fejlődését természetesen döntően befolyásolta az élőlények egységes származásának (filogénia) elmélete, melyet jelentős előzmények után *Ch. Darwin* 1859-ben megjelent *Origin of species* (A fajok eredete) című művében fejtett ki, egyszersmind helyes irányt mutatva a további kutatásnak és alapját adva az élővilág egységes szemléletének. E vezető elmélet után nyert csak igaz célt és értelmet az élőlények felépítését összehasonlítás alapján vizsgáló *összehasonlító (komparatív) anatómia*. – Az élőlények alakbeli és szerkezeti tulajdonságai megismerésének és megértésének másik alapvető gyökere az öröklés celluláris mechanizmusainak tisztázása. Ennek kezdetét jelentik *G.Mendel* 1863-ban közzétett első rendszeres kísérletei, és az általa megállapított alapvető törvények, amelyeknek sejten belüli strukturális alapjait napjainkig tartó és a biológiai kutatás legalapvetőbb ágazatait szinte első vonalban foglalkoztató további fejlődés tisztázza.

A modern szerkezeti kutatás a biológiai alapkutatás egész mai beállítottságának megfelelően két fő fronton folyik. Az egyik irány a legújabb technikai eszközök nyújtotta lehetőségek birtokában egyrészt a szubmikroszkópos nagyságrend felderítésében és eddigi határainak további kitolásában fáradozik. E vonatkozásban ma már sok helyen érintkezik a morfológia és a biokémia, amennyiben bizonyos nagyobb molekulák, sőt, ezek egyes részeinek a morfológiai elemekhez viszonyított helyzetét és elrendeződését kezdjük megismerni. Ennek megfelelően a morfológiai jelenségek leírásának helyét fokozatosan az alapjukat képező molekuláris szerkezetek megismerése váltja fel. A biokémiában épp napjainkban kibontakozó és a molekulák átadható töltéseire, tehát elektronokra alapozott új szemlélet ilyen módon a morfológia további fejlődését is közvetlenül érinti. – A másik alapvető kutatási irány *a szerkezet és az információ kapcsolata a biológiában*. Bármennyire szerteágazó és sokféle részletterület tartozik is a kutatás eme frontjához, mégis közös bennük a szerkezeti jelenségek információértéke az információ kezelésének és az életfolyamatok szabályozására való felhasználásának problematikája. Legyen az a chromosomák szerkezetének kutatása vagy a fejlődés során fellépő lokális sejtszaporodás, csoportos sejtmozgás vagy szöveti differenciálódás ok-okozati elemzése, vagy akár a humorális és a neurális szabályozás bármilyen strukturális vonatkozású problémája, a kérdésnek más felvetése és egyben további megmunkálása csak akkor lehet korszerű, előremutató és igazán eredménnyel biztató, ha az *információ és a szabályozás* modern elméleteivel és a belőlük leszűrt általános törvényszerűségekkel számol.

Az emberi test szerkezete azonban nem kizárólag orvosi vagy biológiai szempontból érdekli az embert. Történelem előtti kezdetektől fogva az emberi test ábrázolása a képzőművészeti alkotásvágy egyik fontos tárgya. Minthogy pedig a test idomait – habár kívülről nem látható módon – anatómiai tényezők, ún. csontok, izomzat, inak és póllyák, felületesebb erek, valamint a bőr alatti zsírpárna határozzák meg, az emberi vagy állati test művészi ábrázolásának, akár öntudatlan megfigyelés, akár tudatos elemzés alapján, anatómiai tények igen lényeges elemét képezik. A művészi ábrázolás célja sohasem a természet utánzása, hanem pl. a képzőművészet esetében elsősorban a természet valamilyen motívumán a művész és társadalma képzeteinek közlése, illetve rögzítése. Így értelmezendő pl. a prehisztórikus emberábrázolásban az ember egyes testrészeinek, elsősorban a nemiséggel kapcsolatos bélyegeknél eltúlzása és ezzel a termékenység (nő), illetve a teremtő erő (férfi) szimbolikus ábrázolása.

Valószínűleg kultikus gondolatok rejlenek a legtöbb ősi művészetben található betegségi, illetve betegábrázolásokban (pl. a közép- és dél-amerikai és afrikai művészetben), amelyek során sokszor minden orvosi leírásnál jobban fogják meg a betegség képét. Sokszor a beteg helyett egyedül a megbetegedett szerv ábrázolására szorítkoznak, ami az idők folyamán szimbolikusan módosulhat.

Ilyen pl. az ókori és a középkori művészetben az anyaméh plasztikus ábrázolása, mely eleinte elég jól visszaadta az emberi méh anatómiai alakját, idővel azonban módosulva, a varangy alakját veszi fel.

A klasszikus ókori képzőművészetében a ruhátlan emberi test kifejezetten naturális ábrázolása a görög szobrászat törekvése. Számos anatómiai tévedésükből tudjuk, hogy a görög szobrásznak nem lehettek valódi anatómiai ismeretei. A testarányokat sok tekintetben megváltoztatták egyrészt harmonikusabb összbnyomás keltésére (pl. a fej megkisebbitése, a lábón a 2. ujj leghosszabbra és a férfi nemi szervek „kisfiús” típusú ábrázolásával stb.), másrészt az elhelyezés és megvilágítás torzító hatásainak tudatos semlegesítésére ellentétes torzításokat alkalmaztak (pl. a „görög orr” a magasan elhelyezett szobor alulról való szemlélése folytán jelentkező perspektivikus torzulást csökkentti; az egyik végtag behajlított és a másik nyújtott helyzete esetén a szemlélő felől jelentkező rövidülést némileg javító torzítást alkalmaztak, a Milói Vénusz árnyékba eső testfele jóval szélesebb, mint a megvilágított stb.). Ezzel a természetben elő sem forduló ideális és harmonikus szépség összbnyomását érték el.

Tényleges anatómiai ismeretek tudatos alkalmazásával a reneszánsz nagy mestereinél találkozunk. Sőt, ezeknél anatómiai ismeretek szerzése és a funkciós viszonyok megértésére való törekvés lényegesen megelőzi az orvostudomány hasonló törekvéseit. *Leonardo da Vinci* nagyszámú anatómiai rajza nem csupán korukat

megelőző anatómiai részletismereteket tartalmaz, hanem az izmokat vagy egyes részeiknek hatókomponensekre való bontása és ezekkel való helyettesítése, csontszerkezetek statikus szerepe, a szív és a szem szerkezetére vonatkozó képzetek stb. kialakítása tekintetében a funkcionális anatómia sokkal későbbi fejlődését anticipálja. A képzőművészeti alkotást anatómiai ismeretekkel támogató „művészeti anatómia” ezekből a kezdetekből fejlődött ki. Érthető módon a művészeti anatómia klasszikus ismeretanyaga elsősorban azokra a szervekre és szervrendszerekre korlátozódik, amelyek vagy lényegükből eredően (csontvázrendszer, izomrendszer), vagy pedig felületi elhelyezkedés következtében (egyres erek, zsírpárna, pólyák) a test külső idomait determinálják.

A mai modern képzőművészeti törekvések, amelyeknek fontos motívumai a külső megjelenési forma mögött a konstrukciós elvek megláttatása, másrészt az egy nézetből való szemlélet helyett a tér dimenzióinak felbontása és egymás melletti síkszerű ábrázolása (pl. Picassónál), természetesen már nem nélkülözhetik a struktúra és a funkció egységeinek mélyrehatóbb és az alapelveket feltáró elemzését.

2. fejezet - 1. fejezet. Az emberi test méhen belüli fejlődésének alapvonalai

1. 1.1. BEVEZETÉS

A fejlődéstani ismeretek szükségessége abból az alapvető igényből ered, hogy a természet jelenségeit csak fejlődésükben szemlélve lehet valóban megérteni. Az élővilág tudományos feltárásának ezért volt olyan döntő fordulata, amikor a 18. század vége felé kutatók és gondolkodók (Goethe) eszmevilágában az élőlények egységének – kezdetben persze naiv – képzetei megjelentek. Tudományos igényű elmélet alakjában ezek azonban csak jóval később, Darwin (1859) „A fajok eredete” című művében nyertek kifejezést. Az élővilág egységéről és a származási kontinuitásból kialakult mai képzeteinkkel a származástan foglalkozik.

Az ember magzati fejlődésének ismerete az anatómia elsajátításának fontos segédeszköze. A testet felépítő szöveti elemek valódi megértéséhez nélkülözhetetlen közös eredetüknek és fokozatos differenciálódás útján való szétválásuknak megértése. Az alapszövetek, valamint speciális működésű és szerkezetű származékaik megértéséhez nélkülözhetetlen a csíralemezek és származékaik differenciálódási mechanizmusának ismerete. Több szerv vagy szervrendszer bonyolult térbeli viszonyai merőben érthetetlenek, ha legalább hozzávetőlegesen nem nyerünk képet arról, hogy ezek mi módon jönnek létre egyszerűbb telepekből.

E kettős célkitűzés nagymértékben befolyásolja az itt nyújtott fejlődéstani leírást. Nem lehet feladatunk, hogy a fejlődési folyamatokat teljes objektivitással ismertessük, úgy, ahogy valóban lezajlanak. Kizárólag arra törekszünk ebben a tankönyvben, hogy a fejlődés során való kialakulásuk ismertetése elősegítse és elmélyítse a test fontosabb szerkezeti viszonyainak megértését. Sok esetben a ténylegesen lezajló fejlődési viszonyok bonyolultabbak (vagy néha éppenséggel egyszerűbbek) annál, semhogy e tekintetben segítséget jelentsenek az anatómiai viszonyok elsajátításához. Ilyen esetekben lényeges egyszerűsítésektől, illetve néha a valóságnak majdnem vulgárisnak mondható sematizálásától sem riadtunk vissza, a funkcionális struktúrákról lehetőleg egyszerű, lekerekített kép nyújtása érdekében.

A fejlődéstani ismeretek egy részének közvetlen orvossággyakorlati jelentősége is van. Súlyponti témaként külön ki kell emelnünk ezért ezeket a fejezeteket.

1. A magzatburkok kialakulásának és a méhlepény felépítésének ismerete a terhesség és a szülés normális és különösen kóros viszonyainak megértéséhez és a helyes orvosi észleléshez, mérlegeléshez és cselekvéshez nyújt elengedhetetlen alapokat.

2. Fejlődési rendellenességek gyakorisága indokolja az arc és a szájpad, a szív és a genitális apparátus fejlődési viszonyainak kiemelt kezelését. Gyakoriságuk mellett e fejlődési rendellenességek megfelelő orvosi beavatkozás számára ma már jól hozzáférhetőek, és hordozóik élet-, illetve életben maradási lehetőségei ezekkel jelentős mértékben megjavíthatók. Sok esetben döntő, hogy a fejlődési rendellenességek minél hamarabb ismertessenek fel, és ezzel lehetővé váljék a műtéti megoldás legelőnyösebb időpontjának megválasztása.

3. A nem meghatározása és az úgynevezett intersex fejlődési zavarok néhány alapvető típusának és ezek sejtani okainak ismerete az előbbi (2) csoporton belül is kiemelt fontossággal bír, újabban azért is, mert általános orvossággyakorlati jelentőségén túl igazságügyi szempontból is mind nagyobb jelentőségűnek mutatkozik.

2. 1.2. PROGENESIS (GAMETOGENESIS)

Az élővilágban a szaporodás egyik formája az ivaros szaporodás. Ennek során a hím gaméta, a *spermatozoon*, egyesül a női gamétával, az *ovummal*. Az ivarsejtek egyesülése a *megtermékenyítés*, melynek eredményeként egy új lény jön létre, a *zygota*.

A *progenesis* az ivarsejtek kialakulásának története.

Az ember szomatikus sejtjei 23 pár, azaz diploid számú chromosomát tartalmaznak. A chromosomapárok egyik tagja apai, a másik anyai eredetű. Az összetartozó chromosomapárokat homológ chromosomáknak nevezzük. A

szomatikus (autosomalis) chromosomák száma 22 pár, 1 pár pedig a chromosomal nemet meghatározó nemi (sexualis) chromosoma. Férfi sejtjeiben XY, nőében pedig XX jelű nemi chromosomapár található.

A sejtciklus G_1 fázisában a szomatikus sejtek chromosomáinak mindegyike egy-egy chromatidot tartalmaz, a sejt tehát összesen 2×23 , azaz összesen 46 chromatidot. A $23+23$ chromosoma által képviselt DNS mennyisége $n + n$, összesen $2n$. Annak, hogy a megtermékenyítés során létrejövő zygota az emberre jellemző 46 chromosomával és $2n$ mennyiségű DNS-sel rendelkezzen, az a feltétele, hogy az ivarsejtek egyenként csak 23 darab (azaz haploid számú), egy-egy chromatidot tartalmazó (azaz n mennyiségű DNS-t) chromosomával rendelkezzenek. Ezt a feltételt az ivarsejtek fejlődése, a *gametogenesis* biztosítja.

Az n mennyiségű DNS-t tartalmazó és haploid számú chromosomával rendelkező ivarsejtek az érési (meiotikus, meiosis = csökkenés) sejtosztódások során alakulnak ki. Ezen történések lényege legkönnyebben úgy érthető meg, ha összehasonlítjuk a meiotikus sejtosztódás során lezajló chromosomal események leglényegesebb momentumait a mitotikus sejtosztódás chromosomal eseményeivel.

A mitotikus sejtosztódás chromosomal eseményei. A sejtciklus interfázisának „S” (szintetikus) szakaszában minden egyes chromosoma kettős DNS-szála (*chromatid*) felhasad, és a hasadt DNS bázisláncai külön-külön kettős DNS-szállakká egészülnek ki. Ennek következményeként a premitotikus sejtek chromosomaiban megkettőződött DNS-tartalom van jelen. A chromosomák száma ugyan továbbra is 2×23 , de mindegyik chromosoma két chromatidot tartalmaz, tehát a mitózist elkezdő sejt DNS-tartalma $2 \times 2n$, azaz $4n$.

A mitózis alatt a kétchromatidos chromosomák felsorakoznak a sejt equatorában, majd a centromérnél kettéhasadnak, és a két leánysejtbe az egyes chromosomák 1-1 chromatidja vándorol. A mitózis következtében tehát helyreáll az emberi sejtre jellemző állapot, a 2×23 eychromatidás chromosoma, és az ezek által képviselt $2n$ mennyiségű DNS.

A meiotikus (érési) sejtosztódások chromosomal eseményei. Az érési osztódások kizárólag a fejlődő ivarsejtek egyes formáinál fordulnak elő. A gonadokba (testis vagy ovarium) vándorló *ősvarsejtekből* (primordialis ivarsejtek) *spermatogoniumok* (férfi), illetve *oogoniumok* (nő) differenciálódnak. Ezeket a szomatikus sejtekkel azonos számú, azaz 2×23 darab és $2n$ DNS-tartalmat képviselő, eychromatidás chromosoma jellemzi. Ezek az ivarsejtek fejlődésének ún. szaporodási szakaszában szabályos mitózisokkal újabb és újabb sejtgenerációkat hoznak létre.

A spermato-, illetve oogoniumok egy része a továbbiakban anyagfelhalmozás révén méretben megnövekedik, felkészül a két érési osztódásra.

Az első érési (meiotikus) osztódást megelőző sejtciklus „S”-fázisában az oogoniumok, illetve spermatogoniumok DNS-tartalma megkettőződik. Ennek eredményeként a meiotikus osztódásait elkezdő sejt 2×23 kétchromatidás chromosomával, azaz $4n$ mennyiségű DNS-sel rendelkezik.

Az első érési sejtosztódás profázisának késői szakaszában a homológ autosomalis chromosomapárok pontosan egymáshoz illeszkednek, és szorosan összetapadnak, ún. chromosomatetrádokat (2×2 chromatid) képeznek (az X és Y nemi chromosomák végükkel kapcsolódnak össze). Ez az esemény a *chromosomaconjugatio* (*pairing*, *crossing over*). Az ebben az érettségi állapotban lévő gametákat elsőrendű spermatocytáknak, illetve elsőrendű oocytáknak nevezzük. A chromosomaconjugatio alatt az anyai és apai eredetű chromosomák egyes génszakaszai kicserélődnek. A részleges géncsere az egyik tényező, mely biztosítja, hogy az utódokban a szülői tulajdonságok új kombinációban jelennek meg. (Alapvető különbség van az elsőrendű oocyták és elsőrendű spermatocyták chromosomaconjugatiót követő eseményeinek időbeni lezajlásában. Ennek részleteit a tüszőérés leírásakor adjuk meg.)

Az első érési osztódás későbbi fázisaiban a chromosomatetrádok a chromosomák eredeti összefekvési síkjának megfelelően szétválnak és a – most már genetikai információtartalmukban megváltozott – kétchromatidás chromosomák random módon (tehát nem külön az apai, illetve anyai eredetű chromosomák) a két leánysejt, a másodrendű oocyta, illetve másodrendű spermatocyta (praespermatida) sejtállományába kerülnek. Ez a random chromosomaeloszlás ugyancsak a szülői tulajdonságok új kombinációjában való átörökítését eredményezi.

Az első érési osztódás telofázisát azonnal követi a második érési osztódás. Alapvetően fontos megérteni, hogy ezt nem előzi meg DNS-replikáció. A 2. érési osztódás során a 23 darab kétchromatidás chromosoma chromatidjai válnak szét. Ennek eredményeként a keletkező leánysejtek, az érett petesejt (*ovum*), illetve a *spermatida*, 23 darab eychromatidás chromosomával, azaz n mennyiségű DNS-sel rendelkeznek.

A két érési osztódás következtében tehát megvalósul a reprodukció chromosomal feltétele: haploid számú chromosomával és n mennyiségű DNS-sel rendelkező ivarsejtek keletkeznek.

Oogenesis: az őspetesejtek fejlődése a méhen belüli életszakaszban. A női ősvarsejtek a méhen belüli élet 3. hete során jelennek meg a szikhólyag mesodermájában. A 4-5. hét folyamán ezek a sejtek az ovarium telepébe vándorolnak.

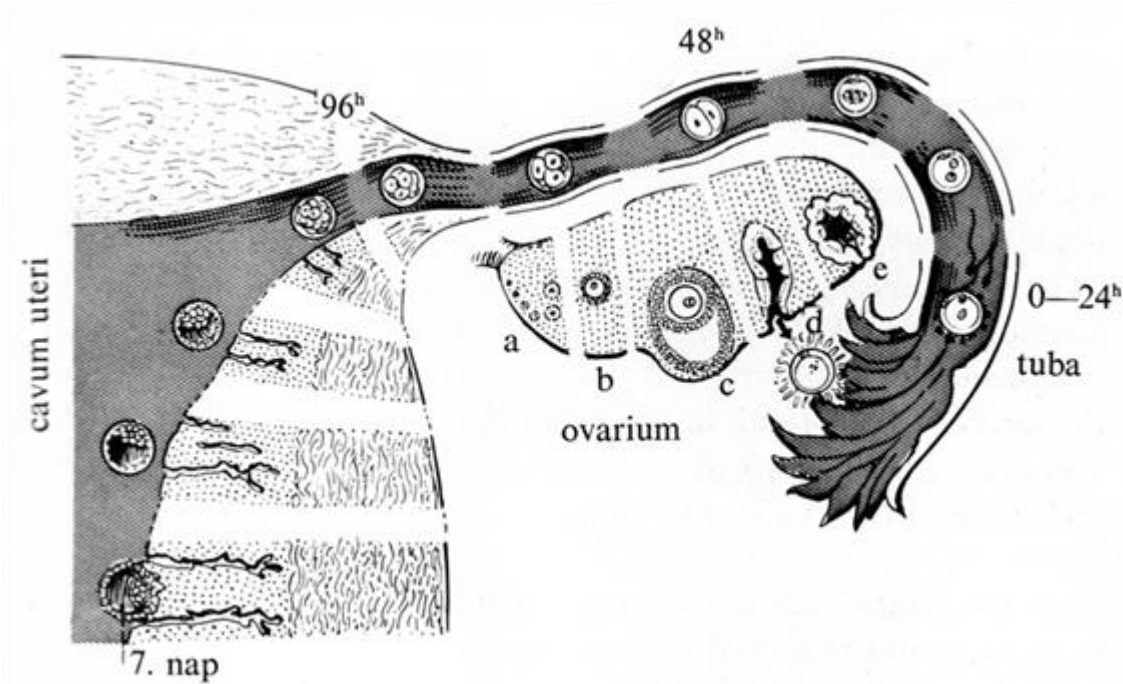
Az ősvarsejtek az ovarium telepében *oogoniumokká* differenciálódnak. Mindegyiket lapos hám, a *tüszőhám* (*epithelium folliculi*) veszi körül (megoszlanak a vélemények abban a tekintetben, hogy a tüszőhám a petefészket borító coelomahámából, és/vagy a mesonephrosból származik-e). Az oogoniumok mitotikus osztódással sokasodnak (*szaporodási szak*). Közülük sokan befejezik az osztódásokat, és anyagfelhalmozás révén növekedni kezdenek. Utoljára megkettőzik DNS-tartalmukat, majd elkezdik az első érési osztódást. Ez azonban a profázis késői szakaszában, a chromosomaconjugatio állapotában elakad. Ezeket a sejteket *elsőrendű oocytáknak* nevezzük.

A magzati élet első felében az egy oogoniumból származó ivarsejteket csoportosan veheti körül a tüszőhám. Az 5. magzati hónap végére az oogoniumok és az elsőrendű oocyták együttes száma elérheti a 7 milliót. Ezt követően mind az oogoniumok, mind az elsőrendű oocyták többsége degenerálódik. A túlélő elsőrendű oocytákat az őket már egyedileg körülvevő tüszőhámmal együtt, *őstüsző*nek (*primordialis tüsző*) nevezzük. A születés táján mintegy 700 ezer–2 millió őstüsző van a két petefészekben, és valamennyi elsőrendű oocyta a chromosomaconjugatio állapotában van.

A petesejtek születés utáni fejlődése. Az őstüszők száma a pubertásig mintegy 400 000-re csökken. Ezekben az elsőrendű oocyták mindvégig a chromosomaconjugatio állapotában maradnak. Ebből az oocytakészletből mintegy 400 ér el teljes érettséget a nő nemi virágzása éveiben, és ezek közül is csak mintegy 10% kerülhet megtermékenyítésre. Kihordott terhesség ennél is jóval kevesebb esetben lehetséges.

Fontos megérteni, hogy minél későbbi ovarialis ciklus során jut el egy petesejt az ovulációig, annál hosszabb ideig maradnak homológ chromosomái a conjugatio állapotában, és annál nagyobb az esély arra, hogy a meiotikus osztódások során a tetradok chromosomái vagy a chromatidák nem tudnak tökéletesen szétválni. Ez az alapja annak, hogy 35 éven felüli nők terhességéből 10-szer gyakrabban születik 21-es trisomiás, más néven mongol idiotismusban szenvedő gyermek, illetve hogy általánosságban gyakori a nondysjunctions chromosomaaberratio, a mono-, illetve trisomia.

A pubertástól (menarche) a menopausáig az agyalapi mirigy mellső lebenyének folliculusstimuláló hormonja (FSH) hatására holdhónaponként 8–15 őstüsző indul fejlődésnek (**1/1. ábra**). Először az őstüsző egyrétegű laphámából álló tüszőhámja köbössé válik, és az elsőrendű oocyta tovább növekedik. Az oocyta sejthártyája a *membrana vitellina*, melyet kívül egy feltűnő vastagságú membrana basalis, a *zona pellucida* vesz körül. Az egyrétegű köbös tüszőhámmal körülvett tüsző az ún. növekedő tüsző.



1/1. ábra. A tüszőérés, a tüszőrepedés, a megtermékenyítés és a barázdálódás főbb stádiumainak sémás ábrázolása a méhkürtben és a méhüregen belül, a jelenségek feltételezett időrendjének megadásával. Rövidítések: a–c: primordialis, elsődleges, másodlagos és harmadlagos tüszők, d: tüszőrepedés, e: corpus luteum (a megtermékenyült és barázdálódó petének az ábrán feltüntetett stádiumaihoz a tüszőrepedés után eltelt órák, illetve napok tartoznak)

Ezt követően a tüszőhám többrétegűvé válik, a kötőszöveti stroma sejtjei pedig a tüsző körül tömörülnek. Ekkor a tüszőt *elsődleges* (primaer) *tüszőnek* nevezzük. A tüszőhám sejtjeinek jelentős szaporodása és megkisebbedése következményeként a tüszőhámsejtek neve már *granulosasejt-réteg*, a tüszőt körülvevő tömörült kötőszövet neve pedig *theca folliculi*.

Hamarosan üreg jelenik meg a granulosasejtek között (*antrum folliculi*), melyben tüszőfolyadék (*liquor folliculi*) halmozódik fel. Az antrum a további fejlődés során hólyagszerű üreggé növekedik. A fejlődő oocyta egy a tüsző üregébe domborodó granulosasejt-halmaz (*cumulus oophorus*) közepében található. Az ovum sejtthártyáját, a membrana vitellinát kívülről a zóna pellucida veszi körül, az ezzel közvetlenül érintkező, hengeres alakú granulosasejt-réteg a *corona radiata*. A tüsző körüli theca differenciálódik: a *theca interna* sejtjei epitheloiddá válnak, cytoplasmájukban vacuolumok jelennek meg. Ez a steroidogenetikus sejtek jellemvonásait magán viselő sejtréteg oestrogent termel. A *theca externa* továbbra is a kötőszöveti sejtek alaktani sajátosságait viseli magán, és összemosódik az ovarium stromájával. A cavummal rendelkező tüszőt *másodlagos* (secundaer, vesiculosus) *tüszőnek* nevezzük.

A teljesen kifejlesztett tüsző a *harmadlagos* (tertier) vagy *Graaf-tüsző*, mely mintegy 15–20 mm átmérőjű, és a petefészek felszínét kidomborítja. Mielőtt az ovulatio bekövetkezne (a ciklus kb. 14. napján), az elsőrendű oocyta befejezi első érési osztódását. Az egyik leánysejt a másodrendű oocyta, ez kapja meg a rendelkezésre álló protoplasma túlnyomó tömegét. A másik leánysejt az *első sarki test* (*polarocytia*), ez alig rendelkezik protoplasmával. Mindkét sejt a zona pellucidán belül található, és 23 darab kétchromatidás chromosomával rendelkezik.

A másodrendű oocyta DNS-replikáció nélkül azonnal elkezd második érési osztódását. Amikor a chromosomák felsorakoznak a sejt equatora mentén, az agyalapi mirigyből hirtelen felszabaduló luteinizáló hormon (LH) hatására bekövetkezik a tüszőrepedés és az ovum kiszabadulása, az *ovulatio*. A kiszabaduló pete a zona pellucidát és a corona radiatát is magával viszi. Az emberi petesejt mérete a szabad szemmel való láthatóság határa közelében van, 120–130 μm . A ciklusonként fejlődésnek induló 8–15 oocytából általában csak egy érik be teljesen, a többinek a fejlődése elakad (kivéve a nem egytetű ikerterhességeket), *folliculus atresia* következik be. Az atretisáló tüszőkből *interstitialis mirigyek* alakulnak ki, melyek egy kevés androgén hormont termelnek.

A másodrendű oocyta csak abban az esetben fejezi be a második érési osztódást, ha megtermékenyül. Amennyiben nem következik be megtermékenyülés, az oocyta a második érési osztódás befejezése nélkül elpusztul.

Spermatogenesis. A spermatozoon teljes fejlődési folyamatát *spermatogenesis*-nek nevezzük. Ennek második, a spermatida – spermatozoon átalakulásra eső szakasza a *spermiogenesis* (korábbi szakkönyvekben spermiogénesis).

A hím ősvarsejtek a pubertás előtt a here coelomahám eredetű, tömör sejtkötegeiben található. Röviddel a pubertás előtt e sejtkötegekben üregképződés indul el, melynek során kialakulnak a herecsatornácskák, a tubuli seminiferi contorti. Az ősvarsejtek ekkor *spermatogoniumokká* differenciálódnak, a coelomahámból és/vagy a mesonephrosból származó sejtek pedig a *Sertoli-féle dajkasejtek*ké alakulnak.

A spermatogoniumok fejlődésének szaporodási szaka csak a pubertáskor kezdődik el, de az élet végéig folytatódik. A folyamatosan képződő spermatogoniumok egy része befejezi mitotikus osztódásait, utoljára megkettőzi DNS-tartalmát (2×23 kétchromatidás chromosoma), és miközben méretben növekszik, belép az első érési osztódás profázisába. A chromosoma conjugatio állapotában lévő hím ivarsejt alakot *elsőrendű spermatocytáknak* nevezzük. Az első érési osztódás chromosoma conjugatiós fázisa mintegy két hétig tart, a további fázisok már gyorsan lezajlanak. Eredményként 2 darab *másodrendű spermatocytá* (*praespermatida*) alakul ki (23 darab kétchromatidás chromosoma). Ezek DNS-replicatio nélkül azonnal elkezdik második érési osztódásukat, melynek eredményként, rövidebb mint egy nap alatt 2×2 , azaz összesen 4 darab *spermatida* keletkezik (sejtenként 23 darab egychromatidás chromosomával, n mennyiségű DNS-t képviselve).

Spermiogenesis. A spermatida átlagos sejt méretű ($7-8 \mu\text{m}$), kerekded, önálló helyváltoztatásra képtelen sejt. A megtermékenyítésre alkalmas, önálló mozgásra képes spermatozoon ebből a sejtalakból a spermiogenesis kapcsán fejlődik ki. A spermiogenesis ideje alatt a spermatidák a Sertoli-féle dajkasejtek sejtthártyáját maguk előtt tolvá azokba „mélyen befüródnak”, azokkal szoros anyagcsere-kapcsolatot tartanak fenn. A spermiogenesis alatt a következő változásokon esik át a spermatida:

- ◆ a sejtanyag anyaga rendkívüli mértékben kondenzálódik,
- ◆ a Golgi-állományból a spermatozoon fejében lévő sejtanyagot mintegy kétharmad részben sapskaserüen beborító acrosoma alakul ki,
- ◆ kialakul a spermatozoon végleges alakja, úgy mint a nyaka, az összekötő része (benne a spirálisan elhelyezkedő mitochondriumokkal) és a fark,
- ◆ a spermatida elveszti cytoplasmájának egy részét, ezáltal önálló anyagcsere-folyamatokra csak korlátozott mértékben képes, de igen gyorsan mozgó sejté válik.

A spermatogenesis teljes időigénye mintegy két hónap.

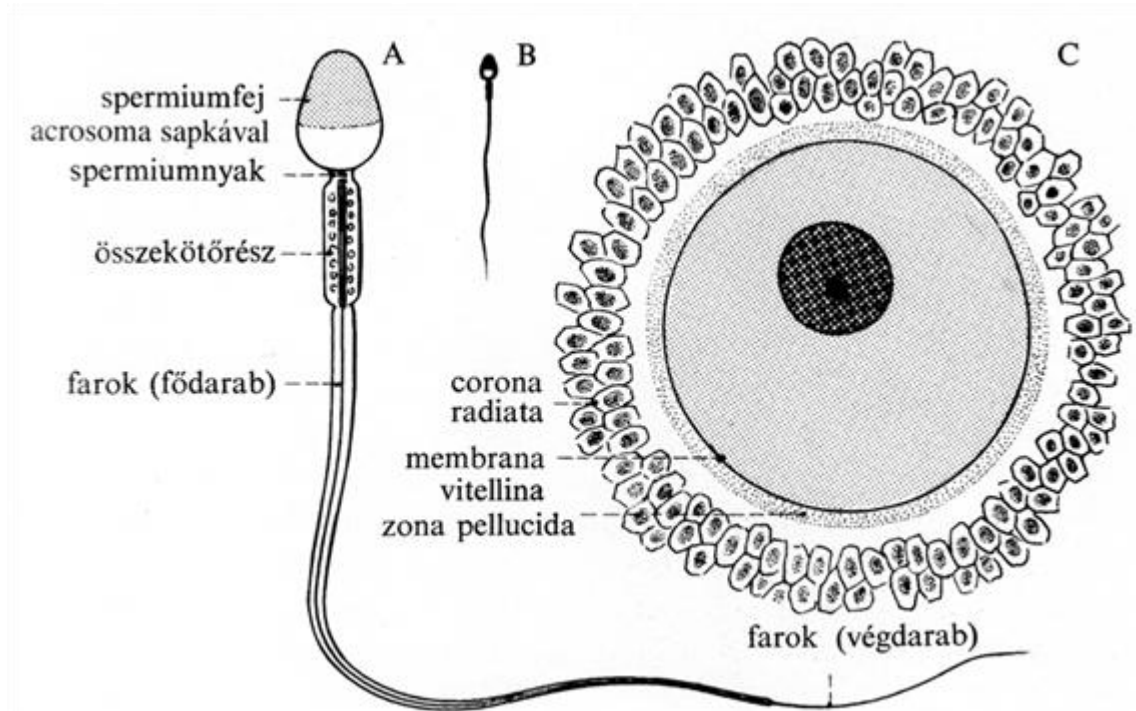
A spermatozoonok a mellékhere csatornáiban tárolódnak és közben további érésen esnek át, mely elsősorban mozgékonyaságuk biztosításához szükséges molekuláris változásokat eredményez. A mellékherében a spermatozoonok mozdulatlanok.

2.1. táblázat - Különbsségek a spermatogenesis és az oogenesis között

	Spermatogoniumok	Oogoniumok
Szaporodás	a pubertáskor kezdődik el	az intrauterin életben befejeződik
Számarányok	egy spermatogoniumból négy spermatozoon lesz	egy oogoniumból egy érett petesejt és három polocyta lesz
Nemi chromosomák	a spermatozoonok fele X (<i>gynospermium</i>), fele Y (<i>androspermium</i>) nemi chromosomával rendelkezik	petesejt mindig X nemi chromosomát hordoz

Fejlődés	a második érési osztódást követő spermiogenesis eredményeként alakul ki	a második érési osztódással befejeződik az oogoniumok érése
Érési folyamat	a spermatogoniumok érése folyamatos	ciklikus

A spermatozoon morfológiája. A spermatozoonnak három fő része van: fej, nyak és fark (1/2. ábra, A, B).



1/2. ábra. A spermium (A) és az ovum (C) sémás rajza. A két sejt mérete közti valós arányt a B és a C rajz összevetésekor kapjuk meg

A spermatozoon feje szemből ovoid, oldalnézetben karsú körte alakú, elől keskenyebb véggel. A spermatozoon feje mintegy 4-5 μm hosszú, 3 μm széles. A rendkívül tömör chromatinállományú mag elülső 2/3-át fedi az acrosomasapka.

A spermatozoon nyakában elől, közvetlenül a mag mögött a proximalis centriolum található, a hátul elhelyezkedő distalis centriolumból indulnak ki a középdarab és a fark tengelyében húzódnó microtubulusok. A nyak mintegy 1 μm hosszú.

A fark kezdeti része az 5–9 μm hosszú, 1 μm széles középdarab vagy összekötő rész. Tengelyében szabályos csillószerkezet található, de ennek külső tubulusait kívülről kilenc hosszanti orientáltágú durva rostokból álló gyűrű fogja körül. Ezt kívülről a spermatozoon spirálmenetben elrendeződött mitochondriumai fogják körül. A fark fő része felé a distalis centriolumból elkülönülő véggyűrű vagy zárólemez zárja le a középdarabot.

A fark fő része mintegy 40–50 μm hosszú. Ebben hiányoznak a mitochondriumok, helyüket a durva rostgyűrűt bordaszerűen körülölelő rostos hüvely veszi át, mely a fő rész két szemben lévő oldalán egy-egy hosszanti irányba futó oszloppá szélesedik ki. Ezek az oszlopok a durva rostgyűrű két szemben lévő elemével kapcsolódnak össze.

A fark végrésze 5–10 μm hosszú, és a microtubulusokon kívül semmilyen más struktúrelemet nem tartalmaz.

Egy ml normális ejaculatumban, melynek legnagyobb tömegét a járulékos nemi mirigyek váladéka teszi ki, mintegy 50–100 millió spermatozoon számlálható meg. A spermatozoonok mozgását a járulékos nemi mirigyek váladékai iniciálják. A fark hullámzó mozgása hajtja előre a spermatozoonokat, melyek a női

nemzőcsatornában percenként 1–3 mm távolságot tesznek meg, és 24 órán keresztül megtartják megtermékenyítő-képességüket.

Kóros ivarsejtek. Előfordul, hogy egy petefészki tüszőben több oocyta fejlődik. Ezek leggyakrabban degenerálódnak, de ikerképződéshez is vezethetnek. Előfordulhatnak többmagvú petesejtek, ezek a teljes érés előtt degenerálódnak. Óriás, törpe, kétfejű, duplafarkú spermatozoonok normális spermában is előfordulnak kis százalékban.

3. 1.3. OVULATIO, MEGTERMÉKENYÍTÉS, BARÁZDÁLÓDÁS (MORULA)

Az ovarialis ciklus, ovulatio. A ciklikus peteérés a pubertáskor kezdődik el. Az előagyban lévő gonadotrop hormon releasing hormont (GnRH) termelő neuronrendszer szabályozó hatása alatt az agyalapi mirigy gonadotrop hormonokat (FSH, LH) ürít, melyek viszont az ovarium ciklikus működését szabályozzák.

Az FSH hatására fejlődésnek induló petefészki tüszők oestrogenhormont ürítenek a vérpályába. Ennek emelkedő szintje a megelőző menstruatio során lepusztult méhnyálkahártya regenerációját és proliferációját serkenti. Az oestrogenhormon vérszintje a ciklus középidejét röviddel megelőzően hirtelen igen magasra emelkedik (*oestrogen surge*), és ez az agyalapi mirigyre hatva hirtelen LH-kidobást vált ki (LH surge).

A következő menstruatiót megelőző 14. napon hirtelen felszökő LH-vérszint kiváltja a Graaf-tüsző megrepedését, az *ovulatiót*. (Egyes nők ún. középídos fájdalom formájában megérik az ovulatiót).

A megrepedt tüsző granulosa- és theca interna sejtjei az LH hatására ún. luteinisations átalakuláson esnek át, melynek következtében egy új szteroidhormont, progesteront is termelő szervvé, *sárgatestté*, *corpus luteum*máalakulnak. A progesteron a sárgatest által termelt oestrogennel együtt hatva egyrészt gátolja az agyalapi mirigy gonadotrophormon-elválasztását, következésképpen a tüszőérést és az ovulatiót is (a legtöbb ma használatos fogamzásgátló tabletta progesteront tartalmaz egy kis mennyiségű oestrogennel együtt), másrészt az oestrogenhatásra már proliferáló méhnyálkahártya progestationalis, más néven szekréciosis átalakulását váltja ki és serkenti.

Amennyiben az ovulatiókor kiszabaduló pete megtermékenyítése elmarad, a keletkező sárgatest neve *corpus luteum menstruationis*. Ez az ovulatio utáni 9. napig marad működőképes, mert ezt követően az agyalapi mirigy csökkenő LH-kibocsátása nem képes fenntartani. Az elsorvadó menstruációs sárgatestből a *corpus albicans* nevű fehéres hegyszövet marad csak vissza. A következményként leeső oestrogen- és progesteronszint kiváltja a méhnyálkahártya leelőkődését, a menstruatiót. Ugyanakkor az agyalapi mirigy FSH-leadása felszabadul az oestrogen és a progesteron gátló hatása alól, és így egy új ovarialis ciklus indulhat el.

A petefészkek felszínén kiboltosuló Graaf-tüszőn egy vértelen pont, a „stigma” jelzi a készülődő tüszőrepedés helyét. A kiszabaduló pete második érési osztódásának metafázisában van, és a cumulus oophorus granulosa-sejtjei veszik körül (**1/2. C ábra**). A méhkürt ampullaszerűen tágult hasüregi vége rendszerint ráborul a Graaf-tüszőre, így a kiszabaduló pete nagy eséllyel közvetlenül a méhkürt üregébe sodródik. A méhkürt simaizomelemeinek perisztaltikus összehúzódása és a nyálkahártya csillószőreinek csapkodása a liquor peritonei lassú áramlását tartja fenn, és ez a petesejtet akár az ellenoldali méhkürtön át is a méh ürege felé sodorja. A pete 3–4 nap alatt jut el a méh üregébe. Amennyiben a pete nem termékenyül meg, 24 óra alatt elpusztul, amennyiben viszont megtermékenyül, a zygota ún. trophoblastsejtjei (lásd később) átveszik az agyalapi mirigy LH-termelését. Az általuk termelt humán choriogonadotropin (hCG) képes biztosítani a corpus luteum működését, sőt annak hatalmas belső elválasztású mirigyszervvé, *corpus luteum graviditatis*szá fejlődését. Ezen utóbbi szerv által termelt progesteron gátolja a tüszőérést, és biztosítja a zygota megtapadását, valamint normális fejlődését. A corpus luteum a terhesség negyedik hónapja végéig nélkülözhetetlen, ezt követően azonban a fejlődő magzatfüggelékek hormontermelése képes a corpus luteumot helyettesíteni.

Megtermékenyítés. A megtermékenyítés leggyakrabban a méhkürt ampullájában következik be. A spermatozoonok a hüvely méhszáj körüli területéről aktív mozgással néhány óra alatt eljutnak ide.

A spermatozoonok a férfi nemi csatorna elhagyása után nem alkalmasak azonnal a megtermékenyítésre. Előbb két folyamaton kell átesniük; ezek a *capacitatio* és az *acrosomareakció*.

A *capacitatio* ideje alatt (mintegy 7 óra) a spermatozoon feji részét körülvevő glikoproteinréteg (*glycocalyx*) és más plasmafehérjék enzimatisz emésztése zajlik le. Ez a folyamat tárja fel az *acrosomát*.

Az *acrosomareakció* akkor következik be, amikor a spermatozoon már áthatolt a corona radiátán, és a külső acrosomamembrán a zona pellucidával összetapadt. Ezt az összetapadást a zona pellucida spermatozoon-specifikus receptorai teszik lehetővé, és eredményeként az acrosomából olyan enzimek szabadulnak fel, melyek a spermatozoonok zona pellucidán való áthatolást teszik lehetővé.

Maga a megtermékenyítés három fázisban zajlik le:

Az *első fázisban* a capacitáció átesett spermatozoonok szabadon átjutnak a corona radiátán. A corona radiátán való átjutást az acrosomából felszabaduló hialuronidáz enzim teszi lehetővé. Mintegy 3–500 spermatozoon éri el a méhkürt ampullaris végét. Ezek enzimeikkel segítik egymást a petét körülvevő corona radiátán való áthatolásban.

A *második fázis* során a spermatozoonok átfúrják a zona pellucidát. Először a spermatozoonok kapcsolódnak a zona pellucida specifikus receptoraihoz. Az acrosomareakció során felszabaduló részben tripszinszerű enzimek, másrészt egy *acrosinnak* nevezett enzim teszik azután lehetővé a spermatozoonok számára a zona pellucidán való áthatolást. Amint az első, a zona pellucidán áthatoló spermatozoon érintkezik a membrana vitellinával, a zona pellucida átjárhatósága további spermatozoonok számára hirtelen és teljesen lehetetlenné válik. Az érintkezés pillanatában ugyanis a membrana vitellinához kapcsolódó corticalis granulumokból lizozomális enzimek szabadulnak fel, melyek inaktíválják a zona pellucida spermatozoonokat kötő receptorait. Ezen zonareakció révén válik emberben lehetetlenné a *polyspermia*, azaz több spermatozoon behatolása az oocytába. A membrana vitellina ugyanakkor visszahúzódik a zona pellucidától és így egy rés, a *spatium perivitellinum* jelenik meg a zona pellucida és a membrana vitellina között, ami ugyancsak akadályozza, hogy további spermatozoonok lépjenek érintkezésbe a membrana vitellinával.

A megtermékenyítés *harmadik fázisában* az oocyta membrana vitellinája és a spermatozoon acrosoma mögött megmaradó sejthártyája összeolvad, és a spermatozoon sejt-komponensei az oocyta cytoplasmájába jutnak.

A megtermékenyítés hatására az oocyta befejezi második érési osztódását. Az egyik leánysejt alig vizs magával cytoplasmát, ez a második sarkitest vagy *polocyta*. A másik leánysejt a definitív oocyta. Ennek hólyagszerű önálló magja ekkor még 23 egychromatidás chromosomát és n mennyiségű DNS-t tartalmaz, csakúgy mint a spermatozoon ugyancsak különálló, előbb rendkívül tömör, majd hólyagszerűvé lazuló magja. (Az első sarkitest is osztódhat, így a spatium perivitellinumban egyidejűleg három sarkitest is jelen lehet.)

A megtermékenyítés hatására ugyancsak aktiválódnak a zygota anyagcsere-folyamatai (a spermatozoon fontos enzimeket és cytocentrumot hoz). A megtermékenyített petében levő apai és anyai eredetű sejt-magok megkötözik DNS-készletüket (23+23 kétchromatidás chromosoma, $2n+2n$ DNS-tartalommal). Az így kialakuló két sejt-mag a férfi és női *pronucleus*. Röviddel ezután a két pronucleus maghártyája eltűnik. Tulajdonképpen ezzel fejeződik be a megtermékenyítés. Az egész folyamat mintegy 24 órát vesz igénybe.

A megtermékenyítést követően a zygota chromosomái felsorakoznak az equatorban, és kezdetét veszi az első szabályos mitotikus sejtosztódás.

A megtermékenyítés révén:

- ◆ visszaáll az emberi sejtekre jellemző diploid chromosomaszám (2×23 darab chromosoma),
- ◆ meghatározódik a chromosomal nem ($X + X =$ nő; $X + Y =$ férfi),
- ◆ a zygota sorozatos mitózisokkal osztódni kezd, barázdálódik. A keletkező sejtek neve: blastomer.

Kóros megtermékenyítés. *Superfecundatio*: több oocyta termékenyül meg különböző apától származó spermatozoonok által. Emberben nem ismert, az állatvilágban gyakori.

Polyspermia: két spermatozoon termékenyít meg egy oocytát. Az eredmény 69 chromosomával rendelkező zygota, mely spontán abortus révén elpusztul.

Parthenogenesis: meg nem termékenyített oocyta fizikai hatásra barázdálódni kezd. Ovarialis teratoma kialakulásához vezethet.

Segmentatio (barázdálódás), szedercsíra (morula), a zygota életének első hete. A zygota mintegy négy nap alatt jut el az ampulla tubae területéről a méh üregébe. Ezen idő alatt jelentős szerkezeti változáson esik át.

A sorozatos mitózisokkal szaporodó blastomerek hamarosan szederszerűvé alakítják a zygotát. Ez a *szedercsira* vagy *morula*. Minthogy kívülről még mindig a zona pellucida veszi körül – méretben a megtermékenyített petesejttel azonos. A vastag zona pellucida ugyanis megakadályozza, hogy a zygota jelentősebb anyagcserét folytasson a környezetével. Így minden barázdálódási osztódást követően kisebbek lesznek a blastomerek, míg végül elérik az emberi sejtek átlagos méretét (1/1. ábra).

A morulában egy tömörödésnek (*compactio*) nevezett folyamat játszódik le. Ennek során a blastomerek ellapulnak, és egymással maximális felületű kapcsolatokat alakítanak ki. A blastomerek között focalis „tight junction” és „gap junction” szerkezetű sejt-kapcsolatok jelennek meg. A tömörödési folyamatban jelentős szerep jut a Ca^{2+} -függő sejt–sejt adhéziós glikoproteinek, az E-cadherinnek. Megszűnik az egyes blastomereken belül az eredeti radiális sejtszimmetria, a sejtorganellumok polarizálódnak. A tömörödési folyamat végére a zygota egy primitív protoepithelialis cystává alakul, melynek sejtsíkjai kifelé tekintő apicalis, befelé tekintő basolateralis felszínnel rendelkeznek. A polarizált sejtek további osztódásaik során megtartják a már megszerzett polarizációjukat. Amennyiben az osztódás a polarizált sejt eredeti apicobasalis tengelyére merőleges síkban történik, a felületesebb helyzetű leánysejt a sejt teljes apicalis cytocortexét és a basolateralis cytocortex egy részét magával víve poláros marad, a centralis helyzetű leánysejt viszont csak basolateralis cytocortexet visz magával, és apoláros lesz. Amennyiben az osztódás síkja a szülősejt apicobasalis tengelyével párhuzamos, mindkét leánysejt poláros lesz.

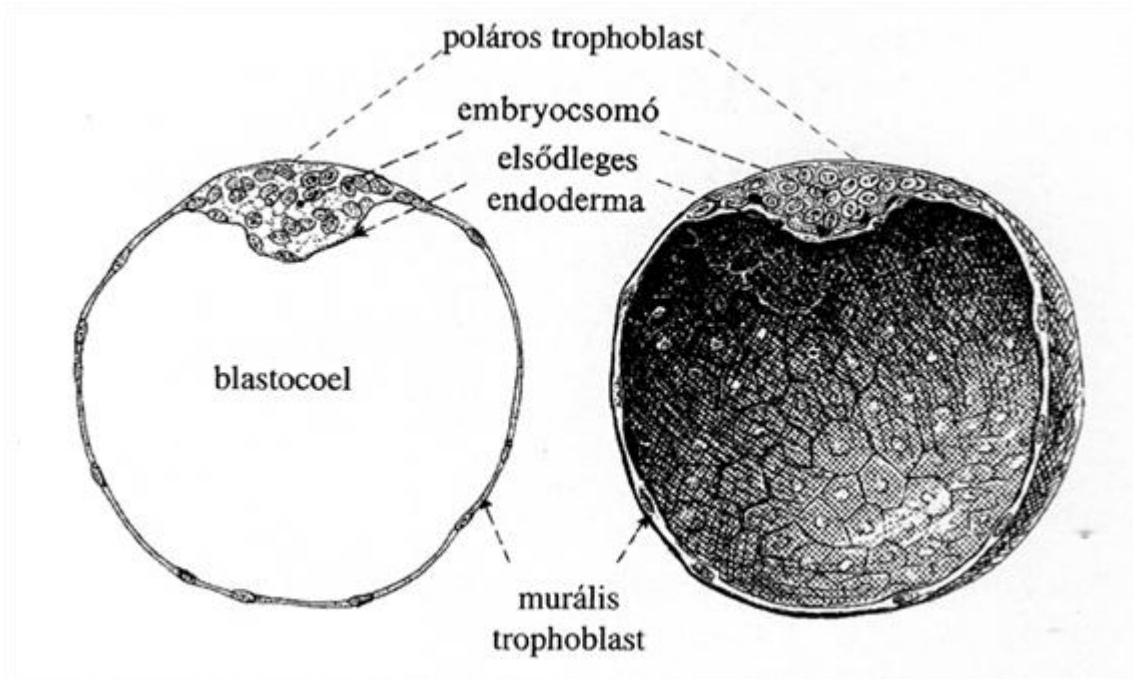
Helyzetüket tekintve tehát a 16 sejtnél nagyobb morula sejtsíkjai nem azonosak: vannak külső, illetve belső helyzetű blastomerek. A külső helyzetű blastomereket *trophoblastsejteknek* nevezzük, belőlük (és az extraembryonális széli mesodermából; lásd később) a külső magzatburok (chorion) és a placenta foetalis jelentős része alakul ki. A belső helyzetű blastomereket *embryoblastsejteknek* nevezzük. Belőlük alakul ki az embryo teste, a belső magzatburok, az amnion, a primitív és a definitív szikhólyag, az allantois és az extraembryonális mesoderma.

4. 1.4. BLASTOCYSTA, BEÁGYAZÓDÁS, AZ EMBRYOPAJZS KIALAKULÁSA, GASTRULATIO

Blastocysta. A méhnyálkahártya a beágyazódáskor az alábbi rétegződést mutatja. A myometriumhoz közeli, a mirigyek végrészeit tartalmazó réteg nem vesz részt a ciklikus változásokban. Ez a réteg a stratum basale. Ez a menstruatio végén is megmarad, belőle indul ki a nyálkahártya regenerációja. A felületesebb stratum functionale két alréteggel rendelkezik: a hámfelszín alatti stratum compactum stromában gazdagabb, a mirigykamrák szájadékrészeit tartalmazza; a mélyebb stratum spongiosum a dugóhúzó szerűen csavarodó, tág mirigyrészek miatt valóban szivacszerűen fellazult. A stroma kötőszöveti sejtsíkjai epitheloid átalakulás következtében lekerekedett duzzadt sejtek, ún. *deciduasejtek*. A secretiós jelenségek következtében az egész méhnyálkahártya vízenyősen fellazult. Ebbe a nyálkahártyába ágyazódik be a zygota.

A morulát a megtermékenyítést követő 4–5. napig körülveszi a zona pellucida. Miután ez eltűnik, a 32-sejtes stádiumot követően a külső blastomerek apicobasalis irányú folyadéktranszportot kezdenek, melynek eredményeként a tömör sejtömegű morula üreggel rendelkező hólyaggá, ún. *blastulává*, *blastocystává*, *hólyagsírává* alakul, melynek üregét *blastocoelnek* nevezzük. A blastocysta belső sejtsíkjai dombszerűen beemelkednek a blastocysta üregébe, e sejtsoport neve *embryocsomó* (1/3. és 1/5. A ábra).

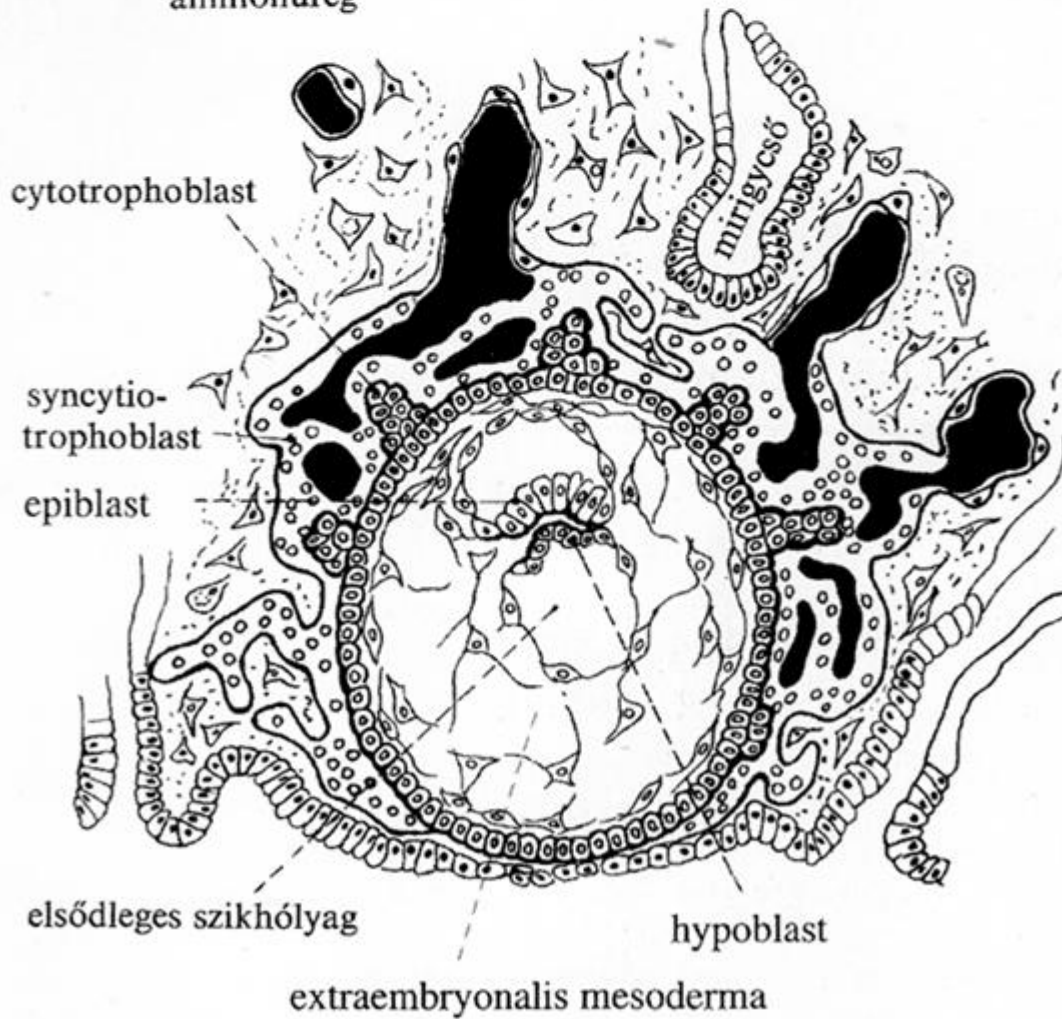
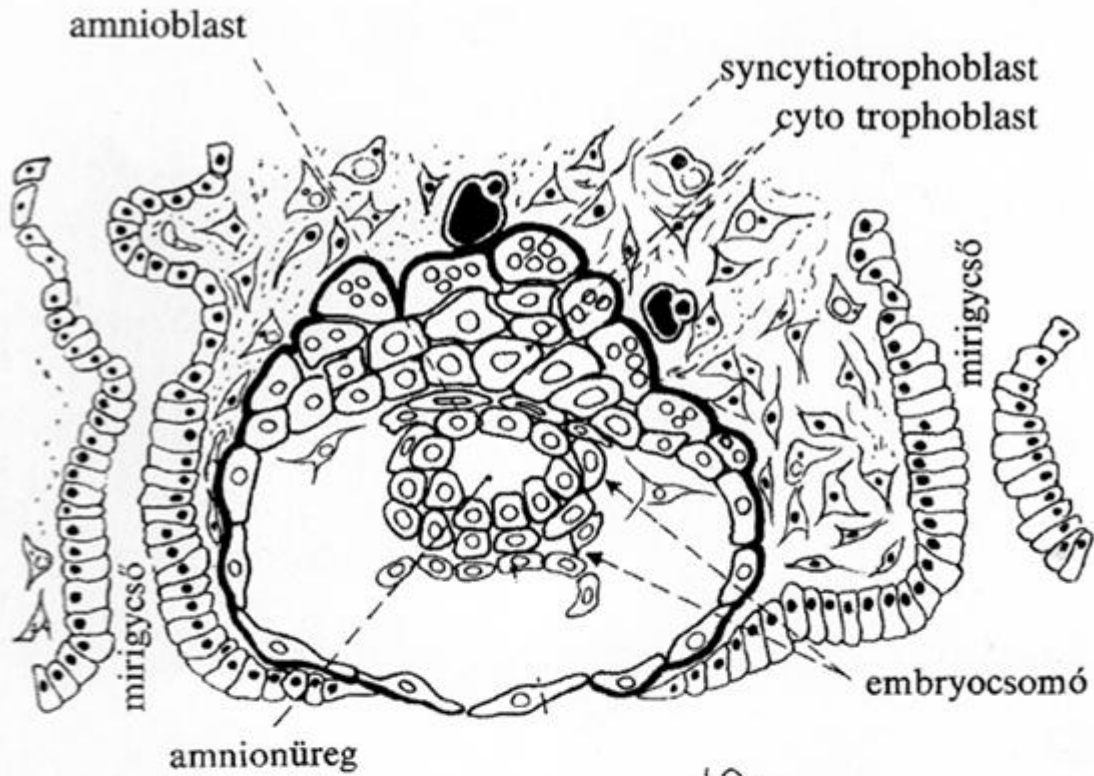
A blastocysta külső sejtsíkjai a trophoblastot alkotják. A trophoblastnak az embryocsomóval szomszédos részét *poláros trophoblastnak*, a blastocysta ürege felé szabadon álló részét *muralis trophoblastnak* nevezzük (1/3. ábra).



1/3. ábra. A blastula metszete (bal) és a félbe vágott blastula sémásan (jobb)

A trophoblast sejtjei tovább differenciálódnak külső helyzetű *syncytiotrophoblast*tá és belső helyzetű *cytotrophoblast*tá. A cytotrophoblast szabályos egymagvú sejtekből áll. A syncytiotrophoblast sejthatárok nélküli, sokmagvú cytoplasmaburokként határolja kívülről a zygótát. A folyamatosan osztódó cytotrophoblast sejtjei beleolvadva a már meglévő syncitiumba azt egyre vastagítják (1/4. és 1/5. ábra, D).

Beágyazódás. A beágyazódás egyik feltétele a zona pellucida eltünése. A másik feltétele, hogy a blastocysta az uterus nyálkahártyájához tapadjon.



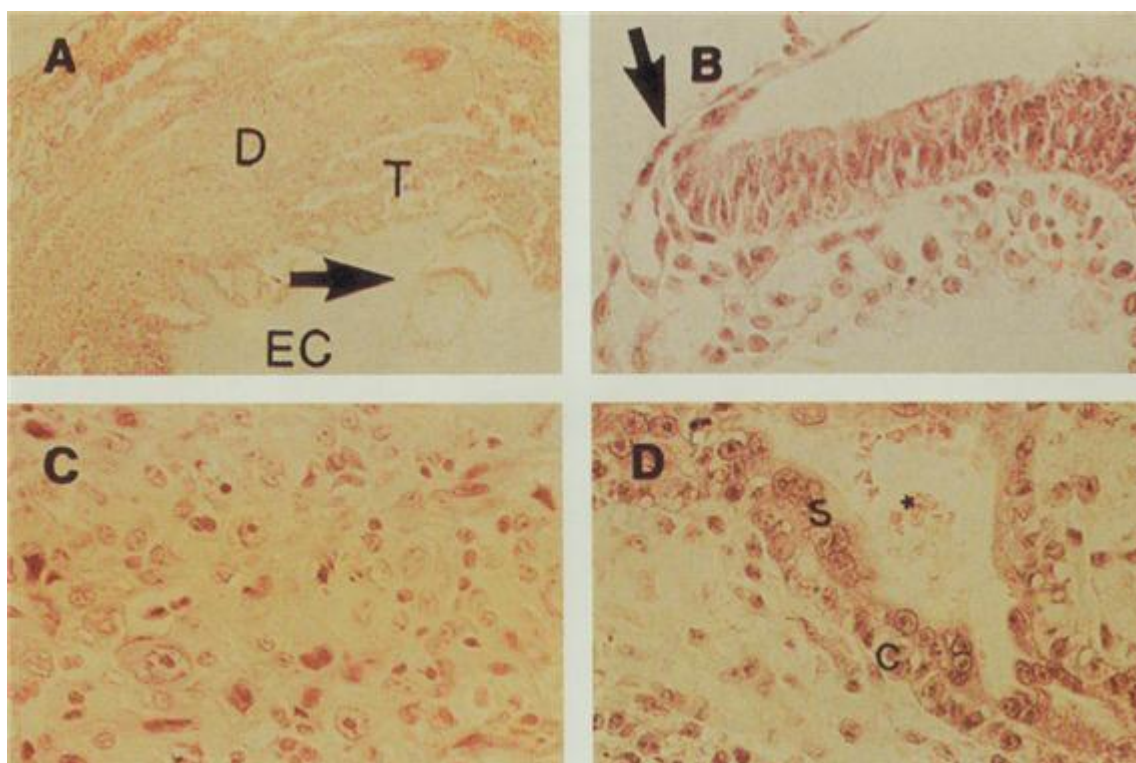
1/4. ábra. Felső rajz: emberi pete beágyazódásának korai stádiuma (Hertig és Rock által megfigyelt 7 és 1/2 napos pete sémásan árajzolva). A petéhez tartozó részt a valóságban nem létező vastag vonal választja el a méhnyálkahártya szövetétől. A pete sejtjeinek magvait üres karikák, az anyai sejtekeit fekete pontok jelzik. Alsó rajz: 12 napos emberi pete befejezett beágyazódása (Hertig és Rock által megfigyelt eset sémás árajzolása, vö. az 1/5A ábrán mutatott, Magyarországon megfigyelt eset fényképével). A syncytiotrophoblast rései (lacunái) a méhnyálkahártya megnyílt hajszálereivel közlekedésbe jutnak, és oda eleinte még pangó, majd lassan a keringésbe bekapcsolódó vér (fekete) kerül be

Ez utóbbi úgy történik, hogy a syncytiotrophoblast-réteg nyúlványai betörnek a méh üregét bélelő progestatiós méhnyálkahártya hengerhámsejtjei közötti résekbe anélkül, hogy magukat a sejteket károsítanák, sőt velük gyakran össze is kapcsolódnak. A pete eredeti kitapadási pontjától kiindulva az egyre tömegesebbé váló syncytiotrophoblast a conceptus (zygota) mind nagyobb felszínét borítja be, és ezzel egy időben az egyre mélyebbre süllyed a méh nyálkahártyájába. A beágyazódás a megtermékenyítést követő 11–14. napon fejeződik be.

A beágyazódás leggyakoribb helye a méhtest üregének hátulsó vagy elülső fala. Amennyiben a beágyazódás a belső méhszáj közelében történik, a kialakuló placéntát *placenta previá*nak nevezzük. Ennek megrepedése a terhesség második felében vagy szüléskor súlyos vérzést okozhat. A pete megtapadhat a méh üregén kívül is. Ezt az állapotot extrauterin (méhen kívüli) terhességnek nevezzük. Helyileg ez lehet abdominalis, ovarialis vagy tubalis. Általában a terhesség megszakadásával végződik, és az extrauterin tubalis terhesség az anya életét is veszélyeztető súlyos vérzéssel járhat.

Az embriópajzs kialakulása, a zygota életének második hete. A második méhen belüli élethét kezdetére a zygota csak részlegesen ágyazódott be. Azt a helyet, ahol a zygota a méh nyálkahártyájába süllyedt, fibrin csap zárja el. Az embriocsomó oldalán a trophoblast sokkal gyorsabban és erőteljesebben fejlődik, mint másutt, és a megvastagodott syncytiotrophoblast rétegben hamarosan összenyíló vacuolumok jelennek meg.

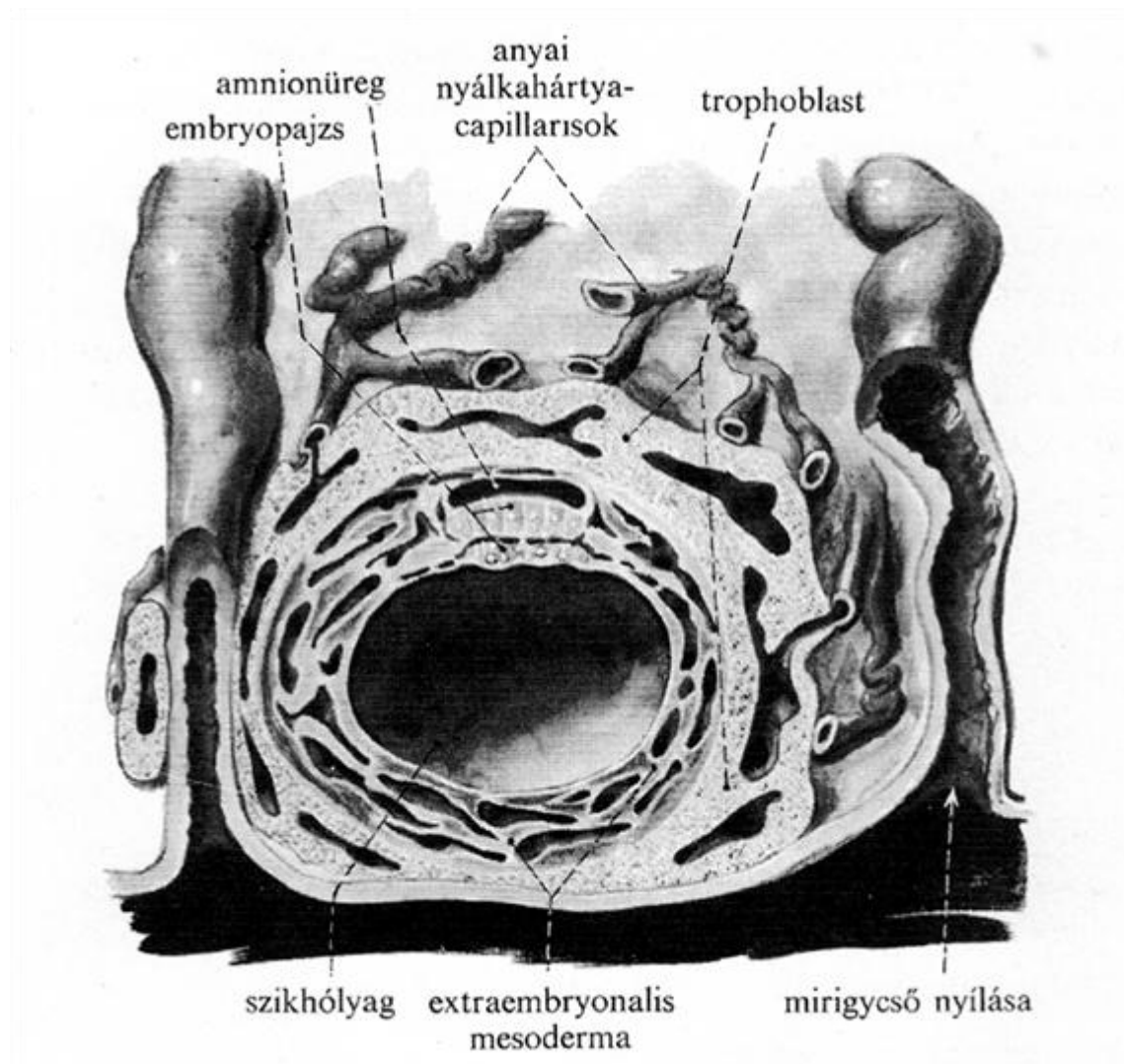
Hamarosan üreg jelenik meg az embriocsomón belül is, ez az *amniönüreg*. Ezt a cytotrophoblast felé az *amnioblast*-sejtréteg, a blastocoel felé pedig kettős sejtréteg határolja:



1/5. ábra. A beágyazódás korai szakasza. A: Átnézeti képen az embriópajzs (nyíl), a trophoblastréteg (T) és a decidua basalis (D) látszik (EC: extraembryonalis coeloma). B: A magas hengerhámsejtekből álló epiblast az embriocsomó szélén áthajlik az amniönburokba (nyíl). C: Felpuffadt deciduasejtek a méhnyálkahártya tunica propria rétegéből. D: A trophoblast felszínét a syncytio- (S) és a cytotrophoblast (C) borítja be. A csillag az anyai vörösvértesteket tartalmazó lacunában van

- ◆ Az amnionüreggel határos, hengerhámsejtekből álló réteg az epiblast (ebből alakul ki az embryo valamennyi szövete, az ivarsejtek kivételével).
- ◆ A blastocoel felé néző kőbsejtréteg a hypoblast, mely egyrészt az epiblast további differenciálódását indukálja, másrészt extraembryonalis szövetek alakulnak ki belőle.

Az epiblast és a hypoblast együtt az embryopajzsot képezi (1/6. ábra).



1/6. ábra. 12 napos, éppen beágyazódott emberi pete sematizált képe a térbeli viszonyok érzékeltetésére (Hamilton, Boyd és Mossman nyomán). Ez a pete korban megközelítően azonos az 1/4. ábra alsó képén bemutatott petével. A feketén árnyékolt méhüregbe benyúló méhnyálkahártya mirigycső közé beágyazódott pete trophoblastjának hálózatosan összefüggő üregei (lacunái) helyenként már kapcsolatba léptek a méhnyálkahártya környező capillarisaival

A hypoblast sejtkorongsejtjei osztódásuk révén hamarosan túlnövik az epiblast területét. Ezt követően a hypoblastnak az epiblastkoronggal érintkezésben maradó részét *visceralis hypoblast*nak, az ezen túlnövő, a muralis trophoblasttal szemben elhelyezkedő részét *parietalis hypoblast*nak nevezzük.

A parietalis hypoblast burjánzó sejtjei a blastocoelből egy külön üreget választanak le: ez a *primitív szikhólyag*. Ennek üregét *exocoelomalis* üregnek, magát az üreget körülvevő hypoblastsejtréteget pedig *exocoelomalis hártjának* (Heuser-membrán) is nevezik. Az *exocoelomalis* hártja és a muralis cytotrophoblast között laza szövésű szövet, az *extraembryonalis mesoderma* helyezkedik el. Ebben hamarosan felritkulások jelennek meg, melyek egységes üreggá, az *extraembryonalis coeloma*üreggá olvadnak össze (1/4. ábra). Ez az üreg azonban nem terjed be az embryocsomó és a poláros cytotrophoblast között elhelyezkedő extraembryonalis

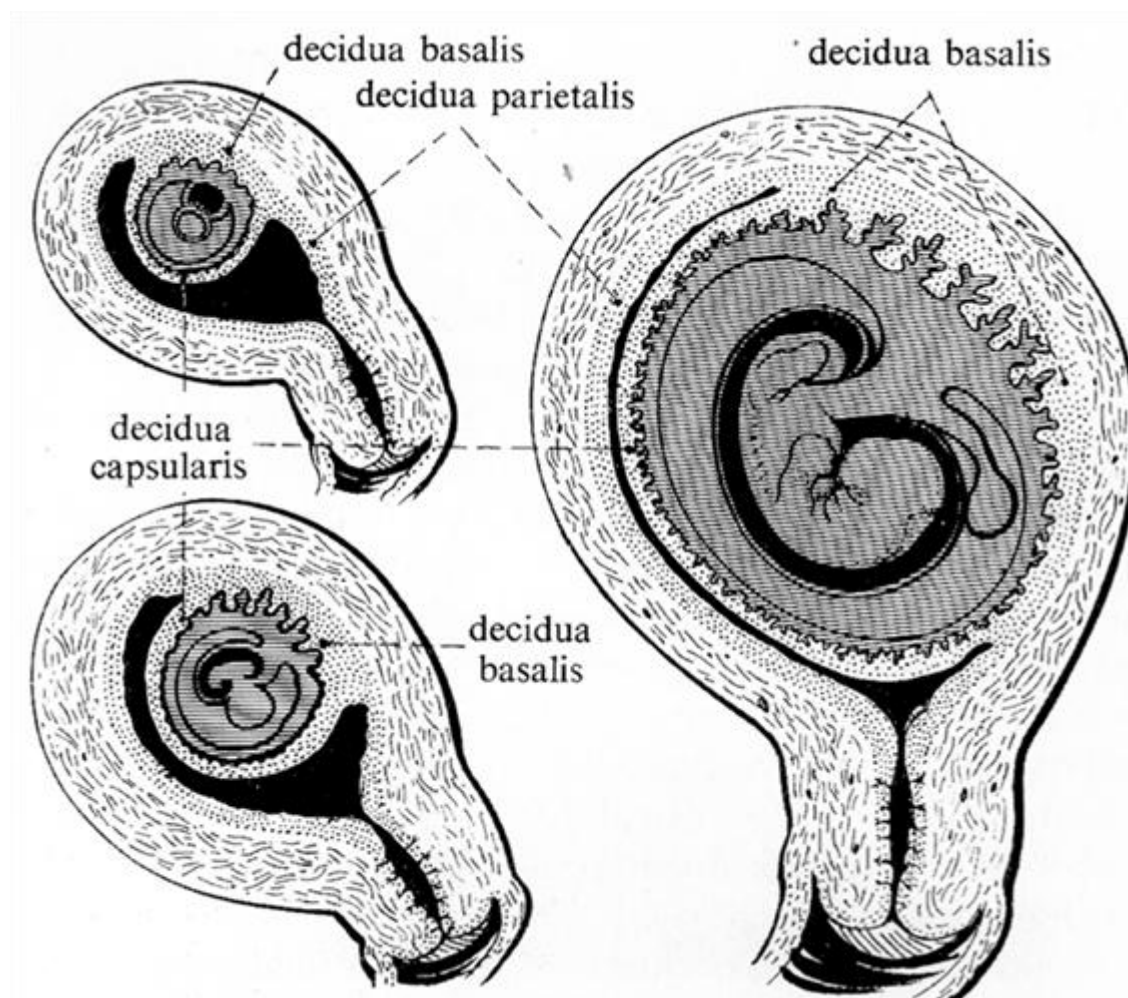
mesodermába, mely ily módon egységes marad. Minthogy ez rögzíti az embriocsomót és származékait a cytotrophoblasthoz, *tapadónyel-mesodermának* nevezzük.

Az extraembryonalis coeloma megjelenésével az extraembryonalis mesoderma két lemezre válik:

- ◆ a cytotrophoblasthoz és az amnionhoz fekvő lemeze az *extraembryonalis somatopleuralis mesoderma*,
- ◆ a primitív szikhólyagot körülvevő része az *extraembryonalis splanchnopleuralis mesoderma*. Az extraembryonalis somato- és splanchnopleura az embryopajzs széle mentén egymásban folytatódik.

A második hét végére a blastocysta teljesen beágyazódik a decidualisan átalakult endometriumba (**1/5. C ábra**). Ez ad alapot arra, hogy a deciduát a zygotához viszonyított helyzete alapján más-más névvel lássuk el:

- ◆ a decidua basalis a zygota és a myometrium közötti decidua (ebből fejlődik a placenta materna),
- ◆ a decidua capsularis a zygota és a méh ürege közötti decidua,
- ◆ a decidua parietalis a zygotával nem szomszédos decidua (**1/7. ábra**).



1/7. ábra. A pete beágyazódása folytán a méhnyálkahártyában és a méhüreg alakulásában beálló változások. A bal felső kép a terhesség 15., a bal alsó a 25. és a jobb oldali kép a 40–45. napján mutatja be a viszonyokat. Az amnionüreg fekete, a pete többi része sávozva. A méh ürege (fekete) fokozatosan keskeny gömbháj alakú résszé szűkül össze

A második hét végére a syncytiotrophoblast enzimatikusan erodálja a deciduában levő anyai vérsinusok falát, így az anyai vér a syncytium üregrendszerébe áramlik. Ezzel kezdetét veszi az *uteroplacentalis vérkeringés* kialakulása. Ezzel egy időben az anya enyhe vérzést tapasztalhat, s ez, minthogy időben egybeesik az esedékes

menstruációval, megtévesztheti az anyát terhességét illetően, illetve a szülés várható időpontjának kiszámításában tévedésre adhat okot.

A trophoblast is tovább fejlődik. A cytotrophoblast bohólyszerű nyúlványokként benő a syncytiotrophoblast sövényeibe, melyek az anyai vérrrel teli lacunákat választják el. A kívül syncytialis, belül cytotrophoblastsejtekből álló sövényeket *elsődleges (chorion-) bolyhok*nak nevezzük.

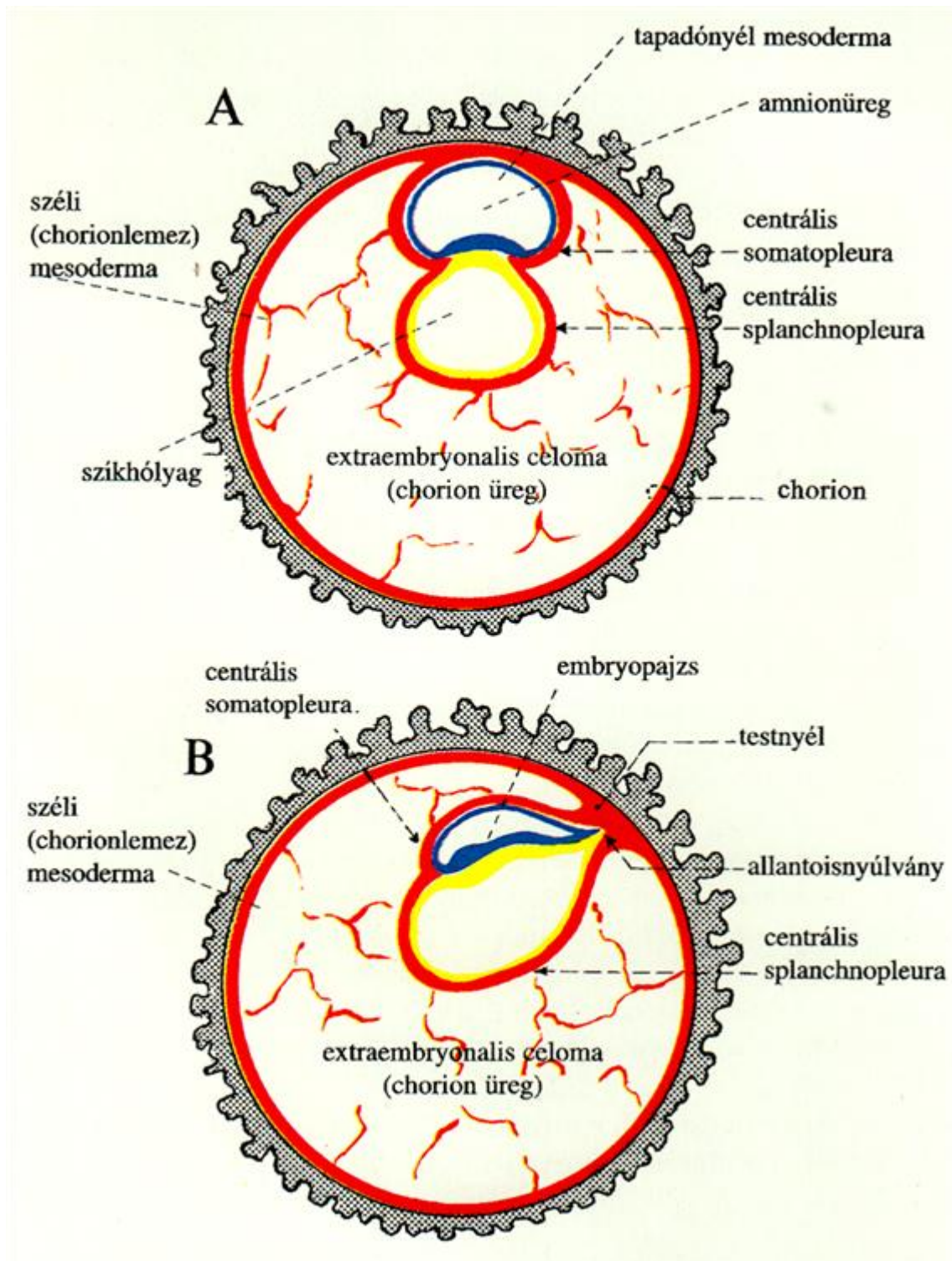
A hypoblast ugyancsak differenciálódik. A visceralis hypoblast sejtszövetjei az exocoelomalis üregeken belül egy kisebb üreget nőnek körül, ez a *végleges szikhólyag*. Az exocoelomalis üreg ezen kívül rekedő része a növekedésében elmarad, mindössze egy kicsiny, az extraembryonalis coelomában található *exocoelomalis cysta* formájában marad meg.

A második hét végére teljesen kialakul a kétrétegű embryopajzs. Az epiblastot hengersejtek képezik, melyek az embryopajzs szélénél az amnionhám köbsejtjeivel folytonosak **(1/5. ábra, B)**. Az embryopajzson elől és hátul egy-egy ovális területnek megfelelően speciális területek alakulnak ki, az elülső terület a *prochordalis lemez* (praechordalis), a hátulsó a *cloacalemez*.

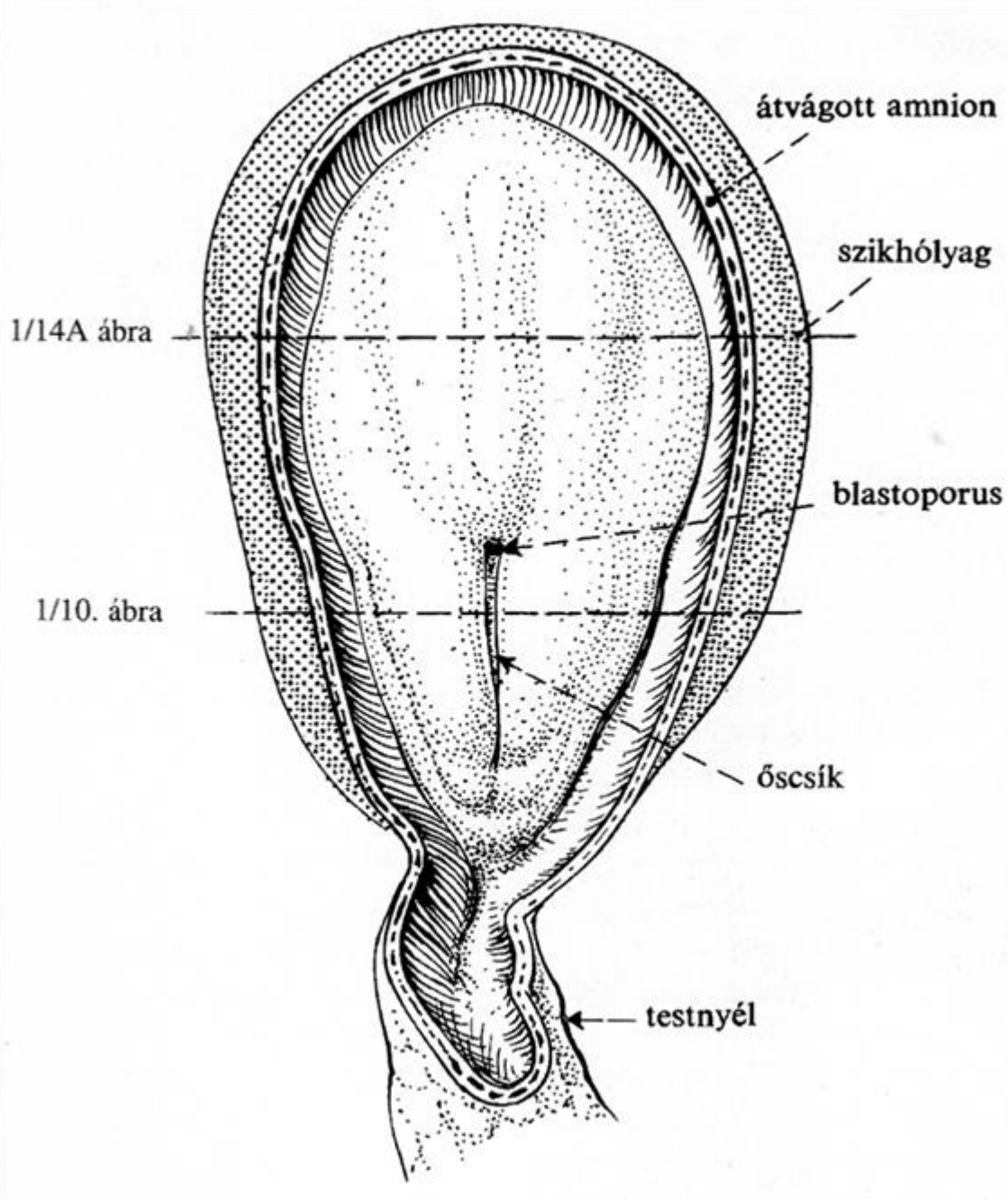
Az embryocsomóból fejlődött képleteket az extraembryonalis mesoderma centrális része veszi körül. Ez extraembryonalis centrális splanchnopleuralis (a szikhólyag körül) és centrális somatopleuralis (az amnion körül) mesodermára tagozódik. A centrális mesodermát a tapadónyel-mesoderma (ebből lesz a köldökzsinór-matrix anyaga) rögzíti a cytotrophoblastot belülről bélelő széli extarembryonalis mesodermához, melyet ez idő tájt már *chorionlemez-mesodermának* nevezünk. Értelemszerűen, az extraembryonalis coeloma neve ettől kezdve már *chorionüreg* **(1/8. A és B ábra)**.

Gyakran előfordul, hogy a blastocysta fejlődése rendellenes. Ilyen esetekben leggyakrabban egy erősebb menstruációs vérzésnek vélt spontán abortusszal ér véget a zygota fejlődése.

A gastrulatio a háromlemező embryopajzs kialakulása (az embryo életének harmadik hete). A három csíralemez kialakulása a harmadik hét fő eseménye. A 0,1–0,2 mm átmérőjű, kissé ovoid embryopajzs szélénél egy pontján a visceralis hypoblastsejtek gyorsabban szaporodnak, mint környezetükben. Ezen sejtek induktív hatást gyakorolnak a felettük lévő epiblastsejtekre, aminek meghatározó szerepe lesz az embryo craniocaudalis tengelyének meghatározásában. A hypoblast e különleges (később caudalis helyzetűnek bizonyuló) részének induktív hatására az epiblast sejtszövetje fokozott ütemben osztódni kezdenek, és ez a sejtszaporulat az embryopajzs két oldalán sejtáramlást hoz létre. A sejtáramlás iránya jelzi az embryopajzs caudalis végét. A sejtáramok az embryopajzs szélénél tovább nem folytatódhatnak, a középvonalban összetorlódhatnak, és a folyamatos epiblastsejt-áramlással szembeállítva az epiblast alá kényszerülnek, és itt részben előrefelé, részben oldalra tolnak. E folyamatok eredményeként az embryopajzs epiblastrétegének caudalis végén egy mediansagittális helyzetű megnyúlt képződmény, a *primitív csík* (öcsök vagy ősbárzda) jön létre. Ennek elülső végén, az ún. *primitív csomónál* a sejtáramlás kiemelkedő, de középponttól távolabb besüppedő képződményt, a *primitív gödröt* (ösgödör, *blastoporus*) eredményezi **(1/9. ábra)**.



1/8. ábra Az extraembryonalis mesoderma redukcióját és az extraembryonalis coeloma létrejöttét magyarázó séma. A: az embryo leendő testtengelyére merőleges, B: azon áthaladó (hosszanti) metszet. Kék: amnion és epiblast, sárga: szikhólyag és hypoblast, piros: extraembryonalis mesoderma, pontozott rész: trophoblast



1/9. ábra. Embryopajzs felülnézetben. Az emberi pete plasztikus rekonstrukciója oly módon, hogy az amnionhólyag felső részét a rekonstrukciós modellen levágták, és így felülről rálátunk az embryopajzsnak az amnionhólyag felé tekintő felszínére. Az embryopajzs szélesebb feji vége az ábrán felfelé, elkeskenyedő caudalis vége lefelé tekint. Itt az amnionhólyag nyúlványszerűen benyomul a testnyélbe. A két szaggatott vízszintes vonal az 1/14 A és 1/10. keresztmetszeti ábra helyét jelzi

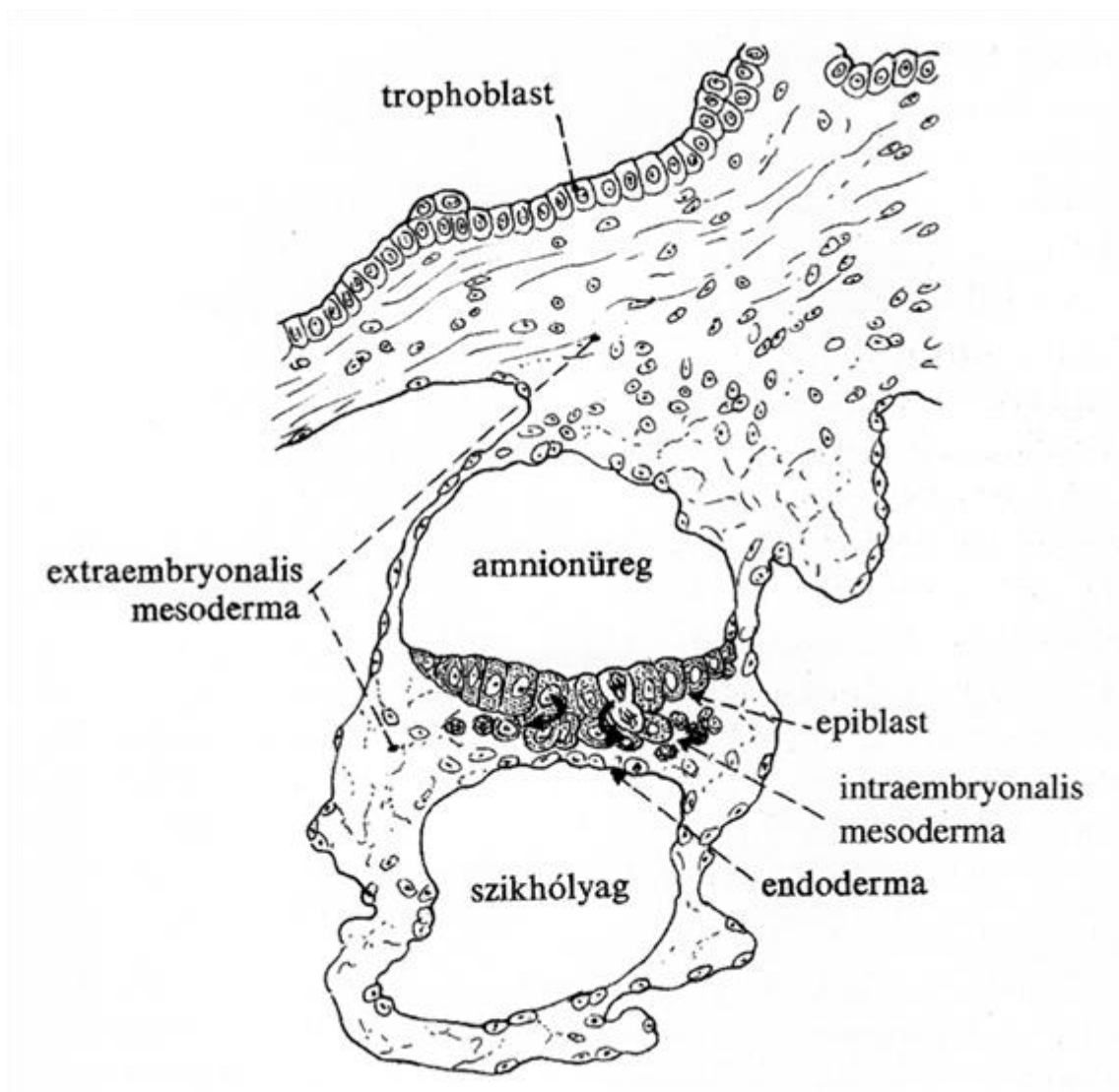
Az epiblast alatti sejtáramlás az ősgödör teljes kerülete és feneké, továbbá az őscsík két partja mentén, annak teljes hosszában zajlik. Ezek a sejtáramlatok oldalt, az embryopajzs széli részén, összetalálkoznak a centralis extraembryonalis mesodermával (1/10. ábra), elől pedig, a prochordalis lemezt oldalról és előlről megkerülve, a kétoldali sejtáramlás összeolvad. Ezen utóbbi terület a cardiogen lemezt, a szív legkorábbi telepét adja (1/20. ábra, A).

Az embryo szöveteit adó háromlemezű embryopajzs valamennyi részlete (ectoderma, mesoderma, endoderma) az epiblast sejtjeiből származik. Az epiblast egyes sejtcsoportjai kísérletes úton jelölhetőek, és ily módon későbbi sorsuk követhető. Az ősgödör előtt, a középvonalban elhelyezkedő epiblastrészt az idegi *ectoderma*, melyből az idegrendszer alakul ki. Az ettől oldalra elhelyezkedő epiblastterületek adják a *bőrectodermát*, mely a

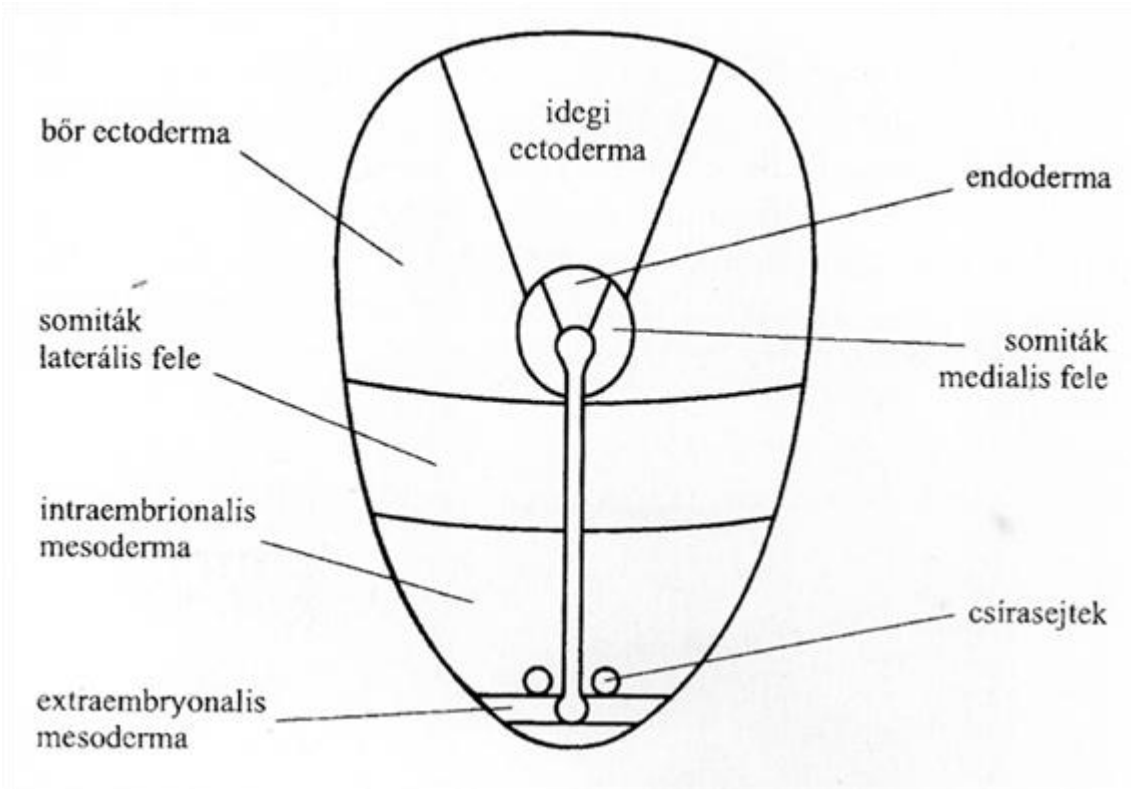
kültakaró hámszármezékainak telepe. Az ősgödör kerülete mentén mélybe türemkedő sejtek alakítják ki az *endodermát*, a fej- vagy *chordanyúlványt* és a középső csíralemez legmedialisabb helyzetű szelvényezett részeinek, a *somitáknak* (lásd később) a medialis felét. Az őscsík elülső része mentén mélybe türemkedő sejtek adják a *somiták laterális felét*, az őscsík középtáján mélybe bukó sejtek az *oldallemezek* anyagát szolgáltatják, míg az őscsík caudalis területén alábukó sejtek a *primordialis csírasejteket*, valamint az extraembryonális mesoderma jelentős részét szolgáltatják (1/11. ábra).

Az embryopajzs tengelyében az ősgödör fenekétől előrefelé fejlődő cső alakú *chordanyúlvány (chorda dorsalis)* összeolvad az alatta lévő visceralis hypoblasttal (1/12. ábra), és alsó fala felszívódik. Ily módon átmenetileg összeköttetés, *canalis neurentericus* keletkezik az amnionüreg és a szikhólyag ürege között (1/20. ábra, A). A végleges *chorda dorsalis* a *chordanyúlványból* leváló sejtekből alakul ki, és a *prochordalis lemeztől* a cloacamembránig húzódik.

Ugyancsak a 3. hét során jelenik meg az *allantois*. Ez a végleges szikhólyag hátsó falából, a cloacamembrántól caudalisan kiinduló csőszerű képződmény, mely a tapadónyel-mesoderma-ba nyúlik be (1/12. ábra).

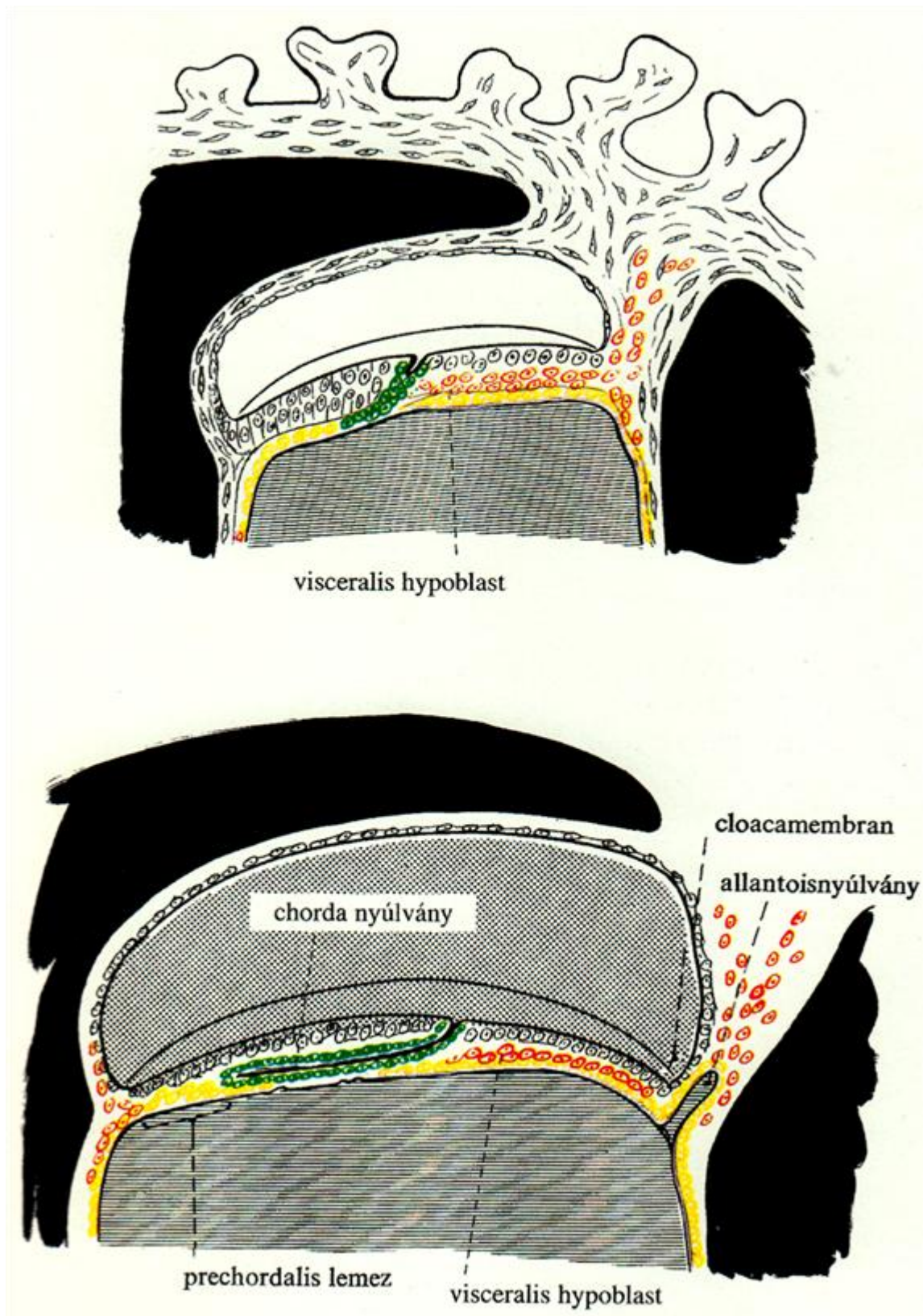


1/10. ábra. Az embryopajzs hátsó (az őscsíkknak megfelelő) részének átmetszeti képe. A két nyíl az őscsík mélyén benyomuló sejtek áramlási irányát jelzi



1/11. ábra. Az epiblast differenciálódásának térképe

A primitív csík a 4. hét végéig együtt nő az embryopajzssal, cranialis irányba fokozatosan egyre hosszabbodva, majd ezt követően elsovad. Esetlegesen megmaradó darbjai a sacro-coccygealis tájon daganatképződést eredményezhetnek.



1/12. ábra. Az embryopajzs, az amionhólyag (pontozva), valamint a szikhólyag egy részének (vízszintesen sávozva) sémás hosszmetzeti ábrázolása. Zöld: a chordanyúlvány sejtjei, sárga: az endodermasejtek, piros: a mesodermasejtek. A felső rajz egy korábbi, az alsó egy későbbi fejlődési stádiumot mutat be. A színekből kitűnik, hogy az embryopajzs középvonalában a chordanyúlvány sejtjei egy ideig szabadon fekszenek a szikhólyag ürege felé. Később az endoderma ismét teljesen összezárul a chordanyúlvány alatt. Az alsó sémán látható, hogy a chorda előtt (bal felé) az ectoderma és a szikhólyag sejtjei a (piros) mesodermasejtek közébejöttek

nélkül összefeksznek; ez a prechordalis lemez. Ugyanígy az embryopajzs hátsó végénél a szorosan összefekvő ecto- és endodermasejtek a cloacamembrant képezik. A középvonaltól kétoldalt mesodermasejtek egységesen összefüggő réteget alkotnak, sőt hátrafelé (jobbra) az embryonalis mesodermasejtek beszivárognak a testnyél szöveteibe is (Hamilton, Boyd és Mossman ábráinak felhasználásával)

A harmadik héten a trophoblast is továbbfejlődik. Az elsődleges bolyhokba belenő a chorionlemez mesodermája. A mesodermalis tengellyel rendelkező bolyhokat *másodlagos chorionbolyhok*nak nevezzük. A harmadik hét vége felé vérképző szigetek jelennek meg a mesodermában, így a chorionlemezben is. A vérerek megjelenésével a másodlagos bolyhok *harmadlagos chorionbolyhok*ká alakulnak. Ezáltal a harmadik hét végén a placentalis vérkeringés anatómiai elemei már rendelkezésre állnak, a szív működés azonban csak a 4. héten indul meg.

A harmadlagos chorionbolyhok cytotrophoblastrétege áttöri a decíduával határos syncytiotrophoblast-réteget, és az egész zygótát köpenyszerűen körülövi. Végeredményképpen ez a külső cytotrophoblasttok rögzíti a placentát és a chorionszákot az endometriumhoz.

5. 1.5. AZ EMBRYO MORFOGENEZISÉNEK MOLEKULÁRIS GENETIKAI SZABÁLYOZÁSA, A TEST TENGELEI, IRÁNYOK

Homeoboxgének. Az embryonalis fejlődési folyamatoknak a gének szintjén végbemenő szabályozására vonatkozóan forradalmi jelentőségű felismerések születtek az utóbbi években.

1. A morfogenezist olyan géncsaládok szabályozzák, melyek egyedei egy 183 bázispárból álló szekvenciát (a homeoboxot) tartalmaznak. A homeoboxot tartalmazó gének a transzkripcióra ható fehérjéket kódolnak. A homeobox-génszakasz által kódolt fehérjeszakasznak ugyanis az a tulajdonsága, hogy DNS-hez képes kötődni. Ennek a kötődésnek a következménye pedig a génextpresszió befolyásolása. Márpedig az ily módon befolyásolt gének éppen azok, amelyek a szerkezeti fehérjéket, növekedési faktorokat, sejtadhéziós molekulákat, szignálmolekulákat, sejtfelszíni proteinek, a sejt közötti állomány fehérjéit (laminin, fibronectin, a 19 különböző típusú kollagén, proteoglikánok, glikoproteinek, hialuronsav), enzimeit kódolják, és amelyek együttesen a szöveti morfogenezisért felelős tényezők.

2. A filogenetikai törzsfaj gerinctelen és gerinces fajainak embryonalis morfogenezisért szabályozó gének homeoboxszekvenciája megdöbbentően hasonló. Ennek alapján értelmezhető a „homeoboxgén” (homoios, görög szó, jelentése: hasonló) elnevezés. Jelenleg már több mint három tucat olyan gén ismert az emlősgenomban, mely homeobox-bázisszekvenciát tartalmaz.

A test tengelyeinek meghatározódása, lateralisatio. Az embryo fejlődése három egymásra merőleges tengely mentén szerveződik, és a fejlődési események sorrendje az időtengely mentén is meghatározott.

Emlőzygotában a morulastádiumban, azaz a pozíciójuk szerint különböző, külső és belső blastomerek megjelenésével határozhatjuk meg legkorábban a zygota szerveződésének tengelyeit. A *dorsoventralis tengely* az epiblast megjelenése adja. Az epiblast egyben jelzi a zygota dorsalis felszínét és a trophoblast beágyazódó felszínét is. A *craniocaudalis tengely* a primitív csík megjelenése határozza meg. A primitív csík megjelenését és orientációját a hypoblast caudalis része indukálja. A primitív csík ugyanis az embryopajzs caudalis végén jelenik meg. A hypoblast caudalis részének transzplantációjával új primitív csík fejlődése indukálható. Az embryopajzsban a primitív csík megjelenésétől legtávolabbi része a jövő embryo cranialis vége. A zygota hosszirányú tengelyének megjelenése egyúttal meghatározza a medialis és lateralis helyzetet, azaz a *harántirányú tengely* is az embryopajzsban. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a lemez alakú háromrétegű embryopajzsban elől-hátul nyitott cső szerkezetű embryóvá alakulása az egyes területek eredeti helyzetét megváltoztatja. Az embryo hosszirányú lefűződésének eredményeként eredetileg cranialis helyzetű területek (pl. cardiogen lemez) ventralis majd caudalis irányba, caudalis helyzetű képletek pedig (pl. allantois) ventralis, majd cranialis irányba mozdulnak el. Hasonlóképpen a harántirányú lefűződés eredményeként az embryopajzs lateralis helyzetű területei fokozatosan ventralis helyzetűekké válnak (l. az embryo lefűződése fejezetben).

6. 1.6. 3–8. MÉHEN BELÜLI ÉLETHÉT: EMBRYONALIS ÉLETKOR

Ez az időszak a szervrendszerek differenciálódásának ideje megfelelő csíralemezből (*organogenezis*).

Külső csíralemez. Az ectodermából származó szöveteket és szerveket az jellemzi, hogy közvetítésükkel kerül a szervezet kapcsolatba a külvilággal.

Az ectodermának két része különül el: a *bőrectoderma* és az *idegectoderma*.

A *bőrectodermából* fejlődik:

- ◆ a bőr hámja és függelékei (haj, szőr, köröm, a bőr mirigyei, de az ezen mirigyek végkamráit kívülről kosárszerűen körülvevő myoepithelialis sejtek is, az emlőmirigy hámelemei, a szaruhártya és kötőhártya hámja);
- ◆ az elemi szájöböl és cloacagödör hámja és hámszármazékai (a száj- és orrüreg hámja, mirigyei, fogzománc, a végbél zona cutaneájának hámja és mirigyei, a férfi húgycső pars spongiosájának hámja és mirigyei, a könnyapparátus hámelemei).

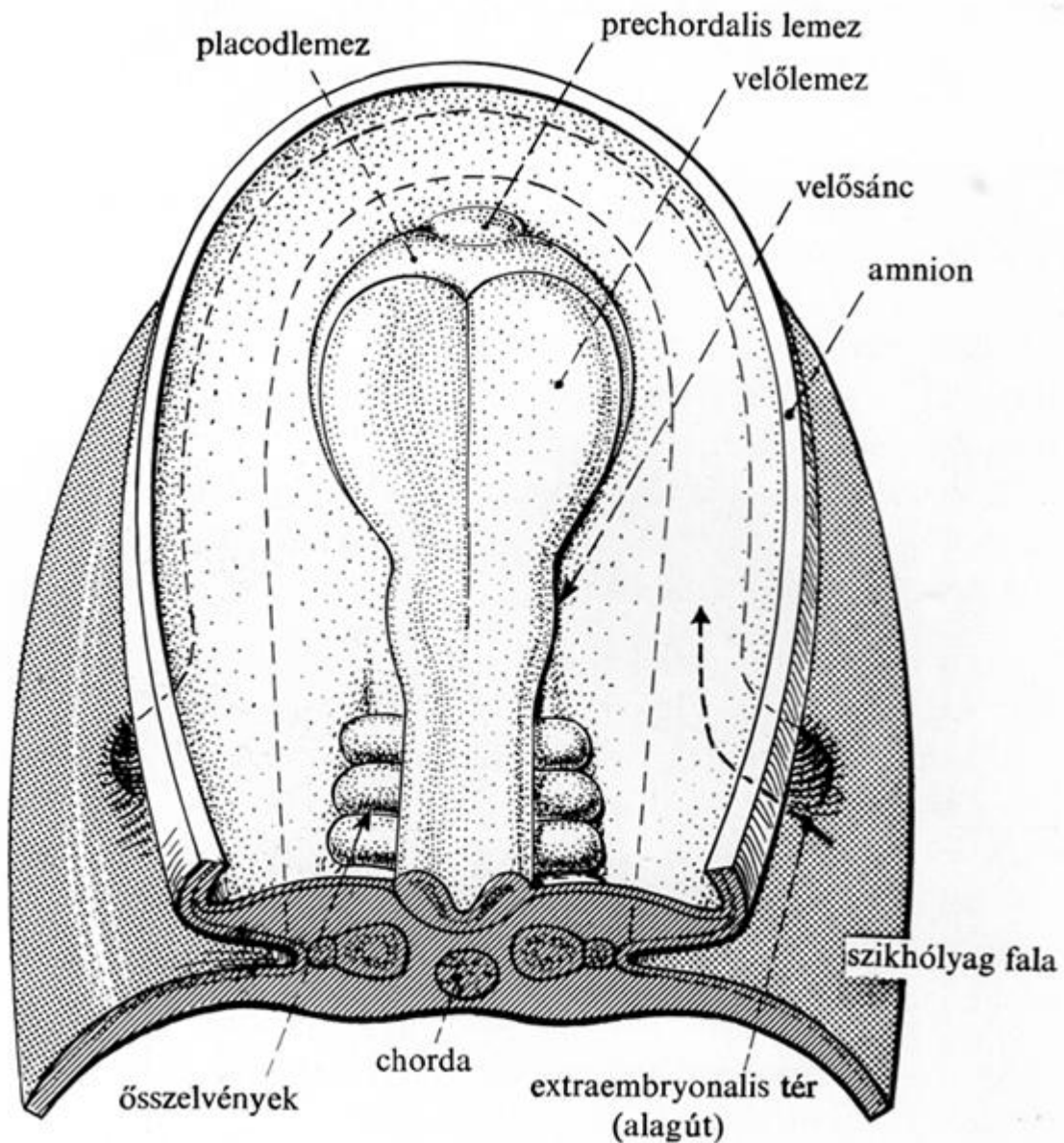
Az *idegectodermából* fejlődnek az idegrendszer telepei. Az idegrendszer kialakulásának folyamatát *neurulatio*nak nevezzük.

Neurulatio.

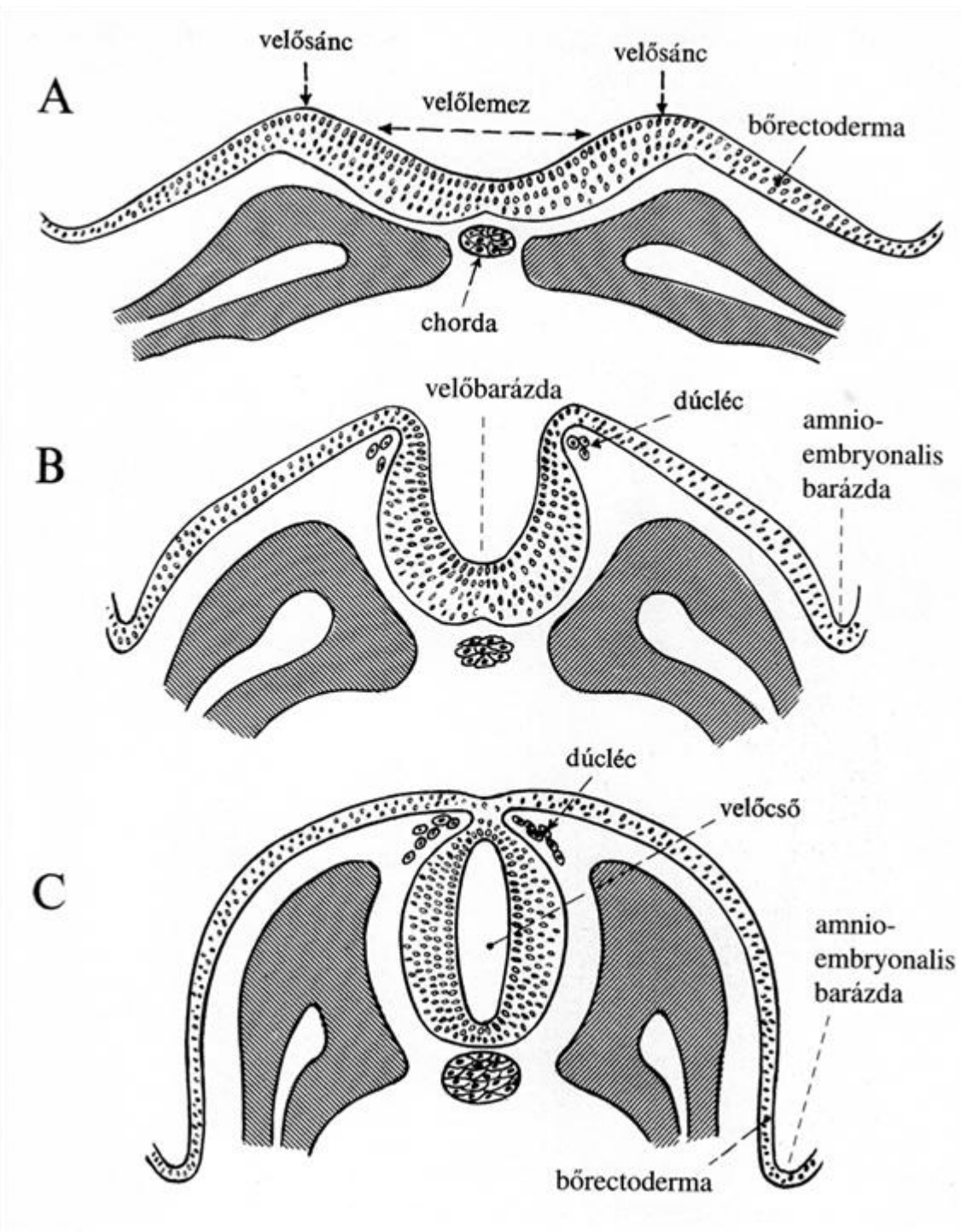
Az idegectoderma részei:

- ◆ a *velőlemez*, majd *velőcső*,
- ◆ a *placodlemez* és a
- ◆ *dúcléc*.

A méhen belüli élet harmadik hetének végén az ectodermán az alatta elhelyezkedő *fejnyúlvány* vagy *chordanyúlvány* induktív hatására, szélesebb végével a feji vég felé néző, cipőkanálra emlékeztető alakú, környezetéből kiemelkedő terület különül el; ez a *velőlemez* (**1/13. ábra**).



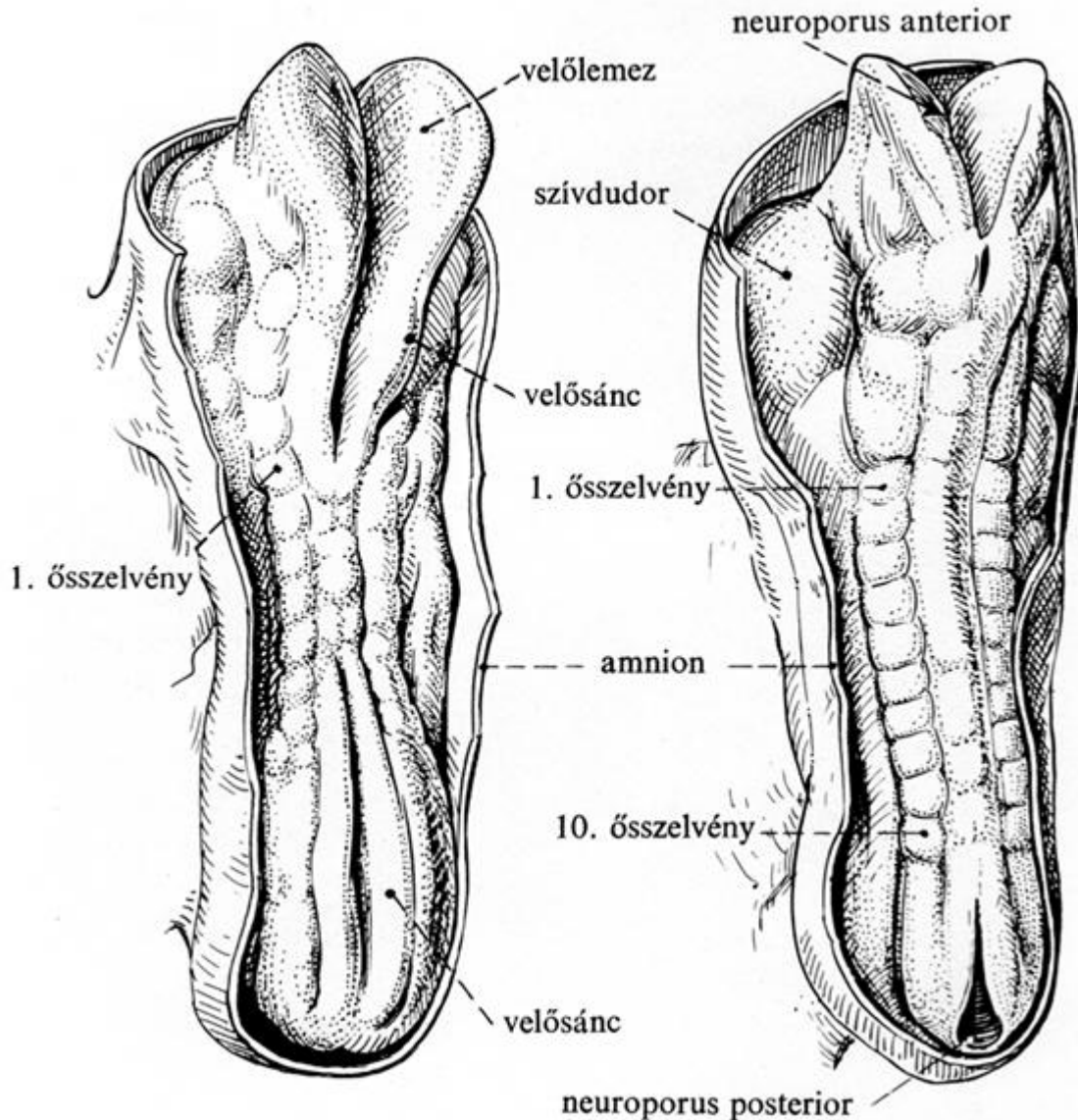
1/13. ábra. Az embryopajzs elülső részének tömbszelvénye az 1/9. ábrán bemutatottnál jóval későbbi stádiumban (Hamilton, Boyd és Mossman nyomán). A tömbszelvény lefelé tekintő átmetszeti része az 1/14. és 1/16. ábrával való összevetésre szolgál. Az amnion- és a szikhólyag közé oldalt vályúszerűen betejedő extraembryonalis coeloma az embryopajzs feji végét patkó alakú alagút (szaggatott vonal) alakjában járja körül



1/14. ábra. A velőcső összeháródása. A: velőlemez, B: mély velővályú és C: éppen záródott velőcső stádiumában (a középső csíralemez őcsigolyái ferdén sávozva)

◆ *Oticusplacod*; a hallóhólyag és az ebből fejlődő hártós labyrinthus hámsejtjeit adja, a macula és crista staticák érzékhamját és a ggl. spirale cochleae Corti, valamint a ggl. vestibulare ideg- és támasztősejtjeit is beleértve.

◆ *Epibranchialis placod*; az ízlelőbimbók érzékhamsejtjeit adja



1/15. ábra. A velőcső záródásának kezdeti mozzanata (Hamilton, Boyd és Mossman ábráinak felhasználásával). Bal: 8 összelvényes stádiumban. Jobb: valamivel később, 10 összelvényes stádiumban a velőcső az elülső és a hátsó neuroporus kivételével már záródott.

A fejlődés előrehaladtával a velőlemez minden irányban növekszik, és szélei sáncszerűen felemelkedve (*velősáncok*) craniocaudalis irányú vályút (*velőbarázda*) hoznak létre. A velősáncok felemelkedése egyre fokozódik, és végül a későbbi tarkótájéknak megfelelően a sáncok a középvonalban összeérnek, majd összeforrnak; elkezdődik a *velőcső* záródása (1/14. ábra, A, B és C). A velősáncok felemelkedésük során magukkal húzzák a környező bőrectodermát is, így az a záródó velőcső felett ugyancsak záródik. Rövid ideig még nyitva marad a velőcső elülső és hátulsó vége (*neuroporus anterior* és *neuroporus posterior*), majd a velőcső záródása mind cranialis mind caudalis irányba folytatódik, és rövidesen az embryo teljes hosszán végighalad (1/15. ábra). A záródott velőcső – a velőlemez alakjából következően – a feji végen hólyagszerű tágulatokat mutat (*agyhólyagok*), ezekből az agyvelő, egyenletesen szűkebb hátsó részéből a gerincvelő fejlődik.

A velőcső anyagából fejlődnek a központi idegrendszer idegsejtjei és gliasejtjei (a mesoglia kivételével), a szemkehely származékai: a retina és a m. spincter, valamint dilatator pupillae.

A velőlemez agyhólyagokat adó elülső, szélesebb részét az ectoderma pántszerű csíkja pártaként körülöleli, ez a *placodlemez* (8/66. ábra). A placod sejtjeinek az a különleges sajátossága, hogy az ectodermáról leválva a

mélybe vándorolnak, és ott különböző, lényegében idegi, illetve hámszerveket alakítanak ki. A placodlemez részei:

◆ *Hypophysiplacod*; a szájöböl tetején a membrana buccopharyngea előtt; belőle fejlődik ki a *Rathke-tasak*, amiből végül az adenohypophysis fejlődik ki.

◆ Orrplacod; az area olfactoria és organum vomeronasale hámsejtjeit adja. Újabb felismerés, hogy a gonadotropin releasing hormont szintetizáló idegsejtek egyes típusai is az orrplacodból differenciálódnak, és az embrionális élet során vándorolnak az előagy különböző részeibe.

◆ *Lencseplacod*; a szemlencse sejtjei (lencserostok) fejlődnek belőle.

◆ *Trigeminusplacod*; a ganglion trigeminale ideg- és gliasejtjei fejlődnek belőle.

A velőlemez hátsó, a gerincvelőt adó részének legszélső sejtjei a velőcső záródása során kimaradnak a velőcső anyagából, és sejtjei aktív vándorlással az ectoderma alatt az embryo tengelye mentén a páros *dúcléctet* alakítják ki (**1/14. B és C ábra**). Ezekből fejlődnek a környéki idegrendszer elemei, mint:

◆ az érző és vegetatív ganglionsejtek (a III. és VIII. agyidegekhez tartozók kivételével),

◆ a Schwann-sejtek,

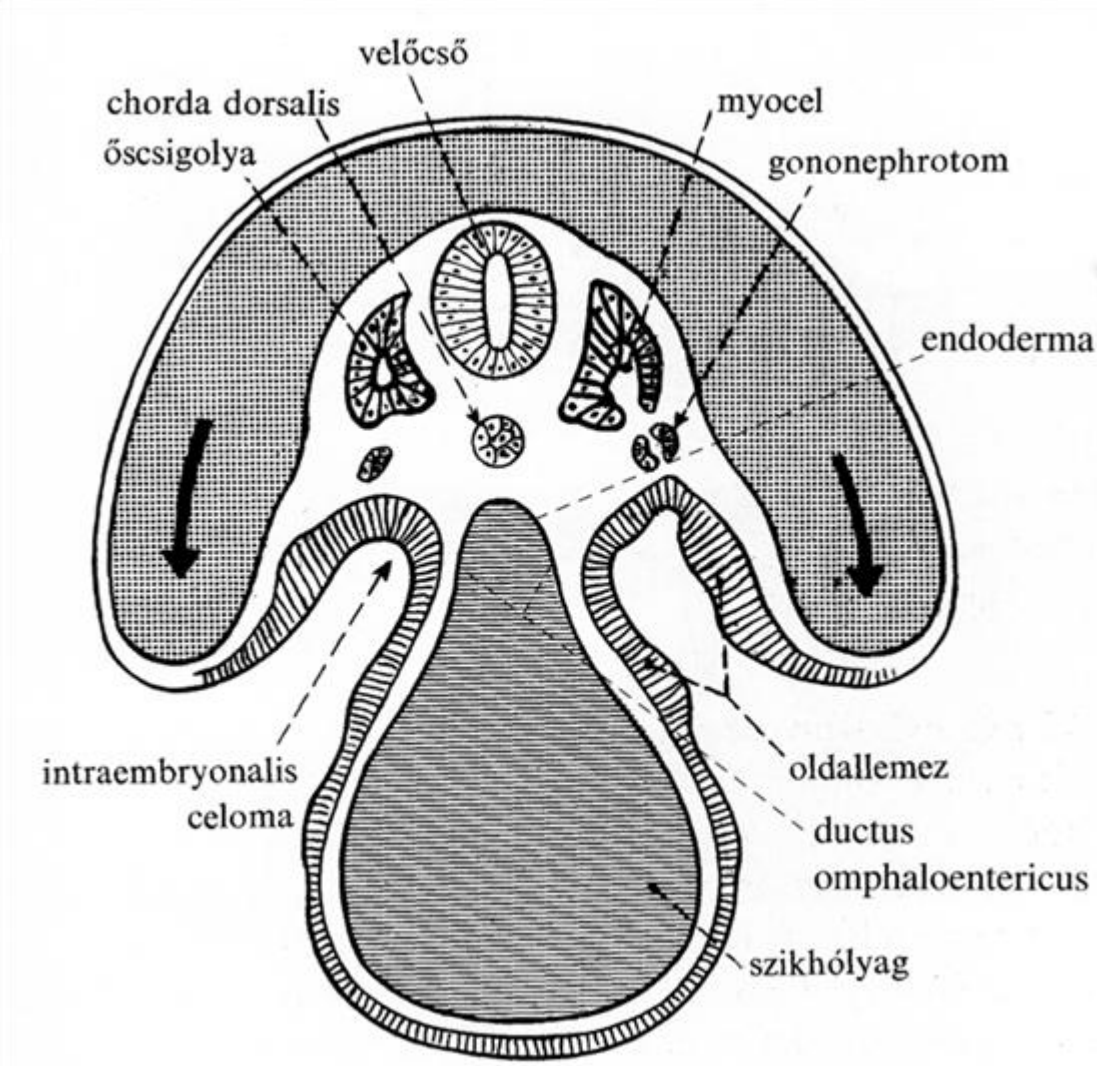
◆ a mellékvese velőállományának sejtjei,

◆ a melanocyták,

◆ a koponya egyes csontjai, kötő-, valamint támasztószöveti elemei (ecto-mesenchyma) (os nasale, lacrimale, zygomaticum, incisivum, temporale, hyoideum, valamint a mandibula és a maxillák (porc, csont, dentin, inak, dermis, agyburkok, nyálmirigyek stromája).

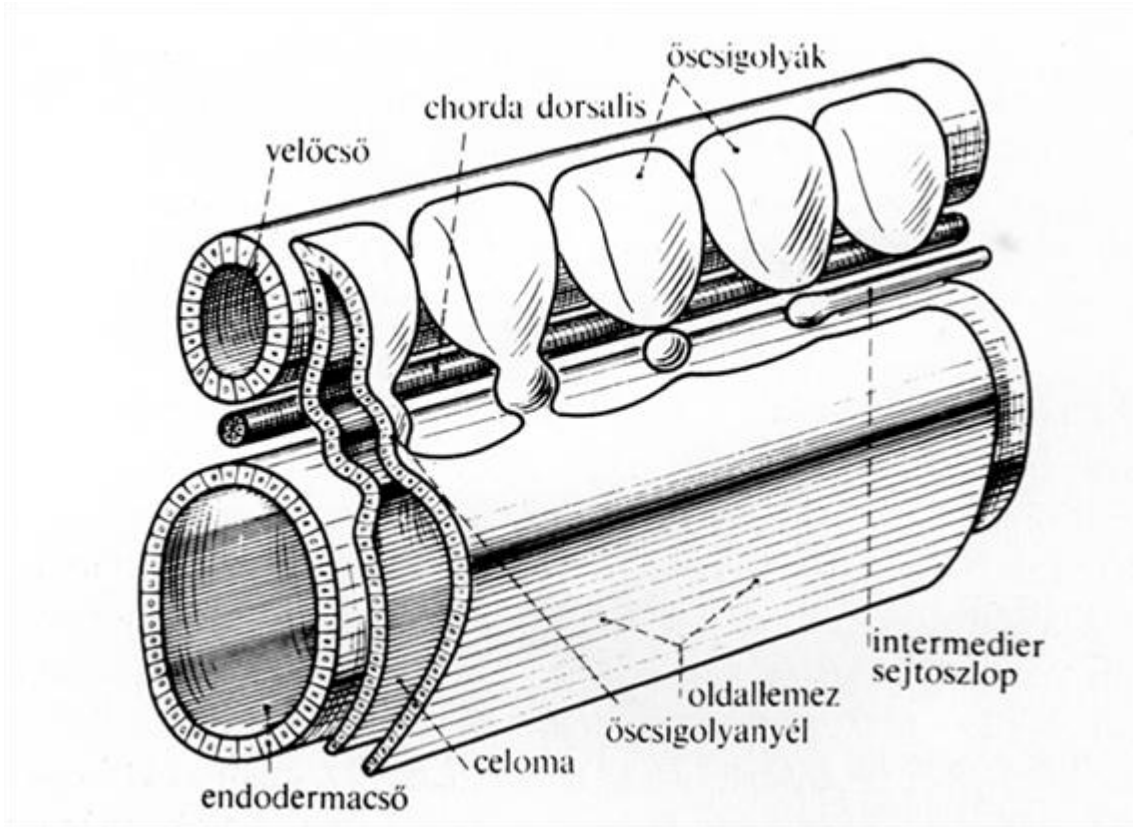
◆ a truncus aorticopulmonalis és a conus cordis endocardium párnáinak sejtjei.

Középső csíralemez tagozódása. A gastrulatio eredményeként a középső csíralemez, a mesoderma, egységes vékony sejtlemest képez az *axialis mesodermát* képviselő végleges chordanyúlvány két oldalán. Ez az egységes szövetlemez differenciálódása folyamán tagozódik. A chorda dorsalis felé eső részlete már a 17. intrauterin életnap táján megvastagodást mutat, ez a *paraxialis mesoderma*. Az ettől oldalra elhelyezkedő mesodermalemezt *oldallemeznek* nevezzük. Ez az embryopajzs szélénél összeolvad az extraembryonális mesodermával (**1/13. ábra**). Az oldallemezen a paraxialis mesodermával párhuzamosan futó befűződés megjelenése jelzi, hogy az két további részletre különül el. A medialis helyzetű részlet az *intermedier mesoderma*. Az oldallemez ettől lateralisán megmaradó része lap szerint kettéhasad. Az ectodermához simuló lemezét *intraembryonális* (parietalis oldallemez) *somatopleurának*, az endodermához simuló lemezét *intraembryonális* (visceralis oldallemez) *splanchnopleurának* nevezzük. Az intraembryonális somatopleura az embryopajzs szélénél értelemeszerűen az extraembryonális centralis somatopleurába, az intraembryonális splanchnopleura pedig az extraembryonális centralis splanchnopleurába folytatódik. A két intraembryonális mesodermalemez az intermedier mesoderma felé tekintő szélénél egymásba hajlik. Az általuk közrefogott térség az *intraembryonális coeloma* (testüreg), mely az embryopajzs szélénél az extraembryonális coelomával szélesen összenyílik (**1/16. ábra**).



1/16. ábra. A középső csíralemez tagozódásának ábrázolása lefűződésben (vastag nyilak) levő emberi embryo közepe táján ejtett keresztmetszeten (az amnionüreg pontozva)

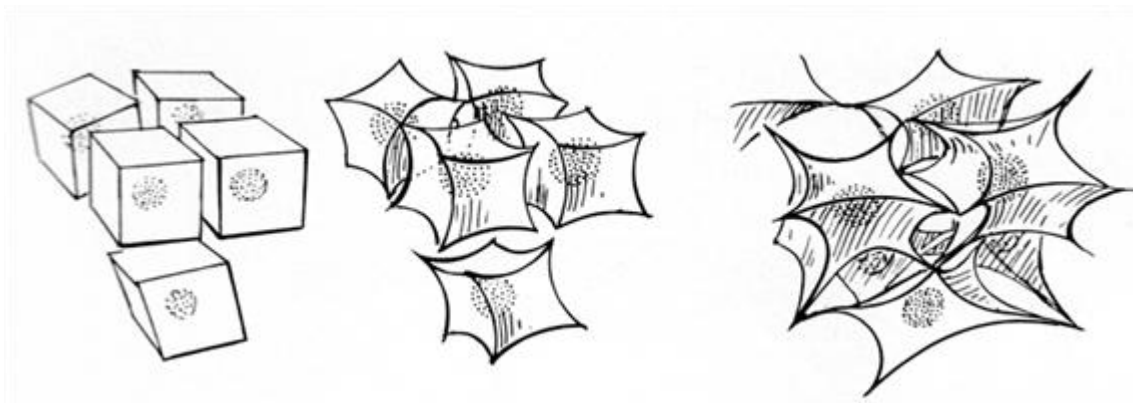
A 3. hét végén a paraxialis mesoderma craniocaudalis irányban segmentálódni kezd. Legelőször a feji területnek megfelelően jelennek meg a segmentek, melyeket *somitomerek*nek nevezünk. Ezek a fej területének mesenchyma anyagát adják. Az occipitalis tájéktól kiindulva naponta mintegy 3 szegment alakul ki a paraxialis mesodermában, ezeket *somitáknak* (őscsigolya, 1/17. ábra) nevezzük. Összesen 4 occipitalis, 12 thoracalis, 5 lumbalis, 5 sacralis és mintegy 8–10 coccygealis somita jelenik meg az ontogenesis során. Az első occipitalis és a coccygealis somiták egy része az ontogenesis során eltűnik. (A somitákra való tekintettel az első magzati élethónapot a somiták korának is nevezik, a somiták száma pedig alapot ad a zygota életkorának megállapításához.)



1/17. ábra. A középső csíralemez tagozódásának sémás ábrázolása

A somitákon belül további differenciáció zajlik le. A 4. héttől a somiták legmedialisabb sejtömege, melyet *sclerotom*nak nevezünk, mesenchymává differenciálódik (1/18. ábra). Ebből fejlődik ki az axialis kötő- és támasztószöveti rendszer (a gerincoszlop). A somiták közbülső sejtömege a *myotom*ot adja, mely izomszövetté differenciálódik, és az adott testszelvény izomzatát szolgáltatja. A somita ectodermához közeli részlete a *dermatom* (cutislemezt), ebből az adott szegmens dermisa és tela subcutanea-ja fejlődik (1/19. ábra).

Az *intermedier mesoderma* (öcsigolyanyél, *gononephrotom*) cervicalis és felső thoracalis része ugyancsak segmentálódik (*nephrotom*), ettől caudalisan azonban segmentálatlan marad (*nephrogen köteg*). Az intermedier mesoderma képezi az urogenitalis rendszer legnagyobb részének telepét (1/17. ábra).



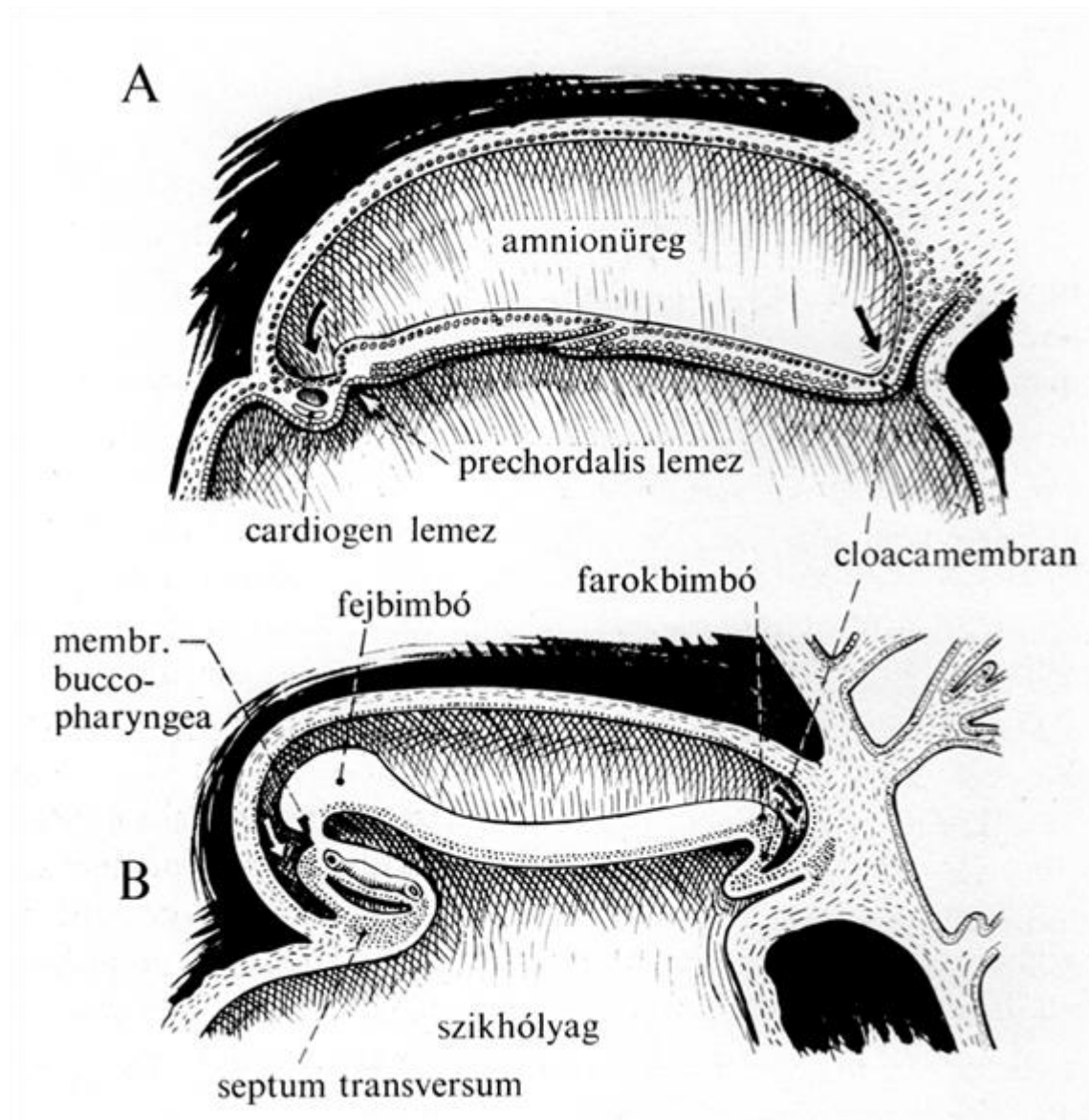
1/18. ábra. A mesenchyma kialakulását magyarázó séma. Az eredetileg köbös hámszerű sejtek közt felszaporodó sejt közötti állomány ezeket csupán nyúlványaikkal összefüggő sejtek hálózatává feszíti szét

Az *intraembryonalis somatopleura* a test oldalfalának kötő- és támasztószöveteit adja, melyet az ectodermából differenciálódó epidermis fed. Az *intraembryonalis splanchnopleura* az endodermából kialakuló szervek kötő- és támasztószöveti, valamint izomelemeit szolgáltatja. Mind a testfal, mind a zsigerek testüreg (intraembryonalis coeloma) felé néző felszínét savós hártya borítja, melyet ugyancsak az oldallemez-mesoderma szövete biztosít.

A szikhólyag falát borító mesodermában a harmadik hét kezdetén ér- (*angioblast*) és vér- (*haemocytoblast*) képző sejtek differenciálódnak. Az előbbieket előbb szigetszerű megjelenésben tömör sejtkeleteket képeznek, melyek központjában idővel üreg képződik. Ezeknek az üregeknek az összeolvadása hozza létre az érpályát. A sejtkeletek központi sejtjei differenciálódnak haemocytoblastokká. Hasonlóan ér- és vérszigetek alakulnak ki intraembryonalisan és az extraembryonalis mesodermában is. Ezen rendszerek összeolvadása révén alakul ki az embryo keringési rendszere.

A mesodermából differenciálódik:

- ◆ minden kötő- és támasztószövet (a feji mesoderma egyes részeinek kivételével);
- ◆ minden izomszövet (az iris és a dermis simaizomelemei kivételével);
- ◆ a vérképző- és nyirokszervek (kivéve a tonsillák hámelemeit és a thymus hámréticulumát), a szív, valamint a vér- és nyirokerek, a vér alakos elemei;
- ◆ az urogenitalis szervek (részben);
- ◆ a mellékvesekéreg, savós hártyák és a mesoglia (Hortega-féle glia).



1/19. ábra. A középső csíralemez sejtanyagának korai differenciálódását (mesenchymaképződést) bemutató hipotetikus (alacsony rendű gerincesből extrapolált: ti. magasabb rendűekben a folyamat tényleges lezajlása nem

követhető) keresztmetszet 14 somítás emberi embryóból. Az ábra vastag nyilai jelzik, hogy hol bomlik szét a korai középső csíralemez sejteinek hám jellegű kapcsolata. A nyilak jelzik egyben a „felbomló” szorosabb sejtközösség tagjainak vándorlási irányát

Belső csíralemez. A chordanyúlványt és az intraembryonalis endodermát azok az epiblastból származó sejtek alakítják ki, amelyek a primitív gödör kerülete mentén a legkorábban türemkednek az epiblast alá. Az endodermát adó sejtek kiszorítják a visceralis hypoblastot, mely így beleolvad a szikhólyag falába. (Nem bizonyított, hogy a visceralis hypoblast egyáltalán nem vesz részt az intraembryonalis endoderma kialakításában.)

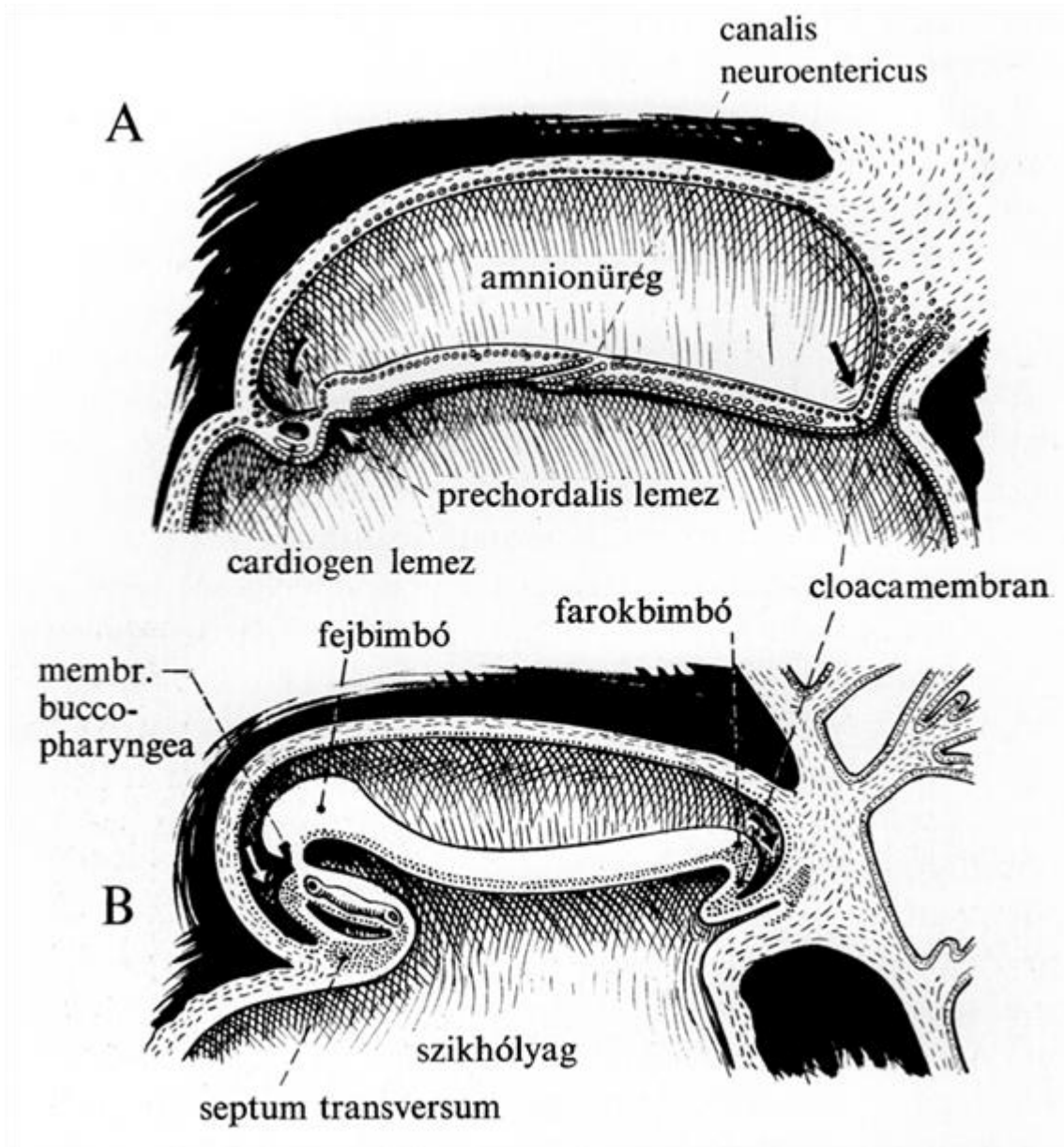
A gastrointestinalis rendszer az endoderma legfőbb származéka. A gastrulatio révén kialakuló három csíralemezű embryopajzs lap szerint kiterülő endodermája az embryopajzs lefűződése révén alakul át az embryo hossz tengelyében végighúzódó csőszerű szerkezetté.

Az embryo lefűződése. Az embryopajzs az amnioembryonalis barázda mentén fűződik le az extraembryonalis szövetekről, miközben egyre inkább az amnionüregbe domborodik.

A *lefűződésnek* az embryo hosszirányában megnyilvánuló komponensét a központi idegrendszer telepének (velőcső) igen gyors hosszirányú növekedése okozza, míg az oldalirányú komponensét a gyorsan növekvő és differenciálódó somiták kényszerítik ki.

A hosszirányú lefűződés során a velőcső elülső vége igen erőteljesen növekedve túlnövi a prochordalis lemezt. Ennek következtében a gastrula eredetileg vízszintes helyzetű prochordalis lemeze előbb függőleges helyzetűvé, majd a lefűződés előrehaladtával ismét vízszintes helyzetűvé válik. Közben azonban a prochordalis lemezben az ectoendoderma helyzete megfordul, az eredetileg dorsal felé néző ectoderma előbb előre, majd ventralis irányba tekint. A hosszirányú lefűződés az embryopajzs caudalis végén hasonló pozícióváltozást eredményez a cloacalemez vonatkozásában is. A lefűződés végére a cloacalemez még a prochordalis lemeznél is tovább fordul (közel 270°), és végezetül a cloacalemez ectodermája cranialis irányba tekint. A hosszirányú lefűződés következtében az eredetileg a prochordalis lemez előtt elhelyezkedő szívtelep az embryo ventralis oldalára, a prochordalis lemeztől distalis pozícióba kerül. A cloacamembrántól eredetileg caudalisan elhelyezkedő allantois is az embryo ventralis oldalára kerül, mégpedig a cloacamembrán elé (**1/20. A, B és 1/21. ábra**).

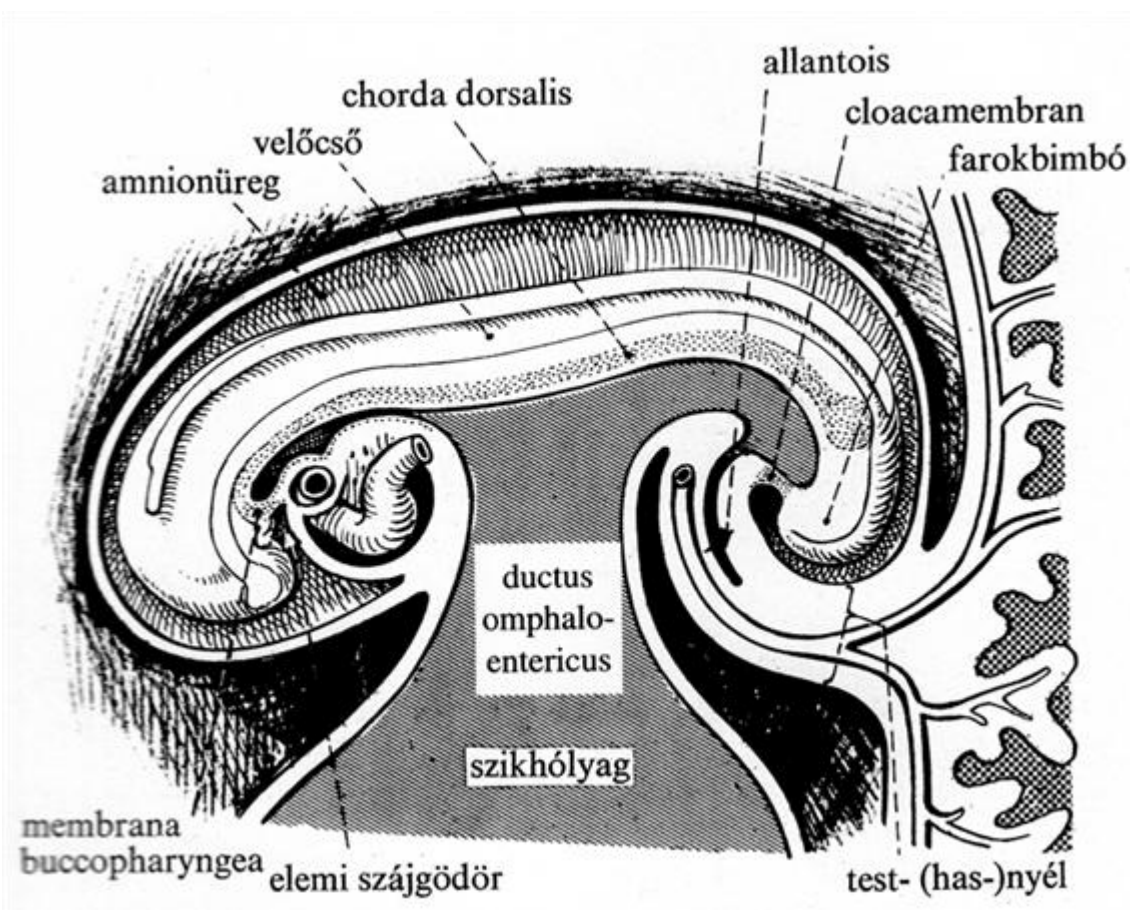
Az oldalirányú lefűződés során a lemez alakú embryopajzs csőszerű szervezetté transzformálódik, melynek feji és farki fele szabadon lebeg az amnionüregben, és csak a bőrköldökké redukálódó *amnioembryonalis barázdánál* kiinduló köldökcsínór köti az extraembryonalis szövetekhez.



1/20. ábra. Az embryo lefűződésének ábrázolása emberi pete hosszmetzetén a lefűződést közvetlenül megelőző (A) és a fejbimbó kiemelkedésének és a farokbimbó megjelenésének mozzanatában (B). A nyilak a befűződési barázdát jelzik (Hamilton, Boyd és Mossman nyomán). A cardiogen lemeznél a celoma első része eleinte (A) a szívcső felett helyezkedik el. A lefűződés folytán a cardiogen lemez majdnem 180°-ot elfordul, és ezért a celoma szívburki része a szívcső alá kerül

Az egyre jobban növekedő embryo hamarosan messze túlnövi az eredeti amnioembryonalis barázda által meghatározott méretet. A lefűződés során a szikhólyagtól is egyre jobban elkülönül az embryo. Az embryo belsejében kialakuló bélcsövet egyre keskenyedő járat, a *ductus omphalo(mes)entericus*, más néven *ductus vitellointestinalis* köti össze az egyre jelentéktelenebb méretűvé váló szikhólyaggal (1/14. és 1/20. ábra).

A bélcsövön három részt különíthetünk el. Az elemi szájgödör mélyére kerülő prochordalis lemez neve most már *membrana buccopharyngea*. Ettől a májtelepig tart az előbél, mely az *elülső bélkapun* keresztül közlekedik a *ductus omphaloentericus* benyílása területére eső *középbéllel*. Az utóbbi a *hátsó bélkapun* keresztül közlekedik az *utóbéllel* (a határ felnőttben a *primaer flexura coli*, felnőttben a haránt vastagbél középső és bal oldali harmada határának felel meg), mely a cloacamembránnál ér véget.

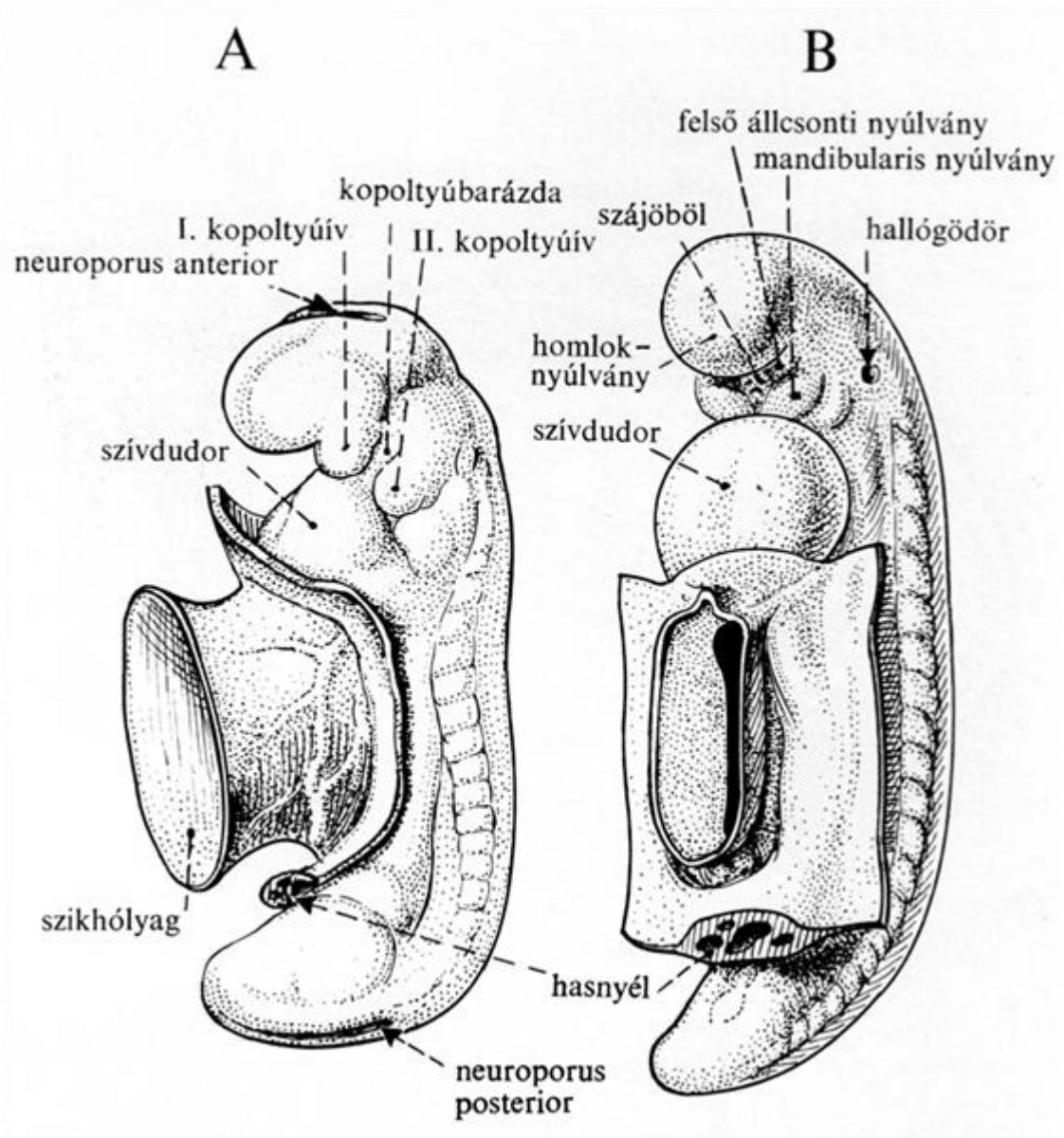


1/21. ábra. Emberi embryo befejezett lefűződése (Hamilton, Boyd és Mossman szerint). A farokbimbó teljes kifejlődése nyomán a testnyél az embryo hasi oldalára került, ezért később inkább hasnyélnek nevezik. A testnyélbe benyomuló allantois mentén erek nőnek be a jobbra levő trophoblastba

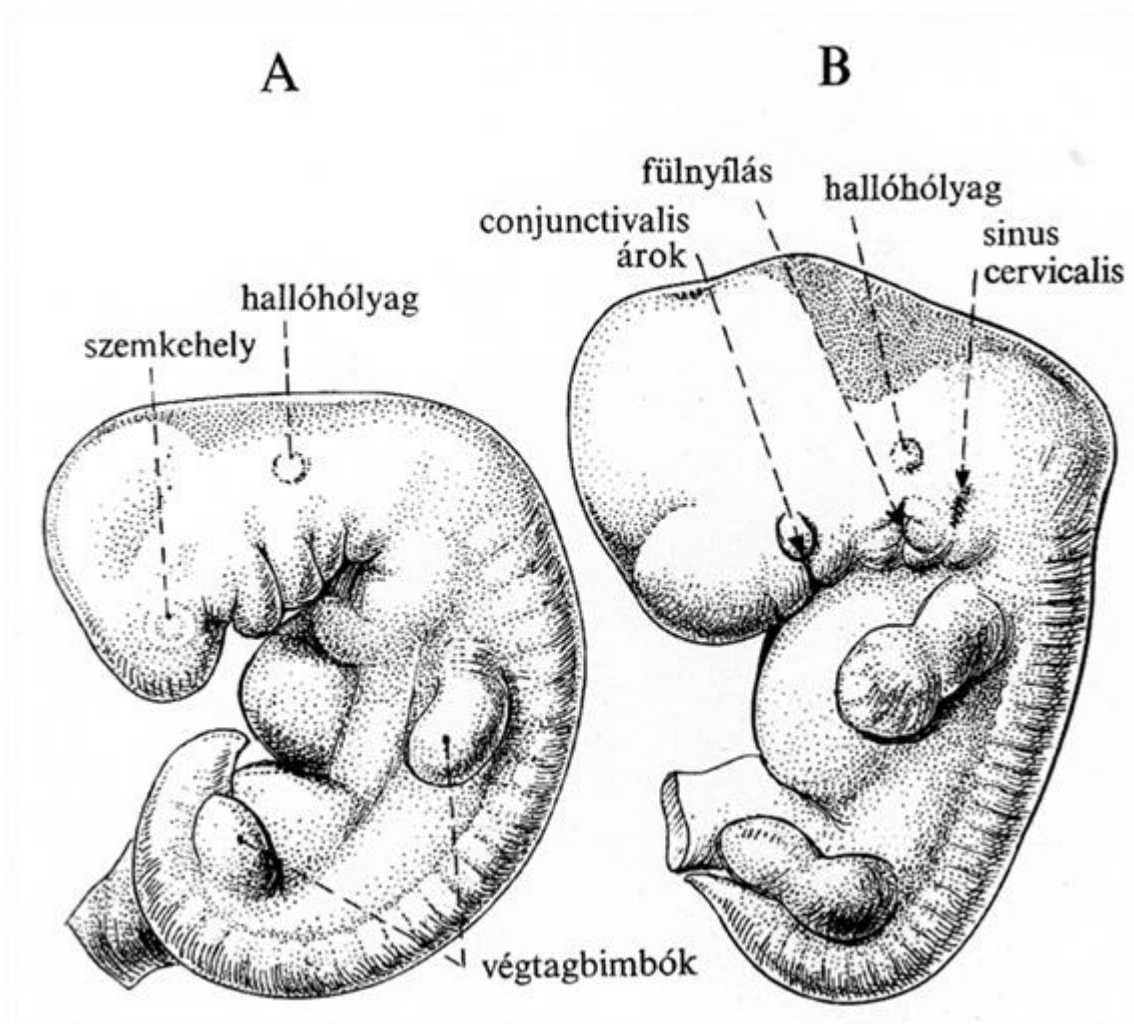
Fontos változás, hogy a hosszirányú lefűződés következményeként az allantois jelentős része az embryo belsejébe vonódik, csak kisebb része marad a lassan köldökzsinórrá alakuló tapadó nyélben. Az utóbél legcaudalisabb része és az allantois intraembryonalis darabja együtt a *cloacát* képezik.

Az endodermából fejlődnek a:

- ◆◆ a gastrointestinalis rendszer hámelemei a buccopharyngealis siktól a canalis analis linea pectineájáig (a pars cutanea és zona haemorrhoidalis határa), beleértve a máj, az epeutak és a pancreas hámelemeit,
- ◆ a pajzsmirigy,
- ◆ a dobüreg és az Eustach-kürt hámja,
- ◆ a tonsillák és a mellékpajzsmirigy hámelemei, a thymus stromája (hámreticulum),
- ◆ a légzőapparátus hámja és hámszármazékai,
- ◆ a húgyhólyag és az urethra (egy részének) hámja.



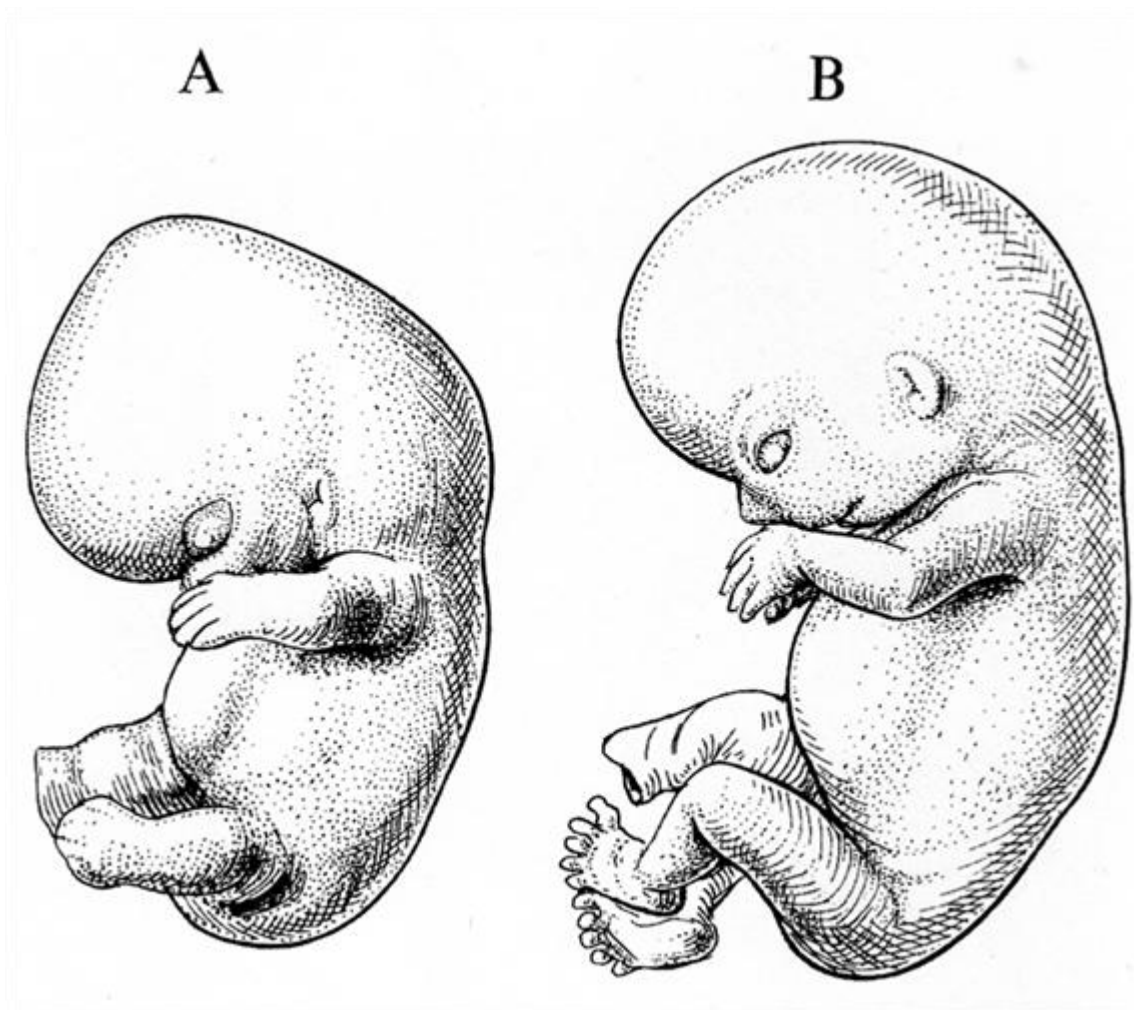
1/22. ábra. A: 15 somitás és B: 20 somitás emberi embriók külső idoma



1/23. ábra. A: 5 mm hosszú (kb. 32 napos) és B: 13,5 mm hosszú (kb. 40 napos) emberi embriók

Az embryo külső megjelenése a 2. hónapban. Az első hónap végén az embryo 28 somitával rendelkezik. Az embryo feji végének oldalán kopolyúívek láthatók (1/22. A és B ábra).

A második hónap elejétől a fejtető–farokcsont távolság milliméterben mért hosszát használják az embryo korának meghatározására (ez táblázatokból kikereshető). Ebben a hónapban a relatíve nagy fej, a végtagok megjelenése, az arc, a fül, az orr és a szemek alakulása jellemző, melynek során az embryo elnyeri emberre jellemző formáját (1/23. A és B ábra). A végtagok proximális segmentje hengeres, vége lemezszerűen ellapult, majd sugárirányú hasadékok választják szét az ujjakat. Az ujjak megjelenésével egy időben a végtagok felső és alsó részre különülnek (felkar–alkar, comb–lábszár, 1/24. és 1/25. ábra).



1/24. ábra. A: 17 mm hosszú (kb. 46 napos) és B: 30,7 mm hosszú (kb. 2 hónapos) emberi embriók

A 4–8. hét időszakát az organogenesis (szervrendszerek kialakulása) vagy embryonalis életszakasz névvel jelöljük. A fejlődési rendellenességek tekintetében ez a legveszedelmesebb életszakasz, mert a korábban, a barázdálódás időszakában elszenvedett petekárosodások súlyosságuktól függően vagy spontán abortushoz vezetnek (elérheti a terhességek 40–50%-át), vagy a pete azokat korrigálni tudja. Az organogenezis ideje alatt az embryót érő károsodások már rendszerint nem veszélyeztetik az embryo létét, viszont az éppen dinamikusán fejlődő szervrendszerekben nem (vagy csak részlegesen) korrigálható károsodásokat okoznak. Egyes szervrendszerek még a foetalis korban (3. hónaptól) is intenzíven fejlődnek, és így károsodást szenvedhetnek, a legtöbb szervrendszer azonban ekkor már növekedési fázisban van, amikor a károsító tényezők csak részleges sejtpusztulást okozhatnak.



1/25. ábra. Kb. 6 hetes emberi embryo az amnionhólyagban (kb. 3x-os nagyítás) (Szabó D. felvétele)

7. 1.7. MAGZATI ÉLETKOR: A HARMADIK HÓNAPTÓL A SZÜLETÉSIG

A 3. intrauterin élethónap kezdetétől a születésig tartó időszakot foetalis, magzati életszakasznak nevezzük.

Ez az időszak a szövetek és szervek növekedésének és érésének időszaka, melynek során a magzat méretei is gyorsan növekednek.

A terhesség a legutolsó menstruációs vérzés első napjától számítva 280 napig, azaz 40 hétig tart. Ha a megtermékenyítés dátuma ismert, a terhesség ettől számítva 266 napig, azaz 38 hétig tart.

A 3. hónap elején az embryo fej–test méretaránya 1:1, az 5. hónap elején a magzatot 1:2, születéskor pedig 1:3 fej–test arány jellemzi (1/24. A és B ábra).

A 3. hónapban a magzat arca emberi karaktert nyer: a szemek elöl találhatóak, a fülek végleges helyükre kerülnek. A végtagok testhez mért aránya végleges értéket ér el. A külső genitáliák felismerhetőek, és a fiziológias köldökszerv megszűnik (korábban a tág köldökgyűrűn keresztül vékonybélkacsok nyomulnak a köldökzsinórba). Az ebben az életkorban abortálódott magzatok izomreflexekkel rendelkeznek (melyeket azonban az anya még nem érzékel).

A 4–5. hónapban ún. *lanugo* szőrzet borítja a magzat testét, megjelenik a haj és a szemöldök. Az anya először észlel magzatmozgásokat.

A 6. hónapban a magzat tömege mintegy 500 g, bőre vörös színárnyalatú, ráncos (a bőr alatti kötőszövet nem tartalmaz zsírpárnákat). A központi idegrendszer, és ezen belül a légzőközpont érettsége nem elegendő a méhen kívüli élethez. Az ekkor megszülető magzatoknak kevés az esélyük a túléléshez.

A 7–10. hónap során megjelenik a bőr alatti zsírszövet, a bőr kisimul, a magzatkontúrok lekerekednek. A magzat bőrét a levált hámsejtekből és a bőr mirigyeinek váladékából keletkező krémszerű anyag, az ún. *vernix caseosa* fedi, mely megvédi a bőrt a felázástól. A 7. hónap során kezdődik el a surfactant anyag elválasztása a légutakban, ezért az ebben az időben megszülető koramagzat életesélyei egyre javulnak. A terhesség végén valamennyi lehetséges testkörfogat közül a fej körfogata a legnagyobb. A magzat érettségét jelzi, hogy fiúk esetében a herék a herezacskóban találhatóak, leány újszülöttek esetében pedig a nagy szeméremajkak eltakarják a kis szeméremajkakat. A körmök az ujjbegy hosszát elérik. Az egészséges érett újszülött testtömege 3000–3500 g, testhossza 50 cm körüli.

A szülés várható időpontjánál több mint két héttel korábban megszülető újszülöttet koraszülöttnek, a több mint két héttel később megszületőt pedig túlhordottnak nevezünk.

Az anya vagy a magzat hiányos táplálékellátása sorvadt újszülöttet eredményezhet. Ez az érettség jeleit mutatja, de tömege elmarad az egészséges érett újszülöttétől. Óriás újszülött születhet diabetes mellitusban (cukorbetegség) szenvedő anya terhességéből.

8. 1.8. MAGZATBURKOK, KÖLDÖKZSINÓR, MÉHLEPÉNY

Az amnion és a chorionzsák.A magzatot két burok veszi körül (1/26. A, B, C és D ábra):

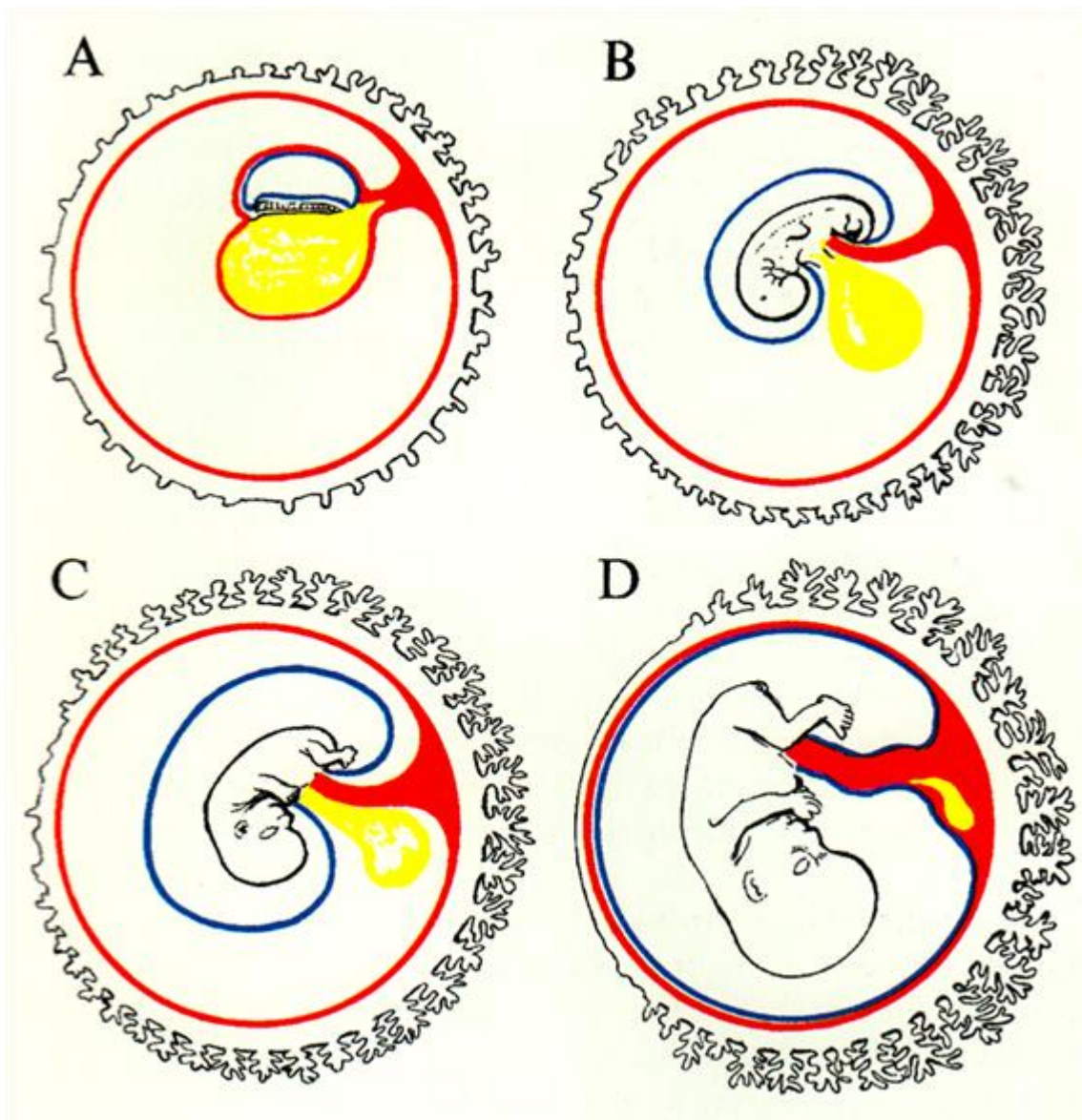
1. A belső magzatburok az *amnion*, mely folytonos az ectodermával, attól a bőrköldök választja el. Az *amnio-embryonalis* barázda, más néven *primitív köldökgyűrű* az ectoderma és az amnionhám egymásba való áthajlási vonalát jelzi.

2. A külső magzatburok a *chorionzsák*, mely a trophoblast és a chorionlemez (széli extraembryonalis mesoderma) együttese.

A magzatvíz (amniális folyadék).Az amnionhólyagot folyadék, a *liquor amnii* (magzatvíz) tölti ki. A magzatvíz zömét az amnion hámsejtjei termelik, egy részét a magzat veséi választják ki. Szerepe, hogy

- ◆ felfogja a magzatot érő mechanikus hatások egy részét,
- ◆ megakadályozza az amnion és a bőrectoderma összetapadását,
- ◆ a magzat szabad, szinte lebegő mozgását biztosítja,
- ◆ szüléskor a fej elé szoruló magzatvíz (elővíz) a szülőutak feltágítását segíti.

A magzatvíz háromóránként kicserélődik. A magzat mintegy 400 ml-t iszik belőle naponta. Ha a magzatvíz mennyisége jelentősen felszaporodik (*polyhydramnion*), a tápcsatorna elzáródására (esophagusatresia) vagy a nyelési reflex hiányára (anencephalia) kell gondolni. Normál körülmények között az amniotikus folyadék a magzat tápcsatornáján keresztül szívódik fel, majd a magzat vérkeringése közvetítésével az anyai vérkeringésbe kerül, és a vesén átszűrődve kiválasztódik.



1/26. ábra. Az amnionüreg fejlődését bemutató sémás rajzsorozat. Kék: ectoderma és amnionhám az A rajzon, amnionhám a B, a C és a D rajzon. Sárga: endoderma és szikhólyag az A rajzon, szikhólyag a B, a C és a D rajzon. Fekete: belül a fejlődő magzat, kívül a trophoblast, illetve a chorionburok. Az amnionüreg az extraembryonalis celoma rovására fokozatosan növekszik, majd körös-körül hozzáfekszik a trophoblast belső felszínéhez, illetve beborítja a köldökzsinórt

A köldökzsinór kialakulása. A tapadónyel, mely kialakulásától magába foglalja az allantoist, a fejlődő embryót a chorionlemezhez rögzíti. Chorionlemeznek az extraembryonalis somatopleuralis mesodermát nevezzük attól kezdve, hogy benne megjelennek az extraembryonalis erek. Az embryo hasi oldalán az extraembryonalis splanchnopleuralis mesodermával borított, növekedésében fokozatosan visszamaradó szikhólyag található, amit az embryo bélcsövével a szikhólyagnyel (*ductus vitellointestinalis*) köt össze. Az embryo lefűződése során az amnionüreg a chorionüreg rovására megnagyobbodik, és a megnagyobbodó amnion a szikhólyagot az időközben *hasnyél*l hosszabbodó tapadónyelhez préseli. Ezzel a hasnyél köldökzsinórrá alakul, melyet kívülről az amnionhám borít. Az embryo hosszirányú lefűződése eredményeként a hasnyél az embryo hasi oldalára kerül. A szikhólyagkeringés és az allantois-keringés kialakulását követően a következő képletek találhatók a köldökzsinórban:

◆ A köldökzsinór alapállományát specialis embryonalis kötőszövet, a *Wharton-kocsonya* tölti ki. A Wharton-kocsonya nagy víztartalma a születést követően a köldökzsinór gyors kiszáradását biztosítja, ami egyúttal csökkenti a köldökfertőzés veszélyét is. A köldökarteriák muscularis típusúak, de gazdagok rugalmas rostokban. Ez a körülmény a születést követően gyors elzáródásukat biztosítja.

◆ A Wharton-kocsonyába ágyazottan található a szikhólyagnyél, (ductus omphaloentericus, omphalomesentericus, vitellointestinalis) és közvetítésével a szikhólyag.

◆ A szikhólyag falában található az a. és v. vitellointestinalis, a szikhólyagkeringés erei, melyek a szikanyagot teszik a magzati anyagcsere számára hozzáférhetővé. Ennek emlősöknél alárendelt szerepe van, így a szikkeringés erei az egyedfejlődés során hamar visszafejlődnek.

◆ Az intraembryonalis coelomát az extraembryonalis coelomával összekötő rés. Ez a köldökzsínór kialakulásával fokozatosan elzáródik, de a harmadik magzati hónap végéig vékonybélkacsok lógnak bele (fiziológiás köldöksérny vagy herniatio).

◆ Allantois (az emlősökben már nem funkcionáló gázcsere-szerv).

◆ Az allantois mentén alakulnak ki a placentaris keringés erei: a szívcső venás végébe nyíló két v. umbilicalis (később a jobb oldali elszorvad), és az a. iliaca interna rendszeréből kiinduló, mindvégig párosan megmaradó aa. umbilicales. Az aa. és vv. umbilicales között kialakuló capillarisrendszer a placenta chorionbolyhaiban található, ez az intervillusos térben keringő anyai vérről áll (több magzati eredetű szövetrétegen keresztül) anyagcserekapcsolatban.

Születéskor a köldökzsínór mintegy 2 cm átmérőjű, 50–60 cm hosszú, spiralis csavarulatokkal és ún. álcsonókkal rendelkezik. Amennyiben extrém hosszú, a magzat nyakára csavarodva azt elszoríthatja, ha rövid, akkor pedig a szülés során a placenta korai leválását, és ezzel a magzat vérellátási zavarát okozhatja.

A méhlepény kialakulása és szerkezete. A zygota sejtjei legkorábban saját szikanyagukat használják tápanyagforrásként. A morula a méhkürtön keresztüli vándorlása során a helyi mirigysejtek által termelt váladékból tud igen korlátozott mértékben tápanyagokat felvenni. A beágyazódás kezdeti időszakában a decidua széteső sejtjei szolgálhatnak tápanyagforrássul a blastocysta sejtjei számára. A megtermékenyítés 9. napjától a syncytium lacunáiba kerülő anyai vérből a trophoblastréteg aktív abszorpciós tevékenysége és a felszívott anyagok diffúziója biztosítja a blastocysta táplálását. A szikkeringés kialakulásával a szikhólyag anyagai adódnak hozzá a zygota táplálásához. Az allantoiserek és a chorionlemez ereinek kialakulásával majd összekapcsolódásával egyidejűleg kialakuló placenta biztosítja az embryo további és meghatározó táplálását.

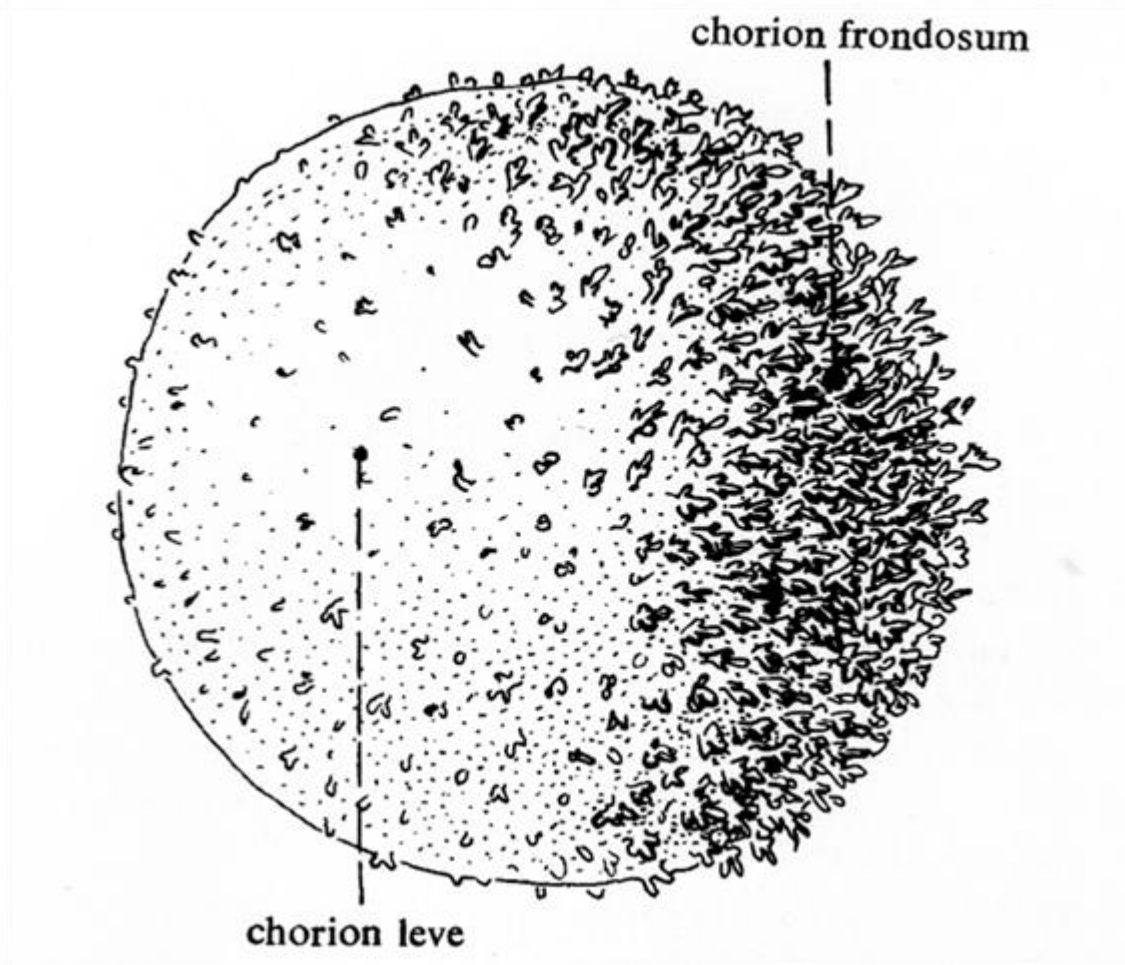
A második méhen belüli élethónap végére a trophoblast számos másodlagos és harmadlagos chorionbolyhot képez, melyek körkörös borítják a zygota külső felszínét. A tapadónyel oldalán azonban a bolyhok jóval fejlettebbek, mint másutt. A bolyhok tengelyében a széli mesoderma ekkor már chorionlemez-mesodermának nevezett anyaga található. A zygota a külső cytotrophoblastok révén rögzül az anyai deciduához.

A chorionbolyhok a tapadónyel-mesoderma oldalán mindvégig megmaradnak, sőt bokorszerűen fejlődve a *chorion frondosum*ot alakítják ki. Az ellenkező oldalon ugyanakkor a bolyhok degenerálódnak, itt elsimul a chorionzsák, ez a chorion leve (**1/27. ábra**).

A placenta két komponensből áll:

1. *placenta foetalis* = chorion frondosum,

2. *placenta materna* – decidua basalis.

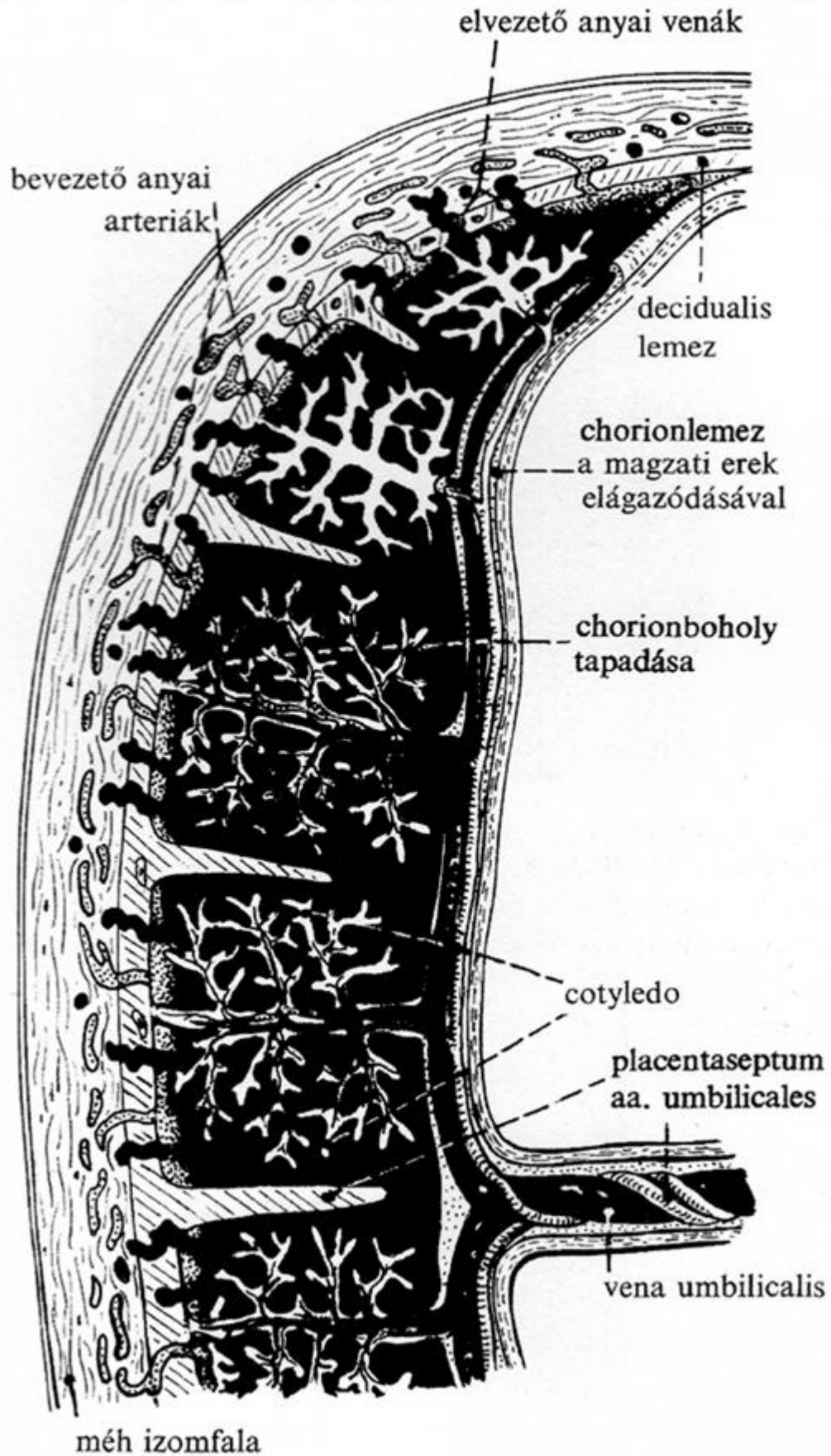


1/27. ábra. A chorion másodlagos bolyhainak alakulása a magzat saját vérkeringésének kifejlődése után. A decidua capsularis területének megfelelően a bolyhok elsorvadnak (chorion leve), a decidua basalisnak megfelelően pedig gyors fejlődésnek indulnak (chorion frondosum)

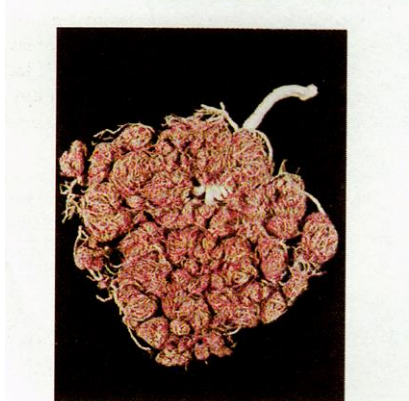
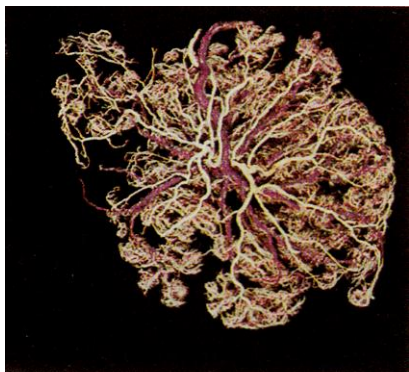
A chorion frondosum a decidua basalisszal együtt a placentát alkotja. A magzat felőli oldalon a placentát a *chorionlemez* határolja, az anya felőli oldalt a *decidualis lemez* fedi. Az érintkezési zónában a trophoblast- és deciduasejtek összekeverednek (1/28. ábra).

A chorion frondosumon 15–20 nagyobb primaer boholy található, melyek a decidua basalisig érnek, és azzal össze is tapadnak. Ezek a *tapadóboholyok*, melyeknek elsősorban rögzítő feladatuk van. Ezek másodlagos, illetve többszörös leágazásairól lelógó tertiaer boholyok, az ún. *lebegőboholyok*, az intervillusos teret kitöltő anyai vérben úsznak, és a magzat és az anya közötti anyagforgalmat biztosítják.

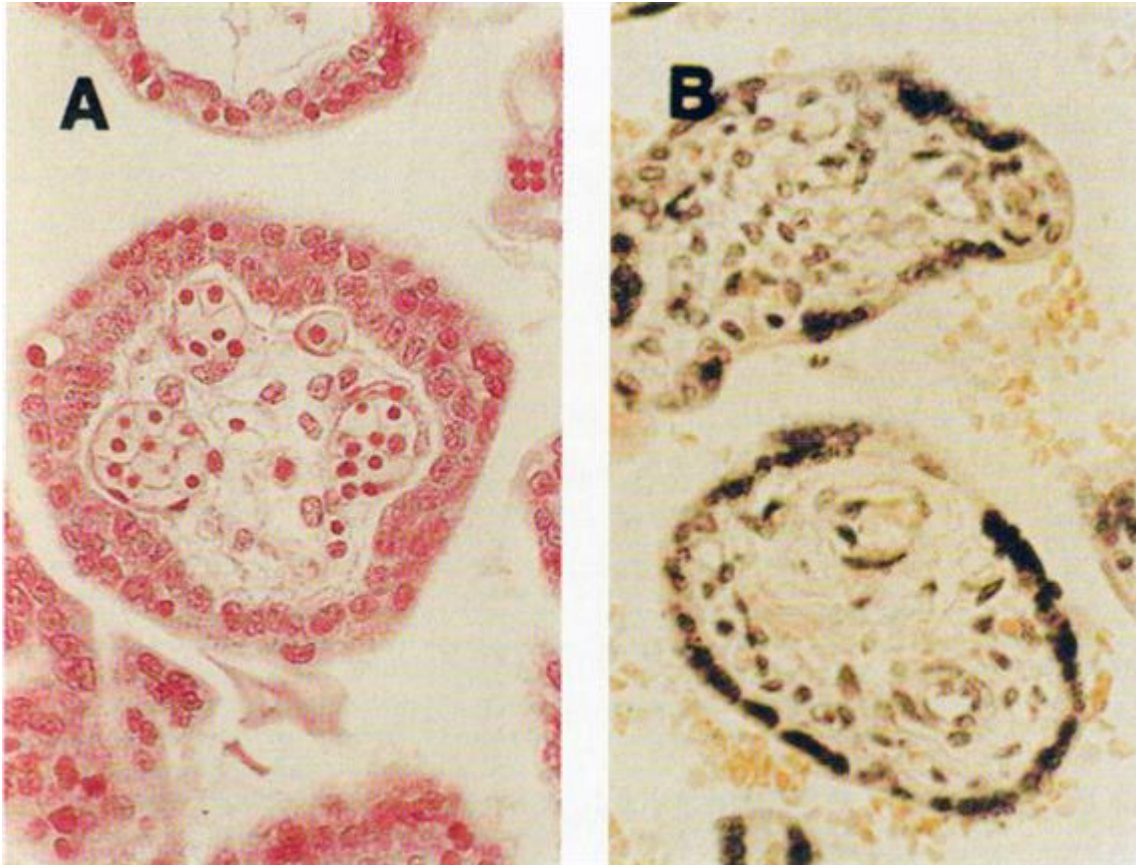
A 4–5. hónap folyamán a decidua basalis sövényeket növeszt (*septum placentae*), melyek az intervillusos ürbe lógnak, de nem érik el a chorionlemezt, így alattuk a szomszédos intervillusos térségek közlekednek egymással. A decidua basalis sövényei által határolt placentaegységeket *cotyledóknak* nevezzük (1/29. ábra). A decidualis sövényeket az intervillusos üregek felől syncytialis trophoblastsejtek fedik. A placentában az anyai vért mindig syncytialis trophoblastsejtek határolta szövetek veszik körül.



1/28. ábra. A placenta felépítése erősen sematizálva. A jobb oldal felé tekint a placenta homorú magzati része, bal felé a domború anyai része. A méh izomfalából belépő erek közvetlenül benyílnak a bolyhok szivacsos szövetét teljesen körülvevő intervillusus terekbe (fekete)



1/29. ábra. Emberi placenta korróziós készítménye (Kádár F. készítménye) A magzati oldal (fenn) felől nézve a köldökerek szétágazását lehet látni. Az arteriák világosak, a vénák ibolyaszínnel jelzettek. Az anyai oldalon (lenn) jól láthatók a placenta lebenyei, a cotyledók. A köldökzsinórban haladó ereket töltötték fel színes műanyaggal



1/30. ábra. Chorionbolyhok szerkezete. A: korai terhességből származó boholy. Felszínén mind a syncitio-, mind a cytotrophoblasztréteg elkülöníthető. A boholy capillarisaiban magvas vörösvérsejtek láthatók. B: Érett (megszületett) placentából származó boholy. Felszínét egy rétegben borítja a syncytiotrophoblasztréteg. A bolyhok közti térben anyai vörösvérsejtek

A terhesség első harmada (trimestere) alatt valamennyi boholytípust kettős trophoblasztréteg borítja: a külső syncytiotrophoblast, mely a cytotrophoblast sejtrétegen nyugszik (1/30. ábra, A).

A 4. hónaptól a cytotrophoblasztréteg lassan megszűnik (1/30. ábra, B). Ettől kezdve a magzat vérének az anyai vértől a következő rétegek választják el (ezen keresztül bonyolódik le minden anyag transzportja (1/31. ábra):

- ◆ a magzati capillarisok fala (endothel + basalmembrán),
- ◆ minimalis (helyenként hiányzó) chorionlemez mesoderma,
- ◆ syncytiotrophoblast.

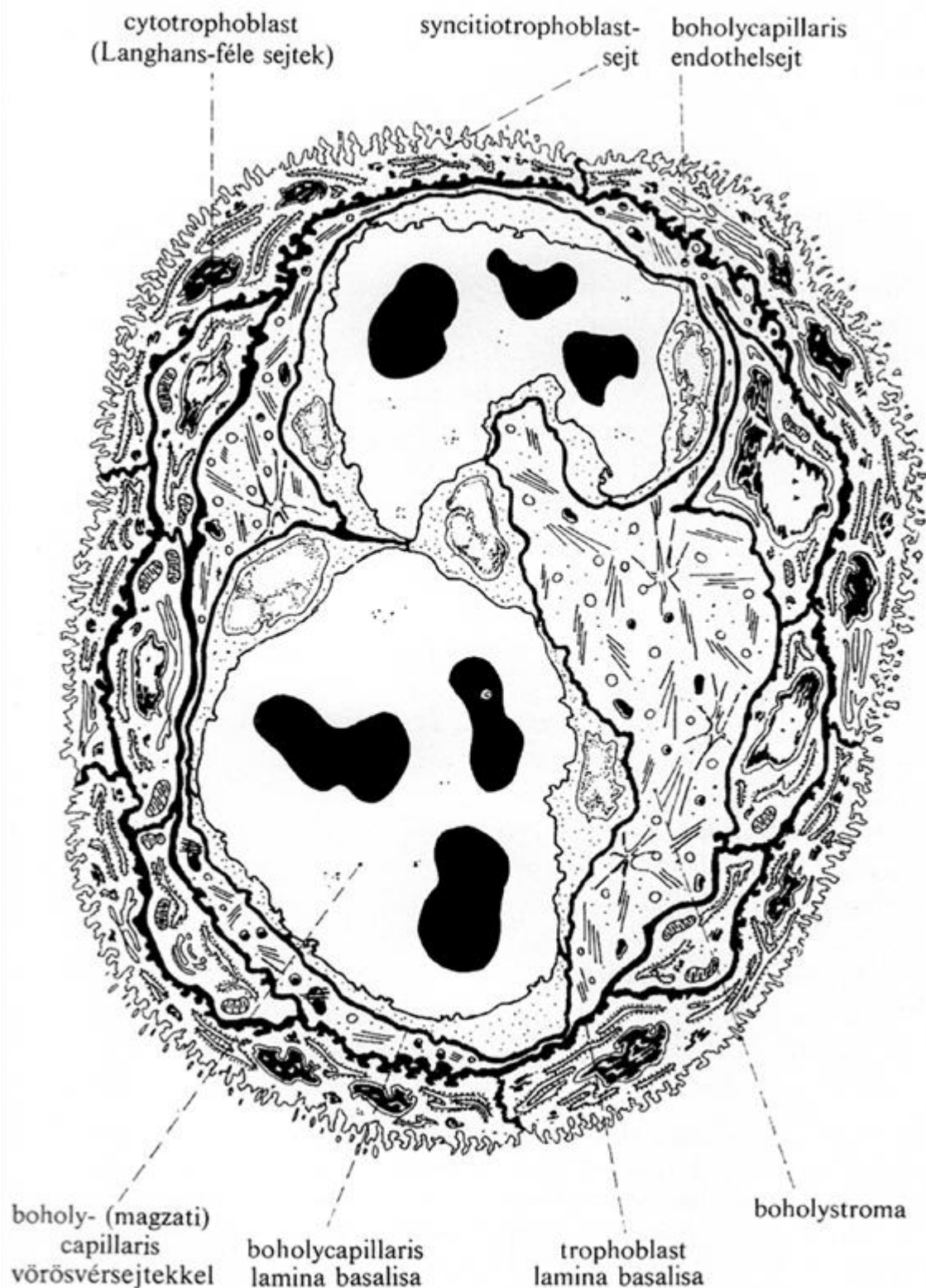
A legkisebb chorionbolyhokról syncytialis sejtsomók szakadhatnak le az intervillózus ürbe, tehát az anyai vérkeringésébe.

A placenta együtt nő a magzattal, de időközben szerkezeti változásokat is mutat. A teljesen kifejlődött placenta korong alakú, 15–25 cm átmérőjű, 3 cm vastag, 5–600 g tömegű. A magzat megszületése után 30 perccel a placenta is megszületik. Az anyai oldal felől megtekintve 15–20 darab cotyledót lehet rajta látni, melyeket vékony placenta materna réteg fed. A decidua legnagyobb tömege a méh üregében marad, és csak a szülés után napokig távozó szövettörmelékkel kevert vérral (*lochid*) távozik. A placenta magzati oldalát a chorionlemez képezi, melyet az amnion fed.

A chorialis erek a köldökzsinórnak a placentán való rendszerint excentrikus rögzüléséhez futnak össze. Néha azonban a köldökzsinór erei egészen a placenta széléhez futnak, illetve az ún. *insertio velamentosa* esetében a placentán kívül futnak össze. Ez a körülmény azzal a veszéllyel jár, hogy a burkok megrepedésekor a köldökerek is sérülhetnek, és ez a magzat életét veszélyeztető vérzéssel jár.

A magzati vérkeringés kezdete. Az erek és bennük a vér legkorábban a szikzacskót körülvevő extraembryonalis mesodermában jelenik meg, a harmadik hét elején. A mesenchymasejtek tömör sejtiszigeteket alkotnak (*angiogenetikus sejtiszigetek*), ezek közepén üregek képződnek. Az üregek belsejében lévő sejtekből primitív vérsejtek lesznek, a szélső sejtek (*angioblast*) pedig ezeket a vérszigeteket körülvevő endothelsejtekké differenciálódnak. A különálló üregek összefolynak, és így egy endothelsejtekkel bélelt csatornarendszer jön létre. A primitív vérsejtekben hamarosan vastartalmú fehérje (*haemoglobin*) jelenik meg, amely a vér jellemző piros színét adja. A haemoglobint tartalmazó primitív vérsejtek alkalmassá válnak az oxigén megkötésére, egyben annak könnyű leadására is. Az endothelcsövet körülvevő mesenchymasejtek adják az erek kötőszöveti és izomelemeit.

A szív kezdeménye a páros szívcső, az előbbiekhöz hasonló módon, az intraembryonalis mesoderma cardiogen lemezéből fejlődik ki (1/20. A ábra). A cardiogen lemezt az embryopajzs elülső végén, a membrana buccopharyngea (korábban prochordalis lemez) előtt, a mesoderma-alagút alsó felszínén találjuk. A kétoldalt fejlődő szívcsövek közepén egyesülnek egyetlen csővé (lásd részletesebben a szív fejlődésénél), és a kezdetleges szív kapcsolatba kerül az embryóban, a szikzacskó falában, majd nemsokára az allantois körül kialakuló erekkel (1/32. ábra). A vérkeringés a szív ritmusos összehúzódásának következtében a harmadik hét végére beindul.



1/31. ábra. Chorionboholy szerkezetét bemutató sémás rajz

A szikhólyag nyeléből az embryo feje felé áramlik a vér, majd a kialakuló kopolyúverőereken keresztül (lásd az arteriák fejlődésénél) a magzat testében a velőcső előtt hátrafelé folyik, és a szikhólyag nyelénél ismét eloszolhat a szikhólyag falában levő vérszigetek felé (1/32. ábra). Ezzel létrejön a magzat legkezdetlegesebb keringése, a szikkingés.

A szikzacskóban levő minimális tartalék tápanyag miatt a keringés súlya gyorsan áttolódik a chorion egy részéből kialakuló méhlepény (placenta) felé.

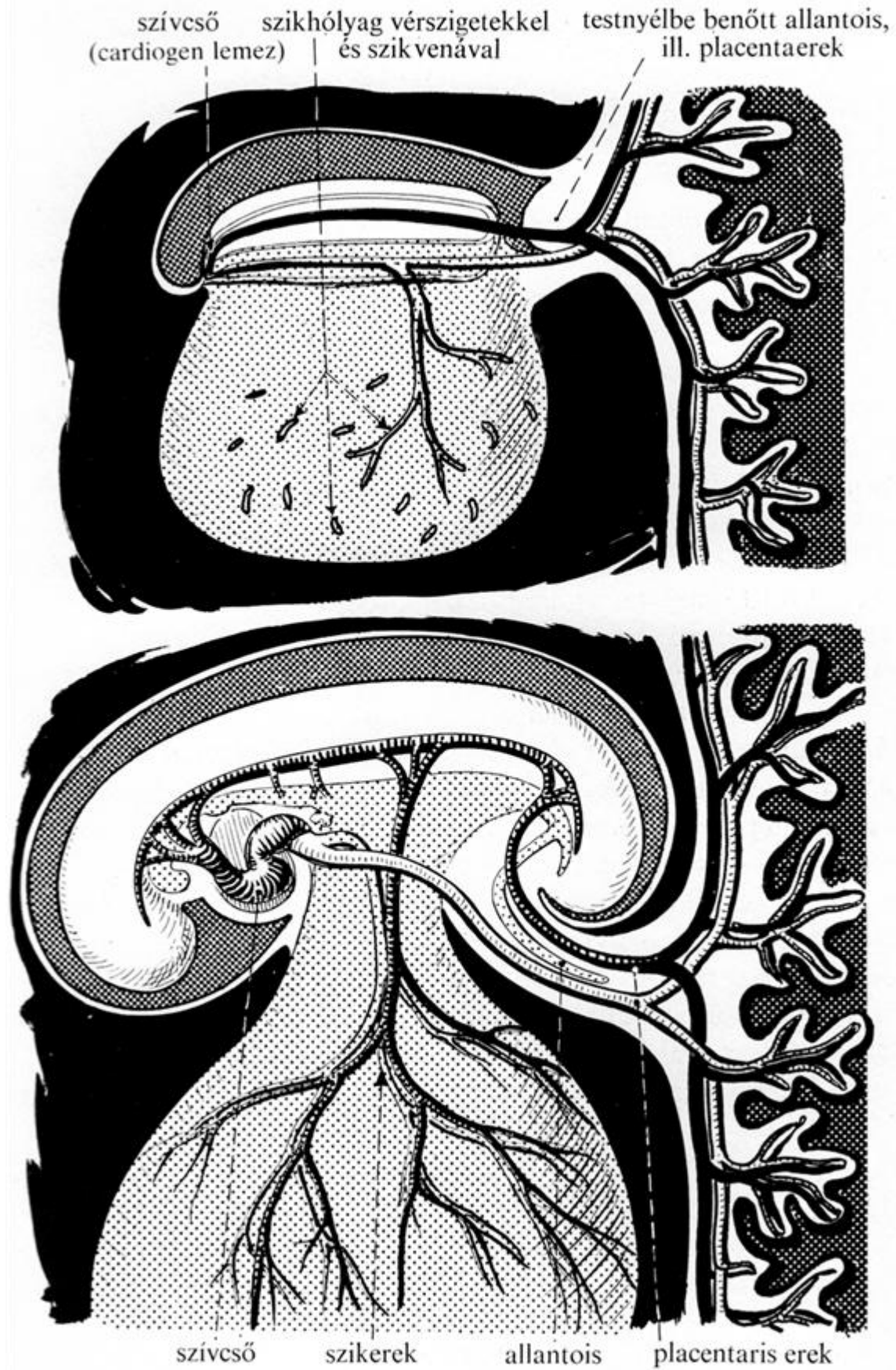
A placenta vérkeringése. Az intervillusos terekbe a decíduából 80–100 ún. spiralis arteria nyílik. Ezek a benyílásnál szűkebb átmérőjűek, ezért az oxigéndús anyai vér nagy nyomással lövell ki belőlük, és mélyen, egészen a chorionlemezig lejut. A vénák a placenta anyai oldalán nyílnak.

A mintegy 150 ml térfogatú intervillusos tér vére percenként 3–4-szer kicserélődik. A bolyhok összesített felszíne 4–14 m², ezt a felületet a bolyhokat fedő hám mikroboholyrendszere mintegy 90 m²-re növeli. Azokon a helyeken, ahol a magzati erek közvetlenül érintkeznek a syncytiummal, a trophoblastsejtek intervillusos tér felé néző felszínén kefeszegély található.

A placenta jelentősége

1. Anyagok szelektív cseréje az anyai és magzati vér között.

2. Hormontermelés.



1/32. ábra. A magzati vérkeringés kialakulása (Hamilton, Boyd és Mossman nyomán). Fent: korábbi stádium, amikor a szikhólyag falában kifejlődő vérszigetek kapcsolatba lépnek az embryo belső érrendszerével, és a testnyélen át a chorionbolyhokba behatolt erekkel. Alul: későbbi (kb. 25 napos) stádium, amikor is a szikkeringés már teljesen kialakult, sőt visszafejlődően van, míg az allantois mentén a chorionbolyhokba benőtt erek kiépitik a magzat placentaris keringését (az arteriák sötéten, a vénák világosan)

3. Placentagát, amelyet az első négy hónapban a következő rétegek alkotnak:

- ◆ magzati erek endothelje,
- ◆ chorionmesoderma,
- ◆ cytotrophoblast,
- ◆ syncytiotrophoblast.

A negyedik hónap után a chorionmesoderma és a cytotrophoblast réteg jelentős mértékben eltűnik. Minthogy emberben az anyai vért chorionszármazék választja el a magzat vértől, az emberi placentát *haemochorialis* típusú placentaként tartjuk számon. Születés előtt 20–30 ml/perc a magzat O_2 -felvétele, ezért már rövid ideig tartó placentalis keringészavar is végzetes lehet a magzat számára. Ugyancsak igen gyors a tápanyagok és elektrolitok placentalis cseréje. A placentán az anyai antitestek átjutnak. A syncytialis trophoblast pinocytosissal veszi fel az antitesteket (IgG), és a magzati capillariskba juttatja. Ily módon passzívan immunizálódik a magzat diftéria, himlő és kanyaró ellen, de bárányhimlővel és szamárköhögéssel szemben védtelen marad.

Rh+ magzat Rh- anyában antitestképződést indukálhat. A magzatba visszajutó anti-Rh-anyagok roncsolhatják a magzat vörösvértestjeit (*erythroblastosis foetalis*, haemolyticus betegségek), és a magzat halálát is okozhatják. Ma már méhen belül is elvégezhető a vércsere, ezzel a veszélyeztetett magzatok megmenthetőek.

A negyedik hó végén a syncytium progesteront és human choriogonadotropint (hCG) szintetizál. A placenta oestradiolt és oestrogent is ürít. Ezek a hormonok ürülnek az anya vizeletével, kimutatásukon alapulnak a terhességi próbák. A human placentalis lactogen (növekedési hormonszerű anyag) a vérglugosét illetően prioritást biztosít a magzatnak az anyával szemben. Az anya hormonjainak többsége nem jut át a placentán. Azok, amelyek mégis átjutnak, mint pl. a thyroxin, csak igen korlátozott sebességgel teszik azt. A szintetikus progestinek azonban átlépik a placentagátat, és a leánymagzatok masculinizációját okozhatják. Ugyancsak átlép a placentagáton a szintetikus oestrogen (diethylstilboestrol) és kiderült, hogy a terhességük alatt szintetikus oestrogennel kezelt anyák leányai a pubertást követően gyakran szenvedtek hüvelycarcinoma-megbetegedésben.

Vírusok, mint pl. a rubeola, Coxsackie, himlő, bárányhimlő, kanyaró és a poliomyelitis vírusa könnyedén átlépnek a placentagáton. Az ezekkel való fertőzöttség a magzat degeneratív megbetegedéseikhez, illetve fejlődési rendellenességek kialakulásához vezethet.

A legtöbb drog és azok bomlástermékei átlépik a placentagátat, és a magzat fejlődését (károsan) befolyásolják.

A terhesség vége felé a placenta „elhasználódik”, ami szövettanilag a bolyhok kötőszövetes (mesenchyma) állományának szaporodásával, a magzati erek basalis membránja megvastagodásával, a bolyhok kis erei elzáródásával magyarázható. A bolyhok felszínén fibrin rakódhat le, ami a cotyledók infarctusához, majd elhalásához vezethet.

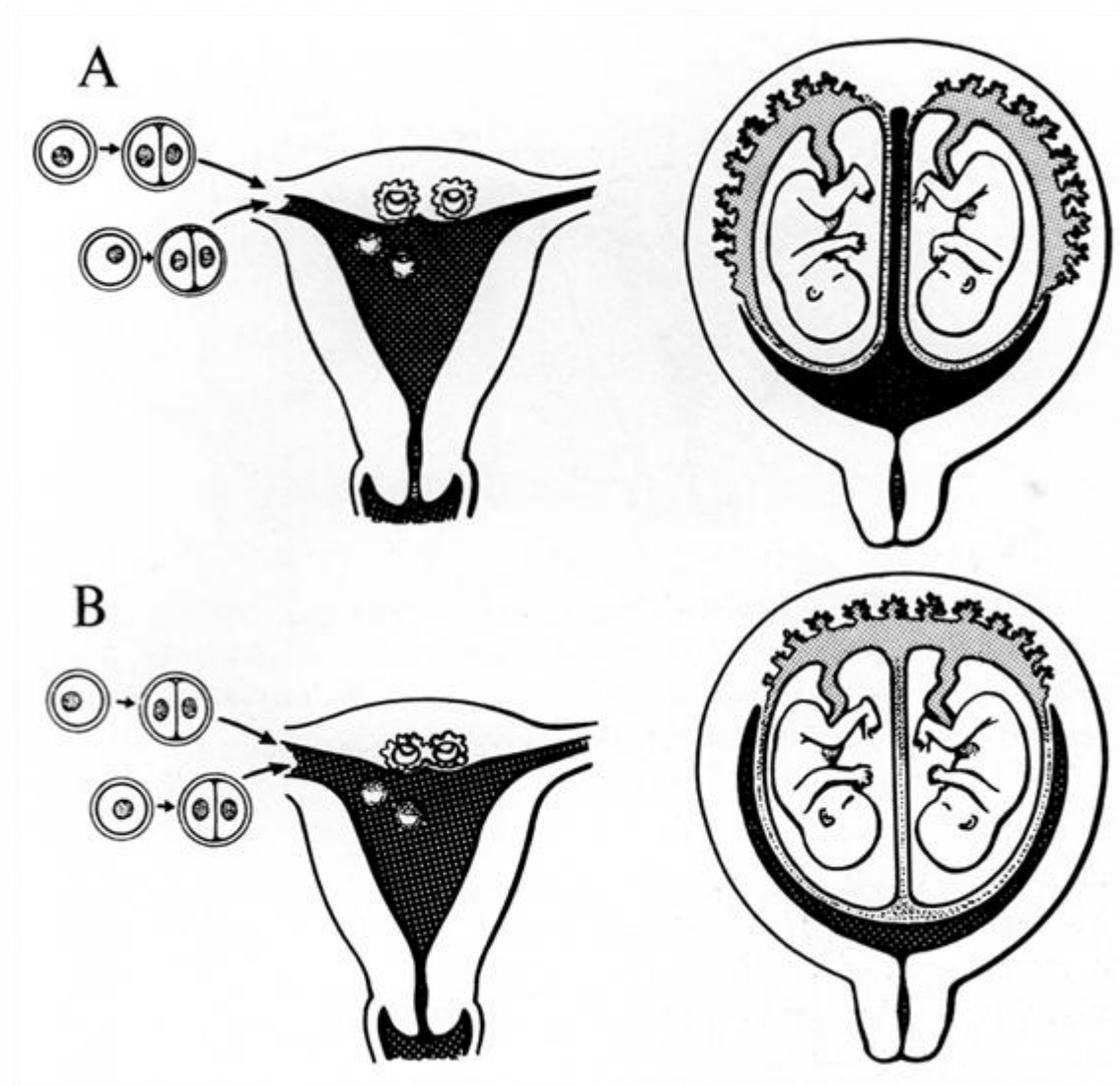
9. 1.9. IKERTERHESSÉGEK, TORZOK

Ikerképződés. *Dizygota* (fraternalis) ikrek két vagy több petesejt egyidejű megtermékenyítésének eredményeként keletkeznek. Ezek egymástól különböző genetikai kódanyaggal rendelkeznek, nem hasonlítanak jobban egymáshoz, mint a különböző terhességekből származó testvérek. Nemük lehet azonos vagy különböző. Rendszerint egyedileg ágyazódnak be a méhnyálkahártya különböző területeibe, placentájuk és magzatburkaik egyediek (**1/33. A ábra**). Amennyiben azonban a beágyazódás helyei túl közel kerülnek egymáshoz, a placenták és a chorionszákok összeolvadhatnak (**1/33. B ábra**). Ilyenkor nemritkán a két magzat vérkeringése között kommunikáció alakul ki, aminek következtében a magzatok két különböző vércsoporthoz tartozó vörösvértestekkel rendelkeznek (*erythrocytamozaicizmus*).

Monozygota (identikus) **ikrek** egyetlen megtermékenyített petesejtből keletkeznek úgy, hogy fejlődésének korai szakában a zygota kettéválik. A monozygota ikrek genetikai kódanyaga azonos, következésképpen azonos neműek, a megtevésztésig hasonlítanak egymásra, ujjlenyomatuk, vércsoportjuk azonos.

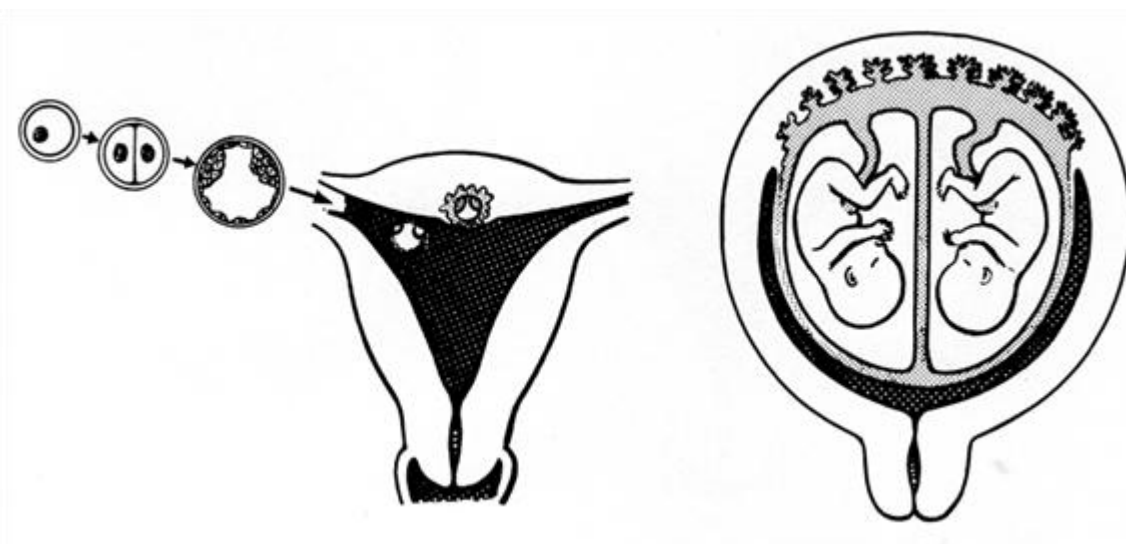
Ha a zygota kettéválása a kétsejtes stádiumban történik, a két zygota beágyazódása, placentáik és magzatburkaik alakulásának lehetőségei a dizygota ikrekével azonos módon történik (*bichorialis – biamnialis*).

Ha a zygota a korai blastocysta állapotban válik ketté, az embryocsomó megkettőződése révén, akkor az ikrek közös placentával, közös chorionzsákkal rendelkeznek, de amnionburkaik egyediek (*monochorialis – biamnialis*; 1/34. ábra).



1/33. ábra. Kétpetűjű (dizygótás) ikrek fejlődése. A: a két zygota egymástól távol ágyazódik be; két különálló placenta, külön-külön chorion- és amnionburok található. B: a beágyazódás egymáshoz közel történt; a burkok elkülönülnek, a placenta közös (Moore után, módosítva)

Ha a zygota az embryopajzs kialakulását követően válik ketté annak következtében, hogy két organizációs központ (chorda dorsalis) fellépését követően két gastrula alakul ki és indul fejlődésnek, akkor az ikrek placentája és magzatburkai is közösek lesznek (*monochorialis – monoamnialis*; 1/35. A ábra). Ebben az esetben kiegyensúlyozott vérkeringés esetén két azonos fejlettségű ikerre számíthatunk, ha azonban a keringés aszimmetrikusan alakul, akkor az egyik magzat a másik kárára erősebben fejlődik.

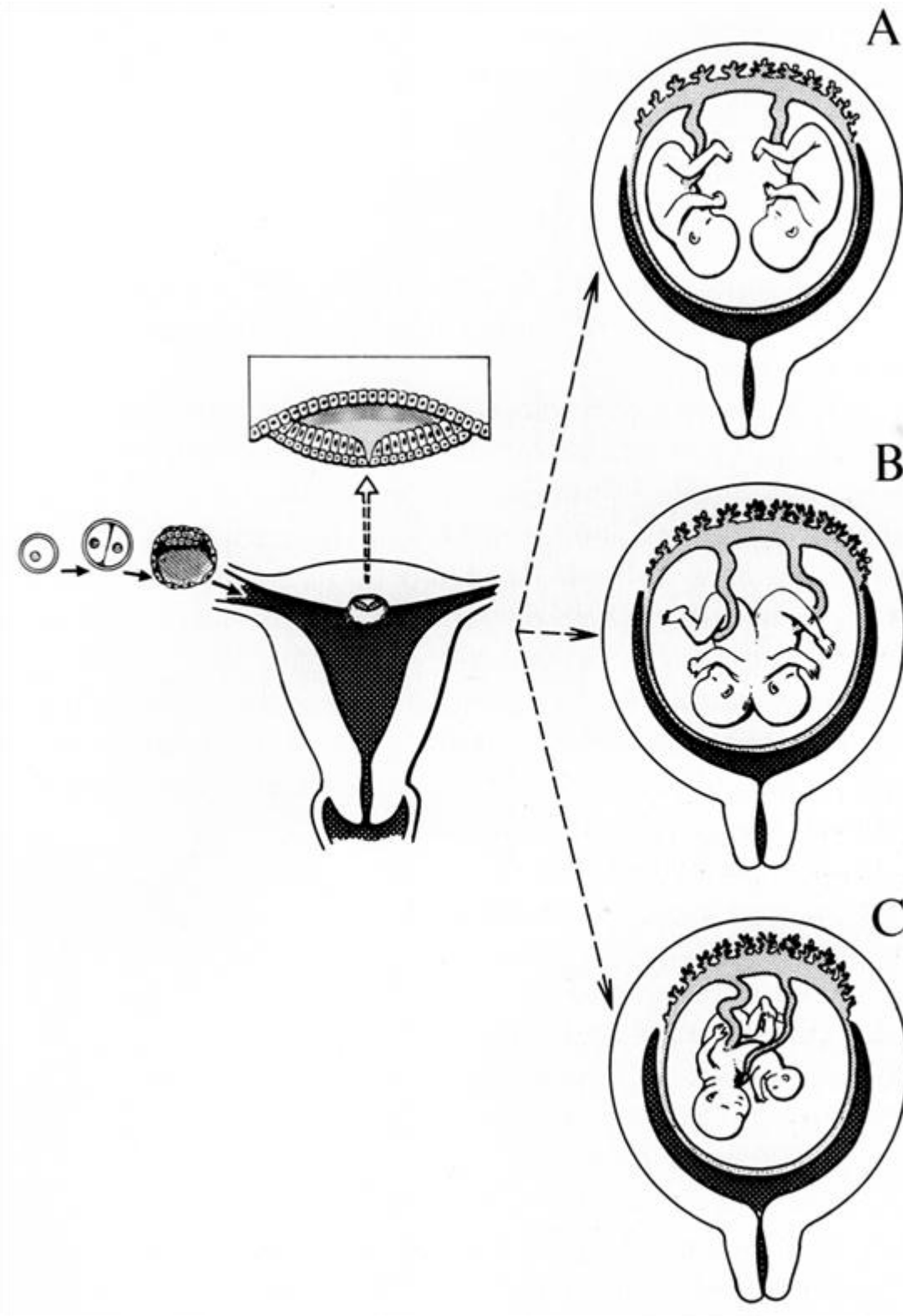


1/34. ábra. Egypetéjű (monozygotás) ikrek fejlődése. Egy közös trophoblasthólyagon belül két elkülönült embriocsomó fejlődik ki. A placenta és a chorionburok közös, a magzatok külön-külön amnionburokban fejlődnek (Moore nyomán, módosítva)

Többes terhességek kialakulása a fentiek alapján könnyen értelmezhető. Fogamzásgátló tabletták szedésének felfüggesztését vagy hormonális előkezelést követően (in vitro megtermékenyítést követően implantált zygotákat is beleértve) fellépő terhességek során gyakrabban tapasztalható ikerterhesség.

Torzok. Megkülönböztetünk egyes és kettős torzokat. Az egyes torzok közé tartozik a törpeség, az óriásnövés a hemihypertrophiák és a situs inversus, melynek részleges vagy totális formája is ismert.

A zygota abnormális vagy tökéletlen kettéválása (elsősorban a késői blastocysta stádiumban) kettős torzok kialakulását eredményezheti. Megkülönböztetünk szimmetrikus és aszimmetrikus kettős torzokat (**1/35. B és C ábra**). Az összenövés lokalizációja alapján *thoraco-* (mellkasi), *pygo-* (medencei) és *craniopagus* (fejtáji) összenőtt ikreket különböztetünk meg. Az ún. számi ikrek csak kicsiny bőr és/vagy májszövetből álló híddal vannak egymással összekötve, és sebészi beavatkozással szétválaszthatók.



1/35. ábra. Egypetéjű (monozygotás) ikrek fejlődése. Az embriocsonon két organizátor (öcssik) alakul ki. Az ilyen terhességben egyetlen placenta, közös chorion- és amnionburok található. A: az embriocsonmó tökéletes megkettőződése és szétválása két rendszeren fejlődő magzathoz vezet. Ha az embriocsonmó csak részlegesen különül el, úgy szimmetrikus kettős torzok (B) vagy aszimmetrikus parazita ikrek (C) fejlődhetnek (Moore nyomán, módosítva)

A fejlődési rendellenességek okai. A születéskor észlelhető fejlődési rendellenességek gyakorisága számos statisztikai adat alapján 1,5–3,3% között ingadozik. Kialakulásuk három fő mechanizmus szerint lehetséges.

1. Külső tényezők.

a) Fertőző ágensek okozta fejlődési rendellenességek: vírusok (rubeola, cytomegalovirus, herpes simplex, toxoplasma, syphilis).

b) Ionizáló sugárzás.

c) Kémiai ágensek: gyógyszerek (thalidomid, aspirin, kinin), hormonok (progesteron, diethylstilboestrol, cortizon), vegyszerek (propylthiouracil, kálium-jodid), antibiotikumok (streptomycin, tetracyclinek), szulfonamidok, antikoagulánsok, „A”-hipervitaminózis, drogok (amfetaminok, LSD, marijuana), alkohol, nikotin), környezetszennyező kemikáliák.

d) Hiánybetegségek: pl. vitaminok, jód hiánya.

2. Génabnormalitások. Az anomalia a genetikai kódban rögzített, az abnormalitás az öröklődés szabályainak megfelelően manifesztálódik (pl. egy-gén mutáció): haemophilia, phenylketonuria, galactosemia, hemocystinuria.

3. Chromosomaabnormalitások.

a) Abnormális chromosomaszám: monosomia – trisomia.

◆ Autosomalis abnormalitások: pl. 21-es trisomia: (Down-kór = mongoloid idiotia).

◆ Sexchromosoma-abnormalitások:

Hypogonadizmusok. Nincs ellentmondás a chromosomal nem és a phenotypus között, de a gonadalis fejlődés és funkció elmarad a normális mögött.

Férfihypogonadizmus. Klinefelter-szindróma: a chromosomal képlet: XXY, esetleg XXXY. Férfi phenotypus, sorvadtt herékkel és hyalinosan degenerált herecsatornákkal, sterilitás, gynaecomastia. 1:500 gyakoriság a normál populációban.

Női hypogonadizmus. Turner-szindróma: a chromosomal képlet: XO. Női phenotypus, alacsony testméret, gonadalis dis genesis, rövid nyak, végtagoedema, csontváz-rendellenességek, elmaradott szellemi fejlődés. 1:1500 gyakoriság a normál populációban.

Szupernő. Tripla-X (XXX) szindróma. Női phenotypus, infantilis alkat, gyér menses, esetleg szellemi elmaradottság.

A hypogonadizmusok háttérben chromosoma-nondisjunctio lapul meg. Ennek következményeként a petesejt vagy 0 vagy XX nemi chromosomával rendelkezik. Attól függően, hogy X vagy Y nemi chromosomával rendelkező spermium termékenyíti meg:

$0 + X = 0X$ (Turner-szindróma)

$XX + Y = XXY$ (Klinefelter-szindróma)

$XX + X = XXX$ (szupernő)

A szupernő ritkán ugyan, de ovulál. Petesejtjei X vagy XX nemi chromosomával rendelkeznek. Megtermékenyüléskor az alábbi variációk lehetségesek:

$X + X = XX$ (normális nő)

$X + Y = XY$ (normális férfi)

$XX + X = XXX$ (szupernő)

$XX + Y = XXY$ (Klinefelter-szindróma)

b) Abnormális szerkezetű chromosomák. Feltételezhetően környezeti tényezők által okozott chromosomasérülés az oka. A chromosoma egy része hiányozhat (pl. a 4–5 számú chromosoma egy része hiányzik: „*cri du chat*”)

szindróma. Az érintett újszülött macskaszerű nyávogó hangon sír, microcephal, szellemileg károsodott, szívfejlődési rendellenessége is van).

4. Az ivari chromosomák számbeli rendellenességei nélküli intersexualitások.

a) *Hermaphroditismus verus*, valódi kétivarúság. A személy mindkét gonaddal rendelkezik.

b) *Pseudohermaphroditismus*. A személy phenotypusa és gonádja nem felel meg egymásnak.

◆ *Pseudohermaphroditismus masculinus*. A gonad here, de a phenotypus nőies. Egyik formája a *Morris-szindróma* vagy testicularis feminisatio.

◆ *Pseudohermaphroditismus femininus*. A gonad ovarium, de a phenotypus férfias. Egyik formája az *adrenogenitalis szindróma*.

3. fejezet - 2. fejezet. Alapszövetek

1. 2.1. AZ ALAPSZÖVETEK FOGALMA

Soksejtű szervezetek sejtjei – bizonyos értelemben „munkamegosztásként” is felfogható módon (és biológiai célra) – szerkezeti és funkciós szempontból speciális vonásokat öltenek. Műszóval speciális irányban differenciálódtak: ezen az értendő, hogy a sejt általános „őstípusától” mind szerkezeti, mind működési vonatkozásban eltértek. A sejt valamely általánosan is meglévő szerkezeti vagy működési vonása különlegesen kifejlődött, és mások rovására előtérbe került. Hasonló irányban differenciálódott sejtek a szervezetben általában nem elszórtan, hanem nagyobb közösségekbe tömörülten fordulnak elő; ezeket a közösségeket általános műszóval *szöveteknek (tela)* nevezzük. A szövet fogalmát világosabban megérthetjük, ha szembeállítjuk a szerv (*organon*) fogalmával. Szerven valamilyen (rendszerint nagyobb) anatómiai (szerkezeti) és egyben funkciós egységet értünk, mint amilyen pl. a karcsont, a kétfejű karizom, a máj, a szemgolyó. Még a legegyszerűbb vagy legegyszerűbb szervben is azonban, mint a két első példánkban említett csontban vagy izomban is, nem egyetlen irányban specializálódott sejtek fordulnak elő. Igaz, a legtöbb szerv felépítésében van egy sejtfeleség, amely megadja a specifikus szerkezeti és működési sajátosságát. Így a csontnak az a lényege, hogy kemény, szilárd váz alkotására alkalmas; az izomé, hogy erélyes és gyors megrövidülésre (contractióra) képes. Ugyanakkor azonban a csontot mint élő anyagot oxigénnel és táplálékkal el kell látni, hasonlóképp az izmot is, tehát mindkettőben erek vannak, amelyek mind szerkezeti, mind működési szempontból eltérnek a csont lényegét adó csontanyagtól, illetve az izom lényegét adó contractilis anyagtól. Az izom contractilis sejtjeit valaminek össze kell fognia (kötőszövet), és meg kell védenie a nem contrahált (elernyed) állapotban könnyen bekövetkező túlnyújtástól. A csont más csontokkal egybeilleszkedő végeit sima, egymással szemben könnyen elmozduló felszínt adó porc borítja. E példákban, és később szinte minden szerv leírásából láthatjuk, hogy a szerv szerkezeti és működési lényegét képviselő sejtfeleség mellett más, általános működéseket biztosító (mechanikus összetartás és védelem, vérrellátás, idegellátás stb.) sejtközösségek is előfordulnak. Sok bonyolultabb szerv (mint pl. az említett szemgolyó) felépítésében nem egyetlen, hanem több különböző szövet biztosítja a lényeges szerkezeti és működési vonásokat.

A szövet tehát lényegesen általánosabb kategória (vagy egység), mint a szerv. A szervezetben számtalan helyen kell mechanikailag és szigorúan meghatározott térbeli felépítésben összetartani más, specifikusabb működésű sejteket; ezt a szerepet a kötőszövetek töltik be. Mindenütt szükség van vér- és nedvkeringésre, ezt a vascularis szövetek biztosítják. A szervezet külső és belső felszínein hézagmentes réteggel kell elválasztani a „külvilágot” a szervezet belső terével szemben; erre szolgálnak a *hámiszövetek*. Igen sok helyen és sokféle módon van szükség contractióra; e feladat irányában differenciálódtak az izomszövetek.

Állati szervezetekben négy alapszövetet különböztetünk meg:

1. hámiszövet (*tela epithelialis*);
2. kötő- (és támasztó-) szövetek (*tela conjunctivales*);
3. izomszövet (*tela muscularis*);
4. idegszövet (*tela nervosa*).

Az élő szervezet finomabb felépítésének tanulmányozásához elengedhetetlen alapkövetelmény és feltétel a négy alapszövet lényegének megértése. Ezért itt előljáróban külön is definiáljuk a négy alapszövetet, részben szembe is állítva őket egymással. Természetesen ezeket a definíciókat az egyes szövetek részletesebb leírása során még lényegesen ki kell egészítenünk, de nem hangsúlyozhatjuk eléggé, hogy ezek a definíciók minden további anatómiai és egyéb morfológiai tanulmány alfa- és ómegapontja.

Hámiszövetek (*tela epithelialis*). Elsődleges feladatuk felszínek hézagmentes beborítása. Ennek megfelelően a legtöbb hámsejt többé-kevésbé szabályos szögletes idomú, lapos felszínekkal határolt, amelyek mentén a szomszédos hámsejtek pontosan egymáshoz tudnak illeszkedni. A sejtek között elhelyezkedő ún. intercellularis térség szűk (átlagosan 20 nm). A szomszédos sejtek oldalsó, egymás mellé fekvő sejtmembrán részeit helyenként összetett kapcsoló-berendezések fűzik egybe. A junctionalis komplexusok előfordulási helyeinek megfelelően elektronmikroszkópos felvételeken a sejt közötti térben strukturáltság mutatható ki, míg a kapcsoló-berendezéstől mentes membránközök üresnek tűnnek. E tekintetben a hámiszövet lényegében hasonló

az építőiparban használatos olyan felületborító megoldásokhoz, ahol valamilyen szabályos idomú elemet (tégla, csempé, utcakövezet, parketta stb.) meghatározott mintában, lehetőleg minimális hézaggal raknak össze.

Fedőhám borítja a kültakaró felszínét, az üreggel rendelkező szervek, valamint a vér- és a nyirokerekek lument szegélyező belső felszínét, és összefüggő záróréteggel béleli ki a testüregeket. Másodlagos feladatuk oldott anyagok felszívása (resorptio) és kiválasztása (secretio vagy excretio). A felszívás általában a fedőhámok speciális funkciója, a kiválasztás nagyrészt differenciálódott hámszövetből felépülő mirigyekben történik. A fedőhámot lazán szőtt kötőszövet rögzíti a szomszédos struktúrákhoz. A többrétegű hámok esetében a kötőszövet jellegzetes csapszerű vagy bimbó alakú apró nyúlványok (papillák) formájában behatol a hámba. A kötőszövet és a hámszövet közti határon *membrana basalis* található.

A hámszövetek véredényeket nem tartalmaznak, így diffúziós mechanizmussal táplálkoznak. Érzőidegek dúsfonatok alkotnak a hámban. A hámszövetek felszíneik vonatkozásában polarizáltak. A sejtek szabad, ún. apicalis felszíne gyakran felszíni specializációkat (mikroboholy, csilló) hordoz. Az oldalsó, lateralis felszínnek mentén illeszkednek egymáshoz szorosan a sejtek és helyezkednek el a különféle sejtkapcsoló berendezések. Az alapi, basalis felszín egyrétegű hámok esetében az alatta elhelyezkedő kötőszövet felé tekint. Ez utóbbi felszín – ion- és folyadéktranszportáló sejtek esetében – basalis csíkolat tarkít, melyet sejtmembránredők alakítanak ki, jelentős felületnagyságot eredményezve.

A hámszövetek mindhárom csíralemezből származhatnak.

Kötő- és támasztószövetek (*tela conjunctivales*). Legáltalánosabb funkciójukat nevük határozza meg. Ellentétben a hámszövettel, a sejtek között kiterjedt intercellularis térség tátong, melyet a sejtek által termelt sejt közötti állomány tölt ki. Nagyobb méretű szervezetekben a test egészét vagy annak egyes tagjait érő mechanikai terhelések túlmennek azon, amelyet élő sejtek önmagukban elviselhetnének, illetve amelynek ellent tudnának állni. A legtöbb kötő- és támasztószövetben ezért a sejtek nem közvetlenül, hanem csak közvetve vesznek részt a szövet funkciójában. A szövet lényeges (mechanikai) összekötő és támasztófunkcióit nagybárá (bár nem mindig) a sejtek közötti állomány veszi át. Az intercellularis állomány nem élő anyag értelemben, mint a sejtek, mert önreprodukcióna és önálló anyagcserére nem képes. Anyagforgalma ennek ellenére van, sőt közvetett úton növekedésre, anyagának szaporodására, az elpusztuló vagy elpusztult részek és anyagok pótlására is megvan a lehetőség. A sejt közötti állományba beépülő anyagokat és beépítésükhöz szükséges fermentumokat vagy egyéb aktiváló, polimerizáló, depolimerizáló stb. anyagokat ugyanis a sejtek szintetizálják. Így tehát a kötő- és támasztószövetek életműködése a szövet összes tömegének sok esetben csupán kis részét képviselő sejtekhez, specifikus mechanikai funkciói pedig a sejt közötti állományhoz kötöttek. A sejt közötti állomány lehet nagybárá amorf, kocsonyaszerű, rostos, elmeszesedett, folyékony vagy többnyire ezek valamilyen kombinációja. A kötő- és támasztószövetek osztályozása elsősorban a sejt közötti állomány jellegén alapul, figyelembe véve összetevőik szerveződését és arányát. Ámbár alakilag jellegzetesek, a sejtek a klasszifikáció szempontjából alárendeltek. Ez utóbbi szembeötlő különbség a hámszövetek osztályozásával összevetve hol a hámszövetek geometriai jegyei, magvaik alakja és a cytoplasmán belüli elhelyezkedésük a meghatározó.

A kötő- és támasztószövetek funkciói azonban nem kizárólag mechanikusak. Sejtjeik a legkülönbözőbb biológiai feladatoknak megfelelően igen sokféle irányban képesek differenciálódni. Így pl. egyes sejtek az oxigénátvitel (vér), mások a szervezetbe bejutó idegen anyagok elleni védekezés (phagocyták, idegen testeket körülbástyázó és kiszorító (rejectió) sejtek, immunsejtek stb.) feladatai irányában differenciálódtak. A kötő- és támasztószövetek ugyanis általános előfordulásuk és szinte minden szervben való jelenlétük folytán legalkalmasabbak ilyen általános feladatok elvégzésére.

A kötő- és támasztószövetek a középső csíralemezből fejlődnek.

Izom- vagy contractilis szövetek (*tela muscularis*). Alapvető vonásuk a *sejtek* és számos összeolvadt sejtől álló *nagyobb egységeik* ún. izomrostjaik összehúzó képessége. A contractilitas bizonyos foka ugyan általános sejtműködés, mégis mind mechanikai eredmény (munka), mind sebesség tekintetében jelentős contractilitas az állatvilágban két filamentaris protein (*miozin és aktin*) kölcsönhatásának eredménye. Az izomszövetek lényeges alkotórészei az izomszövetekben és rostokban előforduló contractilis aktin- és miozinfilamentumok, melyek egymással kölcsönhatásba lépve a struktúra rövidebbé válását eredményezik. A myofilamentumok szerveződése egymástól eltérő az izomszövet alcsoportjait képező simaizom, harántcsíkos izom, szívizom és a myoepithelialis szövet esetében.

Az állatvilágban, kevés kivételtől eltekintve (amoeboid mozgás, csillómozgás), minden mechanikai mozgás contractio eredménye. Nem csupán közvetlen test- vagy testrészmozgások, hanem a testen belüli anyagmozgások többsége is (a béltartalom mozgatása, a secretumok és excretumok ürítése, a vér keringése, a

lélegzetvétel stb.) izomcontraction alapul. Sőt az állat vagy ember által a külvilág (más élőlények) felé leadott minden kommunikáció jellegű jelzés (beszéd és egyéb hangadás, arcminimika, a szőrzet, tollazat felborzolása stb.) izomszövetek contractiós működésén alapuló munka eredménye.

A myoepithelsejtek kivételével az izomszövet a középső csiralemezből fejlődik.

Idegszövet (*tela nervosa*). Specifikus működése az ingerlékenység és az ingerületvezetés, mely funkciót az idegszövetet felépítő két, egymástól morfológiai jegyeiben és szerepkörében eltérő sejtfeleség, a idegsejt (neuron) és a támasztósejt biztosít. A két sejtfeleség kapcsolata harmonikus és egymásra utalt. Az excitabilitás és az ingerületvezetés képessége kisebb mértékben minden sejtben (növényekben is) megvan, de az állatvilágban az idegszövetek neuronális elemei mind az ingerlékenységet – ti. speciális ingerekre (fizikai vagy kémia változások) való érzékenységet –, mind elsősorban az ingerületvezetés sebességét különleges fokban (max. 150 m/s) kifejlesztették. Ennek érdekében az idegszövetek sejtjes elemeinek egy része hosszan elnyúlt, és bonyolultan elágazó nyúlványú neuronokká alakult át. Az ingerületvezetés sebességének növelésére az idegsejtek hosszú nyúlványait más sejtek felületi hártáiból reájuk csavarodott hüvelyek veszik körül. Az idegelemek nyúlványainak bő elágazódása bonyolult hálózatok létrehozását tette lehetővé. E hálózatok segítségével az idegszövet a külvilágból és a szervezet belsejéből származó információk hihetetlen tömegét képes feldolgozni, elemezni, a biológiailag jelentős hírtartalmat kinyerni, egymással kombinálni, raktározni, ill. szükség esetén a raktárakból visszanyerni. Az ehhez szükséges kapcsoló- és raktározóműveletek az idegelemek anyagcsereje tekintetében egészen speciális igényeket támasztanak. Ezek az igények nem csupán az anyagcsere különleges mechanizmusait jelentik, hanem azt is biztosítják, hogy e folyamatok viszonylagosan védve legyenek a szervezet többi részét óhatatlanul érő zavaró behatásoktól. Feltehetőleg ennek érdekében differenciálódtak a specifikus ingerületi elemek mellett a támasztósejtek új keletű tudományos megfigyelések eredményei a támasztósejtek szerteágazó funkcióit az idegi működés szempontjából alapvetőnek tartják, és a gliasejteket a neuronok „egyenrangú társainak” minősítik.

Az idegszövet sejt közötti térsége – a hámszövethez hasonlóan – szűk.

Egyetlen fajta gliasejt (mesoglia) kivételével az idegszövet a külső csiralemez származéka.

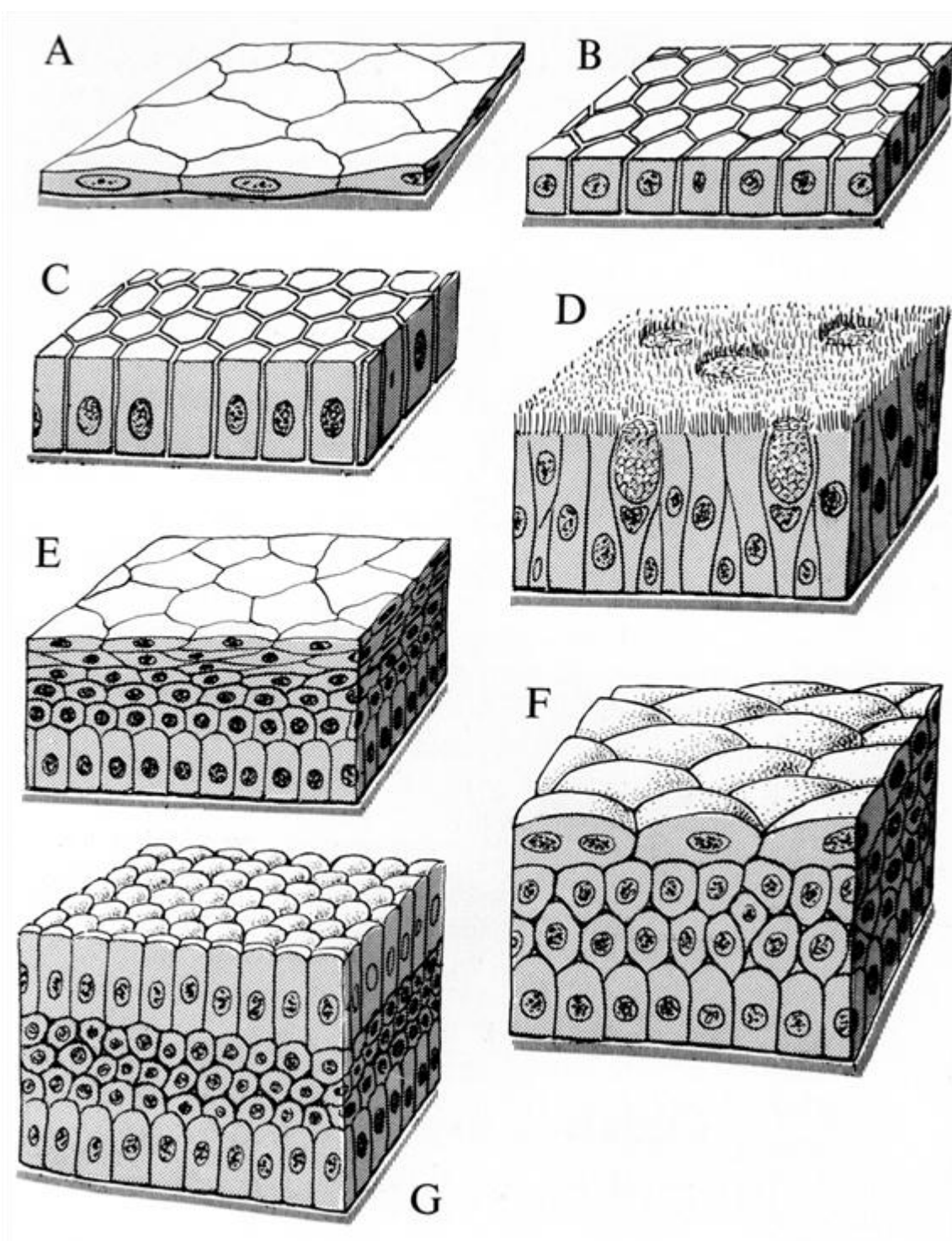
2. 2.2. HÁMSZÖVETEK

Hámszövetet az előfordulás és a funkció szerint négy formában találunk a gerinces szervezetben, úgymint *fedőhám, mirigyhám, festékeshám (pigmenthám) és érzékhám*. A fedőhámokat tovább osztályozhatjuk (2/1. ábra) a sejtek alakja (laphám, köbhám, hengerhám) és a sejtek által alkotott rétegek száma szerint (egyrétegű és többrétegű hámok). A mirigyhámsejtekből kialakuló mirigyvégkamrákat osztályozzuk a végkamra alakja és a mirigysejtek secretiós működése szerint. A pigmenthám egységes csoportot képez, míg az érzékhámsejt vagy közvetlenül kapcsolatban áll a központi idegrendszer más sejtjeivel (primaer érzékhámsejt), vagy csak közvetve, érzőidegsejtek nyúlványának a közvetítésével (secundaer érzékhámsejt).

Az egyes hámfeleségek részletes tárgyalása előtt tekintsük át a hámsejtekre, különösen a fedőhámra jellemző általános szerkezeti sajátosságokat, figyelembe véve azok sejtben belüli speciális, polarizált előfordulási helyeit.

2.1. Oldalsó, összefekvő sejtmembránok specializációi

Hámsejtek közti kapcsoló struktúrák összességét junctionalis complexusoknak nevezzük (2/2. ábra). A szomszédos hámsejteket – juxtapozícióban lévő oldalfalaik mentén – különféle membránkapcsoló berendezések tartják szorosan egymás mellett.



2/1. ábra. A főbb fedőhámféleségek sémás ábrázolásátömbszelvényekben. A: egyrétegű laphám, B: egyrétegű köbhám, C: egyrétegű hengerhám, D: több magosoros csillós hengerhám kehelysejtekkel, E: többrétegű el nem szarusodó laphám, F: urothelium, G: többrétegű hengerhám (a hámok alapját képező membrana basalist függőleges sávozás jelzi)

Már fénymikroszkóppal is megfigyelték, hogy elsősorban hengerhámsejtek érintkező felszínein a felülethez közel vashematoxilinnal festhető ún. „záró rendszer” helyezkedik el. Elektronmikroszkóppal később felderítették ennek finom szerkezetét is. A sejtek közötti kapcsolóstruktúrákat 3 fő csoportba oszthatjuk:

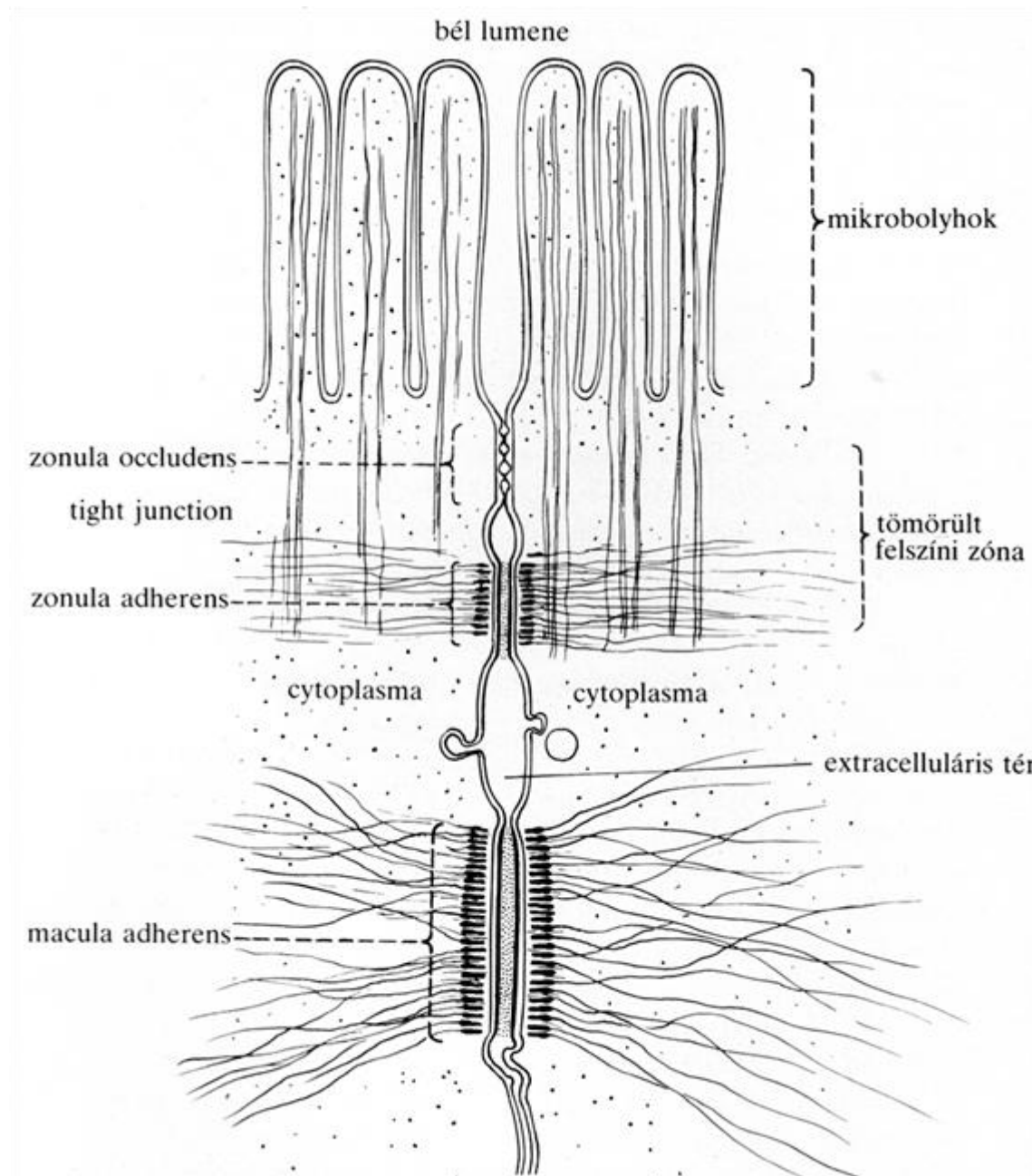
1. a sejteket összetartó és a sejtek közötti anyagáramlást megakadályozó, a sejtek oldalsó membránja mentén övszerűen körbefutó záróberendezések (*zonula occludens*);

2. a sejteket összetartó, cytoskeletalis rendszerüket kipányvázó és horgonyzó struktúrák (*zonula adherens* és *macula adherens*), valamint

3. a sejtek közti anyag- és jelátadást biztosító ún. *kommunikációs junctiók* (*gap junctions*).

Zonula occludens. Az összefekvő hámsejtek oldalsó felszínén találjuk a körbefutó zonula occludenst. A berendezés újabb neve szoros összeköttetés (*tight junction*). A két szomszédos sejt sejthártyájának külső (osmiophil, azaz ozmium-tetroxiddal sötétre festődő) rétege kiemelkedő és egymással összefüggő lécek mentén – melyeket speciális intermembranosus fehérjék alakítanak ki – összeolvad.

A zonula occludens szerepe hármassal. Egyrészt tökéletesen elzárja a hámsejtek által bélelt teret (pl. bél lumene) a hámsejtek közti és az alatti tértől, azaz a szervezet extracelluláris terétől. Másrészt megakadályozza a sejthártyában a fehérjék áramlását, és ezzel elkülöníti a hámsejtek lumen felőli (a bél hámsejtjei esetében felszívó működést végző) sejthártyáját az egymás felé eső sejthártyarészekétől, mely utóbbiak szerkezete a hámsejtből az extracelluláris tér felé irányuló anyagtranszportot biztosítja. Harmadsorban, megakadályozza a hámsejteken keresztül aktív transzport mechanizmussal a szabad felszínre juttatott anyagok visszaáramlását.



2/2. ábra. Két szomszédos hengerhámsejt (bélnyálkahártyából) szabad felszíni részlete a mikrobolyhok és a felszínzáró berendezések demonstrálására. Elektronmikroszkópos képek alapján készült séma. A nagyításról az ad fogalmat, hogy a mikrobolyhok kb. 0,5 mm hosszúak

Zonula és macula adherens. Közvetlenül a gyűrűszerűen elhelyezkedő zonula ocludens alatt találjuk a szintén körbefutó *zonula adherens*-t. A zonula adherensben az összefekvő sejthártyákat egy fonalas sejt közötti anyag fogja össze, mely extracelluláris kapcsoló fehérjéből és a sejthártyát átjáró transzmembrán kapcsoló fehérje sejt közötti komponenséből tevődik össze. A transzmembrán fehérje cytoplasmaticus részéhez a sejtváz összehúzódnásra képes aktinszálcsái kapcsolódnak. Végeredményben a zonula adherens típusú horgonyzóeszközök közvetítésével a szomszédos hámsejtek sejtvázai kapcsolódnak össze, elsősorban azok 5 nm vastagságú contractilis aktin mikrofilamentumai. A zonula adherens síkjában a sejten belül, annak széli részében, egy különféle sejtvázfilamentumokból kialakuló hálózatot találunk (*terminal web*). A zonula adherenshez kapcsolódó aktinfilamentumok összehúzódnásával a hámsejtek csúcsi része elkeskenyedik a basalis részhez képest. Ennek következtében az eddig síkban kiterített hámsejtlemezt felhajlik, redőt vet, csővé alakulhat. A csíralemez differenciálódásakor valószínűleg ez a mechanizmus vezet a különféle csövek (velőcső, bélcső) kialakulásához.

A sejt felszínhez térő aktinszálak speciális kötőfehérjék (*α-aktinin, vinkulin, talin*) és transzmembrán adhéziós molekulák közvetítésével extracelluláris matrix proteinekhez (*pl. fibronectin*) kapcsolódhatnak. E speciális kapcsolóberendezést, mely elvi felépítésében a zonula adherens típusú apparátushoz hasonlatos, focalis kontaktusnak nevezik.

A hámsejtek között elszórtan, foltokban találjuk meg a *macula adherens*-nek vagy *desmosomanak* nevezett kapcsolóberendezést. Az összefekvő sejthártyák között rostos és szemcsés anyagot látunk, a sejthártya sejten belüli oldalához egy elektronelnyelő, desmoplakintartalmú, korong alakú lemez kapcsolódik. Ehhez a lemezhez cytokeratin filamentumok (más néven *tonofibrillumok*) húzódnak, melyek a sejtváz 10 nm vastag intermedier filament rendszeréhez tartoznak. A cytokeratin filamentumok, a már említett aktinfilamentumokkal és az állati sejtekben előforduló microtubulusokkal (25 nm) együtt a sejtvázat – *cytoskeleton*-t – alkotják. A két szomszédos sejt intermedier filamentumainak kipányvázását és a sejtek szegecsszerű összekötését transzmembrán proteinek végzik. A hámsejtek basalis részén előforduló – szerkezeti felépítési elvükben a desmosomákra emlékeztető – kapcsoló berendezések a fél desmosomák (*hemidesmosomák*). Ezek a hámreteget az alatta elhelyezkedő extracelluláris matrix anyaghoz a *lamina basalis*-hoz rögzítik.

Kommunikációs junctiók. Esetükben a szomszédos sejtek plasmamembránjai szorosan egymás mellé fekszenek, és az intercelluláris térség jelentősen beszűkül (2 nm). A folt alakú junctiók területén több száz csatorna figyelhető meg (1,5 nm), melyek átjárják az összefekvő membránokat, és kapcsolatot teremtenek a sejtek között.

A csatornákon keresztül molekulák szelektív diffúziója és jeladás valósul meg. A hámsejtek mellett előfordulnak ideg-, glia-, sima- és szívizomsejtek között is.

2.2. A szabad felszíni, apicalis membrán specializációk

A nevezett csoportba a *mikrobolyhok* és *csillók* tartoznak. Nem kizárólagos epithelialis struktúrák, más típusú szövetek és sejtek esetében is előfordulhatnak.

Mikrobolyhok (*kefeszegély, cuticula*). Aktív felszívó működésű egyrétegű hámok felületén fénymikroszkóppal is megfigyelhető egy, a hámfelszínre merőleges csikozottságot mutató hártya, melyet cuticulának neveztek. A legfeltűnőbb cuticulát a bélnyálkahártyát borító hengerhámon találjuk. A vese bizonyos csatornácskáiban a cuticula már fénymikroszkóppal is feloldható, és felismerhető a hámfelszín kefesörtéhez hasonló borítása, ezért kefeszegélynek nevezzük. Elektronmikroszkóppal jól látható, hogy a hámoknak ezek a felszíni képződményei a hámfelszín 0,5 mm hosszú és mintegy 80–100 nm vastagságú, kesztyűujjszerű kitüremkedései, melyek egyes helyeken (pl. a bélnyálkahártyában) igen sűrűn helyezkednek el, másutt ritkábbak és szabálytalanabb alakúak. Tengelyükben finom aktinfilamentumok helyezkednek el, melyeket aktinkötő fehérjék (*fimbrin, fascin*) egymáshoz, míg a széli helyzetű filamentumokat fehérjék (*kalmodulin, miozin-I*) a mikrobolyhot borító membránhoz rögzítik. A filamentumok a mikrobolyhok tövén túlhaladnak a mély felé, és lehorgonyozni látszanak a bolyhok tengelyét a sejtplasma tömörültebb felületes rétegében az ún. *sejtkéregben*. Elsősorban az aktin alkotta széli térháló (*terminál web*) filamentumaihoz kapcsolódnak (2/2. ábra). Feltételezik, hogy a mikrobolyhok a felszín óriási mértékben való megnövekedésével – egy mm² bélhámfelszínen kb. 10⁸ mikrobolyhok helyezkedik el – a felszívódást segítik elő. A hámsejtek mikrobolyhrétegében és a közvetlen alatta levő rétegben nagy koncentrációban található és a felszívódásban szerepettel bíró enzimek (*laktáz,*

alkalikus foszfatáz) is arra utalnak, hogy a hám keresztül aktív anyagcserével biztosított felszívódási anyagtranszport döntő folyamatai zajlanak le itt. A mikrobolyhokat borító glikoproteinekben gazdag membránt, melyekhez a fent említett enzimek is kapcsolódnak, elektronmikroszkópos felvételen kissé elmosódott, felhőszerű takaróréteg, a *glycocalyx* vesz körül. Enzimentartalma hisztokémiai módszerekkel, cukorkomponensei a PAS-reakcióval mutathatók ki. Belátható, hogy a mikrobolyhoknak tisztán felszínnyújtó berendezésként való értékelése túl egyszerű és mechanisztikus elképzelés volna.

Mikrobolyhok – mint látni fogjuk – kisebb számban a legtöbb hámsejt és sok más sejt felszínén is előfordulnak. Szerepük itt valószínűleg igen különböző.

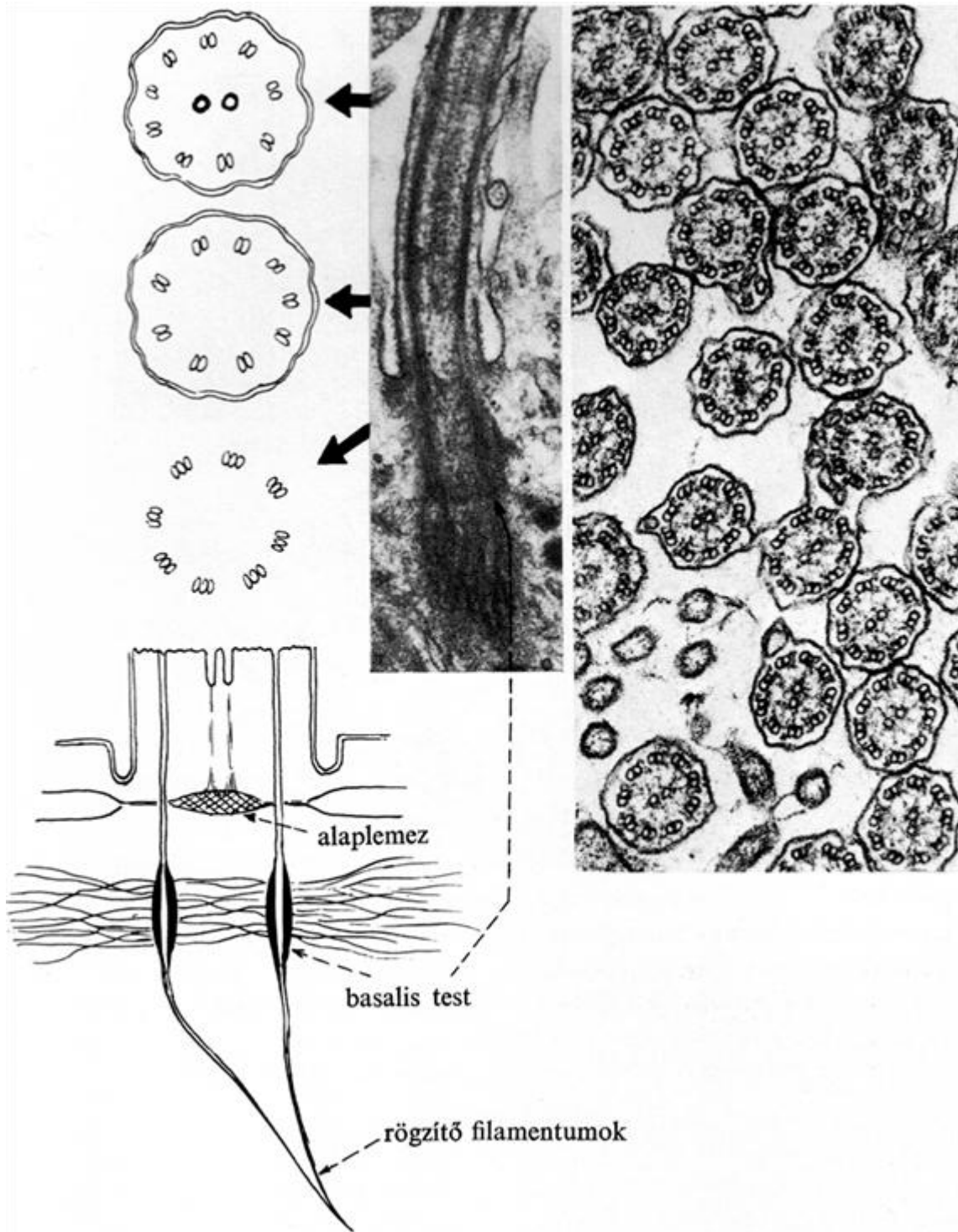
Csillók (*cilia*). Sok hámfelszín mikrobolyhok helyett csillók borítanak. Megkülönböztettek mozgó (*kinocilia*) és merev csillókat (*stereocilia*), de ultrastrukturális szinten kitűnt, hogy az utóbbiak valójában nem csillók, hanem különleges szerkezetű mikrobolyhok.

A **mozgékony csillók**, (*kinocilia*) a hám felszínéből sűrű formában kinőtt, jellemző szerkezetű 0,25 µm vastag sejtnyúlványok. Egy hengerhámsejt felszínén kb. 250–300 csilló helyezkedik el. Finomabb szerkezetű az egysejtű csillós élőlénytől az emberig az egész állatvilágban meglepően állandó. Keresztmetszetükön szabályos körben rendezett 9 db kettős microtubulus látható, és tengelyükben még két, valamivel tágabb, egyes microtubulus figyelhető meg, összesen 11 db. A hosszában párhuzamosan rendezett peripheriás 9 microtubuluspárt egymással szabályos távolságban elhelyezkedő és a microtubulus hossz tengelye mentén szabályos ritmusban ismétlődő karszerű kötőfehérjék (*nexin*, *dynein*) kapcsolják össze. A centralis microtubulusokat pajzsszerű lemezek veszik körül, melyek felé kerékküllőre emlékeztető radiális projekciók haladnak a peripheriás tubuluspárok felől. A kinociliumok felületét szabályos sejthártya borítja. A sejtfelszín magasságában a két tengely tubulus egy alaplemezen véget ér, a kilenc szélső benyomul a sejtbe; itt a microtubulusok nem kettős, hanem hármas csöveket képeznek. A sejtfelszín alatt ezek a hármas tubulusok egy ún. basalis testben vannak lehorgonyozva, mely szerkezetében tökéletesen megfelel a cytocentrumnak¹ (**2/3. ábra**).

A mozgó csillók összerendezett módon együtt mozognak, mégpedig valamelyest a gyorsulás kartertempójára emlékeztető módon. Az egyik irányban a csapásuk nyújtott állapotban történik – ez a hatékony csapás –, majd behajlított állapotban egy körív mentén a csilló visszakerül kiinduló helyzetébe, ahonnan az újabb csillócsapás kezdődhet (**2/4. ábra**).² A szomszédos csillók egymással közel azonos mozgási fázisban vannak, de már egyetlen sejt felszínén is látható, hogy a mozgási fázis a sejt egyik szélétől a szemben levő szél felé hullámszerűen terjed. A csillómozgási hullám az egész hámfelszínen egységesen terjed végig – körülbelül úgy, mint egy szélben hullámzó búzatábla –, és ezzel a felületet borító nyálkafilmet meghatározott irányban mozgásban tartja. A csillómozgás ezért nélkülözhetetlen tényezője számos élettani folyamatnak, így a felső légutak természetes öntisztulásának, a női nemzőcsatornában a hasüregtől a külső méhszáj felé irányuló állandó nyálkaáramlásnak és a hím ivarsejtek aktív mozgásának. Az embryogenesis során csillók biztosítják a fejlődő szervek kezdetleges sejthalmazainak helyes irányba való vándorlását.

¹ Ezt fénymikroszkópos vizsgálatok alapján először Lenhossék Mihály (1863–1937) feltételezte.

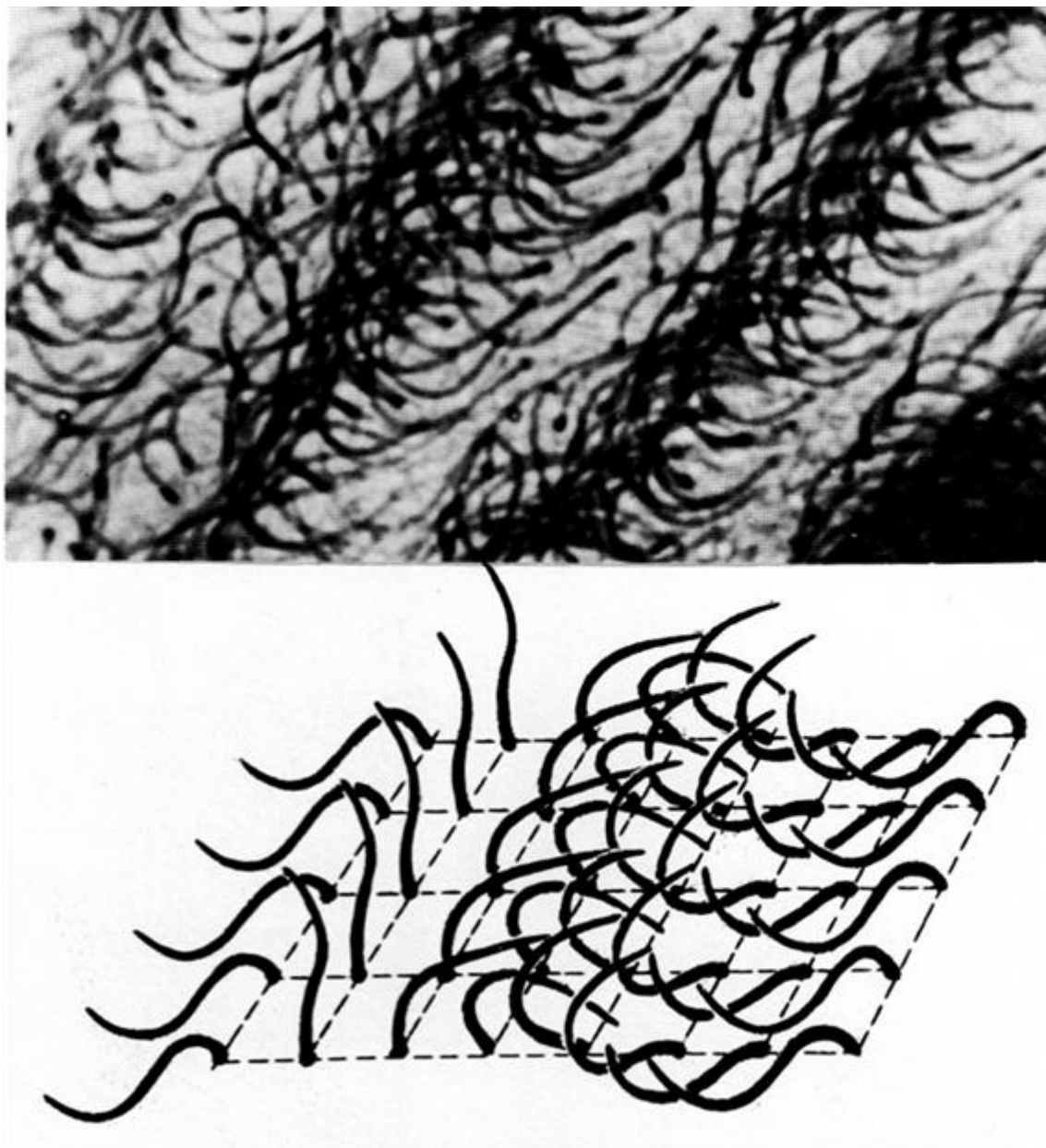
² Párducz Béla (1911–1964) fiatalon elhunyt kiváló magyar protisztológusnak kiemelkedő érdemei voltak a csillómozgás elemzésében. A 2/4. ábra az ő munkáiból származik.



2/3 ábra. Kinocilium szerkezete elektronmikroszkópi képeken és különböző helyen való átmetszetük sémás magyarázata (az elektronmikroszkópos képek Röhlich P. anyagából)

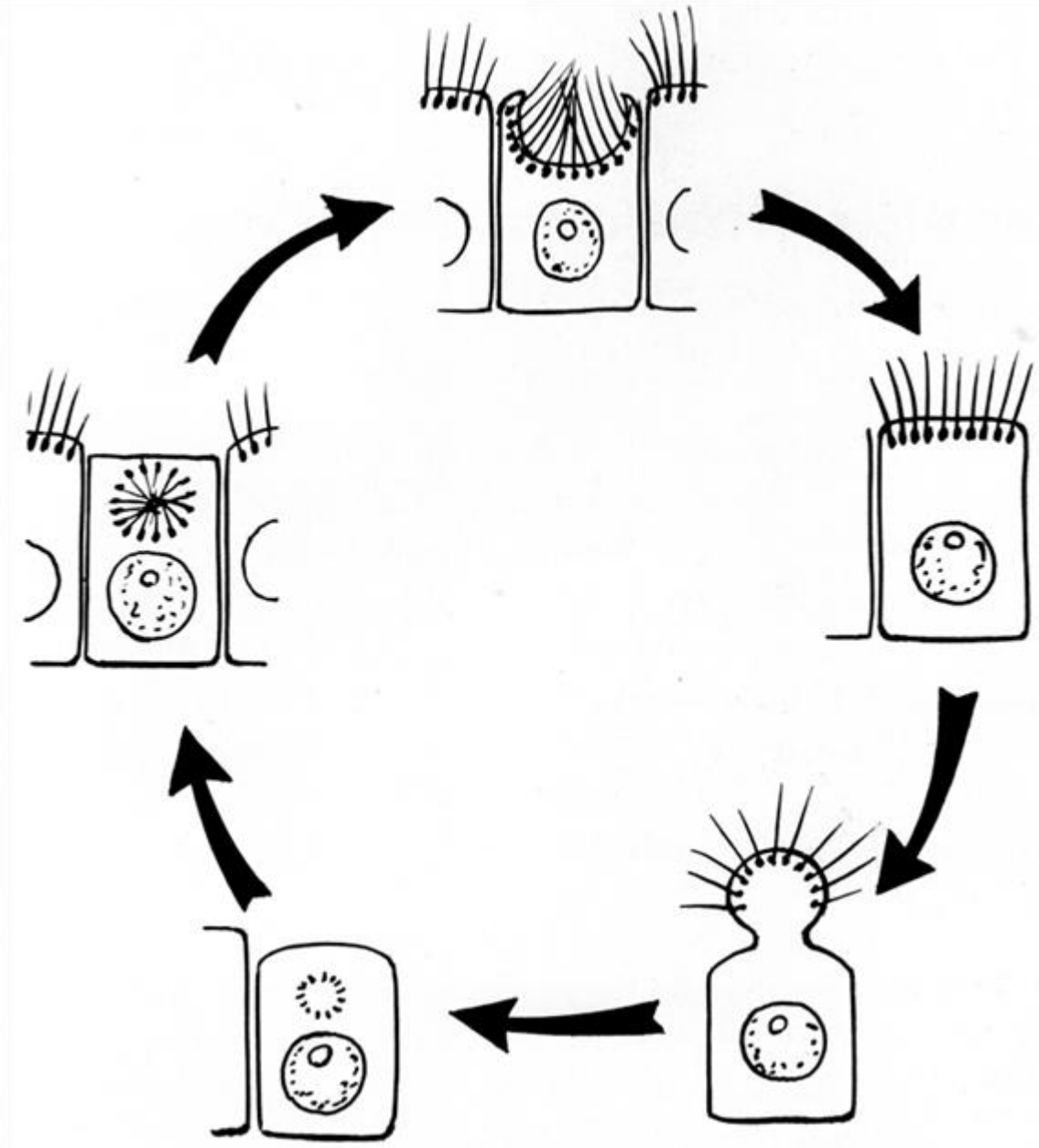
A hám speciális felületi differenciálódásai a sejtektől függetlenül keletkeznek és pusztulnak. A csillók pl. nem szabadon nőnek ki a hám felszínén, hanem rendszerint a sejtplazma mélyén levő vacuolum felé nőnek be sugarasan a vacuolum felületén elrendeződő basalis testekből. Majd a kész vagy félig kész csillókkal telt vacuolum felnyílik a sejt felületén, és eredeti felszíne szétterül a sejt felszínén a csillók felegyenesedése mellett

(2/5. ábra). A csillók pusztulásának több mechanizmusa van; nemritkán az egész sejt elpusztul és kilökődik. Érdekes mechanizmus az, hogy a csillós felületi rész lefűződik és lelökődik.³³



2/4. ábra. A csillók mozgási hulláma Párducz B. szerint. A sémás képen alulról felfelé haladó mozgási hullámban az alsó négy vízszintes sor a csillóknak a hatékony csapás kiinduló helyzetéhez (alulról az 5. sor) félkörívben való visszatérési fázisát, a felső három sor pedig a hatékony csapást jelzi; a fénykép egysejtű csillómozgásának igen gyors rögzítéssel szinte a pillanatnyi helyzetben megmerevített hullámait mutatja

³³ A csillófejlődés és -lelökődés mechanizmusainak megismerése nagyjából magyar kutatók érdeme. Az intravacuolaris csillófejlődési mechanizmust Mihálik Péter írta le, a csillós sejtek életciklusát Flerkó Béla derítette fel.



2/5. ábra. A csillók fejlődésének és lepusztulásának ciklusa Flerkó B. szerint. A csillók a sejten belül kialakuló basális testek által körülvevett gömbszerű vacuolumba nőnek bele, majd a vacuolum felnyílik a sejt felszínén. Egy idő után az elhasznált csillókat hordó felületi sejtrészlet gömbszerűen lefűződik a sejtről, és a sejt újabb basális testekkel határolt vacuolumot alakít ki

A **merev csillók** (*sterocilia*) szokatlanul hosszúra nőtt mikrobolyhoknak tekinthetők. Fénymikroszkópos szinten gyakorta, a nedves festőecset szőrszállaihoz hasonlóan, összecsapzódva jelennek meg. Belső struktúrájuk részletszegény. A férfi nemzőcsatornában és a belső fül érzékszéljében fordulnak elő.

2.3. Basális sejtmembrán specializációk

Az alapi sejthártya mentén a *basális csíkolatot* és a *lamina basalist* taglaljuk.

Basális csíkolat. Az aktív ion- és folyadéktranszport-folyamatokban részt vevő hámsejtek alapi, basális sejthártyája sorozatos redőket vetve – közel derékszögben – benyomul a sejtek cytoplasmájába. Az egymással párhuzamosan álló membránredők jellegzetes csíkolatot alkotnak. Szomszédságukban mitochondriumok halmozódnak. A megnövekedett membránfelszín a transzportfolyamatnak kedvez, a mitochondriumok az energiát szolgáltatják. A struktúra megfigyelhető a vese csatornácskáiban és mirigyek kivezetőcsöveiben.

Lamina basalis. Minden kötőszövettel érintkező hámsejt basalis sejtmembránja alatt egy vékony lemezszerű struktúra helyezkedik el, melyet *lamina basalis*nak hívunk. Tanulmányozásához elektronmikroszkópos feloldás szükséges. Vastagsága – előfordulási helyétől függően 30–100 nm. Finom szövésű, 3–4 nm vastag kollagénrostokból (IV típus), glikoproteinekből (*laminin, entaktin, fibronectin*) és proteoglikánból (*heparin-szulfát*) épül fel. A lamina basalis a hámsejtek terméke. Ozmiumot kötő, így sötét, elektrondenz réteg, mely tulajdonság a *lamina densa* névvel ruházta fel. Jellegzetes hám–kötőszöveti határképződmény. A hámsejtek membránjától egy 60 nm vastagságú világos zóna, a *lamina lucida* választja el, melynek finom rostjai a sejtmembránhoz rögzítik a lamina basalist. A struktúra ellentétes, kötőszöveti oldalán horgonyzó rostok helyezkednek el (VII típusú kollagénrostok és rugalmas mikrofibrillumok), melyek a lamina basalist a rácsrostokban gazdag *lamina reticularis*hoz kötik. Az utóbbi a kötőszövet terméke.

Más sejtféleségek, így izom-, zsír- és Schwann-sejtek is termelnek lamina basalist. A struktúra szerteágazó feladatokat lát el. Rögzíti, de egyúttal izolálja is a kötőszövetet a többi alapszövetféleségtől. Részt vesz a filtráció (vese) és gázcserre (tüdő) folyamatában. Meghatározó struktúra a hámsejtek membránjának polarizált kialakulásában.

A lamina basalis a társult laminákkal (*lamina lucida et reticularis*) együtt egy fénymikroszkópos szinten is kimutatható struktúrát a *membrana basalis*t alkotja. Ennek feltüntetésére a PAS-reakció, ezüstözési eljárás avagy immunhisztokémiai módszer szolgál. A membrana basalis patológiás elváltozásai súlyos kórképeket eredményeznek.

2.4. Fedőhámok

Az elsődleges felületborító hámok – vagy ún. fedőhámok – a felület mechanikai, ozmotikus és kémiai igénybevétele, valamint a felszínnel határos közeg minősége szerint (folyadék vagy levegő, száraz vagy nedves, testidegen vagy testazonos stb.) változatos idomú sejtekkel és különböző rétegezetségekben borítják a felszíneket.

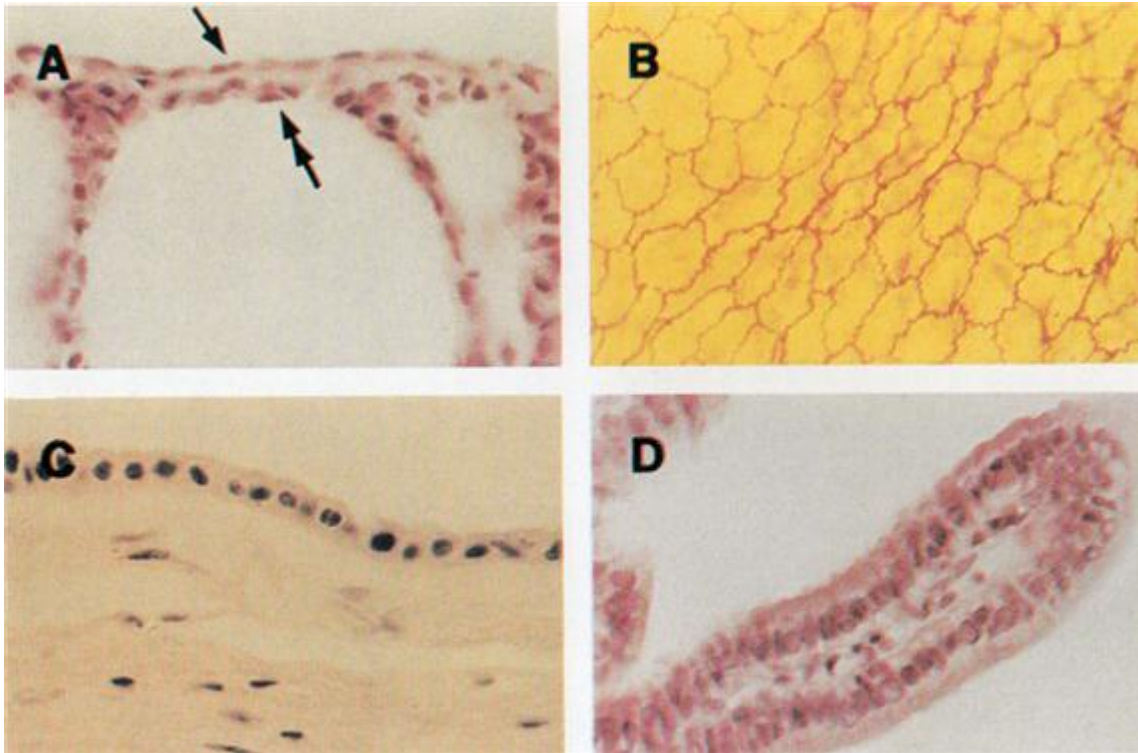
2.4.1. A fedőhámok alaki osztályozása

Alak szerint megkülönböztetünk lapos *hámsejteket*, *köbös hámsejteket* és – ha magasságuk eléri vagy meghaladja szélességük kétszeresét – *hengerhámsejteket*; a valóságban ezek persze hasáb alakúak. Ha a hámsejtek a felületet csupán egyetlen rétegben borítják, megkülönböztetünk *egyrétegű laphámot*, *egyrétegű köbhámot* és *egyrétegű hengerhámot*. Egyrétegű hengerhámoknál előfordul, hogy a sejtek egy része nem elég magas ahhoz, hogy átérje a hám teljes mélységét. Egyben ilyenkor a magvak különböző magasságban való elhelyezkedése a többrétegűség látszatát kelti. Mindaddig azonban, míg vannak olyan hámsejtek, amelyek a hám teljes magasságát elérik, *egyrétegű, többmagsoros hengerhám*ról szólnak. E hámok rendszerint csillósak, tehát a hengerhámok speciális funkciós differenciálódású félésejéhez tartoznak.

A valódi *többrétegű hámokat* a felületen elhelyezkedő sejtek alakja után nevezzük el. Ezek legmélyebb rétegét mindig hengerded, a középső rétegeket általában köbös alakú sejtek képezik. Így az ember szervezetében előforduló többrétegű hámok közt van többrétegű laphám. A nedves közeg felé tekintő felületet borító többrétegű laphám felületi sejtjei is élők, ez az ún. *el nem szarusodó többrétegű laphám*. A szárazföldi gerincesek speciális alkalmazkodásaként a bőrfelületet borító laphám felületi rétege egy sajátos, a sejtek elhalásával járó elszarusodási folyamaton megy át. A bőrt borító laphám változata tehát az *elszarosodó többrétegű laphám*. Az elszarusodott felületi laphámsejtekből álló réteg védi a bőrt a kiszáradástól, de mechanikai, hőszigetelő és egyéb szerepe is fontos. Ezenkívül még előfordul emberben *többrétegű hengerhám*, és a vizeletelvezető szervekben egy speciális többrétegű hám, az átmeneti hám (*urothelium*).

Nem nehéz átlátni, hogy egyrétegű hámok általában olyan felületeken fordulnak elő, ahol a fizikai vagy kémiai igénybevétel aránylag csekély. A testtől nem idegen anyagokat tartalmazó üregek felé néző felületeket (az erek belfelülete, a testüregek felülete) általában egyrétegű laphám vagy köbhám; a testidegen, de mechanikailag aránylag közömbös közeg felé tekintő felületeket egyrétegű hengerhám; a mechanikailag vagy ozmotikus szempontból kevésbé közömbös közeg felé tekintő határfelületeket többrétegű hámok borítják. A fentiekből kitűnik, hogy a fedőhámokat az alkotó sejtek alakisága (lap-, köb- és hengerhám) és a sejtrétegződés jellege (egyrétegű és többrétegű) alapján osztályozzuk.

A hámszöveti funkciók közül megemlíthetők a védő barrier képzése, anyagok felszívása (*abszorpció*) és kiválasztása (*secretio*), aktív transzportfolyamatok támogatása és szenzoros ingerek felvétele.



2/6. ábra. Egyrétegű hámok. A: egyrétegű laphám borítja a tüdő felszínét (mesothel, nyíl), és béleli a felszín alatti tüdőhólyagocskát (epithel, kettős nyíl); B: egyrétegű laphámsejtek (mesothel) ezüstimpregnációs képe (a fekete ezüstcsapadék a sejtek közti zezugos határokat jelöli); C: egyrétegű hengerhám (epehólyag-nyálkahártya)

Egyrétegű laphám. A szervezetben szinte mindenhol megtalálhatók. A sejtek olyan vékonyak, hogy keresztmetszeti képen a plazma fénymikroszkóppal alig látható, inkább csak a szintén ellapult sejtmagok ismerhetők fel (2/6A ábra). A sejtek hossza többszörösen meghaladja magasságukat. Ovoid sejtmagjuk hossz tengelye a hám szabad felszínével párhuzamos állású. Embryonalis eredetük és a különböző szervrendszerekben elfoglalt helyzetük alapján megkülönböztetünk: valódi laphámot (*epithel*), a savós hártáak borítását adó *mesothel*t, valamint a vér- és nyirokereket, és a szív üregeit bélelő *endothel*t.

Különböző felszíneken való előforduláson kívül a sejtek speciális kóros reakciói is (lásd kórbonctanban) indokolják a mesothel- és az endothelsejtek megkülönböztetését.

Valódi egyrétegű laphámot találunk a nyálmirigyek kivezető, csöveiben, a tüdőhólyagocskák belső felszínén, a here rete testis egységében, a vesében a Bowman-tok külső lemezében, a vesecsatornácskák Henle-féle kacsáiban és a dobhártya belső felszínén.

Laphámborítása van az agyburkoknak, a szaruhártya hátsó felszínének és a hártáas labirintus belső felszínének. Ez utóbbi felszínek folyadéktereket határolnak.

A testüregeket bélelő savós hártáak felszínét képező hám az eredeti celomafelszín hámborításából származtatható. Ezeknél a mesothelsejteknél különösen jól látható, hogy a sejtek zezugos vonalak mentén fogazott szélekkel illeszkednek egybe. A sejthatarok ezüstnitrát-impregnációval jól feltüntethetők (2/6B és 2/7. ábra).

A mesenchymából visszaalakult hám jellegét felvett laphámsejteket nevezük endothelsejteknek. A sejtek elektronmikroszkópos képén jól látható, hogy a felszínhez közel itt is megvan a zonula occludens és a zonula vagy macula adherens.

Egyrétegű köbhám. A felszín felől tekintve a hám hatszögletű lemezekből összerakott mozaiknak látszik. Metszeten a sejtek négyzet vagy csonkagúla alakúak, közel megegyező alapél- és magassághosszal. A sejtmag gömb alakú (metszeten kerek), és a sejt közepén helyezkedik el (2/6C ábra).



2/7. ábra. Endothel sejthatárai ezüstimpreganciával feltüntetve. Nyirokér belfelületének endothelborítása (Jancsó M. felvétele)

Köbhámot találunk mirigyvégkamrákban és kivezetőcsövekben, a vesecsatornácskákban, a petefészek felszínén, a szemlencse elülső felszínén és a plexus choroideusok felszínén. Köbalakú sejtekből áll az amnionhám.

Egyrétegű egymagsoros hengerhám. Sejtjei a valóságban nem henger, hanem általában hatszögletű hasáb alakúak. A sűrűn összeékelt sejtek hatszögletű átmetszetét az magyarázza, hogy a hatszög áll a síkidomok közül legközelebb a körhöz, és egyben hatszögekkel hézagmentesen lehet felületet beborítani. A sejtek magassága túlszárnyalja szélességüket. A hámsejtek elnyújtott, ovoid magjai egy sorban, a hám alapjához közel, a felszínre merőlegesen helyezkednek el (2/6D ábra). Szabad felszínüket a legtöbb esetben vagy mikrobolyhok vagy csillók borítják: az előbbi a cuticularis, az utóbbi a csillószőrös hengerhám.

Cuticularis hengerhám borítja az egész vékony- és vastagbelet és az epehólyag nyálkahártyáját. Ez a hám erőlyes felszívó működésű.

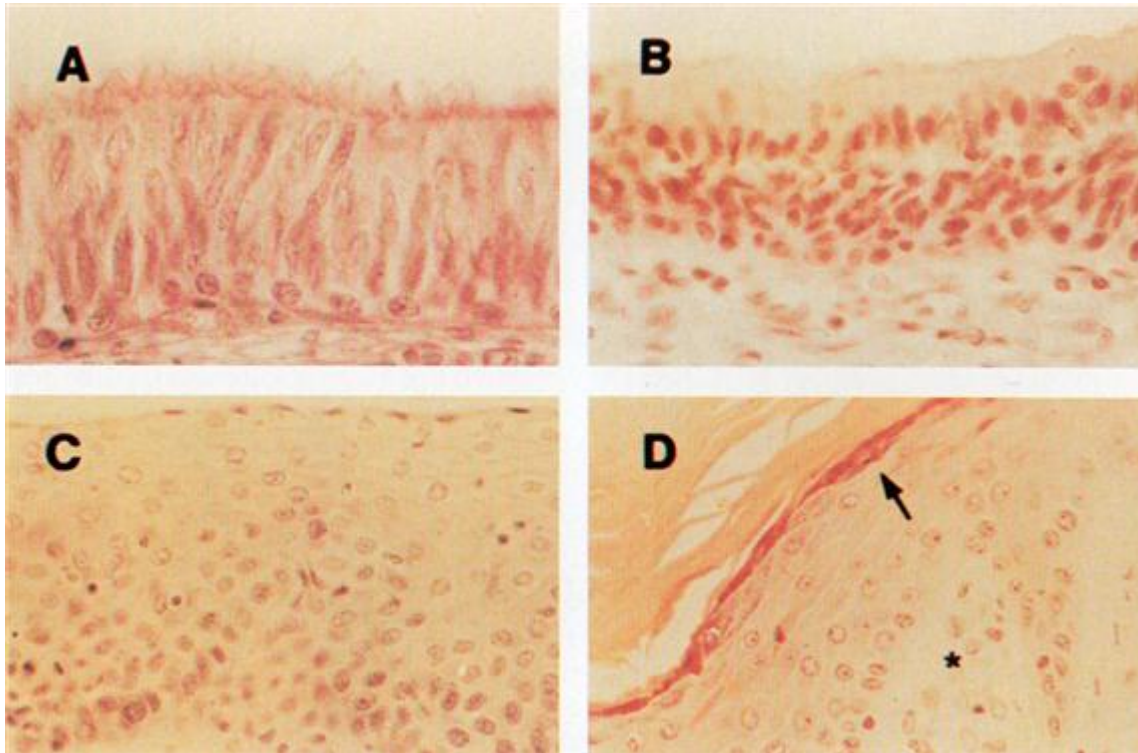
Egyrétegű, egymagsoros csillószőrös hengerhám borítja a női nemzőcsatorna nyálkahártyájának jelentős részét.

A fentiekén kívül speciális elválasztó jellegű hengerhám található a gyomornyálkahártya felszínén. Hengerhámot találunk még mirigykivezető csövekben, a kis és a közepes méretű hörgőkben és a vese gyűjtőcsatornáiban.

Egyrétegű, többmagsoros hengerhám. Ebben a hámrétegben a hámsejteknek csak egy része elég magas ahhoz, hogy a hám teljes vastagságát átérje, a többi sejt nem terjed fel a szabad felszínig. Az elnyújtott sejtmagok több sorban, a felszínre merőlegesen helyezkednek el (**2/8A ábra**).

Többmagsoros csillós (*kinocilium*) hengerhám található a légutakban, a fülkürt, a dobüreg, a könnytömlő és a könnyelvezető csatorna hámjaként. Többmagsoros hosszú mikrobolyhokkal (*stereocilium*) ellátott hengerhám béleli a férfi nemzőcsatorna jelentős részét.

Többrétegű laphám. Kétfajta laphám található ebben a csoportban – *el nem szarusodó és elszarusodó* – attól függően, hogy a hám felszínén élő sejteket vagy azokból kialakult élettelen szaruréteget találunk. A kétfajta hám basalis kötőszövettel határos rétegei egyformák, az eltérés a felszín közelében jelentkezik.



2/8. ábra. Felszíni háмок. A: többmagsoros csillós hengerhám (tracheanyálkahártya); B: többrétegű hengerhám (férfi húgycső pars cavernosájának nyálkahártyája); C: többrétegű el nem szarusodó laphám (esophagusnyálkahártya); D: többrétegű elszarusodó laphám (talpbőr). A stratum granulosum sejtsíre nyíl mutat, a kötőszöveti papillát csillag jelzi

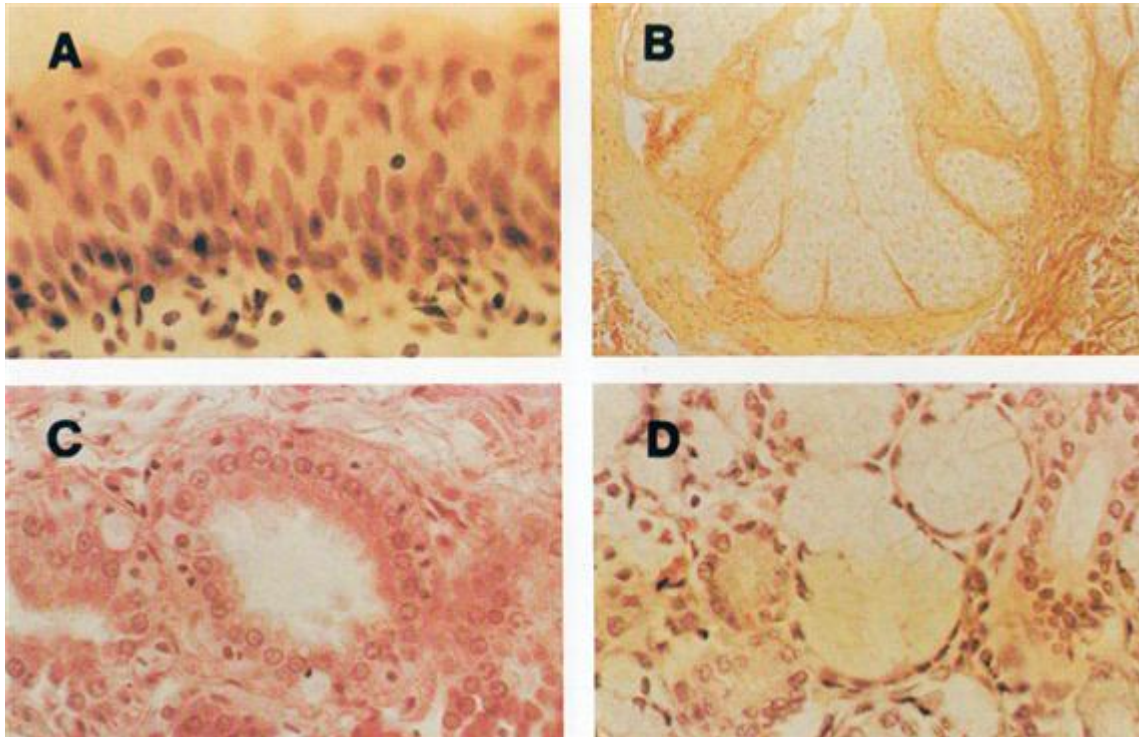
Mint minden többrétegű hámban, a legmélyebb réteg hasáb alakú sejtekből áll. Ezt *stratum basale*nek, vagy mivel a sejtek utánpótlása is innen történik, e réteget *stratum germinativum*nek is nevezik. A felszín felé haladva a sejtek sokszögletűvé válnak, e réteg neve *stratum polygonale*. A sejteket egymással desmosomák (*macula adherens*) kapcsolják össze. A szövettani fixálás során a sejtek zsugorodnak, de a desmosomák mentén a sejtek közötti kapcsolatok megmaradnak, ezért a polygonalis sejtek felszínén tüskéket véltek felfedezni. Innen származik a sejtréteg másik neve: *stratum spinosum*.

A többrétegű el nem szarusodó laphám felszínes rétege laphámsejtekből áll – *stratum planocellulare* –, amelyek a felszínnel párhuzamosan helyezkednek el (2/8C ábra). A többrétegű elszarusodó laphámban a stratum polygonale felett olyan lapos sejteket találunk, amelyek plasmájában hematoxinnal sötétkékre festődő durva rögök vannak, ezek a *keratohialinszemcsék*. A 2-3 rétegben elhelyezkedő sejtek a *stratum granulosum*ot alkotják. A következő réteg festetlen készítményen áttetszőnek mutatkozó *stratum lucidum*. Egy fehérjeszerű anyag, az *eleidin* itatja át a már elpusztult sejteket. A réteg eozinnal szerkezet nélkül élénkpirosra festődik. A hám felszínén található a testtájékok és a mechanikai igénybevétel szerint igen változó vastagságú szaruréteg: a *stratum corneum* (2/8D ábra).

Többrétegű, el nem szarusodó laphám borítja a testnyílásokhoz közeli, és ezért erősebb mechanikai hatásoknak kitett nyálkahártyákat (pl. a szájüreg, a garat alsó 2/3-a, a nyelőcső, a végbélnyílás, a hüvely nyálkahártyája).

Ugyanilyen hám borítja a szem szaruhártyáját, ez utóbbi helyen azonban a hám nem nyomulnak be kötőszöveti papillák.

Többrétegű elszarusodó laphám a bőr hámja. A sejtrétegek szerkezetének részletes megbeszélésére ott még visszatérünk.



2/9. ábra. Felső hám (A) és mirigyhám (B–D). A: urothelium felszíni hám (ureter nyálkahártyája); B: holokrin mirigyvégkamrák a bőrből (faggyúmirigy, Van Gieson-festés); C: apokrin mirigyvégkamra (illatmirigy a hónaljából); D: merokrin mirigyvégkamrák (nyálmirigy); a világos mucinosus mirigyvégkamrát a kép közepén jobbról egy oválisan metszett kivezetőcső, balra lenn két szűk lumenű serosus mirigyvégkamra fogja közre

Átmeneti hám (urothelium). Ez a többrétegű hám (2/9A ábra) abban különbözik a többrétegű laphámtól, hogy a középső, kissé polygonális, körte idomú sejtekből álló réteg feletti zárórteg nagy, sokszor többmagvú sejtekkel (*ernyősejtek*) borított. Ezek önmagukban magasabbak a hengersejteknél, de nagy, lap szerinti kiterjedésük folytán mégis lapos idomúak.

Jellemző hámborítása a vizeletelvezető utaknak (a vesekelyhek és medence, az ureter, a húgyhólyag területén és a húgycső kezdeti részén). Feltehetőleg a nagy sejtek jól alkalmazkodnak a vizeletelvezető és -tároló szervek nagy irtartalom-változásaihoz, és túrik a vizelet által okozott, aránylag erős ozmotikus behatásokat.

Többrétegű hengerhám. Henger alakú sejteket találunk mind a felszínes, mind a basalis rétegben. A két hengerhámréteg között polygonális sejtek sorakoznak. A sejtek alakjára a sejtmagokból tudunk következtetni: a hám felszínén és basalis rétegében elhelyezkedő hosszúkás, a felszínre merőlegesen álló sejtmagok közrefogják a polygonális sejtek kerek magjait (2/8B ábra).

Többrétegű hengerhám fordul elő a szem kötőhártyájának áthajlási redőjében és a férfi húgycső nagy részében.

2.4.2. A hámrétegen átmenő anyagtranszport

A hámréteg egyik oldaláról a másikra bármilyen anyag általában csak sejten keresztül juthat át. Vannak a szervezetben olyan helyek is, ahol a speciális funkcióknak megfelelően (pl. májban, vesetestecskékben) ez a helyzet módosul. A hámréteg passzív átteresztőképességét elsősorban a hámsejtek magassága dönti el. Nyilvánvaló, hogy egyrétegű henger- vagy köbhámsejtek esetében anyagok passzív átvándorlása diffúzió vagy dialysis révén alig jöhet szóba. Laphámsejtek esetében (pl. endothelsejtek vagy a tüdőhólyagok respiratorikus hámja), elsősorban gázok képesek szabadon diffundálni (gázcsere), de a dialysis – azaz víz és kristalloid

anyagok átvándorlása – is lényeges. Még nagyobb molekulájú kolloid anyagok is átkerülhetnek egyrétegű hámrétegeken a sejtivásnak (*pinocytosis*) nevezett részben aktív, részben passzív mechanizmussal. A pinocytosis során a sejt hártájára a plasma felé betüremkedik, majd teljesen lefűződve magába fogad egy kis mennyiséget a környezetében levő sejt közötti folyadékból. Ez a sejt hártájával körülzárt vacuolum most átvándorolhat a sejt másik felszínére, és ott a vacuolum felnyílásával a folyadék átkerülhet a hámréteggel elválasztott másik térbe. Az anyagtranszportnak erre a formájára a capillaris falon és a bélhámon keresztül történő transzportfolyamatokkal kapcsolatban még visszatérünk.

2.4.3. A hámfelület lepusztulása és pótlódása

Többrétegű hámoknál a helyzet igen egyszerű. A basalis hengersejtes rétegben állandóan szaporodnak a sejtek – ezért stratum germinativum a réteg neve –, és a sejtek egy része az alaprétegből kiszorulva a felületesebb rétegek felé nyomul. A felületi hámsejtek elpusztulásával lépést tartva, mindig újabb sejtek kerülnek ki a felszínre, és elfoglalják az elpusztultak helyét.

Nem ilyen egyszerű a helyzet az egyrétegű hámoknál. A többmagsoros hengerhámnál a mélyebb rétegben helyet foglaló alacsonyabb sejtek tartalék sejtekként foghatók fel. Ilyenek elvértve más egyrétegű hámokban is előfordulnak. Elképzelhető, hogy bizonyos ciklusos változással a magasabb sejtek felülete elpusztul, és a sejt megmaradó része egy ideig tartalék sejt formájában pihen, majd regenerálva elfoglalja ismét a felszín rá eső részét. Ez különösen áll speciális funkciók irányában differenciált sejtekre (csillós, ill. szecernáló sejtek).

Újabban minden kétséget kizáróan kitűnt, hogy a hám regeneratioja rendszerint a hámrétegek közötti mélyedésekben (pl. a vastagbél-nyálkahártya ún. cryptáiban) erős mitotikus aktivitással történik. A redők (vagy bolyhok) csúcsain a legkülönbözőbb behatásoknak jobban kitett sejtek elpusztulnak és lelekednek. A mélyből, a sejtújdonképződés helyeiről a hám lap szerinti eltolódással kerül a redők gerincére vagy a bolyhok csúcsaira.

2.5. Mirigyhám

A mirigyhámsejtek olyan anyagokat állítanak elő, amelyeket a sejtek maguk nem használnak fel, hanem kiürítik az extracelluláris térbe. A mirigyeket a termelt váladék elszállítási módja és célterületre való juttatása alapján külső (*exocrin*) és belső (*endocrin*) elválasztású csoportokba soroljuk.

Az exocrin mirigyek kialakulása. Az exocrin mirigyhámsejtek előfordulhatnak szabad hámfelszíneken vagy a hámfelszín alatti kötőszövetes rétegben. Ezen utóbbi mirigyek rendszerint úgy jönnek létre, hogy valamely fedőhámréteg csapszerűen a mélybe burjánzik, majd ez a csap esetleg faagszerűen elágazik. A hámcsap belsejében lumen keletkezik, és a csapnak az eredeti hámfelszínhez közeli része *mirigykivezető csővé*, az elágazódások vége pedig szecernáló szöveti egységekké (*mirigyvégkamrák*) válnak (2/9D ábra). Végeredményben azonban a hám itt is megtartja a fedőhámnál észlelt azon alapvető vonását, hogy egyetlen (ritkán több) rétegben határt képez a szervezet belső terét képviselő kötőszövetes tér, valamint a mirigyvégkamra és a kivezetőcső-rendszer belsejében levő külső tér között.

2.5.1. Az exocrin mirigyek fajtái. Endo- és exoepithelialis mirigyek

A külső elválasztású mirigyek jelentős része a felszíni hámba ágyazottan fordul elő (*endoepithelialis mirigyek*), melyeket tovább oszthatjuk egy- és többsejtes alosztályokba.

Egysejtű (unicellularis) endoepithelialis mirigyek. Egyrétegű és többmagsoros hengerhámban jelentékeny számban fordulnak elő ún. *kehelysejtek* (2/10A ábra). Ezek egy *mucint* (hidrofil glikoprotein) termelő sejtek, melyeknek a hámfelszín felé tekintő része szembetűnő, mert közönséges festéssel nem festődik. Az apicalis régiót a felgyülemelő mucintartalmú granulumok töltik ki. Meglepően hasonlít a sejt valami habos anyagot tartalmazó talpas pohárhoz. Mucin feltüntetése alkalmas festéssel a kelyhek tartalma erősen festődik, és látható, hogy a sejt felszínén a mucin söröspohárból kiemelkedő hab módjára előemelkedik. A sejt mag a „kehely” és a „talp” közé eső részre szorul, és rendszerint háromszög idomúvá zsugorodott. A sejtek fejlett ergastoplasmát és Golgi-rendszert tartalmaznak, mindkét organellum előfordulása a perinuclearis területen gyakori. A kehelysejt talpa kis kiszélesedéssel nyugszik a hám alapján.

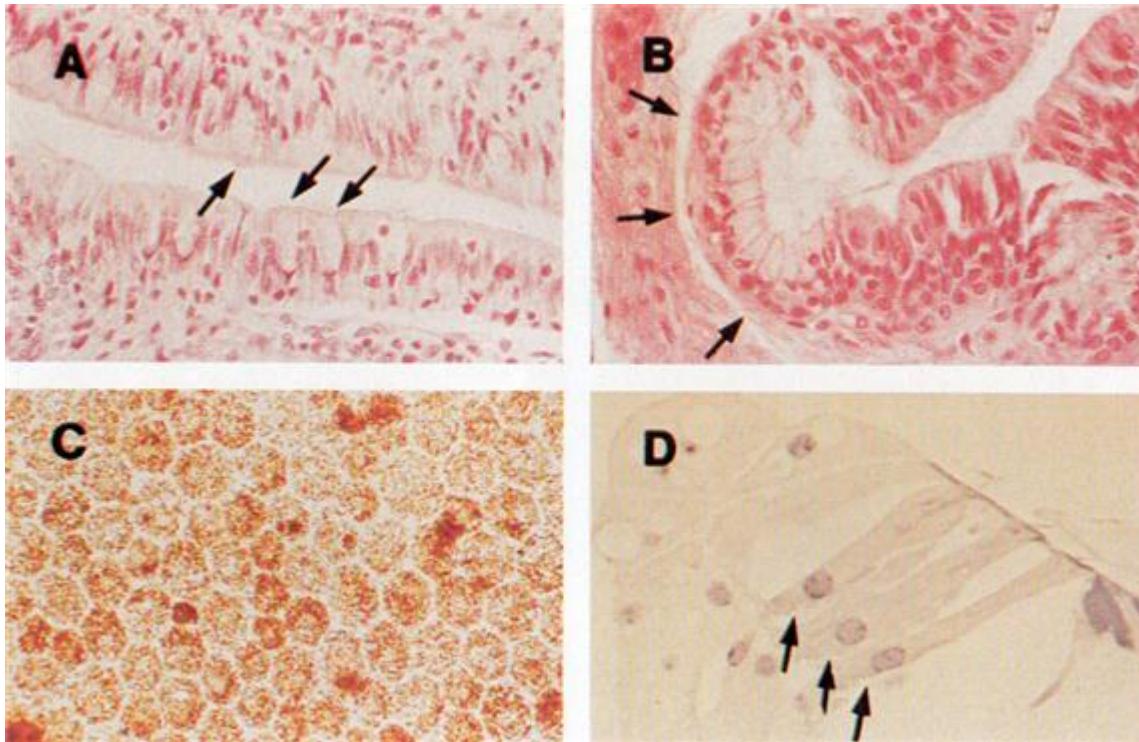
Nem teljesen tisztázott a kehelysejtek életciklusa, a különböző hámban valószínűleg eltérő. Felteszik, hogy egyes helyeken csillóikat vagy mikrobolyhaikat teljesen vagy részben elvesztett hengerháms sejtek alakulnak át kehelysejtekké, pusztulás előtti utolsó életfázisként. Lehet az is, hogy kiürülésük után újra szecernálni kezdenek, vagy éppenséggel újra fedőháms sejtekké alakulnak vissza.

Kehelysejtek gazdagítják a vékony- és vastagbél nyálkahártyáját, és előfordulnak a légutakban és a női nemzőcsatornában is. Váladékuk védőréteggel vonja be és sikamlóssá teszi a szabad, epithelialis felszínt.

Többsejtű (multicellularis) endoepithelialis mirigyek. Átmenetet képeznek az egysejtű mirigyek és a kötőszövetben elhelyezkedő, a hámfelszínnel a kivezetőcsövön keresztül összeköttetésben maradt mirigyek között. Nyolc-tíz, mucintartalmú mirigysejt által alkotott secernáló egységek, amelyek többrétegű vagy többmagsoros háموokban fordulnak elő (2/10B ábra). A sejtek váladéka közvetlenül a hámfelszínre kerül.

Leggyakrabban a férfi húgycső pars spongiosájának többrétegű hengerhámjában található, de megfigyelhetők az ornyálkahártyában is.

Kötőszövetben elhelyezkedő, exoepithelialis mirigyek. Jól elkülönülő mirigyvégkamrából és kivezetőcsőből épülnek fel. Morfológiai osztályozásuk a végkamrák alakja és a kivezetőcsövek elágazódási mintázata alapján történik. A mirigyvégkamrát felépítő sejtek csonkagúla alakúak, befelé tekintő csúccsal. A secernáló végkamra alakja szerint megkülönböztetünk gömb alakú – bogyós (*alveolaris*), henger, ill. cső alakú (*tubulosos*) és ezek közti átmenetként csöves-bogyós (*tubuloalveolaris*) egységekből álló mirigyeket.



2/10. ábra. Hámtípusok. A: mirigyhám; kehelysejtek (vékonybél-nyálkahártya, a sejteket nyilak jelzik); B: mirigyhám; endoepithelialis mirigy (férfi húgycső, pars cavernosa; a mirigyet nyilak jelzik); C: pigmenthám (retina pigmentsejtes rétege); D: érzékhám [szekunder érzékhámsejtek (nyilak) a hallószervből (Corti-féle szerv)]

Az előbb vázolt módon kialakult mirigyek egy csoportja egyetlen végkamrával és egy osztatlan kivezető csővel rendelkeznek. Ezeket **egyszerű mirigyeknek**, *glandula* (alveolaris, tubulosa vagy tubuloalveolaris) *simplex*nek nevezzük. Nemritkán a kivezetőcső végén nem egy, hanem több végkamra indul el (illetve szájadzik össze), ilyenkor **elágazódó mirigy**ről, *glandula ramificatáról* szólunk. Érthető, hogy ilyen módon az egy kivezetőcsőhöz tartozó secernáló szövetmennyiség ismét lényegesen emelkedik.

A legtöbb szabad szemmel jól látható mirigy, és főleg a nagy mirigyek esetében a kivezetőcső faágszerűen többszörösen elágazik, és a mirigyvégkamrák falevelekhez hasonlóan az ágrendszer végén helyezkednek el, igen változatos elrendezésben. Létrejöttüket úgy kell elképzelnünk, hogy a felületről a mélybe tört háncsap fokozatosan elágazódik, és csak minden ág vég sejtjei differenciálódnak mirigysejteké. E mirigyeket **összetett mirigynek** *glandula compositának* nevezzük, amelyek a végkamra alakja szerint ismét lehetnek bogyós, csöves és csöves-bogyós összetett mirigyek.

A végkamra hám eredetű szövetét a környező kötőszövettől mindig egységes alapréteg, az általános szövetben már megismert lamina basalis választja el. A végkamrák és a kivezetőcsövek mentén contractio képességgel rendelkező speciális epithelsejtek, az ún. *myoepithelsejtek* fordulnak elő. Gyakran csillag alakúak, és nyúlványaikkal polipkarok módján fonják körül a végkamrákat. Cytoplasmájukban a keratin intermedier filamentumok mellett, aktin és miozin mikrofilamentumok mutathatók ki. Összehúzódva segítik a secretum kiürülését.

2.5.2. Secretiós mechanizmusok

Az exocrin mirigyeket a secretio mechanizmusa alapján *merocrin*, *holocrin* és *apocrin* csoportokba sorolhatjuk.

A *merocrin* secretiójú mirigyekben (pl. nyálmirigyek) a mirigyváladék a sejtek látható változása nélkül ürül ki. Az ürítendő anyag szubmikroszkópos méretű secretiós vesiculákba zártan vándorol a szabad felszín felé, hol a vesiculák – beolvadva a sejtmembránba – felnyílnak, és tartalmukat kiöntik.

Vannak mirigyek, melyekben a váladék termelése a sejtek egészen bekövetkező pusztulással járó „elfajulási folyamatok” eredménye. A bőr faggyúmirigyeiben a termelt faggyú elzsírosodás jellegű sejtelhalás eredménye (2/9B ábra). Ezt *holocrin secretiónak* (holosz = egész, görög szó) nevezzük.

A mirigysecretiónak egy harmadik formájával találkozunk néhány mirigyben, mint pl. a tejtermelő emlőmirigyben vagy a hóalaj verejtékmirigyeiben. Itt nagy, mikroszkópos méretű váladékcseppek (rendszerint lipid természetű anyagok) a secretio során egy keskeny cytoplasmaszegélytől körülvetten válnak le a sejt szabad felszínéről. A mirigyvégkamrák lumene tágas, felszíni kontúrjuk szabálytalan, kirágott jellegű. Ez a jelenség fénymikroszkóposan azt a látszatot kelti, mintha a mirigysejtek csúcsi része alakulna át secretummá (2/9C ábra), innen az elnevezés: *apocrin secretio*.

2.5.3. A mirigyek váladékának jellege; kémiai osztályozás

A mirigyhámra jellemző secretión a hámsejtekben szintézis útján létrehozott olyan specifikus anyag termelését értjük, amely a hámsejt szabad felszínén kerül kiürítésre.

A mirigysejtek terméke lehet *fehérje* vagy *glikoprotein*. Az endocrin mirigyek *polipeptideket* vagy *szteroid anyagokat* termelnek.

A mirigysejt secretiós működésének különböző sejtstruktúrákhoz kötött menetét radioaktív elemekkel jelzett anyagok (főleg ³H-mal jelzett aminosavak, cukrok stb.) *radioautográfias módszerrel* való követésével derítették fel.

A módszer lényege, hogy a radioaktív anyag beadása után meghatározott időben leölve az állatot, rögzítéssel vagy azonnali fagyasztással megakadályozzák a beépült anyag további (diffúziós stb.) mozgását. A vizsgálandó szövetből vagy szervből metszeteket készítenek. A metszeteket finom szemcsés fotoemulziós réteggel borítják be, és néhány napig vagy hétig engedik a szövetben levő sugárzást érvényesülni. Természetesen mindezeket a manipulációkat teljes sötétségben vagy vörös fény mellett végzik. Ezután a fotoemulziót előhívják, és végül a szövetmetszetet a fotoemulzióval együtt szövetfestési eljárásnak vetik alá. A sejtek ama részei felett, amelyek radioaktív anyagot tartalmaztak, az emulzióban feketedés következik be (lásd a 7/112. ábrát a második kötetben). Megfelelően finom szemcsés emulzióval és diffúziót akadályozó eljárással elektronmikroszkópi radioautográfias képeket is lehet nyerni.

Igen erős általánosítással a secretiós folyamat főbb lépéseit a **2/11. ábra** mutatja be.

1. A secretum proteinkomponenseit a durva szemcsés endoplasmás reticulum (ergastoplasma) termeli, egyes mirigysejtekben már 5 perc alatt. A fehérjék felépítéséhez szükséges aminosavak a mirigysejtek körülvevő capillarisokban keringő vérből érkeznek. Az aminosavak felvétele aktív transzporttal történik.

2. Az ergastoplasma lapos zsákjairól leváló kisméretű, ún. transportvesiculák átviszik a proteinsecretumot a Golgi-rendszerhez, és annak lapos üregeibe ürítik.

3. A Golgi-lemezrendszer széli részéről ún. secretiós vesiculák válnak le (sok esetben ez már a secretumba beépített alapanyag beadása után 10–15 perccel megtörténik).

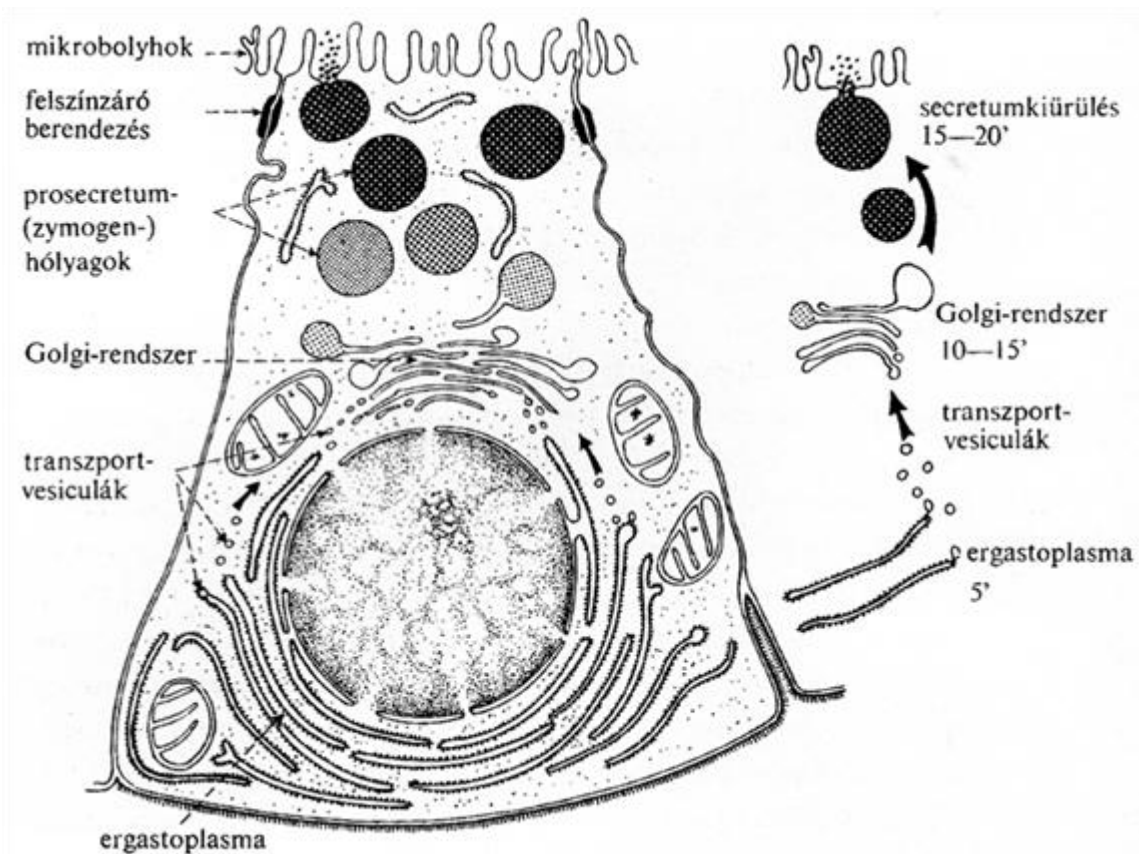
4. A Golgi-rendszerekről levált secretiós vesiculák nagyobbodása közben mind tömörebb tartalmat nyernek, és felszállnak a sejt szabad felszíne felé (prosecretum hólyagok). ^3H -mal jelzett cukorral megállapították, hogy a secretum szénhidrát komponensei ebben a fázisban épülnek be.

5. A prosecretumhólyagok felnyílnak a hám felszínén, és a váladék kiürül. Ezt a folyamatot nevezik exocytosisnak.

Ennek a mechanizmusnak megfelelően a fehérjedús secretumokat (pl. az emésztőfermentumokat) termelő, ún. *serosus nyálmirigysejtek* elsősorban fejlett ergastoplasmát tartalmaznak. Fordítva: a nyálkás váladékot termelő, ún. *mucinosus mirigysejtek* ergastoplasmája gyengébben fejlett, ám meghatározó a Golgi-készülékük és főleg az ebből leváló secretiós vesiculák túlsúlya. Az utóbbiak a sejtmagot a sejt alapi részébe szorítják.

Más, elsősorban nem fehérje jellegű váladékot termelő mirigysejtekben is a Golgi-készülék kerül előtérbe az ergastoplasma helyett.

Természetesen a rendszerint oldat jellegű secretum nem minden anyaga újonnan termelt; pl. a váladék esetleges oldószereként szereplő víz sem. Erre a sejtben jelen levő víz egy része használtatik fel, néha a sejt többi alkotóinak rovására. A nagy nyálmirigyek kitűnő példát szolgáltatnak mind a serosus, mind pedig a mucinosus mirigyvégek tanulóozására. Hagyományos hematoxilin-eozin festési mód mellett a serosus mirigyvégek intenzív basophiliát mutatnak, építő sejteik szűk lument fognak közre és a sejtmagok centralis elhelyezkedésűek. A mucinosus végek haloványan festődnek, jellegzetes tatóngó lumennel és a mirigysejtek basisához szoruló magokkal. Mucikarmin festékkel élénkvrös színben jeleníthetők meg. Olykor a két típusú mirigyvégek egymással ötvöződik. A mucinosus végek sarló alakban körülölelő serosus végek részét *Gianuzzi-féle félholdnak* nevezzük.



2/11. ábra. A mirigysecretio cellularis mechanizmusának magyarázata a hasnyálmirigy emésztőfermentumait (fehérje) termelő mirigysejt elektronmikroszkópi sémája (bal) és ^3H -mal jelzett aminosav radioaktivitásának a beadás utáni különböző sejtorganellekben való megjelenésének időpontjai (a séma jobb oldalán) alapján (a további magyarázatot lásd a szövegben)

A differenciálódott hámsejtek speciális válfaját képezik az *ionpumpáló* sejtek. A vese tubulusait, valamint az exocrin mirigyek kivezetőcsöveit alkotó sejtek víz és ionok transzportjában, míg a gyomornyálkahártya

fedősejtjei H⁺-ok szállításában vesznek részt. A membrán-ionpumpák energiaszükségletét ATP biztosítja. A sejtek basalis csíkolattal rendelkeznek, melyhez mitochondriumok társulnak. A sejteket tight junction típusú kapcsolóberendezések forrasztják egybe.

2.5.4. Az endocrin mirigyek kialakulása és fő jellemzői

A belső elválasztású vagy kivezetőcső nélküli mirigyek többnyire hasonló módon fejlődnek, csupán az a különbség, hogy a secernáló működésre differenciálódott végkamrák kialakulása után az őket a felülettel összekötő hámcsapok, ill. kivezetőcsövek elsorvadnak. Sok esetben igazi végkamrák ki sem fejlődnek, hanem a mirigysejtek tömör fészkek vagy gerendák alakjában maradnak (mellékpajzsmirigy, mellékvesekéreg). Más esetben viszont ellenkezőleg: a sejtek által termelt váladék a végkamrák tág lumenében mint megannyi zárt tömlőcskében gyűlik fel, majd innen megint a mirigysejteken keresztül (tehát egy resorptiós folyamat közbejöttével) szívódik fel a vér-, ill. nyirokpályába (pajzsmirigy). Belső elválasztású mechanizmusról szólhatunk azonban külső elválasztású mirigyeknél is, ha a hámsejtek a kivezetőcső felé termelt (exocrin) váladék mellett a vérbe felszívódó (endocrin) anyagot is termelnek.

A mirigysejtek *peptid-* avagy *szteroidhormonokat* termelnek. A sejtek finom szerkezeti jegyei ennek megfelelően különbözőek lehetnek. A fehérjetermészetű hormonokat termelő sejteket a durva felszínű endoplasmaticus rendszer túlsúlya jellemzi, fejlett Golgi-apparatus és mitochondriumok jelenlétében. Az érett peptidhormonok secretiós vesiculákban raktározódnak, és exocytosis során kerülnek be a vérkeringésbe. Az agyalapi mirigy mellső lebenyének troph hormon- avagy a hasnyálmirigy insulintermelő endocrin sejtjei jellegzetes képviselői e csoportnak. A szteroidokat termelő mirigysejtek acidophil citoplasmájában gyakran lipidcseppek találhatóak. Gazdag sima felszínű endoplasmás reticulum tartalmazza a szteroidszintézishez szükséges enzimeket. A sejtek mitochondriumai, amelyek cristák helyett tubulusokat tartalmaznak, szintén részt vesznek a szteroidhormon-szintézis folyamatában. A here, a petefészkek és a mellékvese kéregállománya szolgáltatják a legszebb példákat.

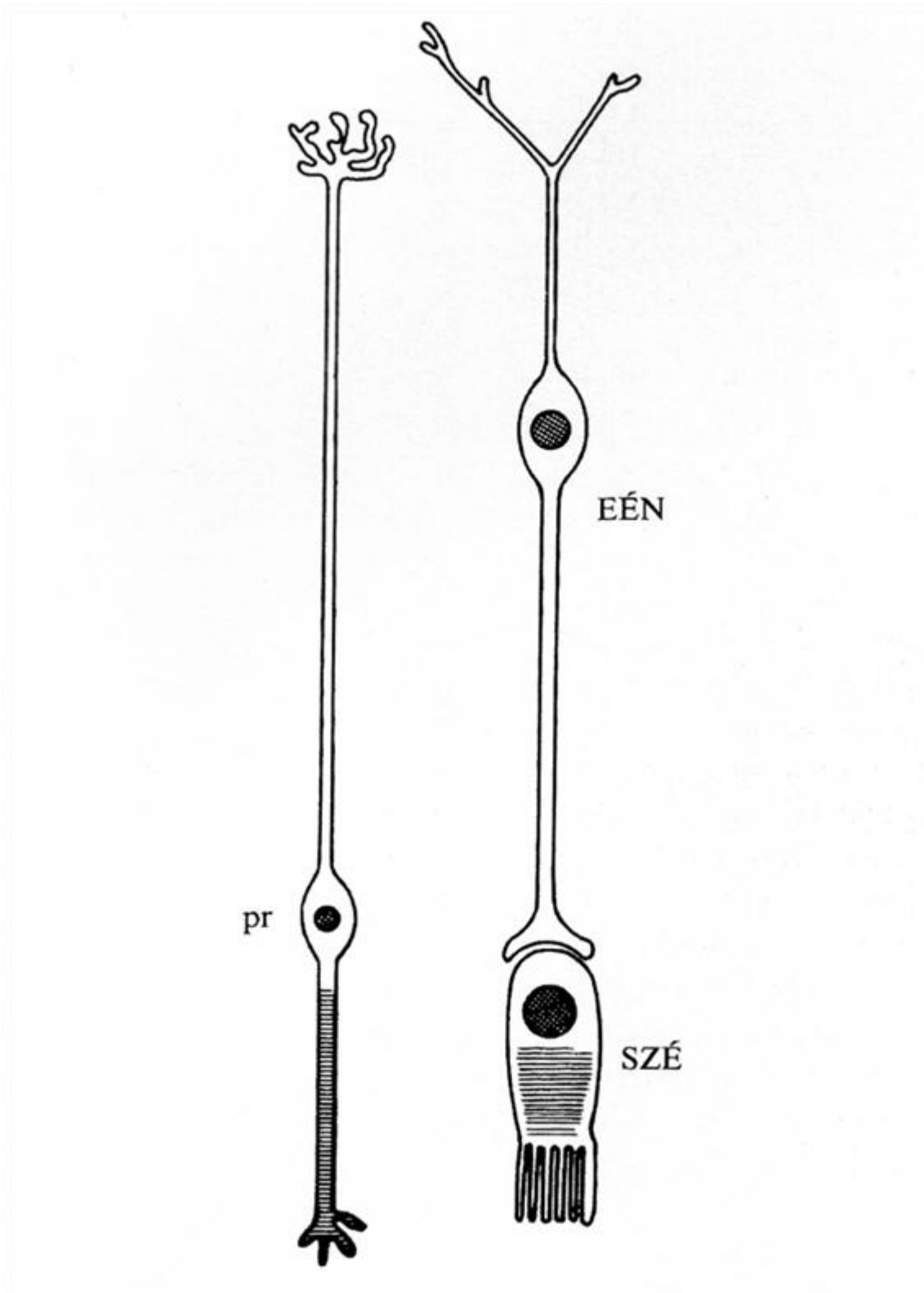
Jellemző az endocrin mirigyekre az állományukat átjáró porózus falszerkezetű (fenestrált) dús capillarishálózat. A termelt hormonok és kémiai hírvivő anyagok a véráram útján a termelőhelyétől távol eső – specifikus receptorokat hordozó – struktúrákon is képesek hatásukat kifejteni.

Az endocrin sejtek tömörülése belső elválasztású szerveket eredményez, mint a tobozmirigy vagy az agyalapi mirigy. Olykor más funkciójú szervekbe ágyazottan találunk kisebb vagy nagyobb méretű endocrin sejtcsoportot (petefészkek, here és hasnyálmirigy). Más esetben az endocrin sejtek elszórtan vegyülnek a tápcsatorna és a légutak hámsejtjei közé. Ilyenkor *diffúz neuroendocrin rendszerről* beszélünk. Az utóbbi sejtjei idegrendszeri telepből származnak és polipeptideket termelnek. Közülük számos argentaffin tulajdonságú, és biogén aminok (*adrenalin, noradrenalin, serotonin*) szintetizálására képes. Nevüket is ezen tulajdonságuk alapján kapták: *amine precursor uptake and decarboxylation* – *APUD-sejtek* (aminok előanyagát felvevő és dekarboxiláló sejtek). APUD-sejtek szerkezetében a közös jellemvonás az elektronmikroszkóppal látható 100–200 nm átmérőjű szemcsék előfordulása a cytoplasmában. Polipeptideket termelő endocrin mirigysejtekről a béltraktus szövettani szerkezetének leírásakor fogunk még szólni.

A *paracrin mirigysejt* kifejezést olyan hormontermelő struktúra megnevezésére használjuk, mely secretios termékét nem a véráramba, hanem a környező sejtek intercellularis térségébe juttatja el.

2.6. Festékes hám

Emberben a **festékes hám** (*pigmenthám*) egyetlen típusos példája a szem ideghártyájában fordul elő. Lényegében egyrétegű köbhám. Szabályos hatszögletű alacsony, hasáb alakú sejtekből áll, amelyek sötétbarna festéket (*melanin*) tartalmaznak szemcsék formájában (2/10C ábra).



2/12. ábra. Az érzékhámsejtek két típusa sémásan. Bal oldalt: egy elsődleges (primaer) érzékhámsejt (pr), jobb oldalt: egy másodlagos (szekunder) érzékhámsejt (SZÉ) látható. Ez utóbbihoz egy elsődleges érző neuron (EÉN) peripheriás nyúlványa kapcsolódik

2.7. Érzékhám

Érzékhám emlősökben a szaglóérzékszervben, az egyensúlyozó- és hallószervekben, valamint az ízlelő érzékszervben fordul elő.

Módosult hengerhámsejtek, szabad felszínükön rendszerint specializációk figyelhetők meg stereociliumok, kinociliumok és mikrobolyhok formájában. Előfordulásuk és arányuk az adott érzékszervre jellemző. Általában fedőhám jellegű hengerhámsejtek (támasztősejtek) közé ékelten fordulnak elő (2/10D ábra). Funkcionális vonatkozásban különleges módon differenciálódtak: meghatározott fizikai vagy kémiai behatásokra ingerületi állapotba jutnak.

Két típusuk ismert: a primaer és secundaer érzékhám. A szaglőhám érzéksejtjeinek alapjából kinövő nyúlványok maguk szállítják el a sejt által termelt ingerületet a központba, ezeket a sejteket primaer érzéksejteknek nevezzük. Más érzéksejteknek nincsen nyúlványuk (az egyensúlyozó-, halló- és ízlelőszervben), hanem az érzéksejtekhez haladó érzőidegrost veszi át tőlük az ingerületeket. Az ilyen érzéksejteket secundaer érzéksejteknek nevezik (2/12. ábra).

3. 2.3. KÖTŐSZÖVETEK

A hámszövettel szemben a kötőszövetben a sejtek nem fekszenek szorosan egymás mellé, hanem közöttük jelentős méretű sejt közötti tér található. Ezt töltik ki a kötőszövet bizonyos sejtjei által termelt kötőszöveti rostok és a mikroszkópos szinten szerkezet nélkülinek tűnő kötőszöveti alapállomány.

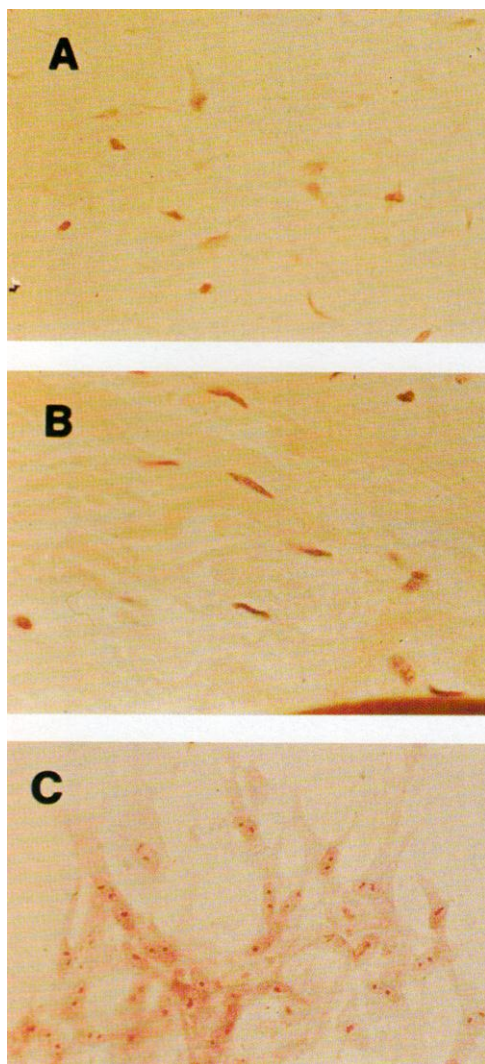
A funkció függvényében a kötőszövet számos formában fordul elő. A legáltalánosabb típusok a laza rostos és a tömött rostos kötőszövet. A kötőszöveti sejtek, rostok és az alapállomány soron következő leírása a laza rostos kötőszövetre vonatkozik. A speciálisabb többi kötőszövetféleség részletes ismertetésében így majd már csak utalnunk kell arra, hogy a laza kötőszövetnél tárgyalt különböző sejt és extracelluláris elemek milyen mértékben, arányban és milyen speciális elrendezésben vesznek részt bennük, mely szempontok a kötő- és támasztőszövetek osztályozásának alapjául szolgálnak.

3.1. Kötőszöveti sejtek

A laza rostos kötőszövet sejtjei két fő csoportba, a **rezidens** és a **vándorló sejtek** csoportjába sorolhatók. Az előbbiek a szövet újdonszövődéséért, az extracelluláris komponensek szintéziséért (mesenchymasejtek, fibroblastok, zsírsejtek stb.) és védekező szöveti reakciókért (macrophagok, hízósejtek) felelősek. A kötőszövet állandósult lakói. A vándor sejtek inkább időleges tartózkodású jövevénysejtek, melyek a véráramból kilépve elsősorban védő és immunológiai funkciókat látnak el a kötőszövetben (lymphocyták, plasmasejtek, monocyták, granulált fehérvérsejtek). A kötő- és támasztőszövetek sejtjei mind az ősi embrionális kötőszövet, a mesenchyma származékai. Túlnyomó részt a közbülső csiralemezéből (mesoderma) differenciálódnak. A fej területén kialakuló mesenchymapopuláció velőléc eredetű, ezért azt ectomesenchymának hívjuk. A fejlődés során közvetlenül meg lehet figyelni a mesenchymasejtek differenciálódását a laza vagy egyéb kötőszövetek, a porcszövet, a csontszövet, a vér-, a vérvérző szövetek bármely sejtféleségévé.

3.2. Rezidens sejtek

Mesenchymasejtek. Bőséges, kocsonyás sejt közötti állományba ágyazott nyúlványos sejtek, amelyek szabálytalan csillagalakban elágazódó nyúlványaikkal összefüggve, laza hálózatot képeznek (2/13A ábra). Az érintkező nyúlványokat egymással gap junction típusú kapcsolóberendezések tartják össze. Az embryo előrehaladó korával párhuzamosan mind több finom kollagénfibrillum jelenik meg az alapállományban, tehát az éretlen mesenchymasejtek is rendelkeznek már bizonyos korlátolt rostképző sajátosságokkal. A kötő- és támasztőszövetekben főleg kóros viszonyok közt gyakran észlelt metaplasia jelenségéből – azaz, hogy egy szövet másikká alakul át (pl. a kötőszövetben csont jelenik meg) – arra következtetnek, hogy a felnőtt kötőszövetekben öregkorban is bőségesen vannak még differenciálatlan mesenchymasejtek, amelyek alkalomadtán különböző ingerekre a legkülönbözőbb irányokban differenciálódhatnak. Feltételezik, hogy elsősorban az apróbb erek falában jelentékeny számban előforduló kötőszöveti sejtek (az ún. *pericyták*) legalábbis részben differenciálatlan mesenchymasejtek. Alaki sajátágaik alapján nem különíthetők el biztosan a laza kötőszövet egyik legfőbb sejtféleségétől, a fibroblastoktól, és minthogy ezek is képesek bizonyos határok közötti változásokra, egy-egy konkrét esetben nehéz eldönteni, hogy az újonnan képződött sejtek valóban differenciálatlan mesenchymasejtből alakultak-e ki, vagy esetleg egy már előzőleg differenciált kötőszöveti sejt dedifferenciálódása „visszafiatalodása” révén jöttek-e létre.



2/13. ábra. Kötőszöveti sejtek. A: mesenchymasejtek (köldökzsinór; a sejtek magja és plasmájuk mag körüli része festődik); B: fibrocyták (bőr, dermis rétege); a sejteknek csak hosszúkas magja látszik (vö. a fibrocyták elektronmikroszkópos szerkezetével, 2/15. ábra); C: fibroblastok (szövettenyészet)

Fibroblastok és fibrocyták. A kötőszövetek legáltalánosabb sejtje a kötőszöveti rostképző sejt, azaz *fibroblast*, vagy ha pillanatnyilag már nincs nagyobb mérvű rostképzés, ennek aránylag inaktív formája: a *fibrocyta*. Az utóbbi szerkezete egyszerűbb, ezért előbb ezt vesszük szemügyre.

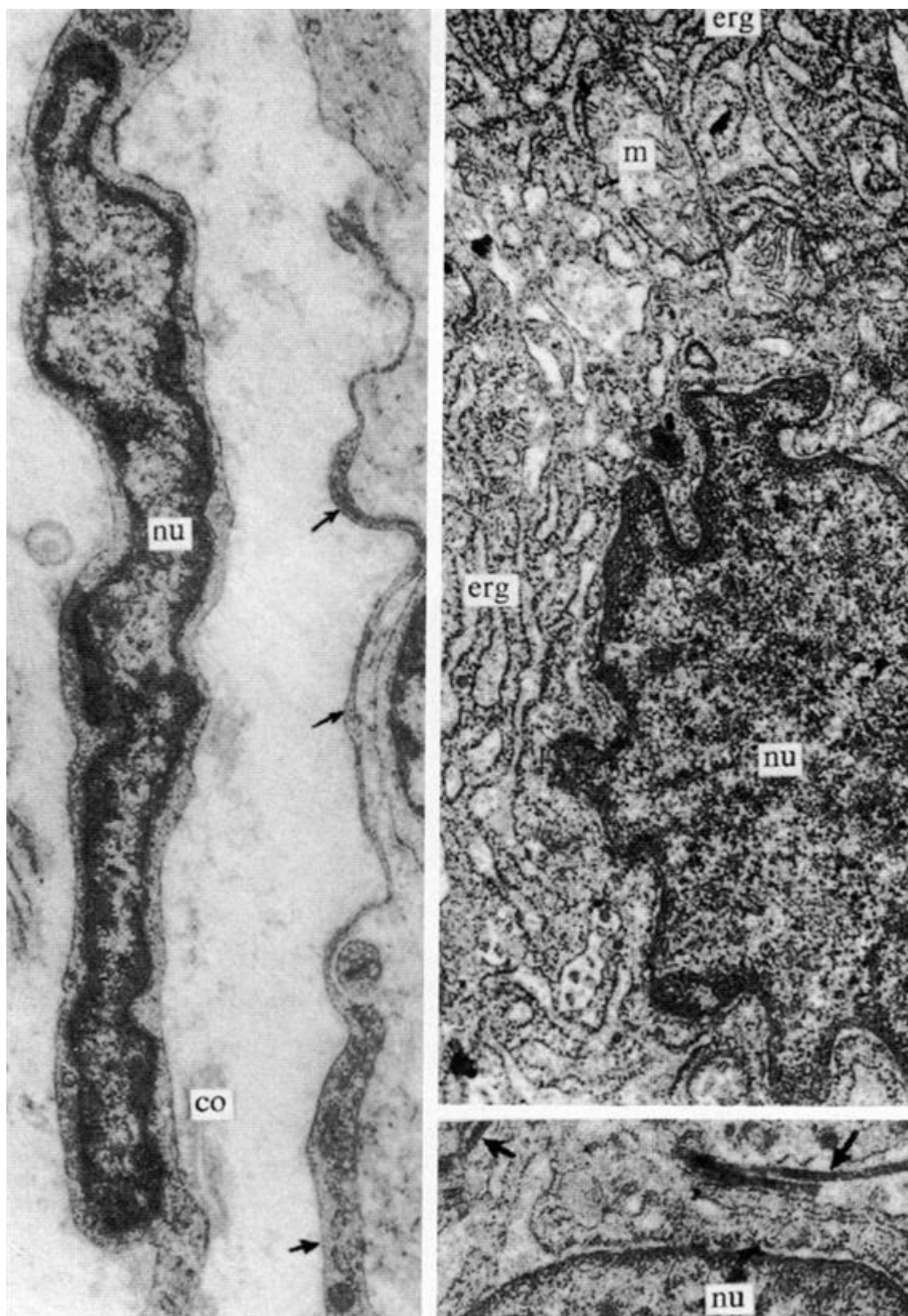
Fibrocyták fénymikroszkópban, közönséges készítményben egyáltalán nem feltűnő sejtek. Ami látszik a sejtől, az a felülnézetben elliptikus, oldalnézetben majdnem orsó alakú, tehát rendszerint lelapult sejtmag (2/13B ábra). Jancsó Miklós ezüstözési módszerével a fibrocyták határai azonban igen világosan feltüntethetők (2/14. ábra). Plasmájuk szerkezetszegény és annyira ellapult, hogy fénymikroszkópban nem is látható. Ez tökéletesen érthető a 2/15. ábrán lapjára merőleges metszetben mutatott fibrocyta elektronmikroszkópos képéből. A plasma szerkezetszegény volta elárulja, hogy ez a sejt inaktív állapotban van, pillanatnyilag kötőszöveti rostanyagot nem termel.

Egészen más a sejtek képe, ha a fejlődő, növekvő szövetben vagy felnőtt szövetben szükségessé vált reparatio stádiumában nézzük. Ilyenkor e sejtek valóban rostképzők: *fibroblastok*. Fénymikroszkópban az erős basophiliát (2/13C ábra) mutató plasmakerület világosan kirajzolja a sejtestet határait és nyúlványait. Elektronmikroszkóppal felismerhető, hogy ezt a basophiliát a sejtek fejlett ergastoplasmája okozza, mely tág cisternákká tágul ki. Ugyancsak jól fejlett Golgi-apparatus is látható. Mindkét jelenség arra vitai, hogy a sejt az aktív fehérjeszintézis állapotában van.



2/14. ábra. Bőr alatti laza kötőszövet sejt közötti terének feltüntetése és a sejthatárok kirajzolása ezüstimpregnációval (Jancsó M. módszere és felvétele) A fibrocyták (fc) az aránylag sima határokkal körülvelt nyúlványos világos területeknek felelnek meg, míg a kerekded csipkés határu világos terek a histiocytákat (hc) jelzik. A sötét háttér az ezüsttel impregnálódott sejt közti térnek felel meg

A 2/15. ábra jobb oldalán látható fibroblast felnőtt állat néhány nappal előzően átvágott inából származó, ahol a sérüléssel szomszédos területen addig tökéletesen nyugalomban levő fibrocyták (insejtek) reaktiválódtak fibroblastokká, és a regeneratio céljait szolgáló élénk rostképző folyamatban vannak. A fibroblast rostképző tevékenységére a fejezetben még később visszatérünk.



2/15. ábra. Fibrocyta és aktív fibroblast elektronmikroszkópos képben szembeállítva (Salamon és Hámori anyagából). A kép bal oldalán lapjára merőlegesen metszett fibrocyta maggal (nu) és szerkezetszegény plasmával. Mellette fibrocyta vékony plasmájának hosszmetsete (nyilak). A sejt közti állományban kevés kollagénfibrillum (co). A kép jobb oldalán aktivált (erős rostképzésben levő) fibroblast (nu: mag) erősen fejlett ergastoplasmában (erg) folyik a kollagén szintézise. Az endoplasmás hálózat tágult öbleiben (alsó képrészlet nyilakkal jelzett részei) a kollagén periodicitását jelző filamentumrészletek jelennek meg (m:mitochondrium)

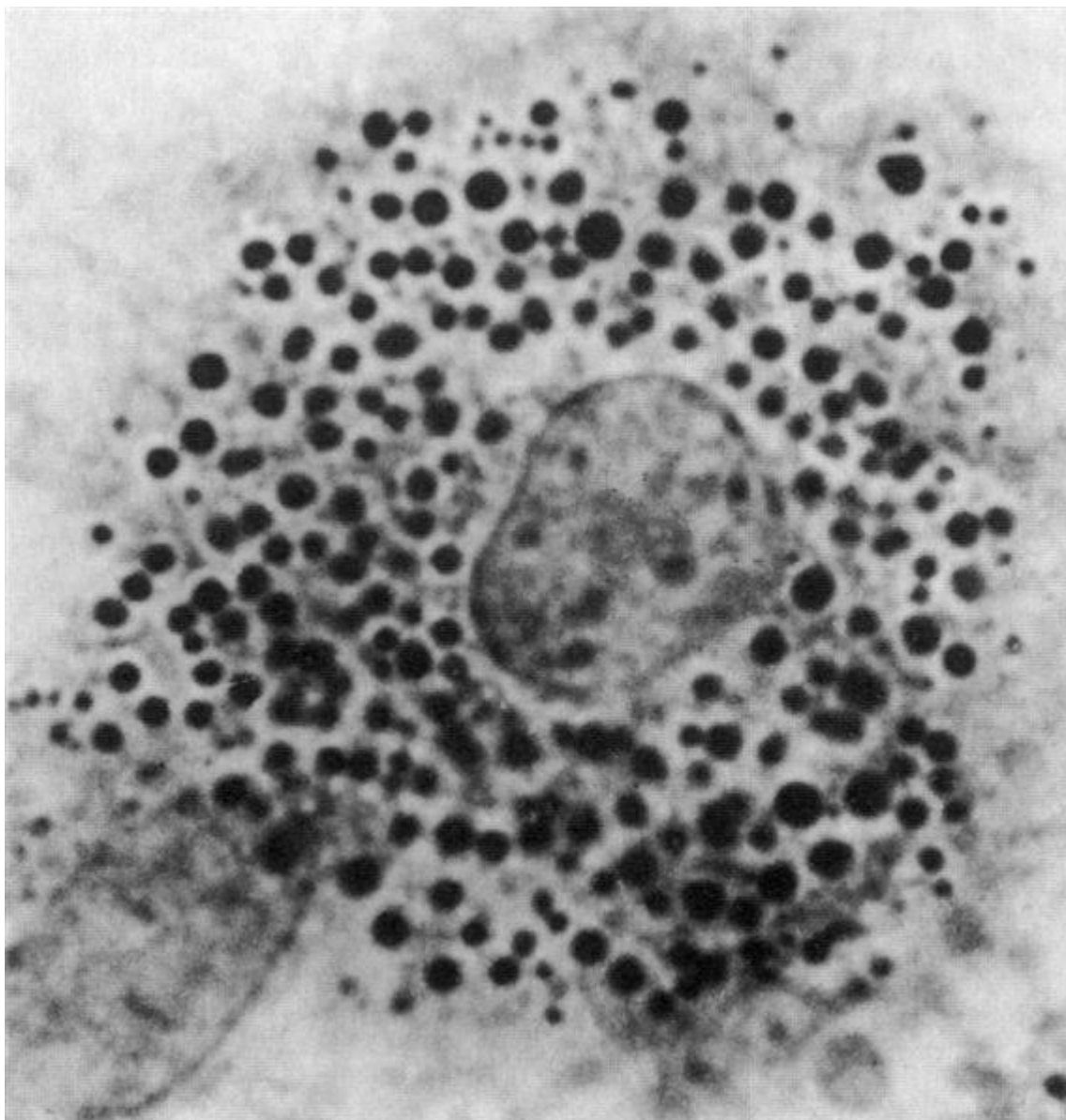
A *myofibroblastok* egy speciális, az izomszövet irányába differenciálódott sejtcsoportot alkotnak. Cytoplasmájuk a fibroblastokra jellemző aktív fehérjeszintetizáló sejtalkotók mellett aktin filamentumkötegeket is tartalmaz. Contractióra képesek, a sebszélek összehúzása révén a sebgyógyulás hasznos segítői.

Nagy falósejtek (*macrophagok* vagy *histiocyták*). Nevüket attól nyerték, hogy legjellemzőbb képességük kolloidális vagy finoman szemcsés anyagok bekebelezése. A „nagy” jelző megkülönbözteti őket a vér „kis falósejtjeitől” (*microphagok*), amelyek nem mások, mint neutrophil granulocyták; ezeket a vér alakos elemei sorában tárgyaljuk. Legkönnyebb őket láthatóvá tenni, ha kolloidális eloszlású, ún. vitális festékeket (pl. tripánkéket) fecskendezünk be a szervezetbe. Ilyenkor a macrophagok a festéket szemcsés alakban kicsapva bekebelezik, és a festék révén a kötőszövetben láthatóvá válnak (**2/16. ábra**).

A histiocyták 10–20 µm átmérőjű kerek sejtek, jellemző indentált, bab alakú sejtmaggal. A sejthártyát mikrobolyhok és nagyobb ujjszerű, az anyagok bekebelezését szolgáló kiboltosulások teszik egyenetlenné. A fagocitált anyagok a cytoplasmában lysosomák, phagosomák és residualis testek formájában találhatóak. A histiocyták azonosításában a savanyú foszfatáz aktivitásuk diagnosztikus értékű.

A macrophagok (histiocyták) a csontvelőben termelődő és a vér útján a szervezetben mindenhol elkerülő monocyták (lásd később) származékai. Egyes szervekben a más-más irányba differenciálódott macrophagok együttesen a mononuclearis *phagocytá* rendszert alkotják.

A histiocyták a szöveti inger és ártalom jellege szerint igen sokféle reakciót mutatnak. Nagyobb méretű idegen testek körül összeolvadva többmagvú sejteket ún. *idegentest-óriássejteket* alkotnak. Immunstimulusok hatására fehérje- és glükóz-aminoglikán bontó enzimeket szekernálnak, melyek a kötőszövetben való haladásukat könnyítik.



2/16. ábra. Idegen serumfehérjét szemcsék alakjában bekebelezett macrophag (histiocyta) (Jancsó M. kísérlete és fényképe)

Zsírsejtek (*steatocyták, vagy adipocyták*). A zsírsejtek általában nagy, gömb alakú zsírcseppet tartalmaznak, amelyet a sejt plasmája keskeny csikkal vesz körül. Ennek kissé megvastagodott részében helyezkedik el a zsírsejt magva, és ez adja metszetben a zsírsejt ún. pecsétgyűrű alakját. A hagyományos szövettani eljárás során a zsírsejtekből a zsír az alkalmazott szerves oldószerekben kioldódik, és a sejtekben egyetlen nagy üreg képződik (*unilocularis zsírsejt*). Ilyenkor a zsírszövet finom háló képét (*zsírszöveti rece*) mutatja (**2/17A ábra**). Elsősorban fejlődő egyedekben és újszülöttekben a zsírszövet 3–5%-a többrekeszű (*multilocularis*), mitochondriumokban gazdag zsírsejtekből épül fel (lásd később).

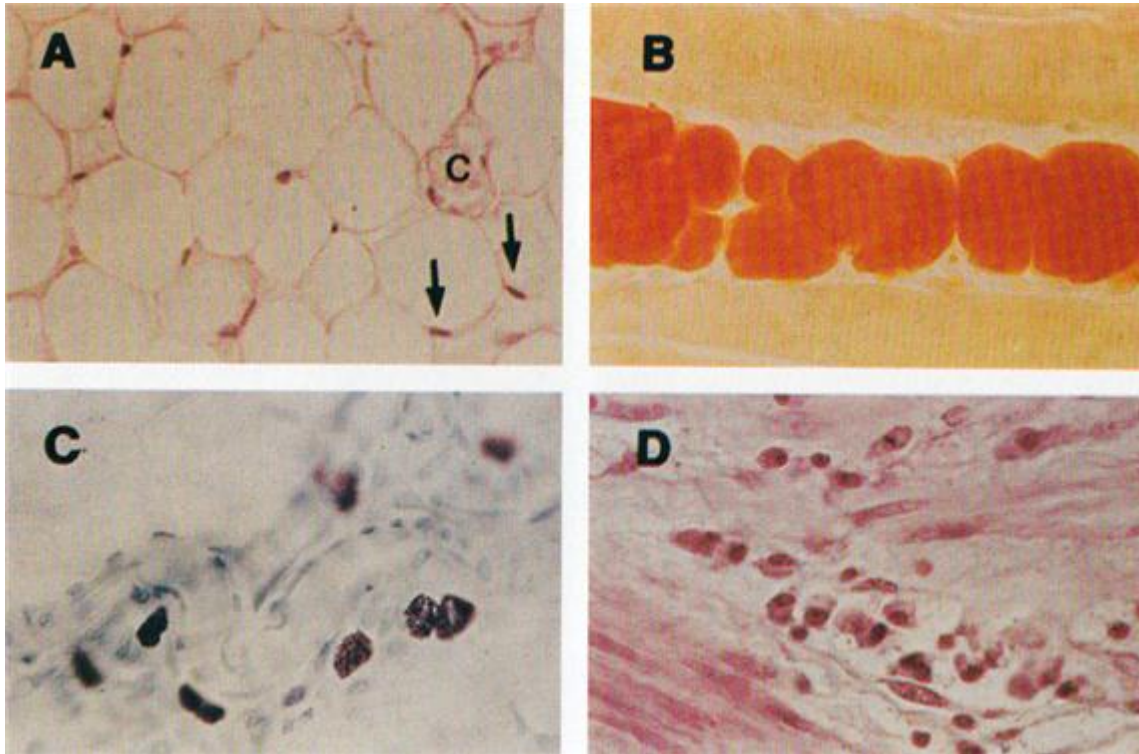
Fagyasztott metszetben a helyben maradó zsírt könnyű megfesteni zsírban jobban oldódó festék vizes vagy híg alkoholos oldatával (Sudan-vörös, Sudan-fekete, Scharlach R; 2/17B ábra). Ilyenkor a megoszlási egyensúly törvénye szerint a festék a festőoldatból a metszetben levő zsírba megy át (persze a metszetet azután nem szabad zsíroltó anyagokkal lefedni).

A zsírraktározás menetét a **2/18. ábra** mutatja; a mesenchymalis sejtekben mind nagyobb, végül összefolyó zsírcseppek jelennek meg.

Általánosan felteszik, hogy a zsírsejtek differenciálatlan mesenchymasejtek egy specializált törzséből származnak, és nem pl. átalakult fibrocyták.

Erre abból következtetnek, hogy ugyanazon egyén bőrének bizonyos tájékaiiban a bőr alatti kötőszövet hajlamos zsírszövetté átalakulni (hasfal, fartájék, combok, válltájék, női mell), másutt (kéz, lábhát, lábszár) nem vagy alig. A teljes bőr átültetések az átültetett rész megőrzi ebbéli eredeti tulajdonságait, ezért kozmetikai (és funkcionális) okokból teljes bőrátültetéskor – tehát amikor a bőr kötőszöveti rétege is átültetésre kerül – ezt a szempontot figyelembe kell venni.

Hízósejtek (*heparinocyták*)⁴. A kötőszövet egy további általános jelentőségű sejtfelesége a hízósejt. Változó számban található különböző állatfajokban, főleg apróbb erek szomszédságában.



2/17. ábra. Kötőszöveti sejtek. A: zsírszöveti rece (bőr alatti kötőszövet), a zsírsejtekből csak a zsírcsepp körülvevő vékony plasmacsík festődött, helyenként a sejtmag is látszik (nyílak) (c: capillaris vörösvértestekkel); B: zsírsejtek (nyelv, Sudan III-festés); C: hízósejtek (mesenterium, toluidin kék-festés); D: plasmasejtek (sarjszövet)

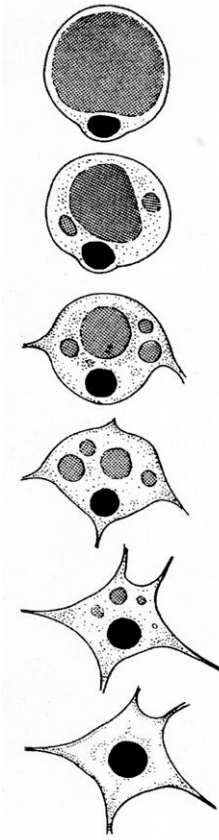
Elég nagy, ovális vagy néha lekerekített szegletű, laposabb, egymagvú sejtek, amelyek plasmája kb. 0,5 mm átmérőjű, jellemző festődésű granulummokkal van sűrűn kitöltve (2/17C ábra).

Elektronmikroszkóp alatt a granulomok rövid kristályszerűen rendezett anyagból álló csövek (2/19. ábra). A glutaraldehiddel rögzített granulomok bázikus anilinfestékekkel (toluidin-kék, tionin, metilén-kék) metakromáziásan festődnek.

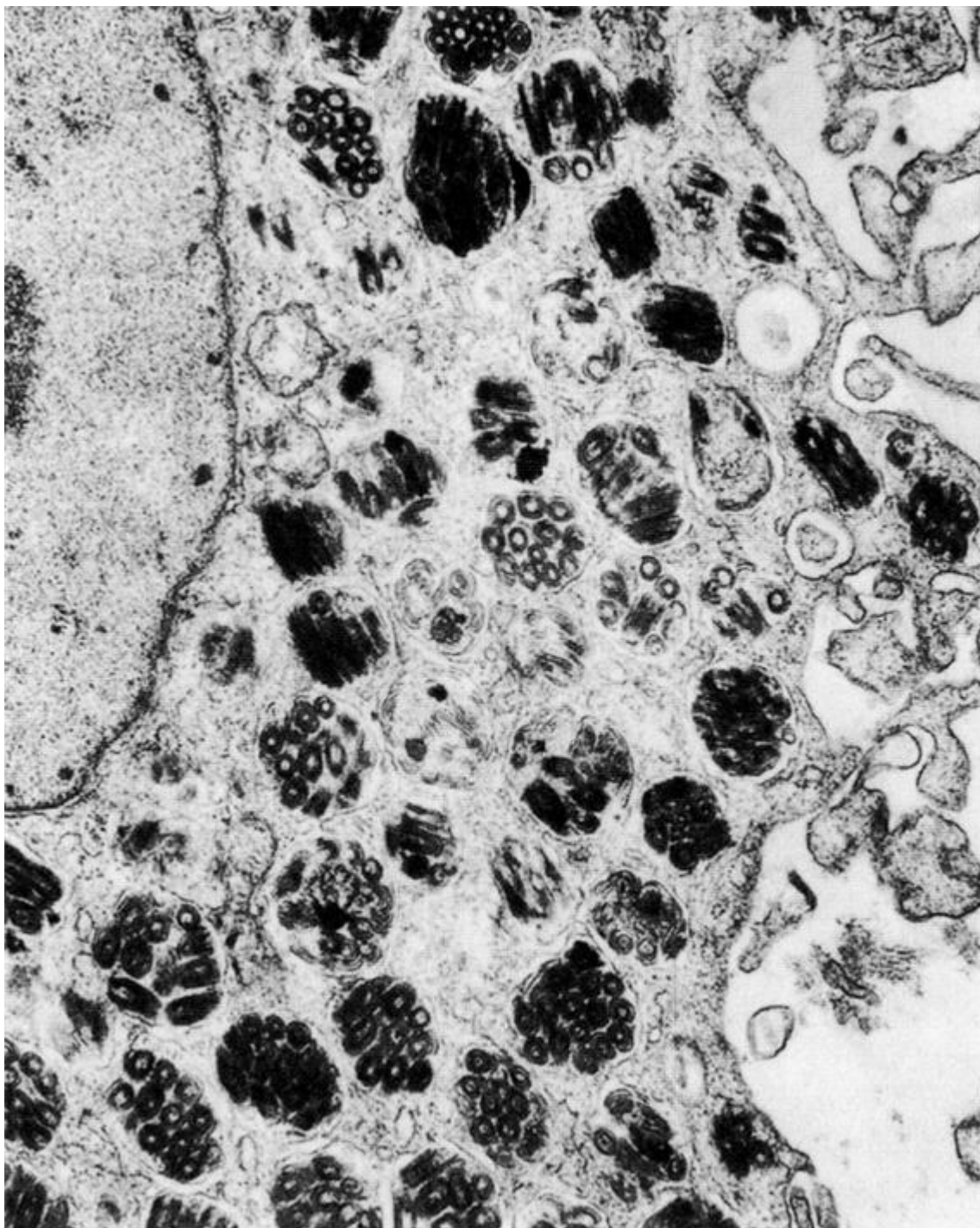
Metakromázia: a festékoldat színétől eltérő színűre festődnek egyes képletek. A bázikus anilinfestékek kék színével szemben a megfestett granulomok ibolyáspiros színűek lesznek. A jelenség azzal magyarázható, hogy a festékmolekulák rendezetlenül (pl. vízben) kék színt adnak, rendezett állapotban (pl. párhuzamosan orientált molekulák között párhuzamosan orientált festékmolekulák) ibolyáspirosat.

A metakromáziát a hízósejtekben nagy mennyiségben jelen levő, szulfatált glükózaminoglikán, a *heparin* okozza. Ez az anyag a véralvadás erős gátlója (lásd a véralvadás élettanában). Tévedés volna azonban azt hinni, hogy a sejtek elsődleges feladata a véralvadás gátlása.

⁴ Nevük felfedezőjük, P. Ehrlich (1879) ama tévedéséből származik, hogy a sejtek zsíros kötőszövetben fordulván elő, esetleg a tápanyagok zsír formájában való raktározásával lennének kapcsolatban.



2/18. ábra. Zsírsejtek kialakulása differenciálatlan mesenchymasejtekből. Alulról felfelé: a sejtek apró zsírcseppeket raktároznak, melyek végül egyetlen, a sejt nagy részét elfoglaló zsírcseppé egyesülnek



2/19. ábra. Hízósejt elektronmikroszkópos képe (Radnót M. anyagából). Ember, orbita kötőszövetéből (20 000-szeres nagyítás). A sejtmag egy része látható a kép felső szélén balra. A basophil granulák sajátságos rövid, kristályszerűen rendezett anyagból álló csöveket tartalmaznak

Granulumaik más fontos anyagokat is tartalmaznak, így *hisztamint* és egyes állatokban *serotonint*. Megfelelő előkészítés után a szerotonin jellemző hisztológiai reakciót mutat: ultraibolya fényben narancssárga színben fluoreszkál. Ez a formaldehidgőz indukálta fluoreszcencia a monoaminok (lásd a biokémiában) általános tulajdonsága, bár a fluoreszcencia színe különböző monoaminoknál eltérő.

A sejtek ismétlődő antigén behatására, elsősorban, anaphylaxiás reakcióban, egy eosinophil granulocytákat vonzó (eosinophilic chemotactic factor of anaphylaxis – **ECF-A**) és egy ún. lassú reakciójú anyagot (slow-reacting substance of anaphylaxis – **SRS-A**) is ürítenek. Az utóbbi a hisztammal együtt fokozza az érfal

permeabilitást, így szerepük van az allergiás reakciót kísérő oedema kialakulásában. A sejtek IgE típusú immunglobulint kötő felületi receptorokat hordoznak.

3.3. Vándorló sejtek

Eosinophil, basophil és neutrophil granulocyták. A vér granulocytái hajlamosak arra, hogy az érfalon átvándoroljanak és a kötőszövetben megtelepedjenek. Szerkezetüket részletesen a vér alakos elemeinél tárgyaljuk.

A szöveti eosinophil sejtek paraziták okozta fertőzésekben (pl. bélférgesség) és allergiás betegségekben (pl. asthma bronchiale) szaporodnak fel.

Monocyták. Viszonylag nagy, ovoid alakú sejtek, excentrikusan elhelyezkedő, vese alakú sejtmaggal. A vérpályából lépnek ki, és különösen gyulladási reakció esetén tömegesen alakulnak át phagocytáló macrophag sejtekké. Az átalakulás során a Golgi-apparatus megnagyobbodik, és nagy mennyiségben termel lysosomákat.

Lymphocyták. A szöveti lymphocyták is a vér hasonló elemeivel azonos szerkezetű sejtek, ezért részletes leírásukra később kerül sor. A 7-8 mm átmérőjű kerek sejtet szinte teljesen kitölti a sejtmag, így a cytoplasma egy keskeny, basophil festődésű csíkként látszik csupán a sejtmag körül. Krónikus (elhúzódó) gyulladásokban és a szervezetbe került idegen fehérjékre való szöveti reakció legelső jeleként a lymphocyták száma hirtelen megemelkedik (lymphocytás beszűrődés).

Plasmasejtek. Az ellenanyagok (immunglobulinok) termelésében élen járó sejtek. Plasmasejtek nem a vérből kerülnek a kötőszövetbe, hanem az odavándorló lymphocytákból differenciálódnak. Feltűnően sok plasmasejtet találunk a gyomor-bél traktus falának hámszövetében és a nyirokszövetekben.

Ovoid alakú sejtek, erősen kékre festődő cytoplasmával és kerek, excentrikus elhelyezkedésű sejtmaggal. A sejtmagban a chromatin kerékküllök alakjában rendeződik (2/17D ábra). A cytoplasmában gazdag endoplasmás reticulumrendszer, sok ribosoma és jól fejlett Golgi-apparatus található (az előbbi adja a plasma basophiliáját). Plasmasejtek nem oszlanak és nem phagocytálnak. A legtöbb antigén processzálást, és részleges emésztést, fagocitáló (macrophag) sejtek végzik, melyek az immunológiai információt a plasmasejtek precursorainak, az ún. B-lymphocytáknak prezentálják.

Plasmasejteknek az immunfolyamatokban való részvételét először klinikai megfigyelések valószínűsítették. Azt észlelték, hogy főlegesen nagy mennyiségű keringő ellenanyag (*hyper-globulinaemia*) a plasmasejtek számának a megszorodásával járt. Ellenkező esetben az ellenanyagoknak a születéstől kezdődő hiányában (*congenitalis agammaglobulinaemia*) a plasmasejtek is hiányoztak. Újabb idők kísérletei már a plasmasejtek működésének finomabb részleteit is tisztázták.

A lymphocytáknak és a plasmasejteknek az immunitásban betöltött szerepéről a nyirokrendszer és a thymus kapcsán még beszélünk.

3.4. Kötőszöveti rostok

A kötőszövetekben háromféle rostot különböztetünk meg: **enyvadó** (kollagén), **rugalmas** (elasticus) és rácsrostokat (reticularis vagy argyrophil).

Kollagénrostok. A kötő- és támasztószöveti rostos anyag túlnyomó részét **enyvadó**, azaz *kollagénrostok* képezik. Főzéssel e rostok oldatba vihetők.

Sok kötőszövetet (bőr, inak, ízületek, apróbb csontok) tartalmazó állati részek hosszas főzésével hidegben újra megmerevedő kocsonyát (zselatin) lehet nyerni. Az asztalosiparban használt enyv lényegileg ugyanaz, csak rothadó csontmaradványokból ipari úton állították elő, innen a rossz szaga. Az élelmezési iparban használt étkezési zselatin (aszpik) is hasonló, csak tisztább úton előállítva, ill. tisztítva.

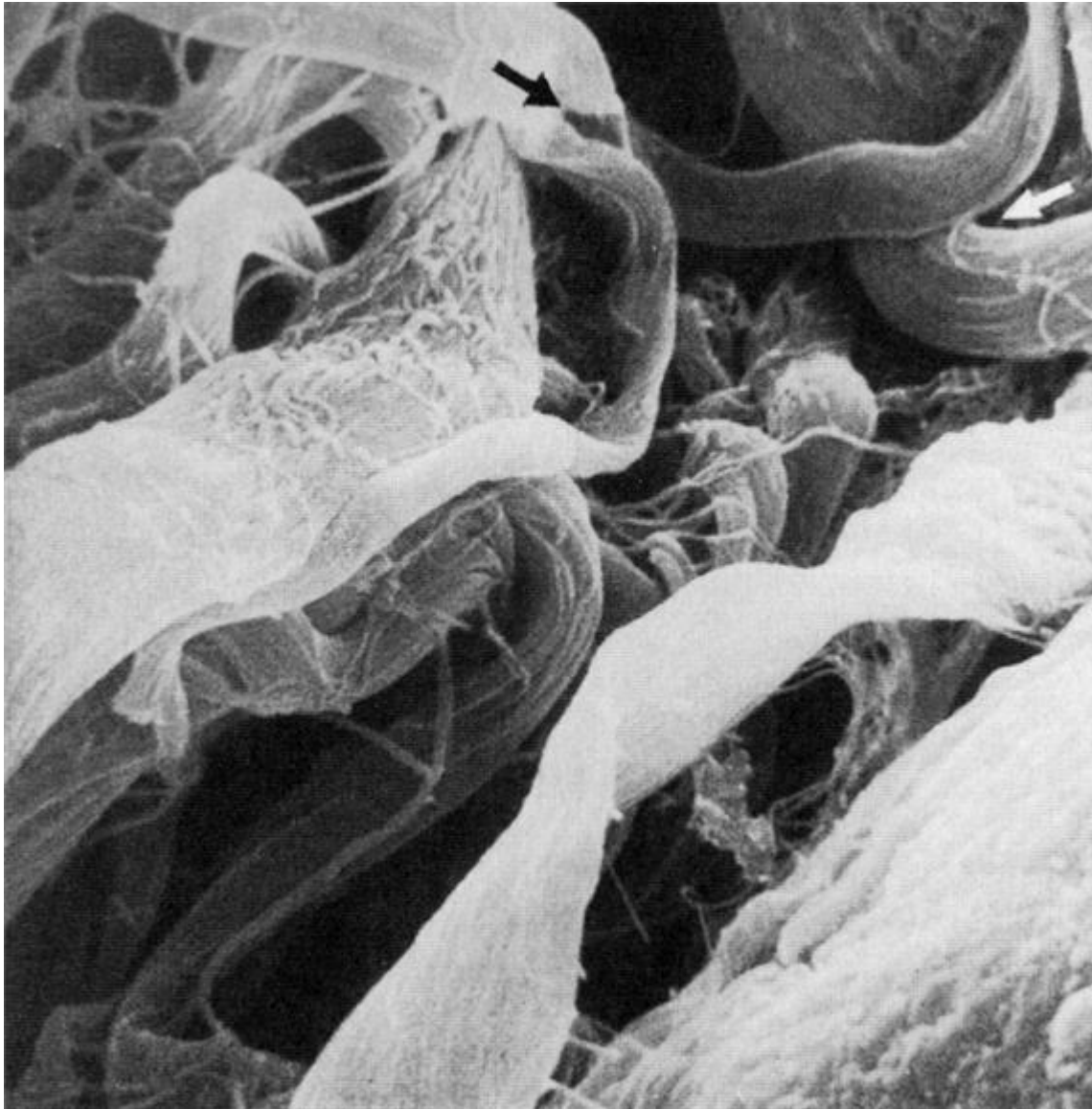
Mikroszkóp alatt köteges felépítésű, változatos vastagságú, gyengén fénytörő, felrostozódásra hajlamos képződmények (2/20A ábra), melyeket mind finomabb kötegekre, majd rostokra (*fibrum*) és végül finom rostocskákra (*fibrillum*) lehet bontani (2/21. ábra). Savanyú fukszinnal pirosra festődik (van Gieson-festés: savanyú fukszin és pikrinsav keverékéből a kollagén a piros festéket veszi fel, míg a sejtek plasmája a pikrinsavtól sárgára festődik), foszforvolfrámsavval való pácolás után nílusképszulfátot köt meg.

A kollagénrostok nagy szakítási szilárdsággal rendelkeznek (a tömött kollagén rostköteg-rendszerből álló inak szakítási szilárdsága pl. 100 kg/cm² keresztmetszet) és nem nyújthatók (maximális megterhelésnél mindössze 1–2‰ a nyúlásuk).

A kollagénrostok finom szerkezetének megértéséhez célszerű a rostok képződési módjából kiindulni. A kollagénrostok alapegysége a 280 nm hosszú és 1,5 nm széles *tropokollagén* molekula. A tropokollagént főleg fibroblastok, osteoblastok és porcsejtek termelik és ürítik az extracelluláris térbe prokollagén formájában. A prokollagén 3 polipeptidláncból (*α-egységek*) és a lánchoz kapcsolódó cukormolekulákból áll. Az *α-egységeket*, amelyek nagyrészt glicint, hidroxiprolint és hidroxilizint tartalmaznak, a sejtek az ergastoplasma ribosomáin szintetizálják. Az ergastoplasma cisternáiban és a Golgi-apparatusban számos poszttranszlációs lépés megy végbe, mely az érett, ürítésre alkalmas prokollagént eredményezi. A prokollagénmolekulák képződésének folyamata jól követhető elektronmikroszkóp alatt ³H-mal jelzett glicinnel – mint láttuk, a kollagén egyik fő alkotórésze – radioautográfias eljárással. 30 perccel az anyag beadása után a radioaktivitás már az aktív rostképző stádiumban levő fibroblastok ergastoplasmájában mutatható ki, 4 óra múlva a sejtek környezetében, és 30 óra után a rostok felületi részében van a radioaktív glicin.



2/20. ábra. Kötőszöveti rostok. A: kollagénrostok (piros) és elasticus rostok (fekete) bőrből (dermis). A képen látható még egy capillaris (c) és egy simaizomsejt-nyaláb (s: m. arrector pili) metszete (Hornowsky-féle festés); B: elasticus rostok (mesenterium, rezorcinfukszin-festés); C: rácsrostok (nyirokcsomó, AgNO₃-impregnáció)



2/21. ábra. Kollagénrost kötegek és az őket körülvevő rácshálózat „scanning” elektronmikroszkópos képe (P. Skaring, Dánia, felvétele, 6000-szeres nagyítás). Világosan felismerhető, hogy a különböző vastagságú kollagénrostok valójában kötegek, amelyek helyenként (nyíl) szétválhatnak; a rácsthálózat elemei nem mutatnak ilyen köteges szerkezetet a tropokollagénvázba bele- és ráakódott anyagok folytán

A kollagénszintézis intracellularisan és extracellularisan folyó eseményekre bontható. A szintézis intracellularis lépései:

1. aminosavak felvétele endocytosis segítségével;
2. a prokollagén három α -láncának szintézise, majd a regisztrációs peptidok lehasítása;
3. prolin és lizin hidroxilációja az ergastoplasmában;
4. glükóziláció során galaktóz és glükózilgalaktóz kapcsolódása hidroxilizinhez;
5. az alfa-láncok feltekeredése egymás köré hármas spirál (tripla helix) formában;
6. prokollagénmolekulák transzportvesiculákba való csomagolása (Golgi-apparatus);
7. prokollagénmolekulák ürítése a sejtekből exocytosis mechanizmusával.

Az extracelluláris térségben a sejtől kikerülő prokollagént a *prokollagén-peptidáz* hasítja, és felszabadítja a *tropokollagént*. Végül a tropokollagénmolekulák polimerizációja révén egyre vastagodó kollagén rostkötegek alakulnak ki. Az α -egységek aminosavösszetétele szerint ma már több mint egy tucat (I–XIII) kollagénmolekulát ismerünk és különítünk el. Ezek közül az I., a II., a III., az V. és a XI. típusú tropokollagénmolekulák rostokat képeznek. Az I. típusú kollagénmolekulákból épülnek fel a bőrben, csontokban, inakban, a dentinállományban és a szaruhártyában előforduló vastag rostok. A porcalapállomány vékonyabb rostjai a II. típusú, míg a még finomabb rácsrostok III. típusú kollagénmolekulákból szerveződnek.

A tropokollagénmolekulák polimerizációja kollagénrostokká azonnal megindul, mihelyt a sejt környezetével – esetleg éppen egy sejt felületéhez tapadó anyaggal – érintkezésbe kerül. E kezdődő polimerizálódásban levő kezdetleges kötegfragmentumok vagy hozzátapadnak a közelben levő, már meglévő, nagyobb kollagénkötegek felületéhez, és azokat a ráakódással (*appozicionálisan*) növelik, vagy ha ilyenek még nincsenek, maguk fokozatosan összeállnak mind nagyobbodó kötegekké.

Elektronmikroszkópos képen jellemző a kollagénrostok 64 nm fő és ezen belül több alperiódussal bíró harántcsikolata (**2/22. ábra**). Létrejöttét a párhuzamosan rendezett 280 nm hosszúságú molekulákból úgy magyarázzák, hogy az egymás hosszában elhelyezett tropokollagénmolekulák között mindig egy fél periódus marad üresen. Ha most a 2/22. ábra jobb oldalán látható séma szerint lépcsőzetesen rendezve képzeljük a tropokollagénláncokat, $4 + 1/2$ periódust átfogva ($4,5 \times 64 = 288$), akkor megközelítőleg kijön a fő periódus. A molekulaátfedési hiányokkal bíró fél periódus elektronmikroszkópban világosabb, negatív festéssel sötétebb, mint a teljes molekulaátfedésű periódusszakasz. Ez érthető, hiszen az átfedési hiányokat tartalmazó fél periódus a teljes átfedésével szemben anyaghiányokat tartalmaz, amelybe a festőanyag beépül.

A kollagénrostok szétbontását a *kollagenáz* enzim végzi. Támadáspontja az α -egységek karboxilvégcsoportja körül található. A kollagénrostok elbontásának a szövet-újraképződési (regenerációs) folyamatokban van jelentősége (pl. sebgyógyulás). Egyes baktériumok is termelnek kollagenázt. Ebben az esetben a kollagénrostok enzimatis pusztítása a baktérium behatolóképeségét (invazív képesség) fokozza.

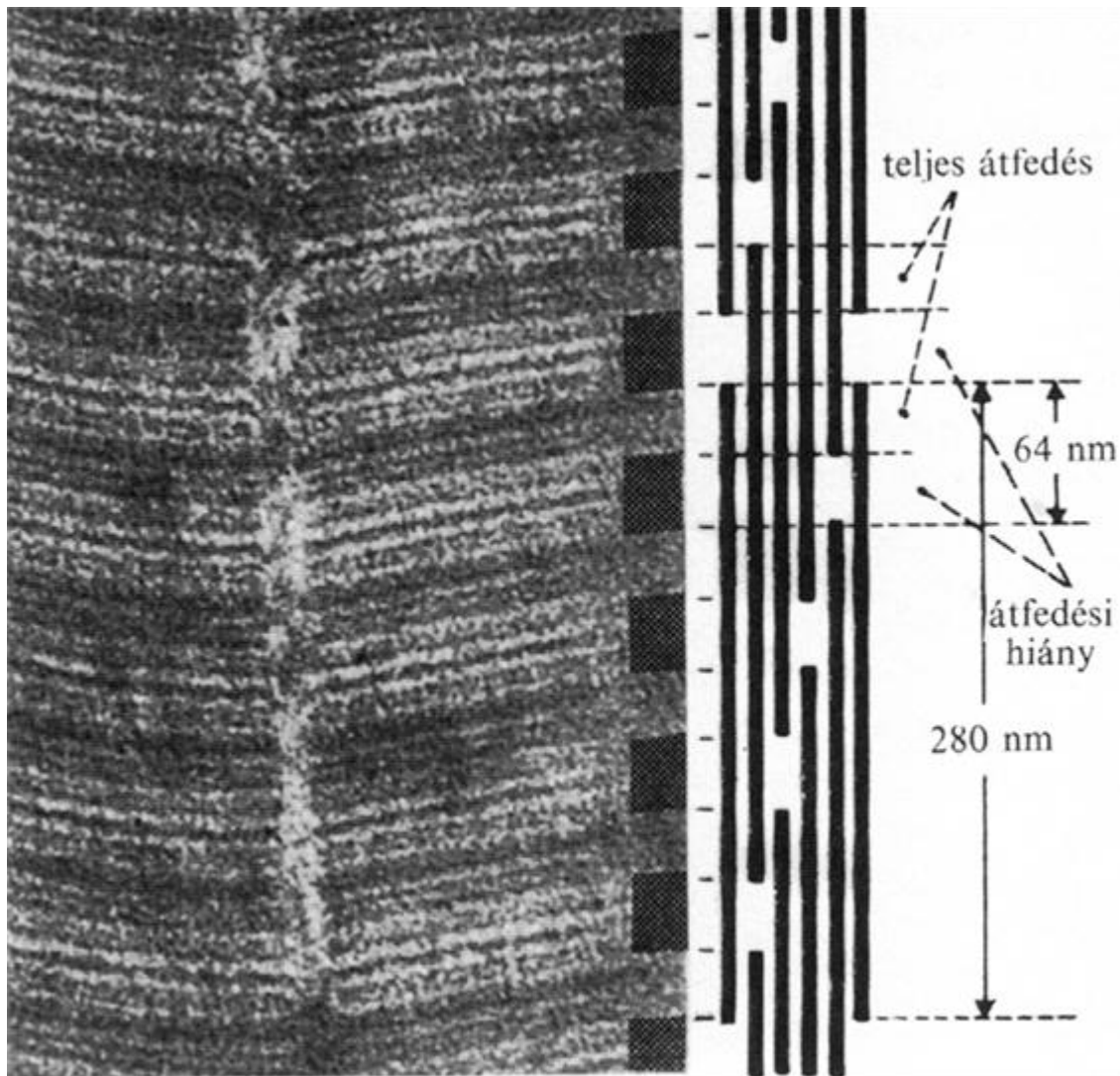
A kollagénrostok képződésénél zavar támadhat a prokollagén szintézisének C-vitamin és vasionok hiánya miatt, valamint a tropokollagénmolekulák polimerizációjában.

A masszív rostokat nem képző egyéb tropokollagénmolekulák számos szervben megtalálhatók különféle formációkban. A IV. típusú kollagénmolekulák dimerekké szerveződve vékony polygonális térhálót alakítanak ki, melyek a lemezeit fa mintájára több réteget alkotva válnak a *membrana basalis* alkotórészévé. Kötőszöveti sejtek mellett hámsejtek is termelik. A basalis membrán horgonyzó rostocskáit VII. típusú kollagén alkotja.

Rugalmas (*elasticus*) rostok. A kollagénrostokkal ellentétben a rugalmas rostok fénymikroszkópos nagyságrendben nem kötegek, hanem különböző vastagságú, erős fénytörésű, egynemű, gyakran elágazó, hullámos, vagy sokszor rugószerűen felcsavarodott fonalak (2/20B ábra), melyek jellegzetes hálószerű struktúrát alkotnak. Főzéssel vagy egyéb nem roncsoló vegyi kezeléssel nem oldhatók. Fizikai tulajdonságaik nevének megfelelőek. Maximális terheléssel eredeti hosszuk 150%-ára nyújthatók ki, eleresztve gumyszerűen visszaugranak eredeti hosszúságukra. Szakítási szilárdságuk viszont a kollagénrostokénak alig egyharmada.

Szöveti festési reakcióik: specifikusan festődnek orcein nevű festékkel barnára, rezorcín-fukszinnal acélkékre (2/20A ábra).

Úgy tűnik, hogy a rugalmas rostok két komponensből állnak: egy hidrofób fehérjéből (*elasztin*) és glikoprotein természetű *fibrillin* alkotta mikrofibrillumokból (8–12 nm). A komponenseket fibroblastok és simaizomsejtek termelik. A kollagénrostok képződési mechanizmusához hasonlóan a rugalmas rost alapegysége a *tropoelasztin*. A sejtekből kikerülve a tropoelasztin molekulák oldalirányú kötésekkel egymáshoz kapcsolódva alkotják a rugalmas *elasztint*. Amikrofibrillumok egymással többszörösen összekapcsolódva vékony rétegben beborítják a rost nagy részét adó elasztint (**2/23. ábra**). Valószínűleg az elasztin polimerizációját is elősegítik.



2/22. ábra. Kollagénrostok periodikus szerkezete és ennek a molekuláris elrendeződés alapján való magyarázata. A kép bal oldalán látható erős nagyítású (250 000-szeres) elektronmikroszkópos képen (Zs. Nagy I. felvétele) a kollagén 64 nm hosszúságú fő és ezen belül több alperiódust mutat. A főperiódus valamivel nagyobb felét közönséges elektronmikroszkópos képen világosabb, kisebbik felét sötétebb szerkezet adja. Negatív festésnél – amelyet e fénykép jobb részén mesterséges árnyékolással utánoztunk – a „festék” a világosabb, tehát a sötéttel szemben anyaghiányos részben rakódik be. A 280 nm hosszúságú tropokollagénmolekulákból ez a periódus úgy jöhet létre (jobb oldalt), ha ezeket lépcsőzetesen egy-egy fél periódus kihagyásával rendeződve képzeljük el. Így váltakozva olyan fél periódusok jönnek létre, melyekben a tropokollagénmolekulák teljes átfedésben vannak, és olyan fél periódusok, amelyekben minden öt párhuzamos molekulalánc között egyben hiány van. Ez a világos fél periódus, amelybe a negatív festésnél a „festőanyag” belerakódik

Elasticus típusú arteriák falszerkezetének középső részében (*tunica media*) az elasztin lemezekké szövődik, melyek koncentrikusan egymás köré rendeződnek. A mikrofibrillumok hiánya kedvez a lap szerinti polimerizációnak. Az elasticus lemezhangerek elasztinalkotóját e helyütt izomsejtek szintetizálják.

A kollagén, elasztin, és fibrillin mellett a *fibronectin* nevű glikoprotein is képes mikrorostot eredményező polimerizációra az extracelluláris térségben. Az utóbbi kollagénrostokhoz, heparinhoz és sejtmembránok felületi receptoraihoz kötődik.

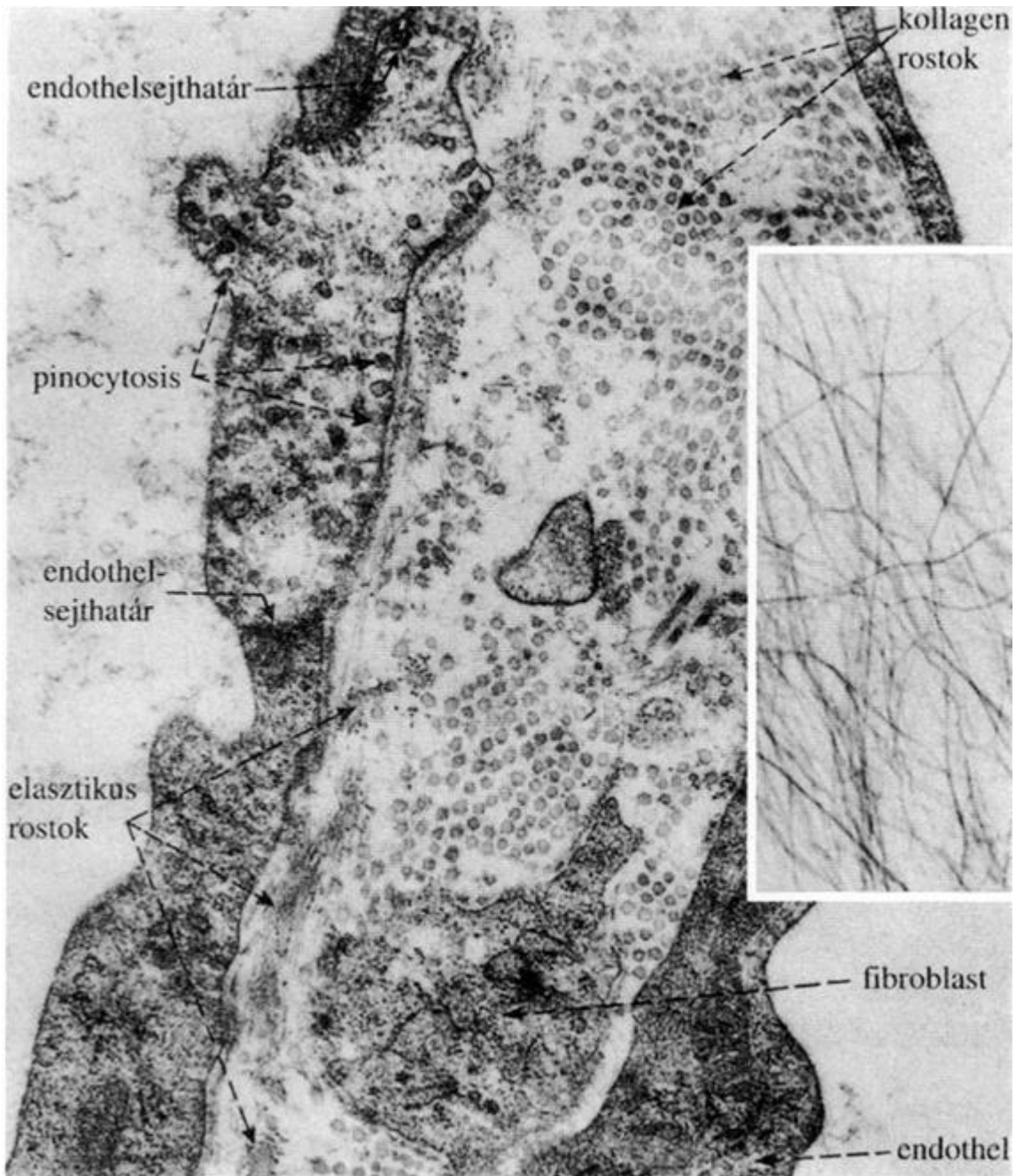
A rugalmas rostok szerkezetének elemzésében magyar kutatóknak volt jelentős érdemük. *Banga Ilona* és *Baló József* a hasnyálmirigyből izoláltak egy fermentumot – elasztáz –, amely specifikusan oldja (emésztí) a rugalmas rostokat. E fermentum segítségével, a rostok lebontási folyamatának lépésenkénti polarizációs optikai elemzésével *Romhányi György* a rugalmas rostok felépítésének és a korral bekövetkező elváltozásainak több kérdését tisztázta.

Rácsrostok (*reticularis rostok*). Arácsrostok sejtűsőbb szövetek mikrovázát képezik. Egymással változatosan összefüggő finom fonalak (0,5–2,0 µm), amelyek jellemző módon ezüstimpregnációval tüntethetők fel. Innen régi nevük: *argyrophil* (ezüstöt kedvelő) *rostok*. A rács- vagy reticularis rostrendszer kifejezés a rostok rácsos, szivacsos szerkezetéből ered (2/20C ábra). Elektronmikroszkóppal a rácsrostok a kollagénkötegek jellemző periodicitását mutatják, bennük III.típusú kollagénmolekulákat találunk. A kollagénrostoktól eltérően azonban főzéssel nem oldhatók, és a szénhidrátokra jellemző *PAS-reakciót* adják, amelyet a rendes kollagén nem ad. Valószínűleg szénhidrátok (hexóz) mellett még lipoidok is beépülnek a rácsrostokba.

PAS = perjódsvav + Schiff-reakció. Lényege, hogy a glükóz – CHOH–CHOH-csoportjait vagy a glikoproteinek hexózainak – CHOH–CHNH-csoportjait a perjódsvav aldehiddé (–CHO) oxidálja. Ezeket mutatják ki egy régen ismert aldehidreakcióval, a Schiff-reagenssel, amely kénessavval szintelenített bázikus fukszin. Aldehidekkel oldhatatlan magentavörös festéket képez.

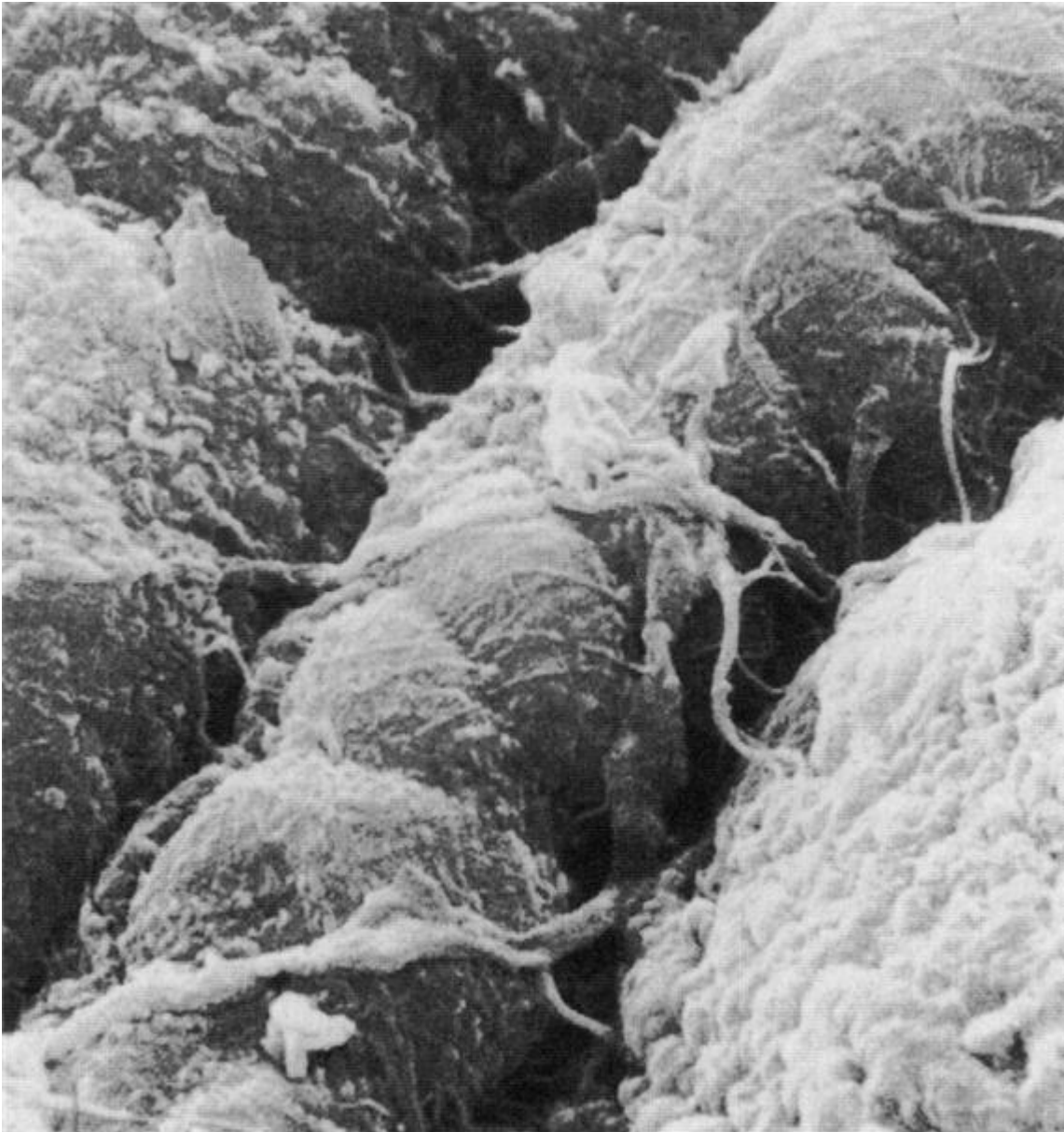
A rácsrostoszerkezet szövetenként igen változó. Izomrostokat, mirigyvégkamrákat vagy mirigycsöveket, a legkülönbözőbb fajta sejtcsoportokat változó sűrűségű, néha egészen sűrű harisnyához hasonló szövetekkel vesz körül. A vérképző (vörös csontvelő, lép, nyirokcsomó) és egyes parenchymás szervek (máj, endocrin szervek) alapvázát is reticularis rostok erősítik. Ugyancsak körülveszi a hajszálerek endothel falát (**2/24. ábra**), és egységes lemezt képez a hámrétegek alapja mentén (*lamina reticularis*).

Ezeket a többé-kevésbé egységes argyrophil rétegeket a fénymikroszkópos szinten *membrana basalis*nak nevezték el. Argyrophil jellegük és PAS-pozitivitásuk alapján azt hitték, hogy a membrana basalis egésze kötőszöveti eredetű. Immunhisztológiai vizsgálatok szerint azonban a membrana basalisok fő komponensei mindig az általuk határolt hám- vagy egyéb sejtréteg fehérjeszerkezetével rokon jellegűek, tehát minden bizonnyal az illető sejtek termékei. Az elektronmikroszkópos és a fénymikroszkópos kép között is ellentét van, mert a sejteket körülvevő elektronmikroszkópos lamina basalis maga nem mutat kollagénperiodicitásra utaló jeleket, de ettől függetlenül is jóval vékonyabb (30–100 nm), mint a fénymikroszkópos membrana basalis, amelynek vastagsága 200 nm (0,2 µm) körüli. Ezt a látszólagos ellentétet próbáljuk megmagyarázni a **2/25.** hipotetikus sémás **ábrával**. Ezen elképzelés szerint a fénymikroszkópos membrana basalis két részből: az elektronmikroszkópos lamina basalisból és a kötőszöveti tér felől hozzacsatlakozó rácsrostos szerkezetből áll (vö. a 2/24. ábrával).

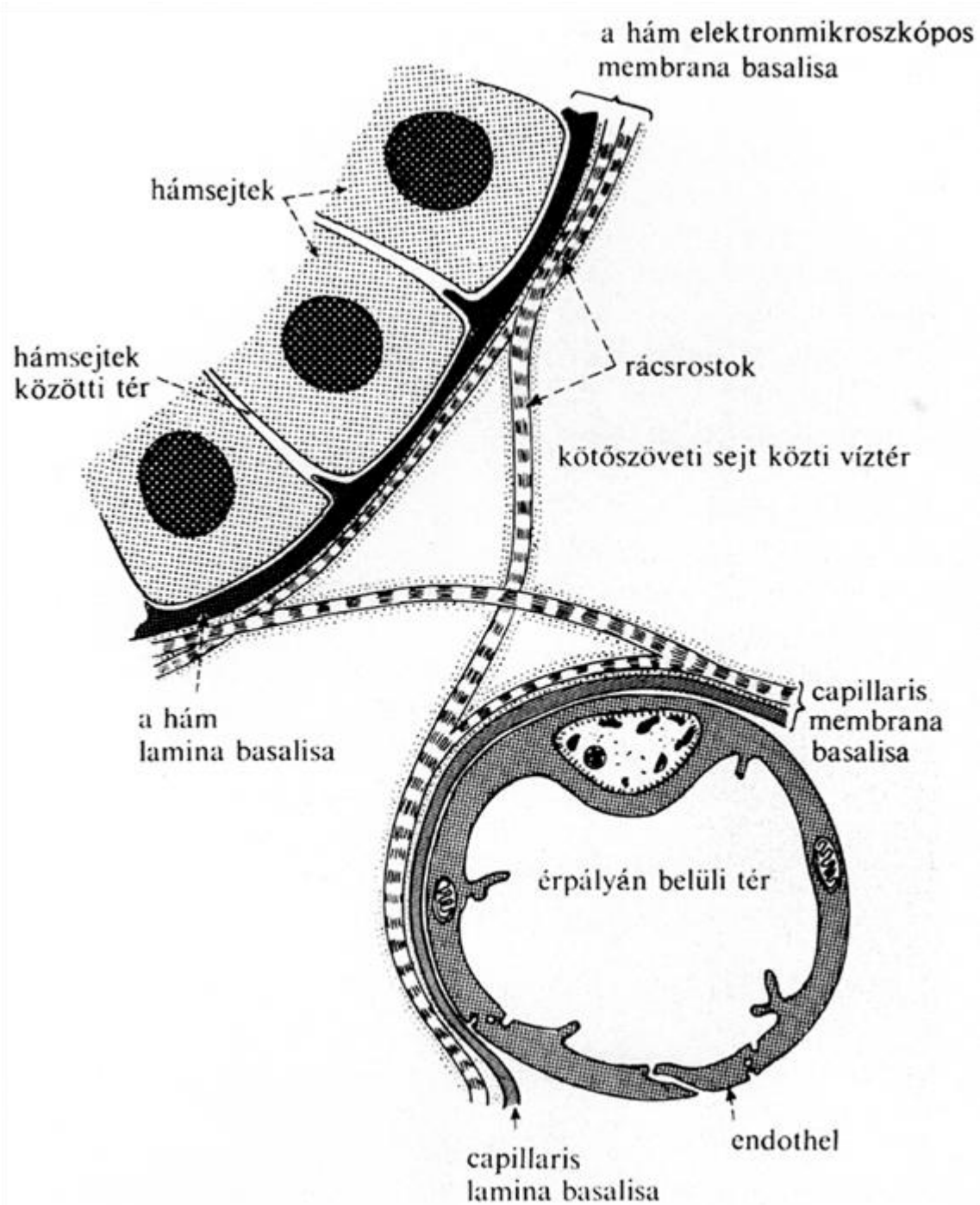


2/23. ábra. Elasticus rostok szerkezete. A jobb oldali képzetét elasticus rosthálózat fénymikroszkópos képét mutatja. Az ábra fő része nyirokér billentyűlemezőnek elektronmikroszkópi képe. Ezt kétfelől endothelsejtek határolják. A közbülső kötőszöveti lemezben kollagén- és elasticus rostok keresztmetszetei (helyenként ferde átmetszetei) láthatók

A lamina basalis és az azt termelő sejt között a korábban már említett *lamina lucida* helyezkedik el.



2/24. ábra. Mirigyvégkamrák (balra fent és jobbra lent) között futó capillaris és az azt körülvevő rácshálózat „scanning” elektronmikroszkópos képe (P. Skaring, Dánia, felvétele, 8000-szeres nagyítás). A capillaris falán áttűnnek a benne levő, autókerekre emlékeztető idomú vörösvértestek, a durvább rostok környezetéhez mintegy „lehorganyozzák” a hajszáleret



2/25. ábra. Elektronmikroszkópos nagyságrendi séma az érpályán belüli tér, a kötőszöveti sejt közötti víztér, a hámsejtek közötti terek és a sejtcsoportokat vagy sejtrétegeket (capillarisokat) körülvevő fénymikroszkópos membrana basalisok (lamina basalis + rácsrostok), valamint az elektronmikroszkópos lamina basalisok magyarázatára

Kötőszöveti alapállomány

A kötőszöveti sejtek és rostok közti teret viscosus, extracellularis matrixanyag (*amorph alapállomány*, *rost* vagy *sejt közötti alapállomány*) tölti ki, amelynek a szerkezetét egymáshoz kapcsolt terjedelmes molekulákból kialakuló vázrendszer biztosítja. Az alapállomány glikoproteineket, glükózaminoglikánokat, proteoglikánokat tartalmaz, melyek biztosítják a kötőszöveti sejtek és rostok egymással való kapcsolódását és egy jelentős volumenű extracellularis kötött víztér kialakulását.

Glükoproteinek. A glükoproteinek fehérjévből, valamint az ehhez kapcsolódó oligoszacharidláncokból épülnek fel. Az oligoszacharid-oldalláncok monoszacharidjait PAS-reakcióval tudjuk kimutatni.

A glükoproteinek közé tartoznak az ún. *nektin* molekulák. Ezek a sejthártyát kötik a sejt közvetlen környezetében előforduló kollagénhez. Legismertebb képviselőjük a *fibronektin*. Elsősorban kötőszöveti sejtek körül fordul elő. Ismeretes a plasmákban keringő formája is. A *laminin* hámsejtek terméke, a lamina basalisokban fordul elő. A *chondronektin* a porcsejtek sejthártyáját kapcsolja II. típusú kollagénmolekulákhoz.

Glükózaminoglikánok. A *glükózaminoglikánok* (GAG, régi nevükön *savanyú mukopoliszacharidok*) többségének ismétlődő diszacharidegységei egy karboxilcsoportot tartalmazó hexuronsavból (glukuronsav vagy iduronsav) és egy vagy több szulfátcsoportot tartalmazó hexózaminból (glukózamin vagy galaktózamin) épül fel. Lényegében lineáris poliszacharidok. A GAG-molekulák tehát a szerkezet anionos (negatív) töltésekben leggazdagabb makromolekulái. Polianionkarakterük magyarázza számos funkciójukat, így a vízkötést, valamint kölcsönhatásukat mikrokationokkal (pl. Na^+ , Ca^{2+}) és a polikationokkal (pl. kollagén). A GAG-molekulák jelentős vízkötő kapacitását szemlélteti az alábbi adat: 1 g hialuronsav 10-10 ml vizet tud megkötni.

A GAG-molekulák kimutatására használt egyik legrégebbi és ma is használt hisztokémiai reakció, a metakromáziás festés is a polianionos GAG-molekulák jelentős mértékű kationkötő képességén alapszik. A metakromázia jelenségét úgy magyarázzuk, hogy a GAG-molekulák negatív csoportjai által megkötött kationos festékmolekulák (pl. toluidinkék) a GAG-ok negatív csoportjainak egymáshoz való közelsége miatt egymással is kölcsönhatásba lépnek, egymással rendezett szerkezetű aggregátumot képeznek. Az aggregátum színe eltér a festékmonomerek színétől. Metakromáziás festési reakciók polarizációs mikroszkópos elemzése alapján *Romhányi György* mutatott rá először arra, hogy a GAG-molekulák a kollagénrostok mentén rendezettek.

Legfontosabb GAG-molekulák, zárójelben néhány jellegzetes előfordulási helyük: *hialuronsav* (embryonalis kötőszövet, üvegtest, köldökzsinór, bőr, érfal, porc), *kondroitin-4- és kondroitin-6-szulfát* (porc, csont, bőr, érfal), *dermatán-szulfát* (bőr, ín), *keratán-szulfát* (porc, szaruhártya), *heparán-szulfát* (csaknem minden sejt hártájához kapcsolva), *heparin* (hízósejtek, basophil granulocyták szemcséi).

A GAG-ok a *hialuronsav* kivételével fehérjéhez kötve mint *proteoglikánok* vannak jelen a szövetekben.

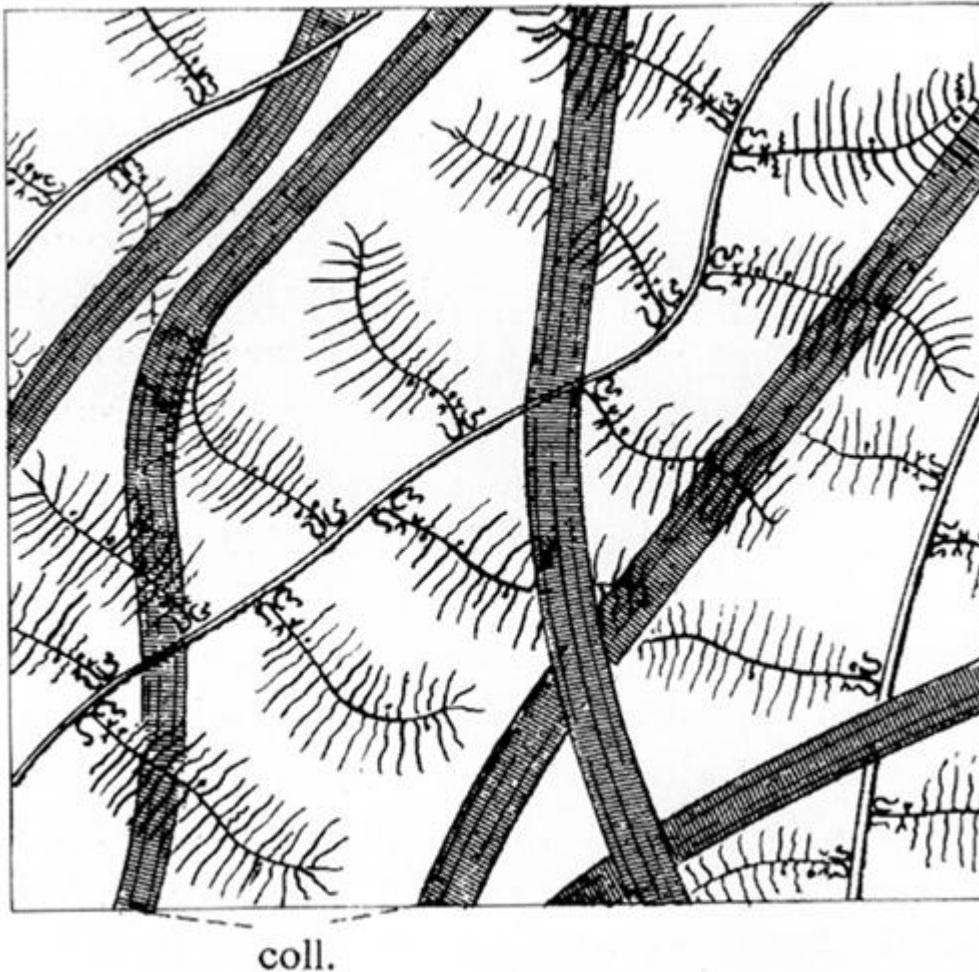
Proteoglikánok. A *proteoglikánok* (PG) 50–300 nm hosszú, lineáris konfigurációjú fehérjéből, s az ehhez kapcsolódó, ugyancsak lineáris GAG-molekulából épülnek fel.

Megjelenésük fenyőgallyacska-hoz hasonlatos, amennyiben a GAG-molekulák túlevelek módján kapcsolódnak kétoldalról a proteintengelyhez. A különféle PG-kben a GAG-molekulák száma változó. Kis PG-molekulákban (pl. corneában, bőrben) 1-2 GAG-oldalláncot, míg nagy PG-kben (pl. porcban) több mint százat találunk. Egyes szövetekben, mint pl. a porcban, a PG-k ún. aggregátumokat képeznek. Az aggregátumok a sejten kívül jönnek létre olyan módon, hogy egy többmillió molekulatömegű, hosszú hialuronsav számos (20–50) PG-t köt meg egy kapcsoló fehérje segítségével (**2/26. ábra**).

A kollagénrostok között elhelyezkedő, erősen hidratált PG-k biztosítják a kötőszövet nyomással szembeni rugalmasságát, turgorát. Az öregedés során csökken az alapállomány PG-tartalma, így csökken annak víztartalma, és ezáltal a kötőszövet rugalmassága is.

A kötőszövet sejtjei – főleg fibroblastok, porcsejtek – a proteoglikánegységeket a prokollagénmolekulához hasonló mechanizmussal állítják elő. A központi fehérjeszál összeállítása az endoplasmás reticulumban történik meg. A különböző glükózaminoglikán-molekulák hozzákötése is itt kezdődik, és a Golgi-rendszerben fejeződik be. A sejtől a proteoglikánegységek kerülnek ki, a további polimerizáció már a sejt közötti térben zajlik le.

A kötőszöveti alapállomány szerepe abban van, hogy bizonyos mennyiségű vizet megkötni nem tökéletesen megalvadt, híg, kocsonyaszerű, azaz erősen viszkózus anyagot képez. Ebbe vannak beágyazva a kötőszövet rostjai és sejtjei. Ez a viszkózus, félig folyékony, félig kocsonyaszerű anyag bizonyos mértékig akadályozza a sejt közötti folyadék (ti. víz és a benne oldott kisebb molekulák) szabad mozgását.



2/26. ábra. Proteoglikán aggregátum vázlata. Az aggregátum tengelyét egy hialuronsav-molekula képezi. Ehhez kapcsolódnak a kémcsőmosó kefe alakú PG-ok globuláris végeikkel. A hialuronsav-PG-kötést kisebb méretű fehérjék stabilizálják. A PG-ok GAG-oldalláncai a molekula fehérjetengelyére merőlegesen orientáltak. A PG-aggregátumok szomszédságában néhány kollagénfibrillumot (coll.) ábrázoltunk (E. D. Hay nyomán)

A sejt közötti állomány „belső közlekedésének” ez az „akadályozottsága” biológiai szempontból rendkívül jelentős. Képzeld el, mi történne, ha a sejt közötti állomány csak rostokból és a közöttük levő hézagokat kitöltő vizes oldatból állna. Minden oda bejutott oldott vagy vízben szuszpendált szemcsés anyag (pl. baktériumok) szabadon mozogva azonnal szétterjednének az egész szervezetben. A sejt közötti anyag ezt a szabad mozgást megakadályozza, és így minden esetleges káros anyagot vagy hatást lokalizál mindaddig, míg a szervezet egyéb (pl. sejtés) védekező erői nem mobilizálódnak.

Már régebben megfigyelték, hogy egyes szervek szövetkivonataiban vannak ún. *terjesztő faktorok*, amelyek a szövet közti folyadékhoz adva, elősegítik annak mozgását az amorf sejt közötti „kocsonya” ellenére. Ma már tudjuk, hogy ezek a terjesztő faktorok lényeges alkotórésze egy *hialuronidáz* enzim, amelynek fontos biológiai szerepe a sejt közötti folyadék szabadabb mozgásának szükség szerinti előmozdítása.

Sajnos egyes baktériumfélések éppen azzal válnak a szövetekbe behatolóképesé – tehát aktív kórokozóvá –, hogy maguk is termelnek hialuronidázt (lásd a mikrobiológiában), ez tehát részükről alkalmazkodás magasabb rendű élőlényben életképességük (és ezzel parazita szerepük) megőrzésére.

3.4.1. A sejtek közti víztér

A sejtek az őket körülvevő sejthártya által lezárt belső terükben a környezetüktől viszonylagosan független körülményeket tartanak fenn. Anyagszere-mechanizmusaiikkal szelektív módon vesznek fel, illetve adnak le még kisebb molekulájú anyagokat is. A központi idegrendszer kivételével a sejt közti tér (*extracellularis tér*) az individuálisan elrekeszelt sejten belüli térrel szemben (*intracellularis tér*) egységes tér az egész szervezetben.

Mínt hogy az alapszövetek közül egyedül a kötőszövetben van jelentős mennyiségű sejt közti állomány – laza kötőszövetben az össtérfogát 90%-a vagy még nagyobb része –, nem nehéz megérteni, hogy az egész szervezet sejt közti terének túlnyomó része a mindenütt előforduló kötőszöveti térre jut. Mint láttuk, a kötőszöveti sejt közti állomány egy része híg kocsonyaszerű, más része rostos (azaz tömör). A lazább kötőszövetekben a térfogat jelentős része mégis víz, a benne oldott krisztalloidokkal, illetve kis mennyiségben nagyobb, kolloidális állapotban levő molekulákkal (fehérjék). Így logikus az a következtetés is, hogy a szervezet sejt közti víztere = a kötőszövetek vízterével. Ezeket a viszonyokat elektronmikroszkópos nagyságrendben a 2/25. ábra, fénymikroszkópos nagyságrendben a 2/14. ábra magyarázza.

E tény orvosgyakorlati fontossága nem hangsúlyozható eléggé. Az anatómia tárgykörében nem mélyedhetünk el jobban ebben a kérdésben; teljesebb magyarázatot ad az élettan, és a gyakorlati következtetésekre a legkülönbözőbb klinikai tárgyak fognak kitérni: a bel-, a csecsemőgyógyászat, az általános sebészet stb.

A sejtközi víztérben levő oldat eredetéről és a vérpályán belüli folyadéktérrel fennálló kölcsönösségi és egyensúlyi viszonyainak szerkezeti alapjairól itt még korai volna szólnunk. Erre részletesen a nyirokkeringés elvéről írt fejezetben fogunk visszatérni. Itt csupán annyit említünk, hogy bár a központi idegrendszer kivételével az egész szervezet kötőszöveti víztere közös és folyamatosan összefüggő egész, benne a víz és az abban oldott anyagok mozgása mégsem teljesen szabad. Mivel a sejt közötti állomány proteoglikánmolekulái kolloidális rendszert alkotnak, a szövet közötti víz jelentős részét lazán bár, de mégis kötött állapotban tartják. Hasonló módon maguk a kötőszöveti rostok is (főleg a rács- és részben a kollagénrostok is) egyben kolloidálisan duzzadt rendszerek. Az ily módon lekötött víz mozgékonyágát számos tényező szabályozza, amelyek közül jelentős a hialuronidáz mennyisége, és különböző hormonok (elsősorban női sexualhormonok és pajzsmirigy hormonjai).

A szövet közti víz eme részleges kötöttsége (még sokkal inkább a sejten belüli víz kolloidális kötöttsége) a modern biológiának egyik sarkalatos, de egyben vitatott kérdése.⁵

3.5. A kötőszövetek osztályozása

Az eddigiekben mint a kötőszövetek legáltalánosabban előforduló, mintegy prototípusát, a laza rostos kötőszövetet ragadtuk ki. Az alábbi felsorolás mutatja az emberben előforduló kötőszövetfélések egyszerűbb felosztását. E felosztáshoz nem szükséges mereven ragaszkodnunk, annál kevésbé, mert szinte minden tankönyv más felosztást tartalmaz. A lényeg annak megértése, hogy a kötőszöveteket felépítő sejt közötti és sejtes elemek mennyiségi arányai és rendezettségi foka, illetve a rendezettség módja szerint különböztetjük meg őket. A következő kötőszövetfajtákat tárgyaljuk részletesen:

1. éretlen, embryonalis típusú kötőszövet;
2. laza rostos kötőszövet;
3. tömött rostos kötőszövet;
4. elasticus kötőszövet;
5. reticularis kötőszövet;
6. sejtűs kötőszövet;
7. chordoid szövet;
8. zsírszövet.

3.5.1. Éretlen, embryonalis típusú kötőszövet

Minden kötőszövet öse, mint láttuk, az embryo korai mesenchymája, azaz csillag alakú sejtek laza hálózata, mely higan kocsonyás, nagyobbára amorf, sejt közti állományban van mintegy felfüggesztve, vagyis az **éretlen, embryonalis típusú kötőszövet**. A felnőtt szervezetben ilyen kötőszövet nemigen fordul elő, kivéve állítólag a

⁵ Ernst Jenő és mtsai elemezték ezt a problémát, bár nem a szövet közti vízre, hanem az izomsejten belüli vízre vonatkozóan. Ott persze – a sejt plasmája aránylag koncentrált fehérjeoldat lévén – ez a jelenség sokkal határozottabb. De – mutatis mutandis – ezek a tények, ha sokkal kisebb mértékben is, de elvileg hasonlóan a szövet közti tér vízére is vonatkoznak (Ernst J.: Bevezetés a biofizikába. Akadémiai Kiadó, 1967.)

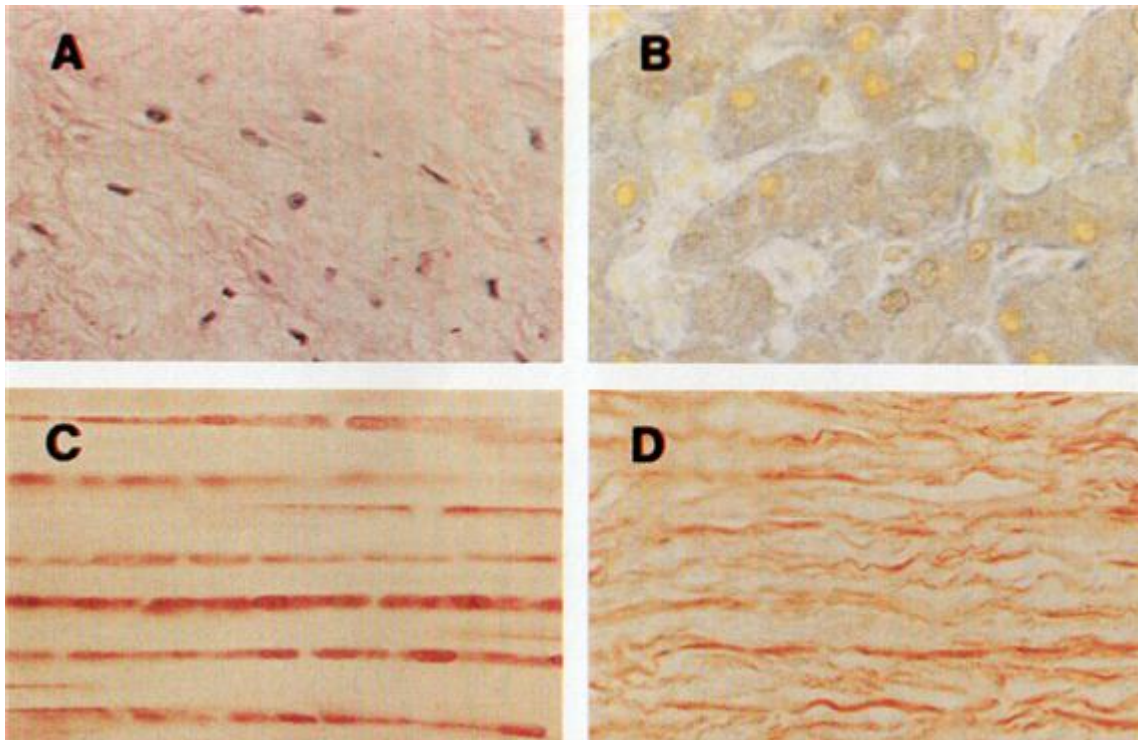
szívbillentyűk erős, kettős rostos rétege közti keskeny hézagban. Rövid időre a szervezetben keletkezett folytonossági hiányok (sebek) gyógyulása kapcsán a megszakított szövetek közé bevándorló kötőszöveti elemek – az ún. *sarjszövet* – ilyen embrionális típusú szövetet képeznek. Ennek oka részben, hogy ezekre a helyekre főleg differenciálatlan mesenchyma sejtek vándorolnak be, részben azonban az, hogy a sebszélek már differenciált kötőszöveti sejtjei ilyenkor visszafiatalodnak. Ez az állapot csak néhány napig tart, mert a gyorsan meginduló rostképzés hamarosan tömörebb, rostos kötőszövvé alakítja át a sarjszövetet: ún. hegyszövet keletkezik.

Orvosgyakorlati fontosságú éretlen kötőszövet a magzat köldökzsinórjának ún. kocsonyás kötőszöve (*Wharton-féle kocsonya*). Ez korai magzatban még csaknem rostmentes, tisztán sejt közti állománnyal bíró embrionális mesenchymalis szövet. Idősebb magzatban és főleg a terhesség vége felé azonban a rostképződés már jelentékeny (**2/27A ábra**), habár a kocsonyás, sejt közti állomány marad mindvégig előtérben. A kocsonyás kötőszövet fontos mechanikai szerepet tölt be a köldökerek megtörés, összenyomás, megcsomózás stb. elleni védelmében. A sejt közti állomány rendkívül gyorsan szárad ki a születés után, minek következtében az újszülött köldökzsinórcsonkja 1-2 nap alatt mumifikálódik, ami fontos védelem a köldök fertőződésével szemben.

3.5.2. Laza rostos kötőszövet

A **laza rostos kötőszövet** a szervezetben szinte mindenütt előforduló, minden más szövet és szerv közé, sőt szervbe (a szerveket ellátó erek és idegek mentén) behatoló, hézagpótló, összetartó, rögzítő, egységbe fogó, részleteiben nem nagyon feltűnő, de egészében igen jelentős tömeget képviselő állománya a magasabb rendű állati szervezetnek. A szervek preparációjakor (elválasztásukkor) szivacsosan rendezett szálak közt mutatkozó, levegővel megtelepülő rekeszei folytán régebben „cellularis szövetnek” nevezték.

A laza rostos kötőszövet szerkezetével részletesen foglalkoztunk az előző fejezetekben. Itt olyan kötőszövetféléseket ismertetünk, amelyek átmenetet jelentenek a laza és a tömött rostos kötőszövetek között.



2/27. ábra. Kötőszöveti típusok. A: éretlen, embrionális kötőszövet (köldökzsinór); B: mirigysejteket körülvevő laza rostos kötőszövet (interstitium májból, Mallory-festés, a kötőszövet kékre festődik; C: tömött kötőszövet (in); D: rugalmas rostos kötőszövet (aortafal, orcein festés)

A laza rostos kötőszövetet az előzőekben úgy definiáltuk, hogy rostjai nem mutatnak valamilyen határozott rendezettséget. Ez a laza kötőszövet egészére sem egészen igaz, mert nagy vonalakban a laza kötőszövet rostjai sem teljesen összevissza, azaz teljesen véletlenszerűen helyezkednek el. Még a mechanikailag legközböbsebb

területen is vannak bizonyos kitüntetett irányok, amelyekben inkább előfordulnak feszülések, és a rostok ilyen irányokban rendeződnek.

Ama általános funkcióval kapcsolatban, hogy más szöveteknek, illetve szerveknek az összetartó vázát képezi, a kötőszövet számtalan, többé-kevésbé tömött elrendezésben fordulhat elő. Mirigyekben a hámcsoveket és végkamrákat körülvevő kötőszövet méhlépszerű cső- és tokrendszert alkot, amelyek apróbb egységeit nagyobb sövetrendszer és a külső tok fogja egybe (2/27B ábra). A különböző szervekben ez a kötőszöveti sövetrendszer (*interstitium*) rendkívül változó formában jelentkezik. Így vannak egységes kötőszöveti lemezek, amelyek lehetnek egészen tömöttek, pl. fasciák (izompólyák); savóshártya-kettőzetek, amelyek mechanikai igénybevételük szerint lehetnek vékonyak és egységesek vagy horgolt hálószerkezetek (pl. a csepleszben). Más szövetek méhlépszerű mikrovázát alkotó kötőszövet képezhet csőrendszereket, mint pl. a környéki idegekben és izmokban, ahol a peri- és endoneurium, illetve peri- és endomysium csőszert, szabad tereiben futnak az ideg- vagy izomrostok. Más esetekben, főleg mirigyekben és sejtermelő szervekben, a kötőszövet nem annyira csöveket, mint inkább kisebb kamrákat hagy szabadon, de az elvi szerkezet mindig ugyanaz: a kötőszövet képezi a mechanikus szerepű és ereket odaszállító vázát alkotó szivacsot, melynek hézagaiban helyezkednek el a szövet vagy szerv specifikus működésű sejtjei (*parenchymasejt*).

3.5.3. Tömött rostos kötőszövet

A **tömött rostos kötőszövetek** legtömörebb és egyben legrendezettebb formája az izmok ináiban fordul elő. Az *ínszövet* ezért szinte prototípusa a tömött kötőszövetnek. Nagy, oszlopszerű kollagénekötegek alkotják, amelyek az izom belső kötőszöveti vázából alakulnak ki, és az izomrostok végénél hirtelen megerősödve folyamatosan haladnak az inak csonton való tapadásáig. A hengerded, vastos kollagénrost kötegek között hosszanti vajúlatú, hasáb alakú terek maradnak fenn. E tereket töltik ki az **ínsejtek** (*tendocyták*; 2/21C ábra). Ezek kifejlett szerkezetben valójában inaktív állapotban levő fibrocyták. Csak akkor aktivizálódnak, ha pl. az illető intenzív tréningbe kezd, és izmai megerősödve, nagyobb húzást gyakorolnak az ínra, vagy még inkább, ha az ín megsérül. Ilyenkor új kollagénrost anyag képződik.

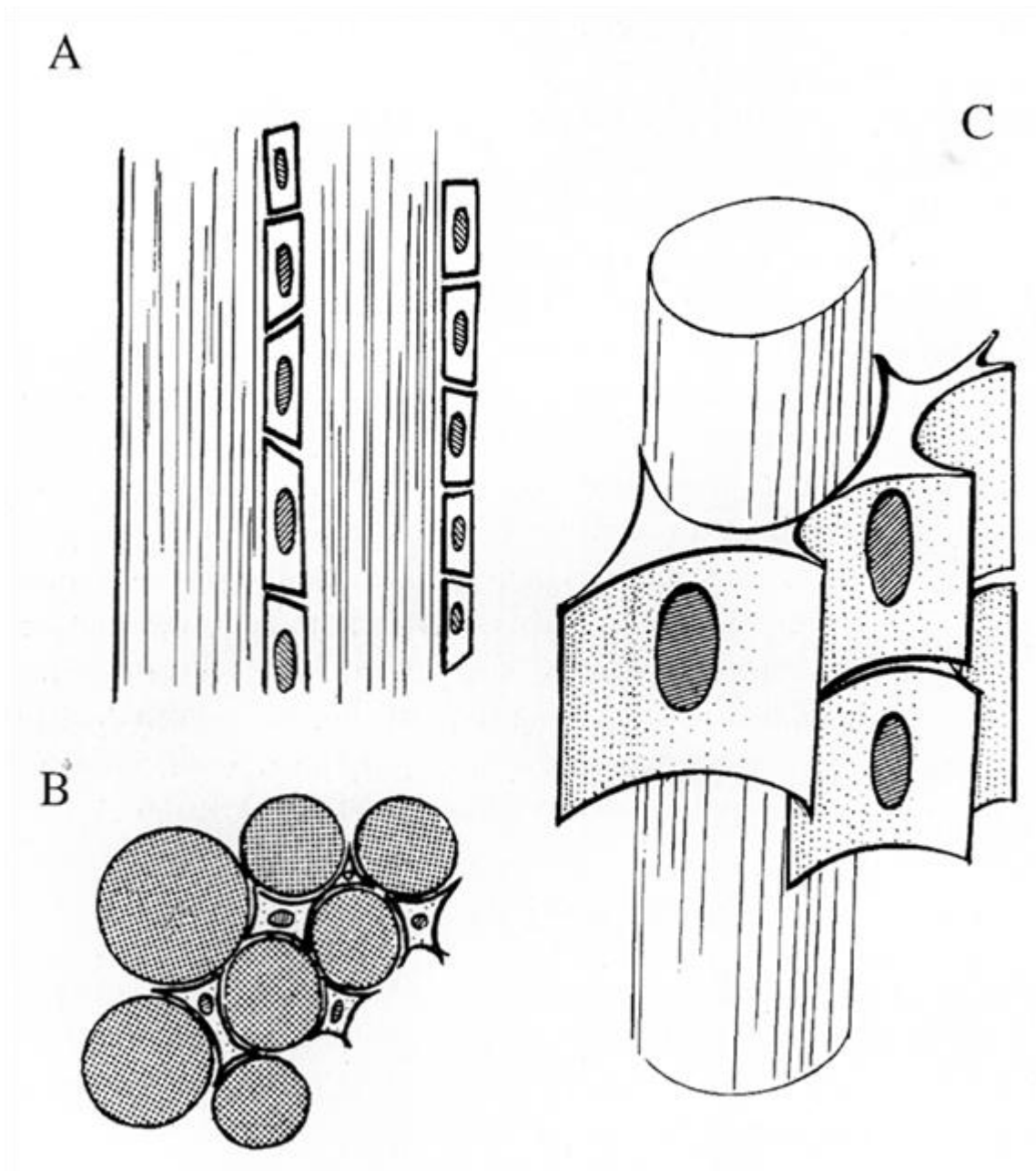
Az ínsejtek tökéletesen kitöltik a kollagén oszlopok között szabadon maradó teret, alakjuk tehát két végén levágott rövidebb hasáb; a levágott felszínnel fekszenek hozzá két szomszédjukhoz. Festődésük gyér, felületük a kollagén oszlopok folytán hosszant kivájt, széleik finoman elvékonyodott lemezekké nyúlnak ki. Magvuk elnyújtott, pálcikaszerű képződmény kihegyezett végekkel (2/28. ábra).

Lényegileg ugyanilyen szerkezetűek az ízületi szalagok azzal a különbséggel, hogy az inaknál kevésbé szigorúan rendezett szerkezetűek, és nemcsak kollagén, hanem elasticus rostokat is tartalmaznak. Egyes helyeken, ahol több szalag szövődik össze – pl. az ízületi tokban – mikroszkópos készítményben a rostkötegek összevissza látszanak futni; ekkor szólhatunk rendezetlen, rostos kötőszövetről. A valóságban természetesen nem rendezetlenek, hanem inkább csak nem nyilvánvaló rendezettségűek.

3.5.4. Elasticus kötőszövet

Az ízületi szalagok kollagénrostokon kívül nagy mennyiségű elasticus rostot is tartalmazhatnak, s ebben az esetben beszélünk **elasticus kötőszövet**ről. Ilyenkor a szalag már makroszkóposan is sárgás színű (*lig. flavum*, *lig. nuchae*). Szövetteni metszeten az elasticus rostok vastagok, párhuzamosan rendezetten helyezkednek el vagy hálózatot formálnak. Közöttük kollagénrostok és fibroblastok találhatók.

Az elasticus kötőszövet megjelenik membránok formájában is (2/27D ábra). Ilyenek főleg a nagy arteriák falában fordulnak elő mint hullámos és lyukas lemezek (*fenestrált membránok*). Létrejöttüket úgy lehet elképzelni, hogy elasticus rostok ruhaszövethez hasonló szövédéket képeznek, amelybe további elasztin ivódik be, és a szövédéket, a nagyobb hézagok kivételével, egységes lemezzé impregnálja. Az elasticus membránok nyílásai az érfal táplálkozását szolgálják (részletesebben lásd az erek szerkezetét).



2/28. ábra. Ínszövet szerkezete sémásan. A: hosszmetset; oszlopszerű kollagénrost kötegek hézagait ínsejtek (fibrocyták) sorai töltik ki, melyeket haránt vagy kissé ferde síkú sejt közti hézagok választanak el egymástól. B: keresztmetset és C: térbeli séma mutatja az ínsejtek valódi alakját

3.5.5. Reticularis kötőszövet

A vérképző és a lymphaticus szervek mikrovázát **reticularis kötőszövet** képezi. Nyúlványos kötőszöveti sejtek (*reticulumsejtek*) egymással összekapaszkodva egy bonyolult térhálót alakítanak ki. A sejtek által termelt rácsrostok – követve a sejtek vonulatát –, ugyancsak hálószerűen szerveződnek. Így tulajdonképpen egy üreges, szivacsos szövet (**2/29A ábra**) alakul ki, amelynek hézagait azonban nem tölti ki teljesen a sejt közötti állomány. A fennmaradó rekeszelt „sinusterekbe” specifikus vérsejtképző vagy lymphaticus sejtek csoportjai ékelődnek.

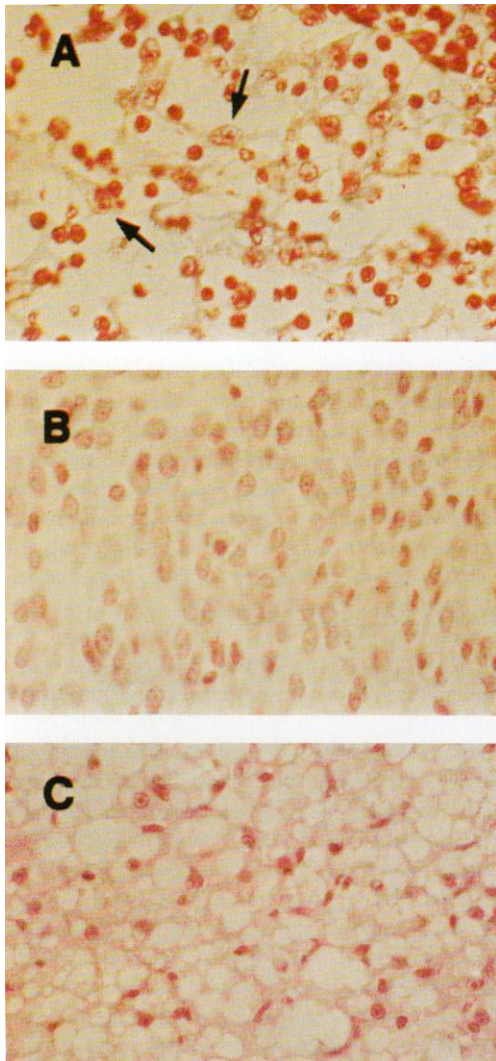
3.5.6. Sejtdús kötőszövet

Vannak kötőszövetek, amelyekben a sejt közti állomány háttérbe szorul a sok sejt mellett; ezeket logikusan **sejtdús kötőszövetek**nek nevezzük. Mégis felismerhetők és megkülönböztethetők a hámszövetektől azáltal, hogy kevés finom rostot tartalmazó sejt közti állomány mindig található a sejtek között.

Ilyen sejtű kötőszövetet találunk a petefészekben és a méhnyálkahártya kötőszöveti rétegében (2/29B ábra). Mint később a nemi szervek leírásában meglátjuk, egyáltalán nem véletlen, hogy itt sejtű kötőszövetek fordulnak elő. E sejtek hormonális hatásokra átalakulhatnak szekernáló, tehát anyagokat szintetizáló és ürítő sejtekké, s ennek megfelelően hámsejtjellegűt vesznek fel – epitheloid sejtekké alakulnak – bizonyos funkciók érdekében. Ezt láttuk a méhnyálkahártya ún. deciduális reakciójában is. Kötőszövetnek természetesen csak addig nevezzük őket, míg megtartják általános kötőszöveti sejtalakjukat; specifikus átalakulásuk után a megfelelő specifikus sejt- vagy szövettípusnak nevezzük őket.

3.5.7. Chordoid szövet

A kötő- és támasztószövetek közti átmenetet képeznek a **chordoid szövetek**. Nevük az embryo chorda dorsalisából, tehát a gerinces állattörzs első testvázának első, primitív „támasztó” tengelyének nevéből származik. A chorda dorsalis ugyanis a mechanikai támasztó funkciónak egyik sajátos, mind a kötőszövetek, mind a támasztószövetek mechanikai elvétől eltérő módját valósítja meg. A kötőszöveteknél – mint a nevük is mutatja – a mechanikai funkció a húzási erőknél való ellenállásban (a rostok kötélszerű funkciója) nyilvánul meg. Támasztó, tehát nyomási erőknél való ellenállásuk a kötőszöveteknek nincs. Fordítva: a támasztószövetek (porc és csont) elsődleges mechanikai funkciója a nyomási erőknél való ellenállás: azaz „támasztás”. Ezt a funkciót részben (porc) vagy teljesen szilárd (csont) sejt közötti állománnyal érik el.



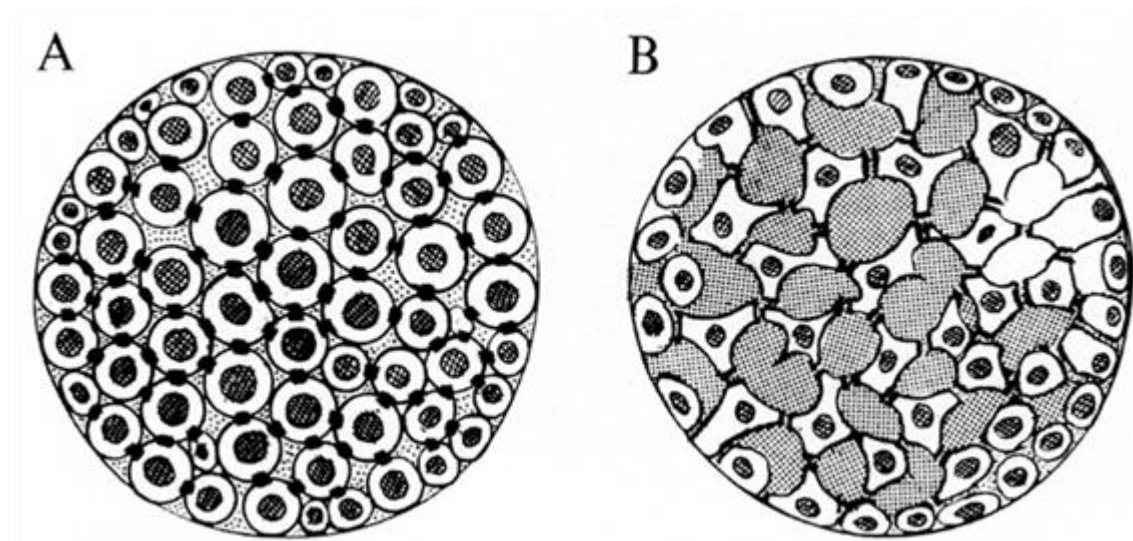
2/29. ábra. Kötőszövet típusok. A: reticularis kötőszövet (nyirokcsomó, Azan-festés); a nyilak a reticulumsejtekre mutatnak; B: sejtű kötőszövet (méhnyálkahártya, tunica propria); C: barna zsírszövet

Van azonban egy bizonyos tekintetben átmeneti megoldás is: ti. támasztás szilárd sejtközi állomány nélkül egy húzásnak ellenálló tokon vagy tokrendszeren belül bizonyos nyomás alatt bezárt, nem szilárd anyag (sejtek vagy

sejt közötti állomány) révén. A technika számtalan módozatban alkalmazza a támasztás ezen elvét: levegővel telt gumikerék, gumiszivacs, műanyag szivacs stb. alakjában.

A chorda dorsalis a támasztó funkciónak ezt az elvét alkalmazza oly módon, hogy puffadt, de kezdetben szorosan egymáshoz préselt sejtjei szorosan kitöltik egy erős lamina basalis jellegű – tehát kezdetben nem kötőszöveti – zsákszerű tokot (**2/30A ábra**). A sejteket egymással desmosomák kapcsolják össze. A mechanikai támasztó funkciót itt a sejtek belső feszülése (*turgora*) adja, mely a tokot felfújó gumikerék vagy erős nyomással megtöltött hurka módjában feszesen tartja. A turgort részben a sejtek anyagcseréje biztosítja, amellyel a környezetükből kellő mennyiségű vizet képesek felvenni, részben bizonyára a sejten belüli anyag szintézis.

A már leírt jellegét azonban a chordaszövet aránylag csak rövid ideig tartja meg. Hamarosan megindul a sejt közötti állomány termelése; ezzel a sejtek elvesztik eredeti epitheloid jellegüket, és csillag alakúvá – kötőszöveti jellegűvé – válnak (2/30B ábra). Egy ideig a sejtek és a ragacos sejt közti állomány együtt még betöltik a turgoruk révén feszesen tartott tok által a chordának az előzőekben részletezett mechanikai funkcióját, de a gerinc kötőszövetes telepének (*sclerotomok*) a chorda körül való kialakulása folytán az hamarosan elveszti mechanikai szerepét.

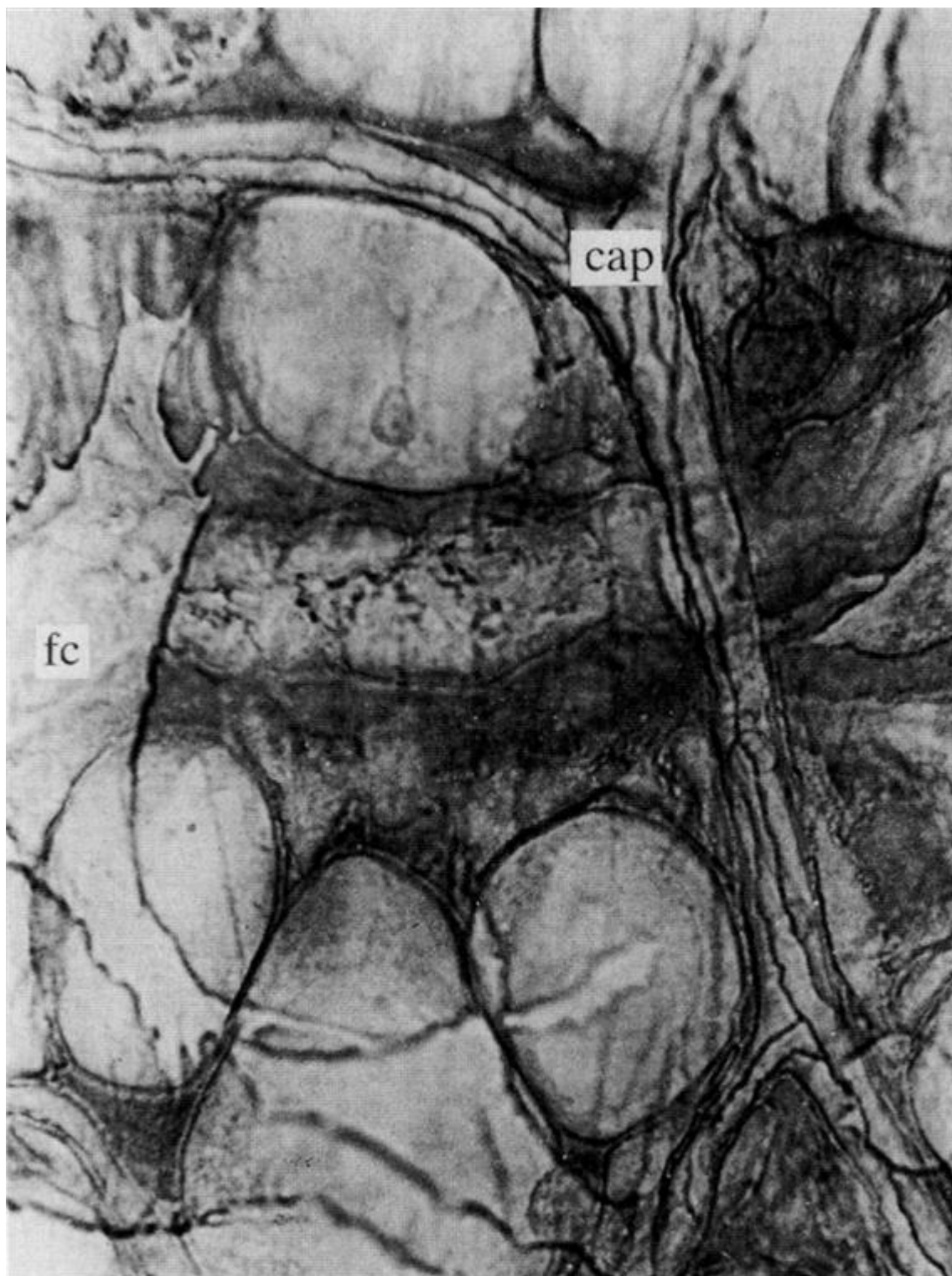


2/30. ábra. Chordaszövet erősen sematizálva kezdeti (A) és több sejt közti állományt (pontozott területek) tartalmazó érettebb (B) állapotában

3.5.8. Zsír szövet

A korai chordaszövettel analóg elven alapul a **zsír szövet** mechanikai szerepe. Itt lényegében arról van szó, hogy a kötőszöveti sejtekben tartalék tápanyagként felszaporodó zsír a sejteket végül feszes labdákká tölti fel. Számos ilyen zsírsejt megfelelő kötőszöveti hálózatba foglalva, lényeges mechanikai támasztó szerepet képes betölteni. A sárga színű, hagyományos zsír szövet sejtjeiben egy nagy zsírcsepp gyülemlik (*unilocularis sejtek*). Ezzel szemben a barna zsír szövet sejtjei rekeszeltek, bennük több apró csepp formájában raktározódik a zsír (*multilocularis sejtek*).

A zsír szövetet az egyes zsírsejteket körülvevő lamina basalis és rácsrostrendszer, a nagyobb lebenyeket elválasztó és körülfogó kollagén és elasticus rostrendszer tartja össze (**2/31. ábra**). A zsír szövet érellátása bőséges. Újabban kezdik felismerni, hogy a keringés össz volumenének jelentős része zsír szövethez kapcsolt. Ennek megfelelően a zsírsejtek között gazdag capillarishálózat mutatható ki. A zsír szövet sejtjei sympathicus idegrendszeri szabályozás alatt állnak, különösképpen a barna zsír szövet, melynek sejtjein közvetlenül végződnek *noradrenerg* idegrostok.



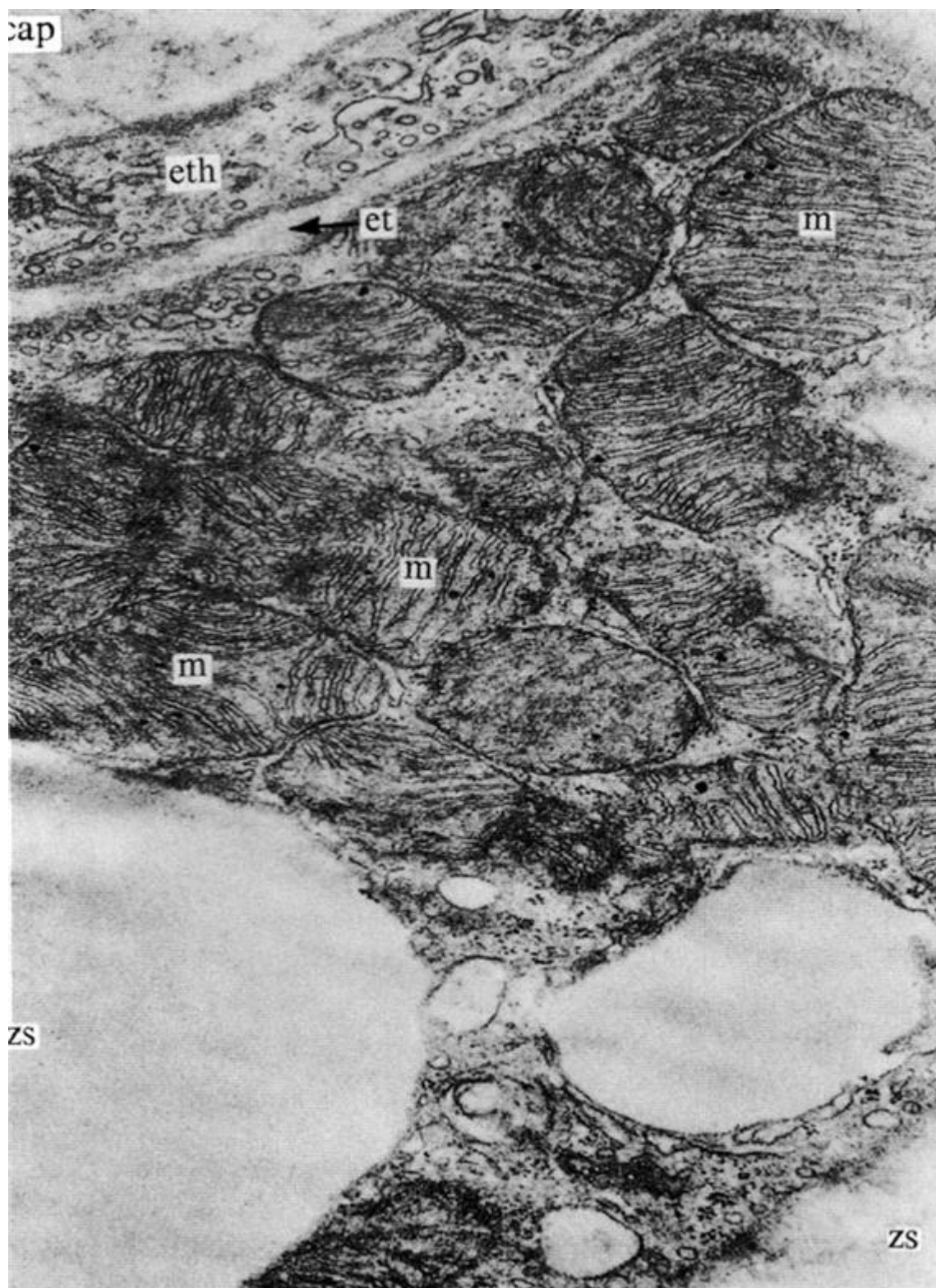
2/31. ábra. Zsírszövet a sejthatárok és a sejt közti tér ezüstimpregnációval való feltüntetése mellett (Jancsó M. készítménye és felvétele) A sötétebb háttér a sejt közti tér kiterjedését mutatja, benne a gömb alakú zsírsejtekkel. A kép bal szélén egy nyúlványos fibrocyta (fc); a hálózatosan elágazó hajszálér (cap) endotheljeinek sejthatárai is jól láthatók

A zsírsejtek által termelt, a közelmúltban felfedezett regulátor anyag, a *leptin* a véráramba ürül, és feltehetően a köztiagy befolyásolása révén vesz részt a testsúly szabályozásában. A zsírsejt *trigliceridek* formájában raktározza a lipideket. Ezek egyrészt a zsírsejtekben szintetizálódnak, másrészt a májból érkeznek igen alacsony denzitású lipoprotein [*very low density lipoprotein* (VLDL)] formájában a véráramon keresztül, harmadsorban a tápcsatorna epithelsejtjeiben termelődő chylomicronparticulumok (1–3 μm) szállítják a trigliceridet cholesterol

és foszfolipidek társaságában. A capillarisok luminalis felszínén a VLDL és chylomicron lipoproteinlipáz hatására lebomolva szabad zsírsavat szolgáltatnak, mely diffúzió és aktív transzport révén kerül az adipocytákba, ahol glicerol-foszfáttal kombinálódva triglicerideket alkotnak.

Idegi stimulus és hormonok hatására a zsírcseppekben tárolt trigliceridet a *lipáz* alkotóira bontja, melyek ismét a véráramba kerülnek. A fenti metabolizmus rövid ismertetése is jól tükrözi a zsírcseppek és a capillaris-endothelsejtek közti egymásra utalt metabolikus viszonyt. A zsír tápanyagraktár-szerepével, a raktározás és a felhasználás részletesebb mechanizmusaival az élet- és kórtanban, valamint orvosi gyakorlati jelentősége folytán a belgyógyászatban fognak mélyebben foglalkozni.

Érdeemes e helyen kitérni a zsírszövet támasztó szerepére, annál is inkább, mert másutt már nem áll módunkban általánosságban foglalkozni ezzel a kérdéssel. A zsírszövet, helyesebben a zsírszövet erősebb tömörüléseiből létrejött ún. zsírtestek (*corpus adiposum*) támasztó és hézagkitöltő funkciót rendszerint kombináltan töltenek be. Ilyen pl. a szemüregtet a szem mögött kitöltő *corpus adiposum orbitae*, mely a gömb alakú szem számára megfelelő lágy, de a szemet helyben tartó és mozgásait minden irányban lehetővé tevő gömbvályút alkot. A vesét körülvevő zsíros tok (*capsula adiposa renis*) a vese rostos tokja és pólyája közti teret kitöltve tartja helyben a vesét. A hasüreg más helyén is ilyen mechanikai szerepet töltenek be kisebb zsírszöveti tömörülések. A szív alakját lekerekíti, és mélyedéseit elsimítja – tehát mozgásait megkönnyíti – az ún. *subepicardialis zsír*. Már specifikusabb mechanikai szerepe van a pofa zsírszövetének (*corpus adiposum buccae* [Bichat]), amely főleg a csecsemő szopásánál nélkülözhetetlen mechanikai támaszt képez a szájüregben létesített negatív nyomáshoz.



2/32. ábra. Barna zsírszöveti sejt és a vele érintkező capillaris (cap) részletének elektronmikroszkópos képe (Heim T. és Hajós F. anyagából). A capillaris endotheljét (eth) itt inkább csak sejthető lamina basalis és a zsírsejt lamina basalisát keskeny extracelluláris tér (et) választja el. A barna zsírszöveti sejt plasmájában csak apróbb zsírcseppek (zs) találhatóak; a plasma nagy részét nagyméretű, dús cristázattal bíró mitochondriumok (m) töltik ki

A bőr alatti zsírszövet folyamatos, de változatos vastagságú réteget képez, rendkívül sokrétű mechanikai szereppel. Legnyilvánvalóbb ez a szerep a fejtető, a tenyér, a talp és az ujjbegyek bőrénél, ahol a bőrből

függőlegesen a csontos (vagy bonyés) alap felé haladó és ott rögzülő kötőszövetes sövények közé préselt, kocka alakú zsírszöveti lebenyekék részben mechanikai védőszerepet töltenek be (fejtető), részben a bőr rögzítésével és feszesen tartásával a tárgyak biztos megragadását vagy a talajon való támaszkodást teszik lehetővé.

A nő bőrének erősebb bőr alatti zsírteste az emlőmirigy mechanikai helyben tartásának fontos tényezője.

A legérdekesebb általános szerepe az érett magzat vaskos, bőr alatti zsírszövetének van, amely képlékeny hengerded „páncélba” fogja a magzatot, s azt mint egységes hengert a szülőutakon való áthaladásra alkalmas idommá teszi.

Már régebben ismert volt, hogy főleg téli álmot alvó vagy legalábbis inaktívabb fázisba jutó állatok interscapularis tájékán és a nyak tarkói és suprascapularis tájékára áthúzódó területen különleges zsírszövet helyezkedik el. Színe alapján ezt *barna zsírszövetnek*, nevezik. Hibernációs (téli álom) „mirigynek” is nevezték. Szövege a rendes zsírszövetétől színe mellett abban is eltér, hogy a zsírcseppek nem folynak össze, hanem különállóan maradva, a plasma habos jellegét idézik elő (*multilocularis zsírcseppek*; 2/29C ábra). A barna zsírszövet igen bő vérellátású.

Az utóbbi években kiderült, hogy a barna zsírszövet téli álomba nem merülő állatban és emberben is jelen van, főleg az újszülöttkorban. Szerepe ilyenkor az újszülött hővesztés elleni védelme fokozott hőtermeléssel. A barna zsírszövet tehát specifikus hőtermelő szerv. E feladatának megfelel elektronmikroszkópos szerkezete (2/32. ábra). Plasmájában nagy tömegben foglalnak helyet nagyméretű, erősen aktív mitochondriumok, amelyek – mint a sejttanból ismert – a sejten belüli (vég-) oxidáció helyei.

4. 2.4. VÉR ÉS VÉRKÉPZÉS

4.1. A vérszövet összetevői

A vér (*sanguis*) enyhén viscosus folyékony kötőszövet, amely kb. 44%-ban alakos elemekből (vörösvértestek, fehérvérsejtek, vérlemezkék) és 56%-ban vérplasmából áll. Sejtjei nagyrészt egy speciális funkció – ti. az oxigénátvitel – ellátására differenciált tökéletlen sejtek, amelyek már ezért sem képesek hosszabb életre és reprodukcióra.

A sejtek pótlására a szervezetben speciális vérképző szövetek szolgálnak. A felnőtt szervezetben ez döntően a **vörös csontvelő** (*medulla ossium rubra*). Korai embrióban a vér sejtjes elemeinek képződése az embryo testén kívül kezdődik (a szikzacskó vérszigeteiben). Később a magzati életben a vérképzés fokozatosan a májba és a lépbe tevődik át, majd ennek vége felé a vörös csontvelőbe helyeződik át kizárólagos jelleggel. Csupán a vér bizonyos ún. lymphoid elemei (lymphocyták) képződnek a nyirokszervekben.

A vért a vörös csontvelőből és a nyirokszervekből származó különféle alakos elemei miatt összetett szövetnek tekinthetjük. Mennyisége, alakos elemeinek száma és azok mérete a nemek között változó értéket mutat (sexuális dimorfizmus).

Az ember egész vérmennyisége a testtömeggel, vagy még inkább a testfelülettel változik; 70 kg-os testtömegű emberben 5 liter körüli. Egységnyi térfolyományra eső vörösvértest százalékos előfordulást a haematocritérték fejez ki, mely 40–50%-ra tehető. Alvadásában gátolt vért (heparin, citrát) lecentrifugálva az összetevők egymástól jól elkülönítve tanulmányozhatók. A hematocritcső alján a vörösvértestek ülepednek (43%), mely réteg fölött egy vékony szürkés csikként a fehérvérsejtek (1%) rétege jelenik meg. A felettük szedimentálódó vérlemezkék szabad szemmel látható réteget nem képeznek, így a fehérvérsejtréteg fölött az átlátszó, enyhén sárgás supernatáns, a plasma jelenik meg.

Az érpályából kivont vér spontán megalvad, ilyenkor az alakos elemeket egy fibrinháló szövő át és tartja egybe, míg az alvadék felett a serum jelenik meg.

4.1.1. Vérplasma

A vérplasma vizes oldat, mely 10%-ban hordoz kis és nagy molekulatömegű anyagokat. Ezek közül a plazmafehérjék (*albumin, globulinok, fibrinogén, 7%*), anorganikus sók (0,9%), különféle szerves anyagok (hormonok, vitaminok, aminosavak, nitrogéntartalmú szubsztanciák etc.) és vérgázok (O₂, N₂, CO₂ említendő). A plasma kis molekulatömegű anyagai egyensúlyban vannak az interstitialis tér hasonló komponenseivel, így a plasma jó indikátora a sejt közti térségben végbemenő folyamatoknak.

4.1.2. Vérsejtek

Az alakos elemek háromfélék: **vörösvértestek** (*erythrocyták*), **fehérvérsejtek** (*leukocyták*) és **vérlemezkék** (*thrombocyták*).

Rövid anatómiai tankönyvben nem volna célszerű a vér alakos elemeivel a legelemibb és fejlődésük megértéséhez elengedhetetlenül szükséges szinten túl foglalkozni. A vérrel kapcsolatos minden adat óriási gyakorlati fontosságára való tekintettel nem csupán az élettan, hanem a kórélettan és a belgyógyászat keretében oktató klinikai laboratóriumi ismeretek teljes részletességgel foglalkoznak a vér összes fontosabb kvantitatív adataival, a meghatározásukra alkalmas módszerekkel és kritikájukkal. A döntően szerkezeti orientációjú anatómiai és hisztológiai anyagban ezek a fontos adatok szükségszerűen elsikkadnának. Ezért a következő fejezetben a leírást főként az elemek strukturális ismertetésére összpontosítjuk.

Vörösvértestek. A vörösvértestek (*erythrocyták*) mag nélküli, korong alakú sejtek; számuk férfiban 5 000 000–5 400 000, nőben 4 500 000–4 800 000/μl. A korongok felülnézetben kerek, átlagban 7,5 μm átmérőjűek (**2/33. ábra**). Pontosabban: a korongok bikonkáv idomúak, azaz közepük autókerékhez hasonlóan besüppedve elvékonyodik (0,8 μm), szélein vastagabb (2,6 μm) gyűrűvel. Átmetszetben babapiskóta-alakot mutatnak. Lap szerinti összecsapódásuk (pénztekercsképződés) jellegzetes oszlopszerű formációt eredményez.

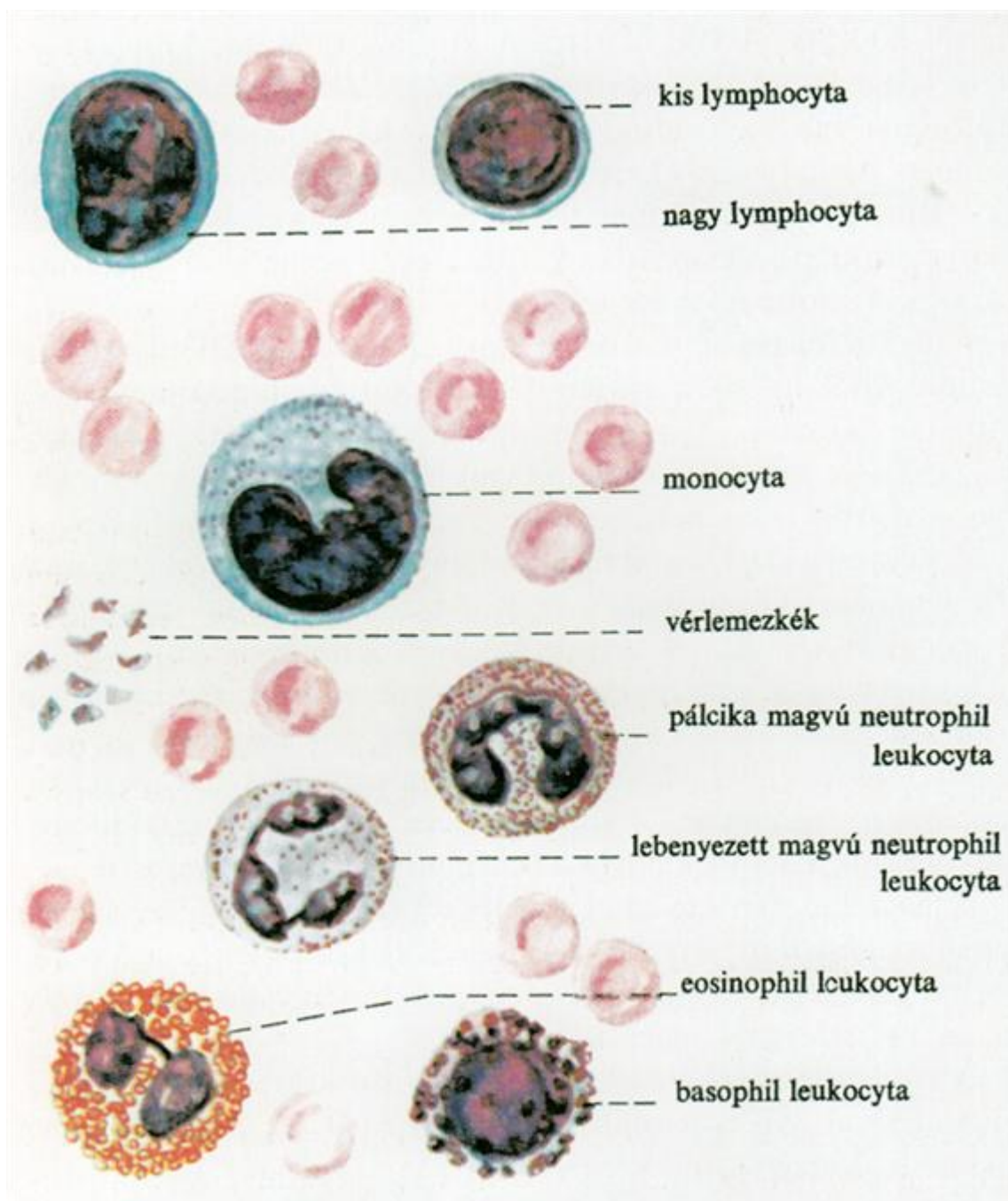
Külső felületüket sejthártya borítja, mely lipidekből és glükolipidekből (60%), valamint fehérjékből és glükoproteinekből (40%) tevődik össze. Az erythrocytaantigének (*agglutinogének*) közül említésre méltóak a vércsoportot meghatározó glükolipid természetű AB0 antigének.

A belső sejtvázat *spectrin* filamentumok képezik, melyeket különféle fehérjék (*ankyrin, band 3 és 4*) kapcsolnak a sejtmembránhoz. A spectrin filamentumok összeszövésében és rögzítésében rövid aktinkötő egységek is részt vesznek. A cytoplasmát egy kromoprotein – a *haemoglobin* – tölti ki, mely vastartalmú porfirinvázból (*hem*) és fehérjemolekulákból (*globin*) áll. A haemoglobin oxigén- (oxyhaemoglobin), széndioxid- (carbaminohaemoglobin) és szén-monoxid- (carboxyhaemoglobin) kötő képességgel rendelkezik.

A haemoglobin egyetlen aminosavának felcserélődése (pontmutáció, glutamin → valin) a vérsejtek alakjának nagymértvű változását és a sejt oxigénkötő képességének megváltozását okozza, pl. az ún. sarlósejtes anaemiában.

A vörösvértest tökéletesen képlékeny struktúra, mely az átmérőjénél jóval szűkebb capillarison hosszú pálcika alakúvá nyúlva csaknem akadálytalanul képes átjutni.

Fiatal vörösvértestek még maradék basophiliával rendelkeznek (ún. *polychromatophil vörösvértestek*). Brillantcerezillék nevű festék vizes oldatával vitalisan megfestve a vért ez a basophil anyag finom kék színű hálózattá csapódik össze. Ezek a diagnosztikai szempontból fontos *reticulocyták*; normális vérben a vörösvértestek 0,5–1,5%-a reticulocytá. A basophil anyag a keringő vérbe belépett vörösvértestekből 1-2 nap alatt eltűnik; öreg reticulocytákban – azaz 1 napnál idősebb vörösvértestben – a hálózatnak csak nyoma észlelhető. A ribosomák mellett az érésük során vörösvértestek elveszítik mitochondriumaikat, és számos cytoplasmaticus enzimjüket.



2/33. ábra. Peripheriás vérkenet (May–Grünwald–Giemsa-festés). Az ábra minden típusból egy-egy reprezentatív alakot mutat; a számarányokat nem jelzi

A vörösvértestek élettartama a keringő vérben 100–120 nap körül lehet. Az előregedett vörösvértesteket elsősorban a lép, kisebb mértékben a máj és a vörös csontvelő vonja ki a forgalomból (lásd ezen szervek szövettani leírásában), míg pótlásukra a vörös csontvelőből állandóan új vörösvértestek kerülnek ki a keringő vérbe. A vörösvértestek utánpótlását érzékeny mechanizmus szabályozza; vérvesztés, a levegő oxigéntartalmának csökkenése (hegyvidéken) a vérsejtképzés erős ingere.

Fehérvérsejtek. A fehérvérsejtek (*leukocyták*) a vörösvértestektől eltérően magtartalmú tökéletes sejtek; számuk 5–8000/μl.

Két csoportra oszthatók: kifejezetten szemcsés plasmájú sejtekre (*granulocyták*) és szemcse nélküli fehérvérsejtekre, (*agranulocyták*), amelyek két további elkülönült sejtféleségre: *lymphocytákra* és *monocytákra* oszlanak (2/33. ábra).

A fehérvérsejtek osztályozása, az ún. kvalitatív vérkép, fontos laboratóriumi diagnosztikai módszer. Lényege, hogy tökéletesen zsírtalanított tárgylemezre juttatott friss csepp vért fedőlemez segítségével a tárgylemez felületén egyetlen sejtréteg vastagságúra szétkenik (*vérkenet*), majd hőfixálás után metilalkohollal (ez rendszerint alkatrésze a festő oldatnak) való utánfixálás után metilénazureozin festékkeverékkel festik. Lemosás és egyszerű szárítás után a vérkenet olajimmerziós nagyítással közvetlenül vizsgálható. Minimálisan 200 jó állapotban talált fehérvérsejtet kell esetenként csoport-hovatartozásuk szempontjából meghatározni, és ebből a százalékokat kiszámítani. A kvalitatív (minőségi) vérkép számadatai az egyes fehérvérsejtalkok előfordulási gyakoriságát fejezik ki százalékban.

Granulocyták. Myeloid, azaz vörös csontvelő eredetű sejtek, általában lebonyozott maggal és jellemző granulomokkal a plasmában. A szemcsék specifikus (secundaer) és nem specifikus (primaer) granulomok osztályba sorolhatók. Az utóbbi szemcsék azúrfestéket kötő, ún. *azurophil granulomok* és lysosomákat jelenítenek meg. Specifikus granulumaik jellege és festődése szerint három granulocytaféleséget kell megkülönböztetni: *neutrophil, eosinophil* és *basophil sejteket*.

Neutrophil granulocyták (teljes névvel *polymorph magvú neutrophil granulatiójú leukocyták*). A fehérvérsejtek 60–70%-át, azaz túlnyomó többségét képezik. 10–12 µm átmérőjűek; a keringő vérben közel gömb alakúak. Legjellemzőbb tulajdonságuk az általában 3 (2–5), csupán keskeny híddal összekötött lebenyből álló (innen a nevük), erősen festődő durva rögös kromatint tartalmazó mag.

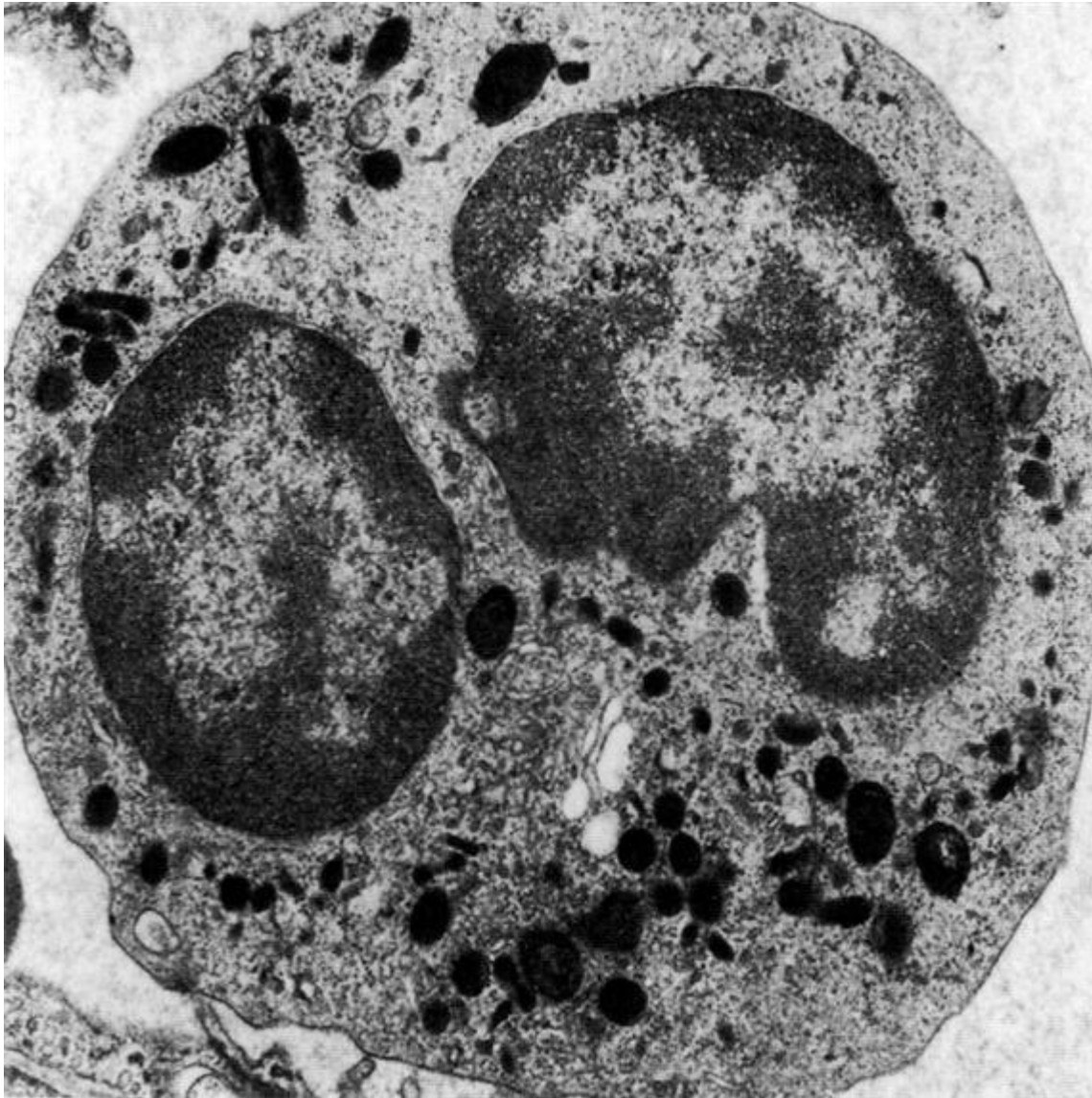
Plasmájuk specifikus granulumai olyan aprók, hogy fénymikroszkóppal éppen csak láthatók, ibolyarózsaszín festődésűek – azaz a bázikus és a savanyú festékek keverékéből sem az egyik, sem a másik komponenst nem köti meg különösebben (2/33. ábra). Ezek bacteriostaticus, és bactericid anyagokat raktároznak. Gazdagok lysosym-, kollagenáz- és alkalikusfoszfátáz-tartalomban.

Elektronmikroszkópos képen (2/34. ábra) a neutrophilok plasmája a szokásos plasmaorganellumok és specifikus granulomok mellett 0,3–0,5 µm átmérőjű, nagy elektrondenzitású szemcséket (*primaer granulomok*) tartalmaz, amelyek valószínűleg azonosak a lysosomákkal.

A csontvelőben képződő neutrophil sejtek a vér képzésénél leírandó módon több érési stádiumon mennek át, mielőtt kikerülnek a keringő vérbe. Az érés egyik utolsó mozzanata a mag jellemző lebonyozódásának kialakulása. A mag a fiatal érési alakoknál eleinte mélyebben behúzódtott bab vagy patkó alakú, majd tovább megnyúlva, rendszerint S-alakot vesz fel, és csak a teljes érésnél szűkül össze a mag egyes helyeken a lebenyeket összekötő szűk hidakká. A bab vagy patkó alakú maggal rendelkező fiatal (*juvenilis*) érési alakot sejtnak *metamyelocytának* nevezzük. A közbülső, pálcika (*stab*), avagy szalag (*band*) magvúnak elnevezett és a lebonyozott magvú érett alak elkülönítése a vérkép vizsgálatában fontos. Lebonyozottnek tekinthető a mag, ha a magrészek közötti híd a mag átlagos átmérője felénél kisebbre szűkül össze.

A karéjok egyikén női egyedekben a maghártya alatt jellegzetes dobverő formátumú heterochromatin-tömörülés figyelhető meg (*Barr-test*), mely az inaktív X-kromoszómának felel meg.

Különböző, pl. fertőzéses kórfolyamatokban, a fokozott igényeknek megfelelően a csontvelőből hirtelen kidobott neutrophilok közt több az aránylag fiatalabb sejtalkak. Minthogy a vérképben a különböző fejlettségű sejtalkakokat a növekvő kor szerint balról jobbra haladó (fiatal, pálcikamagvú, lebonyozott magvú) sorrendben szokták jelezni, a vérkép ilyenkor „balra tolódott”. Egészséges ember keringő vérében 1-2% a pálcikamagvú neutrophil, és fiatal sejtalkak gyakorlatilag nem észlelhető.



2/34. ábra. Neutrophil leukocytá emberi agy capillarisából (Hámori J. felvétele). Az ábra bal alsó sarkában látszik az endothel egy részlete és egy vörösvértest kicsiny darabja. A metszetbe a lebenyezett magnak csak két lebenye került be; a plasma sötét granulumaik feltehetően lysosomák

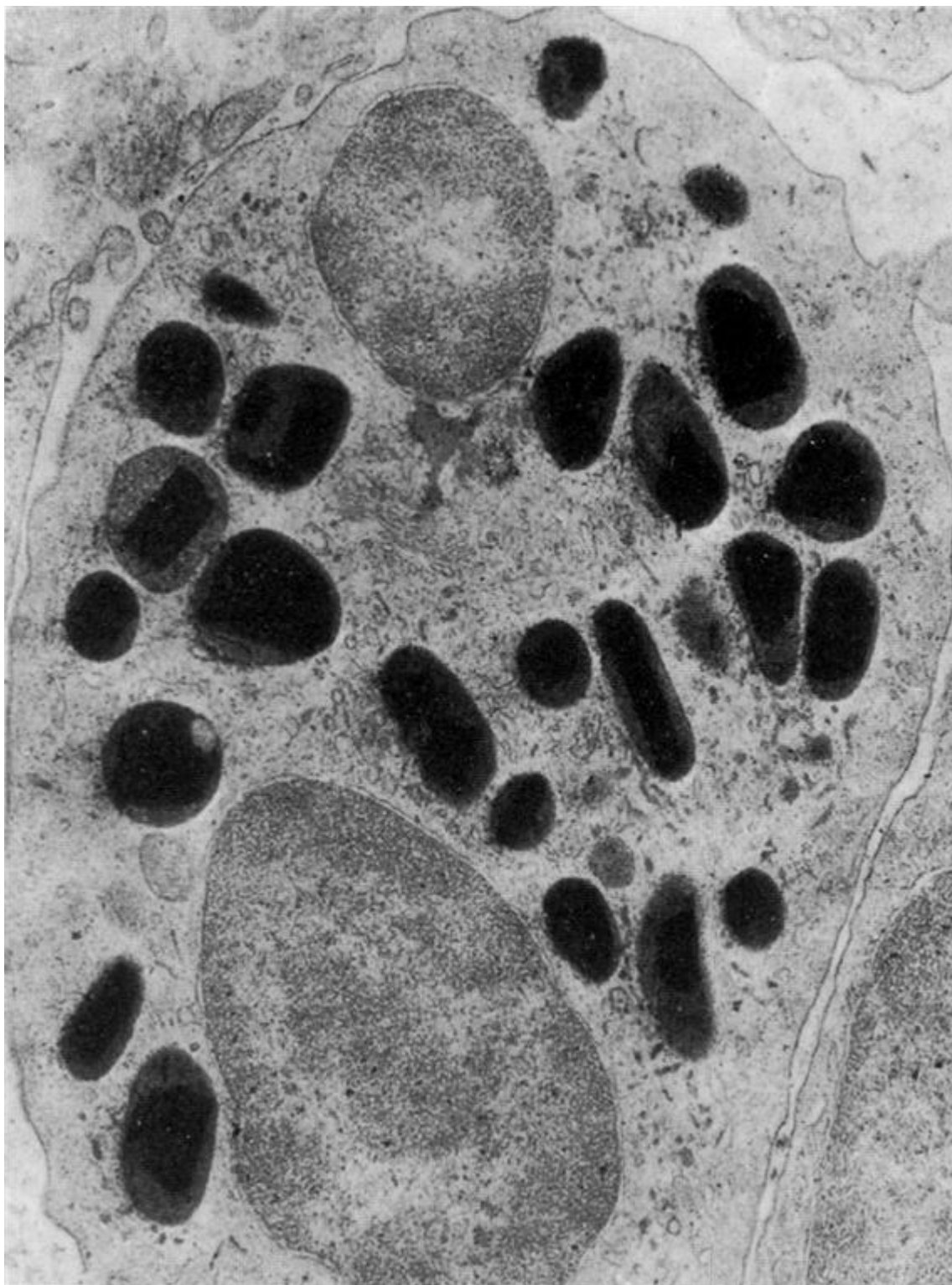
A neutrophil leukocyták szerepe kóros viszonyok között válik nyilvánvalóvá: a szervezet mobilis védekezőelemei, melyek szöveti izgalom helyén (fertőzés, sérülés, idegen anyag bejutása) az endothelsejtek közt megnyíló hézagokon átvándorolnak a capillarisok falán, és amöboid mozgással haladva körülrajzzák a fertőzéses gócot vagy idegen testet. Baktériumokat vagy apróbb idegen anyagokat phagocytálnak, és lysosoma jellegű, különböző hidrolitikus enzimeket tartalmazó granulumaik segítségével megemésztetni igyekeznek a phagocytált anyagokat. Közben a legtöbb sejt elpusztul: a genny nem más, mint ilyen körülmények közt összegyűlt és elpusztult fehérvérsejtek tömege. E jelenségek részletes elemzését lásd a kórélettanban és a kórbonctanban.

Eosinophil granulocyták. A neutrophiloknál valamivel nagyobb sejtek (12–17 μm), feltűnő sajátosságuk, hogy aránylag durva specifikus granulumaik eosinophilan festődnek. Számuk a fehérvérsejteknek 2–4%-a egészséges emberben: allergiás állapotokban és bizonyos parasiták megbetegedésekben megnő, fertőzéses állapotokban és hydrocortison (mellékvesekéreg-hormon) adására eltűnnek a keringő vérből.

Magvuk gyengébben festődő finomabb kromatin szerkezetű, mint a neutrophiloké, általában kétlebenyű vékony összekötő híddal (2/33. ábra). Eosinophil granulumaik a plasmát szorosan kitöltik, erősen fénytörők, ezért rosszul festett készítményekben is felismerhetők, és aránylag nagy méretűek (0,5–1,0 μm átmérő).

Elektronmikroszkóp alatt (**2/35. ábra**) a plasmaorganellumok mellett feltűnők ovoid vagy orsó alakú, elég nagy elektronsűrűségű, finoman szemcsézett nagy granulumaik, amelyekre különösen jellemző egy tengelyükben helyet foglaló téglaidomú, eltérő sűrűségű képződmény. Ezek valószínűleg csak átmetszetükben téglaidomúak, a valóságban a granulumokat felező korongok. A granulum matrixállománya számos enzimet (ribonucleáz, savanyú foszfatáz, foszfolipáz, mieloperoxidáz) tartalmaz. A centralis kristály bázikus protein tartalmú, mely az eosinophiliáért felelős.

Működésük nem tisztázott, allergiás és egyéb szöveti túlérzékenységi állapotokban való tömeges megjelenésük ilyen folyamatokkal való összefüggésükre utal. Bár gyengébben, phagocytosisra is képesek. A sejtek felszínén IgE-kötő helyek, receptorok mutathatók ki. Hízósejtekből ürülő ECF-A anyag és bacterialis termékek hatására chemotacticus mozgást végeznek.



2/35. ábra. Eosinophil leukocytá elektronmikroszkópos képe (Kelényi G anyagából). A granulomok nagyobbak, mint a neutrophilokéi, és bennük látható a jellemző téglalap alakú kristályszerű centralis test

Basophil granulocyták. Az összes fehérvérsejteknek csupán 0,5–1%-át teszik ki, ezért elég ritkán találkozunk velük vérkenetekben. A neutrophilokkal megegyező nagyságúak. Magvuk gyengébb festődésű, lebonyozott, illetve szabálytalan; a mag alakja nehezen ítélnél meg, mert a plasma granulumai elfedik (2/33. ábra). Legjellemzőbb tulajdonságuk 0,5 μm nagyságú, intenzíven basophilan festődő granulumai. Ezek a kötőszövet hízósejtjeiéhez mindenben hasonló; metakromáziás festődésűek. Feltételezik, hogy heparint, chondroitin-szulfátot, histamint és SAS-A-t (*leukotrién-3*) tartalmaznak. A kötőszöveti hízósejt precursora alakjainak tekinthetők. Membránjuk IgE-receptorokkal átszőtt. Allergének hatására granulumai tartalma kiürül.

Lymphocyták. A neutrophil granulocyták után a fehérvérsejtek összárszámának legnagyobb százalékát (20–30%) képező fehérvérsejt-féleség. A granulocytákkal szemben, amelyek myeloid, azaz vörös csontvelő eredetűek, a lymphocyták zöme a nyirokszervekben képződik.

A fehérvérsejtek legkisebbike, a keringő vérben három módosulásban, mint kis (6–8 μm), közepes méretű és mint nagy lymphocytá (12–18 μm) fordul elő. A kis sejtek alkotják a lymphocyták döntő többségét (92%), magvuk 5 μm átmérőjű gömb (szabadon szuszpendált állapotban; kenetben ellapulva valamivel nagyobb) sűrűn összehúzó, erősen festődő kromatinanyaggal, amelyet keskeny plasmaszegély vesz körül. Kenetben a plasma a szokásos festékekkel gyengén kékre festődik, benne a sejtek egy részében ibolyáspiros, ún. azurophil granulomok találhatóak (2/33. ábra). A nagy lymphocyták a lymphaticus fehérvérsejtek 8%-át alkotják, magvuk 7 μm átmérőjű.

Igen élénk mozgású sejtek. Mindenféle megtalálható (pl. a bélnyálkahártyában), amint áthatolnak a legkülönbözőbb szövetrétegeken.

A lymphocytáknak a védekezés immunfolyamataiban betöltött szerepe alapján két típusa ismert: T- és B-lymphocyták.

A *T-lymphocyták* a csecsemőmirigybe (*thymus*) vándorolt őssejtekből fejlődnek, majd a nyirokszervekbe vándorolnak. A keringő lymphocyták 80%-át alkotják. Támogató, segítő (helper) T_H , pusztító, cytotoxicus T_C és visszafogó, szuppresszáó T_S altípusai ismertek. Az immunválasz során az inaktív T-sejtek különféle lymphokinetek (*interferon*, *interleukinok*) szekernáló aktív sejtekké alakulnak.

A *B-lymphocyták* primaeren a csontvelőben fejlődve jutnak a különféle nyirokszervekbe. Immunológiaiilag a madarak bursa Fabricii nevű cloacastruktúrájában fejlődő immunsejtekkel analóg elemek. A B-lymphocyták antigénstimulusra immunoglobulinokat termelő plasmasejtekké differenciálódnak a nyirokszervekben.

Az immunsejtek között előfordulnak természetes sejtpusztító (natural killer) és memóriasejtek is.

Elektronmikroszkóp alatt a lymphocyták plasmaszervezete igen szegényes; kevés mitochondrium, Golgi-rendszer és a mag kesztyűujszerű behúzódása közelében jól fejlett centriolum látható bennük.

Kiterjedt kísérletes vizsgálatok igazolták azt, hogy a keringő vér lymphocytái nem valamilyen differenciált „végstádium”, hanem készenléti sejtek; mégpedig immunbiológiaiilag kompetens sejtek, amelyek megfelelő idegen anyagok ingerére (antigén) osztódással és differenciálódással olyan sejtekké alakulhatnak, amelyek az immunitási jellegű védekezésben közvetlenül részt vesznek. A fenti leírás elsősorban a morfológiai jegyeik bemutatására irányult. Funkcionális osztályozásuk származási helyük és specifikus membránfehérjéik és felszíni marker anyagaik alapján történik. Eredetükre és szerepükre a nyirokrendszer tárgyalásakor még visszatérünk.

Monocyták. A fehérvérsejtek 3–8%-át teszik ki. Aránylag nagy sejtek. A keringő vérben (szuszpendálva) átmérőjük 12–15 μm , kenetben ellaposodva 20 μm . Magvuk bab alakú, de a behúzóadás fokozódása folytán érett sejteken patkó alakot is felvehet. A mag gyengébben festődik, mint a lymphocytáké, kromatinhálózata finomabb, mint más fehérvérsejteké. Cytoplasmájuk bő, a vérkenetekben szürkés-kékre festődik, azurophil szemcséket tartalmaz (2/33. ábra).

Elektronmikroszkópban feltűnő a magnak a lymphocytákénál sokkal gazdagabb differenciálódása. Egy vagy két nucleolust tartalmaznak. A chromatin laza szövésű és inkább fibrillaris szerkezetű, mely felelős a sejt mag csökkent elektrondenitására. A mag behúzóadásában tágult Golgi-rendszer, néhány lysosoma és középerős ergastoplasma jelzi, hogy legalábbis potenciálisan aktív plasmájú sejtek. Felszínük változatos alakú pseudopodiumokkal borított.

A csontvelőben levő speciális előalakokból (*monoblastok*) származnak. Erős phagocytálóképességű sejtek, amelyek e tulajdonságukat azonban a keringő vérben nem fejlesztik ki tökéletesen. Teljes érettségüket elérve bevándorolnak a kötőszövetbe, és ott macrophagokká alakulnak. A mononuclearis phagocytá-rendszer (lásd vérfejlődés, monocyták) valamennyi sejtjét a szövetekben letelepedett monocyták származékainak tekintik. Felteszik, hogy monocyták szükség esetén fibroblastokká is alakulhatnak, tehát voltaképpen kevésbé differenciált mesenchymalis sejtek, amelyek mobilis, több irányú felhasználásra alkalmas tartalékai a szervezetnek.

4.1.3. Vérlemezkék (thrombocyták)

A vérelemzések a vörösvértestek felénél valamivel kisebb (2–4 μm) ovoid vagy kerek, lapos korongoknak megfelelő alakú tökéletlen sejtfagmentumok. Számuk 300 000/ μl körüli, de az elemek gyors összetapadása folytán erősen függ az alkalmazott számolási eljárástól. Ezért a nyert értékek csak összehasonlító és nem abszolút jellegűek.

Alvadásban meggátolt vérkenetben számoljunk úgy, hogy megállapítjuk a vörösvértestek számához való számbeli viszonyukat.

Festett vérkenetekben külső részük alig festődik, centralisan ibolyás színnel festődő szemcsecsoportot tartalmaznak (2/33. ábra). Elektronmikroszkóppal tanulmányozva látható, hogy szabályos sejthártyával borítottak. Külső plasmazegélyük csaknem üres, orgenellum szegény területet alkot (*hyalomer*), a belső, centralis rész szemcsékkel telített (*granulomer*). A vérelemzke membránja csövek formájában betüremkedik a plasmába és ott az ún. nyitott canaliculus rendszert alkotja, segítve a bioaktív anyagok gyors szabad felszínre való kiürítését. A felszín alatt körkörös futó microtubulusabroncs látható, mely a lemezke ovoid alakját hivatott fenntartani. A hyalomert átszövő aktinszálcák, melyek a filopodiumokba is benyomulnak, a lemezke mozgását és aggregálódását segítik elő.

A granulomer alkotóit méretük és bennük biokémiai jellege alapján alfa- (300–500 nm), delta- (250–300 nm) és lambda- (175–250 nm) csoportokba soroljuk. Az alfa típusú granulomok vérelemzke-specifikus proteinek, köztük vérelemz eredetű növekedési faktort hordoznak. A delta-granulomok szerotonin, ADP-, ATP-, kalcium- és pirofoszfát-tartalmúak. A lambda-szemcsék lysosomal enzimeket tartalmaznak.

A csontvelő megakaryocytáinak plasmájából válnak ki annak segmentációjára révén. Radioaktív izotóppal jelzett vérelemzkeken végzett kísérletek szerint élettartamuk a keringő vérben kb. 5–10 nap; eltávolításuk a vörösvértestekéhez hasonlóan megy végbe.

Szerepük a véralvadás folyamatában jelentős. Erek endotheljeinek sérülése helyén a vérelemzkek összetapadva (*aggregáció*) egyre növekvő torlaszt, ún. *thrombocytadugaszt* képeznek. Megszakított ér esetében a vér addig folyik ki az ér falának összehúzódása folytán erősen összeszűkülte érből, míg az endothel elszakadt szélén elég vérelemzke gyűlik föl a nyílás teljes elzárására. Az összegyűlt vérelemzkek nem csupán összetapadnak, hanem részben szét is esnek. Ennek során jelentékeny szerotonintartalmuk – amely erőteljes érszűkítő anyag és így a vérzéscsillapítás fontos tényezője – felszabadul. A thrombocyták a véralvadás során kicsapódó fibrinháló csomópontjaiba kerülnek, és hozzájárulnak a coagulatio további kaszkádfolyamataihoz, mely végül vérrögöt, *thrombuszt* eredményez. A véralvadás mechanizmusával az élettan tankönyveik foglalkoznak.

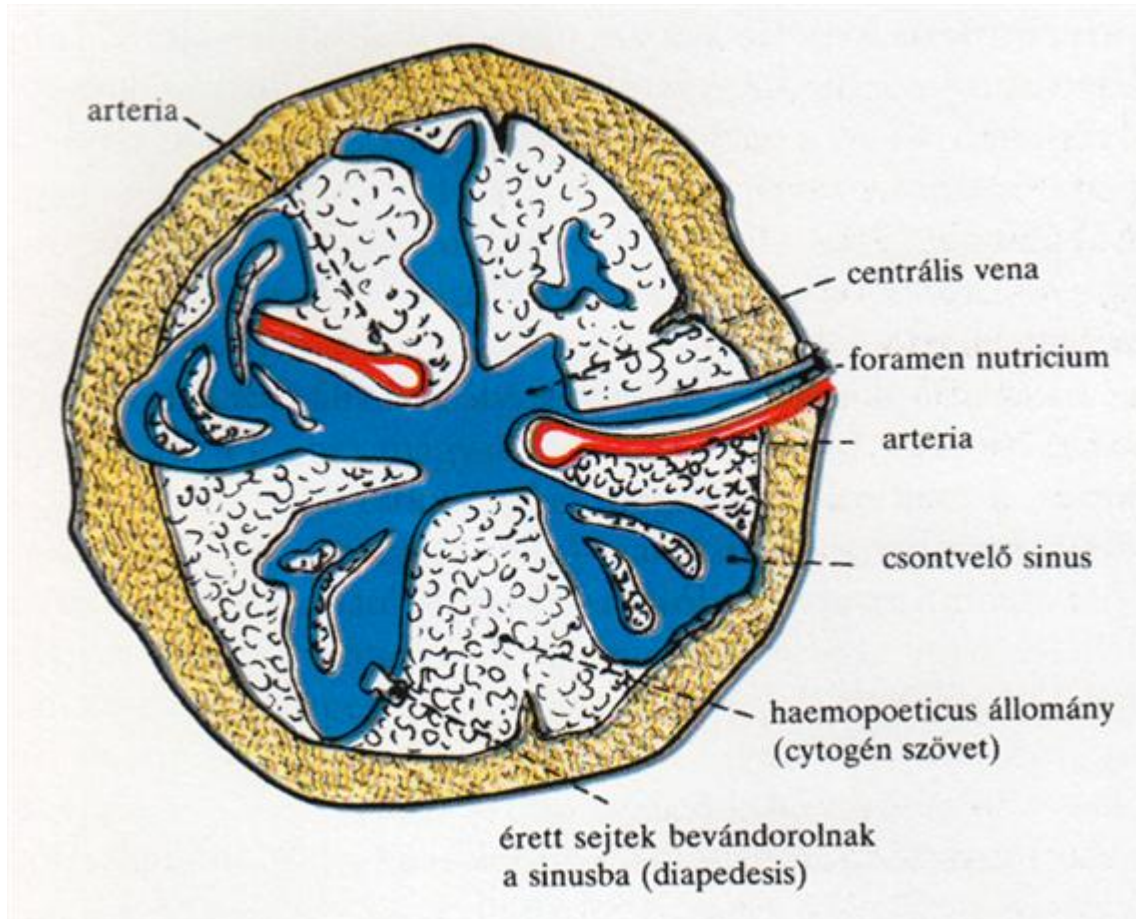
4.2. A csontvelő (medulla ossium)

Az embryonalis fejlődés során az első vérsejtek a szikhólyag falában jelennek meg. Az extra- és intraembryonalis keringés összekapcsolódása után hamarosan a vérsejtek fejlődése áttevődik a májra és a lépére. Végül a csonttelepek kialakulása során a vörös csontvelő lesz a vérképzés fő szerve. A májban a vérképzés a magzati élet vége felé lassan megszűnik, a lépben és egyéb nyirokszervekben is csak a lymphaticus elemeket képző, majd differenciálódásukra szolgáló sejtkolóniák maradnak fenn, és a vér képződő fő alakos elemeinek ezután kizárólagos székhelyévé a csontszövet velőüregei válnak. Amint ezt a csontok szöveti fejlődése során látjuk majd, a porcok csonttelep kezdeti átépülése során már elemi velőüregek alakulnak ki, amelyek telve vannak éretlen mesenchymalis sejtekkel. Ezek egy része a velőüreg falát kívülről befelé haladva új csontállománnyal borítja be, de a velőüreg elég tág marad mégis ahhoz, hogy benne az éretlen mesenchymalis elemek állandóbb szövetet hozzanak létre, és ez a **vörös csontvelő** (*medulla ossium rubra*).⁶A csontok postnatalis fejlődése és növekedése során velőüregeik összessége jóval nagyobb, mint amennyi csontvelőre a kifejlett szervezetnek normális viszonyok közt vérejtjei pótlására szüksége van. Ezért a csontvelő elsősorban a csöves csontok nagy velőüregeiben, de részben spongiosájukban is, zömében zsírszövetből álló, ún. **zsírvelővé** alakul át (*medulla ossium flava*). Nagy, főleg sorozatos vérvesztések után – vagy egyéb okokból is (lásd a kórbonctanban és a belgyógyászat hematológiai fejezeteiben) a sárga csontvelő azonban megint vissza tud alakulni aktív vörös csontvelővé. Felnőttben vörös csontvelő csak a koponyatető diploéjában, a csigolyák testében, a bordákban, a szegycsontban, a medencecsontban és a lapockában fordul elő. Fiatalabb korban a kar- és a combcsont fejében is található egy kevés.

4.2.1. A vörös csontvelő szöveti szerkezete

⁶Vereby Károly (1900–1945) pécsi anatómus alapvető kutatásai igazolták, hogy kifejlett szervezetben a vöröscsontvelő-szövet elsősorban csontszövettel szomszédos területeken fejlődik ki, feltehetően a csontszövet állandóan folyó átépítése során kioldódó anyagok indukciós hatására.

A csontvelő differenciálatlan mesenchymasejtjeiből alakulnak ki mind a csontvelő vázát adó sejtek, mind pedig a vér sejtjei. A mesenchymasejtek egy csoportja létrehozza a vérképző (*haemopoeticus*) állomány kötőszövetes vázát, amely kifejlett formában nyúlványos reticulumsejteket, rácsrostokat, macrophagokat és zsírsejteket tartalmaz. A *haemopoeticus állomány* nagyobb mezők vagy kisebb szigetek formájában foglalja el a velőüreg peripheriás részeit (2/36. ábra). A velőüreg közepén a csont hosszirányában futó arteriák egy centralis venát fognak közre, mely utóbbiba torkollanak bele a haemopoeticus állományt részekre szabdaló *csontvelősinusok*. A sinusok falát endothelsejtek alkotják. A csontvelőbe a csont táplálónylásán (*foramen nutricium*) belépő arteria szállítja a vért, ami azután a sinusokba jut. A centralis vena vérét a tápláló nyíláson kilépő vena vezeti el.



2/36. ábra. Vörös csontvelő sémás rajza. Egy csöves csont középdarabjának keresztmetszetén látjuk a foramen nutriciumon átlépő arteriát és venát. Ez utóbbi a centralis vena folytatása, amelybe a csontvelő venas sinusai futnak össze. A vér sejtjes elemeit termelő haemopoeticus állomány a csontvelő széli részeit foglalja el. Az érett sejtek a sinusok falán keresztüljutnak be az érpályába (Oláh I. vázlat)

Közönséges szövettani készítményben nem könnyű a reticularis szövetháló sejtjeit azonosítani. Erre két lehetőség adódik: vagy a szövetbe beszúrt injekciós tű segítségével nagy nyomással átáramoltatott folyadékkal kimossuk vagy erős röntgenbesugárzással elpusztítjuk a fejlődő véralkaelemeket. Mindkét beavatkozás után a haemopoeticus állománynak csak a reticularis vázát alkotó nyúlványos sejtjei maradnak meg.

A vérsejtek képzése a haemopoeticus állományban folyik, a sejtek a reticularis kötőszövet tág hézagaiban helyezkednek el. A ma általánosan elfogadott elképzelés szerint valamennyi vérsejt és a vérlemezkék is egyetlen őssejt, a **kolóniaképző egység** (*colony farming unit – CFU*) leszármazottai.

Pluripotens kolóniaképző egység (CFU) őssejtek. Morfológiailag a kis lymphocytáktól nehezen elkülöníthető sejtalakok. A csontvelő haemopoeticus sejtjeinek kevesebb mint ezrelékét képzik. Lethális dózisu rtg-sugárral kezelt állatokba való, genetikailag kompatibilis csontvelősejt beültetése után a lépben és a vörös csontvelőben nodularis sejtkolóniák alakulnak ki, melyek némelyikében a CFU-sejtekből különböző irányokba differenciálódó sejtalakok (vörösvértest, granulocyta, megakaryocyta, monocyta fejlődési vonal elemei) találhatóak. A CFU-sejtek így több fejlődési potenciállal bíró, ősi *pluripotens* sejtalakoknak tekinthetők. Mitotikus aktivitásuk alacsony.

A korábbi unitárius elmélet értelmében a csontvelőkenetben fellelhető nagy (15–20 µm) ovoid magvú *haemocytoblast* sejteket vélték összejteknek. Vérkenetfestő módszerekkel plasmájuk halvány basophil festődésű, magjuk kékes árnyalatú, rózsaszínes ibolyás festődésű finom kromatinszerkezettel.

Mai ismereteink szerint talán a CFU-sejtekből differenciálódnak rövid életű *haemocytoblast* sejtek.

Multipotens összejtek. A pluripotens CFU-sejtekből a myeloid és lymphoid sejtek képzésének irányába elkötelezett *multipotens összejtek* fejlődnek ki. Az előbbi sejtek a vörös csontvelőben indulnak fejlődésnek, az utóbbi leszármazottai részben a csontvelőben differenciálódnak, részben pedig a nyirokszervekbe (lép, béltraktushoz kötött, thymus) vándorolnak és indulnak fejlődésnek.

Két fő típusuk a myeloid és a *lymphoid multipotens összejt*, melyek a pluripotens sejtekhez hasonlóan lymphocytalakat öltenek. Újdonképződésük a csontvelőben alacsony szintű.

Specifikus kolóniaképző, progenitor sejtek. A multipotens sejtalakokból differenciálódnak a **progenitor sejtek**, amelyek már egy-egy specifikus sejtfajta elkötelezett eredő sejtszármazékai tekintendők.

Magas mitotikus aktivitás jellemző rájuk. Legtöbbjük monopotenciális sejtalak, ritkán bipotenciálisak. Voltaképpen specifikus kolóniaképző sejtek (*colony forming cells – CFC*), melyek csoportosulva erythrocyta- (CFC-E-), neutrophil granulocytá- és monocytá- (CFC-GM-), basophil granulocytá- (CFC-Bas-), eosinophil granulocytá- (CFC-Eosin-), megakaryocytá- (CFC-Meg-) képzést végeznek a vörös csontvelőben. A később részletesen ismertetendő B- és T-lymphocyták ugyancsak kolóniaképző sejtek származékai (CFC-B, CFC-T).

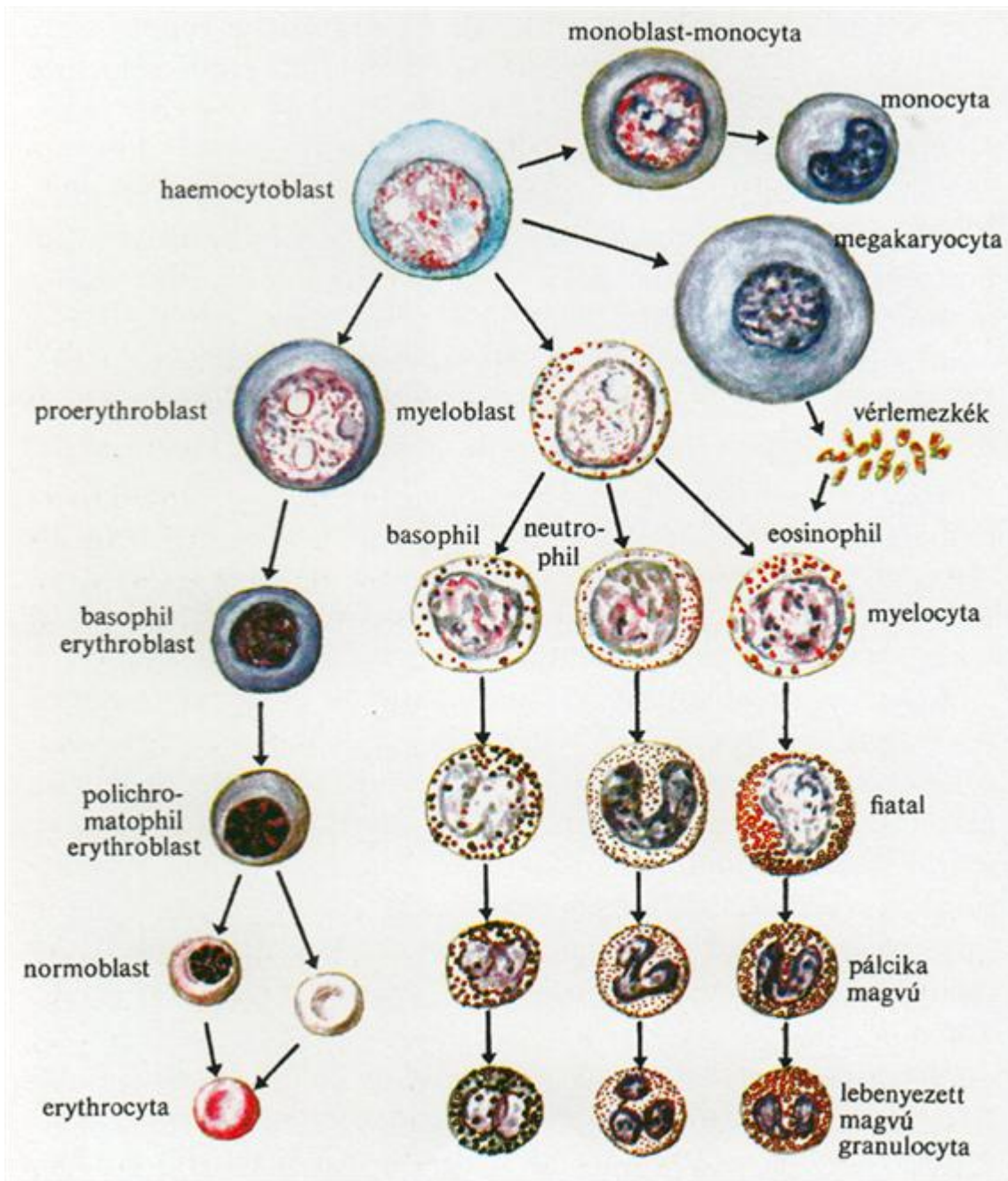
A vörösvértestek, a granulocyták, a monocyták és a megakaryocyták progenitor sejtjei a csontvelőben maradva biztosítják a megfelelő sejt vonal fejlődését (*myeloid vérképzés*). A lymphocytá-képzés irányában elkötelezett sejtek egyik csoportja a csontvelőt elhagyja, és a thymusban differenciálódik T-lymphocytákká. A sejtek másik csoportja a csontvelőben és feltehetően egyes nyirokszervekben (lép, béltraktus nyirokrendszere) fejlődik B-lymphocytákká. A funkcionálisan érett T- és B-sejtek a peripheriás nyirokszervekbe (lép, nyirokcsomók, tonsillák) jutnak a vérkeringés közvetítésével (*lymphoid vérképzés*).

A haemopoeticus állományt elhagyó sejtek a sinusok endothelsejtjei között vándorolnak be a sinusok lumenébe (**2/37. ábra**).

Precursor (blast-) sejtek. A specifikus kolóniaformáló sejtek egyre differenciáltabb, ún. *precursor sejteket* szolgáltatnak. Ezek a *blast* sejteknek is nevezett fejlődési alakok már magukon viselik a majdani érett sejtek néhány morfológiai vonását. Azok előfutáraiknak tekinthetők.

Myeloid elemként ebbe a csoportba tartozik az erythroblast, a neutrophil, a basophil és az eosinophil myelocytá, a promonocytá, és a megakaryoblast. A lymphoid proliferatio képviselője a lymphoblast.

A precursor sejtek monopotenciális sejtek, nagy mitotikus aktivitással.



2.37. ábra. A vér haemocytoblast eredetű sejtjeinek származási táblázata

Érett sejtalakok. A blastsejtekből morfológiailag és funkcionálisan magasan differenciálódott végső sejtalakok (*erythrocyták, granulocyták, megakaryocyták, monocyták, lymphocyták*) érnek be. Nagy számban találhatóak a haemopoeticus szervekben és a vérben. Tovább már nem osztódnak.

Ezek a felismerések igen szellemes kísérleti modell felhasználásán alapulnak. Egyes állatokat egyébként halálos röntgensugárdózissal kezelnek, és ezzel elpusztítják a vérvégzésre alkalmas összes sejtjeiket. Ilyen állatokat úgy lehet életben tartani, hogy más – lehetőleg azonos beltenyésztett törzsből származó – állat csontvelő-szuszpenzációját fecskendezik beléjük. Ilyenkor a bejutott myeloblastok megtelepednek a recipiens szervezet vérvégző szerveiben – patkány esetében a lépben is –, és ott új vérvégző kolóniákat képeznek, még mielőtt az állat régi vérszuszpenzációjának az életciklusa lejárt volna. A kolóniák jellege olyan, hogy abból egyetlen sejtől való létrejöttükre kell következtetnünk. Különböző módszerekkel jelezve a befecskendezett csontvelősejteket és követte utódaikat, meg lehetett állapítani a telepeket létrehozó sejtek milyenségét és potenciáikat.

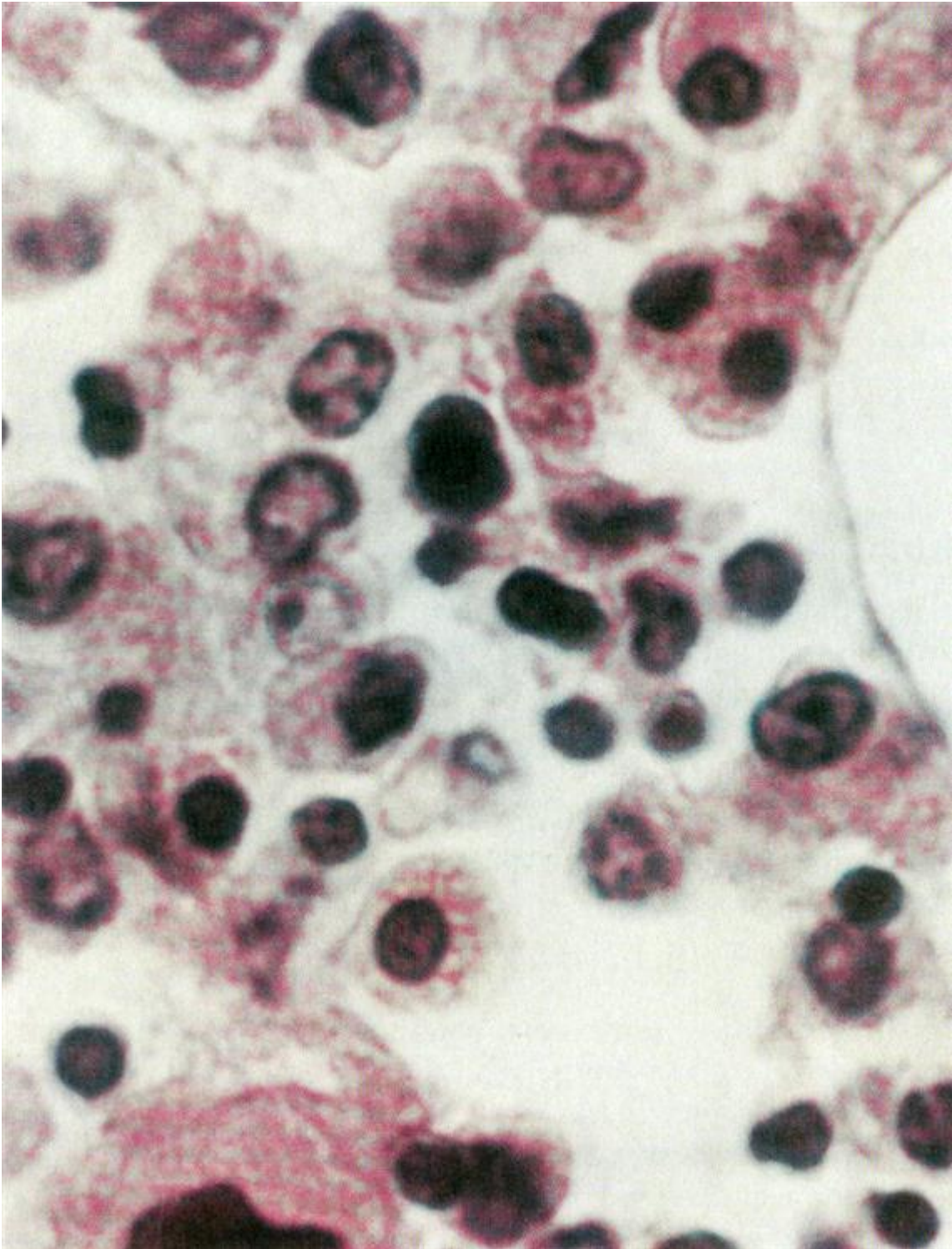
Közönséges (pl. hematoxilin-eozinnal) festésű szövettani metszetben a vér fejlődési alakjai egyáltalán nem vagy csak nagyon kevéssé identifikálhatók. A **2/38. ábra** csak fogalmat kíván nyújtani arról, hogy a vörös csontvelő szövettani metszetben milyen áttekintő képet ad.

A haemopoiesis folyamatainak általános áttekintését követően ismerkedjünk meg az egyes, specifikus sejtek fejlődésmenetével.

4.2.2. A vérképzés (haemopoiesis)

Erythropoiesis. A **vörösvértestképzés** (*erythropoiesis*) irányába differenciálódó CFU-utódsejteket proerythroblastoknak nevezzük. Relatív nagy sejtek, 15–20 µm átmérővel. Magvuk kerek, és 1 vagy 2 magvacskát hordoz. Cytoplasmájuk erősen basophil festődésű a jelen lévő polyribosomák miatt.

További osztódások során a sejt tovább kisebbedik mind magvának, mind plasmájának zsugorodásával (14–16 µm). A mag kromatinszerkezete ezzel durvábbá, rögzöse válik, plasmája pedig kifejezetten basophil lesz a globinszintézist végző szabad ribosomák túlsúlya miatt. A neve ennek a sejtgenerációnak: *basophil erythroblast*. Ez újabb, még kisebb méretű sejtgenerációban a mag zsugorodása tovább folytatódik, és a plasma basophiliája nő. Ugyanakkor azonban a plasma a festékkeverékben levő savanyú festékanyagból is többet köt meg, ami a plasma ibolyásabb vagy rózsaszínes kék színében nyilvánul meg. E sejtfejlés nevének neve: *polychromatophil erythroblast* (10–15 µm).



2/38. ábra. Vörös csontvelő metszete hematoxilinfestéssel. A bal alsó sarokban egy megakaryocita, jobbra egy zsírsejt részlete

Elektronmikroszkóp alatt ez abban nyilvánul meg, hogy a plasma szabad ribosomáinak sűrűsége ugyan fokozódik, de egyben a plasma elektronelnyelő képessége is erősebbé válik. Ezt úgy magyarázzak, hogy a szabad ribosomák megkezdték a vörösvértestek fő alkotórészének, a haemoglobinnak a termelését. A basophil festődésért a ribosomák, az eosinophil festődésért a haemoglobin felelős.

További osztódások során a mag még jobban zsugorodik, és a sejt elvesztve basophiliáját, intenzíven acidophillá válik a magas haemoglobintartalom következtében. E praeterminalis stádium neve: *normoblast*, azaz a sejt rendelkezik a vörösvértest összes tulajdonságaival azonkívül, hogy még tartalmazza a zsugorodott magot.

A sejtmag azután hamar kilökődik, gyorsan el is tűnik a csontvelőben, és a sejt a véráramba kerül. Az acidophil sejtek 1–2%-ában a cytoplasma residuais ribosomákat hordoz (*polychromatophil erythrocyta, reticulocyta*). Végezetül a sejtek a jellegzetes bikonkáv korong alakot felvéve érett *erythrocytává* alakulnak.

Elektronmikroszkóppal követve a sejtek érési folyamatát, látható, hogy az erythroblastok nagyszámú szabad ribosomája fokozatosan helyet ad a sejtet kitöltő diffúz elektrondenzitású anyagnak, a haemoglobinnak. A vörösvértest elektronmikroszkóp alatt azonnal feltűnik rendkívül sötétnek tűnő, de egyébként szerkezet nélküli plasmájával.

A vörösvértestképzést érzékeny mechanizmus szabályozza; egyik legerősebb normális ingere az oxigénhiány (pl. magas hegyvidék); a szabályozásban egy a vese által termelt *erythropoetin* nevű glükoprotein vesz részt (lásd élettan).

Összegezve a vörösvértestképzés folyamatát megállapíthatjuk, hogy a sejtátmérő fokozatosan csökken, a sejtorganellumok száma megkevesbedik, majd eltűnnek a sejtből, a cytoplasma festődése a haemoglobinszintézissel összefüggő változást mutat, valamint a sejtmag egyre töpörödik, majd kivetetik.

Granulocytopoesis. A granulocyta ősalakjai is CFU eredetűek. A legkorábban felismerhető sejtalakok a *myeloblastok*, melyek 15 µm átmérőjű kerek sejtek, euchromaticus, több nucleolust tartalmazó sejttaggal. Cytoplasmájuk basophilan festődik, és granulumoktól mentes. A belőlük fejlődő következő sejtalak a *promyelocyta*. Nagyobb méretű (18–24 µm) sejtek, indentált sejttaggal és basophilan festődő cytoplasmával. A chromatin kondenzált állapotú a magban. Legjellemzőbb vonása a sejteknek, a cytoplasmát kitöltő ún. primaer azurophil granuláció jelenléte, mely lysosomal vesiculáknak felel meg. Kizárólag ebben a fázisban termelődnek a lysosomák. E fejlődési stádiumban a három granulocytaféleség még nem válik el egymástól.

A következő fejlődési alak a *myelocyta*, amely az előzőhöz képest megkisebbedett, a mag erősebben basophil és elliptikus. Mitózisra képes sejtalakok A már meglévő, primaeren specifikus, azurophil granulomok mellett, finom specifikus, secundaer szemcsézetség is megjelenik, egyre növekvő számban. Ezek már elárulják, hogy a differenciálódás mely granulocytafejlődési irányába halad.

A neutrophil granulocyták myelocytáiban az apróbb ibolyaszínű szemcsék szaporodnak el az előző nagyobb azurophil granulomok mellett. Amikor magvuk a fokozatos zsugorodás és a tömörülő kromatinszerkezet mellett a kifejezett vese- vagy patkóalakat eléri, már *metamyelocytának* (*fiatal, juvenilis alak*) nevezzük. A további fejlődés során a mag pántlikaszerűen megnyúlik. E sejtalakot a band (szalag) jelzővel illetjük.

A kiérett sejtek magja lebenyezetté válik. A 3–5 magkaréjt vékony hidak kötik össze (*segmentált magvú neutrophil granulocyta*). A véráramba való kilökődés előtt a csontvelőben raktározódnak. A vérben 8–12 óra, míg a kötőszövetben 1–2 nap az életidejük.

Az eosinophil granulocyták fejlődésében a specifikus granulomok megjelenése mellett jellemző a myelocyta magvának egy helyen való teljes befűződése, ami a kétlebenyű, korabeli motoros szemüvegre emlékeztető magot hozza létre.

A basophil granulocytákban sajátosan a mag nem esik át olyan nagy mérvű zsugorodási folyamaton, mint a neutrophiloké. A mag inkább csak szabálytalanú válik, festődése gyenge marad, és a basophil granulomok hamarosan elfedik. Mindkét esetben a myelocyták metamyelocyta stádiumon keresztül jutnak érett állapotba.

Megakaryocyta – thrombocyta sejt vonal (*thrombocytopoesis*). Az őssejtek egy része *magakaryoblastokat* képez (15–25 µm). Ezek basophil plasmájú, indentált magvú sejtek. Belőlük a lényegesen nagyobb *promegakaryocyta* sejtek fejlődnek (45 µm), melyek érett alakjait *megakaryocytáknak* nevezzük.

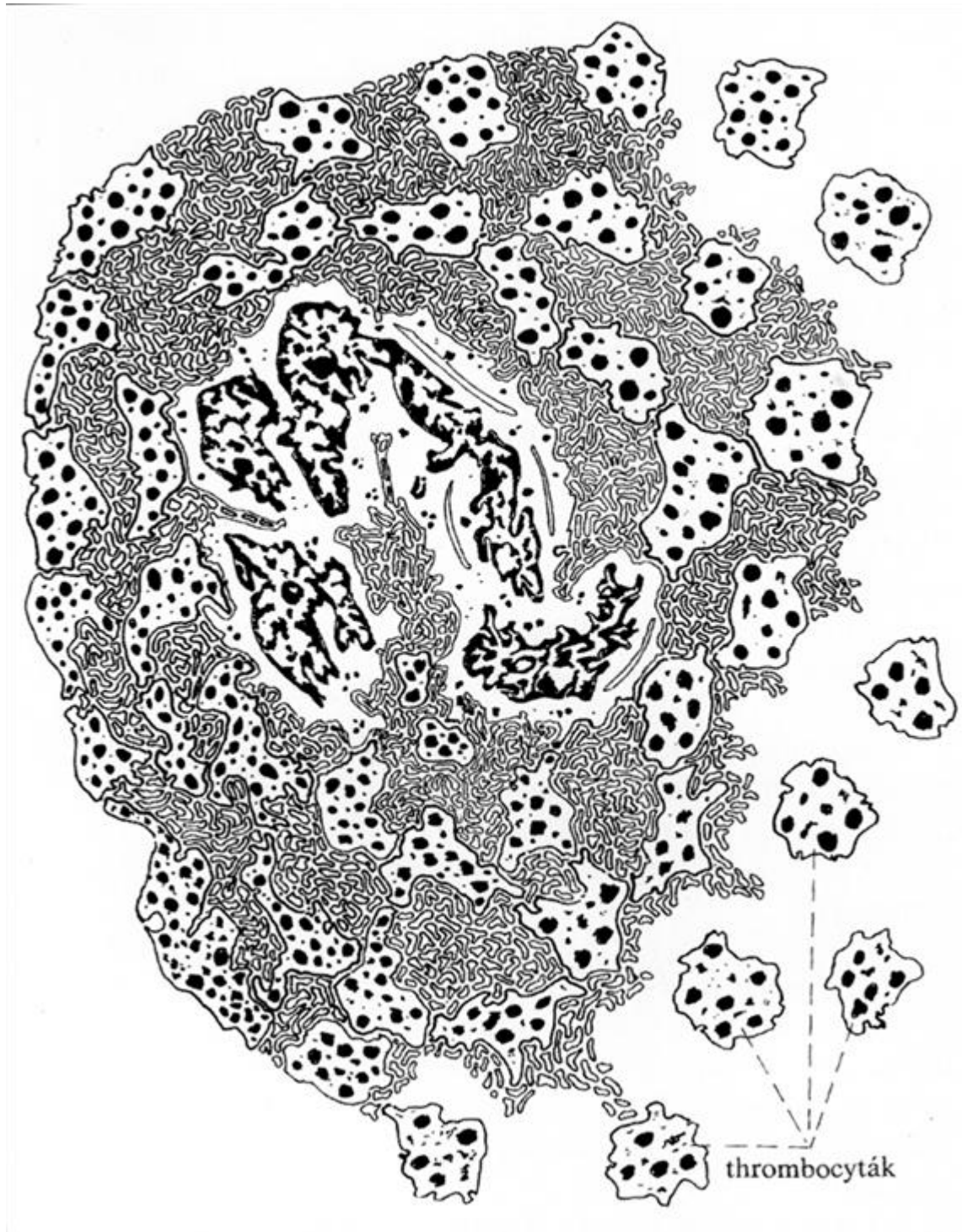
A megakaryocyták feltűnő, óriás méretű (50–70 µm), polyploid sejtek (16–64 µm). Plasmájuk szemcsézett, szövettani metszetekben eosinophil, széle állábaktól szabálytalanú körvonalú. Szembeötlő tulajdonságuk nagy, bonyolult karéjzot magvuk. Úgy tűnik, mintha e sejtek többmagvúak volnának, de gondosabb vizsgálat során kiderül, hogy a mag lebenyei egymással összeköttetésben vannak. Csontvelőkenetben a lebenyezett mag elég sűrű kromatinszerkezetű, a plasma gyengén kékre festődik, és kifejezetten szemcsés.

Elektronmikroszkópos vizsgálattal derült ki minden kétséget kizáróan, hogy a plasmában egymással összefolyó hólyagocskák útján kialakuló sejthártyakettőzetek (demarkációs csatornák) hozzák létre a plasma polygonalis területeiből a lefűződő vérelemekket (*thrombocyták; 2/39 ábra*).

Monocytopoiesis. A progenitor CFC-GM sejtvonalból elsőként nehezen azonosítható *monoblastok* alakulnak ki, melyekből basophil plasmájú indentált magvú *promonocyták* (10–15 μm) differenciálódnak. Mitotikus kapacitásukat elvesztve a sejtalakokból monocyták fejlődnek, melyek alaki jellemzőit a vér szövettana kapcsán már taglaltuk.

A véráramba kikerült sejtek élettideje mintegy 16 óra. Képesek kilépni az érpályán kívüli szövetek világába és fagocitáló képességű sejként (macrophag) átjárni azokat. A szöveti macrophagok további osztódásra képesek.

Mononuclearis phagocyta rendszer. A szervezet különféle területein előforduló, a csontvelő monocytasejtjeiből származtatott macrophagejtek összessége a mononuclearis phagocytarendszert alkotja. Idetartoznak a máj Kupffer-sejtjei, a csontszövet falósejtjei (osteoclast), a tüdőalveolusok macrophagejtjei, az idegrendszer microgliasejtjei, a bőr antigénprezentáló Langerhans-féle sejtjei. A rendszer sejtjei olykor hónapokig életképesek.



2/39. ábra. A thrombocyták kialakulása megakaryocytából (sémásan). A megakaryocyta plasmáját bonyolult intracelluláris járatok apró darabokra szabdadják szét. A nagyobb, összefüggő részek mint thrombocyták lépnek be a keringésbe

A hematopoiesis folyamatát a szöveti mikrokörnyezet és különféle növekedési faktorok hatása befolyásolja. A reticulans kötőszövet jellegzetes matrixanyagával otthont nyújt a fejlődő sejt kolóniáknak. Differenciálódásukat növekedési faktorok (*growth factors, colony stimulating factors, hematopoietins*) serkentik. Közülük néhány jól karakterizált, mint az erythropoetin, az interleukin-3, az interleukin-6, a macrophag- és granulocytakolónia-stimuláló faktor stb. Szerepükről a patológia és hematológia diszciplínák keretében lesz bővebben szó.

5. 2.5. TÁMASZTÓSZÖVETEK

Az előzőekben láttuk, hogy a kötő- és a támasztószövetek közös jellemvonása a sajátos szerkezetű sejt közötti állomány előfordulása, mely csupán mennyiségével, de mechanikai tulajdonságai folytán is rendszerint sokkal szembetűnőbb része a szövetnek, mint maguk a sejtek. Míg a kötőszöveteknél a sejt közötti állománynak az a része, amely annak mechanikai tulajdonságait meghatározza, rostos szerkezetű, addig a *támasztószövetekben* – bár a rostok továbbra is lényeges alkatrészek – a mechanikai sajátosságokat egyéb anyagok is döntően meghatározzák.

5.1. Porcos (*chondroid*) szövetek

Porcos (*chondroid*) névvel jelöljük azokat a szöveteket, amelyekben a chordaszövetekhez hasonló, hólyag alakú (nyúlványtalan) sejtek rugalmas, kocsonyaszerű, de ennél jóval szilárdabb sejt közötti alapállományba ágyazottan fordulnak elő.

Ez a szerkezete a porcot jelentékeny összenyomási szilárdságú, rugalmas (tehát hirtelen, ütésszerű mechanikai behatásokat jól közömbösítő), meglehetősen hajlítható, viszont aránylag kis szakítási szilárdságú anyaggá teszi. A hajlításnak és húzásnak való ellenállását nagyban növeli, hogy a legtöbb porcot kötőszöveti rostokban dús porchártya (*perichondrium*) vesz körül.

A porcszövetnek fontos szerepe van a rugalmas vázrészek felépítésében. A zsigeri szervek szilárdabb vázát – ahol ilyen egyáltalán van (pl. légutak) – szinte kizárólag porc alkotja. Kiugró, nagyobb szilárdságot ugyan nem, de támasztó vázát mégis igénylő testrészek (orr, fül) fő támasztóeleme. A csontváz csontjainak mozgékony összeillesztését fenntartó ízületekben porc biztosítja a csontvégek „tengely” és „csapágó” módján való, de egyben kellőképpen rugalmas illeszkedését. A csontváz egyes helyein (pl. bordák) a csont jelentékeny részét porc helyettesítheti.

A csontváz fejlődésében a porc a csontszövet előfutára mind a törzsfejlődés, mind az egyedfejlődés vonatkozásában. Az egyedi fejlődés során a legtöbb csont telepe későbbi alakjának megfelelően – csupán durvánosan – porcszövetből preformált. Ezek a porcok egyben az embryo tagjainak vázát alkotják, és „sablont”, illetve „kaptafaként” szolgálnak a későbbi csontok kifejlődésében. A végleges csontok kialakulása ugyanis sohasem a már meglévő porc elcsontosodását jelenti. A csontosodás vagy a porctelepen belül lezajló teljes szöveti átépítéssel jár, ún. *enchondralis csontosodás* formájában jelentkezik, amely fokozatosan előrehaladva, végül – az ízületi felszíneket kivéve – teljesen elfogyasztja az eredeti, közben erőteljesen növekvő porctelepet, vagy pedig a porctelep kaptafaként szerepel a külső kötőszöveti burka felől ráarakódó új csontszövet számára (*perichondralis csontosodás*).

Magasabb rendű gerinces állatban háromféle módosulatban fordul elő.

Nagyobbára összenyomási megterhelésnek kitett helyeken a tejüvegszerű, opálosan egynemű alapállományú **üvegporc** (*hyalinporc*) találunk. Nagymérvű elhajlításhoz kitett területeken (fülkagyló) a rugalmas rostokban dús alapállományú **rugalmas porc** (*elasticus rostos porc*) fordul elő. Erősebb szakító, nyíró, csavaró (tehát viszonylag nem egyenletes) behatásnak kitett helyeken **rostos porc** (*kollagénrostos porc*) található.

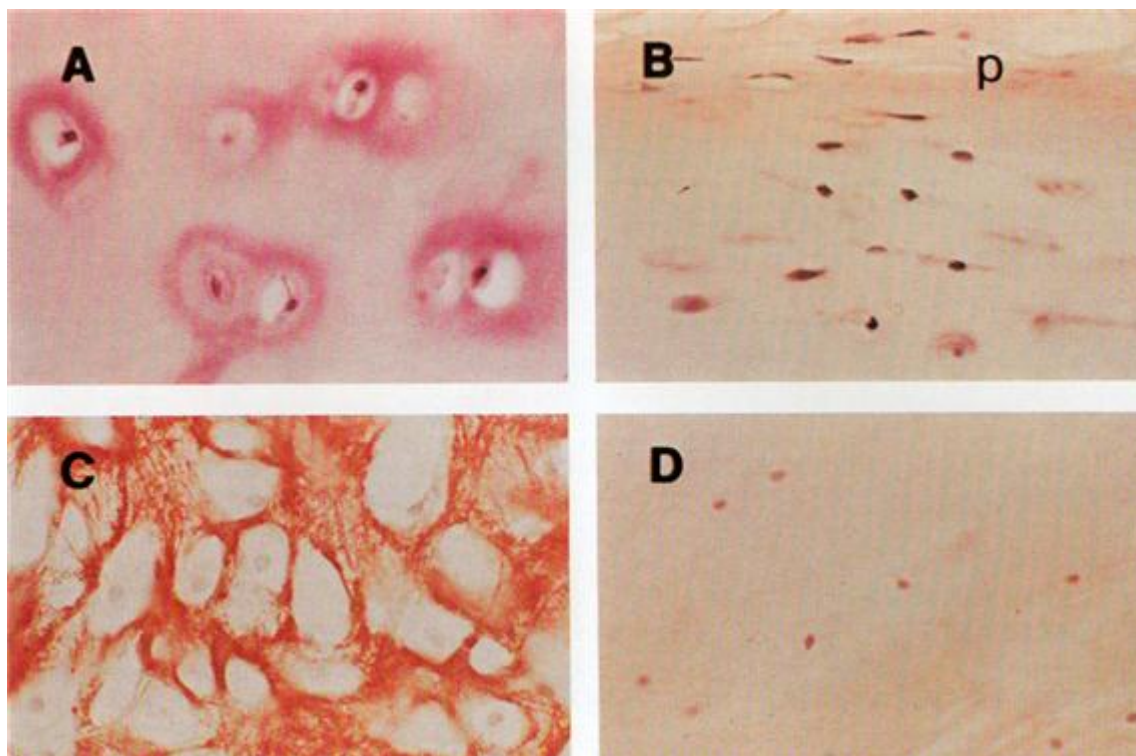
5.1.1. Üvegporc (hyalinporc)

Az **üvegporc** festetlen vagy általános festési módszerekkel megfestett készítményen teljesen egyneműnek tűnő alapállományból és benne elszórtan helyet foglaló hólyagszerű, gömb alakú sejtekből (*chondrocyta*), illetve 2-4 sejtől álló sejtcsoportokból épül fel (**2/40A ábra**).

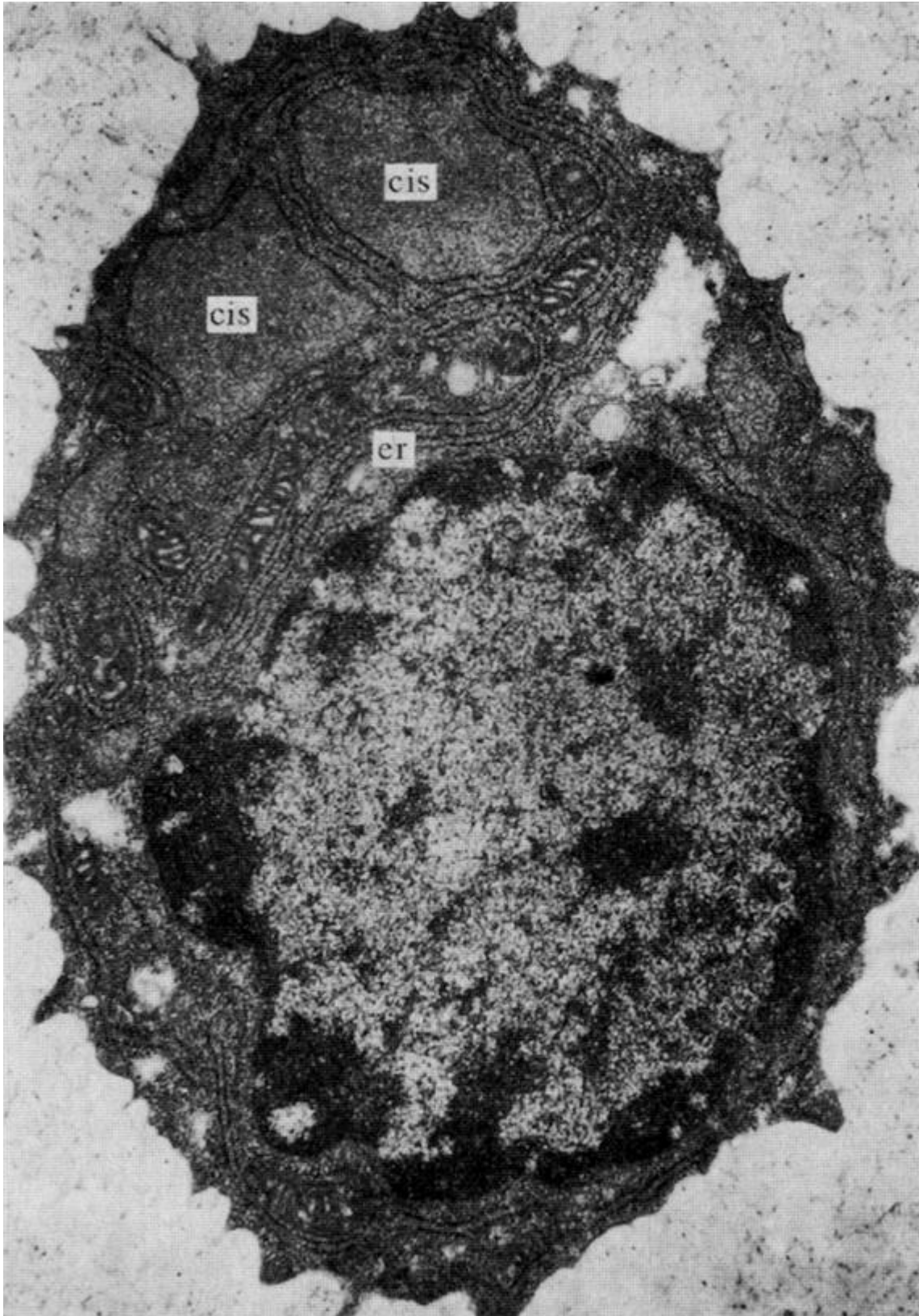
A porcszövet egysége a *chondron (territorium)*, mely a sejtfejszkekben tömörülő porcsejtekből és az őket körülölelő basophil festődésű porcudvarból áll. A csoportokban a szorosan egymáshoz lapított sejtek zsemle (2 sejtnél) vagy szabálytalan korong alakúak. A porcsejt alakja olyan jellemző, hogy a porcszövet akár egyetlen sejt alapján is felismerhető. Magja egy vagy több, erősen festődő magvacskát tartalmaz. Aránylag bőséges plasmájában mérsékelt számú mitochondrium, Golgi-háló és cytocentrum ismerhető fel. Feltűnő tulajdonsága a porcsejteknek, hogy plasmájuk zsírcseppecskéket, és elég jelentékeny mennyiségű glikogént tartalmazhat. Közönséges készítményen is jól láthatók, főleg a plasma széli részén a nagy vacuolumok, amelyek vagy kioldott zsírcseppek vagy glikogénzemcsék helyei, de tágabb sejtmedvvel telt hólyagocskák is lehetnek. Egy porcsejt elektronmikroszkópos képe a **2/41. ábrán** látható.

A sejt közötti vagy alapállomány (*interterritorium*) nagyobbára basophil, sőt bázikus anilinfestékekkel metakromáziás festődésű. Csak látszólag egynemű anyag, mert ezüstözéssel, tripszinemesztés után vagy polarizált fényben való vizsgálattal a kötőszövetnél jóval finomabb kollagénfibrillumokból álló alapváza

könnyen feltüntethető. A rostok friss készítményben vagy közönséges festésekkel azért nem láthatók, mert a rostok közeit kitöltő anyag törésmutatója azonos a rostokéval. A kötőszöveti rostváz a porc általános mechanikai igénybevételének megfelelő húzási erővonalakkal párhuzamosan rendezett. A porc alapállományban a II. típusú kollagén fordul elő, vékony átmérőjű rostok (20 nm) formájában. A porcmatrix jelentős komponensét képezik a proteoglikánaggregátumok. A porcban előforduló glükóz-aminoglikánok (*keratán-szulfát, chondroitin-szulfát, hyaluron-sav*) fehérjéhez kötődve proteoglikánmolekulákat képeznek. Az utóbbiak hyaluronsavhoz kapcsolódva alakítják ki az aggregátumot, mely kollagénrostokhoz kapcsolódik.



2/40. ábra. Porcszövetek. A: hyalinporc (bordaporc); B: hyalinporc felszínét borító kötőszövetes tok: perichondrium (p); C: rugalmas rostos porc (fülkagyló, orcein festés); D: kollagén rostos porc (meniscus)



2/41. ábra. Porcsejt elektronmikroszkópos képe (Lévai G. anyaga és felvétele). A cytoplasmában jól fejlett, durva felszínű endoplasmás reticulum (er) látható, amelynek üregrendszere helyenként porcmatrixkomponenseket tartalmazó cisternákká (cis) tágul

Megemlítendő a glükoprotein természetű *chondronectin*, mely a porcsejtek és a matrix kollagénrostok kölcsönhatását segíti elő. A porcszövet – a hámszövethez hasonlóan – avascularis, diffúzióval táplálkozó szövet.

Az alapállomány basophiliáját a rostok közeit kitöltő komplex proteoglikánmolekulák szolgáltatják. A proteoglikánmolekulák felelősek a metakromáziás festődésért is. Érthető, hogy a GAG- molekulák helyi koncentrációja szerint a porc alapállományának különböző részeiben annak basophiliája és metakromáziája igen különböző lehet. Így pl. az egyes porcsejtek, illetve összetartozó sejtcsoportokat közvetlenül körülvevő vékony réteg, az úgynevezett *belső porctok* igen erősen basophil. Ez nem jelent azonban egyúttal valami tényleges tokszerű tömörülést. A belső tokon kívüli alapállomány – attól függően, hogy a sejtcsoport a porc felületesebb vagy mélyebb részén foglal-e helyet – igen különböző fokú basophiliával rendelkezik, sőt a basophilia akár hiányozhat is. Az alapállományt és a kollagénrostokat egyaránt a porcsejtek termelik.

Porcnövekedés. A porcot kívülről – főleg a nagyobb elhajlításhoz kitért porcokban (pl. bordák) – erős kötőszöveti tok, a *perichondrium* veszi körül (2/40B ábra). A porcok vastagsági növekedése során a porchártya belső rétegéből differenciálatlan mesenchymalis sejtek válnak le, és *chondroblastokká* válva porcos alapállományt és rostokat termelnek. Így a porc a porchártya felől „rárakódással” (*appositionalis növekedés*) nő. A sejtek kezdetben a porchártyával párhuzamosan fekvő lapos idomúak, és csak később, a mélyebb rétegekbe kerülve veszik fel fokozatosan a porcsejtekre jellemző alakot és elrendeződést. A porchártya külső durvább rétege tömött rostos kötőszövetnek felel meg.

A porcos alapállomány természetesen szintén különböző korú aszerint, hogy a porchártyához viszonyítva felületesebb vagy mélyebb rétegben van-e. Eszerint festődési tulajdonságai is változók. Időskorban és patológias körülmények között az alapállomány elmeszesedhet.

A porcos csonttelepek hosszúnövekedésében az ún. *interstitialis* (belső sejtosztódás révén létrejött) növekedési folyamatok visznek fontosabb szerepet (lásd a csontok növekedésénél). A porcszaporulatot az agyalapi mirigy növekedési hormon (growth hormone, GH) termelése biztosítja. A humorális hatás – közvetve – a máj által termelt *somatomedin C* révén érvényesül.

5.1.2. Rugalmas porc (elasticus rostos porc)

Nagyobb fokú deformálódásnak rendszeresen kitétt helyeken (pl. fülkagyló, gégefedő) a porc alapállományát sűrű szövésű rugalmas rosthálózat szövi át, amely folyamatosan összeköttetésben van a perichondrium rugalmas rostjaival (2/40C ábra).

A rostok hálózata különösen sűrű a porcsejtcsoportok felszínén. A rugalmas rostok a szokásos rugalmas rostfestésekkel (orcein, rezorcín-fukszin) jól festődnek, és sok helyütt oly sűrűek, hogy a porcos alapállomány nem is látszik.

A friss rugalmas porc sárgás színe alapján már szabad szemmel is felismerhető. A rugalmas rostok hálózata nem rendszertelen, hanem szinte trajektorális rendszert képez, amely a porcot deformáló erőknek enged, de a behatás megszűnésével biztosítja az eredeti alakba való visszaugrást (Krompecher). Az elasticus és kollagén rostkötegek alkotta háló „szemeiben” csoportosulnak a jellegzetesen puffadt porcsejtek.

5.1.3. Rostos porc (kollagénrostos porc)

Nagyobb mérvű, de nem tisztán összenyomási megterhelésnek kitétt helyeken (csigolya közötti porckorongok, ízületi közbeiktatott korongok, ki- vagy beugró porcszékék és ajkak, végül szabálytalan ízületi felszínnel rendelkező, erős nyíró hatásoknak kitétt ízületek porcfelszínein) a porc alapállománya olyan nagy mennyiségű kollagénrostot tartalmaz, hogy az közönséges festésű vagy festetlen készítményen is feltűnik: ez a **rostos porc** (2/40D ábra).

A porcsejtek alakja típusos, de elrendeződésük eltérő a többi porcokban tapasztaltaktól. Minthogy az alapállomány kollagénkötegei a porc egy-egy kisebb részében párhuzamosan haladnak, a porcsejtek a rostkötegek közé ékelt hosszanti sorokban helyezkednek el. A kollagénrostos porc tehát mindenben hasonlít a tömött rostos kötőszövethez, főleg a rendezett féleségéhez, azzal a különbséggel, hogy a kollagén rostkötegek közeit nem kötőszöveti sejtek (pl. ínsejtek) sorai, hanem jellemző porcsejtek töltik ki. A kollagén rostok közeit foglalja el az alapállomány proteoglikán része, de nem tudja úgy elfedni a sokkal tömörebb kötegekbe rendezett vastkos kollagénrostokat, mint a hyalinporcban.

5.2. Csontszövet

Elmeszesedett kollagén fibrillaris sejt közötti állományból és ennek szilvماغ alakú, számos finom csatornaszerű nyúlvánnyal bíró üregeiben (lacunákban) elhelyezkedő sejtekből felépített szövet. Mind

összenyomási, mind szakítási és hajlítási szilárdsága jelentős, és így a vázat érő biológiai megterhelésnek jól ellenáll. Ezeken túlmenő megterhelésekre folytonossága megszakadásával (törés) válaszol, vagy egyéb alakváltozással járó roncsolást (pl. összeroppanás) szenvedhet. A csontszövet elsődrendű mechanikai funkciójában a sejt közötti állományba bezárt élő sejtek közvetlenül nem vesznek részt. Szerepük a csont képzésében elsődleges. Ennek során minden sejt a nyúlványaival elfoglalt térség (territórium) sejt közötti állományához szükséges anyagokat (kollagént, glikoproteint és valószínűleg az ásványi anyagokat is) beépíthető formában termeli.

Míthogy – mint ezt a továbbiak során látni fogjuk – a csont folytonos átépülésben van, teljesen kifejlesztett élőlényben sem szűnik meg a csontsejteknek ez a szerepe. A csontsejtek azonban nélkülözhetetlenek a csont kész alapállományának elég jelentékeny anyagforgalmában is. Az elhalt sejteket tartalmazó csontállomány előbb-utóbb kiválik az élő csontállományból, attól elhatárolódik (*demarcatio*; lásd körbonctan) és kilökődik vagy felszívódik. A legjobb esetben fokozatosan átépül, úgyhogy a helyét lépésről lépésre élő sejteket tartalmazó csont foglalja el.

A csontszövet mechanikai funkcióját közvetlenül az alapállomány biztosítja, amelynek funkciós struktúrája, vulgáris hasonlattal élve, a vasbetonéval analóg. A fibrillumok a vasbeton vas vagy acélszálainak megfelelően főleg a nyújtásnak képesek ellenállni, illetve minden olyan behatásnak (hajlítás, nyíró erők, csavarás stb.), amelynél az anyagon belül húzási erővonalak lépnek fel. Az alapállományba és rostok közé lerakódott ásványi anyagok a vasbeton cementjének megfelelően az összenyomásnak képesek ellenállni.

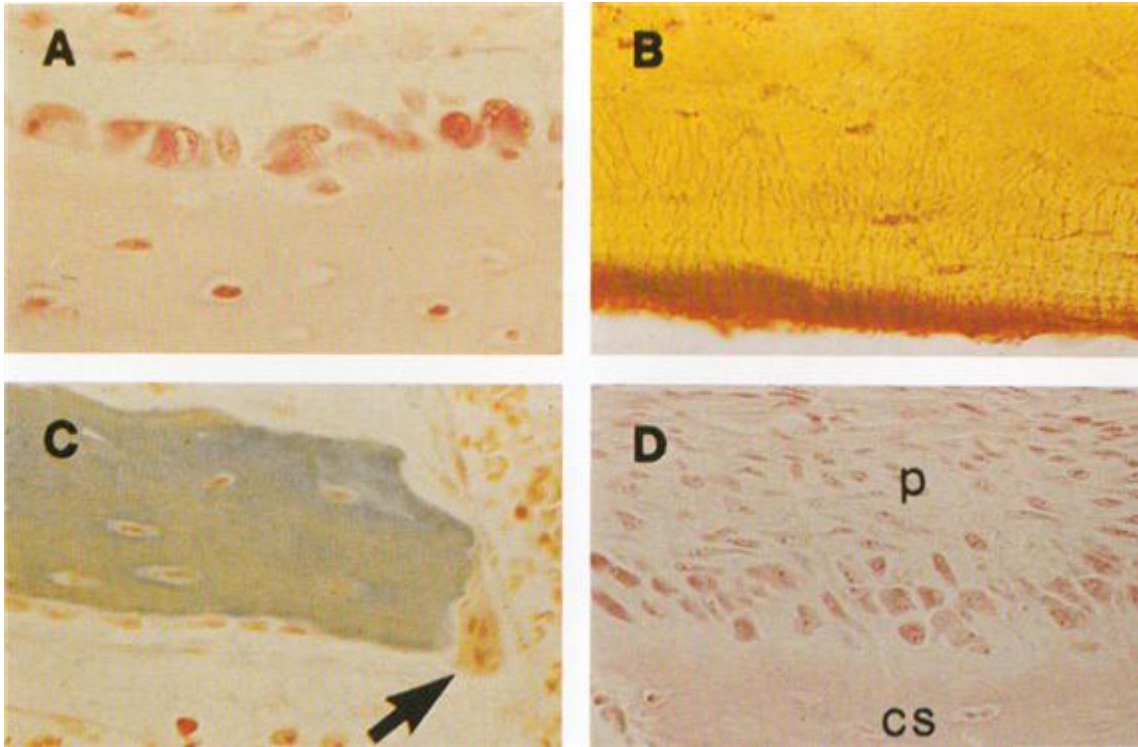
A következő pontokban a fő alkotóelemekkel, így a különféle csontsejtekkel, a csont alapállományának összetételével és a csontszövet architektúrájával foglalkozunk.

5.2.1. Csontsejtek

A csontszövetnek háromféle saját (tehát pl. nem erekhez tartozó) sejtes alkotórésze van: a **csontképző sejtek** (*osteoblastok*), a **csontsejtek** (*osteocyták*) és a **csontfaló sejtek** (*osteoclastok*).

Csontképző sejtek (*osteoblastok*). A csont növekedésének vagy átépítésének helyén fordulnak elő. Köb alakú, 15–20 μm átmérőjű, köbhámsejtekre emlékeztető, mégis egymástól nagyobb résekkel elválasztott kromatinban gazdag magvú, basophil plasmájú sejtek. A továbbépitendő csontfelszíneket – akár a csont külső felszínén legyenek, akár az átépítés során kivájt nagyobb velőüregek felszínén – egy rétegben borítják (**2/42A ábra**).

Az osteoblastok részletdús plasmája, főleg pedig basophiliája (ergastoplasma) és fermentumokban való gazdagsága (alkalikus foszfatáz) jelzi, hogy igen élénk anyagcsere zajlik a sejtekben. Elektronmikroszkóppal vizsgálva a csontszövetet kitűnik, hogy az osteoblastsejtekhez finom, egymással kommunikáló (gap junction) nyúlványok tartoznak.



2/42. ábra. Csontszövet. A: osteoblastok sorakoznak a fejlődő koponyaacsont külső felszínén; B: osteocyták hosszmetzetben (pikrinsavfestés); C: osteoclast (nyíl) a fejlődő koponyaacsont felszínén (Azan festés); D: Periostealis csontosodás; a periosteum (p) belső sejtei osteoblastokká differenciálódnak és részt vesznek a csontképzésben (cs: csontállomány)

A sejtek szerepe a rostok és az alapállomány termelése. A frissen termelt, még el nem meszesedett extracelluláris matrix állományt *osteoid* substanciának nevezzük. A secretio folyamatában az osteoblastok működése polarizált, ugyanis az extracelluláris matrix komponenseit a sejtek a már korábban megtermelt osteoid állomány felé forduló felszínükön keresztül ürítik. A friss csontállományra így újabb és újabb osteoid réteg rakódik rá (*appositionalis növekedés*). A sejtek ugyancsak felelősek az alapállomány elmeszesedési folyamatának beindításáért. Ebben a sejtek által secernált, membránnal körülvett *matrixvesiculák* (50–250 nm) játszanak kulcsszerepet. A gyarapodó alapállomány végül teljesen körülvési az osteoblastokat, finom üregeket (*lacuna*) és csatornácskákat (*canaliculus*) képezve az osteoblastok sejtestjei és sejtnyúlványai számára. Az alapállományt átjáró bonyolult üregrendszer tulajdonképpen öntvénye az abban helyet foglaló nyúlványos sejteknek.

Csontsejtek (*osteocyták*). Szilvamag alakú, eléggé nagy sejtek (három irányú átmérőik 30:10:5 mm), amelyek a csontalapállomány hasonló alakú üregeibe (*lacunae ossium*) vannak bezárva (2/42B ábra).

Plasmájuk részletszegény, csak igen gyengén basophil, és glikogén- vagy zsírszemcséket tartalmazhat. A mag aránylag sötét festődésű, kissé zsugorodottnak tűnik. A sejtek legfeltűnőbb tulajdonsága, hogy testükből minden irányban finom elágazó nyúlványok lépnek ki, melyek a csontalapállomány hasonló finom csatornácskáiban (*canaliculi ossium*) helyezkednek el. Szomszédos csontsejtek nyúlványai egymással közeli érintkezésbe kerülnek; ez a kapcsolat a csontsejtek anyagforgalmának egyik eszköze. Idősebb csontban állítólag a csontsejtnyúlványok visszahúzódnak, és nem töltik ki teljesen a csatornácskákat.

Szerkezeti tulajdonságaiból következtethetőleg az osteocyta aránylag megállapodott sejtípus. A látványos csontképzésből visszavonult osteoblastokból származnak. Feladatuk a csontszöveti matrixállomány fenntartása. Az osteocyták pusztulása csontleépülést és -felszívódást (*resorptio*) eredményez, mely folyamatban a csontfaló sejtek járnak élen.

Csontfaló sejtek (*osteoclastok*). Nagy, többmagvú (5–10) sejtek, amelyek mindenütt ott fordulnak elő, ahol csontfelszívódás folyik (pl. átépítődés helyén). Laza, likacsos plasmájuk eosinophil, magvaik chromatinszegények Rendszerint a csontállomány félgömbszerűen kivájt mélyedéseiben (*Howship-féle lacuna*) foglalnak helyet (2/42C ábra).

A csontresorpitóban aktívan részt vevő osteoclastok szorosan tapadnak a matrixállományhoz. E területen membránjuk fűrészesen csipkézett, fodrozott (*ruffled border*). A resorptiós mikrokönyezet savas természetű, mely kedvez az ürülő lysosomal enzim aktivitásának csakúgy mint a kalcium-foszfát lebomlásának.

Az osteoclastsejtek összeolvadó monocytákból alakulnak ki, és a mononuclearis phagocytá rendszerhez tartoznak. Szerepüket a csontok fejlődésének, növekedésének és átépítésének tárgyalása során elemezzük közelebbről.

5.2.2. Csontalapállomány

Organikus és anorganikus összetevőkből áll. A szerves állományhoz tartoznak a kollagénrostokhoz mindenben hasonló osteocollagen (osszein) fibrillumok (I. típusú kollagén), amelyek főzéskor ugyanúgy enyvet adnak, mint a kötőszöveti kollagénrostok. A rostok proteoglikánaggregátumokban gazdag amorph alapállományban helyezkednek el. A szövet mérsékelten hidratált (10-10%). Glikoprotein-összetevői közül az osteocalcin és a sialoprotein érdemel említést, nagy kalciumkötő képességük miatt. A csontalapállomány organikus összetevői a csont zsírintes szárazanyagának közel 35%-át teszik ki.

Az anorganikus összetevők fő részét *hidroxil-apatit* [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$] szubmikroszkópos kristályai képezik, amelynek molekulái határozott rácsszerkezetet alkotnak a kristályokon belül. A csontalapállomány további anorganikus összetevőinek egy része a kristályrácsba épül be (pl. fluor), míg mások (magnézium, nátrium, karbonát és citrát) feltehetőleg a szubmikroszkópos kristályok felszínéhez abszorbeálódnak. Radioaktív izotópok gyors beépüléséből következtethetően a csont anorganikus alkotórészei még a stabilis (nem átépítés alatt levő) csontszövetben sem állandók, hanem bizonyos mérvű anyagkiesérlődés folyik. A csontszövet zsírintes szárazanyagának közel 65%-át teszik ki ezek az anorganikus anyagok. A mikrokristályok a kollagénrostokhoz kötődve növelik a szövet szilárdságát és ellenálló-képességét.

5.2.3. A csontállomány architektúrája

Csontszövet kétféle elrendeződésben fordul elő: egyrészt tömör (*substantia compacta*), másrészt szivacsos (*substantia spongiosa*) alakban.

Az előbbi jobbra a csontok felszínén található, és a csontok csak aránylag vékony kérgét (*corticalis*) képezi. A csöves csontok középső, csőszerű darabja a velőüreget körülvevő tömör csontszövetből áll.

A szivacsos csontállomány ezzel szemben a csontok belső részét foglalja el. A csontok vastkosabb, egymással ízesülő végei a vékony corticalisréteg alatt szivacsos csontból állanak. Hasonlóképpen a rövid köbös csontok és csontrészek (pl. csigolyatestek, kéz- és lábtöcsontok), végül pedig a lapos csontok (koponyacsontok, lapocka, medencecsont, bordák) egész belső állománya szivacsos csont. A szivacsos csont csontszövetből álló gerendák szövédéke. A gerendák alakja nagyon sokféle, lehetnek vékony lemezek, tömör hengerded szálak vagy éppenséggel finom csövecskék aszerint, hogy milyen jellegű mechanikai megterhelésnek van leggyakrabban kitéve az a csont rész, amelyben elhelyezkednek. A szivacsos csontállomány gerendái nem rendszertelenül, hanem szigorúan törvényszerű architektúrákba rendezetten fordulnak elő, amint erről a csontnak, mint szervnek az ismertetésében majd részletesen szólnunk.

A csontszövet finomabb (mikroszkópos) architektúrája sokkal rendszeresebb a compact csontállományban, és ezért ott jobban tanulmányozható.

A csontnak – szövettani architektúráját illetően – két válfaja ismert: a **primaer** és a **secundaer csontszövet**.

Primaer (éretlen, fonatos) **csontszövet**. Az alkotóelemek kevésbé rendezett mivolta jellemzi. A kollagénrostok rendezetlen elrendeződést mutatnak. A szövet mineralizációja kisebb mérvű és nagy az osteocytatartalma.

A csontok fejlődése során elsőként a primaer organizáció valósul meg, mely fokozatosan átépüléssel rendezett, lemezes csonttá fejlődik. Bizonyos területeken primaer csontszövet marad vissza, így a koponya suturái mentén, a fogmedrekben és inak tapadásánál.

Secundaer (érett, lemezes) **csont**. Az érett csontszövet építő egységeit koncentrikusan elhelyezkedő, 3–7 mm vastagságú lemezek (*lamina specialis*) rendszerei alkotják. A lemezek festetlen készítményben is jól láthatók, alternálóan változó, eltérő fénytörésük alapján, ez azonban még feltűnőbb polarizációs mikroszkóppan. Oka, hogy az egyes lemezeket felépítő kollagénrostok egy-egy lemezen belül párhuzamosan futnak, de két szomszédos lemezen irányuk mintegy 90°-ban eltérő. Így minden lemez más fénytörést mutat. Természetesen

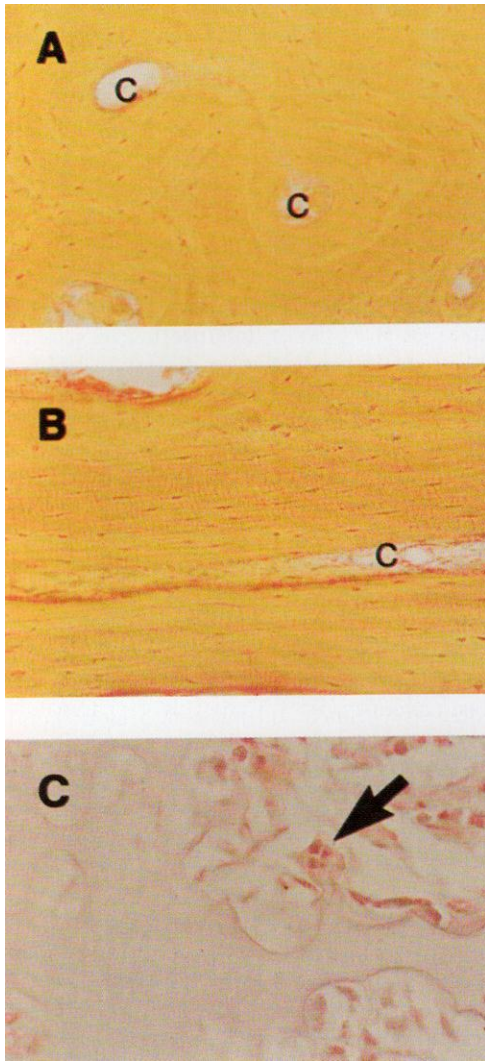
a lemezek másik alkotója a spirálisan futó kollagén rostokat befogadó alapállomány. Ezeket a lemezrendszereket nagyjából rájuk merőleges, finom – 1 µm vastagságú vagy még vékonyabb – csatornák járóják át (*canaliculi ossium*), amelyek helyenként elágazódva, illetve egymásba nyílvá, nagyobb szilvماغ alakú üregekbe (*lacunae ossium*) nyílnak.

A csontlacunákat a csontsejtek teste, a csatornácskákat póklábra vagy inkább százlábúra emlékeztető nyúlványrendszerük foglalja el. A csontlacunák legnagyobb átmetszete a lemezrendszerekkel párhuzamos síkban helyezkedik el, egy-egy sejthez tartozó nyúlványok mintegy 5–8 lemez vastagságának megfelelő kiterjedésűek. Minthogy a csontcsatornácskák egymással összeszájadjanak, a csatornácskák és a lacunák rendszere az egész összetartozó lemezrendszert teljes mélységben átjárja. A csontszövet fő lemezrendszereit Havers-lemezeknek vagy laminae specialesnek nevezzük (**2/43A, B ábra**). Ezek a csontok hossz tengelyével általában párhuzamosan futó, 20–100 µm átmérőjű, ereket és idegeket tartalmazó csatornák, az ún. *Havers-csatornák* körül alakulnak ki. Rendszerint 5–30 egymásba pontosan beillő hengeres csontlemez vesz körül egy Havers-csatornát. A Havers-csatorna körül koncentrikusan rendeződő *lamina specialis*ok és a közöttük elhelyezkedő osteocyták, a lemezes csont jellegzetes strukturális egységét az osteont (*Havers-rendszer*) alakítják ki. A keresztmetszetben kerek vagy ellipticus osteonok átmérője 100–400 µm.

A Havers-csatornában egy-két ér foglal helyet, laza kötőszövetbe ágyazva, amelyek közül az egyik mindig capillaris, a másik gyakrabban postcapillaris vena, ritkábban precapillaris arteriola. A Havers-csatornák tartalmazzák tehát a csont tápláló hajszálérhálózatát; az erek a lemezek közé már nem hatolnak be. A szomszédos Havers-csatornákat egymással, illetve a velőüregben és a csont külső felszínén a csonthártyában levő érhalózzattal az előbbiekkal közel derékszögű lefutású csatornák, illetve bennük futó erek kötik össze. E csatornák körül nem találunk hozzájuk tartozó csontlemezrendszereket; nevük *Volkman-csatorna*.

A megelőző szakaszban mondottak értelmében a Havers-lemez-rendszerekben futó kollagén rostok az egyik lemezben – a lemez hengerded jellegének megfelelően – spirálisan az egyik irányban haladnak, a vele szomszédos két lemezben épp ellentétes spirális lefutásúak. A spirális iránya változó lehet, szélső esetben az egyik lemezben a Havers-csatornához közel párhuzamos meredekségű és a másikban közel körkörös lehet a rostok iránya, többnyire azonban mégis mindkét irányban közel 45° emelkedésű spirális a fő rostirány.

A Havers-lemez-rendszereket 1–5 rétegben, legnagyobb átmetszetükkel koncentrikus hengerfelszíneken elhelyezett csontsejtek foglalják el. A legbelső csontsejtréteg csatornácskái a Havers-csatornába nyílnak, innen történik tehát a csontsejtek anyagforgalma. A legkülső csontsejtréteg kifelé irányuló nyúlványai csak ritkábban közlekednek más lemezrendszerek csatornácskáival, mert az egyes lemezrendszerek határán található „ragasztó- (gitt-) réteget” nemigen járóják át (**2/42B ábra**). Ez a cementállomány, mely mineralizált matrix, kevés kollagén rosttal. A legtöbb csontcsatornácska itt visszahajlik.



2/43. ábra. Csontszövet. A: csontszövet kis nagyítással készült keresztmetszeti képe. A capillarisok (c) körül a koncentrikus szerkezetű Havers-rendszerek láthatók (pikrinsavfestés); B: csontszövet kis nagyítással készült hosszsmetszeti képe (c: capillaris, pikrinsavfestés); C: chondroclast (nyíl) enchondralisan csontosodó végtagsontból

A Havers-lemezek vagy laminae speciales azonban a csontállománynak csak egyik, habár legjelentősebb része. Főleg csöves csontok keresztmetszetén szépen látható, hogy a csont külső felszínén ezzel párhuzamos 4-5 csontsejtréteget tartalmazó lemezrendszer – *laminae generales* – helyezkedik el. Később fogjuk megismerni, hogy e lemezrendszerek a csonthártya által képzett csontnak felelnek meg. Havers-csatornák ezekben a lemezekben természetesen nincsenek.

A csöves csontok nagyobb központi velőüregét kevésbé szabályos, de az előbbihez hasonló, a belső csontfelszínnel párhuzamos lemezrendszer foglalja el, amelyet az előbbiekkal (*laminae generales externae*) elkülönítendő *laminae generales internae* névvel jelöljük. Érthető, hogy a hengerded Havers-lemez-rendszerek, valamint a külső és a belső általános lemezrendszerek egymagukban nem tudják tömören kitölteni a teret, hanem közöttük szabálytalan rések maradnának fenn. Ezeket töredékes de mégis egymással párhuzamos lemezekből álló *laminae intercalares* vagy *interstitiales* tölti ki. Közelebbi megtekintéssel felismerhető, hogy ezek vagy a csont fiatalabb korában beljebb elhelyezkedett laminae generales externae-nek vagy átépített Havers-rendszerek maradványa (2/43A ábra). Elvértve, valódi hézagpótlásul, külön beépült közbeiktatott csontlemezek is előfordulnak.

A csont lemezrendszereitől független kollagén rostrendszerek is találhatóak, ugyancsak csontállománnyal körülveve, nagyobb szabálytalan elrendeződésű kötegekben. Inkább csak a csont külső, csonthártya eredetű részében fordulnak elő, és a csonthártyából hatolnak be különböző mélységbe a csont állományába. *Sharpey-féle*

rostoknak nevezzük őket, s a csonthártyának az ízvégek közelében, izomtapadási és -eredési helyeken stb. a csonthoz való szorosabb rögzítését biztosítják.

5.2.4. Csontképződés és csontnövekedés

Csontszövet általában nem közvetlenül, azaz elsődlegesen, hanem rendszerint másodlagosan, előzetesen már meglévő más támasztószövet átépítése révén keletkezik. Az elsődlegesen meglévő és átépülő szövet milyensége szerint ezért szólhatunk **kötőszövetes telepből való** – *desmogen* (pontosabban *desmalis*)–, illetve **porcos telepből való** – *chondrogen* (pontosabban *chondralis*)– **csontosodásról**. Ezek mellett újabban mind világosabbá válik, hogy elsődleges csontképződés is van, habár ennek magasabb rendű szervezeteiben csak alárendelt gyakorlati jelentősége van. Ezért a csontosodás három fő mechanizmusát, az inkább elvi jelentőségű elsődleges és a két másodlagos: desmogen, ill. chondrogen csontosodási ebben a sorrendben külön pontokban tárgyaljuk. Csatlakozóan beszélünk még a periostalis és a perichondralis csontosodásról, amelyek már inkább a csontnövekedés mechanizmusai közé tartoznak, a csontfelszívódásról és -átépítésről, a csontregenerációról és végül a csontképzést szabályozó működésekről.

Elsődleges csontosodás [*primaer angiogen (Krompecher-féle) csontosodás*]. Elsődleges csontosodás néven a csontképződés olyan mechanizmusát értjük, amelynek során kisebb erek (capillarisok, postcapillaris venák, precapillarisok) környezetében levő adventitialis differenciálatlan mesenchymasejtek csontalapállomány-termelése közben közvetlenül alakulnak csontsejteké. *Krompecher István* a csontképzés e fajtáját eredetileg fiatal állatok koponyacsontvarratai tájékán figyelte meg, ahol nagyobb sinusoid capillarisok adventitiája adja a csontképzéshez szükséges differenciálatlan mesenchymasejteket.

Ezeken a helyeken egyrészt a szűk térbeli viszonyok mellett nem volna mód nagyobb kötőszöveti rostrendszernek elsődleges felépítésére és ezek utólagos elcsontosodására, másrészt a növekvő agy az egymással érintkező koponyacsontokat a varratoknál egymástól minden nagyobb erő kifejtés nélkül széttolva (ti. az agyvelő növekedése révén nagybodó koponyatérigény és a csontok növekedése normálisan tökéletes harmóniában zajlik), lépésről lépésre helyet nyit mindig újabb csontrétegek beépítésére a meglévő csontok szélei mentén.

Újabban mesterségesen eltört csontok törvégeinek igen pontos egybeillesztése és tökéletes rögzítése mellett a keletkezett keskeny csonthézag hasonló elsődleges elcsontosodását észlelték (*Karlinger*). Itt lényegében mesterségesen hasonló viszonyokat teremtettek, mint amilyenek a koponyavarratokban természetesen megvannak, amint látjuk, azonos eredménnyel.

Az elsődleges csontosodás elvi jelentősége tehát abban rejlik, hogy megfelelő térbeli és környezeti feltételek esetén, azaz keskeny csontfelszínekkel határolt, tökéletes nyugalomban tartott hézag mellett közvetlen csontfelépülés történhet. Mint később látni fogjuk, a csont fejlődése és főleg átépítése során ez a mechanizmus kicsiben, illetve elosztott részletekben az egész folyamat leglényegesebb eleme. Az említett szigorú feltételekből azonban az is nyilván következik, hogy a csontok kezdeményeinek kialakulásában ilyen elsődleges csontképzés nem szerepelhet.

Kötőszövetes telepen történő (*desmogen*) **csontosodás**. Lényege, hogy az előzetesen kifejlődött kötőszövetes telep – rendszerint kötőszövetes lemez – csonttá épül át. Legtípusosabb esete a koponyatető csontjainak fejlődése. Az agyvelőt felülről és oldalról borító mesenchymalis telep egyes pontjain kezdetben nyúlványos mesenchymalis sejtek tömörülnek. E tömörülések központjában az előzőleg már meglévő kötőszöveti rostok körül nagyobb mennyiségű sejt közötti állomány rakódik le, mely a sejteket eleinte csak széttolja, majd a nyúlványaik révén összefüggésben maradó sejteket szorosan körülzárja.

Ekkor már tisztán felismerhető, hogy a sejtek *osteoblastokká* differenciálódtak, és a sejt közötti állományban is megindul a mészsók lerakódása. Így eleinte a kötőszövetben néhány szabálytalan hálózatos csontgerenda keletkezik, amelyek a csontképzés kezdeti gócpontjától (*punctum ossificationis*) sugárirányban kezdenek terjedni a koponyatető lemezszerű kötőszövetes telepében. A csontgerendák felszínét mindenütt osteoblastoknak szinte hengerhámszerűen szorosan egymás mellé sorakozó sejtrétege borítja (2/42A ábra), melyből a növekvő csontgerendára rakódó újabb csontállományrétegekbe mindig újabb osteoblastok zárulnak be.

A hálózatos csontgerendák tömörülése folytán a csont mind tömörebbé válik, és a köztük levő hézagok elemi velőüregekké, ill. ereket tartalmazó csontcsatornácskáká szűkülnek. A koponyacsont végleges szerkezete természetesen csak további átépülés, azaz a csont belsejében vörös csontvelőt tartalmazó szivacsos csontállomány (*diploe*), felületein pedig periostalis csontképzési mechanizmussal compact csontállomány kifejlődése révén alakul ki.

A desmogen fejlődésű csonttelep a csontosodási magból sugárirányban való terjedése folytán csillagszerűen csipkézett szélűvé válik. A csontosodás kezdetét jelző központ később is megmarad a felnőttkoponya csontjain látható dudorok (*tuber*) formájában (*tuber frontale*, *tuber parietale*). Nagybárra már az extrauterin életben (csecsemőkorban) a desmogen csontosodású koponyacsontok csipkézett szélei mind jobban megközelítik egymást, és fogazatuk egymásba illeszkedik. Ez nem egyszerre következik be, hanem előbb a csontok kissé domború szélein (már részben a magzati életben), a sarkaikon pedig jóval később. Több csont sarkának összetalálkozási helyein a csontszegletek teljes összeilleszkedése jelentékenyen megkésik; ezek a koponya ún. kutacsai (*fonticuli*), melyek közül pl. a nagykutacs csak a második életévben záródik be. Mindaddig, amíg a varratok fogai nem illeszkednek egymásba tökéletesen, a meglévő kötőszöveti telep átépülése révén képződik és nő a csont. Mihelyt a varratban szűk fugával tökéletesen egybeékeltszintű csontfelszín alakult ki, az előző fejezetben tárgyalt elsődleges csontosodás feltételei megvannak, tehát a csont további növekedését már nem desmogen, hanem elsődleges csontfejlődés biztosítja.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a desmogen (másodlagos) és az elsődleges csontosodás nem mereven elkülönülő, hanem folyamatos átmenetet mutató jelenségek, s az egyes koponyacsontok fejlődésében is az eleinte meglévő kötőszöveti telep teljes átépülése után fokozatosan elsődleges csontosodásba megy át a csont további fejlődése. A kérdés egyedül az, vajon előzetesen van-e a csontképződés helyén meglévő támasztószöveti telep – ilyenkor a csontképződés másodlagos –, vagy pedig nincs, és ilyenkor joggal mondjuk a csontképződést elsődlegesnek.

A koponyatető csontjaihoz hasonló mechanizmussal fejlődnek még az arckoponya külső csontjai, ezekben azonban a bonyolult térbeli viszonyok folytán a helyzet kevésbé áttekinthető.

Sajátságos, bár ugyancsak desmogen csontosodás, az az eset, amikor mintegy meglévő porcos „kaptafára” kívülről kötőszöveti telep átalakulása révén épül rá a csont. Ilyen pl. az állkapocs nagy részének csontosodása. E speciális esetek részletesebb elemzése azonban túlmenne könyvünk keretein.

Porcos telepen történő (*chondrogen*) csontosodás. A csontok túlnyomó többsége előbb porcos telepként fejlődik ki, és ez épül át igen fokozatosan csonttá. Ez a folyamat csak a növekedés lezárultával fejeződik be, és mint látni fogjuk, egyben a csontok (hossz-)növekedésének fő mechanizmusa. A chondrogen csontosodás legjellemzőbben a csöves csontok kialakulásában ismerhető fel, ezért leírásunk ezekre vonatkozik, de más, bonyolultabb alakú csont fejlődésére a mondandók apró, nem lényegbeli változásokkal ugyancsak érvényesek.

A csontok porcos előtelepe hyalinporcból áll, és nagyjából utánozza a csont későbbi alakját. A csöves csontok porcetelepei hosszszelvényben piskóta alakúak; középső részük hengerded, két végük vastagabb.

A csontosodás mindig a diaphysist körülvevő porchártya felől indul meg a csontot középpontú mandzsettászerűen körülvevő övben. Ez még nem a chondrogen csontosodás, hanem a desmogen csontosodáshoz némileg hasonló *perichondralis*, ill. *periostalis csontképződés*. Lényegében arról van szó, hogy a porchártya sejtdús, belső rétegében levő differenciálatlan sejtek osteoblastokká differenciálódnak, és csontállományt termelnek. Így a porc külső felszínén előbb egy vékony csontréteg keletkezik (2/42D ábra), majd erre kívülről a fa égvűrűihez hasonlóan újabb csontrétegek épülnek rá. A csontosodás tehát csak az első lépésben nevezhető perichondralisnak, mert mihelyt a porchártya már kiképzett egy csontréteget, nem tekinthető többé porchártyának, hanem a valóságban csontchártya, és így a csontképződés periostalis. A csontképzés eme módjával külön fejezetben fogunk foglalkozni.

A csont porcos telepének diaphysise körül kialakuló első perichondralis, illetve periostalis csontréteg képződésével egy időben vagy képződését követően az alatta fekvő területen a porcsejtek megduzzadnak, rajtuk az elfajulás különböző jelei mutatkoznak, a köztük levő porcos alapállomány elvékonyodik, és benne hamarosan mészesedik le. A periostalis eredetű csontmandzsettát ekkor egy vagy több helyen bőséges kötőszöveti sejt elemmel körülvett érhurom törli át, ezek együttesen betörnek az eredeti porcos diaphysis középső, degenerált porcsejteket tartalmazó részébe. A benyomuló kötőszöveti elemek hamarosan elpusztítják a duzzadt porcsejteket, és benépesítik az így felszabaduló elemi velőüreget.

A porcállományból megmaradt elmeszesedett és elvékonyodott gerendákra ráakadó differenciálatlan mesenchymalis sejtek hamarosan osteoblastokká differenciálódnak. Ezek a sejtek maguk körül az elmeszesedett porcalapállomány felszínére csontos alapállományt raknak le, amely hamarosan szintén elmeszesedik. Ez a folyamat kezdetben még meglehetősen rendszertelen, és semmiféle architekturális tervszerűség nem ismerhető fel benne. Hamarosan azonban a porcetelepbe betört mesenchymalis elemek expanziója megindul a csont két vége felé. Ezzel egy időben és valószínűleg ennek hatására a szomszédos porcállományban is igen élénk szövetszaporodási és egyúttal degenerációs jelenségek tapasztalhatók.

A három folyamat együttesen: ún. porcszövet-szaporulat; porcsejt-degeneráció és mesenchymalis elemeknek az elfajult és elpusztult porcsejtek helyére való behatolása és a megmaradó porcalapállományra történő csontképzés adja a chondrogen csontosodás fő mechanizmusát: az enchondralis, ti. a porctelepen belüli csontképződést, amelynek legfőbb szépsége és érdekessége éppen architekturális szabályszerűsége. A folyamatot mikrofotogramon a 2/44. ábra magyarázza.

Az enchondralis csontosodás meglehetősen mélységű „sávban” lezajló folyamat, amely az előző szakaszban elmondottak szerint három zónára osztható: a **proliferatív**ban levő porcsejtek zónájára, az **elfajuló** porcsejtek zónájára valamint a **mesenchymalis invázió** és elsődleges csontképzés zónájára.

A három zóna közül az első a csont diaphysisének közepétől legtávolabb, a harmadik pedig ehhez legközelebb fekszik. A csontképzés frontvonala eleinte meglehetősen gyorsan terjed a diaphysis központjától két irányban, az epiphysisek felé. Ezek határán azonban a porcszövet újdonszaporodása és csonttá való átalakulása egyensúlyba kerül, minek következtében a frontvonalnak a csont egészéhez viszonyított tovahaladása megáll.

A csontképzési front a diaphysis/epiphysis határon a csont hossz tengelyére merőleges síkban való megállása azonban csak relatív, mert közben a csontképzés, azaz a szaporodó porcszövetnek csonttá való átépítése egyforma, sőt fokozódó sebességgel tovább folyik. Ez a csont hossz növekedésében nyilvánul meg, vagyis a diaphysis/epiphysis határ mind messzebb tolódik a csont közepétől.

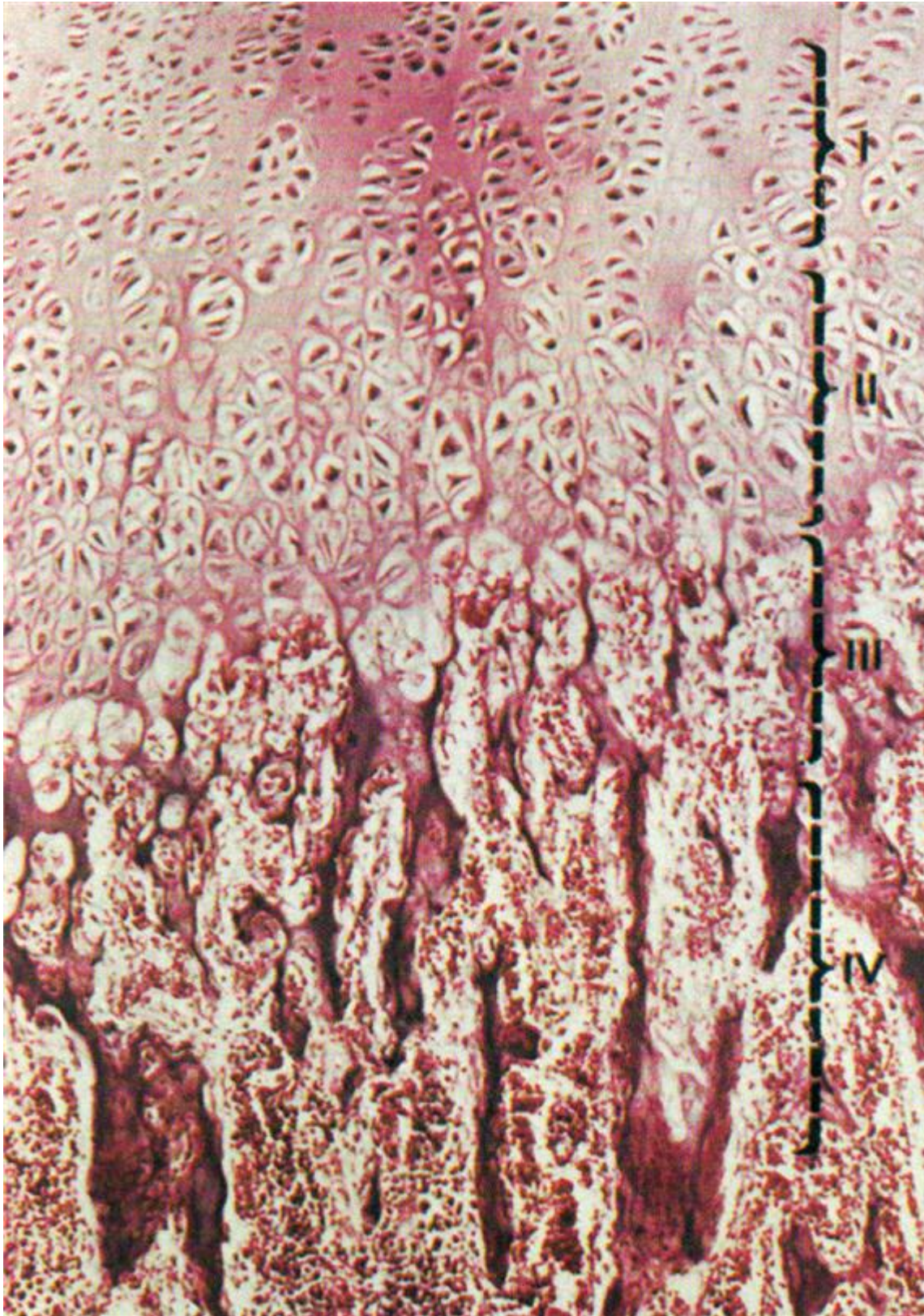
Nézzük meg most sorjában az enchondralis csontosodás három zónájában lejátszódó szöveti jelenségeket.

A **porcproliferatív zónájában** a porcsejtek gyors szaporodása megy végbe. Minthogy a sejtoszlások iránya mindig a csont hossz tengelyével párhuzamos irányú, ezért az újonnan képződő porcsejtek hamarosan kukoricaszemekhez hasonlóan hosszanti sorokba rendeződnek. Közöttük, hosszmetsetben, a porcalapállomány egységes, hosszanti gerendának tűnik. Egyes sorokon belül a sejtek ugyancsak kukoricaszemszerűen szorosan egymásnak lapulnak, harántul ovális vagy téglalakot vesznek fel, s közöttük a porcossal alapállománynak csupán minimális haránt összekötő hidjai maradnak meg.

Az **elfajulási zónában** a porcsejtek feltűnően felpuffadnak, majd zsugorodnak. A köztük levő harántporcalapállomány-hidak megszakadnak, és a hosszanti alapállomány-gerendákban mézszók rakódnak le.

A **mesenchymalis invázió zónájában** a diaphysis felől érkező capillarisér-hurkok és az őket kísérő mesenchymalis sejtek hatolnak be az elfajult porcsejtek köré, a porcalapállomány megmaradt gerendái által határolt hosszanti terekbe. A mesenchymalis sejtek közül a több sejtből összeolvadt, ún. *chondroclastok* (**2/43C ábra**) gyorsan elpusztítják az elfajult porcsejteket. A porcalapállomány-gerendák mint „*irányítógerendák*” megmaradnak, sőt vázként szolgálnak a friss csontállomány lerakásához.

A lezajló jelenségek megértéséhez elsősorban a térbeli viszonyokat kell helyesen elképzelnünk (**2/44. ábra**). A hosszmetseten látható porcsejtsorok a valóságban hengerded, a csont hossz tengelyével párhuzamos oszlopok. A hosszmetseten látható porcalapállomány-lécek nem gerendák, hanem a valóságban a méhek viaszlepeihez hasonló hálózatosan összefüggő lemezrendszerek, amelyek a sejtoszlopokat fogják körül. (Talán még könnyebben elképzélhető, ha vastagabb tésztáblából – pl. pogácsa készítésénél – kiszaggatott hengerek között fennmaradó tésztahálóra gondolunk.) Az elpusztult porcsejtoszlopok helyén lesz az *elemi velőüreg*. Az elemi velőüregeket kitöltő mesenchymalis elemek közül egyesek ráakódnak a megmaradt irányító gerendákra, elsősorban az elpusztult porcsejtek helyének megfelelő mélyedésekbe. E sejtek hamarosan osteoblastokká differenciálódnak, és maguk körül csontalapállományt képeznek ki, mely őket nyúlványrendszerükkel együtt fokozatosan körülzárja, és így az *osteoblastokból* (csontképző sejtekből) *osteocyták* (csontsejtek) lesznek. Erre az első rétegre hamarosan új réteg osteoblast rakódik le, a hozzá tartozó csontállománnyal. A sorozatosan egymásba épülő 2-3 koncentrikus csontállományhenger végül annyira beszűkíti az elemi velőüreget, hogy közepén csak egy-két capillaris számára marad hely, és ezzel előttünk áll egy újonnan képződött Havers-lemezrendszerhez hasonló képződmény.



2/44. ábra. Enchondralis csontosodás áttekintő képe (540-szeres nagyítás, hematoxilin-kromotrop-festés, Krompecher I. anyagából). I: porc proliferációs rónája; II: degenerációs zóna; III: mesenchymalis invazios zónája; IV: csontképzési zóna

A valóságban a legtöbb elemi velőüreg nem épül át valódi Havers-lemez-rendszerre, hanem – minthogy úgyis a csont belsejében történik az egész – mindjárt szivacsos csont alakul ki. Ez úgy jön létre, hogy az eredeti

irányítógerendák közül egyesekre mind több csont épül rá, míg mások felszívódnak. Így az eredeti elmeszesedett porcalapállomány és a ráakódott friss csontszövetből álló elsődleges csontállomány, valamint a köztük levő elemi velőüregek fokozatosan durvább, másodlagos szivacsos csontállomány-gerendákká és a köztük levő vörös csontvelővel kitöltött, másodlagos velőüregekké alakulnak át. E folyamatnak részletesebb leírását egy későbbi fejezetben adjuk.

Epiphysiscsont-képződés és epiphysisorclemez. Az eredeti porctelep további alakulásában lényeges újabb lépés, hogy a csont két végdarabjának vastosabb porctelepében az előbb leírttól független, de hasonló szöveti mechanizmusú csontképzési góc alakul ki. A diaphysisben való csontképzéssel szemben itt nincs perichondralis, majd periostalis csontképzés a porctelep felszínén, ami logikus is, hiszen a csont végdarabjának felszínén a porcállomány mint ízületi porcogó végig megmarad.

Érhurkok és velük együtt mesenchymalis sejtek törnek be a végdarabba, hogy az ott levő, elfajuló porcsejteket elpusztítsák. Itt azután a már ismertetethez hasonló enchondralis csontképződés indul meg, amely a végdarab központjából fokozatosan szétterjedve szivacsos csontállománnyá alakítja át a végdarab porcos telepének nagy részét, de nem az egészet. Az egész élet során megmarad a csont ízületi porcborítéka. A növekedés lezártáig megtalálható egy néhány milliméter vastag porclemez az epiphysis és diaphysis határán: ez az *epiphysisorclemez*. A végtagok növekedése során az epiphysisorcok anyagcseréje igen élénk, ami különböző anyagok (pl. foszforvegyületek) rendkívül gyors beépüléséből is látható (lásd később). Az epiphysisorcban ugyanis rendkívül élénk porcszövet-szaporodás zajlik, mégpedig két irányba, annak megfelelően, hogy mind a diaphysis, mind az epiphysis irányából enchondralis csontképzés folyik. Ez aránylag lassú az epiphysis felől, amelynek hosszanti növekedése lassú, viszont igen gyors a diaphysis felől, a csont hossznövekedésének megfelelően. Az epiphysisorc tehát a növekedés során végig megmarad, és folyamatosan szolgáltatja a porcos alapanyagot a csont hossznövekedése számára. A növekedés lezárulása körül, 15–16 éves kortól kezdődően – nőben korábban, mint férfiban – az epiphysisorcokban a porc proliferációja megszűnik, és az egész porc csontosan átépül.

Az epiphysisorcok nem egyidejűleg csontosodnak el, hanem a különböző csontokban igen eltérő időben, sőt ugyanazon csont két epiphysisén is nagy időbeli eltéréssel. A rövidebb csöves csontoknak (pl. ujperccsontok) csupán egyik végükön van epiphysisorc, és ezek elcsontosodása rendszerint megelőzi a hosszú csöves csontok epiphysisnövekedésének lezárását. A hosszú csöves csontokban mindig az az epiphysisorc marad fenn tovább, amely az egyszerűbb alakú és egyben az egész csont hossz tengelyébe jobban beleeső ízvéghöz közel helyezkedik el. Így a felső végtagon a felkarcsont proximalis és az alkarcsontok distalis epiphysisorcai maradnak meg, s a csont itt növekszik legtovább. Fordítva: az alsó végtagon a térdhez közel eső epiphysisorcok maradnak tovább működésképesek, tehát a csontok itt növekszenek. Ez logikus és szükségszerű is, mert pl. a combcsont nyakán levő epiphysisorcban való növekedés legfeljebb a csont tengelyére szögben álló nyakat hosszabbítaná, és nem járulhatna hozzá a combcsont hossznövekedéséhez. Ennek további következménye, hogy az élénkebben és továbbra is növekvő csontvég a csontot borító csonthártyát maga felé húzza, azzal a látható végeredményei, hogy a csont közepe táján belépő fő tápláló ér (*a. nutritiva*) az erősebben növekvő végtől távolodó irányban – azaz a felső végtagon a „könyök felé”, az alsón a „térdtől el” irányulóan nyomul be a csontba.

Perichondralis és periostalis csontosodás. Az előbbieken már röviden említettük, hogy a porcosan preformált csontok diaphysisének külső felszínén legelőször képzett csont nem chondrogen csontfejlődés eredménye, hanem a porcot borító perichondrium belső, sejtdús rétegéből való, reáakódásos (*appositiós*) csontképzésből jön létre. A csontképzés e mechanizmusa teljesen hasonló a fák vastagsági növekedéséhez, amelynek lényege, hogy a kéreg alatti cambiumrétegben szaporodó szövet mindig újabb, körkörös rétegben rakódik rá az előzőleg már kialakult rétegre. Ezért a csonthártya belső sejtdús rétegét *cambiumrétegnek* is nevezzük.

Perichondralisnak a csontképzés e folyamatát csak annak első fázisában nevezhetjük, míg a porc felszínén fekvő első osteoblastréteg körül csontalapállomány nem képződött ki, és míg az el nem meszesedik. Ettől kezdve már periostalis csontképzésről szövelünk. A két mechanizmus között azonban semmiféle különbség nincs, a folyamat mindkét esetben ugyanaz: ti. a hártya legbelső sejtdús rétegéből egy réteg mesenchymalis sejt rakódik le az eleinte porcos vagy már csontos alapra. Ezek a sejtek osteoblastokká differenciálódnak, és nyúlványaikkal együtt beágyazódnak a köztük kiképzett csontalapállományba. Az így keletkezett koncentrikus csontlemezek az egész csontot veszik körül a felszínnel párhuzamosan. Ez az eredete a csont szerkezeténél leírt külső laminae generalesnek, amelyek a fák évgyűrűihez nem csupán eredet, de alak tekintetében is tökéletesen hasonlóak.

E leírásból nyilvánvaló, hogy ez a csontképzési mechanizmus nem chondrogen csontosodás, még kevésbé nevezhető enchondralisnak, amely kifejezés élesen jelzi a porctelep belsejében zajló átépülést. A legtöbb tankönyv a desmogen csontosodásokhoz sorolja, bizonyos joggal, mert valóban, a csonthártya, főleg külső

rétegeiben, bőven tartalmaz kötőszöveti rostokat. Az azonban már erősen vitatható, hogy vajon ezek a rostok bevonatnak-e a csonthártya felől lerakott periostalis csontba. Sokkal valószínűbb, hogy a differenciálódó osteoblastok minden egymás után lerakott rétegben az enchondralisan vagy akár elsődlegesen képzett csontalapállományhoz hasonlóan maguk termelik ki saját csontalapállományukat, összes rostjaival és anorganikus anyagaival együtt. Ezért sokkal célszerűbb a perichondralis és a periostalis csontképzést külön *sui generis* csontképzési segédmechanizmusként tekinteni, és nem erőltetni beilleszkedésüket a csontképzés már tárgyalt fő mechanizmusába.

A periostalis csontképzés szerepe az embryonalis csontkezdemények kifejlődésében alárendelt, hiszen e folyamatban a korábban már kialakult kötőszövetes vagy porcos telepek csonttá való átépítése a lényeges. Viszont a már egyszer kialakult embryonalis csontok további növekedésében és végső kifejlődésében a periostalis csontképzés egyenrangú szerepet játszik más csontosodási mechanizmusokkal. Míg a csontok *hossznövekedésében* az enchondralis csontosodás a döntő tényező, addig a *vastagsági növekedésben* a periostalis csontképzésnek van kizárólagos szerepe. A vastagsági növekedés tehát gyakorlatilag teljesen „rearákódásos”, vagyis appositionalis csontképzés eredménye.

A fák vastagsági növekedésével tett összehasonlítás azért mégsem teljes. Bár igaz, hogy a periosteum által sorozatosan felrakott koncentrikus laminae generales a csont porckezdeményére perichondralisan felrakott első rétegtől fogva a növekedés befejeztéig szakadatlan sorozatban kerülnek egymásra, a csont szerkezete mégsem mutatja egész anyagában a fák koncentrikus évgyűrűs szerkezetét. Pedig abból, hogy pl. az újszülött combcsontjának diaphysise nehézség nélkül elfér a felnőttcombcsont diaphysisének központi velőüregében, arra kellene következtetnünk, hogy a végleges csont egész vastagságában periostalis csontképzés eredménye, és az eredeti porctelepből képzett csont közben teljes egészében felszívódott. Ez igaz is, de a csöves csont szerkezetének tanulmányozása kétségtelenül megmutatja, hogy tömör állományának jelentékeny része Havers-rendszerekből áll, tehát nem lehet a periostalis csontképzés eredménye. E látszólagos ellentmondást csak az küszöböli ki, ha feltesszük, hogy a csont fejlődése és növekedése során mélyreható átépítésen esik át.

Csontfelszívódás és csontátépítés. A már vázolt számos körülményből arra kell következtetnünk, hogy a csont elsősorban a test növekedése során, de nem csekély mértékben még kifejlett szervezetben is, folytonos szerkezeti átépítés alatt áll. Ennek nyilvánvalóan az a feltétele, hogy a meglévő csontállomány felszívódjék, és helyén – vagy esetleg nem pont a helyén, hanem helyette – új csontállománynak kell képződnie. Az átépítés szövettani jelei a csontban hol erősebb, hol gyengébb fokban, de mindenütt megtalálhatók.

A csontfelszívódás helyén igen feltűnő sejtfeleséget, a csontfaló sejteket (*osteoclastok*) találni. Ezek többmagvú óriássejtek, habos plasmazerkezettel, számos rövid nyúlvánnyal vagy fűrészses sejtcsúccsal (2/42C ábra). Mint korábban taglaltuk, a csontvelő monocytasejtjeinek származékai. Jellemző módon a csontállományból szinte „kirágott” mélyedésekben (*Howship-féle lacunákban*) foglalnak helyet Halmozottan fordulnak elő ott, ahol a csontfelszívódás fokozott. Inaktív osteoclastokat találni azonban oly helyen is, ahol nincs csontfelszívódás, hanem ellenkezőleg, csontépítés folyik.

Az interstitialis csontépítés a csontfelszívódással párhuzamosan folyó, lényegében elsődleges (angiogen) mechanizmusú csontképzés. Legszébben észlelhető a csont végleges compactállományának felépítésénél. Miután az enchondralis mechanizmussal vagy még inkább a periostalis csontosodással képzett csontállományból az osteoclastok nagy, a csont hossz tengelyével párhuzamos, hengerded vályúkat vagy üregeket vájtak ki, egy vagy több hosszanti lefutású ér és kevés mesenchymalis szövet fekszik bele a csont felületének vályújába vagy belsejének hengeres üregébe. Mesenchymasejtek rakódnak le ezután az üreg falára, és osteoblastokká differenciálódva, felépítik az első (legkülső), az üreg szabályossága vagy szabálytalansága szerint változó formájú hengeres csontréteget. Ehhez belülről sorozatosan újabb sejt- és csontlemezrétegek épülnek, az eredeti üreg fokozatos beszűkülése mellett. Érthető, hogy minél beljebb kerülünk, annál szabályosabb hengeralaknak felel meg a csontlemez. Végül, mikor már csak egy vagy két hajszálér számára van hely, létrejött a már ismertetett Havers-rendszer. Ez az átépítés szinte teljesen megszünteti a csont eredetileg periostalis mechanizmussal képzett „évgyűrűs” szerkezetét, és a hosszanti Havers-rendszerek között az eredeti laminae generalesnek csak töredékei maradnak meg.

Ilyen jellegű átépítés a csontban nem egyszer zajlik le, hanem a növekedés alatt sokszor, és csökkent ütemben még kifejlett szervezetben is ugyanazon a területen belül. Ennek már vázolt eredménye a Havers-rendszerek közötti laminae intercalares, amelyek régebbi Havers-rendszerek vagy az eredeti periostalis csont maradványai lehetnek. Felnőttszervezetben is előfordulhat jelentős belső átépítés, ha pl. rosszul gyógyult csonttörés, ízület megmerevedése, végtag elvesztése, egyes izomcsoportok bénulása és mások kompenzatorikus erősebb használata stb. folytán megváltozik a csontváz statikája és igénybevétele.

Csontregeneratio. A csontszövet a magasabb rendű gerincesek egyik legtokéletesebb regenerációra képes szövege. Teljesen elpusztult csontszerv nem pótolható, de a csonthártya megtartottsága esetén periostalis csontosodással akár teljesen elpusztult vagy eltávolított csontok is újra kifejlődnek.

Ennek azonban alapfeltétele a csonthártya belső sejtes (cambium-) rétegének megtartottságán kívül, hogy az eredeti térbeli viszonyok megtartassanak – azaz a támaszték nélkül maradt testrész főleg hosszában össze ne essen –, mert a periostalis csontképzésnek nincsen hossznövekedést biztosító képessége. Erre, mint láttuk, egyedül az epiphysisporc alkalmas, az pedig regenerációra képtelen. Periostalis csontújráképződéssel lehet ezért számolni oly esetben, amelyben az egyik csont hiányát más, ugyanazon testrészben levő, nagyjából párhuzamos csontok (pl. szomszédos bordák vagy a lábszárcsontok közül az egyik) mintegy „sínéznek” addig, míg a csonthártyából az új csont újráképződik.

A csont egyszerű folytonosságmegszakítása (csonttörés) kedvező körülmények között (a végék megfelelő összeilleszkedése és nyugalomba helyezése mellett) úgynevezett csontheggel (*callus*) gyógyul.

Tökéletesen – szinte mikroszkópos hézaggal – egybeillesztett és teljes nyugalomba helyezett törvégek elsődleges csontosodási mechanizmussal, szabad szemmel szinte észrevehetetlen csontheggel gyógyulnak (*Karlinger*). Ilyen feltételek azonban a gyakorlati orvoslásban csak ritka esetekben biztosíthatók, ezért a csont nem szövődményes esetben is másodlagos callusképződéssel gyógyul. A két törvög közötti vérömlenyből eleinte kötőszövetes sarjszövet fejlődik, erek és mesenchymalis elemek bevándorlásával (*paracallus*). Ebben a mechanikai körülmények szerint vagy rostos kötőszövet vagy porcszövet fejlődik ki.

Krompecher megállapításai szerint a törvégek széthúzása esetén (ez rendszerint mesterséges, kívülről alkalmazott erők hatására fordul elő) kollagénrostokban dús, porcmentes előcallus képződik, amely azután desmogen csontosodással, a törvégek periosteuma és endosteuma felől kiindulva alakul át csonttá.

Ha a két csontvég egymással érintkezik, egymásra nyomást gyakorol (*Krompecher*), és a kettő között óhatatlanul fellépő kisebb súrlódások hatására (*Karlinger*) a sarjszöveti paracallus üvegporccá, esetleg nagyobb mozgathatóság esetén rostos porccá alakul, és ez a chondrogen csontosodás mechanizmusa szerint épül át csonttá. Természetesen mennél nagyobb a hézag vagy folytonossághiány az eltört végék között, annál lassúbb és tökéletlenebb a csonthegeképződés. Már néhány centiméteres csontszövethiány, főleg csonthártya-összeköttetés hiányában, természetesen nem pótlódik. Ilyen esetben a hiányt mesterségesen, transzplantációval (szövetátültetés) kell pótolni.

A csontképzés és a csontosodás szabályozása. A csontképzés és a csontosodás, valamint a csontok növekedése bonyolult és még kellően fel nem derített összefüggésű szabályozás alatt áll. A csont közti alapállományt kétségtelenül nagyobbára az osteoblastok termelik. Ennek megfelelően a képződő csont osteoblastjai az intenzív anyagszintézis szövettani jeleit mutatják (jelentős foszfátáz- és ribonukleinsav-tartalom). Az alapállomány elmeszesedése már inkább általános tényezőktől, elsősorban a mellékpajzsmirigy működésétől függ (lásd ott és az élettan megfelelő fejezeteinél). A mellékpajzsmirigy hormonja (*parathormon*) a csontokból képes kalciumot mobilizálni, tehát a csontba való kalciumlerakódás ellen hat. Tartós mellékpajzsmirigy-túlműködés gyarapítja az osteoclastok számát, és aktiválva azokat csontrezorpciót eredményez. Az utóbbihoz jelentős kalciumfelszabadulás társul. A pajzsmirigy parafollicularis sejtjei által termelt hormon, a *calcitonin* csökkenti az osteoclastsejtek aktivitását, így a csontfelszívódás ellen hat. A kalciumnak a csontba való elraktározása a testnedvekben levő kalciumkoncentráció függvénye, és a D-vitamin jelenlétéhez kötött. Ezek hiánya esetén a fejlődő csontokban képzett csontalapállomány nem képes elmeszesedni (lásd a rachitis – angolkór – kórbonctanát és kórtanát). Az el nem meszesedett csontalapállomány neve *osteoid*.

A belső elválasztású működések közül még a petefészek hormonjai (oestrogenek) befolyásolják a csontok mérszanyagforgalmát. Ennek filogenetikai gyökerei a méshéjú tojásokat tojó hullókre és madarakra vezetnek vissza; ezek csontjai külön mérszraktárral bírnak, amelyekből a nemi hormonok mobilizálják a tojások burkaihoz szükséges kalciumsókat. Az emlősöknek ilyen mérszraktáraik nincsenek, de a petefészekhormonok megtartották némileg kalciummobilizáló képességüket (lásd majd az osteomalacia kórtanát).

A csontok hossznövekedését az agyfüggelékmirigy által termelt növekedési hormon szabályozza. E hormon jelenléte nélkülözhetetlen az enchondralis csontosodás és főleg az epiphysisporcokban lezajló porc- és csonttermelési folyamatokhoz. Ez igen feltűnően mutatkozik az epiphysisporc mindhárom, de főleg a mesenchymalis inváziós zónájának rendkívül nagy foszfor- és mérszanyagforgalmában, amelyet a szervezet keringésében levő (saját termeléssel vagy kívülről bejuttatott) növekedési hormon mennyiségére számszerűleg jellemzőnek tekintünk. Az agyfüggelékmirigy eltávolítása ezért a növekedés (a csontok hossznövekedése) azonnali teljes megállását okozza. A növekedési hormon túltermelése vagy kívülről nagy mennyiség bejuttatása

még növekvő – azaz epiphysisporcokkal még bíró – egyénben óriásnövekedést okoz. A növekedés lezárta után csak egyes peripheriás testrészek (orr, áll, kéz, láb) mutatnak még torzító növekedést (*acromegalia*).

A pajzsmirigy működése is összefügg még a növekedéssel. Nem teljesen tisztázott, hogy specifikus-e a pajzsmirigynek ez a hatása, és amennyiben igen, általános sejttanyagcsere-hatásról, illetve az agyfüggelékmirigy növekedési hormon-termelésére gyakorolt hatásáról van-e szó.

Minthogy a belső elválasztású mirigyek működését legfelsőbb szinten az idegrendszer rendezi össze (koordinálja), a szervezet harmonikus, egységes fejlődésében és növekedésében az idegrendszernek elsősorban az anyagforgalmat és a belső szervek működését szabályozó köztiagnak is jelentős szerepe van.

6. 2.6. IZOMSZÖVETEK

Állati szervezetekben háromféle specifikus contractilis szövet fordul elő: a **simaizomszövet**, a **harántcsíkos** (váz-) **izomszövet** valamint a **szívizomszövet**. Alárendeltebb jelentőségű átmeneti szövetfeleség a **myoepithelium**, amelyet helyesebben a hámszövetekhez kellene sorolnunk, de didaktikai szempontból indokolt az izomszövetek ismertetése után róla külön szakaszban röviden megemlékeznünk.

6.1. Simaizomszövet

A simaizomszövetet mesenchymalis eredetű, elnyúlt orsó alakú sejtek alkotják. Elvértve egyenként vagy kisebb csoportokban és nyalábokban is előfordulhatnak, de általában a simaizomsejtek szorosan és párhuzamosan rendezve kiterjedt rétegeket képeznek. Mások inkább hálózatos elrendezésben vékony hárttyákat alkotnak. Cső alakú zsigerek izmos falrétégét (*tunica muscularis*) különböző irányban (körkörösén, hosszant, esetleg ferdén) rendezett simaizomszövetrétegek képezik. Középnagyságú erek falában a simaizomsejtek elrendezése bonyolultabb, a simaizomszövet-nyalábok egymással bonyolult módon összefonódnak. Apróbb precapillaris verőerekben viszont az izomszövet igen szabályos gyűrűk alakjában veszik körül az ér lumenét.

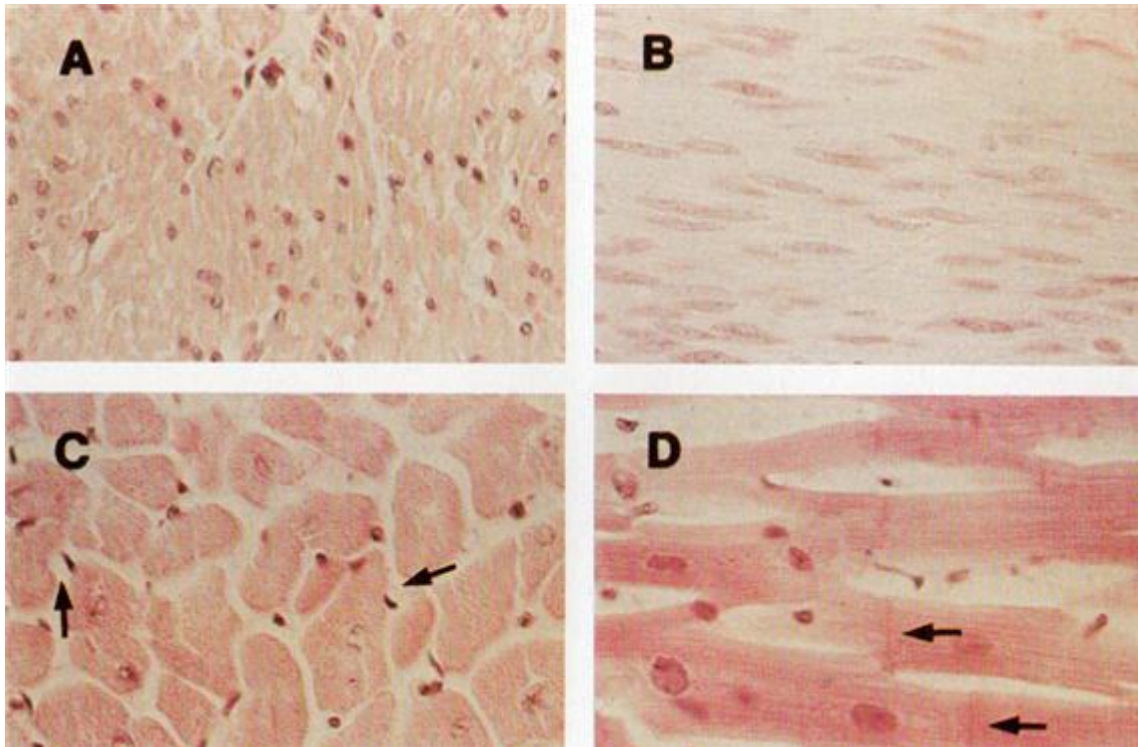
Az egyes simaizomszövet orsó idomú, 8–10 µm átmérőjű és 15–500 µm hosszú. Leghosszabbak a terhes méh simaizomszövetjei. Magvuk a sejt közepén helyezkedik el, pálcika alakú, végei lekerekítettek vagy levágottak (**2/45A, B ábra**); ez különbözteti meg a fibrociták felülnézetben tojásdad, oldalnézetben kihegyezett magjától. A sejtmembrán endocytotic vesiculák sokasága tartja. Az apró, ómega alakú membránbetüremkedésekhez az endoplasmaticus (*sarcoplasmaticus*) reticulumszisztéma széli (terminalis) cisternái közelítenek. A sejtek szokványos organelumai között glikogén szemcsék helyezkednek el. Myofilamentumok haladnak keresztül-kasul a sejtben és a membrán kitüntetett horgonyzópontjaiban (*focalis denzitás*) érnek véget. Itt speciális aktin-kötő fehérje, α -aktinin fordul elő. Ugyanitt rögzülnek a simaizomszövet *desmin* nevű intermedier filamentumai.

A sejtek lassú, elnyújtott contractiójájért aktin- és miozofilamentumok kölcsönhatása a felelős. A folyamatot a könnyű miozinnálanc-molekulák foszforilációja (kináz enzim) indítja be, növekvő cytoplasma Ca^{2+} -szint hatására. A Ca^{2+} sejtben belüli kötését egy *calmodulin* nevű fehérje végzi. Ingerület hatására a sarcoplasmás reticulumból felszabaduló kalcium calmodulinhoz kötődve kalcium-calmodulin komplexet képez, mely aktiválja a miozinnálanc-kinázt. A foszforilált miozinnálanc az aktinfilamentumhoz kötődve a harántcsíkos izomnál tárgyalandó mechanizmussal vezet rövidüléshez. A sejtek ciklikus AMP-tartalmának fokozódása ugyancsak növeli a kinázaktivitást. Következésképpen, a simaizomszövet cAMP-szintjének megváltoztatásával is befolyásolni lehet a contractio folyamatát. Az agyalapi mirigy hátsó lebenyének hormonjai (*oxitocin, vazopresszin*), biogén aminok (*adrenalin, noradrenalin*) és sexual szteroidok (*ösztrogén, progeszteron*) cAMP-mediált módon hatnak. Szerepük kitüntetett, és farmakológiai alkalmazásuk fontos a szülészet-nőgyógyászat területén (fenyegető vetélés kivédése, méh eredetű vérzés csillapítása), ugyanis az anyaméh falszerkezetének jelentős részét simaizom adja (*myometrium*).

Minden egyes simaizomszövetet elektronmikroszkóp alatt felismerhető *lamina basalis* vesz körül, az izomszövet közti teret finom, harisnyaszerű reticularis rostból (III. típusú kollagén, amelyet maguk az izomszövetek állítanak elő) és helyenként egy-egy kötőszöveti sejt tölti ki. A simaizomszövetek között foltokban meglévő sejtmembrán-összetapadások láthatók, melyek *gap junction* struktúráknak felelnek meg. Felteszik, hogy e helyeken terjed át az ingerületi állapot az egyik izomszövetről a másikra. A legtöbb simaizomszövet összehúzódásához nem kell külön ideg ingerület, hanem az izomszövetek spontán az izomra jellemző ritmusban maguktól is ingerületbe jutnak. A simaizomszövet ilyen ritmusos hullámokban jelentkező aktivitását az okozza, hogy egy-egy lezajlott hullám után a legtöbb sejt egy ideig nyugalomban van, majd mind több sejt újabb ingerületi állapota gyorsan átterjedve a membránösszetapadások révén a szomszédos sejtekre, végül az egész szövetet ingerületi állapotba hozza.

A simaizomszövetnek a következő fejezetben tárgyalásra kerülő beidegzése csupán beavatkozik ebbe a spontán izomműködésbe, azt fokozza, az aktivitási hullámokat gyakoribbá teszi, vagy fordítva: éppenséggel gátolja az izomsejteket mind időben, mind a kifejtett contractiós erő tekintetében. Ehhez általában nem szükséges, hogy minden simaizomsejt közvetlen kapcsolatban legyen az idegrendszerrel. A legtöbb zsigeri simaizom és még sokkal inkább az erek simaizmai ilyenek; az idegrendszer csak beavatkozik az izom saját ritmikus (zsigerek) vagy tónusos (ilyenek az erek simaizmai) működésébe.

Vannak azonban olyan simaizmok is, amelyekben szinte minden izomsejtnek saját beidegzése van: ilyenek a ductus deferens simaizmai és a szem szivárványhártyájának pupillaszűkítő izma (*m. sphincter pupillae*). Ezeknek az izmoknak a működése jelentősen eltér a többi simaizométól, elsősorban abban a tekintetben, hogy összehúzódásuk aránylag hirtelen jöhet létre, és gyorsabban is zajlik le, pontos időzítéssel, nem oly lassan – féregszerűen –, mint a simaizmoké általában.



2/45. ábra. Izomszövet. A: simaizom keresztmetszeti képe (vékonybél); B: simaizom hosszsmetszeti képe (vékonybél); C: szívizom keresztmetszeti képe (a nyilak capillariskra mutatnak); D: szívizom hosszsmetszeti képe (a nyilak az Eberth-féle vonalakat jelzik)

6.2. Harántcsíkos izomszövet

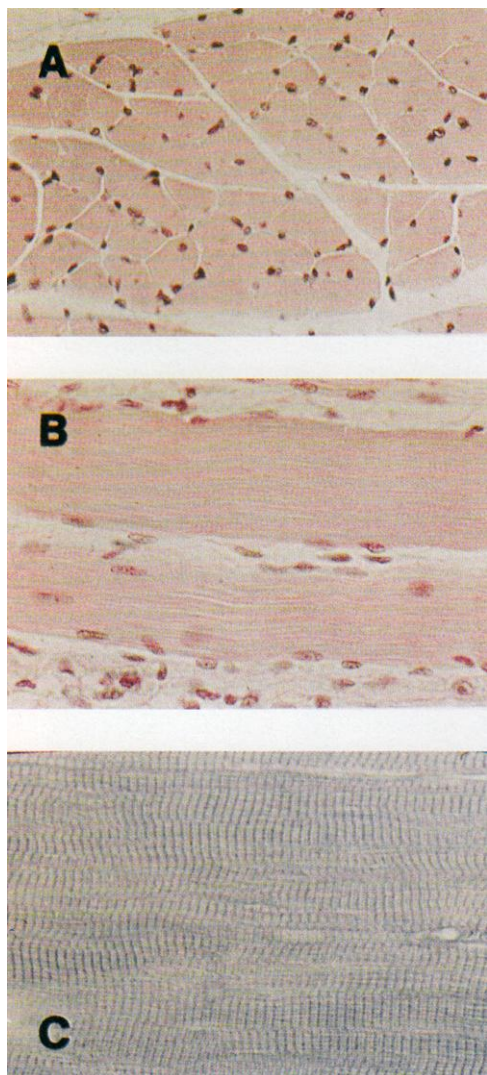
A harántcsíkos izomszövet szöveti egysége az *izomrost*. Ez lényegében közös sejthártyával – *sarcolemma* – körülvett, sok ezer, magosztódás során szét nem vált sejtek közössége. Emberben az izomrostok 10–50 μ m vastagságú igen változatos hosszúságú (1–2 mm-től 20–40 cm-ig) képződmények.

A *m. stapedius* (lásd dobüreg) izomhása alig néhány milliméter hosszú. Hosszabb izomrostokat nagyon nehéz izmokból izolálni, 10–12 cm-es darabokat ismételtelen kipreparáltak. Általában feltételezik, hogy az izomrostok olyan hosszúak, mint az izom rostjai (fasciculusai), tehát a *m. sartorius* izomrostjai még 40 cm-nél is hosszabbak lehetnek.

Minden izomrostban nagyságától függően néhány száz vagy akár több ezer tojásidomú mag látható; ezek a rost felületére szorulva közvetlenül a sarcolemma alatt fekszenek (2/46A, B ábra).Csupán a rost végeihez közel fordulnak elő magvak a rost mélyebb részében.

Az izomrostok legfeltűnőbb – névadó – sajátossága, hogy már festetlen készítményben is látható harántcsíkosságot mutatnak. Első megtekintésre úgy tűnik, mintha az izomrost szabályosan váltakozó sötétebb (azaz a fényt jobban elnyelő) és világosabb (a fényt jobban átéresztő) korongokból állnak (2/46C ábra). Festett készítményben azonban erős nagyításnál kiténik, hogy az izomrost inkább hosszanti rendezettségű

fonalas szerkezetű; a harántcsíkolt látszatát az okozza, hogy a hosszanti szerkezeti elemek, a myofibrillumok, szakaszosan váltakozva más-más felépítésűek, s az egyforma szakaszok azonos hosszúságúak és egy magasságban helyezkednek el (regiszterben állnak).



2/46. ábra. Izomszövet. A: harántcsíkolt izomszövet keresztmetszeti képe; B: harántcsíkolt izomszövet hosszametszeti képe; C: harántcsíkolt izomszövet hosszametszeti képe a harántcsíkoltat jól feltüntető Chicago-kék festéssel

A harántcsíkolt sokféle szövettani festésmóddal feltüntethető, legfontosabb mégis, hogy a közönséges fényben sötét korongok polarizált fényben anizotropnak, a világos korongok izotropnak mutatkoznak. A *myofibrillumok* kötegek alakjában helyezkednek el az izomrostban, a kötegek közötti nagyobb és a fibrillumok közötti szűkebb tereket a *sarcoplasma* tölti ki, amelyben nagyméretű mitochondriumok és egy alább leírandó hálózatszerű csőrendszer helyezkedik el. A fibrillumok és a sarcoplasma egymáshoz való aránya a különböző izmokban változó: vannak sarcoplasmában dús, illetve fibrillumokban gazdag izomrostok.

Az izomszövet klasszikus, specifikus festésmódja a Heidenhain-féle vashematoxilinnel. A hematoxilinnel egy Közép-Amerikában honos fa („vérfa”) kérgének festékanyaga, amely ferrisókkal lakk jellegű festékeket képez. A metszeteket előbb vastimsóban (ferriammónium-szulfát) pácolják, és akkor festik meg, hematoxilinnel. A főlös festék vastimsóoldatban megint oldódik, de egyes szövetelemek (kromatin, centriolumok, hámszárólecek és a myofibrillumok „A”-szakaszai) a hematoxilinnel erősen megkötik.

A harántcsíkolt izomrostok fénymikroszkópos felépítése a 2/46C ábrából érthető meg. Az *izotrop* optikai sajátosságú világos harántcsíkolt korongokat *I-szakaszoknak* (korongoknak), a sötét és vashematoxilinnel festődő korongokat, minthogy anizotrop tulajdonságúak, *A-szakaszoknak* (korongoknak) nevezik. Minden *I-szakasz* közepén vékony csík látható, ez a valóságban az izomrostokat harántul átszelő szitaszerű képződmény:

neve *Z-lemez*. Amint ezt majd az izomrost elektronmikroszkópos szerkezetéből megértjük, valóban indokolt volt már régtől fogva az izomrost két *Z-lemez* közé eső részét szerkezeti egységnek tekinteni; neve *sarcomer*. Ehhez a közepén egy *A-szakasz*, tőle két oldalra 1/2-1/2 *I-szakasz* és határként szereplő egy-egy *Z-lemez* (egyik felszíne) tartozik. Pontosabb megtekintésekor azonban feltűnik, hogy az *A-szakasz* közepén van egy világosabb rész; ezt *H-szakasz*nak nevezzük. Emlős vázizomzat elernyedtt sarcomerjei 3-4 µm hosszúak. Nyújtott állapotban 4 µm, összehúzódás esetén 1-2 µm a hosszanti kiterjedésük.

A harántcsíkolat különböző betűjelzései részben a képződmények régi német nevének kezdőbetűiből erednek, pl. a *Z-lemez* németül *Zwischenscheibe* (köztilemez). Még a *H-szakasz* közepén is van egy vékony csík (talán lemez vagy szita), ennek neve *M-csík* (vagy lemez) a „Mitte” (ném.) = „közép” szóból képezve. Ezzel itt nem foglalkozunk.

6.2.1. A myofibrillumok felépítése, contractiós mechanizmusa

Elernyedtt állapotban levő myofibrillum elektronmikroszkópos képét a **2/47. ábra** mutatja. Ezen jól felismerhető a *Z-lemez*, amely a fibrillumot teljesen megszakító diaphragma. Az *I-szakaszt* vékony filamentumok (kb. 6 nm átmérőjű) képezik, melyek erősen rögzülnek a *Z-lemez*hez. A kötésben alfa-aktininnek van jelentős szerepe. A *Z-lemez* tehát olyan körömkéféhez hasonlít, amelynek mindkét oldalán vannak sörtéi, ezek az *I-filamentumok*.

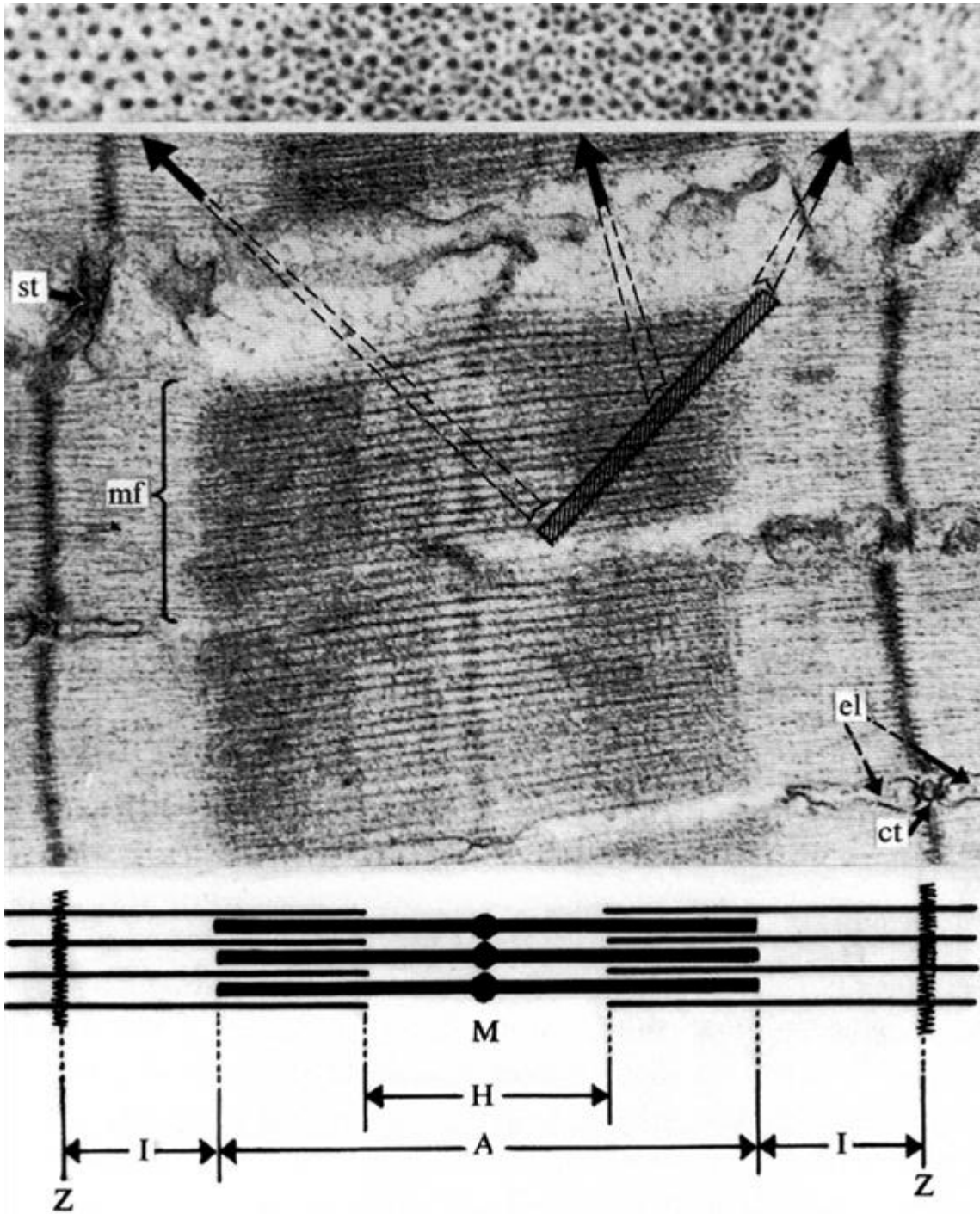
Az *I-filamentumok* anyaga egy, már régebben ismert fehérje, az *aktin*.⁷Szerkezetük újabb vizsgálatok szerint kettős, spirálisan összesodort gyöngyfüzérre emlékeztet (2/48A ábra). Az aktinhoz további struktúrfehérjék kapcsolódnak, gazdagítva a vékony filamentumokat. A *tropomiozin* az aktinmolekulához kötődik, a két spirálisan tekeredő gyöngyfüzér között húzódik a molekula hosszában. Egyenlő távolságonként ismétlődve a tropomiozinhoz kötődik egy 3 polipeptidből álló globularis molekula, a *troponin*. Az alegységek közül az egyik a tropomiozinhoz való kötődést biztosítja (*TnT*), a másik gátolja az aktin–miozin kölcsönhatását (*TnI*), míg a harmadik Ca^{2+} -ionokat képes megkötni (*TnC*). A Ca^{2+} -nak az izom-összehúzódásban nélkülözhetetlen közreműködése a tropomiozin-troponin rendszeren keresztül valósul meg.

Az *A-szakasz* vastagabb (16 nm) merev, pálcaszerű filamentumokból áll, amelyek az *A-* és az *I-szakasz* határán szabadon végződnek. Izolált *A-filamentumok* sohasem hosszabbak, mint 1,5 µm, ami megfelel az izom anizotrop szakaszai hosszúságának.

Az *A-filamentumok* anyaga a *miozin*⁸nevű fehérje. Az *A-* és az *I-filamentumok* egymással az *A-fibrillum-szakasz* két szélső 1/3-1/3-ában fedésbe jutnak, mert az *I-filamentumok* hosszabbak, mint a sarcomer *I-szakasza*. Az *A-szakasz* középső harmada szabadon marad, tehát mentes *I-filamentumoktól*, ennek felel meg az *A-szakasz* középső harmadát elfoglaló *H-szakasz*. Ezeket a viszonyokat a 2/47. ábra sémája magyarázza.

⁷ Straub F. Bruno izolálta és ismerte fel jelentőségét az izomcontractióban.

⁸ Mar a múlt században ismerték, de aránylag tisztin (aktintól mentesen) először Szent-Györgyi Albert állította elő.



2/47. ábra. Elernyedt állapotban lévő myofibrillumok (mf) elektronmikroszkópos képe (Garamvölgyi M. felvételei). A kép felső részét képező elektronmikroszkópos fényképek szerkezeti részleteit az alul levő séma magyarázza (lásd a szövegben). Az elektronmikroszkópi ábra fő része hosszmetsetzi kép, de a felső csíkszerű mező olyan ferde átmetszeti kép, amelynek körülbelüli helyét a hosszmetsetzi képben jeleztük, és amely mind az „I”-, mind az „A”-szakasz különböző részeit metszi. Itt látható, hogy az „I”-szakasz csak egyféle filamentumot, vékony aktinfilamentumokat tartalmaz. Az „A”-szakasz széli harmadában az együtt jelen levő vékony aktin- és a vastag miozinfilamentumok hexagonális mintába rendeződnek. Az „A”-szakasz középső részében – a „H”-szakaszban – aktinfilamentumok már nincsenek, csak a vastag miozinfilamentumok átmetszetei. T: a T-tubulus rendszer csövei átmetszetben a „Z”-szakaszok mentén, és a hozzájuk tartozó sarcoplasmás reticulum (sr) hosszmetsetzi részletei

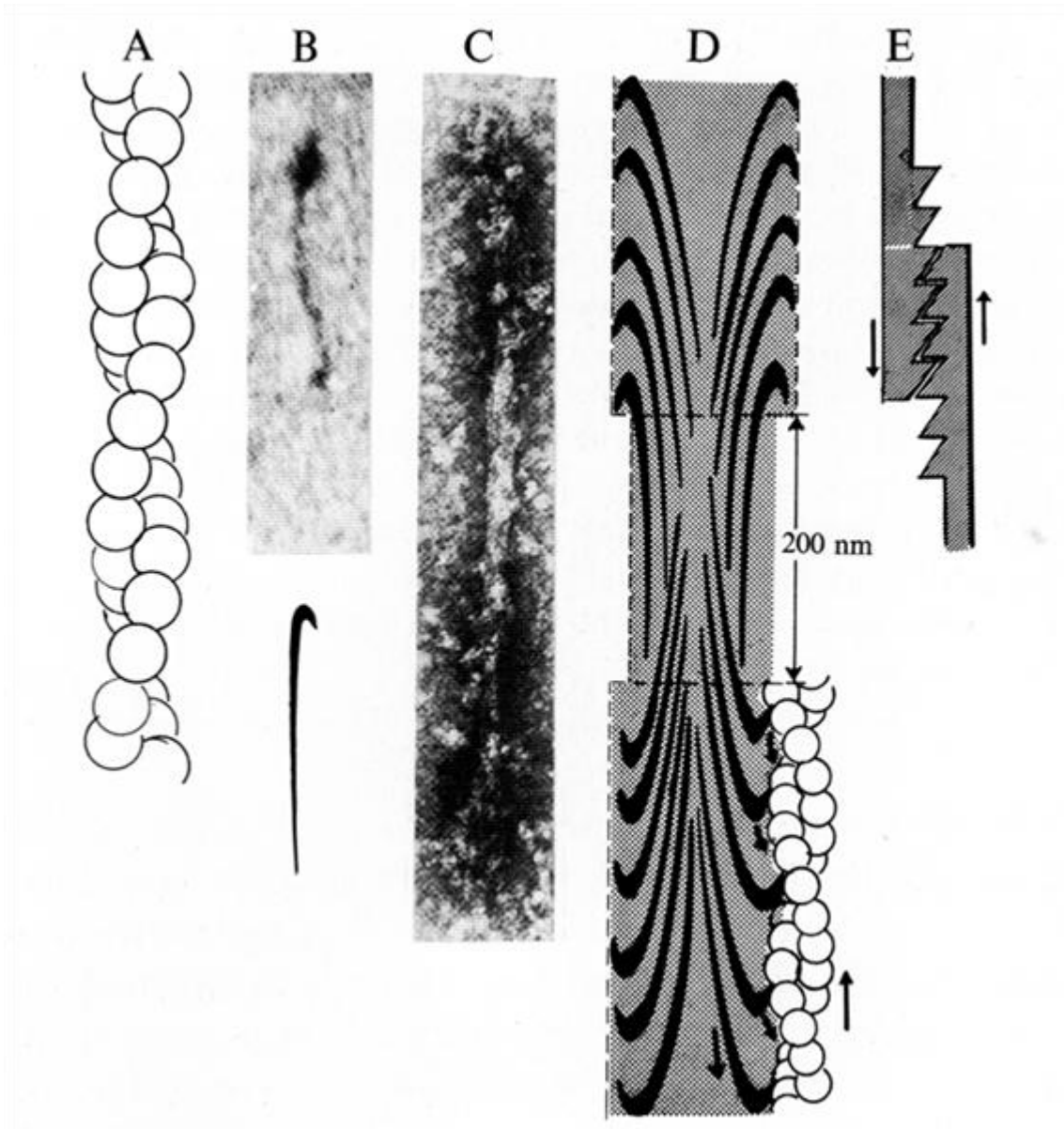
A miozinmolekula két nehéz (*heavy miozin*) és két pár könnyű (*light miozin*) láncból tevődik össze. A nehéz lánc alakjában egy golfütőre emlékeztető, vékony, pálcikaszerű molekula, melynek egyik végén jellegzetes

fejszerű megvastagodás található. A két nehéz lánc hosszában egymás köré tekeredve farokszerű struktúrát alkot, mely két divergáló fejben ér véget. A miozincejek ATP-kötő, ATP-hidrolizáló (ATP-áz) és aktinkötő képességgel rendelkeznek. Mindegyik miozincejhez egy pár könnyű lánc kapcsolódik. Az ily módon szerveződő miozinmolekula 150 nm hosszú és 2-3 nm vastagságú, egyik oldalán vastosabb fejekkel (4 nm). Végdarabjai – a globularis fejrégiók következtében – polarizáltak.

Tripszinémésztéssel *nehéz meromiozin* (fej és rövid fark segmens) és könnyű meromiozin (farkmaradvány) komponensekre bontható. **(2/48B ábra)**. Megfelelő eljárással nehéz meromiozin-oldatból a molekulákat ki lehet csapni oly módon, hogy azok hosszabb pálcákká egyesüljenek. Miután az így összeállt miozinmolekula-aggregátumok mindig olyan fonalak, amelyeknek két vége vastosabb (2/48C ábra), és a két vastosabb vég közötti vékony szakasz kb. 200 nm hosszúságú, a miozinmolekulák összeállítását a 2/48D ábra sémája szerint képzelik. Az A-filamentum tehát két irányban polarizált aggregátuma lenne a nehézmeromiozin-molekuláknak, középső 200 nm hosszúságú, semleges szakasszal és további két, 0,7 µm hosszú aktív szakasszal, amelyben a miozinmolekulák sémánkban horogszerűen rajzolt fejei mind az A-filamentum végei felé rendezettek (2/48D ábra).

6.2.2. Az izom contractiós mechanizmusa

A nehéz meromiozin hasítja az ATP-t és kötődni képes az aktinhez. Ezt modellkísérletben oldott meromiozinnal és izolált aktinszálakkal is ki lehet mutatni. Fontos tény, hogy a nehézmeromiozin-molekulák szigorúan orientálva, tehát egy irányban kötődnek az aktinláncokhoz. A jelenség biokémiai (molekuláris) magyarázatára itt nem térhetünk ki, csupán jelezzük a 2/48D ábrán, hogy a miozinszál (A-filamentum) horogszerűen kiállónak képzelt nehéz meromiozin fejei kötődnek az aktin gyöngyfüzérspirális egy-egy globularis egységéhez.

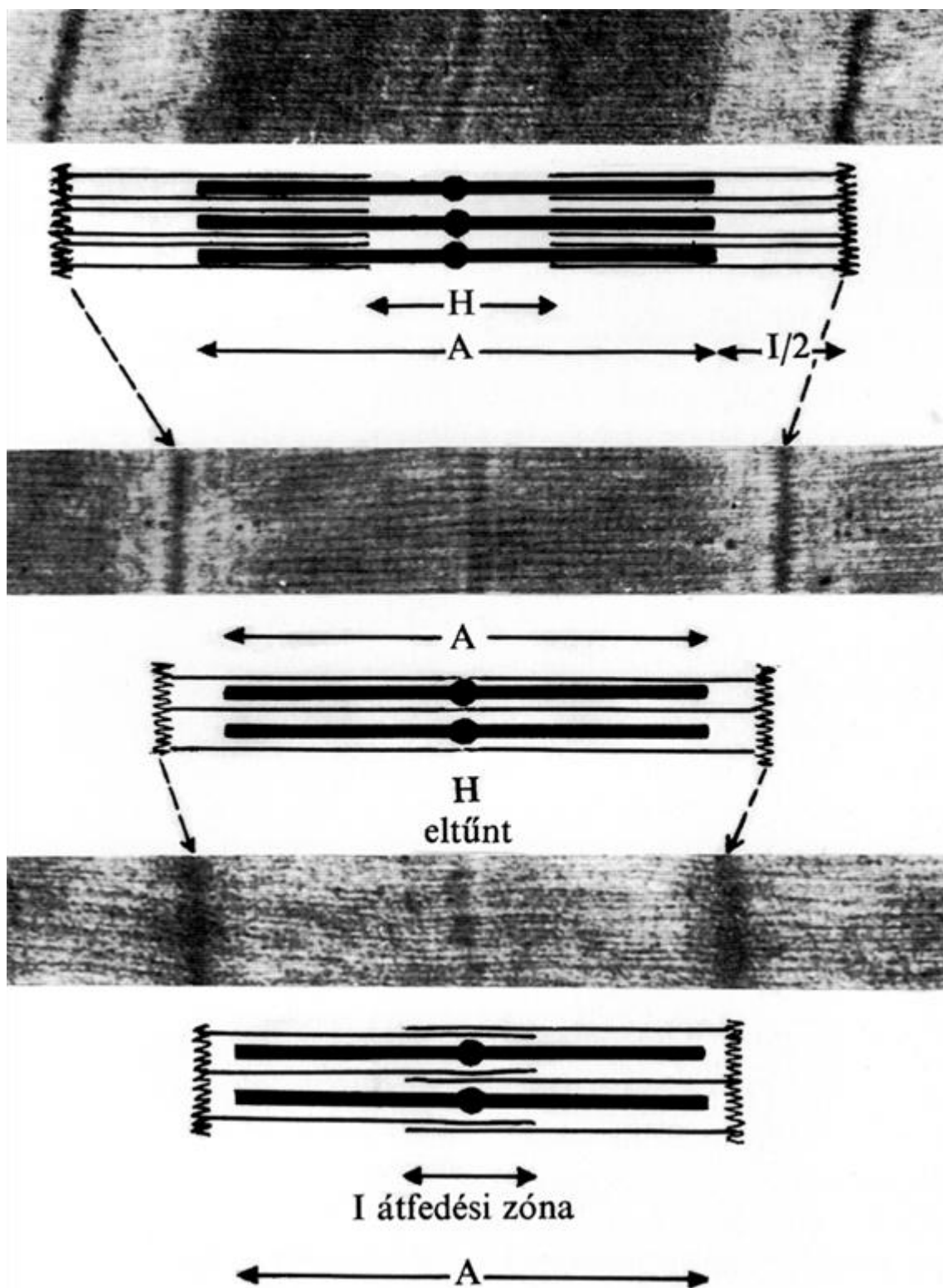


2/48. ábra. Az izomcontractio mechanizmusának szerkezeti magyarázata az ún. „sliding”-elmélet szerint (H. E. Huxley nyomán). A: az „I”-filamentumok szerkezetének elképzelése a globuláris molekulák összesodort gyöngyfűzér formájában való elrendződéséről; B: negatív festéssel láthatóvá tett izolált nehéz meromiozinmolekulák, a negatív festéskor a valódi molekuláknál jóval nagyobbak tűnnek. A molekulát horogszerű véggel bíró pálcaként szimbolizálják az ábra további részében; C: nehéz meromiozinoldatból kicsapott molekulák aggregátumai negatív festéssel. Látható, hogy az aggregátumok közepe vékonyabb, végsőbb szakaszai vaskosabbak; D: sémás rajz arról, hogy a nehéz meromiozin elrendződését miképp képzelik az „A”-filamentumokban. A sémába berajzolt „I”-filamentum globularis egységeihez az „A”-filamentum nehéz meromiozinjének „horgai” kapaszkodnak, majd egy idő után ez a kapcsolat elgyengül, s a „horog” és a sorban jövő következő aktinegység közt történik kapcsolódás. Ennek következtében a nyilak irányában az „A”- és az „I”-filamentumoknak egymással szemben el kell mozogniok (elsiklaniok); E: fogasléc, „racsni”

Szerkesztettek olyan elfogadható molekuláris magyarázatot, amely szerint ez a kötődés rendkívül rövid ideig tart, majd utána meglazul, és a nehézmeromiozin-fej (horog) a gyöngyfűzérspirális egy következő globularis tagjához kötődik. Ennek eredménye az volna, hogy az I- és az A-filamentumok egymáshoz viszonyítva elsiklanak – ezért az elmélet neve „*sliding hypothesis*” (sliding: egymás mellett vagy valamin elsikló). Durván mechanizáltan a folyamat két fogas lécc egymáshoz viszonyított eltolódásával hozható analógiába (2/48E ábra); ez az ún. „racsni”, a technikában ösidők óta sokféle változatban kerül alkalmazásra. Az analógia azért is kézenfekvő, mert erős elektronmikroszkópos nagyításban az I- és az A-filamentumok között fogazatszerű

összeköttetések láthatók. Persze az analógia durván, képletesen értendő, semmi reális hasonlóság nincs a két jelenség között.

Az itt durván egyszerűsítve és sematizáltan vázolt elmélet *Jane Håmon* és *H. E. Huxley* angol kutatók első ötlete nyomán kialakult, ma elég általánosan elfogadott elképzelés. Aránylag jó összhangban van mind elektronmikroszkópos, mind fiziológiai, mind pedig elsősorban biokémiai tényekkel. Erősen mechanisztikus jellege nem teljesen bizalomgerjesztő, de a tudomány történetének tanúsága szerint a legtöbb jelenség magyarázata kezdetben „mechanisztikus”. Ez még nem jelenti, Hogy a magyarázat eleve helytelen, hanem csupán azt, hogy még kezdetleges, és további ismeretek fokozatos beépítése révén a helyes úton megindult kifejtés majd fokozatosan megközelíti a valóságot.



2/49. ábra. Az izomfibrillumban a contractio során lezajló szerkezeti változások és a 2/46. ábrán jelzett séma értelmében való magyarázatuk (Garamvölgyi M. anyagából). Felső kép: a 2/46. ábrával megegyező nyugalmi állapot; középső kép: a contractio kezdeti fázisa, amikor az „I”-filamentumok végei épp összetalálkoznak a sarcoméra közepén, tehát a H-szakasz eltűnt; alsó kép: a fokozottabb contractiókor az I-filamentumok egymással átfedésbe jutottak, tehát az A-szakasz közepén egy sötétebb átfedési zóna keletkezett

A vázolt elemi mechanizmus értelmében a 2/49. ábra mutatja már most az egész fibrillum összehúzódását. Az ábra felső része a elernyedtt myofibrillum szerkezetét mutatja elektronmikroszkópi képen, és alatta sémásan a

2/47. ábrának megfelelően. Ha most contractiókor az A- és az I-filamentumok egymással szemben elsiklanak, előbb a H-zónának kell megszűnnie (2/49. ábra középső kép), s ez valóban be is következik. Majd a két Z-lemezhez tartozó I-filamentumok találkoznak, sőt egymással fedésbe is jutnak. Így a világosabb H-zóna helyén egy sötétebb I-filamentum átfedési zónának kell keletkeznie. Ez valóban jelentkezik is, amint azt az alsó contrahált myofibrillum elektronmikroszkópos képe mutatja. Látjuk, hogy a contractio elméletileg sem mehet tovább, mint az I-szakasz teljes eltűntéig, azaz amikor az A-filamentumok végei nekiütköznek a Z-lemezeknek.

Ez megfelel annak, hogy az izomrost kb. az 50%-ára képes megrövidülni, ugyanis elernyed izomban az I- és az A-szakasz hossza egyenlő. Az egymással átfedésbe jutó I-filamentumok végei nyilvánvalóan meg kell hogy zavarják az A- és az I-filamentumok kölcsönhatásait, és valóban (lásd az általános izomtanban), az izom természetes testen belüli nyugalmi hosszán való maximális erő kifejtő képessége a megrövidülés bizonyos mértéken túl rohamosan csökken.

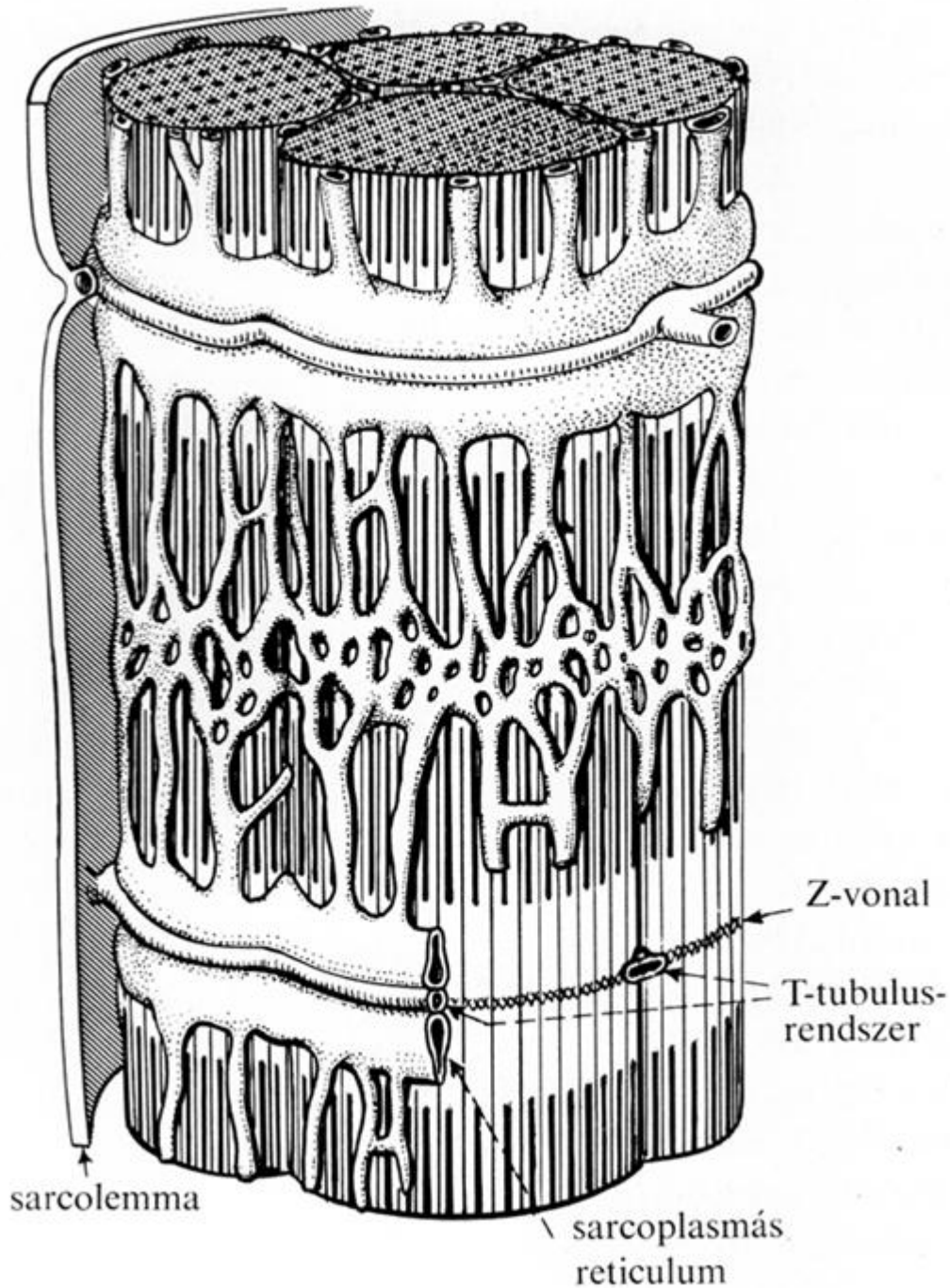
6.3. A sarcolemma és a sarcotubularis rendszer

Az izomrostot valódi sejthártya veszi körül, valamint egy ehhez szorosan hozzáfekvé *lamina basalis*. A fénymikroszkópos értelemben vett *sarcolemma* a kettő együtt. A lamina basalis külső oldala összefügg az izomrost közötti kötőszövetével – interstitiumával –, amely részben rácsrostok finom hálózata, de a nagyobb izomkötegeket már kollagén- és elasticus elemeket is tartalmazó kötőszöveti sővényrendszer (*perimysium* és *endomysium*) veszi körül. Sokat vitatott ezzel kapcsolatban, hogy milyen mechanizmus viszi át az izomrost összehúzódását az izom interstitialis kötőszövetére, illetve az ínra. Legvalószínűbb feltételezni, hogy a sarcolemma két rétege – a sejthártya és a lamina basalis – nincsen ugyan összenőve, de mint ahogy egy gumikesztyűt nem tudunk az ujjvégekre alkalmazott húzással levonni, úgy az összehúzódó izomsejthártya sem képes elválni a lamina basalis belső felszínétől, tehát ezen keresztül húzást gyakorol az izom interstitiumára.

A sarcolemma valódi sejthártya része döntő szerepet visz a contractió létrehozó izomrost ingerületében. Ez azonban még csupán a sejthártya ingerületi folyamatát magyarázza, nem pedig a fibrillumok contractióját. Kell tehát valamilyen szerkezet vagy mechanizmus, amely a sarcolemma ingerületét átviszi a fibrillumokra. Ilyen szerkezet valóban látható is az elektronmikroszkópi képen. A sarcolemma felszínéről hálózatos csőrendszer nyílik, ez a haránt vagy *T-tubulus-rendszer*. Kételtűek harántcsíkos izmában a rendszer a Z-lemezek szintjében található. Emlősök izmaiban minden sarcomerhez két T-tubulus-rendszer tartozik, ezek az A- és az I-csik határán találhatók.

A myofibrillumok között helyezkedik el a harántcsíkos izom endoplasmás reticulum rendszere, amit *sarcoplasmás reticulum*nak neveznek. Ez a csőrendszer a T-tubulus-rendszer csatornáival párhuzamosan futó harántjáratokból, és azokat összekötő hosszanti járatokból áll (2/50. ábra). A T-tubulus-rendszer és a sarcoplasmás reticulum járatai egymással nem közlekednek, de a csöveket alkotó membránok szorosan összefeksznek úgy, hogy a T-tubulus mindkét oldalán egy-egy sarcoplasmás reticulum tágulat helyezkedik el (hároms egységek *triádok*, 2/50. ábra).

A motoros ideg ingerlésére bekövetkező izomcontractiót ma a következőképpen magyarázzák. Az idegrost ingerületi hulláma depolarizálja a sarcolemmát. A depolarizációs hullám a T-tubulus-rendszer csatornáin mentén halad, és Ca^{++} -ionokat mobilizál a sarcoplasmás reticulumból. A Ca^{++} -ionok elárasztják a myofibrillumokat, és a tropomiozin-troponin rendszerhez kötődnek. Az ily módon aktivált troponinmolekulák lehúzódnak az aktin molekulák miozinkötő helyeiről, teret engedve a miozin-aktin kölcsönhatásnak. Az ATP hidrolízise során keletkezett Pi és ADP felszabadul, és a miozinfejek a sarcomer H-szakasza felé elhajlanak. Ezáltal a miozinnal összekapcsolt aktin is hasonló irányba gördül. A folyamat egymást követően ismétlődik, mely a sarcomer rövidülését eredményezi. Az aktin–miozin kötés felbomlásához ismételt ATP-kötődés szükséges. Hiányában az izomrelaxatio nem következik be. Ez magyarázza a biológiai halált követően beálló izomrigiditást az ún. hullamerevséget (*rigor mortis*).



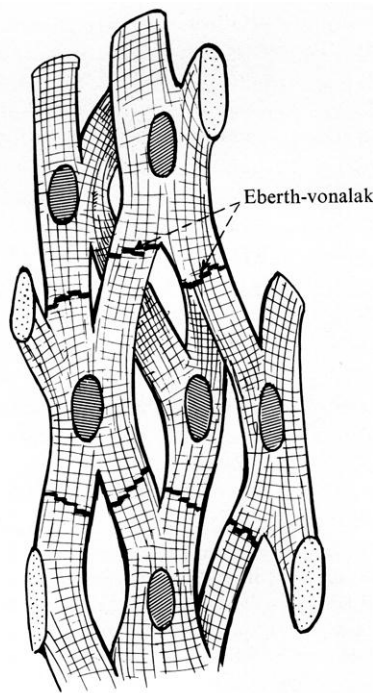
2/50. ábra. A sarcolemma, valamint a felszínén nyíló T-tubulus-rendszer és a sarcoplasmás reticulum sémás magyarázata egy izomrost sarcolemmájának és négy myofibrillumnak egy tömbszelvényi részleten. A T-tubulus-rendszer minden fibrillum Z-vonalának magasságában helyezkedik el, összefüggő gyűrűrendszerben véve körül minden egyes fibrillumot. A sarcolemma felszínén ez a járatrendszer szabadon nyílik és közlekedik az intracelluláris térrel. A fibrillum felületén egy, a T-tubulus-járatrendszerrel egységes, a Z-vonaltól távolabb hézagos sarcoplasmás reticulum terül el

Az izomrostok glikogén-, ATP- és foszfokreatintartalma szolgál energiaraktárként. A struktúra jellegzetes mélyvörös színét a sarcoplasmában előforduló oxigénkötő pigmentfehérje a *myoglobin* okozza. Az izomrostok morfológiai jegyei, hisztokémiai és biokémiai jellegzetessége alapján I. és II. típusú csoportba sorolhatók. Az I. típus rostjai plasmadúsak, és sok myoglobint és mitochondriumot tartalmaznak. Színük sötét, és relatíve vékony rostok. Folyamatos kitarító munkavégzésre képesek, melynek energiaigényét oxidatív foszforiláció szolgáltatja. Emlősök végtag- és a vándorló madarak mellizomzata sorolandó ide. A II. típusba sorolt rostok fakóbbak,

kisebb myoglobin- és mitochondriumtartalommal. Izomrostjai vaskosabbak. Fehér rostok kifejezéssel is illelhetők. Gyors contractióra és pontos munkavégzésre képesek. A külső szívmuszkulok rostjait képezik. Innervációjuk bőséges.

6.4. Szívizomszövet

A szívizomsejtek hosszanti rendezettségű (elnyújtott) térrácsot alkotnak (**2/51. ábra**), a sejtek ennek megfelelően helyenként elágaznak, majd más sejtek ágaival függnek össze. Mégis minden egymagvú sejt külön plasmaterritoriumot képez, amely más sejtektől külön sejthártyával van elválasztva. A sejtek jellegzetes harántcsíkoltatást mutatnak. A magvak a harántcsíkolt izomrostokétól eltérően nem a sarcolemma alatt, hanem a sejtek tengelyében foglalnak helyet. Ez biztos megkülönböztetője a szívizomnak, elsősorban keresztmetszetben, ahol a hálózatos szerkezet nem látszik (2/45C, D ábra). Keresztmetszeten felismerhető, hogy a myofibrillumok kötegei nem rendszertelenül – mint a harántcsíkolt izomrostokban –, hanem inkább sugarasan rendezetten foglalnak helyet az izomrost keresztmetszetén.



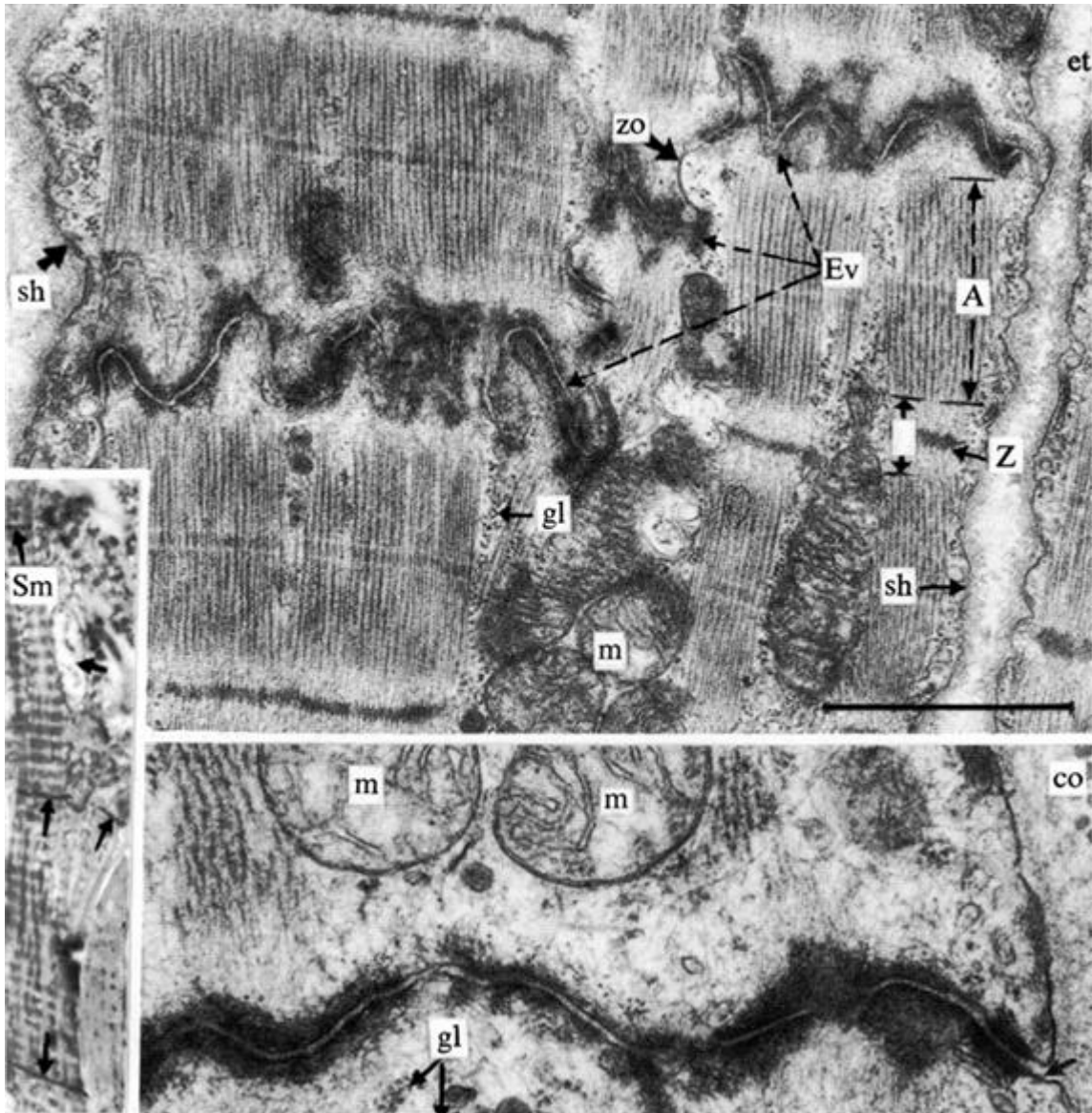
2/51. ábra. Szívizomsejtek hálózata sémásan a sejterületek határait képező lépcsős harántvonalakkal (Eberth-vonalak)

Sokáig vitatott volt, hogy mi a jelentősége a fénymikroszkópos képen látható, a szívizomsejtek helyenként keresztező, sokszor lépcsőzetes harántvonalaknak (*Eberth-féle vonalak*, 2/44D ábra).

Az elektronmikroszkópos képen (hosszmetszetben) világosan felismerhető, hogy a vonalak nem mások, mint sejt közötti határok, amelyekben a két sejthártya – a koponyavarrathoz vagy az asztalcsapozáshoz hasonlóan – szorosan egymás mellett fut. A fénymikroszkópban való láthatóságukat a szívizomsejtek közötti határok zerguzos (meanderes) jellegüknek köszönhetik, ugyanis a vastag fénymikroszkópos metszetben a határ erős hurkai egymás fölé esnek, és ezzel vastag vonal látszatát keltik (**2/52. ábra**).

Egy-egy Eberth-féle vonalban háromféle sejtkapcsoló struktúrát is találunk. Egy *zonula adherens*re emlékeztető sejthártya-megvastagodásban rögzülnek az aktinfilamentumok a sejthártyához. A myofibrillummentes területeken desmosomák (*macula adherens*) kapcsolják egymáshoz a szomszédos szívizomsejteket. A myofibrillumok közötti szakaszon találjuk az ún. *gap junction*okat, amelyek lehetővé teszik kis molekulák átvándorlását az egyik szívizomsejtből a másikba.

A szívizomsejtek contractilis fehérjéinek szerkezete és funkciója megegyezik a harántcsíkolt izomnál leírtakkal. A T-tubulusrendszer jól fejlett, a csatornák a Z-lemezek mentén találhatóak. A sarcoplasmás reticulum csatornáit ritkábban fordulnak elő, mint a harántcsíkolt izomban, általában a T-tubulusoknak csak az egyik oldalához fekszik hozzá egy sarcoplasmás reticulumcisterna (kettős egység, *diád*).



2/52. ábra. Szívizomsejtek elektronmikroszkópos szerkezete (Virágh Sz. anyagából). Felső kép: Két egymás folytatásába eső, Eberth-határvonallal (Ev) elválasztott sejt. Az izomsejtek sejthatára (sh) kétoldalt és az extracelluláris tér (et) jól felismerhető. Az Eberth-vonalak zezugos felszíne mentén összefekvő sejthatárok, amelyek mentén zonula és macula adherens típusú sejt kapcsoló struktúrák ismerhetők fel. A szívizomsejtek közötti anyagáramlást a gap junctionok (gp) biztosítják. Ezek a területeken a sejthártyák közötti rés 2 nm-re szűkül be. Az Eberth-vonalak lépcsőzetes jellegét az adja, hogy különböző myofibrillumoknak megfelelően a sejthatár nem egy magasságban van, de egy-egy myofibrillumnál a határ a fibrillumra merőleges síkban fekszik. A szívizomsejtek feltűnően gazdagok mitochondriumokban (m), és a sarcoplasmában sok glikogénszemcse (gl) látható. A myofibrillumok harántcsikolati szerkezete azonos a vázizoméval, de fontos megfigyelni, hogy az Eberth-vonal szomszédságába mindig „I”-szakaszok esnek, azaz ezek a sejtvégi Z-vonalaknak felelnek meg. Alsó (nagyobb nagyítású) ábra: egy kevésbé zezugos Eberth-vonalrészlet: a nyíllal jelzett helyben az Eberth-vonalon belüli sejtközi rés közlekedik a külső sejt közti térrel. A bal szélén levő képzetét szívizom ún. félvékony metszetén mutatja az Eberth-vonalakat (nyíllak); (sm: sejtmag)

A szívizomsejtek, különösképpen a jobb pitvart (*atrium dextrum*) alkotók, secretiós granulomokat is tartalmaznak. Az ürülő hormon az *atriopeptin* (atrial natriuretic factor, ANF) a vesén keresztül só- és vízvesztést eredményez.

A szívizomsejtek oldalsó határait rendes sejthártya, valamint egy ehhez kívülről hozzáfekvő igen finom *lamina basalis* borítja. A szívizom interstitialis kötőszöve rendkívül finom reticularis rostokból álló hálózat, capillaris érellátása igen gazdag. Bár elvileg a szívizomsejtet körülvevő hártvány hasonlóak a harántcsikós izomrostéhoz,

mégis fénymikroszkópban látható sarcolemmája nincsen. Ez bizonyára azzal függ össze, hogy a szívizomsejt a contractiójával kifejtett erőt nem az interstitialis kötőszövetre, hanem a vele összekapaszkodó többi izomsejtre viszi át.

A szívizomsejtek sejthártyái közötti intim kapcsolat nem csupán mechanikai szempontból fontos, hanem az ingerületi állapot átvitele szempontjából is. Egy szívizomsejt ingerületi állapota a vele egyberőtt többi sejtre valószínűleg a gap junction típusú sejthártyakontaktusok révén akadálytalanul átkerül. Minthogy a szívkamra és -pitvar egész izomzata külön-külön teljesen összefüggő hálózatot képez, ezért az egy helyen keletkezett ingerületi állapot gyorsan szétterjed a pitvar vagy a kamra összes izomsejtjeire. Azokkal a különleges szívizomsejtekkel, amelyek a szívizomzat egyes összehúzódnási fázisait előbb a pitvarokban megindítják, majd pedig a pitvarok ingerületét átvezetik a kamrákba, a szív ingervezető rendszerével kapcsolatban külön foglalkozunk.

6.5. Myoepithelium

Alacsonyabb rendű állattörzsekben közönségesen előfordul, hogy hámsejtek alapi része T-alakban elágazódva megnyúlik, és ez a hám alapjával párhuzamos nyúlvány contractilis tulajdonságokat vesz fel. Benne kezdetleges myofibrillumok találhatóak. A legkezdetelesebb szintű idegrendszer nem is áll másból, mint ilyen *myoepithel* sejtekből, amelyeknek a felületet borító – eredeti hám jellegű – része veszi fel a felületet érő ingereket, és a hozzátartozó izomnyúlvány a megfelelő ingerre összehúzódnik. Ugyanilyen myoepithel előfordul magasabb rendű szervezetekben is, mégpedig mirigyekben és a szem szivárványhártyájában. Egyes mirigyekben még maguk a mirigyhámsejtek adják a contractilis nyúlványokat a végkamrák felületéhez, többnyire azonban a contractilis elemek önállóan, és lapos, nyúlványos sejtek formájában fogják körül a mirigyvégkamrákat. Ezeket a sejteket – alakjuk nyomán – *kosáresejtek*nek nevezik. Bizonytalan, vajon lényeges szerepet visznek-e a mirigyvégkamrák kiürítésében.

A szem szivárványhártyájában, az annak hátsó felszínét képező retinalis pigmenthám elülső sejtrétege valódi myoepithel; itt a hámsejtek előretérő alján kinyúló contractilis nyúlványok a szivárványhártyában sugarasan terjednek szét, összehúzódnásuk tehát a pupillát tágítja (*m.dilatator pupillae*).

6.6. Izomszövet-regeneratio

A szívizom regeneratív képességgel – a fiatal gyermekkort leszámítva – nem rendelkezik. A szívizomelhalást kötőszövetes hegeképződés követi, mely károsan befolyásolja a szív működését.

A simaizomszövet újdonszövetképződése jó. Szövetkárosodást követően simaizomsejtek és pericyták osztódva állítják helyre az eredeti anatómiai állapotot.

A harántcsikolt izom rostjai önmagukban mitosisra nem képesek. A regeneratio a rostok mentén, a lamina basalis alatt megbúvó primitív myoblastsejtekből, az ún. satellitasejtekből történik. Ezek osztódnak, majd a leánysejtek fusiója révén alakítanak ki izomrostokat. A vázizom regeneratív hajlama gyér.

7. 2.7. IDEGSZÖVET

Az idegszövetek és az idegszervek specifikus idegi és nem specifikus általános szöveti elemekből épülnek fel. A specifikus ingerületvezető szövetelemek bonyolult és rendszerint meglehetősen hosszú nyúlványokkal rendelkező sejtek, amelyeket idegsejteknek vagy *neuronoknak* neveznek. A specifikus ingerlékenységi és ingerületvezetési működésükben kizárólag neuronok vesznek részt.

Az idegszövetek neuronokon kívül jelentékeny mennyiségben tartalmaznak specifikus idegszöveti, de az ingerületi működésekben közvetlenül részt nem vevő sejt elemeket is. Ezeket azelőtt egyszerűen idegtámasztó elemeknek vélték, és *neurogliának* nevezték el őket. Ma tudjuk, hogy szerepük sokkal jelentékenyebb, részben azért, hogy az idegnyúlványokra felgöngyölt ellaposodott sejtnyúlványaikkal speciális burkokat alkotnak az ingerületvezető neuronnyúlványok körül, másrészt a neuronoknak specifikus működésükhöz szükséges anyagcseretermékeket adnak át.

Nem specifikus szöveti elemként az idegszövetekben bőséges érhalózat fordul elő, amely endothelből, basalis laminából, pericytákból, simaizomelemekből, rugalmas és kollagén rostokból épül fel. Elvileg nem különbözik más szövetek érrendszerétől, mégis néhány orvosi szempontból fontos speciális tulajdonsággal bír.

Az idegszövet neuronjai és támasztósejtjei ectodermális eredetűek. Részben a *velőcső*, részben a *dúcléc* valamint a *placodlemez* sejtjeiből differenciálódnak. A velőcső sejtjeivel ellentétben, a dúcléc és a placodlemez sejtjeiből neuronokon és támasztósejteken kívül másfajta sejtek is származnak. A velőcsőből differenciálódó sejtek építik fel a *központi idegrendszert*, míg a dúcléc és a placodlemez sejtjeiből alakul ki a peripheriás idegrendszer. Az idegrendszer két része egymással többszörös kapcsolatban van, és mint később látni fogjuk, az idegrendszer a két rész egységére épül. A felépítésben meglévő különbségek alapján célszerű az idegszövet tárgyalását külön-külön követni a központi és a peripheriás idegrendszerben.

Mind az ingerlékenység, mind az ingerületvezetési képesség az élő sejt alapvető tulajdonsága. E tekintetben a növényi és az állati sejt, ill. az állati sejtek közül a szokványos értelemben nem ingerlékeny (hám-, kötő-, támasztó-) és a specifikusan ingerlékeny (izom- és ideg-) szövetek sejtjei nem minőségileg, hanem csak fokozatilag térnek el. Az ingerlékenység és az ingerületvezetés a sejtthártya felépítéséből és funkciójából eredő tulajdonság (lásd általános idegélettan).

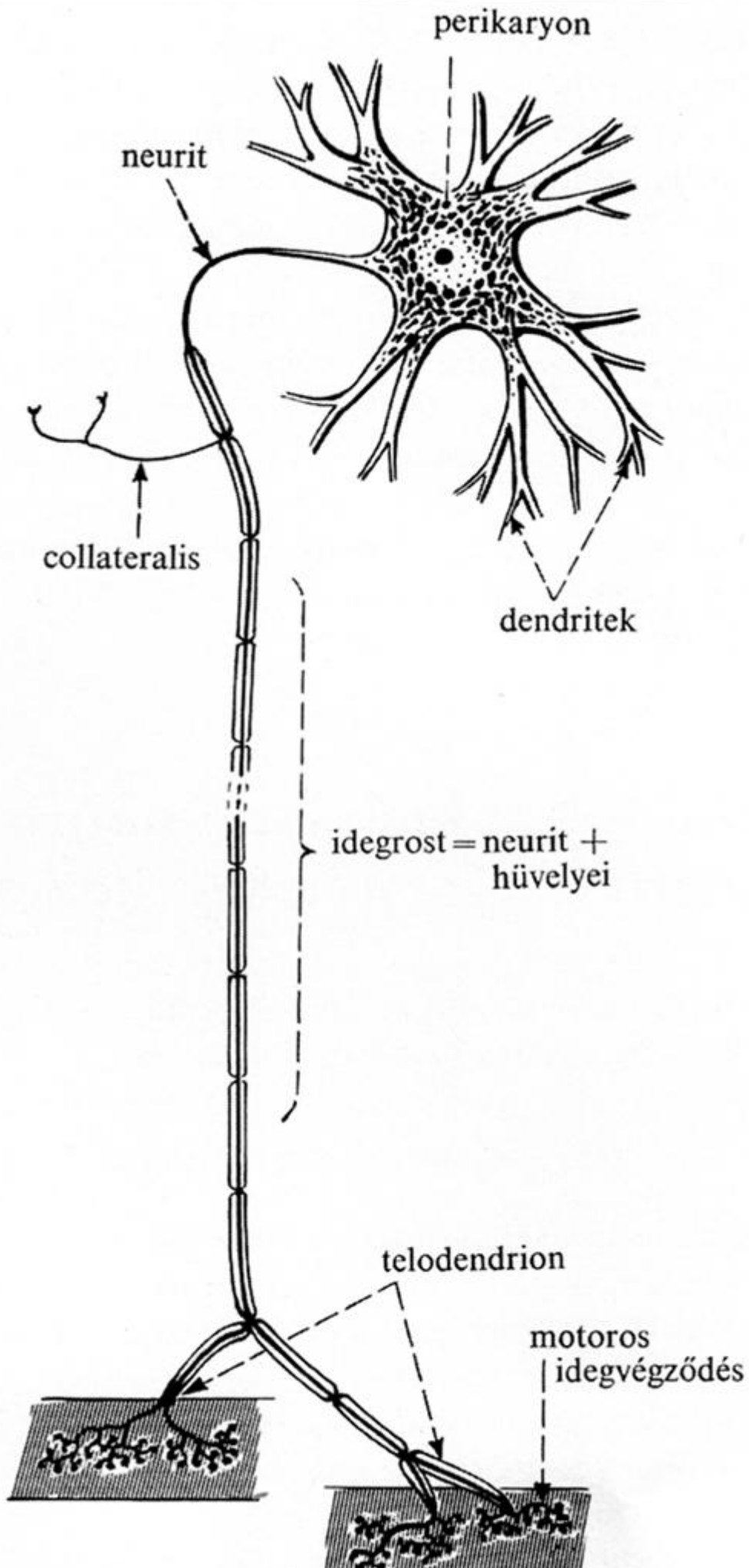
7.1. A velőcsőből kialakuló neuronok és támasztósejtek szerkezete

A velőcső sejtjei három irányban differenciálódnak. Elkülönülnek a *neuronok*, az *ependymasejtek* és a *gliasejtek*.

7.1.1. Idegsejtek (neuronok)

Az **idegsejtek** (*neuronok*) az idegszövet specifikus ingerületi működésű cellularis egységei. Módosuk, egymagvú, nyúlványos sejtek (**2/53. ábra**). A többnyire többes számban előforduló rövidebb nyúlványokat *dendritek*nek, a rendszerint egyes – legfeljebb elágazódó – főnyúlványt *neurit*nek nevezzük. A magtartalmú, tömegesebb plasmával körülvett rész neve sejttest (*perikaryon*, vagyis a sejtmagot körülvevő rész).

A **sejttest** (*perikaryon*) nagyon sokféle lehet mind nagyság, mind alak tekintetében. A nagyobb idegsejtek a szervezet legnagyobb sejtjei, a kisebbek a legkisebb sejtjei közé tartoznak. A legnagyobb idegsejtek közé tartoznak a mozgatóneuronok sejtjei (**2/54A ábra**), az agykéreg nagyobb pyramissejtjei (**2/54C ábra**) – nevük egyben alakjukat is jelzi –, a kisagykéreg marharépához hasonló testű, ún. Purkinje-féle sejtjei (**2/54D ábra**).



2/53. ábra. A neuron általános sémája. Az ábra harántcsíkos izomrostokat beidegző motoros neuront mutat

Igen apró idegsejtek, pl. a kisagykéreg szemcsesejtjei, a gerincvelő substantia gelatinosa rétegének idegsejtjei és az agykéregben, a hypothalamusban, a kéreg alatti magvakban előforduló egyes idegsejtfajták. Az idegsejt magva rendszerint aránylag nagy, hólyagszerű, erős maghártyával bír, és kromatinszegény. Benne a magvacská igen feltűnő (2/54B ábra).

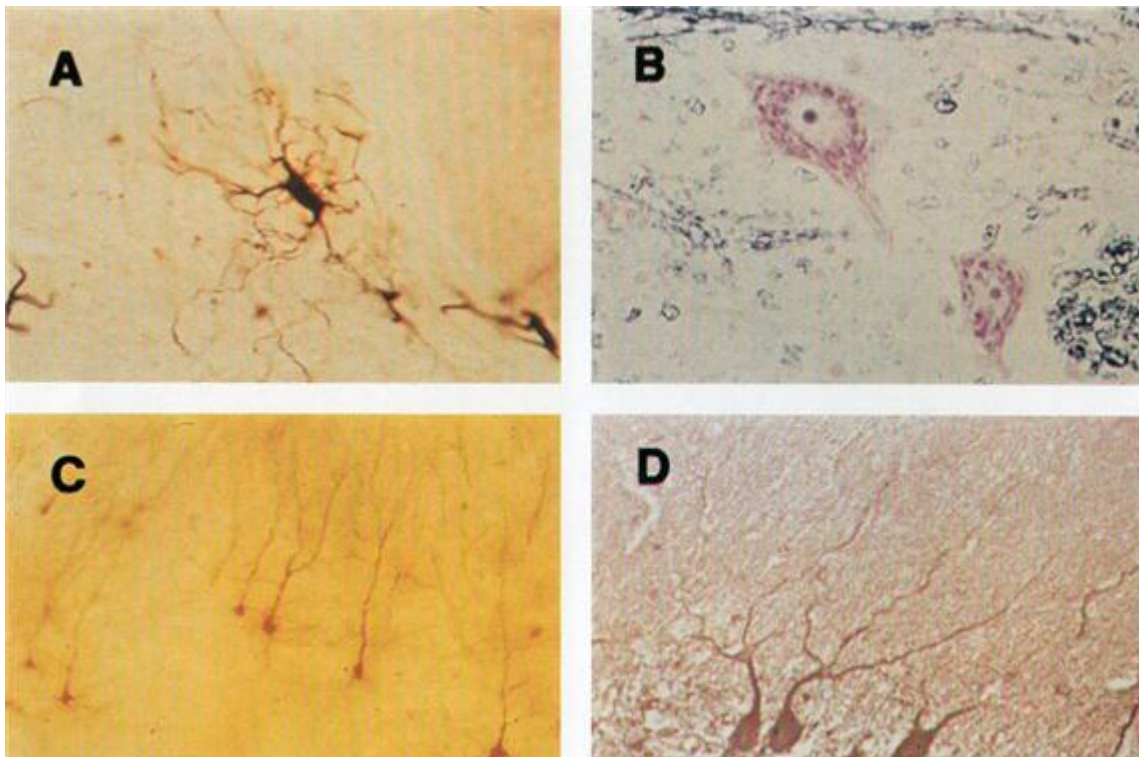
Sok emlősállatban (pl. macskában) az idegsejtek magjában igen feltűnően látszik a női nemre jellemző ún. „*nucleolaris satellita*”, a magvacskán ülő erősebb kromatinrög. *M. L. Barr* 1948-ban a macska idegrendszerében fedezte fel a „genetikus nem” meghatározására alkalmas, és az orvostudomány „szexcitológiai” ágának jelentős új fejlődéséhez vezető eme fontos részletet.

Az idegsejttest csak ritka kivételképpen tartalmaz cytocentrumot. Az idegsejtek száma már a korai embryonalis korban megállapodik, amikor a sejtek még differenciálatlan hám jellegűek. Ez az oka annak, hogy a korai fejlődés során az idegtelemek nagyságnövekedés tekintetében annyira megelőzik a többi szervtelepet. A későbbi méretnövekedés – különösen az extrauterin életben – már szinte kizárólag a nyúlványok növekedéséből, bonyolódásából és az idegrostok körül a hüvelyek kialakulásából adódik.

A kisagykéregben biztosan és a sympathicus dúcokban valószínűleg még az extrauterin életben is van sejtosztódás, esetleg differenciálatlan sejtek kifejlődése, de ez nem bizonyos. A későbbi embryonalis fejlődés során nem jelentéktelen szerepet visz az ún. *fiziológias idegsejtdegeneratio*, azaz a felesleges számban kifejlődött sejtek elpusztulása. Mindehhez azonban nyilvánvalóan nem kell cytocentrum.

Rendszeresen tartalmaz az idegsejt Golgi-hálót, amelynek jelentőségére még a neurosecretio jelenségével kapcsolatban visszatérünk.

Az idegsejtre leginkább jellemző plasmaalkotórész a „kromatikus” állomány vagy *Nissl-szubsztancia* (a *Lenhossék Mihály* ajánlotta „*tigroid*” kifejezés sajnos mindinkább feledésbe merül). A Nissl-szubsztancia (Nissl-rögök) valójában ergastoplasma, tehát fehérjeszintetizáló sejt szervrendszer. Jellemző fénymikroszkópos festési reakciója, hogy bázikus anilinfestékekkel kissé metakromáziásan festődik, ribonukleázzal emészthető, tehát kétségtelenül sok RNS-t tartalmaz. Különböző (főleg nagy méretű) idegsejtekben jellemző alakú rögök formájában és a sejt meghatározott helyein foglal helyet.



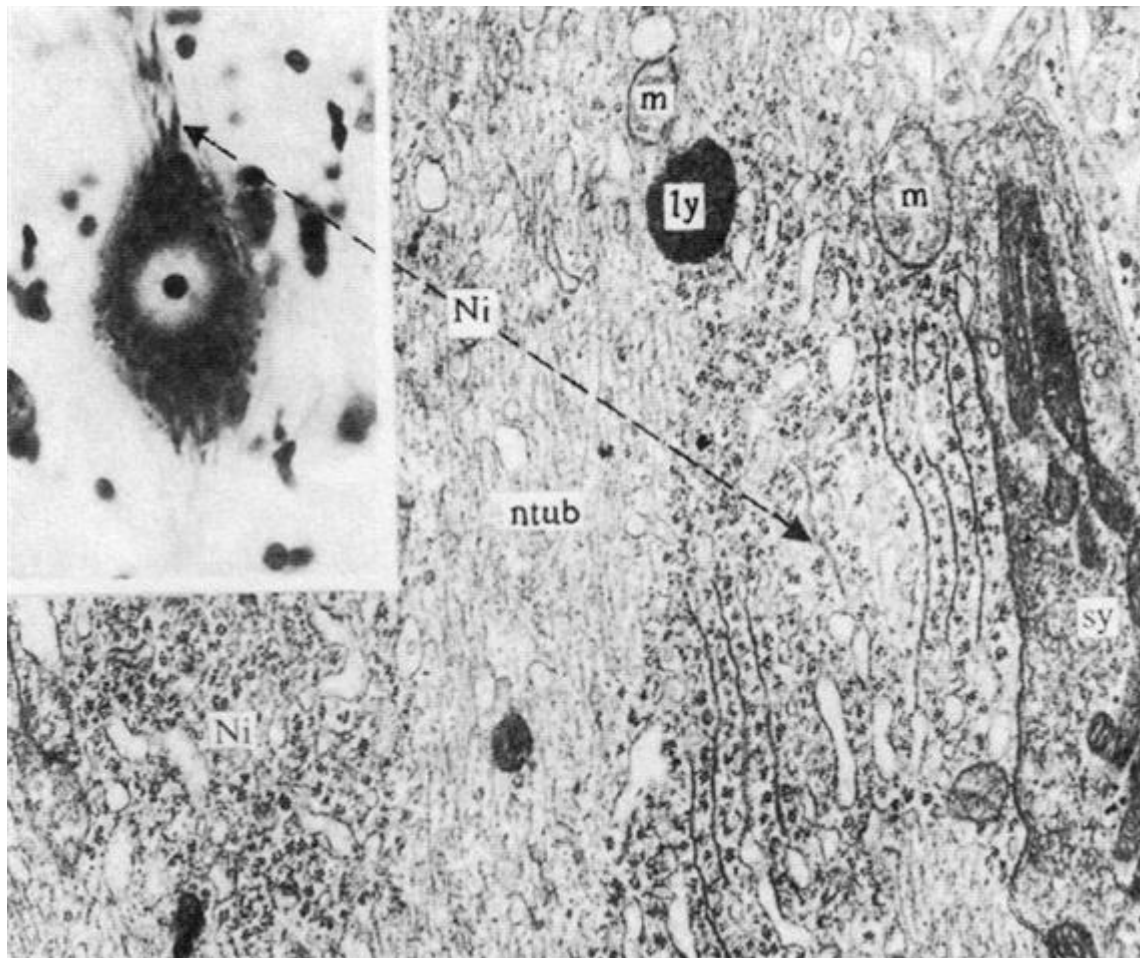
2/54. ábra. Neuronok. A: multipolaris idegsejt macskagerincvelőből (Golgi-féle impregnáció). B: motoneuronok emberi gerincvelő elülső szarvából (Nissl-festés); C: pyramissejtek emberi agykéregből (Golgi-féle

impregnáció); D: Purkinje-sejtek perikaryonja és a dendritfa induló szakasza kisagykéregből (Bielschowsky-féle impregnáció)

Elektronmikroszkóppal a Nissl-szubsztancia lapos zsákokat képező belső sejtmembránokból áll (2/55. ábra), amelyekhez kívülről rozettaalakban rendezett szemcsékből álló, úgynevezett riboszomák. A kromatikus állomány érzékenyen reagál a sejt erősebb funkcionális és kóros változásaira, pl. erőteljes és hosszan tartó funkcióra készített idegsejt durva Nissl-rögjei főleg a mag körül feloldódni látszanak, ami az ergastoplasma átszerveződésével és egy finomabb szemcsézettségű megjelenésével magyarázható jelenség.

Az ergastoplasma mellett fejlett Golgi-apparatus jelenléte, mitochondriumok sokasága, sima felszínű endoplasmás reticulum és lysosomal vesiculák előfordulása jellemzi a neuronokat. Különböző méretű és elektrondenitású, membránnal bélelt hólyagszák és granulomok hormonokat, enzimeket és ingerületátvivő anyagokat tartalmaznak. A sejtek pigmentszemcséket is hordozhatnak, leggyakrabban *lipofuscin*- vagy *melanin*tartalommal.

A neuroplasma másik jellemző alkotórésze, a *neurofibrillumok*, nem csupán a sejttestben fordulnak elő, hanem mindenfajta nyúlványában és az idegvégződésekben is.⁹⁹ Fénymikroszkópos szinten nemesfém sókkal (ezüst, arany) impregnálható fonalszerű képződmények, amelyek hol hálózatszerűen, hol párhuzamos kötegekben rendezetten fordulnak elő. *Apáthy* szerint az idegi működés, tehát az ingerületvezetés specifikus anyagi substratumai. A neuronelmélet (lásd később) hívei, főleg *Ramon y Cajal* és *Lenhossék Mihály*, élesen szembehelyezkedtek *Apáthy* és követői – elsősorban a fiziológus *A. Bethe* – szemléletével, és a neurofibrillumokban a neuroplasma ingerületvezetés szempontjából lényegtelen hálózatos differenciálódását látták. Határozottan tagadták *Apáthy* alapvető tételét, hogy a neurofibrillumok „continuuusan” áthaladnának több idegsejt láncolatán.



2/55. ábra. Az idegsejt ún. kromatikus állománya (Nissl-szubsztancia; tigroid) fény- és elektronmikroszkópos képben. A bal felső képetét nagy mozgató típusú idegsejtet mutat bázikus anilinfestékekkel megfestve. Nagy

⁹⁹ A múlt században már M. Schultze leírta őket, nagyobb jelentőségre mégis Apáthy István kutatásai nyomán tettek szert.

magvacskát tartalmazó hólyagszerű magvát sűrű tömegben veszik körül a kromatikus állomány rögjei. A nagyobb dendritekben is vannak Nissl-rögök (Ni). Az ábra fő részét képező elektronmikroszkópi felvételen két nagyobb Nissl-rög is látható. A jobb oldaliban a metszés síkja merőleges az ergastoplasma egymással párhuzamos lapos zsákjaira, ezért a ribosomák szabályos rendeződése feltűnő. A bal oldali Nissl-rögben a metszés síkja az ergastoplasma zsákjaival párhuzamos; ezért ez a szerkezet itt nem látható. A rögök közti területen a neurofibrillumok alapját képező finom mikrotubulusok (ntub), valamint mitochondriumok (m) és lysosomák (ly). A sejt felületéhez jobb felől synapticus végtalp (sy) fekszik hozzá

Az elektronmikroszkópos vizsgálat tökéletesen igazolta *Ramon y Cajal* és *Lenhossék* álláspontját, s kimutatta, hogy a neurofibrillumok alapját változó vastagságú párhuzamosan futó filamentumok és csövek (tubulusok) alkotják. Dendritekben és sejttestekben inkább tubulusok, axonokban és idegvégződésekkben inkább filamentumok fordulnak elő, de nem kizárólagosan. Elsősorban a neuroplasmában található, aktinszerű anyagból felépült mikrotubulusokról feltételezik, hogy szerepük van az idegnyúlványokban mindkét irányban lezajló anyagszállításban.

A **dendritek** felépítésre nem különböznek lényegesen a sejtmagot körülvevő plasmától, ezért sokszor **plasmanyúlványoknak** is nevezik azokat. A legtöbb neuronfajtában néhány mikrontól a néhány (2–3) milliméteres hosszúságúak lehetnek. A dendritek elágazási módja igen jellemző sok neuronfajtára; sok neuronféleséget még az ideghisztológiában gyakorlatlan is az első pillanatra felismerhet. Vannak azonban jellegtelen dendritelágazódású neuronok is, amelyekben nem szorosabban determinált, hogy a dendritek milyen irányban haladva, hol, milyen irányú és számú további ágra oszlanak. A határozottan determinált dendritfajú neuronok közé tartoznak az agykéreg pyramissejtjei, a kisagykéreg Purkinje-féle sejtjei. Az utóbbiak különlegessége például, hogy a kéreg felszíne felé irányuló dendritelágazódásuk csupán egy, a kisagy tekervényekre merőleges síkban terjed szét, hasonlóan a falon felfutó kúszónövény-elágazódásához. Szigorúan determinált idomúak a kisagykéreg szemcseneuronjai, a thalamus specifikus magvainak neuronjai, a nyúltvelő olaj karnagyának idegsejtjei és még sok más neuronfajta.

A dendritek Nissl-rögöket csak eredésük közelében, mikrotubulusokat viszont egész lefutásuk mentén tartalmaznak.

Számos idegsejt dendritjeinek jellemző, a fenyőgallyak túszerű leveleire emlékeztető nyúlványai vannak, amelyeket ezért *dendrittöviseknek* neveznek (2/74. ábra). Nem egészen helyes név, mert szinte sohasem tövis alakúak; ellenkezőleg, végük bunkószerűen megvastagodik. Egy-egy nagyobb neuron dendritfaja 10^5 tövissel bírhat. Jelentőségük igen nagy, mert a dendritek mellett elfutó neuritákkal alkotott synapsisok fontos részeit képezik (lásd a synapsisoknál).

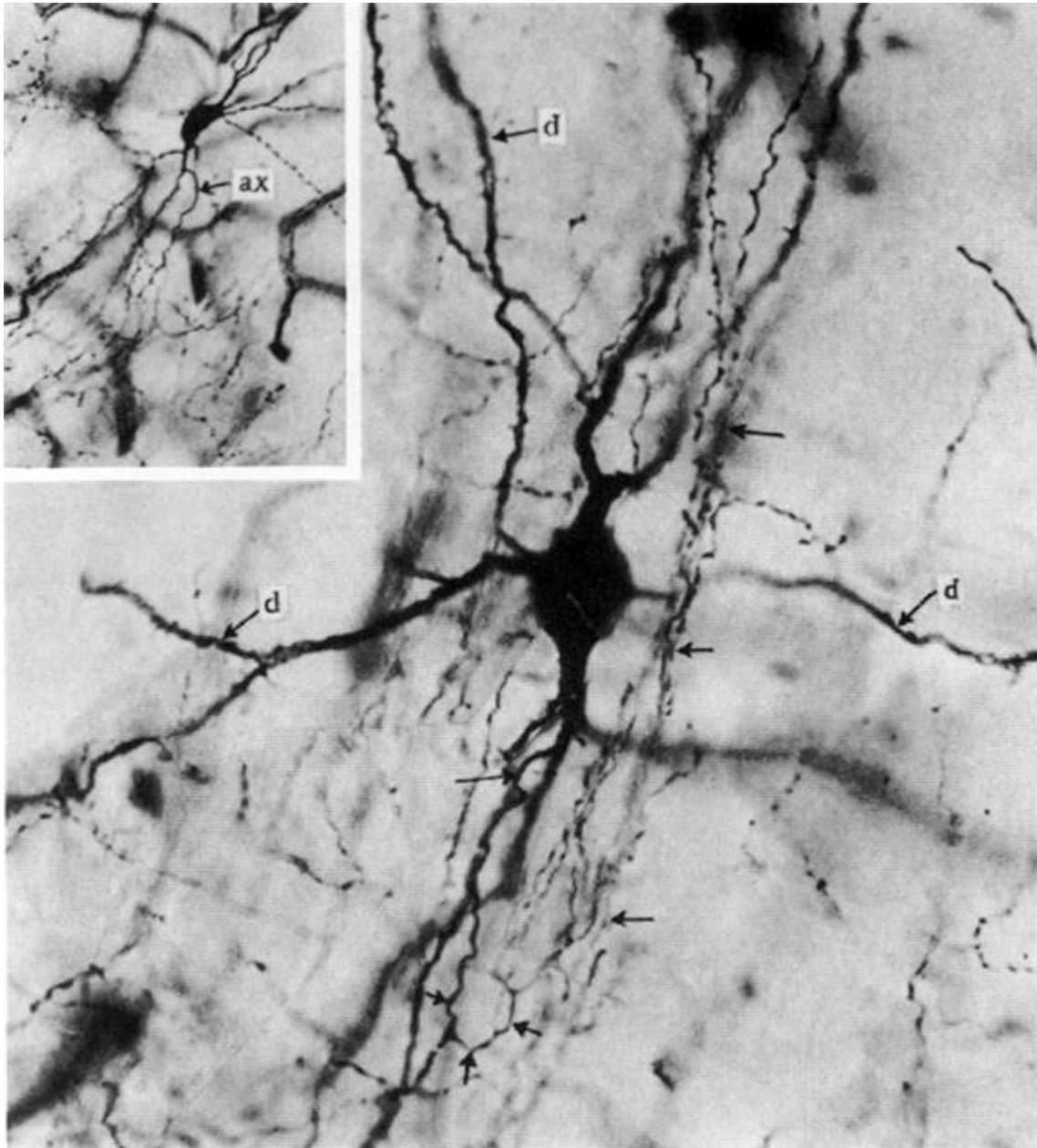
Az **idegnyúlvány** (*neurit* vagy *axon*) emberben akár 1 m-nél is hosszabb lehet. A dendritektől abban különbözik, hogy nem tartalmaz Nissl-anyagot. Rendszerint a sejttest valamelyik részéről vagy sokszor az egyik fődendritből ered kissé szélesebb, de gyorsan elvékonyodó kúpszerű alappal (*axon eredési kúp* vagy *axondomb*). A neurit kezdeti szakasza (*initialis segmentum*) rendszerint vékony, de sejthártyája vastagabb, mint az idegsejt vagy más nyúlványainak a felületi hártájája. A kezdeti szakasz a neuron speciálisan alacsony ingerküszöbű része, ezért sok neuronban a terjedő ingerületi hullám e szakaszon keletkezik, és innen indul el útjára a neurit mentén.

A neuritek változó vastagságúak, vannak 0,1 μm átmérőjű vagy még vékonyabb neuritek is, amelyek ezért fénymikroszkóppal alig vagy egyáltalán nem láthatók, és vannak 15 μm vastagságúak is. Általában megállapítható, hogy a nagy idegsejtek neuritjei vastagabbak és hosszabbak és fordítva. Szoros törvényszerű kapcsolat azonban nincsen, mert vannak nagy idegsejtek, amelyek aránylag rövid és vékony neurittel bírnak (pl. a Purkinje-sejtek). A neuritek hüvelyeiről külön fejezetben fogunk szólni.

A neuritek elágazódás tekintetében két különböző típushoz tartoznak, és ennek alapján a multipolaris neuronokat két osztályba soroljuk. Az idegsejtek többségének neuritje hosszabb lefutás után (néhány cm-től 1 m-en felül) bomlik végágaira. A neuronoknak ezt a – tehát aránylag hosszú neurites – fajtáját *Deiters-típusú* (vagy más néven: *Golgi I-típusú*) *neuron*nak nevezzük. Közönségesen előfordul azonban, hogy a neurit már kezdeti szakaszain vagy lefutásában más helyen sokkal vékonyabb mellékágakat ad. Ezeket *axoncollateralisok*nak nevezzük. Ilyenkor azonban a neuron jellegét mindig a neurit főágainak viselkedése határozza meg.

Főleg magasabb rendű idegközpontokban (pl. nagyagykéreg) számos neuron idegnyúlványa alig néhány száz mikron vagy néha még kisebb távolságban hirtelen csokorszerűen eloszlik. Ezeket a Deiters-neuronokkal szemben *Golgi-típusú* (vagy *Golgi II-típusú*) neuronoknak nevezzük (2/56. ábra). Néhány magasabb rendű

központ elemzésénél látni fogjuk, hogy ezeknek a rövid neuritú Golgi- (vagy Golgi II-) típusú neuronoknak milyen fontos szerepük van a központok belső kapcsoló műveleteiben.



2/56. ábra. Golgi II-típusú idegsejtek az agykéregből. Dendritjeik (d) tövisben szegények, annál feltűnőbb, hogy axonjuk (ax) a sejtől való kilépés után azonnal bőségesen elágazik, és a nagyobb nagyításban mutatott idegsejtnél felszálló lófarokszerű axonkötegre (nyilak) ágazik; egy-egy ilyen axonköteg rendszerint közrefogja egy pyramissejt axon-initialis segmentumát, és vele nagyszámú axoaxonicus synapsist képez

A neurit végelágazódását **végfácskának** (telodendrion) nevezzük. A telodendrion elágazódási módja igen különböző. Elenyészően ritkán fordul elő, hogy egy neurithez egy végződés tartozik. Sokkal gyakoribb, sőt általánosnak mondható az, hogy a végfácska több száz végződésből áll. Ezek az idegvégződések specifikus szerkezetűek, és a neurit által vezetett ingerület más neuronoknak vagy nem neuronális sejteknek való átadására szolgálnak. Az ingerület-átvitelre szolgáló idegvégződések oly sokfélék, és oly sok szerkezeti tényezőt kell figyelembe venni nemcsak a neuritvég részéről, hanem azon elem részéről is, amellyel érintkeznek, és amelynek ingerületét átadja, hogy erre külön fejezetet kell szentelnünk.

A neuron alakját elsősorban nyúlványainak száma határozza meg. Nyúlványtalan (*apolaris*), fejletlen vagy embryonalis állapotban maradt idegsejtek is vannak, ezért ezek nem is igazi idegsejtek. Vannak azonban egy nyúlványú (*unipolaris*) idegsejtek; ez esetben az egyetlen neurit, így ezek a sejtek *adendriticusak*. Ilyenek a

retina „amacrin” sejtjei, a hallópálya egyes sejtjei (*nucl. corporis trapezoidei*). Kétnyúlványú, *bipolaris idegsejtek* a retina közbülső neuronjai.

Három- és többnyúlványú idegsejtet már multipolarisnak jelölünk, ilyen az idegsejtek túlnyomó többsége. Kevés kivétellel ilyenkor egy neurit és két vagy több dendrit indul el a sejtből. Közönséges eset mégis, hogy neurit nem a sejttestből, hanem az egyik fődendritből ered, ezt azonban külön nem szoktuk kiemelni, mert valószínűleg nem lényeges, csupán accidentalis tulajdonsága a sejtnek. Sok idegsejt alakja és elsősorban dendritelágazódása oly jellemző, hogy pusztá rátekintéssel identifikálhatók (2/54A, C, D ábra).¹⁰

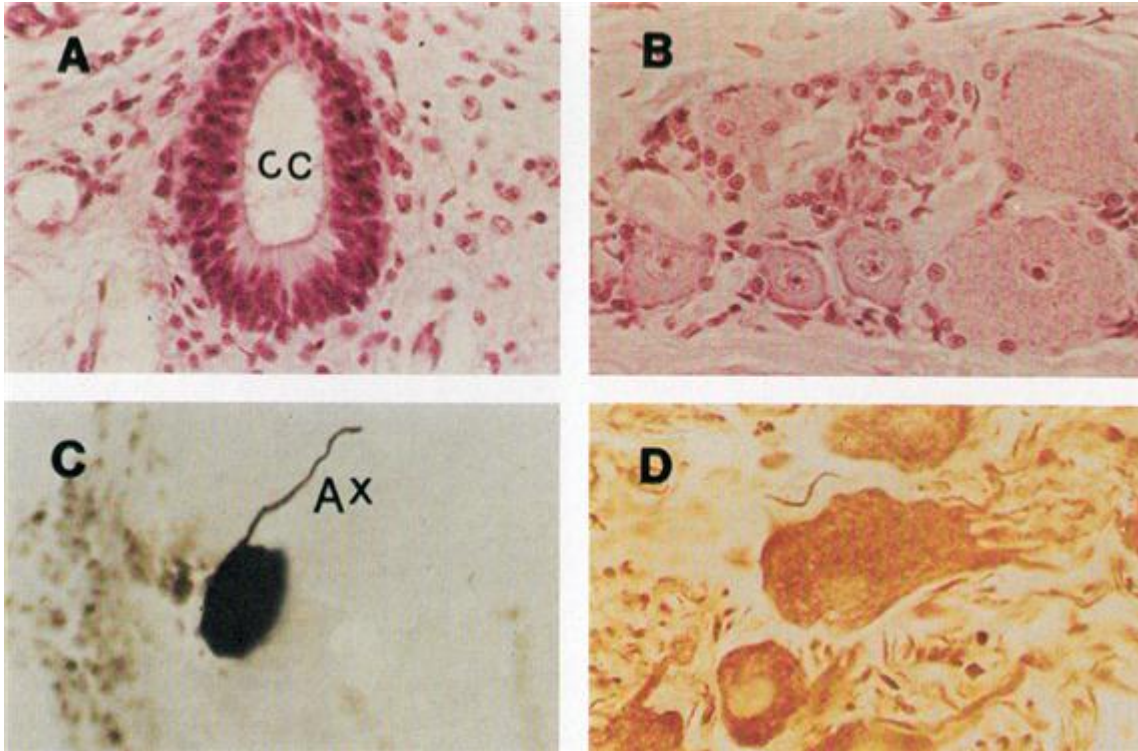
A központi idegrendszerben a neuronok, helyesebben a perikaryonok, gyakran csoportosan, ún. magokban (*nucleus*) rendezetten helyezkednek el. A magok között találunk olyanokat, amelyek neuronjai más magok neuronjaival állnak kapcsolatban. Az összeköttetést a kötegekbe rendezett neuritek által kialakított **pályák** (*tractus, fasciculus*) teremtik meg. A magok egy másik csoportjából kiinduló neuritek nem központi idegrendszeri magok sejtjeivel lépnek funkcionális kapcsolatba, hanem elhagyják a központi idegrendszert, és a peripherián végződnek. Ezeket a magokat **motoros** magoknak (*nuclei motorii*) nevezzük. A motoros magok neuronjainak az axonjai vagy a peripherián elhelyezkedő motoros (vegetatív) neuronokkal alakítanak ki kapcsolatot, vagy harántcsíktolt izmokat idegeznek be. A központi idegrendszer mikroszkópos szerkezetének a tanulmányozása során találkozunk majd különböző magokkal és pályákkal.

7.1.2. Ependymasejtek

Az *ependymasejtek* a velőcső üregéből kialakuló *canalis centralis* (gerincvelőben) és *agykamrák* (agyvelőben) falát bélelő hengerhám szerű sejtek, amelyek kinociliumokkal, másutt mikrovillusokkal borított felszínnel határolják a kamraüreget (2/57A ábra).

A sejtek basisáról nyúlványok indulnak el, amelyek radiaer módon távolodnak a kamrafelszíntől, és vastagabb agyállomány esetében hosszabb-rövidebb lefutás után elvesznek. Ott azonban, ahol az agyállomány vékonyabb (pl. a gerincvelő *canalis centralis* és a *fissura mediana anterior* között, valamint a III. agykamra *recessus infundibulij*a és a *hypothalamus* agyalapi felszíne között), elérik az agy külső felszínét. Itt a nyúlványok az agy felszínén kiszélesedve hozzájárulnak az agyszövet külső glialis határhártyájának alkotásához (lásd később). Egyes helyeken az ependyma többrétegűvé válik, és a kamra ürege felé bedomborodó tömör vagy papillosus hámszerveket képez. A III. agykamra fenekének megfelelő területen differenciált kamrabélelő sejtek, az ún. tancycyták fordulnak elő. Nyúlványaik ívalakban görbülve keresztülhaladnak a vékony ideglemezen, az *eminentia medianán* és annak felszínén elhelyezkedő érfonat mentén végződnek. Feltételezett szerepük, anyagoknak (elsősorban hormonoknak) az agyvízből az agyalapi mirigy portális keringési rendszerébe való transzponálása.

¹⁰C. Golgi olasz hisztológus által az 1870-es években bevezetett ezüst-bikromát-impregnációval (Golgi-módszer). Az eljárás lényege, hogy az agyvelőt vagy a gerincvelőt káliumbikromátot tartalmazó oldatkeverékekben tartják (a keverékben formaldehid, glutaraldehyd vagy ozmiumsav is van), majd az így rögzített anyagot átviszik híg ezüstnitrátoldatba. A keletkező vörösbarna ezüst-bikromát-csapadék ismeretlen okból igen szelektív módon egyes idegsejtekben rakódik le, de úgy, hogy azok teljes nyúlványrendszerét kirajzolja. Áteső fényben mikroszkóp alatt a csapadék feketének mutatkozik. A módszer igen szeszélyes, mégis az idegelemek valódi alakját feltüntető egyetlen eljárás



2/57. ábra. Ependymasejtek (A) és neuronok a perifériás ganglionokból (B-D). A: emberi gerincvelő canalis centralisát (cc) bélelő ependymasejtek; B: pseudounipolaris neuronok gerincvelői dúcból; C: egyetlen pseudounipolaris neuron tormaperoxidázzal feltöltve. A sejt axonja (Ax) egy darabig követhető (E. R. Perl kísérletes anyaga); D: multipolaris neuronok vegetatív ganglionból (AgNO³-impregnáció)

7.1.3. Gliasejtek (gliaszövet)

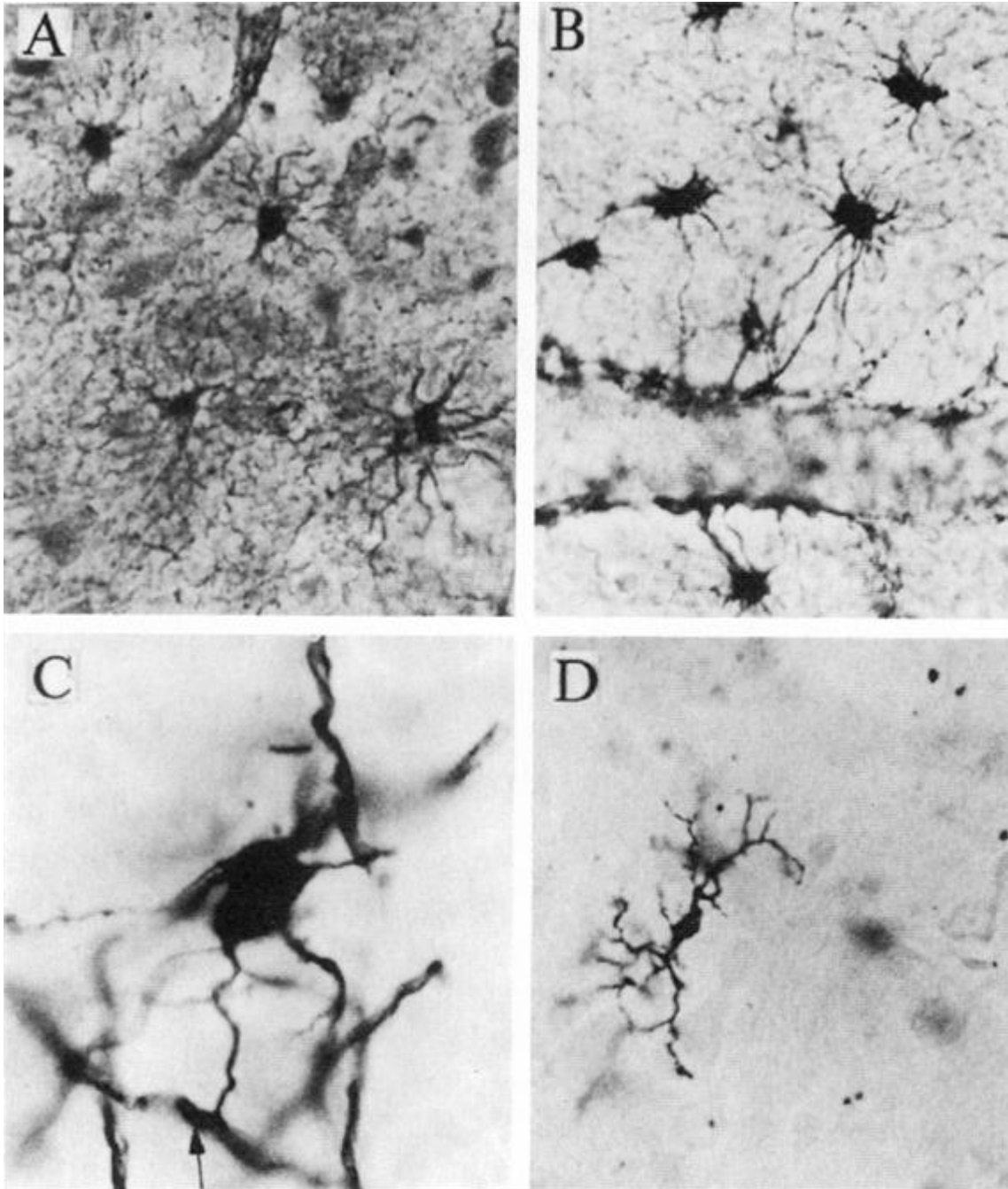
A központi idegrendszer ingerülettermelő és ingerülettovábbító elemeinek, a neuronoknak szinte minden részét speciális sejtek veszik körül. Régebbi felfogás szerint ezek a sejtek „idegtámasztó” elemek voltak, ma a sejtek összességét **gliaszövetnek** nevezzük.

A kifejlett szervezetben megkülönböztetünk *macrogliát* és *microgliát*. A gliasejtek néhány fajtáját a 2/58. ábra mutatja.

Macroglia (*astrocyta*). Az *astrocytákat* két csoportba soroljuk. A szürkeállományban (a központi idegrendszernek az a része, ahol a perikaryonok, a dendritek és az axonok végfáscái találhatóak) inkább a *plasmás glia* (2/58A ábra), míg a fehérállományban (a központi idegrendszernek az a része, ahol a neuritek kötegei haladnak) inkább a *rostos glia* (2/58B ábra) fordul elő.

Az astrocyták nagy, kerek magvú, nyúlványos sejtek. A plasmás astrocyták cytoplasmájában gazdag sejttestjéből viszonylag kevés nyúlvány ered, de ezek sokszorosán elágazódnak, és dús bokros nyúlványrendszert alkotnak. A rostos astrocyták sejttestjéből sok, ritkán elágazódó nyúlvány indul el. A nyúlványok a sejttesttől sugárirányban távolodva, általában jóval messzebb érnek el, mint a plasmás astrocyták nyúlványai.

Elektronmikroszkópban mindkét astrocytaféleség plasmája sajátosan üres, részletszegénynek tűnik. A plasmás gliában feltűnően sok glikogénszemcse, a rostosban a nyúlványok tengelyében haladó, vékony filamentumokból álló köteg található. A filamentumok a *glial fibrillary acidic protein* (GFAP) intermedier rendszert képviselik. A gliarostok tehát valójában finom filamentumokból álló intracellularis kötegek.



2/58. ábra. Gliasejtek fénymikroszkópos képe specifikus impregnációs módszerekkel. A: plasmás astrocyták az agykéregben; B: rostos astrocyták fehérállományból; a sejtnyúlványok kiszélesedett végtalpakkal érnek véget az erek felszínén (A és B: Cajal-féle aranyzublimát módszer. Környey I. anyagából); C: oligodendrogliasejt (nagyobb nagyítással); a nyúlványok rácsavarodhatnak a sejt területén átfutó idegrostokra (nyíl), és azok velőshüvellyét képezik (lásd a 2/64. ábrát); D: Hortega-féle mikrogliasejt agykéregből (C és D: Golgi-impregnáció)

A plasmás glia a szürkeállományban az idegsejtek, dendritjeik és az elágazódó axonok és synapsisok, valamint az erek között fennmaradó hézagokat tökéletesen kitölti. Sok helyen úgy tűnik, hogy a glianyúlványok szinte tokot képeznek egyes synapsisok körül. Ez elsősorban a glomerularis synapsisokra igaz.

A capillarisok falával a gliasejtek nyúlványainak van szorosabb topográfai viszonya, míg az idegsejtek szinte sohasem kerülnek közvetlen érintkezésbe az érfalakkal. Valószínűleg helytelen az a régi felfogás, hogy a gliaszövet pusztán hézagkitöltő, támogató működésű, de ugyancsak nem fogadhatók el egyes újabb elképzelések sem arról, hogy a gliasejteknek az ingerületvezetésben közvetlen szerepe volna. Meggyőző adatok vannak viszont arra, hogy a gliaszövet egyes, az idegműködés szempontjából fontos intermedier anyagcseretermékeket

ad át az idegsejteknek. Fokozott működésre készített idegsejtek környezetében levő gliasejtek anyagcseréje jellemző változásokat mutat, amelyek nem azonosak, hanem kiegészítői az idegszövetben bekövetkező változásoknak.

Módosult plasmás gliasejteknek tekinthetők a retina *Müller-féle sejtei* és az agyalapi mirigy hátsólebenyének támasztó sejtei, a *pituitárok*. A pusztuló idegsejtek a glia összes fajtái, az említettek közül különösen a plasmás glia, phagocytálják és megemésztik.

Az astrocyták nyúlványai az ependymasejtekkel és azok nyúlványaival együtt a központi idegrendszert majdnem hézagmentesen körülveszik, és elválasztják mind az agy-gerincvelői folyadéktól (*liquor cerebrospinalis*), mind az erekben keringő vértől (vér-agy gát). A glia- és az ependymasejtek által képzett határoló membránok (*membrana limitans gliae superficialis et perivascularis*) szerkezetére és jelentőségére a központi idegrendszer tárgyalása során még visszatérünk.

Microglia. A microgliasejtek az előbbieknél jóval kisebb magvú és testű sejtek, sokkal szegényesebb nyúlványrendszerrel. Ugyancsak két típusukat különböztetjük meg: az *oligodendroglia-* és *Hortega-féle* vagy *mesogliasejtek*. Az utóbbi két típus közötti különbség sokkal alapvetőbb, mint az astrocyták két fajtája között. Míg ugyanis az oligodendroglia minden más gliaféleséggel együtt a külső csíralemez származéka, addig a Hortega-glia az idegtelepbe benövő erekben keresztül bevándorló monocyták származéka, így mesodermális eredetű.

Az *oligodendroglia* sejtek (2/58C ábra), mint nevük is mutatja, aránylag kevés nyúlványú, apró gömb alakú sejtek. A finom, karsú nyúlványok végül mégiscsak eléggé bőven másodlagos vagy harmadlagos ágakra oszlanak, amelyek mindegyike kis kiszélesedéssel többnyire egy, a közelben levő velőshüvelyű idegroston rögzül. A velőshüvelyekhez való sajátos viszonyáról az idegrostok hüvelyeiről szóló fejezetben szólnunk.

A fehérállományban az oligodendrogliasejtek az idegrostkötegek között szabályos sorokat képeznek (*interfascicularis oligodendrogliasejtek*). Az idegsejtek perikaryonjaihoz simuló oligodendrogliasejtek pedig *satellita oligodendroglia*nak nevezik.

A *Hortega-féle mesoglia* (2/58D ábra) hosszúka magvú, két vagy három főnyúlvánnyal bíró sejt. A nyúlványok finom, tüskés jellegű további ágakra bomlanak. A sejtek gyakran közeli viszonyban állnak a vérerekkel. A nyugvó mesogliasejtek a gliapopuláció 5%-át teszik ki. Plasmájuk elektronmikroszkópban feltűnően részletdús. Kóros viszonyok között ezek a sejtek a leginkább változékonyak, sőt kifejezetten változtatják a helyüket, és élénk phagocytatevékenységre képesek (*reaktív microgliasejtek*).

Széles skálájú biológiai és patológiai reakciókból arra lehet következtetni, hogy a mesogliasejtek azonosak vagy legalábbis közel analógok a mononuclearis phagocytarendszer sejteivel, azaz a rendszernek központi idegszöveti képviselői. E szövettézés jelentőségéről a neuropatológia tárgykörében lesz mód bővebben tájékozódni.

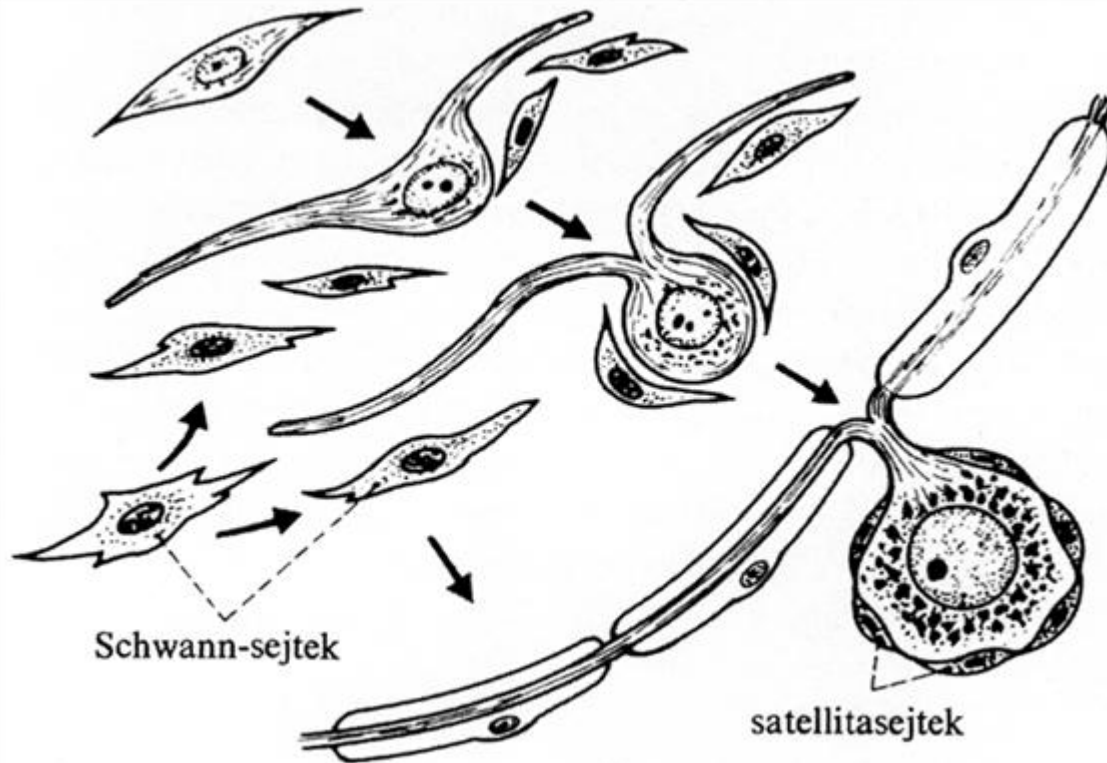
7.2. A dúclécből és a placodlemezből kialakuló neuronok és támasztósejtek szerkezete

A dúclécből és a placodlemezből, egyéb sejtfeleség mellett, neuronok és a neuronokat körülvevő ún. satellita- és Schwann-sejtek differenciálódnak.

7.3. Idegsejtek (neuronok)

A dúclécből kétfajta, *bipolaris* és *multipolaris idegsejt* alakul ki.

A *bipolaris neuronok* a peripheriás idegrendszer érzőneuronjai. A két nyúlvány közül az egyik a beidegzendő szövetrel vagy szervvel létesít kapcsolatot, ez a neuron peripheriás nyúlványa. A másik nyúlvány benő a központi idegrendszerbe (gerincvelőbe vagy az agytörzsbe), és ott végfácskájával multipolaris neuronokhoz kapcsolódik, ez a neuron centralis nyúlványa. Szerkezetére nézve mindkét nyúlvány axon, de a peripheriás nyúlvány végén inger felvételére alkalmas végfácskát találunk.



2/59. ábra. Az elsődleges érzőneuronok nyúlványainak változását ábrázoló sémás rajzsorozat (pseudounipolarizáció). A differenciálatlan neuroblastból (balra fent) bipolaris neuron lesz. A nyúlványok (szövettanilag axonok) perykariomból való indulásának pontjai közelednek egymáshoz, majd a két nyúlvány egyetlen nyúlvánnyá olvad össze, amely két (centralis és peripheriás) ágra válik szét. Az axon körül a Schwann-sejtek alkotják a myelinhüvelyt. A perikaryont a Schwann-sejtekkel rokon satellitasejtek veszik körül. Elsődleges érző neuronok, Schwann-sejtek és satellitasejtek egyaránt a dúclécből fejlődnek

A bipolaris érzőneuronok nagy többsége a fejlődés során egynyúlványúvá válik. Mivel ezek a sejtek nem igazi egynyúlványú sejtek, ezért nevük: *pseudounipolaris* (álegynyúlványú) *neuronok*. A neuronok átalakulását a 2/59. ábra mutatja. A bipolaris neuron két nyúlványának az eredése egyre közelebb kerül egymáshoz, majd a két nyúlvány egy közös szakasszal ered a sejtől. A közös szakasz ezután megnyúlik (2/57C ábra), és T vagy Y alakú eloszlással indul belőle mind a peripheriás, mind a centralis nyúlvány. A VIII. agyideg érzőneuronjainak a kivételével emberben és a gerinces állatok nagy részében az érzőneuronok pseudounipolarissá alakulnak az embryonalis fejlődés korai szakaszában. Az érzőneuronok perikaryonjának szerkezete megegyezik a központi idegrendszeri neuronok perikaryonjának a szerkezetével.

A *multipolaris neuronok* mindenben hasonlítanak a központi idegrendszer multipolaris neuronjaihoz. Motoros funkciót töltenek be, axonjaik simaizomsejtek vagy mirigysejtek körül végződnek.

A peripheriás idegrendszer neuronjai csoportokban találhatóak, egy-egy ilyen neuroncsoportot **dúc**nak vagy *ganglion*nak nevezünk. Az érzőneuronok által alkotott dúcok az érződúcok (2/57B ábra). A motoros multipolaris neuronok a *vegetatív dúcok*ban találhatóak (2/57D ábra). A központi idegrendszert elhagyó motoros neuronok axonjai és a peripheriás idegrendszer érző- és motoros neuronjainak az axonjai kötegekben haladnak. Ezek a kötegek az **idegek** (*nervus*).

7.3.1. Satellitasejtek

Mind az érző-, mind a vegetatív dúcokban a neuronok perikaryonját, és ahol van, a dendritek elágazódását is, egy rétegben ellapult **támasztó** (*satellita*) **sejtek** veszik körül (2/57B ábra), amelyek maguk is a dúcléc, ill. a placodlemeztől differenciálódtak. A satellitasejtek valószínűleg a neuronok anyagcseréjét határozzák meg, ill. izolálják a szorosan egymás mellé préselt perikaryonokat.

7.3.2. Schwann-sejtek

A *Schwann-sejtek* satellitasejtekkel azonos jellegű és eredetű sejtek, de velük ellentétben nem a perikaryonok és a dendritek körül találhatók, hanem a peripheriás idegrendszerben a neuriteket borítják be. Vannak olyan neuritek, amelyeket csak körülvesznek a Schwann-sejtek, és vannak olyanok, amelyek körül a Schwann-sejt többszörös körbeforgással alakítja ki a velőshüvelyt vagy más szóval a myelinhüvelyt.

7.4. Idegrosthüvelyek

Mint már láttuk, mind a központi, mind a peripheriás idegrendszerben a neuritek egy része körül egy másfajta sejt által képezett hüvely alakul ki. A neuritet és az azt körülvevő hüvelyt együttesen idegrostnak nevezzük. A központban az oligodendroglia-sejtek, a peripherián a Schwann-sejtek hozzák létre a **velőshüvelyt** (*myelinhüvely*). Így az idegrostok myelinhüvelyes és myelinhüvely nélküli csoportokra oszthatók, ami – mint rövidesen látni fogjuk – jelentősen meghatározza az idegrostok funkcióját.

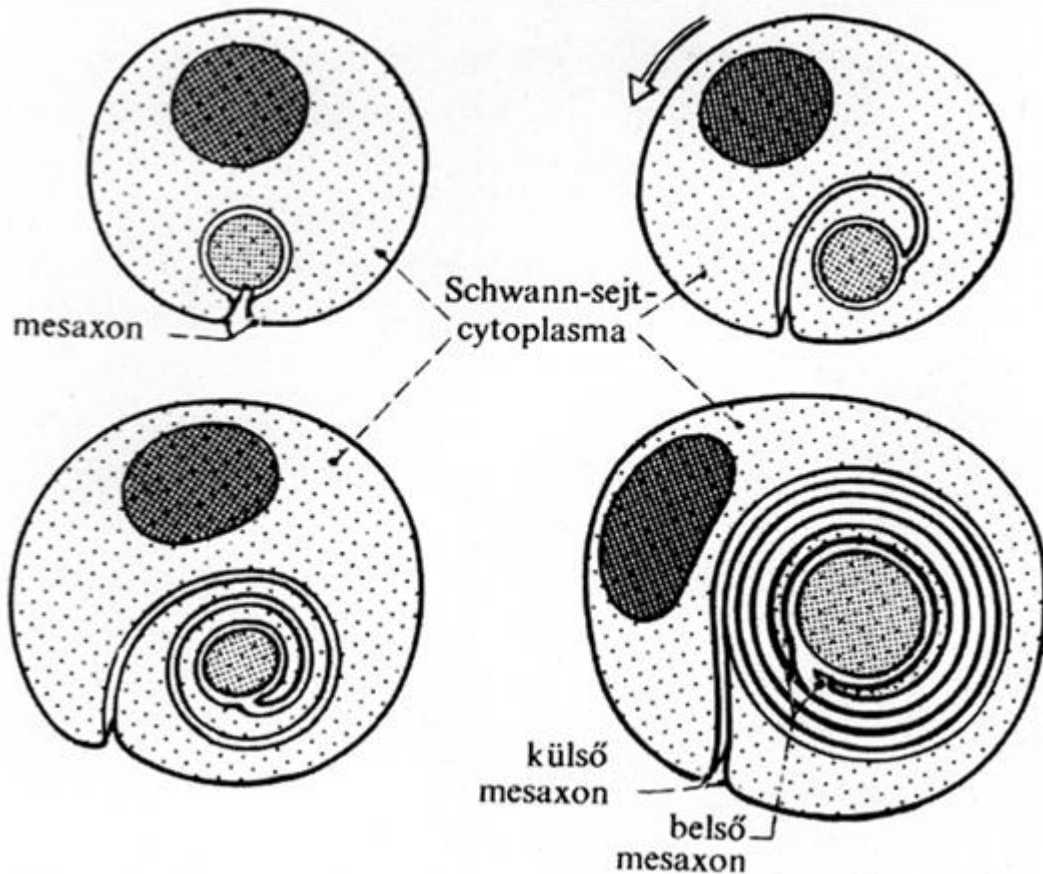
Myelinhüvely nélküli idegrostok a peripherián. A neuritek mentén az elnyújtott Schwann-sejtek láncszemszerűen egymást követve helyezkednek el. A vékony neuritek a Schwann-sejtek sejthártyáját maguk előtt tolvá valósággal beágyazódnak a sejtek plasmájába. Az így kialakult vályú falát adó sejthártyaszakaszok a neurit felett összefeksznek, de nem nőnek össze. A Schwann-sejt sejthártyájának ez a része a *mesaxon*. Mindig több neurit található egy Schwann-sejt plasmájában. Egyesével vagy többmagukkal helyezkednek el egy-egy vályúban (**2/60. ábra**). A neuritköteget egy-egy Schwann-sejt mintegy 250 mm hosszúságban kíséri, majd átadja helyét egy másik Schwann-sejtnak. A Schwann-sejtek nem alkotnak syncytiumot, ahogyan régebben hitték.



2/60. ábra. Schwann-sejt borítású vékony idegrostok (Remak-féle rostok) macskagerincvelő hátsó gyökeréből. A Schwann-sejt magja körül (Nu) 41 vékony idegrost található egyesével, párosával vagy csoportosan (a nyílak a Schwann-sejtet körülvevő lamina basalisra mutatnak)

A vegetatív dúccok multipolaris neuronjainak axonjai (*postganglionaris idegrostok*) és a legvékonyabb érzőneuronok peripheriás és centralis nyúlványai rendelkeznek ilyen Schwann-hüvellyel. A Schwann-hüvellyű rostokat első leírójukról *Remak-féle rostoknak* is nevezik.

Myelinhüvelyes idegrostok a peripherián. A myelinhüvelyes, azaz sejtes és velőshüvelyes rostok az előbbi rosttípus további differenciálódási formái. A peripheriás idegrostok nagy része a fejlődés során nem áll meg a Remak-féle rost szintjén, hanem tovább vastagodik, és a Schwann-sejtek elszaporodása mellett fokozatosan önállósodik, mígnem minden idegrost saját Schwann-sejt-sorában egyedül helyezkedik el. Szövettenyésztetben közvetlenül is megfigyelték, hogy a Schwann-sejtek rotálómozgásba kezdenek a tengelyükben fekvő egyetlen neurit körül. Ennek nyilván az a következménye, hogy a mesaxon állandóan hosszabbodva fokozatosan felcsavarodik az axonra, mint ahogyan egy ruhaszövetet két rétegben – a színével befelé – egy fardra csavarnak fel. Vékony rostok esetében csak néhány rétegben borítja ez a Schwann-sejthártya-kettőzet az axont, vastag rostok esetében 70–80 ilyen koncentrikus réteg is keletkezik (2/61. ábra).



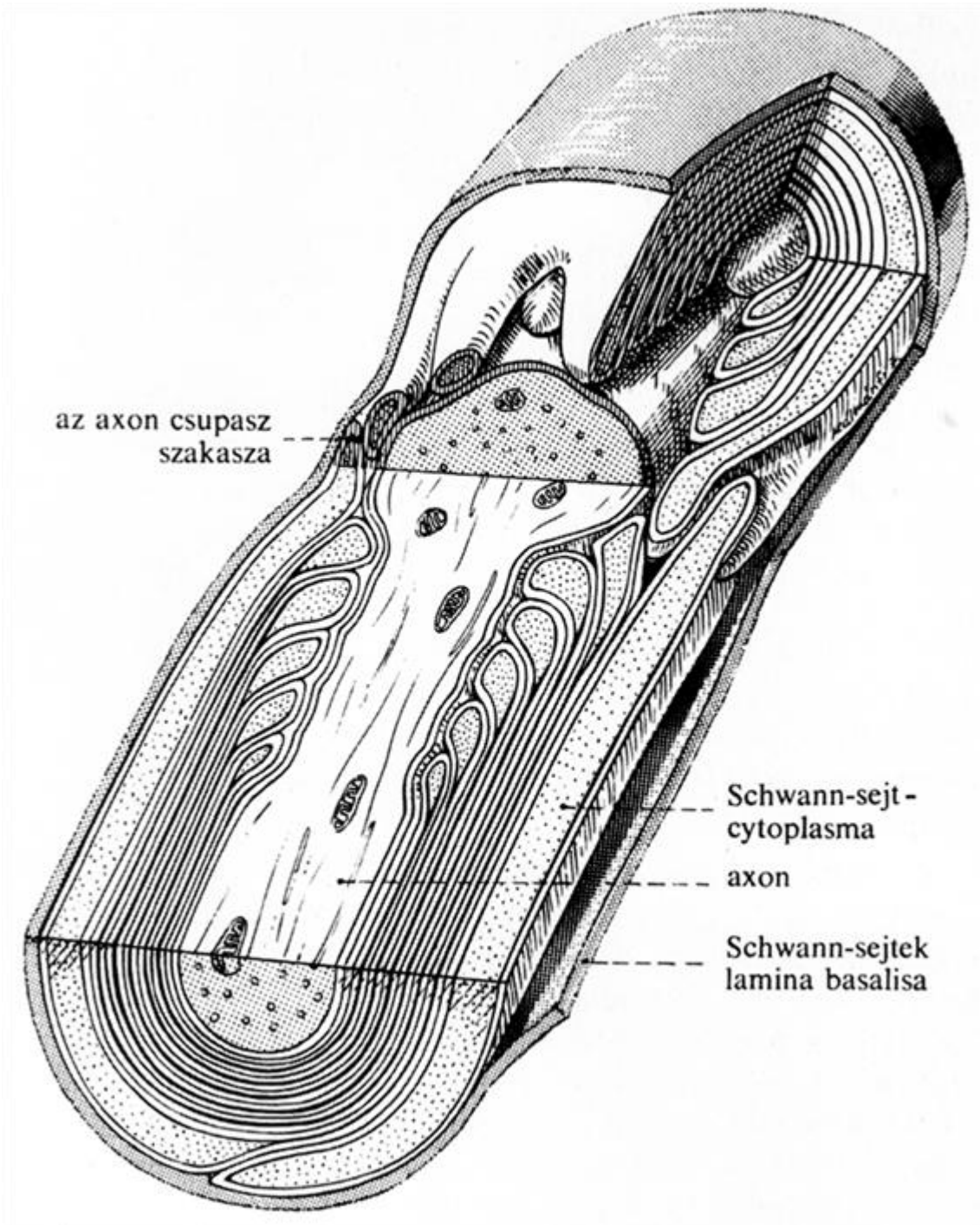
2/61. ábra. A myelinhévely kialakulása (sémásan ábrázolva). A: az axon benyomul egy Schwann-sejtbe úgy, hogy annak sejthártyáját maga előtt tolja. A Schwann-sejt sejthártyájának az axon felett összefekvő kettőzete a mesaxon; B: a Schwann-sejt a vastag nyíl irányában forogni kezd, a mesaxon megnyúlik, és az axon köré kezd feltekeredni; C: a mesaxon többszörösen az axon köré tekeredett, de az egyes menetek között megtaláljuk még a Schwann-sejt plasmájának maradványát (laza myelin); D: a mesaxon egymás köré tekeredett szakaszai közül a Schwann-sejt plasmája eltűnik (kivéve az axont közvetlenül körülvevő területet), és ezzel kialakul a myelinhévely. A mesaxon két végét külső, ill. belső mesaxonnak nevezzük

Az elemi sejthártya lényegében bimolekuláris lipoidréteg, amelynek molekulái a hártára merőlegesen állnak, hidrofób csoportjaikat egymás felé fordítják, hidrofíli végeik pedig kifelé tekintenek. A sejthártya fehérjetermészetű komponensei a legújabb felfogás szerint a bimolekuláris lipoidhártyán elszórtan elhelyezkedő tömböket képeznek, amelyek a lipoidhártyát hol teljesen átjárják, hol annak egyik vagy másik felszínéből emelkednek ki. (A további részleteket lásd biokémia és ökológia.) A velőshüvely mint felcsavart sejthártyakettőzet tehát mindig két-két ilyen réteg megismétlődése. Végeredményben az axon tengelyére sugaras állású bimolekuláris lipoidrétegek és a beljük ágyazott fehérjetömbök periódusos ismétlődése veszi körül az axont.

Az előző szakasz szerint egy-egy Schwann-sejt az axonnak eredetileg mintegy 250 μm hosszú territóriumát veszi körül. Ennek megfelelően a velőshüvely ezen szerkezete a Schwann-sejtek közötti határoknak megfelelően megszűnik, és itt az axonnak egy-egy velőshüvely nélküli szakasza van. Ezek a *Ranvier-féle befűződés*ek. Itt a velőshüvely lezárulását megint a fárúdra felcsavart posztó hasonlatával érthetjük meg: a szövetet nem „szintben”, hanem egymáson túlérő csavarulatokkal csavarjuk fel a rúdra. Ha az egész posztógöngyöleget hosszában bevágjuk, a velőshüvely Ranvier-befűződési vége elektronmikroszkópos képének megfelelő rajzolatát látjuk (2/62. ábra).

A Ranvier-befűződés ezek szerint kezdetben minden velősroston egyforma, 250 μm távolságra vannak egymástól, de a test későbbi növekedésének megfelelően – hiszen további átrendeződés már nem lehetséges – az egy-egy Schwann-sejt által uralt territóriumoknak hosszabbodniuk kell. Így a Ranvier-befűződés távolsága annál nagyobb, minél korábban alakult ki a velőshüvely, ti. minél kisebb volt akkor az embryo vagy fetus és

minél nagyobb arányban nőtt a fetalis kortól kezdve az a testrészt, amelyben az ideg van. Emberben ezért nyilvánvalóan az alsó végtag hosszú idegeiben állnak a legtávolabbi a Ranvier-befűződések (kb. 2–2,5 mm).



2/62. ábra. Ranvier-féle befűződés sémás rajza. Két Schwann-sejt határán a myelinhüvelyt adó lamellák fokozatosan véget érnek. Itt az axon kissé megvastagszik, felszínét a Schwann-sejt külső részéből kialakuló, egymással interdigitáló nyúlványok laza szövevénye fedi be. A Schwann-sejteket körülvevő lamina basalis megszakítás nélkül halad egyik Schwann-sejt felszínéről a következőre

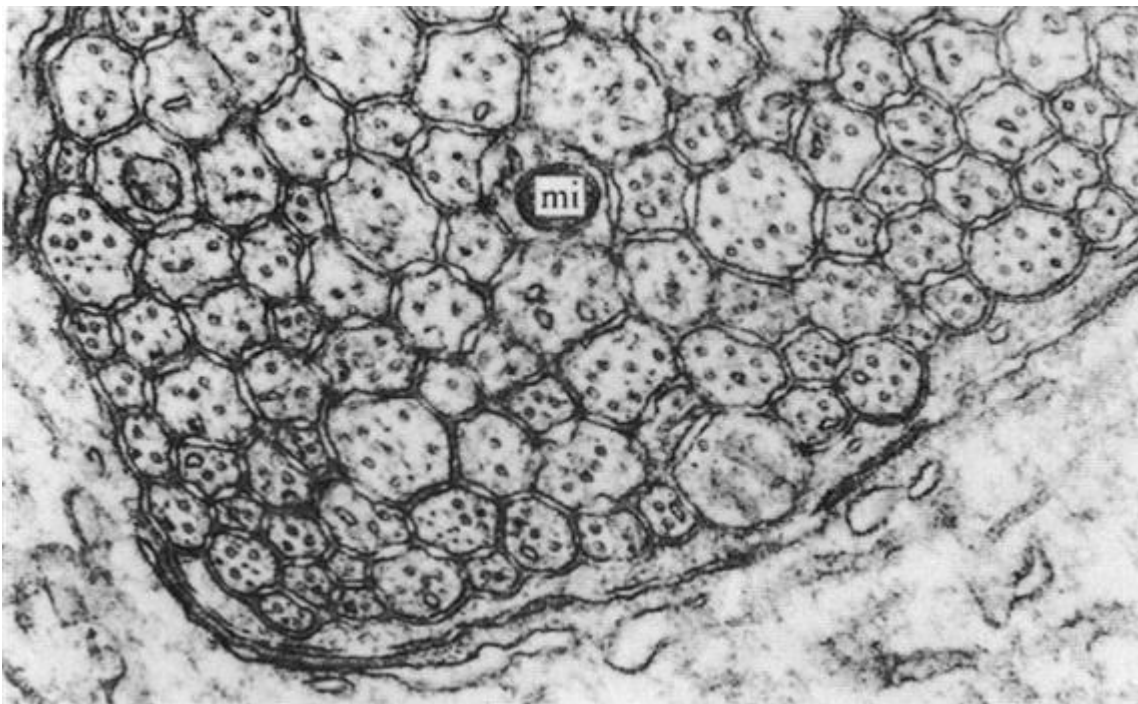
A Schwann-sejtek magja a két Ranvier-befűződés közé eső terület közepén található lapos plasmaváratól körülveve. Az axoncollateralisok a velőshüvelyű rostok esetében mindig egy Ranvier-befűződésnél erednek.

A myelinhüvely körül megtalálható a Schwann-sejt vékony cytoplasmája. Ezt a plasmaszegélyt nevezték azelőtt *neurilemmának*, és innen a Schwann-sejt másik neve: *lemmocyta*. A Ranvier-befűződésnél az axon 1–2 μm hosszú csupasz részét a szomszédos Schwann-sejtek cytoplasmájából kialakuló finom nyúlványok veszik körül.

A nyúlványok közötti résrendszeren keresztül érintkezik az axolemma (a neuritsejthártyája) a környező sejt közötti állománnyal. A Schwann-sejteket basalis lamina borítja, körülvéve a Ranvier-befűződésnél található nyúlványokat is. Az egyik Schwann-sejtet borító lamina basalis a csupasz axolemmán keresztül folytatódik a következő sejtre (2/62. ábra).

A terjedő ingerületi hullám a velőshüvelyű idegrostok mentén a Ranvier-befűződéseknél kialakuló ionvándorlások és az ezekkel kapcsolatos időszakos membránpolarizáció eredménye. Az ingerületi hullám ezért ugrásokban halad az egyik Ranvier-befűződéstől a következőig (*saltatoricus ingerületvezetés*, lásd idegélettan). Feltételezve, hogy mindegyik ugráshoz és minden depolarizációs folyamathoz azonos idő kell, a vezetési sebesség annál nagyobb, minél távolabb vannak egymástól a Ranvier-befűződések. A tapasztalat alátámasztja ezt a teóriát: minél vastagabb egy idegrost, annál távolabb esnek a Ranvier-befűződések, és annál nagyobb az ingerületvezetés sebessége.

Myelinhüvely nélküli idegrostok a központi idegrendszerben. A legvékonyabb neuritek körül (0,1–0,3 μm) a központi idegrendszerben semmiféle hüvely nem található (2/63. ábra). Az ilyen axonok valódi csupasz rostok, azaz közvetlenül érintkeznek a sejt közötti folyadéktérrel. Ugyancsak csupaszok a neuritek eredési és közvetlen végződés előtti szakaszai.

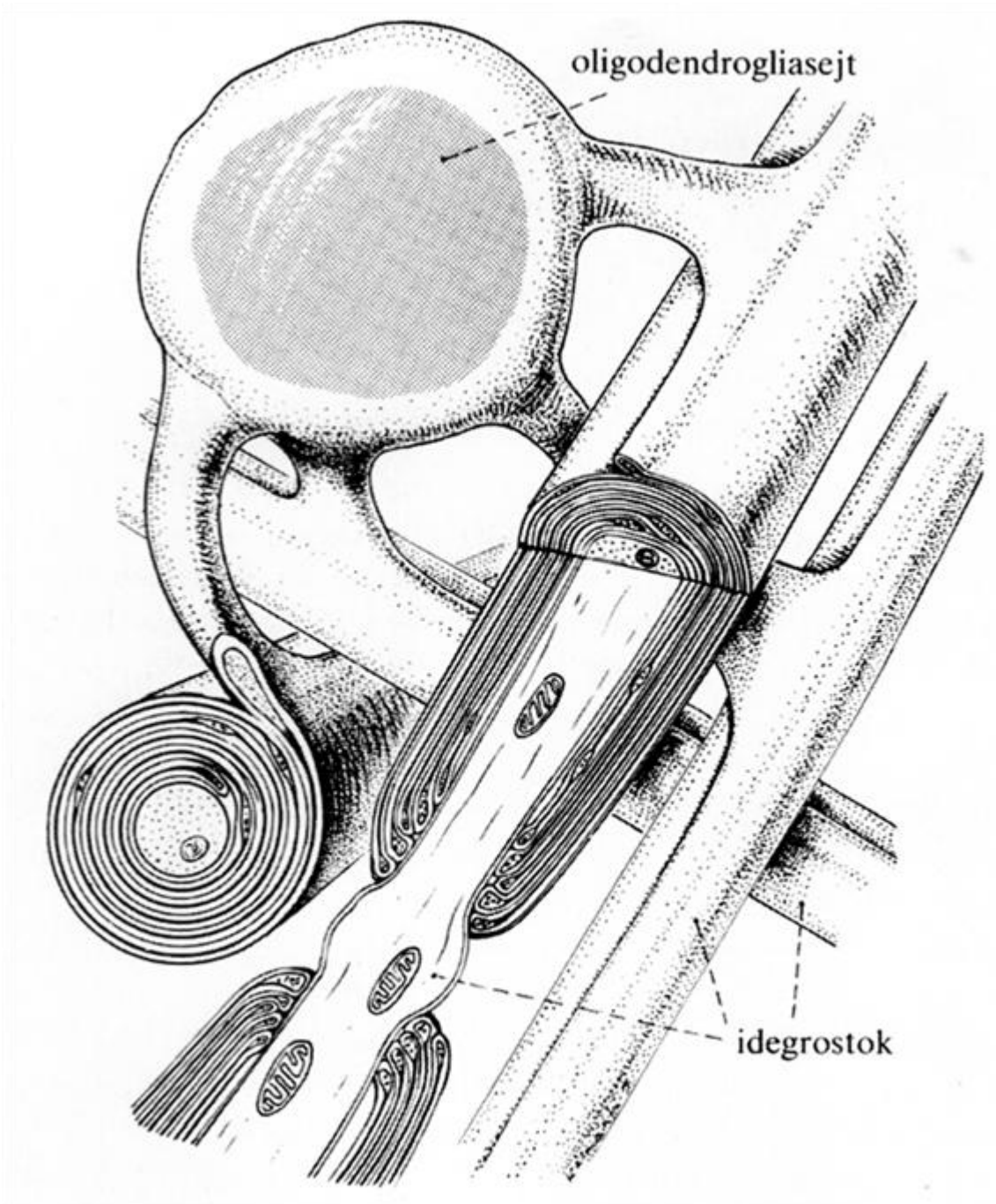


2/63. ábra. Vékony idegrostok macska kisagykéreg stratum molecularéjából (Hámori J. felvétele). A kép nagy részét elfoglaló vékony idegrostok sejthártyája egymáshoz fekszik, a rostok valóban csupasz rostok, bennük mikrotubulusok és mitochondriumok (mi) találhatóak

Myelinhüvelyes idegrostok a központi idegrendszerben. Kizárólag velőshüvelyű rostok alkotják a központi idegrendszer pályáinak nagy többségét.

Az oligodendroglia sejtekről már leírtuk, hogy karcsú nyúlványaik a fénymikroszkópban egy-egy velős idegrost hüvelyéhez látszanak tapadni. Elektronmikroszkópban jól látható, hogy ezek a nyúlványok ugyanúgy felcsavarodnak a neuritekre, mint a Schwann-sejthártya-kettőzetek a peripheriás neuritekre. A különbség kizárólag az, hogy itt a neurit nem magába a sejtestbe, hanem az oligodendroglia sejt egyetlen nyúlványába ágyazódik be. Egy adott oligodendroglia sejt a környékében tetszés szerinti irányban futó számos idegrosthoz küld nyúlványokat (kb. 20-30-at), és mindegyiket egy rövid szakaszon ugyanazon elv szerint borítja be, mint a Schwann-sejtnél láttuk. Egy oligodendroglia sejt tehát több, egymással semmi kapcsolatban nem levő idegrost egy-egy hozzá közel eső részletét látja el velőshüvellyel (2/64. ábra). A központi rostok velőshüvelye keletkezésében tehát szigorú territoriális elv uralkodik; minden oligodendroglia sejt a saját körzetéhez tartozó – ott átfutó – valamennyi idegrost hüvelyét adja. Érthető, hogy a központi idegszövetben legtöbbször különböző irányban futó és egymással összefonódó idegrostrendszerek mellett ez a felépítési elv igen gazdaságos, de –

mint ezt majd az ideggeneraciónál látjuk – a magasabb rendű élőlények igen drága áron vásárolják meg ezt az aránylag kevés hüvelysejtet igénylő és a szerkezet nagyfokú térbeli koncentrációját lehetségessé tevő megoldást.



2/64. ábra. Térbeli séma az oligodendroglia sejt és a területén átfutó különböző irányú idegrostok között. A sejt nyúlványai két sejthártyára ellaposodva csavarodnak fel az axonokra. Szomszédos oligodendroglia sejt-nyúlványok a territóriumuk határterületein összekeveredve (fedésben) csavarodnak fel az axonokra. Helyenként azonban (balra az előtérben) az idegrostnak vannak Ranvier-befűződéshez hasonló csupasz szakaszai

Érthető, hogy egy idegrost hosszában az egymáshoz csatlakozó, különböző oligodendroglia sejt-hez tartozó hüvelyszakaszok nem válnak el egymástól olyan élesen, amint azt a peripherián láttuk. A szakaszok jóval rövidebbek is, és az érintkező területeken sokszor a két szomszédos oligodendroglia sejt-nyúlványok keveredten csavarodnak fel (játékkártyák keverése közben előforduló mozzanathoz hasonlóan). Helyenként azután vannak valóban csupaszon maradó helyek, amelyek a Ranvier-befűzéseknek felelnek meg, elvileg hasonló területi elosztásban, de kevésbé szabályosan, mint a peripheriás idegekben.

A központi idegrostok hüvelyének eme szerkezetéből logikusan következik, hogy a peripheriás Schwann- és velőshüvelyű rostok keletkezésének leírásában adott az elképzelés, miszerint a Schwann-sejthártya-kettőzet a sejtnak az axon körüli forgásával jön létre, csak a peripheriás idegrostra lehet érvényes. Az oligodendrogliaesjt esetében ugyanis semmiképpen nem képzelhető el, hogy a sok hozzá tartozó neurit közül valamelyik körül, még kevésbé, hogy valamennyiük körül csavarodjék. Bár nehezebben, de az még csak elképzelhető volna, hogy az idegrost kezd rotálózni, ez esetben azonban a felcsavarodásoknak egy idegrostnál egyirányúnak kellene lennie, amit nem észlelünk.

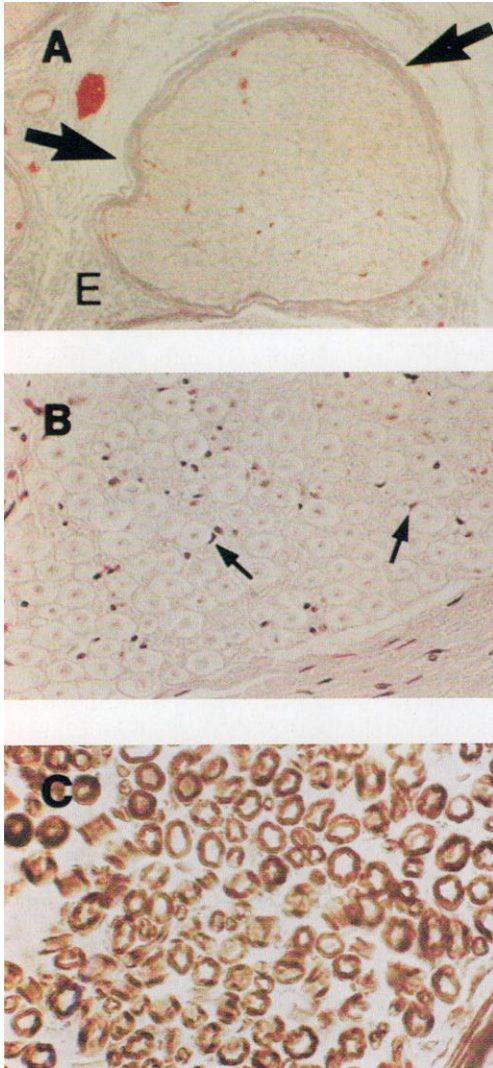
A különböző sejthártyák és membránrendszerek növekedési törvényszerűségeit és ennek lehetséges biokémiai mechanizmusait figyelembe véve sokkal valószínűbb, hogy a sejthártya az anyagába folyamatosan beépülő újabb molekulák révén nem appositionalisan, hanem interstitialisan nő, azaz tágul, tehát minden durva mechanisztikus viszonyváltozás nélkül is keletkezhetnek újabb és újabb koncentrikus kettős rétegek. Ez szükséges is, mert pl. excessiv működési megterhelés, illetve fordítva, inaktivitás során az idegrostok és főleg hüvelyük észrevehetően vastagodnak, ill. vékonyodnak, igaz, hogy inkább csak növekedésben levő állapotban.

A hüvely tehát nem merev, változhatatlan morfológiai adottság, hanem élő és az igényeknek megfelelően változó szerkezet.

7.5. A peripheriás idegszöveti szerkezete

A **peripheriás ideg** (indokolatlan szóhalmaz, de ilyen formában vált ismertté) különböző vastagságú és funkciójú idegrostok nyalábjaiból áll (**2/65A ábra**). Egy-egy nyalábban rendszerint az azonos rendeltetésű idegrostok haladnak, mert az ideg oszlásánál az egyik nyaláb az egyik irányba, a másik nyaláb a másik irányba folytatódik. A nyalábokat összefűző és az egész ideget körülvevő kötőszövetes tokot *epineurium*nak nevezzük. Nagyrészt hosszanti lefutású kollagénrostokból áll, kevés fibrocitával keverten. Az epineurium tartalmazza az ideget ellátó nagyobb ereket, és a környező kötőszövettel összekapcsolódva a helyén tartja az ideget. A bonctermi gyakorlatok során az idegek preparálásakor az epineurium külső rétegeit távolítjuk el.

Az idegrostok nyalábjait egyenként körülvevő, koncentrikus szerkezetű szoros kötőszövetes tok a *perineurium* (lásd laza rostos kötőszövet). Az ideg–ganglion átmenetknél, valamint a peripheriás és a központi idegrendszer határterületén a perineurium folytonos a ganglion tokjával, ill. az agyat–gerincvelőt borító kemény agyhártya lemezével. Az egyes idegrostokat finom kollagén- és rácrostokból álló kötőszövetes hüvely, az *endoneurium* veszi körül.



2/65. ábra. Peripheriás ideg. A: kis nagyítással készült felvételen jól látszik az ideget szorosan körülvevő perineurium (nyilak). A perineurium körüli laza szerkezetű kötőszövet az epineurium (E; Azan-festés); B: különböző vastagságú idegrostok egy peripheriás idegből. A sejtmagok közül azok, amelyekre nyilak mutatnak, nagy valószínűséggel a rostok myelinhüvelyt képező Schwann-sejtek magjai. A többi sejtmag az idegrostok közötti kötőszövetes hálózat (endoneurium) sejtjeihez tartozik; C: ozmiumfestéssel csak a myelinhüvelyt lehet láthatóvá tenni (feketebarna karikák)

A szövetek rögzítésétől és a metszetek festésétől függően az idegrost keresztmetszeti képe különböző. A myelinhüvelyes rostokból paraffinmetszeteken hematoxilin-eozinfestés mellett látszik az eosinophil festődésű, neurit amelyet egy gyűrű alakú üres udvar vesz körül. Ez a gyűrű felel meg a myelinhüvelynek, melynek lipidkomponensei a beágyazás során kioldódtak.

Az endoneurium kötőszövetéhez belülről hozzáfekszik a myelinhüvelyt körülvevő Schwann-sejt-cytoplasma keskeny kör alakú szegélye. Helyenként a cytoplasma-szegélybe befekvő sejtmag, a Schwann-sejt magja is látszik (2/65B ábra).

A velőshüvely szokványos zsírfestőkkel, fagyasztott metszetekben rosszul festődik a lipidmolekulák nagyfokú orientáltsága miatt. Csak másodlagos elfajulásakor, azaz a velőshüvely szétesésekor adnak jellemző zsírfestési reakciót (*Manhi-féle festés*). Ezért a velőshüvelyek fénymikroszkópos feltüntetésére ozmiumsavval (ozmiumtetroxid vizes oldata) való fixálást alkalmaznak, amikor is a velőshüvelyek redukálják az ozmiumtetroxidot, és helyükön ozmiumcsapadék rakódik le. A további szövettani eljárás ugyan kioldja a lipidokat, de helyüket az ozmium barnásfekete színben mutatja (2/65C ábra). Egy másik velőshüvelyfestési eljárás alapelve, hogy nehézfémekkel (vassók, fluorokrómok) pácolják a megfestendő idegszövetet. A beágyazás során a lipidek ugyan ilyenkor is kioldódnak, de a pácoló sók helyben maradnak, és ezek

hematoxilinnal oldhatatlan sötét, de áttűnő, ún. „lakkot” képeznek a velőshüvely helyén (Weigert-féle eljárás és rokon módszerek).

A velőshüvely nélküli idegrostok méreteik, ill. az ozmiumot megkötő myelinhüvely hiánya miatt nem láthatók a metszeteken. Jelenlétükre a velőshüvelyes rostoktól mentes területek előfordulásából tudunk következtetni.

A peripheriás ideg szövettani szerkezetének gyakorlati jelentőségével a neuropatológia foglalkozik.

A peripheriás idegek rostjainak vezetési sebessége eltérő, vannak köztük gyorsan vezető, myelinhüvelyes és lassan vezető, myelinhüvely nélküli rostok. *Erlanger és Gasser* csoportosítása szerint:

A leggyorsabban vezető ($5\text{--}120\text{ ms}^{-1}$) vastag myelinhüvelyes rostok (átmérő: $1\text{--}22\text{ }\mu\text{m}$) az *A-típusú idegrostok*. A csoporton belül további alcsoportok – $A\alpha$, $A\beta$, $A\gamma$, $A\delta$ – különíthetők el, a vezetési sebesség csökkenő rendjében. A lassúbb vezetésű ($3\text{--}15\text{ ms}^{-1}$) vékony myelinhüvelyes rostok (átmérő: $1\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$) alkotják a *B-típusú idegrostokat*. Míg a myelinhüvely nélküli rostok a *C-típusú idegrostok*. Ezen utóbbi rostok lassan vezetnek ($0,5\text{--}2\text{ ms}^{-1}$) és vékonyak (átmérő: $0,3\text{--}1,0\text{ }\mu\text{m}$).

7.6. Az idegrostok kapcsolatai más szövetekkel: receptorok

Az érzőrostok peripheriás nyúlványa a szervezetet érő ingerek érzékelésére alkalmas ingerfelvívő (*receptor*) szerkezetté differenciálódott. Ezek szolgálnak az élőlény külvilágában vagy szervezetén belül lezajló olyan fizikai vagy kémiai jellegű változások jelzésére, melyek a szervezet rendes működése és fennmaradása szempontjából fontosak, és amire ezért a filogenezis több évmilliója során az élőlények bámulatosan sokféle és hihetetlenül érzékeny receptorféleséget fejlesztettek ki. A receptorok két típusát különböztetjük meg: *érzéksejteket* és *idegvégződéseket*.

7.6.1. Érzéksejtek

Érzéksejteken specializált hámsejteket értünk, amelyek – bár nem származnak a tulajdonképpeni idegtelepből – mégis bizonyos tekintetben neuronális irányban differenciálódnak, pl. neurofibrillumokat tartalmaznak, s bizonyos fizikai vagy kémiai hatásokra ingerületet termelnek. Az általános szövetben az érzéksejteket *érzékhamként* a hámok közé sorolja. Az ott található rövid leírást majd az érzékszervekről írt fejezetben egészítjük ki.

7.6.2. Idegvégződéses receptorok

Idegvégződéses receptorról akkor beszélünk, ha közvetlenül az érző dúcsejtek peripheriás nyúlványának a vége az az elem, amelyben a megfelelő ingerre az idegingerület keletkezik. Az idegvégződéses receptorok többsége nem egyszerűen szabad idegvégződés, hanem a végződésben rendszerint egyéb sejtek is megtalálhatók. Sokszor igen bonyolult, majdnem szervszerű berendezés veszi körül a végződést. Ezek a támasztó sejtek már nem idegjellegűek, és nincsen adatunk arra, hogy ingerületi állapot már ezekben keletkeznék, bár valószínűleg nem csupán passzív: tehát pl. az idegvégződést védő szerepük van.

Rendkívül sokféle receptoros idegvégződés fordul elő az emberi szervezetben. Itt csak azokból sorolunk fel néhányat, amelyeket szokványosan nem vagy csak összességükben (pl. tapintás) nevezünk érzékszerveknek.

Izomreceptorok. Kétfajta izomreceptor található a harántcsíkos izmokban: az izomorsó és az ínorsó. Mindkét receptort kötőszövetes tok választja el a környezetétől.

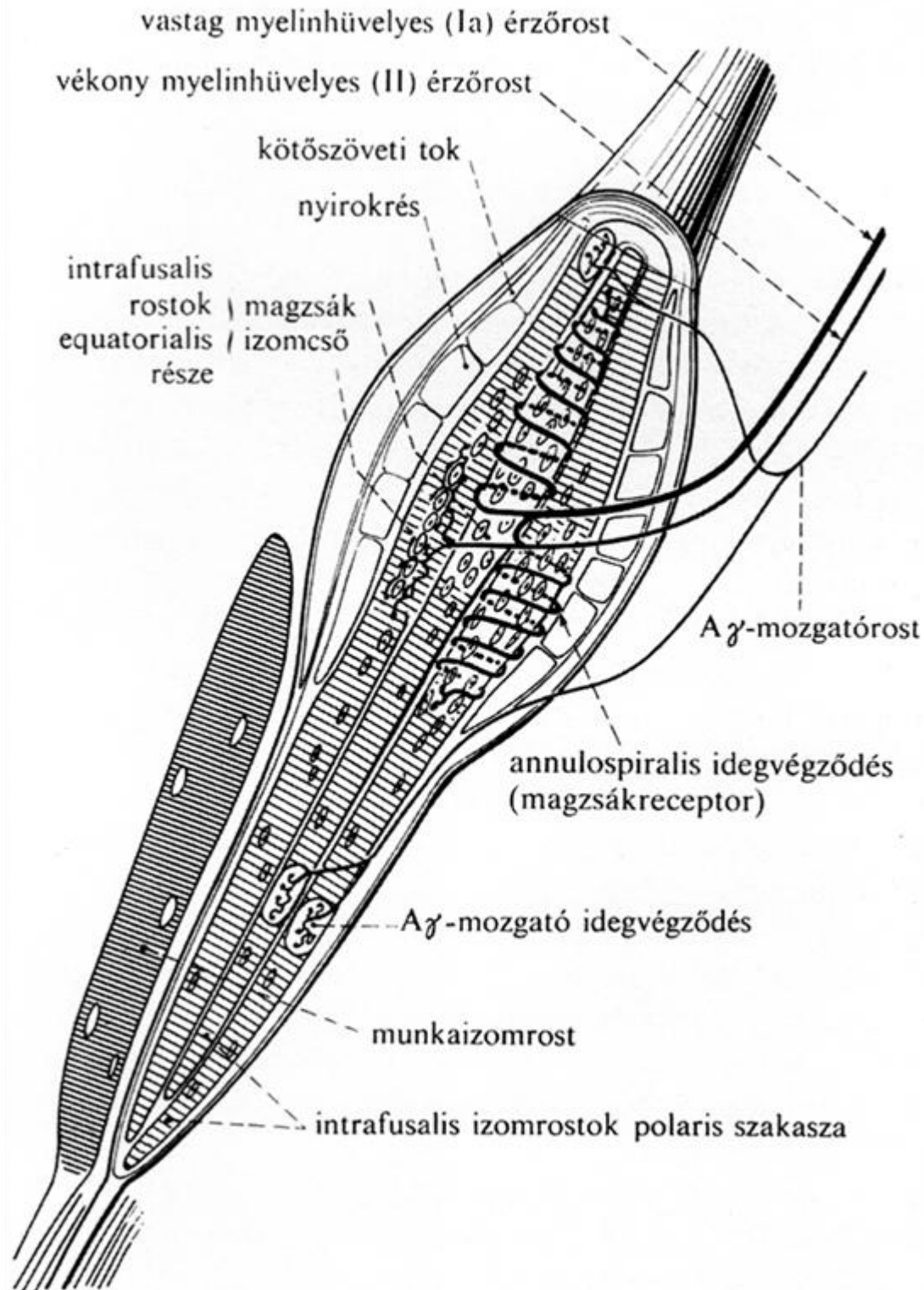
Az *izomorsóban* (**2/66. ábra**) 3–7 – a munkaizomrostoknál vékonyabb – izomrost foglal helyet (*intrafusalis izomrostok*). A rostok rendes harántcsíkolatot csak két végük közelében mutatnak, középső harmadukat sejtmagok töltik ki.

A sejtmagok elhelyezkedése alapján kétféle intrafusalis izomrostot lehet megkülönböztetni. Az egyikben a sejtmagok egy csoportban találhatóak, és kidomborítják az izomrost középső részét (*magzsákreceptor*). A másik fajta izomrostban a sejtmagok a rost tengelyében sorakoznak (*izomcsőreceptor*). A kiszélesedett izomrostok körül tekeredik egy vastag, myelinhüvelyes érzőidegrost végső szakasza, ezért ezt a végződést (receptort)

annulospiralis végződésnek vagy *magzsákreceptornak* nevezzük. Annulospiralis receptorral rendelkező idegrostok, ill. érzőneuronok alkotják az *Ia-típusú izomafferensek* csoportját.¹¹¹

A sejtmagokat sorban tartalmazó izomrosthöz kapcsolódik egy vékonyabb myelinhüvelyes idegrost virágcsokorra emlékeztető végelágazódása. Ezt a receptort nevezzük *izomcsőreceptornak*, az idegrostot pedig *II-típusú izomafferensnek*. Akétfajta receptor az izomfeszülési állapotának két különböző komponensét érzékeli (lásd izomélettan). Az izomorsón belül minden egyes izomrosthöz egy motoros idegrost is halad, amely az izomrostok végei közelében végződik. A motoros rost vékony myelinhüvelyes, A γ típusú, ún. *gamma-rost*.

¹¹¹ Lloyd felosztása szerint a vázizmokat 4 fajta érző rost idegzi be. Az I. típusú rostok vastag, a II. típusú rostok vékonyabb, a III. típusú rostok egészen vékony myelinhüvelyes rostok, míg a IV. típusú rostok myelinhüvely nélküliek. Az I. típus két csoportra oszlik: az Ia rostok az izomorsókban végződnek, az Ib rostok az ínorsóban. A II. típusú rostok is az izomorsó érzőrostjai. A III. és a IV. típusú rostok mechanoreceptív és fájdalomérző funkciójúak.



2/66. ábra. Izomorsó felépítése (sémásan)

Az *inorsó* (vagy más néven *Golgi-féle inorsó*) jellemző módon az izomnak az ínba való átmeneténél helyezkedik el (2/67C ábra). Az inorsó kötőszövetes tokján belül egymás körül csavarodó vastag kollagénrost-kötegeket találunk, amelyek közé bekúszik a vastag myelinhüvelyes érzőrost végelágazódása. Az idegrostok a fenti beosztás szerint az *Ib-típusú izomafferensek* csoportját alkotják. Az izomorsónak és az inorsónak az izom működésével kapcsolatos szerepéről a gerincvelői reflexívek kapcsán még szólnunk.

Bőrreceptorok. Bőrreceptorokhoz soroljuk azokat az érzőideg-végződéseket, amelyek a bőrnek vagy a hámjában, vagy a cutisrétegében fordulnak elő (*felszíni receptorok*), a subcutis receptorai már az ún. mélyreceptorok közé tartoznak.

A bőrben vastag és vékony myelinhüvelyes, valamint myelinhüvely nélküli (Schwann-sejt borítású) érzőrostok végződnek. Az itt felsorolásra kerülő, kötőszövetes tokkal körülvett receptorok a *felszíni receptorok* csoportjába tartoznak. A receptorokban kialakult ingerületet vastag myelinhüvelyes érzőrostok szállítják a gerincevelőbe, ill. az agytörzsbe.

Wagner–Meissner-féle végkészülék (2/67B ábra). A bőr kötőszövetes papilláiban található, a bőr felületére merőleges hossz tengelyű ellipszoid képződmény. A kötőszövetes tokon belül egymásra tett tányérokhoz hasonlóan rendezett lapos sejtek alkotják, amelyek között az alulról belépő idegrost több ágra bomolva tekeredik felfelé. A szőrrel nem fedett területeken fordul elő, tapintásérző receptor (*mechanoreceptor*).

Ruffini-végtest. A hám alatt elhelyezkedő, kötőszövetes tokkal ellátott, henger alakú receptor. Szerkezetében nagyon hasonlít az ínorsóhoz, itt a kollagénrost-nyalábok valamivel vékonyabbak. A bőr feszülésére érzékeny receptor. Régebbi leírások a Ruffini-végtestet melegreceptornak tekintették, ezt azonban újabban nem tudták bizonyítani.

Krause-végtest. Gyenge kötőszöveti tokkal rendelkező receptor, amelyen belül az idegrost szőlőfürtszerűen ágazik el. Korábban hidegérzékeny végtestnek tartották, de ma inkább a bőr és a zsigerek falának a feszülését érzékelő receptornak tekintik. Krause-végtestekhez hasonló végzódések nagy számban találhatók a genitálék ún. erogén zónáin (pl. glans penis), ezek tehát a specifikus genitális stimulusok érzékelésében szerepelhetnek (2/67A ábra).



2/67. ábra. Különböző receptorok ezüstimpregnációs képe (Ábrahám A. készítményei). A: genitális testecske hímvessző bőre alatt; látható a kötőszöveti tokon (nyilak) belül elágazó idegrost; B: Wagner–Meissner-féle tapintótést a bőr kötőszöveti papillájában. Az idegrost itt oszlopba rakott tányérokhoz hasonló, korong alakú (itt nem látható) sejtek közt kanyarog felfelé; C: Golgi-féle inrosó az izomrost ínba való átmeneténél.

Merkel-féle tapintósejtek. A bőr hámrétegében egyes sejtek megnagyobbodnak, bennük granulumok szaporodnak fel. A sejtek valósággal benne ülnek egy vastag myelinhüvelyes idegrost végágainak tányérszerű kiszélesedéseiben. Az érzőidegrosttal való kapcsolatuk miatt a Merkel-sejtek hasonlítanak a secundaer érzékhámsejtekhez. A tapintás- és a nyomásérzésben vesznek részt (*mechanoreceptorok*).

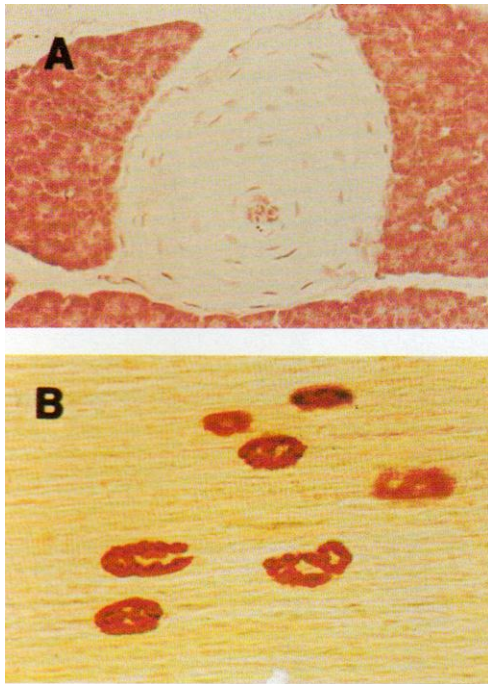
A myelinhüvely nélküli és vékony myelinhüvelyes rostok, amelyek funkciójuk szerint lehetnek tapintás-, hő- és fájdalomérző rostok Minden különösebb receptorstruktúra nélkül ágazódnak el a bőrben (*szabad idegvégződés*).

Mélyreceptorok. A mély mechanoreceptorok legközönségesebb fajtája az ún. *Vater–Pacini-test*. Szinte mindenütt előfordul: a subcutisban, az ízületek és a fascialemezek körül a mesenterium lemezei között, sőt egyes zsigeri szervek (pl. pancreas) kötőszöveti sővényeiben. Adekvát ingerük valószínűleg a szövetek

feszülése – azaz ebből következő összenyomásuk, deformációjuk –, ezért információt nyújtanak a tagok helyzetéről: pl., hogy az ízület melyik oldala és a felette levő bőr hol feszül, hol laza stb. Nem egészen világos, mi a szerepük a mesenteriumban és a zsigerek kötőszövetes sövényeiben.

Tengelyükbe egyik végükön egy vastag velőshüvelyű idegrost lép be. Egy darabig még megtartja hüvelyét, majd a belső tengelyben azt elveszíti, és abban többnyire elágazás nélkül végigfut. Az idegrost velőtlen részét bonyolult, egymásba fésűfogszerűen szorosan illeszkedő sejtnyúlványokból álló belső henger veszi körül, majd ezt kifelé koncentrikusan egymásra rétegezett számos sejtréteg. Átmetszete nagyon hasonlít a hagymáéhoz, és felépítési elve is hasonló, ti. számos egymásba illeszkedő ellipszoid héjból áll (**2/68A ábra**). Minden egyes ilyen héj egy endothelszerű sejtekből összeillesztett rétegből áll. Valószínű, hogy a szorosan összeilleszkedő sejtnyúlványokból álló henger már döntő szerepet visz az ingerként szereplő mechanikai energia átalakításában – feltehetőleg valami enzimatiszus folyamattá –, amely végül is kiváltja az idegrost végrészében az ingerületi hullámot.

Interoreceptorok. Az eddig tárgyalt receptorok mind többé-kevésbé a külvilágból ható fizikai változások jelzésére alkalmasak. Ezért gyűjtőnéven *exteroreceptoroknak* nevezhetjük őket. Az izomreceptorok ugyan némileg külön helyzetet foglalnak el, mert a rájuk ható erők többnyire bonyolult eredője az izom által kifejtett összehúzóerő és a külvilágból ellene ható (pl. emelt súly) visszatartó erőnek. Sok esetben ez nem is a szervezeteken kívül álló erő, hanem magának a tagnak vagy az egész testnek a súlya, ami az izmokra a csontváz közvetítésével feszítőleg hat. Ezeket az idegvégződéseket ezért még külön **önérző receptorok** (*proprioceptorok*) néven foglalják össze.



2/68. ábra. Vater–Pacini-végtest (macskapancreasból) (A) és motoros véglemez (acetilkolinészteráz reakció) (B)

Vannak azonban a szervezetben nagy számmal olyan receptorok is, amelyek a belső szervek állapotáról adnak információt. Adekvát ingerük lehet nyomás (*presso-* vagy *baroreceptorok*), testnedvek (elsősorban a vér) kémiai összetétele (*kemoreceptorok*), ozmotikus tulajdonságai (*ozmoreceptorok*) stb. Oly sokfélék, hogy még részleges felsorolásuk sem lehetséges. Gyűjtőnéven *interoreceptoroknak* nevezzük őket, és csak egy-két általánosabb típusukat említjük meg.

Erek falában, különösen az aortaívben és az arteria carotis interna kezdeti tágulatában elterülő földi kúszónövény módjára elágazódó, rendszerint tok nélküli végelágazódások találhatók. Hasonló végelágazódások gyakoriak a szívpitvarok endocardiuma alatt. Ezek valószínűleg a vérnyomást, illetve a vénák és a szívpitvarok telődését jelző receptorok, tehát *pressoreceptorok*. Más érterületeken, így pl. az a. coronariák és az a. renalis nagyobb ágai környékén gomolyagszerűen felcsavarodott idegvégződések fordulnak elő. Savós hártában az előbbi típusok mellett tökéletlen tokkal bíró, egyszerű vagy kevésbé elágazódott, bunkós idegvégződések gyakoriak. Számtalan érzőidegvégződés-féle fordul elő a nyálkahártyával bélelt szervekben, így az emésztőcsatorna felső és alsó szakaszain, a légutakban, a húgyhólyag falában stb. Ezek nagyrészt specifikus

zsigeri funkciók és védekezőreflexek: nyelés, öklendezés, légzésszabályozás, köhögés, hányás, gyomorteltségérzet, éhség, vizeleti és székelési inger stb. receptoraiként bírnak szereppel.

Vannak specifikus kémiai receptorok is, amelyek az érrendszerben meghatározott helyeken koncentrálnak. Ilyen receptorzóna pl. az arteria carotis communis elágazódása, (*glomus caroticum*) és az arteria carotis interna kezdete.

A *glomus caroticum* részben krómaffin sejtsoport, tehát a mellékvese velőállományához hasonló szövet. Az itt termelt adrenalinszerű anyagok azonban aligha kerülnek be érdemleges mennyiségben az általános keringésbe. Szerepük sokkal inkább az lehet, hogy a sejtsoportok közé szövődő sűrű érzőidegfonat (a n. glossopharyngeus n. intercaroticus nevű ága) kemoreceptorikus és részben talán presso- és thermoreceptoros működéséhez „transzducer”-rendszerként működjenek. Maga a *glomus caroticum* egyben bonyolult arteriovenosus anastomosisrendszer, így bőséges és szabályozható vérátfolyású szerv.

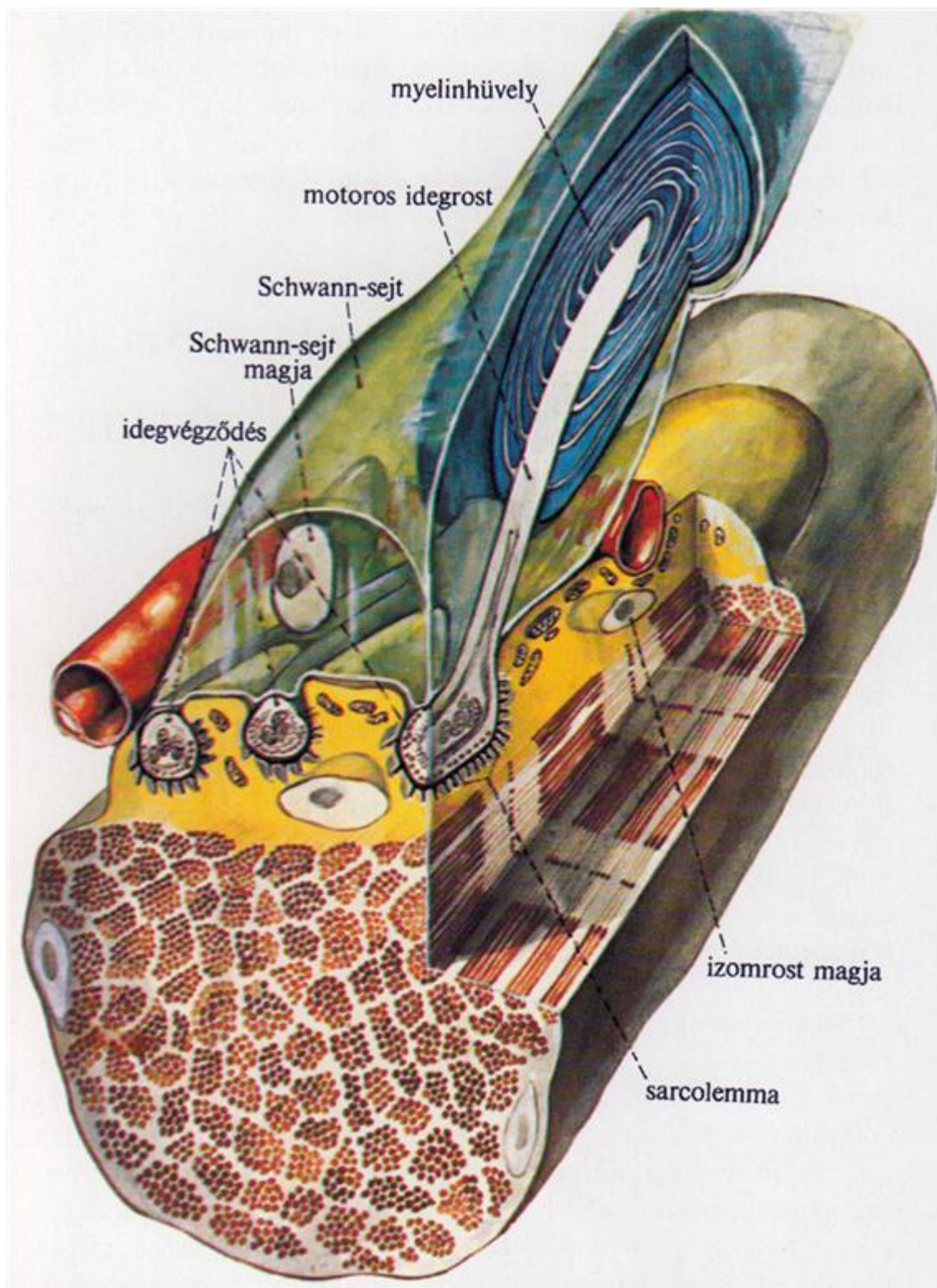
A szív nagyerei körül található ún. *paraganglionok* (ugyancsak krómaffin szervecskék) a *glomus caroticum*hoz mindenben hasonló bonyolult receptorrendszert tartalmazó képződmények. Valószínűleg ugyancsak kemoreceptorok, amelyek a vér összetételének egyik-másik fontos jellemzőjét (pl. CO₂-tartalmát) jelzik az idegrendszernek (lásd élettan).

7.7. Az idegrostok kapcsolatai más szövetekkel: effectorok

Az emberi szervezet minden aktív megnyilvánulása vagy izomműködés, vagy secretiók működés. A központi idegrendszerből indulnak ki azok a vastag myelinhüvelyes idegrostok, amelyek a harántcsíkolt izmok motoros (mozgató) beidegzését végzik.

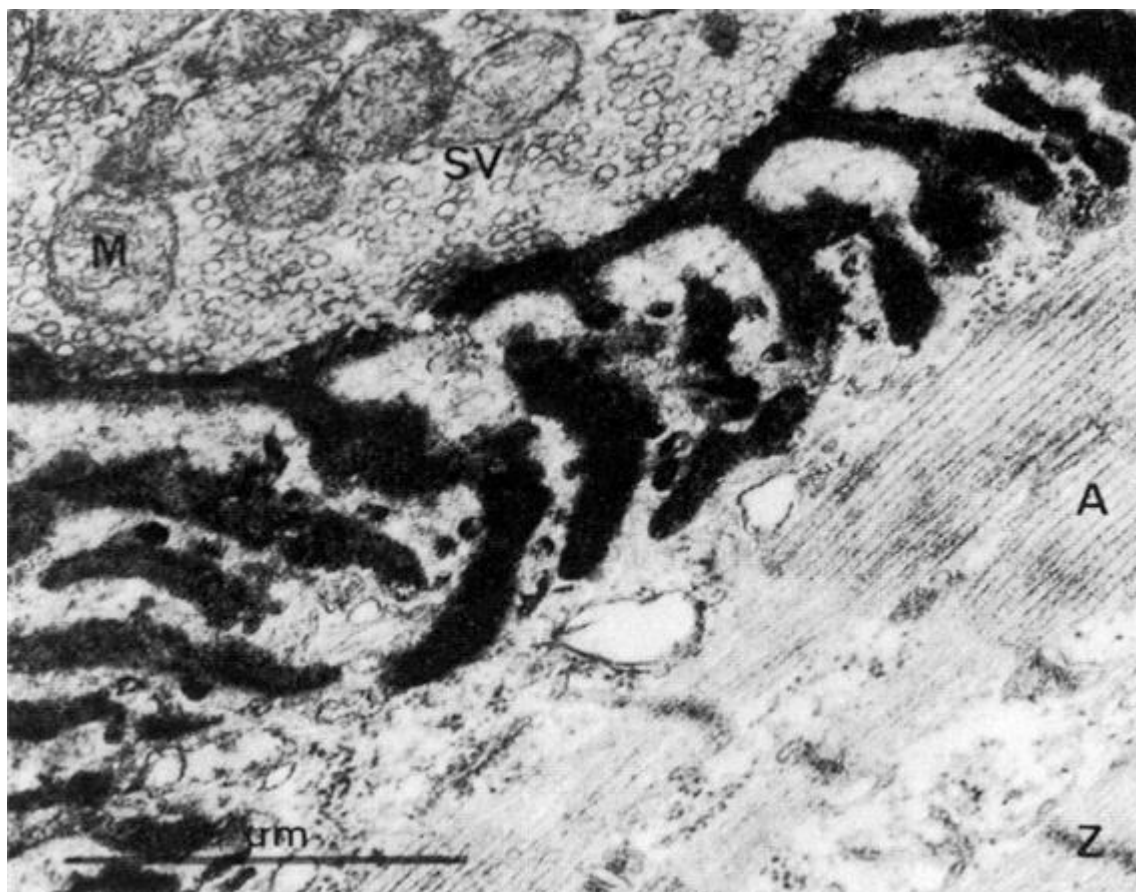
A vegetatív ganglionok multipolaris neuronjainak vékony, myelinhüvely nélküli axonjai simaizmok és mirigyek motoros, ill. secretomotoros beidegzését szolgáltatják. A harántcsíkolt izmokban specializált idegvégkészülékek (*motoros véglemez*) biztosítják az ingerület átjutását az idegrostról az izomrostra. Mirigyekben és simaizmokban, úgyszintén a szívizomban általában nem találkozunk specifikus idegvégkészülékkel. Itt az effector idegrostok sajátos kollektív idegvégződést, ún. vegetatív alapfonatot alkotnak.

Motoros véglemez. Minden izomrosthoz tartozik egy motoros véglemez, amelynek elhelyezkedését az izomrost domboszerű kiemelkedése jelzi (**2/69. ábra**). A kiemelkedést a sarcolemma alatt összegyűlt sarcoplasma és néhány, valószínűleg specializált sejtmag okozza. E sarcoplasmagyülemében nagyszámú mitochondrium is található. A mozgatóidegrost a dombhoz lépve a kéz szétterpesztett ujjaira emlékeztető módon elágazódik, és a végágak a domb felületének mély vályúrendszerébe fekszenek bele. E vályúrendszer természetesen tökéletes negatív öntvénye az idegrost elágazódásának.



2/69. ábra. Harántcsíkos izomrost véglemeze (félíg sémásan)

A vályúrendszer falát az izom részéről a sarcolemma (izomrosthártya) módosult lemeze képezi. Ez nem sima sejthártya, hanem sajátságos, lapos, kesztyűujjszerű nyúlványokat bocsát a sarcoplasmadomb felé. E nyúlványok lényegében sejthártya-betüremkedések, mégis speciális szerkezetűek, elsősorban rendkívül nagy mennyiségben tartalmaznak *acetilkolinészteráz* enzimet. Ezért a motoros véglemez szövettani kimutatásának legkényelmesebb és legbiztosabb módja az acetilkolinészteráz hisztokémiai reakciója (2/68B és 2/70 ábra).



2/70. ábra. Motoros izomvéglemez elektronmikroszkópos felvétele az acetilénészteráz-enzim lokalizációjának feltüntetésére alkalmas hisztokémiai reakcióval (Csillik B. készítménye és felvétele). A képmező jobb alsó részében két myofibrillum hosszmetsege látható (A: anizotrop szakasz, Z: Z-lemez). A bal felső sarokban látható az idegvégződés egy része, benne a synapticus vesiculák (SV) és a mitochondriumok (M). A fekete csapadékos nyúlványok az izom postsynapticus sejthártyájának betüremkedései az izomrost véglemezplasmája felé; az acetilkolinészteráz tehát a postsynapticus sejthártyához kötött

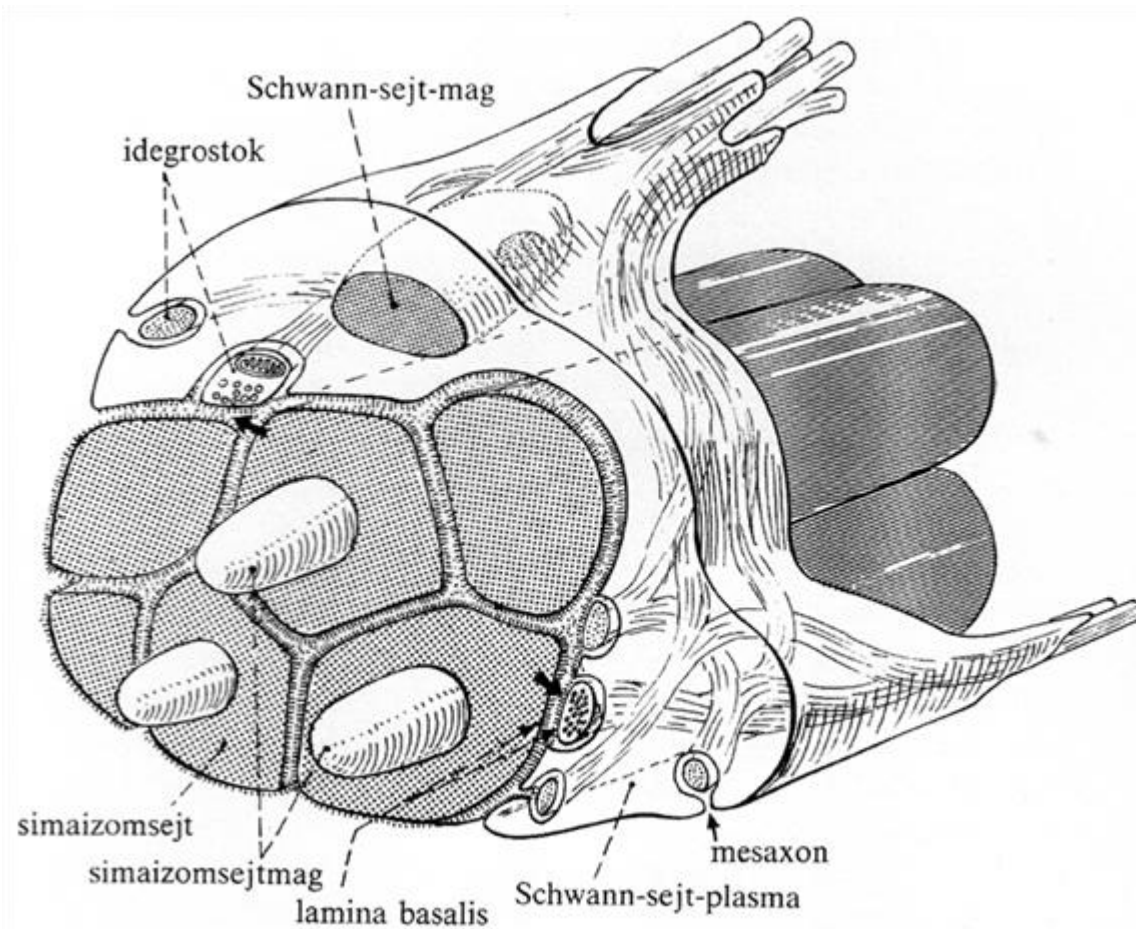
A vályúkkal ellátott módosult sarcolemmalemezt *subneuralis apparatus*nak nevezik. Az egész véglemezt felülről az idegrost hüvelyéhez tartozó Schwann-sejtek zárják be (nevük *teloglia* = végglia). A mozgó idegvégágak elektronmikroszkóppal látható apró (40 nm átmérőjű) hólyagsákkal teltek, amelyekről feltételezik, hogy bennük képződik az *acetilkolin*, amely egy ingerületi hullám beérkeztekor nagyobb mennyiségben szabadul fel a motoros végződésből. (A véglemez működéséről többet lásd az élettan megfelelő fejezetében.)

Vegetatív alapfonat. A vegetatív alapfonat nem más, mint a mirigy-, szívizom- vagy simaizomszövetet keresztül-kasul áthálózó Schwann-sejtekből álló hálózat, amelyben a vegetatív motoros rostok végső elágazódásai vannak beágyazva. A rostok úgy kerülnek a beidegző simaizomsejttel vagy mirigysejttel kapcsolatba, hogy itt-ott felbukkannak a Schwann-sejt felszínére, és közeli szomszédságba kerülnek a beidegzendő elem felületével (2/71. ábra). Rendszerint ilyenkor nem végződnek, hanem megint visszabújva a Schwann-sejtbe, továbbhaladnak. Így egyetlen rost sok ezer mirigy-, simaizom- vagy szívizomsejttel kerülhet kapcsolatba, mielőtt valóban véget érne. Ez igen „gazdaságos” megoldás ahelyett, hogy minden simaizom- vagy mirigysejtnak külön végkészüléke volna.

A szövet működését ellentétesen befolyásoló parasympathicus és sympathicus rostok, sőt velőshüvely nélküli érzőrostok is, ugyanabban a Schwann-sejtben helyezkednek el – persze mindegyik a maga specifikus működését végzi –, ami a vegetatív alapfonatot igen sokoldalú működésű idegvégződéssé teszi. A legtöbb esetben nincs tényleges érintkezés a velőtlen rost és a beidegzett szövetelem közt; feltehetőleg az idegrost által leadott mediator a szövetközi résen keresztül hat a beidegzendő elemre.

Újabbán lehetővé vált a vegetatív idegi mediatorok legfontosabb csoportjának, a *katekolaminok*nak hisztokémiai feltüntetése. A sympathicus végrostok általában noradrenalinval viszik át az ingerületet a beidegzett

szövetelemre (simaizmokra). A noradrenalin (és általában a katekolaminok) élénkzöld (egyres aminok, pl. szerotonin) más színben fluoreszkál. A 6/5. ábrán mutatunk be egy képet ilyen végfonatról. Az élénkebb fluoreszkáló szemcsék a vegetatív idegrostok megvastagodásainak felelnek meg, amelyekben nagyobb számban található a noradrenalint tartalmazó synapticus vesiculák.



2/71. ábra. Simaizmot beidegző vegetatív alapfonat sémás ábrázolása elektronmikroszkópos nagyságrendben. A nyilakkal jelzett helyeken az idegrostok „kibújnak” a Schwann-sejt plasmájából, és csak az izomsejt, ill. a Schwann-sejt lamina basalis választja el az idegrostot a simaizomsejttől. Itt történik az ingerület átadása; ezt jelzi a synapticus vesiculák megjelenése is

7.8. Az idegsejtek kapcsolatai egymással: interneuronális synapsisok

Az idegvégződések többsége sem effector, sem receptor, hanem *intercalaris*: egyik neuron kapcsolata egy másik neuronnal. Az ember idegrendszerének hozzávetőleges becslés szerint 25–30 milliárd neuronja közül a legjobb esetben néhány tízmillió áll receptorral összefüggésben, és ennél valószínűleg kevesebb az effectoros, tehát valamely végrehajtó szövetel összefüggésben álló neuron. Ezzel szemben az összes többi neuronok szélső esetben legalább két másik neuronnal (ti. tisztán egydimenziós láncszerű kapcsolódás esetén) állnak kapcsolatban. Magasabb központokban egyetlen neuron közel százezer hozzávezető kapcsolattal rendelkezik, és egyidejűleg idegnyúlványával is sok ezer más idegsejtet érhet el. Az intercalaris idegvégződések, helyesebben idegkapcsolatok száma az ember idegrendszerében ezért igen óvatos becsléssel is a 10^{13} nagyságrendbe helyezendő.

Az intercalaris idegkapcsolatok különleges jelentőségét ezen túlmenően az is adja, hogy – csak egy irányban lévén átjárhatók – egyben megszabják az ingerületek terjedésének irányát. Még fontosabb az a már említett tény, hogy rajtuk az ingerület nem feltétlenül, hanem csupán határozott feltételek mellett terjedhet át. Ezért az interneuronális érintkezések egyben az ingerület útjának irányítói, mint a vasúti hálózatban a váltók. Egy neuron

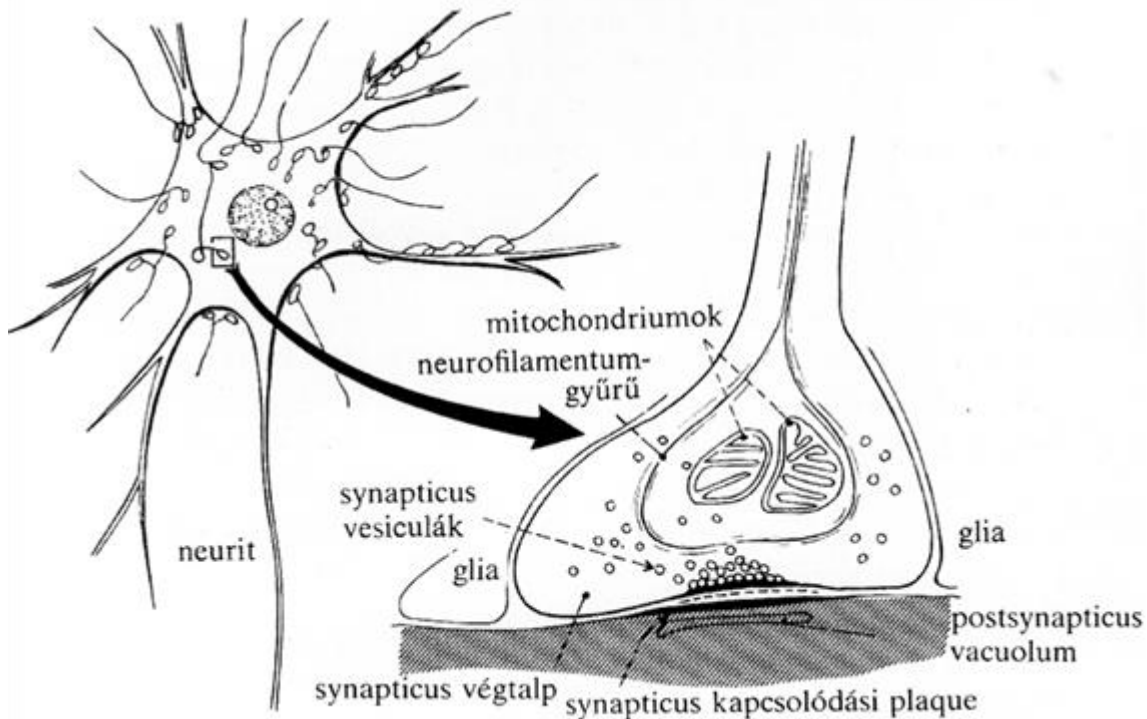
neuritjén végighaladó ingerületi hullám az elágazódásaival érintett nem valamennyi neuronra tevődik át, hanem csak azokra, amelyekkel való intercalaris kapcsolata az adott feltételek mellett éppen átjárható.

Az intercalaris idegvégződés eme nagy fontossága folytán érthető és jogosult, hogy külön fogalommal írjuk körül és egyben jellemezzük őket: *interneuronalis synapsis*.¹²¹²

Az interneuronalis synapsisban van egy *presynapticus* és egy *postsynapticus komponens*. A kettőt a *synapticus rés* választja el. A presynapticus komponens általában egy-egy axonvégződés, bár lehet sejttest és dendrit is. A postsynapticus komponens lehet perikaryon (*axo-somaticus synapsis*), dendrit (*axo-dendriticus synapsis*) vagy egy másik axon (*axo-axonicus synapsis*). Az axodendriticus synapsisokban a postsynapticus elem lehet dendrittörzs vagy dendriticus tüske. Az axo-axonicus synapsisokban a postsynapticus axon lehet az axon eredő része (*axondomb*) vagy az axon bunkószerű végződése.

A synapsisban részt vevő komponensek morfológiája szerinti csoportosítás a legáltalánosabban használt. A következő 5-fajta synapsist különböztetjük meg.

Végtalpas synapsis. A *végtalpas synapsis* legközönségesebb interneuronalis synapsistípus (**2/72. ábra**). A gerincvelőben és az alsó agytörzsben (*formatio reticularis*, agyidegmagvak) szinte kizárólag ez fordul elő.



2/72. ábra. Végtalpas synapsis fény- és elektronmikroszkópos szerkezete sémásan

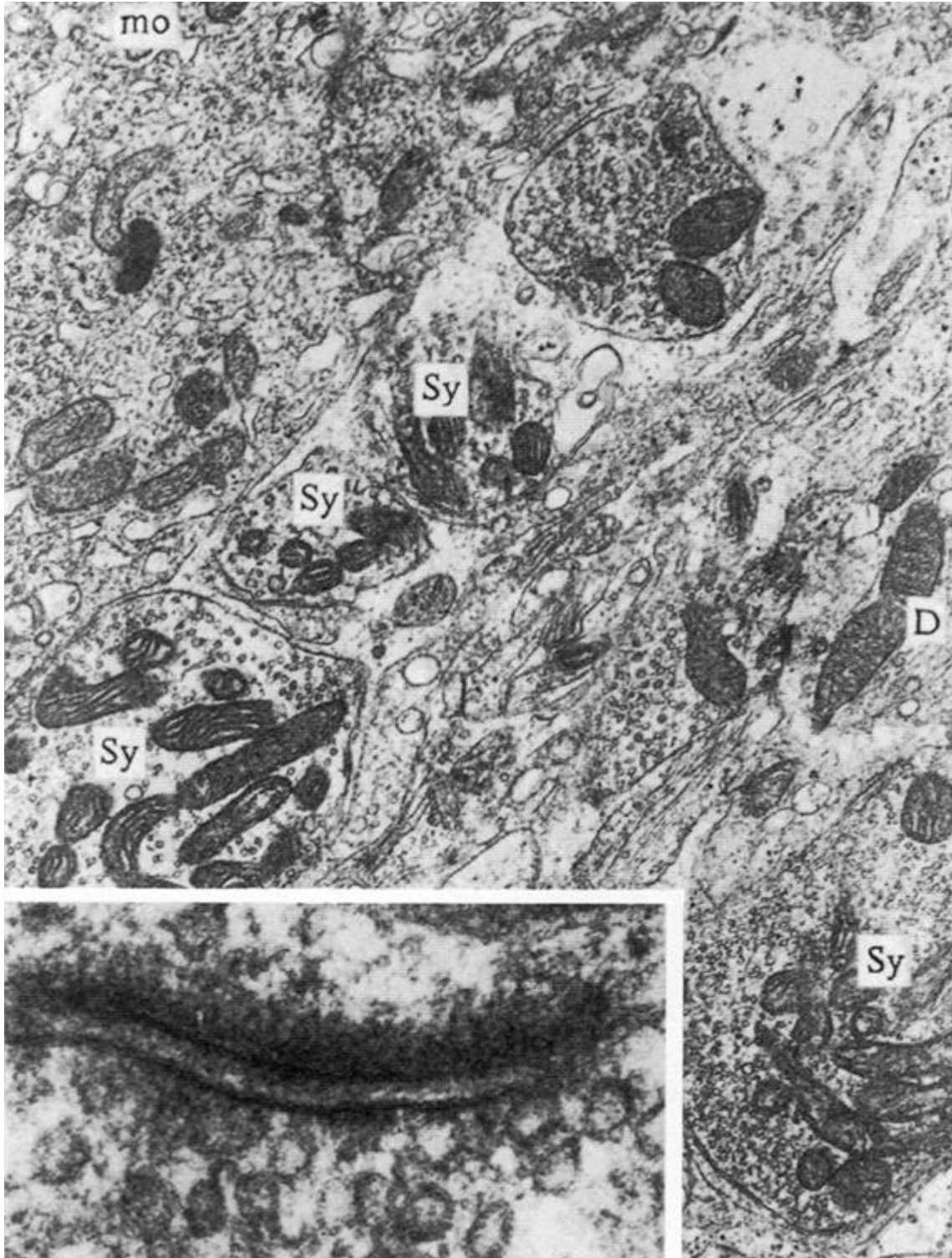
Neurofibrillaris típusú ezüstimpregnációs eljárásokkal (*Cajal*-, *Bielschowsky*-féle redukciós módszerek) látható, hogy szinte az idegsejt egész felülete, mégpedig mind a sejttest, mind a dendritek proximalisabb részei apró, 0,3–3,0 μm átmérőjű karikákkal vagy bunkócskákkal borítottak, amelyek mindegyikéhez egy finom végrost vezet. A karikák vagy bunkók lap szerint hozzáfekszenek a sejttest vagy dendritek felületéhez, innen származik a név: *végtalpacska*, *végbunkó*.

Elektronmikroszkóppal e végtalpak jól láthatók, és kitűnik, hogy a sejt felület legnagyobb részét végtalpak borítják, melyek valójában odavezető neuritvégek megvastagodásai. A legtöbb ilyen végbunkó egy neuronfilamentumból álló gyűrűt tartalmaz – innen az ezüstredukciós képben látható karikák –, amely egy csoport mitochondriumot fog körül.

A végbunkó szorosan hozzáfekszik a sejttest vagy dendrit felszínéhez; a két sejthártyát a közöttük fennmaradó mintegy 15–20 nm tágasságú rés választja el egymástól. A végbunkóban nagy számban található 30–40 nm

¹²¹² A „synapsis” szót Sherrington és Forbes vezette be 1897-ben élettan tankönyvünkben.

átmérőjű, úgynevezett *synapticus hólyagcskák*. Ezek a presynaptic idegvégződések jellemző és állandó alkotórészei; általános felfogás szerint itt termelődik az ingerületátvivő mediator (*acetilkolin* vagy más anyag). Általában nem az egész érintkezési felszínt tartják a működés szempontjából fontosnak, hanem csak azokat a helyeket, ahol a két sejthártya kissé szétér egymástól, és a köztük levő rés 25–30 nm-re kitér. Itt az axonicus (presynaptic) oldalon a synapticus vesiculák összesűrűsödnek, sőt a sejthártyán erős elektronmikroszkópos nagyítással és foszfor-volfrámsavas kontrasztoszással sajátos hatszögletű, hálószerű rajzolat is felismerhető (*presynapticus rács*), mely a synapticus vesiculák lehorgonyzását végzi.



2/73. ábra. Végtagbasynapsisok elektronmikroszkópos képe (Hámori J. anyagából) Balra fent motoros idegsejt (mo) részlete, melynek felszínéhez sorjában 4 synapticus végtagp (sy) illeszkedik. A kép jobb oldalán egy

dendrittel (D) két – egy nagyobb és egy kisebb – synapticus végtalp (sy) kapcsolódik. A bal alsó képetét erős nagyítással mutat egy synapticus kapcsolatot. A két kapcsolódó idegelem – felül egy dendrit felszíne, alul egy synapticus végtalp – sejthártyái kb. 20 nm távolságra megközelítik egymást. A synapticus résben ma még vitatott és csak ennél erősebb feloldásnál kivehető extracelluláris kapcsolódó szerkezeteket látni. A felső postsynapticus hártya alatt jellemző tömöttebb plasmareteg kisebb nagyításnál azt a látszatot kelti, mintha a sejthártya maga vastagodott volna meg. A synapticus végtalpban (alul) láthatók az ingerületet átvivő mediátort tartalmazó synapticus hólyagocskák

A vele szemben levő területen a postsynapticus sejthártya kissé megvastagodik, és a sejthártya alatti plasmában finom fonalak igen tömör filcszerű hálózata látható (2/73. ábra) vagy erősen lelapított vacuolum-, mások granulumsor található (*postsynapticus denzitás*).

Ezeket a speciális szerkezetű érintkezési helyeket synapticus kapcsolódási plaqueoknak szokták nevezni, de nem bizonyos, hogy csak itt adódik át az ingerület.

A végtalpak alakjában, elhelyezkedésében, belső szerkezetük részleteiben, a postsynapticus szerkezetekben számos különbség mutatkozik; ezeket még nem sikerült a synapsisok funkcionális sajátosságaival biztosan korrelációba hozni.

Újabban feltételezik, hogy gátló synapsisokban a synapticus hólyagocskák apróbbak és ellipszoid alakúak (2/73. ábra).

Kehely- vagy ecetszerű synapsisok. A *kehely-* vagy *ecetszerű synapsisok* a kapcsolódás egészen speciális formái, mert míg egy neuronon több száz, sőt ezer, nagyrészt különböző eredetű végtalp helyezkedik el, addig a „kehely” egyetlen vagy – ecset esetében – néhány odavezető idegrost kapcsolata a következő neuron idegsejtjével. Kehely esetében a végződő idegrost virágkehelyszerűen szétnyílik, és magába foglalja az ilyenkor majdnem mindig közel gömb alakú és dendrit nélküli sejttestet. Minthogy a kehely többnyire nem sima szélű, hanem virágkehely módjára, de persze szabálytalanul, csipkézett, ezért a kehely- és ecetszerű synapsisok között minden átmenet előfordul.

Az ecetszerű elágazódások esetében előfordul, hogy nem egy, hanem több, esetleg 10–50 odavezető rost elágazódása képez egy közös „ecsetet”, amelybe a sejttest mintegy beágyazódik. Ez a synapsisféleség ezért axosomaticus. Előfordul a hallópálya központi részében (*nucl. cochlearis dorsalis; nucl. corporis trapezoides*) és a madarak, valamint a hüllők *ganglion ciliaris*-jében. Ezek inkább kehelyszerűek; az ecetszerű synapsis legszebb példája a kisagyi Purkinje-sejtek (kisagykéreg) kosársynapsisai.

Parallel kontaktus. *Parallel kontaktuson* azt értjük, ha az axonvégágak folyondárnövényszerűen fel- vagy lekúsznak a következő neuron dendritjein. Legjellemzőbb példája a kisagykéreg ún. *kúszórostjai*, de újabb felismerések szerint a sympathicus ganglionok synapsisai is ilyenek. Előfordulnak, bár nem így jellemző formában, a gerincvelőben és az agytörzsben is.

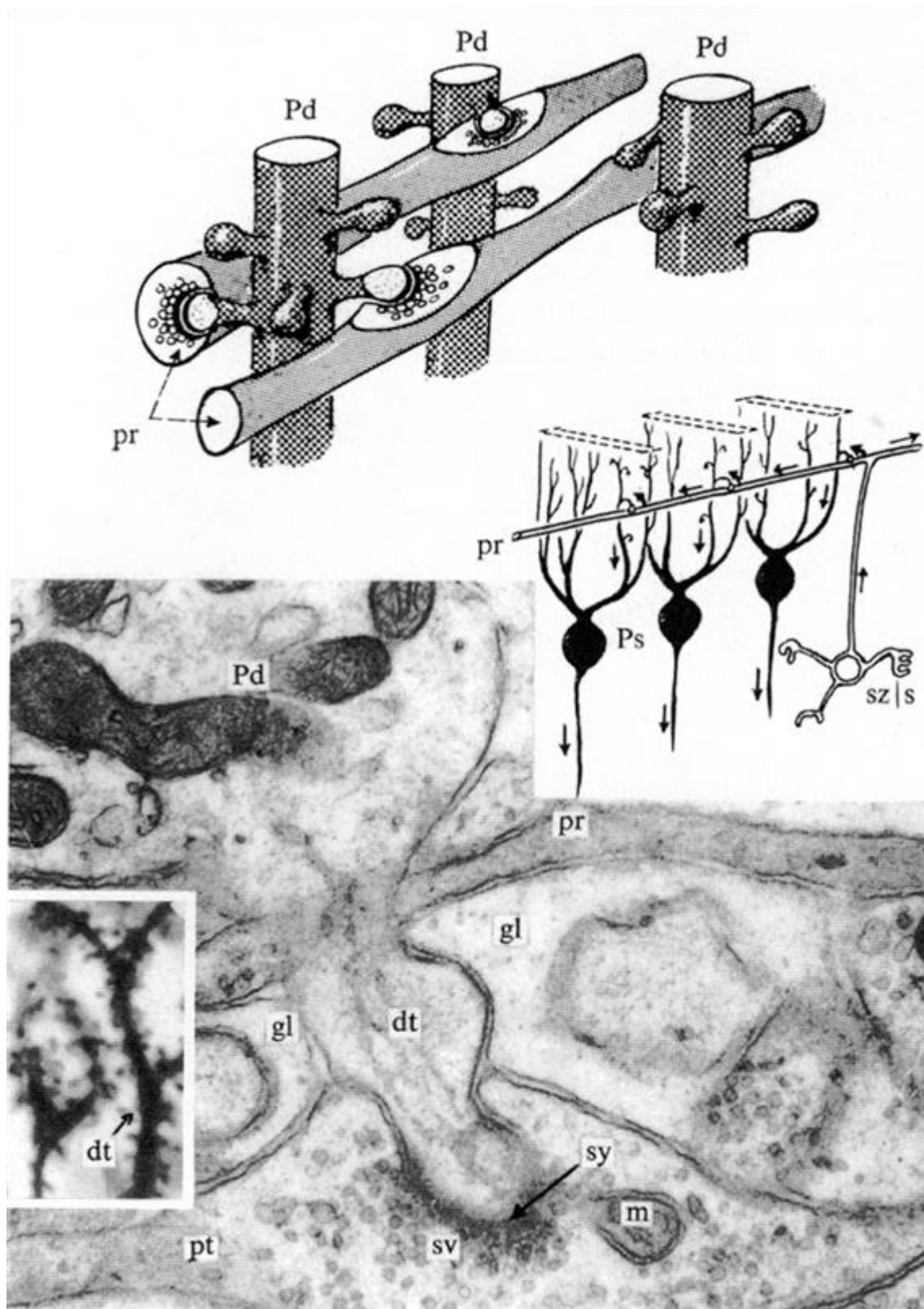
Elektronmikroszkópos észleletek szerint nem annyira igazi parallel kontaktusok, mint inkább ismételt érintkezések két egymással hosszabb darabon együttfutó axonvégág és dendrit között.

Kereszteződési synapsisok. A *kereszteződési synapsisok* a magasabb integratív központokra (agykéreg, kisagykéreg, ikertelepek, hypothalamus, corpus striatum; lásd majd ezek részletes tárgyalásában) jellemzők, és bámulatos példái, hogy a szerkezet milyen „gazdaságossága” mellett biztosítható a kapcsolatok milyen elképzelhetetlen sokasága és – ha kell – sokoldalúsága.

Már a dendritek leírásánál említettük, hogy a dendriteknek sajátos, vékony, bunkószerű megvastagodásban végződő, tövisnek nevezett ágacskái vannak. Elektronmikroszkóppal jól felismerhető, hogy ezek a tövissek benyomulnak a dendrit mellett elfutó neuritágak kisebb horpadásaiba vagy éppenséggel mély, kesztyűujjszerű betüremkedéseibe. Itt is a végtalpnál már leírt szerkezeti részleteket találjuk. A lényeg tehát az, hogy az axonvégág, amely egy dendritet akár 1/2–2 μm távolságban keresztez, mégis kapcsolatot létesíthet vele a dendrittövis révén (2/74. ábra). Nem szükséges tehát, hogy az axon véget is érjen, mert néhány száz mikronnyi lefutásában több száz vagy akár ezer keresztül-kasul mellette elfutó dendrittel kereszteződik, és mindegyik tüskéjével lehet egy synapticus érintkezése. Mint említettük, egy nagyobb agykérgi neuronnak 10^5 tüskéje lévén, a vele kereszteződő ugyanennyi axonággal lehet kapcsolódása. Egy axon elágazódásainak minden egyes végső ága pár száz vagy pár ezer különböző sejt vele kereszteződő dendritjével alkothat kapcsolatot. Ez a synapsisféleség tehát valóban bámulatosan gazdag kapcsolódási lehetőségeket nyújt.

A synapsisok osztályozhatók a kapcsolódó komponensek száma szerint is. Így van *egyszerű és összetett synapsis*. Az eddig felsorolt synapsistípusok mind egyszerű synapsisok voltak, azaz egy pre- és egy postsynapticus elemből álltak. Az összetett synapsisok lehetnek sorozat- és *glomerularis synapsisok*.

Sorozatsynapsis. A *sorozatsynapsis* gyakori formája az *axodendro-denditic synapsis*. Ebben a középén álló dendrit mindpre-, mind postsynapticus tulajdonságokkal rendelkezik.



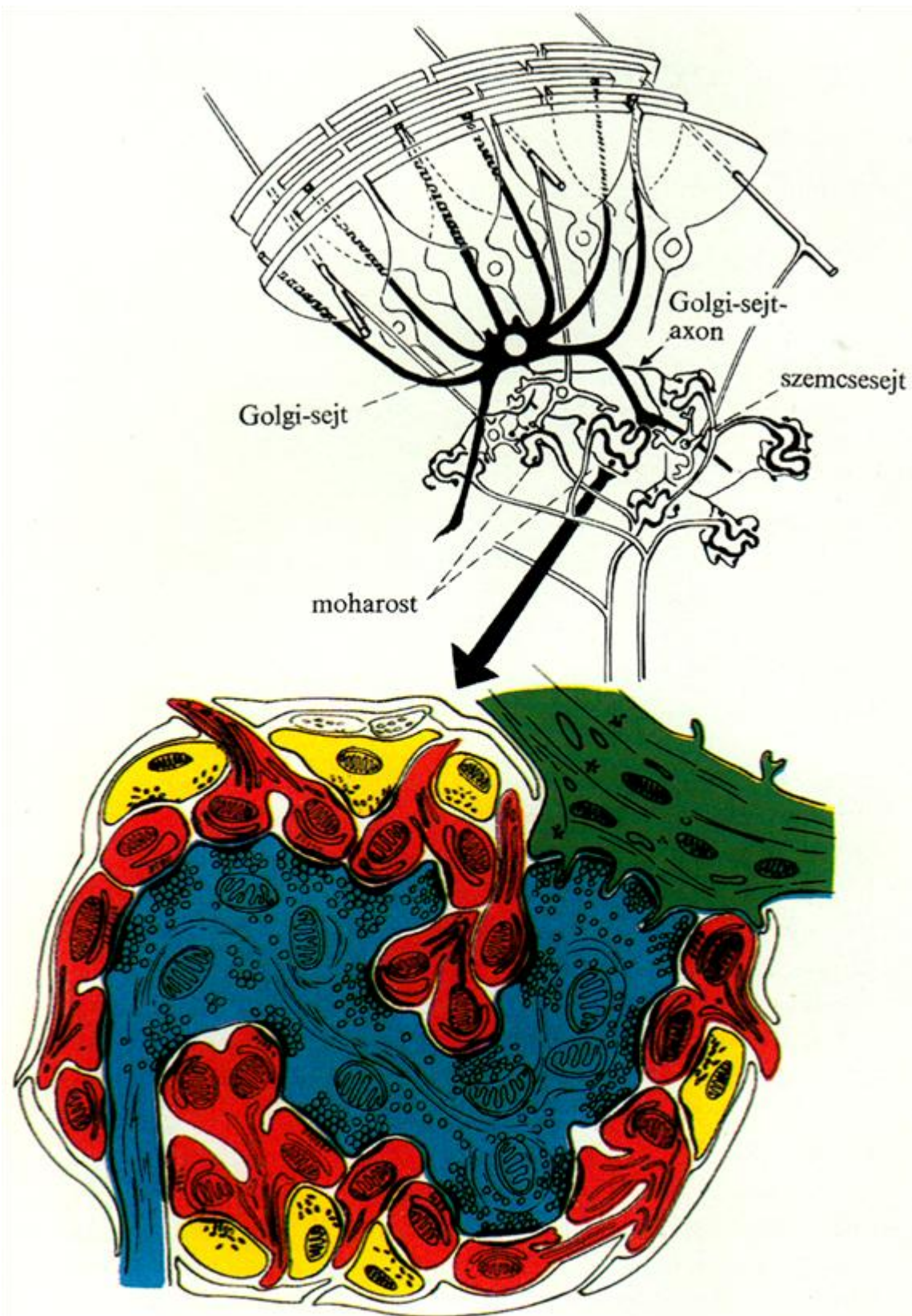
2/74. ábra. A dendrittövisekkel alkotott, ún. „keresztződési synapsis” elve a kisagykéreg példáján (Az elektronmikroszkópos felvétel Hámori J. anyagából). A jobb középső sémás részlet mutatja, hogy a kisagy szemcsesejtjeinek (szs) felszálló axonja T-alakban kettéágazva, paralel rostokat ad (pr), amelyek számos Purkinje-sejt (Ps) dendritfáját keresztezve, ott egy-egy dendrittövissel synapticus kapcsolatot alkotnak. Ezt elektronmikroszkópi nagyságrendben mutatja a felső séma: a Purkinje-dendritek (Pd) bunkós tövisei a dendritet keresztező paralel rost (pr) orsó alakú megvastagodásával képeznek synapsist. Ennek elektronmikroszkópos képét látjuk az ábra nagy fényképén. Pd: Purkinje-dendrit átmetszete; dt: dendrittövis, amely synapticus kapcsolatot (sy) képez egy hosszában metszett paralel rost (pr) orsószerű megvastagodásával (m: mitochondrium; sy: synapticus vesiculák). A synapticus kapcsolat helyét világos, csaknem szerkezet nélkülinek tőnő glianyúlványok (gl) fogják körül. A bal szélén lévő kis fényképben Purkinje-sejt-dendritek erősebb fénymikroszkópos nagyítását mutatja Golgi-módszerrel, amely a dendrittöviseket jól láthatóvá teszi

Glomerularis synapsis. *Glomerularis synapsisokon* (2/75. ábra) axonok és dendritek szűk területen való, fogaskerékműhöz hasonló összekapaszkodásából eredő, összetett synapticus egységeket értünk. Előfordulnak a kisagykéregben, az érzőpályákban, különösen a thalamusban. Nemritkán több odavezető axon, sőt több elvezető dendrit összeilleszkedése alkot nagyon bonyolult egyberótt közös egységet, amelyet gyakran gliatok választ el környezetétől. Ilyen synapsisokban a különböző axonok között igen változatos egymásra hatások jelentkezhetnek, pl. egymást támogathatják vagy gátolhatják.

A synapsisok csoportosítása történhet az ingerületáttevődés mechanizmusa szerint. Így megkülönböztetünk *kémiai* és *elektrotonikus* transzmissióval működő synapsisokat.

A *kémiai transzmissióval működő synapsisban* a presynapticus komponensből valamilyen anyag (mediator) kerül ki a synapticus résbe, és ez a postsynapticus sejtthártya molekuláris szerkezetét az ionok átjárhatósága szempontjából megváltoztatja.

A nagyon szoros kontaktusú (szűk synapticus réssel bíró) synapsisokról feltételezik a közvetlen (mediator nélküli) ingerületátterjedést (*elektrotonikus transzmissióval működő synapsis*). A két sejtthártya elektrofiziológiai nyelven „elektronikusan össze van kapcsolva”. Ma már a magasabb rendű gerincesek központi idegrendszerében is számtalan helyen találtak ilyen szoros kontaktusú (*gap junction*) synapsisokat. Fiziológiailag legjobban tisztázott modellje a madarak ganglion ciliaréjában található kehely alakú synapsis, de emlősökben is számos példa ismert (gerincvelőben, agytörzsi olivában, kisagykéregben). Miután kb. 1950 óta a fiziológusok az ún. „kémiai” mediáció kizárólagossága mellett törtek lándzsát, most fordítva, mind több kutató véli fontosnak az „elektromos” mediációt. A szoros kontaktusú synapsisok szerkezeti különlegessége, hogy itt a két neuront összekötő speciális áteresztőképességű molekuláris nagyságrendbe eső csatornákat vélnek felfedezni. Lehet tehát, hogy a neurontan régi ellenzői (elsősorban *Apáthy István*) mégsem jártak teljesen tévúton, hanem – más szinten ugyan – valami mégis van a neuronok közötti valamiféle anyagi „kontinuitásban”.



2/75. ábra. Glomerularis synapsis a kisagykéregből. Az ábra felső részlete fénymikroszkópi sémában mutatja, hogy a kisagykéreg különböző neuronjai mily módon kapcsolódnak össze egymással az úgynevezett glomerulusokban, amelyek közül egyet pontozással kiemeltünk. A glomerulusban egy ún. moharost végződik, amely több apró szemcsesejt karomszerű dendritjeivel és a kisagykéreg nagy Golgi-sejtjeinek dendritjeivel hoz létre kapcsolatot. A Golgi-sejtek axonja körülfontja a glomerulust, és gátló hatású synapsisokkal kapcsolódik a

szemcsesejtek dendritjeihez. A séma alsó, elektronmikroszkópos nagyítású része az egyes elemeknek egymással való kapcsolódását mutatja. Az ingerület a kisagykéregbe a moharoston keresztül (kék) fut be, és onnan synapticusan átvédődik a szemcsesejtdendritekre (piros) és a Golgi-dendritekre (zöld). A Golgi-sejtek viszont gátló hatású végződéseikkel (sárga) akadályozni tudják az ingerület átjutását a moharostból a szemcsesejtekre, és ezzel korlátozni tudják a kisagykéregbe bejutó ingerületek mennyiségét. Az izgalmi hatású synapsisok vesiculái (itt a moharostban) rendszerint nagyobbak és gömb alakúak, míg a gátlóké (a Golgi-végzésekben) általában apróbbak és tojásidomúak

7.9. A neuronelmélet tételes megfogalmazása (neurondoctrina)

A neuronok több vonatkozásban is az idegszövet egységei.

(a) **Anatómiai egység.** Ezen azt értjük, hogy az egész neuron egymagvú cellularis egység, amelynek egységes, megszakítás nélküli plasmája és a felületét mindenütt megszakítás nélkül körülvevő egységes sejthártyája van. Az idegszövetben az elemek szoros összeilleszkedése és nagyobb sejt közötti tér hiánya folytán elektronmikroszkóppal mindenütt kettős hártáival elválasztott képleteket, ún. profilokat látunk. Igen kivételesen – inkább csak alacsonyabb rendű élőlényekben – két érintkező képlet sejthártyája összeolvadhat, de plasmájukat ilyenkor is teljesen elválasztja az összeolvadt sejthártya.

Nagyobb sejt közötti tér az idegszövetben nincsen, a szomszédos elemek hártái általában 15–20 nm távasságú réssel fekszenek össze, mely az idegszövetek sejt közötti tere.

(b) **Fejlődési egység.** Minden neuron eredetileg hám jellegű, ectodermalis, gömb alakú vagy – a szomszédos sejtekkel való szoros összefekvés folytán – sokszögletű sejtből azáltal alakul ki, hogy eleinte az idegnyúlványát, majd dendritjeit növeszti ki. Az idegnyúlvány még a korai embryonalis fejlődés során felkeresi azokat a neuronokat, ill. más szövetelemeket (pl. izomsejteket), amelyekkel majd kapcsolata lesz, és primitív kapcsolatokat létesít velük. A nyúlványoknak ilyenkor rendszerint még csak néhány milliméteres távolságokat kell áthidalniuk. E primitív synapsisok szinte „lehorgonyozzák” egymáshoz az összetartozó elemeket, és az idegnyúlványok a test további növekedése során mintegy „kinyújtatnak” a felnőtt szervezetben tapasztalt hatalmas hosszúságokra. Ez természetesen csak képletesen értendő, hiszen valójában nem passzív kihúzásról, hanem aktív plasmatómeg-növekedésről van szó.

(c) **Funkciós egység.** Ha egyszer egy neuron bármely részén terjedő jellegű ingerületi hullám alakul ki, akkor ez feltétlenül végigterjed a neuron sejthártyáján. A terjedő ingerületi hullám „minden vagy semmi” jellegű, azaz nincsenek fokozatai. Sebességét, amplitúdóját és lezajlásának módját a neuron anatómiai tulajdonságai – főleg méretei és az idegrost hüvelyének jellege – határozzák meg. Terjedési iránya közömbös, azaz keletkezése helyétől minden lehetséges irányban egyformán terjed. Mégis fiziológiai körülmények között ingerületi hullámok az idegelemeknek csak meghatározott helyein, leggyakrabban a neuritnek a sejtől való eredése helyén – az ún. initialis segmentumban – keletkeznek, és ezért a neuritben rendszerint a sejtestől távolodó irányban haladnak. A sejtest és a dendritek terjedő jellegű ingerületi hullámok tekintetében igen változatos és ma még kevésbé ismert módon viselkednek. Az idegnyúlvány végéhez eljutott ingerületi hullám nem feltétlenül terjed át a synapsison keresztül a következő szövetelemre. A synapticus ingerületátvitel rendszerint szorosan meghatározott feltételektől függ. A synapsis egyben egyenirányító működésű: az ingerület az idegvégződésről a következő neuronra terjed, de fordítva: azaz a következő neuronról visszafelé, az idegvégződésre nem tud áttérni.

(d) **Trophicus egység.** A neuron nyúlványrendszere önmagában nem életképes; a magtartalmú résztől elválasztva melevérűekben néhány nap alatt az idegnyúlvány ún. másodlagos elfajulás útján elpusztul. Ennek oka, hogy – mint minden más sejtfeleségben is – a mag nélkülözhetetlen a sejtplasma hosszabb ideig tartó fennmaradásához. A mag elsődleges szerepe a plasmafehérjék reprodukciójában, az ún. „messenger-RNS” révén ismert; ezek nélkül az idegsejtek plasmájára jellemző hatalmas fehérjeszintézis-apparátus, a kromatikus (Nissl-) szubsztancia (ergastoplasma) nem képes lebonyolítani a neuron nagy tömegű nyúlványrendszere fenntartásához szükséges fehérjeszintézist. A neuron Nissl-féle állománya – azaz ergastoplasma – a mag körüli részben van koncentrálna, de betérjed a dendritekbe is, a neuritből és a végfácskából azonban hiányzik. Ezért felteszik, hogy a mag körüli részben állandóan pótlódó plasmaalkotórészek folyamatos áramlásban vannak az idegnyúlványban a végfácska felé. Ha ez az utánpótlás megszűnik a magtartalmú rész pusztulása vagy a nyúlvány megszakadása folytán, a nyúlvány hamarosan szétesik. A jelenség lényegéről semmit sem mondó „trophicus” egység helyett ezért talán a „fehérjeprodukciós egység” fogalmát kellene használnunk. Mint erre még később utalni fogunk, az idegnyúlványokban az ingerületi hullámok és a centrifugális plasmaáramláson kívül valószínűleg még más irányú és jellegű anyag- és információátvitel is van.

(e) **Patológiai egység.** Kóros körülmények között sokszor észleljük, hogy a központi idegrendszer ugyanazon részének különböző neuronjai közül egyesek megbetegszenek, sőt elpusztulnak, míg mások sértetlennek tűnnek. Vannak fertőző betegségek, autoallergiás kórfarmák, táplálkozási (vitamin-) hiánybetegségek, mérgezések, amelyek egyes neuronfajtákat elektíve (kiemelten) betegítenek meg, jelezve, hogy a neuronok azonos káros hatásra különbözően érzékenyek. Még sokkal jellemzőbb azonban a különböző neuronfajták eltérő voltára, hogy bizonyos öröklődő betegségekben vagy az ivarsejtek érésekor lezajló chromosomal mechanizmusokban keletkezett zavar folytán előállott génkárosodások nyomán a szervezet egyetlen specifikus enzimet nem tud előállítani, és ez egy vagy néhány neuronféleség működési vagy életképtelenségét vonja maga után. A neuronok tehát kémiai felépítés terén, elsősorban specifikus enzimrendszere tekintetében erősen specializált egységek. Szinte minden neuronfajtának megvan a maga kémiai „individualitása”, és ennek lehet a következménye speciális érzékenységük olyan káros behatásokra vagy hiányokra, melyek a szervezet többi szöveteit még nem érintik. A különbség az ideg- és egyéb szövetek között nem minőségi, hanem tisztán fokozati; számos más szövetünk van, elsősorban specializált hámszövetek (mirigyek), amelyek ugyanilyen elektíve érzékenyek specifikus káros behatásokra.

(f) A felsorolt öt egység mellett a neuronnak még egy jellemző tulajdonságát szokták megemlíteni: az ún. **hisztodinamiás polaritását.** Az idegszövet funkciós struktúrájának alapvető elvét először *Ramón y Cajal* ismerte fel. Különböző neuronok láncszemszerű összekapcsolódásának tanulmányozásából és a neuronláncok akkor még csak egészen durván ismert ingerületvezetési irányából zseniális módon arra következtetett, hogy a receptorikus neuronokon kívül (lásd a reflexívénél) a neuronokat sejttestükön vagy dendritjeiken érik más neuronok részéről a stimuláló (vagy gátló) hatások, s ezért az ingerületi hullám rendszerint a sejtmag körüli rész felől a neuritben distal felé halad, majd annak végfácskáján keresztül további neuronok sejttestét vagy dendritjét – ill. valamilyen végrehajtó elemet (pl. izom- vagy mirigysejt) – stimulálja (vagy gátolja).

A (c) pontból kitűnt azonban, hogy ez nem azért van, mintha a neurit csak egyetlen irányban volna képes ingerületet vezetni. Ellenkezőleg, az idegnyúlvány teljesen egyformán vezeti az ingerületet centripetális (*antidrom* = a normális iránnyal ellentétes) és centrifugális (*orthodrom* – a megszokott helyes) irányban. (Az idegélettanban egyes idegpályák „antidrom” ingerlése nélkülözhetetlen kísérleti eszköz.) A synapsis, vagyis a neuronok közötti kapcsolóberendezés az, ami csak egyirányú átvezetést enged meg, tehát polarizált. Így a sejttest és a dendritek ingerületi állapota sohasem terjedhet a rajtuk synapsissal végződő végfácskára, hanem kizárólag a végfácskáról terjedhet a dendritekre és a sejttestekre. Ennek tehát szükségszerű következménye az, amit Cajal hisztodinamiás polaritásnak nevezett el: ti., hogy fiziológiai viszonyok között az ingerület a neuronban a sejttesttől a végfácska felé halad. Újabbban kitűnt, hogy ez a szabály nem olyan általános érvényű, mint hitték. Elsősorban Golgi II. típusú idegsejtek dendritjei, sőt néha még sejttestjei is synapsisokat képezhetnek, amelyekben nem felvevő (postsynapticus), hanem átadó (presynapticus) működésűek és szerkezetűek.

7.9.1. Az idegszövet sejt közti tere

Az idegszövetben, eltekintve az ereket és a capillarissokat körülvevő igen kevés kötőszöveti rostot és sejtet tartalmazó résektől, nincsen igazi sejt közti állomány. Az idegsejtek és nyúlványaik, valamint a gliasejtek és nyúlványaik a szomszédos elemek közt fennmaradó általában 15–20 nm tágasságú résrendszer kivételével majdnem tökéletesen kitöltik az idegszövet terét. Hogy ez a résrendszer az összes szöveti térnek milyen százalékát teszi ki, az természetesen attól függ, hogy milyen méretűek a szorosan összecsomagolt elemek. Általában 7–15%-nak veszik az idegszövet össztérfogatában a sejtes (nyúlvány jellegű) elemek közötti résrendszer részét. Ez bizonyos nehézséget okoz abban a tekintetben, hogy az idegingerület ún. membránelmélete (lásd általános idegélettan) elsősorban nátriumionokkal telt sejt közötti teret tételez fel; ez a sejt közötti vagy nátriumtér.

Sokat vitatták, vajon az idegszövet szűk sejt közti tere megfelel-e az elmélet követelte feladatoknak. Újabbban *St. W. Kuffler* magyar születésű amerikai kutató és munkatársainak alapvető kutatásai az aggályokat lényegében eloszlatták, és ma úgy tűnik, hogy az idegszöveti sejt közti résrendszer elégséges az ingerület membránelméletének megfelelő ionvándorlásokhoz. Felteszik, hogy a sejt közti résekben nem tiszta oldat van, hanem legalábbis helyenként a kötőszövet amorf sejt közti állományához hasonló anyagok is. Ezek az anyagok bizonyos akadályait képezhetik az érpályából kilépő nagyobb molekulájú anyagok szabadabb mozgásának.

7.10. Idegdegeneratio, idegregeneratio

A neuron trophicus egység keretében már megemlékeztünk arról, hogy a neuronnak minden, a magtartalmú résztől elválasztott nyúlványa hamarosan szétesik. A nyúlványok, természetesen elsősorban a neurit, e szétesését

*másodlagos elfajulás*nak nevezzük, megkülönböztetésül a sokkal kevésbé jól definiálható *elsődleges elfajulásoktól*, amelyek közvetlenül támadják meg a neuron különböző részeit. Ilyen elsődleges elfajulásnak nevezhetők az E-avitaminosisban a mozgató és egyes más synapticus idegvégződésben jelentkező elváltozások.

A *másodlagos elfajulás* jellemző hisztológiai tünetekkel járó és határozott időrendben lezajló folyamat. A legtöbb idegrost sejtjétől való elválasztása után még két napig megtartja vezetőképességét, majd rendszerint a harmadik nap során elveszíti. Ennek szövettanilag megfelel, hogy a második nap során a neurit helyenként megvastagodik, más helyen elvékonyodik, argyrophiliája fokozódik, illetve foltossá válik, a harmadik nap kezdetén gyöngyfüzéryszerűvé válik, és az elvékonyodott helyek hamarosan elszakadnak, ennek felel meg vezetőképességének elvesztése, majd a 3-4. napon szabálytalan szemcsékre esik szét idegvégződéseivel együtt. A velőshüvely mind a központi, mind a környéki idegrostokban hamarosan követi az axon szétesését. Bonyolult membránszerkezetei felbomlanak, és ezek lipoidanyagai nagyobb cseppekben gyűlnek össze. Ez a folyamat legintenzívebb az idegrost sérülése utáni második héten, de a lipoidcseppek eltakarítása főleg a központi idegrendszerben hosszan elhúzódik, kb. két évig. A lipoidcseppek eleinte a Schwann-sejtekben, illetve a központi idegrendszerben az oligodendroglia-sejtekben vannak, az eltakarításban magában azonban más falósejtek, a központban a Hortega-gliasejtek, a peripherián macrophagok visznek szerepet. E folyamat ismertetése azonban már inkább a neurohisztopatológia feladata.

Régóta felhasználják az idegrostok degenerációját az idegpályák követésére. A múlt században inkább a velőshüvelyek szétesésének követésére alapozták ezeket a kutatásokat. A széteső velőshüvely-lipoidok ugyanis jellemző hisztológiai reakciókat adnak: pl. krómozás után ozmiumsavval intenzíven feketére festődnek (*Marchi-reakció*), illetve Scharlach-R-zsírfestő festékkel intenzíven pirosra festődnek (Scharlach-reakció). Újabban általánosan inkább arra törekszünk, hogy az elfajulásban levő synapsisokat mutassuk ki ezüstözési, illetve elektronmikroszkópos eljárásokkal.

*Retrográd elfajulás*on azt az elváltozást értjük, hogy a neurit megszakítása nyomán az idegsejt is feltűnő elváltozásokat szenved. Ilyenkor a Nissl-rögök feloldódnak (*kromatolízis*), a perikaryon felpuffad, a mag a sejt egyik, mégpedig mindig a neurit eredésével átellenben eső részébe vándorol, hasonlóképp a magvacska a magnak a neurit eredésétől legtávolabbi részébe kerül. A magnak a neurit eredése felé eső oldala kissé behorpad, és itt a hártya megváltozik. Az egész komplex folyamatot talán úgy hozhatjuk közös nevezőre, hogy ilyenkor fokozott fehérje-utánpótlást tételezünk fel, ami a nyúlvány sikeres vagy gyakrabban abortív regenerációjával függ össze. A fehérje utánpótlásában a magvacska, a mag, a maghártya és a plasmaribosomák kétségtelenül részt vesznek. Ha ez az utánpótlás geometriai értelemben irányított – ami nyúlványos sejten eleve igen valószínű –, akkor valamiféle eddig ismeretlen mechanizmusnak a sérült neurit felé kell irányítania (hasonlóan a tubusból kinyomott pépszerű anyaghoz) az újonnan képzett plasmát, de egyben ennek vissza kell hatnia az anyagot termelő sejtalkotó részekre, és őket ellenkező irányba kell nyomnia. Ez az elképzelés természetesen durván mechanisztikus, de a sejten belüli mozgásjelenségekben uralkodó erőkről még általában is nagyon kezdetleges fogalmaink vannak (lásd pl. mitosis mozgásmechanizmusai). Mégis, eléggé pontosan az látszik bekövetkezni, amit ebből az egyszerű és inkább képletesen értendő mechanizmustól várhatnánk. A kromatolízist az agykutatásban felhasználják egy-egy pálya kísérleti átvágása után az eredő sejtek identifikálásán.

*Transneuronális elfajulás*on vagy inkább atrophian egyes neuronláncokban előforduló ama jelenséget értjük, hogy az egyik neuron pusztulása nyomán a lánc következő szemét képező neuron is változást szenved. Kifejlett szervezetben ez az elváltozás nem feltűnő, de fiatalkorban és még inkább a fetalis életben létrejött neuronpusztulás erősen kihat a lánc további tagjaira is. Néha a következő neuronok valóban elpusztulnak, de többnyire csak visszamaradnak fejlődésükben, ezért a folyamat inkább „atrophia”. Ez az elváltozás sokkal intenzívebb a neuronlanc fiziológiai ingerületvezetése irányában, fordítva (retrográd transneuronális atrophia) az elváltozás minimális.

Regeneratio. Idegsejtek regenerációját, főleg a központi idegszervekben, csak kevés gerinces állatban észlelünk: szinte csak a farkos kétéltűekben (gőtéek, szalamandrák) és egyes halakban. Itt is az új idegsejtek nem más idegsejtekből, hanem főleg ependymasejtekből vagy más differenciálatlan idegtelepsejtekből regenerálódnak. Magasabb rendű gerincesekben csak a korai embryonális korban van idegsejt-regeneratio.

Idegregeneratio azért az idegszövetnek azt a képességét értjük, hogy elpusztult neuritje centralis csontjából újabb neuritot növeszthet ki. Ez a képesség sok neuronban megvan, de ahhoz, hogy valóban eredményes legyen a nyúlvány kinövesztése, még kell valami alkalmas közeg, amelyben a hosszú nyúlvány kinövesése megtörténhessék. A peripheriás idegekben ennek feltételei megvannak, mert az elpusztult peripheriás idegcsont velőshüvelyének Schwann-sejtjei a degeneratio során üres sejtkegtek formájában megmaradnak. Ha a centralis csontból kinövő rostkezdemények elérik a peripheriás csont e Schwann-kegteit, beágyazódnak ezek

plasmájába, persze maguk előtt türemítve sejthártyájukat, majd napi 1–4 mm-es, tehát bámulatos sebességgel végignőnek a kötegekben. Elérve az elfajult, de peripheriás szerkezeteiben hosszú ideig megmaradó végkészülékeket, ezeket reinnerválják és hamarosan újra megindul a funkció. A regeneratio kritikus pontja tehát az idegsérülés helye: nevezetesen, hogy a központi idegcsomók és a peripheriás idegcsomók távolsága minél kisebb legyen, és egymáshoz jól illeszkedjenek, s ne legyen tömeges hegszövet közöttük. A peripheriás idegek sebészetében ennek műtéti biztosítása döntő feladat.

A központi idegrendszerben a degenerált rost helyében nem marad ilyen vezető közeg, mert az oligodendroglia sejtek a rost elfajulása után visszahúzzák a megfelelő nyúlványukat. Tömeges rostelfajulás után az elpusztult pálya helyén marad ugyan gliaszövet, de ez nem áll párhuzamos sejtkötegekből, amelyek a regeneráló centralis rostkezdeményeket céljukhoz vezethetnék; ellenkezőleg, inkább akadályozzák a regenerációt.

Itt látjuk tehát, hogy a gerinces-idegrendszer felépítésének az a csodálatosan egyszerű és gazdaságos megoldása, hogy oligodendroglia sejtek számos nyúlvánnyal valahány területükön átfutó neurit hüvelyét alkotják, most károsan érvényesül, mert ez a megoldás nem teremti meg a regeneratio feltételeit. Elméletileg elképzelhető volna olyan idegrendszert konstruálni, amely a Schwann-sejtek módjára minden központi idegrost számára külön sejtes hüvelyt és ezzel regenerációs lehetőséget nyújtana. Ez azonban a legóvatosabb becslés szerint is többszörösére növelné az idegrendszer méreteit, pedig az ember idegrendszerének méretei erősen megközelítik a teoretikus maximumot (ti. azt az agysúlyt, amely mellett a fej a testhez képest még épp arányos, születéskor még épp átjutott a szülőcsatornán, az élet szokványos mechanikai megterhelései – ütődések, rázkódtatások – még éppen nem okoznak zavart az agy szöveteiben).

Újabbban kitűnt, hogy a központi idegrendszer neuronjai között is vannak – még Schwann-sejt-pályák hiányában is – jelentős regenerációra képes fajták. Ezek a monoaminerg neuronok, amelyek – úgy tűnik – „ide-oda képesek kúszni” a kifejlett szövet labirintusában, és új synapsisokat képesek felépíteni (másokat feladni) a szükséglet szerint. Nem tudni, hogy mi képesíti ezeket a neuronokat erre a szokatlan „plaszticitás”-ra. Lehet, hogy a nyálmirigyekben termelt hormonszerű anyag (kígyóméregben van belőle igen sok), az *idegnövekedési faktor* (NGF = nerve growth factor), amely a legtöbb központi neuronfőleségre nem, de az elsődleges érző- (dúc-) neuronokra és főleg a sympathicus idegsejtekre (ezek is monoaminerg) hat, a központi monoaminerg neuronokra hatva biztosítja ezt a regenerációs képességet.

4. fejezet - 3. fejezet. Az emberről általában

1. 3.1. AZ EMBER HELYE A TERMÉSZETBEN

Az ember (*Homo sapiens*) az állatvilág gerinces (Vertebrata) altörzséhez, az emlősök (Mammalia) osztályához, a főemlősök (Primates) rendjéhez és ezen belül az emberfélék (Hominida) családjához tartozik. E család egyetlen ma élő faja a homo sapiens.

A főemlősök más családjaihoz való szembeötlő hasonlatosságai ellenére az ember az egész állatvilággal szemben különleges helyzetet foglal el. Ennek döntő oka az ember idegrendszerének kiemelkedő fejlettsége, amit már egymaga a közel egyforma vagy éppenséggel nagyobb testtömegű emberszabású majmokéval szemben mintegy háromszoros agyvelősúlya (1250–1400: 400–500 g) is világosan jelez.

Specifikusan emberi anatómiai sajátosság a valódi egyenes testtartás. Számos, ugyancsak két lábon járó, részben alacsonyabb rendű gerinces (pl. a madarak) alsó végtagjai az emberi guggoló testhelyzetnek megfelelő, tehát behajlított helyzetben vannak. Az emberszabású majmok alsó végtagjai részben nem teljesen kiegyenesítettek, részben egyenes testtartás mellett is hosszú felső végtagjaikra támaszkodnak, tehát nem szabadon két lábon járók. Az ember egyenes testtartása következtében felső végtagja a főemlősök fogókapaszkodó kezéből a fogóműszer típusú kéz irányában alakulhatott át. Ezzel szemben ugyanezen rendben általános fogó-kapaszkodó alsó végtagkéz valódi járó lábbá módosult.

Az ember egyenes testtartásának nyilvánvaló biológiai előnyei – pl. a felső végtagnak a helyzetváltoztatás alól való felszabadulása – mellett komoly hátrányai is vannak. Ilyen pl. a zsigerek a négy lábon járó emlős egymás mögött felfüggesztett szerveivel szemben előnytelenebb egymás felett való elhelyezkedése, ami a hasfal alsó részének és a medencefenéknek erős megterhelésével jár, s az alsó hasúri zsigerek és az alsó végtagoknak a vénás keringés szempontjából hátrányosabb helyzetét vonja maga után. Hozzájárul ehhez a gerinc erős hosszirányú és az alsó végtag súlyos statikai igénybevétele. E biológiai „hátrányok” következményei az ember rendkívül sokrétű statikai vagy részben statikai okokra visszavezethető megbetegedéseiben jelentkeznek, ezért az egyenes testtartásból adódó speciális anatómiai viszonyokra és szerkezeti alkalmazkodásokra különleges figyelmet kell fordítanunk.

Másik speciális vonás az embernek a rágókészülék (fogazat, rágóizomzat) aránylagos visszamaradása, ami az arckoponya egészének nagyfokú redukciójával is együtt jár.

Tovább is lehetne sorolnunk az ember speciális vonásait, ezek nagy része azonban már nem elsődlegesen anatómiai, hanem egyúttal pszichológiai jellegű is – ilyenek pl. a szagló érzékszerv és központi készülékeinek nagyfokú, nem csupán relatíve, de abszolút értelemben is mutatkozó redukciója. Hasonló, bár nem oly szembeötlő, a hallószerv redukciója, viszont a látószerv más emlősökhöz viszonyítottan kiemelkedő fejlettsége. Ez utóbbi vonatkozásokban azonban a majom nagymértékben osztozik az emberrel ugyanazon fejlődési tendenciában.

Biológiai tekintetben még külön jellemző az emberre más hasonló testalkatú állatokhoz viszonyított lassú növekedése a teljes kifejllettségig (emberszabású majom: 6–7 év; ember: 18–20 év), és ennek megfelelően aránylag hosszú élet (emberszabású majmok: 25–30; ember: 80–90 év).

Sajátságos, hogy körülbelül azonos terhességi idő mellett az emberi újszülött több mint kétszeres nagyságú az emberszabású majommal szemben. A majom magzata testarányaiban lényegesen közelebb áll a felnőttkori viszonyokhoz, mint az emberé. A csimpánz törzse a születésétől a felnőttkorig közel kétszeresére, végtagjai alig több mint másfélszeresére, az ember törzse több mint két és félszeresére, felső végtagja 3,3-szeresére, alsó végtagja pedig közel négyszeresére növekszik hosszirányban. Ebből arra lehet következtetni, hogy az ember a hozzá legközelebb álló élőlényhez viszonyítottan „fiziológiai koraszülésben” jön a világra. Ugyanerre utal az emberi újszülött nagyfokú tehetetlensége a majom újszülötttel szemben, amely azonnal meg képes kapaszkodni anyjának szőrzetében, az anya minden segítsége nélkül.

Mindezek a biológiai sajátosságok szükségszerű következményei az emberi agy hatalmas fejlettségének, amely már magzati korban a test aránytalanul nagy részének elfoglalását, és a méhen belüli fejlődés viszonylagosan korai megszakítását szükségszerűen vonja maga után.

Teljesen érthető, hogy ezek és más hasonló megfontolások lényeges elemei minden olyan elméletnek, amely az embernek még a hozzá származásilag közelálló emberszabású majmokkal szembeni specifikus biológiai különbözőségeinek oki magyarázatát óhajtják adni. Ilyen pl. a Bolk-féle „fetalizációs” elmélet (fetus: magzat), amely szerint a származástani rokon állatfajokkal szemben az ember fejlődése retardálódik, és a méhen kívüli életben is hosszú ideig vagy véglegesen is megőrzi számos magzati vonást. A valóságban ez persze csupán más szavakba való öltöztetése annak, amit látunk, tehát a belső, az ok-okozati összefüggésekről nem mond semmit. Bármilyen érdekesek és fontosak is biológiai szempontból ezek a kérdések, az anatómia más irányú gyakorlati célkitűzéseinek megfelelően ezeket át kell hogy engedje az embertan (antropológia) speciális tudományának.

2. 3.2. AZ EMBERI ÉLET GÖRBÉJE

Minden más élőlényhez hasonlóan az ember élete is a conceptio pillanatától kezdődő emelkedő, majd egy ideig tartó tetőzés után lefelé hajló és az egyed halálával lezáruló görbével ábrázolható. E görbe különböző, többé-kevésbé élesen elválasztható, szakaszai a következők:

A **méhen belüli fejlődés szakasza** a conceptiótól a születésig tart. Emberben a terhességi idő átlagban 280 nap. A fejlődés első hónapjaiban az emberi magzatot embryónak, később pedig, amikor a külső testalak lényegében kialakult, fetusnak nevezzük.

A **csecsemőkor** a születéstől az első fogzás kezdetére (7. hónap), illetve a felállásra való igyekezetnek az eredményes kísérletezés stádiumába való eljutásáig (10–12. hónap) számítható.

Gyermekkor. Az első évtől a nemi érés kezdetéig (fiúk: 12–14 éves kor; lányok: 13–15 éves kor) tartó szakasz, amelyet különböző szempontok szerint további szakaszokra lehet bontani. Feltűnőbb anatómiai változásként a tejfogazatnak a maradandó fogazattal való felcserélődésének kezdetét (5. év) véve alapul, első és második gyermekkort lehet különválasztani. Más, a gyermek szellemi fejlődése és nevelése szempontjából fontos, beosztásokra nem térhetünk ki.

Serdülőkor (*pubertas*). Voltaképpen a gyermekkor utolsó szakasza, 2–3 év, amelynek során a nemi érés feltűnőbb változásai lezajlanak. Kezdeté nagyon különböző időpontra esik, leánygyermekekben általában 1–2 évvel korábban (fiúk: 12–16 éves kor; lányok: 13–17 éves kor.) Végével a test növekedése még koránt sincs befejezve.

Ifjúkor (*juvenilitas*). A nemi érettség elértétől a növekedés befejeztéig (férfi: 20. év; nő: 24. év) számítható.

Az élet görbájének tetőzése (az élet dele: *maturitas*) az öregedés külső jeleinek halmozottabb jelentkezéséig (40. év).

Az **öregedés kezdete** (*senectus ingrediens*) csak a nőnemben határozható el világosabban az öregedés későbbi fázisaitól a nemi ciklus megszűnésével (az 50. év körül: 45–55. év). A valóságban az öregedés első fontosabb jelei különböző szervekben és szövetekben már sokkal korábban, szinte azonnal a növekedés megszűnte körül, jelentkeznek.

Előregkor vagy a **haladó öregedés kora** (*presenium*). Egyénenként az alkati típus szerint igen változó korszak, amelyben az öregedés határozott külső jelei ellenére (öszülés, a bőr jellegének megváltozása, főleg az időjárás hatásainak kitett helyeken) a szervek nagyobb mérvű öregkori visszafejlődése (involúció) még nem jelentkezik.

Más formában jelentkezik a nőnemben, amikor a szervezetet nagymértékben igénybe vevő ciklikus funkciók megszűnte után elért újabb egyensúly nagyon gyakran mind szellemi, mind testi vonatkozásban inkább bizonyos fellendülést (**matrónakor**) lehet észlelni.

Aggkor (*senium*). Általában a 70–75 éves koron túl, amikor a szervezet involúciós jelenségei előtérbe jutnak. Természetszerűen az életkor mutatja a legnagyobb egyéni változatosságot az involúciós jelenségeknek mind az időpontja, mind a fokozata tekintetében. E jelenségek nem kizárólag negatívan értékelendők, mert elsősorban a zsírpárna, a testtömeg, de számos más szerv természetes csökkenése elengedhetetlen feltétele a hosszú életnek, mert néhány csökkenő életfunkció – elsősorban a vérkeringés – nem képes hosszú ideig az élet deléhez tartozó nagyobb testtömeget ellátni.

Hogy az involúciós folyamatban melyik inkább az ok és melyik az okozat, az még nincsen teljesen tisztázva. Az elaggás biológiai és orvosi problémáival foglalkozó tudomány a gerontológia.¹

2.1. 3.3. NEMI KÜLÖNBSÉGEK

Az állatvilágban, főleg a magasabb rendű törzsekben, általános elv szerint az emberben is, a nemek az egyedek két csoportjára különváltan jelentkeznek. A nemet meghatározó tényezőkkel és hatásmódjukkal a nemzőkészülék finomabb szerkezetének és fejlődési folyamatainak tárgyalása során foglalkozunk.

Elméletben a két nemhez tartozó egyedek száma emberben egyforma kellene, hogy legyen, a tényleges arány azonban ettől jelentős mértékben eltér. A valóságban lényegesen több hímnemű egyed kerül nemzésre, ami a nem mesterségesen bevezetett vetélések (abortus) során elpusztult magzatok között a fiúmagzatok lényegesen nagyobb számában mutatkozik. Születéskor az arány még mindig kissé a hímnem javára tolódott (leány: 100; fiú: 106). Az arány további alakulása igen bonyolult, és sok, részben nem tisztán biológiai tényezőtől függő folyamat. Ennek végeredményeképpen a nők átlagos életkora valamivel magasabb a férfiakénál, és főleg a fejlettebb civilizációjú társadalmakban a nők arányszáma nagyobb. Primitívebb társadalmi körülmények között általában nagyobb a férfiak arányszáma.

A nemek közötti különbségeket (*dimorphismus sexualis*) elsődleges és másodlagos bélyegekre lehet osztani.

Az **elsődleges nemi különbségek** a szaporodási szervekben jelentkeznek, ezeket tehát a nemi apparatus fejezeteiben tárgyaljuk.

A **másodlagos nemi különbségek** között a legszembetűnőbbek a testarányokban és a testet borító bőrön, elsősorban annak származékain jelentkeznek. A nők teste a férfiénál egészségben kisebb, testmagassága általában 10 cm-rel, testtömege 10 kg-mal kevesebb. Ezen belül a nő törzse, elsősorban a hasi része, aránylag hosszabb, míg a férfín a végtagok hosszabbak, és a fej relatíve is kissé nagyobb, főleg az arcponyacsontok durvább kiképzése következtében. Feltűnő a férfi nagyobb vállszélessége a női medence nagyobb szélességével szemben, a végtagok végső részei (kéz és láb) nőben az egész test méreteihez viszonyítva is kisebbek, mint férfiban. A férfi bőre erősebben pigmentált, bőr alatti zsírpárnája gyengébb, ezért a bőr pontosabban visszaadja a bőr alatti izmok és csontrészek idomait. Szőrzetére jellemző a hajnak már a húszas években jelentkező kopaszodási hajlama, főleg a homlok oldalsó szögletében. Ennek oka a férfi nemi hormonok károsító hatása a fejtető hajhagymáira. Eunuchokra jellemző a haj gyermekded (a homlokba benövő) jellegének megmaradása. Ezzel szemben a test többi részén – főleg az európai emberfajtákban és a törzs elülső felszínén – férfi szőrzete erősebb. Különösen feltűnő a szeméremtájék szőrzetének a has középvezetében még az egyébként szőrtelen férfiban is a köldökig való felterjedése.

Ezzel szemben nőben a szeméremszőrzet a szeméremtájékon felfelé domború vonalban teljesen lezárul. E fontos nemi bélyeg ellentétes viselkedése nőben az orvost – egyéb tünetek hiánya mellett is – a gyakorlati szempontból fontos férfias típusú testalkatra figyelmezteti. Az arc szőrzete férfín a jellegzetes bajusz- és szakállnövekedést mutatja, míg nőn ezt a tájékat az arc többi pehelyszőrzetétől csak minimálisan eltérő szőrzet borítja.

A nő bőr alatti zsírpárnája sokkal fejlettebb, mint a férfié, ami a női test idomainak simább, kerekdedebb jellegét adja. Különösen fejlett a bőr alatti zsírpárna a mellkas elülső oldalán, ahol a tejmirigyet körülvevő sajátságos zsírtestet (*corpus adiposum mammae*) alkot. A női mell jellegzetes idomát ez a zsírtestet adja, nem pedig a szoptatáson kívüli állapotban egyébként is jelentéktelen méretű tejmirigy. Erősen fejlett a nő bőr alatti zsírpárnája még a medence- és a fartájékon; a medencetájék szélességét nőben tehát nem egyedül a csontos medence nagyobb méretei, hanem a bőr alatti zsírpárna is okozza.

Kevésbé szembeötlő, mégis határozott különbségek mutatkoznak a legtöbb más szervrendszeren is.

A férfi csontjai nagyobbak, felületük durvább domborzatú, ami részben a rajtuk eredő erősebb izmokkal függ össze. Feltűnő a férfikoponya erősebben tagozott domborzata, különösen a szemöldökívek erősebb kiemelkedése, a homlok kissé döltebb felülete. A csontos medence igen feltűnő különbségeiről a csonttan megfelelő fejezetében szólunk.

A férfi izomzata relatíve is fejlettebb. A legtöbb belső szerv mérete férfiban abszolúte, sőt soké (pl. agyvelő) relatíve is valamivel nagyobb. Ezt a különbséget a nő viszonylag több zsírszöveve egyenlíti ki. Egyetlen kivétel

¹ A magas korú egyének orvoslásának gyakorlatával foglalkozó orvostudományi ág a geriatéria.

a nő mind relatíve, mind abszolúte is nagyobb lépe (nő: 140 g; férfi: 115 g), ami talán összefügg a nő orvosi tapasztalat szerint nagyobb ellenálló képességével vérvesztés esetén.

Igen feltűnő a másodlagos nemi jelleg a gége alakjában és méretében. A férfi gégeje erősen előugró (ádámcsutka), hangszalagai hosszabbak, ebből következik a férfi mélyebb hangja, és a fiúk nemi érésével – a gége gyors növekedése során – bekövetkező feltűnő hangváltozás. Sajátságos különbözöség a vörösvérsejtek nagyobb száma férfiban (férfi: 5 000 000/mm³; nő: 4 500 000/mm³). A másodlagos anatómiai nemi bélyegekkel ennek megfelelő fiziológiai különbözöségek is járnak, ezek azonban már kevésbé megfoghatók, és tisztán biológiai eredetük vitatható, mint pl. elsősorban a magasabb rendű idegműködések terén jelentkező nemi különbségek. Még aránylag a legjobban lemérhető a sportteljesítménybeli különbségek, amelyek a férfi izomrendszerének és esetleg a közvetlenül ehhez tartozó idegi mechanizmusok erősebb fejlettségére utalnak.

Mindezen különbségek teljesen érthetők, ha a szaporodási funkciókkal kapcsolatos biológiai terheknek a két nemből nagymértékben egyenlőtlen elosztását figyelembe vesszük.

3. 3.4. EMBERFAJTÁK

A ma élő emberek kétségtelenül azonos biológiai fajhoz (species) tartoznak. Ezen belül eltérő morfológiai bélyegek alapján három fő rasszkört – europid, mongoloid és negrid – lehet megkülönböztetni, valamint ezektől néhány ősből bélyeg alapján különvált apróbb csoportot.

A három fő rasszkör különbségei körülbelül az állatrendszertan fajon belüli „varietas” kategóriájának, az egyes körökön belüli tájfajták pedig a „forma” kategóriának felelnek meg. A három fő rasszkör különböző irány, de körülbelül egyszintű, és a filogenezis (itt helyesebben: antropogenezis) általános irányát nézve progresszív specializálódás eredménye. Mindhárom fő rasszkör egyes mellékhatásait aránylag számosabb ősi bélyegük alapján külön kell választanunk. Ilyen – nem egészen helyesen, mert bizonyos fokú értékítéletet tartalmazó kifejezés – primitív (talán helyesebb volna az, ősből típus elnevezés) emberfajták az europid kör oldalhatásaként felfogható kelet-ázsiai aino és indiai veddid fajták, valamint a negrid körhöz közelebb álló bushman és ausztralooid fajták.

A különböző emberfajták, különösen pedig az emberiség messze túlnyomó részét képező három fő rasszkör közötti bármilyen értékítéleti különbségtétel mind általános, kultúrtörténeti és társadalomtudományi, mind pedig természettudományi abszurdum, és kizárólag a gyarmati és egyéb típusú kizsákmányolás alig kendőzőtt ideológiai támasza.

Ha pl. az e szempontból felhasználható testi bélyegek ősből vagy progresszív differenciált voltát értékelve összehasonlítást tennénk, csaknem bizonyos, hogy nem az europid, hanem valószínűleg a negrid fajták kerülnének ki elsőként mint a legerősebben és legspecializáltabban „emberi” irányban differenciált csoport; szomatikusan épp az europid rasszkörben sok az aránylag ősből bélyeg (pl. erős szőrzet).

4. 3.5. ALKATI KÜLÖNBÖSÉGEK

Még e legegységesebb tájfajtán belül is észlelhetünk sajátságos különbözöségeket, amelyeket nem tekinthetünk sem egyéni variációknak, sem öröklődő családi vonásoknak. Nagyonbízott anatómiai, de ehhez járuló néhány funkcionális bélyeg alapján ugyanis az embereket három-négy, többé-kevésbé jól elkülöníthető testalkati csoportba lehet osztani. Ugyanez a csoportosítás lényegesebb változtatás nélkül alkalmazható mindhárom fő rasszkörön belül, tehát lényegében független a fajtákat elkülönítő beosztástól. A kétféle beosztás csak annyiban zavarja egymást, hogy olyan területeken, ahol különböző tájfajták erősebb keveredése fordul elő, ott a nemelégéig jól körülhatárolt testalkati beosztás alkalmazása természetesen sokkal nehezebb, mint aránylag egységes tájfajtákhoz tartozó népességben. Régi megfigyelés, hogy ugyanazon népcsoportban testalkat szerint elkülöníthető típusok idegműködés (jellem és magatartási reakciók) szerint is kategorizálhatók.

E megfigyelések lecsapódása különösen jelentkezik az emberi jellem és magatartás művészi ábrázolásában. A két alapvető testalkati és pszichés alkati típus klasszikus ábrázolását találjuk Cervantes nagy művében Don Quijote és Sancho Pansa alakjában, s azóta számos képzőművész e két alakban, részben öntudatlanul, minden tudományos leírásnál sikeresebben, adja meg az aszténiás és a piknikus habitus jellemzését.

Az **alkat** (*constitutio*) pontos definíciója meglehetősen nehéz, ezért itt nem említjük az irodalomban megkísérelt számos változatát, hanem helyette inkább az előbbi körülírást nyújtjuk.

Az **orvosi alkattan** szinte olyan régi, mint az orvostudomány maga. Már Hippokratész és nyomán az egész klasszikus ókori és az ehhez csatlakozó középkori orvostudomány számolt az ember négy fő temperamentumával: a szangvinikus, flegmatikus, kolerikus és melankolikus típusokkal.

Érdekes, hogy a magasabb idegtevékenységben az izgalom és a gátlás erőssége, illetve kiegyensúlyozottsága alapján megejtett Pavlov-féle tipizálás állapotban (kutya) egészen hasonló következtetésekre jut (3/1. táblázat).

4.1. táblázat - 3/1. táblázat

	<i>Izgalom</i>		<i>Gátlás</i>		<i>Klasszikus beosztás</i>
	erős	gyenge	erős	gyenge	
Kiegyensúlyozot t	+		+		kolerikus
		+		+	flegmatikus
Kiegyensúlyozat lan	+		+		szangvinikus
		+		+	melankolikus

A múlt század második felében alakult ki fokozatosan az elsődleges külső testi bélyegekre alapozott beosztás, amely két alapvető szembenálló alkattípust: *aszténiás* és *piknikus*, s közöttük még két, többé-kevésbé különválasztható melléktípust: *atletikus* és *respiratorikus* alkatot vesz fel.

Közülük csupán a két előbbi jellemezhető elfogadhatóan. A *status* vagy *habitus asthenicus* (a régebbi kifejezés *phthisicus* ezen alkatnak a tuberculosisra való feltételezett erősebb hajlamosságát jelezte – tévesen –, abból eredően, hogy az előrehaladottabb tuberculosisban szenvedők lesoványodását alkatnak vélték). Modernebb kifejezés a tisztán descriptiv *leptosom*, vékony, hízásra főleg fiatalabb korban kevésbé hajlamos, hosszú, erősen leszálló bordájú, lapos mellkasú, gyengén fejlett izomrendszerű (ezért rossz tartású), elálló lapockájú (*scapula allata*), az arc középrészével ékalakban előreugró profilú, gyengén fejlett arckoponyarészekkel bíró típus. A típus klasszikus leírásában (Stiller Bernát magyar orvos) erősen kiemelték a X. borda gyakran hiányzó összeköttetését a bordaívvel (*costa decima fluctuans* = repülőborda). Ezen alkattípus idegrendszerére jellemző a skizotím karakter (elvonult, magába zárkózó, fanatikus, elveken lovagló, nem reális stb.): ellentéte a *piknikus* típus (szinonimák *digestiv*, *eurygosom*)tömszi, hízásra már fiatalabb korban hajlamos, férfiban korán kopaszodó, erősen fejlett alsó arckoponyával. Idegi alkata inkább *ciklotím* (konkrét, gyakorlati, kifelé forduló, reális, kiegyenlítő). A két alkattípust röviden jellemzi e kis jelenet Shakespeare Julius Caesarjának első felvonásából (Vörösmarty fordításában):

CAESAR: *Tedd, hogy kövér nép foglaljon körül,*

És síkfejű s kik éjjel alszanak.

E Cassius ott sovány, éhes színű;

Sokat tűnődik s ily ember veszélyes ...

...Nem ösmerek, kit inkább kellene

Kerülnöm, mint e fonnyadt Cassiust.

Szünetlen olvas: nagy figyelmező;

Átlát az embereknek tettein.

Játéknak nem barátja, mint te vagy,

Antonius; nem hallgat muzsikát.

Ritkán mosolyg s mintegy magát csúfolva

S eszét gyalázva akkor is, hogy azt

Akármi tárgy mosolyra bírható.

Ily embereknek nyugta nincs soha ...

Nem foglalkozhatunk részletesen az alkati beosztások tárgyalásával, melyek egyike sem léphet fel ma még tudományos igénnyel. Csupán azért említettük, mert az emberi testalkat problémájával az orvos gyakorlati működése során találkozunk, mérlegelése az orvos művészetének egyik fontos aspektusa. A páciens állapotának és legcélszerűbb kezelésének megítélésében az orvost sokszor befolyásolja a beteg testi és idegi alkatának mérlegelése. Az itt említett, a nemtől független constitutio mellett nem jelentéktelen a nemi alkat megítélése sem. A szülész-nőgyógyász gyakorlatában a férfias típusú női alkat közvetlen jelentőséggel bír. Az orvostudomány legújabb fejlődése derített fényt a nemiség fejlődési zavarainak az eddig hittnél sokkal nagyobb gyakoriságára, és a sokféle intersex típus nagy gyakorlati jelentőségére. Ilyen irányú zavarra a figyelmet a testalkatnak szinte árnyalati eltérései hívhatják fel. Ezért kell az orvosnak begyakorolnia szemét a konkrét anatómiai részletek mellett az egész alkat harmonikus vagy diszharmonikus voltának meglátására és megítélésére is.

5. 3.6. AZ EMBERI TEST SZERKEZETI ELVEI

Mint a gerinceseknél általában, az emberi test felépítésében a legalapvetőbb konstrukciós elv a kétoldali részarányosság (*bilateralis szimmetria*). Ezen az értendő, hogy a testet a középén áthaladó nyírlirányú (sagittalis, mert a koponyanyílvarrattal [*sutura sagittalis*] egybeeső) síkkal két, egymásnak tükörképét képező, de egyébként egyforma félre lehet osztani. A páros szervek és tagok emberben szinte kivétel nélkül – jelentéktelen különbségektől eltekintve – megtartják anatómiai részarányosságukat. A testnek eredetileg középvonalában páratlan telepből kifejlődött (pl. bélcsatorna) vagy bár páros, de korán egyesült telepből származó szervek (pl. a szív) a fejlődés további folyamán másodlagosan elvesztik részarányosságukat, maguk után vonva az őket ellátó erek és idegek aszimmetriás alakulását. A belső szervek aszimmetriás fejlődése ugyan másodlagos, és nagymértékben a testüregekben való hézagmentes elhelyezkedés által determinált, mégis szigorúan programszerű folyamat során jön létre, ezért éppoly törvényszerű és állandó, mint minden más anatómiai adottság. Ritka kivételképpen a normális fejlődés során bekövetkező helyzetváltozásoknak pontosan a tükörképe zajlik le, amikor is a zsigerek aszimmetriája a normálisnak tükörképe (*situs inversus viscerum*). Előfordul, hogy az elfordulási zavar egyik-másik testüregre korlátozott. Érthető, hogy ez utóbbi esetek inkább rejtik magukban a kóros komplikációk lehetőségét, míg a teljes situs inversus önmagában éppoly harmonikus konstrukció, mint a normális, s csak orvosi diagnosztikai tévedések nagyobb lehetősége folytán okozza hordozójának bizonyos veszélyeztetettségét. A páros szervek szimmetrikus felépítése nem jelent feltétlenül funkcionális egyenértékűséget. Így pl. a páros agyféltekék közül mind emberben, mind az erre pontosabban megvizsgálható emlősökben az egyik agyfélteke működési dominanciára jut a másikkal szemben. Ennek egyik nyilvánvaló következménye a legtöbb ember jobbkezessége, azaz bonyolultabb műveletekben az egyik kéz előnyben részesítése. Oka valójában a bal agyfél dominanciája a jobb felett, nem csupán a végtagok mozgásaiban, hanem sok más működés tekintetében is. A beszédhez szükséges idegi mechanizmusok például a bal agyfélhez kötöttek. A balkezesek egy részében a jobb agyfélteke a domináns. A balkezesek száma valójában sokkal nagyobb, mint eddig hitték, nagy részükben a nevelés már a kora kisgyermekkorban visszaszorítja a bal kéz dominanciára való törekvését, és aránylag kevés jut határozott balkezes tendenciákkal iskoláskorba. Számolva az agyfélteke-dominancia alapvető és nem csupán a kézmozgásokra korlátozott jellegével, a modern pedagógiai irányok tiltják a gyermek átnevelését jobbkezességre, és még az írásban is teljesen szabadon engedik érvényre jutni a természetes hajlamokat.

Állatkísérletekben az agyféltekék közötti összekötő pályarendszerek megszakításával mesterségesen valóságos kétagyú egyedeket lehet létrehozni, amelyek mindegyik agyfélükkel külön képesek valamit megtanulni és elfelejteni.² Ez jelzi, hogy a magasabb rendű gerincesek a magasabb idegműködések számára voltaképpen eredetileg egyenértékű két felső központtal rendelkeznek, amelyek közül az egyik a másik elnyomásával kerül domináns helyzetbe.

² Súlyos, minden más kezeléssel dacoló epilepsziásokon ezt a műtétet emberben is elvégezték, és kitűnt, hogy az ilyen emberek bár szubjektíve nem, de objektíve ugyancsak „kétagyúakká” váltak.

A másik fontos szerkezeti elv a szelvényezettség (*metameria*) elve. Az állatvilágban igen általános konstrukciós elv, hogy az állat hossz tengelyére merőleges síkban elválasztható, egymással közel azonos szerkezetű korongszerű szakaszokból (szelvényből = *segmentum*) épül fel az egész test vagy annak egy része (férgek, ízelt lábú állatok, gerincesek). Egy-egy szelvény külön vázrésszel, izomzattal, páros ér- és idegággal bír. A gerincesek embryonális telepében eredetileg az egész test szelvényezett szerkezetű, a feji és a farki vég kisebb részétől eltekintve. Másodlagos fejlődési folyamatok e szelvényezettséget különböző mértékben elmosás, így az eredeti formában csupán a törzs csontrendszerében (csigolyák, bordák), a törzsisomzat kicsiny részében (borda közti izomzat), a törzsfal ereiben (borda közti és lumbalis erek) és aránylag a legvilágosabban a gerincvelői idegeken mutatkozik. Az idegellátás szelvényezettsége révén még oly testrészeken is, ahol egyébként a szelvényes szerkezet teljesen elmosódott (pl. végtagok), mind a bőr, mind az izomzat szelvény szerinti hovatartozósága jól felismerhető, és ennek fontos orvosgyakorlati jelentősége is van.

Az összehasonlító anatómia korai szakán megkísérelték a fej összeolvadt szelvényekből való leszármaztatását (Goethe koponyacsigolya elmélete). Ez azonban nem sikerülhetett, mert a fejtelep hallóhólyag előtti része semmiféle szelvényezettséggel nem rendelkezik, és csupán igen kicsiny része (a nyakszirtecsont egy része, a körülötte levő kisebb izmok és a nyelv izomzata) származtatható az első 3-4 embryonális testszelvényből. Helyette a fej és a nyak elülső része a testszelvényektől eltérő, sajátos, külön szelvényezettségű, ezek a zsiger- vagy kopoltyúszelvények, amelyek a testszelvényekhez hasonló, de ezektől független elven alapulnak. Ismeretük az arc és a nyaki zsigerek megértése szempontjából nélkülözhetetlen.

6. 3.7. AZ EMBERI TEST FELOSZTÁSA, LEÍRÁSÁNAK ELVEI ÉS ÁLTALÁNOS ESZKÖZEI

Az emberi test fő részei a **törzs** (*truncus*), a **fej** (*caput*), a **nyak** (*cervix*) és a **végtagok** (*extremities*). A leírásban való tájékozódásra síkokat, tengelyeket és irányokat különböztetünk meg.

Síkok. Az emberi testet két, megközelítően hasonló félre osztja a **nyílrányú középsík** vagy *median sagittalis* sík. Minden ezzel párhuzamos síkot ugyancsak sagittalisnak mondunk, de az előbbi középsíkkal szemben mint *paramedian sagittalis* síkot különböztetjük meg. Az emberi testen keresztül számtalan ilyen sík fektethető, az általunk kiválasztott síkot ezért vagy a median sagittalis síktól mért távolsággal, vagy valamely nevezetesebb ponttal – amelyen a sík keresztülhalad – határozzuk meg közelebről.

Az előbbire merőleges, de ugyancsak az ember testének hossz tengelyével párhuzamos a **homlokirányú** vagy *frontalis* sík. Az emberi test előlről hátrafelé nem bírván semminémű részarányossággal, az egymással párhuzamos számtalan homlokirányú sík között nincsen kitétetett sík, és a sík helyzetének közelebbi megjelölése esetén feltétlenül meg kell adnunk valamely jól definiált pontot, amelyen a sík keresztülhalad: pl. a combcsont fejének középpontján áthaladó frontalis sík.

Mindkét előbbi síkra, egyúttal a testtengelyre is, merőleges a **haránt-** *transversalis*, de – mindig álló emberről lévén szó – egyúttal **vízszintes**, azaz *horizontális* sík. Erre ugyanaz vonatkozik, mint a frontalis síkra; nincs kitétetett vízszintes sík, ezért mindig meg kell határozni, milyen anatómiai ponton (pl. a köldökön) átfektetett vízszintes síkról van szó.

Tengelyek és irányok. Az emberi test hosszanti tengelye lényegében a gerincen halad végig, rajta a fej felé eső irányt fejtégi (*cranialis*), az ellentétet pedig farkvégi (*caudalis*) szóval jelöljük. Helyette az emberi egyenes testtartásra való tekintettel a felső (*superior*, -us) és az alsó (*inferior*, -us) iránymegjelölés vált általánossá. Ezen irányok azonban mindig az egyenesen álló emberre vonatkoznak. Ezért jó eleitől fogva megszoknunk, hogy mindennemű szokványos hely- és iránymegjelölést (felül-alul, elől-hátul) álló emberre kell vonatkoztatnunk, tekintet nélkül arra, hogy a boncolt tetem fekvő helyzetben van. A jobb (*dexter*, -a, -um) és a bal (*sinister*, -a, -um) megjelölés természetesen mindig a vizsgált egyén vagy tetem részének helyzetére vonatkozik.

A test hossz tengelyére merőleges irányok a sagittalis síkban elől-hátul (*anterior*, -us, *posterior*, -us) vagy hasoldali (*ventralis*) és hátoldali (*dorsalis*). A frontalis síkban a sagittalis középsíkhöz közelebb levő helyzetet *medialis*, a távolabb esőt *lateralis* kifejezéssel jelöljük; nem tévesztendő össze a sagittalis középsíkban való fekvést jelző *medianus* szóval. Három, egymással közel párhuzamos képződmény közül a középsőt, általános helyzetük és irányuktól függetlenül, *medius* vagy *intermedius* jelzővel jelölik.

A végtagokon, főleg ama részeken, amelyek a test többi részéhez viszonyítottan igen változatos helyzetűek, más speciális iránymegjelöléseket kell alkalmazni. A végtagok hosszanti fő tengelye mentén a törzshöz közelebb esőt *proximalis*, a tőle távolabb esőt *distalis* kifejezéssel jelezzük. Az egyenes testtartásban levő helyzetétől kisebb

tengely szerinti elforgatási lehetőségű alsó végtagon a medialis és a lateralis, úgyszintén az anterior-posterior vagy a ventralis-dorsalis iránymegjelölések használhatók, csupán a test hossz tengelyére merőleges lábon használjuk a talpi (*plantaris*) és a lábháti (*dorsalis*) iránymegjelöléseket. A szabadabb mozgású felső végtagon a test többi részén használatos oldal- és iránymegjelöléseket csupán a könyökig alkalmazzuk, attól distalisan, tehát az alkaron és a kézen tenyéri (*volaris*) és kéz háti (*dorsalis*) helyzetet és irányt, valamint hüvelyk felőli (*radialis*, az alkarban a hüvelykujj felől fekvő orsócsont nyomán = *radius*) és a kisujj felőli (*ulnaris*, a kisujj felől fekvő singcsont nyomán – *ulna*) helyzetet különböztetünk meg. Az alsó végtagon néha hasonló szellemben a láb öregujj oldala felé esőt *tibialis* (sípcsont = tibia) és a kisujj felé esőt, *fibularis* (szárkapocs = fibula) szóval jelzik, ez azonban szükségtelen, mert a medialis és a lateralis oldalmegjelölés ugyanolyan kevésbé félreérthető.

Az ízületek mozgásainak a leírásához szükséges a mozgások tengelyének egyértelmű meghatározása. A tengelyeket irányokkal jellemezzük. Három, egymásra merőleges fő irányt különböztetünk meg, ezek párosával illeszkednek a fő síkba. A sagittalis irány előlről hátra mutat, a függőleges (*verticalis*) irány felülről lefelé, és a haránt (*transversalis*) irány jobbról balra.

A leíró anatómia az emberi szervezetet hat szervrendszerre osztva ismerteti:

1. Csontvázrendszer (*systema skeleti*)

ehhez tartozik:

- a) csontrendszer tana – csonttan (*osteologia*),
- b) ízületek tana vagy ízülettan (*syndesmologia*);
- 2. Izomrendszer (*systema musculorum*; *myologia*);
- 3. Keringési rendszer (*systema vasorum*; *angiologia*);
- 4. Zsigeri rendszer (*splanchnologia*)

A zsigeri rendszerhez tartozó szervek túlságosan eltérő felépítésűek ahhoz, hogy valós rendszerről lehetne beszélni. Ilyen név alatti összefoglalásukat mégis indokolja, hogy cső alakú nyálkahártyával borított szervek és nagyobb mirigyek tartoznak ebbe a csoportba. Nagyobb működési egységeket, ún. készülékeket (*apparatus*) lehet ebben a rendszerben elkülöníteni, amelyek mindegyike igen különböző felépítésű szervekből épül fel:

- a) emésztőkészülék (*apparatus digestorius*),
- b) légzőkészülék (*apparatus respiratorius*),
- c) húgyivarkészülék (*apparatus urogenitalis*),
- d) belső elválasztású szervek³ (*glandulae sine ductibus*).
- 5. Idegrendszer (*systema nervosum*; *neurologia*):
- 6. Érzékszervek (*organa sensuum*).⁴

7. 3.8. TÁJÉKOZÓDÁS A TÖRZSÖN A CSONTVÁZ KITÜNTETETT PONTJAI RA ALAPOZOTT SÍKRENDSZER SEGÍTSÉGÉVEL

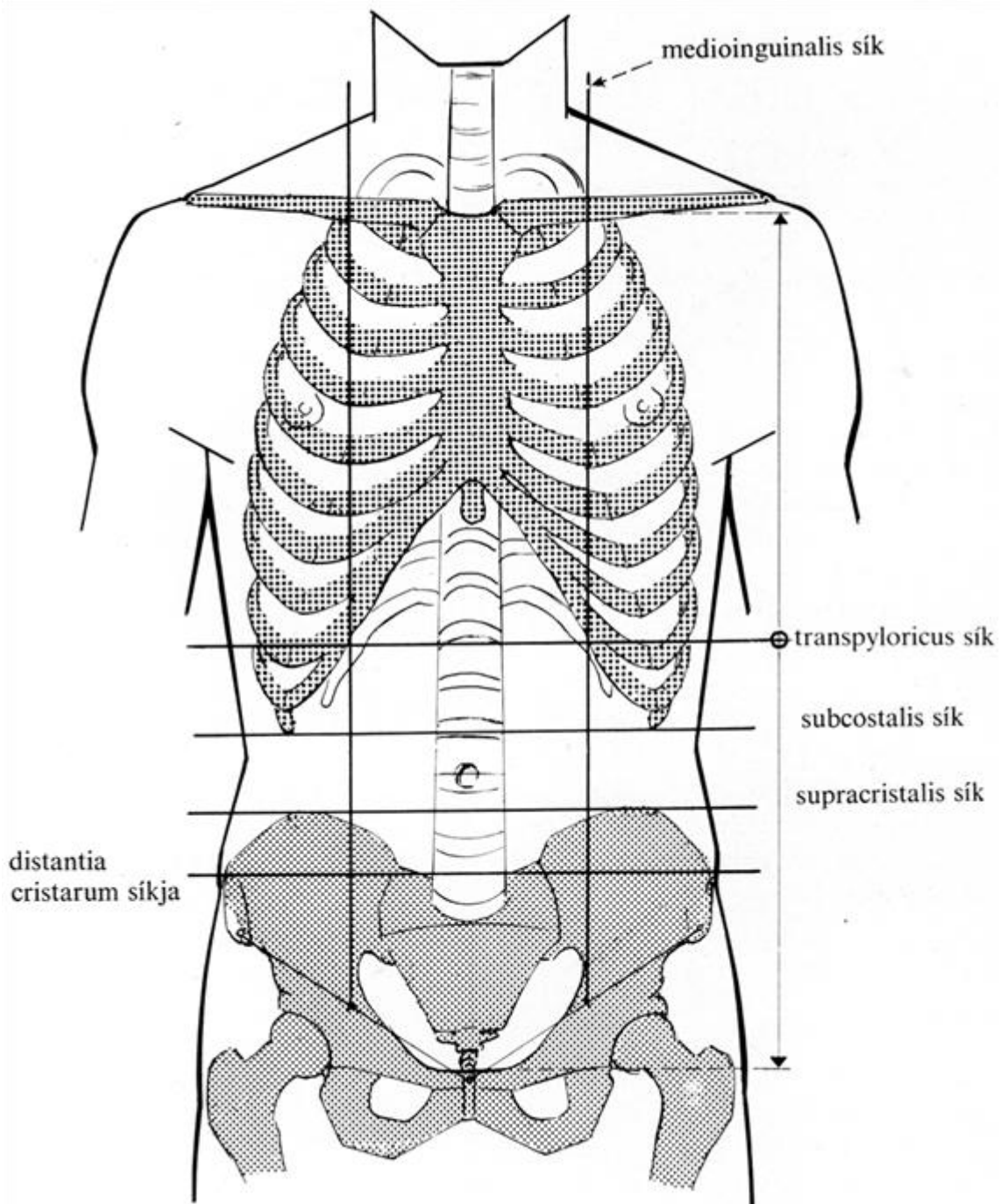
Az általános orvos számára különösen fontos, hogy ismerje a nagy testüreges fontosabb szerveinek a test felületére eső vetületét. A tájékozódáshoz nagy segítség a mellkas csontozata, elsősorban a szegycsont és a bordák, amelyek előben a bőrön keresztül kitapinthatók.

³ A készülék elnevezés e szervek teljesen szétszórt elhelyezkedése miatt nem jogosult.

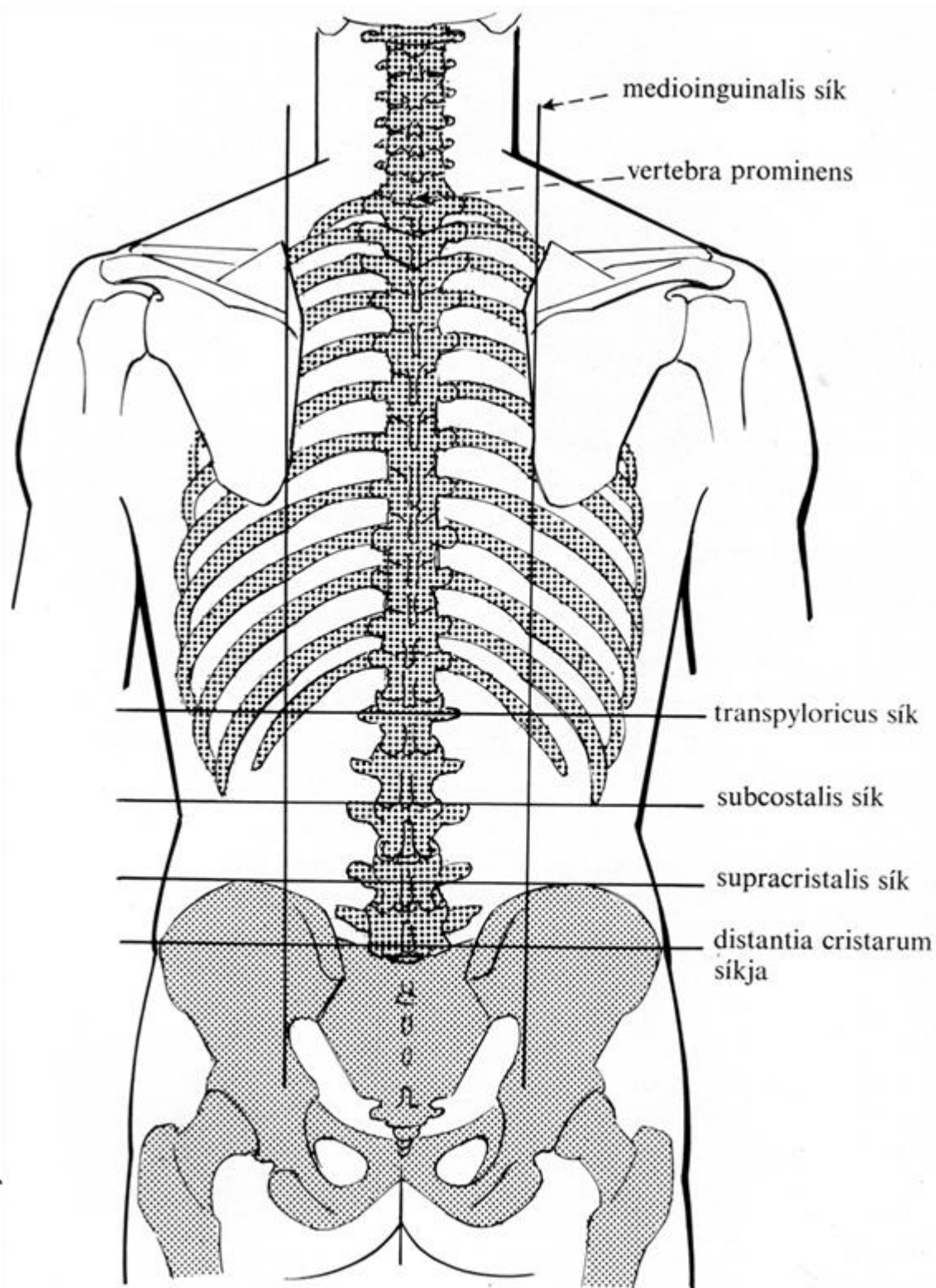
⁴ Szigorúan véve az idegrendszer része, elkülönítését a bonyolultabb érzékszervek (látószerv, hallószerv) orvosi szempontból fontos, nem idegi jellegű részei indokolják.

A hasüregben való tájékozódáshoz célszerű azonban a csontváz jól kitapintható helyeihez viszonyítható olyan síkrendszert felvenni, amely elősegíti a szervek elhelyezkedésének és testfali vetületének megjegyzését és elképzelését. A 3/1. és a 3/2. ábrán egy aránylag egyszerű síkrendszert adtunk meg. Ugyanezt a síkrendszert használjuk a továbbiakban a testüregi szervek ismertetésében. Négy horizontális és egy páros paramedian sagittális sík bőségesen elegendő a csontváz más kitapintható részleteivel együtt az orvosi tájékozódáshoz.

A horizontális síkok közül igen hasznos az ún. *transpyloricus* sík, amelyet a szegycsont felső bemetszése (*incisura jugularis*) és a symphysis felső széle közötti távolság közepén vesszük fel. Ez az 1. ágyékcsigolya testének felső részén halad át, és fekvő helyzetben itt van a gyomor pylorusa (innen a neve). Újabban egyesek vitatják e sík felvételének hasznosságát, elsősorban azért, mert álló helyzetben a legtöbb zsiger eltér a fekvő helyzetben elfoglalt helyétől. Ezek az aggályok azonban túlzók, mert egyrészt az orvos általában fekvő helyzetben vizsgálja a hasüri szerveket, másrészt az álló helyzetben való elmozdulást minden fontosabb szerve vonatkozóan megadjuk, így ez adott esetben beszámítható.



3/1. ábra. A törzs váza előlnézetben a tájékozódás céljaira felvett síkrendszerrel (a tankönyv szervetületeket mutató ábrái és adatai erre a síkrendszerre vonatkoznak)



3/2. ábra. A törzs váza hátulnézetben (a 3/1. ábrán bemutatott, többé-kevésbé önkényes tájékozódási síkrendszer hátsó vetületével)

Az ez alatt következő horizontális síkot a bordaívek legalsó pontjai határozzák meg, neve: *subcostalis* sík. A 2. és a 3. ágyékcsigolya közt halad át, elől a köldök felett metszi a hasfalat. A harmadik horizontális síkot a crista iliácák legmagasabb pontjai adják meg – ezek a hát felől tapinthatók ki –, neve: *supracristalis* sík.

A negyedik síkot a crista iliaca oldal felé legjobban kiugró pontjai – nem a spina iliaca ant. superiorok (!) – határozzák meg; ez a *distantia cristarum* síkja; az 5. ágyékcsigolya testét metszi.

A két paramedian sagittalis sík a spina iliaca anterior superior és a symphysis ossium pubis felső végét összekötő ferde vonal közepét metsző sík, ez a *medioinguinalis* sík. A háton ez a sík a lapocka medialis szélének megfelelően halad el. A közép-európai és a hazai orvostudományban általánosabban használták az ún. *mamillaris* vonalat vagy síkot, amely a férfi emlőbimbót, illetve megközelítően a kulcscsont közepét metszi; ezért más néven *medioclavicularis* sík. Ez a sík, illetve a síknak a test elülső és hátsó felszínén megadható metszévonalai, kb. másfél harántujjal lateral felé esik a medioinguinalis síktól, és így a tájékozódás szempontjából lényegesen kevesebb hasznú, mint az utóbbi. Ezért volna helyes megszokni az angol nyelvterületen használatosabb medioinguinalis vonal használatát.

5. fejezet - 4. fejezet. A csontvázrendszer

1. 4.1. BIOLÓGIAI BEVEZETÉS

A legtöbb élőlény rendelkezik valamilyen vázrendszerrel, amely fenntartja jellemző alakját, és egyben mint passzív mozgásszerv szerepel. Az e célnak megfelelő vázrendszer minőségét több tényező, elsősorban az élőlény nagysága és testtömege, külső alakja és mozgásának módja, az élettereül szolgáló közeg anyagi minősége határozza meg. Könnyen átlátható, hogy megfelelő kicsiny méret esetén az élő plasma vázfehérjéi és a sejthártya fizikai tulajdonságai minden speciális vázberendezés nélkül is elégségesek ahhoz, hogy fenntartsák az élőlény (vagy sejt) alakját és mozgását. Ha az élőlényt körülvevő környezet sűrűsége közel egyforma a szervezet sűrűségével – mint pl. vízben élő szervezetek esetében –, akkor még nagyobb testű élőlények is élhetnek speciális szilárdabb váz nélkül.

Az egysejtűek, sőt jó néhány – főleg vízben élő – többsejtű állat (pl. medúzák) nem rendelkeznek semmiféle szilárd vázzal. Ugyanakkor azonban számos egysejtű bír szilárdabb külső burokkal – ami egyébként a növényvilágban meglehetősen állandó jelenség, ahol a szilárdabb anyagból (cellulóz) levő sejtburrok egyben fontos vázképző tényező. Az állatvilágban a többsejtűekben nem az egyes sejteket, hanem az egész élőlényt veszi körül egységes szilárd burok, amely egyrészt védőburok, másrészt váz- és mozgásszerv.

Az alacsonyabb rendű állati szervezetekben meglehetősen általános jelenség ilyen közös védőburok és váz együttes előfordulása. Ez leggyakrabban kitinből vagy mészből áll, és nem élő anyag, hanem a test felületén elhelyezkedő sejtek élettelen terméke. Az ilyen külső vázakat *ectoskelet*nek nevezzük. Biológiai előnyei és hátrányai nyilvánvalók. Azonkívül, hogy váz, határozott védelmet nyújt mindennemű külső behatással szemben. Minthogy a testet szorosan körülvevő külső váz élettelen anyag, ez azzal a hátránnyal jár, hogy az állat növekedésével nem tud lépést tartani. Időnként az állatnak ezért le kell dobnia ezt a védőpáncélt (vedlés), hogy nagyobb cserélje fel, s így az állat egy ideig aránylag védtelenné válik.

Speciális megoldás a kagylók és a csigák külső háza, mely vagy koncentrikusan, vagy spirálisan növekedve képes követni az állat növekedését. Ezt a hátrányt részben csökkenteni látszik, hogy a legtöbb ectoskeletonnal bíró élőlény (pl. rovarok) kifejlett formája (imago) nem is növekszik. Másik, még jelentősebb hátránya az ectoskeletonnak a belső vázzal szemben: a konstrukció teherbírásához viszonyított nagy önsúlya. Ez a statika törvényeiből adódó szükségszerű követelmény: a „belső vonal” előnye. Eltekintve egészen speciális görbült idomoktól, egy test bármely két pontja között a test belsejében elhelyezett tartó azonos önsúly mellett a végpontjaira gyakorolt nagyobb erőnek tud ellenállni, mint a két pontot a testen kívül összekötő külső tartó. Ez következik abból az alapvető geometriai tényből, hogy a belső tartó a két pont közötti legkisebb távolságot képes áthidalni. Ezért külső vázzal bíró élőlényekben a testnagyságnak elég alacsonyan megszabott felső határa van.

Szárazföldi – azaz kis sűrűségű közegben (levegő) élő – lényekben – az aránylag nagy szilárdságot biztosító könnyű kitinpáncél mellett is a váz önsúlya és az állati élőlényben rendelkezésre álló mozgatóerő (izmok) között az egyensúly nem sokkal 10 cm törzshossz felett megbomlana, ezért e nagyságrendben találjuk a rovarok felső mérethatárát (az Amazonas-vidéki óriáscincér, a *Titaneus giganteus* mintegy 16 cm hosszú). A nehezebb mészpáncélnál a határ még lejjebb van. A levegőnél nagyobb sűrűségű vízben élő lényeknél ez a határ persze az arkhimédészi elv értelmében jóval eltolódik, és így egy méter körüli Crustaceák is léteznek.

Az állatvilág törzsfajlásában tehát valóban forradalmi újítás a belső csontváz, az *endoskeleton* jelentkezése és konzekvens kifejlődése a gerinces altörzsből.

Előnyei az előbbi megfontolások után önként adódnak: a vázrészek, élő anyagból lévén, az egyed fejlődésével és növekedésével teljesen lépést tarthatnak, és így a nemzéstől a teljes kifejlődésig csaknem zökkenőmentes folyamatosságot biztosítanak; a sérülések a szervezeten belül reparálódnak; végül: a szilárdság mellett aránylag kicsiny önsúly. Egyetlen hátránya, hogy a test külső felületének védelméről más módon kell gondoskodni.

A test felső mérethatárát a váz aránylag kicsi önsúlya miatt nem is a lehetséges izomerő és a hozzá szükséges váz tömege közötti egyensúly megbomlása, hanem a csontszövet teherbírás határa adja meg. Számítások szerint a földtörténeti középkorban élt óriáshüllők legnagyobbjainál az állatok testtömege megközelítette a csontszövet

teherbírásának felső határát. Vízi gerincesek (pl. a bálnák) esetében ez a határ természetesen ismét feljebb tolódik.

A csontvázrendszer szerepe a magasabb rendű gerincesekben röviden összefoglalva a következő:

1. A szervezet szilárd vázát alkotja.
2. Passzív mozgásszerv: azaz a mozgások jelentős része azáltal jön létre, hogy az izomrendszer a csontok egymáshoz viszonyított helyzetét változtatja.
3. Védőburkot alkot egyes mechanikai hatások iránt különösen érzékeny szervek számára (agy- és gerincvelő, egyes érzékszervek), egyben külső vázat képez olyan szerveknél, amelyek működése ilyet igényel (pl. a mellkas a tüdő és a légzési funkció esetében).
4. Vérbépzés: azaz helyet ad a szervezet vérbépző szövete, a vörös csontvelő számára, és biztosítja a fejlettebb formájú vérbépzés helyi feltételeit (osteohaematopoeticus egység).

2. 4.2. A CSONTOKRÓL ÁLTALÁBAN

Normális körülmények között a csontszövet csupán meghatározott alakú, funkciós egységekben, azaz specifikus szervekben fordul elő: ezek a csontok (*os, ossis*; tbsz. *ossa*).

Kóros viszonyok között más szövetben és szervben is kialakulhat csontszövet. Normális és kóros közötti átmenetnek tekinthető idősebb korban egyes porcok részleges csontos átalakulása. Egyetlen, eredetileg nem a vázrendszerhez tartozó, de vele szoros összefüggésben levő más szervféleségben, a fogakban fordul elő a csontszövethez mindenben hasonló szövet, ez a foggyökereket kívülről borító cement vagy *substantia ossea dentis*.

Az emberi test mintegy 206 különálló, de egymáshoz különböző módon és mértékben rögzített csontot tartalmaz. Minden csont jellemző alakú, elhelyezkedésű és működésű, tehát mind anatómiai, mind működési értelemben egységet képvisel, és mint ilyen a szerv (*organon*) kategóriához tartozik.

Alak szerint megkülönböztetünk csöves, lapos, köbös és labirintusos csontokat. Sajnos az anatómiai nomenklátúra meglehetősen logikátlanul nevezi őket: *ossa longa, brevia, plana* és *pneumatica*. Pedig csöves (vagy cső alakú) csont is lehet rövid (pl. lábujjpercek), és lapos csont is lehet hosszú (pl. bordák), tehát a latin kifejezések félreérthetők. Ezért jobb, ha alak szerinti felosztásukban a magyar kifejezésekhez kötjük definícióinkat.

Csőves csonton főleg a végtagokban előforduló – legalábbis középső részében valóban cső alakú, tehát belül üreges – csontot értünk, amelynek két vége rendszerint vastkosabb, és nem egységes üreget, hanem soküregű szivacsos csontállományt tartalmaz. E csontok középső csőszerű darabját *diaphysis*-nek (görög szó, „közbe”-nőtt), két vastkosabb végdarabját pedig *epiphysis*-nek (görög szó, „rá”-nőtt) nevezzük. A kettő megkülönböztetésül – minthogy gyakorlatilag csak végtagon fordulnak elő – a törzshöz közelebb levőt *epiphysis proximalis*, a távolabbit *epiphysis distalis* névvel jelöljük. A csöves csontok középső egységes üregét velőüregnek nevezzük, ezt felnőttben rendkívül kevés kötőszövetet tartalmazó zsírszövet (*medulla ossium flava*, zsírvelő) tölti ki. A csöves csontok szivacsos végdarabjainak velőüregeit fiatal korban vörös csontvelő (*medulla ossium rubra*) tölti ki, mely a gyermekkor és a növekedés során gyorsan visszahúzódik, végül a végtagcsontokban csak a comb- és a felkarcsont proximalis epiphysiseire korlátozódik. Helyét zsírvelő foglalja el.

Lapos csontokra – ilyenek az agykoonya csontjai, a lapockák, csípőcsontok és a bordák – jellemző, hogy két vékony tömör csonttréteg (*lamina corticalis*) közötti teret változatos vastagságú szivacsos csontállomány (ennek neve a koponyán diploe; értelmetlen görög szóképzés jelentése: kettősség) tölti ki, mely az élet során mindig megmaradó vörös csontvelővel telt.

Köbös csontok: rendszerint szabálytalan, de különböző irányokban nem nagyon eltérő méretű csontok. Ilyenek pl. a kéz- és a lábtőcsontok, valamint a csigolyák teste. Vékony, sokszor majdnem hiányzó, compact kéregből és az állományuk javarészét képező szivacsos csontból állanak. A végtagok köbös csontjai zsírvelőt, a csigolyatestek vörös csontvelőt tartalmaznak. Ezek jelentős együttes térfogatuk révén vérbépző szervünk orozlátrészét adják. A csaknem tisztán szivacsos csontállományból álló köbös csontok erőművi behatásokra bekövetkező jellemző törésfélesége: az „összeroppanás”, vagyis a compressió törés.

Labyrinthos vagy **légtartalmú** (*pneumatikus*) **csontok** a koponyában (főleg arckoponya) fordulnak elő. Cukrárszüteményre emlékeztető finomságú vékony csontlemezekből álló, bonyolult, de mégis szabályszerű felépítésű csontok, amelyek jobbra az orrüreggel közlekedő nyálkahártyával bélelt nagyobb üregeket vagy üregrendszereket fognak közre. Sok esetben nem az egész csont hanem annak csak egyes részei pneumatikusak. Funkcionális jelentőségük a szerkezet (elég kisméretű) könnyítése mellett elsősorban a hangadás számára fontos rezonáló terek létesítése.

A csontok anatómiai viszonyait rendszerint nem friss vagy konzervált tetemből kiemelt csontokon tanulmányozzuk, hanem áztatással – *maceratio*val – preparált készítményeken. Meleg vízben való hosszan tartó áztatás folytán részben autolyticus, részben bakteriális bomlási folyamatok segítségével a csontokhoz tapadó lágyrészek (csonthártya, endosteum, csontvelő, ízületi porc stb.) elbomlanak, majd a bomlási folyamat befejezte után a csontokat átmoszák, kiszáritják, és a maceratio révén el nem bontható zsírokat zsíroltó szerek gőzterében való kezeléssel (közben a zsíroltó szer állandóan lecsapódik a csontokon, kiold belőlük némi zsírt, majd lecsepegve az edény alsó részébe, az oldott zsír visszahagyásával újra elpárolog) kioldják. A szabad levegőre kitett csontokból a zsíroltó szerek elpárolognak; a csontok végül fehérítés céljából H₂O₂-oldatba kerülnek. Az így kikészített csontokat alkalmas állványzaton, sárgaréz drótokkal, a nagyobb porcrészeket idegen anyaggal (filc, illetve a bordaporcokat szárított bordaporc kosárral) pótolva, csontvázvá fűzik össze. A macerált csont nem tartalmaz többé csontsejteket; úgyszintén lebomlottak a csonton belüli erek is. Az áztatásnak ellenállnak a csont osteocollagen rostrendszerei és sói. Ezért az áztatott csont mechanikai kvalitásai alig térnek el a friss csontéltól, csupán a csonthártya hiánya csökkenti némileg a csont hajlítási és szakítási szilárdságát.

A csont szilárdságát biztosító kalciumsókat savkezeléssel, a rugalmasságát adó, főleg rostos szerkezetű anyagokat étetéssel lehet eltávolítani. A csontsókát híg anorganikus (salétromsav, sósav) vagy egyes organikus savakkal (triklór-ecetsav) széndioxid fejlődése közben ki lehet oldani. Ez a folyamat a *dekalcinálás*: eredményeként a csont keményebb gumihoz hasonló hajlékony, rugalmas konzisztenciát vesz fel. Alakjában természetesen nem változik, csupán fehéres színét veszti el. A csontot szövettani feldolgozás céljából is sokszor dekalcináljuk.

A dekalcinálás ellentéte a csont égetése, a *kalcinálás*, melynek eredményeként a csont eleinte megfeketedik, az organikus alkotórészek (osteocollagen) elszéneseése folytán, majd magasabb hőfokon hófehér színűre ég ki. Alakját a csont ekkor is tökéletesen megtartja, de kézzel is könnyen morzsolhatóvá válik. Ennek oka egyrészt az osteocollagen nyom nélküli elégeése, másrészt a hidroxil-apatit átalakulása amorf kalcium-oxidá és foszfor-oxidokká. Hosszan tartó főzéssel – főleg magasabb nyomás alatt – is kivonható az osteocollagen enyv alakjában. A csontok visszamaradó sói ilyenkor ugyancsak morzsalékony maradványt adnak.

2.1. A csont mint szerv

Már említettük, hogy az egyes csontok a szervezet felépítési hierarchiájában szerv helyét foglalják el. Ez természetesen nem mindenütt nyilvánvaló: a szorosan egyberótt koponyacsontok többsége egységes szerkezeteket képez, ezért a csont különálló szerv jellege itt egyáltalán nem vagy alig domborodik ki, és inkább az agykoponyát stb. tekinthetnénk egységes szervnek. Nagyon szembeötlő azonban pl. a végtagcsontok különálló egység jellege, és részben ezért, valamint azért, mert a csont legáltalánosabban elterjedt „prototípusa”, a csöves csont – általános leírásunk erre vonatkozik – és az egyéb csontfélések eltérő általános vonásait csak röviden érintjük.

A csöves csont, mint említettük, egy középső, valóban csöves darabból (*diaphysis*) és két tömegesebb végdarabból (*epiphysis proximalis et distalis*) áll. Külső felszínét változó erősségű rostos burok, a csonthártya (*periosteum*) borítja. Az ízületi végeket változó vastagságban (0,5–2,0 mm) általában üveporcából álló ízületi porcréteg vonja be. A porccal eredetileg borított csont rész áztatott (preparált) csonton is felismerhető felületének simasága és a domborzatának szabályos, valamiféle görbülettel bíró mértani idomra emlékeztető (gömb, ellipszoid, nyereg, henger) alakja folytán.

Az áztatott csonton feltűnő, hogy a porccal borított területek szomszédságában a csont felszíne érdekesebb, likacsos, ami a végdarabba belépő számos apróbb ér, úgyszintén az itt rögzülő ízületi tokot és szalagkészüléket lehorgonyzó sok *Sharpey-féle* rostnak a csontba való belépését jelzi. Helyenként nagyobb érdekességek vagy gumók (ugyancsak a Sharpey-féle rostok belépése és lehorgonyzása okozza) – *tuberositas*, *tuberculum* – fordulnak elő a csonton egyebütt is. Az egyébként többnyire simább felszínű *diaphysis*en, annak közepe tájékán a csontban egy nagyobb csatorna nyílását (*foramen nutricium*), illetve ennek folytatását (*canalis nutricius*) találjuk, a csont fő tápláló ereinek belépésére. E csatornák a felső végtagon a középső ízület (könyök) felé irányulnak ferdén, az alsó végtagon a térdtől távolodó irányba. Ennek okát a csontok növekedésénél már megmagyaráztuk.

A csont diaphysisét kitöltő egységes velőüreg (*cavum medullare*) felszínét a csonthártyához hasonló, de jóval vékonyabb kötőszöveti hártya (*endosteum*) borítja, mely mikroszkóppal is alig felismerhető finomságú réteggel a csontvégeket kitöltő szivacsos csontállomány elemi velőüregébe is betérjed.

2.2. Periosteum és endosteum

A *periosteum* a csont külső felszínét az ízületi porccal borított részek kivételével mindenütt körülvevő rostos burok. Külső részében a csont fő megterhelési irányainak megfelelően szőtt kollagénrostos kötőszövetből áll, amely bőségesen tartalmaz ereket és érzőidegeket. A csontok közismert fájdalmasága aránylag kicsiny közvetlen erőtérrel hatásokra (ütés), valamint a csonttörések fájdalmasága ennek a következménye. Belső rétegét a növények felépítéséből vett hasonlaltat kambiumrétegnek is nevezzük, mert – legalábbis növekvő csonton – ennek nagyszámú, orsó alakú, differenciálatlan mesenchymalis sejtje a fának évente a kambiumrétegből lerakódó rétegeihez (évyűrűk) hasonlóan rétegről rétegre újabb csontállományt (*laminae generales externae*) rak rá a csontra. Így növekszik a csont vastagsága (lásd periostalis csontképzést). Felnőttkorban is van nagyszámú differenciálatlan kötőszöveti sejt ebben a rétegben, de ezek újabb csontot már nem képeznek, itt ugyanis egyensúlyban vannak a csontfelépítési és a csontfelszívódási folyamatok. A csont teljes nyugalomba helyezésével a csonthártya tevékenységét a csontlebontás (az osteoblastok osteoclastokká alakulnak), erőltetett (aktív) mozgással ellenkezőleg, a csontképzés irányába lehet eltolni (*Krompecher*).

A csonttörés ingere vagy a csonthártya meghagyásával az alatta fekvő csont eltávolítása a csonthártyát erélyes csontújráképzésre serkenti. Megfelelő körülmények között a csont teljes eltávolítása esetén a meghagyott csonthártya az egész csont újdonszövődését is biztosíthatja. Az orvos ezért igyekszik csontműtéteknél, ha csak lehet, megtartani a csonthártyát. A csonthártya bő érhalózata *Volkman-csatomák* útján közlekedik a szomszédos csontszövet hajszálérhalózatával.

A csonthártyához hasonló, de jóval gyengébben fejlett és kevésbé egységes lemez a csontbelsőhártya (*endosteum*). Növekedés közben inkább csontleépítő működésű, mert a csont vastagsági növekedésével párhuzamosan – ha nem is egyenlő arányban – a velőüreg is növekszik. Kifejlett állapotban a központi velőüreget határoló *laminae generales internaet* építi fel. Szöveti szerkezete elvben hasonlít a periosteuméhoz, azzal a különbséggel, hogy jóval kevesebb rostot tartalmaz, és idegekben kevésbé bővelkedik. Az endosteumon keresztül a csontszövet *Volkman-csatornáiból* kilépő postcapillaris vénák kapcsolatot létesítenek a csontvelő érhalózatával. E vénák főleg a vörös csontvelőben újra nagyobb sinusoid capillarisokra bomlanak (*Vereby*). E sajátos viszonyokról a csontvelő leírásában szoltunk.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a csont több szövet, ún. csontszövet, csonthártya, porc, sárga és vörös csontvelő szoros funkcionális egysége, melyek egymás nélkül életképtelenek vagy nem teljes értékűek.

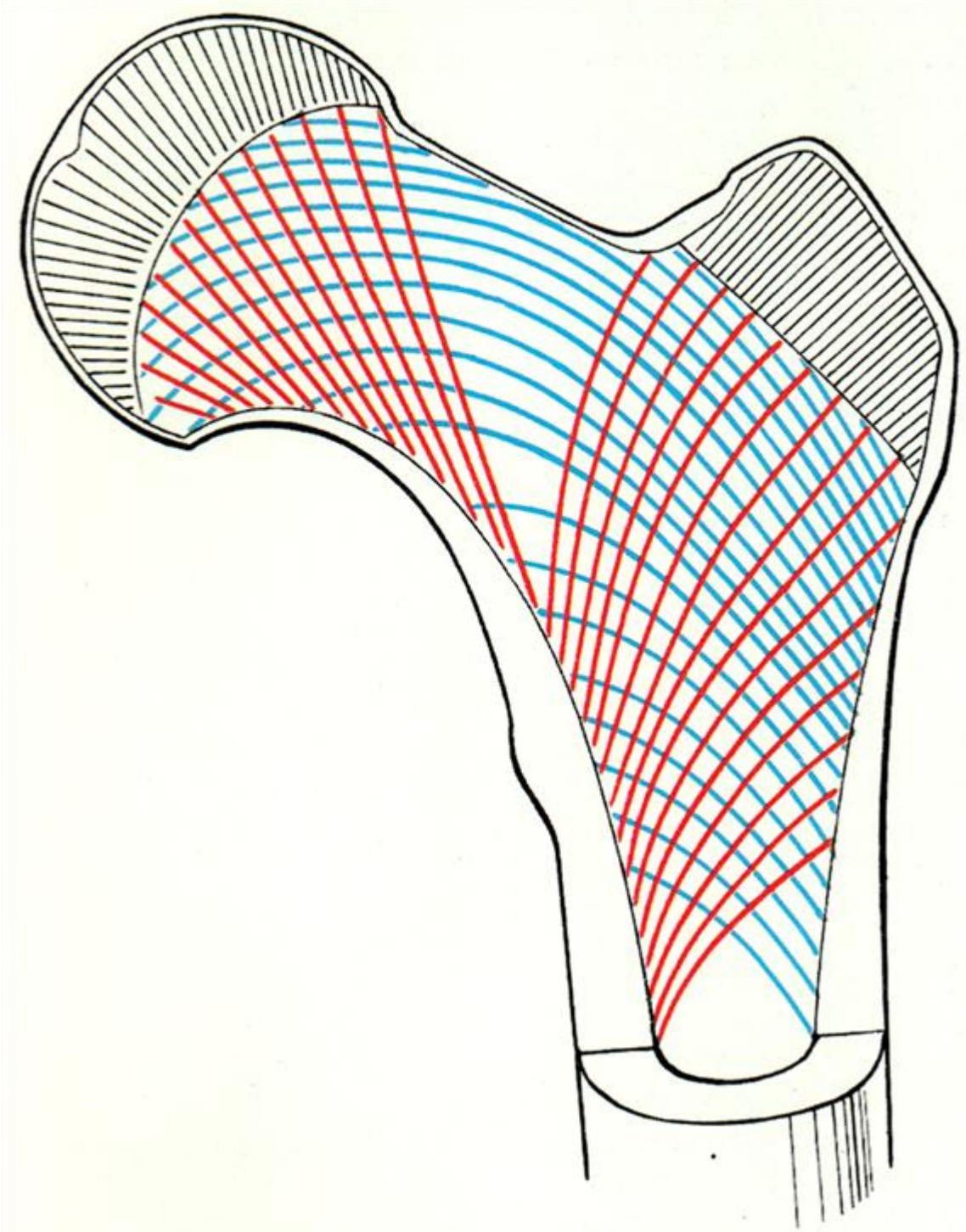
2.3. A csontok architektúrája

A csontoknak mind az alakja, mind pedig a szerkezete speciális statikai és mechanikai igénybevételi viszonyainak megfelelő. A csontvázrendszer általános biológiai bevezetéséből láttuk, hogy az élőlények csontvázának alakulását a biológiai ökonómia szigorú törvényei kötik elsősorban abban a tekintetben, hogy a rendszer önsúlya mint limitáló tényező jelentkezik. Hozzájárul ehhez, hogy a vázrészek felépítéséhez szükséges anyagok – pl. a csontok felépítése számára mészsók és nyomelemek – nem állnak korlátlan mennyiségben rendelkezésre felvehető formában az élőlények számára. Mi sem érthetőbb, mint az, hogy a törzsfajlás során csak az maradhatott fenn, ami ilyen biológiai értelemben „ökonomikus”, azaz vázrész esetében az éppen szükséges szilárdságot a legkisebb anyagfelhasználással éri el.

A csontok részletes anatómiai leírásában ismételten módunk lesz rámutatni egy-egy vázrész ilyen értelemben „ökonomikus”, azaz minimális anyagfelhasználással a szükséges statikai és funkcionális követelményeket biztosító jellegére. Különösen nyilvánvaló ez azonban a csontok compact és spongiosus állományának eloszlásában és szerkezetében. Már említettük, hogy a szivacsos csontállomány gerendái nem szabálytalanul, hanem az illető csont normálisan előforduló megterheléseinek megfelelő „trajectorialis” rendszerekben helyezkednek el. Ezen az értendő, hogy a szivacsos állomány gerendázata az illető csont megterhelésekor keletkező statikai erővonalaknak megfelelő elrendeződésű és jellegű. A combcsont felső végdarabjában, a test természetes helyzetében annak gömb alakú fejére nehezedő és a combcsontra ennek tengelyéhez viszonyítva közel derékszögű eltéréssel futó combnyakkal közvetített nyomása a **4/1. ábrán** látható erővonalak mentén terhelné a csontot, ha ezt tömör anyagból felépítettnek képzeljük. A piros színnel jelzett vonalak mentén az anyagot nyomási, a kék vonalak mentén húzási megterhelés éri. A combcsont felső végdarabja azonban nem tömör, hanem szivacsos szerkezetű, és ennek gerendái pontosan az ábrázolt erővonalrendszer szerint futnak.

Még továbbmenően, a nyomási erővonalak mentén a gerendák inkább csövek, míg a húzási erővonalak mentén inkább lemezek. E trajectorialis rendszerek nem izoláltan, egy-egy csontra korlátozódnak, hanem a csontváz nagyobb részein, pl. az egész alsó végtagon, konzekvensen haladnak végig, mintegy egységes statikai szerkezetbe vonva bele az egészet. Érthető, hogy míg a meglehetősen egyirányú megterhelésnek kitett alsó végtagon e trajectorialis szerkezetek aránylag egyszerűek és jól áttekinthetők, addig a sokoldalú megterhelésű felső végtag vázában nem találunk ilyen egyszerű viszonyokat.

A csontok megterhelési viszonyainak változása a trajectorialis szivacs szerkezeteknek az új viszonyoknak megfelelő átépülését vonja maga után. Pl. az egyik alsó végtag megrövidülése vagy az ízületnek nem az álló testhelyezethez megfelelő állásban való megmerevedése esetén az egész alsó végtag szivacsos csontállománya az új helyzetben jelentkező megterhelési vonalaknak megfelelően épül át, vagyis az erővonalakba nem eső helyeken a gerendák felszívódnak, és az új erővonalaknak megfelelő helyeken újjak épülnek. Ez nagyrészt azt mutatja, hogy a csont szivacsos állománya gerendáinak helye és iránya nincs örökletesen meghatározva, hanem a megterheléshez való alkalmazkodásként alakul ki, másrészt azonban azt is, hogy a csontfelszívódás és a csontépítés elemi szöveti mechanizmusa közvetlen fizikai információ alapján is szabályozható: ahol megterhelés van, ott csontfelépítés folyik, és ahol nincs, ott csontleépítés. Nem tudjuk, hogy ez az információ, amely pedig bizonyára a csonton belül molekuláris szinten jelentkezik, mi módon jut el, vétetik tudomásul és befolyásolja a megfelelő sejtes elemek tevékenységét.



4/1. ábra. Combsont proximalis epiphysisének trajectorialis szerkezetű spongiosája. A nyomási erővonalak irányába eső csontgerendák piros, a húzási erővonalakba esők kék színűek. A combsont fejének és a nagy tompornak az igénybevétele sokoldalúbb; erővonalrendszerét ezért nem jelezzük

3. 4.3. A CSONTOK KÖZÖTTI ÖSSZEKÖTTETÉSEK (ÁLTALÁNOS ÍZÜLETTAN)

A csontvázat felépítő csontokat részben aránylag rögzített, részben mozgékony összeköttetések fűzik egybe. Ezek az összeköttetések lehetnek egyszerű, egységes szerkezetűek, de gyakrabban bonyolult felépítésű és működésű szervek. Az anatómiának a csontok ezen összeköttetéseit rendszerbe foglaló ágazata a *syndesmologia* (ízület- és szalagtan). Ha az egymással összekötött csontok anyaga folyamatosan – bár más szövet

közbevetésével – megy át egymásba, akkor folytonos vagy folyamatos összeköttetésről (*synarthrosis*) beszélünk, ha pedig az összekötött csontok állománya között nincs anyagfolytonosság, hanem helyette rész mutatkozik, akkor ízületről (*diarthrosis* vagy *articulatio*) szólnak.

3.1. Folyamatos csontösszeköttetések (*synarthroses*)

Az anyag folytonosságának megszakítása nélkül összekötött csontok esetében az összekötő anyag mineműsége szerint megkülönböztetünk:

- ◆ *syndesmosis*, azaz szalagos csontösszeköttetést;
- ◆ *synchondrosist*, vagyis porcos csontösszeköttetést;
- ◆ *synostosis*, vagyis csontos egybeforradást.

Syndesmosisnak nevezzük két vagy esetleg több csont szalagos összekapcsolását. Nem minden szalagos összeköttetés nevezhető azonban *syndesmosis*-nak. Ha a szalag csupán alkotórésze más bonyolultabb szerkezetű összeköttetéseknek, akkor az összeköttetés nem *syndesmosis*. Ugyancsak nem szoktuk *syndesmosis*-nak nevezni azt sem, amikor két egymástól aránylag távol eső csontot hosszabb szalag köt össze. *Syndesmosis*-on tehát csupán azokat a szalag vagy szalagok közbevetésével, a váz anyagfolytonosságának megszakítása nélkül létrejött csontösszeköttetéseket értjük, amelyekben a csontokat a szalagok valóban szorosan egymáshoz rögzítik. Ilyen *syndesmosis* tartja össze pl. a lábszár két alsó csontvégét (*syndesmosis tibiofibularis*) vagy kulcscsontot a lapocka hollócsőr nyúlványával (*syndesmosis coracoclavicularis*).

A *syndesmosis*ok közé soroljuk azokat a csontösszeköttetéseket, amelyek esetében a csontok rendkívül pontosan egybeillesztett szélei vagy felszínei között fennmaradó hajszálfinom hasadékot nem szabad szemmel látható szalagok, hanem csupán mikroszkópi értelemben vett, többé vagy kevésbé rostos kötőszövet tölti ki. Ilyen eset pl. a fogak gyökereinek rögzülése az állcsontok fogmedri gödreiben, amely lényegében beékelődés (*gomphosis*), ahol a két csontos rész egybetartását maga a beékelődés (mint fába bevett szeget) és a rést áthidaló mikroszkópi, de összességükben nagyon erős rostos kötőszövet együttesen biztosítja. A *syndesmosis* másik formája a koponyacsontok varratos egybeilleszkedése (*sutura*). Ennek három fajtáját különböztetjük meg: fogazott varratot (*sutura serrata*), sima varratot (*sutura plana*) és pikkelyvarratot (*sutura squamosa*). Érthető, hogy a fogazott varratszélek egybeilleszkedése mellett a közbülső kötőszöveti rostoknak nem sok szerepük van a csontok egybetartásában. Sima varrat csak a vékony arckoponyacsontok között fordul elő, ahol nagyobb mechanikai megterhelés normálisan nem fordul elő. A pikkelyvarratnál a ferdén elhelyezett csontszélek halpikkelyszerűen illeszkednek egymásra oly módon, hogy a szóba jöhető mechanikai behatások a két, ferdén elfekvő csontszéli felszínt épp összenyomják (lásd halántékcsontpikkely felfekvését a falcontra).

Synchondrosison azt az összeköttetést értjük, amelyben a csontokat közjük ékelődő porc köti össze folyamatosan. Legjellemzőbb példái a csigolyatesteket összekötő csigolyaközi porckorongok. Több *synchondrosist* találunk még a koponya alapján, amelyek az egyes koponyacsontok közötti hézagokat töltik ki. Üvegporcból állnak, ellentétben a sokoldalú mechanikai megterhelésnek (nyomás, húzás, elcsavarás és ennek folytán ún. „nyíró”-erőknek kitett csigolyaközi porckorongokkal, amelyek rostos porcból épülnek fel.

A *synchondrosis*ok közül több nem maradandó, hanem később össze-csontosodik. Ilyen értelemben minden epiphysisporc *synchondrosis*-nak volna mondható, mégsem nevezzük annak. Igazi *synchondrosis* az, amely a koponya növekedésének végével rendszeresen elcsontosodik (16–18. év): a *synchondrosis sphenoccipitalis*.

Ha a *synchondrosis*porcában rész támad – mint pl. a szeméremcsontok *symphysis*-ében –, akkor ez átmenet a valódi ízület felé, és *hemidiarthrosis*-nak is szokták mondani.

*Synchondrosis*ok az összekötött csontoknak minimális, de működési szempontból (lásd pl. a csigolyaközi porckorongok esetében) mégis fontos mozgási lehetőséget engednek meg. Ez azonban minden *synchondrosis* esetében más lévén, inkább az összeköttetések részletes leírása során tárgyalható.

Synostosis. Két vagy több, eredetileg különálló csont össze-csontosodása. Ez esetben konvenció kérdése, hogy mikor tekintjük a több részből összenőtt csontot egy vagy több csontnak. Pl. a medencecsont csak a növekedés során csontosodik össze három részből; hasonlóképpen a keresztcsont öt keresztcsonti csigolya össze-csontosodásából áll elő, mégis mindkettőt egységes csontként írjuk le. Ezzel szemben a koponya nyakszirtecsontja és ékcsontja, bár az előbbiekhöz viszonyítva nem sokkal később szinten össze-csontosodik a *synchondrosis sphenoccipitalis* helyén, mégis két különálló csontként kerül leírásra. Nagyrészt attól függ ez,

hogy egyszerűbb-e egységes képződményként vagy pedig különállóként felfogni és leírni az összezsontosodott részeket. Mindenesetre a legtöbb synostosis azt megelőzően synchondrosis volt. Igaz, idősebb korban a kötőszövetes telepből fejlődött csontok (koponyatető csontjai) is összezsontosodnak, ezt azonban – mint nem jellemző és rendszeres jelenséget – inkább öregkori elváltozásnak tekintjük. Kivétel a homlokcsont pikkelyrészének két félből, a homlokvarrat megszűnésével már a korai gyermekkorban való összezsontosodása. Az arcoponyacsontok többsége és a halántékcsonk két vagy több porc és kötőszöveti telep összeolvadásából származik.

3.2. Megszakított csontösszeköttetések (articulationes)

Az ízület az eddig tárgyalt csontösszeköttetésektől élesen különbözik annyiban, hogy az összeköttetésben álló porccal borított csontfelszínnek közötti rés, azaz anyagfolytonosság-megszakítás van. Az összeköttetést a szemben álló csontrészek széleit összekötő hártvaszerű ízületi tok és szalagok hozzák létre. Az ízület ennek megfelelően önmagában lezárt szerkezeti és működési egység, tehát szerv; anatómiai némenklatúrai neve: *articulatio*.

3.2.1. Az ízületek jellemző (obligát) alkotórészei

Az ízületek típusos alkotórészei az ízüvegek, ezek ízületi felszínét borító *ízületi porc*, az *ízületi tok* és az *ízületi szalagok*.

Ízüvegeken értjük az egymással ízületi összeköttetésben levő csontrészeket. Ezek igen sokféle alakúak lehetnek, mégis leggyakrabban közülük az egyik domború, a másik ennek megfelelően homorú idom. A domború ízüveget *ízüfejnek* (*caput articulare*), a homorút *ízüvápának* (*cavitas articularis*) nevezzük. Ha az ízüvegek laposak vagy szabálytalan alakúak, akkor nem ízüfejről és -vápáról, hanem egyszerűen ízüvegekről szólnunk. Az egybeilleszkedő ízüvegek rendszerint – de korántsem mindig – egymás öntvényét képező felszíneikkel fekszenek össze.

Az illeszkedésre szolgáló ízületi felszínnek (*facies articularis*) ízületi porccal (*cartilago articularis*) borítottak. Ez az ízület nagyságától és mechanikai megterheltségétől függően vastagabb (1–2 mm) vagy vékonyabb (néhány tized mm) üvegporc réteg, amely a csont porc telepének (epiphysis) el nem csontosodott maradványa. Szabad, az ízület felé tekintő felszíne sima, de kivételesen lehet dudoros, szabálytalan is. A csonthoz rögzített felszíne is aránylag sima, ami kitűnik a preparált (macerált) csont ízüvegeinek különleges simaságából is. Kivételesen – főleg dudoros ízületi felszínnek vagy szabálytalan alakú ízüvegek és idomuktól aránylag független mechanizmusú ízületek esetében – az ízfelszín boríthatja rostos porc is (ilyenek: a szegy-kulcsosonti, a rágóízület és a medenceízület porcfelszínei).

Az **ízületi tok** (*capsula articularis*) az ízületet a környezet felé hermetikusan elzáró, zsákszerű kötőszöveti tok, amely az egyik ízesülő csontvég ízületi felszínének széléről (vagy kissé afelett) ered, és a másik ízüveg felszíne szélén (vagy az alatt) körös-körül tapad. Igen változatos alakú és feszességű, nagy mozgásokat végző ízületekben bő, a mozgásokat megengedő tartalék redőkkel rendelkezhet, kevésbé mozgékony ízületekben szoros áthidalás a szemben álló ízüvegek ízfelszín szélei között. A porccal borított ízfelszín közötti ízületi rést zárt ízületi üregg (*cavum articulare*) egészíti ki. A szó szoros értelmében ez persze nem üreg, mert normálisan üres lévén, a porcfelszínnek és a körülvevő tok teljesen összefeksznek úgy, hogy közöttük a valóságban csak capillaris rés marad szabadon. Kóros viszonyok között vagy mesterségesen (pl. preparációnál valamely anyag befecskendezésével) az üregben folyadék gyűlhet meg (vér, savós vagy gennyes izzadmány), amely a normálisan összeesett üreget kitöltve megmutatja az ízületi üreg valódi alakját. Preparációhoz pl. folyékony, festett paraffinnal (újabbban műanyaggal) szokták megtölteni az ízületek üregét, mert kihűlve a paraffin megmerevedik, és megőrzi az üreg alakját.

Újabb módszerekkel az ízületi tok belső felszíne, az ízületi csontfelszínnek és az ízületek esetleges egyéb alkotórészei (discusok, meniscusok, belső szalagok, az ízületen átfutó ín) élőben közvetlenül vizsgálhatók az ízületben bevezetett műszer (*artroszkóp*) segítségével.

Az ízületet felépítő alkatrészek közül csupán az ízületi tok mikroszkópi szerkezetét nem ismertettük, ezt a hiányt itt pótoljuk. Általában két rétegből áll: külső, rostos (*membrana fibrosa*) és belső, synovialis¹ (*membrana synovialis*) rétegből.

A rostos réteg aránylag tömött kollagénrostos kötőszövet, kevés rugalmas rosttal. A synovialis réteg sejtűs laza kötőszövet, amelynek sejt közötti állománya különleges: kevés kollagénfibrillumot és mukoid jellegű

¹ Paracelsus (Theophrastus Bombastus) (1493–1541) reneszánsz (humanista) orvos, aki sok vándorlása során Magyarországon is járt, használja a kifejezést először. Eredete homályos, feltehetően helytelen szóképzés.

alapállományt tartalmaz. A sejtek nagyjából fibroblastok, amelyek azonban sokszor lekerekedtek, és szinte hámsejtszerűen, majdnem hézagmentesen illeszkednek egymás mellé. Pontosabb vizsgálattal azonban kitűnik, hogy minden sejtet sejt közötti állomány vesz körül, és a legtöbb sejtnek egy-két szabálytalanul elágazó, gyakran vaskos vagy csavarodott nyúlványa van. A részletdús plasmából (Golgi-apparatus) és a sejt felületi rétegének basophil festődéséből (ergastoplasma) következtethetőleg ezek a sejtek folyamatos aktivitásban lehetnek. Az állandóan termelt sejt közötti alapállomány a felületen elfolyósodva adja az iznedvet (*synovia*). Ez a néhány cseppnyi mukoid jellegű nyúlós folyadék a mozgásokkal járó súrlódást csökkenti.

A synovialis réteg különböző nagyságú dudorokat és bolyhokat bocsát az ízület ürege felé. Csak a legnagyobbak tartalmaznak ereket. Az ízületi toknak főleg rostos rétege rendkívül bő érhalózatot és igen gazdag éröidegfonatot tartalmaz, amelynek végső elágazódásai benyomulnak a synovialis rétegbe is.

Az **ízületi szalagok** (*ligamenta*) tömött kollagén- (néha rugalmas) rostos kötőszöveti kötegek, amelyek az esetek egy részében csak az ízülettok-rostos rétegének megerősödései (*ligamenta capsularia*), máskor pedig az ízületekhez mechanikailag hozzá tartozó, de a toktól független képződmények.

3.2.2. Az ízületek járulékos alkotórészei

Ezek nem minden ízületben, hanem csak egyesekben előforduló anatómiai képződmények.

Discusok és meniscusok. Rostporcos korongok vagy gyűrűbetétek, amelyek az ízület üregét teljesen vagy tökéletlenül két részre osztják. Discusok (*ízületi korongok*) szabálytalan vagy egymásnak meg nem felelő idomú ízvégvek esetében fordulnak leginkább elő, amikor is a két ízvégek közötti incongruentiát egyenlítik ki. Mindkét felszínük egy-egy csontvéggel alkot ízületet, és az ízületi tokkal körös-körül összenöttek, ilyen esetben tehát az ízületi üreg lap szerint két részre osztott. Ilyen discus fordul elő pl. a szegycsontok közötti ízületben és a rágóízületben.

*Meniscus*oknak a rostporcos gyűrűbetéteket nevezzük, amelyek az ízületi üreget nem osztják két részre, csupán az ízesülő porc felszínének közötti részleges incongruentiát egyenlítik ki. Az ízületi tokkal nem mindig nőttek össze, helyenként szalagok által rögzítettek. A térdízületben fordulnak elő.

Rostporcos **ízületpapajkak** (*labia articularia*). Az ízület papajka porcos széléhez körkörösén hozzánőtt és azt mélyítő, rugalmas szél képező rostporcos gyűrűk. A csípő- és a vállízületben találhatók.

Ízületi tömlők és hüvelyek (*bursae et vaginae synoviales*). Ízületek környékén nagy számban fordulnak elő zárt, lapos, belső felszínükön iznedvszerű nyúlós folyadékot termelő tömlők, amelyek két felszíne egymáson könnyen elcsúszva megkönnyíti két szomszédos réteg – ami lehet két izom, ín és izom, ín és csont, bőr és izompólya stb. – egymáshoz viszonyított elmozdulását. Ezek tárgyalása általában az izomtan feladata. Vannak azonban olyan tömlők, amelyek rendszeresen közlekednek az ízület üregével, ezeket megkülönböztetésül *bursae* (tömlők) és *vaginae* (hüvelyek, pl., ha izom inát veszik körül) *synoviales* névvel jelöljük. Ugyancsak az ízület körüli különböző rétegek elmozdulása során jelentkező súrlódásokat csökkentik.

Ízületi tok feszítő izmok (*musculi articulares*). Az ízületek környékén elhelyezkedő izmok kisebb nyálábjai, ritkábban önálló izmok, amelyek az ízületi tokon tapadnak. Minthogy az izmok összehúzódásakor rendszerint a maguk oldala felé hajlítják az ízületet, az ilyen nyálábok megakadályozzák a hajlított oldalon ráncot vető ízületi tok becsípődését.

3.2.3. Ízületi mechanika és az ízületek osztályozása

Az ízületek felosztása és mechanizmusai egymástól el nem választhatók, ezért közös fejezetben tárgyaljuk őket. Először foglalkoznunk kell az ízület bizonyos kitüntetett helyzeteivel, amelyekből elemzésünk kiindul, utána az ízületet összetartó tényezőkkel és az ízületi mozgások néhány általános vonásával, végül az ízületeknek az ízfelszínük idoma és ebből adódó mozgástípusa szerinti felosztásával foglalkozunk.

Az ízület kitüntetett helyzetei közül az, amelyből a mozgások elemzésénél kiindulunk, helyesebben amelyhez minden más helyzetet viszonyítunk, az *ízület normál* (vagy alap-) *állása*. Ez az a helyzet, amelyet az ízületek az ember egyenes – de nem katonásan feszes –, álló testtartása mellett, a felső végtagok laza lelógatása és a fej természetes előretékintő tartása mellett maguktól felvesznek. Ez természetesen egyénenként változó a testalkattól, a tápláltsági foktól, az izomerőtől és a nemtől függően, de mégis megközelítő tájékozódást nyújtó kiindulási alap, sokkal inkább, mint bármely más mesterségesen megállapított testtartás. Ettől meg kell

különböztetni az *ízület ún. középhelyzetét*, amelyben az ízület tokja és szalagai minden irányban egyenletesen ellazultak, vagyis az a helyzet, amelyet elasticus tényezői folytán az ízület magától felvenne.

Normális körülmények között ízületeink középhelyzetét nem is ismerjük, mert egyrészt tagjaink súlya és az izmok tónusa erősebben befolyásolja az ízület helyzetét, mint saját elasticus tényezői, másrészt egészséges ízület bármely állása mellett nem érzünk semmi feszülést, kivéve ha az ízületet erőlyesen valamely véghelyzetébe, sőt azon túl igyekszünk juttatni.

Gyulladt és ezért fájdalmas ízületet a beteg a tok egyenletes ellazítása érdekében azonnal a középhelyzetbe juttat. Ugyancsak középhelyzetben áll az ízület, ha üregét valamely folyadék gyülem (*vér* vagy *gyulladásos izzadmány*)² feszesen kitölti.

A fontosabb ízületek középhelyzetét az orvosnak azért kell ismernie, mert a középhelyzetben kórosan rögzített ízület mellett más elváltozásra kell gondolnia, mint a középhelyzetben kívüli helyzetben rugalmasan rögzített ízület esetén (*ficam*).

3.2.4. Az ízületet helyben tartó tényezők

Az ízületben egymáshoz illeszkedő porcfelszínek még erőlyes mechanikai behatásokra (*húzás*) sem választhatók el egymástól.

Az összetartásban elsősorban az ízület szalagai visznek szerepet, amelyeknek szakítási szilárdsága igen nagy. Így pl. a csípőízület fő szalagja, a lig. iliofemorale egymaga csak mintegy 500 kg megterhelésnél szakad el; a kisebb szalagok ellenállása természetesen lényegesen kisebb. A szalagok csak úgy tarthatják helyben a két csontrészt, ha az ízület bármely állásában elég feszesek. E tekintetben az ízületek részletes tárgyalásánál látni fogjuk, hogy a szalagok többnyire az ízület forgási tengelyében vagy ahhoz közel erednek, és ezért az ízület mozgásaitól függetlenül mindig feszesek maradnak. De az ettől az általános szabálytól eltérő fontos kivételeket is meg fogjuk ismerni.

Egy másik lényeges egybetartó tényező az ízületi tok, nem csupán erős külső rostos rétege folytán, hanem azért is, hogy megakadályozza az ízületen kívüli szerv- vagy szövetrész benyomulását a porcfelszínek közé.

Ezzel összefüggően a légnyomás is hozzájárul a csontvégek összetartásához, mert szétválásuk nyomán köztük légüres térnek kellene keletkeznie. Hasonló szerepű a porcfelszínek egymáshoz való adhaesiója.

Kisebb ízületekben az ízvégeket egybetartó erőket húzással le lehet győzni. Ilyenkor a széthúzott ízvégék közé kis roppanással befelé türemkedik az ízületi tok. Ez történik pl., amikor egyesek rossz szokásból vagy idegességből ujjaik meghúzásával „ropogtatják” ízületeiket.

Az ízvégék összetartásában lényeges szerepet játszik még az izomzat tónusa. Ez a tényező az említettek mellett változó arányban vesz részt különböző ízületekben. Laza tokkal és szalagkészülékkel bíró, erős izomzattal körülvett ízületekben (pl. *vállízület*) ez a döntő tényező, ami abból is kitűnik, hogy pl. a vállízületet köpenyszerűen körülvevő izomzat teljes vagy nagy részben való bénulása esetén az ízvégék egymástól eltávolodnak (*subluxatio* – nem teljes *ficam*)².

Különleges esete az ízesülő csontok egybetartásának, ha az ízvápa legnagyobb görbületén túl magába foglalja az ízfejet (*enarthrosis spheroides, articulatio cotylica*, görög, jelentése üreges ízület). Ez esetben persze az ízfej az ízvápától nem távozhat el, de érthető módon mozgása erősen korlátozódik. Ilyen a borz állkapocsízülete. Némileg hasonlít hozzá az ember csípőízülete, amelyben a gömb alakú ízfej a medencecsont ízvápája csontosan nem, de az azt mélyítő rostporcos ajak segítségével ekvátorán túl körülfogja.

3.2.5. Az ízületek mozgásai

Az ízületekben végbemenő mozgásokat az ízület normál vagy alapállásához viszonyítottan tekintjük. Minthogy ritka kivételtől eltekintve az emberi test ízületeinek mozgása tengely körüli körmozgás, az ízületek mozgásait rendszerint ívértékben (fokokban) adjuk meg, tehát egyszerűen azzal a szögeltéréssel, amelyet az elmozdított tag az ízület normál vagy alapállásához viszonyítottan mutat. Minthogy több ízületben nem csupán egy, hanem két vagy több tengely körül lehetséges elmozdulás, ilyen esetben mindig jelezniük kell vagy az ízület tengelyét,

² Luxationnak vagy ficamnak nevezik az ízvégék teljes eltávolodását egymástól (az ízfej kiugrik az ízvápából), rendszerint az ízületi tok vagy szalagok elszakadása mellett.

amely körül, vagy a síkot, amelyben a szóban forgó esetben a tag mozog. A térben való tájékozódásra természetesen az előző fejezetben tárgyalt általános sík-, tengely- és iránymegjelöléseket használjuk.

Hosszabb testrész (*végtagok*) ízületeinek mozgása esetében a normál állásban jobbra egymás folytatásába eső csontok oly irányú elmozdulására, melyben a köztük levő közel 180°-os szög csökken, a **hajlítás** (*flexio*) kifejezést használjuk. Ilyen például a normál állásban nyújtott könyök – tehát amikor a felkar és az alkar csontjai egymással kb. 180°-os szöget zárnak be – behajlítása, mely végső helyzetében a két tagrész hegyesszögű állásáig (30°) vihető. Ellentéte: a behajlított ízület **nyújtása** (*extensio*). Nem ilyen egyszerű a helyzet, ha egy tagot két ellentétes irányba lehet behajlítani, mint pl. a kézcsuklót: itt ezért hozzá kell tennünk, hogy merre – azaz a kézháti vagy a tenyéri oldal felé – hajlítjuk a kezét: van tehát *flexio dorsalis* és *flexio volaris*. Még kevésbé egyértelmű a szóhasználat abban az esetben, ha két tag alapálláskor nem egymás folytatásába esik, hanem szöveget zár be, pl. a láb és a lábszár, amelyek tengelyei 90°-os szögben állnak. Ilyenkor logikus volna a lábnak a talp felé való hajlításakor (pl. a lábujjhegyre állás) extenzióról és a lábát felé hajlításakor (sarkon állás) flexióról szólnunk. Ezzel szemben az előbbi mozgást régi szokásból *plantarflexiónak*, az utóbbit *dorsalflexiónak* nevezzük. Végképp megzavarja a dolgot, hogy azok az izmok, amelyek az előbbit létrehozzák, a lábszár flexorai, és az utóbbit mozgást okozók a lábszár extensorai. Logikusabb és élettani szempontból éppen fordítva van: a lábat a talp felé hajlító, és az anatómiában flexornak nevezett izmok az igazi extensorok, és viszont. Bármennyire helytelen is az anatómiai szóhasználat, nem vállalkozhatunk az évszázadosan begyökeresedett orvosi terminus technicus megváltoztatására, de látni fogjuk, hogy az alsó végtag mozgásainak idegmechanizmusában ezt a helytelen szóhasználatot figyelembe kell venni.

Több, normál állásban egymással párhuzamos tag közül az egyiknek a másiktól vagy többnek egymástól való **eltávolítását** (pl. az ujjak szétterpesztése, a kar oldal felé való felemelése, a combok széttárása stb.) *abduciónak*, ellentétét, azaz a testrészek vagy tagok egymáshoz való **közelítését** *adduciónak* nevezzük.

Speciális, az eddig tárgyalt két mozgásformába be nem illeszthető eset a karnak vállban vagy az alsó végtagnak csípőben való előre-, illetve hátrafelé (a végtag a saggitalis síkban mozog) emelése. A közönséges flexióval szemben ilyenkor a végtag előrelenyújtését vagy mozgatását *anteflexiónak*, hátralenyújtését *retroflexiónak* mondjuk.

Ha egy ízületben a csont, illetve az annak megfelelő egész testrész saját hossz tengelye körül **forog**, ezt *torsió*s vagy *rotáció*s mozgásnak mondjuk. A mozgás irányát különbözőképpen jelezzük, rendszerint aszerint, hogy annak eredményeképpen a mozgásban levő feltűnőbb testrész merrefelé fordul. Pl. az alsó végtag csípőben vagy térdben való forgatásakor *befelé rotatio* az, amikor a lábujjak vége a középvonal felé mozdul, és *kifelé rotatio* az, amikor azok a középvonaltól kifelé térnek el. Az alkarnak tekintélyes méretű forgásában külön névvel jelöljük a kézhátnak előre- (függőleges alkarok mellett) vagy fölfelé (behajlított könyök mellett) fordítását: ez a *pronatio* (nem használt nyelvújítási szó **borintás**), és ellentéte, azaz a tenyér előre- vagy felfelé való fordítása a *supinatio* (**hanyintás**).

Szabadabb mozgású ízületekben a mozgások egymással kombinálódnak. Ennek egyik fontosabb speciális esete a testrész **körözése** vagy **körülhordozása** (*circumductió*). Ilyenkor a körözött testrész vagy annak hossz tengelye kúppalástnak megfelelő felszín mentén mozog. A valóságban természetesen a kombinálódó mozgások terjedelme szerint végtelen sok, egymásba illő kúp felszín mentén történhet a circumductió, közülük azonban csak azt a circumductiót vesszük figyelembe, amelynél minden mozgást maximális terjedelméig visszük, azaz amelyben a végtag a lehetséges legnagyobb nyílásszögű kúpot írja le.

Néhány speciális, nem általánosítható mozgásformáról a részletes részben emlékezünk meg.

3.2.6. Ízületi gátlóberendezések

Az ízületek mozgásai többségükben tengely körüli körmozgások ugyan, eltérőleg azonban a technikában alkalmazott legtöbb ilyen mozgástól, a teljes körforgásnak csupán kis részére korlátozottak. Az ízületben végezhető mozgások terjedelmét több tényező határozza meg, úm. az ízfelszínek alakja, egymáshoz mért nagysági viszonyai, a csontoknak az ízfelszínekkel szomszédos domborzati viszonyai, a szalagok, az ízületi tok és végül az ízületet körülvevő lágyrészek, illetve egyéb testrészek. Az ízületek mozgásainak az elemzésében, még inkább azonban sérülések létrejöttének oki magyarázatában fontos azon anatómiai tényezők és okok ismerete, melyek a különböző mozgásoknak határt szabnak. Ha ezek a tényezők konkrét anatómiai képződmények, **gátlóberendezés**ről szólnunk.

Csontos gátlóberendezés, ha az ízület mozgását a két ízvéghöz tartozó vagy környezetében levő csont részlet összeütközése akadályozza. Így pl. a könyökízületet a 180°-os álláson túl hátra nem lehet hajlítani, mert a

singcsont kampószerű hátsó nyúlványa, az olecranon, beleütközik a felkarcsont hátsó hasonnevű gödrébe. Az igazság kedvéért meg kell jegyeznünk, hogy a legtöbb esetben normálisan nem is ütközik össze nagyobb mértékben a két csont, mert közvetlenül előtte már kevésbé merev gátlóberendezések mintegy elasticusan felfogják az ütközést. Más eset valamely csont rész beleütközése kifeszülő szalagba. Ilyen pl. a vállízületben a kar oldal felé való felemelésekor (abductio) a felkarcsont nagy gumójának (tuberculum majus humeri) beleütközése a vállízületet felülről áthidaló ligamentum acromioclaviculareba. Igen gyakori gátlómechanizmus az ízület szalagjának megfeszülése, különösen ha ezek az ízület forgástengelyétől eltérő helyen excentrikusan erednek (pl. a térdízület, az ujjak alapízületei). Máskor az ízület szalagai spirálisan egymásra csavarodva (pl. a csípőízületben) fogják le a további mozgást.

Közönséges eset, hogy az ízületi tok megfeszülése akadályozza a további mozgást. Gyakran az említett tényezők nem külön-külön, hanem közösen hatnak egyidejűleg. A csontvázon kívüli tényezők közül fontos az izmok megfeszülése és a behajlított oldalon a lágyrészek (izom, bőr alatti szövetek, bőr) összetorlódása (pl. könyök, térd behajlításánál).

3.2.7. Az ízületek osztályozása ízfelszíneik alakja szerint

Számos ízület ízfelszíne szabálytalan idomú (dudoros, szabálytalanul lapos stb.), s egyidejűleg szalagkészüléke és tokja oly rövid, hogy bennük jelentősebb mozgás nem lehetséges. Ezeket **feszes ízületeknek** (*amphiarthroses*) nevezzük. A valódi ízületektől csak a mozgékonyosság korlátozottsága különbözteti meg őket. E tekintetben számos átmenet van a szinte valóban elmozdíthatatlan ízülettől (pl. keresztcsont–medence ízület) az aránylag sok irányban mozgatható kéz- és lábtőcsontok közötti ízületek egyikéig-másikáig. Néhány szabálytalan idomú ízület szalagkészüléke olyan bő, hogy kisebb terjedelmű mozgást minden irányban megengednek (pl. szegycsont–kulcsfonti ízület). Ezeket, mert a megengedett határokon belül minden irányban (tehát sok tengely körül) lehet mozgatni őket, *korlátolt szabad ízületeknek* nevezzük. Ilyen értelemben minden feszes ízület voltaképpen sok tengely körül, de nagyon kis mértékben mozgatható. A csontvázrendszerben több helyen (gerinc, lábtő, kéztő) fordulnak elő, aránylag rövid csontokból álló vázrészek, amelyek egyes tagjait rendszerint feszes ízületek kapcsolják egybe. Így a csontok egymáshoz viszonyított helyzete alig változik, összefüggésében azonban, a sok kis mozgás összeadódása folytán, az egész szerkezet szöglettorlás nélküli jelentékeny és sokirányú elmozdulásra alkalmas (pl. gerinc).

A többé-kevésbé szabályos (mértni) idomú mozgékony ízületeket mozgási tengelyeik száma szerint osztályozzuk.

1. Egytengelyű ízületek. Két fajtájuk fordul elő, ún. **csapós** vagy **csuklóízület** (*ginglymus*) és **forgóízület** (*articulatio trochoidea*).

a) Ginglymuson azt az ízületféleséget értjük, amelyben az ízület tengelye az ízesülő csontok hossz tengelyére megközelítően harántul áll. Az ízületi felszínek lényegében egymásba illeszkedő domború és vajt hengereknek felelnek meg. A valóságban ettől mégis eltérnek annyiban, hogy a domború felszínen a görbület mentén vajúlat fut körül, az ízfej tehát cérnaorsó alakú (*trochlea*), míg az ízvápán ugyanilyen irányban az előbbi vajúlatba illő kiemelkedő lécs található. E berendezés megakadályozza az ízfelszíneknek a henger tengelyével párhuzamos oldal felé való elcsúszását. Ez a leggyakoribb ízületféleség, legtisztább típusai az ujjak ízületei (*articulationes interphalangeae*). Jellemző alkotórésze az ízfej tengelyében eredő két oldalszalag (*ligamenta collateralia*), amelyek a két csontot összetartják, és a henger tengelye körüli „ajtó- vagy ablaksarok”-szerű mozgást tág határok között megengedik.

b) Articulatio trochoidea vagy forgóízület esetében az ízület tengelye a csont hossz tengelyével megközelítőleg egybeeső. Az ízfelszínek lehetnek henger vagy kúp alakúak (ritkábban gömbfelszín alakúak), és mozgásuk a „tengelycsapágó” mozgáshoz hasonlít. Oldalszalagaik nincsenek, hanem egyéb, az ízfejet az ízvápába hurokszerűen (pl. könyökízületben) vagy más hasonló módon befogó szalagkészülék. Legtisztább típusa az 1. és a 2. nyakcsigolya közötti ízület (*articulatio atlantoaxialis*).

c) Gyakori a kétféle egytengelyű ízület kombinációja vagy két külön ízület kombinációja (könyökízület), vagy csupán az ízületi mechanizmus kombinált volta révén (térd). Ilyenkor csuklóforgó ízülettről: **trochoginglymusról** szólnunk; logikusan a következő csoportban volna a helyük.

2. Kéttengelyű ízületek. Ugyancsak két fajtájuk fordul elő, ún. **tojásízület** (*articulatio ellipsoidea*) és **nyeregízület** (*articulatio sellaris*).

a) Articulatio ellipsoidea vagy tojásízület, amint neve is mutatja, tojásdad idomú ízfejjel és ennek megfelelő ízvápával bír. Két, egymásra merőleges görbületének, illetve tengelyének megfelelően két tengely körül enged meg mozgást.

b) Articulatio sellaris vagy nyeregízület: két egymásba illő nyereg alakú felszíne van, tehát nem különböztethető meg ízvápja és ízfej, mert az egyik görbület egyik irányban domború, a másik a másikban. Az ízületnek a két görbület tengelyének megfelelően két egymásra közel merőleges tengelye van. Az ember egyetlen tiszta nyeregízülete a hüvelykujj kézközépcsont-kéztőcsont ízülete (*articulatio carpometacarpea pollicis*), amelynek egyik tengelye körül a hüvelyket a tenyér síkjában a többi ujjhoz közelíthetjük vagy tőlük távolíthatjuk (*adductio-abductio*), a másik tengely körül a hüvelyket a tenyér síkjából kiemelve a többi ujjal harapófogó- vagy csipeszszerűen szembehelyezzük (*oppositio-repositio*).

3. Soktengelyű vagy szabad ízület. Csak egyféle van **gömb** alakú ízfejjel és vápával, neve ennek megfelelően *articulatio spheroides*. Habár mint a gömböt megfelelő vajúlatban minden irányban egyformán – tehát végtelen sok tengely körül – mozgathatjuk, ezért is nevezzük egyúttal szabad ízületnek, a gyakorlatban mégis a tér három fő irányban (úm. sagittalis, haránt és függőleges) haladó tengelyeket emeljük ki, és a gömbízület mozgásait ezek szerint elemezzük. Ezért (helytelenül) háromtengelyű ízületként is emlegetik. Az emberi testben két, közel tökéletes gömbízület fordul elő: a váll- és a csípőízület. Ilyen ízület mozgásterjedelmét az ízvápja és az ízfej egymáshoz viszonyított aránya – ti., a teljes gömb mekkora hányadát képezi az ízvápja – és a szalagkészülék, valamint ízületen kívüli tényezők döntik el.

Meg kell jegyeznünk, hogy az ízület mechanizmusa szempontjából közömbös, vajon két csont között az ízesülés egy vagy két, sőt esetleg több helyen, azaz anatómiailag különálló ízületben történik.

Azonos csontok közötti többes ízület mechanizmusa mindig egységes, sőt sokszor több különálló ízfelszín együttesen felel meg egy meghatározott egyszerűbb mértani idomnak. A fej és az 1. nyakcsigolya közötti két, anatómiailag különálló ízületi felszín közösen felel meg egy egységes tojásízület felszínének. Kombinált ízületekben mindig a kisebb mozgékonyaságú ízület rész határozza meg az egész ízület mozgékonyaságát (lásd könyökízület; alsó ugróízület).

3.2.8. Az ízületek ér- és idegellátása

A legtöbb ízületet igen bőséges ér- és idegfonat veszi körül. Közülük különösen nevezetes tény, hogy a kisebb verőerek az ízületek körül hálózatosan összefüggő arteriális recét (*rete articulare arteriosum*) alkotnak. Ennek okaira és orvosi jelentőségére az általános értanban térünk ki.

Az ízületek, pontosabban az ízületi tok és a szalagok ér-ideg-ellátása is igen bőséges; ennek a testhelyzet felőli tájékozódásban és az ezzel összefüggő reflexekben való jelentőségére az idegrendszerrel térünk ki. Nagyobb ízületek ér-idegei egy vagy több, rendszerint szomszédos idegből erednek. Ezeket könyvünkben nem ismertetjük, de fontos kiemelnünk, hogy ezek az idegágak típusos helyeken találhatóak, és ismeretük a szakorvoslás szempontjából fontos; pl. gyógyíthatatlanul és tartósan fájdalmas ízületek idegeinek átmetszéssel való kezelésekor.

4. 4.4. A GERINC CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI

A **gerinc** (*columna vertebralis*) 33–35, nagyobbára feszes ízülettel összeillesztett vagy alsó szakaszán össze is csontosodott **csigolyából** (*vertebrae*) álló, többszörösen görbült vázrész. A törzs és a nyak vázát, egyben a test csontos tengelyét is képezi. Felső végéhez a koponya illeszkedik. Háti szakasza a bordákkal és a szegycsonttal a mellkast alkotja. Ehhez rögzül felül a felső végtag csontos váza. Alul a gerinc keresztcsonti szakasza a medencecsontokkal az alsó végtag csontos övét alkotja.

Csupán az első 24 csigolya valódi (*vertebrae verae*) csigolya. Az utolsó 9–11 csigolya oly nagymértékben módosul, hogy ezeket álcsigolyáknak (*vertebrae spuriae*) nevezzük. A koponyával közvetlenül érintkező első nyakcsigolya és még az utána következő második is annyira eltér a csigolyák általános alakjától, hogy az alábbi általános leírás rájuk nem érvényes.

A **valódi csigolyán** megkülönböztetünk előretékintő, felülről lefelé fokozatosan nagyobbodó és magasodó, korong alakú csigolyatestet (*corpus vertebrae*). Ez szivacsos csontállományból áll, amelyet kívülről vékony, számos érrel átluggatott, porosus corticalis réteg fed. A csigolyatestek egymás felé lapos felszíneikkel zárulnak. Ez a felszín szivacsos jellegű, de vékony üvegszövetréteggel fedett. A csigolyatest hátrafelé gyenge függőleges vályút képez, ennek két oldalsó széléről ered a csigolyaív (*arcus vertebrae*), mely a csigolyatesttel a

csigolyalyukat (*foramen vertebrale*) fogja közre. A csigolyalyukak összességükben alkotják a gerinccsatornát (*canalis vertebralis*). A csigolyaívről erednek a csigolyák nyúlványai: oldalfelé és a legtöbb csigolyán kissé hátrafelé a harántnyúlvány (*processus transversus*), hátul középen a páratlan tövisnyúlvány (*processus spinosus*) és a felfelé, illetve lefelé irányuló páros ízületi nyúlványok (*processus articularis superior et inferior*), amelyek révén két szomszédos csigolya egymással két-két ízületet (tehát minden csigolya négyet) alkot. A haránt- és az íznyúlvány eredése előtt a csigolyaív felülről egy sekélyebb, és alulról egy mély bevágást mutat. Két szomszédos csigolya e bevágásai mindkét oldalon egy-egy nyílást, a csigolya közötti lyukat (*foramen intervertebrale*) alkotják.

A valódi csigolyák között elhelyezkedésük és hasonló alakú sajátságai alapján az alábbi csoportokat különítjük el: 7 nyakcsigolya (*vertebrae cervicales*), 12 hátcsigolya (*vertebrae thoracicae*), 5 ágyékcsigolya (*vertebrae lumbales*). Öt keresztcsonti csigolya a keresztcsonttá (*sacrum*) csontosodik össze, 4–6 csökevényes farkcsigolya (*vertebrae coccygeae*) zárja le a gerincet.

Nyakcsigolyák. Az első kettő különleges alakú (ezeket lásd később). A 3–7. nyakcsigolya teste kicsiny, téglalakú, a szomszédos csigolyák teste nyeregszerű vájulatokkal illeszkednek össze. A csigolyalyuk feltűnően tág, széles háromszög alakú. A tövisnyúlványok általában rövidek, végül fecskefarokszerűen kettéoszlanak. A 7. nyakcsigolya tövisnyúlványa gumóban végződik, s erősen kiemelkedik hátra és kissé lefelé irányulva. Élőben ez jól kitapintható – ezért a 7. nyakcsigolya régi neve: *vertebra prominens* –, és támpontot nyújt a csigolyák számolásához.

A nyakcsigolyák harántnyúlványa két gyökérrel ered a csigolyatestről, ill. az ívről. A két rész egy lyukat (*foramen transversarium*) fog közre. Ettől oldal felé a harántnyúlvány egységes, majd két gumóra válva végződik. A harántnyúlvány elülső része valójában bordacsökevény. A nyakcsigolyák foramen transversariumai a 7. csigolya igen szűk nyílása kivételével fontos verőér (*a. vertebralis*) számára szolgáló függőleges csatornát képeznek kétoldalt. A harántnyúlvány két oldalsó gumója közti vályúban lépnek elő a nyaki szakasz gerincvelői idegei.

Az íznyúlványok rövidek és lefelé haladóan a közel vízszintes síkból fokozatosan a frontálisba felegyenesedő síkban illeszkednek össze a szomszédos csigolyák íznyúlványaival.

Az 1. nyakcsigolya vagy **fejgyám** (*atlas*) az általános csigolyaidomtól nagymértékben eltér. Teste nincs, ezt elől karcsú ív (*arcus anterior*) helyettesíti. Ez az ív oldalt a tömegesebb *massa lateralis*ban találkozik össze a hátsó ívvel (*arcus posterior*). Az ívek közepén elől és hátul kisebb gumó látható, fontosabb az elülső íven hátrafelé tekintő kis ízfelszín (*fovea dentis*) a 2. nyakcsigolya fognyúlványával való ízesülésre. A *massa lateralis*ból oldal felé rövid harántnyúlvány ugrik ki, amely ugyancsak tartalmaz foramen transversariumot. Az atlas jóval szélesebb, mint a többi nyakcsigolya, ezért a foramen transversarium közel 1 cm-rel jobban oldalra esik, mint a többi nyakcsigolyán. Ez meghatározza az *arteria vertebralis* lefutását is. A *massa lateralis*on felfelé tekintő két ízfelszín (*fovea articularis superior*) szolgál a nyakcsigolya condylusai ízfelszíneinek befogadására. Az ízfelszínek két, egymás felé fordított hegyű láb cipőtalp benyomatra emlékeztetnek, és a kétoldali ízfelszínek egy közös ellipszoid felszín részei. Az ízfelszínt hátulról a foramen transversariumtól a hátsó ív felső oldalára terjedő barázda (*sulcus arteriae vertebralis*) kerüli meg; a hasonló nevű ér fekszik benne. A *massa lateralis*on lefelé tekintő lapos ovális ízfelszín (*fovea articularis inferior*) a 2. nyakcsigolyával való ízesülésre szolgál. Az 1. nyakcsigolya két ízfelszíne egymáshoz képest háztetőszerűen lejt oldal felé.

A 2. nyakcsigolya [*axis* (rég neve *epistropheus*)] jobban hasonlít a többi nyakcsigolyához. Csak annyiban tér el tőlük, hogy teste felfelé a fognyúlványba (*dens axis*) megy át. Ezen elől kis, porcborítású ízfelszín található az elülső atlasív *fovea dentis*ével való ízesülésre. Hátsó oldalán is van egy kis porcborítású felszín, amely az atlas elülső ívét belül áthidaló szalagon levő porcbetéttel ízesül. Az atlas alsó felszínei az *axis* testén felül a fognyúlvány két oldalán válszerűen kiemelkedő területen helyezkedő, háztetőszerűen lejtő ízfelszínekkel érintkeznek.

Az *axis* alsó felszíne már tökéletesen megfelel a többi nyakcsigolya idomainak.

Hátcsigolyák. Testük felülnézetben kártyaszív alakú, előretekintő lekerekített éllel. A csigolyalyuk elég szűk, kör alakú, a testbe hátulról bemélyed. A csigolyatest magassága lefelé haladva gyorsan növekszik. Az ív eredéséhez közel a test felső és alsó oldalán egy-egy bemélyedt, porccal borított felszínrész (*fovea costalis*) szolgál a bordafaj ízesülésére. Az 1., a 11. és a 12. borda kivételével minden borda feje két szomszédos csigolya testén – a saját csigolya felső és a felette levő csigolya alsó *fovea costalis*ával – ízesül. A harántnyúlvány ferdén hátrafelé irányul, rövid, vastag, gumószerű végének elülső felszínén bemélyedt ízfelszín (*fovea costalis transversalis*) szolgál a borda gumójával való ízesülésre. A *processus spinosus*ok hosszúak, rézsútosan lefelé

irányulnak, és egymást zsindeyszerűen szorosan fedik. A csigolyáiv széles lemezszerű, alsó részein előretékintő ízfelszínek helyettesítik az alsó ízületi nyúlványokat. A felső iznyúlványok rövidek, ízfelszíneik a frontális síkban hátrafelé tekintenek.

Ágyékcsigolyák. Nagy, felülnézetben bab alakú testük és az aránylag szűk háromszög alakú csigolyalyuk a legjellemzőbb rájuk. A test magasságához mérten az ívek keskenyek, s ezért köztük aránylag tág, csupán szalagokkal elzárt rések maradnak fent (lumbal punctio helye). A tövisnyúlványok bárd alakúak, hátrafelé kinyúlnak, és köztük is elég tág rések mutatkoznak. A harántnyúlványok hosszúak és karcúak; a testről való eredésük mutatja, hogy nem igazi harántnyúlványok, hanem bordacsökevények. Nevük ezért processus costarius. Az igazi harántnyúlvány a *processus costarius* mögött látható, csökevényes, járulékos gumó formájában marad meg. Az iznyúlványok igen erősek, ízfelszíneik sagittalis állásúak, a felsőké befelé, az alsóké kifelé néző homorulattal, illetve domborulattal.

Keresztcson (*os sacrum*)³³. Öt keresztcsonti csigolya össze-csontosodásából keletkező, előregömbült, ékhez hasonló csont. Elülső felszíne aránylag sima, a medence üregét határolja hátulról (*facies pelvina*). Rajta két függőleges sorban elhelyezkedő négy-négy, ferdén oldal felé nyíló nyílást (*foramina sacralia pelvina*) találunk, amelyeket párosával az eredeti keresztcsonti csigolyák összeforrását jelző vízszintes vonalak kötnek össze.

Hátsó felszíne erősen dudoros, gyengén domború. Rajta a csigolyák nyúlványainak az összeforradásából fennmaradt függőleges tarajszerű dudorsorok ismerhetők fel. Középen a *crista sacralis mediana*, a processus spinosusok maradványa, tőle oldalt a processus articularisoknak megfelelő *crista sacralis medialis*, majd még laterálisabban a processus transversusoknak megfelelő *crista sacralis lateralis* helyezkedik el. Az utóbbi kettő közt négy-négy luk látható (*foramina sacralia dorsalia*), melyek megfelelnek a medencei felszín hasonló nyílásainak, de jóval szűkebbek.

Felső része a tömegesebb basis ossis sacri, mely az utolsó ágyékcsigolya alsó felszínének megfelelő idomú, és a vele való összeilleszkedésre szolgál. A basis eleje az utolsó ágyékcsigolya testének elülső felszínével a medence felé erősen beemelkedő domborulatot (*promontorium*) képez.

Oldalsó részei, a partes laterales, voltaképpen összenőtt bordacsökevények. Rajtuk oldal felé néző göröngyös, hátrafordított fülhöz hasonló idomú lapos ízfelszín (*facies auricularis*) szolgál a medencecsonttal való ízesülésre. Emögött kiterjedt durva érdesség (*tuberositas sacralis*) szolgál a keresztcsontot a medencecsonttal összekötő hatalmas szalagkészülék rögzülése számára.

Alsó elkeskenyedett csúcsát (*apex ossis sacri*) az utolsó sacralis csigolya testének megfelelő része alkotja. Mögötte gótikus ablakra emlékeztető módon nyílik a keresztcsont csatornája (*hiatus canalis sacralis*), melyet kétoldalt az ízületi nyúlványokból összeforrta taraj alsó vége határol.

Az összeforrta keresztcsonti csigolyák lyukai képezik a keresztcsont csatornáját (*canalis sacralis*), amelynek eredeti csigolya közti nyílásai a csonton belül ferdén lefelé haladnak, majd T alakban előre- és hátrafelé elágazva az említett elülső és hátsó keresztcsonti likakban nyílnak az elülső és hátsó felszínen. A keresztcsonti idegek elülső és hátsó ágai lépnek elő rajtuk.

Farkcsont (*os coccygis*). 4–6 csökevényes csigolya; csak az első hasonlít némileg csigolyához, de ennek is csak teste és felső szarvszerű iznyúlványa marad meg. A többi: csökevényes lekerekített kocka vagy téglalakú csontocska; az utolsó három rendszerint össze-csontosodott.

4.1. A gerinc összeköttetései

A csigolyák összeköttetéseiben a csontok közötti összeköttetések valamennyi fajtája előfordul: syndesmosis, synchondrosis, synostosis és valódi ízületek.

Syndesmosisok. A szomszédos csigolyákat külön-külön is, de még inkább a gerincet egészében az ízületektől függetlenül szalagkészülék fogja össze. A csigolyák testén elől széles szalag fut végig (*ligamentum longitudinale anterius*). Keskenyen kezdődik a nyakszirtcsonton, majd a 2. nyakcsigolyától kezdve a testek egész elülső felszínét takarva, szorosan tapad a gerinc elülső felszínéhez. A keresztcsonton ennek elülső csonthártyájába olvad, de a farkcsontra ismét önálló szalaggá válva húzódik le. A csigolyatestek hátsó felszínén, tehát a gerincscatorna elülső falát borítva, halad lefelé a *ligamentum longitudinale posterius*. Keskenyebb, mint

³³ Sem „szent”-hez, sem „kereszt”-hez nincs köze. Görög eredetije (hierosz) egyúttal „nagy méretű”-t is jelentett. A keresztcsont a „Kreuzbein” szolgai fordítása. A németben ugyanis a Kreuz szó valaminek a kiemelkedő pontját is jelentheti. Ti. a keresztcsont emelkedik ki a legjobban az állat gerincén.

az előbbi, és csak a csigolya közötti porckorongok hátsó felszínén tapad szorosan oldalfelé irányuló csipkeszerű nyúlványokkal. A nyakszirtecsonton kezdődik, és beborítja a fejjületek szalagkészülékét mint *membrana tectoria*. A keresztcsonti csatornából, ahol inkább csonthártya, a hiatus canalis sacralison keresztül előbújik, és a farkcsont mély hátsó szalagját képezi. A csigolyaíveket a *ligamentum flavum* köti össze rövid lemezekkel a foramen intervertebrale kivételével, amelyet az ívek töve mögött szabadon hagy. Számos ilyen szalag van, mert a szalag minden csigolyaíven megszakad, ezért azelőtt többes számmal használták. Mint a neve is mutatja, sárgább színű más szalagoknál, amit a benne levő sok elasticus rost okoz. A tövisnyúlványok felett végighaladó *ligamentum supraspinale* a 7. nyakcsigolyától felfelé a tarkóizmokat sövényyszerűen elválasztó tarkószalaggá (*ligamentum nuchae*) önállósul. Ez a külső nyakszirteci gumótól lefelé a crista occipitalis externán ered; szerepe emberben alárendelt. A szomszédos tövisnyúlványokat is szalag köti össze.

Synchondrosisok. A csigolyák orvosi gyakorlati szempontból legfontosabb összeköttetései a csigolyatesteket folyamatosan összekötő korongszerű rostporcos **csigolyaközi porckorongok** (*disci intervertebrales*). Rostporcos lemezek, amelyek alakja a csigolyatestek alakjához idomul, és felülről lefelé fokozatosan vastagodnak. A gerinc görbületeinek megfelelően gyengén ék alakúak. A rostos porclemezt a csigolyatestekhez vékony üveporcréteg rögzíti. Voltaképpen nem lemez, hanem külső gyűrűszerű, valóban rostos porcos részből (*anulus fibrosus*) és belső, inkább kocsonyás jellegű *nucleus pulposus*ból áll, amelynek belsejében a chorda dorsalis sejtes elemei egy ideig megmaradnak. A rostos gyűrű maga is koncentrikusan rendezett kollagén rostgyűrűkből és az egyes gyűrűk közt rétegesen rendezett porcsejtekből áll. A kollagén rostok a szomszédos rostgyűrűkben 180° fáziseltéréssel haladó sinusgörbékre emlékeztető módon haladnak a porc felső és alsó felszíne közt. Veszedelmes tulajdonsága a porckorongnak, hogy a *nucleus pulposus* az *anulus fibrosus* gyöngébb helyein a gerincsatorna felé sérvszerűen kinyomulhat, és nyomás alá helyezheti a gerincvelői gyökereket (*discushernia*).

Synostosisok. A keresztcsonti csigolyák normálisan 2–3 éves korban összezsugorodnak, hasonlóképpen az utolsó farkcsigolyák is. Férfiban a farkcsont ritkán összezsugorodhat a keresztcsonttal, nőben nemigen.

Csigolyák közti ízületek. Minden két szomszédos csigolya iznyúlványai közt két-két feszes ízület jön létre. Ezek ízületi ürege a nyakcsigolyákon közel vízszintes, a hátszigolyákon a frontális, az ágyéki csigolyákon pedig a sagittális síkba esik. A gerinc mozgásainak elemzésekor ezt a tényt, és főleg az ízfelszíneknek a csigolya közti porckorongokhoz viszonyított helyzetét figyelembe kell vennünk.

Fejjületek. Különleges helyzetet foglalnak el a két első nyakcsigolya ízületei. Az atlas a nyakszirtecsonttal az *articulatio atlantooccipitalis*ban ízesül. Az ízfej a condyli occipitales, ízvápa az atlas fovea articularis superiorjai. Minthogy ugyanazon csont két-két felszíne illeszkedik egybe, a két különálló ízület mechanikailag egységes; a két felszín harántul álló hosszabb tengelyű tojásidomnak felel meg. Az ízület tehát tojásizület, vízszintes helyzetű haránt- és előlről hátrafelé irányuló (sagittális) tengellyel. A hosszabb haránttengely körül a fej bólintása („igen”-gesztus), illetve hátraszegése, a rövidebb sagittális tengely körül a fej ingatása történik – az egyik válltól a másik felé –, vagyis az enyhe rosszallást kifejező „ejnye-ejnye”-gesztus.⁴

Az atlas az axisszal az *articulatio atlantoaxialis* képzí. Voltaképpen három különálló ízület külön üreggel: a dens axis ízesül az atlas elülső ívével, míg kétoldalt az atlas alsó ízfelszínei az axis testén felül levő háztetőszerűen lejtő ízfelszínekkel ízesülnek. A három ízület együtt egy függőleges tengelyű kúpizületet alkot, a fej ide-oda forgatására (együttal a fej tagadó gesztusa = fejrázás).

A fenti két ízület szalagkészüléke közös. Mechanikailag a legfontosabb a *ligamentum alare*, amely a dens axis csúcscsőről kétoldalt ferdén felfelé és oldalfelé futva a condyli occipitales belső oldalán tapad. Megfeszülésük határt szab mind a fej oldalra forgatásának, mind oldalra hajlításának. Másik fontos szalaga a *ligamentum transversum atlantis*, amely hátra domború ívben köti össze az atlas massa lateralisait, és csapágyszerűen beleszorítja a dens axist az atlas fovea dentisébe. A szalag és a dens között is van egy kis ízület.⁵ Az atlas elülső és hátsó ívét egy-egy erős kötőszöveti lemez, a *membrana atlantooccipitalis* anterior és posterior köti a nyakszirtecsont öreglika elülső és hátsó kerületéhez. Ezek határt szabnak a fej előrebólintásának, ill. hátraszegésének, és a gerincsatornát tökéletesen elzárják a környezettől; csak az arteria vertebralis és az első nyaki ideg furja át. Orvosi gyakorlati szempontból a hátsó hártya fontos, mert az ún. cisternapunctiónál ezt át kell szűrni. Az ízületek szalagkészülékét a gerincsatorna felé – ennek elülső falát alkotva – a membrana tectoria

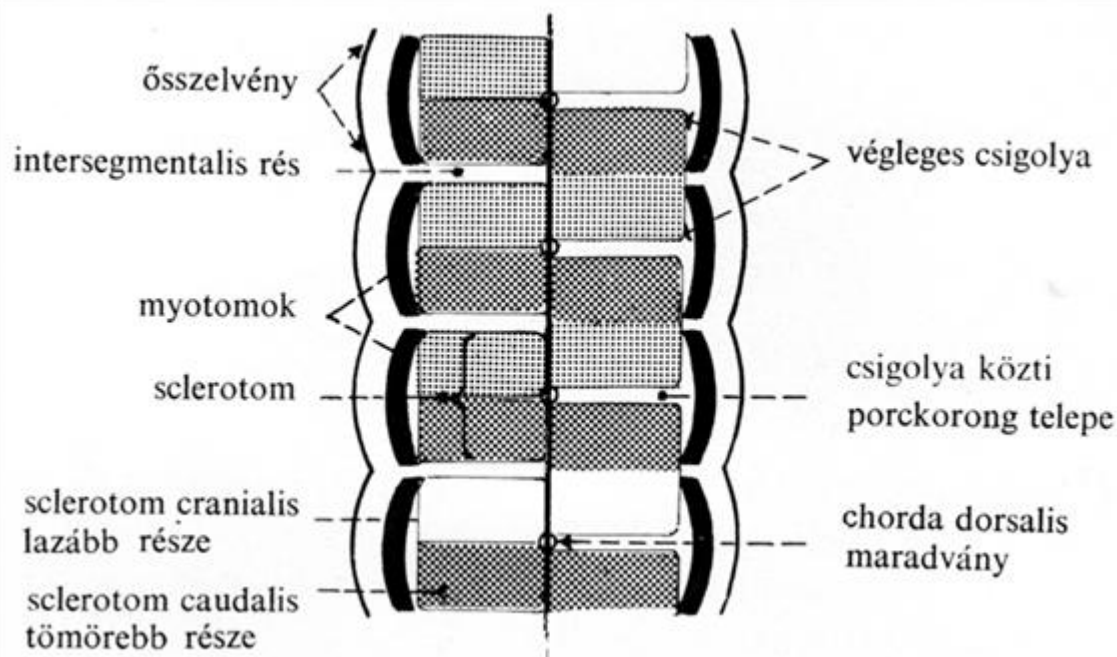
⁴ Voltaképpen ez a „fejcsóválás” a kutya farkcsóválásának analógiájára; sajnos az utóbbi időben az irodalmi nyelvünk is helytelenül használja ezt a kifejezést a helyes „fej rázása” (tagadó gesztus) helyett.

⁵ Irodalmi leírásokban, de még orvosi körökben is, régóta elterjedt tévhit, hogy akasztásnál a halált e szalagok elszakadása vagy a nyakcsigolyák eltörése („az emberséges hóhér ügyes fogása következtében”) és a nyúltvelő összenyomása okozza. Ennek nincs semmi alapja (lásd igazságügyi orvostan).

fedí, mely a foramen occipitale magnum elülső keretén belül ered, és lejjebb mint lig. longitudinale posterius folytatódik.

4.2. A gerinc fejlődése

A gerincesek törzsfejlődésében a gerinc előtelepe a chorda dorsalis (gerinchúr). Emberben ez már csak elég tökéletlenül fejlődik ki. Eredeti telepe az agyfüggelék tasak mögötti területtől (a későbbi sella turcica dorsumának megfelelő hely) a farkbimbóig ér. Szöveti maradványai a csigolya közti porckorongok nucleus pulposusában, a dens csúcsától az öreglik elülső kerületéhez haladó csökevényes szalagban és néha a koponyaalap középvonalaiban maradnak meg. Daganatok fejlődhetnek ki, főleg a dens csúcsi szalagából (*chordomák*). A chordát a középső csíralemez tagozódásánál leírt módon az őscsigolyák medialis lemezéből kirajzó mesenchymasejtek növik körül. Egy-egy szelvényhez tartozó mesenchymasejtek tömörületei a sclerotomok. Összességük képezi az embryo *axislis mesenchymáját*, amelyet eredetileg lazább szerkezetű intersegmentalis rések választottak el egymástól. A végleges csigolyatelepek két-két szomszédos szelvényből a szelvények újra-tagozódásával jönnek létre úgy, hogy minden eredeti szelvény caudalis tömörebb fele összeolvad az utána következő szelvény lazább szerkezetű cranialis felével, míg minden eredeti szelvény közepén a későbbi csigolya közti porckorong telepe alakul ki. A második hónap elején az így újjárendezett végleges csigolyaszelvények porctelepei is kialakulnak, majd a 3. hónaptól kezdve csontosodásuk is megindul. A porctelep a chorda körüli részből kiindulva hátrafelé körülövi a velőcsövet, és így a csigolyaíveket képezi ki. A szelvények átrendezése révén az eredetileg szelvényhatártól szelvényhatárig terjedő izomszelvények (*myotomok*) csigolyaközéptől csigolyaközépig terjednek (4/2. ábra), ami működési mechanikájuk szempontjából fontos (lásd izmok fejlődése).



4/2. ábra. Az eredeti összelvényekből kialakult sclerotomok (baloldalt) átrendeződése végleges csigolyákká a gerinc fejlődése során

A gerinc fejlődési rendellenességei között a szám feletti csigolyákat és a csigolya-összenövéseket tartják számon. Súlyos fejlődési zavart jelent a csigolyaívek tökéletlen fejlődése. Ilyenkor a gerinccsatorna hátrafelé nyitott (*rachischisis*). Ez a fejlődési zavar gyakran jár együtt a gerincvelő fejlődési rendellenességeivel.

4.3. A gerinc görbületei

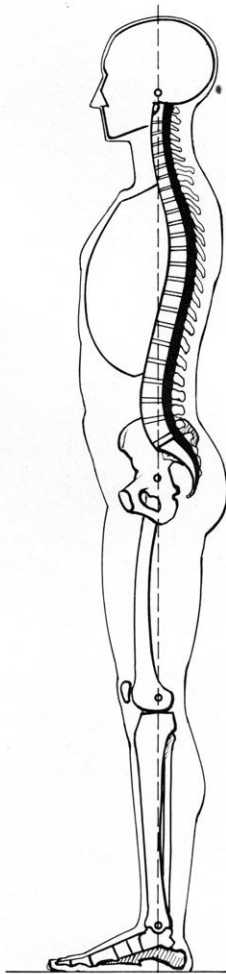
A gerinc a sagittalis síkban a test statikája és – rugószerű működésével – a koponya rázkódásmentes alátámasztása szempontjából fontos, jellemző görbületekkel bír. A nyaki szakasz előre domború, a háti hátradomborodó, az ágyéki ismét előre domború, s a keresztcsonti és a farkcsonti szakasz hátra, helyesebben inkább vízszinteshez közelálló iránya miatt, felfelé domborodó. A gerinc tehát egészen sinusgörbeszerű

lefutású. Az előredomborodó görbületeket lordosisoknak, a hátradomborodókat *kyphosis*oknak nevezzük. A test súlyvonalára álló helyzetben több csigolyát is metsz.

A 4/3. ábrából érthető, hogy ez a vonal a lábak által a talajon alkotott alátámasztási területre esik. Minthogy a súlyvonal előtti területek súlya a mögöttük levőkkel egyforma kell, hogy legyen, mindennemű aránytalan súlyszaporulat (pl. terhesség vagy erősebb hasra hízás – az idősödő férfi „kappanhája”) megváltoztatja a test egyensúlyi helyzetét, a felsőtest hátrahelyezését okozza (az előrehaladottan terhesek jellemző tartása).

Az újszülött gerince még gyakorlatilag egyenes, görbületei fokozatosan alakulnak ki a csecsemő természetes mozgásigényéből fakadó hasra fordulásával és a fejnek ezzel kapcsolatban hátra való felemelésével, később a felüléssel és a felállással. Teljes kialakulásuk a nemi érés utánra esik.

A nő ágyéki gerince erősebben domborodik előre, a keresztcsontja valamivel vízszintesebb (lásd a medence statikája).



4/3. ábra. A gerinc sagittalis görbületei és a test súlyvonalára

A gerinc görbületei az egyenes testtartás következményei, tehát emberi sajátosság. A frontális síkban is van a gerincnek kisfokú görbülete, a mellkasi szakaszon gyenge jobbra való domborodása a nyaki és az ágyéki szakasz alig észrevehető ellentétes eltéréseivel. Ez az ún. *fiziológiai scoliosis*. Oka nem biztosan ismert; lehet a mellkasi gerinchez baloldalt hozzáfekvő főverőér (aorta) hatása vagy a jobb felső végtag nagyobb izomereje és kitüntetett használata.

Az alsó végtag méretbeli vagy alaki eltérései, ízületi merevség stb. a gerinc kompenzáló alakzatváltozásaival járnak. Időskorban a gerinc hosszának 1/4-ét kitevő porckorongok zsugorodása, de részben a csigolyák atrophijája következtében, úgyszintén az izomzat gyengülése folytán a gerinc rövidül, görbületei fokozódnak, ami a testmagasság erős csökkenését okozza.

4.4. A gerinc mozgásai

Az atlason kívül 23 valódi csigolya egymáshoz viszonyított csekély elmozdulásai összességükben elég jelentékeny mozgásokat engednek meg a már tárgyalt fejjületeken kívül is. Az egyes csigolyák közötti elmozdulások lehetőségeit és irányait a csigolya közötti ízfelszínnek síkja és ezeknek a csigolyatesteken áthaladó hossz tengelyhez viszonyított helyzete szabja meg. A mozgások akadályait ezenkívül egyes nyúlványok összetorlódása is képezi.

Előrehajlásnál (*flexio ventralis*) a gerinc egységes ívvé válik, legjobban görbül előre a nyak az ízfelszínnek közel vízszintes helyzete miatt; az ágyékcsigolyák vastag porckorongjai és a sagittalis állású ízfelszínnek ugyancsak jelentős előrehajlást engednek meg. Keveset hajlik a hát, különösen alsó része.

Hátrahajlás (*flexio dorsalis*) mellett a gerinc vonala három helyen megtörik. Legjobban hajlik hátra a nyak, ezenkívül még az ágyéki tájék kezdetén és végén látszik jelentősebb mértékű hátrahajlás; a vonal töréspontjai a nyak tövére, a hát és az ágyéki szakasz határára, valamint az ágyék–keresztcsonti átmenetre esnek. A háti gerinc hátrahajlásnál kissé kiegyenesedik, de hátranéző domborúságát a tövisnyúlványok összetorlódása folytán nem veszti el.

Oldalra hajlásnál (*flexio lateralis*) ugyanezek a helyeken jelentkeznek megtörések.

A gerinc tengely szerinti **csavarodása** (*torsio*) is jelentős, egészben 45°. Ebben leginkább megint a nyaki gerinc vesz részt majdnem vízszintes, a porckorongokkal közel egybeeső ízületi síkjaival. Utána a háti gerinc következik, amelynek frontális állású ízfelszínei a csigolyatest közepe körül vonható körív mentén fekszenek. Az ágyékcsigolyák egymáshoz viszonyított torsiója az ízfelszínnek sagittalis állása miatt lehetetlen, viszont az utolsó ágyékcsigolya és a keresztcsont között ismét – frontális állású ízfelszíneik folytán – kismértékű torsió lehetséges.

5. 4.5. A MELLKAS CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI

A **mellkas** (*thorax*) csontos vázát a hátszigolyákon kívül 12 pár **borda** (*costae*) és a **szegycsont** (*sternum*) alkotja.

Bordák (costae). A bordák rugalmas hordóabronchhoz hasonlóan lapjukra hajlított hosszú lapos csontok, amelyek hátul a hátszigolyához, elöl pedig vagy közvetlenül, vagy közvetve a szegycsonthoz ízesülnek. Csak hátsó, mintegy háromnegyed részük csontos, elülső részük porcos (*cartilago costalis*).

Csupán a felső hét bordapár porca éri el közvetlenül a szegycsontot, ezek a **valódi bordák** (*costae verae*). Afennmaradó öt párt **álbordának** (*costae spuriae*) nevezzük; ezek közül a 8–10. pár porcai a felettük levő bordák porcaihoz rögzülnek egy vagy két helyen. A 11. és a 12. borda porcai szabadon végződnek a hasfal izomzatában; ezek a **repülőbordák** (*costae fluctuantes*). Az ún. aszténiás testalkatra jellemzőnek vélték a 10. bordák repülőborda-jellegét. A 7–12. borda porcai összenöve, és a 11–12. bordáké járulékosan alkotják a mellkas alsó határát: a bordaív (*arcus costalis*). Minden borda hátsó végén a bordafejecske (*caput costae*) szolgál a csigolyatestek fovea costalis-ával való ízesülésre. A bordafejecske nem gömb, hanem vízszintes léccel kettéosztott porcfelszín a felső és az alsó fovea costalis-szal való egybeilleszkedésre. Ezután az előlről hátra összelapított nyak (*collum costae*), majd egy hátrafelé kiugró gumó (*tuberculum costae*) következik a hátszigolya harántnyúlványával való ízesülésre. A bordák e ponttól kezdve még tovább ferdén hátrafelé és laterális felé haladnak, majd egy, a külső felszínen látható szögletnél (*angulus costae*) kezdenek ívben előrehajolni. Az *angulus costae* az 1. bordán még egybeesik a *tuberculum*-mal, ettől lefelé, kb. a 8. bordáig fokozatosan távolodik tőle.

Az 1. borda speciális idomú, ezért ezt külön írjuk le később. Sarlószerű, csak élére hajlított csontlemez, porca alig 1 cm hosszú. Felső felszínén, közel a szegycsonti végéhez, két, a bordát kissé ferdén keresztvező sekély vályút egy nem nagyon feltűnő csontos taréj választ el (*tuberculum musculi scaleni anterioris*), amelyen a hasonló nevű izom tapad. A tarajtól medialisán levő barázda a kulcscsont alatti gyűjtőér, a laterális a kulcscsont alatti verőér befekvésére szolgál (*sulcus venae et arteriae subclaviae*).

Atöbbi borda a 7. bordáig fokozatosan hosszabbodik, majd csontos része rövidül.

A bordákon háromféle görbület található: a borda lapjára hajlított (e görbület sugara hátul kisebb, mint elöl), élére hajlított (a borda középső része kissé lejjebb esik, mint a két vége), és megcsavart (a borda elülső része a hátsó részhez képest befelé csavart).

A bordák csontos ívei (nem a „bordaív”) által alkotott síkok előre- és lefelé lejtnek, csak a porcos részük halad ismét felfelé. Egyúttal az egy párt képező két borda e síkjai háztetőszerűen is kifelé lejtő síkokban fekszenek. (E két körülményt gondosan figyeljük meg csontvázon, mert elengedhetetlenül fontos a légzés mechanikájának megértéséhez!)

Minden borda testének alsó széléhez közel, a belső oldalon, barázda húzódik végig (*sulcus costae*), a bordaközi képletek belefekvésére.

Szegycsont (*sternum*). Három részből álló páratlan csont, amelyhez kétoldalt az 1–7. borda porca illeszkedik, és felső részén a kulcscsonttal alkotott ízület révén a felső végtag csontos vázával az egyetlen összeköttetést adja. Szivacsos csont, vékony corticalisréteggel; felnőttben is vörös csontvelőt tartalmaz. Ezért vörös csontvelőt diagnosztikai célból, ún. sternumpunctióval nyernek.

Felső része, a markolat (*manubrium sterni*), szélesebb, mint a többi része, különösen felül; nagyjából fordított trapéz idomú. Középen felül sekély bevágása van (*incisura jugularis*), ettől oldalt szabálytalan rostos porccal borított gödör (*incisura clavicularis*) szolgál a kulcscsonttal való ízesülésre. Közvetlenül ez alatt az 1. borda vége számára való bevágás, és alsó végénél a 2. bordaporc beilleszkedésére szolgáló bevágás fele található. Alsó végéhez illeszkedik synchondrosissal a szegycsont teste (*corpus sterni*). Ez lapos, előlről nézve orsó alakú csont, amelynek két szélén a 3–7. bordaporc ízesülésére szolgáló bevágások (*incisurae costales*) szögellnek be. Felső végén a 2. bordaporc bevágásának fele található. Az élön való tájékozódás szempontjából fontos, hogy a manubrium és a corpus sterni előreirányuló csúcsú tompaszögben illeszkedik össze, mert a manubrium a függőlegestől jobban eltérő, mint a corpus, noha az alábbi sem függőleges, hanem lefelé és kissé előrehaladó. E szöglet (*angulus sterni*) vagy az itt található harántléc még kövér egyéneken is kitapintható, és minthogy éppen ide illeszkedik kétoldalt a 2. bordaporc, a bordák számolásához nyújt biztos támpontot.⁶ Csökevényes alsó része, a kardnyúlvány (*processus xiphoideus*), a test alsó végéhez csontosodott nyelv alakú lapocska, melynek alsó vége többnyire porcos marad, és gyakran lyuk van rajta, vagy alsó vége kettős.

A bordák és a szegycsont fejlődése. A bordák a thoracalis csigolyák telepeiből fejlődnek ki mint oldalsó kidudorodások. Később a borda–csigolya ízületek kialakulásával különülnek el a bordák a csigolyáktól. A szegycsont a bordaporcok elülső végeit összekötő két függőleges porcléc felülről lefelé haladó összenövéséből jön létre. Tökéletlen összenövésük következtében a szegycsont közepén teljes vagy részleges rés maradhat.

Szám feletti bordák jelenhetnek meg, amelyek vagy az utolsó nyakcsigolyához (*nyaki borda*), vagy az első ágyéki csigolyához kapcsolódnak. A felső végtagra kifutó ér (a. subclavia) és idegkötegek (plexus brachialis) összenyomása miatt a nyaki borda zavart okozhat a végtag keringésében és idegellátásában.

5.1. A bordák és a csigolyák összeköttetései és a légzési mozgások ízületi mechanizmusa

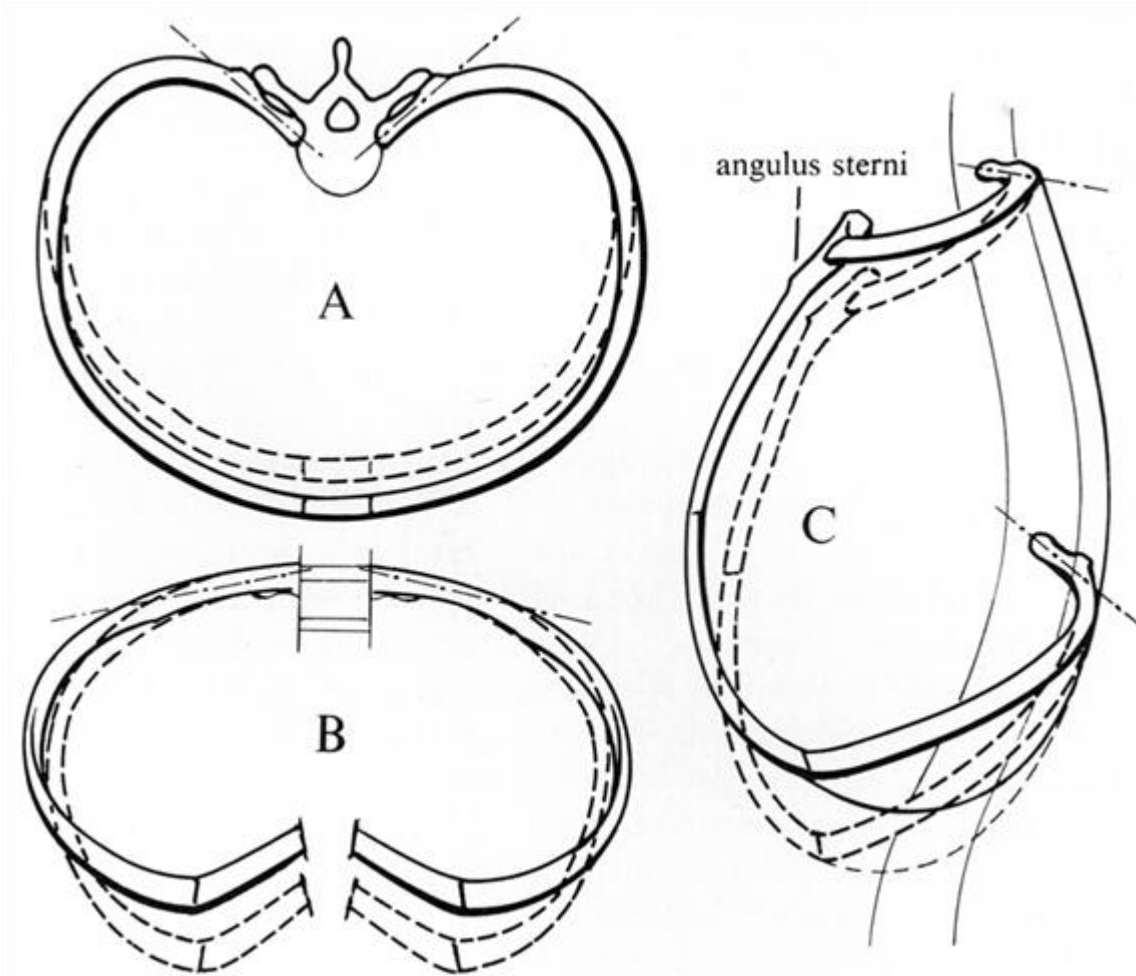
A borda két helyen ízesül a csigolyával, feje általában két szomszédos csigolya testének foveae costalesével, illetve a köztük levő discus intervertebralis egy részével, míg a bordagumó a processus transversusszal ízesül. Az 1., a 11. és a 12. borda e tekintetben kivétel, mert csak a saját csigolyájuk testével ízesülnek, a fölöttük levőével már nem. Mindkét ízület kicsiny felszíneiből és mind a fejet, mind a bordagumót, sőt a bordanyakat is rögzítő szoros szalagkészülből⁷ világos annak a számára, aki az általános ízülettanból megértette az ízületi mechanika általános elveit, hogy ez az ízület csak forgóízület lehet a bordafejet a bordagumóval összekötő tengellyel.

Ahhoz, hogy a borda mozgásait megértsük, először a bordák forgási tengelyének térben való orientációját kell megértenünk. Ez csak olyan ábra segítségével sikerülhet, amely ugyanazon bordát a rögzítésre szolgáló két csigolyával és szegycsont részével három nézetben ábrázolja: felülnézetben, oldalnézetben és előlnézetben (**4/4. ábra**). A felülnézeti ábrából (A) látható, hogy a két ellenkező oldali borda ízületi tengelye közel 90°-os szögletben a csigolyatestek első részében találkozik. Ugyanez az oldalnézeti (C) és az előlnézeti (B) képből azt is látjuk, hogy a két tengely nem a saját, hanem egy feljebb levő csigolya testében találkozik, azaz oldalra haladtában lefelé süllyed. Ha most a felülnézeti ábrán a borda egy tetszőleges szerinti pontját saját ízületi tengelye körül forgatjuk, érthetővé válik, hogy a borda felemelésekor e pont a sagittális középsíktól és egyúttal a csigolyán átfektetett homlokirányú síktól is távolodik. Ennek szükségszerű következménye, hogy a mellkas

⁶ Később meglátjuk, hogy a mellüregben és a hasüreg felső részében elhelyezkedő zsigerek vetületét elsősorban a bordákhoz viszonyítjuk, a bordák számolása és biztos identifikálása diagnosztikai szempontból tehát igen fontos.

⁷ A szalagok nevét itt elhanyagoljuk, csupán annyit említünk, hogy a bordafejet kettősztó lécről egy ízületen belüli szalag a csigolya közti porckoronghoz is rögzül.

átmérője mind haránt, mind előlről hátrahaladó irányban tágul. Fordítva, a borda süllyedésekor minden tetszés szerinti pontja a középsíkhoz, illetve a csigolyán átmenő homlokirányú síkhoz közeledik, tehát a mellkas átmérői csökkennek. Érthető tehát az is, hogy a bordák ízületi tengelye körüli forgásokor a mellkas ürege vagy tágul, vagy kisebbedik, ez tehát a légzési mozgások csontos és ízületi mechanizmusa.



4/4. ábra. A légzés bordaízületi mechanizmusa. Egy bordapár és a szegycsont hozzájuk tartozó részének ábrázolása felülnézetbe (A) és előlnézetből (B). Oldalnézetben (C) az 1. és 7. borda látszik. A bordák tengelyének a tér mindhárom irányában való ferdeségéből érthető meg, hogy a bordának a tengely körül felfelé való forgásokor (folyamatos vonalak) a mellkas mind sagittalis, mind frontalis irányban tágul (belégzés). Lefelé való forgásokor (szaggatott vonalak) ugyanezen irányokban szűkül (kilégzés)

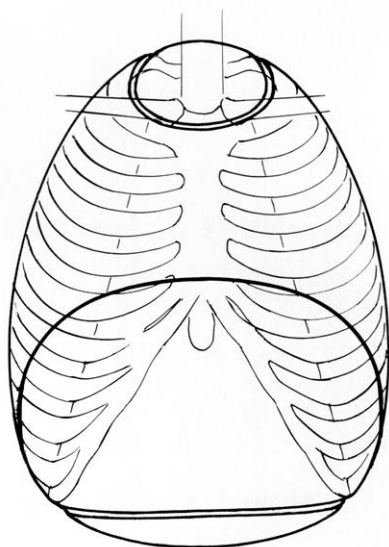
A felülnézeti és oldalnézeti ábrákból az is kitűnik, hogy a bordák felemelkedésekor a szegycsont is szükségszerűen távolodik a gerinctől, és helyzete kevésbé függőlegessé válik, azaz a szegycsonti szöglet is kissé ellapul. Ha a borda merev képződmény volna, ez nem lenne elképzelhető. A borda – főleg porcós részének – íve felemelkedésekor el kell, hogy laposodjék, süllyedésekor pedig a görbülete fokozódik. Ebből érthető, hogy idősebb korban – főleg férfiban – a bordaporcok merevedésével járó elváltozások nehezítik a bordás légzést. Több borda megfigyeléséből az is kitűnik, hogy felemelkedésükor a bordaközök tágulnak.

A bordaporcokat a szegycsont megfelelő bevágásaihoz valódi ízületek rögzítik, amelyek üregét egy belső szalag vízszintesen két részre osztja. A 8–10. borda porcainak végei szalagosan a felettük levő borda porcához rögzülnek. Végük előtt is előfordulnak még kis ízületek, amelyek két szomszédos borda porcát egymáshoz kötik.

5.2. A mellkas egészben

A csontos mellkas előlről hátra összelapított, felfelé tekintő csúcsú tojáshoz hasonló idom, amelynek tompa végéből egy gömbszelvénynek megfelelő részt kivágtunk⁸ (4/5. ábra). Átmetszetén látható, hogy nem csupán összelapított előlről hátrafelé, egészében harántul ovális alakú, hanem a gerinc hátul közepén mélyen benyomul az üreg felé. Ezzel az üreg harántmetszete bab vagy vese alakúvá válik, és a hát felé eső felszíne majdnem homlokirányú síkba esik (4/4A ábra). A hát eme lapossága specifikus emberi sajátosság; az ember az egyetlen emlős, aki legpihentetőbben a hátán tud feküdni.

A mellkas mind felül, mind alul nyitott. Felső bemenetét (*apertura thoracis superior*) a két első borda fogja közre az 1. háti csigolyával és a szegycsont markolatával, síkja előrefelé lejt (az előbbi hasonlatnál maradvány: olyan, mintha a tojás csúcsából előrelejtő sikkal egy kis darabot leszeltünk volna). Alsó nyílása (*apertura thoracis inferior*) ugyane hasonlatunkkal vázolt okokból nem esik egy síkba, hanem oldalt a csontos mellkas lejjebb terjed, mint hátrább és – főleg – elől. Szélét a két porcos bordaív határolja, hátrafelé a 11. és a 12. borda porcos vége alkotja közvetlenül a határt. Elöl a két bordaív hegyesszögben halad felfelé, és a szegycsont alatti szögletet képezi, melybe felülről a processus xiphoideus nyomul be. E szöglet belégzéskor tompább, kilégzéskor hegyesebbé válik.



4/5. ábra. Egyszerű vázlat a mellkas előlnézetének megszerkesztéséhez. Tompa végével lefelé fordított tojásból alul vízszintes sikkal leszeltünk egy darabot. Az így megmaradt test felel meg a mellkasnak. A rajzon vastag vonal jelzi a rekeszizom vetületét (vö. 7/26. és 7/59. ábrával, második kötet). Erre az idomra nehézség nélkül rávihetjük a sternum és a bordák kontúrjait

A mellkas ürege főleg alul, de részben felül sem azonos a később leírandó mellüreggel. A mellüreg a hasüregtől elválasztó rekeszizom ugyanis felfelé magasan bedomborodik a mellkasba (4/5. ábra), így a mellkas jelentékeny részét alulról a hasüreg felső része foglalja el. Fordítva: felfelé a mellüreg túlterjed az *apertura thoracis superior*val meghatározott síkon.

6. 4.6. A FELSŐ VÉGTAG CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI

A felső végtagon megkülönböztetünk vállövet és szabad végtagot. Ez utóbbi három részből áll: **kar** (*brachium*), **alkar** (*antebrachium*) és **kéz** (*manus*).

A vállöv vázát két csont, a kulcscsont és a lapocka képezi, melyek a törzs vázával csak a szegycsont-izületben függenek össze, nem számítva természetesen a lapockát és a kulcscsontot a törzs csontjaihoz rögzítő számos izmot.

A szabad végtag a vállövhöz a vállízületben rögzül. A kar vázát egy hosszú csöves csont, a karsont, az alkarét két párhuzamos csont: a singcsont és az orsócsont képezi. A kar és az alkar a könyökízületben illeszkedik össze. A kéz vázát számos csont és ízület képezi.

⁸ Ez durva egyszerűsítés abból a célból, hogy könnyen meg tudjuk szerkeszteni a mellkas és a mellüreg alakját.

A lényegében hasonló felépítésű alsó végtaggal szemben a felső végtagra mozgásainak nagy terjedelme jellemző. Kezünkkel a válltájék körül leírható olyan gömbfelszín szinte minden pontját elérhetjük, amelynek sugara a szabad végtag hosszával egyenlő; aránylag csak kicsiny holt szelvény marad ki hátra- és az ellentétes oldal felé. Az inkább támasztó működésű alsó végtag medenceövének rögzítettségével szemben ezt elsősorban a vállöv vázának mozgékonyága biztosítja.

A kéz fogó végtag, amelyet az emberrel legközelebb rokon antropoid majmok kezével szemben a hüvelykujj erős fejlettsége és a többi négy ujjal való szembeállítására tüntet ki; ezzel nem csupán tárgyak egyszerű megragadására, hanem finomabb manipulációjukra alkalmas „műszer”-végtaggá válik.

6.1. A vállöv csontjai és ízületei

Kulcsosont (*clavicula*). S-alakban görbült, felülről lefelé összelapított csont. Medialis (sternalis) vége tömegesebb, lekerekített háromszög alakú rostos porccal fedett felszínnel fekszik bele a szegycsont markolatának incisura clavicularisába. Ennek gödre azonban a kulcsosont végének csupán kis részét képes befogadni, nagyobb része magasan kiemelkedik. S alakú görbületének medialis 2/3-a előre domború, oldalsó 1/3-a ellentétes, előre homorú görbületű. Felső felszíne sima, alsó felszínén a sternalis véghez közel erős érdeességet okoz egy, a kulcsosontot az 1. bordával összekötő szalag. Az alsó felszínen hosszanti benyomatot okoz a kulcsosont alatti izom. Oldalsó végéhez közel egy másik érdeesség van az alsó felszínen, amelyet a lapocka hollócsőrnyúlványához haladó szalag okoz. Oldalsó vége lapos, és kis ovális ízfelszínnel ízesül a lapocka vállcsúcsi nyúlványához (acromion), ezért ezt a végét acromialis végnek nevezzük.

A kulcsosont a csontok többségével ellentétben nem porcos telepből, hanem desmogen úton fejlődik, tehát a koponyatető és az arc fedőcsontjaihoz hasonlóan. Fejlődési zavarai gyakoriak, sokszor öröklődők, nemritkán a koponya fejlődési zavaival párosulnak.

Klinikai vonatkozások. A clavicula a leggyakrabban eltörő csontja a csontvázrendszernek. Oka leggyakrabban kinyújtott karra esés vagy vállra esés. A gyógyulás során képződő callus magába foghatja a nn. supraclaviculares egyes ágait, ami a nyak azonos oldalán permanens fájdalom kialakulásához vezethet.

Lapocka (*scapula*). Háromszögletű lapos csont, amelynek elülső felszíne gyengén kivájt, a bordák felé tekint, de a lapockán tapadó vagy eredő izmok folytán velük közvetlenül nem érintkezik.

Háti felszíne nagyrészt izmokkal takartan hátrafelé néz. Egyenes (de nem túl feszes) testtartásban a 2–7. borda között fekszik a mellkas hátsó falához hozzásimulva. Három él határolja, melyek három szögletben találkoznak. Felső éle (*margo superior*) éles, oldalsó részén ered a lapocka egyik nyúlványa: a hollócsőrnyúlvány. Ennek tövétől medial felé mély bemetszés (*incisura scapulae superior*) vág be a felső élbe. Medialis éle (*margo medialis*) valamivel vastkosabb, alsó 2/3-ában függőleges, és mintegy 3 harántujjnyi távolságban párhuzamosan fut a hátsigolyák tövisnyúlványjaival. Felső harmada rézsútosan oldalfelé száll fel a felső szöglethez. Oldalsó éle (*margo lateralis*) jóval vastkosabb, mint a többi, az alsó szöglettől ferdén száll fel és lateral felé. Szögletei közül a margo medialis két végéhez csatlakozó felső lapockaszöglet változatos alakú, az alsó szöglet hegyes, vastkos ajakszerű széllal lekerekített. Az oldalsó szöglet a lapocka vállízületi részét képezi.

Két nyúlványa van. Az egyik a hollócsőrnyúlvány (*processus coracoideus*); ez a margo superior oldalsó részén közvetlenül az ízvápa mellett ered, felfelé, majd vízszintesen lateral felé halad. Élőben kitapintható a kulcsosont alatti árok mélyén oldalt. A másik a lapockatövis (*spina scapulae*), mely a margo medialis felső és középső harmada határán alacsony háromszög alakban kiszélesedett területtel ered, majd lateral felé a vízszintes síkban mindjobban kiemelkedő keskeny tarajjává válik. Még a lateralis szél előtt elválik a lapocka hátsó felszínétől, és az önálló, a vízszintes síkban ellapuló vállcsúcsi nyúlványba (*acromion*) megy át. Ez a lapocka ízületi részét felülről ívben megkerüli, és medial felé tekintő lapos felszínben végződik a kulcsosonttal való ízesülésre. Élőben mind a spina, mind az acromion egész hosszában kitapintható. A lapockatövis felett mély árok (*fossa supraspinata*) keletkezik, amely oldalfelé a lapockatövishöz eredő acromion alatt lefelé átmegy a tövis alatti, az előbbinél nyíltabb gödörbe (*fossa infraspinata*); ez a valóságban nem gödör, hanem a tövis alsó felszíne és a lapocka hátsó felszíne közötti tág térség.

A lapocka oldalsó szögét zömök vállízületi része alkotja. Ez karcsúbb nyakon (*collum scapulae*) ülő sekély ízületi árok (*cavitas glenoidalis*). Homorulata gömbidomú, de a gömb teljes felszíne csupán kicsiny körte alakú kivágásának felel meg, felfelé irányuló keskenyebb véggel. Felette és alatta egy-egy izom eredése által okozott gumó (*tuberculum supra- et infraglenoidale*) található; az alsó inkább csak érdeesség.

Klinikai vonatkozások. 1. A scapula törései gyakran társulnak közlekedési balesethez, vagy magasból való leeséshez. Gyakran társulnak a bordák töréseivel. Legtöbbször nem igényelnek különleges kezelést, mert a környező izmok tónusa a dislocatiót megakadályozza.

2. A m. trapezius bénulása a scapula leesésével, a m. serratus anterior bénulása szárnyszerűen elálló scapulával jár.

A kulcscsont ízületei és szalagos összeköttetései. A kulcscsont medialis vége a szegycsont markolatának kulcscsonti bevágásába illeszkedve alkotja a szegy–kulcscsonti ízületet (*articulatio sternoclavicularis*). Az ízületi felszínnek szabálytalan és egymásnak nem megfelelő alakúak. Ezt a két rostporcogóval borított csontfelszín közé illeszkedő rostporcos lemez (*discus articularis*) egyenlíti ki. Ez az ízület üregét két teljesen különálló részre osztja, és egyben fokozza a kulcscsont sternalis végének erős kiemelkedését az ízületi árokból. E két kiemelkedés nagymértékben mélyíti a nyak középvonalában tapintható felső szegycsonti bevágást, az incisura jugularist. Az ízület tokját mindenfelől erős szalagok erősítik, sőt medial felé a szalagok a kétoldali ízületet még össze is kötik. Az ízülettől oldalt egy erős, meglehetősen önálló szalag (*ligamentum costoclaviculare*) köti össze a kulcscsont alsó felszínének medialis érdességét az 1. borda elülső végével. E szalag az ízület mozgásainak legfőbb korlátja.

Szabálytalan ízületi felszínei ellenére az ízület korlátolt szabad ízület, azaz aránylag szűkebb keretek között minden irányban mozgatható. A mozgás szélső határainak megfelelően körözve a vállat (*circumductio*), a kulcscsont egy kb. 50°-os csúcshögű kúpot ír le. A kúpon belül a kulcscsont tetszés szerinti helyzetet foglalhat el, azaz acromialis vége a kúp alapján levő gömbfelszín minden pontját elérheti. Ezért szabad ízület. A mozgás anterior-posterior irányban valamivel nagyobb kiterjedésű, mint fentről lefelé. Nyugalmi helyzetében a kulcscsont nem a kúp tengelyében, hanem attól hátra és lefelé helyezkedik el, azaz a vállat a nyugalmi (alap-) helyzettől aránylag magasan felfelé és erősen előre tudjuk emelni, illetve vinni, de nagyon kevésbé süllyeszteni és hátrafeszíteni (pl. katonás, feszes vigyázzállásban). A kulcscsont másik mozgása a saját tengelye körüli *rotatio*. A lelógó kar hátrahajlítása mellett a kulcscsont tengelye körül előre, előrehajlításakor főleg a vízszintesig, vagy még feljebb, a kulcscsont hátraforog. A kulcscsont eme mozgásai nagymértékben kiegészítik a vállízület mozgásait, és hozzájárulnak a felső végtag igen szabad mozgathatóságához.

A kulcscsont oldalsó vége az acromionnal az *articulatio acromioclavicularis* alkotja. Ezt is, de rendszerint tökéletlenül, rostporcogós discus osztja ketté. Az ízület saját szalagkészüléke nem fontos; nagyobb jelentőségű a clavicula oldalsó alsó érdességét a lapocka hollócsőrnyúlványához kötő erős kettős szalag (*ligamentum coracoclaviculare*). Voltaképpen önálló syndesmosis, amely a lapocka és a kulcscsont egymáshoz viszonyított mozgásait korlátozza. A mellkas idomából és a két csont egymáshoz viszonyított helyzetéből érthető, hogy a váll mozgásakor a lapocka és a kulcscsont között a vízszintes síkban (vállvilla), valamint a homlokirányú síkban alkotott szög is változik. Ez biztosítja, hogy a váll elég kiterjedt mozgásai mellett is a lapocka, bár ide-oda csúszik a mellkas felületén, arról sohasem kénytelen elemelkedni.⁹ Az ízület tehát lényegileg korlátolt szabad ízület.

Klinikai vonatkozások. 1. Amennyiben az art. sternoclavicularis ficama során a clavicula előrefelé dislocálódik, a m. sternocleidomastoideus a clavicula sternalis végét felfelé húzhatja. Amennyiben, rendszerint direct erőbehatásra, hátrafelé ficamodik a sternoclavicularis ízület, az elmozduló clavicula nyomhatja a tracheát, az esophagust vagy a nyaki nagyereket.

2. Az art. acromioclavicularis ficamodhat, ha a vállra súlyos erő hat, pl. vállra eséskor vagy egyes sportokban test–test elleni ütközések kapcsán. A ficamot gyakran kíséri a lig. coracoclaviculare szakadása. A clavicula elmozduló acromialis vége kitapintható.

6.2. A szabad felső végtag csontjai és ízületei

6.2.1. Karcson (humerus)

Hosszú, csöves csont, diaphysise vagy teste (*corpus humeri*) felül kerek, alul lekerekített egyenlő oldalú háromszög alakú átmetszetű. Hátsó oldalán felül, medial felől lateral felé sekély spirális barázda száll le (*sulcus nervi radialis*) a nervus radialis belefekvésére. Felső és középső harmada határán oldal felé tekintő érdes felszín (*tuberositas deltoidea*) látható. Proximalis epiphysisének részei:

⁹ Gyenge izomzatú, ún. aszténiás alkatú emberben, legközöségesebben sovány, csenevész gyermekben az izmok gyenge tónusa nem biztosítja a lapocka sima felfekvését a mellkasra. Az ennek következtében a vertebraalis szélén elálló lapockát „scapula alata”-nak nevezik.

- ◆ a karsont feje (*caput humeri*), a testhez képest medial felé, felfelé és kissé hátrafelé tekintő 1/3 gömbfelszín, amelyet üvegporc borít, és a proximalis végdarab felé sekély körkörös barázda (*collum anatomicum*) választ el;
- ◆ az előretékintő kis gumó (*tuberculum minus*);
- ◆ az oldal felé tekintő nagy gumó (*tuberculum majus*).

A két gumóról a karsont testére egy-egy csonttaraj húzódik lefelé (*crista tuberculi minoris et crista tuberculi majoris*); a kettő között mély, függőleges barázda (*sulcus intertubercularis*) keletkezik. A karsont testét a proximalis végdarabtól az élesen körül nem határolható sebési nyak (*collum chirurgicum*) választja el. Ez a collum anatomicumhoz viszonyítottan mintegy 60°-os, oldal felé nyílt szögletet zár be; a két nyak medial felé majdnem találkozik. A distalis végdarab előlről hátra összelapított háromszög alakú, medialis kiemelkedése (*epicondylus medialis*) kissé lentebbi helyzetű, mint a lateralis, tompább *epicondylus lateralis*. Az *epicondylus medialis* mögött és alatt mély barázda (*sulcus nervi ulnaris*) szolgál a hasonló ideg befekvésére. A végdarab két egységes porcborítású ízületi felszínnel bír. A medialis elhelyezkedésű és medial felé lejtő tengelyű, kissé elferdült cénaorsóhoz hasonlító *trochlea humeri* a singcsonttal ízesül. Az oldalsó elhelyezkedésű, előre- és kevésbé distal felé tekintő, gömbnek megfelelő *capitulum humeri* az orsócsonttal való ízesülésre szolgál. (A kettőt együtt *condylus humeri* névvel jelöljük.) A *trochlea* előtt kis gödör (*fossa coronoidea*), mögötte nagy gödör (*fossa olecrani*), a *capitulum* előtt sekély mélyedés (*fossa radialis*) található, a megfelelő csontrészeknek a könyökizület szélső helyzeteiben való beilleszkedésre.

Klinikai vonatkozások. 1. A numerus törései: A váll bármely irányú dislocatiója a *caput humeri* törését eredményezheti. Törhet a *collum anatomicum* vagy a *collum chirurgicum* vonalában, de a *tuberculum* izoláltan is letörhetnek. A *corpus humeri* törése esetén, ha a törésvonal a *m. deltoideus* tapadása felett van, a distalis törvéget a *m. deltoideus* felfelé húzza, a proximalis törvéget a *m. pectoralis major* és a *m. latissimus dorsi* medialis irányba dislocálja. Ha a törésvonal a *m. deltoideus* tapadása alatt van, akkor a proximalis törvéget a *m. deltoideus* abduktálja, a distalis törvéget a *m. biceps* és *triceps brachii* felfelé dislocálja. Az éles törvégek sérthetik a *n. radialis* és a vele futó érkeleteteket. A humerus distalis végének törései gyermekkorban gyakoriak. Ezek során sérülhet a *n. medianus*, *ulnaris* vagy *radialis*. A sérülés vagy helyi duzzanat okozta a *brachialis* összenyomtatás Volkmann-féle ischaemiás contracturát okozhat (lásd *regio brachialis anterior*). Erőszakos könyökizületi *abductio* hatására leszakadhat az *epicondylus medialis humeri*. Ennek során vagy a callusképződés folyamán sérülhet a *n. ulnaris*.

6.2.2. Vállizület (*articulatio humeri*)

A vállizület (*articulatio humeri*) gömb- vagy szabad ízület, amelynek alkotásában a lapocka *cavitas glenoidalis* és a *caput humeri* vesz részt. A *cavitas glenoidalis* porcborítékának szélén körkörös tapadó rostporcos gyűrű (*labrum glenoidale*) nagyobbítja és mélyíti. Az ízvápa felszíne az ízfejhez képest aránytalanul kicsiny (1:6), ami jelentékenyen hozzájárul az ízület mozgásszabadságához.

Az ízület tokja erős, de meglehetősen laza. Általában a *labrum glenoidale* ered, de az ízvápa felső szélén az ízület üregébe foglalja a *tuberculum supraglenoidale*t, aminek megfelelően a *m. biceps brachii* hosszú fejének itt eredő ina egy szakaszon az ízületi üregen belül halad. A tok a humerus *collum anatomicum*-án tapad, de a *tuberculum majus* és *minus* között egy kesztyűujjszerű hüvellyel (*vagina synovialis intertubercularis*) követi a *biceps* hosszú fejének az ízületből kilépő inát. A vállizületet körülvevő izmok (lásd vállizmok) közül többnek az ina szorosan összenőtt az ízületi tokkal, és köztük az ízülettel is nemritkán közlekedő nyálkatömlők fordulnak elő. A toknak néhány szalagszerű megerősített része is van, különösen a *processus coracoideus* tövéreől ered egy erősebb köteg (*ligamentum coracoacromiale*). Az ízülethez csupán mechanikai szempontból tartozó fontos szalag az *acromion* és a *processus coracoideus* között áthidaló erős *ligamentum coracoacromiale*. E szalag és az *acromion* együttesen boltozatot képez a humerus feje fölött, tehát szinte másodlagos, nagyobb ízvápát alkot a humerus számára. Ez mechanikailag igen fontos, mert megakadályozza, hogy a karsont tengelye irányában ható erő – pl., amikor merevített karokkal kezünkre vagy behajlított könyökünkre támaszkodunk – a humerus fejét felfelé kimozdítsa az ízvápából.

A vállizület mechanizmusa. Működésének megértéséhez a vállizület speciális anatómiai szerkezetéből adódó két fontos körülményt kell figyelembe venni:

1. Az ízületi tok lazasága és speciális összetartó szalagok hiánya folytán ezt az ízületet nem ízületi tényezők, hanem a vállat kúppalástszerűen körülvevő izomköpeny tartja egybe. Az izmok eltávolítása vagy élőben benuálásuk után az ízfej magától elhagyja az ízvápát, és ún. sublaxált (részleges *ficam*) helyzetbe kerül.

2. A vállízület mozgásai a valóságban sokkal korlátozottabbak, mint ezt karunk minden irányban való szabad mozgathatóságából gondolnánk. Ez azért van, mert a vállízület mozgásaihoz mindig hozzáadódnak a vállöv mozgásai is. A vállízület mozgásainak elemzéséhez ezért a kulcscsontot és a lapockát rögzítenünk kell.

A mozgások elemzésére a vállízület alap- vagy normál helyzetéből, azaz a függőlegesen lelógó kar helyzetéből kell kiindulnunk. Bár az ízület gömbízület, és így végtelen sok tengely körül mozgatható, mégis a tér három fő irányába eső mozgást ragadunk ki.

A kart távolítjuk a törzstől (*abductio*), illetve hozzá közelíthetjük (*adductio*) az előlről hátra haladó (*sagittalis*) tengely körül. A szigorúan frontális síkban végzett abductio során rögzített váll mellett a kar nem éri el a vízszintest, ha azonban a kart nem a frontális síkban, hanem kissé előre felé eső irányban távolítjuk, a kar szélső helyzetben eléri a vízszintest, vagyis az abductio maximális ívértéke így 90°. Tovább a kar nem távolítható, mert a tuberculum majus beleütközik a lig. coracoacromialéba, és ez, mint az abductio gátlókészüléke, megakadályozza az ízület további mozgását. Rögzítetlen váll mellett a kart akár függőlegesen felfelé is nyújthatjuk, ezt azonban úgy érzük el, hogy a lapockát egy előlről hátrafelé haladó tengely körül úgy forgatjuk, hogy az ízvápa felfelé és alsó szöglete oldal felé fordul. Az adductio a frontális síkban a függőlegesen túl nem folytatható, mert a kar beleütközik a törzsbe, kissé előreemelt kar mellett azonban a törzs elé vihető a közelített kar.

A kart előre lendíthetjük (*anteflexio*), illetve a függőleges helyzeten túl nagyon kis mértékben hátra is lendíthetjük (*retroflexio*) a jobbról bal felé haladó (haránt) tengely körül. Rögzített váll mellett az anteflexio csak mintegy 60°-ig vihető, tehát még nem is a vízszintesig – a retroflexio meg éppenséggel minimális (5°). Rögzítetlen váll mellett a kar természetesen jóval a vízszintes fölé emelhető; előre felé és hátrafelé is tekintélyes mértékben lendíthető a kar. Ezt az teszi lehetővé, hogy a kulcscsont tengelye körül forogva biztosítja a lapocka megfelelő elmozdulásait.

A humerus függőleges irányú tengelye körül végzett forgómozgás a *rotatio*. Ilyenkor a humerus egy, a caput közepét a capitulummal összekötő tengely körül forog. A normál helyzetből befelé és kifelé is tudjuk rotálni a kart; rögzített váll mellett a rotatio szélső ívértéke 90°. Szabad mozgáskor háromféle rotatióból adódik össze a felső végtag rotációja: ún. vállövi rotatio a kulcscsont tengelye körül, a vállízületi rotatio és a könyökrotatio az alkar tengelye körül. Ha e három tengelyt egy vonalba hozzuk, pl. úgy, hogy karunkat oldal felé teljesen kinyújtjuk, a kéz összes rotációja 360° lehet, tehát egy teljes körforgást tud végezni.

A vállízület, szabad ízület lévén, mozgásait tetszés szerint tudjuk kombinálni egymással. Az abductio, az adductio és az anteflexio-retroflexio lehetőségeinek szélső kihasználásával a kart egy kúppalást mentén körül tudjuk hordozni (*circumductio*). A circumductio által meghatározott határok között – illetve az így leírt kúpon belül – a kar minden közbülső helyzetet elfoglalhat. Közben a karcson distalis vége természetesen egy gömbfelszínen mozog, amelynek sugara a caput humeri központjától a humerus legdistalisabb pontjáig mért távolságnak megfelelő.

A vállízület mozgásait általában nem ízületi tényezők korlátozzák, hanem az ízületet szorosan, csaknem hézagmentesen körülvevő izomkúp egyes részeinek megfeszülése. Az egyetlen ízületi gátlókészülék a lig. coracoacromiale, melybe maximális abductiókor a tuberculum majus humeri beleütközik. A vállízületet körülvevő izompalást nem képes azonban megvédeni a vállízületet a humerus tengelye mentén ható erő ellen, ha a vállízület nem olyan állású, hogy a fej megtámaszkodhassék az ízvápában. Ez a helyzet a már említett esetben, amikor a vállízület normál helyzetében vagy ahhoz közel álló helyzetben a karon támaszkodunk. Ilyenkor az ízfej felfelé kicsúszna az ízvápából, amit csak az akadályoz meg, hogy néhány milliméter után felfelé beleütközik az acromion és a lig. coracoacromiale által alkotott boltozatba. Ez tehát a vállízületnek egy speciális passzív mozgásformája, mely a már elemzett aktív mozgási mechanizmusokhoz még hozzájárul.

Klinikai vonatkozások. 1. A vállízület a leggyakrabban ficamodó nagyízületünk. A ficam történhet előre-lefelé. Abducált kart érő hirtelen erőhatások a caput humerinek az alul leggyengébb capsula articularis részlet felé való ficamát okozhatják. Az erős flexorok és adductorok a luxált humerusfejet előre felé és felfelé húzzák. A ficam történhet hátrafelé, a humerus fejét előlről érő közvetlen erőhatás következményeként. A cavitas glenoidalis alá elmozduló caput humeri sértheti a n. radialist, vagy a hiatus axillaris lateralis képleteit, pl. a n. axillarist.

6.2.3. Alkarcsonatok (ossa antebrachii)

Singsont (ulna). Az alkarcsonatok közül a rögzítettebb, proximalis végdarabja tömegesebb, míg középdarabja distal felé fokozatosan vékonyodik, és distalis végdarabja már egészen kis fejecskében végződik. A proximalis

része villáskulcsra emlékeztető idomú, amelynek előretekinő, hengerded, porccal borított bevágása (*incisura trochlearis*) a trochlea humerival való ízesülésre szolgál. Nem tiszta hengerfelszín, mert közepén egy dorsovolaris irányban futó lécszalag végig, gyengén csavarmenteszerű emelkedéssel. Ez a lécszalag beilleszkedik a trochlea hasonló irányú bevágásába, és így megakadályozza a humerus és az ulna között az ízület tengelyirányba eső elcsúszását. A bevágás hátsó (proximalisabb) végét hatalmas kampószerű csontvég, az *olecranon* határolja, míg elől (distalisabb) végét kisebb kiemelkedés: a *processus coronoideus* jelzi. Lateral felé kis, félhold alakú ízületi bevágás csatlakozik az *incisura trochlearis*hez, ez az orsócsont fejét befogadó *incisura radialis*. A két ízületi felszín porcborítéka összefolyik. Az ulna teste háromszögletű átmetszetű, elülső és hátsó lekerekített éllel csak oldalfelé tekint egy élesebb csonttaraj (*margo interosseus*) a hasonló nevű csont közötti hártya eredésére. A test és a proximalis végdarab határán elől a m. brachialis tapadására szolgáló érdesség (*tuberositas ulnae*) látható. Az ulna hátsó éle egész hosszban kitapintható az alkar bőre alatt. A distalis végdarab kicsiny, gömbszerű, porccal borított fejecs (*caput ulnae*), amelyből dorsal és medial felé kis csonttővis, a *processus styloideus* nyúlik lefelé.

Klinikai vonatkozások. 1. Az olecranon törése következhet be hajlított könyökre eséskor, és a letört csontdarabot a m. triceps brachii dislocálhatja.

2. *Monteggia-féle* törés: hátulról ható erő következtében az ulna diaphysise törik előre irányuló szögletképződéssel és a lig. anulare radii szakadása mellett a caput radii előre felé való dislocációjával.

Orsócsont (radius). A két alkarcsont közül a kevésbé rögzített, az ulnánál rövidebb, jóval lejjebb kezdődik, de valamivel distalisabbra ér. Az ulnával ellentétben proximalis vége karcsú, a distalis jóval tömegesebb. A csont mozgékonyasága folytán mindennemű rá vonatkozó irány- és helymegjelölés csak előre- (vagy felfelé) fordított tenyerű kéztartásra érvényes. Proximalis végdarabját a porccal borított korongszerű fej (*caput radii*) képezi. Ennek proximal felé tekintő sekély tányéroszerű vajúlata (*fovea capitis*) a capitulum humerihez illeszkedik. A korong szélét kerékabroncszerűen körülvevő lapos hengerfelszín (*circumferentia articularis*) az ulna *incisura radialis*ba illeszkedik. A fej alatt a radius karcsú nyakká (*collum radii*) vékonyodik el, amely egy előre- és medial felé tekintő dombszerű érdességgel (*tuberositas radii*) megy át a testbe. Fontos megjegyeznünk, hogy a fej és a nyak közös tengelye a csont hossz tengelyével lateral felé nyíló tompaszöveget alkot (lásd a könyökízületnél az alkar konstrukciós tengelyét; **4/6. ábra**). A radius teste egy medial felé tekintő él kivételével (*margo interosseus*) lekerekített (átmetszete tehát csepp alakú). A distalis végdarab kivételével a csontnak nincs a bőrön keresztül közvetlenül kitapintható része. Distalis végdarabja a kéz síkjában kiszélesedik, a dorsalis oldalon domború felszínű, rajta a kéz háti inak befekvésére hosszanti lécek által határolt barázdák láthatók. Lateralis (a hüvelykujj felé eső) oldalán széles alapú, de gúlaszerűen kicsúcsosodó nyúlvány, a *processus styloideus* található. A csont distalis ízfelszíne (*facies articularis carpea*) nem nagyon szabályos homorú tojásfelszín háromszög alakú része. A *processus styloideus*on kezdődve az egész distalis véget elfoglalja. Az ulna felé eső oldalon az ulnafej beilleszkedésére ugyancsak porccal borított vajúlat (*incisura ulnaris*) szolgál.

Klinikai vonatkozások. 1. Extendált karra esés következménye lehet a caput radii törése. 2. Hasonló esetben törhet a radius nyaka is, főleg fiatal egyéneknél. 3. A radius diaphysise törhet egyedül vagy az ulnával együtt. A radius proximalis csonkja rendszerint supinált, a distalis pronált helyzetbe kerül. 4. *Galeazzi-féle* törés: A radius proximalis része törik és az ulna distalis epiphysise dislocálódik az *articulatio radioulnaris* distalisban. 5. *Colles-féle* törés (lásd regio antebrachii volaris). 6. *Smith-féle* törés: a kéz hátoldalára való eséskor törhet a radius distalis vége a distalis törvég volaris dislocációjával.

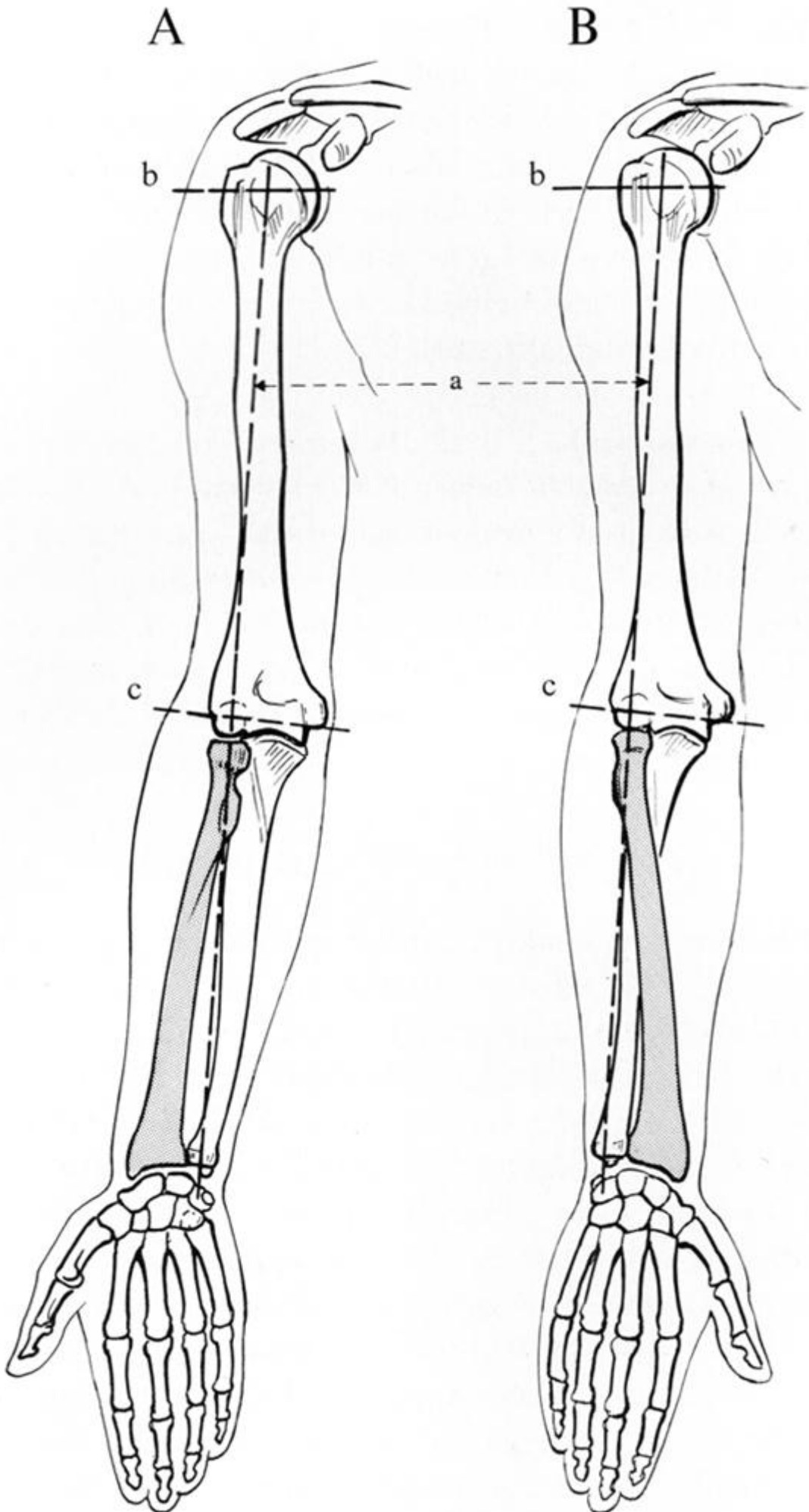
6.2.4. Könyökízület (*articulatio cubiti*)

A **könyökízület** (*articulatio cubiti*) három csont (humerus, ulna és radius) ízvége által alkotott trochoginglymus mechanizmusú ízület. A csontvégek mindegyike másik két csonttal ízesül, ezért voltaképpen három részízületet kellene figyelembe vennünk. Mechanizmusa szempontjából azonban lényegében csupán két vezetőízület kombinációjából áll. A könyök hajlításában–feszítésében a humerus és az ulna közötti kapcsolat a lényeges, és a radius szerepe az alárendelt. A kéz és az alkar forgatásában (pronatio–supinatio) az ulna és a radius összeilleszkedése a lényeges, a radius és a humerus közti kapcsolat pedig az alárendelt.

A trochlea humeri az ulna *incisura trochlearis*ával oly módon illeszkedik egybe, mint tengely a csapágyba (*articulatio humeroulnaris*). Az ulna ízfelszínén leírt dorsovolaris irányú lécszalag, beilleszkedve a trochlea humeri közepébe bevágó hasonló irányú vályúba, megakadályozza a két ízfelszín tengelyirányú elcsúszását. A trochlea tengelye nem pontosan derékszögben áll a kar hossz tengelyére, hanem medial felé kissé lejt. Ennek

következtében nyújtott kar mellett az alkar és a felkar kifelé nyíló tompaszöget képez¹⁰ (a lécsík, ill. a vályú gyengén csigavonaljellege folytán a maximálisan behajlított alkar nem esik be pontosan a felkar síkjába, hanem attól enyhén kifelé tér el, ti. a kéz a váll külső oldalára kerül). A fovea capitis radii a capitulum humerihez illeszkedik, és ott gömb- vagy szabad ízületet képez (*articulatio humeroradialis*), de mozgásait a rögzített ulna mozgási lehetőségei szorosan korlátozzák. A radiusfej circumferentia articularisa az ulna incisura radialisába illeszkedik be, mint kerék a keréknyomba (*articulatio radioulnaris proximalis*).

¹⁰ Ez a könyök ún. „fiziológiás abductiója”. Figyeljük meg, hogy a tompaszög befelé tekintő csúcsa épp beleesik a csípő behúzódszába, tehát a kar szorosan a test oldalsó felszíne mellett akadálytalanul lendíthető előre, hátra. A nő szélesebb medencéjéhez logikusan csatlakozik, hogy alkarjának tengelye jobban eltér a felkarjától.



4/6. ábra. A felső végtag fő ízületi tengelyei Braus szerint A: a tenyér előrefordított (supinációs) és B: hátrafordított (pronációs) helyzetében. Rövidítések: a: a felső végtag konstrukciós, b: a vállízület anteflexiós-retroflexiós és c: a könyökízület flexiós-extenziós tengelye

Az **ízületi tok** közös üregbe fogja az ízületet; általában a porc-felszínek szélén ered és tapad, de az ízület üregébe foglalja be a fossa olecranit, a fossa radialist és a fossa coronoideát, ezzel megelőzve a tok becsípődését az ulna szélső helyzeteiben. A radius nyaka körül a radius később leírandó gyűrűszalaga alatt a tok zsákszerű kiöblösödéssel tapad, ami biztosítja a radius saját tengelye körüli forgásait.

Az **ízület szalagai** mechanizmusának megfelelő oldalszalagok. A *ligamentum collaterale ulnare* az epicondylus medialisról az ulna incisura trochlearisának medialis széléhez húzódik, legyezőszerűen szétterjedve. A hátsó, az olecranonhoz, és az elülső, a processus coronoideushoz haladó részei a legerősebb nyalábok. A *ligamentum collaterale radiale* az epicondylus lateralis humeriről ered, de természetesen nem a radiuson tapad – különben ennek forgásait lehetetlenné tenné –, hanem fordított T-alakban elágazódva, a radius nyakát körülhurkoló *ligamentum anulare radii* bamegy át, s ezzel együtt az incisura radialis elülső és hátsó vége előtt, ill. mögött tapad az ulnán. E szalagkészülék tehát két oldalról szorosan összefogja a numerust és az ulnát oly módon, hogy a trochlea tengelye körüli forgáson kívül semmiféle mozgást nem enged meg, míg a radiust csak másodlagosan fogja be ebbe az összeköttetésbe, megengedve annak hossz tengelye körüli forgását. Az ulna és a radius egymás felé tekintő éles margo interosseusait inas lemez (*membrana interossea*) köti össze, mely az alkar feszítő- és hajlítói izmait elválasztja, és részben eredésükre is szolgál.

Az ízület kiegészítő része az alkar distalis végén levő *articulatio radioulnaris distalis* a caput ulnae és a radius incisura ulnaris között. Mint már említettük, az ulna kissé magasabban végződik, mint a radius. A radius distalis ízületi felszínéhez itt ulnar felé egy háromszögletű rostporcos *discus articularis* csatlakozik, amely az ulnát elválasztja a kéztöcsontoktól. Így az ulna feje radial felé a radius bevágásával, distal felé a discusszal érintkezik. Az ízület mechanizmusa szerint forgóízület, és működése a könyökízület forgóízületi részével egyben vizsgálendő.

A könyökízület mechanizmusa. Két ízületi mechanizmus kombinációja: a két alkarcsont együttes flexiója és extenziója egy csuklás (*ginglymus*) mechanizmusnak, valamint a radius és az ulna közötti pronációs–supinációs mozgások egy forgó (*trochoid*) ízületi mechanizmusnak felelnek meg.

1. Az alkar flexiója és extenziója a trochlea humeri tengelye körül történik. A könyök maximális kinyújtásánál a kar és az alkar csontjai közös (frontalis) síkba esnek (azaz 180°-ot zárnak be). Maximális behajlítás egyénileg változó, általában 140° terjedelmű. Akadályát a felkar és az alkar elülső lágyrészeinek összetorlódása képezi, ezért erős izomzatú vagy erősebb zsírpárnával bíró egyén kevésbé tudja hegyesszögig hajlítani karját, mint gyengébb izomzatú vagy gracilisabb tagokkal rendelkező. Az ulna processus coronoideusa és a radius fejének elülső pereme nemigen ütközik bele a humerus megfelelő csontgödreibe, még passzív hajlításnál sem. Az extensio végső határát ugyan az olecranonnak a fossa olecraniba való beütközése képezi, de normális viszonyok közt ez a csontos ütközés sem nagyon szerepel mint gátló készülék, mert a hajlítói izomzat és az ízületi tok elülső részeinek megfeszülése már előbb elakasztja a feszítést. Minthogy az oldalszalagok az epicondylusokon, tehát az ízület forgási tengelyének két végpontján erednek, ezért sem a feszítést, sem a hajlítást nem akadályozzák. Minden helyzetben eléggé feszesek ahhoz, hogy megakadályozzák az ízfelszínek egymástól való eltérését; oldalirányú elhajlítás nyomokban sincs. Minthogy azonban a szalagok nem ideális geometriai képződmények – azaz nem egy pontból eredő vonalak –, nyilvánvaló, hogy az aránylag vastag köteg egyes nyalábjai az ízület különböző helyzeteiben feszülnek meg. Így pl. a legyező alakú *lig. collaterale ulnare* elülső nyalábjai feszítéskor, míg a hátsók inkább hajlításkor feszülnek meg, és hozzájárulnak a mozgások gátlásához. A radius e mozgásokban teljesen passzívan követi az ulna mozgásait, de a humerus fejecsének gömbalakja folytán a könyök bármely helyzetében a radius megőrzi saját tengelye körüli szabad forgathatóságát.

2. Az alkar pronációja és supinációja – azaz a tenyér lógó kar mellett hátra- vagy előrefordítása – az alkarnak ún. konstrukciós tengelye körül történik. E tengely a radius fején levő tányérszerű mélyedés közepétől indul el, a fej és a radiusnyak tengelyében halad lefelé, majd a tuberositas radii tájékán a radius hossz tengelyének említett megtörése folytán elhagyja a radiust. Gondolatban vagy rajzon folytatva ezt a tengelyt, ez diagonálisan keresztezi az alkart (4/6. ábra), és az ulna fején keresztülhaladva kb. a processus styloideusa tájékán hagyja el az alkart. E tengelybe két ízület esik: a proximalis és a distalis radioulnaris ízület. Minthogy a két alkarcsont közül az ulna a rögzítettebb, míg a radius feje szabad, ezért nyilvánvaló, hogy a radius foroghat a konstrukciós tengely körül. Feje és nyaka saját tengelye körüli forgást végez ugyan, de a radius distalis része fokozatosan eltérően a forgási tengelytől, minden distalisabb pontja mind nagyobb ívben forog a tengely körül. Végül is a processus styloideus radii a processus styloideus ulnae körül a kézcukló szélességének megfelelő sugarú íven forog. Mint a továbbiakban látni fogjuk, a kéz teljes egészében a radiushoz és a hozzá ulnar felé csatlakozó rostporcos

discushoz ízesül; az ulnától a discus teljesen elválasztja. Ebből érthető, hogy a radius körívű forgása során distalis vége magával viszi a kezét. Ezt a mozgást tisztábban tudjuk elemezni behajlított könyök mellett, mert ilyenkor nem járulhat hozzá a kar rotációja a vállízületben. Behajlított alkar mellett a tenyér felfelé fordítását supinációnak, lefelé fordítását pronációnak nevezzük. Az előbbinél a két alkarcsont párhuzamosan fekszik, az utóbbinál egymást keresztezi. A pronatio–supinatio teljes mértéke maximálisan 140°. Látszólag a kezét jobban tudjuk pronálni és supinálni behajlított könyök mellett; ezt a kéz kistokus torsiójával adjuk hozzá. A mozgások gátlásában a lágyrészek és az ízületi tok megfeszülése, ill. pronációkor összetorlódása szerepel. Nyújtott könyök mellett az alkarpronációhoz hozzájárul a vállízületi rotatio is, ezért ívértéke közel 300°-ra emelkedik. Nyújtott könyök mellett az alkar említett konstrukciós tengelye ugyanis egybeesik a karcsont konstrukciós tengelyével, amely a caput humeri központját a capitulum humeri központjával köti össze (4/6. ábra). Abducált vállízület mellett ehhez járul még a vállöv rotációja (a kulcscsont tengelye körül) is, ami ilyenkor a kéz teljes körívében való körbeforgatásában jelentkezik. A rotációs mozgások példáján érthetjük meg legjobban, hogy az emberi felső végtag több tényező csodálatos harmóniában való összegződése folytán milyen páratlanul sokoldalú mozgékonyaságú és hatósugarú testrész.

Klinikai vonatkozások. 1. A könyökízület ficama gyakori. Kinyújtott karra esést dorsalis irányú ficam követi. Elsősorban gyermekekben fordul elő, és az epicondylus medialis humerinek a leszakadásával kombinálódhat, mert ebben az életkorban a lig. collaterale mediale erősebb, mint a külön csontosodási maggal fejlődő csontok közötti kapcsolat. 2. A n. ulnaris sérülése követheti a könyökízület ficamát, vagy törését. 3. Bursitis olecrani: ismételt mechanikai hatás az olecranon feletti subcutan bursa krónikus gyulladását eredményezheti. 4. „Dada-könyök” (lásd regio antebrachialis anterior).

6.2.5. A kéz csontjai (ossa manus)

A kéz csontos váza proximodistalis irányban három részre tagozódik: **kéztő** (*carpus*), **kézközép** (*metacarpus*) és **ujjak** (*digiti*). Ezt a beosztást visszük át a kéz lágyrészeinek leírására is.

A **kéztő csontjai** (*ossa carpi*). A kéztőcsontok apró, egészben köbös, de a részletekben változatos idomú csontok, amelyek egy proximális és egy distalis sorba rendeződnek. A proximális sor csontjai radial felől (a hüvelykujj felől), a **sajkacsont** (*os scaphoideum*) radioulnaris irányban álló csónakhoz hasonló; a **holdas csont** (*os lunatum*) dorsovolaris görbületű, félholdra emlékeztető alakú, domborulata proximal felé, homorulata distal felé néz; az os triquetrum csonka piramis alakú; végül nevének megfelelő alakú a **borsócsont** (*os pisiforme*). Aproximalis sor a radius, illetve az ulna discusa felé együttesen tojásdad alakú ízfelszint képez.

A distalis csontsor tagjai radioulnaris irányt követve: *os trapezium*, majd az *os trapezoideum*, mindkettő csonkagúlához hasonló; az *os capitatum* proximal felé az *os lunatum* vajúlatába illő fejjel bír, dorsal felől nézve durván 8-as idomú. A **horgas csont** (*os hamatum*) tenyéri oldalán ulnar felől horogszerű nyúlvány (*hamulus ossis hamati*) emelkedik ki belőle.

A distalis kéztőcsontsor a proximálissal erősen hullámos ízületi vonalban találkozik, amelynek ulnaris vége distal felé, középső része az *os capitatum* fejének megfelelően erősen proximal felé domborodó. Distal felé a négy distalis kéztőcsont az öt kézközépcsont felé öt – ti. az *os hamatum* kettőt a IV. és az V. kézközépcsont számára –, csaknem lapos ízületi felszint fordít. Csupán az *os trapezium*nak a hüvelyk kézközépcsontja felé fordított felszíne valódi nyeregfelszín.

A **kézközép csontjai** (*ossa metacarpalia*). Akézközépcsontok rövid csöves csontok proximal felé tekintő gyengén ék alakú basisokkal, amelyek lapos ízfelszínei a kéztőcsontok és a szomszédos kézközépcsontok felé tekintenek. Hengeres középrészük a kézhát felé gyengén domború. Distalis végrészüik gömb alakú, melyet azonban két oldalról volar felé divergáló dorsovolaris síkok lemetszenek, ezért distal felől nézve a tenyér felé szélesedő ék alakúnak tűnnek.

A II–V. ujj kézközépcsontjának általános alakjától eltér a hüvelyk kézközépcsontja, amelynek basisa valódi nyeregfelszín, a szomszédos II. kézközépcsont basisával nem érintkezik, distalis végrésze nem gömb, hanem hengerfelszín, azaz trochlea jellegű. Alakja inkább ujjperchez hasonló, valóban inkább a hüvelyk alappercének felel meg (ha úgy tekintjük, hogy ennek az ujjnak nincs kézközép csontja).

Az **ujjak csontjai** (*ossa digitorum manus*). A **hüvelyk** (*pollex*) két ujjpercből: egy alap- (*phalanx proximalis*) és egy körömpercből (*phalanx distalis*) áll, illetve – mint láttuk – úgy is felfogható, hogy metacarpusa az igazi

alapperc.¹¹¹ A többi ujjnak (**mutató-** [II.: *index*], **középső** [III.: *digitus medius*], **gyűrűs-** [IV.: *digitus anularis*] és **kisujj** [V.: *digitus minimus*] három perce van, alap- (*phalanx proximalis*), közép- (*phalanx media*) és körömperc (*phalanx distalis*). Minden ujjperccsontnak van kivájt ízületi felszín képező basisa és – a körömperc kivételével – domború hengerfelszín képező fejük. Rövid, dorsovolaris irányban kissé összelapított csöves csontok. A basisok a II–V. ujj alappercén kivájt gömbfelszínnek a metacarpusfejek gömbfelszínei számára. A hüvelyk alappercének és a többi perccsontnak a basisa vájt hengerfelszín a kéz síkjába eső haránttengellyel, dorsovolaris vezető vályúval. A körömpercek kúposan kihegyesedő végének volaris felszínén szív alakú érdes lapocskához hasonló gumó (*tuberositas distalis*) látható, mely az ujjbegy bőrének függőleges kötőszöveti kötegeivel való szoros rögzítésére és közvetve a köröm megtámasztására szolgál.

6.2.6. A kéz ízületei

A kéztőcsontok proximalis sora a radiuszal a **kézcsuklóízületet** (*articulatio radiocarpea*), a két kéztőcsontsor egymással az *articulatio intercarpea*t, a distalis kéztőcsontsor a középcsontokkal az *articulationes carpometacarpea*t képezi. Az utóbbiak közül kitüntetett az *articulatio carpometacarpea pollicis*. Ametacarpuscsontok az alappercekkel az *articulationes metacarpophalangea*t és a perccsontok egymással az *articulationes interphalangea*t alkotják.

Kézcsukló (*articulatio radiocarpea*). Tojásízület, amelynek ízvápáját a radius distalis ízfelszíne (*facies articularis carpea*) és a hozzá ulnar felől csatlakozó *discus articularis* képezi. Az ulna feje az ízületben közvetlenül nem vesz részt, csak a róla eredő szalagok révén. Az ízfejet a proximalis kéztőcsontok közül a szalagokkal szorosan összetartott os scaphoideum, lunatum és triquetrum képezi. (Az os pisiforme a triquetrummal különálló kis ízületet képez.) Az ellipszoid két görbülete közül a dorsovolaris a jóval kisebb, a radioulnaris a nagyobb sugarú.

A csontokat összetartó **szalagoknak** az ízület felé tekintő felszínei is porccal borítottak, úgyhogy az ízfej porcborítása egységes.

Az **ízület tokja** elég szoros, volarisan–dorsalisan erős szalagokkal megerősített, oldal felé lazább. A volaris oldalon a radiusról eredő szalag (*ligamentum radiocarpeum palmare*) a kéztőcsontokon ulnar felé, az ulnáról eredő szalag (*ligamentum ulnocarpeum palmare*), a kéztőcsontokon radial felé sugárzik ki. Dorsalisan csak a radiusról indul el erősebb szalag (*ligamentum radiocarpeum dorsale*), amely a kéztő-csontokra szintén ulnar felé sugárzik ki.

Mechanizmusa az ízfelszínek alakjának megfelelően kéttengelyű tojásízület. A radioulnaris irányú tengely körül a kezlet mind dorsal felé (*dorsalflexio*),¹² mind volar felé (*volarflexio*) tudjuk hajlítani, és pedig nem egészen derékszögig. Így a kéz egész dorsovolaris excursiója 160–170° ívértékű. Ebben azonban részt vesznek a két kéztőcsontsor közötti, sőt kismértékben a kéztőcsontok és a kézközépcsontok közti feszes ízületek is. Ennek az a következménye, hogy maximálisan behajlított csukló mellett a csuklótájékon nem mutatkozik éles megtörés, hanem egyenletes domborulat, ami a csukló volaris és dorsalis oldalán áthaladó inak áthajlása és húzóereje szempontjából is fontos. A kéz síkjára merőleges dorsovolaris tengely körül (a tojásidomú ízfej nagyobb görbületének megfelelően) *radialis* és *ulnaris abductiót* tudunk végezni (a harmadik ujjtól való távolítás). A két elhajlítás közül az ulnaris nagyobb terjedelmű, mintegy 40°. A szalagkészülék megfeszülése következtében mind dorsal felé, mind volar felé elhajlított csukló mellett *abductio* már nem lehetséges, de ilyenkor nincs is rá szükség, mert pronatióval-supinációval a kéz ugyanezt egyszerűbben éri el. *Abductio*s mozgások során a kéztőcsontok – a röntgenképek tanúsága szerint – egymáshoz viszonyítottan elég jelentékeny mértékben átrendeződnek.

A **kéztőcsontok közti ízület** (*articulatio intercarpea*). Egységes üreggel ellátott feszes ízület, amelynek fő részét a két kéztőcsontsor elválasztó, előbb említett hullámos ízületi felszínrendszer alkotja. Az üregből mindkét sor egyes csontjai közé kisebb-nagyobb rések szögellnek ki distal és proximal felé, anélkül azonban, hogy az ízületi üreg összefüggésbe kerülne a radiocarpalis ízülettel. Distal felé viszont összeköttetésbe kerül rendszerint a közös carpometacarpalis ízülettel. A szomszédos kéztőcsontokat volarisan, dorsalisan és részben a csontok között is számos **szalag** köti össze. Az **ízületi tok** mindenütt feszes. **Mechanizmusa:** feszes ízület, amely azonban az előbbi ízület mechanizmusában már említett módon jelentősen hozzájárul a kézcsukló

¹¹¹ A hüvelyk metacarpusának fejlődésmódja is arra utal, hogy valóban ujjperc, ugyanis a II-V. ujj metacarpusának nincs proximalis, a hüvelykének, a phalanxokhoz hasonlóan, nincs distalis epiphysise.

¹² Zavará, hogy ezt a mozgást magyarul röviden a csukló feszítésének (*extensio*) nevezzük, és a mozgást az alkar „feszítő izmai” végzik. Szigorúan logikus az volna, ha a kéz nyújtott helyzete felé irányuló mindkét mozgást „feszítésnek” mondanánk, de akkor az izmok elnevezésével jutnánk bajba.

mozgásához; kiegészíti annak mozgásait, s a kéztő bizonyos fokú képlékenységevel hozzájárul a kéz erős elhajlításakor keletkező szögletek elsimításához.

A kéztőcsontok és szalagok által alkotott legnevezetesebb szerkezet: a kéztőcsatorna (*canalis carpi*). Úgy jön létre, hogy mindkét kéztőcsontsor mind ulnarisan, mind radialisán volar felé pillérszerűen kiemelkedik. A radialis pillért proximálisan az os scaphoideum, distálisan az os trapezium gumószerű kiemelkedése, ulnarisan az os pisiforme – mely a triquetrumhoz volar felől illeszkedik – és a hamulus ossis hamati képezik. E pillérek közt mély proximodistális barázda (*sulcus carpi*) keletkezik, amely az ujjhajlító izmok inait fogadja be. A két pillért volar felől erős szalag (*retinaculum flexorum*) hidalja át, és a barázdát kéztőcsatornává (*canalis carpi*) egészíti ki.

6.2.7. Kéztő–kézközépcsont ízület (*articulatio carpometacarpea*)

Kitüntetett helyzetű és lejjebb külön tárgyalandó hüvelykízület kizárásával ugyancsak feszes ízület. Distal felé gyengén domború ízületi vonalnak megfelelően a II–V. kézközépcsontok basisainak lapos felszínei hozzáilleszkednek a distális kéztőcsontsor distális ízfelszíneire. Az ízületi üreg főleg distal felé benyúlik a kéztőcsontok basisai által egymás felé alkotott ízületi felszínnek közé. Erős **szalagkészülék** fogja össze mind a kéztőcsontokat a kézközépcsontokkal, mind az utóbbiak basisait egymással, mégpedig mind dorsálisan, mind volarisan, mind a csontok között.

Az **articulatio carpometacarpea pollicis** külön nyeregízület az os trapezium és az I. metacarpus basisa közt. Igen bő ízületi tokja és szalagok hiánya folytán majdnem szabad ízület, mégis a nyeregfelszínnek mentén két főtengely körül végezhető mozgások. A tenyér síkjában a hüvelykujjat a többi négy ujjhoz közelíthetjük (*adductio*) és tőlük távolíthatjuk (*abductio*). Egy másik, az előbbi mozgás tengelyéhez viszonyított rézsútos állású tengely körül a hüvelyk metacarpusát kiemeljük a tenyér síkjából, és szembehelyezzük a többi ujj bármelyikével. Ezt ezért *oppositiónak*, ellentétét (ti. a hüvelyk visszahelyezését a tenyér síkjába) *repositiónak* nevezzük. Magasabb rendű emlősök közt ez a mozgás az emberre specifikus, ezzel válik a kéz harapófogó- vagy csipeszszerű működésű „műszervétaggá”¹³.

Kézközépcsont–ujj ízületek (*articulationes metacarpophalangeae*). Itt ismét a hüvelyké eltérő a többiétől, és azonos szerkezetű a következő pontban tárgyalt ujjperc közti ízületekével. A II–V. ujj metacarpophalangealis ízületei korlátolt szabad ízületek. Az ízfej kétoldalt levágott gömb alakú, az ízvápa az alappercek lapos tányérszerű mélyedése.

Tokja főleg dorsálisan igen bő, papírszerűen vékony, de az ujjfeszítőizmok inaitól védett. Volarisan a tokba rostporcos lemez épül be (*ligamenta palmaria*), melyeken volar felől proximodistális irányú sekély barázda látható az ujjhajlító inak befekvésére.

A szomszédos ízületek (persze az I. kivételével) e palmaris lemezeit erős **szalag** (*ligamentum metacarpeum transversum profundum*) köti össze egymással, így mintegy összefogja a kézközépcsontok fejeit. Legfontosabbak az oldalszalagok (*ligamenta collateralia*), amelyek a kézközépcsontok fejeinek levágott oldalfelszíneiről dorsálisan erednek, és legyezőszerűen kiszélesedve húzódnak az alappercek két oldalához. Nyújtott ujjak mellett igen lazák.

Mechanizmusai elég szabadok. Az ujjak alappercei derékszögnél kissé jobban behajlíthatók (*flexió*), és egyénileg változó módon feszíthetők (*extensio*), illetve (inkább a nőké) dorsal felé is túlfeszíthetők (ti. a nyújtott helyzetten túl is, *hiperextensio*); ennek gátját a volaris szalagok képezik. A tenyér síkjában az ujjakat szétterpeszthetjük (*abductio*) és összezárhatjuk (*adductio*), sőt kissé eltérő síkba helyezett ujjakat – főleg a II.-at és az V.-et a többivel – keresztezhetjük is. Ezt a laza oldalszalagok engedik meg. Behajlított ujjak mellett azonban ez az *abductio-adductio* teljesen megszűnik a dorsálisan – tehát excentrikusan – eredő oldalszalagok megfeszülése miatt. Ehhez járul még, hogy a metacarpusfej volar felé szélesedik, tehát behajlított ujj mellett az oldalszalagok még a fej szélesebb részét is körül kell hogy öleljék. Aktív rotatio a metacarpophalangealis ízületben nincs, passzív is nagyon kevés.

Ujjpercek közti ízületek (*articulationes interphalangeae*) és a **hüvelyk kézközép-ujj ízülete** (*articulatio metacarpophalangea pollicis*). Az ujjpercek közötti ízületek szalagkészülék és az ízületi tok szerkezeti viszonyai tekintetében teljesen azonosak a leírt metacarpophalangealis ízületekkel, azzal a különbséggel, hogy a *ligamenta collateralia* feszesek, és az ízfej tengelyében erednek. Az ízvég alakja azonban nem gömb-, hanem

¹³13 A majmok keze – még az emberszabásúaké is – hosszú II–V. ujjai folytán horogszerű működésű „kapaszkodó” kéz, hüvelykje a tenyérhez képes szorítani – kapaszkodás közben is – apróbb tárgyat; igazi fogó szerepe azonban nincs.

típusos hengerfelszín (trochlea), dorsovolaris vályúval és beleillő léccel. Mechanizmusa ennél fogva tiszta ginglymus, tehát egyetlen haránttengely körüli *flexio* és *extensio*; oldaltengely eltérés még passzívan sincs. A proximálisabb ízület 90°-nál valamivel jobban, a körömperc ízülete valamivel kevésbé hajlítható be. A hajlítást a lágyrészek összetorlódása, a feszítést a volaris rostporcos szalagbetétek akadályozzák. A hüvelykkörömperc sok embernél az egyenesen túl hátrafeszíthető, a többi ujj általában kevésbé.

Az **emberi kéz** műszerszerű, a legfinomabb manipulációkat magában foglaló tevékenységhez való bámulatos alkalmazkodását az izomrendszer és a kéz egyéb lágyrészeinek ismertetésénél (lásd kéz és ujjak tájanatómiai vonatkozásai, bőr és származékai) még részletesebben lesz alkalmunk tárgyalni. Nem csupán az emberi munkatevékenység legfontosabb szerve, hanem az ember arca után – helyesebben mellett – legkifejezőbb testrésze. A kéz nemcsak taglejtésével (gesztikuláció) válik kifejezővé társalgás, szónoklás és legmagasabb művészi fokon a pantomim és a színészi alakítás során, hanem akár nyugalomban is jelzi birtokosának korát, nemét, lelkiállapotát, temperamentumát; sok esetben jelleméről, és utoljára, de nem utolsósorban, foglalkozásáról vagy „hobby”-járól is sok mindent elárul. (Az persze már babona vagy csalás, hogy a kézből az ember jövő sorsára következtetés lenne levonható.) A kéz művészi ábrázolása a képzőművészet egyik legigényesebb feladatköre. Stilizált, perspektíva nélküli, sztereotip kézábrázolásaival is az óegyiptomi művészet a kifejezések utolérhetetlen gazdagságú tárházát teremtette meg, mégis az európai kultúrkörben a kéz valódi apoteózisát a gótikus művészet nyújtja, részben talán a kézművészetnek a városi kultúrában elfoglalt kulcs helyzete miatt is. A reneszánsz nagy művészeinél (lásd pl. Leonardo da Vinci „Utolsó vacsorája”) a kéz ábrázolása inkább az „általánosabb emberi” kifejezésére törekszik. Más irányú, de egyenértékű az indiai és főleg a hátsó-indiai művészi meglátás az emberi kézről, és kifejezésre való használatáról. E kultúrkörben a táncban, helyesebben inkább a mozdulatművészetben a kézmozdulatok kifejező ereje jut el a művészi kifejezés egyik kultúrtörténeti csúcspontjára.

4.7. AZ ALSÓ VÉGTAG CSONTJAI ÉS ÍZÜLETEI

Az alsó végtag a felsővel analóg módon medenceövből és szabad alsó végtagból áll. A szabad végtag részei: a **comb** (*femur*), a **lábszár** (*crus*) és a **láb**¹⁴(*pes*).

A medenceöv a vállövvel ellentétben páratlan csontrészt is tartalmaz: a gerinchez tartozó keresztcsontot, amely a két medencecsonttal együtt teljesen zárt csontgyűrűt alkot. Ez döntő szerkezeti különbség a vállövhöz képest, ahol a konstrukció leglényegesebb vonása a szabad végtag minél szabadabb és sokoldalúbb mozgása. A medenceöv konstrukciós vezérelve a gerinccel szilárdan egybeépített, meghatározott, és csupán kevés változásnak alávetett statikájú szerkezet létrehozása. A szabad végtag mozgathatósága szűkebb korlátoknak alávetett. Az egész alsó végtag döntően statikai konstrukció, aránylag kevesebb, erősen sztereotipizált mozgásforma és testhelyzet számára.

A szabad végtag a csípőízületben illeszkedik a medenceövhöz, amely a vállízülethez hasonló, de jóval korlátozottabb mozgású, és egyben szilárdabban egyben tartott gömbízület. A comb vázát egy, a lábszárét két párhuzamos csöves csont alkotja. Ezek testünk legnagyobb, legbonyolultabb, és a hosszú csontok folytán (nagy erőkarok) a legnagyobb passzív erőhatásoknak kitett ízületében, a térdben találkoznak. A láb a lábszárhoz a bokaízületben rögzül, a kézhez elvileg hasonló vázzal bír, azaz lábtőre, lábközépre és lábujjakra tagozódik. Más főemlősökkel (Primates) szemben, amelyeknek alsó végtagja kapaszkodó kéz jellegű tagrészben végződik, az ember lába specifikus járó- és futólábbá alakult. A legtöbb emlős járólábával szemben azonban az ember lába a talajon nem a körmeire vagy lábközépcsontok fejeire, hanem egész talpára, helyesebben ennek egyes pilléreire: a sarokcsontra (lábtő), a lábközépcsontfejekre és lábujjbegyekre támaszkodik. Annak ellenére, hogy az alsó végtag vázszerkezetében (és izomzatában is) statikus „szempontok” állnak előtérben, a szabad alsó végtag a felsőhöz hasonlóan bámulatosan karcsú idomokba tömörít be hatalmas erők átvitelére, szinte hihetetlen kezdősebességek elérésére alkalmas (a „dobbantás” különböző atlétikai ágazatokban, pl. az ugrásban), nem utolsósorban pedig a mozdulatnak tökéletes lendületet és harmonikus szépséget nyújtani tudó szerkezeteket.

6.3. A medenceöv csontjai és összeköttetései

Keresztcsont (*os sacrum*). A gerinccel kapcsolatban már ismertettük. A medenceöv páratlan csontrésze, mely a medence hátsó, helyesebben a medence előredőlt helyzete miatt a valóságban felső zárókövet alkotja.

Medencecsont (*os coxae*). Nagyméretű páros csont; alakban durván emlékeztet olyan 8-as idomra, amelynek felső hurka az alsóhoz viszonyítva síkban elfordított, a felső hurok egyben nagyobb és kitöltött, míg az alsó

¹⁴14 A közhasználat a „láb” kifejezést helytelenül az egész szabad végtagra vagy legalábbis ennek térdén aluli részére is alkalmazza. Megkülönböztetésül a distalis végtagrészt „lábfej”-nek nevezik. Erről jobb leszoknunk, és lábon konzekvensen csak a „pes”-t érteni.

valóban lyukat fog közre (*foramen obturatum*). A két „hurok” találkozásánál van a csont legvaskosabb része, mely egyben kifelé tekintő félgömb alakú gödröt, a csípőízület ízvápáját alkotó acetabulumot foglalja magában. Itt található össze az a három különálló csont, amelyből a medencecsont fejlődése során összeáll: a **csípőcsont** (*os ilium*); az **ülőcsont** (*os ischii*) és a **szeméremcsont** (*os pubis*).

A három csontot gyermekben az *acetabulum* területén Y alakú porclemez választja el; teljes összezsontosodása csak a 16–18. évben fejeződik be. Az *os ilium* a 8-as felső hurkának felel meg, az *os ischii* az alsó hurok hátsó, az *os pubis* pedig ennek első részét képezi. Mindhárom csontnak az acetabulum területén összeforró része a legtömegesebb, és ezért a csontok testének (*corpus ossis ilii + ischii + pubis*) nevezzük.

A **csípőcsont** (*os ilium*). A három csont részletes ismertetése után egyben ismertetendő acetabulum alkotásában részt vevő testen kívül a 8-as felső hurkát alkotó csípőlapátból (*ala ossis ilii*) áll. Ez lapos, előre- és medial felé sekélyen kivájt, de felülről nézve gyengén S alakú csontlemez. Felső megvastagodott csontkeretét a csípőtaraj (*crista iliaca*) alkotja, melyen három párhuzamosan futó érdességet, egy külső, ajakszerűen kiforduló, egy belső hasonló és köztük egy keskenyebb érdes vonalat különböztetünk meg, amelyek a széles hasizmok három rétegének tapadására, ill. eredésére szolgálnak. A csípőtaraj elülső része tövisszerű kiugrásban az élőben is jól kitapintható felső csípőtővisben (*spina iliaca anterior superior*) ér véget. Innen a csípőlapát elülső széle lefelé húzódik, és sekély bevágás után egy kisebb *spina iliaca anterior inferior* alkot, majd pedig a testet elérve egy, már az *os pubis*ra eső, tompa kiemelkedésbe (*eminentia iliopubica*) megy át. Hátrafelé a csípőtaraj hasonló módon sekély bevágással elválasztott két hátsó csípőtővisben (*spina iliaca posterior superior et inferior*) ér véget. Innen a csípőlapát hátsó széle széles mély kivágással húzódik előre, majd lefelé. Ezt a mély kivágást már az ülőcsonttal együtt alkotja; neve: *incisura ischiadica major*. A csípőlapát belső felszínének csak elülső 2/3-a sima kivájt csontfelszín, ez a hasüreg alsó részét alkotó *fossa iliaca*. Ez lefelé, részben már a test területén, ugyancsak sima csontfelszínnel a medence bemenetét alkotó ívelt lapos csontmegerősödésbe (*linea arcuata*) megy át. A belső felszín hátsó 1/3-a a gyengén S alakú hajlású csípőlapát hátsó görbületének megfelelően érdes területet képez. Ennek elülső részén hátrafelé fordított fülhöz hasonló, lapos, de igen dudoros porcfelszín (*facies auricularis*) van a keresztcsonttal való ízesülésre. Emögött durva érdes terület (*tuberositas iliaca*) található a keresztcsontot a medencecsonttal összekötő erős szalagkészülék tapadása számára. A csípőlapát külső felszíne egységes sima csontfelszín, amelyen három érdes vonalat (*linea glutea anterior, posterior és inferior*) okoznak a farizmok eredései. Lefelé a felszín az acetabulum felső peremébe megy át.

Az **ülőcsont** (*os ischii*) az acetabulum alkotásában részt vevő *corpus ossis ischii*n kívül szögletben megtört, előbb leszálló, majd előreirányuló *ramus ossis ischii*ből áll. A megtörés helyén hátra- és lefelé tekintő nagy kiterjedésű és a szár megvastagodását előidéző érdes terület az ülőgumó (*tuber ischiadicum*) található. Az érdességet a comb flexor izmainak eredése okozza. Az érdesség felett a test és szár határán hátul mély bevágás, az *incisura ischiadica minor* látható, melynek sima csontfelszíne jelzi, hogy a csontot itt vékony porcfelszín borítja. E porcfelszín az incisurán horogszerűen megtört m. obturator internus inának súrlódásmentes mozgását teszi lehetővé. E bevágás felső határán – már a test területén – erős csonttővis ugrik elő hátra- és befelé irányulva. Ez az ülőtővis (*spina ischiadica*), mely egyben a csípőcsontnál már leírt *incisura ischiadica major*t elválasztja az *incisura ischiadica minor*tól.

A **szeméremcsont** (*os pubis*) teste (*corpus ossis pubis*) az acetabulum területének alsó sectorát alkotja: ebből előrefelé, medial felé és lefelé indul el a csont V alakú szára (*ramus ossis pubis*). A „V” felső szára a medence bemenetének elülső keretét képezi. Ennek felső oldalán izom eredetére szolgáló csontél (*pecten ossis pubis*), alsó oldalán egy, a foramen obturatum felső keretébe bevágott, és a medencecsont belső felszínéről a külsőre felülről lefelé és kissé előreirányuló vályú (*sulcus obturatorius*) vezet. A felső szár medialis végéhez közel érdes gumó, a *tuberculum pubicum* található. A kétoldali szeméremcsont a középvonalban már az alsó szárra eső ovális vagy orsó alakú lapos, enyhén érdes csontfelszínnel (*facies symphysialis*) illeszkedik össze. Az alsó szár innen közel vízszintesen halad hátra- és oldal felé az ülőcsont szárával való találkozásig. Az ülő- és szeméremcsont szárai így a medencecsont ablakszerű nyílását, a *foramen obturatum*ot fogják közre. A nyílás csontkeretét felül hátul és elől elég vastkos csontrészek képezik; az alsó keret keskeny függőleges állású abroncs, de a keret belső széle a *sulcus obturatorius*nak megfelelő rész kivételével mindenütt elég éles.

A medencecsont három része közösen alkotja a csípőízület íz-vápáját; az *acetabulum*ot. Oldalfelé tekintő félgömb alakú bemélyedés, amelynek csontkeretét egy lefelé és kissé előretekintő bevágás (*incisura acetabuli*) szakítja meg. Az egész félgömb alakú területnek csupán egy felülről zárt félhold alakú részét borítja üvegporc (*facies lunata*). Az acetabulum közepét az incisura felé nyíló érdes felszínű gödör foglalja el; e gödröt teljes ízületen szalag és körülötte levő zsírtest tölti ki.

Klinikai vonatkozások. A *tuber ischiadicum* felett bursa található, melynek gyulladással megbetegedését okozhatja akut vagy krónikus trauma, urátkristályok lerakódása vagy fertőzés. A folyamatot *bursitis*nek nevezik.

A medence szalagos és ízületi összeköttetései. A medence csontjait a kétoldali articulatio sacroiliaca és elől a symphysis pubica tartja össze, ezenkívül azonban a medencének több fontos önálló szalaga is van, amelyek a medence üregének körülzárásában döntő módon részt vesznek.

Medenceízület (articulatio sacroiliaca). A keresztcsont és a medencecsont fül alakú dudoros ízfelszínei (*facies auricularis*) közt keletkező feszes ízület.

Az ízületi rések sagittalis állásúak, de felülről lefelé mégis gyengén divergálnak. Az ízfelszíneket üveporc helyett rostos porc borítja, ami a két ízfelszín egymásba illeszkedő dudorai, ill. mélyedései folytán jelentkező lap szerinti („nyíró” jellegű) erőkhöz való alkalmazkodásként fogható fel. Az ízület tokja igen szoros, szalagkészüléke főleg hátul (dorsalisan) igen erős. Elöl szinte nincs is szalag, csupán maga az ízületi tok, illetve felette a két csont között áthidaló csonthártya megerősödése. Hátul ezzel ellentétben a két tuberositást (*sacralis* és *iliaca*) rövid, de kiterjedt szalagkészülék tartja össze. Minthogy a két csont érdessége közt csak keskeny hasadék marad fenn, e szalagokat *ligamenta sacroiliaca interosseá*nak nevezik. E szalagok dorsal felől nem láthatók, mert a keresztcsont és a csípőcsont hátsó felszíneit még egy erős szalagrendszer: a *ligamenta sacroiliaca dorsalia* kötik össze, melynek mélyebb rétegében haránt irányban rövidebb, felületesebb (hátsó) rétegében a medencecsonttól a keresztcsont alsó részéhez leszálló hosszabb kötegek vannak.

Symphysis pubica. A szeméremcsontok facies symphysialisának a medence középvonalában elől való egybeilleszkedése. Nem valódi ízület, hanem inkább synchondrosis; a két csontfelszín ugyanis egy discus *interpubicus* nevű, elől és felül kissé vastagabb – tehát némileg ék alakú – rostporcogós lemez köti össze. A discus belsejében már gyermekek sagittalis rés szokott keletkezni, amely valamelyest emlékeztet a valódi ízületek üregére, ezért egyes leírások a symphysist a valódi (feszes) ízület és a synchondrosis közötti átmenetnek fogják fel. A két szeméremcsont csonthártyája a porckorong felett elől, hátul, de főleg felül és alul szalagszerű megerősődéssel megy át egymásba.

6.4. A medence saját szalagai

(1) *Ligamentum iliolumbale*, a 4. és az 5. ágyékcsgolya harántnyúlványát (*processus costarius*) a crista iliaca hátsó részéhez köti, és így kiegészíti a hasüreg alsó részének hátsó falát.

(2) *Ligamentum sacrospinale*, közel vízszintes lefutású erős szalag, amely a spina ischiadicát az alsó keresztcsonti csigolyák (és részben a farkcsont) oldalsó széléhez köti.

(3) *Ligamentum sacrotuberale*, legyezőszerűen, szélesen a hátsó csípőtöviséről és a keresztcsont oldaláról dorsalisan eredő szalag, mely az előbbi külső oldalán vele kereszteződve húzódik le az ülőgumóhoz, amelyen sarlóalakban előrehúzó szegéllyel végződik. A két utóbbi szalag az incisura ischiadica majort és minort *foramen ischiadicum majus* és *minus*szá egészíti ki.

(4) *Membrana obturatoria*, a foramen obturatumot elzáró hártyszerű lemez. Felül a sulcus obturatoriusnak megfelelően lyukat hagy ki a hártját kívülről és belülről is fedő hasonló izmokkal együtt alkotott ér-ideg csatorna (*canalis obturatorius*) számára.

A 2–4. alatt felsorolt szalagok a medence falát és főleg annak alsó nyílását (ún. kimenetét) körülvevő hiányos csontfalat egészítik ki.

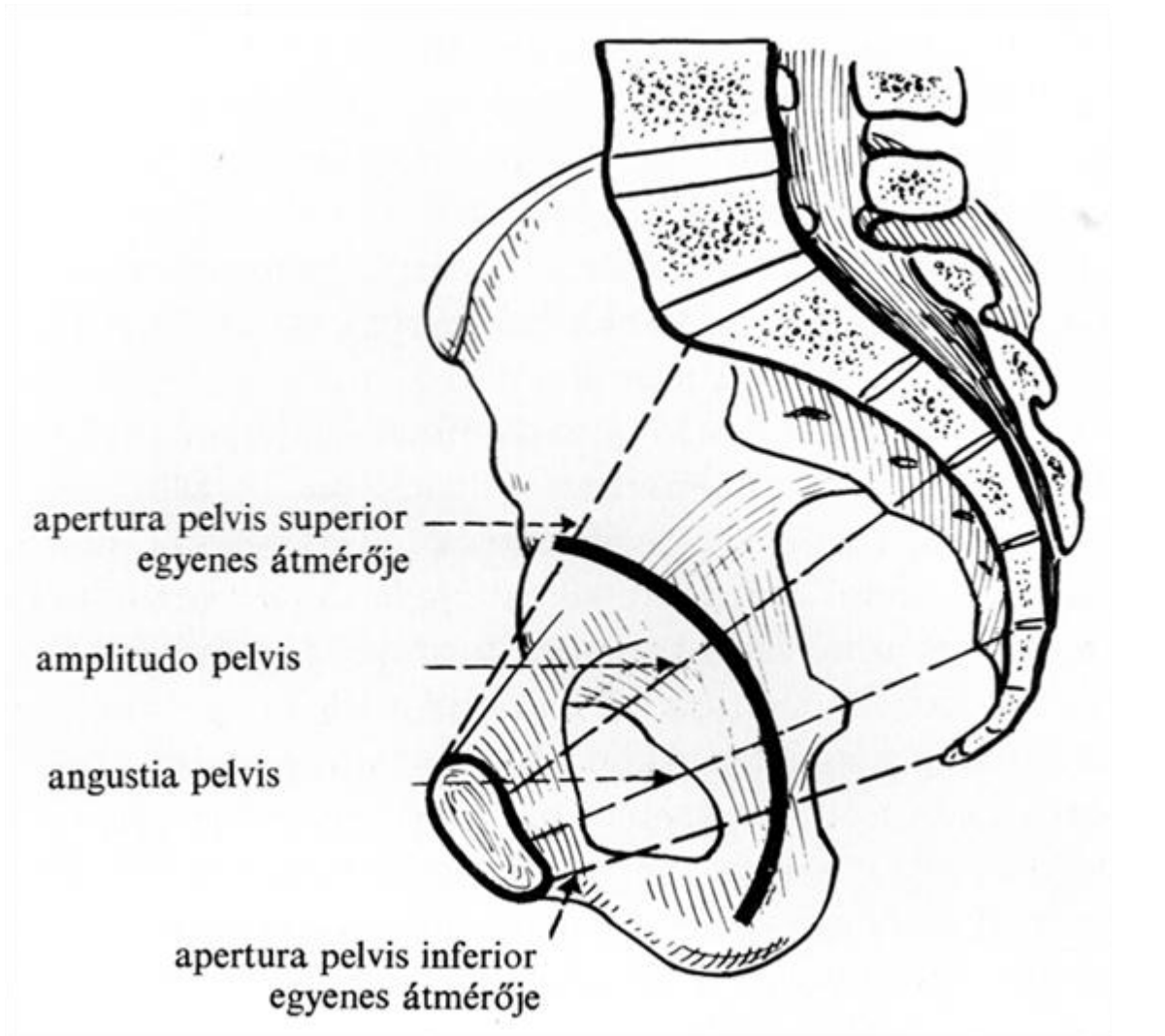
6.4.1. A medence egészben

Medence (pelvis). Gyűrű alakú csontszerkezet (medenceöv), amelyet a keresztcsont és a két medencecsont alkot. A szorosabb értelemben vett csontgyűrű által közrefogott teret, a tulajdonképpeni medencét elkülönítjük a csípőlapátok és az ágyéki gerinc által hátulról, oldalról és alulról határolt, előre- és felfelé nyílt tértől, amely a hasüreg alsó részének felel meg. Egyes leírásokban az előbbit kismedencének (*pelvis minor*), az utóbbit nagymedencének (*pelvis major*) nevezik. Az egyértelműség érdekében a következőkben jelző nélkül, medencét fogunk említeni.

A medence felső határa a vízszintestől kb. 60–65°-kal eltérő síkban futó vonallal (*linea terminalis*) határolt sík, ez egyben a medence bemenete (*apertura pelvis superior*) is. A linea terminalis hátul a középvonalban a keresztcsont promontoriumán kezdődik, majd partes lateralisain folytatódik, és a medencecsont linea arcuatájába, végül pedig a szeméremcsont pecten ossis pubisába megy át.

A medence ürege kályhacsőkönyökhöz hasonlítható tér, amelynek homorulatát elől a symphysis, domborulatát felül és hátrafelé a keresztcsont medencei felszíne határolja. Oldalfala csak felső részében csontos, alsó részében falát elől a membrana obturatoria és hátul a ligamentum sacrospinale és sacrotuberale, valamint a később ismertetendő belső csípőizmok alkotják. A linea terminalis által alkotott és az előző szakaszban már leírt bemeneti síkkal szemben a kimenet (*apertura pelvis inferior*) síkja közel vízszintes, habár álló emberben a farkcsont csúcsa 1-2 cm-rel magasabban áll, mint a symphysis alsó széle. A kimenet rombusz alakú, melynek elülső csúcsát a symphysis alsó szöglete, két elülső oldalát a szeméremcsont és az ülőcsont szárai, valamint az ülőgumók alkotják. Két hátsó oldalát a két ligamentum sacrotuberale alsó széle határolja, hátsó csúcsa kb. a farkcsont középre esik. A farkcsont vége előrefelé beugrik a rombusz hátsó szegletébe. A medenceüreg átmetszete nem pontosan kör alakú, hanem a bemenetnél harántul ovális, majd az üreg közepe felé közel kör alakúvá válik, a spina ischiadicák magasságában elég erősen beszűkül, és a kimenetig fokozatosan felveszi sagittális irányban megnyúlt rombuszidomát. A medence átmérői nőben (a nemi különbségeket lásd a következő szakaszban) szülészeti szempontból fontosak. Általában háromféle átmérőt különböztetünk meg: sagittális irányút, harántot és két ferde átmérőt. A bemenet síkjában legfontosabb a legrövidebb *sagittális átmérő* (11 cm) a promontorium közepe és a symphysis felső szélének belső szöglete között (*conjugata*). Valamivel hosszabb a két *ferde átmérő* (12 cm) az articulatio sacroiliaca ízületi vonalától a másik oldal eminentia ilipectineáig. Leghosszabb (13,5 cm) a bemenet *harántátmérője*. A medence üregének középső harmada a legtágabb, a symphysis közepétől a 2. keresztcsigolyához átfektetett síkot *amplitudo pelvis*nek nevezik, ennek minden átmérője 12 cm-nél hosszabb, leghosszabb (13 cm) a ferde. Közvetlenül alatta, az alsó harmadban, az üreg erősen összeszűkül, és a spina ischiadicákon, a symphysis alsó részén és a keresztcsont csúcsán átfektetett sík a medence legszűkebb része (*angustia pelvis*); a spinák közötti haránttávolság 10 cm-nél alig nagyobb. A medence kimenetének rombuszidoma miatt, és minthogy nagy részét lágyrészek alkotják, csupán a sagittális átmérő lényeges. Ez a beugró farkcsont miatt csak 9,5 cm hosszú, de szülésnél a farkcsont hátrafelé elhajolva, ez a távolság 2 cm-nyit tágulhat. Érdemes megjegyezni az egyes szakaszok leghosszabb átmérőit. Ezek a bemenet haránt-, az üreg ferde és a kimenet egyenes átmérője. A szülés során a magzat feje úgy halad keresztül a medencén, hogy leghosszabb átmérője, rendszerint a frontosuboccipitalis átmérő, sorra illeszkedik a bemenet, az üreg és a kimenet leghosszabb átmérőibe. Ezért az áthaladás közben a fej 90°-os forgást végez.

Ha a medence leírt síkjainak sagittális átmérőit sémásan ábrázoljuk (**4/7. ábra**) és középpontjaikat összekötjük, parabola alakú vonalat nyerünk: ez a medence tengelye (*axis pelvis*). A szülészetben majd sokkal részletesebben ismertetendő tényleges szülőcsatorna a parabola folytatásába lefelé és előrefelé görbülve még lényegesen meghosszabbodik a medencefenék lágyrészeinek a magzat által történő ki-„hengerlése” során. A medencetengely fontossága abban van, hogy a magzat feje központjának a képzeletbeli parabola mentén kell haladnia.



4/7. ábra. Női medence sagittalis metszete fontosabb átmetszeti síkjainak és ezek sagittalis átmérőinek jelölésével. A sagittalis átmérők középpontjait összekötő parabolászerűen ívelt vastag vonal a medenceüreng tengelyét ábrázolja

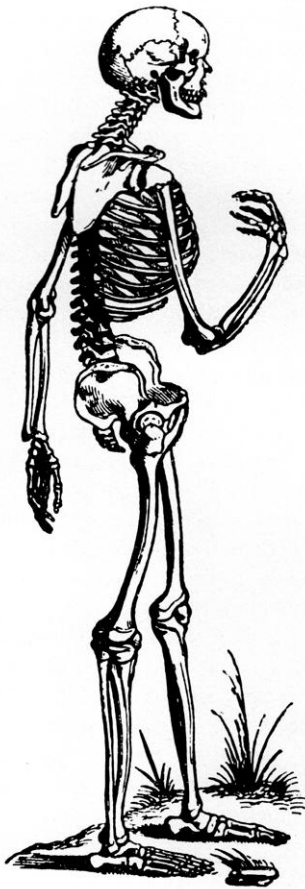
Nemi különbségek. A férfimedence pontos idoma orvosi szempontból kevésbé érdekes: bemenete a vízszintes síkhoz viszonyítottan 60° dőlésű, az erősen beugró promontorium miatt kártyaszív alakú. Ürege hosszú, lefelé tölcsérszerűen beszűkül, a szeméremcsontok szárai egymással 75° körüli hegyesszöveget (*angulus pubis*) képeznek. A medencecsontok reliefje durvább, az izmok erős dudorokat okoznak rajtuk.

A női medence csontjai gracilisabbak, a csípőlapátok széjjelállóbbak, a bemenet síkja erősebben (65°) dől előre, harántul ovális, a promontorium alig ugrik be. Ürege tágabb és rövidebb, alsó részében beszűkülése csak jelzett, a kimenet elülső részét a két szeméremcsont alsó szára a symphysis alatt tág ívben (*arcus pubis*) határolja. A farkcsont sohasem csontosodik össze a keresztcsonttal (terhességre alkalmas életkorban). Nemritkán előfordulnak a medence torzulásai, csontmegbetegedések, a csontváz statikai elferdülései (ízületi merevség, egyik végtag rövidebb volta), serdülőkorban hosszas ágyban fekvés és a nemi alkat rendellenességei folytán. Ezekkel szülészeti patológiai jelentőségük folytán a szülészeti tanulmányokban lesz alkalmunk részletesen megismerkedni.

A medence statikája. Az egész alsó végtag – mint már említettük –, de főleg a medence, elsősorban statikai funkciójú szerkezet, így alakját és felépítését kizárólag statikai megfontolásokból érthetjük meg. Ezért azt kell megvizsgálnunk, hogy a test medence feletti részének súlyát a medencén keresztül az alsó végtagra közvetítő gerinc miképpen támaszkodik a medencén. A 4/3. ábrán oldalnézetben vázlatosan bemutatott álló csontvázon jól látható, hogy a gerinc leírásában már ismertetett módon a test súlyvonala ismételtelen metszi a gerincet, utoljára a sacrumot az articulatio sacroiliacákat összekötő vonalban. Ugyancsak jól látható, hogy ugyanez a vonal az acetabulum, illetve a combcsont feje központjának frontális síkjába esik. Ennek logikusan így kell lennie, hiszen

egyébként az egyenes testtartást a csontváz önmaga nem biztosítaná, illetve azt csak jelentékeny izomerővel lehetne fenntartani. Így azonban a tökéletesen kiegyenesített csontváz labilis bár, de mégis egyensúlyban levő szerkezet. Ehhez azonban az kell, hogy a medence bemeneti síkja erősen ($60\text{--}65^\circ$) előredőljön (*inclinatio pelvis*).

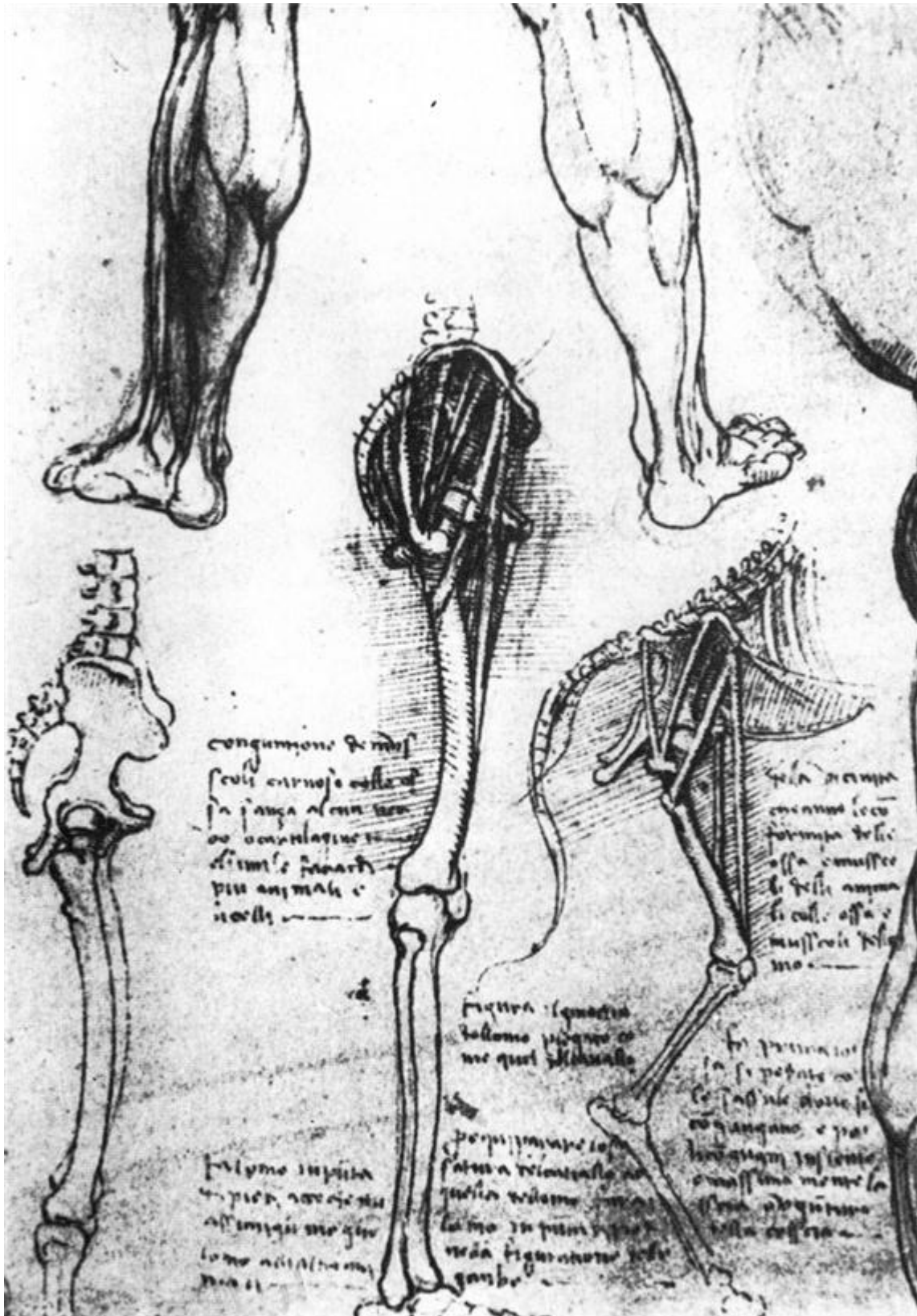
Érdekes tény, hogy az orvostudomány csak igen későn jött rá arra, hogy egyenesen álló emberben a spina iliaca anterior superior és a szeméremcsontok előrefelé legkiugróbb pontja, a tuberculum pubicum azonos frontális síkba esnek. A régi anatómusok 1825-ig a medencét bemeneti síkjával közel vízszintesen ábrázolják; pl. Vesalius 1538-ban megjelent *Tabulae anatomicae* című munkájában ábrázolt csontváza (**4/8. ábra**). Látjuk, hogy itt a gerinc a medencére sokkal hátrább támaszkodik, mint az acetabulumokat összekötő vonal. Vesalius zsenialitásával nyilván megérezhette, hogy itt valahol valami képtelenség van, és ezért későbbi nagy művében (*De humani corporis fabrica*) sokkal művészebb és megoldottabb csontvázainál kissé javított ezen a szemet bántó statikus abszurdumon, de sem ő, sem utána közel 300 évig senki sem ismerte fel a valódi helyzetet. Érdekes, hogy Leonardo da Vinci páratlan „mérnöki” szemével a spina iliacákat és a szeméremcsont elejét, illetve a test súlyvonalát és az acetabulum közepét egy függőleges síkba hozza több vázlatában is (**4/9. ábra**). A medence tényleges állását 1825-ben Naegele német nőorvos abból ismerte fel, hogy álló nőknél kimérte a symphysis alsó szélének és a farkcsont csúcsának távolságát a talajtól.



4/8. ábra. Vesalius 1538-ban megjelent *Tabulae anatomicae*-jében ábrázolt emberi csontváz. A medence vízszintes helyzetű bemenetével statikai abszurdum, hiszen a törzs súlyát a gerinc medence hátsó részében közvetíti, viszont az alsó végtag a medencét elöl támasztja alá

A 4/7. ábrán látható, hogy a keresztcsont közel vízszintes fekvésű. Ebből mindjárt az a lényeges statikai következmény adódik, hogy bár a test súlyvonalja a sacrumot a medenceízület területén metszi, a tényleges súlyt átvivő ágyéki gerinc az ettől jóval előrébb álló promontiumon (ill. a sacrum basisán) terheli a sacrumot. Így a sacrum a valóságban kétkarú emelő szerepét tölti be, ti. a medenceízületeket összekötő vonalban van alátámasztva. Az ágyéki gerinc az elülső kart terheli, míg a hátsó kart a lig. sacrotuberale és sacrospinale rögzíti a medencecsontozathoz. Ez a kétkarú emelő mérlegszerű játékával már egymagában is rugalmas szerkezetet alkot.

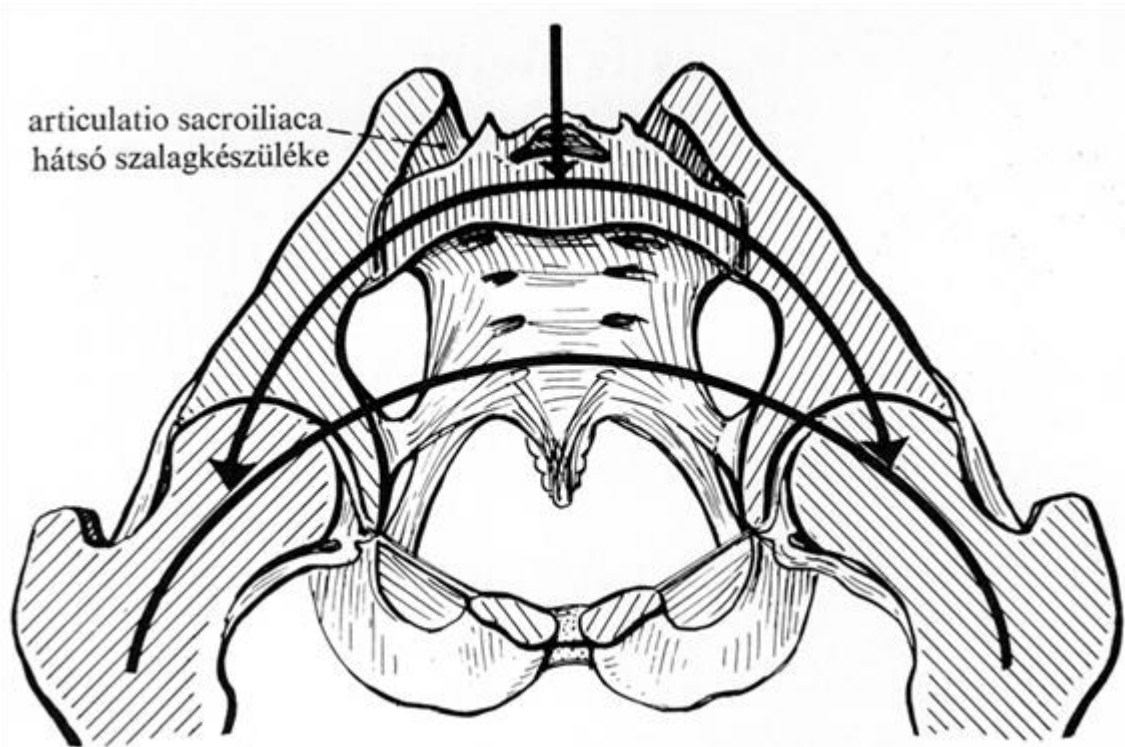
Végül még azt is meg kell vizsgálnunk, hogy a sacrumra nehezedő felső testrész súlya miként vitetik át a medence boltozatos szerkezetével a combcsontokra. Ezt a test súlyvonalába eső frontalis metszeten **(4/10. ábra)** érthetjük meg. Az építészetben alkalmazott boltozatos szerkezetekkel ellentétben, ahol a boltozatot záró kövek természetesen lefelé keskenyedő ék alakúak, itt az articulatio sacroiliaca ízületi vonalai lefelé inkább divergálnak. A sacrum mégsem csúszik be a két medencecsont közé, mert a dorsalis szalagkészülék megfeszülve annál jobban szorítja mintegy „satuba” a sacrumot, mennél nagyobb súly nehezedik a boltozat zárókövére, a sacrumra. Így a szerkezet a csontboltozat saját rugalmasságán túl is rugalmassá válik. Figyelemre méltó, hogy voltaképpen két egymáson nyugvó frontalis boltozatos szerkezet van: az egyik a medence boltozata, melyet a sacrum és a csípőcsontok képeznek, és amely a másik, az acetabulumok útján a combcsontfejek és -nyakak által alkotott szélesebb boltozaton nyugszik. Felismerhető ebből, hogy a szerkezet egyben messzemenően kielégíti a rugalmas alátámasztás igényeit.



4/9. ábra. Leonardo da Vinci jóval Vesalius előtt kifogástalan statikával ábrázolja a medencét. A két alsó vázlaton (balra és középen) a spina iliaca anterior superior és a symphysis azonos frontális síkba esik

Orvosgyakorlati szempontból lényeges, hogy a keresztcsont útján a medencére nehezedő súly a medence alsó záró ívét (a szeméremcsontokat) szétfeszítő erőket hoz létre mind álló, mind ülő helyzetben. Ezek az erők fontosak a medence alakjának meghatározásában is. Ezért főleg a növekedés korában szükségessé váló hosszas

ágyban fekvés (ma ritkábban fordul elő a gümőkóros megbetegedések ritkább előfordulása és sokkal fejlettebb kezelési lehetőségei folytán) a medencére torzító hatással jár.



4/10. ábra. A medence és a csípőízületek kettős boltozatos szerkezete, mely a törzs tömegét (függőleges nyíl) az alsó végtagok felé közvetíti (a medence és a csípőízületek frontális metszete)

Ülő helyzetben a medence a két ülőgumóra támaszkodik, bemeneti síkja a vízszinteshez közelebb kerül. A sacrum a függőlegeshez közelebb áll, és ék alakban benyomul a két medencecsont közé, fokozva ezzel a symphysisre gyakorolt szétfeszítő hatást.

Az európai civilizációban az egyiptomi és asszír–babilóniai kultúrákból átvett „széken” ülés szokása biológiai szempontból előnytelenebb, mint a közép- és kelet-ázsiai életformákban általános, ún. „törökülés” vagy „yogiülés”, és még inkább, a főleg nők által gyakorolt guggoló vagy térdeplő helyzetben „sarkon ülő” testhelyzet. Ilyen helyzetben naphosszat eldolgoznak házi vagy háziipari munkában a nők, és ez (Indonéziában és Japánban) időskorig biztosítja a test rugalmasságát és a zsigerek előnyösebb helyzetét.

6.5. A szabad alsó végtag csontjai és ízületei

6.5.1. Combcsont (femur)

A **combcsont** (*femur*) test legnagyobb – főleg leghosszabb -csőves csontja; három részből áll: testből, proximalis és distalis végdarabból. Proximalis végdarabját a kb. 5 cm átmérőjű gömb alakú *caput femoris* képezi. Üvegorccal borított felszíne egy teljes gömbfelszínnek mintegy kétharmada; a fennmaradó egyharmad a combcsont nyakába (*collum femoris*) megy át. A nyak tengelyének irányában a fej felszínén szalag tapadására szolgáló likacsos alapú mélyedés (*fovea capitis femoris*) látható. A fej alatt a nyak meglehetősen elkeskenyedik, előlről hátra összelapított, majd a combcsont teste felé kiszélesedik. A nyak és a fej együttes tengelye a testtel medial felé és lefelé nyíló 125°-os tompaszögben találkozik. A test és a nyak átmeneténél két hatalmas csontgumó helyezkedik el: a nagy- és a kistompor (*trochanter major* et *minor*). Az előbbi a nyak és a test ferde összeolvadási vonalának felső lateralis végén van, csúcsa kissé hátra- és befelé görbül, s a nyakkal mély gödröt (*fossa trochanterica*) fog közre. A *trochanter minor* a nyak és a test összeolvadásának alsó medialis végpontján helyezkedik el, de inkább hátrafelé tekint. A két tomport hátul a test–nyak határnak megfelelően erős csontléc (*crista intertrochanterica*) köti össze. Elöl, vele szemben, ugyanebben a vonalban, de kissé közelebb a fejhez, érdes ferde vonal (*linea intertrochanterica*) húzódik. Medial felé ez a vonal a *trochanter minor* alatt elfutva mint *linea pectina* folytatódik a combcsont testének hátsó felszínére.

A combcsont teste erős compact csontállományból álló, előre gyengén domború ívű hengerded cső, amelyen hátrafelé erős érdes él (*linea aspera*) emelkedik ki. Ez a test felső harmadában kettéválva medial felé a linea pectineában folytatódik, lateral felé a trochanter majorhoz húzódik fel. Lefelé a linea aspera az alsó harmadban medialis és lateralis ajakra válva húzódik a distalis végdarab epicondylusai felé.

A combcsont a comb izomtömegét ferdén járja át oly módon, hogy egyenes állásnál a két distalis végdarab medialis szélei a lágyrészekkel együtt épp érintkeznek egymással.

A distalis végdarab a felnőtt csontján nem válik el élesen a testtől. Fokozatosan szélesedik ki haránt irányban, és két hatalmas, porccal borított bütyökben (*condylus medialis* et *lateralis*) végződik. A két – megközelítően közös, harántállású tengellyel bíró – condylus lényegében két párhuzamos állású lapos henger, amelyek elől csontosan összeolvadnak. Összeolvadásuk elülső, gyengén kivájt, lefelé ékalakban keskenyedő felszínét ugyancsak üvegporc borítja; ez a térdkaláccsal összeilleszkedő *facies patellaris*. Ezt a felszínt a condylusok hengerfelszínétől V alakú sekély lécs, illetve az e mögé eső vályú választja el. Hátrafelé mind a két condylus jelentősen túlnyúlik a combcsont hátsó oldalán.

A két széttérő condylus között lefelé és hátrafelé nyíló mély gödör, a *fossa intercondylaris* foglal helyet. Oldalról nézve a condylusok csigavonalat mutatnak. Felszínük tehát nem valódi hengerfelszín, hanem annyiban eltérő, hogy a felszín görbületi sugara hátrafelé rövidül, előre felé pedig hosszabbodik. A csigavonal központját az *epicondylus medialis* és *lateralis* jelzi. A condylusok – és egyben a térdízület – tengelye a két epicondylust összekötő vonal. Előlről nézve a medialis condylus jóval lejjebb látszik érni, mint a lateralis, de ha a combcsontot álló emberben elfoglalt ferde helyzetbe hozzuk, a két condylus legmélyebb pontja ugyanabba a vízszintes síkba esik. Distal felől nézve feltűnik, hogy bár a lateralis condylus tömegesebb, a medialis condylus előlről hátrafelé mégis kissé hosszabb, és elől lateral felé irányuló megtörést mutat.

E részletek mind igen fontosak a térdízület mechanizmusának megértése szempontjából.

Klinikai vonatkozások. A trochanter major feletti bursa gyulladása elváltozása duzzanattal, fájdalommal jár.

6.5.2. Csípőízület (*articulatio coxae*)

A **csípőízület** (*articulatio coxae*) gömb- vagy szabad ízület, amelynek ízvápáját az acetabulum, ízfejét a caput femoris képezi. Az acetabulum porcos ízfelszíne csak a facies lunatára terjed ki, azaz egy félgömbfelszín C alakú kivágásának felel meg. Az incisura acetabulit egy erős szalag: a *ligamentum transversum acetabuli* hidalja át. Az acetabulum szélét 5–6 mm magas rostporcos ajak (*labrum acetabulare*) veszi körül körkörösen – tehát a lig. transversumot is –, a félgömb ekvátorán valamivel túlmenően mélyítve az ízvápát. A fossa acetabulit zsírtest tölti ki. Az ízvápa a combcsont fejét a labrum acetabulare révén kissé annak ekvátorán túl fogja be, az ízület tehát voltaképpen dióízület (*enarthrosis*), és az ízfej minden külön (szalag vagy ízületi tok révén biztosított) rögzítés nélkül is benntartatik az ízvápában. Nagyobb erő a labrum rugalmasságának legyőzésével persze kiemelheti az ízfejet az ízvápából.

Az ízületnek igen erős tokja van, amelyet teljes terjedelmében szalagok borítanak. Három külső szalagot különböztetünk meg:

1. *Ligamentum iliofemorale*, a test legerősebb szalaga, az acetabulum feletti területről ered, és lefelé fordított V alakban szétterjedve a linea intertrochantericán tapad.
2. *Ligamentum pubofemorale*, a szeméremcsont felső szárán ered, és a combnyakat alsó oldalán megkerülve arra a trochanter minor felett spirálisan hátrafelé csavarodik fel.
3. *Ligamentum ischiofemorale*, az ülőcsont szárának tövén eredve, a combcsont nyaka mögött felfelé és előre felé futva csavarodik rá spirálisan. Rostjai a fossa trochanterica tájékán tapadnak.

Mindhárom szalag mélyebb rostjai hozzájárulnak a combcsont nyakát parittyaszerűen körüljáró mélyebb rostköteg (*zona orbicularis*) alkotásához. E szalagokban az a figyelemre méltó, és az ízület mechanizmusa szempontjából jelentős, hogy valamennyien azonos irányban: előlről lefelé és hátulról felfelé csavaródnak rá a combcsont nyakára. Az ízületnek van egy belső szalaga, mely mechanikai szempontból jelentéktelen, de a combcsont fejének vérellátása szempontjából igen fontos: a lig. transversum acetabuliról leváló és az ízfej egy részét félkör alakban körülölelő, végül a fovea capitis femorison tapadó *ligamentum capitis femoris*.

Orvosgyakorlati jelentősége az előrehaladottabb korban gyakori combnyaktöréseknél van. A combnyakon keresztül ugyanis a combfej nem kap elég vérellátást ezt a lig. capitis femorisban futó erek pótolják. Sajnos ez a vérellátás nem mindig kielégítő.

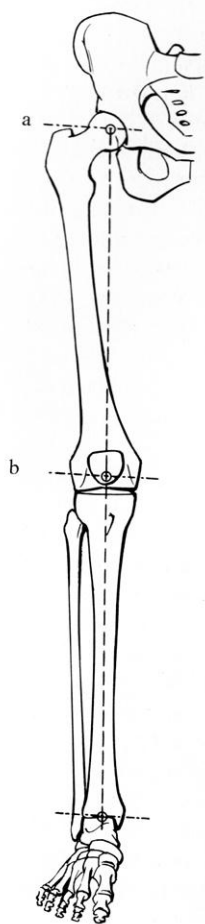
A csípőízület mechanizmusa. Mint minden szabad ízületnél, itt is a tér három fő tengelye körüli mozgásokat vesszük figyelembe. A combcsont fejének középpontját a trochanter major csúcsával összekötő haránttengely körül történik a comb *flexiója* és *extenziója*. Itt jelentkezik az erős külső szalagoknak a combnyakra való egyirányú spirális rácsavarodás folytán kialakult gátló szerepe flexióban a szalagok a combnyakról lecsavarodva meglazulnak; extenzióban ellenkezőleg, rácsavarodva megfeszülnek. A szalagok extenzióban maximálisan akkor feszülnek meg, amikor a comb a törzs hossz tengelyével éppen 180°-os szöveget zár be, azaz maximálisan nyújtott csípőnél. Ezen túlmenő hátrafelé való retroflexio gyakorlatilag nincs is. Viszont előre felé a comb kiadósan flectálható – igaz, hogy a hátsó combizmok megfeszülése miatt csak behajlított térd mellett –, majdnem annyira, hogy a comb elülső felszíne elérje a has elülső felszínét. Ez természetesen függ a bőr alatti zsírpárnától és a has elődomborodásától. E mozgás lehetséges terjedelme egyénileg egyébként is nagyon változó.

A combcsont fejének középpontján sagittális irányú tengely körül végzett mozgás az *abductio* és az *adductio*. Az előbbi egyénileg, kor, nem és testgyakorlás szerint igen változó, átlagban 40° körül lehet, tehát maximális terpeszállásnál a két comb 80°-ban térhet el. Adductio nyújtott csípőízület mellett csak a combok összeütközéséig vihető, üléskor különböző fokban behajlított combjainkat egymással a középvonalon túl keresztezzük, sőt ezt pihentető testtartásnak érezzük.

A combfejek középpontját a fossa intercondylariszal összekötő függőleges tengely körül végezzük a comb *kifelé* és *befelé* irányuló *rotatióját* (**4/11. ábra**). Nyújtott csípő mellett ez a rotatio kisebb fokú, behajlított csípő mellett eléri a 90°-ot. A rotatiót magunkon megfigyelhetjük, ha nyújtott térd mellett a lábcúcsot ki-, majd befelé fordítjuk. A trochanter major, de még a combcsont teste is, rotatókor ívben előre-hátra forog, amiről a trochanterra vonatkozóan a tompor tapintásával könnyen meggyőződhetünk.

Valamennyi mozgás egymással kombinálódhat, a flexio és extensio, valamint az ab- és adductio szélső határainak kihasználásával a combot előre- és kissé oldal felé irányuló kúppalást mentén *circumdukálhatjuk*.

Különböző torna, sport- és főleg balettmozdulatok esetében úgy tűnik, hogy a mozgást végző személy combját a fent megadott terjedelmeken messze túlmenően mozgatja. Korcsolyázásnál, talajtornában és a balettművészetben gyakori mozdulatforma a comb csaknem vízszintes kinyújtása hátrafelé. A valóságban az e mozgást végző, a támaszkodó végtag csípőízületében erősen előrehajlítja a medencét, így nem csoda, hogy a másik csípőízületében a combot hátrafelé felemelheti. Törzsét az ágyéki gerincben felemelve, azt a látszatot keltheti, hogy retroflectálta a combot. Hasonló, de bonyolultabb magyarázata van a balettban alkalmazott „spárga” elnevezésű mozdulatnak vagy helyesebben testhelyzetnek, amikor úgy tűnik, hogy a táncosnő combjait közel 180°-ban szétterpeszti, pedig az egyik oldalon maximális flexio, a másikon maximális extensio járul az abductióhoz. Persze, hosszan tartó gyakorlat és a normális mértéken felül ellazítható izmok nélkülözhetetlenek az ilyen mozdulatokhoz.



4/11. ábra. Az alsó végtag konstrukciós tengelye. A vízszintes szaggatott vonalak a csípőízület (a), a térdízület (b) és a bokaízület (c) flexiós-extenziós mozgásainak tengelyét jelzik

Klinikai vonatkozások. 1. A csípőízület stabilitását egyaránt álláskor több tényező biztosítja: a) Működőképes m. gluteus medius et minimus. b) A caput femoris és az acetabulum normálisan fejlett és ép. c) A collum femoris ép és a femur testével bezárt szöge normális. Ha bármelyik tényező eltér a normálistól, a medence a felemelt láb oldala felé billen, a beteg pozitív *Trendelenburg-tünetet* mutat. 2. A csípőízület gyulladása esetén a beteg fájdalmas ízületét enyhén flectált, abducált és kifelé rotált helyzetben tartja, mert így a legkisebb az intraarticularis nyomás. 3. A csípőízület osteoarthritis gyakori megbetegedés, mely az ízület fájdalmával, merevségével és deformálásával társul. A fájdalom a térdízületre is kisugározhat, mert mindkét ízületet a n. obturatorius látja el érző idegrostokkal. Az ízület merevségét a fájdalom által kiváltott izomspasmus okozza. Tartós fennállás után ez akár az érintett izmok contracturájához is vezethet.

6.5.3. Térdkalács (patella)

A térdkalács (*patella*) a térdízület tokjába elől, de egyben a comb feszítőizmainak inába is beágyazott szelídgesztenyéhez hasonló alakú, de annál laposabb csont. Felfelé tekintő lapos basisa, lefelé tekintő csúcsa van. Hátrafelé tekintő, gyenge függőleges léccel elválasztott ízfelszíne a combcsont facies patellarisával ízesül.

Lábszárcsontok (ossa cruris)

A lábszárban az alkarhoz hasonlóan két hosszú csöves csont van, a medialis elhelyezkedésű *tibia* (sípcsont) és a lateralis *fibula* (szárkapocs). Mint magyar neve is mutatja, ez utóbbi mint hordozószerkezet alárendelt jelentőségű, csupán alátámasztja a tibia lateralis condylusát. Jelentősebb a szerepe a distalis végén, ahol a tibiánál lejjebb érve, a külső bokát képezi, és az előbbivel együtt a bokavillába fogja a lábtő ugrócsontját. Ezenkívül a szárkapocs jelentősége az is, hogy az erős lábszárizmok eredéséül szolgál.

Sípcsont (*tibia*). Hosszú csöves csont, amelyen háromszögletű hasábhöz hasonló testet, tömegesebb proximális és karcsúbb distalis végdarabot különböztetünk meg.

A proximalis végdarab dór oszlopfőszerűen kiszélesedik két condylusszá (*condylus medialis et lateralis*). Ezek felfelé vízszintes állású, gyengén kivájt kettős ovális porcfelszínnel (*facies articularis superior*) borítottak. A kettős porcfelszín egymás felé tekintő oldalai lelapultak, és felfutnak a felszínek között kiemelkedő dombra, az *eminentia intercondylarisra*. Az eminentiát voltaképpen két gumó, egy medialis és egy lateralis alkotja. Előtte és mögötte a porcfelszín két felét egy-egy érdes, porccal nem borított csontfelszín választja el. A lateralis condylus hátsó-alsó oldalán a fibula fejével való ízesülésre szolgáló lapos porcfelszín (*facies articularis fibularis*) található. Ettől ferdén le- és medial felé futó érdes vonal (*linea musculi solei*) húzódik a csont középdarabjára.

A testen három felszint találunk. Az egyik a lábszár bőre alatt végig szabadon fekszik, és előre-, medial felé tekint; a másik felszín oldal felé, a harmadik pedig hátrafelé. A két utóbbi izmokkal borított. E három felszín ében találkozik: egy elülső, végig kitapintható – felső részén közvetlenül a proximalis végdarab alatt egy nagy érdesség (*tuberositas tibiae*) tűnik fel –, egy hátsó, a lábszár belső oldalán szintén kitapintható és egy rejtett, oldal felé tekintő: a *margo interosseus*.

A distalis végdarab négy szögletűen kiszélesedve előlről hátrafelé haladó görbületű, porccal borított, vájt hengerfelszínnel végződik (*facies articularis inferior*) az ugrócsonttal való ízesülésre. Medialis oldalán a csont a medialis bokanyúlványban (*malleolus medialis*) folytatódik, amelynek lateralis oldalára az ízületi felszín ráterjed.

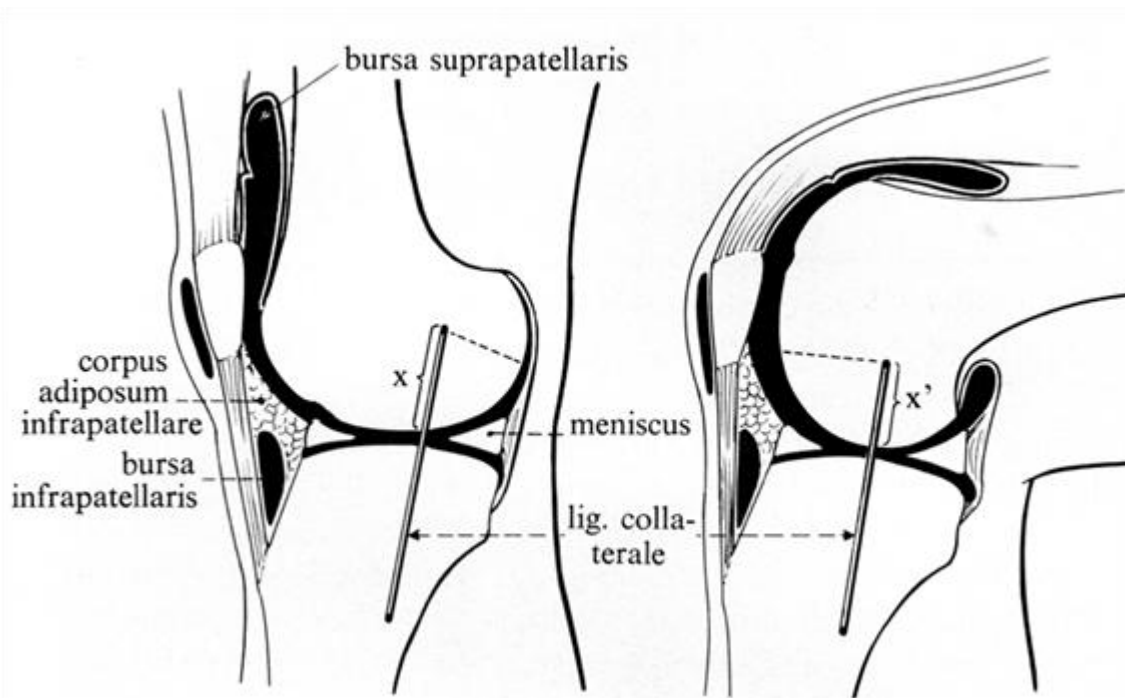
Szárkapocs (*fibula*). Két, bunkósan megvastagodott végdarabja kivételével izmok közé rejtett karcsú pálcaszerű csont. Proximalis végdarabja a felfelé kicsúcsosodó *caput fibulae*, amely medial felé előre- és felfelé néző lapos ízfelszínnel (*facies articularis capitis fibulae*) illeszkedik a tibia lateralis condylusához. A fej alatt a csont nyakszerűen összeszűkülve megy át a középdarabba. A diaphysis durván háromszögletű hasábnak megfelelő, de rajta több csontos él látható; közülük egy – a medial felé tekintő *margo interosseus* – megjegyzésre méltó. Distalis vége megvastagodva a lateralis bokát képezi (*malleolus lateralis*). Ez több mint 1 cm-rel lejjebb ér, mint a medialis boka. Distal felé ízfelszíne nincsen, csupán medial felé tekintő, majdnem függőleges állású ízfelszíne az ugrócsont trochleájának oldalsó felszíne számára (*facies articularis malleoli*).

6.5.4. Térdízület (*articulatio genus*)

A **térdízület** (*articulatio genus*) az emberi test legnagyobb méretű és egyben legbonyolultabb felépítésű ízülete. Az ízületet alkotó nagy csontvégeket, erős szalagkészüléket és sokféle speciális kiegészítő berendezést érthetővé teszik az ízület lágyrészekkel nem védett volta és az ízületre ható nagy passzív erők, ti. az itt ízesülő igen hosszú csontok nagy erőkarokat képeznek.

Mechanizmusa szerint szigorúan véve trochoginglymus, de felépítése szerint inkább a tiszta ginglymushoz hasonló. Az ízület alkotásában közvetlenül csak a comb- és a sípcsont, valamint a patella vesz részt, a fibula csak a fején tapadó szalag révén másodlagosan.

Ízfelszínek. A *condylus medialis et lateralis femoris* mind sagittalis, mind frontális irányban kisebb sugarú görbülettel bír, mint a *condylus medialis et lateralis tibiae* vájolata. Így az ízfej és az ízvápa nem illeszkedhetnek össze egymással nagyobb területen, mint amit a porcfelszínek természetes összenyomhatósága, illetve a két görbület egymáshoz való viszonya megenged. Mind elől, mind hátul, mind pedig a condylusok oldalain egy-egy ék alakú terület marad szabadon az érintkező ízfelszínek között, amit az ízület rostporcos *meniscusai* töltenek ki (**4/12. ábra**). Mindkét meniscus C alakú, a *meniscus medialis* félholdhoz hasonló, és sagittalis irányban nagyobb átmérőjű, mint a *meniscus lateralis*, amely majdnem zárt gyűrűt képez. Függőleges átmetszetben a meniscusok ék alakúak, erősen vájt felső felszínnel. A lateralis meniscus mindkét és a medialis meniscus hátsó csúcsa az *eminentia intercondylaris*hoz rögzített; a medialis meniscus elülső végét egy harántul futó szalag (*ligamentum transversum genus*) rögzíti a lateralis meniscus elülső széléhez. A medialis meniscus külső keskeny felszíne végig, a lateralisé egy kisebb rész kivételével rögzül az ízületi tokhoz.



4/12. ábra. A térdízület sagittalis metszete sémásan, nyújtott és behajlított helyzetben. A kettős vonallal jelzett lig. collateralének nyújtott helyzetben a condyluson az X-szel jelzett, behajlított helyzetben X'-sal jelzett szakaszt kell áthidalnia. Minthogy a femur condylusainak csigavonalú oldalprofilja miatt $X > X'$, nyújtott ízület mellett az oldalszalagoknak meg kell feszülniük

A meniscusok nem csupán kiegyenlítik a két ízfelszín közötti *incongruentiát* (az egybevágóság hiányát), hanem a térdízület minden helyzetében más helyzetbe kerülnek, és más alakot vesznek fel. Behajlított térdízület mellett ugyanis a femur condylusainak sokkal kisebb sugarú hátsó része kerül szembe a tibia ízfelszínével, mint nyújtottabb helyzetben. A C vagy sarló alakú meniscusok végei behajlított helyzetben egymáshoz közelebb kerülve, nyújtott helyzetben kissé távolodva töltik ki a condylus körül szabadon maradó ék alakú teret. Ugyanakkor a femur két condylusának előre convergáló jellege és a medialis condylus megtört volta azt is igényli, hogy a térd különböző hajlítási helyzeteiben a meniscusok a tibia condylusain lap szerint is el tudjanak tolni. A patella hátsó ízfelszínével nyújtott térdízület mellett a femur facies patellarisához illeszkedik; behajlított térdnél a helyzete más, de ezt majd a térdízület mechanizmusával kapcsolatban ismertetjük.

Ízületi tok. Igen kiterjedt és bonyolult ízületi üreget zár körül. Hátral közvetlenül a femur condylusai felett ered, és ráfeszülve a condylusok hátsó felszínére, összenő a meniscusok hátsó részével, ezután közvetlenül tapad a tibia condylusainak széléhez. A tok itt általában vastkos és feszes, s akadályozza a térdízület túlfeszítését (lásd a mechanizmusnál). Oldalt a tok a combcsont porcfelszíneinek a szélén ered, a medialis oldalon szorosan összenőtt a meniscus medialisszal, a lateralis oldalon is, de csak ennek elülső részén. Hátral az ízületi tokot egy darabon egy izom (*m. popliteus*) helyettesíti; itt a lateralis meniscus külső oldala szabad. A meniscusok alatt a tok azonnal rögzül a tibia porcfelszíneinek külső széléhez.

Elöl a legbonyolultabb a tok viselkedése. A facies patellaris felső részén eredve előbb felfelé türemkedik. Nyújtott térdnél, mintegy 8 cm-rel emelkedik a patella fölé a comb feszítő izmai mögött. E kitüremkedést *bursa suprapatellaris*nak nevezik. Eredete kettős: alsó része az ízületi tok kitüremkedése, vagyis *recessus suprapatellaris*, ez olvad össze a felette lévő, és eredetileg különálló bursával. Innen boltozatosan visszavonul, és a combfeszítők alatt lefelé haladva részben tapad a patella ízfelszínének felső részén, részben a patella két oldalán lefelé húzódik. A patella felszínének az elülső tok ablakába van mintegy beillesztve. A patella alatt az ízületi tok igen elvékonyodik, és azt a patella alsó csúcsát körülölelő zsírtest (*corpus adiposum infrapatellare*) redő alakjában az ízület ürege felé bedomborítja. E zsírtestnek nyújtott térd mellett nincs különösebb szerepe, de miként a mechanizmusnál kitűnik, hajlított térd mellett annál inkább. Végül a meniscusok érintésével az ízületi tok a tibia condylusainak elülső szélén tapad. A térd voltaképpen a két condylusnak megfelelően két külön ízületből áll. Sok emlősállatban az ízületet egy sagittalis állású sөvény két külön (bal és jobb) félre osztja. E sөvény emberben csak csökevényesen marad meg a femur fossa intercondylaris elülső részétől az elülső tok patella alatti részéhez húzódó gyenge synovialis redő (*plica synovialis infrapatellaris*) alakjában.

Szalagok. Mint minden ginglymusnak, a térdízületnek is a legjellemzőbb szalagai az oldalszalagok: *ligamentum collaterale mediale et laterale*. Az előbbi a femur epicondylus medialis tájékáról eredő, az ízületi tokkal és a meniscus oldalával összenőtt lapos szalag, amely a sípcsont medialis bütykén tapad. A *lig. collaterae laterale* zsinegszerű önálló szalag, amely a femur epicondylus lateralisától a fibula fejének csúcsához feszül ki; az ízületi toktól és a lateralis meniscustól független. Alatta egy izom (*m. popliteus*) ina halad el, amely egy szakaszon az ízület lateralis falát is képezi. Annak megfelelően, hogy a térd voltaképpen nem egy, hanem két párhuzamos állású és közös tengelyű ginglymus, van két belső „oldal”-szalag is: ti. a lateralis condylus medialis oldalszalaga és a medialis condylus lateralis oldalszalaga. E szalagokat a *ligamentum cruciatum anterius* és a *ligamentum cruciatum posterius* képviseli. Valóban a femur két condylusának a fossa intercondylaris felé eső felszínéről erednek, de nem egyszerűen lefelé haladnak, hanem az egyik előre-, a másik hátrafelé tart az eminentia intercondylaris előtti, ill. mögötti érdes, kissé bemélyedt területhez. A *lig. cruciatum anterius* a lateralis condylus medialis felszínén ered, s előre- és lefelé halad az eminentia intercondylaris elé, a *lig. cruciatum posterius* a medialis condylus lateralis felszínéről ered, és hátra száll le az eminentia intercondylaris mögé; egy kis nyalábja a meniscus lateralis hátsó szélébe olvad be (*ligamentum menisci lateralis*, Robert-féle szalag). A két szalag egymással kereszteződik, innen a nevük. Az ízület hátsó tokjába a tibia medialis condylusa felől erős szalag sugárizik felfelé és laterál felé; ez a *ligamentum popliteum obliquum*; voltaképpen egy izom tapadó inából (*m. semimembranosus*) ered. Szigorú értelemben nem a térdízület szalaga, hanem a comb feszítő izmainak inrendszeréhez tartozik a *ligamentum patellae*, mely a patellát a tuberositas tibiaehez rögzíti. Két oldalán még további inas szalagos készüléket találunk (*retinaculum patellae mediale et laterale*), amely hozzájárul ugyan a patella oldalirányban való rögzítéséhez, de mégsem ízületi szalag, hanem a patellán tapadni már nem tudó medialis és lateralis combfeszítő izomrészeknek a tibia elülső felszínén rögzülő ínrostozata. A zömében hosszanti rostkötegek közé, főleg a mélyebb rétegben, keveredő haránt rostrendszer bizonyos jogosultsággal az ízülethez sorozható.

Nyálkatömlők. Az előzőekben már említett bursa suprapatellarison kívül a térdízület körül számos önálló (az ízület üregével össze nem függő) nyálkatömlő van. Nevezetesebbek: a *bursa prepatellaris*, amely a térdkalács előtt három rétegben elterülő, egymással részben közlekedő, részben önálló lapos tömlő a bőr, a felületes pólya (fascia) és a patella előtt elfutó ínrostok alatt; továbbá a *bursa infrapatellaris*, amely a *lig. patellae* alatt, közte és a térdízület említett zsírteste közt fekszik.

Mechanizmus. Ginglymus jellegéből eredően a térdízület mechanizmusa látszólag egyszerű ugyan, de a valóságban igen bonyolult. Mozgásai szerint trochoginglymus a lábszár kétféle mozgási lehetőségével, azaz flexio-extenziójával és a lábszár tengelye körüli rotációval.

A *flexio-extensio* haránttengely körül történik (4/11. ábra), amely a combcsontot az epicondylusoknak megfelelően fúrja át. (A combcsont két condylusa a mozgásban elvileg úgy vesz részt, mint az egytengelyes kétkerekű kordé kerekei.) A térdízület sémás oldalnézetén (4/11. ábra) kitűnik, hogy a condylusoknak a combcsontnál leírt spirális görbülete folytán behajlított térd mellett kisebb sugarú részük kerül szembe a tibiával. Minthogy a *lig. collateralék* a spirális görbület hátsó központjában levő epicondylusokon erednek, nyilvánvaló, hogy behajlított térd mellett aránylag lazán hidalják át az eredésük és a tapadásuk közti távolságot, míg extenzióánál a condylus nagyobbodó radiusa miatt fokozatosan megfeszülnek. Ez a feszülés normális erősségű szalagok mellett a térd 180°-os, azaz nyújtott állása mellett oly fokot ér el, hogy az extenziót tovább nem engedí. Ugyanebben a helyzetben a facies patellarist a condylusok tulajdonképpeni felszínétől elválasztó megemelt szél összetalálkozik a meniscus külső peremének felső élével. Még két tényező járul hozzá az ízület nyújtott helyzetében a további (előrefelé való) hyperextensio (vagy inkább – „anteflexio”) gátolásához: az erős hátsó ízületi tok és a *ligg. cruciata* bizonyos kötegeinek megfeszülése. Így tehát – mint a természetben oly általánosan – több tényező találkozik össze egyetlen döntő mozzanatban a térd túlfeszítésének hirtelen meggátolására.¹⁵¹⁵

A *ligg. cruciata* ferde lefutásukkal úgy hidalják át a femur és a tibia közötti távolságot, hogy egyes kötegeik úgyszólván a térd minden helyzetében eléggé feszesek, tehát az oldalszalagok ellazult helyzete mellett is összetartják a comb- és a sípcsontot. Erősebb megfeszülésük – más kötegeikben – a térd nyújtott és igen erősen behajlított helyzetében következik be. A flexiót voltaképpen csak a keresztszalagok egyes részei gátolják, de a hátsó lágyrészek összetorlódása és az elülsők megfeszülése már előbb kb. 130–140°-os állásnál, akadályozza a hajlítást.

Ebben nagy egyéni különbségek vannak; főleg leánygyermekek órákig eljátszanak ún. guggoló helyzetben, azaz sarkukra ülve. Kelet- és Délkelet-Ázsiában és több afrikai népnél is, mint említettük, ez a nők tradicionális

¹⁵¹⁵ Ezt saját térdünkön könnyen kipróbálhatjuk. Feszítése nyújtott helyzetig könnyen megy, majd minden átmenet nélkül – rugalmasan bár, de – elakad.

testtartása (részben a férfiaké is). Hogy ebben mennyire a tradíció által a gyermekkortól begyakorolt szokás, és mennyire szerepel e népeknek az európaiakénál gracilisabb csontozata és karcsúbb izomzata, azt nehéz volna eldönteni.

Flexiókor a patella az erős lig. patellae rögzítő hatása miatt (4/12. ábra) nem követheti a felfelé kiforduló combcsonti condylusokat. Kicsúszva a facies patellarisból, fokozatosan belefekszik az előre kerülő fossa intercondylarisba. Ilyenkor fontos szerepe van a térdízület zsírtestének, a corpus adiposum infrapatellarének, amely a patella alsó része körül betüremkedve párnaszerűen körülágyazza a patellát, s kiegyenlíti a patella ízfelszínei és a condylusok előrekerült alsó felszínei közötti incongrueniákat. Térdelő helyzetben a patella és a térdízület zsírteste kitölti azt a gödröt, amely itt egyébként keletkezne, és egyben legömbölyíti a térdet. E vonatkozásban a patella a könyök olecranonjának felel meg, azzal a különbséggel, hogy nem csontosan rögzül a tibiához. Egyébként a patella az ízület mechanizmusában nem vesz részt, és mechanikai szerepe szerint a comb feszítő erejét a tibiára közvetítő csiga (*hypomochlion*). A helyzet a lábszár és az alkar között azonban nem analóg, mert a sípcsont az orsócsontnak és a szárcsapocsnak az ulnának felel meg.

A térdízület *rotatiója* a lábszár hossz tengelye körüli forgó mozgás. Akaratlagos rotatio csak behajlított térd, azaz ellazult oldalszalagok mellett lehetséges. Nyújtott térd mellett egyébként is az egész szabad alsó végtagot a csípőízületben rotáljuk. Nyújtott térd mellett a lábszáron tapadó izmok húzási iránya sem volna megfelelő; csak behajlított térd mellett kerülnek a comb hajlítói izmai abba a helyzetbe, hogy a lábszár medialis oldalán tapadók a lábszárat gyeplőszerűen medial felé, a lateralis oldalán tapadók kifelé forgassák. A behajlított térd összes rotatiója (befelé és kifelé) 50–60° körüli. A rotatio tengelye a medialis condyluson átmenő függőleges tengely.

Az akaratlagos rotatió kivül a térdízületben van egy passzív *kényszerrotatio* is. A passzív rotatio oka a ligg. cruciata extensio végén történő megfeszülésében, és a két condylus femoris közti nagyságbeli különbségben keresendő. Az extensio vége felé a tibia condylusai már legördültek a femur condylusainak egyenlő hosszúságú felszíneiről, és a keresztszalagok feszesek. Ugyanakkor a femur medialis condylusanak lateralis irányba hajló toldalékdarabja még szabad. Az extensorok további feszítő hatására a lateralis condyluson áthaladó, annak felszínére merőleges tengely körül elfordulva a tibia medialis condylusa rácsúszik e toldalékdarabra (*végrotatio*). A flexio kezdetekor az előbbi tengely körül a tibia medialis condylusanak előbb a femur medialis condylusának toldalékdarabjáról le kell csúsznia, és csak ezt követően kezdődhet el a tibia condylusainak a flexio során bekövetkező gördülőmozgása (kezdeti rotatio).

Klinikai vonatkozások. 1. A térdízület stabilitását erős szalagrendszer és a m. quadriceps femoris biztosítja. A jól fejlett izom egyes szalagok sérülése esetén is képes stabilizálni a térdízületet. 2. Az ízületi felszínek, meniscusok és szalagok sérülése a synoviális hártya izgalma váltja ki és ennek következtében megnő a synoviális nedv mennyisége az ízületben. 3. A collateralis és keresztszalagok sérülése a leggyakoribb a térdízületi sérülések közül. A lig. collaterale mediale szakadását eredményezheti az ízület erőszakos abductiója. A szakadás helyétől függően vagy a femuron, vagy a tibiin való tapadás helye nyomásérzékeny. A lig. collaterale laterale sérülését az ízület erőltetett adductiója okozhatja. Ritkább mint a medialis oldalszalag sérülése. A szakadás helyétől függően vagy a fibula fején, vagy a femur epicondylus lateralisán tapasztalható nyomásérzékenység. A keresztszalagok sérülését okozhatja minden a térdízületet erő túlzott erőbehatás. Leggyakoribb az elülső keresztszalag szakadása. A keresztszalag-szakadás igen gyakran más térdízületi sérüléssel társul, pl. oldalszalagok és/vagy az ízületi tok szakadása. A keresztszalag szakadása esetén az ízületi üreg gyorsan bevérvik (*hemarthrosis*), az ízület duzzadt. Az elülső keresztszalag szakadása esetén vizsgálatkor a tibia jelentősen előre húzható a femuron, ha a hátsó keresztszalag szakadt a tibia hátrafelé tolható a femuron a normális elmozdíthatóságot meghaladó mértékben. A keresztszalagok sérülése esetén a térdízület rögzítése és a m. quadriceps femoris erősítése gyógyuláshoz vezethet, amennyiben azonban oldalszalag vagy ízületi tok sérülés is fennáll, elkerülhetetlen a műtéti megoldás. 4. Meniscussérülés. A meniscusok szakadása gyakori, főleg olyan torsiós erőbehatásokra, melyek az enyhén hajlított és megterhelt térdízületet érik. Leggyakrabban a medialis meniscus sérül. Ha a behasadt meniscusdarab becsípődik, az ízület további mozgása lehetetlenné válik, az ízület „kiakad”. Vizsgálatkor az ízületi rés vonala nyomásérzékeny. A sérült meniscus sebészi eltávolítása előbb-utóbb elkerülhetetlen. 5. *Arthroscopia*. Kis metszésen keresztül optikai eszköz vezethető az ízületbe és az ízület ürege áttekinthető diagnosztikus céllal. Az eszközön keresztül műtétek is elvégezhetők. 6. *Bursitis*. A térdízület környékén lévő bursák gyulladással elváltozásai gyakoriak.

6.5.5. A tibia és a fibula összeköttetései

A fibula fejét a tibia külső condylusához feszes ízület, az *articulatio tibiofibularis* rögzíti. Distalisan nincs ízület, a két csont distalis részét egy *syndesmosis tibiofibularis* elöl és hátul erős szalagokkal fogja össze. A tibia és a fibula margo interosseusait egy köztük kifeszülő rostos lemez, a *membrana interossea*, köti össze. Ereik átbocsátására e hártya felső részén nagyobb, alsó részén néhány kisebb nyílás van.

6.5.6. A láb csontjai

Az emberi láb vázszerkezete a kézhez hasonló: **láb**tőből (*tarsus*), **láb**középből (*metatarsus*) és **ujjak**ból (*digiti*) áll. A kéz vázának sokoldalú mozgékonyaságra irányuló felépítésével szemben a láb váza elsősorban egységes statikai szerkezet. Ujjai rövidek, és a kéznél jóval kevésbé mozgékonyak, mégis a láb az ember egyenes testtartása melletti járáshoz, futáshoz stb. bámulatosan adaptált mozgékonyaságú testrésze. A két végtaggal való járás, futás, ugrás, sőt fára stb. való mászás igénye igen speciális követelményeket támaszt a láb vázszerkezetével szemben, ezért nem csodálható, hogy az emberi lábhoz akár csak megközelítően hasonló megoldás az állatvilágban nem található. Az emberi kézhez, számos eltérés ellenére, a majomkéz, sőt több sokkal alacsonyabb rendű emlős és gerinces (pl. kétéltűek) „keze” elvileg hasonló, az emberi láb ezzel szemben egészen specifikusan emberi (némileg hasonlatos hozzá a medve lába).

A láb a lábszárral a bokaízületben ízesül, a kéz vázával ellentétben azonban csak egyetlen láb

A láb csontjai (*ossa tarsi*). A láb

Ugrócsont (*talus*) Zömök csont, amelyen testet (*corpus tali*), nyakat (*collum tali*) és lapos gömbszelet alakú fejet (*caput tali*) különböztetünk meg. A testen felfelé tekintő, domború, porccal borított hengerfelszín tűnik fel (*trochea tali*), amellyel a lábszárcsontok ízesülnek. A hengerfelszín harántirányú vízszintes tengely körül előlről hátragörbül, előre felé kiszélesedik, és – mint a domború ízületi hengerfelszínnek általában – a hengerfelszín görbületére merőleges irányban kissé homorított, azaz két széle kissé kiemelkedő, közepe besüppedt. A trochlea medialis oldalára a porc felszín kisebb, lateralis oldalára nagyobb mértékben kiterjed a lábszárcsontok bokanyúlványai

Sarokcsont (*calcaneus*). A talusnál hosszabb, oldalirányban összenyomott téglalomszerű, elég szabálytalan csont. Legtömegesebb és aránylag legszabályosabb része a hátrafelé kiugró sarokgumó (*tuber calcanei*), amelynek a talajon támaszkodó hátsó része előre felé két különálló – medialis és lateralis – gumóra válik szét. A gumó hátra- és kissé felfelé tekintő érdes felszínén tapad a lábszár nagy hajlító izmainak inai: az *Achilles-in*. Felső felszínén a talusnál leírt három alsó ízfelszínnek megfelelő ízületi ellenfelszíneket találjuk. A hátsó (*facies articularis talaris posterior*) domború hengerfelszín előlről-medial felől hátra-lateral felé irányuló tengellyel. Ettől medial felé és előre, lényegében a calcaneus nagy medialis nyúlványán: a sustentaculum tali

Ez a valóságban nem tisztán harántul, hanem kissé előre- és lateral felé irányuló vályú a talus hasonló barázdájával a lateralis

A calcaneus felső felszínének elülső részén van a középsőhöz hasonlóan homorú *facies articularis talaris anterior*, és a calcaneus elülső felszínén gyengén nyereg alakú lapos ízfelszín: a *facies articularis cuboidea* tekint a köbcsont felé. A calcaneus alsó felszínén a konzolszerűen medial felé kiugró *sustentaculum tali* tűnik szembe, amely – nevének megfelelően – főleg középső ízfelszínével a talus alátámasztására szolgál. Tővének alsó oldalán folytatódik a talusnál már említett inbarázdája: a *sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi*.

Klinikai vonatkozások. Hosszútávfutók gyakori megbetegedése az Achilles-ín és a calcaneus közötti bursa gyulladása.

Sajkacsont (*os naviculare*). Nevét alig megérdemlő ovális, proximalis irányú homorulatú csont. A talus fejével sekély homorú gömbfelszín részlettel, distal felé lapos, lefelé tekintő homorulatú félhold alakú, jelzetten három részre osztott ízfelszínnel illeszkedik a három ékcsontra. Medial felé és lefelé kiugró érdes gumója (*tuberositas ossis navicularis*) a lábon kitapintható tájékozódási pont. Keskeny felső felszíne domború, hasonló, de érdeesebb alsó felszíne homorú.

Ékcsontok (*ossa cuneiformia*). Nevüknek igazán a középső (*os cuneiforme medium*) felel meg, a lateralis (*os cuneiforme laterale*) csak megközelítően ék alakú, lefelé tekintő éllel. Az *os cuneiforme medium* jóval rövidebb, mint a többi, ezért a három cuneiforméval ízesülő I–III. metatarsus közül a II. mélyen beugrik a lábtő felé. Az *os cuneiforme mediale* inkább függőleges állású félholdhoz hasonlít. Proximal felé az *os navicularéval*, oldalfelé egymással és a lateralis az *os cuboideummal*, distal felé a lábközépcsontok basisaival ízesülnek lényegében lapos ízfelszíneik révén. Az *os cuboideummal* együtt kifejezett haránt irányú boltozatos szerkezetet képeznek, amelynek medialis végpontja a medialis *os cuneiforme* egyben legmagasabb, lateralis végpontja az *os cuboideum* egyben legmélyebb pontja is.

Köbcsont (*os cuboideum*). A köbcsont szabálytalan, kissé megnyúlt kocka alakú. Proximal felé lapos nyereg alakú felszínnel a calcaneusszal, distal felé a két oldalsó metatarsus (IV. és V.) basisával, medial felé kis ízületi felszínnel az oldalsó cuneiforméval ízesül. Plantaris felszínének oldalsó proximalis részén lapos gumó (*tuberositas ossis cuboidei*) emelkedik ki, mely medial felé és előrehaladó lécebe megy át. Ez előtt vele azonos irányban eléggé mély vályú (*sulcus tendinis musculi peronei longi*) húzódik a hasonló nevű ín belefekvésére.

A lábközép csontjai (*ossa metatarsalia*). Az I–V. lábközépcsont a kéz metacarpuscsontjaihoz hasonló; az első kivételével karcsú csöves csontok, proximalis irányba tekintő lapos ízfelszínekkel bíró basissal, kétoldalt erősen levágott gömb alakú fejekkel. A II–V. metatarsuscsontok középdarabjai harántirányban erősen összenyomottak, a talp felé éles élt képeznek. Az I. metatarsus rövid vaskos, a kéz I. metacarpusánál jóval erősebb csont, amelynek basisa függőleges állású, félhold alakú, lapos felszínnel illeszkedik az I. cuneiforme distalis ízfelszínéhez. A II–IV. metatarsus basisai lefelé keskenyedő alakúak, a szomszédos metatarsus basisai is ízesülnek, az V-é oldalfelé erősen kiugró gumóval (*tuberositas ossis metatarsalis V.*) bír. Az I. metatarsus vége vaskos függőleges irányban vágolt hengerfelszínnel rendelkezik, amelynek plantaris oldalán rendszeresen találunk két lencsecsontot (*ossa sesamoidea*) az ízület erős plantaris szalagjában.

A lábujjak csontjai (*ossa digitorum pedis*). Elvben a kéz ujjperceihez hasonló, de azoknál jóval csökevényesebb, kezdetlegesen kidolgozott idomú csontok. Számuk azonos a kéz ujjperceivel. Különösen a középpercek a II–V. ujjon igen rövid bab-borsó nagyságú csontocskák; a körömperc az V. ujjon csökevényes. Az öregujj (*hallux*) két ujjperce a kéz hüvelykénél általában rövidebb, de sokkal vaskosabb, a kéz hüvelykperceihez hasonló ízfelszíneik kidolgozottabbak a többi lábujjénál.

6.5.7. A láb ízületei

Bokaízület (*articulatio talocruralis*). Az ízület alakításában a tibia és a fibula distalis részei által alkotott bokavilla és a lábtő részéről a trochlea tali vesznek részt. Csuklóízület, azaz ginglymus, amelynek harántengelye a fibula által alkotott és lejjebb eső malleolus lateralis csúcsát köti össze egy kb. 1,5–2 cm-nyire a tibia malleolus medialis alatti ponttal. Az ízfőtet a trochlea tali alkotja, melynek felső hengerfelszíne a tibia facies articularis inferiorjával, medialis irányba tekintő kisebb és lateralis nagyobb oldalfelszíne a megfelelő bokákkal ízesülnek.

Tokja főleg elől, de hátul is papírvékonyágú, eléggé bő hártya, oldalt az erős oldalszalagokkal összenőtt, ezért külön nem látható.

Jellegének megfelelően igen erős **oldalszalagokkal** bír, amelyek a belső és a külső bokáról legyezőszerűen sugároznak szét az ugrócsontra, a sarokcsontra és medialisan még a sajkacontra is. A medialis oldalszalag (*ligamentum deltoideum*) igen erős, egészében legyezőszerű szalagrendszer, amelynek legelülő rostnyalábja az *os naviculare dorsalis* részéhez, ez utáni erősebb nyalábja a talus trochleája medialis oldalához, további felületesebb nyalábja a calcaneus sustentaculum falijához és egy külön hátsó nyalábja a talus hátsó nyúlványának medialis részéhez vonul. A lateralis oldalszalag nem egységes, hanem három különálló, sugárszerűen szétterülő szalagból áll:

- ◆ a ligamentum talofibulare anterius a külső bokáról előre és kissé felfelé irányulva megy a talus nyakához,

- ◆ a ligamentum calcaneofibulare a fibula alsó végéről lefelé és hátrafelé húzódik a calcaneus oldalához, végül
- ◆ a ligamentum talofibulare posterius a fibula bokanyúlványáról hátul vízszintesen halad medial felé a talus hátsó nyúlványa lateralis oldalához. Ez utóbbi szalag az ízületi tok egy mély redőjében szinte az ízület üregét hidalja át. Láthatóvá tételéhez vagy az ízületi tokot kell hátul eltávolítani, vagy a tok redőjét óvatosan hátulról szétválasztani.

Mechanizmusa. Egytengelyű csuklóízület, amelynek haránttengelye körül (4/11. ábra) a lábszárhoz egyenes állásakor derékszögben álló lábat dorsal felé 15°-nyira, plantar felé 40°-nyira hajlíthatjuk. Az előbbi mozgást orvosi konvenció szerint *dorsalflexiónak*, az utóbbit *plantarflexiónak* nevezzük.

Zavart okozhat, hogy a dorsalflexiót létrehozó izmok a lábszár extensorai és a plantarflexiót létrehozók a lábszár flexorai. Fokozza az elnevezések zavarát, hogy élettani szempontból extenzióknak csak olyan mozgást volna szabad nevezni, amely a végtagot hosszabbítja, flexiónak pedig olyat, amely rövidíti.

A trochlea tali előrefelé szélesedvén, dorsalflectált helyzetben a szélesebb elülső része szétfeszíti a bokavillát, és ezzel szilárdabbá teszi az ízületet. Ellenkezőleg: lábujjhegyen állva a hátsó keskenyebb trochlearész izesül a bokával, így az ízület ilyen állásban kissé lazább. Rendes járáskor a talajt a kissé dorsalflectált láb sarka éri el. Ilyenkor tehát az ízület stabilabb, mint a talajt éppen elhagyni készülő plantarfectált lábé. A talaj elhagyásakor azonban annak felszínét már kitapasztaltuk, és esetleges egyenlőtlenségeihez a megfelelő izmok összehúzóásával alkalmazkodhattunk.

Klinikai vonatkozások. 1. A bokaízület rándulása. A lateralis boka rándulását eredményezi a láb túlzott plantarflexiója és supinációja, Szakad a lig. talofibulare anterius és a lig. calcaneofibulare, ennek következtében a lateralis boka duzzadt és fájdalmas. A medialis boka rándulása az erősebb szalagok miatt ritka, a láb túlméretezett pronációja okozhatja, és gyakran társul hozzá a malleolus lateralis törése. 2. A boka törése gyakran következik be a láb túlméretezett kifelé irányuló rotációja és pronációja következményeként. A kifelé rotálódó talus spirális törésvonallal lefeszíti a malleolus lateralist. Ha ez az erő tovább hat, a lig. deltoideum letépi a malleolus medialis is. Még tovább ható erő a talust nagy erővel préseli a tibia alsó végének hátsó pereméhez és azt lefeszíti. Torsiótól mentes pronációs erő a lateralis boka, supinációs erő a medialis boka haránttörését okozhatja.

Lábtőízületek (*articulationes intertarseae*). A lábtő egészben feszes ízületek által összetartott szerkezet. Mégis az ugrócsontnak a többi lábtőcsonttal alkotott ízületei (**alsó ugróízület**, *articulatio talotarsalis*) nem feszes, hanem korlátozott mozgékonyágú egytengelyű ízületet képeznek.

Voltaképpen két teljesen különálló ízületéről van szó, melyeket egymástól a sinus tarsi választ el.

Articulatio talocalcaneonavicularis. A talus feje és a fej ízületi felszínével a talpi oldalon gyakorlatilag összefolyó elülső és középső calcanearis ízfelszíne praktikusán közös gömbfelszínűt alkotnak. Az ízvápát a sajkacsont proximalis, vájt ízfelszíne és a sarokcsont elülső és középső talaris ízfelszínei alkotják, de ez a két csont nem érintkezik egymással, így köztük tág hézag marad. Ezt a hézagot a talp egyik legerősebb, s egyben legfontosabb szalaga: a *ligamentum calcaneonaviculare plantare* hidalja át. A calcaneus testének és sustentaculum talijának alsó felszínén eredve előre- és medial felé húzódik az os naviculare talpi felszínéhez. A szalag felső felszínén rostos, majd befelé fokozatosan üvegporccá alakuló porcbeütét van, mely révén a calcaneus két első talaris ízfelszíne és az os naviculare proximalis ízfelszíne egységes, vájt gömbfelszínűvé válik. E gömbízületet tokja egységes üregként zárja körül, de csekély mozgékonyágának megfelelően a tok elég szoros. Szalagai és mechanizmusa közös a következő ízületével.

Articulatio subtalaris. A talus hátsó, vájt calcanearis és a calcaneus hátsó talaris domború hengerfelszíne közti ízület. Mint a csontok leírásánál említettük, a hengerfelszínnek tengelye előlről medialról, hátra lateral felé irányul. Tokja külön ízületi üreggél zárja körül, általában elég szoros.

Az **alsó ugróízület** közös szalagkészüléke az előzőleg már említett talpi szalagokon kívül több, a talust és a calcaneust összekötő szalagból áll. Legerősebb köztük a *ligamentum talocalcaneum interosseum*, amely a sinus tarsin belül a sulcus calcanei és a sulcus tali falait köti össze.

Mechanizmusát az az általános elv határozza meg, hogy két, részben ugyanazon csont közt alkotott ízület mechanizmusa közös kell hogy legyen, azaz a mozgási tengelynek mindkét ízület geometriai viszonyait ki kell elégítenie. Minthogy az articulatio subtalaris olyan hengerfelszín, amelynek tengelye a lábtőt ferdén előlről medialról, hátra lateral felé fúrja át, ezért a két ízület együtt eleve csak olyan irányban mozoghat, amelyik ennek a tengelynek megközelítően megfelel. Az articulatio talocalcaneonavicularis, gömbízület lévén, saját központja

körül szabadon mozoghatna. Ideális akkor volna a helyzet, ha a hátsó ízület tengelye az elülső gömbízület központján haladna át. Ez azonban nincs így, és ilyenkor a mozgás a két eltérő mozgási lehetőség között „kompromisszumos” megoldás, amely több igen eltérő tényezőtől úgy adódik, hogy a két ízület együttesen leginkább egy olyan tengely körül foroghat (tehát megközelítően *articulatio trochoidea*), amely a talus nyakán elől-felülről-medialról megy be, és a *tuber calcanei*n hátul lateral felé és lefelé irányulva jön ki. E ferde tengely körül a láb **befelé rotálva** kissé *plantarflexálódik*, *adductáltatik* és *supinálódik* (a talp belső széle feljebb kerül, mint a *lateralis*), **kifelé rotatókor** a láb *dorsalflexálódik*, *abductáltatik* és *pronálódik* (a belső talpszél mélyebbre kerül, mint a külső). E mozgásokat kissé nehéz elképzelnünk, de saját magán mindenki megfigyelheti őket. A valóságban a lábtő más ízületeiben való csekélyebb mozgások hozzájárulása folytán a láb ennél sokoldalúbb mozgásokat végezhet, és bámulatosan képes alkalmazkodni a talaj egyenetlenségeihez.

Articulatio calcaneocuboidea. Fesztes ízület, amelyet a két csont egymás felé tekintő lapos nyeregfelszínei alkotnak. Mind *dorsalis*, mind *plantaris* oldalát erős szalagok biztosítják. *Plantaris* szalaga a talp erős hosszanti szalagának, a *ligamentum plantare longum*nak mélyebb része. Ez a *calcaneus* talpi felszínén a *tuber* előtt eredve előrehúzóódik, és mint hídpilléren, a *tuberositas ossis cuboidei*n tapad. Mélyebb rostjai itt véget érnek, de felületesebb rostjai továbbhaladva áthidalják, illetve csatornává zárják a *sulcus tendinis musculi peronei longi*, és szétsugároznak a II–V. *metatarsus*csontok basisain.

A *lig. plantare longum* és az alsó ugróízületnél említett *lig. calcaneonaviculare plantare* a talp két mechanikailag is legfontosabb szalaga. Az ízület *dorsalis* szalaga a *ligamentum bifurcatum*, amely azonban közös szalaga egy, a következő szakaszban tárgyalandó közös ízületi vonalnak.

Articulatio tarsi transversa (Chopart). Nem önálló ízület, hanem orvosi gyakorlati szempontból régebben fontos, ma alárendeltebb, gyengén S alakú ízületi vonal. Az ízületi rést proximálisan a talus és a *calcaneus*, distálisan az *os naviculare* és *cuboideum* határolja. Az ízület medialisán distál felé, laterálisán proximál felé domborodik. Dorsal felől fő összetartó eleme a *ligamentum bifurcatum* (a Chopart-ízület kulcsa), amely a *calcaneus dorsalis* oldalán a *sinus tarsi* nyílása előtt ered, és V-alakban kettéválva, egyik része az *os navicularé*n, a másik az *os cuboideum*on tapad.

Régebben a láb sebészetének fontos törekvése volt járásra alkalmas lábcsontok nyérése minden olyan esetben, amelyben a láb egy részét sérülés vagy betegség folytán eltávolították. A 18. század végén és a 19. század első felében, főleg a háborús sebészetben, számos műtéti megoldást dolgoztak ki ilyen járóképes csont létrehozására. A Chopart-féle ízületi vonalban való csonkolás is idetartozik. Ma a fejlettebb művégtagkészítés folytán a helyzet más: ha egyszer a *metatarsus*fejek nem menthetők meg, a sebészek nem törekcsenek mindenáron minél többet megtartani a lábból, mert a művégtag úgyszólván a lábszárra támaszkodik.

Articulatio cuneonavicularis. Az *os naviculare* és az *ossa cuneiformia* közti ízület.

Articulatio tarsometatarsea. Általában három különálló ízületi üreg, amelyek részben betérjednek proximál felé az *ossa cuneiformia* közé, részben distál felé a *metatarsus*csontok basisai közé. Az ezen ízületekben részt vevő összes szomszédos csontot *dorsalis*, *plantaris* és részben *interosseus* szalagok kötik össze feszes szerkezetűvé. E szalagok neveit mechanikusan képezzük a két csont nevéből *dorsale*, *plantare* vagy *interosseum* jelzővel.

A *tarsometatarsalis* ízületi vonal a sebészetben mint *Lisfranc*-féle vonal még ma is jelentős bizonyos mértékben. A középső *os cuneiforme* rövid, és a II. *metatarsus*csont hosszú volta folytán az egyébként mediantól lateral felé haladva gyengén proximál felé húzóódó vonal itt erős szögletes beugrást mutat.

Az *articulationes metatarsophalangeae* és *articulationes interphalangeae* szerkezetileg megegyeznek a kéz analóg ízületeivel, de a csontokhoz hasonlóan ezek közül is több csőkevényes.

Klinikai vonatkozások. *Hallux valgus*. Nem megfelelő méretű és szabású cipő tartós viselésének következtében az öregujj alapperce laterális irányba deviál. Nőkben gyakoribb. Ha a folyamat elkezdődik, egyre jobban progrediál, mert az öregujj izmai laterális irányba húzzák az ujjat. Az elváltozáshoz előbb-utóbb a *metatarsophalangealis* ízület *osteoarthritis*e társul, ami fájdalommal és az ízület elmeredésével jár (*hallux rigidus*).

6.5.8. A láb egészben

A láb boltozatos szerkezet, amelyen hosszanti és harántboltozatot különböztetünk meg.

A hosszanti boltozat hátsó sarokpillére a *tuber calcanei*, elülső pillérei a *metatarsus*ok fejei. Kissé sémásan a boltozatot úgy is felfoghatjuk, hogy a sarokcsonton két, distál felé gyengén divergáló ív indul: a belső valamivel

magasabb, a sarokcsont medialis gumójától indul, és a taluson, az os navicularén, az os cuneiforme medialén át húzódva a metatarsus I.-on keresztül, annak fejéhez illeszkedő két sesamcsonton támaszkodik meg elől.¹⁶ A laposabb oldalsó ív a sarokgumó oldalsó kiemelkedéséből kiindulva, a sarokcsonton, az os cuboideumon és metatarsuson áthaladva az ötödik fejével támaszkodik. Természetesen hasonló, legyezőszerűen széttérő íveket szerkeszthetnénk minden metatarsuscsontnak megfelelően, de ezek fejei a lábnak a továbbiakban tárgyalandó harántboltozata és a közbeilleszkedő nagyobb lágyrésztömeg miatt kevésbé kerülnek közel a talajhoz. A lábboltozat hosszanti ívére nem az ív közepén, hanem az ennek hátsó részén és a kissé medialis oldalán levő ugrócsontra nehezedik az egész test tömege. A csontos ívet a lábtő és a lábközép szalagkészüléke oly szorosan tartja össze, hogy egészséges láb a test tömege alatt nem deformálódik észrevehető módon. Ennek ellenére a boltozatszerkezet kétségtelenül rugalmas, és a járás, ugrás stb. közben előforduló rázkódásokat csökkentő konstrukció. Fontos szerepe a boltozatos szerkezetnek, hogy főleg a medialis boka alatt nyomástól védetten engedje a talp területére belépni, s ott a metatarsusfejekig futni, ill. elágazódni a láb ereit és idegeit. A talp izmai is védettek a közvetlen összenyomástól. A hosszanti boltozat kritikus pontja a talus fejének alátámasztása a calcaneus elülső része és az os naviculare között.

Az itt a csontok közt levő hézagot a ligamentum calcaneonaviculare plantare hidalja át, amely a talus feje és alsó ízfelszínei számára egységes porccal bélelt ízvápát hoz létre a naviculare és a calcaneus elülső talaris ízfelszíneivel. Érthető, hogy a szalag alkati gyengeség, biológiailag célszerűtlen ácsorgó életmód (pincérek, sebészek, ápolónők, konyhai munkát végzők stb.) és túl nagy testtömeg folytán megnyúlik, és a talus feje lesüllyed a szétváló os naviculare és sustentaculum tali között. Legsúlyosabb fokán ez a medialis boka lesüllyedését okozza (a „lúdtalp” kifejezés helytelen erre az elváltozásra), úgyhogy végül a talus feje támaszkodik a talajon. Feltűnő tünete a nedves lábbal sima talajon okozott talplenyomat mély medialis „fülkéjének” megszűnése. A hosszanti lábboltozat fenntartásában az említett szalagon kívül a lig. plantare longum és a dorsalis szalagok közt a mélyen fekvő lig. bifurcatum visz fontos szerepet, de nyilvánvalóan a lábtő distalisabb apró szalagai összességükben hasonló fontosságúak. A boltozatok fenntartásában természetesen egyéb tényezők – főleg izmok és inak, valamint a talp aponeurosis – is részt vesznek, erről majd a láb izmainál szólunk.¹⁷

Az ékcsontok és a metatarsuscsontok basisainak lefelé elkeskenyedő ék alakja folytán a láb distalis részében harántirányú boltozatos szerkezet is keletkezik. A boltozat szimmetriás, belső végpontja jóval magasabban áll, mint külső végpontja: az os cuboideum. A boltozat legmagasabb pontja az os cuneiforme mediumra esik. Jelentősége, hogy a talp közepének lágyrészei a hosszanti boltozaton belül szinte még külön biztosított hosszanti csatornában juthatnak előre a lábközépcsontfejekig. Még a lábközépcsontok vonalában is érvényesül a harántboltozat oly módon, hogy a II–IV. metatarsuscsont fejei még terhelt lábon is magasabban állnak, mint az I. és az V. metatarsuscsont feje.

Ez természetesen nem jelenti azt, hogy rajtuk nincs teher. Annyit azonban igen, hogy az egyébként maximálisan a metatarsusfejek vonala közepén jelentkező teher egyenletesen oszlik meg az egész vonal mentén. Ez abból is felismerhető, hogy a harántboltozat kóros lesüllyedése (ez az igazi lúdtalp) folytán a középső metatarsusfejek alatti talpbőrön túlzott bőrkeményedés alakul ki, fokozott elszarusodás következtében. Az ujjakat ellátó idegek és erek a metatarsusfejek között létrejövő vályúban – viszonylag – védetten jutnak ki az ujjakra.

A lábujjak gyengén ívelt váza folytán csak az ujjbegyek érintkeznek a talajjal. Legfontosabb az öregujj, amelynek a járásban az a szerepe, hogy a hátul levő végtag „elrugaszkodását” biztosítsa a talajtól.

Az öregujj hajlító izma és ennek ina ennek megfelelően igen erős. A többi ujj inkább csak egyensúlyozó mozgást végez, a labilis egyensúlyban levő test ide-oda dőlését a lábujjak finom játéka billenti mindig vissza a függőleges helyzetbe. Az ujjak e szerepét a magasról lelépő láb reflexesen szétterpesztett ujjai is mutatják, amellyel mintegy megelőzendő a lelépéskor keletkező bizonytalan egyensúlyi helyzetet, nagyobb támasztási felületet igyekeznek a láb nyerni. Funkciójának megfelelően általában az öregujj a leghosszabb; érdekes, hogy a görög szobrászok a II. ujjat ábrázolták hosszabbnak, ami tagadhatatlanul harmonikusabb alakot ad a lábnak, de az embereknek csak alig 10%-án fordul elő.

7. 4.8. A KOPONYA (CRANIUM)

Ó, a formák sejtelmes varázsa!

¹⁶ A talpnak a talajon való megtámaszkodásában természetesen e működéshez alkalmazkodott lágyrészek is fontos szerepet játszanak, ezeket azonban majd csak a lábizomzat ismertetését követően tárgyaljuk.

¹⁷ Szükségtelen itt kitérnünk arra, hogy a láb vázszerkezetének eltorzulása és normálisan nyomás alá nem kerülő lágyrészek összenyomása stb. milyen súlyos funkciók, statikus és szubjektív (fájdalom) zavarokat idéz elő.

Kövülete istengondolta nyomnak !...

...Titkos tartály, forrása jósigékek,

méltó vagyok-e, hogy kezembe foglak?

GOETHE: SCHILLER KOPONYÁJA

(Vas István fordítása)

Nem véletlen, hogy az ember régtől fogva – még jóval, mielőtt az agyvelő működéséről racionális képzetek kialakulhattak volna – a koponyában látta összpontosítva az emberi test szerkezeti vázának kvintesszenciáját, akár az elmúlás riasztó vagy elgondolkozásra készítő szimbólumát, akár az állatvilágból való kiemelkedés és a lét magasabb rendű formájába való átmenet jeleit értékelte is benne. A művészeket a művészet kezdete óta megihlette és elragadtatta a koponya szerkezeti szépsége, és részleteinek a lágyrészeken is minduntalan áttűnő sokoldalúan kifejező volta. A legkülönbözőbb kifejezőeszközökkel: mintázó ujjal, vésővel és ecsettel, de nemritkán a szó bámulatos megelevenítő erejével¹⁸ érzékeltették az őskortól kezdve az emberi fej és arc ábrázolásában a mögötte rejlő legfontosabb meghatározó szerkezeti tényezőt is. Habár az orvos működésében a koponyával kapcsolatban általában konkrét részletismeretek a fontosak, mégis kívánatos a sok, önmagában igen fontos részlet tanulmányozása mellett szem elől nem téveszteni a koponyát mint egységes konstrukciót, amelynek szépsége és csodálatos szerkezeti harmóniája bőségesen kárpótolt a megismeréséhez szükséges fáradságos munkáért.

Az általános orvosi működés szempontjából ma már nem szükséges megkívánnunk a koponyáról azokat az abszolút anatómiai ismereteket, amelyeket a klasszikus anatómiai anyag előírt. Helyette leírásunk arra törekszünk, hogy az általános orvoslás gyakorlati igényei számára nélkülözhetetlen általános tájékozottság mellett súlypontilag azokat a részleteket ismertesse meg, amelyek nélkülözhetetlenek a koponyában elhelyezett agyvelő, érzékszervek, zsigeri szervek, úgyszintén ezek vérellátása és az agyidegek megértéséhez. E cél érdekében a minimumra redukáljuk az egyes koponyacsontok leírását, és e téren csak annyit adunk erősen sematizálva, amennyi az egész koponya főbb tereinek és összeköttetések megértéséhez szükséges.

A cél, amelyet minden hallgatónak e téren el kell érnie, a következő:

1. Teljes biztonsággal kell tájékozódni a koponyaüreg belső reliefjein, különös súlyponttal természetesen a koponyaalapén. Ezt természetesen nem öncélból, hanem döntően azzal az igénnyel, hogy a koponya belső felülete és a koponyaüreg lágyrészei közti viszonyokat később pontosan megértsük.
2. A koponya alapját átfűrő minden nyílást vagy csatornát és a benne haladó képződményt ismerni kell, úgyszintén azt, hogy a csatornák vagy nyílások hová vezetnek.
3. Ismerni kell az arckoponya üregeinek falait, valamint az ezeket átfűrő nyílásokat és csatornákat a bennük futó képződményekkel.
4. A koponya alapjának külső reliefjét (az azon levő nyílásokkal) elsősorban a koponyához rögzülő fontosabb lágyrészekhez való (orr-száj üregi zsigerek, a koponyából kilépő, illetve oda belépő idegek és erek, a rajta eredő fontosabb izmok) viszonyukban kell ismerni és érteni.
5. Jól kell ismerni a koponya légtartalmú üregeit és ezek nyílásait, valamint
6. a fogmedri nyúlványok szerkezetét és azok ér-, ill. idegcsatornáit.
7. A halántékcsonthoz elhelyezkedő hallószerv csontos anatómiai viszonyaival a koponya leírásakor részletesen nem foglalkozunk; ezeket a hallószerv leírása során ismertetjük.
8. Az állkapocs anatómiai leírása a rajta eredő és tapadó, ill. benyomatot okozó számos fontos képződmény érdekében a klasszikus anatómiai hagyományoknak megfelelően.

Ajánlatos a csonttan „első menetben” való tanulmányozása során a nem csontokra vonatkozó részeket csak mellékesen kezelni, semmi esetre sem kell ekkor bemagolni. A leírás e része a tanulás későbbi fázisára vonatkozik, amikor a megfelelő fejezetekből már megismertük a szóban forgó ereket és idegeket.

¹⁸18 A már idézett, inkább szimbólumok világában mozgó Goethe-vers mellett Rainer Maria Rilke Önarckép 1906-ból című versére gondolhatunk

A koponya két részből áll: **agykoponyából (cranium cerebrale)** és **arckoponyából (cranium viscerale)**. A kettőt megközelítően egy, a felső szemgödri szélektől a külső hallójáratokhoz haladó, ferde sík választja el.

Az agykoponya lényegében az agyvelőt körülvevő csontos tok. Felső része két oldalról összenyomott ellipszoid vagy gömbhøj, alsó részét elölről hátrafelé három, lépcsőzetesen mind mélyebbre szálló gödör (*fossa cranii anterior, media et posterior*) képezi. A felső szemgödri szélektől a koponya külső nyakszirti gumójáig fektetett vízszintes sikkal elválasztható felső agykoponyafelet koponyatetőnek (*calvaria*), az alsót koponyaalapnak (*basis cranii*) nevezik. Ez az elválasztás természetesen mesterséges, és nem esik egybe a koponyát alkotó csontok határaival.

Az arckoponya két előre divergáló, négyoldalú piramis alakú szemgödörből (*orbita*) áll, továbbá az előbbi kettő közé ékelődő, felül keskeny, de lejjebb kiszélesedő, sagittalis állású, középső sővénnel páros üreggő szétválasztott orrüregből (*cavum nasi*), és az ettől vízszintes csontlemezzel elválasztott, lefelé és hátrafelé csontos fal nélküli szájüregből (*cavum oris*).

Az agykoponyát lényegében hét csont alkotja: két páros (két os parietale és két os temporale) és három páratlan (os frontale, os sphenoidale, os occipitale). A páros csontok egy felülről zárt, alul nyílt sagittalis ívet képeznek.¹⁹

Az arckoponya alkotásában három páratlan csont (*os ethmoidale, vomer* és a *mandibula*) és hat páros csont (*maxilla, os zygomaticum, os lacrimale, os nasale, os palatinum, concha nasalis inferior*) vesz részt.

A koponyacsontok összeillesztéséről általában. A koponyacsontok, egyetlen kivételével – az alsó állcsontéval (*mandibula*), amely ízülettel illeszkedik a koponyához – úgynevezett varratokkal (*suturae*), illetve a koponyaalapon néhány synchondrosissal vannak elmozdíthatatlanul összenőve. Mechanikai szempontból legigényesebbek az agykoponyacsontok összeköttetései; itt zömében úgynevezett fogazott varratok (*sutura serrata*) fordulnak elő, melyek az asztalosiparban szokásos „összeeresztés” elvéhez hasonló módon rögzítik egymáshoz a csontokat. Előfordul – pl. a halántékcsontról a falcsont közt –, hogy a csontszélek ferdén levágott, gyengén hullámos érintkezési felszínekkel, halpikkelyszerűen fekszenek össze; ezt az illeszkedést pikkelyvarratnak (*sutura squamosa*) nevezik. Az arckoponyacsontok azon összeilleszkedései, melyek a normális életfunkciók során nem kerülnek nagyobb mechanikai terhelés alá (a szemüregben, orrüregben) ún. sima varratok (*sutura plana*).

A koponyaalapon néhány csont vastagabb érintkező felszínét synchondrosis köti össze. Közülük egyesek az élet során hamar elcsontosodnak (*synchondrosis sphenoccipitalis*), mások (a halántékcsontról a sziklarésze körüliek) időskorig porcosak maradnak. A varratok többsége az élet során végig megmarad, bár egyes részek közt kisebb elcsontosodások már a húszas évektől jelentkezhetnek. A csontok összeillesztése már gyermekkorban olyan, hogy kívülről ható nyomás a gömbhøj statikai elveinek megfelelően inkább szorosabban összerója a varratokat, semmint szétfeszítené őket. Belülről kifelé ható nyomás – főleg fiatalabb korban – aránylag könnyen szétfeszítheti a varratokat, de ilyen erőhatás normális életkörülmények közt nem fordul elő (lásd majd az igazságügyi orvostanban a koponyasérülések mechanizmusait).

7.1. Az agykoponya csontjai

7.1.1. Falcsont (os parietale)

A **falcsont** (*os parietale*) szabálytalan gömbhøj négyszögletes része, ennek megfelelően négy széle és négy szöglete van. Felső széle a másik oldali falcsonttal a nyílvarratot (*sutura sagittalis*) képezi.

A koponyaüreg felé tekintő oldalon a két csont együtt egy sekély nyílirányú barázdát fog közre (*sulcus sinus sagittalis superioris*) a hasonló nagy vénás öböl befekvésére. E barázda két szélét főleg idősebb korban szabálytalan bemélyedések kísérik (*foveolae granulares*), amelyeket az agy egyik lágyburkának, a pókhálóhártyának sajátos bolyhjai okoznak (lásd agyburkok). Elülső széle a homlokcsont pikkelyével a koronavarrot (*sutura coronalis*) hozza létre. Hátsó széle a nyakszirtcsont pikkelyével a *sutura lambdoideát*, alsó, nem fogazott, hanem ferdén lemetezett éle a halántékcsontról a pikkelyével a *sutura squamosát* képezi. Az utóbbi csont széle ellentétes irányban ferdén lemetezett szélével kívülről, halpikkelyszerűen fekszik fel a falcsont alsó szélére. Alsó elülső szöglete az ékcsontról nagy szárnyával, alsó hátsó szöglete a halántékcsontról a csecsnýlványi részével találkozik. Ennek belső oldalán rövid darabon egy ívelt sekély barázdarész: a *sulcus*

¹⁹ A pontosság kedvéért már itt meg kell jegyezni, hogy az orrüreg alkotásában részt vevő egyik csont, az os ethmoidale, kis területen szintén részt vesz a koponyaüreg alkotásában.

sinus sigmoidei található. Belső felszínén faágszerűen elágazó barázdarendszert képez (*sulci arteriosi*) a keményagyhártyát ellátó *arteria meningea media* (lásd az a. maxillaris ágrendszerét).

7.1.2. Halántékcsont (os temporale)

A halántékcsont (os temporale) a legbonyolult idomú és felépítésű, több külön fejlődő rész összezsugorodásából létrejött csont. A külső hallónyílás körüli tájékon a koponya oldalfalát képezi, medial felé nyúló piramis alakú része ékalakban a nyakszirtecsont és az ékcsont közé nyomulva a koponyaalap alkotásában vesz részt. Járomnyúlványával az arckoponyáig nyúlik; az állkapocsízület ízvápáját alkotja. Különböző eredetű részei együttesen a hallószervnél részletesebben leírandó dobüregget fogják körül, piramis alakú koponyaalapi része a halló- és egyensúlyérzékszervet foglalja magába.

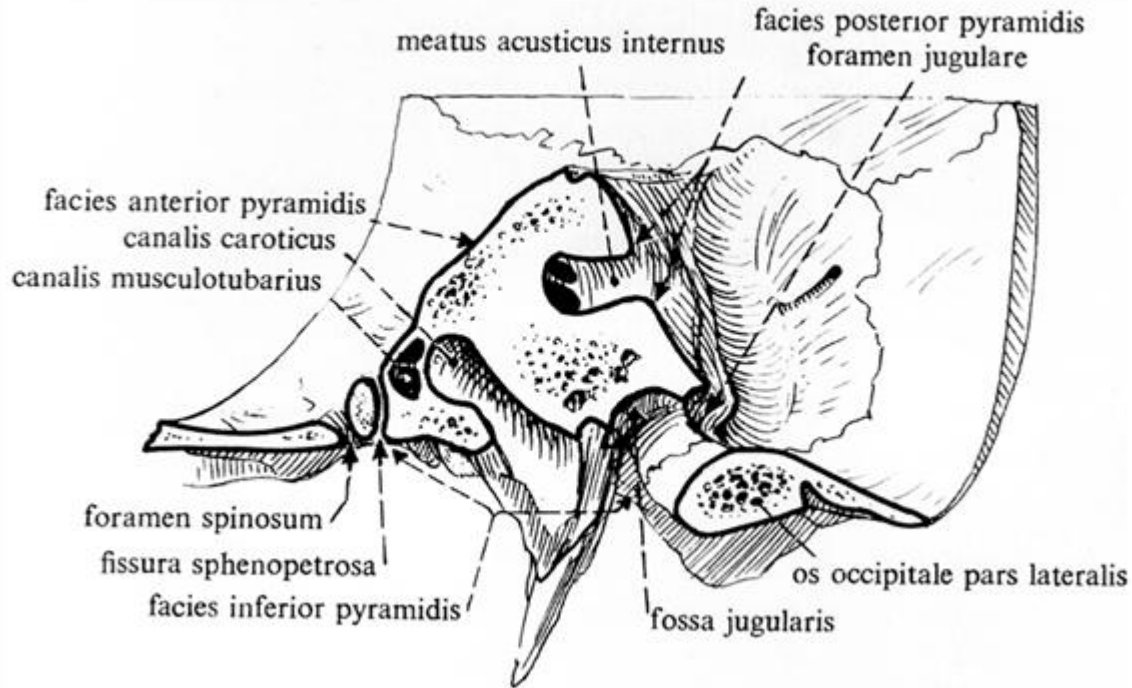
A csont egyes részei – *pars squamosa*, *pars petrosa*, *pars tympanica* – három külön részből fejlődnek, amelyekhez a második kopolyúív hátsó része is hozzájárul – *pars hyoidea*.

Pars squamosa. A halántékcsont pikkelye, enyhén domború, félkör alakú, gyengén csipkézett szélű, függőleges állású csontlemez, amely a külső hallónyílás felett és főleg ez előtt élesen átfordul medial felé a vízszintes síkba. A hallónyílás előtt egy darabon a koponyaalap alkotásában is részt vesz. Lefelé tekintő felszínén itt porccal borított ízületi árok (*fossa mandibularis*) található. Az ízületi felszín előre felé felkúszik egy *tuberculum articulare* nevű, harántirányú hengerded csontkiemelkedésre. A csont rész függőlegetől vízszintesbe forduló éléből a külső hallónyílás felett előre felé fokozatosan emelkedő csontléc megy át a vízszintesen előre irányuló járomnyúlványba (*processus zygomaticus*), amely az arckoponya járomcsontjával a koponyából abroncsszerűen kiemelkedő járomívet (*arcus zygomaticus*) hozza létre. A *pars squamosa* előre felé az ékcsont nagy szárnyával, felfelé a falcsont alsó szélével képez varratot. A falcsont hátsó alsó szeglete által kitöltött széles bemetszésnél megy át néha még látható elcsontosodott varrattal a *pars petrosa* azon részébe, mely a koponya csecsnyúlványi részét alkotja.

Pars petrosa. A halántékcsont sziklacsontri része. Voltaképpen háromoldalú karcsú piramishoz hasonlító, jelentékeny részben compact csontállományból álló csont (innen a neve), amelynek kifelé tekintő, meglehetősen szabálytalan basisa a koponya fül mögötti oldalfalának alkotásához járul hozzá. A koponya külső felületén itt a fül mögött csonka kúphoz hasonlító, lefelé nyúló kiemelkedést látunk. Ez a csecsnyúlvány (*processus mastoideus*), amelyben a dobüreggel összefüggő légtartalmú üregrendszer foglal helyet. (Régebben a csecsnyúlványt, mint *pars mastoideát* önálló résznek fogták fel. Noha fejlődéstani szempontból ez nem indokolt, mégis célszerűbb volna didaktikai szempontból e rész elkülönítése.) Vele szemben a csont koponyaüregi felszínén mély, S alakú barázda (*sulcus sinus sigmoidei*) található. A csecsnyúlvány körüli csont rész durván fogazott varrattal egyesül a nyakszirtecsonttal.

A *pars petrosa* piramis alakú koponyaalapi része (*pyramis*) ferdén medial felé és előre halad. Csúcsa (*apex pyramidis*²⁰) az ékcsont nagy szárnya és a nyakszirtecsont basilaris része közt megközelíti az ékcsont testét, de tőle egy *synchondrosis (synchondrosis sphenopetrosa)* választja el. A háromoldalú piramis a koponyaalapban úgy helyezkedik el, hogy legszabálytalanabb alsó felszíne (*facies inferior pyramidis*) illeszkedik be egyedül a koponyaalap külső síkjába (4/13. ábra), így a *pyramis* maga szükségszerűen ékalakúan beemelkedik a koponyaalap belső felületén. Itt természetes fejtartás mellett egy ferdén előre lejtő elülsőnek nevezett (*facies anterior pyramidis*) és egy majdnem függőleges állású hátsó (*facies posterior pyramidis*) felszíne keletkezik.

²⁰A PNA a „pyramis” és a vele kapcsolt kifejezéseket elvetette, s helyette a „pars petrosa” kifejezést vezette be. Ez a meg gondolatlan nomenklatúrái újítás jellemző példája. A „pars petrosa” önállóan még éppenséggel elmegy, de a soron következő felszínjelzéseknél feltétlenül félreérthető. A *pars petrosa* több mint a *pyramis*, így nem a *pars petrosának*, hanem a *pyramisnak* van csúcsa, elülső, hátsó és alsó felszíne. Didaktikai szempontból is abszurdum bonyolult térbeli alakulás leírásánál elvetni oly plasztikus hasonlatot, mint a „pyramis” kifejezés. Ezért itt, eltérve a PNA-tól, megtartjuk.



4/13. ábra. A halántékcsontr pyramisának beilleszkedése a koponyaalapba (paramedian sagittalis metszés)

E két, a koponyaüreg felé tekintő felszín által alkotott él a koponyaalap két nagy gödrét, a középső és hátsó koponyagödröt (*fossa cranii media et posterior*) választja el egymástól.

A pyramis elülső felszínén található fontosabb képletek a következők

- ◆ a pyramis csúcsán ujjbenyomathoz hasonló bemélyedést (*impressio trigemini*) okoz az V. agyideg (*n.trigeminus*) itt fekvő érződúca;
- ◆ az elülső felszín közepe táján két kis nyílásból (*hiatus canalis nervi petrosi majoris et minoris*, az előbbi kissé hátrább fekszik) két párhuzamos vályú (*sulcus nervi petrosi majoris et minoris*) húzódik medial felé előre, majd az ékcsontr nagy szárnya és a pyramis csúcsi része közt levő tág szaggatott nyílásnál (*foramen lacerum*) mindkettő véget ér;
- ◆ az előbbi nyílásoktól oldalt gömbölyded dombszerű kiemelkedést okoz a labyrinthus (lásd hallószerv) felső ívjárata (*eminentia arcuata*);
- ◆ ettől előrefelé az elülső felszín áttetsző, sőt sokszor likacsossá válik; ez a pars petrosa alapi részébe előlről és oldalról barlangszerűen bevájt dobüreg (részletesen lásd a hallószervnél) teteje (*tegmen tympani*).

A pyramis hátsó felszínén található fontosabb képletek:

- ◆ Oldalfelé irányuló – tehát a pyramis hátsó felszínével medial felé hegyesszöget képező – kb. 3 mm tágasságú járat, a belső hallójárat (*meatus acusticus internus*), amelynek nyílását porus acusticus internusnak nevezzük. A hallóideget (VIII. agyideg) és az arcideget (VII. agyideg), valamint a belsőfül ereit tartalmazó közös járat néhány milliméter után véget ér, és külön idegszatórnákra és likacsokra bomlik, amelyek részletes ismertetése a hallószervre tartozik.
- ◆ Az előbbi nyílástól oldalra az említett *eminentia arcuata* alatt lapos gödörben túsúrésnyi, ferdén lefelé irányuló nyílással nyílik a belsőfül egy járata: az *aquaeductus vestibuli*. A pyramis e felszínét határoló két élen egy-egy barázdát találunk: felül a *sulcus sinus petrosi superiorist*, alul a nyakszirtecsont basilaris részével közösen alkotott *sulcus sinus petrosi inferiorist* a hasonló nevű vénás öblök befekvésére.

A pyramis érdes, gödrös alsó felszíne a koponyaalap felől látható. Fontosabb képletei a következők:

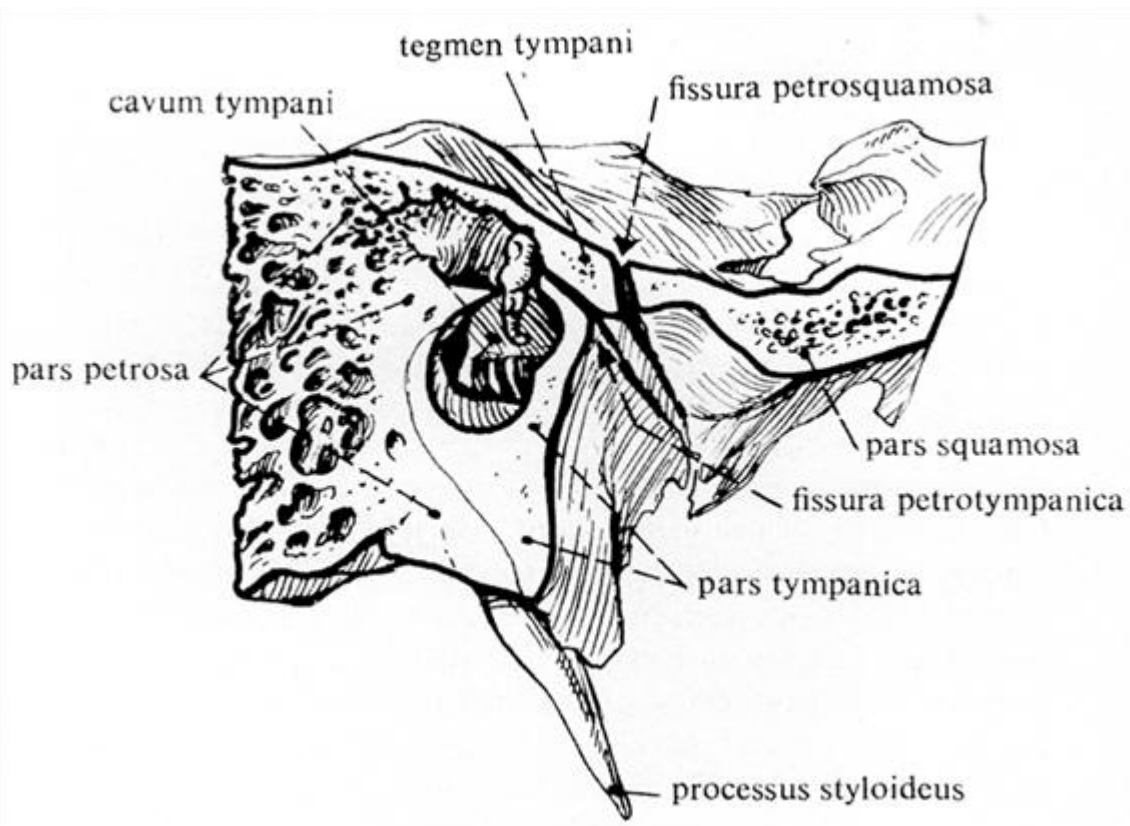
- ◆ Oldalsó részén túszerűen hegyes nyúlvány (*processus styloideus*)²¹1ugrik elő (könnyen letörik, ezért sok koponyán csonka).
- ◆ Ettől oldalra és kissé hátrafelé a *processus mastoideus* irányában függőleges csatornanyílása (*foramen stylo-mastoideum*) látható. Ez a csatornáknál külön említendő facialis csatorna külső nyílása.
- ◆ A *processus styloideus*tól medialisán igen változékony alakú és nagyságú sima falú gödör (*fossa jugularis*) tűnik fel. A *pyramis* hátsó éle és a nyakszirtecsont oldalsó része közt mindkét csont egy-egy bemetszéssel (*incisura jugularis*) alkotott nyílás (*foramen jugulare*) tartozéka; részletes ismertetését összefüggéseiben a koponyaalap leírásánál adjuk.
- ◆ A *fossa jugularis* előtt és kissé medialisán tág, kerek nyílással indul a könyökszerűen mindjárt élesen előre és medial felé forduló *canalis caroticus*, a belső fejverőér csatornája.
- ◆ A *fossa jugularis* és a *canalis caroticus* nyílása közt apró szabálytalan gödörből (*fossula petrosa*) egy, a dobüregbe vezető csatorna (*canaliculus tympanicus*) nyílik.

Pars tympanica vagy dobüregi rész megértéséhez magzat vagy újszülött koponyáját kell megnéznünk.²² Itt jól látható, hogy ez voltaképpen egyszerű csontos gyűrű (*anulus tympanicus*), amely felfelé nyitott kivágásával a *pars squamosa* alsó felszínéhez, a *processus zygomaticus* gyökeréhez illeszkedik. Lényegében a dobhártya csontos keretét képezi. Később elsősorban kifelé növekedve, felfelé nyílt vályúszerű csontlemezzé alakul, és a külső hallójáratot (*meatus acusticus externus*), külső pereme pedig a külső hallónyílást (*porus acusticus externus*) fogja közre a *pars squamosa*val. A *pyramis* oldalsó részén előrefelé tekintő barlangszerű gödröt dobüreggé (*cavum tympani*) zárja le.

A 4/14. ábra sémás sagittalis metszetben mutatja, hogy a halántékcsontról különböző részei hogyan illeszkednek egybe. Különösen azt érdemes megfigyelni, hogy a *pars petrosa tegmen tympani*ja, azaz a dobüreg tetőlemezőének elülső szélé a *pars tympanica* elülső és a *pars squamosa* medial felé beforduló részének hátsó szélé közé ékelődik. Így itt két hasadék keletkezik. Az elülső, amely a koponyagödörbe vezet (*fissura petrosquamosa*), nem fontos, de annál jelentősebb a dobüregből kivezető [*fissura petrotympanica* (Glaseri)], amelyen a *chorda tympani* (lásd n. facialis) halad át.

²¹21 Fejlődése szempontjából teljesen különálló része a halántékcsontról; a dobüregben levő egyik hallócsonttal a kengyellel együtt a II. kopoltyúív származéka. Gondosabb megtekintéskor látni is, hogy mintegy a *pyramis* többi részébe csak beékelt idegentest.

²²22 Kiss–Szentágothai: Anatómiai atlasz, 1. köt. 21. ábra.



4/14. ábra. A halántékcsontról paramedian sagittális metszete (lateralisabban, mint a 4/13. ábrán) a három fő rész (pars petrosa, pars squamosa és pars tympanica) illeszkedésének magyarázatára

A halántékcsontról áthaladó és a belsőfül részeivel kapcsolatban nem álló nevezetesebb **csatornák** a következők:

Canalis facialis. Az arcideget (VII. agyideg) tartalmazó csontcsatorna, mely a meatus acusticus internus fenekéről indul, és eleinte a pyramis hossz tengelyére merőlegesen halad. Rövid lefutás után eléri az elülső felszínt, amely alatt lateral felé hajlik (*geniculum canalis facialis*). Itt a csatornának kis nyílása van; ez a már említett hiatus canalis nervi petrosi majoris, az arcideg egy ágának (*n. petrosus major*) leadására. A canalis facialis innen a pyramis tengelyével párhuzamosan hátrafelé és oldalfelé halad a dobüreg medialis falán kiemelkedést okozva. A dobüreg hátsó és medialis fala szögletében lefelé fordul, és függőleges irányban futva a foramen stylomastoideummal nyílik a pyramis alsó felszínén. Utolsó szakaszából vékony csatorna (*canaliculus chordae tympani*) indul, amely a dobüreg hátsó falán nyílik.

Canaliculus tympanicus. Vékony csatornácska, mely a pyramis alsó felszínéről, a fossa petrosából indulva bejut a dobüregbe, annak alsó és medialis fala szögletében. Az utóbbin mint elágazó barázdarendszer követhető, és végül mint az említett hiatus canalis nervi petrosi minoris átfúrja a dobüreg tetejét. A IX. agyideg (*n. glossopharyngeus*) egyik ága van benne.

Canalis musculotubarius. Vékony, vízszintes csontlemezzel tökéletlenül elválasztott kettős csatorna, melynek felső részében (*semicanalis muscoli tensoris tympani*) a dobüreg egyik izma (*m. tensor tympani*), alsó részében (*semicanalis tubae auditivae*) a dobüreg a garattal összekötő nyálkahártyával bélelt fülkürt (Eustach-féle kürt *tuba auditiva*) csontos része halad. A dobüreg elülső falának felső részéből veszi eredetét, és a pyramis elülső élén voltaképpen nem is él, hanem keskeny, de külön le nem írt felszín nyílik az agyalapon.

Canalis caroticus. A pyramis alsó felszínén a már említett módon felfelé induló, kb. 5 mm tágasságú csatorna. Rövid lefutás után megtörve, a pyramis tengelyében fut előre- és medial felé, majd a pyramis csúcsán nyílik, a csúcs és az ékcsontról által közrefogott belső nyílással. A felső fejverőér e csatornán keresztül lép be a koponyába.

7.1.3. Nyakszirtecsont (os occipitale)

A **nyakszirtecsont** (*os occipitale*) páratlan agykoponyacsontokból álló sagittalis, felfelé nyílt csontív hátsó tagja. A koponyának részben alapját, részben nyakszirte tájékát alkotja. Pikkelyrészét a két falcsont fogja közre a lambda-varrattal, ettől előre a halántékcsonatok csecsnyúlványi részei, majd előrébb pyramisai határolják. Előrefelé korán elcsontosodó synchondrosissal függ össze az ékcsont testével. Kagyló alakú részei a koponya öreglikát (*foramen magnum*) fogják körül. Ez tág, ovális nyílás sagittalis irányú hossz tengellyel; síkja természetes fejtartás mellett közel vízszintes. A foramen magnumon keresztül függ össze a nyúltvelő a gerincvelővel, de itt lép be a koponyaüregben még két nagy verőér – a páros *arteria vertebralis* – és a két XI. agyideg alsó része. Részai: az öreglik előtt elhelyezkedő *pars basilaris*, az előbbi két oldalról közrefogó *partes laterales* és a koponya nyakszirte részét képező pikkely (*squama occipitalis*).

A *pars basilaris* a foramen magnum elülső pereme felé mintegy 45°-ban lejtő rövid, téglalap alakú csont rész. A koponyaüreg felé harántirányban gyenge vajúlatot mutat. Felfelé felnőttkoponyán alig látható zegzugos harántvonalnak megfelelően megy át az ékcsont testének hátsó felszínén levő dorsum sellaebe (lásd az ékcsontnál). E vonalnak megfelelően 16 éves korig az ékcsont testét a *pars basilaristól* a *syndrochondrosis sphenoccipitalis* választja el. A két csont rész által alkotott lejtőt *clivus*nak nevezik. A *pars basilaris* külső felszíne hasonlóképp sima, harántul gyengén domború, középső és hátsó harmada között a középvonalban gyenge gumó (*tuberculum pharyngeum*) látható. Két oldala nem varrattal, hanem egy-egy *synchondrosis petrooccipitalissal* illeszkedik a pyramis csúcsi részének hátsó éléhez. A belső oldalon itt a két érintkező csont közösen alkotja a már említett barázdát (*sulcus sinus petrosi inferioris*).

A *partes laterales* belső felszínén, mindjárt a *pars basilaristól* való eredésüknél egy-egy lapos dudor (*tuberculum jugulare*) emelkedik ki. Ez alatt a foramen magnum belső pereméből elég tág csatorna (*canalis hypoglossi*) ered, amelyen keresztül a XII. agyideg hagyja el a koponyaüreget. A *tuberculum jugulare*tól oldalt a *pars lateralis* oldalsó szélénél mély bevágás látható (*incisura jugularis*), amely a pyramis hátsó élének átellenes, kevésbé feltűnő bevágásával együtt nagy nyílást (*foramen jugulare*) fog közre. A nyílást mindkét bemetszésen levő, de rendszerint szabálytalan beugrás (*processus intrajugularis*) jelzeten 8-as idomúvá teszi, medialis és kissé előrébb levő kisebb, s lateral felé és hátrább eső nagyobb részre osztva a foramen jugularét. Az előbbin a IX., a X. és a XI. agyideg, az utóbbin a koponya vénás vére hagyja el a koponyaüreget. Az *incisura jugularis* mögött a *pars lateralistól* medial felé domború ívű, mély és széles barázdarész (*sulcus sinus sigmoidei*) látható, mely a halántékcsontnál említett hasonló nevű barázda folytatása. A *partes laterales* külső koponyaalapi felszínén feltűnő képződmény a két *condylus occipitalis*. Előre gyengén konvergáló, cipőtalphoz hasonló két domború felszín, amelyek együttesen harántul fekvő hossz tengelyű tojásidom részeinek felelnek meg. Oldaluk elülső részén nyílik a *canalis hypoglossi*, melynek lefutása tehát oldal felé és előre felé irányul.

A *squama occipitalis* a nyakszirtecsont legnagyobb, kagylóhéj alakú része. Külső domború felszíne közepén erős, élőben is kitapintható kiemelkedés látható (*protuberantia occipitalis externa*). Belső felszínét egy kereszt alakú, magasított barázda vagy részben csontlécrendszer négy gödörre választja szét. A két felső gödörbe a nagyagyféltekék nyakszirte lebenyei, a két alsóba a kisagyféltekék illeszkednek be. – A kereszt alakú kiemelkedés középpontját a külső protuberantiának átellenes helyzetű *protuberantia occipitalis interna* képezi. Ettől a középvonalban felfelé húzódó sekély barázda a *sulcus sinus sagittalis superioris*, amely a két falcsont által közösen alkotott hasonló nevű barázda folytatása. A *protuberantia occipitalis interna*tól vízszintes síkban jobbra és balra futó két magasított barázda a *sulcus sinus transversi*. Ezek a nyakszirtecsont laterális szélein túl a falcsont hátsó-alsó szögletére folytatódnak, ahol már *sulcus sinus sigmoidei* a nevük. A középvonalban lefelé haladó elég éles csontléc (*crista occipitalis interna*) az öreglik hátsó pereménél két ágra válik szét.

7.1.4. Ékcsont (*os sphenoidale*)

Az **ékcsont** (*os sphenoidale*) repülő denevérré vagy rovarra emlékeztető csont, amely a koponyaalap központi részét képezi; innen ered a neve is (közbeékelt). Nem csupán az agykoponya alkotásában vesz részt, hanem elülső felszínei és lefelé irányuló nyúlványai révén az arckoponyának is fontos alkotórésze.

Részai: a páratlan **test** (*corpus*) és a páros **kis szárnyak** (*ala minor*), **nagy szárnyak** (*ala major*) és **röpnnyúlványok** (*processus pterygoideus*).

A *corpus ossis sphenoidalis* kocka alakú, elülső részében nagyobb üreget (*sinus sphenoidalis*) magában foglaló, többi részében szivacsos csont rész. Alakjának megfelelően hat felszínét különböztetjük meg.

Elülső felszíne az orrüreg felső része felé tekint, s ennek felfelé és hátrafelé zárt szögletének (lásd csontos orrüreg) hátsó falát alkotja. Vékony csontlemezek képezik, amelyeket középen függőleges lécs választ el a csontos orrsövényvel való összeilleszkedésre. A léctől kétoldalt a *sinus sphenoidalis* egy-egy változatos

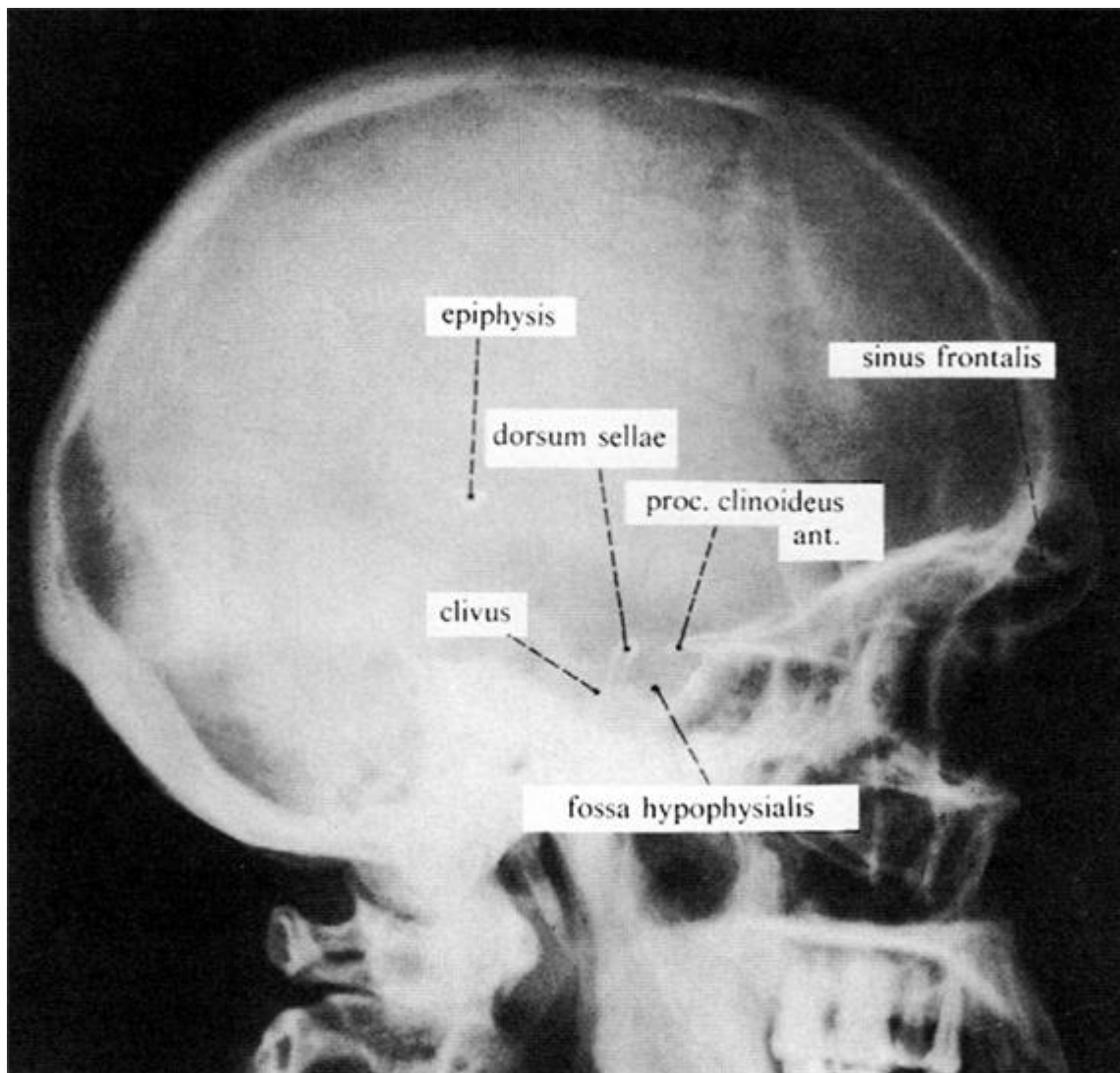
tágasságú nyílással (*apertura sinus sphenoidalis*) közlekedik az orrüreg fentebb említett szögletével. A sinus sphenoidalist rendszerint nem pont a középvonalban sagittalis sővény választja két részre.

Alsó felszíne vízszintes, és a csontos orrüregnek hátrafelé való – valóságban a garatba vezető – kijáratát (*choana*) felülről határolja. Oldalsó részétől száll le a két rőpnyűlvány, középehez az orrsővény alsó hátsó részét alkotó ekecsont (*vomer*) illeszkedik.

Hátsó felszíne jobbára a nyakszirtecsont pars basilarisával összeilleszkedő, ill. felnőttben összenőtt.

Oldalsó felszínei elülső alsó részéből indulnak el a nagy szárnyak, ezért rejtettek; hátsó részén mély, közel függőlegesen futó barázda (*sulcus caroticus*) a pyramis csúcsával zárja közre a carotis csatorna koponyaüregbe való belépését.

Felső felszíne a legbonyolultabb és orvosgyakorlati szempontból rendkívül fontos. Elülső része a rostacsont lamina cribrosájával alkotott varrat mögött vízszintes felszínt képez, amely oldal felé simán megy át a kis szárny felső felszínébe. Emögött harántbarázda halad (*sulcus chiasmatis*), amely fölött közvetlenül a látóidegek kereszteződése fekszik. A barázda hátsó szélét középen lépcsőfokszerű kiugrás határolja, a *tuberculum sellae*. Ezzel kezdődik az ék-csont – illetve az egész koponyaalap – egyik legfontosabb része: a töröknyereg (*sella turcica*). Ez lényegében a tuberculum sellae mögött elhelyezkedő két oldalra nyílt gödör (*fossa hypophysialis*), amelyet hátulról a *dorsum sellae*, a clivusból ferdén felfelé nyúló csontlemez határol (**4/15. ábra**). A *dorsum sellae* két széle felfelé két kis gumóban (*processus clinoides posterior*) végződik, amelyek onnan nyerik a nevüket, hogy a kis szárny hátrafelé kiugró *processus clinoides anterior*jaival a sella mélyedését mint régi típusú ágy négy oszlopa határolják.



4/15 ábra. A koponya oldalirányú röntgenfelvétele (a SOTE Radiológiai Klinikájának anyagából). Számos, csupán a radiológiából megismert részlet közt kiemelkedő általános orvosi jelentőségű a sella turica kontúrvonala

Nem lehet eléggé kiemelni a koponya e részének fontosságát. A töröknyereg oldalnézet, kontúrvonalát minden orvosnak pontosanmernie kell, és képesnek kell lennie emlékképének pontos visszaidézésére.

Ala minor. Az ékcsont kis szárnya a test felső felszínéből eredő, vékony, kardszerű vízszintes csontlemez, amely elöl varratban egyesül a homlokcsont orbitalis részének hátsó szélével. Hátrafelé szabad széle a koponyaalap elülső és középső gödrei közti határt képezi. Az ékcsont testéről eredő két gyökere a látóideg és a szemüreg arteriája átlépésére szolgáló *canalis opticus* fogja közre. A kis szárny alsó felszíne és a nagy szárny felső széle között hosszú hasadék: a *fissura orbitalis superior* látható.

Az *ala major* a test oldalsó felszínén ered, és három felszínével, a koponya különböző tereinek alkotásában vesz részt.

Belső, a koponyaüreg felé tekintő homorú felszíne (*facies cerebralis*) a középső koponyaárok alkotásában vesz részt. A kis szárnnyal hosszú, keskeny, a szemüregbe vezető rést (*fissura orbitalis superior*) fog közre, amelyen a III., a IV. és az V. agyideg első ága, valamint a VI. agyideg és a szemüreg felső venája halad át. Tövéen a test mellett kerek átmetszetű csatorna (*foramen rotundum*) vezet előre, ezen az V. agyideg 2. ága lép ki a koponyaüregből. Ettől hátra- és lateral felé, már a nagy szárnynak a halántékcsont pyramisa és pars squamosája közé beszögellő hátsó kihegyesedő részén van egy nagyobb ovalis nyílás (*foramen ovale*) az V. agyideg 3. ága számára, s egy kisebb nyílás, a *foramen spinosum*, amelyen a keményagyhártya fő verőere (*a. meningea media*) lép be a koponyaüregbe.

Külső felszíne a koponya oldalsó falának alkotásában vesz részt, amely egyben a koponya halántéki és halánték alatti gödre is. Egy előlről hátrafelé haladó csontos taréj (*crista infratemporalis*) ezt a felszínt megtöri, és egy felső, függőleges *facies temporalisra*, valamint egy alsó, vízszintes, lefele néző *facies infratemporalisra* osztja.

Előre- és kissé medial felé néző lapos rombusz alakú felszíne, a *facies orbitalis*, a szemüreg oldalfalának alkotásában vesz részt. A rombusz felső és alsó oldalát egy-egy rés, a felső és az alsó szemgödri hasadék (*fissura orbitalis superior et inferior*) határolja. Oldalsó határát a homlokcsonttal és a járomcsonttal alkotott varrat jelzi.

A nagy szárny tövének van egy kis előre-, a felső állcsont felé tekintő felszíne, a *facies maxillaris*, amelyen a *foramen rotundum* nyílik. Ez a felszín az arckoponya nevezetes kis üregét: a fossa pterygopalatinát határolja.

A *processus pterygoideus* a test és a nagy szárny találkozási területéről függőlegesen lefelé irányuló kettős csontlemez. A két röpnívány határolja két oldalról az orrüreg hátsó nyílását (*choana*). Két lemeze (*lamina medialis et lateralis processus pterygoidei*) elöl összefüggve hátrafelé nyílt gödröt (*fossa pterygoidea*) fog közre.

A *lamina lateralis* szélesebb, de rövidebb, a *lamina medialis* keskenyebb, de hosszabb, és vége horogszerűen kifelé hajlik (*hamulus pterygoideus*).

A *medialis lemez* hátsó széle a röpnívány töve felé karcsú csónakszerű vajúlatra oszlik szét (*fossa scaphoidea*), melybe a fülkürt porcos része fekszik bele. A *processus pterygoideus* tövét hátulról előre vékony csatorna járja át (*canalis pterygoideus*), amely elöl a nagy szárny maxillaris felszínén nyílik.

7.1.5. Homlokcsont (os frontale)

A **homlokcsont** (*os frontale*) a nyakszirtecsontnak mintegy ellenpólusát képezi, annyi különbséggel, hogy kisebb részben vesz részt a koponyaalap elülső részének alkotásában. Jókora pikkelyrésze az agykoponya homloki oldalát foglalja el. Kifejezetten kagylóhéj alakú, az os occipitalénál erősebb homorulatú csont.

Részei: a pikkely (*squama frontalis*), a szemüregi rész (*pars orbitalis*), és az orrgyöki rész (*pars nasalis*). A szemüregi rész páros, a másik kettő egy, eredetileg a középvonalban haladó varratban még gyermekkorban egységes csonttá olvad össze; a varrat alsó része az orrgyök fölött még később is felismerhető, kivételesen az egész élet során megmarad.

Squama frontalis. Hátsó széle a falcsontok elülső szélével a *sutura coronalis* alkotja. Az éksont nagy szárnyát elérve a csont hátsó széle ferdén előre- és lefelé halad a nagy szárny felső szélével varratot képezve, majd a homlokcsontnak az arckoponya felé átmenő oldalsó pillérét képező *processus zygomaticus*ba folytatódik.

Elülső felszíne sima, egyénileg igen változó domborúságú, rajta a két szemüreg felett eredeti csontosodási pontjainak helyét két. változatos fejlettségű, nőben és gyermekben kifejezettebb dudor (*tuber frontale*) jelzi. A szemüreg felső szélénél, ennek felső peremét alkotó *margo supraorbitalis*szal határos a squama a szemüregi résszel. A margo supraorbitalis medialis pillére az orrgyöki részbe, oldalsó pillére a már említett *processus zygomaticus*ba megy át. Közepétől kissé medial felé kb. 1 mm tág lyuk [*foramen supraorbitale* (lehet *incisura is*)] vezet ki a szemüregből. Ettől kb. 1 cm-nyire medial felé – már az orrgyöki rész közelében – a szemüreg peremén sekély bevágás [*incisura frontalis* (ritkán *foramen*)]jelzi a szemüregből a homlokra kifutó medialisabb ér- és idegcsoport kilépési helyét.

A squama belső felszínén a középvonalban változatos élességű csonttaraj (*crista frontalis*) halad, mely felfelé hamarosan magasított barázdára válik szét; ez a *sulcus sinus sagittalis superioris* kezdete.

Partes orbitales. A koponyaalap felé erkélyszerűen beugró, felfelé domború, háromszög alakú, meglehetősen vékony csontlemezek, amelyek közt a közepén téglalap alakú bevágás (*incisura ethmoidalis*) fogadja be a rostacsontnak a koponyaalap alkotásában részt vevő szitalemezét. Hátrafelé a pars orbitalisok az éksont kis szárnyával alkotnak varratot.

Pars nasalis. A két orrgyök felé összetérő felső szemüregperem közt pillérszerűen lefelé kiugró zezugos varratszélekkel végződő kiemelkedés. Ehhez illeszkednek alulról a középvonal két oldalán az orrcsontok (*os nasale*), majd az arckoponya medialis pillérét képező felső állcsonti homloknyúlványok. Az orrcsontok támasztékául és a csontos orrsövény felső részének hozzáilleszkedésére szolgál egy változatos alakú, lefelé is kissé előreirányuló tövis: a *spina nasalis*.

A varratok mögött szabálytalan gödrök között egy elég tág nyílás tűnik fel kétoldalt az orrgyöki rész alsó felszínén, amely a homlokcsont pikkelyébe, szemüregi és orrgyöki részébe igen változatos mértékben betérjedő homloköbölbe (*sinus frontalis*) vezet (4/15. ábra). Ez az üreg is az orrüreg nyálkahártyával bélelt légtartalmú melléküregeihez tartozik; középen rendszerint aszimmetrikusan sagittalis sővényteljesen szétválasztott. Említett nyílása a pars nasalis alsó felszínén még nem képezi egyúttal az öböl kijáratát. Ez a nyílás a rostacsont lefelé tölcészerűen szűkülő járatába (*infundibulum ethmoidale*) megy át, és csak a rostacsonton nyílik az orrüregbe.

A homlokcsont alakja nemek szerint jellegzetesen változó. Nőben az erősebb tuber frontale miatt a homlok síkja függőlegesebb állású, majd a tuber fölött élesebben megtörve megy át a koponyatetőbe.

Férfiban a tuber frontale gyengébb fejlettsége és főleg a felső szemhéjperem, illetve annak medialis része felett néha ereszként kiugró két *arcus superciliaris*nak nevezett csontkiemelkedés miatt a homlok kissé jobban hátradől, és enyhébb görbülettel megy át a fejtetőbe. A homlokcsont elülső reliefje fontos tényezője a férfias arcélnak, de az arcus superciliarisok túl erős fejlettsége primitív ősemberi vagy éppenséggel állatias kifejezést kölcsönöz az arcnak. Régebben a „bűnöző egyik típusát” vélték ebben felismerni, míg a magas, domború homlok a magasabb rendű szellem külső jelének számított. Ez természetesen romantikus, minden tudományos alapot nélkülöző képzet.

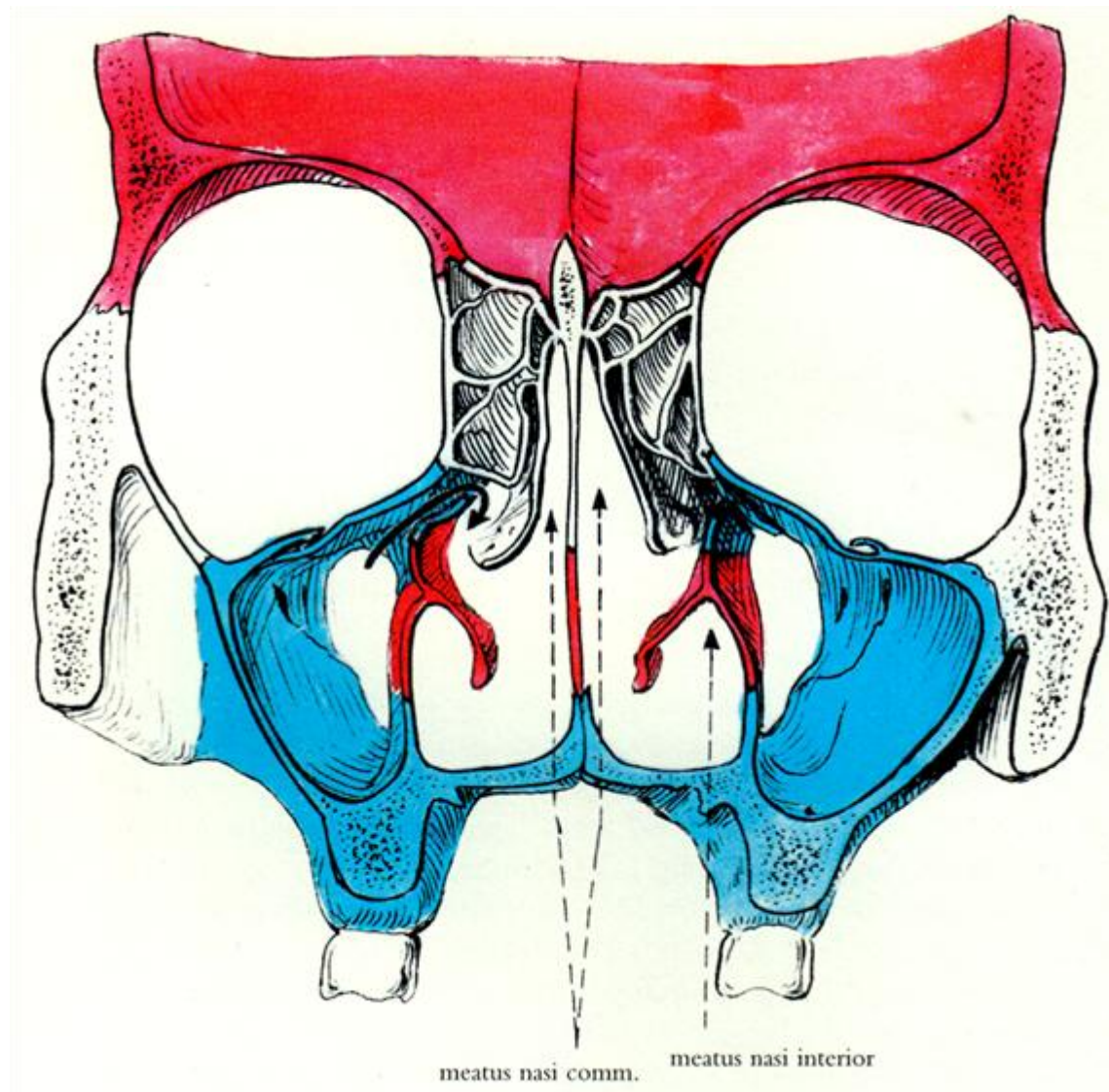
7.2. Az arckoponya csontjai

7.2.1. Rostacsont (*os ethmoidale*)

A **rostacsont** (*os ethmoidale*) a két szemüreg között elfoglaló, egészében kocka alakú, nagyobbára papírvékony csontlemezekből felépített és légtartalmú üregeket magában foglaló páratlan csont. Az orrüreg felső részét alkotja, és oldalsó falaival a szemüreg medialis falának képzésében vesz részt. Szerkezete legjobban frontális metszetéből érthető meg (4/16. ábra).

Gerincét két, keresztben álló – sagittalis és horizontális állású – csontlemez képezi. A sagittalis középsíkban elhelyezkedő függőleges lemeze (*lamina perpendicularis*) az orrsövény felső részét alkotja. E lemez a vízszintes helyzetű *lamina cribrosá*ntúlterjedve tarajszerűen benyomul a koponyaüregbe (*crista galli*). A *lamina cribrosa* vagy rostalemez – ez adja a csont nevét az *os frontale incisura ethmoidalis*át tölti ki, hátrafelé az éksont testével képez varratot. Mindkét oldalon két, eléggé szabálytalan sorban helyezkednek el likaicsai, melyeken keresztül a szaglóiidegszálak lépnek be a koponyaüregbe. A rostalemez két oldalán „függnek” a rostacsont téglaidomú

labyrinthusai (*labyrinthus ethmoidalis*). Ez légtartalmú, nyálkahártyával bélelt üregek egymással összefüggő rendszere, melyeket *cellulae ethmoidales* néven foglalnak össze; az orrüreg melléküregeihez tartoznak. A rostacsont-labyrinthus üregeit oldalfelé papírvékonyaságú csontlemez (*lamina orbitalis*) zárja le a szemüreg felé.



4/16. ábra. A csontos orrüreg frontális metszete. Piros: a homlokcsont, a vomer és az alsó orrkagyló. Kék: a felső állcsont (a nyíl az ábra bal oldalán a sinus maxillaris kijáratát jelzi)

A labyrinthus medialis oldala egyúttal az orrüreg laterális falát képezi. A rostasejteket itt bezáró csontlemez ugyan jobbra egységes, de igen bonyolult domborzatú. E falról emelkedik el két kagylóhéjszerűen lefelé görbülő csontlemez: a felső és a középső orrkagyló (*concha nasalis superior et media*). A középső orrkagyló alatt egy nagyobb, félgömbszerűen elődomborodó rostasejtet *bulla ethmoidalis*-nak nevezünk, ezt előlről ívszerűen körüljárja egy karcsú, nyelvyszerű csontnyúlvány, a *processus uncinatus*. A kettő között az orrüreg oldalfalának nevezetes rése, a *hiatus semilunaris* keletkezik. Jobban megérthetjük majd ezeket a viszonyokat az orrüreg leírása nyomán.

A *lamina orbitalis* és az orrüreg felé tekintő csontlemez nem képes lezárni valamennyi rostasejtet; számos sejt szabadon nyílik azokon a felszíneken, amelyekhez más csontok illeszkednek. A rostasejtek lezárásához ezek a csontok járulnak hozzá, elsősorban az os frontale orbitális és nasalis része, a könnyecsont, az ékesont teste, a felső állcsont és a szájpadcsont. Ezt jól megérthetjük az arckoponya frontális metszetének sémás rajzából (4/16. ábra). A homlokcsontnál leírt sinus frontalis a rostacsont-labyrinthuson átvezető tölesérszerű infundibulum ethmoidale útján vezet a hiatus semilunaris területére, ahol az orrüregbe nyílik.

7.2.2. Felső állcsont (maxilla)

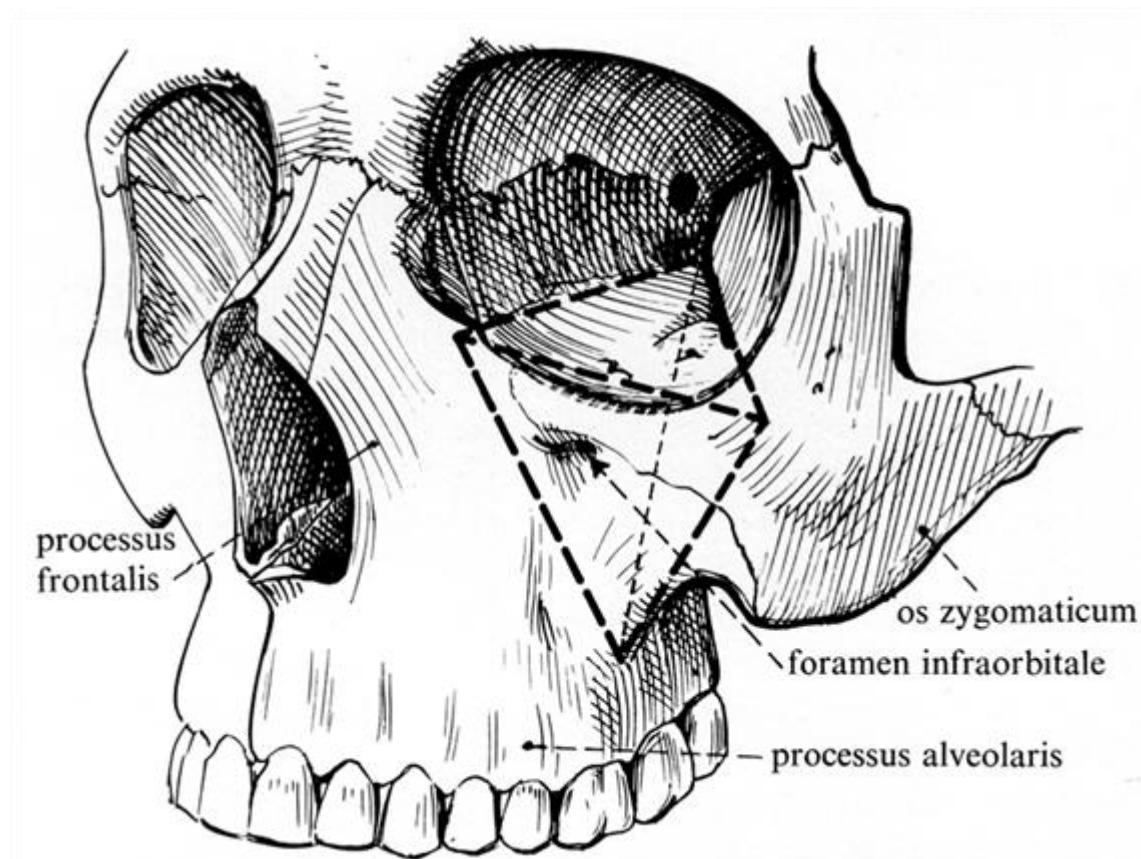
A **felső állcsont** (*maxilla*) igen szabálytalan, páros csont, amely az arckoponya elülső felszínének tekintélyes részét és a szemüreg alsó falát alkotja. A homloknyúlványával a szemüreg medialis csontkeretét és a csontos orrnyílás keretének kétharmadát képezi, fogmedernyúlványában a felső fogakat hordozza, vízszintes, lemezszerű nyúlványával a kemény szájpad jelentős részét alkotja.

Részei a tetraéder alakú **test** (*corpus maxillae*) és a nyúlványok: a **homloknyúlvány** (*processus frontalis*), a **járomnyúlvány** (*processus zygomaticus*), a **fogmedri nyúlvány** (*processus alveolaris*) és a **szájpadnyúlvány** (*processus palatinus*).

Corpus maxillae. Az egész bonyolult alakú csont megértésének kulcsponjtja. A róla eredő nagy nyúlványok mögött a tetraéderidomú test felismerése (4/17. ábra). Ennek megfelelően négy egyenlő oldalú háromszöghöz hasonlító felszín határolja.

Az arc eleje felé tekintő *facies anterior* felső oldala a *margo infraorbitalis* egy részét alkotja, ennek lateralis részére azonban a járomcsont hegyes nyúlványa húzódik reá. A felszín közepétől kissé felfelé a *foramen infraorbitale*val nyílik a *canalis infraorbitalis*. Alatta már részben a fogmedri nyúlványra kiterjedő gödör a *fossa canina*.

Felső, közel vízszintes, de kissé oldal felé lejtő felszíne a szemüreg fenekét alkotja (*facies orbitalis*). Ez medialisán a könnyecsonttal, majd a rostacsont lamina orbitalisával képez sima varratot, hátsó csúcsához a szájpadcsont szemüregi nyúlványa illeszkedik. Oldalsó szélének hátsó kétharmada az alsó szemüregi hasadékot határolja (*fissura orbitalis inferior*), előrébb a járomcsonttal képez varratot. Az alsó szemgödri hasadékból sagittalis irányban széles vályú (*sulcus infraorbitalis*) húzódik előre, mely hamarosan csatornává (*canalis infraorbitalis*) záródik.



4/17. ábra. A maxilla testének tetraéderidomát magyarázó séma

Hátsó felszíne (*facies infratemporalis*) az előbbi felszín oldalsó szélével a *fissura orbitalis inferior*ot alkotó élben találkozik. Medialis részéhez alul az ékcsontról *processus pterygoideus*a szorosan odanőtt, feljebb a kettő közt felfelé szélesedő hasadék (*fissura pterygomaxillaris*) tátong. Ettől kissé oldalt, a hátsó felszínen dombszerű dudor látható: a *tuber maxillae*. Gyakorlati fontossága abban van, hogy alsó részén kezdődik egy-két likaccsal (*foramina alveolaria*) a hátsó felső fogazathoz vezető ideg-ér csatornák sora (*canales alveolares*). Hasonló ideg-

ér csatornák erednek a sulcus infraorbitalisból a középső és a canalis infraorbitalisból az első fogak számára. E csatornák a test infratemporalis és első felszínét alkotó csontlemezen haladnak le a fogmedri nyúlványhoz.

Legkevésbé látható az orrüreg oldalfalának alkotásában részt vevő *facies nasalis*, már csak azért is, mert a felszín legnagyobb részét nagy nyílás, a *hiatus maxillaris* foglalja el, amely bevezet a testet csúcsai kivételével kitöltő felső állsonti öbölbe (*sinus maxillaris*, *Highmore-féle* öböl). Ez az orrüreg legnagyobb mellékürege. Sértetlen koponyán a valóságban az arckoponya egyéb csontjai egy kis felső nyílás kivételével csontosan elzárják a hiatus maxillaris. Teljesen kiszabadított, de egyébként sértetlen maxillán az orrüregi felszínből csak keskeny perem van meg. Elöl a felfelé irányuló homloknyúlvány mögött e felszínen mély függőleges barázdát látunk, amelyet a könnycsont és az alsó orrkagyló canalis nasolacrimalisszá egészít ki.

Processus frontalis. Karcsú, felfelé szálló pillér, amely felfelé a homlokcsonttal és előre felé az orrcsonttal képez varratot. Hátsó széléhez közel éles taraj (*crista lacrimalis anterior*) húzódik felfelé, amely az orbita medialis falán a könnyömlőt magába foglaló gödrt határolja előlről. A nyúlvány hátsó széle a könnycsonttal alkot sima varratot.

Processus zygomaticus. Nem annyira nyúlvány, mint inkább érdes, az alsó szemgödri szélbe áthajló felszín, amely a járomcsonttal képez varratot. Voltaképpen megfelel a tetraéder három oldalsó (a nasalis kivételével) felszíne által alkotott csúcsnak. E csúcsból lefelé az első zápfog irányába erős csontív húzódik a fogmedri nyúlványhoz; ez a felső fogsor legfőbb támasztópillére.

Processus alveolaris. Fél patkó alakú vízszintes ívet alkot, amely a másik oldali csont azonos nyúlványával a középvonalban varratot képezve létrehozza a felső fogmedri ívet (*arcus alveolaris*). Ennek mély, kúpszerű mélyedéseibe (*alveoli dentales*) vannak beékelve a fogak gyökerei. A szomszédos alveolusokat egymástól a *septa interalveolaria*, a többgyökerű fogak gyökereit egy alveoluson belül a *septa interradicularia* választják el egymástól. Főleg az első fogak gyökerei a maxilla külső felszínén is látható kiemelkedéseket (*juga alveolaria*) okoznak.

A fogmedri és a homloknyúlvány együttesen éles széllel határolják el a csontos orrnyílás (*apertura piriformis*) alsó szélesebb részét. A középvonalban a két fogmedri nyúlvány előre kiugró tövisben (*spina nasalis anterior*) található az orrnyílás alatt.

Processus palatinus. Vékony, a fogmedri nyúlványból a medial felé kiemelkedő, ellipszis kvadráns alakú csontlemez, amely a szemben levő száj padnyúlvánnyal a *sutura palatina medianában*, a szájpadcsont vízszintes részével pedig harántvarrattal (*sutura palatina transversa*) illeszkedik össze. A *sutura palatina medianában* a két szájpadnyúlvány az orrsövény felé kiemelkedő csontlécet (*crista nasalis*) alkotja.

7.2.3. Járomcsont (os zygomaticum)

A **járomcsont** (*os zygomaticum*) az arc idoma alakításának, de egyben az arckoponya statikájának legjelentősebb tényezője. Ez viszi át és osztja szét a felső fogakra nehezedő nyomást az arckoponya (és a szemgödör) oldalsó pillérére és hátsó támasztó pillérére: az *arcus zygomaticusra*. Egyben a szemüregi nyílás (*aditus orbitae*) külső keretét alkotja. Oldalsó arci felszíne képezi az arc pofagumóját, amely egyénileg, de főleg népfajok szerint, változó formát kölcsönöz az arcnak. Felfelé nyúló *processus frontalis* az os frontale *processus zygomaticus*ával, hátraírányuló *processus temporalis* a halántékcsontról *processus zygomaticus*ával képez varratot; az utóbbi két *processus* a járomívet (*arcus zygomaticus*) alkotja.

Alsó felszíne medial felé ívelő és a szemüreg alsó keretét képező hegyes csúcsban végződő kiugrással a maxilla *processus zygomaticus*ához rögzül.

Arci felszínén kívül szemüregi felszíne az orbita lateralis fala, hátsó, temporalis felszíne pedig a halántékárok (*fossa temporalis*) alkotásában vesz részt. A szemüregből kiindulva Y alakú finom ideg-ér csatornája apró nyílással az arci és a temporalis felszínen nyílik.

7.2.4. Könnycsont (os lacrimale)

A **könnycsont** (*os lacrimale*) vékony²³, körömhöz hasonló csontlemez, amely a maxilla homloknyúlványa mögött a szemüreg medialis falát alkotja. Első harmada függőleges fél barázdát (*sulcus lacrimalis*) képez, amelyet hátrafelé csontléc (*crista lacrimalis posterior*) határol. Az utóbbi képlet hátulról fogja közre a maxilla

²³23 A koponyakészítmények legtöbbszörösebb része; ezért ne fogjuk meg a koponyát a szemüregbe dugott két ujjunkkal!

homloknyúlványával alkotott *fossa sacci lacriminalis*, a könnyömlőt befogadó gödröt. Alsó széléről előugró horogszerű nyúlványa a maxilla teste nasalis felszínén levő barázdát egészíti ki, felső részében a maxillánál már említett könnycsatornává (*canalis nasolacriminalis*). A csont medialis felszíne részt vesz néhány elülső rostasejt oldal felé való lezárásában.

7.2.5. Orrcsont (os nasale)

Az **orrcsont** (*os nasale*) páros, téglalap alakú csontocska, mely a csontos orrhát alkotásában vesz részt. Felül a homlokcsonttal, középen a másik oldali os nasaléval, oldal felé a maxilla homloknyúlványával képez varratot, lefelé a csontos orrnyílást (*apertura piriformis*) határolja. Belső oldalán az orrháton kifutó érzőideg okoz finom barázdát (*sulcus ethmoidalis*).

Ekecsont (vomer)

Az **ekecsont** (*vomer*) sagittalis állású, ekevasra emlékeztető, rombusz alakú csont; a csontos orrsövény alsó és hátsó részét alkotja. Szármyszerűen széttérő hátsó-felső széle (*ala vomeris*) az ékecsont teste alsó felszínének közepéhez támaszkodik. Ferdén előre és lefelé futó elülső széle a rostacsont lamina perpendicularisával képez sima varratot. Ezzel párhuzamos hátsó széle a csontos orrüreg hátsó nyílását osztja ketté. Alsó széle a szájpadszélvonalak által alkotott crista nasalishez rögzül.

7.2.6. Alsó orrkagyló (concha nasalis inferior)

Az **alsó orrkagyló** (*concha nasalis inferior*) önálló, tavikagyló héjához hasonló vékony csontlemez, amely felső részével a rostacsont középső kagylója alatt az orrüreg oldalfalához rögzül, és azzal párhuzamosan futva, emelkedik be az orrüregbe.

Horogszerűen befelé forduló *processus maxillaris* a hiatus maxillaris alsó peremével képez varratot, egyben a felső állcsonti öböl nyílását erősen beszűkíti. *Processus lacriminalis* előrébb, a maxilla sulcus nasolacriminalis alsó részét egészíti ki *canalis nasolacriminalis*-szá. Felfelé irányuló apró nyúlvánnyal (*processus ethmoidalis*) a rostacsont *processus uncinatus*-ával létesít kapcsolatot.

7.2.7. Szájpadszélvonal (os palatinum)

A **szájpadszélvonal** (*os palatinum*) nyomtatott nagy L betűhöz hasonló csont, amely sagittalis állású függőleges (*lamina perpendicularis*) és vízszintes (*lamina horizontalis*) lemezből áll.

A *lamina perpendicularis* a maxilla nasalis felszíne és az ékecsont *processus pterygoideus*-ának medialis lemeze közti hézagot hidalja át és zárja le az orrüreg felé. Egyben azonban főleg alsó részében belülről ráfekszik a maxilla teste nasalis felszínének egy részére is, és ezzel hozzájárul a hiatus maxillaris csontos beszűkítéséhez. Belső felszínén levő két lécszerű kiemelkedéséhez rögzül feljebb a középső, lejjebb az alsó orrkagyló hátsó vége. Felfelé az ékecsont teste alatt egy bevágás (*incisura sphenopalatina*) két részre osztja ezt a lemezt. Az elülső rész az ékecsont teste elülső felszínével való érintkezésen kívül előrefelé is nyúlik, és a szemüreg feneké alkotásához járul hozzá. E része, a *processus orbitalis*, gyakran egy rostasejtet is segít itt elzárni. A hátsó nyúlvány (*processus sphenoidal*) az ékecsont testének alsó felszínéhez rögzül, amely így az *incisura sphenopalatina*-t *foramen sphenopalatinum*-máegészíti ki.

A *lamina horizontalis* a maxilla szájpadszélvonal mögött hozzájárul a csontos szájpadszélvonal hátsó részének alkotásához. A két lemez közti szöglet varrattal egyesül a maxilla medialis felszíne és fog-medri nyúlványa hátsó része közti területtel, hátrafelé nyúlva pedig a *processus pterygoideus* két széttérő lemeze közti rést tölti ki.

A szájpadszélvonal függőleges lemeze a maxilla testének hátsó tompa élével és a *processus pterygoideus* elülső felszínével együtt, egy függőleges leszálló csatornát (*canalis palatinus major*) fog közre.²⁴ E csatorna a kemény szájpadszélvonalon a szájpadszélvonal horizontális lemeze és a fogmedri nyúlvány által közösen alkotott nyílással (*foramen palatinum majus*) nyílik.

A főcsatorna mellékágai (*canales palatini minores*) hátrafelé leválva, az os palatinum szájpadszélvonal felszínén hátrább nyílnak kisebb nyílásokkal (*foramina palatina minora*). Felfelé a *canalis palatinus major* a *processus*

²⁴ Voltaképpen itt mindhárom csonton van egy barázdarészlet, de csak az os palatinum függőleges lemezének külső oldalán elég mély ahhoz, hogy külön nevet (*sulcus palatinus major*) érdemeljen.

pterygoideus tövénél az ékcsont, a felső állcsont és az os palatinum által alkotott tágasabb üregbe (*fossa pterygopalatina*) megy át, melyről orvosi gyakorlati jelentősége miatt külön szólnunk.

7.2.8. Állkapocs (mandibula)

Az **állkapocs** (*mandibula*) vaskos, igen erős compact csontállománnyal borított abroncs alakú csont, amelyen elülső, parabolyszerűen lapjára hajlított testet (*corpus mandibulae*) és ennek mindkét végén kb. 125° szögű élírányban való megtöréssel felfelé szálló laposabb ágat (*ramus mandibulae*) különböztetünk meg. Eredetileg a mandibula páros csont, elől a középvonalban futó varrattal, mely a legtöbb emlősben megmarad. Emberben még a csecsemőkorban teljesen összenő a két fél.

A **test** alsó, vaskosabb részét *basis mandibulae*-nak, felső, keskenyebb részét *pars alveolaris*-nak nevezzük. A *pars alveolaris* széle, a *limbus alveolaris* hordozza a fogmedreket (*alveoli dentales*), amelyeket a felső állcsont fogmedri nyúlványához hasonlóan *septa interalveolaria* választanak el egymástól. A zápfogak két gyökerének medrét *septa interradicularia* választják el.

Az állcsúcsot háromszögletű, lefelé tekintő alapú kiemelkedés (*protuberantia mentalis*) alkotja. Ettől kétoldalt a két kisörlő fog gyökerének jugum alveolaréja közt eléggé tág nyílást találunk (*foramen mentale*); itt nyílik a mandibula ér-ideg csatornája (*canalis mandibulae*).

Az állcsúcs belső oldalán az itt eredő nyelv és nyelvcsont feletti izmok eredésére szolgáló töviszerű kiemelkedések (*spina mentalis*) találhatóak. Ettől oldalt a nyelv alatti mirigy idez elő sekély benyomatot, illetve alatta az állcsúcs alsó széléhez közel a *musculus digastricus mandibulae* elülső hasának eredése vált ki érdekességet. A kettő közötti területtől a test belső felszínén elég kifejezett, lécszerűen kiemelkedő érdes vonal (*linea mylohyoidea*) húzódik hátra- és felfelé. Ez a vonal a hasonló izom – a szájfénék legfőbb zárólemeze – eredésére szolgál.

A mandibula teste és ága közti szögletet *angulus mandibulae*-nak nevezzük. Mind külső, mind belső oldalán egy-egy rágóizom eredése által okozott érdekességet látunk: a külső a *tuberositas masseterica*, a belső a *tuberositas pterygoidea*. A két *ramus mandibulae* a testnél jóval laposabb, síkjaik előrefelé konvergálnak. A *ramus* felfelé két nyúlványba: a hátsó ízületi nyúlványba (*processus condylaris*) és az elülső éles *processus coronoideus*-ba megy át. A kettőt mély bevágás, az *incisura mandibulae* választja el. A *processus condylaris* a *ramus* felszínére erőteljesen hossz tengelyű henger- és tojásidom közti átmenetnek megfelelő ízfelszínnel borított *caput mandibulae*-ban ér véget. A fej alatt a nyúlvány összeszűkül (*collum mandibulae*), elülső felszínén izom tapadására szolgáló bemélyedés található (*fovea pterygoidea*). A *ramus* belső felszínének közepmagasságában, a hátsó széléhez valamivel közelebb elég tág nyílással (*foramen mandibulae*) indul el a mandibula már említett ér-ideg csatornája (*canalis mandibulae*). Ezt előlről egy, a nyílás alsó-elülső pereméről felfelé húzódó, nyelvhez hasonló csontlemez védi (*lingula mandibulae*). A *foramen mandibulae* alsó pereméből lefelé és előre sekély, de eléggé feltűnő barázda (*sulcus mylohyoideus*) húzódik a hasonló izom befogadására.

7.2.9. Nyelvcsont (os hyoideum)

A **nyelvcsont** (*os hyoideum*) a mandibula alakjára kissé emlékeztető csontocska, mely a nyak elülső kontúrvonalán a vízszintes szájfénéki és a függőleges, de az ádámcsutka kiemelkedése folytán kissé előrefelé haladó vonal közti határra esik. Az ádámcsutka felett végig jól kitapintható.

Középső, csak gyengén előredomborodó téglalap alakú testet (*corpus*) és ennek kétoldali folytatásába eső, hátragörbülő nagy szarvakat (*cornu majus*) különböztetünk meg. Felnőttben csontos, de a testtel *synchondrosis*-ban egyesül, csak öregkorban csontosodik vele össze. A test és a nagy szarv határáról felfelé és kissé hátrafelé irányul a kis szarv (*cornu minus*), mely általában porcos, csak előrehaladottabb korban tartalmaz csontszövetet.

Ne mulasszuk el előbb saját magunkon, majd más személyen begyakorolni a nyelvcsont kitapintását. A nyakon a legfontosabb tájékozódási elem. Váratlan szituációban (sürgős műtétek, elsősegélynyújtás stb.) élet és halál kérdése lehet az orvos biztos tájékozódása ezen a területen.

7.3. A koponya egészben

A koponyacsontok egyenként való leírása csupán azt a célt szolgálja, hogy a koponyát egészében, illetve annak orvosi gyakorlati szempontból fontos üregeit és tereit megértjük. Ezt a fontos ismeretanyagot az alábbi fejezetben foglaljuk össze.

7.3.1. Koponyatető (calvaria)

Határa a koponyaalappal csak mesterségesen vonható meg a felső szemgödri szél felett 1–2 mm-rel kezdődő és a protuberantia occipitalis externáig körben futó vonallal. Alkotásában a falcsontok és a homlokcsont squamája majdnem egészen, a nyakszirtecsont pikkelyének felső része és kétoldalt a halántékcsontról pikkelyének kis felső szakasza vesz részt. Félbevágott tojás-héjhoz hasonló azzal a különbséggel, hogy elülső (homloki) része nem olyan hegyes.

Külső felszíne sima, rajta elöl a két tuber frontale és oldalt a két tuber parietale jelzi a homlokcsont két és a falcsontok egy-egy csontosodási pontjának a helyét (lásd a koponya fejlődése). Erősen fogazott varratai a koponyatetőt igen szilárd, főleg összenyomásnak ellenálló szerkezetté teszik. Közepén a falcsontok közötti nyílvarrat (*sutura sagittalis*), a falcsontok és a homlokcsont közötti koronavarrat (*sutura coronalis*), hátul pedig a squama occipitalist közrefogó, a nyílvarrattal együtt fordított Y alakú lambda-varrat (*sutura lambdoidea*) húzódik; mind erősen fogazott. A falcsont alsó határán a sutura squamosa valódi pikkelyvarrat, amelyben a halántékcsontról széles peremmel felfekszik a falcsont kisebb sugarú alsó peremére, így ez is kellő mechanikai védelmet nyújt.

A varratok korai (a növekedés teljes lezárulása előtti) elcsontosodásának az a következménye, hogy a koponya az elcsontosodott varratra merőleges irányban nem tud növekedni (*Virchow-féleszabály*). Legközönségesebb a sutura sagittalis korai elcsontosodása esetén fellépő csónakfejűség (*scaphocephalia*), mert a koponya csak a sutura coronalisnak és lambdoideának megfelelően tud nőni. A sutura coronalis korai elcsontosodása nyomán a növekedés a koponyaalap körül futó (a sphenoidaleval, temporalisval és a nyakszirtecsonttal alkotott) varratokban csak felfelé irányulhat; az így létrejött koponyaalak a toronyfejűség (*turriccephalia*).

Belső felszínén a középvonalban a homlokcsonton magasítva és keskenyen kezdődő és a protuberantia occipitalis internára felfutó, itt már jóval szélesebb barázda: a *sulcus sinus sagittalis superioris* fut a hasonló nevű koponyaüri venás öböl befogadására. Ezt főleg a falcsonti területen kétoldalt a már említett szabálytalan gödrök (*foveolae granulares*) kísérik, amelyeket az agyhártyának az agy–gerincvelői folyadék levezetésében fontos képződményei vájnak ki maguknak.

A falcsont és részben a homlokcsont területén faágszerűen elágazó rajzolatot (*sulci arteriosi*) okoznak a keményagyhártyát ellátó verőerek elágazódásai. A legfontosabb barázda – a nagy középső agyhártyaverőér (*a. meningea media*) számára – az os sphenoidale nagy szárnya hátsó csücskén kezdődik a foramen spinosummal, részben a squama temporalison, részben ismét az ékcsontról nagy szárnyán halad, majd elágazódva felér a falcsontra és a homlokcsont pikkelyére. Orvosgyakorlati szempontból (lásd később) a koponyatető legfontosabb képződménye.

A koponyatető csontjai egységes belső felépítésűek. Kívül-belül egy-egy kompakt csontállományból álló lemezből (*lamina externa* és *interna*) és a köztük levő szivacsos csontállományból (*diploe*) épülnek fel. A diploét vörös csontvelő tölti ki, benne haladó nagyobb vénák csatornákat (*canales diploici*) képeznek.

A koponyatető eme szerkezetéből érthető, hogy külső erőhatások következtében a csont rugalmassága folytán bizonyos torzulás (befelé való horpadás) a csont törése vagy repedése nélkül is bekövetkezhet, de rendszerint csak az erőhatás idejére. Az erőhatás jellege és körülményei, valamint a csont egyénileg is változó minősége szerint (lásd az igazságügyi orvostanban és a traumatológiában) igen változatos formában következhetnek be törések, amelyek a gömbhéjszerű konstrukció folytán leggyakrabban csupán repedések. Sajnos a sulci arteriosiba bemélyedt verőerek ilyen repedések során elszakadhatnak. Sőt a koponyát kívülről érő erőművi hatás, ha csak pillanatnyilag is, befelé horpasztja a csontot, és a csont külső lemeze meg sem kell hogy sérüljön, de a lamina interna megrepedhet, és elszakíthatja valamelyik arteriális ágat. Az így keletkezett vérömleny (*epiduralis haematoma*) az agy összenyomása miatt életveszélyes állapothoz vezet. Csak a kórfolyamat idejében való felismerése és a vérző arteria lekötése mentheti meg a sérült életét.

7.3.2. Koponyaalap (basis cranii)

A koponyaalap fogalma a koponyaüreg felszíne felől nézve egyértelmű (*basis cranii interna*), azaz az egész koponya területét elfoglaló egységes kivájt felszín. Alsó felszínén (*basis cranii externa*) a helyzetet bonyolítja, hogy az agykoponya elülső részéhez hozzánőtt arckoponya elfedi az agykoponya basisának külső felét. Itt a koponyaalap a szemüreg és az orrüreg tetejét alkotja, és csak a processus pterygoideusok tövétől hátrafelé válik szabadon áttekinthetővé. Minthogy a szemüreg és az orrüreg leírásában külön foglalkozunk a két üreg tetejével, a basis cranii externa leírását csak a processus pterygoideusok vonalától hátrafelé adjuk meg.

Koponyalap belső felszíne (*basis cranii interna*). A koponyaalap belső felszínét előlről hátrafelé lépcsőzetesen süllyedő három koponyagödör: elülső (*fossa cranii anterior*), középső (*fossa cranii media*) és hátsó (*fossa cranii posterior*) képezi.

Az **elülső koponyaárok** (*fossa cranii anterior*) az agyvelő homloklebenyeit és bulbus olfactoriusait foglalja magába; a homlokcsont squamájának belső felszínétől az ékcsont ala minorainak hátsó éléig, és középen a sulcus chiasmatisig tart. Oldalsó részei a szemgödörök tetejének domborúsága miatt bedomborodnak a koponyaüreg felé. A középvonalban, a crista gallival elválasztott mély nyílirányú árokká süpped be a koponya alapja, melynek fenekén a rostacsont likacsos rostalemeze (*lamina cribrosa*) látható. E likacsokon a szaglőideg szálai (*fila olfactoria*) lépnek be az orrüreg felső részéből a koponyaüregben a rostalemez felett elhelyezkedő bulbus olfactoriusba. A rostalemezen ezenkívül a szemüregből idegek és erek lépnek át (n. és a. *ethmoidalis anterior*), amelyek az agyhártya elülső részét és főleg az orrüreg felső részét látják el.

A rostalemezt középen elválasztja a sagittalis állású és a koponyaüregbe változatos módon beugró crista galli. Előtte kis vak mélyedést látunk, amelynek nincs jelentősége.

Az elülső koponyagödör hátsó határa – az ékcsont kis szárnya -a középvonal felé ívszerűen hátrafelé halad, majd a középvonaltól mintegy 1,5 cm távolságnyira a hátrafelé kiszögellő processus clinoideus anterior képezi. Innen a határ élesen előrefut, és a canalis opticus koponyaüregi nyílásnak felső peremét alkotja. A szem látóidegét (n. *opticus*) és verőérét (a. *ophthalmica*) magába záró csatorna, mely a szemüregbe vezet, voltaképpen inkább a középső koponyagödörhöz tartozik, de túl részletes leírás elkerülésére érdekében célszerűbb az elülső és a középső gödör hataraként felfogni. A csatornát a kis szárnyaknak az ékcsont testén eredő két gyökere fogja közre és a kétoldali csatorna koponyaüregi nyílásait a gyengén hátrafelé domborodó lefutású sulcus chiasmatis köti össze. Nevével ellentétben a szemidegek kereszteződése (*chiasma opticum*) nem fekszik bele a csont vályújába, hanem középen kb. 1 mm-rel feljebb található. Oldalfelé azonban a szétterő szemidegek fokozatosan belefekszenek a vályúba, és az említett verőérrel együtt elég szorosan kitöltik a canalis opticut.

A **középső koponyaárok** (*fossa cranii media*) az agyvelő két halántéki lebenyét magába fogadó, két különálló gödörből áll, amelyeket mintegy hidszerűen a csontos koponyaalap közepén elhelyezkedő mélyedés, a töröknyereg fossa hypophysialis köt össze. A valóságban ilyen összeköttetés azonban nincsen, mert a processus clinoideus anterior és posterior közt mindkét oldalon kifeszülő keményagyhártya-kettőzet a középső koponyagödört két félre osztja, és középen az agyfüggelékmirigy befogadására szolgáló külön kisebb zárt üreget hoz létre. Gyakorlati fontosságuk miatt is a két oldalsó és a középső gödör alakját külön kell ismertetnünk. A tulajdonképpeni középső koponyagödör elülső határát az ékcsont kis szárnyának hátsó széle, hátsó határát a halántékcsontról pyramisának beugró éle képezi. Közvetlenül a kis szárny és az ékcsont nagy szárnya közt hatalmas felkiáltójelre emlékeztető rés, a fissura orbitalis superior tátong. Mint nevéből kitűnik, ez a szemüregbe (*orbita*) vezet. Az ékcsont testével határos a felkiáltójel pontja, „csóvája” oldalfelé és felfelé irányul. E résen halad át a szemizmok három mozgatóidege (n. *oculomotorius* [III.], n. *trochlearis* [IV.] és n. *abducens* [VI.]) a szem, valamint felső és medialis környezetének érzőidege (n. *ophthalmicus*; V/1) és a szemüreg felső vénája (v. *ophthalmica superior*). Közvetlenül a szemüregi rés medialis része mögött az ékcsont nagy szárnya tövét hátulról előrefutó irányban egy kb. 3 mm átmérőjű nyílás (*foramen rotundum*) – helyesebben inkább rövid csatorna – furja át. Ezen az orrüreg, a felső állcsont és fogak, felső ajak, alsó szemhéj és orrszárny terület fő érzőidege: a n. *maxillaris* (V/2) halad át. E nyílás az arckoponya később tárgyalandó fontos résszerű üregébe, a fossa pterygopalatinába vezet. Emögött, de kissé lateral felé jóval nagyobb ovális nyílás látható: a foramen ovale. Ez közvetlenül a koponyaalap külső felszínére vezet, és a n. trigeminus harmadik ágát (V/3, n. *mandibularis*; a rágóizmok mozgató- és az alsó állcsont, alsó fogak, alsó ajkak, nyelv stb. érzőidege) tartalmazza. E mögött és ismét kissé laterálisabban, már az ékcsont nagy szárnyának hátrafelé kiszögellő csúcsán (*spina ossis sphenoidalis*) egy kb. 1 mm tágasságú nyílás, a foramen spinosum szolgál a keményagyhártya fő (középső) verőérének belépésére (a. *meningeo media*). A nyílástól oldalfelé és részben előrehaladó barázda a halántékcsontról squamája, és az ékcsont nagy szárnya belső felszíne érintésével éri el elágazódva a koponyatető sulci arteriosi rendszerét. A halántékpikkely és az ékcsont nagy szárnya által alkotott vékony koponyafal az a terület, ahol ez a verőér a legkönnyebben sérül. A foramen ovale és spinosum tájéka a középső koponyagödör legmélyebb pontja, innen hátrafelé ismét emelkedik a fenéke. Az ékcsont nagy szárnya és a halántékcsontról pyramisának elülső széle közt szabálytalan, szaggatott rés tátong, amely a pyramis csúcsa és az ékcsont teste közt legtágabb. Ezt a szabálytalan nyílást *foramen lacerum*nak nevezik; szűkebb, résszerű része a *fissura sphenopetrosa*. Mindkettőt rostos porc tölti ki, úgyhogy nem macerált koponyán itt a valóságban két rendkívül finom idegcsatorna kivételével nincsen nyílás. A két csatornán a n. *petrosus major* (VII. agyideg ága) és a n. *petrosus minor* (IX. agyideg ága) lép ki a koponyából. A pyramis felső felszínének leírásánál említettük, hogy két hasonlóvályú a pyramis elülső szélénél véget ér, azaz lebukik a fissura sphenopetrosába. Az ékcsont teste és a pyramis csúcsa tág, kerek nyílást, a *canalis caroticus* belső nyílását fogja közre. Ez csak

macerált koponyán látszik kivezetni közvetlenül a koponyaalapra, a valóságban a csatorna mindjárt elfordul a pyramis tengelye irányában, mint ahogy ezt a halántéksontnál már leírtuk. A csonton tátongó nyílásnak a csatorna környékétől lefelé eső részét a rostos porc tökéletesen kitölti, tehát a koponyaüreg itt a valóságban teljesen zárt. A pyramisnak e részletektől hátraeső elülső felszínén medialisan a n. trigeminus (V. agyideg) érző dúca által okozott benyomat (*impressio trigemini*) és az említett két idegcsatorna nyílása (*hiatus canalis nervi petrosi majoris et minoris*) érdemel említést. A középső koponyagödör határát alkotó, hegyesszögben beugró pyramiselen helyenként jól látható barázda, a sulcus sinus petrosi superioris vonul végig. Külön kell foglalkoznunk a középső koponyagödör középső részének, a töröknyeregnek (*sella turcica*) kontúrvonalával. Ezt a koponyaalap tanulmányozása mellett legjobban a koponyaalap oldalirányú röntgenfelvételén (4/15. ábra) láthatjuk. Orvosgyakorlati jelentősége miatt nem lehet eléggé jól bevésni emlékezetünkbe ezt a kontúrvonalat, amely az ékcsont testének a kis szárnyak közé eső vízszintes felületéről indul, majd a sulcus chiasmatis okoz rajta lefelé irányuló bevágást. A következő lépcsőfokszerű kiemelkedés a tuberculum sellae, majd innen indul el a fossa hypophysialis mély vajúlata, melynek fenekéről a csont ismét felemelkedik a dorsum sellaebe – ez a nyereg kápáját képezi –, és végül hátrafelé a clivus ferde síkjába fordul át. Főleg az erősen hátranyúló processus clinoides anterior és részben a posteriorok is kissé belevetülnek ebbe a kontúrvonalba, de a csont alakjának ismételt tanulmányozása és a röntgensugarak haladási irányának figyelembevételével ezek a vetületek könnyen érthetővé válnak. Az anatómia gyakorlati értéke az orvos számára voltaképpen ott kezdődik, ahol egyes szervek vagy részletek különböző vetületeit érti. Nem csupán a röntgenvizsgálatban, de sok egyéb vizsgálatnál és beavatkozásnál is az orvosnak elsősorban azt kell tudnia elképzelni, hogy a mélyen fekvő részek hogyan vetülnek a felszínre.

A hátsó koponyaárok (*fossa cranii posterior*) gömbcikkely alakú egységes tér, amelyet előlről a pyramisok derékszögnél valamivel tompább szögben egymás felé konvergáló hátsó felszínei határolnak. Ezek a felszínek a középvonalban a clivus enyhén kivájt ferde felszínében találkoznak. A határvonal a középső és a hátsó koponyagödör között a dorsum sellae felső élén, majd oldalsó szélein át a pyramis felső élére vezet, végül elérve a koponya oldalfalát, itt hátrafordul az os occipitale sulcus sinus transversijébe, és végül a két határvonal összetalálkozik a protuberantia occipitalis internában. Mint majd a keményagyhártya leírásából meglátjuk, ezt a térséget a kisagysátor (*tentorium cerebelli*) nagyjából teljesen elrekeszti a koponya belső terének többi részétől. A hátsó koponyagödör legnagyobb és egyben legfontosabb nyílása a foramen magnum, amelyen keresztül, mint az os occipitale leírásánál említettük, a nyúltvelő összefügg a gerincvelővel, alulról belép a koponyaüregbe a két *arteria vertebralis* és a **XI.** agyideg (*n. accessorius*) gerincvelői gyökere. A koponyaüreg belső venás rendszere is kisebb fonatok útján közlekedik itt a gerincscsatorna venás fonatával. A foramen magnum elülső keretéből oldalra és előreirányul a két canalis hypoglossi a hasonló nevű **XII.** agyideg kilépésére. Ettől oldalt a nyakszirtecsont partes lateralisai és a pyramisok hátsó éle egy-egy mély, egymással szemben fekvő bevágása (*incisura jugularis*) létrehozta a koponyaüreg második legnagyobb nyílását: a foramen jugularét (4/13. ábra). Mindkét csont bevágásán, bár rendszerint szabálytalanul, egy-egy kis tövis (*processus intrajugularis*) van, amely megszakítja a bevágást, és azt 8-as idomúvá teszi. A tökéletlenül elválasztott nyílás medial felé és előreeső kisebb részén a **IX.**, a **X.** és a **XI.** agyideg (*n. glossopharyngeus, vagus et accessorius*), míg a laterális-hátsó nagyobb nyíláson a koponyaüreg venás vérenek nagy része lép ki a koponyaüregből. Oldalfelé a nyílásból jól követhetjük a sulcus sinus sigmoidei S alakú lefutását; előbb egy kis szakaszon a nyakszirtecsont oldalsó részén, majd a halántéksont csecsnyúlványi része belső felszínén, végül a falcsont hátsó alsó szögletének belső felszínén, ahol a sulcus sinus transversiba fordul át medial felé. Említésre méltó, hogy a sulcus sinus sigmoidei kezdeti szakasza környékén és közvetlenül a vége előtt a nyakszirtecsonton, sok koponyán eléggé változatos helyen egy-egy mellékjárat vezet ki a koponya külső felszínére. Az előbbi a csecsnyúlvány mögött nyílik, benne találjuk a v. emissaria mastoideát, az utóbbi a condyli occipitales mögötti gödörbe nyílik, benne a v. emissaria condylaris fut. (Ezek voltaképpen „biztosítószелеpek”, amelyeken keresztül a venás vér a foramen jugulare vagy az onnan kezdődő fő nyaki vena elzáródásakor „egérutat” nyerhet. Ezért is oly változatosak ezek a nyílások, olykor teljesen hiányozhatnak, máskor szinte helyettesítik a foramen jugularét.)

Érdemes a koponyaalap külső-belső megtekintésével gondolatban követni a sinus sigmoideusban lefelé haladó vér útját. Könnyű megérteni, hogy a gyors áramlás bonyolult és egyénileg változó örvényléseket hoz létre, ami a pyramis alsó felszínén oly változatos alakban kivájjá a fossa jugularist, ahonnan azután a vért elvezető vena *jugularis interna* kezdődik.

Az általános csonttanban említettük, hogy a csont igen gyenge, de állandó mechanikai hatásnak enged, így nem kell csodálkozunk azon, hogy a vénás öböl kötőszövetes falán keresztül érvényesülő folyadéksodrás és -örvénylés az olvadó hó vagy nyári zápor által okozott alakító munkához hasonlólt végez a csontban.

A pyramis csúcsi része és a pars basilaris ossis occipitalis nem rendes varrattal, hanem egy synchondrosis petrooccipitalisszal függnek össze a csúcstól a foramen jugularéig. Érdekes, hogy a hallószervet tartalmazó pyramis csúcsi része nem csontosan függ össze a koponyával, hanem synchondrosisek útján.

Emberben csak alapjához közeli része forr egybe csontosan más koponyaacsontokkal, sok állatban még itt sem. Feltehetőleg ez csökkenti a hang csontos vezetését a fogazat felől. A *synchondrosis petrooccipitalis* mentén húzódik a *sulcus sinus petrosi inferioris*. A pyramis felső éle mentén haladó felső sinussal együtt e barázdában fekvő venás öböl a töröknyereg környékén meggyűlő vénás vért a sinus sigmoideushoz szállítja. A pyramis hátsó felszínén látható a halántékcsontnál leírt *porus acusticus internus* és az *apertura aquaeductus vestibuli*.

A **koponyaalap külső felszíne** (*basis cranii externa*). Nehezebben áttekinthető, mint a belső felszín. A *processus pterygoideus* tövével a medialis lemez szétválva képezi az orsó alakú fossa scaphoideát. Megközelítően ennek folytatásába esik egy, az ékcsont nagy szárnyának hátsó széle mentén haladó vályú, a *sulcus tubae auditivae*, melybe a fülkürt porcos része fekszik bele. Ha a koponyát úgy tartjuk ferdén a kezünkben, hogy az egyik oldali fossa scaphoidea alsó vége felől végigtekintünk ezen és a sulcuson, akkor épp belátunk a pyramis elülső élén nyíló canalis musculotubariusba. E vonal mutatja egyben a fülkürt útját, amely a *processus pterygoideus* medialis lemeze mögött nyílik a garat felső részébe (lásd a garatnál és a hallószervnél). A *processus pterygoideus* medialis lemezének felső vége felett, már voltaképpen a foramen lacerum területéről egy vékony csatorna veszi kezdetét, ez a canalis pterygoideus, amely vízszintesen átfúrja a röpnívágy tövét, és a fossa pterygopalatinába vezet. A röpnívágy lateralis lemeze irányában hátra- és lateral felé látható a foramen ovale, majd a foramen spinosum.

A röpnívágyának a töve mögött húzódik ferdén a foramen lacerum, amelyet nem áztatott koponyán itt alulról tökéletesen kitölt a *synchondrosis sphenopetrosa* porca. A foramen spinosumtól lateral felé látható a halántékcsontról pikkelyrészéhez tartozó tuberculum articulare. Erre a mögötte levő fossa mandibularisról ráhúzódik az állkapocsízület porc felszíne. A tuberculum articulareból ered oldal felé egyik gyökerével a járomnyívágy, a *processus zygomaticus*.

A fossa mandibularis hátsó pereme és a pars tympanica csaknem függőleges elülső felszíne között keskeny csontél tűnik fel; ez a pars petrosának a halántékcsontnál leírt és metszetben sémásan ábrázolt nyíványa, mely benyomult a pars squamosa és tympanica közé (4/14. ábra). A csontél előtti *fissura petrosquamosa* nem bír jelentőséggel, annál fontosabb a mögötte levő és a dobüregbe vezető rés a *fissura petrotympanica* (Glaseri), amelyen a *chorda tympani* (*n. facialis* ága) lép elő. A halántékcsontról pyramisának alsó felszínét már részletesen leírtuk; itt csupán felsoroljuk a fontosabb részleteket. A *processus mastoideus* és a *processus styloideus* közt látható a foramen stylomastoideum, a *facialis* csatorna (*canalis facialis*) külső nyílása. A *processus styloideus* medial felé látható a canalis caroticus külső nyílása, köztük és mögöttük a fossa jugularis. A fossa jugularis és a carotiscsatorna közt medial felé a foramen jugulare medialis elülső része előtt látható a fossula petrosa, melybe a IX. agyideg (*n. glossopharyngeus*) alsó érződuca fekszik bele, és amelyből tüszúrásnyi nyílással indul a halántékcsontnál leírt canaliculus tympanicus. A pyramis hátsó éle és a nyakszirtecsont pars lateralis közt keletkező foramen jugularétól medialisan a condylus occipitalis oldalsó felszínének elülső részén nyílik a canalis hypoglossi.

A koponyába belépő, illetve onnan kilépő nagy erek és idegek egymáshoz való viszonyának megértése szempontjából fontos jól emlékezetbe vésni a foramen jugulare és a carotiscsatorna pontos helyzetét. A sinus sigmoideus vért magába fogadó nyaki fő vena (*v. jugularis interna*) a foramen jugulare hátsó és a fossa jugularis elülső peremén ered, de kihagyja a foramen jugulare nyolcasának elülső medialis hurkát. Közvetlenül a koponyaalapnál a vena jugularis interna előtt kissé medialisan van a IX., a X., a XI. agyideg, tőle medialisan a XII. Lateralisan 5–6 milliméternyire a VII. agyideg lép ki a koponyából, továbbá közvetlenül a foramen jugulare előtt a belső fejverőér, az *a. carotis interna* belép a koponyába. A foramen magnum elülső pereme és a *processus pterygoideus* töve közötti, illetve oldalt a *fissura sphenopetrosa* által közrefogott sima csontfelszínen (a pars basilaris ossis occipitalis alkotja) csupán a tuberculum pharyngeum okoz kis kiemelkedést. Közvetlenül előtte vonul el harántul a garat hátsó falának eredési vonala (lásd garat). A foramen magnum mögötti nyakszirtecsonti squama rész gyakorlatilag vízszintes, csak egy harántléc után domborodik felfelé.

7.3.3. Szemüreg (orbita)

A **szemüreg** (*orbita*) arckoponya páros, lekerekített élű, négyoldalú piramis alakú ürege, mely a látószervet és a látóideget, valamint a segédkészülékeket, elsősorban a szemizmokat fogadja magába. A négyoldalú piramis tengelye a canalis nervi opticival kezdődik, s előre- és gyengén oldal felé haladva a szemüreg elülső nyílása (*aditus orbitae*) közepén lép ki a szemüregből.

Az orbiták tengelyei a sagittalis síktól kb. 20–25°-nyira oldal felé térnek, medialis falaik közel párhuzamosak, oldalsó falaik erősen szétérnek.

Felső fala erősen boltozott, a homlokcsont partes orbitalesei és hátul az ékcsont kis szárnya alkotják. A felső fal hátsó oldalsó határát a *fissura orbitalis superior* képezi.

Medialis falát hátulról előre kis darabon az ékcsont teste, a rostacsont lamina orbitalisa, előrébb a könnycsont és legelő a maxilla processus frontalis alkotja. A lamina orbitalis és a homlokcsont közti varratban két nyílás (*foramina ethmoidalia*) szolgál ideg-ér csatornák nyílásául. Elöl a könnycsont crista lacrimalis posteriorja és a maxilla homloknyúlványának crista lacrimalis anteriorja mély árkot (*fossa sacci lacrimalis*) fog közre, amely lefelé folytatódik a *canalis nasolacrimalis*-ba.

Alsó falát nagyjából a maxilla teste képezi, amelyhez hátul az ékcsont testével alkotott szögletben az os palatinum nyúlványa is hozzájárul. Az alsó felszint az oldalsótól hátul az alsó szemgödri hasadék (*fissura orbitalis inferior*) választja el. Ez hátul hegyesszögben összetalálkozik ugyan a *fissura orbitalis superior*-al, de maga nem vezet be a koponyaüregbe, hanem hátul a fossa pterygopalatina és előrébb a halánték alatti árokba (*fossa infratemporalis*). Az alsó felszínen nagyjából sagittalis irányban a *fissura orbitalis inferior*-tól induló vályú (*sulcus infraorbitalis*) húzódik előre, mely azután *canalis infraorbitalis*-szá zárul, és a foramen infraorbitaléval nyílik a maxilla arci felszínén. A maxillánál ismertettük a vályúból és a csatornából a felső fogakhoz haladó ér-ideg csatornákat.

Oldalsó falát az ékcsont nagy szárnya és elöl a járomcsont orbitalis felszíne alkotja.

A szemüreg **nyílása** (*aditus orbitae*) erős csontos kerettel bír: ezt felül és medialisan a homlokcsont, oldalt és részben alul a járomcsont, alul medialisan a felső állcsont teste és medialisan annak homloknyúlványa alkotja. Érdekes, hogy a szemüregből előre kilépő erek és idegek csak egy esetben lépnek ki magán az adituson, ti. az orrgyök oldalán látható incisura frontalis a hasonló erek és idegek. A foramen infraorbitalén és supraorbitalén előlépő hasonló ér-ideg csoportok a perem átfűrésével kerülnek ki az orbitából az arcra. Hasonló, de vékonyabb csatorna van a járomcsonton is, amely azonban elágazódva annak mind arci, mind halántéki felszínén egy-egy nyílással nyílik.

Az orbita **összeköttetéseit** és a bennük haladó képleteket a **4/1. táblázat** tartalmazza.

5.1. táblázat - Az orbita összeköttetéseit - 4/1. táblázat

A nyílás neve	Hova vezet?	Mi fut benne?
canalis opticus	fossa cranii anterior és media határa	n. opticus (II.), a. ophthalmica
fissura orbitalis sup.	fossa cranii media	n. oculomotorius (III.) n. trochlearis (IV.) n. ophthalmicus (III/1.) n. abducens (VI.) v. ophthalmica sup.
fissura orbitalis inf.	fossa pterygopalatina fossa infratemporalis	n. et a. infraorbitalis n. zygomaticus
foramen ethmoidale ant.	fossa cranii ant.	n. et a. ethmoidalis ant.
foramen ethmoidale post.	cellulae ethmoidales	n. et a. ethmoidalis post.
canalis nasolacrimalis	meatus nasi inf.	ductus nasolacrimalis
foramen infraorbitale	fossa canina	n. et a. infraorbitalis

incisura frontalis	homlok	n. et a. frontalis
foramen supraorbitale	homlok	n. et a. supraorbitalis
canalis zygomaticus	arc lateralis része (canalis n. zygomaticus zygomaticofacialis), fossa temporalis (canalis zygomaticotemporalis)	
aditus orbitae	arc	

7.3.4. Orrüreg (cavum nasi)

Az **orrüreg** (*cavum nasi*) a median sagittalis síkban elhelyezkedő csontos orrsövényvel (*septum nasi osseum*) szimmetrikusan elválasztott,²⁵25 felső részében keskeny, sagittalis résszerű, lefelé fokozatosan táguló, nyálkahártyával bélelt üreg (lásd a nyálkahártyával bélelt orrüreg leírását a légzőszerveknél), amelynek jelentékeny méretű, ugyancsak nyálkahártyával bélelt melléköblei vagy üregei (*sinus paranasales*) nyomulnak be a szomszédos koponyacsontokba. Előrefelé az arckoponya elülső felszínén körte alakú, éles szélű **nyílással** (*apertura piriformis*) nyílik, amelyet a porcos vázú orr egészít ki előrefelé. Hátrafelé a csontos orrsövénynek az ékesont által alkotott hátsó élével kettéválasztva, közel függőleges állású, kettős téglalap alakú nyílásokkal (*choanae*) megy át a garatba (pharynx), egy, a koponyaalapon felfüggesztett, frontális állású lapos zsákszerű zsigeri szervbe. A choanákat felülről az ékesont testének alsó felszíne, oldalról a röpníványok medialis lemezei, alulról a szájpadsontok laminae horizontalesei határolják.

Az orrüreg **felső fala** többszörösen megtört csontfelszín. Elöl az orrcsontoknak megfelelően a fal hátrafelé és felfelé halad, egy darabon a homlokcsont pars nasalis is alkotja, majd valódi tetejét a rostacsont rostalemeze, a *lamina cribrosa* képezi. Ennek likacsain keresztül két-két (egy medialis, sővény melletti és egy oldalsó) sorban lépnek be az orrüreg felső részéből a szaglőidegszálak (*fila olfactoria*) a koponyaüregbe²⁶26. Hátral az ékesont testéhez érve, ennek vékony csontlemezek által alkotott függőleges fala a rostalemezzel lefelé és előrefelé nyíló derékszögű szögletet zár be; ez az orrüreg *recessus sphenoidalisa*. Ezután a felső fal vízszintesen folytatódik az ékesont testének alsó felszínén, ahol a choanánál véget ér, illetve a garatnak a koponyaalap által alkotott felső falába megy át.

Alsó falát a kemény szájjpad alkotja. Ez gyengén harántul vágolt, sima, a felső falnál jóval szélesebb csontfelszín, amelyet középen a *crista nasalis* választ el. Ehhez támaszkodik a csontos orrsövény alsó része. A kemény szájjpadot a felső állcsont processus palatinusa és a szájjpadsont horizontális lemeze képezi kereszt alakú varrattal. A crista nasalis előre- és hátrafelé is egy-egy tövissel (*spina nasalis anterior et posterior*) ugrik ki az apertura piriformis alsó peremén és a choanák között.

A **csontos orrsövény** (*septum nasi osseum*) az orrüregfelek közös **medialis falát** képezi. Két csont alkotja; felül és inkább előrébb a rostacsont lamina perpendicularisa, amely elöl az orrcsontok belső felszínére, hátul az ékesont testének középvonalára támaszkodik. Hátsó és alsó részét az ékesont (*vomer*) képezi, amely hátsó-felső kiszélesedett részével (*ala vomeris*) az ékesont teste alsó felszínéhez rögzül, míg alsó széle a csontos szájjpad crista nasalisára támaszkodik. A két csontlemez előrefelé nyílt derékszöget hagy szabadon, amelyet a porcos orrsövény (*septum nasi cartilagineum*) tölt ki. Nemritkán a két csontlemez nem érintkezik egymással, hanem a porcos orrsövény keskeny nyúlványa nyúlik el egészen az ékesont testéig.

Lateralis fala a legbonyolultabb. A róla elemelkedő orrkagylók (*conchae nasales*) által ugyanis nagyjából fedett és a tulajdonképpeni oldalfal csak a középső és az alsó orrkagyló eltávolítása után tűnik elő. Az oldalfal elülső részét teljes magasságban a maxilla processus frontalisának belső felszíne alkotja. Közvetlenül e mögött felül a rostacsont labyrinthusát beborító medialis vékony csontfal kezdődik, amelyről a felső és a középső orrkagyló ered. Ez a csontfal hátrafelé egészen az ékesont testéig terjed. A felső orrkagyló (*concha nasalis*

²⁵25 Igen közönséges eset, hogy az orrsövény csontjai nem fekszenek pontosan a median sagittalis síkban, hanem egyik vagy másik irányban eltérnek (*deviatio septi nasi*), minek következtében az egyik orrüreg fél túl szűk, a másik túl tágú válik. Mindkét alaki eltérés súlyosan zavarja az orrnyálkahártya működését.

²⁶26 Az egyiptomi múmiakészítők a holttest e csontlemezét törték át, és speciális eszközökkel távolították el az agyvelőt, majd a koponyát belülről is konzerválták és szárították.

superior) eredési vonala legfelül inkább már a recessus sphenothmoidalisban van, felfelé domborodó ívben; alatta találjuk a hátsó rostasejtek nyílását. A középső orrkagyló (*concha nasalis media*) eredési vonala egészen elől a maxilla homloknyúlványán kezdődik, majd hirtelen felemelkedés után hátrafelé fokozatosan süllyedve éri el a szájpadsont függőleges lemezének felső részét, ahol szintén egy kis csontlécen tapad. Középe alatt egy nagyobb rostasejt félgömbszerűen kiemelkedő csontfala, a bulla ethmoidalis emelkedik ki a labirintus medialis felszínéből. Ez előtt és alatt húzódik felfelé irányuló homorullattal a rostacsont processus uncinatusa. A bulla ethmoidalis és a nyúlvány közötti félhold alakú rés, a hiatus semilunaris marad szabadon. Minthogy a bulla alsó része és főleg a processus uncinatus már a hiatus maxillaris fölé nyomul, a hiatus semilunaris hátsó része bevezet a sinus maxillarisba. Elülső részében nyílik a sinus frontalisnak a rostacsont-labyrinthuson átvezető kijárata. A rostacsont első része alatt, közvetlenül a maxilla homloknyúlványa mögött a könnyecsont hamulus lacrimalis is részt vesz az orrüreg oldalfalának alkotásában, befelé lezárva a canalis nasolacrimalist. A rostacsont alatt az orrüreg oldalfalát a maxilla testének medialis felszíne alkotja, de ennek nagyobb része a nagy hiatus maxillaris. Mint azt már a maxillánál leírtuk, a nyílás bezárásához nagymértékben hozzájárul a concha nasalis inferior processus maxillaris. A hiatus maxillaris jelentős mértékben fedett részben az alsó orrkagyló e nyúlványával, részben a szájpadsont függőleges lemeze révén. Az alsó orrkagyló tapadási vonala felett azonban a processus uncinatus és az alulról felnyúló alsó orrkagyló nem képes csontosan zárni a sinus maxillaris. Ezt a hézagot csupán nyálkahártya fedi. Előrébb az alsó orrkagyló legmagasabban felnyúló tapadó széle hozzájárul a canalis nasolacrimalis bezárásához, így e csatorna az alsó orrkagyló alatti alsó orrjáratba nyílik. Az oldalfal hátsó részét teljes magasságban a szájpadsont függőleges nyúlványa, majd a processus pterygoideus medialis lemeze képezi. A függőleges szájpadsontlemez két felső nyúlványa közti incisura és az éksont teste a foramen sphenopalatinumot zárja közre.

Az orrüreg belső terének megértéséhez feltétlenül szükséges frontális átmetszetének ismerete (4/16. ábra). Ilyen átmetszetből világosan kitűnik, hogy az orrsövény mellett mindkét oldalon keskeny sagittalis rés marad szabadon, ez a közös orrjárat (*meatus nasi communis*). Az oldalfalról kagylóhéjszerűen beemelkedő orrkagylók mindegyike alatt pedig egy-egy orrjárat, felső, középső és alsó (*meatus nasi superior, medius és inferior*) keletkezik. A rostacsont felépítése is csak ilyen frontális metszeten érthető meg; elsősorban azt kell felfogni, hogy a szemüreg medialis fala és az orrüreg oldalsó fala közé a rostasejteket magában foglaló rostasejt-labyrinthus ékelődik.

Orrmelléküregek (*sinus paranasales*). Az orrüregnek három nagy páros mellékürege van: a homloküreg (*sinus frontalis*), az arcüreg (*sinus maxillaris*), az éksonti üreg (*sinus sphenoidalis*) valamint a rostacsont labirintusához tartozó rostasejtek: *cellulae ethmoidales*.

A **homloküreg** (*sinus frontalis*) a homlokcsont squamájában és partes orbitalesében igen változó mértékben betervedő üreg, szintén többnyire aszimmetriás válaszfalal. Mindkét üregfél a pars nasalison keresztül tölcészerűen szűkülő kivezető résszel áthalad a rostacsont-labyrinthus elülső részén, és a hiatus semilunaris elején nyílik a középső orrjáratba.

Az **arcüreg** [felső állcsonti (*Higmore-*) üreg] (*sinus maxillaris*) a felső állcsont testét csaknem teljesen kitölti. Macerált koponyán az alsó orrkagyló fölött szabálytalan réseken keresztül közlekedik a középső orrjárat, de nyálkahártyanyílása szabályosan csak a hiatus semilunaris hátsó végébe szájadzik.

Az **éksonti üreg** (*sinus sphenoidalis*) az éksont testének elülső részét teljesen kitölti. Sagittalis állású csontlemez osztja rendszerint aszimmetrikusan két üregre. Mindkét üreg nyílása aránylag felül van a recessus sphenothmoidalis hátsó falán (vagyis az éksont teste elülső falán).

A **rostasejtek** (*cellulae ethmoidales*) egymással részben közlekedő, nyálkahártyával bélelt, vékony csontlemezek által határolt csontfülkék bonyolult rendszere. Felfelé betervednek a homlokcsont pars orbitalisába, előrefelé a könnyecsont alá, néha hátra az éksont testébe és a szájpadsont függőleges lemeze felső részébe is. Hátsó csoportjuk a felső orrjáratba, elülső csoportjuk a hiatus semilunaris középső részébe nyílik a bulla ethmoidalis alsó oldalán.

Valamennyi orrmelléküreg nyálkahártyával bélelt, és légtérük az orrüregével közlekedik. Szerepük vitás, leginkább mint a hangadás rezonálóterei jelentősek.

Az orrüreg összeköttetéseit és a bennük haladó képletek felsorolását a **4/2. táblázat**ban találjuk meg.

5.2. táblázat - Az orrüreg (cavum nasi) összeköttetése - 4/2. táblázat

A nyílás neve	Hová vezet?	A benne futó képletek
apertura piriformis	arc	–
choana	pars laryngea pharyngis	–
foramen sphenopalatinum	fossa pterygopalatina	a. sphenopalatina et nn. nasales postt.
hiatus semilunaris	sinus maxillar	–
infundibulum ethmoidale	sinus frontalis	–
apertura sinus sphenoidalis	sinus sphenoidalis	–
canalis nasolacrimalis	orbita	ductus nasolacrimalis
canalis incisivus	cavum oris	a. sphenopalatina végága és n. nasalis post. med.

7.3.5. Szájüreg (cavum oris)

Szájüregről (*cavum oris*) a szó szoros értelmében nem szólhatunk, mégis a táplálócsatornánál leírandó szájüreg anatómiájának elsajátításához fontos falainak az ismerete. Ezek összezárt fogsorok mellett felül csontos szájpad (*palatum osseum*), az ezt parabola alakú peremként körülvevő felső fogmedri nyúlvány, a felső fogak belső felszíne, az alsó fogak belső felszíne és a mandibula belső felszíne a linea mylohyoideáig. Ettől lefelé a mandibula belső felszíne már a szájfeneket elzáró izomréteg (*m. mylohyoideus*) alá esik, tehát a szájüregen kívüli, állcsont alatti térséghez tartozik.

A csontos szájpad elején, a két középső metszőfog alveolusa mögött egy csatorna nyílik (*canalis incisivus*), amely elágazódva egy-egy orrüregfélbe vezet. A felső bölcsességfogtól medialisra nyílik a szájpadcsonton a canalis palatinus major a hasonnevű forammal, és mögötte több apró nyílással a canales palatini minores. A mandibula ramusának belső felszínén levő foramen mandibulae már kívül esik a lágyrészes szájüreg határain.

7.3.6. Fossa temporalis et infratemporalis

A *fossa temporalis* a koponya oldalfalának sekély benyomatát kitöltő lapos, főleg elől kissé bemélyedt terület, amelyet részben kitölt a rágóizmokhoz tartozó *m. temporalis*. Felső határát egy ívelt kettős csontvonal képezi (*linea temporalis superior et inferior*), mely elől a homlokcsont processus zygomaticusán kezdődve felfelé domború ívben a homlokcsonton, falcsonton, végül a halántékcsont pikkelyrészén visszatér a halántékcsont járomnyúlványának hátsó gyökerébe a külső hallónyílás felett.

A járomív és az os sphenoidale nagy szárnyának crista infratemporalis a által meghatározott síkban a fossa temporalis lefelé átmegy a jóval tágabb *fossa infratemporalis*ba, melyet előlről a maxilla testének hátsó felszíne, medial felől a processus pterygoideus oldalsó felszíne határol. Medialis részén az ékcsont nagy szárnyának infratemporalis felszíne a gödör felső falát is alkotja egy darabon. Medialis falán tág, V alakú rés tátong: felső, közel vízszintes szára a fissura orbitalis inferior, függőleges szára a röpnnyúlvány és a maxilla teste közötti fissura pterygomaxillaris. (Erről később részletesebben szólunk a fossa pterygopalatinánál.) A fossa infratemporalis koponyaalapi felszínének hátsó részén nyílik a foramen ovale és a foramen spinosum. A gödör hátsó határaként az állkapocsizületet tekinthetjük.

Az egész árok ismerete fontos, mert az arc orvosilag legfontosabb mély tájékát képezi.

7.3.7. Fossa pterygopalatina

A *fossa pterygopalatina* az arckoponya mélyén elhelyezkedő tölcészerű üreg, amelyet hátulról az ékcsont nagy szárnyának elülső felszíne (facies maxillaris), processus pterygoideusának töve, előlről a maxilla teste és

belülről az os palatinum lamina perpendicularisa zár közre. Leginkább a fossa infratemporalis felől tekinthető át, amellyel a felfelé tág fissura pterygomaxillaris útján közlekedik.

Orvosi jelentősége abban van, hogy itt ágazik el a n. trigeminus második ága: a n. maxillaris (V/2), valamint az orrüreget és a szájpadot, a felső fogakat és a felső ajkat ellátó hasonnevű verőér végső szakasza. Itt helyezkedik el egy fontos feji vegetatív idegdúc (*ganglion pterygopalatinum*) is.

Összeköttetéseit és a bennük haladó képleteket a **4/3. táblázat** foglalja össze.

5.3. táblázat - A fossa pterygopalatina összeköttetései* - 4/3. táblázat

A nyílás neve	Hová vezet?	A benne futó képletek
foramen rotundum	fossa cranii media	n. maxillaris (V/2.)
canalis pterygoideus	külső koponyaalap (a foramen lacerum elülső széle)	n. petrosus major
fissura pterygomaxillaris	fossa infratemporalis	a. sphenopalatina (az a. maxillaris végága), nn. alveolares supp. postt.
foramen sphenopalatinum	orrüreg (hátsó részének lateralis falán)	a. sphenopalatina et nn. nasales postt.
fissura orbitalis inferior	szemüreg**	n. infraorbitalis, n. zygomaticus (az V/2 ágai)
canalis palatinus major	(és szájüreg a belőle leágazó ... minores)	n. palatinus major et nn. palatini minores, a. palatina descendens

* A táblázat harmadik oszlopát a csonttan tanulmányozásakor még nem kell megtanulni (csak tudat alatt „megbarátkozni” a fogalmakkal). A teljes táblázat az ismeretek „szintéziséhez” kell.

** Nem egyértelmű azért, mert a fissura orbitalis inferiornak csak a hátsó része közlekedik a fossa pterygopalatinával, elülső része már a fossa infratemporalisszal. Az itt áthaladó képleteket (a. infraorbitalis) azért nem említjük.

7.3.8. Állkapocsízület (articulatio temporomandibularis)

Az állkapocsízület (*articulatio temporomandibularis*) a koponya egyetlen ízülete, páros korlátolt szabad ízület. Minthogy a jobb és a bal ízületnek mind az ízvápája, mind pedig az ízfeje ugyanahhoz a szilárd konstrukcióhoz tartozik (ti. a koponyához, ill. az állkapocshoz), a kétoldali ízület egymástól nem függetlenül, hanem egységes mechanizmussal működik. Minthogy legfontosabb funkciója a rágással kapcsolatos mozgások, ezért rágóízületnek is nevezik.

Ízfelszínei. Az ízvápát a halántékcsontról ízárka (*fossa mandibularis*) alkotja. Ízfelszínét nem a szokásos üvegporc, hanem rostos porc képezi, amely előrefelé ráterjed az ízárk előtti tuberculum articularéra, egy közel haránt irányú sáncszerű kiemelkedésre.

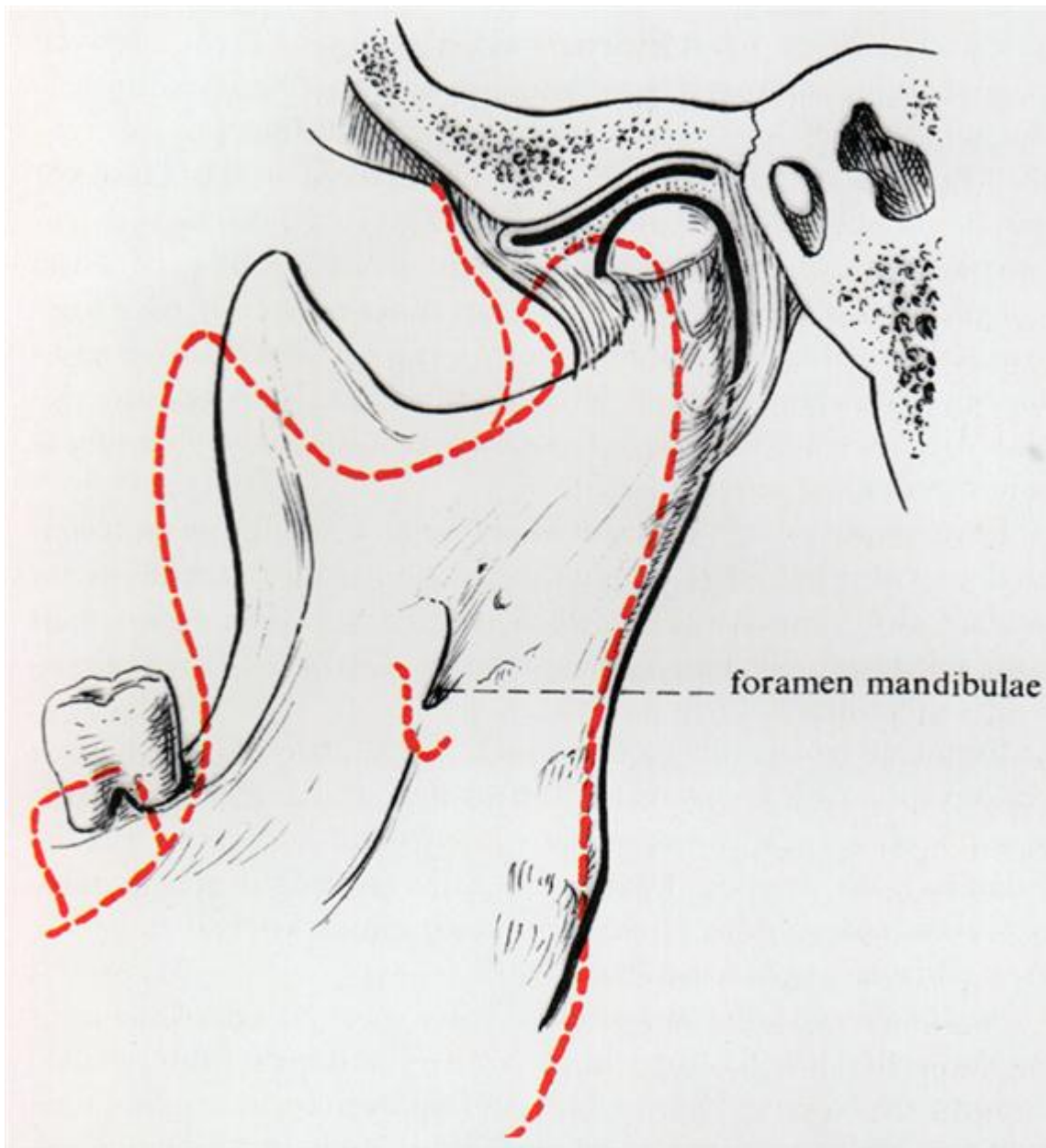
Az ízfejet a kétoldali caput mandibulae alkotja. Ezek az ízvápánál jóval kisebb méretű, jelzetten a tojásidom felé átmenetet képező hengerek, amelyek tengelyei medial felé meghosszabbítva a foramen magnum előtt metszik egymást.

Az ízületi árok és fej nagymértékben inkongruens alakját az ízületet vízszintesen elválasztó rostporcos discus articularis egyenlíti ki. Ez sagittalis irányú metszetben S alakú, ugyanis előrefelé a tuberculum articulare ráterjed. Középen jóval vékonyabb, mint elöl vagy hátul; néha itt lyukas is, tehát meniscus jellegű.

Ízületi tokja meglehetősen bő, magában foglalja a tuberculum articulare nagy részét. Körös-körül össze van nőve a discus szélével. Hátul a tok fissura petrotympanica előtt ered, és a mandibula nyakából egy darabot bezár az ízületbe.

Szalagkészüléke laza, a tokot még leginkább külső részén erősítik szalagszerű rostok.

Mechanizmusa. Mozcásai nem olvashatók le az ízfelszínek alakjáról, bonyolultak és egyénileg változatosak, és messzemenően alkalmazkodnak a fogazat esetleges rendellenességeihez vagy hiányaihoz. Erősen sematizálva megkülönböztetjük a száj nyitó- és zárómozgásait, az állkapocs szimmetrikus előre-hátra mozgását és az őrlő mozgásokat.



4/18. ábra. A mandibula mozgása a száj nyitásakor (piros). A capitulum előresiklik a tuberculum articularára; a foramen mandibulae helye alig változik

A száj nyitása és zárása. Eltérően attól, amit az ízület alakjából következtethetnénk, a száj – helyesebben a fogsorok – nyitása-zárása nem a két caputot összekötő haránttengely körül történik, hanem egy ettől jóval lejjebb eső haránttengely körül (**4/18. ábra**), amely a mandibula mindkét ágát a foramen mandibulae tájékán fúrja át. Ennek megfelelően a száj nyitásakor a mandibula feje előre, záráskor ívben hátra kellene hogy mozogjon. Erről könnyen meggyőződhetünk, ha két mutatóujjunkkal szorosan a külső hallójárat előtt benyomva a bőrt, nyitjuk a szánkat. Ilyenkor jól érezzük, hogy a mandibula feje előre eltér, majd a száj zárásakor visszatér a helyére. A mandibula fejével együtt a discus is előrecsúszik. A mozgás azonban korántsem ilyen ideális geometriai jellegű, mert bár az ízfej a discus miatt nincs mélyen benn a fossa mandibularisban, mégis ahhoz, hogy a száj nyitásakor előrecsúszhasson, a mandibula fejének lefelé domborodó ívben kell mozognia. Mindenesetre a száj erős feltárása során az ízfej végül a tuberculum articulare tetejére kerül.

Egyes embereknél erős ásításkor, és még inkább nyitott száj melletti külső behatásra, a mandibula feje még a tuberculum articulare elé is csúszhat, és az ilyen (szigorú sebészeti értelemben nem tökéletes) állkapocsficam esetén az illető csak orvosi segítséggel tudja újra bezárni a száját.

Ennek az ízületi mechanizmusnak nyilvánvaló előnye, hogy a koponyából a foramen ovalén kilépő nervus mandibularis (V/3) és nagyobb ágának, a n. alveolaris inferiornak a foramen mandibularéba való belépése közti nem nagy távolság a száj nyitása-zárásakor nem változik lényegesen, tehát ennek következtében az ideg vonaglása nem fordulhat elő.

Az állkapocs szimmetrikus előre-hátra mozgása (*anteductio-retroductio*) szintén megkívánja, hogy az ízfej a tuberculumon lefelé domborodó ívben csúszson előre. Az ízfej ilyenkor is magával viszi a discust. Saját magunkon megfigyelhetjük, hogy normálisan illeszkedő fogazat mellett, ti., hogy a felső metszőfogak kissé az alsók elé zárnak, állkapcsunkat kb. 1 cm-nyire előretolhatjuk. A nyugalmi (zárt fogsoros) helyzettől hátrafelé az állkapcsot alig 1 mm-nyire húzhatjuk hátra, mert az ízfej beleütözik a külső hallójáratba.

A rágásban igen fontos az *örlő mozgás*, amelynek lényege, hogy a mandibula két feje nem azonos irányban, hanem ellentétesen mozog. Erősen egyszerűsítve úgy írhatjuk le a dolgot, hogy a mandibulát függőleges tengely körül forgatjuk. Ezt a függőleges tengelyt szabadon helyezzük át a két mandibulafejet összekötő vonal bármely pontjára. Mégis, van a függőleges tengelynek két kitért helyzet, mégpedig az egyik, amikor az egyik mandibulafejen megy át, a másik, amikor a másikon. Ilyenkor az egyik mandibulafej csak saját függőleges tengelye körül forog, a másik ívben előre-hátra. Egészséges fogazató ember váltakozva helyezi a függőleges tengelyt hol az egyik, hol a másik oldalra. A valóságban valószínűleg sokszor használjuk a két szélső helyzet közti függőleges tengelyt, amikor mindkét mandibulafej alternálólóg előre-, ill. hátrafelé mozog.

Az örlő mozgás e nagyon leegyszerűsített leírásnál a valóságban sokkalta bonyolultabb, hiszen a fogak egyenlenségei miatt, de a falatnak a fogsorok közé juttatásához is, a mandibula ívmozgásaihoz kisértékű nyitó-záró mozgásnak is kell járulnia. A rágás mechanizmusának jobb megértéséhez természetesen előbb még meg kell ismernünk a rágóizmokat, sőt a fogak anatómiáját is. Nem is tökéletesen ismert még e mechanizmus minden finomsága, noha a fogpótlásban és főleg a fogszabályozásban ennek elsőrendű jelentősége van.

7.3.9. A koponya fejlődése

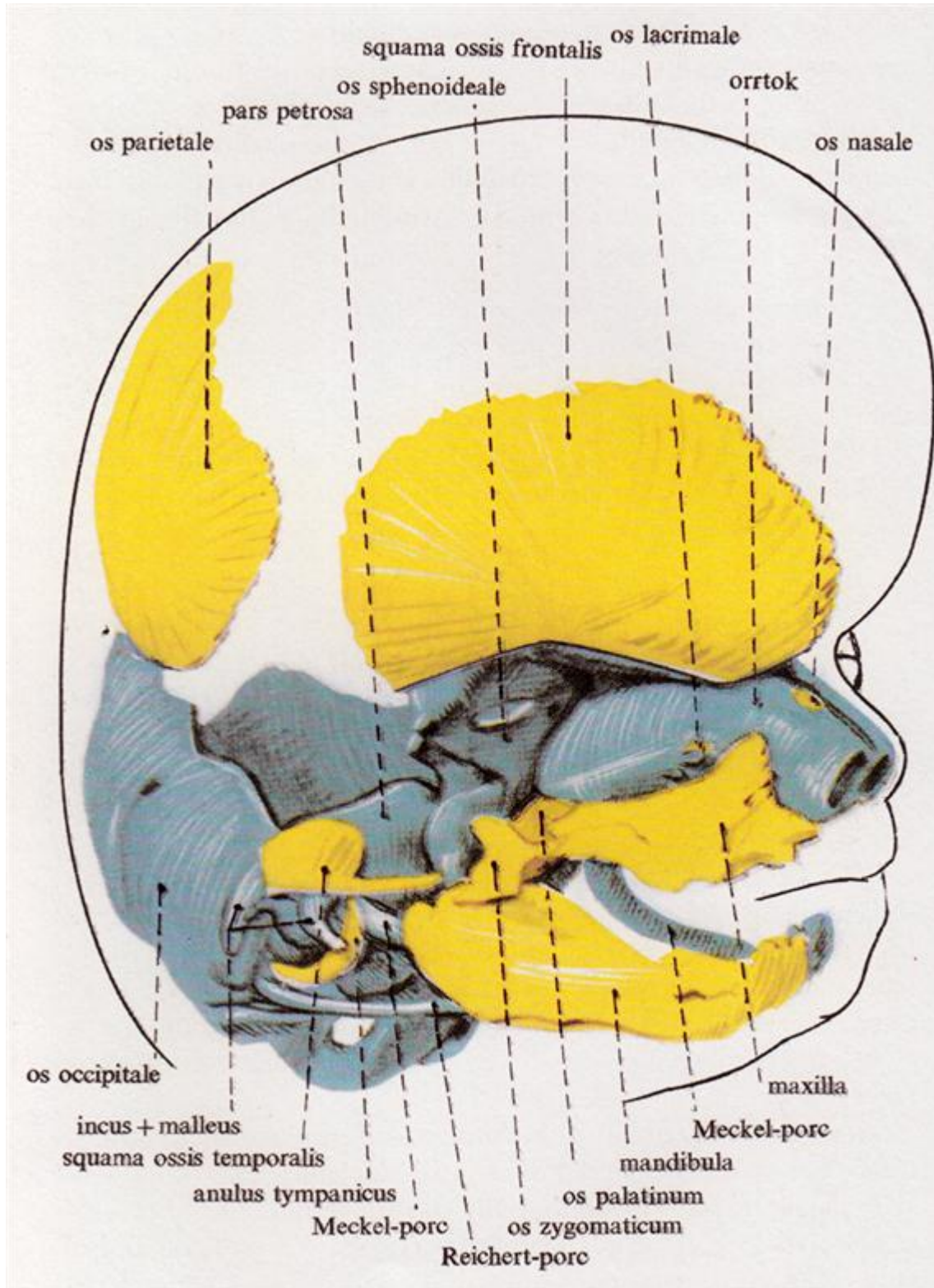
A koponya alkotásában döntően az agytelepet körülvevő embryonalis kötőszövet vesz részt. Az első három összelvény mesenchymája csupán a foramen magnum körüli rész kiképzéséhez járul hozzá, ami az első nyakcsigolyának az os occipitaléba való asszimilációjában (részleges vagy teljes beolvadása) vagy fordítva: egy atlas előtti occipitalis csigolya manifesztációja (jelentkezése vagy önállósodása) alakjában mutatkozhat. Ugyancsak hozzájárul a koponya kiképzéséhez a két első kopoltyúív mesenchymája (lásd részletesebben a meso- és endoderma származékainak leírásánál –, a külső testalak kialakulásánál – és a hallószerv fejlődésénél). Ez utóbbit az agytelepet körülvevő *neurocranium*nak szemben *splanchnocranium*nak (zsigeri koponya) nevezik.

Amint a **4/19. ábrából** kitűnik, a koponya embryonalis kötőszöve csak részben alakul át porcos teleppé: ez a koponyaalap alakját ábrázoló, teknőszerűen kivájt lemez, és ehhez előrefelé csatlakozó kettős, oldalirányban összenyomott, de alulról nem teljesen zárt porcos cső, az **orrtok**. Ezt a porctelep együttesen *cranium primordiale*nek nevezzük, és az ún. *chondrocranium* telepe.

A chorda dorsalis a foramen magnum helye előtt nyomul be a porctelepbe, és az ékcsont későbbi teste területén éri végét. Ebből a porctelepéből alakul ki enchondralis csontosodással az os occipitale (squamája felső részének kivételével), a halántékcsontról pars petrosája, mely még előzőleg körülötte az ectoderma helyi betüremkedése és annak lefőződése útján keletkezett hallóhólyagot, az ékcsont teste, szárnyai és röpníványainak laterális (!) lemeze. A porctelep orrtoki részéből lesz a rostacsont és az alsó orrkagyló. Az orrtok porcosan maradó részeinek

maradványai az orr porcai (lásd légzőszervek). A koponyacsontok másik része – az ún. *desmocranium* – részben az agytelep kötőszöveti tokjának desmogen csontosodása révén alakul ki. Az első csontosodási magvak a tubera frontalia és parietalia helyén jelennek meg; a csontosodás kötőszöveti rostkötegek mentén sugarasan terjed szét e csontok varratai felé. Hasonló módon alakul ki az os temporale squamája és a felül nyílt gyűrűként megjelenő anulus tympanicus, amely a pars tympanicát adja. Az arc orrtokon kívül eső csontjai is, sőt egyesek belül is, mintegy az orrtok porctelepe és a szemtelepek által alkotott „kaptafára” kívülről (ill. belülről) rakódnak rá ugyancsak kötőszövetes csontosodással, úm. az os nasale, lacrimale, maxilla, zygomaticum, palatinum és a proc. pterygoideus medialis lemeze.

A kötő- és támasztószöveteket általánosan ismertető fejezetekben leírtak nyomán érthetővé válik, hogy porcos csonttelep ott alakult ki a gerincesek filogenezise során, ahol a csont szövettelepének expanzív fejlődésére van szükség ahhoz, hogy az illető testrész idoma és növekedési iránya mintegy meghatározottassék. Ahol más, már korábban kifejlődő és expanzív növekedésre képes szervtelep határozza meg az idomot, ilyen porctelepre nincs szükség, hanem az alakot meghatározó „idomdarab” által kifeszített külső kötőszöveti burok közvetlenül is csonttá alakulhat. Így az agyvelő gyorsan növekvő telepe megfelelő belső idomdarab ahhoz, hogy külső tokjának nagy része közvetlenül alakulhasson át csonttá.



4/19. ábra. A koponya fejlődése (Fischel nyomán). A koponya porcosan előképzett részei a teknőszerű koponyaalap és az arckoponya kettős csőszerű tokja (kék). Porcos telepe van az 1. és 2. kopolyútvnek is, de nem az 1. kopolyútv alakul át mandibulává, hanem erre kötőszövetes csontosodással a mandibula állománya kívülről rakódik rá. A koponyatető és az arc külső fedőcsontjai kötőszövetes telepből csontosodnak (sárga)

Ugyanezt a szerepet tölti be az arckoponya felső részén a porcos orrtok, amelyre kívül az ún. fedőcsontok kötőszövetesen épülnek rá. – Ezekből a fejlődési viszonyokból fejlődési rendellenesség két irányban lehetséges. Az egyik esetben a porctelepek genetikusan meghatározott, tökéletlen fejlődése (ún. *chondrodystrophia*) az ok.

Ilyenkor nem csupán a végtagsontok hossznövekedése marad súlyosan vissza, hanem a koponyaalap és az orrtok sem fejlődik kielégítő mértékben. Ennek következménye az ilyen törpék mélyen beesett orrgyöke, hatalmas, léggömbszerűen kidudorodó agykoponyája, és erősen kiugró arccsontjai.²⁷²⁷ Ellenkező szövetfejlődési hiba a kötőszövetes telepű csontok tökéletlen csontosodása, amikor is főleg a koponyatető csontjai és a kulcsont fejlődnek rosszul (*dysostosis cleidocranialis*).

A *splanchnocranium* eredetileg az első és a második kopoltyúív porcos telepéből alakul ki. Mindkettő a koponya halántékcsontri részéhez rögzülő páros ív alakú porctelep, amelyek másodlagosan elől az állcsont és a nyelvcsont középvonalában egy közbeeső szövettelep segítségével tapadnak össze.

Az első kopoltyúív porca a *Meckel-féle* porc, a másodiké a *Reichert-féle* porc. A Meckel-féle porc a porcos halakon még az ősi állkapocsízületet alkotja a halántékcsontról porcos részével. E hátsó rész a filogenezis során azután átalakul két hallócsontocská, a kalapács és az üllő telepévé (lásd a hallószerv fejlődése). A Meckel-porc elülső részére ismét, mint egy támasztó „kaptafára”, a mandibula csontosodik rá a körülvevő kötőszövet közvetlen elcsontosodása révén. Ez a kötőszöveti eredetű csont képezi ki a halántékcsontról ugyancsak desmogen squamájával az állkapocsízületet.

A második kopoltyúív porctelepe, a Reichert-féle porc hátsó végéből a processus styloideus és a harmadik hallócsont, a kengyel alakul ki. Közbülső része kötőszövetesen átalakul szalaggá (*ligamentum stylohyoideum*), és elülső része a nyelvcsont kis szarvát és a teste felső részét adja, míg a nagy szarv és a test alsó fele a harmadik kopoltyúívából fejlődik (lásd a gége fejlődését).

7.3.10. A magzati koponya kutacsai (fonticuli)

Szülészeti és csecsemőgyógyászati jelentőségük miatt külön foglalkozunk a magzati és a csecsemőkoponya kutacsával. A koponyatető és csontjainak fejlődésmódjáról érthető, hogy az elsődleges csontosodási magvakból sugárirányban szétterjedő csontosodás ív alakú, csipkézett frontban halad előre felé. Amikor a különböző csontok ezen ívszerű szélei egymással összetalálkoznak, szűkszerűen kell, hogy eleinte csontmentes szögletek maradjanak fenn a koponya kötőszövetes burkán. Ezek a **kutacsok** (*fonticuli*).

A két falcsont és az ilyenkor még kétrészes homlokpikkely összetalálkozásánál elől szabadon maradó nagykutacs (*fonticulus anterior seu major*) rombusz, ill. papírsárkány alakú sagittalis hossz tengellyel. A két falcsont és az egységes nyakszirtecsonti pikkely közt viszont a háromszögletű kiskutacs (*fonticulus posterior seu minor*) marad hártýasan.

A fenti két kutacs mellett van még két oldalsó kutacs is a falcsont elülső alsó szöglete és az ékcsontról nagy szárnya közt: a *fonticulus sphenoidalis*, valamint hátsó alsó szöglete és a halántékcsontról: a *fonticulus mastoideus*.

A kutacsok nagy jelentőségük a tekintetben, hogy helyzetük kitapintásával az orvos a szülőúton belül meggyőződhet a fej pontos helyzetéről. A fejnek a szülőcsatornán való áthaladása közben a koponyacsontok egymással szemben elég jelentékeny mértékben eltolódhatnak, és ezzel a fej áthaladására előnyösebb idomot adhatnak. Az agyvelő arteriáinak pulzációja a kutacsok látható pulzációját okozza, illetve a kutacsok pulzációja tapintható. Elhúzódnak születek során ez a pulzáció eszközösen monitorizálható, ily módon folyamatosan információ nyerhető a magzat szív-működéséről. A kutacsok elődomborodása fokozott koponyaűri nyomást, behúzódnak folyadékvesztést (dehidrációt) jelez.

A kutacsok közül a nagykutacs – népies nyelven a csecsemő, „feje lágya” – a második év közepén záródik el teljesen, a többi az első hónapok során. A későbbi varratoknál a csontok eleinte elég simán fekszenek össze. Itt az általános csonttanban említett Krompecher-féle primaer angiogen csontosodás folyik, ugyanis nincs már preformált kötőszövetes telep, amely elcsontosodják. A növekvő agy növekvő térigényével bámulatos harmóniában, lényegében minden feszítő hatás nélkül – eltekintve a koponyára kívülről ható, teljesen átmeneti nyomóerőktől, mechanikailag közömbös viszonyok között – feltehetőleg a növekvő varratokban levő erekből származó mesenchymasejtek rakódnak fel a csontok széleire. Közben a varrat fokozatosan felveszi jellemző, mechanikailag is kiváló ellenálló képességű fogazott voltát.

Mesterséges hatásokra, pl. a csecsemő korai, „fekvő” korszakában a fejét különböző irányban „elfekheti”, ez később a csecsemő mászkáló-, üldögélő-korában és felálláskor teljesen megszűnik. Régi civilizációkban, főleg Közép- és Dél-Amerikában általános volt a csecsemőkoponya mesterséges torzítása a fejnek két deszka közé

²⁷²⁷ Lásd Velazquez Las meninas c. híres festményét a spanyol udvar törpéiről

szorításával vagy valamilyen szövet szoros feltekerésével. Hazánk területén sem volt ritka régebbi népeknél és a honfoglaláskori magyarságnál. Sok esetben az uralkodó réteg kiváltsága volt.

6. fejezet - 5. fejezet. Az izomrendszer

1. 5.1. BIOLÓGIAI BEVEZETŐ

Az állatvilág egyetlen szervrendszere sem olyan egyöntetű akár elemi felépítés, akár működési elvek tekintetében, mint az izomrendszer.

Az állati szervezetek törzsfájának már alacsony szintjén kialakultak igen gyors és nagy erejű contractióra képes nagyobb – sok szét nem vált sejtből álló – szöveti egységek: a harántcsíkos izomrostok. A contractilis szöveti egységek rendeződése azonban nagymértékben függ a váz szerkezetétől. Külső vázzal – ectoskeletonnal – bíró állatokban [az ízeltlábúakban és egyes puhatestűekben (kagylók)] a contractilis szövetek nagyobb egységekbe (izmokba) való összefogása aránylag igénytelen feladat, ezért ezekben a contractilis szövet specifikus differenciálódása van előtérben. Főleg az ízeltlábúakban rendkívül specializált differenciáltságú izmokat találunk, amelyek működés tekintetében (sebesség, ritmus, beidegzés) hihetetlenül sokfélék. Az endoskeletonnal bíró gerincesekben a contractilis elemek célszerű mechanikai elrendezése és főleg védelme (túlnyújtás, szakítás stb. ellen) rendkívül igényes és sokoldalú probléma. Ezért nem csodálkozhatunk azon, hogy a gerincesek izomrendszerében a specifikus contractiót végző szövet egyféle megoldása mellett előtérbe kerülnek a contractilis elemeket nagyobb szerv jellegű egységekbe (izmokba) összefoglaló kötőszöveti apparátusok: inak, ínhevélyek, fasciák, perimysium és az izomrostoknak ezeken belüli speciális rendeződései. Mindezekkel az általános izomtan, sőt a részletes izomtan különböző fejezeteiben találkozunk.

A gerinctelen állattörzsekével szemben a gerincesek izomzatának beidegzése jóval egyszerűbb és egyöntetűbb. Ez azonban korántsem jelenti azt, hogy működésük is egyszerűbb. A különbség csupán az, hogy a gerincesek nagyobb központi idegrendszerébe kerül be az izmok működtetésével összefüggő minden kapcsoló művelet (tónusos vagy fázisos működések, ritmusok, gátlás stb.), amelyek közül gerinctelen állatokban több magában az izomban található meg.

2. 5.2. ÁLTALÁNOS IZOMTAN

A contractilis szövetekről általában már szóltunk a 2. fejezetben. Itt most azzal a kérdéssel kell foglalkoznunk, hogy a contractilis elemek miképpen hoznak létre nagyobb működési egységeket. A simaizomszövet kevés kivétellel cső alakú vagy üreges szervek contractilis falait alkotja, egységes rétegeket képez (*tunicae musculares*), amelyekben a sejtek lehetnek egy irányban vagy hálózatosan rendezettek, de mindenesetre nem képeznek önálló szerv jellegű contractilis egységeket. A simaizomzat leírásának ezért általában a cső alakú és az üreges szervek (erek, bél-, vizeled és nemzőcsatorna stb.) ismertetésénél van helye. Az ugyancsak sejtes organizációjú szívizom, amely a vázizomhoz hasonló contractilis állománnyal (myofibrillumok) bír, speciális hálózatos szerkezetű, réteges falakat és azokból kiemelkedő gerendákat alkot, de ugyancsak nem hoz létre önálló szerv jellegű egységeket.

Az ún. vázizomzat rostos organizációjú és szerv jellegű önálló anatómiai és funkcionális egységeket alkot: ezek az izmok (*musculi*). Néhány zsigerben, főleg a táplálócsatorna kezdetén és végén, a vázizomzathoz hasonló harántcsíkos izomszövet részt vehet cső alakú zsigerek falának kiképzésében (garat, a nyelőcső felső része), gyűrűs záróizmokat alkothat (sphincterek, pl. a végbél, a húgyvese körül), vagy akár tömör izomszerveket is képezhet (nyelv). Ezeket értelem szerűen nem az izomtanban, hanem a zsigerek leírásában ismertetjük. A vázizomzathoz mindenben hasonló néhány érzékszervi izom leírása, speciális helyzetük és működésük folytán, az érzékszervek (látószerv, hallószerv) ismertetéséhez tartozik. Viszont fordítva: a vázizomzatnál tárgyaljuk az ember néhány bőrizmát, amelyeket szigorú értelemben nem lehetne idesorolni.

A következő fejezetekben először általánosságban foglalkozunk az izmok felépítésével, alakjával, szerkezeti és ebből folyó működési sajátosságaival. Az izmok mellett orvosi jelentőségük folytán speciális fontosságúak az őket körülvevő izompólyák (*fasciae*), melyek egyes izmok vagy gyakrabban izomcsoportok számára önálló rekeszeket (izompólyákat) képeznek. Fasciák nemritkán a csontváz különböző részeivel (csontokkal és szalagokkal) együttesen képeznek rekeszeket izmok és inak számára, ilyenkor osteofibrosus terekről szólunk. Említésre kerülnek az izmok mozgásait megkönnyítő speciális sűrűlódáscsökkentő berendezések az ínhevélyek (*vaginae tendinum*) és a nyálkatömlők (*bursae synoviales*) is.

2.1. Az izmokról általában

Az aktív mozgásrendszert képező izomzat szerkezeti és működési egysége az **izom** (*musculus*). Ezen egységes kötőszöveti vázzal és többnyire gyenge burokkal (*perimysium*) összetartott és meghatározott irányokban rendezett izomrosttömeget értünk, amely a csontváz egyik részéről ered (origo = eredés), és az esetek többségében tömött rostos kötőszövetből álló ín (*tendo*) közvetítésével rögzül (insertio = tapadás) annak más részén.

Az izom alakja leggyakrabban orsónak, hasábnak vagy pántnak megfelelő, tehát valamilyen megnyúlt idomhoz hasonlít, de nem ritkák, főleg a törzsön, az aránylag széles, lapos, lemez alakú izmok. Az izom húsos – azaz izomrostokból álló – részét izomhasnak (*venter*) nevezzük. A két, három vagy négy résszel eredő, de azután összeolvadó és közös innal tapadó izmok különálló részeit fejeknek (*caput*) nevezzük, és ezek száma szerint többfejű izmokról szólunk (m. biceps, m. triceps, m. quadriceps).

Ha az izom hasát közbülső ín szakítja meg, és a két has nem esik egymás folytatásába, akkor kéthasú izomról (m. digastricus, m. biventer) szólunk. Ha az izomhas iránya nem változik meg, akkor nem beszélünk külön izomhasokról, hanem az inas megszakítást *intersectio tendineae*-nek nevezzük.

Az izom két vége közül eredésnek anatómiai konvenció szerint a törzs középvonalához közelebb esőt, illetve végtag esetében a proximalisabbat nevezzük. Minthogy ezek egyidejűleg az izmok viszonylagosan rögzítettebb végét (*punctum fixum*) jelentik, olyan izmokra, amelyekre a fenti szabály nem vonatkoztatható (pl. sok fejű nyakizomra), az eredést az izom mozgásainál rögzítettebb végre alkalmazzuk. A *punctum fixum* ellentéte a *punctum mobile*. A két pont a mozgás jellege szerint természetesen igen változó lehet: szabadon a levegőben mozgatott tag esetében nyilvánvaló, hogy az izom összehúzódása során két rögzítési pontja közül a distalisabbat fogja a testrészt tömegesebb részében helyet foglaló proximalishoz közelíteni. Mindjárt megfordul a helyzet, ha – mint sok tornaműveletnél – a kéz rögzített (pl. tornaszeren), és az izmok a proximalisabb csontokat, sőt ezeken keresztül az egész testet mozgatják. Még közönségesebb eset ez az alsó végtag izmainál, annak következtében, hogy sok mozgásnál a láb támaszkodik – tehát rögzül a talajon.

A legtöbb izom húsos, tehát közvetlenül izomrostjaival ered. Ez logikusan következik abból, hogy az eredés a proximalisabb (törzs közeli) vázrészben van, azaz ott, ahol nagyobb felület áll rendelkezésre. Előfordul azonban nemritkán az is, hogy az izom ín közbevetésével ered, vagy pedig az izomrostok egy része az izomnak ilyen esetben inszerűen megvastagodott kötőszöveti burkán vagy szomszédos izompólyán ered.

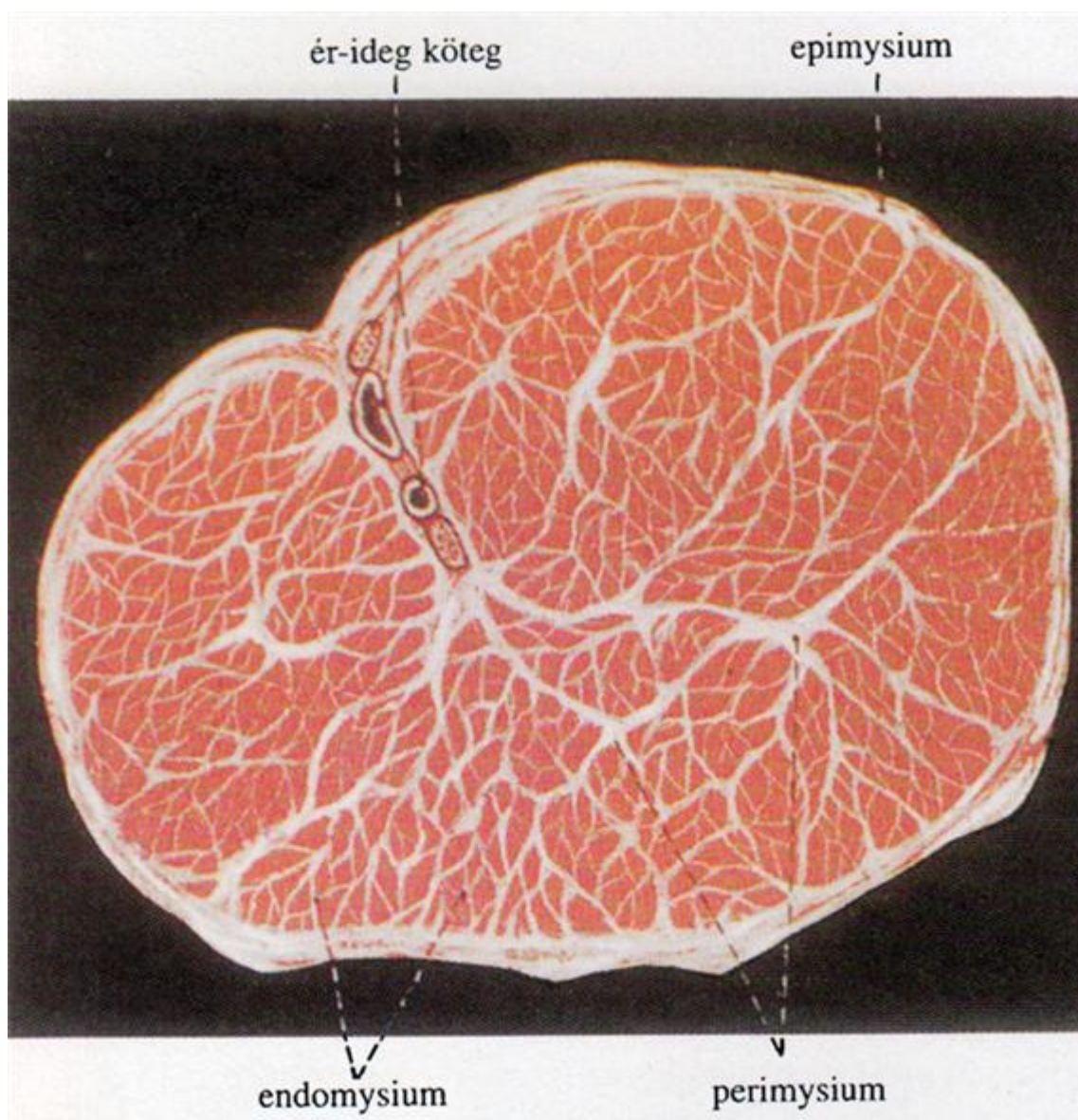
Bár számos izom közvetlenül, azaz húsos is tapad, mégis – főleg a végtagokon – általánosabb, hogy az izomhas ínba megy át. Az ín tömött kollagén rostos kötőszövetből álló, fehér, selyemfényű, igen hajlékony képződmény, amely az izomhasnál lényegesen vékonyabb. Az izom erejét ezek a nagy szakítási szilárdságú, gyakorlatilag nem nyújtható karcsú pánt- vagy kötélszerű képződmények jelentős távolságokra – pl. az alkarról az ujjak végeire – közvetíthetik. Ennek nagy előnye, hogy az izomrendszer a karcsú ujjak végére viszi át azokat az aránylag jelentős erőket, amelyek kifejtéséhez az alkar (vagy a lábszár) felső tömegesebb részében elhelyezett, aránylag nagy izomhasakra van szükség.

Az inak alakja az izmokéhoz hasonlóan mind vastagság, mind hosszúság és keresztmetszetük alakja tekintetében igen változatos. Lapos, lemez alakú izmok sokszor hasonló inas lemezbe mennek át; ezeket *aponeurosis*-nak nevezzük. Előfordul, hogy az izom ina egy csontos vagy porcos horgon (trochlea) megtörik, és mint csigán átvettett kötélt, más irányban húz, mint az izom. Az izomrostok és az ín sok esetben nem mennek át egyszerűen egymás folytatásába, hanem változatos, és az izom működése szempontjából igen fontos, speciális rendezettséggel bírnak. Igen általános rendezettség elv az izomrostok ún. tollazott (pennatus) elhelyezkedése. Ez főleg a végtagizmokon fordul elő, amikor az izom hosszan ered valamelyik hosszú csöves csont testéről, és rostjai nem párhuzamosan futnak az izom hossz tengelyével, hanem ferdén, majd aránylag rövid lefutás után az izomba magasan benyúló inon tapadnak. Ha valamennyi rost az izom egyik oldalán ered, és a másik oldalán elhelyezett ín felé halad, az izmot egyszer tollazottnak (*unipennatus*) nevezzük, ha pedig az izomrostok egy közbülső elhelyezkedésű ín felé tartanak – mint a madártoll pihéi a toll szára felé –, akkor kétszer tollazott (*bipennatus*) izomról szólunk.

2.1.1. Perimysium és peritendineum

Az izom és – bár az első pillantásra furcsának tűnhet – maga a tömött kötőszövetből álló ín is sajátos kötőszöveti vázzal és ennek a felületre eső részét képező burokkal bír. Az izom húsos részének e vázát *perimysium*-nak nevezzük. Szerkezetét az izom keresztmetszetének mikroszkópos nagyítású (lupe) képén érthetjük meg (5/1. ábra). A perimysiumnak az izom felületét borító burokszerű részéből sövények hatolnak be az izom belsejébe, és vastagabb elsődleges, majd mind finomabbá váló másod- és harmadlagos sövényekből álló hálóból oszttják fel mind apróbb rekeszekre az izmot. Természetesen csak keresztmetszetben háló, a

valóságban a háló hézagai csőszerű terek. Végül minden egyes izomrost külön saját rekeszbe kerül, mégis funkcionális jelentősége miatt külön egységként szoktuk tekinteni az izom ama szabad szemmel még jól felismerhető rostkötegeit, amelyek az izom húrostjainak rendezettségét – fasciculációját (például az előző szakaszban említett tollazottságot) – mutatják.



5/1. ábra. Izom keresztmetszete lupenagyítással a kötőszövetes tokok feltüntetésére

A perimysium különböző részeit külön nevekkkel szokták ellátni: a külső tok *epimysium* vagy *perimysium externum* a nagyobb sővény: *perimysium internum*, végül a legkisebb fasciculusokon belüli sővény: *endomysium*.

A perimysium mennyisége és a különböző sővények vastagsága változó. Vannak durva kötőszöveti vázú (durván köteges) izmok – pl. a nagy fanzom (m. gluteus maximus) és igen finom kötőszövetes vázú izmok, ilyen a m. psoas major. A perimysium sővényeiben haladnak és ágazódnak el az izom nagyobb erei; a legfinomabb sővényekben gazdag capillarishálózatot találunk. Ugyanitt ágazódik el az izom idege is.

A perimysium az ínba való átmenetnél lényeges változás nélkül megy át a *peritendineumba*. Ennek szerepe hasonló a perimysiuméhoz. Hálószerű felépítésével az innak már a tömött kötőszöveteknél leírt köteges szerkezetét szorosan egybetartja, és nem engedi elemeire felrostozódní. A peritendineumban ágazik el az ín kevés ere és idege.

Az erőátvitel mikroszkópos módján régen igen sokat vitatkoztak – ez ma sem teljesen tisztázott –, de bizonyos, hogy az izomfibrillumok nem mennek át az ín kollagénfibrillumaiba. Képletesen a legjobban, de nem biztos, hogy leghelyesebben szoros gumikesztyűben levő ujjainkkal magyarázhatnánk el, amelyekről a kesztyűt az ujjvégeken való húzással semmiképpen sem húzhatjuk le; sőt minél jobban húzzuk a kesztyűt, annál szorosabban tapad ujjunkhoz az elvékonyodó gumi.

A sarcolemma két rétegből áll: az egyik az izom sejthártyája, a másik egy ehhez mindenütt szorosan hozzáfekvő, a lamina basalisokhoz hasonló és az izomnak ínba átmenő kötőszöveti vázával összefüggő, még elektronmikroszkóp alatt is egységesnek tűnő hártya. Anélkül, hogy a kettő közt speciális összeköttetést keresnénk, elképzelhető az egyes izomrost húzóerejének átvitelére a két hártya felszín egyszerű adhaesiója révén. – Mindenesetre akár húsosan, akár inasan ered vagy tapad is az izom, rögzülési helyén az erőt végül is kötőszöveti (kollagén) rostok viszik át a csontra, melybe az ínrostok vagy a perimysium rostjai sokszor ún. Sharpey-rostok formájában vannak mintegy „lehorgonyozva”.

2.2. Izompólyák (*fasciae*)

Izmok többnyire nem szabadon helyezkednek el a laza kötőszövetben, hanem egyesével vagy csoportosan erősebb kötőszöveti lemezek által alkotott rekeszekben (izompólyákban). A rekeszeket alkotó kötőszöveti lemezeket nevezzük, **izompólyáknak** (*fascia*). Különösen erősek ezek a fasciarekeszek a végtagokon, elsősorban az alsón. Itt, mint később látni fogjuk, a vénás keringés támogatásában fontos szerepe van a zárt terekben összehúzódó, azaz a teret hol szorosabban, hol lazábban kitöltő izmoknak. Sok esetben az izomrostok egy része ered is vagy tapad az izompólyák egyes részein, amelyek ilyenkor ínszerűen megvastagodnak, úgyhogy nehéz eldönteni, vajon fasciának vagy inkább aponeurosisnak kell-e tekintetnünk őket.

Orvosi (sebészeti) szempontból a fasciák és az általuk körülvevő rekeszeik szinte nagyobb fontosságúak, mint a bennük levő izmok, mert egyrészt a rekeszek alkalmas teret képeznek kóros (fertőző) folyamatok terjedésének, és ezért sebészi kezelésükhöz az egyes terek ismerete nélkülözhetetlen. Másrészt, nagyjából kollagén kötőszövetből állván, folytonosságuk megszakításai kifogástalanul gyógyulnak, és ezért a sebész, ha csak lehet, kötőszöveti lemezeket keresztül hatol be mélyebb területre, és ezek helyreállítására alapozza az eredeti szerkezetet és működést legjobban megközelítő rekonstrukciót.

2.3. Súrlódáscsökkentő berendezések

Az izom segédszervei közé tartoznak és az izmok közötti, ill. izom/szalag, izom/csont közötti súrlódásokat csökkentik az izomtömlők (*bursae synoviales*) és az ínhüvelyek (*vaginae tendinum*).

2.3.1. Izomtömlők (*bursae synoviales*)

Az **izomtömlők** külső rostos burokból és belső felszínükön az ízületek synovialis felszíneihez hasonló sejtdús rétegből álló, résszerű üregükben az iznedvhez hasonló nyúlós, de egyúttal sikamlós nedvet tartalmazó, lencse alakú képződmények.

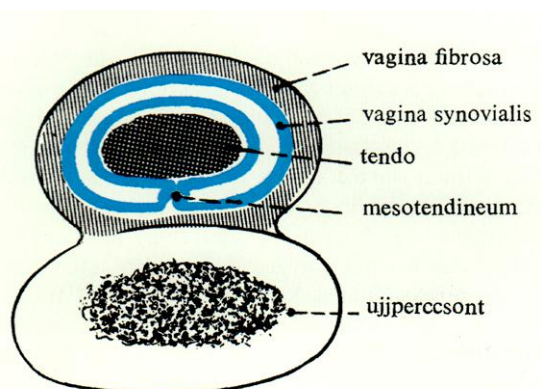
A lencseidom két külső felszíne az egymáshoz súrlódó felszínekhez rögzül, belső sima felszíneik a tömlő nedve által mintegy „zsírozva”, egymáshoz viszonyítva könnyen elcsúsznak. A lencse peremén természetesen a két egymásba átmenő felszínnek mozgás közben bizonyos egymásba való „áthengeredése” fordul elő. Érthető, hogy ilyen bursák elsősorban a nagyobb ízületek (térd, váll) körül fordulnak elő, sokszor a bőr és az alatta fekvő csont között is (pl. *bursa prepatellaris subcutanea*). Egy másik jellemző helyük inak hegyesszögben való tapadása esetén a csont és ín közti szöglet. Ez biztosítja, hogy megfeszített ín mellett is a csont az ín húzási irányára merőleges síkban elmozdulhat; ti. a hegyes szögletben elhelyezkedő bursa megengedi az ín és a csont közötti lap szerinti elcsúszást.

2.3.2. Ínhüvely (*vaginae tendinum*)

Ínhüvelynek nevezzük a végtagok állandó (boka) vagy gyakori (csukló, ujjak) megtörési helyein, rendszerint erős leszorítószalagok (*retinaculumok*) alatt átfutó inakat körülvevő csőszzerű, könnyű elcsúszást biztosító hüvelyeket. A valóságban bonyolultabb felépítésűek, mint a felületes szemlélő számára tűnnék. Csupán külső rostos burkuk [*vagina fibrosa (tendinis)*]valóban cső alakú, ezt azonban kettős falú belső synovialis hüvely béleli [*vagina synovialis (tendinis)*]. Az utóbbi külső lemeze a rostos burok belső felszínéhez tapad, belső lemeze pedig az ín felszínéhez növe synovialis felszínét kifelé fordítja.

Az ínnak a hüvelyben való ide-oda csúszását a két egymás felé fordított synovialis felszín és a köztük levő sikamlós nedv biztosítja. A két synovialis felszín az ínhüvely mindkét végén átfordul egymásba, és ezért az ín valamilyen irányban való mozgásához az egyik végén a külső réteg tűródik át a belsőbe, a másikon fordítva.

Az ínhüvely keresztmetszetéből (5/2. ábra) kitűnik, hogy a két synovialis réteg nem csupán az ínhüvely két végén megy át egymásba, hanem a nagy savós hártáknál megismerendő módon a külső lemez kettőzet útján (*mesotendineum*) is áthajlik a belső synovialis rétegbe. E kettőzet mindig a belső rostos hüvelynek a csontos vagy ízületes alaphoz rögzülő oldaláról indul el, tehát a mesotendineum mindig az ínnak a csontok és az ízületek felé fordított oldalát éri el.



5/2. ábra. Az ínhüvely keresztmetszete sémásan. Igen bonyolult viszonyok vannak az ujjak hajlító oldalán levő ínhüvelyekben, ahol a két – felületes és mély – ujjhajlító izom ina ugyanabban a hüvelyben fut, sőt egyik ín átbújik a másik ín nyílásán. E viszonyok gondos tanulmányozása néhány felnyitott ínhüvelyen ezért különösen fontos feladat

Gyakorlati jelentősége, hogy e kettőzet viszi az inhoz a kisszámú, de mégis nélkülözhetetlen ereket. Bár az ín mozgathatóságának biztosítására e kettőzetek elég lazán kötik össze az inat az ínhüvely basisával, mégis fontos megjegyeznünk, hogy az ínhüvely gyulladásainál szükségessé vált műtéti feltárásakor semmi körülmények közt sem szabad felemelni az inat az ínhüvely alapi (ti. a csonthoz és az ízülethez rögzített) részéről. Ezzel ugyanis elszakadna a rendkívül vékony hártáyszerű mesotendineum, és vérellátási zavar folytán az ín elhalna.

2.4. Általános izommechanika

Az izmok működésének általános elemzésénél látni kell, hogy azok többféleképpen vehetnek részt a test, ill. egyes részeinek a mozgásában.

(1) Az izmok nagy része működésével az eredési és a tapadási pontot közelíti egymáshoz. Magától értetődik, hogy a két pont nem ugyanazon a csonton, hanem 1 vagy 2 ízülettel elválasztott, ill. összekapcsolt csontokon van. Ebben az értelemben az izmok működhetnek nyílt láncban és zárt láncban attól függően, hogy a végtag vége szabadon áll vagy rögzített (pl. láb a talajon vagy függeszkedés során a kéz). Fontos azt tudni, hogy az ín melyik oldaláról kerüli meg az ízületet vagy halad el mellette, mert ez meghatározza az izom működését. Egynél több ízületet átugró izom működése lényegesen összetettebb, és ilyenkor az izom neve vagy funkcionális csoportba sorolása csak töredékét jelzi a valóságos funkciónak.

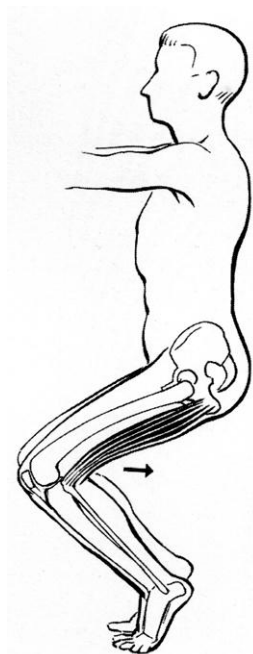
Az előbbi állítást egy egyszerű példán demonstrálhatjuk. A comb hátsó oldalán levő térdhajlító flexorok) szabadon mozgó végtag esetén (pl., ha ülő helyzetben hajlítjuk és feszítjük térdünket) valóban összehúzódnak, azaz tapintható módon megkeményednek a térd hajlítása közben, és elernyednek (tapinthatóan ellazulnak) a térd feszítése közben. Ilyenkor az izmok „nyílt láncban” működnek. Guggoló helyzetből való felemelkedés közben viszont – tapintással könnyen meggyőződhetünk róla – a térdhajlító épp ellenkezőleg, a térd extenziója közben húzódnak össze erősen. Az 5/3. ábrán látható sémából könnyen érthetővé válik, hogy a zömben az ülőgumó tájékáról eredő és a lábszárcsontok felső végén tapadó térdhajlító két ízületet (a csípőt és a térdet) ugorva át, a talajon támaszkodó láb és a felülről ránehezülő testtömeg között „zárt láncban” működő térdet hátrafeszítik; azaz ebben az esetben nem hajlítják a térdet, hanem feszítik.

(2) Az izmok sokszor egy végtagot vagy a törzs ízületeit rögzítik bizonyos megkívánt helyzetekben. Ehhez az ellentétes hatású (*antagonista*, szemben az azonos irányban ható, *synergeta*) izmok egyidejű összehúzódnása szükséges. Ennek kapcsán jegyezzük meg, hogy a végtagokon az antagonista izmok rendszerint a végtag

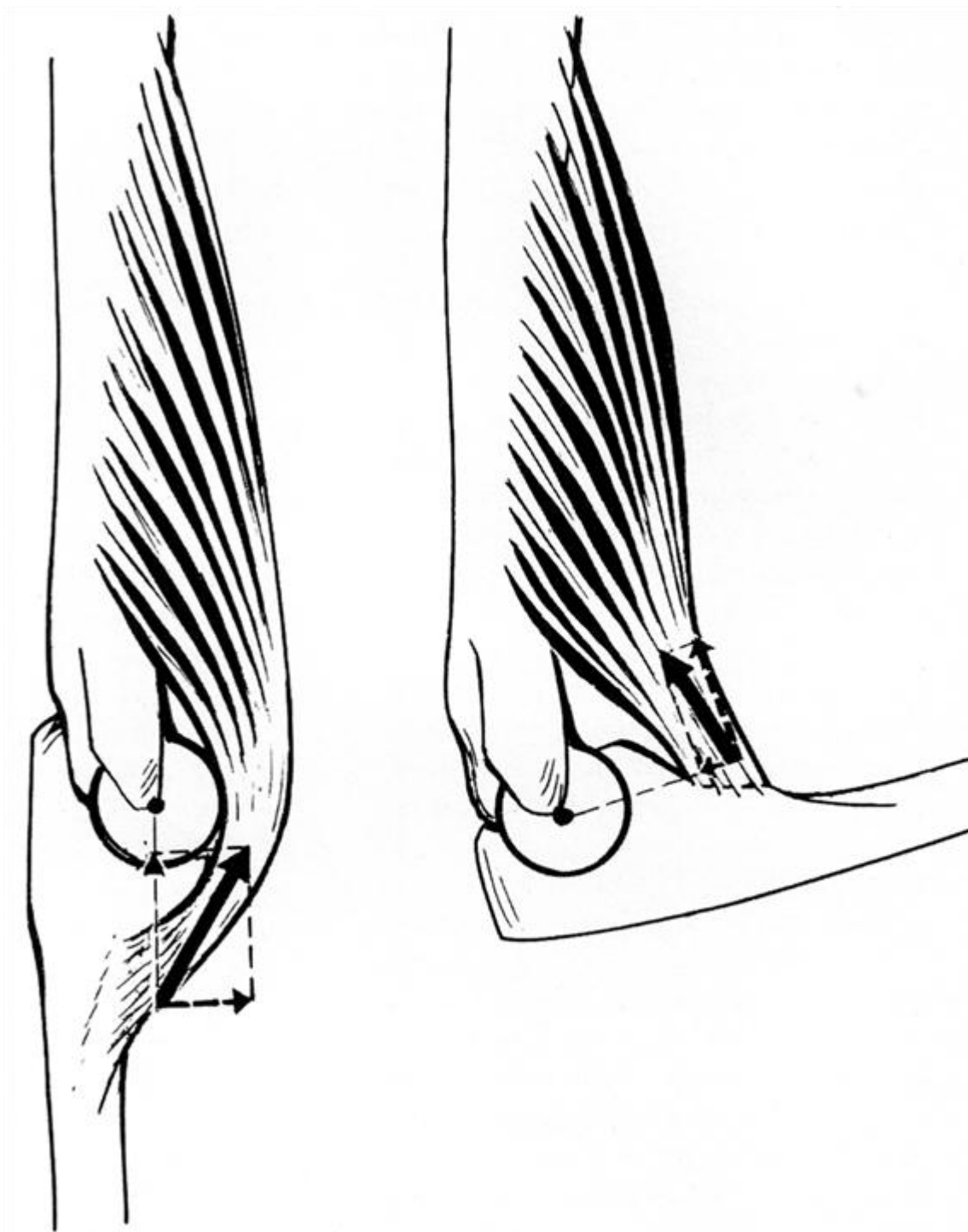
dorsalis-ventralis oldalán helyezkednek el, pl. a lábszáron elől levő extensor izmok antagonistái a hátul lévő flexor izmok, és viszont. A törzs esetében ez az elrendeződés annyiban módosul, hogy az egyik oldali izmok antagonistái gyakran az ellenkező oldalon helyezkednek el.

(3) Az izmoknak egy további működési formája a végtag egyenletes visszaengedése, amire lépcsőn lefelé járáskor látunk példát. Itt a különböző izomsoportok tónusának fokozatos csökkentése jelenti az izom működését.

Mindezeket azért írjuk le itt ilyen részletesen, hogy megvilágítsuk az izom tisztán mechanikai működéséből is adódó számos bonyolult problémát, és felhívjuk a figyelmet egy-egy izom működésének sokoldalú lehetőségeire, nem is szólva több izom együttműködésének szinte megszámlálhatatlan sokféleségű kombinációira. Ismereteink e téren még igen kezdetlegesek, pedig sportorvosi, a sportokban oly fontos „stílus”-elemzési és -fejlesztési törekvések fontos alapismereteit képezhetik. Az izmok valódi összjátékát csak különböző testmozgások során végzett lassított filmfelvételek segítségével és több izom aktivitását egyidejűleg regisztráló elektromiográfiai felvételekből lehet megállapítani.



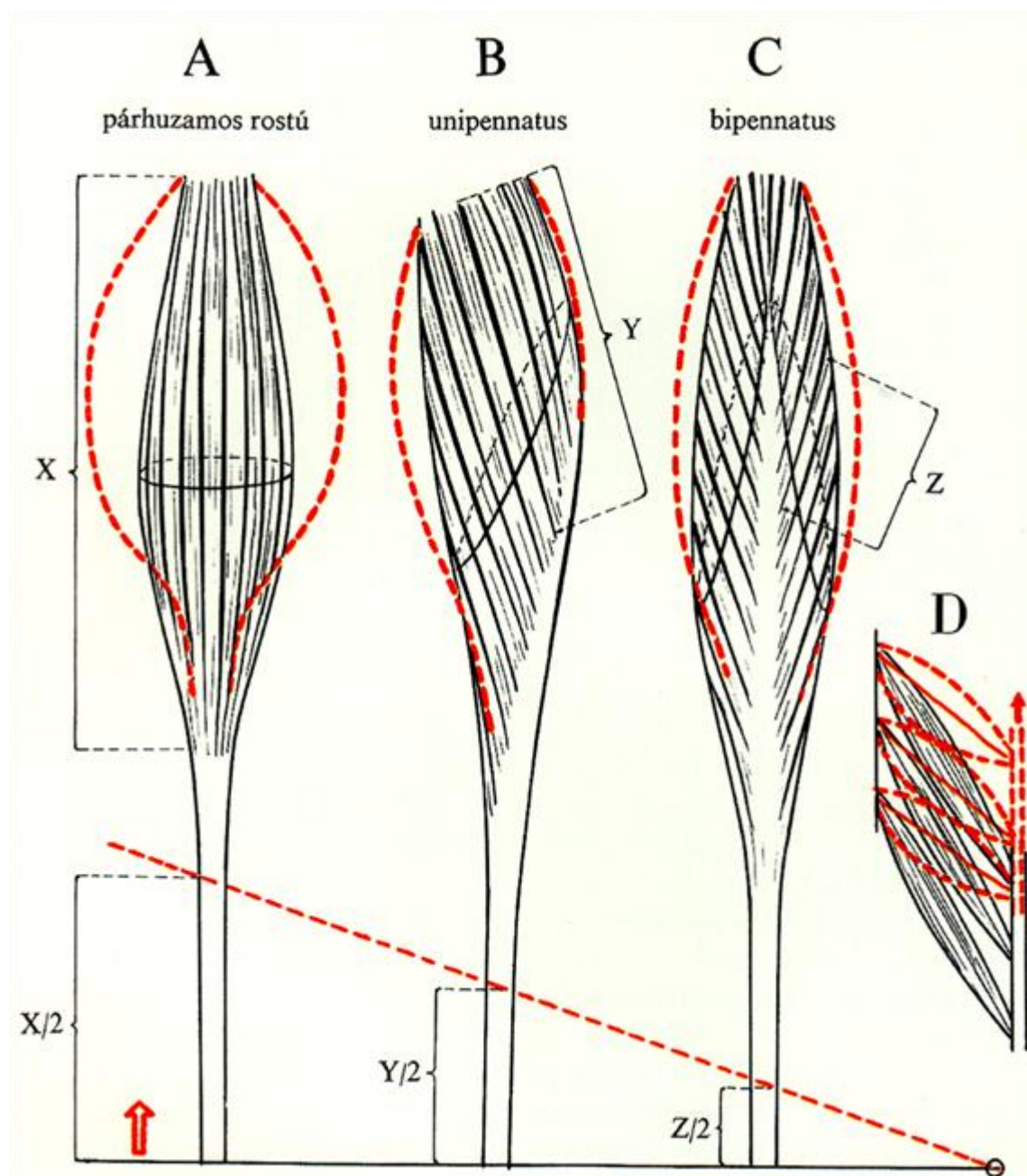
5/3. ábra. Séma annak érzékeltetésére, hogy térdhajlított helyzetből való felemelkedéskor a zárt láncban működő, két ízületet átugró combflexorok a térdet hátrahúzzák, tehát feszítők



5/4. ábra. A m. brachialis húzóerejének felbontása. Nyújtott könyök mellett a m. brachialis húzóerejének nagyobbik komponense az alkarcsont tengelyirányában hat, tehát a hajlítás szempontjából elvész. Behajlított könyök mellett a húzóerő gyakorlatilag teljes mértékben érvényesül

Az izomnak az ízületre kifejtett hatása attól is függ nagymértékben, hogy húzási iránya milyen viszonyban van az ízület tengelyéhez. Az **5/4. ábrából** látható, hogy teljesen kinyújtott kar mellett a sémásan jelzett m. brachialis húzóerejének jelentékeny része elvész az ulna tengelyirányban való húzására, és csak aránylag kis része használatik fel a hajlításra. Behajlított könyök mellett a húzóerő sokkal nagyobb mértékben érvényesül. A térdízülettel kapcsolatban említettük, hogy a patella csigaként (*hypomochlion*) szerepel a térd feszítőizmai erejének átvitelében, mert rajta ezeknek az izmoknak a húzása megtörik és a lig. patellae kissé hátrafelé haladva éri el a tibiát. Így e rostok előnytelen tapadási viszonya, legalábbis részben kiegyenlítődik.

Az izom fascicularis felépítése is rendkívül fontos tényező az izom működésének meghatározásában. Vegyük figyelembe az **5/5. ábrán** bemutatott alakra és méretre teljesen egyforma három izmot, és fontoljuk meg, hogy miben különbözhet a működésük. Ehhez tudnunk kell egy, az élettanban majd megismerendő ténytet, hogy az izomrostok az élő szervezetben maximális nyugalmi hosszuk felére képesek megrövidülni. Az A jelzésű izomban az izomrostok vagy húsos fasciculusok hossza az izomhas hosszával (x) egyenlő, az izom rövidülése tehát $x/2$. A B jelzésű izom unipennatus, ferde lefutású fasciculusai jóval rövidebbek (y), az izom rövidülése tehát $y/2$. A C jelzésű izom bipennatus, fasciculusai még rövidebbek (z), az izom rövidülése tehát $z/2$. Nézzük meg már most az izommunka másik tényezőjét, az erejét. Nem nehéz átlátni, hogy az izomrostokat egyforma vastagnak fogva fel, az összehúzóerő kifejtett erő független az izomrostok hosszától, de a számukkal arányos. Azaz az izom ereje a keresztmetszetétől függ, de olyan keresztmetszettől, amely minden rostját valóban átmetszi. Ezért az izom ún. „anatómiai (haránt) keresztmetszete” mellett a „fiziológiai keresztmetszet” fogalmát is be kell vezetnünk. Fiziológiai keresztmetszeten olyan síkot értünk, amely az izom minden rostját keresztben metszi. Ez unipennatus izomnál az izomhasat ferdén átmetsző sík, amely nyilvánvalóan jóval nagyobb átmetszetet ad, mint az A izom harántmetszete. A bipennatus izom fiziológiai keresztmetszete még ennél is lényegesen nagyobb, nyilvánvalóan nagyobb tehát maximálisan kifejthető ereje is. Munkavégző képesség tekintetében nincs a három izom közt lényeges különbség; ez az izomállomány tömegétől függ.



5/5. ábra. Séma az izom fascicularis rendeződése és ereje, valamint rövidülőképessége közötti összefüggésről. A séma D ábrája a tollazott izomszerkezetnek azt az előnyét illusztrálja, hogy összehúzódásakor a vastagodó rostok számára tágabb tér keletkezik (részletesebb magyarázatot lásd a szövegben)

Nyilvánvaló ugyanis, hogy a pennatus típusú izmok nagy erővel rövid szakaszon, a párhuzamosak kisebb erővel hosszabb szakaszon tudnak összehúzódni. Nem csodálkozhatunk ezek után azon, hogy pennatus izmok főleg a lábszáron és az alkaron, a mélyebb rétegekben fordulnak elő, ahol főleg az előbbi esetében nagymérvű rövidülésre nincs is lehetőség, viszont igen nagy erőkre van szükség. A felületesebb helyzetű izmok az ízületek tengelyétől általában távolabb erednek és tapadnak, mint a mélyebbek, tehát az utóbbiaknál az erőkarok is rövidebbek, azaz rövidülési lehetőségeik kisebbek, és egyúttal nagyobb erőt kívánnak.

Fordítva: a felületesebb és proximalisabb comb-, kar-, váll-, medence- és törzsizmok inkább a párhuzamos rostú típusokhoz tartoznak. Itt ugyanis jelentékeny méretű megrövidülésekre van szükség, és ha nagy erők kellene is, az izom vastagsága az amúgy is tömegesebb testrészeken növelhető.

Egyes izmokban, mint pl. a lábikra nagy izmaiban (*m.gastrocnemius*, *m. soleus*), a pennatus-elv igen bonyolult rostszerkezettel érvényesül, és ezek az izmok méreteikhez képest óriási erőket képesek kifejteni (pl. „dobbantás” az ugrómozgásoknál). A pennatus izomrost-elrendezés külön előnye még az is, hogy az 5/5. ábra D sémájából érthetően az izom összehúzódásakor táguló izomrostok közötti közök helyet adnak a megvastagodott rostok elhelyezésére, míg a párhuzamos rostú izmok rostjai egymást szükségszerűen zavarják.

Az izom hossza és erő kifejtése közti összefüggés az izomműködés lényeges oldala. Maximális erő kifejtésre az izom a test nyugalmi helyzetében elfoglalt „nyugalmi hosszában” képes. Ennél nyújtottabb, illetve rövidültebb helyzetben ereje eleinte lassan, majd bizonyos határon túl gyorsabban csökken, míg a szélső nyújtottság, ill. összehúzódottság közelében fokozatosan a zérushoz közeledik (Ernst). Passzív erők hatására létrejött szélső ízületi helyzetekben sok izom már akcióra képtelenné válik. Ezt alkalmazzák pl. gyermekek, amikor társuktól összeszorított öklében elrejtett tárgyat igyekeznek úgy elvenni, hogy felhasználva a csukló gyengébb feszítőizmait, a tenyér felé törik be az ellenfél csuklóját, amikor is passzív behajlított helyzetében az ujjhajlító izmok túlságosan megrövidülnek, és nem képesek többé szorosan behajlítva tartani az ujjakat. A birkózósportoknak is fontos eleme az izomműködés eme ténye. Az izom ideális erő kifejtő hosszának megválasztása természetesen lényeges vonása minden nagyobb erőt igénylő mozgásnak, mind a sportokban, mind számos munkafolyamatban. Ezeknek az alapvető tényeknek különleges jelentőségük van minden olyan orvosi tevékenységben, amely sérült vagy bénult testrészek működésének akár műtéti, akár más (konzervatív) módon (pl. speciális gyógytorna) való rehabilitációjára (helyreállítására) törekszik.

2.5. Izom és ideg

Az izomösszehúzódás és az izomtónus kérdéseivel az élettan foglalkozik. Itt csak röviden utalunk néhány anatómiai alaptényre.

A simaizommal és a szívizommal szemben, amelyeknek minden idegellátástól független automatikus működésük is van, a harántcsíkolt izom csak idegimpulzusra húzódik össze, sőt minimális saját rugalmasságán felüli, ún. tónusa is idegimpulzusok beérkezésétől függ. (Az izom rugalmassága nagyobbrészt nem az izomrostoknak, hanem a kötőszövetes váznak a rugalmassága.) Minden harántcsíkolt izom lényeges anatómiai adata tehát az ún. beidegzése. Ezen általában az izom mozgatóidegét értjük, mert az izom leírásához hozzátartozik, hogy mozgató idegrostjait mely ideg vagy idegfonat szolgáltatja. A gerincevelő és a gerincevelői idegek leírásából az is kitűnik, hogy a legtöbb izom nem egy, hanem két vagy három, ún. gerincevelői szelvényből kapja idegrostjait, függetlenül attól, hogy ezek a rostok mely környéki idegen keresztül érik el az izmot. Az orvos számára mindkét adat fontos, tehát hogy egy-egy izmot mely környéki ideg és mely gerincevelői szelvények idegzik be. Ezért külön említjük az izom ún. *peripheriás* és *szelvényes beidegzését*. Az anatómiai tanulmányok során konkrétan megkívánják minden izom peripheriás beidegzésének ismeretét, míg a szelvényes beidegzésnek csupán az elvét kell ismerni. Ez utóbbi beosztás a legtöbb ideggyógyászati szakkönyvben közölt táblázatokból néhány másodperc alatt leolvasható, feltéve hogy az illető érti az elvet.

Az izom idege általában az izomhas közepén vagy attól kissé proximalisan lép be az izomba. Az izomhasban az ideg a perimysiumban fonatot képez, rendszerint az izom eléggé körülírt területén. Párhuzamos rostú izmokban ez a terület meglehetősen kicsi, ugyanis minden izomrost gyakorlatilag végighalad az izom egész hosszán, és minden izomrost csak egyetlen idegvéglemezzel bír, ezért elég, ha az idegelágazódás az izom egyetlen keresztmetszeti területén történik. Pennatus, főleg pedig bipennatus izmokban az ideg elágazódásának jóval nagyobb területre kell kiterjednie ahhoz, hogy minden izomrostot elérjen. Az izomrostok mozgató véglemezeről a 2. fejezetben az idegszövet általános leírásában szoltunk.

Az izom mozgató beidegzésének fontos fogalma a *motoros egység*. Egy-egy gerincvelői vagy agytörzsi mozgató idegsejt egyetlen idegrostot küld ugyan a mozgatóidegekbe, de az izmon belül ez az idegrost ismételtlen elágazódik, és több izomroston végződik mozgató véglemezzel. Minthogy a mozgató idegroston keresztül beérkező idegimpulzus egyformán tovább terjed a rost minden ágán, és minden véglemezen keresztül minden vele összefüggő izomrostot összehúzódsra bír, az ugyanazon idegsejt által beidegzett izomrostok nem külön-külön, hanem mindig csak együtt húzódnak össze. Ezért az egy mozgató idegsejt által ellátott összes izomrostot motoros egységnek nevezzük. Egyes izmokban a motoros egységek igen kicsinyek: pl. a külső szemizmokban egy idegsejt átlagosan 2,5 izomrostot lát el. Fordítva: a nagy proximalis végtagizmokban az egységek igen nagy méretűek, egy idegsejt 4–500 izomrostot is elláthat. Minthogy az idegimpulzus és az elemi izomcontractio egységnyi (minden vagy semmi) jellegű működésűek, és nincsenek fokozataik, az izomműködés fokozatait az idegrendszer azzal éri el, hogy különböző számú és elrendeződésű motoros egységet „vet be” egyidejűleg. Ezért nyilvánvaló, hogy igen kis izmokban a motoros egységek kicsik kell hogy legyenek, míg nagy izmokban, amelyeknek nincsenek finomabb működési fokozataik, a nagy motoros egységek a gazdaságosak. Ettől függetlenül is azonban a szemizmok kis motoros egységeit – azaz a kis izmot ellátó motoros idegsejtek szélsőséges nagy számát – ezen izmok elképzelhetetlenül precíz működése is indokolja.

Nem térhetünk ki arra a fontos tényre, hogy a mozgató neuronok közt vannak ún. fázisos és ún. tónusos működésűek; az előbbiek inkább a tényleges mozgásokat, mások inkább az izom tónusát szolgálják, de ez a különbség csak viszonylagos. Vannak egész izmok, amelyek inkább tónusos működésűek, mások inkább rövid gyors összehúzódsra képesek. Az előbbiek rostjai felépítésükben – a sarcoplasma és a fibrillumok mennyiségi arányában – és színükben, is eltérőek, ún. vörös izmok, az utóbbiak fehérebbek. Emberben az izmok többsége kevert rostozatú, mind működés, mind szerkezet tekintetében.

A tónusos izomműködés egyébként az izomműködés legbonyolultabb kérdése, melynek tárgyalásába még legelemibb szinten sem bocsátkozhatunk e Helyen. Elsősorban nagyon sokféle tónus létezik szinte minden izomban más a mindenkori testhelyzettől és több más tényezőtől függően. Az Általános izommechanika c. alfejezetben az ízületrögzítő izomműködésekről mondottakból logikusan következik, hogy minden testhelyzethez tartozik a legtöbb izomnak valamilyen speciális összehúzódsági állapota, ami abban a testhelyzetben rögzíti a rögzítendő ízületeket.

Izomtónuson voltaképpen az izmok feszülési (contractió) állapotát értjük. Ezt az illető izmokat beidegző mozgató idegsejtek egy részének tartós izgalmi állapota – azaz a mozgató idegrostokon az izmokhoz állandó sorozatban küldött impulzusok – tartja fenn. Elektromiográfiás eljárásokkal kapott eredményekből, azaz a működő izmok bioelektromos jelenségeinek tanulmányozásából újabban mindinkább kitűnik, hogy a természetes testtartásokban és a mozgásokban (pl. járás) az idegrendszer bámulatos gazdaságossággal működteti az izomrendszert. Amikor csak – akár néhány tized másodpercre is – teljesen ki lehet kapcsolni egy-egy izom működését a mozgás vagy testhelyzet bizonyos fázisában, az izom működése (tónusa is) gyakorlatilag a zérusra csökken. Ez teszi lehetővé, hogy gyakorlott ember naphosszat végezhet megerőltető folyamatos fizikai munkát anélkül, hogy (általános és egészséges fáradtságon kívül) ez a működtetett izomra káros hatással lenne. Nem áll az természetesen a gyakorlatlan és izmait célszerűtlenül használó, úgyszintén a lelki feszültség alatt, hajszoatlan stb., azaz nem kiegyensúlyozottan – nem „tempósan” – dolgozó emberre. Igazán pihentető az az alvás, amelynél a legtöbb izom tónusa a minimumra, sőt a zérusra csökken. Ennek előfeltétele a fejet éppen csak a törzs tengelyében tartó minél kisebb párnán kívül a tökéletes vízszintes, nem túl lágy (süppedő) fekhely.

Az izom érző beidegzésének jelentősége, amint ez a gerincvelői reflexek ismertetésénél fog elsősorban kitűnni, igen nagy. Az érző végkészülékek között két specifikus izomreceptort is említettünk: az *izomorsót* és a *Golgi-féle ínorsót*. Ezek tájékoztatják az idegrendszert az izom passzív (izomorsó), illetve nettó (aktív és passzív; ínorsó) feszültségi állapotáról. Ezek mellett az izomban általános érző, pl. fájdalomérző idegvégződsések is vannak. Ezek az érzőrostok az izmot ellátó motoros rostokkal együtt lépnek be az izomba.

2.6. Az izom működési alkalmazkodása

Más szövetekhez hasonlóan az izomszövet is gyorsan alkalmazkodik a funkció igénybevételhez. Közismert, hogy rendszeres gyakorlattal az izmok teljesítménye jelentős mértékben fejleszhető. Az izom ily módon növelhető ereje több tényezőtől adódik. Az egyik – valószínűleg jelentősebb – csoportja e tényezőknek nem izom eredetű, hanem azzal függ össze, hogy a gyakorlott ember motoros idegmechanizmusai jobb időzítésben tudják bevetni egy-egy izom motoros egységeit; az egy-egy mozgásban együttműködő izmainak működését jobban koordinálja és gazdaságosabban (azaz több közbülső pihentető teljes ellazítással) működteti izmait. Ezen túlmenően azonban az izomnak van valódi *aktivitási hypertrophiája*. A rendszeresen működtetett izom rostjai vastagságban megnőnek, de számban nem szaporodnak. Fehérje-összetétele és anyagcseréje is megváltozik; a myofibrillumok változásairól nincsen megbízható adatunk, de nem zárható ki, hogy a fibrillumok vagy felépítő

filamentumaik szaporodnak. Az aktivitási hypertrophia nem hajszolható a végletekig: rendszeres működtetéssel az izom bizonyos szintig hypertrophisál, majd ez a folyamat megáll, és további erőltetés ezután negatív funkció eredménnyel jár: az izom teljesítménye gyorsan visszaesik. Érthető, hogy ezeknek az összefüggéseknek döntő sport- és munka-egészségügyi jelentőségük van (pl. tréning tervezése, irányítása és felügyelete).

Az aktivitási hypertrophiák gyógyító orvosi szempontból sokkal fontosabb jelenségei a simaizmokon és főleg a szívizmon jelentkeznek.

Orvosi szempontból fontosabb jelenség az izom *inaktivitási atrophia*-ja. Az akárcsak rövid ideig is teljes nyugalomba helyezett testrészek izmai (csonttörések, ízületi megbetegedések esetén) igen gyorsan – szinte napok alatt – sorvadnak; rostjaik elvékonyodnak, fehérje-összetételük, anyagcseréjük megváltozik, erejük és hasznos erő kifejtő hosszúsági tartományuk csökken. Ezzel rokon, de még súlyosabb atrophia következik be az izom „túlrovidülése” – pl. ínszakadás, tartós ízületi ficam, rosszul gyógyult törés stb. – esetében.

Speciális esete az izomatrophianak a motoros idegének a bénulása vagy folytonosságának megszakadása nyomán fellépő *bénulásos atrophia*. Ez az ún. elfajulási reakció az izom ingerlékenységének súlyos elváltozásával járó, az izomszöveteknek az inaktivitási atrophianál mélyrehatóbb valódi „elfajulása” (degenerációja). Az orvos tevékenysége az atrophia körül arra kell hogy irányuljon, hogy megtalálja a nyugalomba helyezés szükségessége, és az izom működésének fenntartása, ill. helyreállítása (masszázs, elektroterápia, gyógytorna) közti helyes kompromisszumot. Különösen átmenetinek ígérkező idegbénulások során fontos az elfajulás megelőzése vagy hátráltatása az izmok elektromos ingerlésével, ami ideig-óráig helyettesítheti az idegi ingereket.

3. 5.3. RÉSZLETES IZOMTAN

3.1. A törzs izmai

A törzs izmait négy csoportra oszthatjuk:

1. a gerincen eredő (és tapadó) izmok;
2. a légzőizmok;
3. a hasizmok;
4. a medencefenék izmai.

Az 1. csoport izmait további két alcsoportra lehet bontani, úgymint felületes (a gerincről eredő, de máshol tapadó) és mély (a gerincen eredő és a gerincen, a bordákon vagy a koponyán tapadó) izmokra. A felületes izmok megegyeznek a *felületes hátizomzattal*, míg a mélyebb elhelyezkedésű izmok alkotják az *axialis törzsizomzatot*.

3.1.1. Felületes hátizomzat

Az idesorolt izmok tapadásuk révén a felső végtag mozgásában vesznek részt (*spinohumeralis izmok*), elhelyezkedésük alapján viszont a hátizmok közé tartoznak. Mind a négy idesorolt izom az embryo ventralis oldalán fejlődik ki, és csak másodlagosan vándorolnak a hátra. Ezt bizonyítja, hogy beidegzésüket, egy kivétellel, amelyet a XI. agyideg lát el, a gerincvelői idegek ventralis ágából kapják. Az izmokat összefoglalóan az **5/1. táblázat** tartalmazza.

6.1. táblázat - 5/1. Táblázat - Spinohumeralis izmok

Neve	Alak; részei	Elhelyezkedés	Ered	Tapadás	Fő működése	Beidegzés
(1) m. trapezius (csuklyásizom)	barátcsuklya (függőleges hossz tengelyű rombusz)	felületesen tarkón és a háton	a protuberantia occipitalis externától a hátsó középvonalán	a spina scapulae, acromionon és a clavicula	a lapocka emelése, süllyesztése és rögzítése,	n. accessorius (XI.); plexus cervicalis

			(proc. spinosusokon és szalagaikon) a 12. hátszigolyáig	oldalsó harmadán	befelé és kifelé történő rotáció; fejfordítás	
(2) m. levator scapulae (lapockaemelő izom)	karcsú pántszerű	a m. trapezius elülső-felső széle alatt	a felső 4 nyakcsigolya harántnyúlványán	lapocka felső szöglete	a lapockát emeli (kelletlen belenyugvást jelző vállmozdulat)	n. dorsalis scapulae
(3) m. rhomboideus (rombusizom)	rhomboideus minor, major	a m. trapezius alatt	6–7. nyakcsigolya és 1–4. hátszigolya proc. spinosusa	a scapula margo medialis	hátra és kissé felfelé húzza a scapulát; lapockarögzítő	n. dorsalis scapulae
(4) m. latissimus dorsi (széles hátizom)	lapos legyezőszerű lemez	felületes; felső része a m. trapezius alá nyúlik; a scapula alsó szögletét leszorítja	thoracalis (6–12.) és lumbalis (1–5.) csigolyák proc. spinosusán; fascia thoracolumbalis felületes lemezén; crista iliaca külső ajkán; a sacrum dorsalis felszínén; három alsó bordán	crista tuberculi minoris humeri	a kart adducálja, retroflectálja és befelé rotálja	n. thoracodorsalis

Trigonum lumbale. A m. latissimus dorsi elülső széle, a m. obliquus abdominis externus (lásd később) hátsó széle és a crista iliaca által alkotott háromszöget nevezzük *trigonum lumbalénak*, amelynek alapját egy másik széles hasizom, a m. obliquus abdominis internus alkotja. A hiányos izomfal miatt ágyéksérv (*hernia lumbalis*) alakulhat itt ki.

3.1.2. Mély (axialis) izomzat

A gerinc két oldalán hátul, a processus spinosusok és az oldalfelé nyúló processus costariusok, ill. transversusok által alkotott vályút (sulcus dorsi) több izomból álló vastkos izomcsoport tölti ki (**mély hátizmok**). A nyak területén ehhez az izomköteghez olyan izmok is társulnak, amelyek a koponyát rögzítik, ill. mozgatják (**tarkó- és mély nyakizmok**).

M. erector spinae. A keresztcsont hátulsó felszínén és a crista iliaca medialis részén eredő vastkos izomköteg neve *m. erector spinae*, amely egy medialis és egy lateralis nyalábra válva halad függőlegesen a gerinc mögött. A lateralis nyaláb a *m. iliocostalis* az alsó nyakcsigolyák magasságáig, a medialis nyaláb, *m. longissimus* a processus mastoideusig követhető (legfelső része, a *m. longissimus capitis*, szinte különálló izom). Mindkét izomnyalábból csigolyánként ferdén felfelé haladó izomrostok válnak le, és a csigolyák különböző pontjain (*processus accessorius, costarius, transversus*), ill. a bordákon tapadnak. A m. iliocostalis hasonló lefutású izomrostokat vesz fel a thoracalis szakaszon.

Nevének megfelelően ez az izom a gerinc legfőbb egyenesen tartója.

Beidegzés: a gerincvelői idegek dorsalis ágai.

M. spinalis. Az előbbi izom nyalábjaival egy síkban található közvetlenül a középvonal két oldalán. A *m. spinalis* rostjai processus spinosusokon erednek és azokon is tapadnak. A felső ágyékcsgolyáktól az alsó nyakcsigolyáig található meg.

Beidegzés: a gerincvelői idegek dorsalis ágai.

Transversospinalis izmok. A *m. erector spinae*től takartan elhelyezkedő izomköteg olyan izomrostokból áll, amelyek egy harántnyúlványról egy feljebb lévő tövisnyúlványhoz futnak.

Felületesebb rétegeiben az izom nyalábjai 5-6 csigolyát hidálnak át, lefutásuk tehát meredek, ezek neve *m. semispinalis*.

A következő mélyebb rétegben az izomrostok már csak 3-4 csigolyát hidálnak át, ezek neve *m. multifidus* (*m. multifidus* = sokba hasadt izom). Végül a legmélyebb rétegben vagy egy csigolyát hagynak csak ki, vagy az eggyel feljebb lévő csigolya tövisnyúlványához húzódnak, ezek a *mm. rotatores*. Ezen utóbbi izmok már inkább harántul futnak, és mindinkább rotáló hatásúak a csigolyákra.

A *m. semispinalis* legfelső része (*m. semispinalis capitis*) képezi a tarkónak jól látható két függőleges izompillérét. A kétoldali izmok közti barázda fenn tarkógödörre szélesedik ki.

A *m. semispinalis cervicis* a felső thoracalis csigolyák harántnyúlványain ered, rostjai eléri az axis tövisnyúlványát.

Az axialis izomzat mélyén találjuk a tövisnyúlványok között húzódó izmokat (*mm. interspinales*) és a szomszédos harántnyúlványok között kifeszülő izmokat (*mm. intertransversarii*).

Beidegzés: a gerincvelői idegek dorsalis ágai.

Fascia thoracolumbalis. Felszínes és mély részből álló, vastag, aponeurosisszerű lemez. A felszínes lemez a keresztcsonton és az ágyékcsgolyák tövisnyúlványain ered, és oldal felé fordulva a *m. erector spinae* mögött halad el. A mély lemez az ágyékcsgolyák processus costariusán ered, a két lemez a fenti izom lateralis szélénél egyesül egymással. Így a gerinc oldalsó vájulatával együtt szoros osteofibrosus tokba zárja a fascia a mély hátizomzatot. Felfelé a hát közepén a fascia fokozatosan elvékonyodik. Nevezetes, hogy róla ered több hasizom (*m. obliquus abdominis internus* és *m. abdominis transversus*), hátizom (*m. latissimus dorsi*), sőt az alsó végtag egyes izmai is (*m. gluteus maximus* egy része). A hasüreg tökéletes izmos körülzárásában is fontos mechanikai szerepe van.

A koponyát rögzítő és mozgató tarkó- és mély nyakizmok több rétegben, nagyrészt a nyaki gerinc körül helyezkednek el.

M. splenius. A középső és az alsó nyakcsigolyák mögötti lig. nuchaeról és a felső hátszigolyák tövisnyúlványáról ered. Az izomrostok felfelé és oldal felé haladnak, és részben a 3 felső nyakcsigolya harántnyúlványán (*m. splenius cervicis*), részben az os occipitalén tapadnak (*m. splenius capitis*).

Beidegzés: a gerincvelői idegek dorsalis ágai.

Mm. suboccipitales. Az első két nyakcsigolya magasságában, a fascia nuchae mély lemeze alatt a következő négy apró izom helyezkedik el.

A *m. rectus capitis posterior major* felfelé és lateral felé haladva az axis tövisnyúlványa és az os occipitale között húzódik.

A *m. obliquus capitis superior* az atlas harántnyúlványáról indulva az előbbi izomtól lateralisán tapad az os occipitalén.

A *m. obliquus capitis inferior* az axis tövisnyúlványa és az atlas harántnyúlványa között húzódik.

A fenti három izom határolja a *trigonum suboccipitalét*, melyen keresztülhalad az a. *vertebralis*, és itt lép elő az első cervicalis ideg dorsalis ága (*n. suboccipitalis*).

A *m. rectus capitis posterior minor* a másik egyenes izomtól medialisán halad az atlas hátulsó gumójától az os occipitaléhoz.

Az izmok a fej felemelésében és forgatásában vesznek részt.

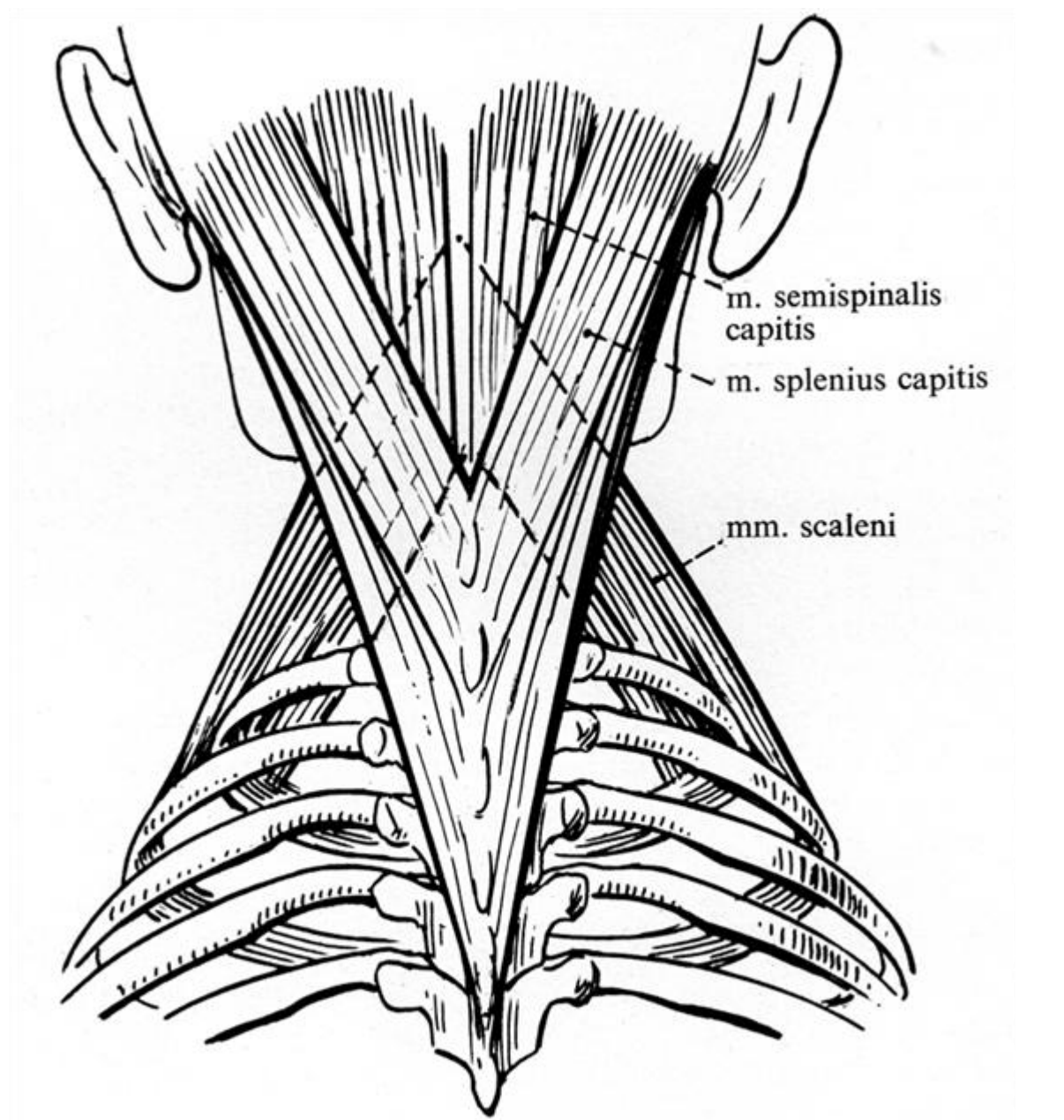
Beidegzés: nagyrészt a n. suboccipitalis.

A gerinc előtt közvetlenül két izom található, a *m. longus colli*, amely a felső thoracalis csigolyáktól az atlas elülső gumójáig terjed, és a *m. longus capitis*, amelynek csipkéi az alsó nyakcsigolyák harántnyúlványain erednek, az izom a tuberculum pharyngeumon tapad.

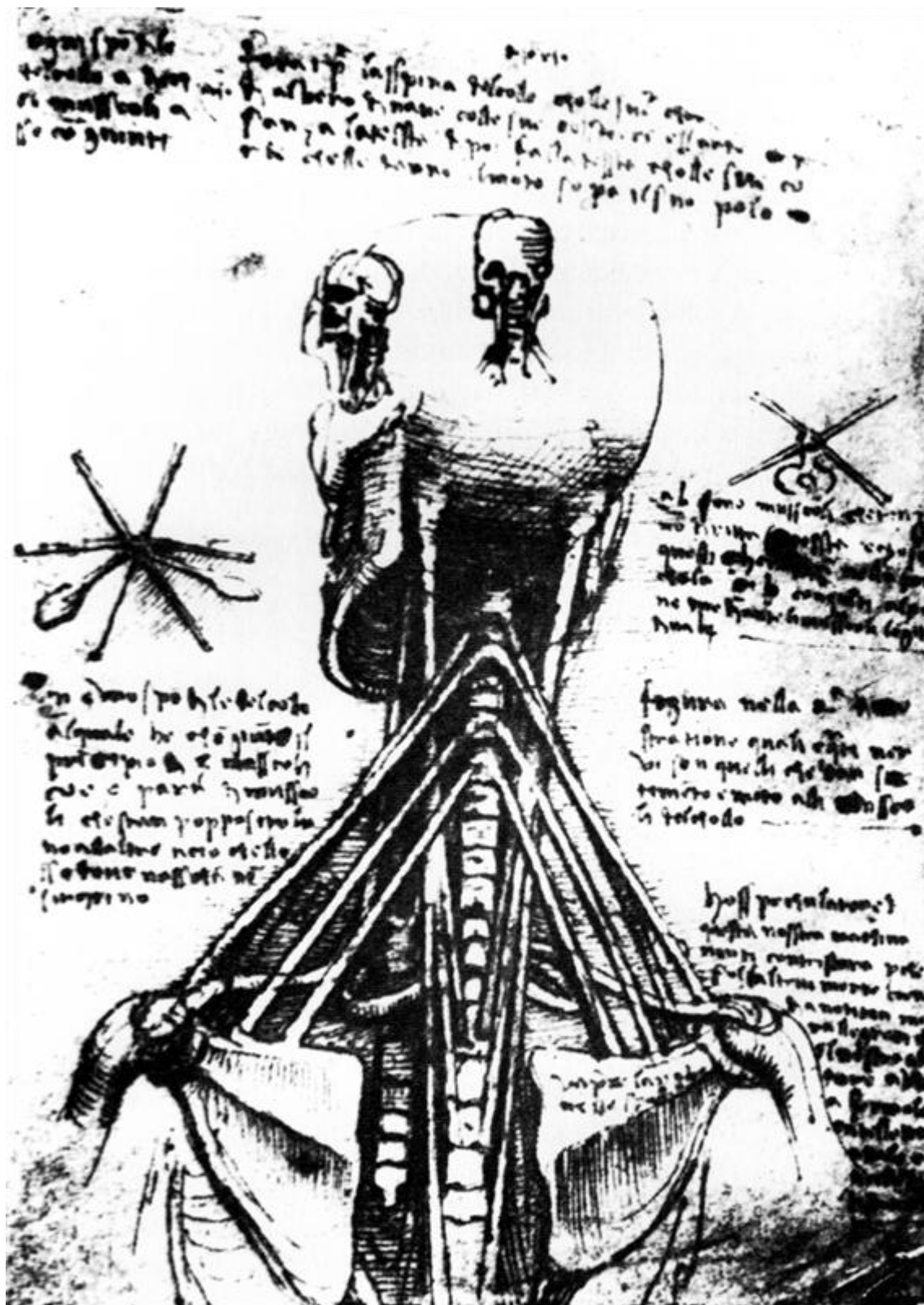
Az atlas és az os occipitale között feszül ki a *m. rectus capitis anterior* és a *m. rectus capitis lateralis*. Valamennyi izmot a plexus cervicalis ágai látják el.

Fascia nuchae. Felületes lemeze a m. spleniust és semispinalist borítja, mély lemezéről már szóltunk a suboccipitalis izmokkal kapcsolatban.

Az **axialis izomzat működése** bonyolult. A gyakorló orvos számára elegendő azonban annyi ismeret, amennyi egy kis okoskodással és az eredési-tapadási viszonyok, valamint a közrefogott ízületek mozgáslehetőségeinek az ismeretében kikövetkeztethető.



5/6. ábra. A nyaki axialis izomzat által alkotott homokóraszerű kettős izomkúp (sémásan)



5/7. ábra. Leonardo da Vinci az anatómiai részletek nagyvonalú és erővonalyszerű kezelése ellenére a tarkóizomzat szerkezeti elvét világosan ábrázolja

A nyak és a fej természetes tartását és mozgásait biztosító axialis izomzat szerkezeti elve legegyszerűbben és legszemléletesebben két egymás felé fordított csúcsú és sokszorosan egymásba ékelt izomkúppal magyarázható (5/6. és 5/7. ábra). Az alsó izomkúp elemei – m. semispinalis cervicis, m. splenius cervicis, m. longus colli és mm. scaleni (lásd később a nyakizmoknál) – kipányvázák a felső nyakcsigolyákat a bordákhoz, ill. az alsó

nyak- és a felső thoracalis csigolyákhoz. A felső izomkúp elemei – m. splenius capitis, m. semispinalis capitis, m. longissimus capitis, m. longus capitis – az alsó izomkúp elemei által rögzített vagy mozgásban tartott nyaki gerinchez képest a koponyát képesek rögzíteni vagy mozgatni. Természetesen a koponya mozgásában nemcsak a fenti négy izom vesz részt.

3.1.3. Légzőizmok

A légzőmozgások szolgálatában vagy velük többé-kevésbé szoros kapcsolatban álló izmok általános orvosi szempontból az izomrendszer legfontosabb csoportját képezik. Egy részüket egyéb egységes működési, ill. topográfiai izomcsoportokhoz való tartozásuk miatt nem volna célszerű itt ismertetni, ezért ezeket mint légzési segédizmokat, illetve a légzéssel koordinált működésű izmokat ezen alfejezet végén külön szakaszban soroljuk fel. Nem tekinthetők pusztán légzési segédizmoknak a következő alfejezetben tárgyalt hasizmok, noha ezek összességükben a kilégzés legfőbb tényezői. Szorosabb értelemben légzőizmoknak tekintjük a bordaközi izmokat (*mm. intercostales*) és a rekeszizmot (*diaphragma*).

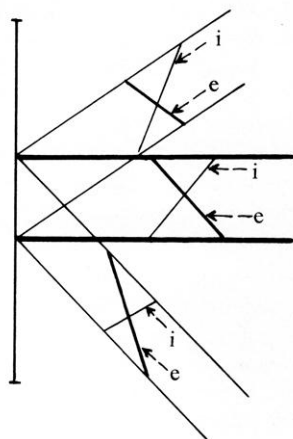
Bordaközi izmok (*mm. intercostales*). A bordaközöket két rétegben töltik ki, mint külső borda közti izmok (*mm. intercostales externi*) és belső borda közti izmok (*mm. intercostales interni*).

A külső izomrétegben az izmok felülről lefelé egyúttal a bordák sternalis végei felé tartanak. Az izomrostokat elől, a bordaporcok között vékony, szalagszerű kötőszövetes lemez váltja fel.

A belső izomrétegen a rostok a külső izomrostokkal kereszteződve alulról felfelé és egyúttal a bordák sternalis végei felé haladnak. Ez az izomréteg csak a bordaszögletnél kezdődik, de előre betérjed a bordaporcok közé is. Tapadáshoz közel az izom két lemezre válik, és a két lemez a borda alsó élén tapadva közrefogja a sulcus costae és a benne haladó képleteket.

Mindkét izmot a borda közti idegek idegzik be.

Működésükről a 18. század eleje óta szinte napjainkig éles vita folyt. Az első próbálkozás arra vonatkozóan, hogy az egyes borda közti izmok a légzés melyik szakaszában működnek, Bayle-től származik (1691). Az ő nézetét védték és támadták azután a későbbi időkben. Elképzelését egy egyszerű modellen is igazolta (5/8. ábra), ahol egy függőleges vonal jelzi a gerincet és az ebből kiágazó két, egymással párhuzamos és az előbbire merőleges vonal két szomszédos bordát. A „bordákat” a borda közti izmok lefutásának megfelelően két vonal köti össze: a m. intercostalis externus (*e*) és a m. intercostalis internus (*i*). Ha a „bordapárt” a lap síkjában fölfelé mozgatjuk (belélegzési helyzet), akkor az „e”-vonal rövidül meg, ha pedig lefelé (kilégzési helyzet), akkor az „i”-vonal lesz rövidebb. Ezzel a jelenséggel azt magyarázta, hogy belélegzéskor a külső borda közti izmok működnek, míg a kilégzést a belső borda közti izmok támogatják.



5/8. ábra. A borda közti izmok működését magyarázó Bayle-féle séma (részletesen lásd a szövegben) (e: m. intercostalis externus, i: m. intercostalis internus)

Nem lehet elmarasztalni azonban teljesen azokat sem, akik A. Haller óta (1708–1777) az Általános izommechanika c. alfejezetben az izmok tónusos „tartó”, sőt „visszaengedő” funkciójáról mondtak értelmében ezt nem látták bizonyítva, és a két izmot együttesen tekintették belélegzőnek, és az igazi kilégzőknek a hasizmokat tartották.

Számtalan indirekt, és valahol mindig vitatható és kibúvót adó kísérlet és vizsgálat után *Sears* (1963) angol neurofiziológus a megfelelő borda közti izmokat beidegző motoros idegsejtek akciós potenciáljait vizsgálva kimutatta, hogy a külső borda közti izmokhoz tartozó idegsejtek a belézés alatt működnek, kilézés alatt nem, míg a belső borda közti izmokhoz tartozó idegsejteknél a működés ennek fordítottja. (A belső izomrétegnek a bordaporcok közötti része, minthogy a porcok a bordákkal közel 90 fokos szöveget zárnak be, inkább a belézését segíti.)

Az előbbiekkal összhangban azt mondhatjuk, hogy a bordák (és ezzel együtt a mellkas) felfelé való elmozdulását előidéző izmok belézőizmok, a bordákat süllyesztő izmok pedig kilézőizmok.

Így a belézését segítik a külső borda közti izmok mellett az első két bordán eredő és a nyakcsigolyákon tapadó *scalenus* izmok (lásd a nyakizmoknál), a sternoclavicularis ízületet és a processus mastoideust összekötő *m. sternocleidomastoideus* (lásd a nyakizmoknál), a hátcsigolyák processus transversusáról lateral felé és lefelé húzó és az eggyel lejjebb elhelyezkedő bordán tapadó *mm. levatores costarum*, az alsó nyak- és a felső hátcsigolyák tövisnyúlványáról lefelé és lateral felé húzó és a felső bordákon tapadó *m. serratus posterior superior* és a *thoracohumeralis* izmok nagy része (lásd később).

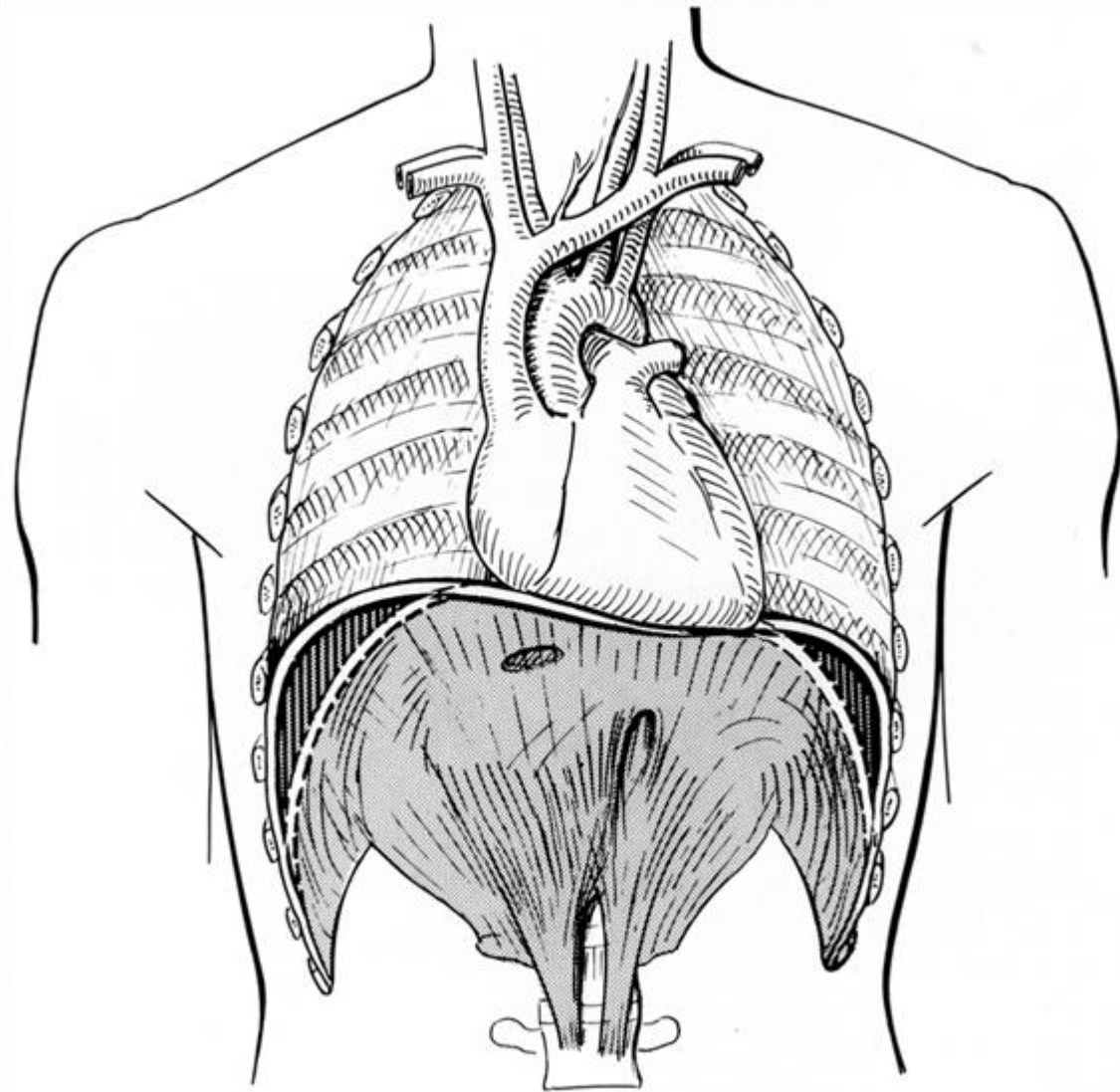
A kilézésben a *hasizmok* (lásd később), az alsó thoracalis és a felső lumbalis csigolyák tövisnyúlványáról felfelé és lateral felé húzó és az alsó bordákon tapadó *m. serratus posterior inferior*, és a mellkas belső felszínén, a proc. xiphoideustól a 2–5. borda csontos végéhez haladó *m. transversus thoracis* segíti a belső borda közti izmokat.

Rekeszizom (*diaphragma*). A mellüregt a hasüregtől elválasztó, a mellkas terébe gyengén kettőzött kupola alakjában magasan felbótosuló izmos lemez. Jobb kupolája, melybe alulról a máj nyomul bele, valamivel magasabban áll, mint a bal. Két részből áll: középső, háromlevelű lóherére emlékeztető alakú inas lemezből (*centrum tendineum*) és a törzs csontos szalagos faláról belül körkörösén eredő, gömbhéjszerűen ívelt izmos peremből. A centrum tendineum három kör alakú „levele” közül kettő hátrafelé irányul a mellkas bab alakú keresztmetszetének megfelelő két hátsó kibótosulásba, egy pedig előre. A húsos perem rostjainak eredése szerint három részből (pars lumbalis, pars costalis és pars sternalis) áll.

A *pars lumbalis* a középvonal két oldalán mélyen lenyúlik, és az ágyékcsigolyák testén (jobb oldalt a 4-en, bal oldalt a 3-on) ered. Ettől oldal felé az izomrostok meredeken felszálló vonalban erednek a 2. ágyékcsigolya testének alsó széléig. Itt fontos megjegyeznünk, hogy egy erősebb izomcsipke a 2. ágyékcsigolya teste alsó szintjében egymástól elválaszt két fontos rést, amelyek közül a medialis jobboldalt a *v. azygos*, baloldalt a *v. hemiazygos* halad át, mindegyik a sympathicus idegekhez tartozó *n. splanchnicus* major kíséretében. A laterálisabb részen a *truncus sympathicus* mellkasi része megy át a hasi részébe. A 2. ágyékcsigolya testétől a harántnyúlványáig, majd onnan a 12. borda csúcsáig kettős inas ív (*arcus lumbocostalis medialis et lateralis*) hidálja át medialisan a csigolyatestekről eredő *m. psoas major* és lateralisan a *m. quadratus lumborum*-ot. Erről a kettős inas ívről erednek a pars lumbalis laterálisabb izomnyalábjai. A pars lumbalis két medialis szára az 1. ágyékcsigolya teste előtt hegyesszögben kereszteződik, és egy csúcsíves ablakra emlékeztető nyílást, a *hiatus aorticus*-t hagy szabadon a leszálló főverőér (*aorta descendens*) és a fő nyirokvezeték (*ductus thoracicus*) számára. A két kereszteződött izomzár hurok alakjában újabb nyílást hagy szabadon kb. a 11. hátcsigolya magasságában; ez a *hiatus esophageus*, amelyen a nyelőcső és előtte a bal, mögötte a jobb *n. vagus* (X. agyideg) lép be a hasüregbe.

A *pars costalis* rostjai a 6 utolsó borda porcainak belső felszínéről eredve eleinte függőlegesen szállnak felfelé, szorosan hozzásimulva a mellkas belső felszínéhez, majd befelé ívelve sugarasan tapadnak a centrum tendineum szélén. E rostok képezik a két rekeszkupola orkait, a centrum tendineum szélei már ezektől befelé a középső, kissé besüppedt rész felé esnek.

A *pars sternalis* néhány gyenge rostnyaláb, amelyek a processus xiphoideus hátsó felszínén eredve sokkal kevésbé meredeken szállnak felfelé, és előlről belesugárzanak a centrum tendineumba. A bordái és szegycsonti részt mindkét oldalon keskeny rés választja el, melyen az *a. epigastrica superior* lép át.

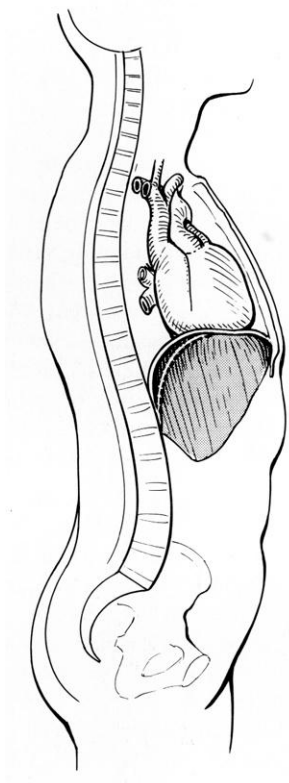


5/9. ábra. A rekesz mozgásai a mellkas frontális metszetén. A rekeszkupoláknak az izom összehúzódása folytán előálló lelapulása a függőleges sávozású területtel megnagyobbítja a mellüreg űrterét

A centrum tendineum két alsó karéja találkozásának jobb oldalán nagy ovális nyílás szolgál az alsó főgyűjtőér átlépésére (*foramen venae cavae inferioris*). Orvosi szempontból különösen fontos a rekesz vetületének, vagy ami ezzel gyakorlatilag egyértelmű: a törzs frontális és sagittális átmetszetem való jelentkezésének megértése.

Bár a rekesz állásáról és mozgásairól az egyszerű fizikális vizsgálat (kopogtatás) is tájékoztat, sokkal pontosabb információt ad a röntgenvizsgálat. Ennél a rekesznek frontális és sagittális vetülete közel megegyezik a törzs frontális és sagittális metszetén jelentkező képével.

A fentiekből válik érthetővé a rekesz **működése** is. Ezeket az **5/9.** és az **5/10. ábra** szemlélteti. A rekeszkupola belégzés és kilégzés közti középhelyzetben az 5. borda porcának felső szélé magasságában, baloldalt annak alsó szélé magasságában helyezkedik el. Fekvéskor a rekesz magasabbra kerül, mint álláskor, oldalt fekvéskor a lejjebb eső oldalon magasabban van, mint az ellenkezőn. Üléskor a legalacsonyabb helyzetű. A törzs frontális metszetén látható a rekeszkupola oldalsó izmos falának hozzásimulása a mellkasfalhoz. A sagittális metszeten kiténik, hogy ez az odasimulás csak hátul jelentősebb, elől a szegycsonti részen nem mutatkozik. Az így keletkező, kilégzéskor zárt, belégzéskor megnyíló, ún. rekeszi sinusokról a mellhártya leírásakor szólnunk.



5/10. ábra. A rekesz mozgásai a mellkas sagittalis metszetén. Csupán a rekesz lumbalis részén van érdemleges lelapulás (fekete terület), a sternalis rész közel vízszintes lefutása folytán az összehúzódásával nyerhető tér minimális

A rekesz működésének lényege ugyancsak az 5/9. és az 5/10. ábrából érthető. A centrum tendineum helyzetét rendes légzésnél alig változtatja, ami fontos is, mert ezen nyugszik a szív. Viszont a mellkas belső faláról sugárirányú ívekben a centrum tendineumhoz futó izomnyalábok összehúzódásukkor megrövidülnek, és szükségszerűen laposabb ívekben kell hogy összekössék két végpontjukat. Ennek megfelelően a rekesz kupolái körös-körül – de leginkább oldalfelé és legkevésbé elöl – lelapulnak. A rekesz így csonka kúphoz hasonló idomot vesz fel, és az átmetszeten sávozott területeknek megfelelő terekkel megnő a mellkas űrtere. A rekesz tehát a belégzés jelentős tényezője.

A pars costalis a centrum tendineum viszonylagos rögzítettsége miatt felfelé húzza a bordákat, ami ugyancsak hozzájárul a mellkas üregének nagyobbításához (lásd a légzés bordamechanizmusa); tartósan erőltetett légzéskor a rekesz tapadási vonalának megfelelően kívülről látható barázdában deformálódnak a bordák.

A rekesz lelapulásával a hasüreg elvesztett űrterét a hasfal tágulásával kell kiegyenlítenie. Nyugodt, mély belégzéskor a hasfal jól látható módon elődomborodik, kilégzéskor lelapul, mert a hasizmok összehúzódva – ez a kilégzőszerepük – visszapréselik a zsigereket a rekesz újra jobban domborodó kupolái felé. Hirtelen erős belégzéskor, főleg ha a levegő beáramlása nem tudja elég gyorsan követni a mellkasnak a bordamechanizmussal (tehát a mm. intercostales externi által) előidézett tágulását, a rekesz domborulata paradox módon fokozódhat, és a hasfal inkább behúzódik. Hasonló paradox rekeszmozgás keletkezik másodlagosan a rekesz bénulásakor. A röntgenvizsgálat alkalmával a légutakban levő akadályok, a tüdőszövet konzisztenciájának és elaszticitásának megváltozásai, bénulások és a mellhártya összenövésai folytán jelentkező paradox rekeszmozgások természetesen rendkívül fontosak, és helyes elemzésükhöz patológiai ismeretek mellett az anatómiai viszonyokból eredő számos tényező megértése nyilvánvaló alapfeltétel.

A légzés két alapvető mechanizmusát, a bordai vagy a mellkasi és a rekesz mozgásaival biztosított ún. hasi légzést a két nemhez tartozók eltérő arányban használják. A nőben inkább a mellkasi légzés kerül előtérbe, részben a bordaporcok nagyobb és későbbi életkorig megmaradó elaszticitása folytán is, míg a férfi eleve hajlamosabb a hasi (rekeszi) mechanizmus jobb hasznosítására. Fejlett légzéstechnikát igénylő sportokban (úszás) és művészi tevékenységben (ének) a hasi légzés tudatos fejlesztése különösen fontos, mert a mellkas adott méretei révén határozottabban determinált bordai légzéssel szemben a rekeszhasizom mozgásokban vannak a kifejleszhető lehetőségek és tartalékok.

Beidegzése: *n. phrenicus* a nyaki idegfonatból (főleg a C₄-szelvényből).

3.1.4. Hasizmok

A hasizomzat az egyik nagy testüreg, a hasüreg (*cavum abdominis*) elülső, oldalsó és részben hátsó falát alkotja. A hasizmok zömükben széles, lapos izomlemezek, inaik aponeurosis jellegűek. Az izmok több rétegben és egymással kereszteződő irányú rostokkal zárják körül a hasüreget. Nagy általános orvosi jelentőségük az alábbi körülményekből adódik:

1. Az orvos a hasfalon keresztül tapintással győződik meg több hasüregi zsiger helyzetéről, méretéről, konzisztenciájáról, érzékenységéről, esetleg kóros képződményekről.
2. A hasizmok reflexes védekezése tapintásnál fontos figyelmeztető tényező a hasüregben lezajló kóros folyamatokra.
3. A hasizmok együttes működése, a hasprés, az egyik legfontosabb általános mozgási mechanizmus.
4. A hasfalnak fejlődéstani okokból magyarázható gyenge pontjai sérvkapukat képeznek, amelyeken keresztül a hasüreg tartalma gyakran sérvek formájában kitüremkedik.
5. A sebészeti beavatkozások jelentős része a hasfalon keresztül történik, ezek helyének célszerű megválasztásában és főleg a hasfal rekonstrukciójában anatómiai megfontolások kiemelkedő szerepet visznek.

A hasizmok közé soroljuk az oldalt és elöl elhelyezkedő **széles hasizmokat (külső- és belső ferde hasizom, haránthisizom)** és az elöl elhelyezkedő **egyenes hasizmot**. Ebben a fejezetben tárgyaljuk a hátsó hasfalat alkotó izmot, a *m. quadratus lumborum*ot is.

Külső ferde hasizom (*m. obliquus externus abdominis*). A külső ferde hasizom a nyolc alsó borda külső felszínén ered a *m. serratus anterior* utolsó négy csipkéjével és a *m. latissimus dorsi* bordákon eredő csipkéivel alternáló fogazással. Hátsó széle a *m. latissimus dorsi* elülső szélével a csípőtaraj felett kis háromszögletű területet (*trigonum lumbale*) hagy szabadon, amelynek fenekét csak a két másik széles hasizom tölti ki.

Rostjai ferdén lefelé és előrefelé haladnak, s kétféle módon tapadnak. Hátsó-alsó rostjai hússosan tapadnak a crista iliaca külső ajkának elülső felén egészen a spina iliaca anterior superiorig. A többi rost egy oldal felé néző L alakú vonal mentén ímba megy át (*aponeurosis m. obliqui abdominis externi*). Az L függőleges szára az emlőbimbó vonalában halad lefelé, majd oldalra fordul, azaz átmegy a vízszintes szárba. Ez utóbbi egészen a spina iliaca anterior superiorig húzódik. Ez a derékszögű vonal a férfi torzón (törzsidom) jellemzően jelentkezik a felületen, amit a görögök óta a szobrászok előszeretettel ábrázolnak.

Az aponeurosis közvetítésével az izom két helyen tapad: egyrészt a *linea alba*ban, másrészt a csípőcsonton. (A *linea alba* kialakulására a fejezet végén még visszatérünk.) A csípőcsonti tapadás érdekessége, hogy az aponeurosis alsó szabad széle a spina iliaca anterior superioritól a legrövidebb úton, tehát nem a csont kontúrját követve, húzódik a tuberculum pubicumhoz. Ezt a szabad szélét nevezzük *lig. inguinalénak*, a *lig. inguinale* és a csípőcsont között fennmaradó harántovális rést *hiatus subinguinalis*nak. Mint később látni fogjuk, a *lig. inguinalétól* indul ki lefelé a comb erős fasciája, *a. fascia lata*, és hátrafelé a *lig. inguinaléhoz* rögzül a hasfal belső fasciája, *a. fascia transversalis*. A hiatus subinguinalison keresztül izmok, erek és idegek lépnek ki a hasüregből a comb elülső felszínére.

Az aponeurosison, annak medialis-alsó részén egy, kb. ujjbegyet befogadó nyílás található, ez a lágyékcsatorna külső nyílása (*anulus inguinalis superficialis*). Anyílás pereméről elinduló vékony, csőszerű kötőszöveti burok (férfiiban a fascia cremasterica, nőben nincs külön neve) a nyíláson kilépő ondózsínór (*funiculus spermaticus*) burka közé tartozik (lásd később).

Az izmot beidegzik az alsó borda közti idegek (Th₅₋₁₂) és az ágyéki fonat.

Belső ferde hasizom (*m. obliquus internus abdominis*). Abelső ferde hasizom képezi a hasfal középső izomrétegét. Ered a csípőtaraj középső érdes vonalán, kissé hátrább terjedve, mint a külső ferde hasizom tapadása, ezért alkotja a *trigonum lumbale* fenekét. Egyes rostjai a gerinc mögötti nagy axialis törzsiszomkőteget körülvevő fascia thoracolumbalisról indulnak. Eredése előrefelé a spina iliaca anterior superioron túl még egy darabon ráterjed a *lig. inguinale lateralis* részére is. Hátrább eredő rostjai ferdén felfelé és előrefelé húzódnak, derékszögben keresztezve a külső ferde hasizom rostozatát, de előrébb eredő rostjai legyezőszerűen széttérve fokozatosan vízszintes irányban, sőt a *lig. inguinalén* eredők még kissé leszálló irányban is haladnak.

Leghátsó (és egyben legfelső) rostjai húosan tapadnak a három borda alsó szélén. Az izom többi része bonyéba megy át, amely lap szerint két lemezre válva közrefogja a *m. rectus abdominis*-t, majd végül a *linea alba*-ban tapad. Az izom–aponeurosis közti határ valamivel medialisabban található, mint a külső ferde hasizom hasonló része, és a határ itt egyenetlen vonalnak felel meg. Fontos azt kiemelni, hogy a belső ferde hasizomnak azok a rostjai, amelyek a *lig. inguinale lateralis* részén erednek, medial felé fordulva a szalag felett húzódnak. A legalsó izomrostok, vagyis az izom alsó szabad széle és a *lig. inguinale* között egy kb. 0,6–0,8 cm széles, mediolaterális irányban elnyújtott, kötőszövettel kitöltött rés keletkezik.

Az izmot beidegzi a 10–12. borda közti ideg és az ágyéki fonat ágai (*n. iliohypogastricus*, *n. ilioinguinalis*).

Haránthisizom (*m. transversus abdominis*). Aharánt hasizom rostjai – az izom nevének megfelelően – vízszintes irányban haladva képezik a hasfal belső izomrétegét. Eredése bonyolultabb, mint a két előbbié. Felső rostjai a hat alsó borda belső felszínén erednek oly módon, hogy eredő csipkéi a rekesz *pars costalis*-ának felfelé eredő csipkéivel fogóznak össze. Középső rostjai a *fascia thoracolumbalis* elülső lemezén, illetve ennek közvetítésével az ágyékcsigolyák *processus costarius*-án erednek. Alsó rostjai a csípőtaraj belső érdes ajkán, a *spina iliaca anterior superior*-on és a *lig. inguinale* oldalsó harmadán erednek.

Valamennyi rostja bonyéba megy át, amely a *linea alba*-ban tapad. A bonye-izom átmenet lateral felé domború, félhold alakú vonal. A lágyékcsatorna falainak megértéséhez ennél az izomnál is látnunk kell, hogy a *lig. inguinale lateralis* részéről eredő izmok medial felé haladtukban a *lig. inguinale* felett húzódnak. Az izom alsó széle és a *lig. inguinale* között így egy kb. 0,3–0,5 cm széles, kötőszövettel kitöltött rés található.

Az izmot beidegzi az alsó hét borda közti és az első két ágyéki ideg (*n. iliohypogastricus*, *n. ilioinguinalis*).

Egyenes hasizom (*m. rectus abdominis*). Az egyenes hasizom a hasfalnak az előbbi széles hasizmok által csak bonyéban zárt elülső részét hidalja át két, a középvonal két oldalán haladó függőleges pánt alakjában. Három csipkével ered, az 5., 6. és 7. borda porcának elülső felszínén a *sternum teste* és *processus xyphoideus* közti átmenet magasságában, illetve oldalfelé még kissé feljebb emelkedve is. Az izmok a köldöktől lefelé fokozatosan keskenyedve tapadnak a szeméremcsont felső szárának medialis részén a *symphysistól* kétoldalt. Lefutásuk felső kétharmadában az egyenes hasizom rostjai a széles hasizmok által alkotott inas hüvelybe, a *rectushüvelybe* vannak ágyazva.

Az izomhasat négy, kissé zezugos, de egészében harántirányú inas betét (*intersectio tendinea*) szakítja meg. Ebből a három állandóbb az izom eredése és a köldök magassága közé esik, míg a negyedik, amely gyakran hiányzik, vagy csak az izom lateralis részét szakítja meg, a köldök alatt kb. három harántujnyira fekszik. Ezek az inas megszakítások hozzárogzítik az izmot a *rectushüvelynek* főleg elülső falához, és ezzel megakadályozzák a hosszú és passzív nyújtásban ízületek által nem korlátozott izom túlnyújtását. Az izom egyes szakaszai így mintegy külön-külön inakkal lévén biztosítva, külön is összehúzódhatnak anélkül, hogy az izom más részeit passzíve ki tudnák nyújtani.

Figyelembe véve az Általános izommechanikában erről mondottakat, ezen izom túlnyújtásának veszélye speciális anatómiai körülményeiből következően igen nagy lenne. Így is meglehetősen gyakori ennek az izomnak az elszakadása villámgyors, előre kiszámíthatatlan és kevésbé sztereotipizálható testmozgásokat igénylő sportokban (pl. tenisz) vagy az egyensúly visszanyerésére irányuló gyors reflexes mozgásokban (jégsportok vagy egyszerűen elcsúszáskor).

Beidegzi (az *intersectiones tendineae* által elválasztott öt szakaszt külön-külön) az utolsó hat (7–12.) bordaközti ideg (*nn. intercortales*) és az első ágyéki ideg ágai.

Rectushüvely (*vagina musculi recti abdominis*). A *rectushüvelyt* a széles hasizmok aponeurosisai alkotják oly módon, hogy a külső ferde hasizom aponeurosis a *rectus* előtt, a haránt hasizomé az izom mögött fut el; a belső ferde hasizom aponeurosis pedig az egyenes hasizom lateralis szélénél lap szerint szétválva elülső lemezével előlről, hátsó lemezével hátulról fogja körül az izmot. A középvonalban a *rectushüvelyt* alkotó bonyék a két kéz alternálóan összekulcsolt ujjjaival könnyen ábrázolható módon úgy fonódnak össze, hogy az egyik oldali hüvely elülső falának rostjai X-alakban kereszteződve a másik oldali hüvely hátsó falának rostjaiba mennek át, és viszont. A *rectushüvely* tehát mind medialis, mind lateralis szélén külön-külön zárt tokot képez a két *m. rectus abdominis* számára, amelynek főleg első falával az izom inas betétei össze vannak növe. A köldök alatt mintegy három harántujnyira a *rectushüvely* hátsó fala egy felfelé domborodó ívelt vonal (*linea arcuata*) mentén megszünik, és mindhárom széles hasizombonye egyetlen lemezzé összenöve a *m. rectus* előtt vonul el.

Linea alba. A *linea alba* nem más, mint a kétoldali hasizom-bőnyék fentebb leírt X alakú rostkereszteződései által a középvonalban okozott, a processus xiphoideustól a symphysisig vonuló, inas varratvonal. Szigorú értelemben nem éles vonal, hanem főleg a köldök feletti területen inkább kb. egy ujjnyi széles sávban kereszteződnek az aponeurosisok rostjai.

A köldökerek átérésztésére a magzatban a köldöknél az ínrostok egy rombusz alakú, belülről lekerekített nyílást hagynak szabadon, ez a köldökgyűrű (*anulus umbilicalis*). Itt a hasfalnak hiányzik mind az izmos mind a bőnyés fala, valamint a bőr alatti zsírszövetrétege is.

A köldökereknek a köldökzsinór elszáradása és lelökődése után marad egy kis darabja a hasfalon kívül, amit a köldökzsinór kb. 1-2 cm hosszú, bőrrel borított része (ún. bőrköldök) von be. A köldökereknek ez a szakasza összehegesedik a bőrköldök bőrével, és gömb alakú dugószerű heges zárat képez. Ez a dugó csecsemőkorban még csak igen lazán zárja el az anulus umbilicalist, ezért ilyen korban még közönségesen előfordul az ún. köldöksérv, amikor a köldökgyűrűn keresztül, főleg erős sírás alkalmával, a hasüreg tartalma kissé előbortosulhat. A csecsemő növekedésével azonban az összezsugorodó köldökerek testen belüli szakasza nem tud lépést tartani, tehát a relatíve rövidülő érkötegek mintegy behúzzák ezt a dugót a köldökgyűrűbe. Ennek megfelel a köldök szerkezete a felnőttben, ahol a köldököt a hasfal körkörös bőrredőjének mélyén található heges, aránylag rögzített csomó képezi.

Előrehaladott terhességben vagy nagyobb hasüregi elhízásnál a köldök erősen elődomborodik, gyengébb szerkezete mellett a gyűrű annyira kitágul, hogy köldöksérv keletkezik. Nőben – érthető módon – jóval gyakoribb.

M. quadratus lumborum. Téglalap alakú izom, amely a crista iliaca hátsó részét összeköti a 12. bordával. Egyes rostjai az 1–4. ágyékcsigolyán is rögzülnek. A hasfal hátsó falának alkotásában vesz részt. Felső részét a rekesz oldalsó, lumbalis szárának eredésére szolgáló arcus lumbocostalis hidalja át.

A hasizmok együttes **működése** igen sokoldalú. Az összes hasizom együttes működése a hasüreget nyomás alá helyezi; ez a **hasprés**. Sokféle életműködésben van szerepe, úgy mint a kilégzésben, vizelet- és székletürítésben, szülésékor, köhögéskor, tüsszentéskor, hányáskor.

A vizelet kezdetén normális viszonyok között csak minimális hasprés kell a vizeletsugár megindításához; a székelésnél a bélsár konzisztenciájától és a végbél, valamint a sigmabél simaizmainak összehúzódásától függően nagyobb vagy kisebb hasprésre kell kifejtetni. A szülésnél a magzat kihajtásában a hasprésnek jelentős szerep jut. A légutak tisztító (védekező) reflexeiben (köhögés, tüsszentés) a hasprésrel zárt gége mellett reflektorikusan erős nyomást létesítünk, majd a nyomás maximumán a géget hirtelen megnyitjuk, és a nyomás alatt levő levegőt robbanásszerűen kiengedve, ez a légsőben és hörgőkben levő tüsszentésnél az orrregben levő nyákot magával ragadja. Ugyancsak reflexesen működik a hasprés hányáskor.

Végül meg kell jegyeznünk, hogy rendkívül fontos szerepe van a hasprésnek minden nagyobb izomerő kifejtéskor – pl. nehéz tárgy felemelésékor –, amikor zárt gége mellett a hasprésrel nyomás alá helyezett has- és mellüregtartalom felfújtt autókerekhez hasonlóan szilárdabb szerkezetűvé teszi a törzset. Ez nélkülözhetetlen a végtagizmok nagyobb erőkifejtéséhez (főleg a felső végtagokéhoz), amelyek valami szilárd szerkezeten kell hogy rögzüljenek.

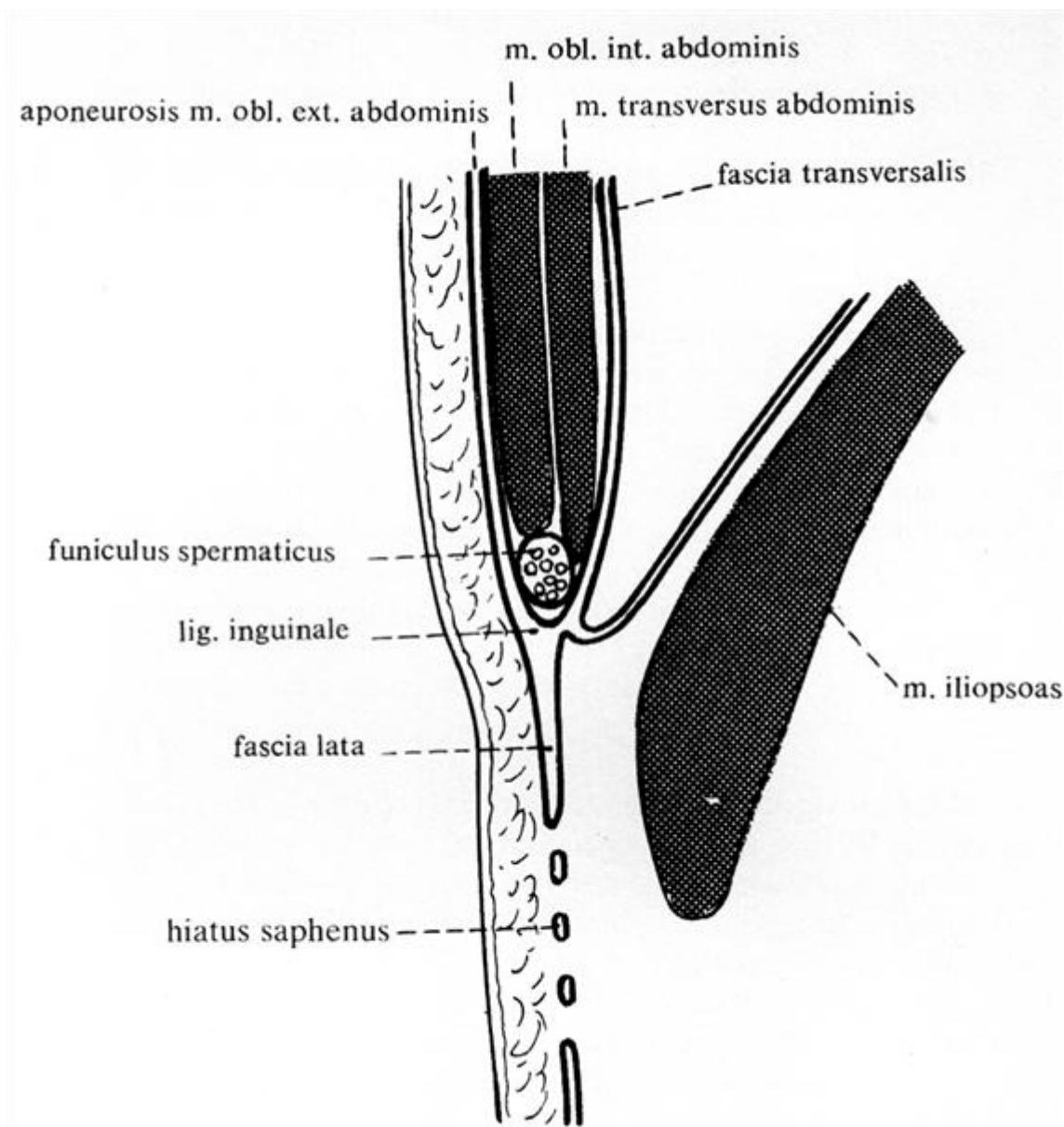
A hasizmok összehúzódása a m. transversus nélkül és a hátizmok egyidejű elernyedése mellett a törzs előrehajlásához vezet. Ebben a m. rectus abdominis visz. fő szerepet. A rectushüvely biztosítja, hogy a törzs előrehajlásakor a m. rectus abdominis bennmarad a hasfal síkjában. Az egyik oldalon húzódva össze a hasizmok a törzset a maguk oldalára hajlítják. Az ellentétes oldali m. obliquus externus és obliquus internus együttes összehúzódása a törzset az utóbbi izom oldala felé fordítja; ha a test felső része rögzített, akkor a medencét fordítja a m. obliquus externus oldala felé. E mozgásokban persze a hátizmok megfelelő együtműködése is szükséges.

Hasizompólyák. A hasfal izmait és azok bőnyéit kívülről aránylag gyenge felületű fascia borítja, melynek a canalis inguinalis külső nyílásának felkeresésében van (pl. sérvműtételnél) jelentősége. Itt ugyanis és a hímvesző tövével erősebben fejlett, az utóbbit hurokszerűen körül is veszi.

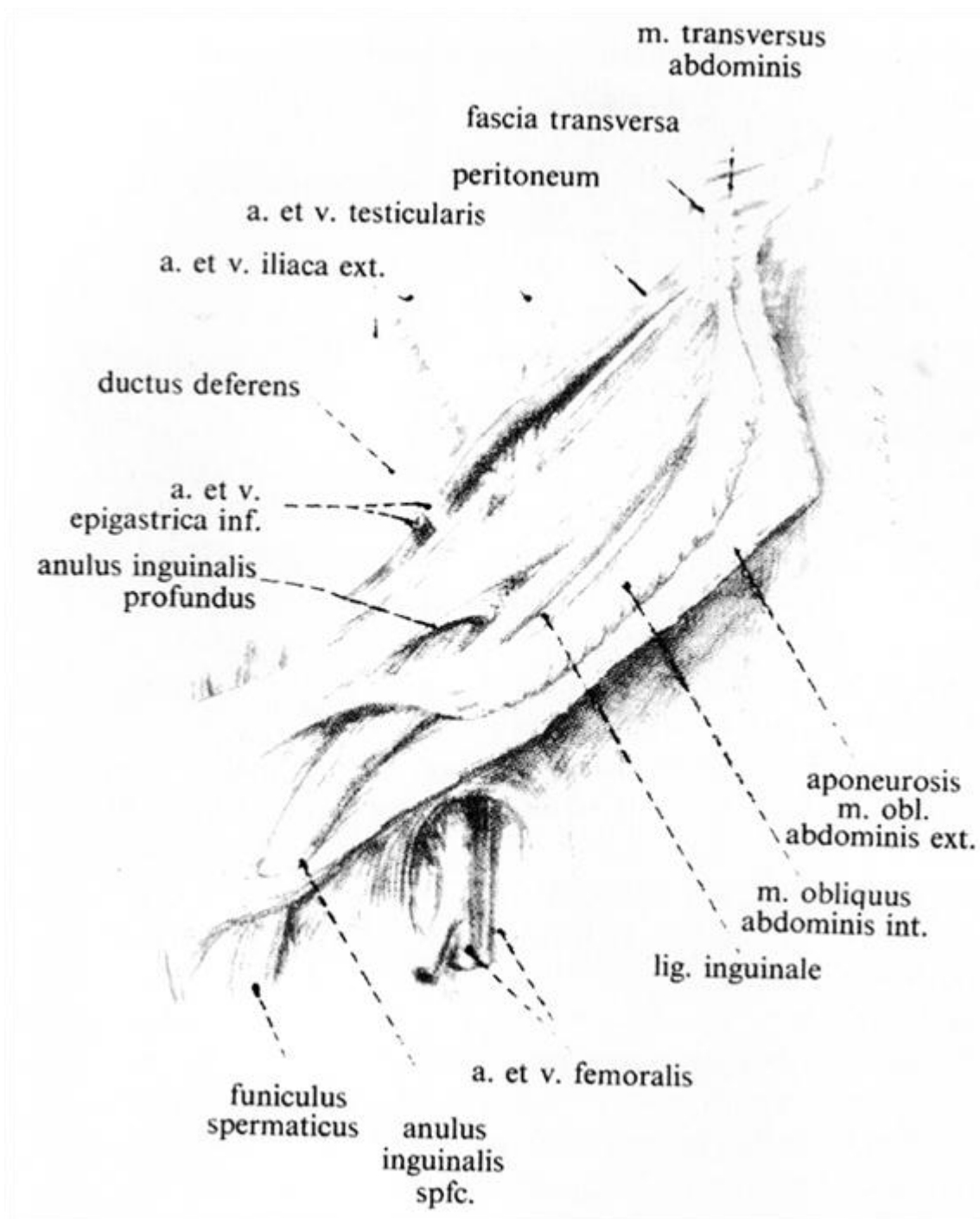
Nevezetesebb a hasizmokat belülről borító *fascia transversalis*, amely részben a m. transversus abdominis belső felszínét – innen a neve – részben a rectushüvely hátsó falának megszőnésétől lefelé a m. rectus abdominis hátsó felszínét borítja. Lefelé a lig. inguinaléban összenő a m. obliquus externus bőnyéjével, de itt voltaképpen nem ér

véget, hanem vékony lemezben folytatódva hegyesszögben visszacsap a csípőcsont belső felszínét bélelő izmokra, és ezzel a hasüreg hátsó falára húzódik fel.

Lágyékcatorna (*canalis inguinalis*). A lágyékcatorna a lig. inguinale közepe és medialis része felett, a szalaggal párhuzamosan futó, kb. 3-4 cm hosszú csatorna. A csatornán keresztül egy köteg (férfitban és nőben más és más összetevőkkel) jut ki a hasüregből a lágyéktájéék bőre alá. A köteg kijutását két körülmény teszi lehetővé: egyrészt a külső ferde hasizom bonyójén levő nyílás, másrészt az a tény, hogy a belső és a haránt hasizmok csak a lig. inguinale lateralis egyharmadán rögzülnek, medial felé haladva az izmok alsó szabad szélé és a szalag között egy nyílás marad fenn. A két izom és a lig. inguinale által alkotott nyílások lényegében összeesnek.



5/11. ábra. Az alsó hasfal paramedian sagittális metszete a canalis inguinalis átmetszetével. A lágyékcatornát a funiculus spermaticus tölti ki (férfitban)



5/12. ábra. Canalis inguinalis (sémás rajz) A külső ferde hasizom aponeurosis és a belső ferde hasizom kihajtvá került ábrázolásra. Az 5/11. ábra kiegészítéseként itt jól látszik a canalis inguinalis két nyílása: az anulus inguinalis superficialis mint a külső ferde hasizom bonyóján levő nyílás, valamint az anulus inguinalis profundus mint az a. és a v. epigastrica inferiortól lateralisán levő terület

A csatorna falait különböző síkokban készült sémás rajzok mutatják (5/11. és 5/12. ábra). Elülső fala: a külső ferde hasizom bonyója, alsó fala: a lig. inguinale, hátsó fala: a fascia transversalis és felső fala: a belső ferde hasizom és a haránthasizom alsó szabad széle. Az utóbbi lejjebb ér, mint a belső ferde hasizom, ezért részben a hátsó falat is képezi.

Az 5/11. ábrán jól látható, hogy a külső ferde hasizom aponeurosis a lig. inguinaleban összetalálkozik a hasfal belső rétegét képező fascia transversalisszal, és az átmetszeten Y-alakban lefelé folytatódik a comb fascia latájában.

A csatorna külső nyílása (*anulus inguinalis superficialis*) a külső ferde hasizom bőnyéjének a tuberculum pubicum felett elhelyezkedő nyílása, melyet a bőnye szétnyíló rostjai medialisan felül és lateralisan alul egy-egy erősebb rostköteggel (*crus mediale et laterale*) határolnak. Keresztben futó rostok felül és alul lekerekítik a résszerű nyílást. E nyíláson lép elő az ondószinór (nőben a kerek méhszalag), és egy rajtuk fekvő ideg, a *n. ilioinguinalis*.

A csatorna belső nyílása (*anulus inguinalis profundus*) a külső nyílástól lateralisan és felfelé található a hasfal belső oldalán. A lig. inguinalét belső oldalán keresztezi egy arteria, az *a. epigastrica inferior*, amely a szalag alatt a külső csípőverőérből ered, felfelé és medial felé haladva a rectushüvely hátsó fala és a *m. rectus abdominis* közé bújik be. Ez az arteria be van ágyazva a fascia transversalis szövetébe, azaz a lágyékcatorna hátsó falába, sőt pont a canalis inguinalisszal való kereszteződésnél pillérszerű erős szalag: a *lig. interfoveolare* veszi körül. Az arteria és a szalag a fascia transversalis szövetét redőszerűen beemeli a hasüreg felé, ezt a redőt *plica umbilicalis lateralisnak* nevezik. A redő a lig. inguinale fölött két sekély gödröt választ el egymástól. A lateralisabbat (*fossa inguinalis lateralis*) tekintjük a lágyékcatorna belső nyílásának. Ez voltaképpen a fascia transversalis tölcészerű kitérkedése, mely csőalakban kíséri a csatornába itt belépő és a here ereitől kísért ondóvezetékét. A redőtől medialisan fekvő gödör (*fossa inguinalis medialis*) a hasfalnak aránylag gyenge pontja, mert szemben fekszik a lágyékcatorna külső nyílásával.

Fejlődése során a lágyékcatornában halad a here, hogy a hasüregben történt kialakulása után végleges helyére, a herezacskóba kerüljön. A lágyékcatorna arra is alkalmat nyújt, hogy a csatornán keresztül a hasüregből a nagyceplesz vagy ritkábban a belek kerüljenek ki a bőr alá (lágyéksérv, hernia inguinlis) Mind a normális fejlődési folyamatra, mind a lágyéksérvek kialakulásának anatómiai feltételeire még visszatérünk a zsigertan fejezetben.

3.2. A medencefenék izomzata

A medence kimenetét (*apertura pelvis inferior*) két, fasciákkal megerősített izomlemez zárja el úgy, hogy azon a medencét lefelé elhagyó képletek (végbél, hüvely, húgycső, erek és idegek) átjutása biztosítva legyen. A két izomlemez a *diaphragma pelvis* és a *diaphragma urogenitale*. A két izomlemezen kívül harántcsikolt izmokat találunk még a végbélnyíláshoz, ill. a külső nemi szervekhez kapcsolódva, ezek a megfelelő zsigertani fejezetekben kerülnek majd említésre.

Diaphragma pelvis. A medencefenék felső izmos zárórtegét képezi. Egy lapos teknő alakú izomból (**végbélemelő izom**, *m. levator ani*) és azt belülről és kívülről borító fascialemezekből (*fascia diaphragmatis pelvis superior és inferior*) áll.

Az izom rostjai olyan vonal mentén erednek, amely vonal a symphysisistől kb. 1 centiméternyire oldalt indul az os pubison, innen hátrafelé folytatódik a *m. obturator internus* fasciáján (*fascia obturatoria*) és a spina ischiadicáig tart. A fascia obturatorian az eredésnek megfelelően erős inas ív (*arcus tendineus musculi levatoris ani*) található. Az elülső rostok sagittalisan hátrafelé haladnak, majd egy részük kereszteződik az ellenkező oldali rostokkal, és így egy sagittalis irányú nyílást (*hiatus genitalis*) fognak közre a symphysis mögött. A kereszteződött rostok szétválnak, majd hátrafelé ismét kereszteződnek, és így újabb nyílást (*hiatus analis*) hagynak szabadon. Az elülső nyíláson a húgycső (és nőben a hüvely), az utóbbin a végbél halad keresztül. A rostok végül a farkcsont csúcsán tapadnak. A fascia obturatoriától eredő rostok legyezőszerűen összetérve már mind a végbélnyílás mögött haladnak el. Egy részük a farkcsont csúcsa előtt összefonódik a másik oldal hasonló rostjaival. Az összefonódásnál keletkező, a farkcsont csúcsát a végbélnyílással összekötő erősebb kötőszöveti izomvarratot *lig. anococcygeum*nak nevezik. A rostok többsége már hátrább, a farkcsont oldalsó szélén tapad. A spina ischiadicán eredő rostok nagy része elválaszthatatlanul összeszővődik a lig. sacrospinusommal, és így a fark-keresztcsonti átmenet oldalsó széléhez halad. Az izomnak ezt a részét, mint *m. coccygeus*-t, a nomenklaturák elkülönítik. Az izmot belülről és kívülről borító, aránylag vékony fascialemezek erősítik diaphragmaszerű szerepében. A felső fascialemez a medence bonyolult belső fasciarendszerének (*fascia pelvis*) része, és részletes leírására a medencei tájanatómiai viszonyok ismertetése során még visszatérünk.

Összevetve ezt a leírást a csontos szalagos medencéről írottakkal, kitűnik, hogy a medence ürege lefelé három terület kivételével teljesen elzárt. A foramen ischiadicum majust a csípőizmoknál leírandó *m. piriformis* tölti ki nagyjából. Az izom által szabadon hagyott réseken (*hiatus suprapiriformis és infrapiriformis*) erek és idegek haladnak át. A hiatus analisszal ér véget a végbél (*anus*). A *m. levator ani* medialis szárai közötti rést (*hiatus genitalis*) a szeméremcsontok alsó szárai közt kifeszülő *diaphragma urogenitale* hidalja át.

Diaphragma urogenitale. Álló testhelyzetben közel vízszintes (gyengén hátrafelé lejtő) trapéz alakú lemez, amely a szeméremcsontok alsó szárai közt feszül ki. Nagyjából kötőszövetes, de fontos izomrészeket

tartalmazó, elég merev lemez. Felső és alsó fasciaszerű lemezét szokták megkülönböztetni (*fascia diaphragmatis urogenitalis superior et inferior*), melyek között főleg hátsó részében harántul fekvő izomnyalábok töltik ki (*m. transversus perinei profundus*).

Elöl a lemez nem éri el a symphysis alsó szélét, hanem erek és idegek átlépésére hézagot hagy szabadon. Magát a lemezt is több ér fúrja át. A húgycsövet, amely a diaphragma urogenitalét kb. a közepén fúrja át, a harántcsikolt izomrostokból álló *m. sphincter urethrae* gyűrűszerűen veszi körül. Nőben e mögött, a diaphragma harántírásán a hüvely (*vagina*) halad át úgy, hogy fala szorosan összeszövődik a lemez kötőszövetével és izomrostjaival. A diaphragma hátsó szélének közepén a medencefenék több izmának összeszövődése helyén erősebb kötőszövetes csomópont, a *centrum tendineum* keletkezik, amely mintegy az egész medencefenéki izomzat központját képezi. A diaphragma urogenitale a *m. levator ani* elülső része alatt hidalja át a medence kijáratát, és a kettő között a medence fontos, laza kötőszövettel kitöltött rése (*fossa ischiorectalis*) keletkezik. E részletekkel egységesen foglalkozunk még a gát (*perineum*) leírásánál.

Működésük: a medencefenék izmai ugyanannak a csontos ívnek (medence) különböző részein erednek és tapadnak, így működésük nem ízülettel összekapcsolt csontok egymáshoz közelítése vagy távolítása. Működésük lényeges oldala a medencei zsigerek helyben tartása, ezért a zsigertani fejezetben az izomlemez működésére még vissza kell térnünk.

Beidegzés: a medencefenék izmait a keresztcsonti idegfonat ágai látják el.

3.3. A felső végtag izmai

A felső végtag izmait a következő csoportosításban tárgyaljuk:

1. a vállízület mozgását végző izmok;
2. a könyökízület mozgását végző izmok;
3. a csukló- és a kézizületeket mozgató izmok.

A korábban felületes hátizomcsoportba sorolt izmok is az 1. csoporthoz tartozóknak látszanak, de az elhelyezkedésük miatt ésszerűbbnek látszott azokat különválasztani. A 2. csoport izmait **karizmok**nak is hívják. A 3. csoport izmait a klasszikus leírások az izmok elhelyezkedése alapján **alkarizmokra** és **a kéz izmaira** osztják.

3.3.1. A vállízület mozgását végző izmok

Az izmok egy csoportja a mellkason ered, és a vállöv különböző csontjain (*clavicula*, *scapula*, *numerus*) tapad (**thoracohumeralis izmok**). Ezek az izmok főleg rögzítik a felső végtagot, ill. annak nagy kiterjedésű mozgásaiban vesznek részt. Egyesek rögzített felső végtag mellett légzési segédizomként is működnek.

6.2. táblázat - 5/2. Táblázat - Thoracohumeralis izmok

Neve	Alak; részei	Elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Főbb működés	Beidegzés
(1) <i>m. pectoralis major</i> (nagy mellizom)	legyező; p. <i>clavicularis</i> p. <i>sternocostalis</i> p. <i>abdominalis</i>	az elülső mellkasfalán	<i>clavicula med.</i> felén <i>sternum</i> , 2–6. bordaporcon <i>rectushüvely</i> elülső lemezén	a <i>humerus</i> <i>crista tuberculi majoris</i> án	az oldalfelé felemelt (abducált) kart erőteljesen adducálja, befelé rotálja és előrehúzza, légzési segédizom	nn. <i>pectorales</i>
(2) <i>m. pectoralis</i>	majdnem zárt legyező	az előbbi alatt	3–5. borda elülső végén	<i>proc. coracoideus</i>	a lapockát előre- és lefelé	nn. <i>pectorales</i>

minor (kis mellizom)					húzza; főleg rögzíti	
(3) m. subclavius (kulcscsont alatti izom)	vékony orsó	a kulcscsont alatti vályúban	1. borda medialis végén	a kulcscsont oldalsó részén alul	a kulcscsontot rögzíti; csak topográfiai jelentősége miatt (lásd fasc. clavipectoralis), fontos	n. subclavius
(4) m. serratus anterior (elülső fűrészízom)	legyezőszerű nagy körfűrésze emlékeztető csipkéekkel	a mellkas oldalfalára fekszik rá, a lapocka alatt	1–9. bordán alul, a m. obl. ext. abdominisszal alternáló csipkéekkel	a scapula margo medialisán	a lapocka alsó szögletét előre húzza, a cavitas glenoidalisát felfelé fordítja (a kar vízszintes fölé emeléséhez) lapockarögzítő, légzési segédizom	n. thoracicus longus

Az izmok másik csoportja nagyrészt a lapockáról ered, és a numerus proximalis végdarabján tapad (**vállizmok**). Kúp alakú köpeny módján körülveszik a vállízületet, és jelentékeny mértékben hozzájárulnak a bő és laza tokkal bíró ízület összetartásához. Kiterjedtebb bénulásuk esetében a vállízület ízvégei eltávolodnak egymástól, az ízület ún. subluxált (félficam) állapotába kerül. Az izmok önmagukban nem képesek a szabad felső végtagot mozgatni, csak ha a lapockát a felületes hátizmok és a thoracohumeralis izmok rögzítették.

A *thoracohumeralis* izmok részletes leírása az **5/2. táblázatban** található.

A *vállizmok* részletes leírása a **5/3. táblázatban** található meg.

Sulcus deltoideopectoralis. A m. pectoralis major felső-oldalsó széle és a m. deltoideus sekély barázdát, (*sulcus deltoideopectoralis*) fog közre, mely a clavicula alatt kis gödörre mélyül. A felső végtag egyik felületes venája (*v. cephalica*) fut benne.

Hónaljárok (*fossa axillaris*). Elemelt kar mellett a thoracohumeralis izmok néhány vállizmokkal és a m. latissimus dorsi együtt négyoldalú piramis idomú, alapjával a hónalj bőr felé tekintő gödört fognak közre. Ez a hónaljárok (*fossa axillaris*). Elülső falát a m. pectoralis major és minor képezik, az előbbinek alsó széle alkotja az elülső hónaljredőt. A hónaljárok medialis falát a m. serratus anterior alkotja; hátsó falát a m. latissimus dorsi a m. teres majorral, az előbbi alsó széle a hátsó hónaljredőt képezi. Lateralis fala keskeny, kevésbé határozott, a kar flexorainak és a humerus felső részének medialis felszíne képezi. A négyoldalú piramis csúcsa a clavicula és a mellkas közötti rés medialis része felé irányul, alapját a behúzódó hónalj bőr és alatta a mell- és a hátizmok felületes fasciáit összekötő *fascia axillaris* képezi. Ebbe felülről sugárzik be a *fascia clavipectoralis*, amely a claviculán ered, behüvelykezi a m. subclaviust, majd a m. pectoralis minort. A fascia axillaris mintegy odahorgonyozza a kulcscsontoz.

6.3. táblázat - 5/3. táblázat - Vállizmok

Név	Alak (a); elhelyezkedés (e)	Eredés	Tapadás	Főbb működés	Beidegzés
(1) m. deltoideus	(a) háromszögletű (delta) alakú durva rostos, többszörösen	(1) clavicula oldalsó harmadán;	a karcsont tuberositas deltoideján	abducálja a kart, e helyzetben előre-hátra viszi, elülső része	n. axillaris

	bipennatus rostfelépítésű izom (e) a vállat oldalról; előlről és hátulról borítja	(2) acromionon; (3) a spina scapulae, hátul eredő inas lemezzel		előre-, a hátsó hátrafelé rotálja a kart	
(2) m. supraspinatus	(a) rövid vaskos fossa (e) fossa supraspinatában, ina az acromion alatt fut el	fossa supraspinata scapulae	a tuberculum majus humeri felső izombenyomata n, ina összenőtt a vállízület tokjának hátsó felszínével	abducálja és kifelé rotálja a kart	n. suprascapularis
(3) m. infraspinatus	(a) háromszögletű fossa (e) fossa infraspinata	a fossa infraspinata, kihagyva a scapula lateralis szélét és alsó szögletét	a tuberculum majus humeri középső izombenyomata	adducálja és kifelé rotálja a kart	n. suprascapularis
(4) m. teres minor (kis görgeteg)	(a) karcsú orsó (e) az előbbi lateralis széle mentén	margo lateralis scapulae	a tuberculum majus alsó izombenyomata	kifelé rotálja a kart és addukál	n. axillaris
(5) m. teres major (nagy görgeteg)	(a) valamivel erősebb, mint az előbbi izom (e) alul csatlakozik a (3) és a (4) alatti izmokhoz, de a humerus nyakát előlről kerüli meg	angulus inferior scapulae	a crista tuberculi minoris, a m. latissimus dorsi inával együtt	befelé rotálja a kart, adducálja és hátrahúzza	n. subscapularis
(6) m. subscapularis	(a) háromszögletű vaskos izomlemez (e) a lapocka elülső kivájt felszínét tölti ki	a lapocka elülső felszínén	tuberculum minus humeri, ina összenőtt a vállízület tokjának elülső felszínével	befelé rotálja a kart; elősegíti az abducált kar adductióját	n. subscapularis

Lateralis és medialis hónaljrés (*hiatus axillaris lateralis* és *medialis*). A humerus sebészi nyakát hátulról megkerülő m. teres minor és az előlről megkerülő m. teres major V-alakban szétterve, a humerus sebészi nyakának medialis oldalával keskeny háromszög alakú rést fognak közre. A két izom közt áthaladó m. triceps brachii hosszú feje ezt a rést háromszögletű medialis alsó és négyszögletű lateralis felső részre osztja. A medialis hónaljrést (*hiatus axillaris medialis*) a m. teres major et minor és a caput longum m. tricipitis határolják, áthalad rajta az *a. circumflexa scapulae*. A lateralis hónaljrést (*hiatus axillaris lateralis*) az előbbi három izmon kívül még a humerus sebészi nyaka is határolja, előlről hátrafelé átlép rajta a *n. axillaris* és az *a. circumflexa humeri posterior*.

6.4. táblázat - 5/4. Táblázat - Karizmok

Név	Alak (a); elhelyezkedése (e)	Eredés	Tapadás	Főbb működés	Beidegzés
(1) m. biceps brachii	(a) két karcsú feje közül a hosszú rövidebbnek tűnik, orsó alakú, lateralisan fekszik a laposabb rövid fejhez viszonyítva (e) az elülső izomrekesz felületes izma	(1) caput longum a vállízületen áthaladó hosszú ínna a tuberculum supraglenoidálén; (2) caput breve a proc. coracoideuson	hengerded ínna a tuberositas radiin; az ínna medial felé leváltó és a fossa cubitit áthidalva az alkari fasciába sugárzó aponeurosis m. bicipitis brachiiival	a vállízületben mindkét fej anteflectál és befelé rotál; a caput longum abducál, míg a caput breve adducál; a könyökízületet hajlítja, a pronált helyzetű alkart supinálja	n. musculocutaneus
(2) m. coracobrachialis	(a) karcsú, lapos (e) az előbbi rövid feje alatt	proc. coracoideus	a humerus medialis élén, közepétől felfelé	anteflectálja, adducálja és befelé rotálja a kart	n. musculocutaneus, mely átfúrja az izmot
(3) m. brachialis	(a) széles, elülső felszínén lelapult (e) a m. biceps alatt a három fej együtt a	szélesen a humerus elülső felszínén	tuberositas ulnae	tiszta könyökhajlító	n. musculocutaneus
(4) m. triceps brachii	humerus hátsó felszínét körülölelő félhengert képez	(1) caput longum a scapula tuberculum infraglenoidáléja n; (2) caput laterale a humerus sulcus n. radialisától oldalt és proximal felé eső hátsó felszínén; (3) caput mediale ugyanott a sulcus n. radialistól lefelé és medial felé eső területen;	olecranon ulnae	a könyök extensora, hosszú feje a kart hátrahúzza	n. radialis
(m. anconcus)	a caput laterale különvált része, mely lecsúszott az alkarra	epicondylus lateralis humeri	az ulna lateralis felszíne, az olecranonon és alatta	könyökextensor	n. radialis

Nyálkatömlők. A válltájékon több, gyakorlati szempontból fontos nyálkatömlő található. Legnevezetesebb és legtöbbször okoz súlyos panaszt a *bursa subdeltoidea* a tuberculum majus és a deltaizom közt. Az acromion alatt a m. supraspinatus inának mozgásait biztosítja a *bursa subacromialis*; a vállízület tokjára ráhúzódó m. subscapularis és m. infraspinatus, valamint a tok között rendszerint szintén van egy-egy hasonló bursa.

A thoracohumeralis izmok légzési segédizmokként is működhetnek. Rögzített karok mellett a bordákon eredő thoracohumeralis izmok, azaz a m. pectoralis major, m. pectoralis minor, m. serratus anterior a bordákra emelő hatással bírnak, tehát hozzájárulnak a belégzéshez. A nehézlélegzésben szenvedő betegek szinte maguktól jönnek rá, hogyha az ágyban félig ülő helyzetben erősen megfagódnak az ágy szélében, a légszomjukat csökkenteni tudják. Ilyenkor, minden anatómiai tudás nélkül, a thoracohumeralis izomcsoport említett tagjait használják fel a belégzés fokozására. Egyéb izmok működése is koordinált a légzéssel: pl. a m. nasalis pars alaris – az orrszárnyat mozgató (orrnylást tágító) izom – és a hangrést tágító m. cricoarytenoideus posterior. Ezek a légutak szűkebb szakaszainak tágításával segítik elő a légzést. Emberben az orrszárnyi légzés normális körülmények közt nem vehető észre, de nehézlélegzésnél, főleg csecsemőben és kisgyermekben a jól látható módon fellépő orrszárnyi légzés figyelmezteti az orvost a nehézlélegzésre.

3.3.2. A könyökízület mozgását végző izmok (karizmok)

A **karizmok** flexor és extensor csoportra oszthatók. Az előbbieket a kar elülső, az utóbbiak a kar hátsó felszínén, külön-külön izomrekeszben találhatók. A vállízületre gyakorolt hatásuk minimális. A karizmok jellemző adatait az **5/4. táblázat** tartalmazza.

A m. biceps brachii hosszú fejének eredő ina a vállízületben a rostos és a synovialis tok között fut, az utóbbitól szinte teljesen körülvéve. Az ízület üregét elhagyva, az ín átfúrja a rostos tokot. A synovialis tok 1-2 mm hosszan az ízület üregén kívül is kíséri az inat (*vagina synovialis intertubercularis*), majd egy tartalékredőt képezve visszafordul a rostos tok belső felszínére. Így az ízületi üreg sehol sem nyitott, a tartalékredő pedig lehetővé teszi, hogy az ízület helyzetétől függetlenül az izom szabadon tudjon működni.

A kar izomrekeszei. A karizmokat szorosan körülvevő *fascia brachii* két izom közti sövényt bocsát a humerus medialis és lateralis éléhez (*septum intermusculare brachii mediale et laterale*), amelyek az elülső flexorokat a hátsó extensoroktól teljesen elválasztják. Az izom közti sövényeken a m. brachialis és triceps sok izomnyalábjára ered, úgyszintén a felületes radialis helyzetű alkarfeszítők közül is több. Topográfiai szempontból fontos, hogy a m. biceps medialis oldalán a fascia brachii-től takartan egy sekély barázda keletkezik (*sulcus bicipitalis medialis*), amelyben a kar fontos ér- és idegkötege fekszik.

3.4. A csukló- és kézizületeket mozgató izmok

3.4.1. Alkarizmok

Az **alkarizmok** két antagonista izomcsoportot képeznek: a kéz és az ujjak flexorait és extensorait. Elhelyezkedésük azonban nem olyan egyszerű, mint a karon, ti. hogy a flexorok volarisán és az extensorok dorsalisán lennének. Az extensorok ugyanis körülvéve az radiust, ennek volaris oldalára is átnyúlnak, míg a flexorok tömege inkább az ulna körül csoportosul. Ezt eredésük okozza, mely némi sematizálással úgy fogalmazható meg, hogy a flexorok tömege a humerus epicondylus medialisáról, az extensoroké az epicondylus lateralisról ered. Ez ugyan – mint az **5/5. és az 5/6. táblázatból** kiténik – nem egészen igaz, de működésük megértéséhez elég.

Az izmok pontos elhelyezkedését és topográfiai szerepét az alkar keresztmetszetén tanulmányozzuk (**5/13. ábra**). A flexorok két réteget alkotnak, felületest és mélyet, amelyek mindegyike ismét két részre oszlik. Az extensorok szintén felületesekre és mélyekre oszlanak. Az utóbbiak (az 5/6. táblázat 8., 9., 10., és 11. izma) inai azonban az alkar alsó harmadában a felszínre törnek, s a felületes izmokat radialis (1., 2., 3.) és ulnaris csoportra (4., 5., 6.) választják szét.

Könyökárok (*fossa cubiti*). A könyökárkot a kar flexorai, valamint az alkar flexorai és extensorai hozzák létre a könyöktájékon elülső oldalán. Lefelé tekintő csúcsú háromszög alakú gödör, amelynek felfelé éles határa nincsen, lefelé fokozatosan mélyül.

Alapját a m. brachialisnak a könyökízület előtt elhaladó és az ulna tuberositasán tapadó része képezi. Ulnar felől határáz az alkarflexorok, elsősorban azok legradialisabb tagja, a m. pronator teres két eredése, alatta a m. flexor digitorum superficialis eredéseit összekötő inas ív képezi. Radial felől az alkar extensorai, a m. brachioradialis, alatta a m. extensor carpi radialis longus széle és a gödör fenekén a m. supinator eredése határolják. A m. biceps izomhas-ín átmenete bizonyos mértékig felülről lezárja, de az izmot két szélén határoló sulcus bicipitalis medialis et lateralis egyenesen beletorkollik a könyökárokba. A biceps ina a könyökárkot két, valamivel nagyobb, medialis és szűkebb, lateralis részre osztja. Medial felé az alkar flexorok fasciájába besugárzó *aponeurosis m. bicipitis* a könyökárok medialis rekeszét a felszín felé lezárja.

6.5. táblázat - 5/5. Táblázat - Alkarflexorok

	Név	Elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Főbb működések	Beidegzés
FELÜLETES	(1) m. pronator teres	a felületes réteg legradialisabb tagja, a fossa cubitit határolja; két eredése közt átfúrja a n. medianus	epicondylus medialis humeri és az ulna proc. coronoideusa	a radius testén a középtől kissé feljebb	az alkart pronálja, a könyököt hajlítja	n. medianus
	(2) m. flexor carpi radialis	a felületes réteg második tagja (ulnar felé végig felületes marad); kúpszerűen összeszorított ujjak mellett a csukló volaris inai közt a legradialisabb kiemelkedést okozza	epicondylus medialis humeri	a canalis carpin áthaladva ina a II. metacarpus basisán tapad	a könyökizületben hajítás és pronatio; a flexor carpi ulnariszal a kéztő volarfectálja, az extensor carpi radialisokkal együtt a kéztőt radialisan abducálja	n. medianus
FELÜLETES	(3) m. palmaris longus	a felületes réteg harmadik tagja, gyakran (25%) hiányzik; kúpszerűen összeszorított ujjak mellett a csuklótájékon ina zsinegszerűen kiugrik	epicondylus medialis humeri	ina a canalis carpi felett belesugárzik az aponeurosis palmarisba	az aponeurosis palmaris megfeszítésével elősegíti a tárgyak biztos megragadását	n. medianus
	(4) m. flexor carpi ulnaris	a felületes réteg legulnarisabb tagja, az ulna medialis oldalát foglalja el	epicondylus medialis humeri és az ulna medialis felszínén az olecranontól az ulna közepén túl	az os pisiforme közvetítésével az V. kézközépcsont basisán és ulnaris kéztőn (os hamatum); az ina megfeszített izom mellett a csukló volaris ulnaris szélén kitapintható	a kéztőt a flexor carpi radialiszal együtt volarfectálja, az extensor carpi ulnariszal együtt ulnar felé abducálja	n. ulnaris, az ideg a két eredő fej között lép be az izom alá

	(5) m. flexor digitorum superficialis	a felületes réteg egyetlen mélyebb tagja, alsó felszínéhez rögzülve fut a n. medianus	az epicondylus medialis humeri és a tőle a proc. coronoideus ulnaehoz, majd a radius teste proximalis részéhez húzódó inas íven; az ív alá lép be az ulnaris és a n. medianusa.	négy ínra válva II–V. ujj középső perceinek basisán, inai a canalis carpiiban felületesen haladnak át	a II–V. ujj flexora	n. medianus
	(6) m. flexor pollicis longus	a mély réteg medialis tagja	a radius volaris oldalán, kis nyalábot vesz fel az előbbi izom numerusból eredő részétől	a hüvelyk körömpercének basisán; a canalis carpi mélyén radialisan fut külön inahüvelyben, amely az inat tapadásig kíséri	a hüvelyk flexora, addukál és oppositót eredményez	n. medianus
MÉLY	(7) m. flexor digitorum profundus a radius testén a középtől kissé feljebb	a mély réteg ulnaris tagja, a felületes ujjhajlító alatt fekszik, mellyel közrefogja a n. medianust, a kettő által ulnaris anatómiai vályú és a medial felől rájuk fekvő m. flexor carpi ulnaris az ulnaris ér-ideg köteget zárja közre	az ulna elülső felszínén a tuberositástól a distalis negyedig, valamint a csontközi hártán	a II–V. ujj körömpercének basisán négy ina a canalis carpi mélyében halad a felületes ujjhajlító inak alatt, velük közös inahüvelyben	a II–V. ujj flexora	n. medianus et ulnaris
	(8) m. pronator quadratus	négyszögletes, lapos izom, a mély réteg distalisan legmélyebb fekvésű tagja	az ulna distalis részének medialis szélén	a radius distalis részének volaris felszínén	az alkar pronatora	n. medianus

6.6. táblázat - 5/6. táblázat - Alkarextensorok

	Név	Elhelyezkedé	Eredés	Tapadás	Főbb	Beidegzés
--	-----	--------------	--------	---------	------	-----------

		s			működés	
Felületes radialis csoport	(1) m. brachioradialis	a felületes fesztők radialis csoportjának legradialisabb tagja; nagyobbára a volaris oldalon helyezkedik el, oldalról határolja a fossa cubitit	a humerus oldalsó részén az epicondylus lateralis felett	a proc. styloideus radiin	helyzetéből következtetve könyökhajlító, a supinált alkart pronálja a középső helyzetig; elektromiográfiai vizsgálatok alapján inkább ízületstabilizáló izom, azaz ellentétes irányú mozgásokban (pl. flexio és extensio) egyaránt részt vesz	n. radialis
	(2) m. extensor carpi radialis longus	az előbbtől részben takartan és kissé hátra, ulnar felé fekszik	a humerus epicondylus lateralis felett	a II. metacarpus basisán a kézháti oldalon	dorsalflectálja a kezét az extensor carpi ulnariszal; a flexor carpi radialiszal radial felé abdukál	n. radialis
	(3) m. extensor carpi radialis brevis	az előbbtől ulnaris; a felületes fesztők radialis csoportjának legulnarisabb tagja	epicondylus lateralis humeri	a III. metacarpus basisán dorsalisán	a kéz dorsalflexiója	n. radialis
	(4) m. extensor digitorum	a felületes fesztők ulnaris csoportjának legradialisabb tagja	epicondylus lateralis; több rostnyaláb az erős dorsalis alkar fasciáról	négy ínra válva a II-V. ujj dorsalis oldalán a közép- és körömperc basisán (lásd részletesen az ujjak inainál)	az ujjak extensora	n. radialis
	(5) m. extensor digiti minimi	az előbbi izom része, mely distal felé önállósítja magát	epicondylus lateralis humeri	az V. ujj dorsalis inába megy át	az V. ujj extensora	n. radialis
	(6) m.	a felületes	epicondylus	az V.	a m. extensor	n. radialis

	extensor carpi ulnaris	feszítők ulnaris csoportjának utolsó (legulnarisabb) tagja	lateralis humeri; felületes alkarfascia; az alkar dorsalis felszíne	metacarpus basisának dorsalis oldalán	carpi radialisokkal együttműködve dorsalfectálja a kezet, a m. flexor carpi ulnarisszal ulnarisan abdukál	
	(7) m. supinator	a mély fesztők legproximalisabb tagja, a felületes extensorok ulnaris csoportja eredő részei alatt fekszik	epicondylus lateralis humeri, a könyökízület tokja; az ulna lateralis része proximalisan	a radius nyakára és felső részére volar felé rácsavarodva, annak elülső felszínén a m. pronator tapadásáig	az alkar supinatora	n. radialis; az ideg mély ága az izmot rostjaira merőleges lefutású spirális csatornában átfúrja
	(8) m. abductor pollicis longus	a felületre törő mély extensorok (legproximalisabb és legradialisabb) tagja; ez és a következő (9) izom keresztezi és leszorítja a felületes extensorok radialis csoportjához tartozó izmok inait	az ulna középső harmadán dorsalisán és a csontközi hártán	a hüvelyk metacarpusának basisán	nevének megfelelő; a kéztő mozgásaiban sokoldalú korrekciós, ill. izülettrögztítő szerepű	n. radialis
Mély réteg	(9) m. extensor pollicis brevis	az előbbihez közvetlenül csatlakozik distalisan; az izomhasat nehéz az előzőétől elválasztani	a membrana interossea és a radius középső és alsó harmada határán	a hüvelyk alappercének basisán	a hüvelyk extensora és abductora	n. radialis
	(10) m. extensor pollicis longus	az előbbiekhez distalisan csatlakozik, de meredekebben száll lefelé, lejjebb a radius distalis végdarabja	az ulna középső harmada; csontközi hártya	a hüvelyk körömpercének basisán	a hüvelyk extensora, a carpometacarpalis ízületben abducáló hatású	n. radialis

		felett válik felületessé, a csuklóízület szintjében keresztezi felülről a m. ext. carpi radialisok inát				
	(11) m. extensor indicis	a mély fesztők legdistalisabb tagja az előbbivel párhuzamos	az ulna alsó részén	csatlakozik a II. ujj dorsalis inához	a II. ujj extensora	n. radialis

Az alkarizmok kézre kifutó inai a volaris oldalon egy közös csatornában haladnak (*canalis carpi*), míg a dorsalis oldalon hat különálló rekeszben.

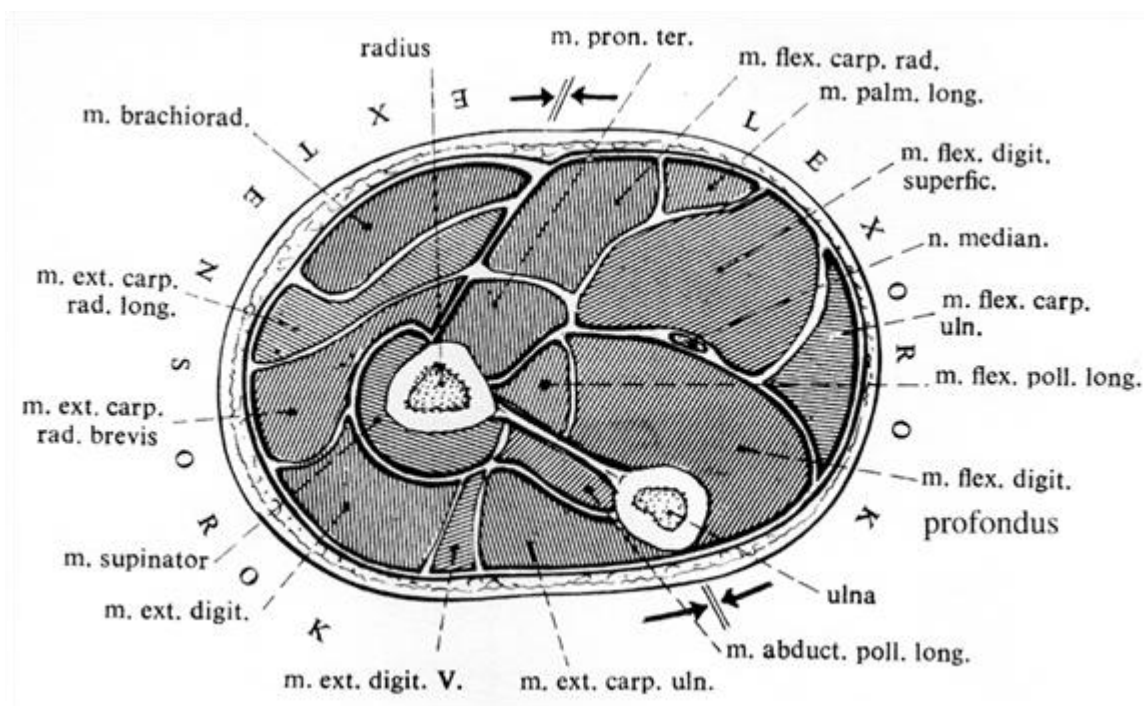
Canalis carpi. A kéztőnél már leírt csontos-szalagos csatornában az alkar hajlító izmainak inai haladnak át, két izom inának kivételével (m. palmaris longus, m. flexor carpi ulnaris). Az alkar ér–ideg képletei közül csak a *n. medianus* halad a canalis carpiban, felületesen a m. flexor carpi radialis és a flexor digitorum superficialis II. ujjhoz menő ina közt.

A canalis carpiban haladó valamennyi inat ínhüvely veszi körül. Összesen három ilyen ínhüvely van: a m. flexor carpi radialis önálló ínhüvelye, amely a csatorna distalis részében szorosan belefekszik az os scaphoideum és trapezium erre szolgáló barázdájába; a m. flexor pollicis longus külön ínhüvelye; a m. flexor digitorum superficialis et profundus inainak egy közös ínhüvelye (*vagina synovialis communis musculorum flexorum*). Ez utóbbi a kisujjhoz menő inak mentén végigkíséri az inakat tapadásukig.

A tenyéren található ínhüvelyek orvosgyakorlati jelentőségét már Hippokratész ismerte, aki kiemelte, hogy a kisujj és a hüvelyk volaris gyulladással járó folyamatai (*panaritium*) különösen veszedelmesek, ti. ezen ujjak ínhüvelyei közlekedvén a kéztő ínhüvelyével, gennyes megbetegedéseik ráterjedhetnek a kéztőre, ami az akkori viszonyok mellett végzetes volt.

Dorsalis carpalis inak és hüvelyek. Az alkarfesztőknek a kézhátra leszálló inait erős kötőszövetes áthidalás, a *retinaculum extensorum* rögzíti az alkarcsontok distalis részéhez és a kéztőízület dorsalis felszínéhez. A *retinaculum extensorum* különálló rekeszeket hoz létre egyes inak vagy csoportjaik számára, ezzel biztosítva a csukló mozgásai ellenére állandó áthaladási helyüket és ezzel állandó húzási irányukat. A rekeszeket elválasztó pillérek a radius dorsalis felszínén feltűnő inbarázdák közti csontléceken rögzülnek. Az inakat a rekeszeken való áthaladásuk közben és még ezen túl distalis felé terjedő szakaszukon is ínhüvelyek veszik körül. A dorsal carpustájékon hat ínrekesz és hat ínhüvely található: radial felől az első rekeszben a m. abductor pollicis longus és extensor pollicis brevis ina halad. A második és a harmadik rekesz egymást keresztezi, a másodikban a m. extensor carpi radialis longus et brevis inai haladnak mélyebben, a harmadikban a m. ext. pollicis longus ina. A negyedik – legnagyobb – rekeszben a m. extensor digitorum és extensor indicis inai, az ötödikben a m. extensor digiti minimi és a hatodikban a m. extensor carpi ulnaris ina halad.

Foveola radialis. A hüvelyk abductiójakor és extenziójakor a csukló radialis oldalán a m. extensor pollicis brevis és abductor pollicis longus inai radial felől, és a m. extensor pollicis longus ulnar felől ráncban kiemeli a bőrt. A két ránc közt keletkező gödör a foveola radialis, amelyet hívnak tabatiére-nek is, mert a dohányzás előtti, sokkal ártalmatlanabb tubakolásnál a „burnót” felszippantásához ide töltötték a csipetnyi port.



5/13. ábra. Az alkar átmetszete valamivel a közepe felé

Az **alcar izomrekeszei** nem különülnek el oly világosan, mint a karon találhatóak. Az alcar fasciája a dorsalis oldalon főleg proximalisan igen erős, és az alcar ulnarisabb extensorai is erednek róla. Az ulna dorsalis élével végig össze van nőve. A volaris oldalon a radiális képleteket kísérő lemez nem határozott sővény, hanem inkább laza kötőszövet tömörülése, amely folytatódik mind a flexorok, mind az extensorok két fő rétege közé (5/13. ábra).

3.4.2. A kéz izmai

A kéznek csak a tenyéri oldalán vannak izmok. A csont közötti izmok teljesen kitöltik a metacarpuscsontok közötti hézagokat; de nem terjednek át a kézháti oldalra, legfeljebb erős összehúzódásukkor kissé bedomborodnak a kézhát felé.

A tenyér izmait felosztjuk:

1. a hüvelykpárna (thenar),
2. a kisujjpárna (hypothenar) és
3. a tenyérközép (mesothenar) izmaira, ill. inaira.

(1) **A hüvelykpárna izmai (thenarizmok)**. Ahüvelykpárna a kéz és a láb két-két analóg izomcsoportja közül az egyetlen, amely teljes izomgarnitúrával rendelkezik. A szélső ujjak mozgását ugyanis metacarpusukat dorsal felé hiányos kúppalást alakjában körülvevő rövidebb, de elég erős izmok biztosítják. Egy teljes ilyen „izomkúp” négy izomból áll: abductorból, opponensből, flexorból és adductorból. Csak a hüvelykujjon teljes a garnitúra. A thenarizmok a radiális kéztőcsontokon és szalagkészülékükön erednek, volar felé erősen elődomborodó valódi izompárnát képeznek, amely az izmok összehúzódásából folyó és nevükben kifejezett működésükön kívül nélkülözhetetlen a tárgyak biztos megragadásához; ez képezi a tenyér satuszerű működésének egyik „pofáját”. Ezek az izmok az opponens kivételével, amely a metacarpus egész hosszában tapad, a metacarpophalangealis ízület tokjában volarisán beépített két lencsecsonton tapadnak.

A legfelületesebb izom a *m. abductor pollicis brevis*, alatta radialisan a *m. opponens pollicis*, ulnarisán a *m. flexor pollicis brevis* található, amely utóbbinak két (mély és felületesebb) feje vályúszerűen magában fogadja a *m. flexor pollicis longus* in hüvelybe zárt inát. Legmélyebben, már a tenyérközépbe benyúlva, a *m. adductor pollicis* helyezkedik el, amelynek ferde feje az os capitatumról és szalagjairól ered, harántfeje pedig a III. metacarpus egész hosszában, a két részlet közösen tapad a hüvelyk ulnaris lencsecsontján.

Beidegzés: a *m. adductor pollicis* és a *m. flexor pollicis brevis* mély részét a *n. ulnaris* látja el. A thenar többi izmának motoros idege a *n. medianus*.

(2) A **kisujjpárna izmai** (*hypothenarizmok*). Akisujjpárna izomzata a hüvelykpárna izmaihoz hasonló felépítésű. Tagjai: a felületes *m. abductor digiti minimi*, alatta radialisan a *m. flexor digiti minimi* és ulnarisabban a *m. opponens digiti minimi*. A kisujj adductióját az egyik volaris interosseus izom végzi (lásd később).

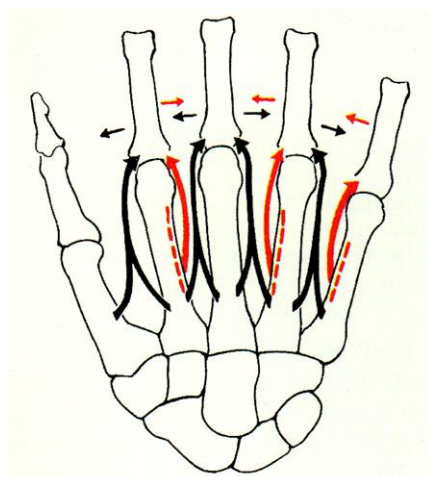
Az izmok az os pisiformén, valamint a hamulus ossis hamatin és szalagaikon erednek, a kisujj metacarpophalangealis ízületéhez ulnarisán hozzáfekvő sesamcsonton, illetve az opponens az V. ujj metacarpusán tapad. Az izmok a kisujjat mozgatják.

Beidegzésük: *n. ulnaris*.

(3) A **tenyérközép izmai** (*mesothenar izmai*). Tenyérközépnek a lig. carpi transversumtól distal felé szélesedő és a szétterő hüvelyk- és kisujjpárnák által kétoldalt határolt területet nevezzük, amelyet distal felé az ujjak töve zár be. Felületesen főleg a tenyér aponeurosisát és az alkar közös ujjhajlítóinak inait tartalmazza; izmai a terület mélyebb rétegét képezik.

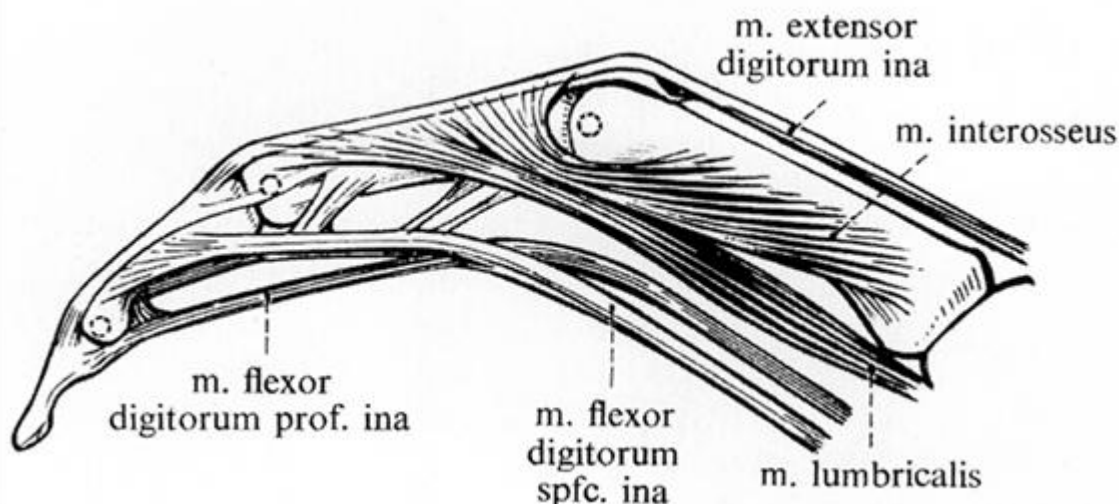
Gilisztaizmok (*mm. lumbricales*). Négy ilyen izom van, az első a mutatóujj hoz menő mély flexorin radialis oldalán ered, és vékony cérnaszerű ina ugyanezen ujj radialis oldalán a kézháti oldalra áthajolva az ujj dorsalis inán tapad. A többi gilisztaizom sorban a III., IV. és V. ujjhoz menő mély flexorinak szétágazási szögletében ered, és az articulatio metacarpophalangeát radial felől megkerülve a III., IV. és V. ujj dorsalis inas lemezében tapad. Az első kettőt a *n. medianus*, a két ulnarist a *n. ulnaris* idegzi be. A gilisztaizmok érdekessége, hogy inról erednek és egy másik ínra tapadnak, miközben áthidalnak egy ízületet. Működésük, így az articulatio metacarpophalangea flexiója, és az extensor ín meghúzásával az interphalangealis ízületek extenziója. Az sem zárható ki, hogy az izmok nem is annyira az ízületekben okoznak elmozdulást, mint inkább az ujjak helyzetéről és főleg a rájuk gyakorolt feszítőerőkről tájékoztatják az idegrendszert. Erre utalhat a *mm. lumbricales* gazdag érzőideg-ellátása.

Csont közti izmok (*mm. interossei*). Az ujjhajlító inai alatt a tenyér legmélyebb rétegében találjuk a kéz csont közötti izmait. Ezekből összesen hét van, mégpedig három *m. interosseus volaris* és négy *m. interosseus dorsalis*.



5/14. ábra. A kéz interosseus izmainak vázlata. Az ábrából könnyen leolvasható az interosseus volaris izmok (piros) és az interosseus dorsalis izmok (fekete) eredési, tapadási és működési viszonyai

A volaris csontközi izmok unipennatus jellegűek, amelyek mindig egy metacarpus testének egyik oldalán erednek, és ugyanazon ujj ugyanazon oldalán az ujjfeszítő inakon tapadnak. Az első a mutatóujj metacarpusának ulnaris oldalán ered, és ugyanezen ujj ulnaris oldalán hajlik át a dorsalis oldalra, s ina lapos háromszögletű lemezt alkotva belesugárzik a mutatóujj feszítő inába, ennek ulnaris oldalán (5/14. ábra). A második a IV. ujj radialis oldalán ered, és ugyanezen ujj radialis oldalán ugyanígy tapad, hasonlóképpen a harmadik az V. ujj radialis oldalán ered, és ugyanezen ujj radialis oldalán tapad.



5/15. ábra. Az ujjak hajlító, feszítő, interosseus és lumbricalis izmainak tapadása. Figyeljük meg a m. interosseus és lumbricalis tapadási helyét a metacarpophalangealis és interphalangealis ízületek tengelyéhez viszonyítva

A dorsalis csontközi izmok bipennatus jellegű izmok, amelyek valamennyi metacarpuscsont egymás felé tekintő oldalán erednek, majd rostnyalábjaik egy középső ínba konvergálnak. Az inak a volarisokéihoz hasonlóan viselkednek, mégpedig: az első dorsalis interosseus a mutatóujj radialis oldalán, a második a III. ujj radialis, a harmadik a III. ujj ulnaris, a negyedik a IV. ujj ulnaris oldalán tapad az ujjfeszítő ínra. Az izmok lefutását sémásan az 5/15. ábra mutatja.

Fő működésük az 5/14. ábrából könnyen megérthető; a dorsalisak az ujjakat szétterpesztik, helyesebben az első és a negyedik dorsalis csont közti izom a mutató- és a gyűrűsujjat távolítja a III. ujjtól, míg a második és a harmadik izom ezt az ujjat ide-oda hajlítja, illetve mereven rögzíti. A volarisok viszont fordítva: a mutató- és a gyűrűsujjat a harmadikhoz és a kisujjat a gyűrűsujjhoz zárják, tehát adductorok. Látjuk, hogy a hüvelykujjon interosseus nem tapad, de ennek van a thenarban saját abductora és adductora. (Az első interosseus dorsalisnak a hüvelyk metacarpusán eredő része hozzájárul a mutató- és a hüvelykujj összehúzásához.) A kisujjnak pedig saját abductora végzi a távolítást, míg a közelítést a harmadik volaris interosseus. Így minden ujjat végül is a tenyér síkjában mindkét irányban eltérít egy-egy izom.

Nem tűnik ki az előbbi sémából az interosseusok egy másik fontos és az emberre specifikus működése. Az 5/15. ábrán látszik, hogy a mm. interossei inai a metacarpophalangealis ízületek tengelyétől volarisán haladnak el és érik el az ujjfeszítő inat. Logikusan tehát az ujjakat a metacarpophalangealis ízületben hajlítják, viszont a feszítő ín meghúzásával a két interphalangealis ízületet feszítik. Ezzel az ujjakat az ún. „hegedűvonó-tartásba” hozzák. Ez biztosítja egyúttal, hogy nyújtott ujjainkat tudjuk szembehelyezni a hüvelykkel, és ezzel válik kezünk alkalmassá csipeszszerű finom mozgások végzésére.

Valamennyi interosseus izmot a *n. ulnaris* mély ága idegzi be.

Aponeurosis palmaris. A *m. palmaris longus* tenyérbe belépő inának legyezőszerű, háromszögletű szétsugárzása. Ha hiányzik ez az izom, az aponeurosis változatlanul megvan, de a *retinaculum flexorum*-ról veszi eredetét. Csak a mesothenarban megfelelően igazi aponeurosis, a hüvelyk- és a kisujjpárna elvékonyodva fasciaszerűen húzódik rá. Hosszanti rostkötegei sugaras irányban az ujjak volaris felszínén folytatódnak; az ujjtövektől kissé proximálisabban harántul futó kötegek tartják össze. Az aponeurosis oldalsó részéről kis lapos izom (*m. palmaris brevis*) sugárzik a *hypothenar ulnaris* szélének bőréhez. Az aponeurosis palmaris jelentősége a tenyérben futó inak, erek és idegek mechanikai védelmében áll.

Régebben főleg az asztalosok foglalkozási betegsége volt az aponeurosis palmaris zsugorodása (ún. Dupuytren-contractura), amelyet a gyalu sarka (ill. véső) által évtizedeken át okozott mechanikai traumák okoztak; ma ritka és nem traumás eredetű.

Az ujjak inai és ínhüvelyei. A II–IV. ujjhoz tartozó ujjhajlító izmok inai az ujjak tövétől kezdve tapadásukig ínhüvelyekbe burkoltan az ujjak volaris oldalán futnak. A hüvely- és kisujj inait carpalis ínhüvelyük végigkíséri tapadásukig.

Minden ínhüvely két rétegből áll: a külső, rostos (*vaginae fibrosae digitorum manus*) és a belső, synovialis (*vaginae synoviales digitorum manus*) rétegből (5/2. ábra). Az utóbbi elemi felépítéséről már az általános izomtanban szóltunk. A proximalis phalanx közepe táján a felületes ujjhajlító ín szétválik, a két ínrészt között átbújik, azaz felszínessé lesz a mély ujjhajlító ina. A felületes ujj hajlító inának két szára először hengerköpenyszerűen fogja körül a mély hajlító inat, majd az első interphalangealis ízület magasságában a mély ín alatt a szárok kereszteződnek (*chiasma tendinum*), és a középperc basisán tapadnak. A mély ujjhajlító inak továbbfutnak, és a körömperc basisán tapadnak. Az ínhüvelyek felületes falának eltávolítása és az inak igen óvatos felemelésekor (ez az, amit élőben az ínhüvely műtéti feltárásakor semmi körülmények között sem szabad megtenni) jól láthatók a mesotendineum selyempapírfoszlányaira emlékeztető szalagai (*vincula tendinum*), amelyek az ínhüvelynek a csontokhoz és az ízületi tokokhoz hozzáfekvé faláról hozzák az inak nélkülözhetetlen tápláló ereit. Ha ilyenkor meghúzzuk az inakat, megfigyelhetjük, hogy a vinculák elég hosszúak ahhoz, hogy kövessék az inaknak az ujjak hajlításakor és feszítésekor jelentkező elmozdulásait.

A közös ujjfeszítő izom négy részre vált inait a kézháton rézsútos hidak kötik össze. Ezek a kötegek akadályozzák az ujjak önálló, a többi ujjtól független mozgását (a legnagyobb nehézséggel a IV. ujj mozgatható, a legmozgékonyabb a II. ujj). A II. és az V. ujj önálló extensorizmának az ina az ujjak tövénél csatlakozik a közös ujjfeszítő megfelelő inához.

A proximalis ujjperc magasságában a feszítő inak háromszögletű, aponeurosiszerű lemezekké szélesednek ki, amelyek hengerpalást formájában borítják az ujjperc dorsalis, medialis és lateralis felszínét. Ebben a lemezben tapadnak proximalisan az interosseus izmok, distalisabban a mm. lumbricales inai (5/15. ábra). Az aponeurosis distalis irányban elkeskenyedő csúcsa három nyalábra válik szét a proximalis interphalangealis ízület magasságában. A középső nyaláb a középső ujjperc basisán tapad. A két szélső nyaláb összetalálkozik, és együttesen tapad a distalis ujjperc bázisán.

Az ujjak és a tenyér bőr alatti kötőszöve. Ez a kérdés nem tartozik szorosan ide ugyan, mégis a kéz mozgásaival való szoros kapcsolata miatt itt tárgyaljuk. Míg a bőr más testrészekben általában nem rögzül szorosan alapjához, a tenyér és az ujjak volaris felszínén a bőrnek alapjához való elasticus rögzítése mind mechanikai szempontból, mind a tapintás érdekében fontos követelmény. A tapintás finomságához és a tárgyak alakjának, méreteinek stb. megítéléséhez szükséges, hogy a bőrben levő idegvégződés helye a kéz vázához viszonyítva aránylag állandó legyen.

Bármilyen tárgyat csak úgy tudunk biztosan megragadni, ha a bőr némileg idomul ugyan a megfogott tárgy alakjához, de egyúttal az izmok erejét átvivő csonthoz viszonyítva nemigen mozdul el. Ennek megfelelően a bőrt függőleges kötőszöveti sővények kötik a tenyéren az aponeurosis palmarishoz. Még határozottabban nyilvánul meg ez a körömpercen, ahol az ujjbegy bőrét az említett függőleges sővények a körömperc patkó alakú érdességéhez kötik. A sővények által kocka alakú rekeszekre szabdaltnál bőrt alatti kötőszövetet zsírszövet tölti ki, mely elasticus töltőanyagként tartja feszesen az ujjbegyeket. A körömök fontossága mechanikailag az, hogy az ujjbegyeknek erős háttámaszt adnak.

Orvosi szempontból fontos, hogy a bőrre merőleges kötőszöveti sővények az ujjbegyekben levő fertőzőési folyamatokat a mély felé terelhetik, emiatt gyakoriak az ujjakon a mélybe hatoló gennyedések (*panaritiumok*).

Különböző izomcsoportok idegellátásából válik érthetővé a felső végtag nagyobb idegeinek bénulási képe.

A *n. radialis* idegzi be a kar és az alkar összes extensorait, ennek az idegnek a bénulása lehetetlenné teszi a könyök, a csukló és az ujjak aktív feszítését, viszont a hajlításuk lehetséges. Az extensor izomtömegek sorvadtak.

A *n. medianus* bénulásának jellemző következménye az alkari flexor izomtömeg erős reductiója, bár itt a *n. ulnaris* által részben beidegzett mély ujjhajlító révén bizonyos ujjhajlító működés a IV–V. ujjon megmarad. A thenarizmok nagyobb részének erős sorvadása miatt a kéz a majmok gyenge hüvelykű kezéhez válik hasonlóvá (ún. „majomkéz”).

A *n. ulnaris* bénulása az alkaron kevésbé jelentkezik, mert ott csak a flexor carpi ulnarist látja el teljesen. Annál feltűnőbb a kézen, ahol az interosseusok sorvadása folytán a kézhát bőre a spatium interosseumnak megfelelően mélyen beesik („csontvázkezd”), a hüvelyk távolításán kívül az ujjak közelítése és távolítása lehetetlenné válik,

és az interosseusok kiesése folytán nyújtott ujjak alappercben való behajlítási lehetősége („hegedűvonó-tartás”) megszűnik. Ezzel a kéz, bár az ujjaknak mind hajlítása, mind feszítése megtartott, a madárláb tartására válik emlékeztetővé – ún. „karomtartás” (ti. a metacarpophalangealis ízület feszített, az interphalangealisok hajlított állapotba kerülnek).

6.7. táblázat - 5/7. táblázat - Belső csípőizmok

Név	Alak (a); elhelyezkedés (e)	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. iliopsoas (a) m. psoas major (nagy horpaszizom)	(a) hosszú hengerded (e) az ágyéki gerinc csigolyatesteinek két oldalán, majd a medence linea terminalisa előtt húzódik lefelé és előre	a 12. hát- és 1–4. ágyékcsigolya testén és proc. costariusán	trochanter minor femoris; a hasüregből a lig. inguinale alatti hiatus subinguinalison jut ki a combra	a csípőízület egyetlen igazi flexora; rögzített alsó végtag mellett a törzset előrehajlítja	az ágyéki idegfonat a m. psoas két eredése közt fekszik, ennek ágaiából (L_2-L_3)
(b) m. iliacus	(a) háromszögletű, legyezőszerűen összetérő (e) a csípőlapát elülső felszínét béleli	a csípőlapát elülső vájt felszíne felső részén			
(c) m. psoas minor (jelentéktelen)					
(2) m. piriformis	(a) inkább kúp alakú (e) a keresztcsont belfelületéről indul, és a foramen ischiadicum majuson hagyja el a medencét	a keresztcsont facies pelvináján a 2–4. keresztcsonti nyílástól oldalt	a trochanter major femoris csúcán	a csípőízület abductor, kis fokban extensora és kifelé rotál	belső felületén fekszik a test legnagyobb idegfonata – a plexus ischiadicus –, ebből kap ágakat
(3) m. obturator internus	(a) majdnem teljes körre szétsugárzó legyező (e) a foramen obturatum belső felszínén; a foramen ischiadicum minuson hagyja el a medencét	a foramen obturatum csontkeretén belül; a membrana obturatoria belső felszínén	ina az incisura ischiadica minoron irányt változtat, majd a fossa trochantericában tapad	a csípőízületben kifelé rotálja a combot	plexus ischiadicus

3.5. Az alsó végtag izmai

Az alsó végtag izomzatát, a felső végtagéhoz hasonlóan, a különböző ízületekre kifejtett hatásuk alapján, a következő felosztásban tárgyaljuk:

1. a csípőízület mozgását végző izmok;
2. a térdízület mozgását végző izmok;
3. a bokaízületet és a láb ízületeit mozgató izmok.

E csoportosítás magával hozza, hogy egymástól távol elhelyezkedő izomcsoportok kerülnek azonos funkcionális csoportba. Így az 1. csoportban a **csípőízület izmai** közül az extensorok, a flexorok és az abductorok magát az ízületet fogják körül, míg az adductorok a combon találhatóak. A 2. csoport izmai, a térdízület extensorai és flexorai, a **comb izmai** alkotják. A 3. csoportot a felső végtaghoz hasonlóan, itt is az elhelyezkedés szerint **lábszár- és lábizmokra** osztjuk. A lábszárizmok inai általában több ízületet hidalnak át, így a bokaízületen kívül a láb ízületeiben is mozgatnak.

Az alsó végtag előtérbe kerülő statikai szerepének megfelelően az izmoknak ízülettrögzítő szerepe, illetve az e szerephez való alkalmazkodás feltűnőbben jelentkezik (pennatus rostszerkezet, tónusos működésű izomrostok).

6.8. táblázat - 5/8. táblázat - Külső csípőizmok

Név	Alak (a); elhelyezkedés (e)	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. gluteus maximus (nagy farizom)	(a) vaskos, durva rostú izomlemez (e) fartájék erős kiemelkedését okozza	a csípőtányér linea glutea posterior mögötti területe; fascia thoracolumbalis; az articulatio sacroiliaca dorsalis szalagkészüléke; lig. sacrotuberale	rostjai medialis felülről lateral felé és lefelé haladnak; felső rostjai a fascia lata tractus iliotibialisán, alsó rostjai a femur oldalsó felszínén felső harmadában	a csípőízület feszítője és ezzel az egyenes testtartás egyik legfőbb biztosítója; lépcsőn járáskor, emelkedő vagy süllyedő talajon erőteljesen működik	n. gluteus inferior
(2) m. gluteus medius	(a) legyező alakú lapos izom (e) a m. gluteus maximus csak részben fedti	a csípőtányér linea glutea anterior és posterior közötti területén	trochanter major femoris	a comb abductora, elülső része a combot befelé rotálja	n. gluteus superior
(3) m. gluteus minimus	(a) legyező alakú (e) a (2) alatt fekszik	a linea glutea anterior és inferior között	a trochanter major elülső részén	a csípőízület abductora, a combot befelé rotálja	n. gluteus superior
(4) m. tensor fasciae latae	(a) hosszúkás erős izom (e) a m. gluteus medius előtt a fascia lata kettőzetében	a spina iliaca anterior superior külső oldalán	felülről lefelé és kissé hátrafelé haladva a fascia lata megerősödésében – tractus iliotibialis – tapad	a combot kifelé rotálja, hajlítja és abducálja; a térdízületet feszíti	n. gluteus superior

(5) m. quadratus femoris	(a) téglalap alakú izom (e) a m. gluteus maximus alatt	tuber ossis ischii	crista intertrochanterica femoris	a combot kifelé rotálja	n. ischiadicus
(6) m. obturator externus	(a) legyező alakú (e) a m. quadratus femoris alatt	a foramen obturatumcsontkelete és a membrana obturatoria külső felszínén	fossa trochanterica	a combot kifelé rotálja	n. obturatorius
(7) m. gemellus superior	(a) vékony pánt (e) a m. obturator int. felett	spina ischiadica	fossa trochanterica	a combot kifelé rotálja	n. ischiadicus
(8) m. gemellus inferior	(a) vékony pánt (e) a m. obturator int. alatt	tuber ischiadicum	fossa trochanterica	a combot kifelé rotálja	n. ischiadicus

3.5.1. A csípőízület mozgását végző izmok

Elhelyezkedésük alapján az izmokat három csoportban találjuk: **belső csípőizmok**, **külső csípőizmok** és a **combadductorok** csoportjában.

Belső csípőizmok. A *belső csípőizmok* a gerinc elülső, ill. a medence belső felszínén erednek, és funkcionálisan heterogén csoportot alkotnak. Részletes jellemzésük az **5/7. táblázatban** található.

Külső csípőizmok. A *külső csípőizmok* csoportja az előbbi izomcsoportnál tömegesebb izomcsoport. Nagyrészt a medence külső felszínén erednek, és a femur proximalis végén tapadnak. Elhelyezkedésük alapján hívják az izomcsoportot **farizomzatnak** is. Az izmok részletes leírása az **5/8. táblázatban** található.

Hiatus supra- és infrapiriformis. A m. piriformis és a foramen ischiadicum majus pereme között kialakuló felső és alsó nyílás, amelyeken erek és idegek jutnak ki a medencéből a fartájékra (*regio glutea*), a külső csípőizmok közé. A hiatus suprapiriformison fut keresztül az a. és a v. *glutea superior*, valamint a n. *gluteus superior*. A hiatus infrapiriformison az a. és a v. *glutea inferior*, a n. *gluteus inferior*, a n. *ischiadicus*, a n. *cutaneus femoris posterior*, az a. és a v. *pudenda interna* valamint a n. *pudendus* halad keresztül.

Fascia obturatoria. A m. obturator internus eredő részét borítja medial felől; erős, aponeurosiszerű lemez. Rajta, felső harmadában egy sagittalis irányú megerősödés található (*arcus tendineus m. levatoris ani*), mely a m. levator ani jelentős részének eredésére szolgál. A fascia obturatoria e felett a vonal felett a medence oldalsó falát alkotja, míg a megerősödéstől lefelé eső része a fossa ischiorectalis lateralis falát képezi. Az arcus tendineus m. levatoris ani alatt a fascia kettőzetébe foglalva találjuk a foramen ischiadicum minuson a gátra kerülő pudendalis képleteket (a. és a v. *pudenda interna*, n. *pudendus*). A fascia lefelé a lig. sacrotuberale állományában vész el.

A m. *gluteus medius* különösen fontos szerepet kap járáskor. A támaszkodó alsó végtag oldalán erősen összehúzódva nem engedi meg, hogy a medence a lengő végtag oldalára billenjen. Ez biztosítja, hogy a törzs és a mindenkori támasztó láb egységes szilárd szerkezetet képezzen. Veszületett csípőízületi ficamnál a caput femoris az ízvápából felfelé mozdul ki, és ott kialakít egy második ízvápát. Ezáltal a m. gluteus medius eredése és tapadása egymáshoz közeledik, s az izom elveszti a normális működéshez szükséges „előfeszítését”, és elsovrad. Ezzel magyarázható, hogy a csípőízületi ficamos a m. gluteus medius kiesésének a pótlására kénytelen minden lépésnél a törzs súlypontját a lengő végtaggal ellentétes oldalra „átadni” (kacsázó járás).

A csípőízület adductorai. A comb medialis oldalát foglalják el, az elöl helyezkedő extensorok és a hátul található flexor izomcsoport közé ékelődve. Az izmok részletes leírását az **5/9. táblázatban** találjuk meg.

Hiatus subinguinalis. A hasizmoknál már leírt hiatus subinguinalis a spina iliaca anterior superior és a tuberculum pubicum között kifeszülő lig. inguinale és a csípőcsont között található. A nyíláson izmok, erek és idegek lépnek ki a hasüregből a combra. Oldalt a hiatus subinguinalisban a m. iliopsoas található; együtt halad vele a nyílás lateralis szögletében a n. cutaneus femoris lateralis, a comb oldalsó részének bőridege. Az izom elülső felszínén található egy erősebb ideg, a n. femoralis. Az izom- és idegátlépés miatt a nyílásnak ezt a lateralis részét *lacuna musculonervosának* hívják. Medial felé a m. iliopsoas fasciájának megerősödése, az *arcus iliopectineus* választja el a lateralis lacunát a középső, ún. *lacuna vasorumtól*. Ezen utóbbiban lép át az a. és a v. femoralis olyan elrendezésben, hogy a vena az arteria medialis oldalán fut. Éles határ nélkül következik medial felé a nyirokereket és nyirokcsomókat tartalmazó *lacuna lymphatica*. Tekintettel arra, hogy a hiatus subinguinalisnak ez a kb. ujjbegynyi nyílása egy sérvcsatornának, a canalis femoralisnak a belső nyílása, hívják *lacuna herniosa*-nak is (hernia = sérv).

A hiatus subinguinalis medialis szögletét egy szalag, a *lig. lacunare* kerekíti le. Ugyanezen a területen, a hiatus subinguinalis alsó, csontos keretén (pecten ossis pubis) ered a m. pectineus. Így az izom, ellentétben a szokványos ábrázolással, nem halad át a hiatus subinguinalison, hanem annak síkjából indulva húzódik a combra.

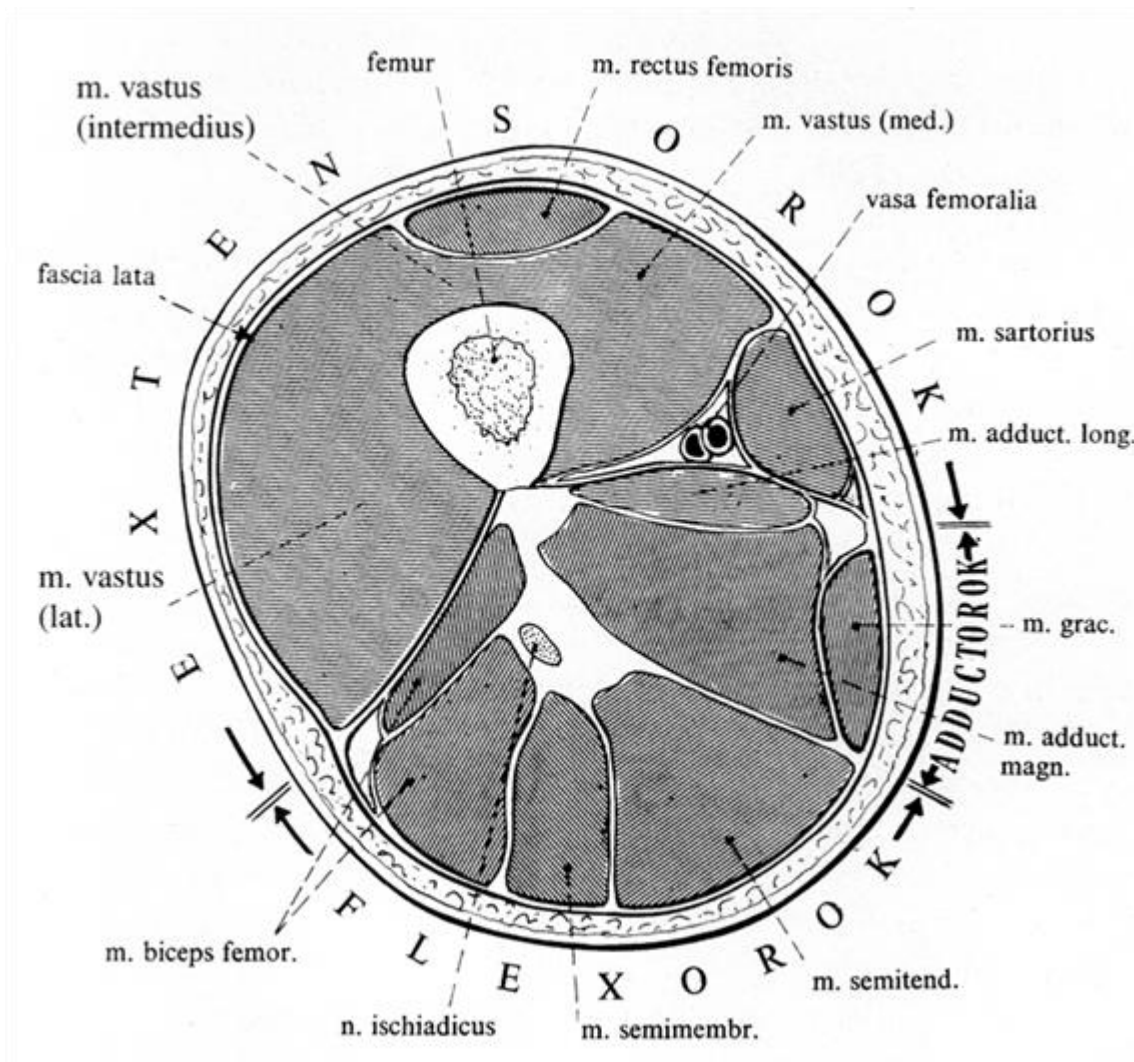
6.9. táblázat - 5/9. Táblázat - A comb adductorai

Név	Alak (a); elhelyezkedés (e)	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. pectineus	lapos, lefelé keskenyedő izom, mely a m. iliopsoas tapadáshoz közeli részével mély vályút (fossa iliopectinea) fog közre	pecten ossis pubis	linea pectinea femoris	adducáló hatása gyenge, hajlítja (emeli) a combot és kissé kifelé rotálja	n. femoralis
(2) m. adductor longus	karcsú izom, mely a m. vastus medialiszal együtt a fossa iliopectinea folytatásában eső vályút fogja közre	a tuberculum pubicum alatti területen	a linea aspera medialis ajkán a comb középső harmadában	adducálja, hajlítja és kissé kifelé rotálja a combot	n. obturatorius
(3) m. adductor brevis	a m. pectineus és adductor longus között és mögött	a szeméremcsont alsó szarán	a linea aspera medialis ajkán a comb felső harmadában	adducálja és kissé kifelé rotálja a combot	n. obturatorius
(4) m. gracilis	igen karcsú, lapos izom a comb medialis felszínén; a fascia lata külön hüvelyszerű kettőzetbe foglalja	a ramus inferior ossis pubis medialis részén	a tuberositas tibiae medialis oldalán levő hármás ínban (pes anserinus)	adducálja a combot, a behajlított térd mellett befelé rotálja a lábszárat	n. obturatorius
(5) m. adductor magnus	legyezőszerűen szétsugárzó vastkos	az ülőgumótól kezdve előre az ülőcsont alsó	legfelső rostjai a m. obturator externushoz	a comb legerősebb adductora, feszíti	n. obturatorius

háromszögletű izom; az adductorok között a legmélyebb, középső részének tapadását a comb elülső feléből hátrafelé haladó arteriák (aa. perforantes) fűrik át	szárán	csatlakozva majdnem vízszintesen haladnak a linea aspera medialis ajkához; további rostjai fokozatosan inkább lefelé haladnak ugyanezen vonal alsó részéhez, végül hasadékszerű nyílással (<i>hiatus adductorius</i>) elválasztott inas része az epicondylus medialis femorison	és kifelé rotál a csípőízületben
--	--------	---	----------------------------------

3.5.2. A térdízület mozgását végző izmok

A térdízület fő mozgásainak megfelelően az izmok extensor- és flexorcsoportba rendeződnek. A kisfokú rotációt a flexorok végzik. Az extensor- és a flexorizmok a csípőízület már tárgyalt adductoraival együtt alkotják a **combizomzatot (5/16. ábra)**.



5/16. ábra. A comb közepe tájának keresztmetszete

A térdizület extensorait részletesen az **5/10. táblázatban**, a flexorokat pedig az **5/11. táblázatban** találjuk.

Fascia lata. A combot körülfogja egy erős fascialemez, a fascia lata. Fenn elöl a lig. inguinalénál indul, hátul a m. gluteus maximust borító fascia folytatása. A fascia lata kezdetét a m. gluteus maximus és a combizmok közti harántbarázda (*sulcus gluteus*) jelzi. A térdnél a fascia lata a *fascia popliteába*, majd a *fascia crurisba* folytatódik. Lateralisan a fascia lata 1-2 cm széles megerősödése, a *tractus iliotibialis* található, amely a tibia laterális condylusáig húzódik, és azzal összenő. A fascia lata három izmot – *m. gracilis*, *m. sartorius*, *m. tensor fasciae latae* – teljesen körülvesz (behüvelyez). A teljes fasciaborítás az izmokat rögzíti, és megakadályozza, hogy összehúzódáskor az izmok kiemelkedjenek a comb felszínéről. A hosszú, két ízületet is áthidaló m. sartorius esetében ez különösen indokolt.

6.10. táblázat - 5/10. táblázat - A comb (térd) extensorai

Név	Alak; elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. sartorius (szabóizom)	a comb elülső felületét leszállás közben ferdén körüljáró izom	spina iliaca anterior superior	a tuberositas tibiaen; a lapos, háromosztatú ín egyik tagjaként	a csípőt és a térdizületet kissé hajlítja, némi rotáló hatása is van mindkét ízületre;	n. femoralis

				lényeges, hogy járáskor az előrelendülő végtag függesztője, a lépés egyik fázisában csak ez az egyetlen izom van contractióban
(2) m. quadriceps femoris(a) m. rectus femoris	orsó alakú bipennatus, a négyfejű combizom felületes tagja	a spina iliaca anterior inferior tájékán	nagyobb részt a patella basisán; az arról leszoruló izomrostok kétoldalt a retinaculum patellae hosszanti rostjaiba mennek át; a lig. patellae közvetítésével a tuberositas tibiae, ill. attól kétoldalt a tibián	a térd extensora, a m. rectus femoris némileg hajlítja a csípőízületet; a patella előnyösebbé n. femoralis teszi a quadriceps húzási irányát
(b) m. vastus medialis		a combcsont medialis felszínén a linea pectinea alatt		
(c) m. vastus intermedius	egységes, nehezen elválasztható izomtömeg, rostjai a térdkalács felé konvergálnak	a combcsont elülső felszínén		
(d) m. vastus lateralis		a combcsont oldalsó felszínén a trochanter major alatt; az oldalsó izomközi ösvényen		

A comb medialis felső részén a fascia latát átfúrja a *v. saphena magna*. Afascián lévő nyílás neve *hiatus saphenus*.

Fossa iliopectinea. Alateralisan elhelyezkedő m. iliopsoas és a tőle medialisán lévő m. pectineus által közrefogott árok, amelyet a két izom egyesült fasciája (*fascia iliaca* + *fascia pectinea* = *fascia iliopectinea*) bélel. Az árkot előlről a fascia lata fedi be. Az árokba felülről a hiatus subinguinalison keresztül a n., a. és v. femoralis, valamint zsírszövetbe ágyazottan nyirokerek kerülnek be. A fascia lata átfúrásával (*hiatus saphenus*) jut ide a v. saphena magna, és ezen területen ömlik bele a v. femoralisba. Az árok lefelé keskenyedő csúcsán lép ki az a. és a v. femoralis, valamint a n. femoralis végága, hogy az adductor csatornában haladjanak tovább distalis irányban.

6.11. táblázat - 5/11. Táblázat - A comb (térd) flexorai

Név	Alak; elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. semitendinosus	karcsú, orsó alakú izom, mely a comb középső harmadában vékony kötélszerű ínba	tuber ischiadicum	a tuberositas tibiae medialis oldalán levő hármass in (pes anserinus)	térdhajlító; behajlított térd mellett befelé rotálja a lábszárat; a csípőízületet	n. ischiadicus

	megy át			feszíti	
(2) m. semimembranosus	hosszú lapos ínna ered, mely hengerpalástszerűen körülöleli a m. semitendinosus hasát; a térdhajlat alatt megy át rövid ínba	tuber ischiadicum	a tibia medialis condylusán, ínrostjai részben ferdén felfelé és lateral felé besugároznak a térdízület tokjába	térdhajlító; behajlított térd mellett befelé rotálja a lábszárat; a csípőízületet feszíti	n. ischiadicus
(3) m. biceps femoris	két fejből (caput longum et caput breve) egyesül a comb alsó részében; hosszú feje ferdén keresztezi medialról lateral felé a combot	caput longum: tuber ischiadicum, caput breve: a linea aspera lateralis ajkán és az oldalsó izomközi sövénnyen a comb középső harmadában	capitulum fibulae	térdhajlító; behajlított térd mellett a lábszárat kifelé rotálja; a csípőízületet feszíti	n. ischiadicus

Combsatorna (*canalis femoralis*). A hasüregből a comb elülső felszínére vezető, függőleges irányú, kb. 1,5–2,0 cm hosszú, a fossa iliopectinea medialis részében elhelyezkedő, főleg zsírszövettel kitöltött virtuális rés.

A csatorna belső nyílása (*anulus femoralis*) megfelel a hiatus subinguinalis lacuna lymphatica részének. Határa felül a lig. inguinale, alul az os pubis megvastagodott csonthártyája, lateralisan a v. femoralis, medialisan a lig. lacunare. A hasüreg felől ezt a nyílást a fascia transversalis lyukacsos lemeze (*septum femorale*) zárja le, amely a lig. inguinale elhagyva visszacsap a fossa iliacát beborító m. iliopsoasra.

A csatorna külső nyílása a fascia latán lévő *hiatus saphenus*, amelyet oldalfelé a fascia lata erős, sarló alakú szélé határol, míg medialis oldalán a fascia lata ferdén a mélybe bukva a m. pectineus fasciájába megy át. A hiatus saphenust egy szitaszerűen átluggatott lemez (*fascia cribrosa*) tölti ki. Lyukacsosságát az okozza, hogy az alsó végtagról és a hasfal alsó feléről eredő felületes nyirokerek ezen keresztül nyomulnak a mélybe, ahol összetalálkoznak az alsó végtag mély nyirokereivel.

A csatorna falait előlről a *fascia lata*, hátulról medialisan a *fascia pectinea*, lateralisan a v. *femoralis* képezik. A falak normális körülmények között összefekszenek, közöttük laza kötőszövet, a has-üreg felé haladó nyirokerek és nyirokcsomók találhatóak. A csatorna mélyén, a septum femorale comb felőli felszínéhez közel fekszik egy kisebb nyirokcsomó (*Rosenmüller-féle nyirokcsomó*), melynek efferens erei már átérnek a hasüregbe. Kóros körülmények között, a csatorna kitágult belső nyílásán át a hasüreg tartalma (nagyceplepsz, ritkábban belek) a csatornába kerülhet, és a hiatus saphenusban a bőr alatt megjelenhet (combsérv, *hernia femoralis*).

Világosan kell látni, hogy a két ismertebb sérvcsatorna (*canalis inguinalis* és *canalis femoralis*) között lényeges különbség van. A *canalis inguinalis* egy mindenkin meglévő csatorna, melynek rendeltetése abban van, hogy rajta képletek haladjanak át. *Canalis femoralis* egészséges emberen nincs. Csak akkor beszélhetünk *canalis femoralis*ról, ha az *anulus femoralis*on keresztül a hasüreg említett képletei kiperéselődnek, és bekerülnek az egyébként összefekvő fascialemezek közé.

Adductor csatorna (*canalis adductorius*). A comb közepén a medialis felszínen induló és a térd alatti árokban (*fossa poplitea*) véget érő csatorna, amelyen keresztül az a. és a v. *femoralis* kerül át a comb elülső felszínéről a hátsó felszínre (a fossa iliopectineaából a fossa popliteába).

A csatorna bejáratát hátulról a m. adductor longus, előlről-lateralisan a m. vastus medialis, medial felől a fenti két izom közti vályút lezáró aponeurosiszerű lemez, a *lamina vastoadductoria* határolja. A csatorna ürege medial felől hátra és lateral felé csavarodik. Falait a m. vastus medialis, a m. adductor longus, majd annak megszűnése után a m. adductor magnus és a lamina vastoadductoria elkeskenyedő része alkotja. Kijárata a m. adductor magnusnak a femur medialis epicondylusán tapadó ina, az izom alsó húsos szélé és a femur diaphysisé által közrefogott függőlegesen elnyújtott nyílás (*hiatus adductorius*).

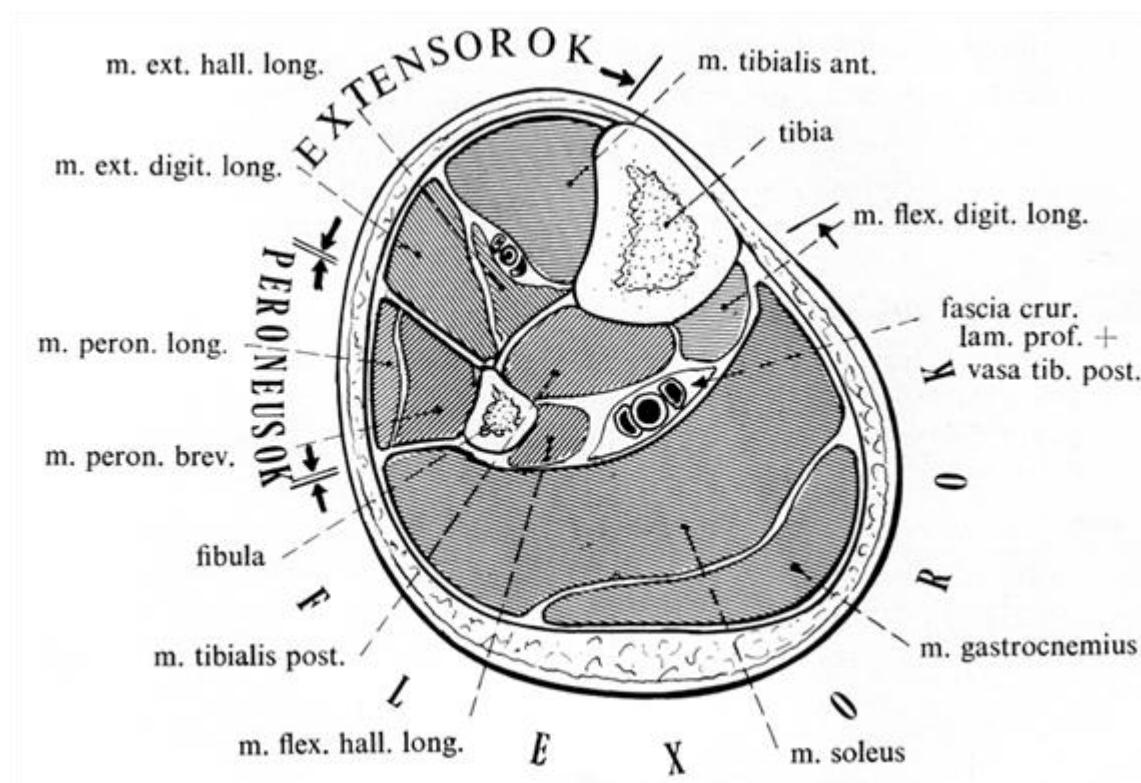
Az a. és a v. femoralisszal együtt a n. femoralis érző végága belép a csatornába, és a lamina vastoadductoriát átfúrva mint *saphenus* kerül ki onnan.

3.6. A bokaízületet és a láb ízületeit mozgató izmok

3.6.1. Lábszárizmok

Három izomcsoport helyezkedik el a lábszáron: extensorok, flexorok és peroneusok. A legtöbb lábszárizom hatása mind a bokaízületen mind a láb ízületein érvényesül.

Részletes leírásunk az 5/12., az 5/13. és az 5/14. táblázatban olvasható.



5/17. ábra. A lábszár közepe tájékának átmetszete

6.12. táblázat - 5/1 2 . Táblázat - Lábszár-extensorok

Név	Elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. tibialis anterior	az extensor rekesz legmedialisabb izma	a tibia condylus lateralisán és oldalsó felszínének felső részén; a fascia crurison	a medialis ékcsonton és az I. metatarsus basisán	dorsalflectálja és supinálja a peroneus profundus a lábat	n. peroneus profundus
(2) m. extensor hallucis longus	az extensor közepső izma, rövidebb, mint az (1) és (3), és nagyrészt rejtett	a membrana interosseán és a fibulán	az öregujj 2. percének basisán dorsalisán	feszíti az öregujjat a dorsalflectálja a lábat	n. peroneus profundus

(3) m. extensor digitorum longus	az extensor oldalsó tagja	a tibia lateralis condylusán, a fibula fején és felső részén, a csontközi hártán és fascia crurison	a II–V. ujj dorsalis inában; erős ina megy (<i>m.peroneus tertius</i>) az V. metatarsus basisához	ujjfeszítő, dorsalflectálja a lábat és a m. peroneus tertius részével pronálja	n. peroneus profundus
----------------------------------	---------------------------	---	---	--	-----------------------

6.13. táblázat - 5/13. Táblázat - Lábszárflexorok

	Név	Elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
	(1) m. triceps surae (a) m. gastrocnemius medialis	a lábikra nagy izomtömegét alkotó háromfejű izom, a medialis fej hosszabb, mint a lateralis fej	a femur epicondylus medialisán, a térdízület tokjával összenőve			n. tibialis
	(b) m. gastrocnemius lateralis		a femur epicondylus lateralisán, eredésében van a Vesalius-féle sesamcsont			
Felületes réteg	(c) m. soleus	lapos halhoz hasonló idomú	a fibula fején és innen a tibia hátsó felszínére ferdén lefelé húzódó inas íven, majd a tibia hátsó felszínén medial felé és lefelé húzódó érdes vonalon (<i>linea m. solei</i>)	mindhárom fej együtt tapad az Achilles-ínban a sarokcsont gumóján	a láb plantarflexora és supinatora; a m. gastrocnemius a térdízületet hajlítja	
	(d) m. plantaris	jelentéktelen csökevényes izmocska a m. gastrocnemius lat. feje alatt	epicondylus lat. femoris			
	(2) m. popliteus	háromszögletű lapos izom a m. soleus eredése felett a tibia hátsó felszínén	a combcsont oldalsó büttyke felett, majd a lig. collaterale laterale alatt bújik át, és itt egy darabon a térdízület tokját	a tibia hátsó felszínén a linea poplitea feletti területen szétsugározva	térdhajlító	n. tibialis

	(3) m. flexor digitorum longus	karcosú bipennatus típusú izom a mély réteg medialis szélén	alkotja a tibia hátsó felszíne	a II–V. lábujj körömpercén	a II–V. ujj hajlítója, plantarflexál és supinál	n. tibialis
Mély réteg	(4) m. tibialis posterior	karcosú, inkább unipennatus jellegű a (3) és (5) izom közt mélyebben	a tibia és a fibula egymás felé tekintő hátsó felszínén, membrana interossea	az os naviculare talpi gumóján mint központon, és szétsugározva a környező csontokra és ízületi szalagokra	a láb supinatora, adductora, főleg a talus alátámasztója	n. tibialis
	(5) m. flexor hallucis longus	jóval erősebb, mint (3) és (4); a fibula hátsó felszínén; jellemző bipennatus szerkezetű izom	a fibula hátsó felszínének alsó 2/3-ában a hátsó izomközi sővényen	az öregujj körömpercén	az öregujj hajlítója, a talus és a calcaneus medialis nyúlványa alatti sulcus tendinis m. flexoris hallucis longi ba belefekvő in parittyaszerűen alátámasztja e két csontot	n. tibialis

Az extensorok és a flexorok elnevezése körül zavaró, hogy a flexorok a lábat a talp felé hajlítják, tehát a végtagot hosszabbítják, azaz voltaképpen extensorok. Fiziológiai szerepük és idegmechanizmusaik szerint is extensorok. Fordítva: az extensornak nevezett izmok a lábat dorsal felé hajlítják, azaz rövidítik, tehát valójában flexorok. Ezt a zavart a régóta begyökerezett anatómiai fogalmak és a lábszárnak az alkarral való logikusnak tűnő, de lényegében téves analogizálása – ti. az alkaron az a flexor oldal, amely közvetlenül folytatódik a tenyérbe, és ezt visszük át a lábszárra – okozza, és megnyugtató rendezésére nemigen lehet számítani.

A lábszár fasciarekeszei. A három izomcsoportot a *fascia cruris* veszi körül. Az izomcsoportokat vagy azok felületes, ill. mélyrétegeit a fasciáról induló sővények választják szét (**5/17. ábra**). A tibia elülső éléről laterális irányban indulva a fascia beborítja a három extensorizmot. A fibulát elérve, ahhoz két sővényt küld: *septum intermusculare cruris anterius* és *posterius*. Az előbbi sővény az extensor és a peroneus izmok, az utóbbi a peroneus és a flexor izmok közti határ. A fascia cruris a lábszár hátsó részén halad tovább, és ívben eléri a tibia hátsó élét. Itt hátul alakul ki a flexorrekesz, amelyet a fascia frontalis helyzetű lemeze felületes és mély részre oszt. Az extensor- és a flexorrekesz elkülönítését a tibia és a fibula között kifeszülő membrana interossea teszi teljessé.

6.14. táblázat - 5/14. táblázat - Peroneusok

Név	Elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés
(1) m. peroneus longus	a fascia cruris által a fibulával	a fibula fején és a peroneus	a medialis ékcson és az I.	a lábat plantarflexálja és	n. peroneus superficialis

	alkotott oldalsó izomrekesz felületes izma; ina a külső boka mögött hajlik le a lábra, majd a sulcus ossis cuboideiben a talpra hajlik és azt a mélyben keresztezi	izomrekesz hártvás falán	metatarsus basisa talpi felszínén	pronálja	
(2) m. peroneus brevis	a fibularis fasciarekesz mély izma	a fibula oldalsó felszínén és az izomközi sövényeken	az V. metatarsus basisán	azonos, mint az előző izomé; szerepüket lásd még a lábboltozat és az izomműködés c. szakaszban	n. peroneus superficialis

Térdalji árok (*fossa poplitea*). A térdalji árok izmok és inak által határolt, függőleges hossz tengelyű, rombusz alakú gödör.

Felül medialisán a m. semimembranosus izomhasa által közrefogott m. semitendinosus ina, lateral felől a m. biceps femoris izomhasának alsó része és ina, alulról-medialról a m. gastrocnemius medialis, lateralról pedig lateralis feje fogja közre. A felső határt képező inak a térd gyengén behajlított helyzetében jól kitapinthatók.

A gödör felfelé a flexorok és az adductorok közt magasan felterjedő résbe megy át. Fenekét felül a combcsont linea asperájának szétterő ajkai közt levő lapos felszín és a medialis ajakhoz tapadó m. adductor magnus alsó része képezi. Itt nyílik a hiatus adductoriuszal az adductor csatorna. (A fossa popliteába ér-ideg kötegek felülről két bejáraton léphetnek be, az egyik a flexorok közt a combon lévő rés folytatása, a másik a canalis adductorius.) Lejjebb a gödör fenekét a térdízület hátsó tokja, majd még lejjebb a m. popliteusnak a tibia hátsó felszínén szétsugárzó, fasciával bevont felszíne alkotja.

A fossa poplitea alsó határát a mélyben a m. soleus inas íve és eredése adja. Az inas ív alatt van az árok kijárata a tibialis ér-ideg köteg számára, mégpedig egyrészt a mély flexorréteget borító mély fascia cruris lemez alá, részben a membrana interossea itt levő nyílásán keresztül át az extensorok fasciarekeszébe. A fossa popliteát a felszín felé a fascia lata és a fascia cruris átmenetét képező fascia poplitea zárja le, melyet a lábszár hátsó bőr alatti vénája (v. saphena parva) fúr át nyirokerek kíséretében.

Nyálkatömlők. A lábszárizmok körüli jelentősebb bursák a mm. gastrocnemii eredő fejei és a térdízület tokja közti, illetve az Achilles-ín tapadása alatti (*bursa tendinis calcanei*) nyálkatömlők.

Bokák körüli osteofibrosus rekeszek és ínhüvelyek. Az extensor izmok inai mindegyikének külön ínhüvelye van; legmagasabban, már néhány centiméterrel a bokák felett kezdődik a m. tibialis anterior inának hüvelye, ez is végződik a legmagasabban. Csak közvetlenül a bokák felett kezdődnek a m. extensor hallucis és digitorum longus hüvelyei, melyek a láb hát közepén túl érnek le. Erős szalagszerű retinaculumrendszer (*retinaculum mm. extensorum superius et inferius*) szorítja le az inakat. Közülük a felső a bokák felett van; az alsó Y vagy ritkábban X alakú, az inakat a láb dorsalis szalagkészülékhez rögzülő erős sövénnyel a láb hát vázának proximalis részéhez rögzíti, minden ín és hüvely számára külön rekeszt biztosítva.

A peroneusizmoknak közös hüvelyük van a lateralis bokát megkerülő lefutásukban. A két izom ina egy erős *retinaculum mm. peroneorum superius* által leszorítva úgy helyezkedik el, hogy a m. peroneus brevis ina a longus ina elé kerül. A lateralis boka alatt a láb hát kanyarodva a calcaneus oldalsó felszínén az inak egy kettős barázdába fekszenek, ahol egy *retinaculum mm. peroneorum inferius* erősen odaszorítja őket a csonthoz; itt a peroneus brevis ina dorsalisabb helyzetű, mint a longusé. A m. peroneus longus inának a tuberositas ossis cuboidei körül a talpra kanyarodó részétől tapadásáig külön plantaris ínhüvelye van, amelyet külön *retinaculum* nem kell hogy leszorítson; ezt ugyanis a lig. plantare longum biztosítja.

A flexoroknak a belső boka mögött lekanyarodó inait kísérő ínhüvelyei az inak kereszteződése miatt bonyolultabbak. A kereszteződéseknél az ínhüvelyek rendszerint közlekednek. A m. flexor digitorum longus

ina, amelynek az izom medialis eredése és az inak lateralisabb tapadásai miatt a másik két izom inát kereszteznie kell, mindkét kereszteződésben felületesen van, azaz a másik ín mögött, ill. alatt fut el. Ínhüvelye magasan a medialis boka felett kezdődik, majd még itt keresztezi (hátról) a m. tibialis posterior ínhüvellyel borított inát. Legmélyebben, de ugyancsak a medialis boka felett kezdődik a m. flexor hallucis longus ínhüvelye. Ez az ín fut legmélyebben, a talusnál és a calcaneusnál leírt csontvályúba mélyedve; ínhüvelye a leghosszabb, a talp közepénél lejjebb ér. Már a talpon kereszteződik a m. flexor digitorum longus inával, az utóbbi felett (azaz mélyebben) elfutva. E kereszteződésben is gyakori az ínhüvelyek közlekedése. A medialis boka és a sarokcsont gumója közt erős *retinaculum mm. flexorum* szorítja le a flexorok inait; ez a mélybe bocsátott sötényekkel az inak rekeszeit részben el is választja. Erről ered a talpon az öregujj abductor.

3.6.2. Lábizmok

Ellentétben a kézháttal, a lábháton két kisebb izom található: ezek a *m. extensor hallucis brevis* és a *m. extensor digitorum brevis*. Am. extensor digitorum longus szétsugárzó inai alatt fekvő, elég jelentéktelen izmocskák. A calcaneus oldalán erednek a sinus tarsi bejárata előtt, majd ferdén medial felé és előrehaladva inaik csatlakoznak az ujjak háti oldalához haladó hosszú ujjfeszítők inaihoz. Támogatják a hosszú ujjfeszítők működését, de ferdén oldalra irányuló húzásuk miatt némileg helyesbítik ezek húzási irányát.

Állás közben, amikor a lábszár és a láb izmai váltakozó összehúzódnási játékokkal egyensúlyozzák a test labilis egyensúlyban ide-oda lengő hossz tengelyét, egy-egy pillanatra jól látható a két ferdén kereszteződő íncsoport a bőrön keresztül is.

Erősebben összehúzódva az oldalsó lábujjakat kissé szétterpesztik. Beidegzésüket a n. peroneus profundus adja. A lábháton erős felületes fascia – *fascia dorsalis pedis* – borítja az inakat és az izmokat. Egy mélyebb csont közötti fascia az ossa metatarsi közt levő hézagokat dorsal felé teljesen lezárja.

Aponeurosis plantaris és a talp osteofibrosus rekeszei. A talpat, a tenyérhez hasonlóan, erős aponeurosis jellegű lemez, az *aponeurosis plantaris* védi mechanikai behatásoktól. A tuber calcanein veszi kezdetét, és előrefelé, a tenyérhez hasonlóan legyezőszerűen szétsugárzik az ujjak töveire. Oldalsó részei jóval erősebbek, mint a tenyérszerű aponeurosiséi, és másképpen is viselkednek. Egyrészt erős fasciaszerű tokként körülölelik a talp medialis és lateralis izomcsoportját, s végül a láb vázának medialis és lateralis szélén rögzülnek. Egyúttal azonban a talp középső hosszanti izomkiemelkedése két szélén az aponeurosis két sötényét küld a láb vázának talpi felszínéhez. Ez a két hosszanti sötény barázdaszerűen behúzza az aponeurosis, és a két talpbarázdát (*sulcus plantaris medialis et lateralis*) okozza. E két barázda mélyén egy-egy ér-ideg köteget találunk; de egyben elválasztják a talp izmait egy medialis, egy közbülső és egy lateralis izomcsoportra. Ezeket az aponeurosis és két söténye egyben három többé-kevésbé elválasztott osteofibrosus csatornába zárja be.

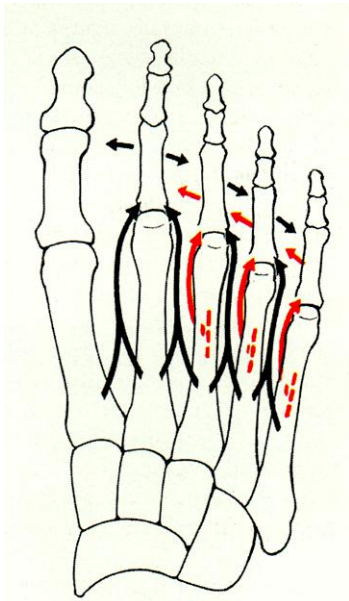
A vastag talpbőr és az aponeurosis plantaris közt ugyanolyan különleges a viszony, mint a tenyéren. Független irányú sötények a bőrt szorosan odakötik az aponeurosis alkotta alaphoz, és közben kis rekeszekbe zárják a zsírszövetet, amely ilyen körülmények között igen jó rugalmas bőr alatti párnát képez.

Érthető, hogy a járás lehetetlen volna, ha a talpbőr alapja fölött – a valóságban persze alatta – ide-oda mozoghatna. Hasonlóan fontos természetesen az ujjbegyek bőrének rögzítettsége.

Az **öregujji izomcsoportban** (*eminentia plantaris medialis*) a kéz thenarján talált teljes garnitúrával szemben egy izom, az opponens hiányzik. Így a *m. abductor hallucis*, *m. flexor hallucis brevis* és *m. adductor hallucis* helyezkedik el benne. A m. abductor hallucis a sarokgumó medialis oldalán és a hosszú flexorok inait leszorító *retinaculum mm. flexorum* ered, sőt még e szalag elülső végpontján az os navicularén is. Tapad a metatarsophalangealis ízület alatti medialis sesamcsonton. A m. flexor hallucis brevis elég jelentéktelen izom, amely a kéz megfelelő izmához hasonlóan két feje közti barázdájába fogja a hosszú öregujjhajlító izom inát; a talp középső részének medialis felén – főleg az ékcsonatokon – ered, és a metatarsophalangealis ízület alatti sesamcsontokon, valamint a proximalis ujjperc basisán tapad. A m. adductor hallucis a kéz hüvelykujj-közéltőjéhez hasonlóan ferde és harántfejből áll. Az előbbi a II–III. metatarsuscsontok basisa körül a talp vázán, az utóbbi a III–V. metatarsophalangealis ízület plantaris szalagkészülékén ered; mindkét fej az öregujj alapízületének lateralis sesamcsontján tapad. Az öregujji izomcsoport beidegzése hasonló a hüvelykpárnához, az abductort és a flexor brevis medialis fejét a talp medialis idege (n. plantaris medialis), a többit a talp összes további izmával együtt lateralis idege (n. plantaris lateralis) látja el.

A **kisujji izomcsoport** (*eminentia plantaris lateralis*) ugyancsak hiányos izomgarnitúrájú, azonos izmokkal, mint a kéz hypothenarja. A *m. abductor digiti minimi* a sarokgumó oldalsó érdességén ered, és a kisujj alapízületének lateralis oldalán tapad. A *m. flexor digiti minimi brevis* a lig. plantare longumon ered, és az V. ujj

alappercén tapad. A *m. opponens digit minimi* nem állandó, csökevényes izom, a nómenklatúra újabb el is hagyja.



5/18. ábra. A lábujjak interosseus izmainak elhelyezkedése és működése sémásan ábrázolva. Fekete: mm. interossei dorsales, piros: mm. interossei plantares (vö. az 5/14. ábrával)

A **talpközép izmai** (*eminentia plantaris intermedia*) a legerősebbek. Legfelületesebb izma a *m. flexor digitorum brevis* a sarokgumó érdességén ered, az aponeurosis plantarisszal szorosan összenőtt, négy vékony ínra válva a II–V. lábujj középpercén tapad az alkar *m. flexor digitorum superficialis* ináival azonos módon. Efelett, azaz mélyebben (álló emberben elfoglalt helyzetére gondolva; alatta, ha a talp felől nézzük) található a *m. flexor digitorum longus* ina, mely a belső boka és a sarokgumó közt a talp területére belépve ferdén előre- és oldal felé haladva négy ágra válik, és a II–V. ujj körömpercén tapad az alkar *m. flexor digitorum profundus* inaihoz hasonló módon. A hosszú ujjhajlító inak közeiből, illetve a II. ujjhoz menő ín medialis oldalától erednek a *mm. lumbricales*, amelyek a kéz gilisztai izmaikhoz mindenben hasonlóan viselkednek. A hosszú ujjhajlító inainak ferde, a talpat átlósan keresztező, lefutását mintegy kompenzálja a *m. quadratus plantae*, mely a hosszú ujjhajlítóinak szinte ki-egészítő eredése; a sarokgumón ered két csipkével, és oldalról ferdén hozzátapad a hosszú ujjhajlító még el nem osztott inához. Ezen izmok, illetve a *m. adductor hallucis*, eltávolítása után tűnnek fel a láb csont közti izmai: három *m. interosseus plantaris* és négy *m. interosseus dorsalis*. Eredési és tapadási viszonyait az 5/18. ábra mutatja sémásan.

E sémából kitűnik, hogy voltaképpen két izom cserél helyet a kézen leírt helyzettel szemben, ti. az I. interosseus plantaris a II. ujj kisujj felőli oldaláról átkerül a III. ujj öregujj felőli oldalára, és cserében a II. interosseus dorsalis tapadása a III. ujj radialis oldaláról a lábon átkerül a II. ujj lateralis oldalára. Elvileg a helyzet nem változik, csupán a középső tengely, amelyhez, illetve melytől ad-, ill. abdukáljuk az ujjakat, a kézen a III., a lábon a II. ujj. Tapadásuk egyébként azonos a kéz interosseusainak tapadásával.

A kisujji izomcsoport és a talpközép izmait mind a *n. plantaris lateralis* látja el. Működésük azonos a kéz megfelelő izmaival, azzal az eltéréssel, hogy az ujjak mozgása jóval korlátozottabb lévén, itt inkább statikus tartó (lásd később A lábboltozat és az izomműködés c. szakaszt), a lumbricalisoké pedig döntően helyzet- és feszültségmérő funkció, mint erre a kéznél már utaltunk.

A **láb inai, ínhüvelyei**. A kéz inaihoz hasonlóan a lábon is kétféle ínhüvelyt kell megkülönböztetnünk. Egyik csoportjuk az inaknak a bokaízület körül a lábra lekanyarodó részét fogja körül, ezek a már leírt boka körüli ínhüvelyek. Másik csoportjuk az inaknak a láb flexorainak inait fogja körül az ujjak talpi felszínén. Ellentétben a kézen tapasztaltakkal, a kétféle ínhüvely a lábon sehol sem függ össze. Az ínhüvely felépítése egyébként azonos a kéznél leírtakkal.

A **lábboltozat és az izomműködés**. A klasszikus anatómiai leírásokban a lábszár- és a lábizmok szinte legfontosabb szerepét a lábboltozat megtartásában látták. Az ízületi és a szalagkészüléket, amelyhez nem jelentéktelen tényezőként még az aponeurosis plantaris szerepe is csatlakozik, a lábboltozat passzív

tényezőjeként szembeállítják az izmokkal mint aktív tényezőkkel. Sokféle megfontolás támogatja ezt az elképzelést: az erős, kidolgozott izomzatú emberek kevésbé hajlamosak bokasüllyedésre és lúdtalp kialakulására; a megfelelő lábtorna, az egyenetlen, érdes szúrós talajon (tarlón) mezítláb járás főleg gyermekkorban előnyös hatású stb. Az a tény, hogy primitív természeti viszonyok között ritkábban fordulnak elő statikai zavarok, önmagában még nem sokat bizonyít, mert az ilyen körülmények közt élő emberek egyrészt nem szenvednek egyik legsúlyosabb civilizációs bajunktól: a túlságosan nagy testtömegtől, másrészt azonban nem is terhelik „ácsorgó” életmóddal annyit alsó végtagjukat, mint civilizált életünk.

A legmeggyőzőbb e tekintetben mégis a lábszárfejtő izmok, a peroneusok és a mély lábszárhajlítók inainak viselkedése a lábon. Nem csupán az inak lefutási iránya és a láb vázához való viszonyuk olyan, hogy tónusukkal és összehúzódásukkal mintegy alátámasztanak egyes csontokat (m. flexor hallucis longus), áthidalnak boltozatokat (m. peroneus longus, m. abductor hallucis et digiti minimi, m. flexor digitorum brevis stb.), hanem inas parittyákat vagy kengyeleket képeznek, pl. a m. peroneus longus ina a m. tibialis anterior inával, amely két ín valóságos kengyel képez a talp számára. Medialisan a m. tibialis anterior és a m. tibialis posterior a medialis cuneiforme végponttal alkot parittyát, lateralisan a m. extensor digitorum longus ún. *m. peroneus tertius* ina és a m. peroneus brevis képeznek hurokszerű, a lábboltozat külső részét tartani látszó szerkezetet.

Sajnos e nagyon meggyőző okoskodásokat az újabb idők elektromiográfiai vizsgálatai nem látszanak igazolni. Kitűnt ugyanis, hogy a lábra való teljes ránehezedés pillanatában mindez az izmok tónusos aktivitása a minimumra süllyed, és csak akkor lépnek akcióba, ha a test labilis egyensúlya valamelyik irányba elbillenni készül. Állás közben a lábszár- és a talpizmok finom játéka tartja fenn az egyensúlyt. Az egyes izmokra nehezítő terhelés minimális változása már elég információt ad az idegrendszernek ahhoz, hogy a megfelelő izmok összehúzódásának fokozásával az egyensúlyi helyzet helyreállíttassék. Ebben természetesen nem csupán a lábtón tapadó izmok, hanem az ujjhajlítók és ujjfejtők is fontos szerepet visznek.

Lehet, hogy a lábboltozatok fenntartásában az elektromiográfias megfigyelések és az előző anatómiai megfontolások közt a valóságban nincs is ellentét. A láb tisztán passzív terhelése csak rövid pillanatokra előforduló helyzet, és ilyenkor az izmoknak az általános izommechanikában tárgyalt rövid, teljes kikapcsolása az izomerőkkel való gazdálkodás fontos tényezője lehet. Az állás közbeni egyensúly folytonos elvesztése és az izomzatnak ennek megfelelő finom, de nagy erejű kompenzáló játéka lehet hivatva az elmondott anatómiai tényezőkkel mindig újra helyreállítani a lábboltozat passzív terheléssel deformálódó szerkezetét. (Deformálódáson nem durva anatómiai deformálódást kell feltétlenül értenünk, hanem a lábboltozat passzív csont- és ízületi tényezőinek molekuláris értelemben fellépő deformációit, amelyek mindig újra való helyreállításához az izmok játéka szükséges.)

Összehasonlítva a kéz és a láb oly messzemenően hasonlító izomzatát, lehetetlen észre nem venni a láb elsősorban járási funkciókhoz való bámulatos alkalmazkodását. Csak egy-két mozzanatra kívánunk itt rámutatni.

Az ember hatalmas triceps suraeja az egész lábat plantarflectáló hatásával a járáskor hátra kerülő, ún. támasztó végtagon megadja az előrehajtó döntő erő részét. A továbbiakban azonban, amikor ez a végtag kellőképpen hátra került, a láb elülső része, elsősorban a metatarsusfejek vonala a reájuk feszített lágyrészekkel együtt valóságos hengerfelszín képez, amellyel a láb mintegy „lehengeredik” a talajról. E mozgásnak döntő mozzanata a láb elválása a talajtól – amikor az addig támasztó végtag lengő végtaggá válik –, ebben döntő szerepet visz a hatalmas erejű (bipennatus) m. flexor hallucis longus. Ez a „hengeredő” mozgás végén, amely alatt inkább tónusos működésű támasztó szerepe volt, gyors végső összehúzódásával adja azt az erőt, amellyel a láb elválik a talajtól. A többi lábujj e működésben csak másodlagos szerepű; csak mintegy biztosítják a lábat az oldalra való eldőlés ellen. Ez a mechanizmus csak járásnál zajlik le aránylag ilyen egyszerűen; futásnál az előredőlt testtengely folytán a helyzet lényegesen módosul.

3.7. Nyakizmok

Nyakizmoknak nevezzük a nyak elülső részén elhelyezkedő izmokat, szembeállítva a nyak hátulsó részén elhelyezkedő tarkóizmokkal. A nyakizmok egy felületes és egy mély csoportra oszthatók. A **felületes nyakizmok** háromszög alakú tereket fognak közre (**nyaki háromszögek**). A nyakizmokat a **nyaki fascia** (*fascia cervicalis*) három lemeze borítja, ill. hüvelyezi be.

3.7.1. Felületes nyakizmok

A nyelvcsontozat helyzetük alapján nyelvcsont feletti és nyelvcsont alatti izmok csoportjára oszthatók fel. Külön kell foglalkoznunk a nyak elülső-oldalsó részén felületesen húzódó fejbiccentő izommal (m. sternocleidomastoideus).

Fejbiccentő izom (m. *sternocleidomastoideus*). A fejbiccentő izom a szegycsont markolatán és a kulcscsont sternalis harmadán ered, felfelé és lateral felé haladva síkja spirálisan elcsavarodik, és tapad a halántékcsontról származó csecsnyúlvány külső felszínén és innen vízszintesen hátrafelé terjedő vonalban.

Beidegzi a *n. accessorius* (XI. agyideg), amely a felső és a középső harmad határán át is fűrja az izom medialis részét.

Működés. Az atlantooccipitalis ízület haránttengelyéhez való viszonya olyan, hogy a fejnek ebben való előre-hátra billentésében nincsen szerepe, ezért magyar neve nem szerencsés. Az egész nyaki gerincre azonban erős előrehúzó hatása van, pl. a fej felemelése fekvő helyzetben. Az egyik oldalon működve a fejet függőleges tengelye körül fordítja – az arcot az összehúzó izommal ellentétes oldal felé –, de ebben az axialis nyakizomzattal együtt kell működnie. Önmagában összehúzódva a fültájékot a váll felé közelíti. Az izom bénulása, ill. sérülésből eredő zsugorodása (az izom szülési sérülése a magzat medencevégű fekvésénél régebben gyakori volt) a fej jellemző ferde tartását okozza.

Élőn való jó kitapinthatósága folytán ez az izom igen fontos a nyakon való tájékozódás szempontjából. A felfelé V-alakban szétterő két izom között a manubrium sterni felett a nyakon gödör látható; ez a torkolati mélyedés a *jugulum* vagy *fossa jugularis*. Ettől felfelé, a nyak elülső felszínén, fokozatosan emelkedik ki a nyaki zsigerek által okozott függőleges hengerverszerű domborulat, amely férfiban az ék alakú „ádámcsutka” kiszögellésébe megy át. Innen felfelé rendes fejtartás mellett a nyelvcsontnak megfelelő behúzódnás után a csaknem vízszintes, gyengén hátra és lefelé lejtő szájfenei tájék következik.

Felemelt áll mellett a mm. sternocleidomastoidei és a mandibula együtt rombusz alakú területet fognak közre, melynek közepén az így egy vonalba eső szájfenei és nyaki zsigerek okozta kiemelkedés húzódik végig.

3.7.2. Nyelvcsont feletti izmok (mm. suprahyoidei)

M. mylohyoideus (más néven *diaphragma oris*). A szájfenei legfontosabb izma. Ered a mandibula linea mylohyoideáján, illetve ennek folytatásában előre a középvonalig. Rostjai gyengén összetérő irányban futnak, a középvonalban összetalálkozva izomvarratot (*raphe mylohyoidea*) alkotnak, majd a nyelvcsont testén tapadnak. Az izom vékony, de erős, lefelé gyengén domború, a szájúreg felé vájulatot mutató lemez, amely a 3. zápfogig a szájúreg fenekét tökéletesen lezárja. A *n. trigeminus* 3. ágából (V/3) eredő hasonló nevű ideg idegzi be.

M. digastricus mandibulae. Az állcsont kéthasú izma, melynek hátsó hasa (*venter posterior*) a csecsnyúlvány belső oldalán rejtetten ered, egy darabig a m. sternocleidomastoideus belső oldalán húzódik lefelé és előre, ahol rövid, szögletben tört ívba megy át. Elülső hasa (*venter anterior*) a mandibula belső szögletén levő kissé bemélyedt érdes területen ered, innen ferdén hátra és lefelé húzódik a m. mylohyoideus külső felszínén, mígnem az említett közbülső ívban találkozik a hátsó hassal. A közbülső ív hurokszerűen körülfogó aponeurosiszerű lemez szorítja oda a nyelvcsont teste és nagy szarva határához. A hátsó izomhasat a *n. facialis* (VII. agyideg) az elülsőt a *n. mylohyoideus* (az V/3. agyidegből) idegzi be.

M. stylohyoideus. A processus styloideuson ered, a digastricus hátsó hasával megközelítőleg párhuzamosan fut annak belső oldalán. Rostjai szétválva, közrefogják az előbbi izom hátsó hasának ívba átmenő részét, s az izom a nyelvcsont nagy szarva és teste határán tapad. Beidegzi a *n. facialis* (VII. agyideg).

M. geniohyoideus. Sagittalis irányú, a m. mylohyoideus felett vízszintesen futó izom, amely a mandibula csúcán a spina mentalis mellett ered, és a nyelvcsont testén végződik. Beidegzi a *n. hypoglossus* (XII. agyideg).

Működésük. Igen sokoldalú; más nyak- és fejizmokkal különböző kombinációkban összehúzódva a száj nyitásban, nyelésben, hangadásakor és vízivásban, ill. a csecsemő szopásában visznek döntő szerepet. Ezek részben zsigeri működések lévén, itt csak utalunk rájuk, és később részletesen rátérünk funkcionális anatómiai elemzésükre.

A száj aktív nyitásához (feltárásához) az elülső nyelvcsont feletti izmok (m. mylohyoideus, m. digastricus elülső hasa, m. geniohyoideus) együttműködnek a nyelvcsont alatti izmokkal. Nyeléskor az összes nyelvcsont feletti izom összehúzódik, és felemeli a nyelvcsontot, ill. ezzel együtt a géget. Hasonlóképpen magasabb hangok létrehozásához a nyelvcsont feletti izmok együtt húzódva össze feljebb emelik a szájfenei tájékot és a géget, s ezzel kisebb rezonáló teret létesítenek a szájúregben és a garat felső részében. Folyadék ivásakor és főleg a csecsemő

szopásánál a megfeszített szájfenekeket a nyelvcsont alatti izmok a nyelvcsont útján lefelé húzzák, és így légritkított teret hoznak létre a szájüregben.

6.15. táblázat - 5/15. táblázat - Nyelvcsont alatti izmok

Név	Elhelyezkedés, részek	Eredés	Tapadás	Beidegzés
(1) sternohyoideus	m. felületes; a nyak középvonalának két oldalán	a szegycsont belső oldalán és a szegycsonti ízület tokján	a nyelvcsont testén	
(2) sternothyroideus	m. az előbbinél mélyebb rétegben; szélesebb, körülöleli a pajzsmirigyet	a szegycsont belső felszínén az előbbi izom alatt részben az 1. borda porcán belül	a pajzsporc linea obliquáján	
(3) m. thyrohyoideus	rövid, téglalap alakú izom	a pajzsporc linea obliquáján	a nyelvcsont testén és nagy szarva tövén	ansa cervicalis
(4) m. omohyoideus	kéthasú izom, tompaszögben való megtörésük helyén lapos közbülső innal	venter inferior: az incisura scapulae áthidaló szalagon, venter superior: a nyelvcsont testén és nagy szarva tövén	közbülső inát a középső nyaki fasciához tartozó háromszögletű erősebb lemez köti a szegycsonti ízület belső oldalához és a v. subclaviához	

3.7.3. Nyelvcsont alatti izmok (mm. infrahyoidei)

Vékony pántszerű párhuzamos rostú izmok, amelyek egy kivételével a nyelvcsont és a szegycsont markolatának belső felszíne közti teret hidalják át.

Mintegy tokot képeznek a nyaki zsigerek számára. Részletes leírásuk az **5/15. táblázatban** található.

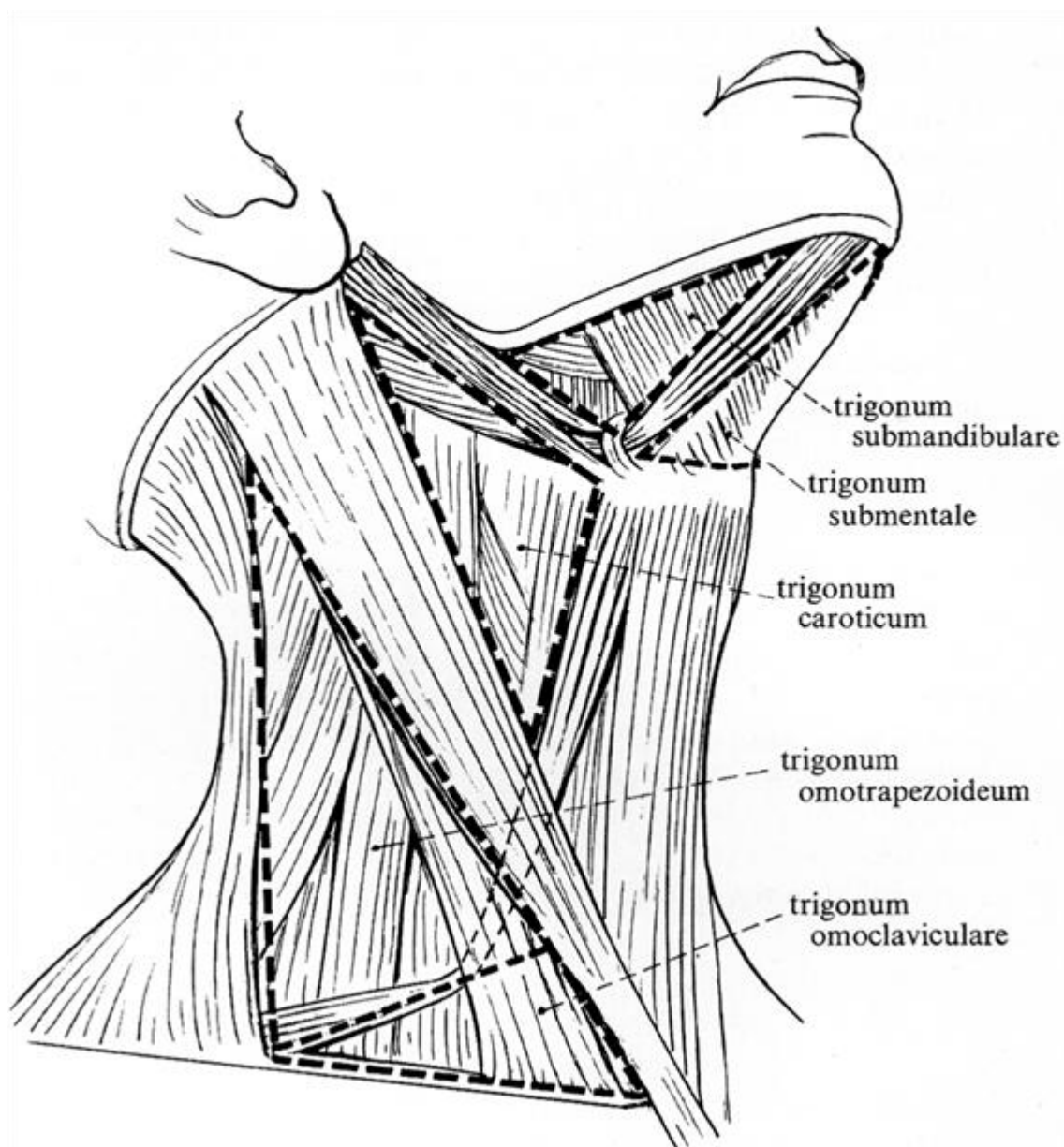
Működésük egységes, és a nyelvcsont feletti izmokkal összhangban száj nyitásban, vízivásban, szopásban működnek közre (lásd nyelvcsont feletti izmok). Nyeléskor inkább elernyednek, de ennek bizonyos fázisaiban és főleg hangadáskor ellentartó – a géget rögzítő – szerepük (a hangmagasság szerint változó helyzetben) fontos. Magas hangoknál a m. thyrohyoideus erősen összehúzódva a nyelvcsont közelíti a géget (nyeléskor is). A m. omohyoideusnak fontos szerepe van a nyaki vénák tágan tartásában és kiürítésük biztosításában (lásd nyaki gyűjtőerek).

3.7.4. Nyaki izomháromszögek

A nyakon való tájbonctani tájékozódás szempontjából nagy jelentőségűek az alábbi izomháromszögek (**5/19. ábra**).

Kulcscsont feletti háromszög (*trigonum supraclaviculare*). Elölről a m. sternocleidomastoideus, alulról a clavicula és hátulról a m. trapezius elülső széle határolja. A háromszög alapját a mély nyakizmok és az őket borító lamina prevertebralis képezi. A kulcscsont feletti háromszög azonban részletes tájékozódásra túl nagy, ezért a m. omohyoideus alsó hasa által elválasztott két háromszögre osztjuk a területet:

(1) *Trigonum omotrapezoideum*. Elölről a m. sternocleidomastoideus hátsó, hátulról a m. trapezius elülső széle, alulról a m. omohyoideus alsó hasa határolják. A nyaki idegfonat (*plexus cervicalis*) ágai bújnak elő belőle.



5/19. ábra. A nyaki izomháromszögek a nyak oldalnézetén

(2) *Trigonum omoclaviculare*. Elölről a m. sternocleidomastoideus hátsó széle, felülről a m. omohyoideus alsó hasa, alulról a clavicula határolják. A nyak felületesebb arteriáit tartalmazza, ill. mélyebben a háromszögön keresztül közelítjük meg a hiatus scalenin kilépő a. subclaviát és a plexus brachialis truncusait.

Állcsont alatti háromszög (*trigonum submandibulare*). Felülről az állkapocs basisa, előlről a m. digastricus elülső, hátulról ennek hátsó hasa határolja. Alapját elől a m. mylohyoideus, hátrább a m. hyoglossus (lásd a nyelvizmoknál) képezi, végül emögött a terület alapja már nem egységes – itt találjuk a processus styloideusról lefelé húzódó izmokat. A háromszöget az állkapocs alatti mirigy (*glandula submandibularis*) tölti ki.

Állcsúcs alatti háromszög (*trigonum submentale*). Páratlan háromszög. Két oldalról a két m. digastricus elülső hasai határolják, basisát a nyelvcsont teste képezi. A háromszög fenekét a m. mylohyoideus alkotja. Egy-két nyirokcsomó található a háromszögben.

Trigonum caroticum. Hátulról a m. sternocleidomastoideus elülső széle, előlről felülről a m. digastricus hátsó hasa, előlről alulról a m. omohyoideus felső hasa határolják. Majdnem teljesen szimmetrikus, lapos, egyenlő szárú háromszög, amelynek basisa a m. sternocleidomastoideus. Feneke nem egységes, de a csúcsától közel vízszintesen hátrafelé haladó nyelvcsont nagy szarva aszimmetrikusan kettévágja egy kisebb – felső – és egy nagyobb – alsó – háromszögre. A nyaki topográfia szempontjából talán legfontosabb terület.

3.7.5. Mély nyakizmok

Az axialis izomzat által alkotott kettős izomkúp elemeiként már említettük a scalenusizmokat (*mm. scaleni*). Az izmok az 1. és 2. bordán erednek, sátorszerűen kúpfelszint képezve haladnak felfelé a nyakcsigolyákhoz, és ezáltal nagyrészt bezárják a mellkas bemenetét. Az általuk közrezárt kúp alakú térbe benyomul a mellhártya és a tüdő csúcsa. Az izmokat az **5/16. táblázatban** foglaltuk össze.

Nyaki fascia (*fascia cervicalis*). A nyakizmokat bonyolult és gyakorlati szempontból igen fontos fasciarendszer, a fascia cervicalis fogja körül. Ennek egységes felületes lemezét (*lamina superficialis*), több lemezre, ill. rekeszre vált középső lemezrendszerét (*lamina pretrachealis*) és egységes mély lemezét (*lamina prevertebralis*) különböztetjük meg.

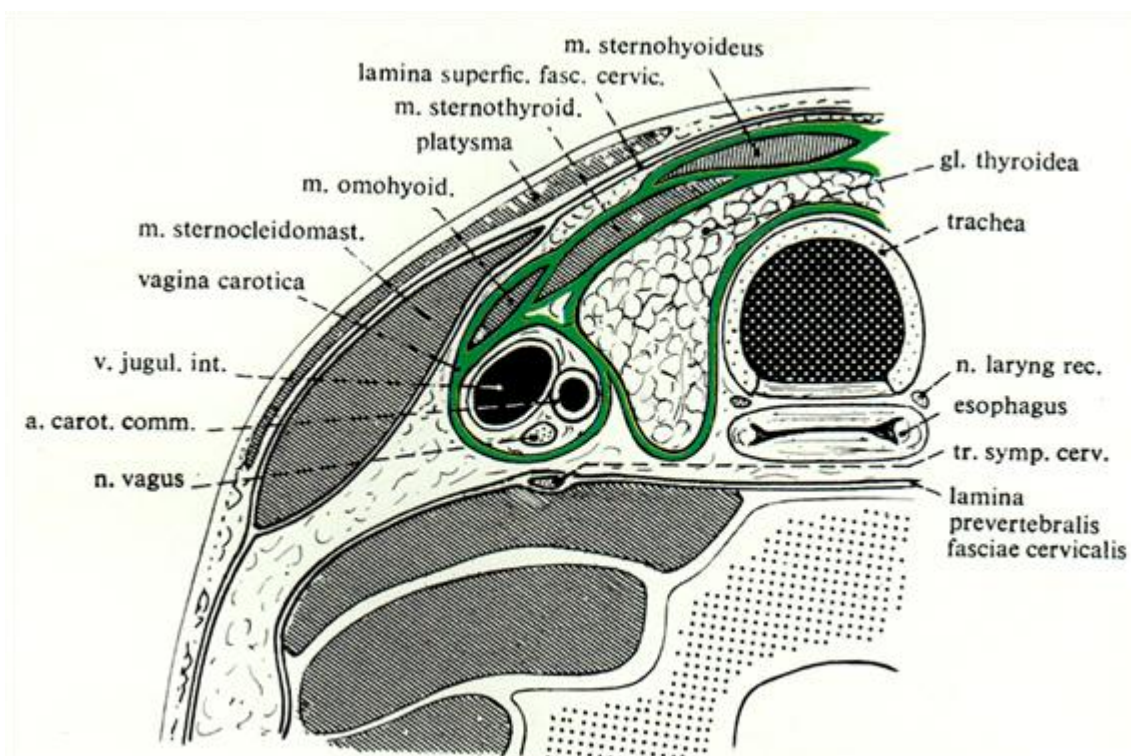
A *lamina superficialis* egységes lemezt alkot a nyak vékony bőrizmorétege (*platysma*) alatt. Felülről a mandibula alsó széléről, illetve hátrább az arc erős fasciájából – a *fascia parotideomassetericából* ered. A nyelvcsont feletti és alatti izomréteg előtt vonul el, és oldalt hüvelybe foglalja a m. sternocleidomastoideust. Különösen erős ez a fascia az állcsont szögleténél, ahol a m. sternocleidomastoideust szinte odarögzíti a fascia parotideomasseterica e területet borító lemezéhez. A m. sternocleidomastoideustól oldalt a fascia igen gyenge, alig preparálható, majd a m. trapezius felületére húzódik rá. A két sternocleidomastoideus közt lefelé viszont meglehetősen erős lemezként húzódik le a gége és a nyelvcsont alatti izmok előtt. Végül a szegycsont markolata felett kettéválva egy felületesebb réteggel a csont elülső, egy mélyebbel a hátsó felszínén rögzül. A két lemez közt laza kötőszövet és kevés zsírszövet helyezkedik el néha kisebb, harántul futó vénával.

6.16. táblázat - 5/16. táblázat - Musculi scaleni

Név	Alak, elhelyezkedés	Eredés	Tapadás	Működés	Beidegzés	Topográfiai szerepük
m. scalenus anterior	karcsú, orsó alakú, a mellkas bemenete feletti izomsátor legelülső tagja	az 1. borda tuberculum m. scaleni anteriorisa	3–6. nyakcsigolya harántnyúlványának elülső gumóin	Együttesen előre-, az azonos oldalaik saját oldalukra hajlítják a nyaki gerincet. Kisfokon fordító hatású a m. scalenus ant. Légzési segédizmok az 1. és a 2. bordára való emelő hatásuk folytán. Csak erőltetett légzéskor jelentős szerepük	a karfonat (plexus brachialis) a közvetlen izomágai (C ₅ –C ₇)	Az izmok a mellkasbemenet és az alsó nyaki tájék topográfiáját meghatározó legfontosabb tényezők. Elöl a két scalenus anterior közt fennmaradó nyíláson mennek át a légcső, a nyelőcső és a nagy nyaki idegek és erek. A scalenus anteriornak és mediusnak az 1. bordán való tapadása közt fontos rés marad szabadon, a <i>hiatus scaleni</i> . Ezen a résen megy át a kulcscsont alatti verőér (a. subclavia) és a karfonat

						(plexus brachialis). A scalenusok által alkotott és a gerinc általuk közrefogott elülső felszínén levő izmok (m. longus colli et m. longus capitis) kúpját erős fascialemez borítja be (<i>lamina prevertebralis</i>)
m. scalenus medius	karcsú, orsó alakú, a mellkasbemeneti izomsátor középső tagja	az 1. bordán; sulc. arteriae subclaviae mögött	2–7. nyakcsigolya harántnyúlványának hátsó gumóin		(C ₆ -C ₈)	
m. scalenus posterior	lapos, orsó alakú, izomsátor hátsó tagja	a 2. borda megvastagodásán	5–6. nyakcsigolya harántnyúlványának hátsó gumóin		(C ₇ -C ₈)	

A *lamina pretrachealis* bonyolult lemezrendszer (5/20. ábra), amely külön-külön rekeszbe foglalja az összes nyelvcsont alatti izmot és a pajzsmirigyet, amelynek valóságos tokját képezi. A középvonalban, ahol nincs izom, erősebb lemezzé olvad össze, amelytől nevét is nyeri. Speciálisan erős, majdnem aponeurosisszerű lemezt képez a m. omohyoideus alsó hasa és a clavicula között. Főleg ennek medialis része, egy erősebb háromszögletű inas terület az, amely a m. omohyoideus közbülső inát rögzíti a sternoclavicularis ízület hátsó felszínéhez. A m. omohyoideustól lateral felé és a nyelvcsont felett a lamina pretrachealis gyakorlatilag megszűnik.



5.20. ábra. A nyak átmetszete a gége alatti magasságban a nyaki fasciák demonstrálására (a lamina pretrachealis rendszer zöld színben)

Vagina carotica. Régebben *vagina vasorum cervicalium*nak nevezték, és voltaképpen szintén a lamina pretrachealis rendszeréhez tartozik (5/20. ábra). A *m. omohyoideus*t behüvelyező rekesz belső oldala ráterjed a nagy nyaki erekre (*a. carotis communis* és *v. jugularis interna*), és őket közös hüvellyel veszi körül, amelyben még hátul a *n. vagus* (X. agyideg) is halad. A *vena jugularis interna* kötőszövet közbejöttével rögzül a fasciahüvely belső falához, az arteria nincs összenöve vele.

A *lamina prevertebralis* a scalenusizmok által alkotott kúpszerű izomsátrat szorosan beborító és összefogó erős fascialemez. A két *scalenus anterior* közt kissé besüppedve a nyaki gerinc elülső izmait (*m. longus capitis et colli*) borítja be. Lefelé a fascialemez oldalsó része a scalenusokat kísérve rásugárzik a mellkas külső falára, és ott az izomsátor külső borítását képezi. A közepén viszont a *m. scalenus anterior* medialis szélén befordul, és a gerinc felé húzódik. Hátul a gerinc elülső izmain egyszerűen leszáll a mellkas belső fasciájába.

A kétoldali *scalenus* kúp és a mellkas középső részének felfelé nyíló bemenete közti nyílást a fascia ferde lemezzel elzárja, így a csontos mellkas feletti teret három részre osztja: két, a mellüreghez tartozó kúp alakú térre, a két első borda által közrefogott félkör alakú nyílás felett és egy középső, a nyakról a mellkasba bevezető (a légcsövet, a nyelöcsövet és a nyaki ereket és idegeket befogadó) térre. Oldalt, a *trigonum supraclaviculare*ban a nyaki fascia felszínes és prevertebralis lemeze egymáshoz közel kerül.

A nyaki fasciarendszer több szempontból is nagy gyakorlati fontosságú. Az általános izomtanban említettük, hogy a fasciarészek kóros folyamatok terjedése számára preformált tereket alkotnak. Bár, mint azt a lamina prevertebralis leírásából láttuk, a mellkas bemenetét ez a lemez sáterszerűen lezárja, mégis szabadon marad egy nagyobb középső nyílás a légcső és a nyelöcső belépése számára. E kettőt a nyakon a lamina pretrachealis és a lamina prevertebralis által előlről és hátulról határolt laza kötőszövetes rés veszi körül, amely a mellkas bemenetén keresztül folyamatosan összefügg a mellüreg ún. mediastinalis laza kötőszövetes terével. Érthető, hogy mindazon gyulladásos folyamatok, amelyek a garat és a nyelöcső falának sérüléseiből, illetve a kötőszövetes terekben elhelyezkedő nyirokcsomók gennyes beolvadásából terjednek szét ezekben a laza kötőszövetes terekben, azok szinte akadálytalanul betérjedhetnek a mellüreg laza kötőszövetes tereibe is. Ezzel ellentétben a fascia cervicalis felületes lemeze feletti vagy a felületes és a pretrachealis lemez közti, sőt a pretrachealis lemez rekeszrendszerén belüli fertőző gennyes folyamatok a lemezeknek és az izmoknak a szegycsonton való tapadása folytán kevésbé fenyegetnek a mellkasba való betörés veszélyével.

A nyak izom-fascia viszonyainak másik nagy gyakorlati fontosságú vonatkozása a nyaki vénákkal kapcsolatos. A mellkasban, főleg belégzés közben, de légzések közötti helyzetben, sőt még könnyed kilégzés közben is negatív (ti. a külnyomásnál alacsonyabb) nyomás uralkodik. Ez a negatív nyomás a vénákban áramló vérré szívó hatást gyakorol. A nyaki vénákban ezért a vér nyomása alacsonyabb a külnyomásnál. Ezek a vénák össze is esnének – ami nehezítené a vér rajtuk keresztül való elfolyását –, ha a nyak homokóra alakú idoma és a fascia rekeszeinek a vénák falával való kapcsolata nem biztosítaná azok ürterének nyitva tartását. A v. jugularis interna egész lefutásában össze lévén növe a vagina caroticával, ez a hatás elsősorban ezen az éren jelentkezik. De a v. jugularis externa is, míg a v. jugularis internába való beömlése felé halad, szorosan össze van növe a m. omohyoideus alsó hasát tartó fascialemezzel, és ez megakadályozza az ér összeesését. Az izmok tónusa és összehúzódásai a nyak homokóraidoma folytán logikusan ugyanilyen irányban hatnak, azaz tágan tartják a vénákat. Ennek következtében a nyaki vénák sérülése vagy műtét közben való véletlen megnyitásuk azzal a veszéllyel jár, hogy a külnyomásnál alacsonyabb belső nyomásuk folytán nem vér ömlik ki belőlük, mint minden más érsérülésnél, hanem ellenkezőleg: levegőt szívhatnak be. Ez, az ún. légembolia, életveszélyes állapot, és joggal rettegett komplikációja a nyakon végzett műtéti beavatkozásoknak.

3.8. A fej izmai

A fej izmai közül az izomrendszer keretében csak két fejlődéstani és funkciós szempontból is egységes csoporttal foglalkozunk: (1) az első kopolyúívből származó rágóizomzattal és (2) a második kopolyúívből származó mimikai izomzattal. Majd csupán a látószerv keretében foglalkozunk a fejlődés szempontjából is különálló szemizmokkal és a dobüreg két izmával, amelyek közül az egyik az első, a másik a második kopolyúív származéka. A szájüregi és az orr-garat üreggel szorosabb kapcsolatban levő nyelv-, lágyszájpad- és természetesen a garatizmokkal e szervek leírásában (lásd zsigertan) foglalkozunk.

3.8.1. Rágóizomzat

Ehhez az izomcsoporthoz a szó szoros értelmében három páros izom tartozik, úm.: m. temporalis, m. masseter, m. pterygoideus medialis, amelyek mind a fogsorok összezárásában működnek közre, míg egy negyedik izompár, a m. pterygoideus lateralis, az előbbieknél antagonistája, amennyiben a száj nyitására járul hozzá. Mégis rágóizom ez is az őrlőmozgásokban vitt nélkülözhetetlen szerepe folytán. Az igazi szájnyitó izmok, mint láttuk, a nyelvcsont feletti és a nyelvcsont alatti izmok.

Valamennyi rágóizmot a n. trigeminus (V. agyideg) 3. ága, a n. mandibularis motoros ágcsoportja idegzi be, az izommal azonos névű ággal.

A rágóizmok részletes leírása az **5/17. táblázatban** található meg.

A rágóizmok működésének a táblázatban leírt rövid definícióiból is kitűnik, hogy voltaképpen a m. masseter és a m. pterygoideus medialis a két tiszta fogsorzáró izom. A m. temporalis ebben erősen közreműködik, de hátsó rostjai révén a m. pterygoideus lateralis antagonistája. E két izom (-rész) alternáló összehúzódásával a mandibula feje előre-hátra mozgatható, ami – mint ezt az állkapocsizület leírásában láttuk – az őrlőmozgás leglényegesebb tényezője.

A rágóizmokkal kapcsolatban két fasciáról kell megemlékeznünk. Az egyik a *fascia temporalis*, erős aponeurosiszerű lemez, amelyről a m. temporalis rostjainak egy része is ered. A két párhuzamos linea temporalis közül a felsőről ered, s lefelé két lemezre válva a járomív külső és belső felszínén tapad. A két lemez közt, valamint a mélyebb lemez és az izom közt laza kötő- és zsírszövet helyezkedik el. A m. temporalis számára csak lefelé, a fossa infratemporalis felé nyílt osteofibrosus rekeszt képez. Az izommal együtt a koponya oldalsó vékony falú felszínének fontos védő tényezője, ezért nem mindegy, vajon a koponyát érő mechanikai hatás összeszorított fogsor mellett éri-e azt, vagy ellazult izom mellett.

6.17. táblázat - 5/17. táblázat - Rágóizmok

Név	Alak	Eredés	Tapadás	Működés
(1) m. temporalis	ovális, lapos lemez, legyezőszerűen összetető rostokkal	a koponya fossa temporalisáról a linea temporalis mentén és alatt	legyezőszerűen összetető rostjai a járomív alatt áthaladnak;	a fogsorokat összezárja, hátsó rostjai hátra húzzák a mandibulát

			mandibula proc. coronoideusán	
(2) m. masseter	vaskos téglalap, két különálló rétegű, felületesebb rostjai ferdében haladnak le- és hátrafelé, a mélyebbek közel függőlegesek	a járomív elülső részén és a járomcsonton	a mandibula szögletének külső felszínén	a fogsorokat összezárja
(3) m. pterygoideus medialis	vaskos téglalap	fossa pterygoidea	a mandibula szögletének belső felszínén	a fogsorokat összezárja
(4) m. pterygoideus lateralis	legyezőszerű, két különvált résszel ered	az ékcsont facies infratemporalisáról és a proc. pterygoideus külső lemezének lateralis felszínén	a mandibula nyakán elől a fej alatti mélyedésben, a fovea pterygoideában	a mandibula fejet előre, a tuberculum articularéra húzza (a szájnyitás kezdeti fázisában)

A *fascia masseterica* a massetert, sőt hátsó szélén visszahajolva még a m. pterygoideus internust is szoros tokba zárja, előrefelé összetalálkozik a fültömírigy külső tokját képező fascia parotideával úgy, hogy a mirigy előtti területen jóval vastagabb rétegben borítja az izmot.

3.8.2. Mimikai arcizomzat

A második kopolyúív eredeti nyelvcsont körüli telepéből – amelynek mélyebb részéből a m. digastricus hátsó hasa és a m. stylohyoideus is származik – a nyak, az arc és a fej bőrébe szétsugárzó bőrízomrendszer. Fontos szerepe van az arc testnyílásainak nyitásában és zárásában, amely működések közül azonban emberben a fülkagylóra és a külső hallójárat nyílására hatók meglehetősen csökevényesek. Így ezeket csak éppen futólag tárgyaljuk.

A koponyát borító gyakorlatilag fontos sapkaszerű bőr-aponeurosis-izom együttesel (m. epicranius), a szem körüli izmokkal és a száj körüli izomzattal funkciók jelentőségük miatt részletesebben foglalkozunk.

M. epicranius – galea aponeurotica. Az egész koponyatetőt a linea temporalisok között, illetve a margo supraorbitalis és a protuberantia occipitalis externa magassága közt egy, a koponyatetőre szorosan rásimuló, de attól a laza kötőszövetes résszel jól mozgathatóan elválasztott aponeurosiszerű lemez: a *galea aponeurotica* borítja.

A *galea* a fejtető bőrével merőleges kötőszöveti kötegekkel szorosan összenőtt. A szerkezet itt némiképp hasonlít a tenyér- és talpbőrnél leírt viszonyokhoz, azaz a koponyatető lágy szövetei egységes szerkezetű rugalmas kérget – „skalp” – képeznek, amelynek mechanikai ellenálló képességét a merőleges sövényekkel körülzárt „zsírszövetcsomagok” biztosítják.

A fejtető bőrének sérüléseire (szövet közötti bevézréseire) ezért is jellemző az aránylag hegyesen kiugró púpképződés. Ha a fejbőr diffúzan emelkedik az alapról, tudhatjuk, hogy az elváltozás (genny, vér) a *galea aponeurotica* alatt van.

Ezt a sapkát a *galea aponeurotica* és a koponyatető csontjai közötti laza kötőszöveti résben két páros izom mozgatja: a *m. epicranius venter frontalis* és *venter occipitalis*. Az előbbi a szemöldök bőrében eredő lapos izomlemez, amely kb. a homlok és a hajas fejbőr határánál tapad a *galea aponeurotica*-ban. Összehúzódnása felhúzza a szemöldököt (a csodálkozás és felfigyelés mimikai gesztusa), harántul ráncolja a homlokot, és előrehúzza a fejbőrt.

Hátul a protuberantia occipitalis externa két oldalán oldalfelé húzódó legfelső vonalról ered két hasonló, de jóval rövidebb izom: a *venter occipitalis*, amelyek a *galea*-val együtt a fejbőrt hátrahúzzák.

Kevés ember tudja olyan összerendezetten mozgatni a két izompárt, hogy fejbőrét eredményesen előre-hátra húzza; fiúknál gyakoribb, majomszerű komikus arcjátékot kölcsönöz az ilyen mozgásra képes egyén arcának. Skalpólnál, amely nemcsak indián történetekben, hanem napjainkban is előfordul, főleg olyan baleseteknél, amelyekben gyorsan forgó géprész nagyobb hajtíncset elkap, a hajas fejbőr a galeával együtt válik le a koponyatetőről.

Szem körüli izmok. Fő része a *m. orbicularis oculi*, vagyis a szem körizma. Kör alakú lapos izomlemez, amelynek külső, széles, gyűrű alakú része, a *pars orbitalis*, a szemgödör egész bemenetét körülveszi. Csak erős fény vagy légáram hatására, illetve por vagy ütés veszélyére jelentkező erős hunyorgatásnál lép működésbe, mintegy összegyűrve a szem védelmére a szomszédos bőrterületeket. Görcsös összehúzódása a szem fájdalmas gyulladásában állandósulhat. Belső része a szemhéjak bőre alatt elterülő *pars palpebralis*, két mandulahéj alakú vékonyabb izomlemez. Ezek a szemhéj könnyed összehúzásakor, pl. pislogásnál húzódnak össze. Ez utóbbiak egyes rostjai medialisan a könnytömlő oldalsó falán minden pislogásnál meghúzzák a könnytömlő hárttyás falát, és ezzel szívó hatást gyakorolnak a szemhéjszájelen végződő két könnycsatornácskára. Ezt az izomrészt ezért *pars lacrimalis*nak nevezik. A *m. orbicularis oculi* rostjai medialisan egy, a szemhéjknál részletesebben leírandó szalagon: a *lig. palpebrale medialén* erednek, oldalt azonban sphincterszerűen a felső és alsó izomfél rostjai átmennek egymásba.

Az izomnak felfelé haladó nyalábjai a szemöldök medialis részét húzzák le (*m. depressor supercilii*), más, oldal felé kisugárzó nyalábja a szemöldököket összehúzza, és függőlegesen ráncolja a homlokot (*m. curvator supercilii*); a koncentrált figyelem, gondolkodás és harag mimikai gesztusa.

Száj körüli izomzat. Felépítési elve: a szájnyílást oválisán vagy még inkább orsóalakban, de lényegében gyűrűként körülvevő izom (*m. orbicularis oris*), és minden irányból, azaz felülről, oldalról és alulról, sőt a mélyben hátulról is belésgárzó, nagyobb részben az arccsontokon, kisebb részben az arc bőrében eredő izmok együttese.

A *m. orbicularis oris* az ajkak méretének megfelelő szélességű lapos izomgyűrű, amelynek rostjai azonban csak kisebb részben fordulnak át sphincterszerűen egymásba, jelentős részük vagy véget ér a szájzugban levő kötőszövetes csomón, vagy a felső ajaktól jövők az alsókból jövőkkel kereszteződve a szájzugba besugárzó izmokba mennek át. Az ajakpírnak megfelelően az izomlemez széle kissé kifordul, és a kiforduló nyaláb vastagsága hozzájárul az ajkak vastagságának meghatározásához. Az izomgyűrűt kívülről az ajkak bőre, belülről nyálkahártyafelszínük borítja. Az izom rostjai négy kis csipkével erednek a négy (mindkét oldalon felül és alul egy-egy) oldalsó metszőfog gyökerei által okozott jugumokon. Ezek a kis nyalábok a szájzug felé húzódnak, és itt csatlakoznak az izomgyűrűhöz. Összehúzódásukkor előrefelé csücsörítik az ajkakot („ü” betű ejtése, füttyülés, szopó mozgás, dohányzás stb.). A *m. orbicularis*nak egy középső csipkéje az orrsövény alsó szélével is összefügg, és ezt kissé lefelé húzza.

A felülről besugárzó izmok a felső ajak és a szájzug emelői. Medialról lateral felé haladva, ezek a *m. levator labii superioris*, amely voltaképpen három fejjel ered a szemgödör alsó peremén.

Medialis feje a *m. levator labii superioris alaequae nasi*, közbülső feje azonos nevű az egész izommal; az oldalsó a *m. zygomaticus minor*. Alatta fekszik és oldal felé a szájzughoz megy a fossa caninában eredő *m. levator anguli oris*. Oldalról a pofagumóról száll le a szájzughoz a *m. zygomaticus major* (sovány, vékony arcbőrű férfiakon néha pántszerűen kiemeli az arcbőrt).

Alulról két izom sugárzik be az ajkakba: a háromszög alakú *m. depressor anguli oris*, amely a mandibula basisán veszi eredetét és a szájzugban végződik, valamint a medialisabb, az előbbitől részben fedett rézsútosan medial felé húzódo *m. depressor labii inferioris*.

Oldalról egy felületesebb tiszta bőrizom sugárzik be a szájzugba, ez a nevetőizom (*m. risorius*), amelynek összehúzódása az arcon a szájtól oldalra eső gödröcskéket okozza (leginkább fiatal nőknél régebben bécsiessen „grüberli”-nek nevezték). Funkcionális szempontból ennél jóval fontosabb – a valóságban a mimikai arcizomzat egyik legfontosabb része – a trombitásizom (*m. buccinator*). A pofa (bucca) vastagságának nagy részét képező lapos izom, amely hátul a tuber maxillaeról és a processus pterygoideus alsó részéről, illetve a mandibula ramusának belső oldaláról az utolsó zápfog külső oldalához húzódo ferde vonalban és a két csont között kifeszülő izomvarraton (*raphe pterygomandibularis*) ered. (Ugyanezen az izomvarraton ered hátrafelé a garatizomzat egyik tagja, tehát itt a maxilla és a mandibula közt a szájüreg oldalfala folyamatosan megy át a garat falába.) A *m. buccinator* rostjai előrefelé haladva, felül a maxilla, alul pedig a mandibula fogmedri nyúlványának széléhez rögzülnek még egy darabon, majd felső rostjai részben az alsókkal kereszteződve, a

szájzugban az alsó ajkak, az alsók pedig inkább a felső ajkak szélébe sugároznak be. Az izmokat egy külön fascia, a *fascia buccopharyngea* borítja.

A száj körüli izomzat funkciója igen sokoldalú: a *m. orbicularis oris* és a sugárszerűen mindenfelől besugárzó izmok különböző működési kombinációkkal az ajkaknak és a szájnyílásnak igen változatos alakot képesek adni.

E mozgások egy része a táplálkozással kapcsolatos, ti. a táplálék megragadása, folyékony táplálék felvételéhez az edény vagy kanál szélével és a folyadékfelszínnel megfelelő zár létrehozása, mely révén a szájüreggel előlédzett légritkított tér hatása érvényesülhet. A csecsemő szopásában különösen fontos a mellbimbó körül az ajkkal létrehozott tökéletes zárógyűrű.

Az ajkak és a szájnyílás megfelelő alakítása nélkülözhetetlen a legtöbb magánhangzó kiejtésében, sok mássalhangzót az ajkak (p, b, m) vagy az ajkak és a fogak közt (f, v) létrehozott teljes zár vagy szűkület létrehozásával ejtünk ki. Az ajkakkal irányítható a szájon keresztül kifújó légáram, amellyel sokféle hatás hozható létre (por elfűvése, haj kifűvése az arc területéről, hűtés, dohányfüst kifűvése stb.). A száj egyben az arc mimika legkifejezőbb eszköze, a szájzugok fel- (és szét-) húzása általában a jókedv és jóérzés (nevetés), lehúzása a negatív hangulat (sírás, elkeseredés, megvetés, undor) különböző megnyilvánulásait jelzi. Az ajkak szopó mozgásait a magzat igen korán kialakuló alapvető idegmechanizmusai hozzák létre, ezeket egyéb jellegű táplálékfelvétel, beszéd és arc mimika reáraható bonyolultabb idegmechanizmusai csaknem teljesen elfedik, de ekvivalenseik normális körülmények közt is minduntalan előbukkannak, mint pl. dohányzásban, a nemi izgalom tetőfokán; a magasabb rendű idegmechanizmusok kóros leépüléseiben rendszeresen megjelennek; az elmekörtanban fontos diagnosztikai ismérvek.

A száj körüli izmok közül speciális fontossága van a táplálkozásban a *m. buccinator*nak, amelynek működése nélkülözhetetlen a tápláléknak rágás közben a fogak közé rendezésében (a nyelvvel együtt). Bénulásakor a rágott táplálék minduntalan meggyűlik a pofa nyálkahártyája és a fogak közt. Rossz étvágyú, pszichésen kiegyensúlyozatlan vagy rosszul nevelt gyermekeknek (gyakoribb leányoknál) a szülőket kétségbeejtő szokása, hogy a táplálékot evés közben a pofazacsksóban összegyűjtik. A *m. buccinator*, de az összes száj körüli izmok fontos szerepe, hogy tónusával a növekvő fogakat (ismét a nyelvvel együtt) helyes állásukba tereli.

Orrszárny körüli izmok. Emberben elég csökevényesek, mégis a nehézlégzéskor jelentkező ún. orrszárny légzés – orrszárnyak jól látható mozgásai belégzéskor – fontos tájékoztatás az orvosnak. A *m. nasalis* a felső szemfog juguma körül ered a maxilián, és V alakban szétválva, egyik része az orrhátra sugárzik rá, másik az orrszárnyba, sőt a septum tövéhez is kisugárzik.

Még idetartozik egy függőleges izmocska az orrgyök és a homlok bőre közt, amely mosolygáskor, sokszor komikus gesztusként, az orrgyök feletti bőrt haránt ráncokba emeli.

A **fülkagylóhoz tartozó izmok** zömben csökevényesek, jelentőségük alig van. Három nagyobb izom előlről, felülről és hátulról húzódik a fülkagyló tövéhez; az előbbi kettő legyező alakú, az utóbbi keskeny pánt; még leginkább a hátsó jelentős. A fülkagyló apró saját izmai emberben teljesen jelentéktelenek. – Állatokban a fül (pl. macskafélék, ló) alakváltozásai zörejek eredetének és jelentőségének meghatározására (a fül hegyezése), illetve támadó és védekező gesztusként (a fül hátrafektetése), vízi állatokban a fül elzárása lényeges működések.

Az áll önálló izmaként érdemes megemlíteni a *m. mentalist*, amely az alsó metszőfogak jugumain eredve, lefelé sugárzik be az áll bőrébe. Ennek felhúzása teszi lehetővé az alsó ajak kifordítását (ajakbiggyesztés), ami az undorral vegyes megvetés, ill. a kisgyermek sírását bevezető mimika gesztusa.

A *platysma* a nyak bőre alatt kétoldalt gyengén divergáló irányban leszálló lapos bőrizmolemez. A mandibula basisa felett már az arcizmokkal részben összeszövődve ered, és a clavicula felett elhaladva, a mell bőrében sugárzik ki. Általában (pl. lóban) rovarok elzavarására használt izom. Emberben a nyaki vénák táján tartásán kívül szerepe alig lehet (működtetése egyeseknél ideges, külön jelentőség nélküli vagy türelmetlenséget jelző gesztus), fő okozója nőkben a nyak életkort eláruló és még a legügyesebb kozmetikával is alig leplezhető ráncosodásának. Elülső széle idősebb egyéneken két feltűnő függőleges ráncot okoz.

Az egész mimikai izomzatot a második kopoltyúív idege: a *n. facialis* (VII. agyideg) idegzi be. Az ideg megbénulása ezért a funkcionális zavaron kívül súlyosan torzító következményekkel jár, ti. az ép oldali izmok tónusa a maguk oldalára húzza az arc bőr mozgékonyabb részeit, elsősorban a szájnyílást és az ajkak. A funkcionális következmények közül jelentősebbek a szemhéj lehunyásának tökéletlensége folytán fellépő zavarok a szem szaruhártyáján, valamint az ajkak és a pofa bénulásából eredő beszéd- és táplálkozási nehézségek.

Fiatalabb egyénben a fogak kinövésében is rendellenességek jönnek létre az arcizomzat említett terelő-rendező működésének kiesése következtében.

3.8.3. Az arc fasciái és zsírteste

Az arcon temporalis tájék kivételével nincs összefüggő fascia. Csupán a m. masseter és ennek egy részét kívülről fedő fültömirigyet (*glandula parotis*) borítja be egy részben különálló, elől azonban közös lemezből összeolvadó pólya, a fascia parotideomasseterica. A m. buccinator egy, a garat falára hátra húzódó fascia, a *fascia buccopharyngea* fedi.

Az arc bőr alatti zsírszöveve főleg fiatal egyéneken meglehetősen vastag, és nem válik el lap szerint a lágyrészek mélyebb rétegétől, mint egyebütt, ahol ezeket rendszerint egy egységes felületes fasciaréteg fogja körül. Ellenkezőleg: minthogy az arcizmok jelentős része valahol mélyebben az arckoponyán ered, és a felületre jutva az arc bőrében tapad, a bőr alatti zsírszövet mindenfelé betérjed az arc mélyebb rétegeibe. Ez főleg a felső ajakba belesugárzó izmok körül teremt elnyitlen szerkezeti viszonyokat abban a tekintetben, hogy a bőr szőrtüszőiből és faggyúmirigyéből közönségesen kiinduló gennyes gyulladási elváltozások (*furunculások*) e területen inkább hajlamosak a mély szövetterek felé való tovaterjedésre. Különösen veszélyessé válhatnak ezek a kórfolyamatok akkor, ha az arc vénáira is ráterjednek, amelyeknek a szemüreg venáin keresztül közvetlen összeköttetések vannak a koponyaüreg vénás sinusrendszerével (lásd az arc vénáinál).

Az arc speciálisan fontos zsírteste a Bichat-féle zsírsomó (*corpus adiposum buccae*), mely a m. masseter és a m. buccinator közti előrefelé nyúló zugot tölti ki. A zsírsomó felett halad el a m. zygomaticus major. Hátrafelé és felfelé a zsírsomó a mandibula ramusának alsó szélé mentén keskeny rétegben felhúzódik a fascia temporalis és a m. temporalis közt a járomív felett szabadon maradó résig. Az egészséges érett újszülött pufók arcbőrének erős bőr alatti zsírszöveve ezzel a zsírsomóval mintegy alátámasztva biztosítja a pofa állományának a szopáshoz szükséges mechanikai ellenállását. Enélkül a szájfenek lehúzásával (lásd a szájúregnél) a szájúregben létesített erős légritkított tér (főleg a fogak hiányában) „behúzná” a pofákat az állcsontok közé, és ez teljesen lerontaná a szívó hatást. Felnőttben a zsírsomónak ilyen döntő szerepe nincsen, mégis végig megmarad, sőt súlyos lesóványodásnál sem tűnik el teljesen.

4. 5.4. AZ IZOMRENDSZER FEJLŐDÉSE

Az izmok kevés kivétellel mesodermális eredetűek, csupán a szem szivárványhártyájának két simaizma (*m. sphincter et dilatator pupillae*) származik az ectodermából. A harántcsíkos izmok azonban a mesodermának két teljesen eltérő részéből és eltérő módon fejlődnek:

1. míg az igazi törzsizmok, valamint a nyak- és a tarkóizmok túlnyomó többsége, sőt ezenkívül még a nyelv izmai is az őscsigolyák izomszelvényeiből, az ún. myotomokból fejlődnek,
2. addig a végtagizmok, a thoracohumeralis izmok, a kopolyúívek és medencefenék izomzata a mesoderma parietalis oldallemezéből, illetve az utóbbi kettő a fej és a farokbimbó az előbbivel nem biztosan identifikálható mesoderma részeiből alakulnak ki.

A harántcsíkos izomrostok korai hisztogenezise (szövet fejlődése) ezért kettős. A myotom eredetű izmok elemei eleitől fogva megőrzik hámjellegüket, az embryo testének, és ezzel összefüggésben a szelvények megnyúlásával hosszú oszlopszerű sejtekké válnak. Bennük a mag sorozatos oszlásai nyomán eleinte az oszlop tengelyében elhelyezkedő magoszlop keletkezik, majd külső cső alakú plasmaköpenyükben fokozatosan kialakulnak a myofibrillumok.

A mesoderma oldallemezéből származó harántcsíkos izomlemezek ezzel ellentétben mesenchymalisan átalakult sejtes anyagból fejlődnek ki, tehát olyan sejtekből, amelyek közben teljesen elvesztették hámjellegüket. Szöveti differenciálódásuk ezért azzal kezdődik, hogy a sejtek előbb párhuzamosan rendeződnek fokozatosan orsó alakúvá, majd teljesen elvesztve oldalirányú nyúlványaikat, oszlop alakúvá válnak. Csak ezután indul meg a magok elszaporodása és a fibrillaris anyag differenciálódása.

A myotomizomzat fejlődésében nevezetes mozzanat, hogy az összelvényhatárok – amelyek eredetileg mint myoseptumok áttérjednek az izomszelvényekre, az összelvényeknek a gerinc fejlődésénél leírt átrendeződése folytán átterjednek a csigolyaszelvények közepére (4/2. ábra). Ennek következtében minden izomszelvény eredetileg egyik csigolya közepétől a másik csigolya közepéig tart, aminek megint az a következménye, hogy minden eredeti izomszelvény két szomszédos csigolyát tud a maga oldala felé hajlítani. Mint az axialis

törzsizomzat leírásából láthattuk, csak nagyon kevés izom – ti. a legmélyebb hátizmok és a bordaközi izmok – őrzi meg ezt a csontszelvényről csontszelvényig terjedő jellegét.

A legtöbb izom több szelvényből származó izomelemek összeolvadásából jön létre. A mély hátizomzat a myotomoknak e hosszanti összeolvadástól eltekintve, helyben maradt részéből fejlődik ki, míg az oldalsó és az elülső testfalizomzat (mm. supra- és infrahyoidei, m. scaleni, mm. intercostales és a hasizmok) a myotomok fokozatos ventralis kiterjedéséből jönnek létre. Az első (occipitalis) testszelvények myotomjaiból származnak a nyelv izmai, míg a fej mesoderájának egy, a hallóhólyag előtti és a myotomokkal bizonyos helyzeti analógiába hozható, differenciálatlan telepéből alakulnak ki a szemizmok.

Ez egyáltalán nem biztos, de indirekt erre kell következtetnünk abból a tényből, hogy a szemizmokat ellátó III., IV. és VI. agyideg és a nyelvizmokat ellátó XII. agyideg minden más idegtől eltérő és a gerincvelői idegek ama részével analógiába hozható képződmények, amelyek a törzs izmait idegzik be.

A rekesz izomelemei a negyedik nyaki szelvény myotomjából vándorolnak le végleges helyükre, magukkal vonszolván mozgató idegüket, a n. phrenicust.

A mesoderma parietalis oldallemezéből, tehát a mesenchymából kialakuló izmok a végtagbimbókban koncentrálnak, de ugyanezek a telepek a felső végtagnál másodlagosan kapcsolatba lépnek a törzs vázával, ezek a thoracohumeralis izmok. Nem világos, hogy milyen eredetűek – myotomból vagy oldallemezéből – a XI. agyideg által ellátott m. trapezius és m. sternocleidomastoideus. Ezek valamiféle átmenetet képeznek a myotomizomzat, a kopolyúizomzat és az oldallemez eredetű thoracohumeralis izomzat közt.

Eredete szerint a kopolyúívek izomzata sem osztályozható világosan a myotom eredetű vagy oldallemez eredetű izmok közé, de inkább mégis az utóbbival analóg.

Az első kopolyúív mandibularis nyúlványának mesenchymájából alakulnak ki a rágóizmok, a nyelvcsont feletti izmok n. mandibularis által beidegzett tagjai, a m. tensor veli palatini és a m. tensor tympani; idegük a n. mandibularis.

A második kopolyúív mesenchymájából alakulnak ki a mimikai arcizmok, a nyelvcsont feletti izmoknak a n. facialis által beidegzett tagjai és a m. stapedius; közös idegük a n. facialis.

Beidegzésükből következtethetőleg a harmadik kopolyúívből alakulnak ki a felső garatizmok (n. glossopharyngeus) és a negyedik kopolyúívből a gége- és az alsó garatizmok (n. vagus).

A kopolyúívek mesenchymájával analóg, de jóval kevésbé differenciálódott, farki mesenchymából származik a medencefenék izomzata.