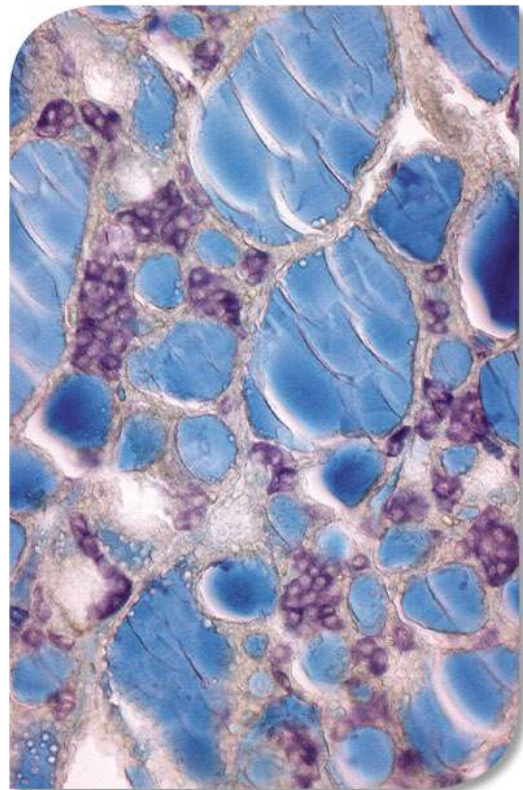
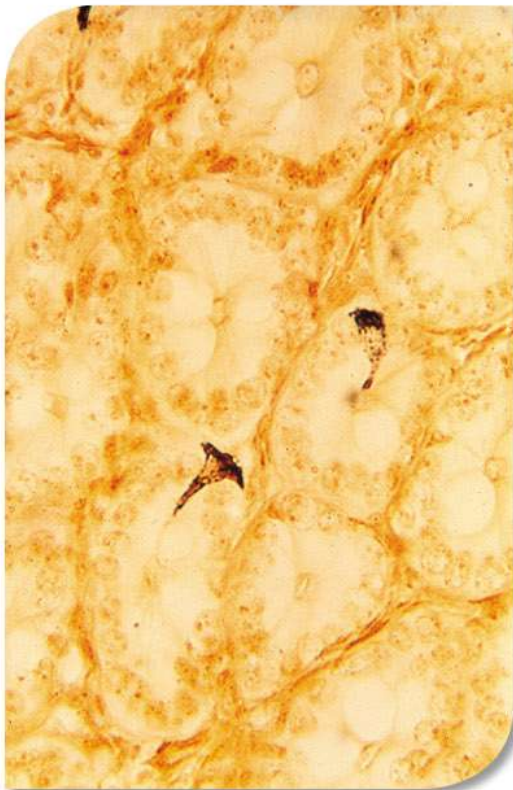


DEBRECENI EGYETEM
ÁLTALÁNOS ORVOSTUDOMÁNYI KAR
ANATÓMIAI, SZÖVET- ÉS FEJLŐDÉSTANI INTÉZET

SZÖVETTAN

Összeállította:
Dr. Petkó Mihály



DEBRECENI EGYETEM
ÁLTALÁNOS ORVOSTUDOMÁNYI KAR
ANATÓMIAI, SZÖVET- ÉS FEJLŐDÉSTANI INTÉZET

SZÖVETTAN

egyetemi jegyzet

Összeállította
DR. PETKÓ MIHÁLY
egyetemi docens
az orvostudomány kandidátusa

Debreceni Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press
2016

Lektorálta:

DR. ANTAL MIKLÓS

egyetemi tanár

az MTA doktora

DE ÁOK Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézete

ISBN 978 963 318 154 6

© Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press,
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

Kiadta a Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press
Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi
Készült a DE sokszorosítóüzemében, 2016-ban

ELŐSZÓ

A jegyzet mindazon egyetemi hallgatók számára készült, akik nem az általános- és fogorvos képzés keretében tanulják a szövettant. Célja a szövettani előadásokon és gyakorlatokon elhangzottak jobb megértésének segítése. Használata tehát az előadásokon és gyakorlatokon szerzett ismeretekkel együtt válik eredményessé.

A szövettan tanulása, morfológiai tantárgy lévén, kívánatossá teszi a vizuális élményekre való támaszkodást. Ajánlom tehát a gyakorlatokon és azokon túlmenően is a preparátumok elmélyült tanulmányozását, azokról vázlatok készítését. Ezeket aztán egészítsék ki az előadáson elhangzottakkal és a jegyzet leírásaival és ábráival.

A jegyzet belső használatra készült. Ábraanyaga elsősorban a jobb megértést szolgáló vázlatokat tartalmaz. Az ábrák egy részét (elsősorban vonalas vázlatokat) szövettani tan- és kézikönyvekből vettem át. Szerzőjüket a megfelelő ábramagyarázatban megnevezem, a forrásmunkák teljes specifikációját pedig a jegyzet végén található irodalomjegyzékben adom meg. Mindenképpen ajánlatosnak tartom azonban az irodalomjegyzékben felsorolt szövettani tankönyvek színes ábráinak tanulmányozását is.

Hálásan köszönöm Antal professzor lektori munkáját, értékes szakmai tanácsait. Külön köszönettel tartozom Nagy Ágnes grafikusnak, Nagy Olivér egyetemi hallgatónak és Király Zoltán informatikusnak az ábraanyag elkészítésében nyújtott értékes segítségéért.

Debrecen, 2004.

Dr. Petkó Mihály

DUPress

A SZÖVETEK VIZSGÁLATÁNAK ESZKÖZEI ÉS MÓDSZEREI

Fénymikroszkóp

A szövettani gyakorlatokon használt hagyományos mikroszkóp (1. ábra A) a látható tartományba eső (400-800 nm hullámhosszúságú) fénysugarakat használja képalkotásra. **Optikai része** (1. ábra B) megvilágító berendezésből, objektív és okulár lencséből áll. A *megvilágító berendezés* fényforrást, tükröt, le-fel mozgatható kondenzort, és két állítható fényrekeszt foglal magába. A *fényforrásból* érkező sugárnyaláb a *tükör* a fényrekeszeken keresztül a kondenzorba vetíti. A fényrekeszek egyike, a *látótérrekesz* a fényforrásból jövő fénysugarat határolja be, tehát a sugárnyaláb széli részét visszatartja. A másik a *kondenzorrekesz*, melynek szűkítésével a preparátumról alkotott kép kontrasztját fokozhatjuk. A *kondenzor* a tárgyasztal alatt elhelyezett lencserendszer. A hozzá érkező párhuzamos fénysugarakat megtöri és a preparátumban egyesíti.

A mikroszkóp leképező és nagyító lencserendezése a tárgyhoz közelebb eső objektív és a szemhez közelebb eső okulár lencséből áll. Az *objektív* több lencséből felépülő lencsekombináció, mely a tárgyból érkező képből valós, nagyított képet alakít ki. Ezt a képet nagyítja tovább az *okulár* egyszerűbb lencserendezése. A végső nagyítás a két lencse nagyításának szorzata.

A mikroszkópban látott kép minőségét az ún. feloldóképességgel jellemezzük. Ez azon két szomszédos tárgypontra közötti legkisebb távolság, amely még megengedi, hogy a két pontot önállóként ismerjük fel. Ez az érték a ma használatos mikroszkópoknál 0,2-0,3 μm körül van.

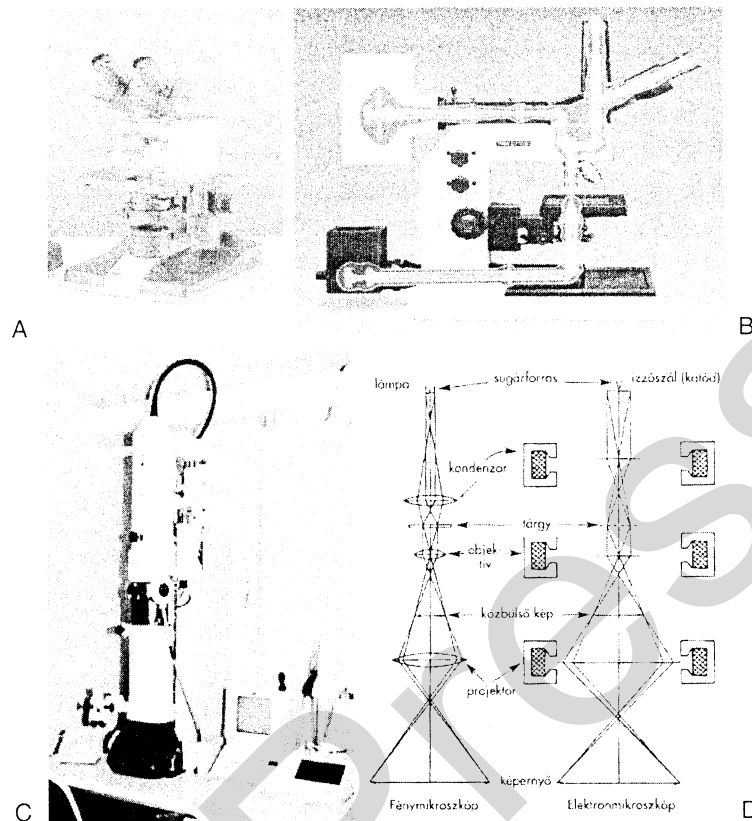
A mikroszkóp **mechanikai részei**: az állvány, a tubus és a tárgyasztal. Az *állvány* talpból és oszlopból áll. Az oszlophoz fogaskerekes megoldással kapcsolódik a kondenzorfoglalat. Az állványhoz van rögzítve a mozgatható tárgyasztal és a lencserendezéseket magába foglaló tubus. A *tubus* alsó végén található az objektívet hordozó lencseváltó („revolver”). Felső része az okulárokat befogadó binokuláris feltét. A tubus, vagy a tárgyasztal le-fel történő mozgásával a preparátum nagyított képe élesre állítható. Ezt az oszlopba épített fókuszáló (durva beállítást szolgáló makrométer és finom beállítást szolgáló mikrométer) csavarok végzik. A szövetpreparátumot a *tárgyasztalon* kis rugós befogó szerkezet rögzíti. A preparátum megfelelő területét a tárgyasztalnak az X és Y tengely mentén csavarokkal történő mozgásával állítjuk be.

Transzmissziós elektronmikroszkóp

Az elektronmikroszkóp (1. ábra C) látható fénysugarak helyett elektronsugarakat használ képalkotásra. Ennek hullámhossza mintegy 5 nagyságrenddel kisebb, mint a látható fényé, és a sugár elektromágneses lencsékkel fókuszálható. Így válik elérhetővé, hogy nagy gyorsító feszültséget alkalmazva az elektronmikroszkóp feloldóképessége 0,1 és 0,2 nm között van, tehát több mint ezerszerese a fénymikroszkópénak.

Az elektronmikroszkóp **felépítése** (1. ábra D) elveiben a fénymikroszkópéhoz hasonló, részleteiben azonban lényegesen különbözik attól. A fényforrás itt a *katód* („V” alakban hajlított izzószál), ebből származnak az elektronok, melyek az *anód* felé haladnak. Az anód egy közepén kis lyukkal ellátott fémlemez. A katód és anód között nagyfeszültséget (80-100 kV gyorsító feszültség) létesítünk, ami felgyorsítja az elektronokat. Mivel az elektronok a levegő molekuláival ütköznek és így útjukból eltérítenének, ezt kiküszöbölendő az elektronmikroszkóp tubusában vákuumot kell létesíteni. Az anód nyílásán áthaladó elektronsugarat a *kondenzorlencse* fókuszálja a preparátumra. A sugár ezután az *objektív* és *projektiv lencséken* halad keresztül. A „lencsék” valójában elektromágneses tekercesek. Minthogy az elektronsugarak a szem számára láthatatlanok, a tárgy képét *fluoreszcens*

képernyőn teszik láthatóvá, vagy *fotofilmen* rögzítik. A kép élesre állítását az elektromágneses tekereseken átfolyó áram erősségének változtatásával lehet elérni.



1. ábra

Mikroszkópok. **A:** Laboratóriumi fénymikroszkóp (Leica). **B:** Kutató mikroszkóp sugármenetének vázlata. **C:** Transzmissziós elektronmikroszkóp (Jeol). **D:** Fény és elektronmikroszkóp sugármenetének összehasonlító vázlata.

Mikrotechnika

A fénymikroszkópos szövettani vizsgálathoz a szövetmintákból vékony (5-10 μm), elektronmikroszkópos vizsgálathoz pedig ultravékony (30-100 nm) metszeteket kell készítenünk, mert csak ezeket képesek a fény- illetve elektronsugarak átvilágítani. A metszetkészítő eljárást mikrotechnikának nevezzük.

Fénymikroszkópos preparátumok készítése

A mindennapi gyakorlatban a műtéti, vagy közvetlenül a halál bekövetkezése után vett anyagból származó szövetminták csak megfelelő előkészítés után tanulmányozhatók. A mintákat először rögzítő (fixáló) oldatba tesszük, hogy a gyorsan bekövetkező önmérsztődéstől megóvjuk. A *fixálás* során a szöveti fehérjék között keresztkötések alakulnak ki, így azok stabilizálódnak. Ez egyben megakadályozza azoknak az enzimeknek a működését is, melyek a szövetek önmérsztődéséhez vezetnének. Ezért fixálás után a szövetminták hosszú ideig eltarthatók. A leggyakrabban használt fixálószer a formaldehid 4-10 %-os oldata. A fixálás után a mintákat alapos *mosásnak* vetjük alá, hogy a fixálót teljesen eltávolítsuk belőlük.

A fixált szövetdarabka még puha, metszetkészítésre alkalmatlan. Ezért valamilyen szilárd anyaggal kell átítatnunk, ami keménnyé és így vékony metszet készítésére teszi alkalmassá. Ezt a folyamatot **beágyazásnak** nevezzük. A leggyakrabban paraffinba ágyazzuk a szövetmintát. Minthogy a paraffin a vízzel nem keveredik, a szövetmintát előbb **víztelenítünk** kell. Ezt úgy érjük el, hogy emelkedő koncentrációjú alkoholsorozaton, végül abszolút (100 %-os) alkoholon visszük keresztül. A paraffin azonban az alkohollal sem keveredik, ezért egy paraffint oldó anyagot (benzolt, vagy xilolt) is közbe kell iktatnunk. A mintát előbb többször váltott benzolba, majd benzol-paraffin keverékbe helyezük, végül tiszta olvasztott paraffinba helyezük (termosztátban, 56°C-on). A paraffinnal átítatott anyagot ezután erre a célra előkészített sablonba öntött meleg paraffinba helyezük (**kiöntés**) és hagyjuk megdermedni. A paraffinba ágyazott anyagból mikrotom segítségével vékony (5-10 µm vastagságú) szeleteket, ún. **metszeteket** készítünk. Az így nyert metszeteket tárgylemezre helyezett vízcepp felszínére tesszük, melegítve **kiterítjük**, majd a tárgylemezre szárítjuk.

A metszet ebben az állapotban mikroszkópban még nem vizsgálható, azt előbb meg kell festeni. A **festés** előtt a paraffint el kell távolítanunk. Ezt úgy érjük el, hogy a metszetet többször váltott xilolon, majd csökkenő koncentrációjú alkoholsoron visszük végig, hogy végül vizes közegbe kerüljön. Ez azért lényeges, mert a festékek többsége vizes oldatban van.

A szövettanban használatos festékek jellegzetes kémiai csoportjaikkal a szövetek bizonyos kémiai csoportjaihoz kötődő molekulák. A kötődés a legtöbb esetben elektrosztatikus kölcsönhatás, vagyis a pozitív és negatív töltések vonzásán alapszik. A festékek töltése alapján **savanyú** és **bázikus festékeket** ismerünk. Bizonyos szöveti komponensek a bázikus, mások a savanyú festékeket kötik meg. Az előbbieket **basophileknek**, az utóbbiakat **acidophileknek** (oxyphileknek) nevezzük. A bázikus festékek töltése pozitív, ezért a sejtek és szövetek negatív töltésű, tehát savanyú csoportjaihoz kötődnek (pl. DNS a sejtmagban, RNS a cytoplasma ribosomáiban, glükózaminoglikánok az extracelluláris mátrixban). A gyakorlati metszeteken alkalmazott bázikus festékek: a hematoxilin, toluidinék, metilénék, metilibolya, alciánék, metilzöld. A savanyú festékek töltése negatív és ezért a pozitív töltésű szöveti molekulákhoz kötődnek (pl. mitochondriumok, kollagénrostok, izomsejtek myofibrillumai). Savanyú festékek: az eozin, orange G, pikrinsav, savanyú fukszin.

Általában festékkombinációkat használunk, amelyek mind bázikus, mind savanyú festéket tartalmaznak. A mindennapi gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott festékkombinációban a bázikus komponens hematoxilin, a savanyú komponens eozin. A **hematoxilin-eozin festés** (H.E.) eredményeként a sejtmag, a ribosomákban gazdag cytoplazmarészletek, a porc alapállomány, tehát a savanyú kémiai csoportokat tartalmazó struktúrák kék színben jelennek meg (basophil struktúrák), míg a cytoplazma egyéb részei, a kollagénrostok, az izomsejtek, tehát a főleg bázikus csoportokat tartalmazó struktúrák piros vagy rózsaszínben mutatkoznak (acidophil struktúrák).

Festés után a metszetet emelkedő koncentrációjú alkoholsoron keresztül **víztelenítjük**, majd xilollal hígított lefedő anyagot (pl. kanadabalzsam) cseppentünk rá és ezután fedőlemezzel **lefedjük**. A kanadabalzsam átítatja a metszetet és mivel törésmutatója közel azonos a metszet saját törésmutatójával, a mikroszkópos kép feloldását fénytörésselbeli különbségek nem fogják zavarni. Az így készült tartós preparátum most már mikroszkópos vizsgálatra alkalmas.

Elektronmikroszkópos preparátum készítése

Az elektronmikroszkópos vizsgálatra szánt szövetmintákat pufferezett glutáraldehidben, majd pufferezett OsO₄ oldatban **fixáljuk**. Az ozmium a lipidekkel telítetlen ozmiumésztereket alkot, így a lipideket fixálja, és csapadékot képezve a preparátum

kontrasztosságát fokozza. A fixálást követő *víztelenítés* emelkedő koncentrációjú alkohol-, vagy acetone-soron keresztül történik. A szövetmintát ezután *műgyantába* (pl. epoxi-gyanta) *ágyazzuk*. A monomer formában folyékony műgyanta polimerizációt előidéző anyagok hozzáadása után melegítés (60°C) vagy ultraibolya besugárzás hatására polimerizálódik és megszilárdul.

A műgyantába ágyazott szövetdarabkából *ultramikrotom* segítségével, üveg- vagy gyémántkést használva ún. *ultravékony* (30-100 nm vastagságú) *metszeteket* készítünk. Ezeket a metszeteket finom rézrácsra visszük, majd nehézfém-sókat (uranilacetát, ólomcitrát) tartalmazó oldatokkal kezeljük. A nehézfém-ionok a cytoplasma különböző komponenseihez más-más affinitással kötődnek, ezáltal azokat különböző mértékben elektronelnyelővé, vagyis kontrasztossá teszik (*kontrasztózás*). A kontrasztózott metszet vizsgálható a transzmissziós elektronmikroszkópban.

DUPress

SZÖVETEK, SZERVEK, SZERVRENDSZEREK

Az egyedfejlődés folyamán a szervezetet felépítő sejtek sokféle feladat megoldására specializálódnak, míg végül a kifejlett egyedben egy-egy feladat allátására szolgáló „differenciált” sejtekké lesznek. Egy-egy speciális feladatot egymáshoz hasonló sejtek kollektív módon oldanak meg. Az *egymáshoz hasonló sejtek magasabb szintű társulását, ami valamely alapfunkció ellátására jön létre* **szövetnek** nevezzük.

Az emberi szervezetben négyféle **alapszövetet** különböztetünk meg, ezek: (1) a hámszövet, (2) a kötő- és támasztószövetek, (3) az izomszövet és (4) az idegszövet.

A **hámszövet** szorosan egymás mellé tömörült sejtekből képződött szövet, mely a külső és belső testfelszint borítja be (fedőhám). A szervezet bizonyos helyein váladék termelésére specializálódik (mirigyhám), másutt érzőfunkciót tölt be (érzékhám).

A **kötő- és támasztószöveteknek** belső térkitöltő szerepük van. Ezek adják a szervezet vázát alkotó képleteket (csontok, porcok, szalagok, inak), de egyéb feladatokra is specializálódnak (nyirokszövet, vérszövet, zsírszövet). Sejtjeik távol vannak egymástól, a köztük levő teret rostok, makromolekuláris komplexek, víz és ásványi sók töltik ki.

Az **izomszövet** sejtjei összehúzódásra specializálódtak és a szervezet mozgásaiért felelősek. Az elnyújtott henger, vagy orsó alakú és többnyire azonos irányban rendeződött sejtek nagy mennyiségű kontraktilis fehérjét (aktint és miozint) tartalmaznak.

Az **idegszövet** sejtjei a szervezet külső és belső környezetéből érkező ingerek (információk) felvételére, továbbítására és átadására differenciálódtak. Ez a szövet a szervezet működését szabályozza.

Az alapszövetekből a szerveződés magasabb szintjeit képező komplex képletek, **szervek** állnak össze (pl. gyomor, máj), több szerv együttese pedig **szervrendszert** képez (pl. tápcsatorna). A szervek, szervrendszerek együttese a szervezet.

HÁMSZÖVET

A hámszövet (*tela epithelialis*) szorosan egymás mellé illeszkedő sejtekből álló szövetféleség, melyben a sejtek között sejtközötti állomány csak minimális mennyiségben található. Nincsenek benne kapillárisok, így táplálása diffúzió útján történik. Idegvégződéseket viszont tartalmaz. A hámszövetet felépítő sejtek fő jellemzői a következők: (1) egymás felé tekintő felszíneiket speciális zárószervezetek (ún. junctionalis komplexusok) kapcsolják szorosan egymáshoz, (2) szabad, vagy lumen felőli felszínükön felszínnövelő membránkitüremkedések (mikrobolyhok, ciliumok) lehetnek, (3) bazális felszínük a hámszöveti határt képező lamina basalis, illetve membrana basalison nyugszik.

A szomszédos hámsejtek szorosan tapadnak egymáshoz, amit sejtheadhéziós molekuláknak és sejtkapcsoló struktúráknak köszönhetnek. A *sejtheadhéziós molekulák* (cadherineknak és CAM-ok) a szomszédos sejtek membránjába beépült membránfehérjék, melyek a membránok extracelluláris oldalán egymáshoz kapcsolódnak. A *sejtkapcsoló struktúrák* között vannak a sejten övszerűen körbe futó szerkezetek (zonula occludens és zonula adherens) és a sejt oldalán szétszórtan elhelyezkedő foltszerű struktúrák (macula adherens és nexus). A *zonula occludens* (tight junction) a sejt apicalis része közelében helyezkedik el és szalagszerűen veszi körül a sejtet. Két szomszédos sejtet szorosan kapcsol egymáshoz. Ezáltal határozott gátat képez egyrészt az intracelluláris részbe történő szabad diffúzió számára, másrészt pedig a membránban a membrán-proteinek laterális diffúziója számára. A *zonula adherens* az előbbi struktúrához hasonló, ugyanezen körbefutó sejtkapcsolat, de a sejt apicalis részétől valamivel lejjebb helyezkedik el, benne cadherin molekulák biztosítják a sejtek mechanikai összetartását. A *macula adherens* (desmosoma) a sejt felszínén szétszórt foltszerű struktúra, mely a szomszédos sejtek erős összetartására szolgál. Hasonló foltszerű szerkezet a *nexus* (gap junction) is, mely azonban kis molekulák számára átjárhatóságot biztosít a szomszédos sejtek cytoplazmája között.

A hámsejtek lumen felőli (apicalis) felszínén *felszínnövelő és mozgásért felelős specializáció* helyezkedhet el. A felszín növelő képződményeket a *mikrobolyhok*, *stereociliumok* és a *kefeszegély* szolgáltatják. Ezek a sejtfelszín kesztyűujjszerű kitüremkedései, a sejt hengerded nyúlványai, melyek alakját a tengelyükben futó aktin mikrofilamentum-köteg biztosítja. A mozgásért felelős specializáció a *csilló* (*kinocilium*), mely az előzőkhöz hasonló kesztyűujjszerű kitüremkedés, de belsejében 9 pár körben elhelyezkedő és két önálló, középen található mikrotubulus van. A mozgató erőt a mikrotubulusokhoz kötődő dynein molekulák konformáció-változása szolgáltatja.

A hám-kötőszöveti határon vékony hártya, a *membrana basalis* található. Fénymikroszkópban is látható, de finomszerkezetét az elektronmikroszkópos vizsgálatok tárták fel. Három jól elkülönülő lemezből épül fel. Közvetlenül a hámsejt bazális sejtmembránja alatt vékony, világos réteg, *lamina lucida (rara)* látható. Ez alatt tömött, finom filamentumok szövedékéből álló réteg, a *lamina densa* található. Ez alatt pedig *rácsrostok finom rétege* helyezkedik el. A lamina lucida és densa együtt az ún. lamina basalist alkotja. Ez a hámsejtek terméke és főleg speciális kollagén rostokból, proteoglikánokból és glikoproteinekből épül fel. A rácsrostok (III-as típusú kollagén) a kötőszöveti fibroblastok termékei.

Előfordulás és funkció szerint a hámszövetnek négy formáját különböztetjük meg: fedőhám, mirigyhám, érzékhám és pigmenthám.

Fedőhámok

A **fedőhámok** a testfelszínt kívülről, vagy az üreges szerveket és képleteket belülről borító, egy vagy több rétegbe rendeződött hámok (2. ábra), melyek különböző behatások ellen nyújtanak védelmet. Osztályozásuk a hámsejtrétegek száma és a felszíni hámsejtek alakja szerint történik.

A sejtrétegek száma szerint megkülönböztetünk egyrétegű, többmagsoros és többrétegű hámot. **Egyrétegű hámszövetben** a sejtek egyetlen szabályos sorban helyezkednek el a membrana basalison. A **többmagsoros hám** elnevezés a sejtmagok két vagy több sorban történő elhelyezkedésére utal. Bár mindegyik sejt kapcsolatban van a membrana basalissal, különböző magasságuk miatt csak néhányan érik el a felszínt, magjuk ennek megfelelően különböző magasságban helyezkedik el a cytoplazmában. A **többrétegű hám**ban két vagy több sejtsor található, a membrana basalissal azonban csak a legalsó sejtsor érintkezik.

A felszíni sejtek alakja szerint laphám, köbhám, hengerhám és átmeneti hám különböztethető meg. **Laphám** esetén a sejtek sokkal szélesebbek, mint amilyen magasak és magjuk is lapos. **Köbhám** esetén a sejtek szélessége és magassága közel azonos, magjuk gömbölyű. A **hengerhám** sejtek magassága nagyobb, mint a szélességük, az orsó alakú sejtmag a sejtek bazális részében található. Az **átmeneti hám (urothelium)** olyan többrétegű hámféleség, melyben a felszíni réteg alakja a funkció függvényében változni képes.

Egyrétegű fedőhámok

Egyrétegű laphám. Ellapult sejtekből felépülő vékony sejtréteg. Keresztmetszeti képen a sejtplazma vékony sáv formájában látható, amelyből kissé kiemelkedik a sejtmag. Klasszikus előfordulási helye a vesetestecske Bowman-tokjának külső lemeze, a Henle-kacs vékony szegmentje, vagy a tüdő alveolus hámrétege.

Egyrétegű köbhám. Az egyetlen rétegben elhelyezkedő sejtek magassága megegyezik szélességükkel. A gömbölyű sejtmag a sejt közepén foglal helyet. A petefészket borító csírahám, a plexus choroideus hámja és az amnionhám egyrétegű köbhám.

Egyrétegű hengerhám. Hengerded, vagy inkább hasáb alakú sejtek egyetlen rétege alkotja. Az ovális sejtmagot a sejtek bazális részében találjuk. Egyrétegű hengerhám borítja a gyomornyálkahártya felszínét, a kisméretű hörgőcskéket, és a mirigy-kivezetőcsövek egyes szakaszait. Lumen felőli felszínükön microvillusokkal rendelkező hengerhámot találunk a vékony- és vastagbelekben, az epehólyagban, csillós hengerhámot pedig a méhkürtben.

Egyrétegű, többmagsoros hengerhám. A sejtek mindegyike érintkezik a lamina basalissal, de magjuk a sejtek különböző magassága miatt különböző szintekben helyezkedik el. Csillósörös formája a légutakban, stereociliumos változata a mellékhere csatornáiban fordul elő.

Többrétegű fedőhámok

Többrétegű laphám. Több rétegből felépülő, mechanikai behatásoknak ellenálló hám, melynek legfelső sejtjei ellapultak. A hám és kötőszövet közötti határ hullámos, amit a hámba benyomuló kötőszöveti betüremkedések (kötőszöveti papillák) okoznak. A kötőszöveti papillákban gazdag kapilláris hálózat van, ami fontos szerepet játszik a hám diffúzióval történő táplálásában. A többrétegű laphámnak két formáját különböztetjük meg aszerint, hogy a felső sejtréteg elszarusodik-e, vagy nem.

Többrétegű el nem szarusodó laphám. Legelső rétegét *stratum basalenak*, vagy *germinativumnak* nevezik, minthogy az itt lévő henger alakú sejtek osztódása pótolja a felszínről leváló sejteket. A basális sejtsor fölött sokszögű sejtek több rétege figyelhető meg (*stratum polygonale*), melyek desmosomákkal kapcsolódnak egymáshoz. Minthogy a szöveti fixálás során a sejtek zsugorodnak, a desmosomák révén azonban a sejtek közötti kapcsolatok megmaradnak, a polygonalis sejtek felszíne tüskésnek tűnik, ezért a réteget *stratum spinosumnak* is nevezik. A harmadik réteget lapos sejtek néhány rétege képezi (*stratum planocellulare*). A szájüregben, garatban, nyelöcsőben, hüvelyben fordul elő ilyen hámféleség.

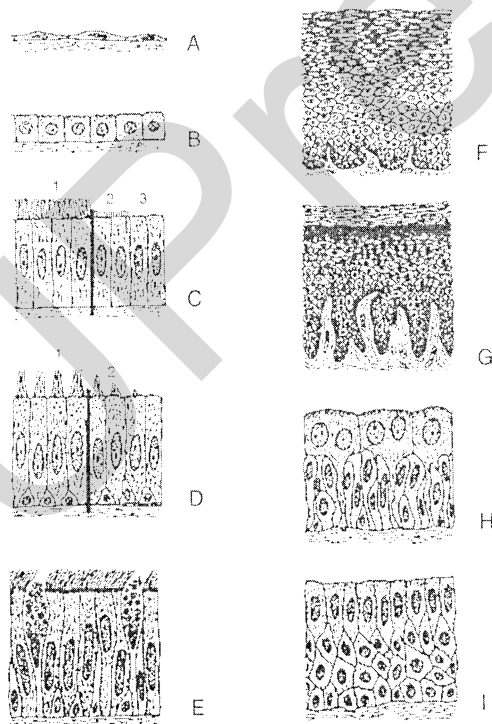
Többrétegű elszarusodó laphám. Alsó rétegei, *stratum germinativum* és *stratum spinosum* hasonlóak az előző háméhoz. Ezután 2-3 sejtsorban ellaposodó sejtek láthatók, melyek cytoplazmájában basophil festődésű keratohyalint tartalmazó rögök figyelhetők meg, ezért a réteget *stratum granulosumnak* nevezik. Efölött egy keskeny, már sejtmagmentes, homogénnek látszó réteg következik (*stratum lucidum*), melyben az elszarusodás előrehaladott. Legfelül a testtájékok és a mechanikai igénybevétel szerint változó vastagságú szaruréteg, *stratum corneum* foglal helyet. Jellegzetes előfordulási helye a bőr hámrétege.

A lamina basalist elhagyó, keratinocytává átalakuló sejtek terminális differenciálódásra és végül apoptozisra ítélt sejtek, melyek a hám folyamatos utánpótlását biztosítják. A keratinocyták legfontosabb funkciói a szaruanyag (keratin) termelése és a víz-barrier létrehozása. A keratinocyták cytokeratin intermedier filamentumokat szintetizálnak, melyek a bazális réteg sejteiben még kis mennyiségben vannak, a felszín felé haladva folyamatosan felhalmozódnak. A stratum spinosumban a filamentumok kötegeket (tonofibrillumokat) alkotnak. Ugyanezen sejtekben megkezdődik a keratohialin szemcsék és a glikolipid tartalmú „lamelláris testek” képződése is. A granuláris rétegben a lamelláris testek kiürülnek a sejtekből és extracelluláris víztaszító réteget hoznak létre. Ugyanitt a keratohialin szemcsék szoros kapcsolatot létesítenek a tonofibrillokkal. A szemcsék a fibrillákat keratinná alakítják. A felszínes sejtek (stratum corneum) keratinizálódnak megvastagodott sejtmembránt és tonofibrillák kötegeit tartalmazó specializált matrixban.

Többrétegű köbhám. Verejtékmirigyek kivezetőcsövében fordul elő.

Többrétegű hengerhám. Bazális és felszíni rétegeiben henger alakú sejtek, középső rétegében sokszögű sejtek figyelhetők meg. A férfi húgycsőben, a szem kötőhártyájának áthajlási redőjében és exokrin mirigyek nagy kivezetőcsöveiben fordul elő.

Átmeneti hám (urothelium). Bazális rétege hengerded sejtekből, középső rétege poligonális, vagy inkább körte alakú sejtekből, míg felszíni rétege ellapult, gyakran többmagvú ernyősejtekből épül fel. Ez a hámtípus megnyúlásra képes. A megnyúlás az alsóbb rétegeket érinti, az ernyősejtek ellapulnak. Ilyen hámot találunk a vesemedencében, húgyvezetékben, húgyhólyagban és a húgycső kezdeti szakaszán.



2. ábra

Fedőhámok (Krstic után). **A:** egyrétegű laphám, **B:** egyrétegű köbhám, **C:** egyrétegű hengerhám (1: kinociliumos, 2: mikrobolyhos és 3: sima felszíni egyrétegű hengerhám), **D:** egyrétegű többmagsoros hengerhám (1: stereociliumos és 2: kinociliumos egyrétegű hengerhám), **E:** egyrétegű többmagsoros csillószőrös hengerhám, **F:** többrétegű el nem szarusodó laphám, **G:** többrétegű elszarusodó laphám, **H:** urothelium (átmeneti hám), **I:** többrétegű hengerhám.

Mirigyhám

A mirigyhám elsődleges képessége a hámsejtekben szintetizált anyagok környezetbe ürítése, a szekréció. Mirigyhámsejtek magányosan, valamely fedőhám sejtjei közé beékelődve is előfordulhatnak, ezeket *egysejtű mirigyeknek* nevezzük (pl. kehelysejtek a bélhámban). Némely fedőhámban csoportosan is megtalálhatók, ilyenkor *endoepithelialis mirigyről* beszélünk (pl. férfi húgycső falában). Legtöbbször azonban a fedőhámtól eltávolodva, különálló szerveket formálnak, amiket *exoepithelialis mirigyeknek* nevezünk.

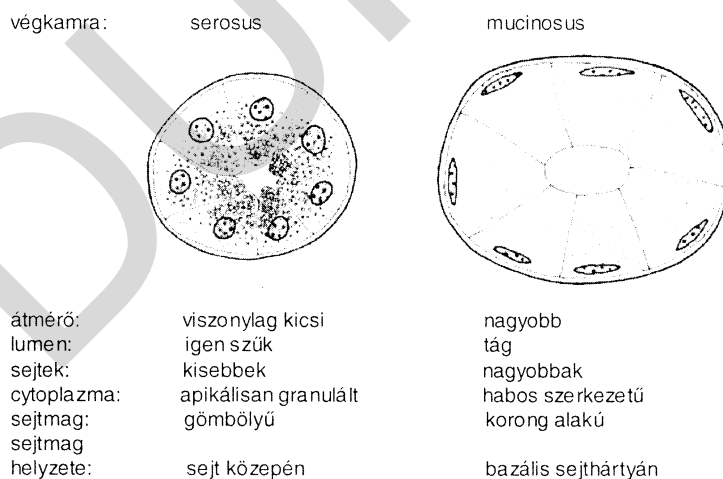
A mirigyek osztályozása több szempont szerint is történhet:

1. **A váladékürítés iránya, az elvezetés módja szerint** külső elválasztású (*exokrin*) és belső elválasztású (*endokrin*) mirigyeket különíthetünk el. Az exokrin mirigyek váladékukat (pl. faggyú, verejték, emésztőnedvek, nyák) a külső vagy belső testfelszínre ürítik. Az endokrin mirigyek hormonoknak nevezett termékeiket a vérpálya útján juttatják el a célsejtekhez.

2. **A mirigy elválasztó végdarabjának alakja szerint** bogyós (*acinosus*), csöves (*tubulosus*) mirigyek, vagy ezek kombinációja (*tubulo-acinosus*) különböztethető meg.

3. **A termelt váladék összetétele szerint** nyákos (*mucinosus*) és savós (*serosus*) mirigyeket ismerünk (3. ábra). A *mucinosus mirigyek* szénhidrátokban gazdag, viszkózus, tapadós váladékot termelnek. A végkamra tág lumenű, megnyúlt, csöves jellegű. A mirigysejtek magja bazálisan található, lapos korong alakú. A sejtek apikális részében a felhalmozott mucin helyezkedik el szekréciós vacuolumokba zárva, ezért közönséges H.E. festéssel a plazma habosnak tűnik.

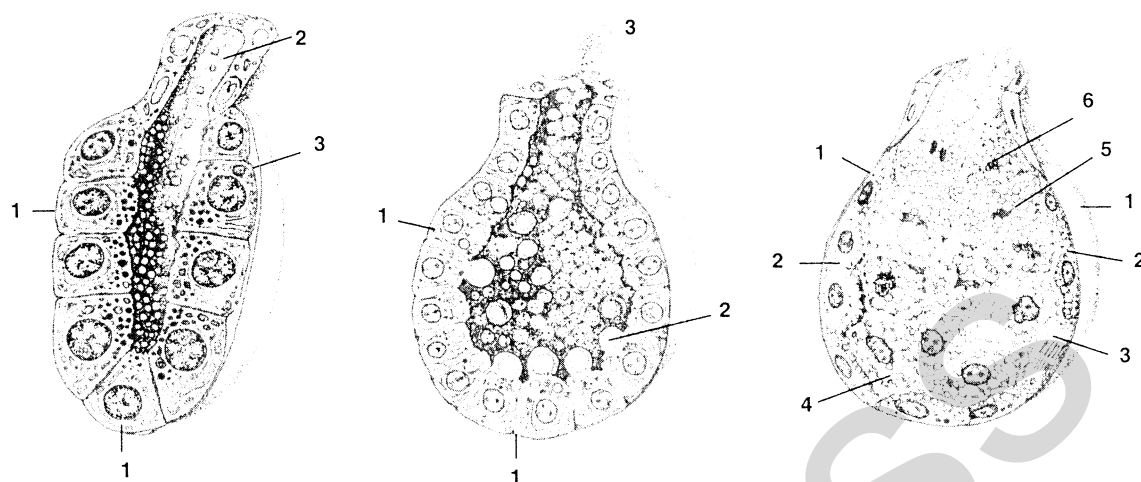
A *serosus mirigyek* híg, enzimekben gazdag váladékot termelnek. Végkamrájuk szűklumenű, gömbölyű. A mirigysejtek a fehérjésintézisre jellemző szerkezetet mutatják. A közepén elhelyezkedő sejtmag alatt tág durva felszínű endoplazmás reticulum ciszternák, fölötté a Golgi-apparátus, apikálisan pedig a felhalmozódott váladék látható szekréciós granulumokba csomagolva.



3. ábra

Mirigyhám. Serosus és mucinosus mirigyvégkamra összehasonlító vázlata (Bucher után).

4. *A kiürítés módja alapján* a mirigyek merokrin, apokrin és holokrin típusokba sorolhatók (4. ábra).



4. ábra

Mirigyhám (Krstic után). Merokrin, apokrin és holokrin szekrécións mechanizmus összehasonlítása. **A:** Merokrin szekrécións mechanizmus. 1: szekretáló hámsejt, 2: kivezető cső, 3: lamina basális. **B:** Apokrin szekrécións mechanizmus (laktáló emlőmirigy). 1: szekretáló hámsejt, 2: szekrétum (lipidcseppecske), 3: kiürülő szekrétum. **C:** Holokrin szekrécións mechanizmus (faggyúmirigy). 1: lamina basális, 2: basális sejt, 3: osztódó sejt, 4: lipid tartalmú vacuolumok, 5 és 6: zsugorodó, majd széttöredező sejtmagok, 7: kiürülő szekrétum (faggyú).

Merokrin szekrécións mechanizmus esetén a váladék membránnal körülhatárolt granulumokban, ún. szekrécións vesiculákban raktározódik, majd a vesiculák a mirigysejt apicalis felszínére vándorolva váladékukat exocitózissal ürül ki a mirigysejtből (pl. pancreas, nagy nyálmirigyek). Ez az ürítési mechanizmus tehát nem jár citoplazma veszteséggel. **Apokrin ürítési mechanizmus** esetén a váladékot tartalmazó vesiculák egyetlen nagy vesiculává egyesülnek, mely a mirigysejt apicalis felszínéről keskeny citoplazma szegéllyel körülvéve fűződik le (pl. emlőmirigy). **Holokrin szekrécións** esetében a mirigyvégek kamra perifériáján elhelyezkedő sejtek fokozatosan a végkamra közepe felé tolnak, miközben sejtplazmájukban lipidcseppek halmozódnak fel, majd a legbelső sejtek apoptosissal elhalnak és teljes egészükben kenőcsszerű váladékká alakulnak át (pl. faggyúmirigy).

Érzékhám

A külvilág bizonyos ingereinek felvételére képes módosult hámsejtek. Két típusukat, primer és secunder érzéksejteket különböztetünk meg. Primer érzéksejtek esetében a sejtek saját nyúlványa vezeti el az ingerületet (pl. szaglóhám), míg secunder érzéksejtek ingerületét a bazális részükön végződő érző idegrostok vezetik el (pl. belsőfül szőrsejtjei, ízlelősejtek).

Pigmenthám

A pigmenthám citoplazmájában membránnal körülvett sötétbarna melanin pigmentszemcsék vannak. Emberben a retina legkülső rétege (stratum pigmenti retinae) ilyen jellegű hám.

DUPress

KÖTŐ- ÉS TÁMASZTÓSZÖVETEK

A kötő- és támasztószövetek közös családba tartoznak azon tulajdonságuk alapján, hogy sejtjeik nagymennyiségű intercelluláris anyagot (proteoglikánokat és különböző rostok előanyagait, összefoglaló néven extracelluláris mátrixot) választanak ki, amelybe beágyazódnak. A hámszövettel ellentétben tehát a sejtek széttolódnak és a közöttük kialakuló tereket az extracelluláris mátrix (ECM) tölti ki. A szövetszaládon belül elsősorban az ECM állományának felépítése, tulajdonságai szabják meg, hogy a kötőszövetféleség milyen mechanikai jellegzetességeket mutat. Elnevezésük legszembevetőbb tulajdonságaikra: összekötő, hézagpótló, rögzítő és statikai funkciójukra utal. Részt vesznek a szervezet védekezésében, a szöveti reparációban, egyes anyagcsere-folyamatokban és a sejt közötti víztér fenntartásában.

A kötőszövet alkotóelemei

Kötőszöveti sejtek (5. ábra): A kötőszövet rostjainak és alapállományának termeléséért a **kötőszövet állandó (fix) sejtjei** a felelősek, melyeket fibroblastoknak (nyugvó állapotban fibrocytáknak) nevezünk. Fix sejtnek számít a fibrocyta, reticulumsejt, melanocyta, mesenchymális sejt és a zsírsejt is, mely utóbbi térfogatkitöltő, kipárnázó szerepet játszik. A többi sejt, a **mobilis kötőszöveti sejtek** általában vándorló sejtek (makrophagok, hízósejtek, lymphocyták, plazmasejtek, granulocyták), melyek csak átmenetileg tartózkodnak a laza kötőszövetben. Legtöbbjük a vérpályából vándorol a kötőszövetbe és igazi funkcióját ott fejt ki.

Kötőszöveti rostok (5. ábra): A sejt közötti állomány kötőszöveti rostokból és a közöttük lévő amorf alapállományból tevődik össze.

A **rostoknak** három alaptípusát különböztetjük meg: kollagénrostot, elasztikus rostot és rácstrostot.

A rostok az **amorf alapállománynak** nevezett kocsonyás masszába vannak beágyazva.

Immobilis (fix) kötőszöveti sejtek:

Fibroblas, fibrocyta

A fibroblast nyúlványos sejt, ovális sejtmaggal, prominens nucleolusszal. Plazmája jelentős mennyiségű durva felszínű endoplazmatikus retikulum ciszternát, sok szabad ribosomát, jól fejlett Golgi apparátust tartalmaz, intenzív bazofiliát mutat. Ez a sejt termeli a kötőszöveti rostokat és az intercelluláris mátrixot.

A fibrocyta a fibroblast inaktív változata. Kevés citoplazmát tartalmazó, megnyúlt sejt, plazmája acidophil, nucleolusa nincs.

Reticulumsejt

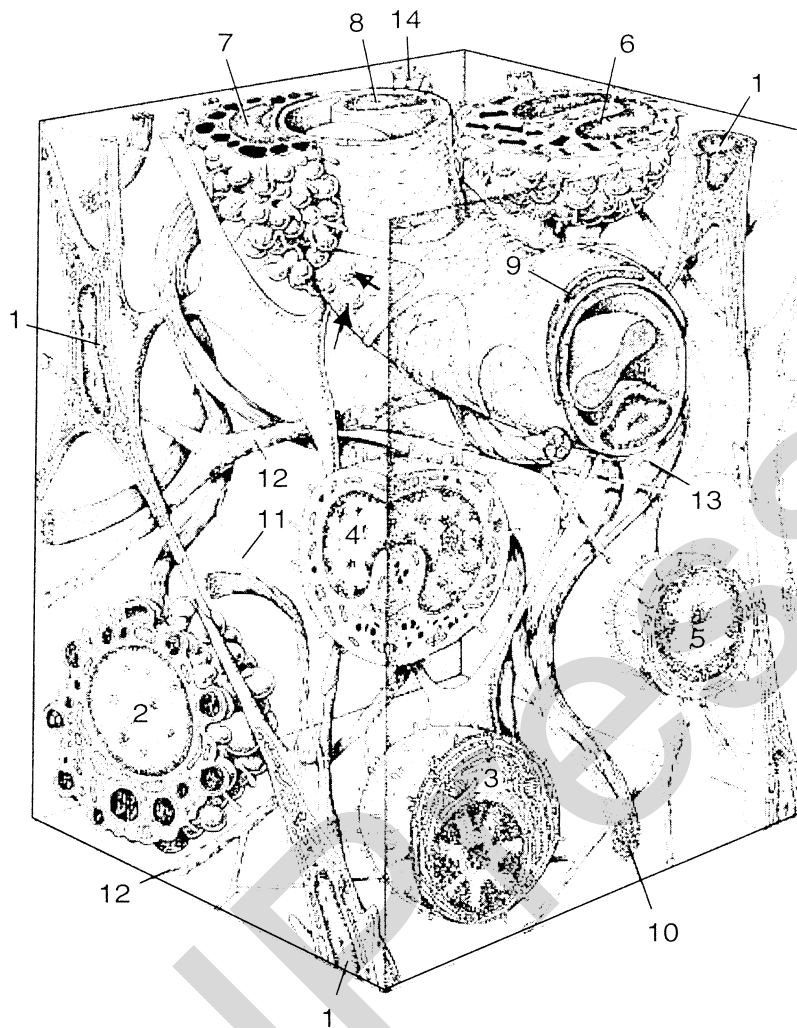
Nagy, ovális sejtmaggal bíró, csillag alakban elágazó sejt féleség. A rácstrostokat termeli, és azok rövid szakaszát nyúlványaival behüvelyezi.

Adipocyta (zsírsejt)

Stabil, állandó komponense a kötőszövetnek. A zsírsejtnél írjuk le.

Melanocyta (kötőszöveti pigmentsejt)

Plazmájában melanin pigment tartalmú szemcséket hordozó nyúlványos sejt, mely a bőr kötőszövetében és a szem érhártyájában fordul elő.



5. ábra

A laza rostos kötőszövet sejtjei és rostjai (Krstic után). 1: fibrocyta, 2: histiocyta (makrophag), 3: plazmasejt, 4: monocyta, 5: lymphocyta, 6: eosinophil granulocyta, 7: hízósejt, 8: kapilláris, 9: pericyta, 10: kollagénrost nyaláb, 11: kollagén mikrofibrillum, 12: elasztikus rost nyaláb, 13: reticularis mikrofibrillumok, 14: idegrostok.

Mesenchymális sejt (mesoblast)

Az embrionális kötőszövet pluripotens sejtje, mely nemcsak kötőszöveti, hanem porc, csont, és simaizomsejtté is képes differenciálódni. A mesenchymális sejtek alakja leginkább csillag formájú, nyúlványaik gyakran érintkeznek egymással. Sejtmagjuk ovális, vagy gömbölyű, laza heterochromatikus állományú.

Mobilis (szabad) kötőszöveti sejtek

Makrophag (histiocyta)

A kötőszövetben állandóan jelen lévő, phagocytosisra specializálódott, 15-20 μm nagyságú sejt („nagy falósejt”). Magja bab alakú, cytoplazmája szabálytalan szélű, nyúlványos. A cytoplazma erősen granulált, sok phagosomát és lysosomát tartalmaz. Valószínűleg a vér monocytájából származik, mely a posztkapillárisok endotheljén

keresztüljutva a kötőszövetben gyorsan makrophaggá alakul. Legfontosabb feladata az előregedett és elpusztult sejtek phagocytosisal történő eltakarítása, de fontos szerepe van a bakteriális fertőzések elleni védekezésben is. Emellett különféle növekedési faktorok szintetizálását és szekrécióját is beindítja. Ezek a faktorok az immunrendszer és a hemopoetikus rendszer funkcionális aktivitását, proliferatív képességét és sejteinek migrációját befolyásolják.

Hízósejt

Leginkább kapillárisok közelében előforduló, kb. 12 μm átmérőjű, granulált sejt. A granulomok 0,5-1 μm nagyságú, membránnal határolt képletek, melyek heparint, hisztamin és eosinophil chemotacticus factort tartalmaznak. A heparin szulfát csoportjai miatt erősen negatív töltésű, ezért a granulomok bázikus festékekkel (pl. toluidinkékkel) jól festődnek. Külső ingerre a granulomokban tárolt anyagok exocytosisal gyorsan kiürülnek a környező kötőszövetbe. A hisztamin tágítja az ereket, növeli az érfal permeabilitását, ezáltal a vérből folyadék kiáramlást, kötőszöveti duzzadást és így steril gyulladásos tüneteket okoz.

Lymphocyta

A lymphocyták az immunrendszer központi sejtjei, melyek a vérpályából és a nyirokrendszerből a kötőszövetbe is bejutnak. A külvilággal állandó kapcsolatot tartó nyálkahártyákban (pl. emésztő és légzőrendszer hám alatti kötőszövetében) fordulnak elő nagyobb számban, ahol gyakran nyiroksejt halmazokat (nyiroktüszőket, folliculusokat) képeznek.

Plazmasejt

A B-lymphocyta terminális differenciálódásával létrejött, immunglobulin termelésre specializálódott sejt. Főleg a nyirokszervek vázát képező reticularis kötőszövetben fordul elő.

Granulocyták

Ezek a vérszövet mobilis sejtjei, melyek kis számban előfordulhatnak a laza kötőszövetben is. A vérszövetnél tárgyaljuk őket.

Extracelluláris mátrix (ECM)

A kötőszöveti sejtek közötti teret kitöltő anyag a következő **fő komponensekből** épül fel: 1. kötőszöveti rostok (kollegén-, rugalmas, és rácsrost, valamint fibrillin); 2. amorf alapállomány; 3. adhéziós molekulák.

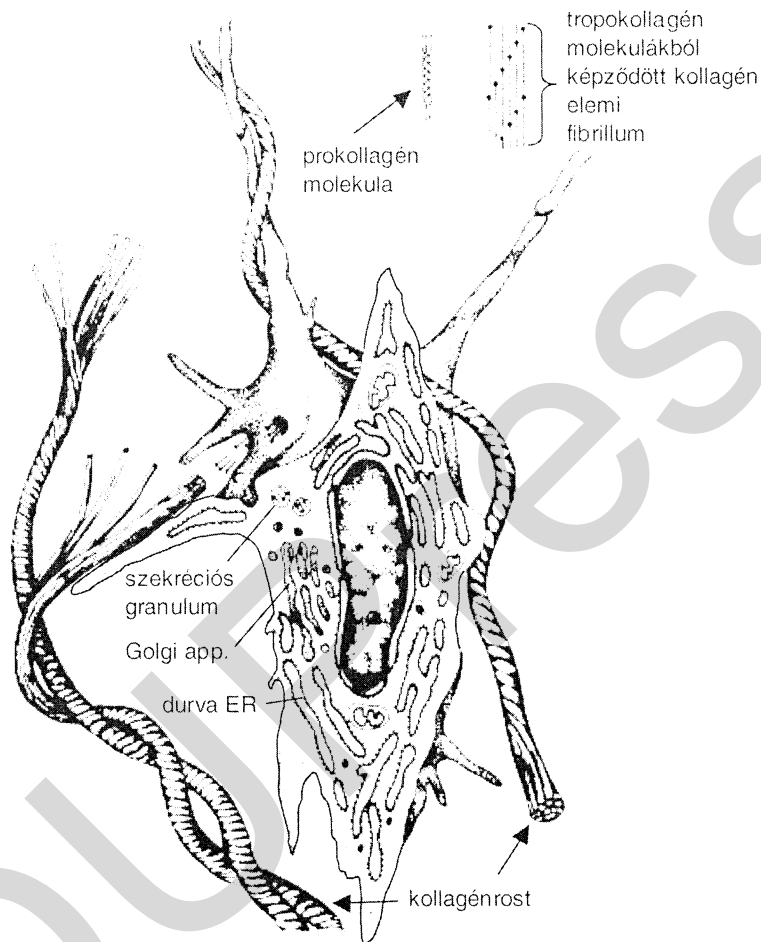
Kötőszöveti rostok:

Kollagénrostok

Fibroblastok, porc- és csontsejtek által termelt, nagy szakítószilárdságú, változó vastagságú, többnyire hullámos lefutású rostok. A kötőszövet leggyakoribb rostjai, melyek gyakran alkotnak kötegeket. Szöveti metszetben ezinnal pirosra, anilinkékkel intenzív kékre festődnek. Főzéskor a csontból, inakból és szalagokból kioldódnak és kocsonyaszerű enyvet képeznek. Innen ered a nevük (kollagen = enyvadó).

A kollagénrost szerkezeti egysége a **tropokollagén** molekula (6. ábra), melynek hossza 290 nm, vastagsága 1,5 nm és három, egymás körül spirálisan tekeredő polipeptidláncból (ún. α -láncból) épül fel. Az egymásra tekeredett α -láncokat H-hidak kötik egymáshoz. Különféle szövetekben a polipeptidláncok felépítése (az aminosavak módosulása miatt) és kombinációja különböző. Ennek megfelelően ma mintegy tizenöt kollagéntípust tudunk megkülönböztetni.

(I-es típusú kollagén a bőrben, ínban, csontban, II-es a porcban, III-as rácsrostokban, IV-es a hám-kötőszöveti határon lévő lamina basalisban fordul elő.) A tropokollagén molekulák oldalukon kapcsolódnak egymáshoz oly módon, hogy teljes hosszuk negyedével vannak a másik molekulához képest eltolódva. Két egymás után következő tropokollagén molekula nem kapcsolódik szorosan vég-a-véghez módon, hanem közöttük kb. 40 nm hézag van. Az elektronmikroszkópban látható 67 nm-es harántcsíkot a negyedhosszal eltoltt tropokollagén molekulák finom csikolatainak egymásravelüléséből és a 40 nm-es hézagból jön létre.



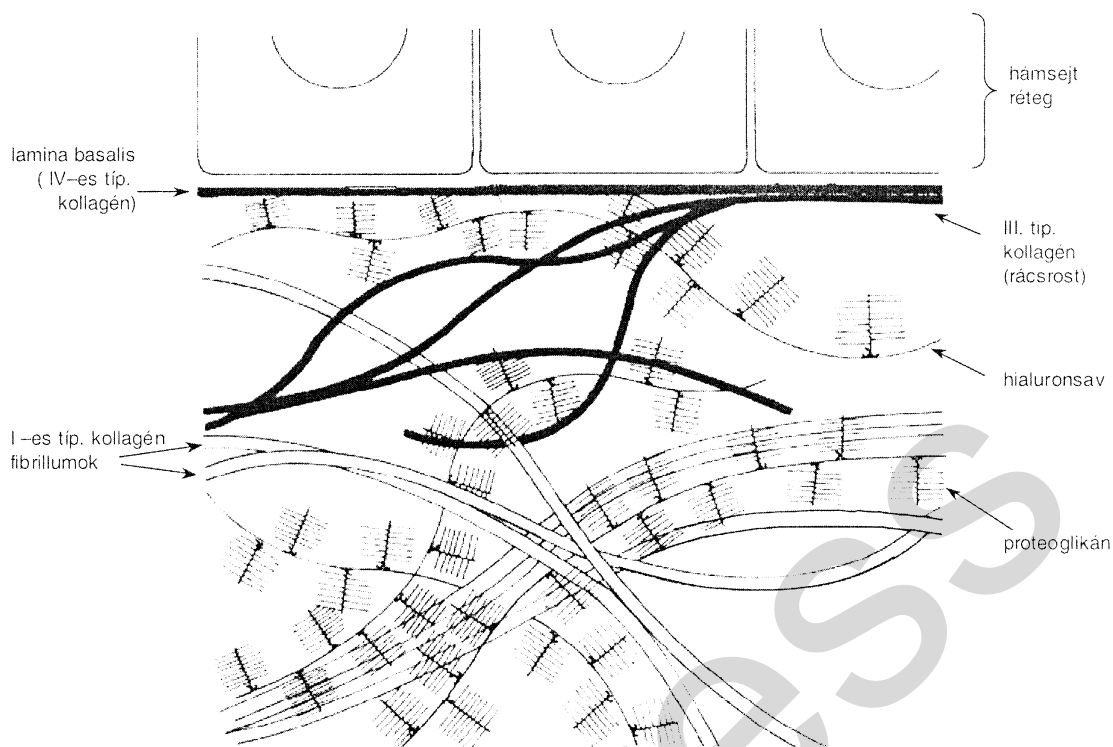
6. ábra

Fibroblast sejt rostképzés közben (Röhlich után).

Retikulin-, vagy rácsrostok

Vékony rostok, melyek elágazódva, majd újra egyesülve finom térbeli hálózatot hoznak létre (7. ábra). A vérképző és nyirokszervek jellegzetes rosttípusát adják, de néhány parenchymás szerv vázát is rácsrostok képezik. Az ezüst ionok erősen kötődnek ezen rostokhoz, ezért *argyrophil rostoknak* is nevezik őket. A rostokhoz asszociálódott magas poliszacharid tartalom miatt intenzív PAS-reakciót mutatnak.

Lényegében finom kollagénrostok. Főleg III-as típusú kollagénből állnak, amihez nagy mennyiségű proteoglikán kapcsolódik. A rostanyagot módosult fibrocyták (reticulumsejtek) termelik.



7. ábra

Az extracelluláris mátrix szerkezete (Röhlich után).

Elasztikus, vagy rugalmas rostok

Meglehetősen vékony (kb. 1 μm átmérőjű), hullámos lefutású, helyenként elágazó, majd újra egyesülő fonalak (5. ábra). Eredeti hosszuk másfélszeresére is nyújthatók, majd elengedve visszanyerik eredeti hosszukat, de csekély szakítószilárdságúak. Orceinnel barnára, resorcin-fuchsinnal kékeslila színre festődnek. A kötőszövetben mindenütt előfordulnak, nagyobb mennyiségben azokban a szervekben, melyek jelentős alakváltozásnak vannak kitéve (pl. tüdő, nagy erek).

A rostokban sűrű amorf belső állomány és finom fibrilláris szerkezetű széli zóna különíthető el. A belső amorf állomány tartalmazza a rost gumiszerűen rugalmas anyagát, az **elasztint**. Ez hidrofób aminosavakban gazdag fehérje, amiből hiányzik a hidroxilizin, de jelen van a dezmozin és izo-dezmozin. Az összetekeredett polipeptidláncokat helyenként lizinek révén létrejövő keresztkötések kapcsolják egymáshoz, ezáltal húzásra megnyúlni képesek, eleresztve visszatérnek eredeti alakjukba. Az elasztikus rost széli zónáját egy új kötőszöveti rosttípus, a **fibrillin** alkotja. Az elasztikus rostok anyagát fibroblastok és simaizomsejtek termelik.

Fibrillin

Meglehetősen vékony, glikoproteinből felépülő, 8-10 nm átmérőjű fibrillum. Csak elektronmikroszkóppal látható. Kötőszövetben, izmokban, a szaruhártya Descemet-membránjában, valamint a lencsefüggesztő rostokban fordul elő.

Amorf alapállomány

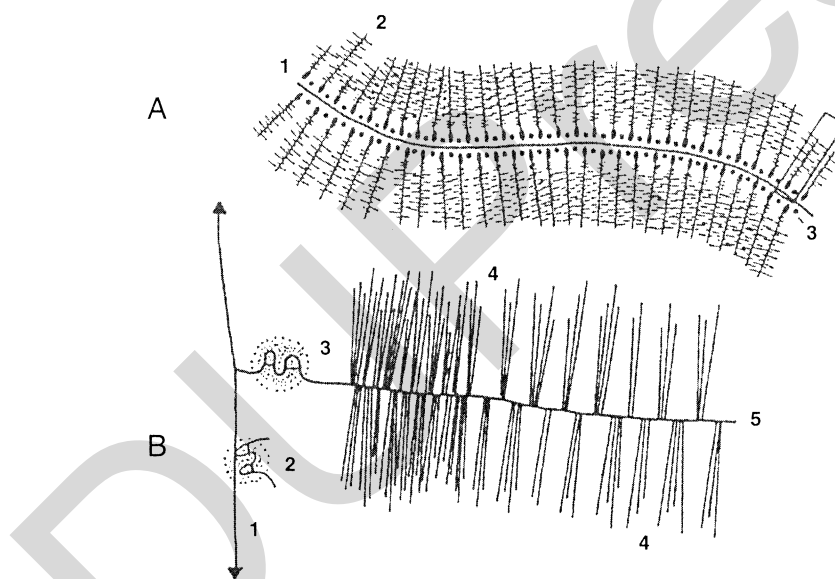
A rostok és sejtek közti teret filamentózus molekulákból felépülő intercelluláris mátrix, vagy alapállomány tölti ki. Alkotóelemei két nagy csoportra oszthatók: (1) a glükózaminoglikánokból és fehérjékből álló *proteoglikánokra*, és (2) a kötőszövet komponenseit összekötő *adhéziós molekulákra*.

Proteoglikánok

A proteoglikán molekulák (8. ábra) leginkább üvegmosó keféhez hasonlítható struktúrák. Vázuk egy lineáris fehérje (tengely-fehérje), amihez az üvegmosókefe szálaihoz hasonlóan oldalirányba haladó glükózaminoglikán (GAG) molekula láncok kötődnek.

A GAG-ok hexuronsav (glükuronsav) és hexózámin (glükózamin vagy galaktózamin) diszacharid ismétlődő egységekből felépülő láncmolekulák. Ezek az ismétlődő egységek karboxil- és szulfátgyököket viselnek, a szervezet legsavanyúbb karakterű komponensei. Ez teszi lehetővé vízkötésüket, kationokkal, valamint a polikation kollagén rostokkal való kapcsolódásukat és metakromáziás festődésüket.

A leggyakoribb GAG-ok (előfordulási helyeikkel): a szulfátgyököt nem tartalmazó hialuronsav (köldökzsínór, a szem üvegtestje, bőr, porc), kondroitin-4-szulfát, kondroitin-6-szulfát (a szem szaruhártyája, porc), dermatánszulfát (bőr, ín), a sejt-hártyához kötött heparánszulfát és heparin (hízósejtek).



8. ábra

A proteoglikán szerkezeti vázlatja (Módis után). **A:** Hialuronsavra felfűzött proteoglikánok (a téglalappal körülhatárolt részlet egy proteoglikán monomer). 1: hialuronsav, 2: proteoglikán monomer, 3: kötőfehérje. **B:** Kiemelt részlet az előző ábrarészből. 1: hialuronsav, 2: kötőfehérje, 3: globuláris fehérje, 4: glükózaminoglikán molekulák, 5 tengelyfehérje.

Kötőszöveti adhéziós molekulák

A kötőszövet komponenseinek egymáshoz való kapcsolódását olyan molekulák segítik elő, melyek legalább két kötőhellyel rendelkezve hídszerű összeköttetést hoznak létre a struktúrák között. Ezek a molekulák már a kollagénrost megjelenése előtt jelen vannak az embrionális kötőszövetben, így a sejt-vándorlásban és a szervek kialakulásában fontos szerepet játszanak.

Az adhéziós molekulák egy része a kötőszöveti sejteknek az ECM-hoz való kötődését biztosítja (fibronectin, laminin és tenascin). Másik része a mátrix egyes komponenseit (proteoglikánokat, kötőszöveti rostokat, fibrin) kötik össze egymással és így magasabb szerveződésű rendszerbe integrálják (entaktin, trombospondin).

A kötőszövet osztályozása

Az egyedfejlődést követve embrionális és “érett” kötőszövet típusokat különböztetünk meg. Az érett kötőszövet a benne levő rostok és sejtek aránya alapján tovább osztályozható.

- I. Embrionális kötőszövet:
 - 1. Mesenchyma
 - 2. Wharton-kocsonya

- II. Érett kötőszövet:
 - 1. Sejtdús kötőszövet
 - A) retikuláris
 - B) areoláris
 - C) spinocelluláris
 - D) pigmentes

 - 2. Rostdús kötőszövet
 - A) laza rostos
 - B) tömött rostos
 - a) rendezett
 - b) rendezetlen

I. Embrionális kötőszövet

1. *Mesenchyma*

Közvetlenül a mesodermából és mesektodermából kialakuló primitív kötőszövet. Sejtjei csillag alakú, nyulványikkal összekapaszkodó, multipotens mesoblastok. A sejtek között rostok még nincsenek, az ECM fő alkotóelemei a hialuronsav és a fibronectin. A majdani kötőszövet-hám határon laminint találunk.

2. *Wharton-kocsonya*

A köldökzsinórban található, mesenchyma-származék. A csillag alakú sejtek már enyhe bazofiliát mutatnak, a kocsonya-szerű alapállományban vékony kollagénrostok is megjelennek.

II. Érett kötőszövet

1. *Sejtdús kötőszövet*

A) Retikuláris kötőszövet

Vérképző és nyirok szervek, valamint a trachea és a bél nyálkahártyájának kötőszövetét képezi. Rácsrostok finom hálózatából áll, melyek felszínét módosult fibrocyták, reticulumsejtek burkolják. A hálózat hézagait nagyszámú makrophag, a vérképző szervekben myeloid, a nyirokszervekben lymphoid elemek töltik ki.

B) Areoláris kötőszövet

A nagyecseplez mesothel rétegei között foltoszerű területek (areolák, tejfoltok) formájában jelenik meg. Makrophagokból, lymphocytákból, plazmasejtekből és fibrocytákból álló sejtszaporulatokat képez.

C) Spinocelluláris kötőszövet

Ez a különösen sejtdús kötőszövet típus a petefészekben és a méh nyálkahártyájában fordul elő. Végükön kihegyezett orsó-alakú sejtekből épül fel, melyek gyakran örvényszerűen rendeződött csoportokat alkotnak. Mobilis sejteket elvétele tartalmaz. A sejtek között csak kevés intercelluláris állomány látható, ami főleg kollagén- és rácsrostokból áll.

D) Pigmentes kötőszövet

A szem érhártyájában és a nemiszervek bőrében fordul elő. Különleges elemei a melanint tartalmazó kötőszöveti pigmentsejtek (*melanophorák*). Ezek a kötőszöveti rosthálózatban fibrocyták, esetenként mobilis sejtek társaságában figyelhetők meg.

2. Rostdús kötőszövet

A) Laza rostos kötőszövet

A legelterjedtebb kötőszövettípus (5. ábra), testünkben szinte mindenütt megtalálható. Ez tölti ki a parenchymás szervek hézagait, ebbe ágyazódnak az erek és a perifériás idegek, az erek és a különböző szervek adventitiáját képezi, elválasztja a mirigyek lebenyeit egymástól, a tápcsatorna submucosáját alkotja. Kevés sejtől és nagyobb tömegű sejt közötti állományból áll. A rostok döntő része I-es és III-as típusú kollagén, emellett elasztikus rostok és fibrillin is mindig jelen vannak. A rostok között fibrocyták és más mobilis kötőszöveti sejtek láthatók.

B) Tömött rostos kötőszövet

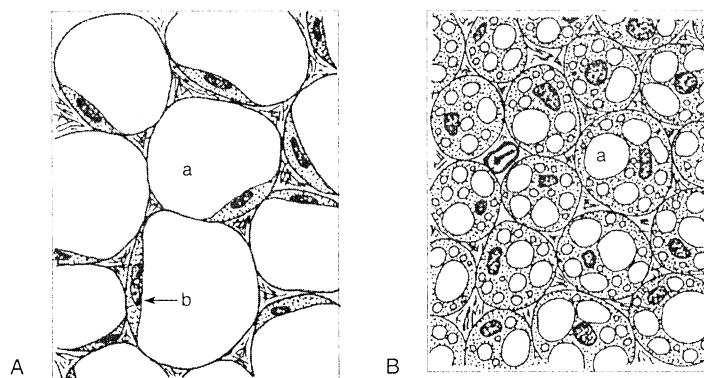
Fő tömegét szorosan egymás mellé tömörült kollagénrost kötegek képezik, melyek közé mintegy beszorítva kisszámú fibrocyta található. Alacsony anyagcserejű (bradytroph) szövet. Inak, szalagok, ízületi tokok, inahüvelyek, aponeurosisok képzésére szolgál.

ZSÍRSZÖVET

A kötőszövetnek ez a fajtája az energiaforrásul szolgáló zsírok tárolására specializálódott. Az energiatároláson túl a zsírszövet mechanikai védelmet nyújt, helykitöltésre szolgál, és résztvesz a hő- és vízháztartásban. Kétféle változatát, fehér és barna zsírszövetet különböztetünk meg (9. ábra).

Fehér (univakuoláris) zsírszövet

Az embrionális életben erre elkötelezett mesenchyma sejtekből alakul ki. A zsírsejt (adipocyt) nagyméretű (kb. 100 μm átmérőjű), gömbölyű sejt. Plazmájában apró, majd fokozatosan növekvő, zsírt tartalmazó vesiculák jelennek meg, melyek a sejtmagot és a maradék plazmát a sejthártyához nyomva végül egyetlen zsírcseppé folynak össze. Így a sejt alakja leginkább pecsétgyűrűre emlékeztet. Nagy mérete miatt a zsírsejt sérülékeny. Mechanikai védelmet az őt körülvevő lamina basalisból és rácsrostokból álló membrana basalis nyújt számára. Bőséges kapillaris hálózat veszi körül, ahonnan a trigliceridek szintéziséhez szükséges alapanyagokat felveszi, illetve ahová anyagokat ad le. A zsírsejtek gyakran alkotnak csoportokat, lebenyeket, amelyeket kötőszöveti sővények választanak el egymástól. Nagy nyomásnak kitett testrészekben (pl. tenyér, talp, fartájék) nagyobb tömegben, kötőszöveti sővényektől tagolt párnákat alkotnak. Más helyeken (pl. hasfal, cseplesz, bőralatti kötőszövet) az egyén tápláltsági állapotától függő mértékű zsírraktárakat képeznek.



9. ábra

Fehér és barna zsírszövet vázlata (Hadházy után). **A:** fehér (univacuoláris) zsírszövet. a: zsírvacuolum, b: zsírsejt cytoplazma sejttaggal. **B:** barna (plurivacuoláris) zsírszövet. a: zsírsejt, plazmájában kis és közepes zsírvacuolumokkal.

Barna (plurivakuoláris) zsírszövet

Sejtjei az előbbinél kisebbek, poligonálisak. Magjuk a sejt közepén található. Cytoplazmájukban a trigliceridek és lipidek több kisebb csepp formájában vannak jelen. A zsírcseppeket egy lipid természetű pigment, a lipochrom barnára színezi (innen ered az elnevezés). A cytoplazma glikogénben gazdag, benne nagyszámú mitochondrium látható. A barna zsír nagyobb mennyiségben újszülött és csecsemő korban fordul elő (mediastinumban, retroperitoneumban, hónaljban), a kor előre haladásával mennyisége csökken. A benne zajló zsíroxidáció hőtermelést eredményez, a rajta átáramló vért fűtőtestként melegíti. A barna zsírszövet a téli álmot alvó állatokban lokális hőforrásként szerepel, ezért bennük nagyobb mennyiségben található.

A zsírszövet kialakulása

A zsírsejtek a pluripotens mesenchymalis sejtekből fejlődnek. A magzatban barna zsírszövet jelenik meg, mely a terhesség végére meghatározott régiókra szorul vissza (a lapockák közötti háttájék, vese és csecsemőmirigy körüli tájék). A barna zsírszövet helyét a születés után fokozatosan a fehér zsírszövet foglalja el. Ezzel a folyamattal párhuzamosan a kapilláris hálózat relatív csökkenése is bekövetkezik.

TÁMASZTÓSZÖVETEK

A szervezet rugalmas és merev szilárd vázát a támasztószövetek adják. Sejtközi állományuk tömeges, szerkezetüket a mechanikai igénybevétel mértéke és minősége alapvetően befolyásolja. Ebbe a csoportba a porc- és csontszövetet soroljuk.

PORCSZÖVET

A porcszövetet porcsejtek (*chondrocyták*) és közöttük terjedelmes extracelluláris mátrix alkotják (a kötőszövethez hasonlóan), mely utóbbi szintén rostokból és járulékos proteoglikánokból épül fel. A porcszövet nyomással szemben rugalmasan ellenáll, kismértékben hajlítható, nyíró-erőknek ellenálló szövet. Alapállománya, a szervezet különböző helyi követelményeihez alkalmazkodva, egyes helyeken rugalmas rostokkal, másutt tömött kollagénrostnyalábokkal egészül ki. Ennek megfelelően a porcszöveten belül három típus különíthető el: 1. *hyalinporc*, 2. *elasztikus* vagy *rugalmas porc*, 3. *kollagénrostos porc*.

Hyalinporc (üvegporc)

Élő állapotban üvegesen áttetsző, homogén alapállomány jellemzi. Ezt az okozza, hogy az alapállomány törésmutatója alig különbözik a belé ágyazott rostok törésmutatójától. Ízfelszíneken, gégeben, tracheában, bronchusokban, bordaporcokban fordul elő.

Az egynemű alapállomány basophilan festődik, benne 2-4 porcsejttel tartalmazó üregek (*lacunák*) láthatók. Egy lacunában lévő sejtesoport és az őt körülvevő territoriális mátrix képezi a porcszövet alapegységét, a *chondron* (10. ábra). A chondron közepén elhelyezkedő *chondrocytákat* erősen basophil festődésű *porctok* (capsula, pericelluláris mátrix) veszi körül. Ekörül látható az ugyancsak basophil territoriális mátrix (*porcudvar*). A chondronok között halványabban festődő terület, ún. *interterritoriális mátrix* található.

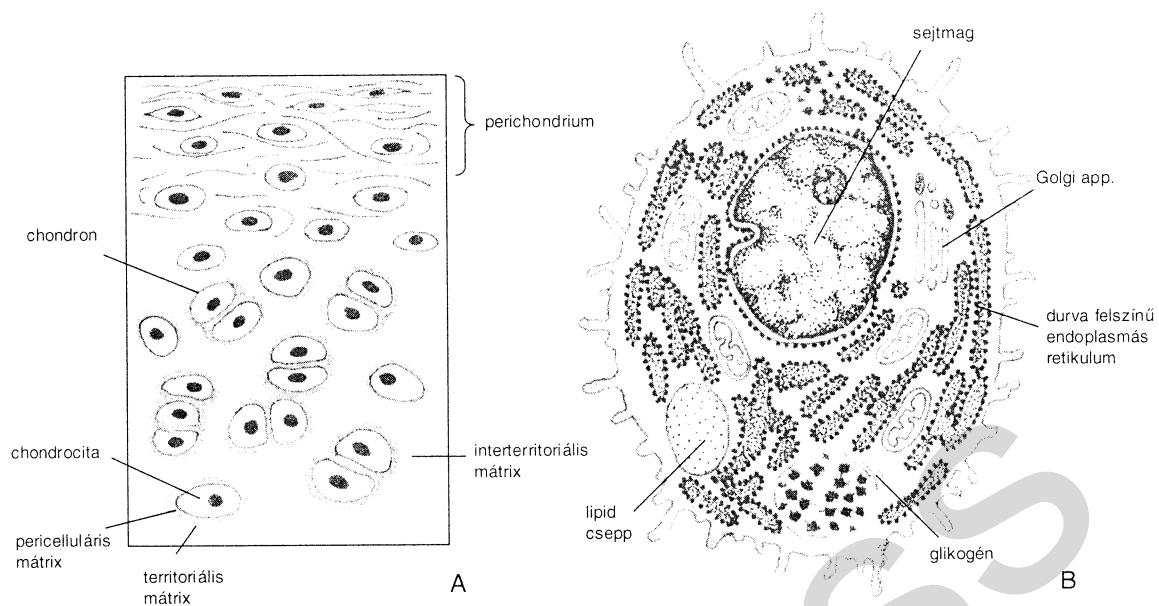
A differenciált porcsejtek alakja gömbölyű és sejtmagjuk is ilyen. A fiatal, aktív mátrixtermelést folytató porcsejtek a fehérjeszintézis jellegzetes morfológiai jellemzőit mutatják: fejlett durva felszínű endoplazmás retikulumot és terjedelmes Golgi apparátust. Az inaktív, idősebb sejtek kevesebb sejtorganellumot tartalmaznak, plazmájukban jelentős mennyiségű glikogén és zsírcseppek halmazódnak fel.

Az extracelluláris mátrix kollagénrostokból (főleg II-es típusú kollagénből, de VI, IX, X és XI-es típusú kollagént is tartalmaz), proteoglikánokból (aggrecan, kondroitinszulfát, keratánszulfát), hialuronsavból és glikoproteinekből (chondrocalcin, chondronectin, fibronectin) épül fel.

Az ízületi porcban rétegek különíthetők el. A felszíni rétegben a sejtek ellapultak, a mély rétegekben lekerekedettek. Az interterritoriális mátrix kollagénrostjai íves lefutást mutatnak, a felszíni zónában a felszínnel párhuzamosan futnak, a mély és az elmeszesedett zónában a felszínre merőlegesen helyezkednek el. A mély és az elmeszesedett zóna között ún. "ár-apály" vonal látható. Az elmeszesedett porcréteg összenő a csonttal.

A hyalin porcot az ízületi felszín kivételével porchártya (*perichondrium*) borítja. Ez tömött rostos kötőszövetből álló réteg, mely mintegy tokot képez a porc körül.

A porc érmentes (bradytroph) szövet. A porcsejtek ennek megfelelően diffúzióval táplálkoznak a porchártya és környező szövetek ereiből, illetve a synoviális folyadékból.



10. ábra

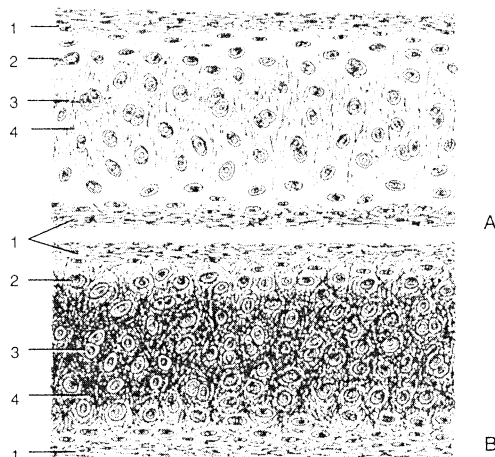
Hyalinporc szerkezeti vázlata (Röhlich után). **A:** Chondron, territoriális és interterritoriális mátrix hyalinporcban. **B:** Chondrocyta finomszerkezeti képe.

Rugalmas (elasztikus) porc

Szöveti szerkezete a hyalinporcéhoz hasonlít, azzal a különbséggel, hogy a mátrix elasztikus rostokat tartalmaz (11. ábra). Ezeket orceinnel, vagy resorcin-fuchszinnal lehet láthatóvá tenni. A rostok lefutása hasonló az ízületi porcnál látottakhoz. A chondronok csak 1-2 chondrocytából állnak és a territoriális tagozódás nem annyira kifejezett. A hyalinporccal ellentétben, a rugalmas porc nem meszesedik és nem csontosodik el. Körülötte mindig található porchártya. Fülkagylóban, gégefedőben, fülkürtben, és a gége kisebb porcaiban fordul elő.

Kollagénrostos porc

Azokon a helyeken fordul elő, ahol nemcsak nyomásnak, hanem torziós hatásnak is ki van téve a porcszövet (pl. discus intervertebralis anulus fibrosus, symphysis pubica, discus articularisok). Szöveti szerkezetében átmenetet képez a tömött rostos kötőszövet és a porcszövet között. Az intercelluláris állomány főleg vastos I-es típusú kollagénrost kötegeket tartalmaz, melyek között a chondronok elszórtan láthatók, 1-2 gömbölyded porcsejtet tartalmaznak, a mátrix a hyalinporcéhoz hasonló. A rostos porc felszínén nincs porchártya.



11. ábra

Elastikus porc szerkezete (Krstic után). **A:** fülkagyló porc, **B:** gégefedő porc szöveti képe. 1: perichondrium, 2: chondrocyta, 3: chondron, 4: elasztikus rostok az extracelluláris mátrixban.

CSONTSZÖVET

A csontszövetet is sejtek és köztük terjedelmes sejtközötti állomány építik fel. A sejtközötti állomány főleg kollagénrostokat tartalmaz és megjelenik benne egy új alkotóelem, a szerves állomány, mely elsősorban kalciumfoszfát tartalmú hidroxipatit kristályokból és hozzájuk kapcsolódó magnéziumból, nátriumból, fluorból, karbonátból és citrátból áll. A kollagénrostok és szerves sók együtt a csontszövetet a szervezet legszilárdabb, különböző megterheléseknek igen ellenálló vázszövetévé teszik.

A csontszövet sejtjei

Osteoprogenitor sejtek

A mesenchymából kialakuló lapos sejtek, melyek a csontszövet képzésére köteleződtek el (12. ábra A). Még képesek osztódni, belőlük pótlódnak a további osztódásra már képtelen osteoblastok, melyekből azután osteocyták lesznek.

Osteoblastok

Ezek termelik a sejtközötti állomány komponenseit (12. ábra A és B). Köbalakú, bazofil plazmájú sejtek, melyek az épülő csontfelszínen egyetlen réteget képeznek. Az általuk termelt szerves sejtközötti állományba az ugyancsak általuk termelt alkalikus foszfatáz segítségével Ca-apatit mikrokristályok rakódnak le. Végül az önmaguk által termelt alapállományba mintegy befalazott sejtek munkájuk végeztével osteocytákká alakulnak.

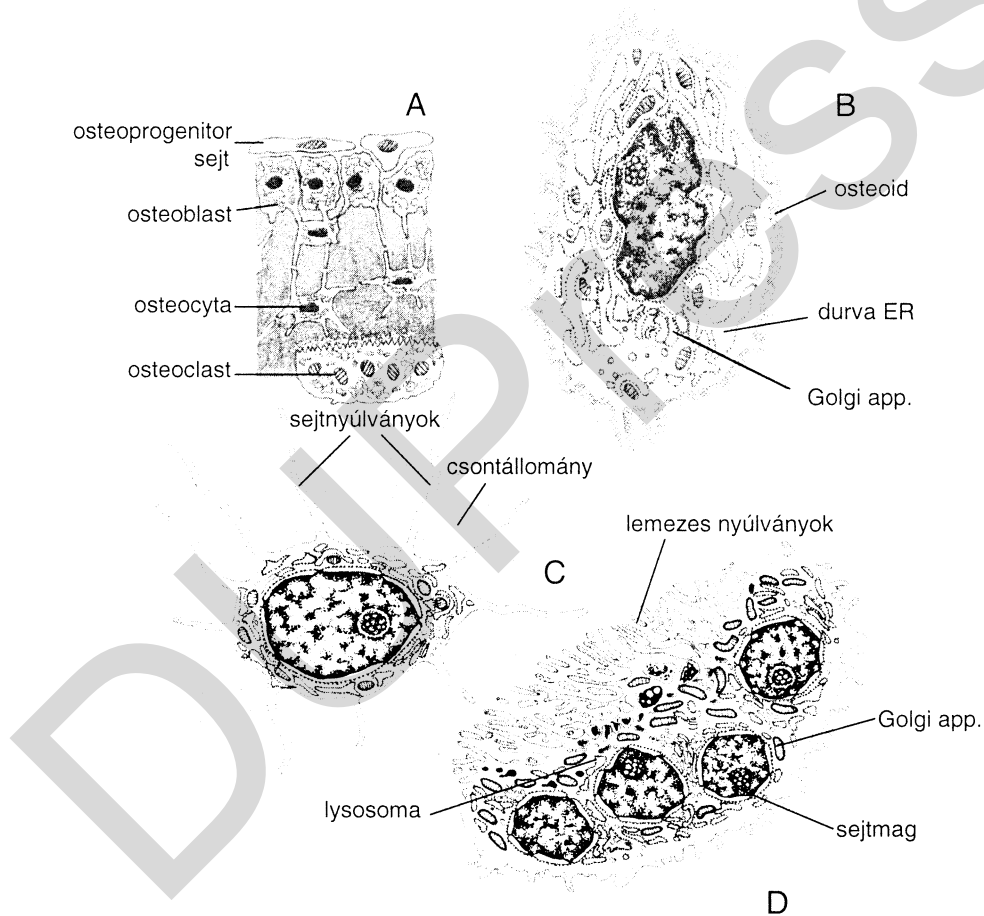
Osteocyták

Az osteocyták nyugvó sejtek, nagy valószínűséggel a mátrix fenntartásában és megújulásának elősegítésében játszanak szerepet (12. ábra A és C). Szilvamag alakúak, a sejtközötti állomány kis üregeiben (lacunáiban) helyezkednek el. Póklábakhoz hasonló

vékony, hosszú nyúlványaik a sejtközötti állomány csatornácskáiban a tér minden irányában haladnak, a szomszédos sejtek nyúlványai egymással sejtkapcsoló struktúrák (nexusok) révén összeköttetésben vannak. Így kismolekulájú anyagok, ionok egyik sejtől a másikba átdiffundálhatnak.

Osteoclastok

Többmagvú óriássejtek, melyek a csont alapállományának lebontására specializálódtak (12. ábra A és D). Általában csontfelszínen, a maguk vájta üregekben (Howship-féle lacunákban) találhatóak. A csontállománnyal érintkező felszínükön lemezszerű sejtnyúlványok fodrozott szegélyt alkotnak, mely a csontrezorpció szolgálatában álló felületnövelő képződmény. Az anorganikus állomány bontását valószínűleg a csontfelszínre bocsátott H^+ ionokkal, míg az organikus anyagok bontását az általuk termelt lysosomális enzimekkel végzik.



12. ábra:

A csontszövet és sejtjeinek finomszerkezete (Krstic és Röhlich után).
A: a csontszövet szerkezetének áttekintő képe. **B:** osteoblast,
C: osteocyta, **D:** osteoclast finomszerkezete.

A csontszövet intercelluláris állománya

Kollagénrostokból, a közöttük elhelyezkedő proteoglikánokból és szervesen sókból épül fel. A szervesen és szerves állomány aránya kb. 2:1.

A szerves állomány 90%-át **kollagénrostok** képezik, melyek I-es típusú kollagénből állnak. Az 50-70 nm átmérőjű fibrillumokon belül a tropokollagén molekulák között a szokásosnál több a keresztmetszés, ami a rostnak nagyobb mechanikai ellenállóképességet biztosít.

A kollagénrostok közötti alapállományt főként **proteoglikánok** alkotják (kondroitin-4-szulfát, kondroitin-6-szulfát, keratánszulfát és hialuronsav). Ezek mellett néhány **specifikus fehérje** is található az alapállományban (osteocalcin, osteopontin). A fehérjéket az osteoblastok termelik, képződésüket a D-vitamin serkenti.

A csontszövet **szervesen állománya** elsősorban kalciumfoszfát tartalmú hidroxipatitból áll, mely csupán elektronmikroszkópban látható, apró kristályok formájában van jelen. A kristályok a kollagén fibrillumok harántcsíkolata mentén helyezkednek el.

Osteon, lemezrendszerek és csatornák

Átfűrészelt csontokon már szabad szemmel is kétféle állomány különböztethető meg. Az egyik kemény, egyneműnek látszó tömött csontállomány (substantia compacta), a másik vékony csontlemezkek és gerendácskák hálózatából álló szivacsos állomány (substantia spongiosa). A tömött állomány mikroszkópos képe azt mutatja, hogy csatornácskák hálózata járja át, melyek körül finom csontlemezkek koncentrikus rendszere foglal helyet.

A csontszövet mechanikai és szerveződési egysége az **osteon** (13. ábra). Ez néhány cm hosszú, többszáz µm átmérőjű henger alakú képlet, tengelyében eret (kapillárist, vagy posztkapillárist) tartalmazó ún. Havers csatornával. A **Havers csatorna** tengelye a csöves csontokban a csont hossz tengelyével párhuzamos. Ezt a csatornát 5-10 koncentrikusan elhelyezkedő, 5-7 µm vastagságú lemez veszi körül. A lemezek szervesen komponenseket viselő kollagénrostokból állnak. A szomszédos lemezekben a kollagénrostok egymásra merőlegesen rendeződnek. A lemezek között osteocytákat tartalmazó **lacunák** vannak, melyeket az osteocyták nyulványait magukba foglaló csatornácskák kötnek össze egymással. Az osteont alkotó lemezeket **speciális lemezeknek** (laminae speciales), az osteont alkotó lemezek összességét **Havers-féle**, vagy **speciális lemezrendszernek** nevezzük. Az egyes osteonok közötti térséget **intercalaris lemezrendszer** (laminae intercalares) tölti ki. Az intercalaris lemezek az osteonok átépülésekor keletkeznek, tehát azok maradványainak felelnek meg. A csontthártyával fedett felszínen, a csontthártyával párhuzamosan néhány lemezből álló ún. **generális**, vagy **fundamentális lemezrendszer** (laminae generales, fundamentales) helyezkedik el. A csöves csontok középső részében külső és belső generális lemezrendszer található, az utóbbi a csontvelő üregét határolja.

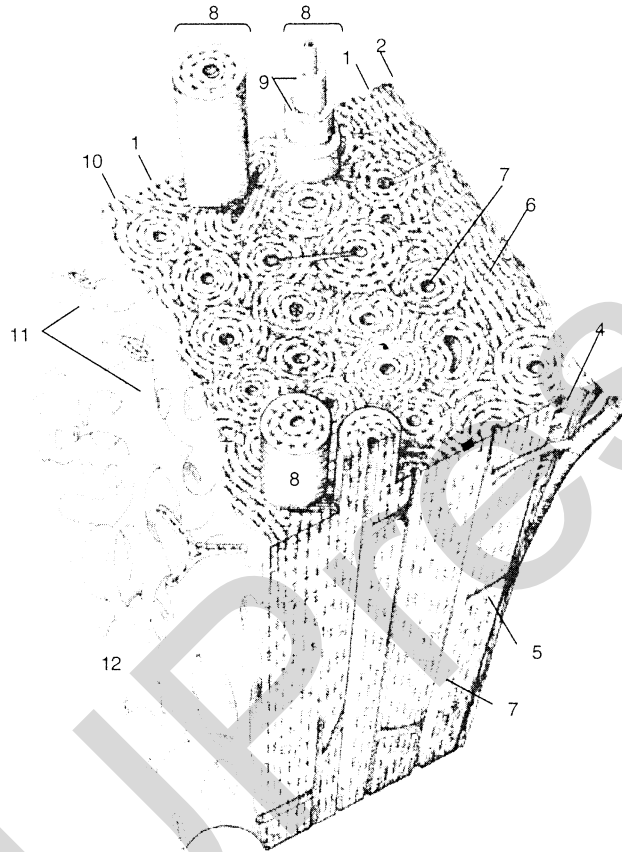
A Havers csatornák a csont tápláló ereit és a csontépítő és bontó sejteket tartalmazzák. A szomszédos Havers csatornákat a rájuk általában merőlegesen futó **Volkman csatornák** kötik össze. Ezek rendszere köti össze a periosteum ereit a velőüreggel. Körülöttük nincsenek koncentrikus lemezrendszerek.

Periosteum és endosteum

A csontok külső felszínét csontthártya (**periosteum**) borítja (13. ábra). Ez külső, rostokban gazdag és belső, sejtdús rétegből áll. A kollagénrostok általában a felszínnel párhuzamosak, ám egyes rostok ferdén futva beágyazódnak a csontállományba és ott az ún. **Sharpey-féle rostokat** alkotják. Inaktív csontthártyában csak néhány lapos sejt látható a belső

rétegben. Ezek osteoprogenitor sejtek, melyek osteoblastokká képesek differenciálódni. Az aktív, csontépítésben résztvevő csonthártya belső rétegében az osteoblastok szorosan egymás mellé illeszkednek, ún. *stratum osteoblasticumot* képeznek. A csonthártya bőséges ér- és ideghálózattal rendelkezik.

Hasonló szerkezetű, de lényegesen gyengébben fejlett kötőszövet réteg, ún. csontbelhártya (*endosteum*) található a velőüreget határoló csontfelszínen.



13. ábra

A lemezes csont szerkezete (Krstic után). 1: corticalis állomány (stratum compactum), 2: periosteum, 3: tápláló erek, 4: Sharpey-féle rostok, 5: Volkmann-csatorna, 6: laminae generales a periosteum alatt, 7: Havers-csatorna, 8: osteon, 9: Havers-lamellák, 10: laminae generales a belső oldalon, 11: csontlemezek, 12: szivacsos csontállomány.

Csontképződés

Csontképződés többnyire a már kialakult kötőszövetben, vagy porcszövetben másodlagosan következik be. A kötőszövetes alapon történő csontképződést *desmalis*, a porcszövetes alapon meginduló csontképződést *chondralis csontosodásnak* nevezzük. A csontképződésnek egy harmadik, ritka formája a *primer angiogen* (Krompecher-féle) csontosodás, melyben preformatív szövet nélkül, erek körül indul meg a csontképződés.

Desmalis csontosodás

A fejtető lapos csontjai és az állkapocs-csontok képződésekor figyelhető meg. Desmalis csontképződés esetében a mesenchymasejtek összetömörülnek, kollagént termelnek, így a telep először kötőszövetes hártáéhoz hasonló. Ebben a kötőszövetben (preformatív szövet) a mesenchyma sejtek osteoblastokká differenciálódnak, majd osteoidot kezdenek termelni. Az osteoid szövet kalcifikálódásával kialakul a csontmátrix. Ennek tömege egyre nagyobb lesz és az osteoblastokat mintegy befalazza, melyek így osteocytákká válnak. A csontosodás egyre nagyobb területre kiterjedve egyetlen központból radier irányban szétsugárzó csontgerendákat hoz létre. A gerendák közötti értartalmú, lazább szövet csontvelővé, a csonttelep felszíni szövete periosteummá alakul. A desmalisan képződött csontok alakját és méretét végül is az osteoblastok csontépítő és az osteoclastok csontbontó tevékenysége együttesen alakítja ki.

Chondralis csontosodás

Ezt a csontképződési formát a hosszú csöves csontok fejlődését követve tanulmányozhatjuk legjobban (14. ábra). Az embrionális végtagtelepben a mesenchyma tömörülés először a leendő csont alakjának megfelelő hyalinporccá alakul. A preformatív szövet tehát porc. A csontképződés első lépéseként a leendő csont középrészének (diaphysis) megfelelően a perichondrium periosteummá alakul át, azaz belső sejtjei osteoblastokká differenciálódnak. Ezzel kezdetét veszi a csontmátrix termelése, amibe az osteoblastok fokozatosan beágyazódnak. Így a diaphysis felszínén egy csontszövetből álló, mandzetteszerű hüvely alakul ki (**perichondralis csontosodás**). A csontosodás további lépései már a porc belsejében történnek (**enchondralis csontosodás**). A diaphysis belsejében a porcszövet degenerálódni kezd: a porcsejtek felpuffadnak, bennük glikogén szaporodik fel, majd a környező porcmátrix fokozatosan elmeszesedik. Az elpusztult porcsejtek és a felszívódott porcmátrix helyén üreg keletkezik (elemi velőüreg), melybe a csonthártya felől erek törnek be, differenciálatlan mesenchyma sejteket hozva magukkal. A mesenchyma sejtek benépesítik az elemi velőüreget. A csontképződés a diaphysis közepétől kiindulva a leendő csont végrészei felé terjed.

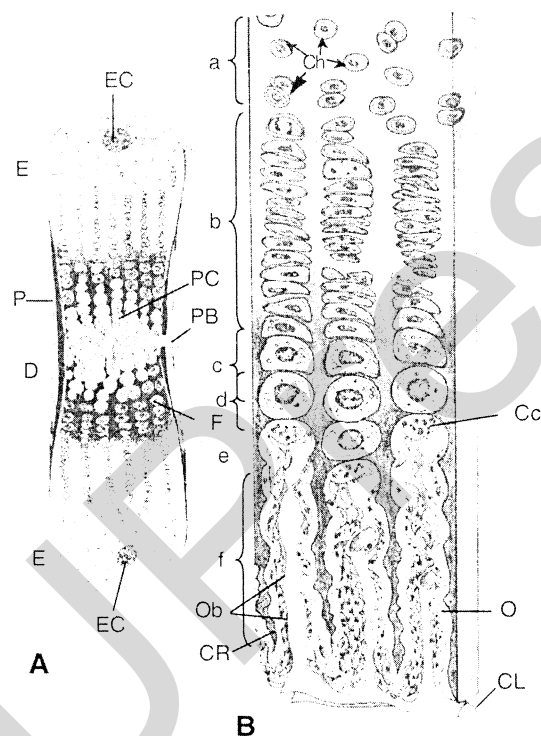
A diaphysis szomszédságában lévő porcsejtek is degenerációs jeleket mutatnak: megduzzadva kukoricacsőhöz hasonló hosszanti sorokba rendeződnek, majd elpusztulnak. A közöttük lévő porcmátrix hosszanti gerendák formájában egy ideig megmarad és irányítja a csontképződést (irányító gerendák). Ezekre a gerendákra rakódnak az osteoprogenitor sejtekből képződött osteoblastok. Az osteoblastok csontmátrixot termelnek, mely ráakódik a porcmátrixból álló gerendákra (vegyes porc-csont gerendák). Később az osteoblastok és osteoclastok együttes működése létrehozza a velőüreget, melyet csontvelő foglal el.

A még porcos képződmények végrészeibe, a leendő epiphysisekbe is behatolnak az erek, és ott a fent leírtakhoz hasonló módon ugyancsak megindítják a csontosodást. Az epiphysisekben is csontszövet és velőüreg képződik. Ily módon kialakul a csöves csont diaphysise és epiphysisei, melyeket 15-20 éves korig korongszerű porclemez, az ún. **epiphysis porckorong** választ el egymástól. Az epiphysis porckorongban jól nyomon követhetők a chondralis csontfejlődés részfolyamatai. A porckorongban a porcsejtek jellegzetes rétegződést mutatnak, az epiphysis felől a velőüreg felé haladva a rétegek a következők:

1. *nyugalmi zóna*, melyben a porcsejtek nyugalmi állapotban vannak;
2. *szaporodási zóna*, ahol a szaporodó porcsejtek oszlopokba rendeződnek;
3. *elfajulási zóna*, melyben a porcsejtek felpuffadnak, degenerálódnak, a sejtoszlopok között csak a hosszanti porcalapállomány-gerendák maradnak meg, melyek aztán vázként szolgálnak a friss csontállomány lerakásához („irányítógerendák”);

4. *mesenchymalis invázió (érinvázió) zónája*, ahol a pusztuló porcsejtek helyén maradó elemi velőüregekben a kapillárisokkal érkező osteoprogenitor sejtek osztódnak, oszteoblastokká alakulnak, majd ezek az irányítógerendák felszínén csontmátrixot képeznek.

A csontok folyamatos hossznövekedését az epiphysis porckorongok biztosítják. Az epiphysis felőli oldalon folyamatos csontépülés, a diaphysis felől pedig folyamatos bontás zajlik. Amikor a porcsejtek osztódása befejeződik (20 éves kor körül), a csontosodás viszont még tovább tart, az epiphysisek összenőnek a diaphysissal és a csont növekedése befejeződik. A csontok vastagságbeli növekedését a periosteum biztosítja.



14. ábra

Chondralis csontosodás (Krstic után). **A**: csontosodás és velőür kialakulása a diaphysisben, csontképződés megindulása az epiphysisekben. (E: epiphysis, D: diaphysis, P: periosteum, PB: periostealis érbetörés, PC: primitív csontvelőür, EC: epiphysealis ossificatiós centrum, F: érő porcsejtek). **B**: epiphysis porckorong szerkezete (a: nyugalmi zóna, b: szaporodási zóna, c: elfajulási zóna, d: calcifikációs zóna, e: mesenchymális érinvázió zónája, f: ossificatiós (csontosodási) zóna, Ch: chondrocyták, Cc: chondroclast, Ob: osteoblastok, CR: irányító gerenda (porcmaradvány), O: osteoid szegély, CL: kapilláris hurkok

Primer angiogen csontosodás

Az elsődleges angiogen csontfejlődés esetében, melyet Krompecher István írt le, a kis átmérőjű erek mentén elhelyezkedő pluripotens mesenchymális sejtek differenciálódnak osteoblastokká. Preformatív szövet tehát nincs jelen. Ilyen csontképződési forma csak kevés helyen (pl. csigolyatestek dorsalis felszínén, vagy résszerű, jól rögzített haránttörések gyógyulásakor) fordul elő.

A csontok átépülése

A kialakult csont az élet folyamán folyamatos átépülés alatt áll, miközben alakja alig változik. Az átépülés fiatal korban igen aktív, idős korban lelassul. Átépülés során a korábban kialakult csontszövetben az osteoclastok nagyobb csatornákat (lacunákat) vájnak, melyekbe a kapillárisokkal együtt osteoprogenitor sejtek hatolnak be. Az osteoprogenitorokból képződött osteoblastok az üregek falán csontlemezeket építenek. A szaporodó csontlemezek idővel egyre inkább szűkítik a kapilláris körüli teret, koncentrikus rajzolatú osteonokat formálva. Egyidőben több építési és bontási folyamat is zajlik, aminek a már kialakult osteonok is áldozatul esnek, ugyanakkor új osteogenerációk keletkeznek. A primer osteonok töredékei intercalaris lemezekké lesznek. A statikai viszonyok megváltozása (pl. a kor előre haladtával) mindig átépülést vált ki.

DUPRESS

IZOMSZÖVET

Az állati szervezet összehúzódásra képes (kontraktilis) szövete az izomszövet, mely a mesoderma származéka. Alaptípusai: (1) a harántcsíkolt izomszövet (vázizomszövet), (2) a szívizomszövet és (3) a simaizomszövet.

Kontraktilitása alapján itt tárgyaljuk még a myoepithelt is, bár ez utóbbi ectodermális eredetű.

Harántcsíkolt izomszövet

A harántcsíkolt izomszövet szöveti és funkcionális egységét a **harántcsíkolt izomrostok** adják (15. ábra A). Ezek hosszú, 10-100 μm átmérőjű hengerded óriássejtek, a sejtmembrán alatt számos ellapult sejtmaggal. A magok száma több száz is lehet az izomrost hosszától függően. Az izomrostok hossza néhány milliméter és 40 cm között váltakozik. A sejthártyát kívülről lamina basalis takarja, a két hártyát együtt közös néven *sarcolemmának* nevezzük. Az izomrost sejtplazmáját *sarcoplazmának* hívjuk. Ennek döntő részét hosszanti, kb. 1 μm vastag kötegekbe rendezett, harántul csíkozott *myofibrillumok* foglalják el.

A myofibrillumok harántcsíkolata speciális festéssel (pl. vashematoxilinnal, foszforwolfrámsavval), vagy polarizált fényben jól megfigyelhető. A fénymikroszkópban sötétben festődő csíkok polarizációs mikroszkópban vizsgálva kettős fénytörést mutatnak, vagyis *anizotrópok*, ezért ezeket **A-csíknak** nevezték el. Ugyanakkor a fénymikroszkópban világosnak látszó csíkok nem változtatják a polarizált fény síkját, azaz *izotrópok*, ezért ezeket **I-csíknak** hívják. Az I-csík közepén vékony sötét vonal (**Z-csík**, vagy lemez) látszik, ami az izomroston harántul áthúzódó finom, szitaszerű lemeznek felel meg. Az izomrost két szomszédos Z-lemez közötti szakaszát *sarcomernek* nevezzük (15. ábra B). A sarcomer az izomrost szerkezeti egysége. Egy sarcomer egy középső A-csíkot, ennek két oldalán pedig fél-fél I-csíkot és az ezeket határoló Z-lemezt foglalja magába. (Elektronmikroszkópban az A-csík közepén még egy világosabb csík is látható, amit *H-csíknak* neveztek el. Ennek közepén sötét vonal, az *M-csík* figyelhető meg.) Amikor az izom összehúzódik, az I-csík megrövidül, az A-csík változatlan marad.

Nagy nagyítású elektronmikroszkópos felvételen jól megfigyelhető, hogy egy-egy myofibrillum hosszanti irányban rendezett fonálszerű elemekből (myofilamentumokból) áll. Ezek kétfélek: egyikük vékony (aktin filamentum), másikuk vastag (miozin filamentum). A kétféle filamentum rendszer periódikusan ismétlődő egymás közé csúsztatása okozza a harántcsíkolatot. Az I-csíkot a Z-lemezhez rögzített aktin filamentumok alkotják, melyek két spirálisan összesodort gyöngyfüzérre emlékeztetnek. A vastagabb A-csíkot pálcaszerű miozin filamentumok képezik. Az A-csík két szélső harmadában aktin és miozin filamentumok egyformán megtalálhatók, míg a középső harmadban aktin filamentumok nincsenek. Ez a részlet a H-csík.

Kontrakcióban a miozin és aktin szálak hossza nem változik, hanem a vékony aktin filamentumok mélyebben becsúsznak a vastag miozin filamentumok közé, s minthogy rögzítettek a sarcomer szélén, a Z-korongokat a sarcomer közepe felé húzzák, miáltal a sarcomer megrövidül. Ennek molekuláris alapját az képezi, hogy a miozin molekula feji része az aktin filamentumhoz kötődik, konformációváltozást szenved és begömbül, miáltal az aktin filamentumot kissé elcsúsztatja, majd leválik az aktinról és visszatér eredeti konformációjába. Ezt gyors egymás utánban többször megismétli. Ez energiaigényes folyamat, az energiát a miozin ATP-bontásból nyeri. A folyamatban még a tropomiozin fehérje is résztvesz. Ez utóbbi az aktinhoz kötődik, és az aktin-miozin kölcsönhatásban, továbbá a kontrakcióhoz nélkülözhetetlen Ca^{2+} kötésben van szerepe.

A sarcoplazma a myofibrillumok mellett *sejtorganellumokat* is tartalmaz (15. ábra C). Sima felszínű endoplazmaticus reticulumát **sarcoplazmás reticulumnak** (SR) nevezzük. Az SR a myofibrillumok felszínén képez haránt- és az azokat összekötő hosszanti csövecskékből álló hálózatot. A sarcolemma felszínéről egy másik csőrendszer is elindul, ez a **T-tubulus rendszer**. Ez a sarcolemma csőszerű betüremkedéseiből képződik, melyek a myofibrillumokra merőleges (Transversalis) síkban futnak a myofibrillumok közötti térben. Minden sarcomernek megfelelően kettő van belőlük, az A-csík két szélé magasságában. A T-tubulusok ürege összefügg az extracelluláris térrel.

Mind az SR, mind a T-tubulus rendszer fontos szerepet játszik a kontrakcióban, nevezetesen az idegi ingerület és a kontrakció összekapcsolásában. A sarcolemma mentén tova terjedő ingerületet a T-tubulusok az izomrost belsejébe vezetik, aminek hatására az SR-ből Ca^{2+} áramlik ki. A kiáramló Ca^{2+} az aktin filamentum felszínén levő szabályozó fehérjéhez, a troponin-C-hez kötődik, ami a tropomiozin elmozdulását és ezzel az aktinszálcsa és a miozinfaj kötődését idézi elő. Ezzel kezdetét veszi az aktin és miozin egymáshoz viszonyított elcsúszása.

Az utóbbi évek kutatásai derítették fényt a sarcoplazma **intermedier filamentumainak** (desmin, skelemin, synemin, ankyrin) jelentőségére az izomműködésben. Az intermedier filamentum rendszer biztosítja a myofibrillumok és egyéb sejtorganellumok izomroston belüli helyzetét. A myofibrillumokat egymáshoz és a sarcolemmához kötve lehetővé teszi az azokban keletkezett kontrakciós erő továbbítását.

Az izmokat **kötőszövetes burkok** veszik körül. A felszínükön található külső burok az ún. *epimysium*, mely vastag kollagénrost nyalábok sűrű szövédékből áll és az izmokat ellátó ereket és idegeket tartalmazza. Ezen belül az izomrost nyalábokat (fasciculusokat) egy finomabb kollagénrost nyalábokból és rácrostokból felépülő, vékonyabb kötőszövetes hártya borítja, melyet *perimysiumnak* nevezünk. A nyalábok belsejében az egyes izomrostok között kevés, rácrostokból és proteoglikánokból álló finom kötőszöveti hálózat látható, ez az *endomysium*. Ez tartalmazza az izomrostokat ellátó kapillárisokat.

Szívizomszövet

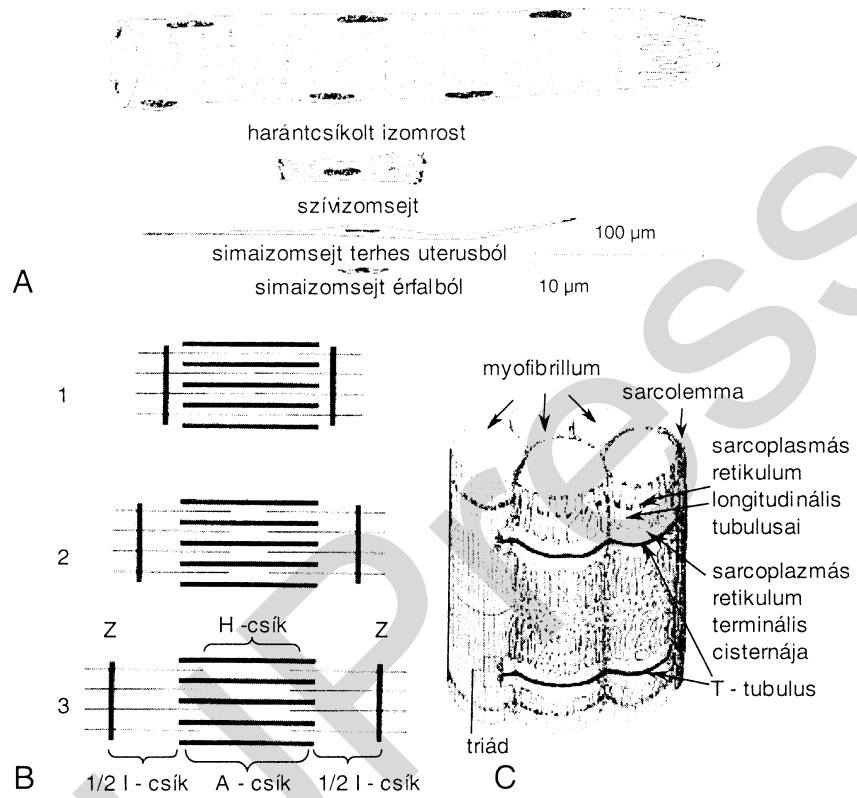
A szívizomszövet ugyancsak harántcsíkolt. Legnagyobb része ritmikus összehúzódásra specializálódott (munkaizomzat), egy kis hányada pedig az ingerület képzésére és tovavezetésére differenciálódott.

A **munkaizomzat** sejtjei egyedi izomsejtek (15. ábra A), kb. 80 μm hosszúak és 15 μm átmérőjűek. Minthogy Y-szerűen elágazódnak, majd végükön sejtkapcsoló struktúrák révén kapcsolódnak egymáshoz, térrácsot képeznek. A sejthártyát rendkívül finom lamina basalis borítja, így fénymikroszkóposan értékelhető sarcolemma nem látszik. A sejtek között rácrostok és kapillárisok sűrű hálózata látható. Az ovoid sejtmagok a sejtek centrális részében találhatóak. A myofibrillumok a sejt keresztmetszetében sugárirányban rendezettek, a kontraktilis fehérjék szerkezete és funkciója megegyezik a harántcsíkolt izomrostéval.

A szívizomsejtek kapcsolódásánál a sejthátár zegzugos (16. ábra A), fénymikroszkópban keresztben húzódó sötét vonal formájában látható, melyet leírója után **Eberth-vonalnak** (*discus intercalaris*) neveznek. Elektronmikroszkópban megfigyelhető, hogy az Eberth-vonalak a szomszédos sejtek sejthártyáinak hullámos lefutású érintkezési felszínei, közöttük juncionális komplexusok (fascia adherens, desmosomák, nexusok) vannak. A *fascia adherens* a hámsejtek zonula adherenséhez hasonló felépítésű, de folt vagy sávyszerű kiterjedést mutat. A *desmosomák* erős mechanikai kapcsolatot létesítenek a sejtek között. A *nexusok* főként a *discus intercalarisok* szélén és a longitudinális szakaszain találhatóak, a szívizom koordinált kontrakciós működését teszik lehetővé.

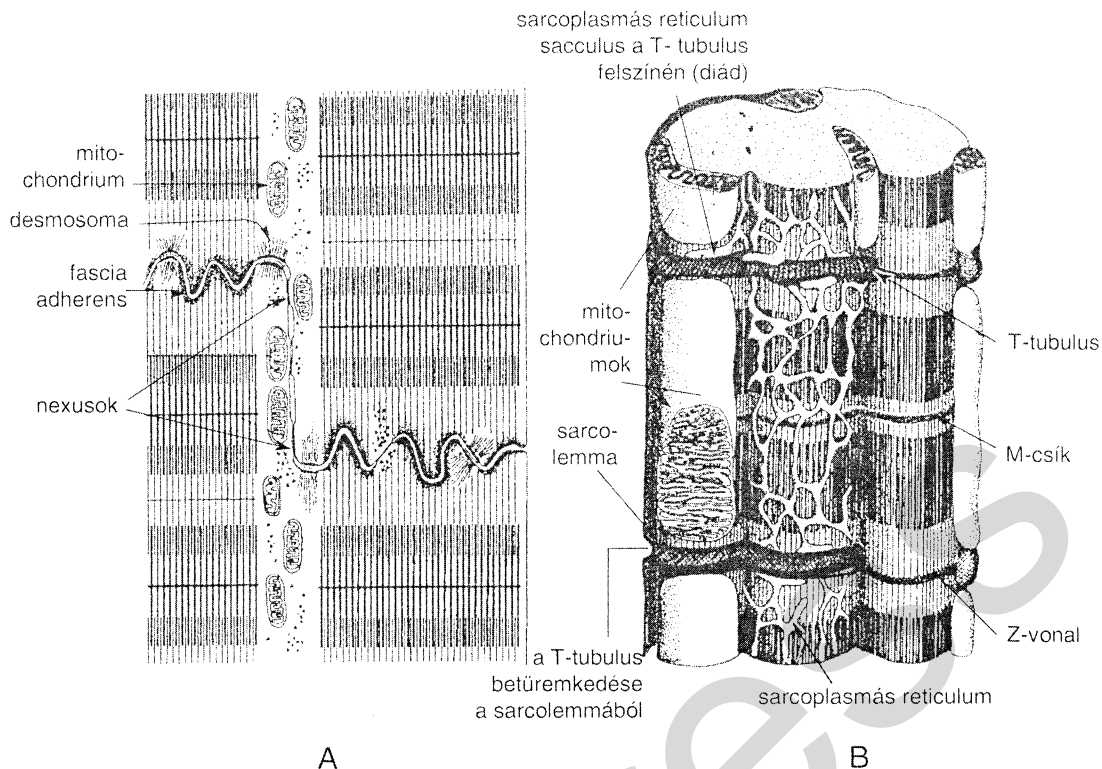
A T-tubulusok a szívizomzatban a Z-csík mentén futnak (16. ábra B), a harántcsíkolt izomban láthatóhoz képest tágasabbak.

Az *ingerképző és vezető rendszer* is szívizomsejtekből áll. Sejtjei azonban nagyobbak, kevesebb myofibrillumot és lényegesen több glikogént tartalmaznak, mint a munkaizomzat sejtjei.



15. ábra:

Izomszövet típusai és a harántcsíkolt izomszövet finomszerkezete (Röhlich után). **A:** Izomszövet típusok alapegységei. **B:** A sarcomer szerkezete: 1: összehúzódtott izomban, 2: nyugvó izomban, 3: az izom nyújtásakor. **C:** A harántcsíkolt izomrost szerkezetének térbeli ábrázolása.



16. ábra

Szívizomsejt szerkezete (Ross és Röhlich után). **A:** Szomszédos szívizomsejtek közötti discus intercalaris felépítésének vázlata a sejtkapcsoló struktúrák feltüntetésével. **B:** Szívizomsejt szerkezetének térbeli rekonstrukciója.

Simaizomszövet

Ez a legősbibb és legegyszerűbb formája az izomszövetnek, mely főleg a zsigerek falának képzésében vesz részt. Felépítése és viselkedése némileg különbözik az eddig tárgyalt izomszövet típusokétól. Összehúzódása általában lassú, működése akarunktól független.

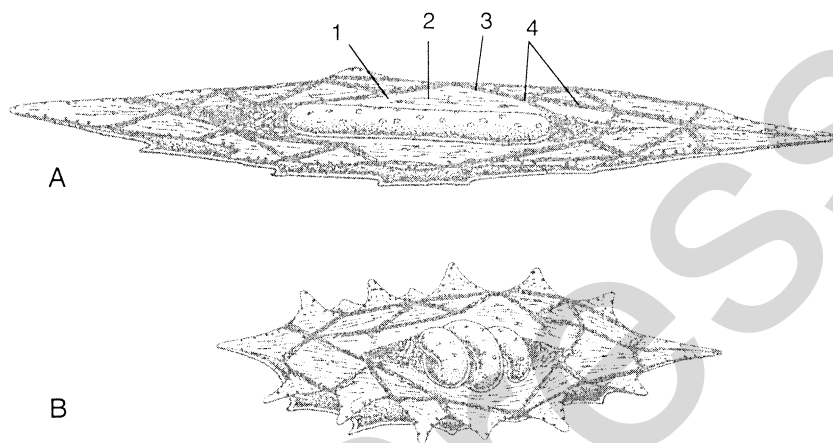
Sejtjei orsó alakúak, 20-500 μm hosszúak és 8-10 μm szélesek (15 ábra A és 17. ábra C). Egymás mellé rendeződve kötegeket, vagy lemezeket alkotnak. A pálcika alakú sejtmag az orsó alakú sejt közepén, annak tengelyében található. Összehúzó állapotban a sejtmag dugóhúzóhoz hasonló rajzolatot mutat. A rutin HE-festett simaizomsejt plazmája homogén, harántcsíkolatot nem mutat. Elektronmikroszkópos képen azonban a sejtorganellumok mellett a plazmában vékony myofilamentumok láthatók, melyek myofibrillumokba rendeződnek. A myofibrillumokon belül a myofilamentumok azonban nem rendeződnek regiszterben mint a harántcsíkolat izomban, ezért harántcsíkolat nem látható. A simaizomban tehát mind a miozin, mind az aktin kimutatható és a kontrakció feltehetően ugyanolyan mechanizmussal történik, mint a vázizomban.

Közvetlenül a sejtmembrán belső felszínén szabályos közönként ismétlődő sötét foltok (*subsarcolemmás plakkok*) láthatók (17. ábra), melyek zonula adherens vagy adhéziós plakk jellegű struktúrák. Ezek rögzítik az aktin filamentumokat a sejtmembrán belső felszínéhez. A cytoplazmában ún. *sötét csomók* láthatók, ezek is a filamentumok rögzítésére szolgálnak. A simaizomsejtek között sok helyen *nexus* jellegű sejtkapcsoló struktúrák (gap junction-ok)

figyelhetők meg. Ezek a sejtek közötti gyors ingerületvezetésben játszanak szerepet. A simaizomsejteket borító bazális membrán rácsrostjainak finom hálózata PAS-festéssel és ezüstimpregnációval jól kimutatható.

A simaizomsejt orsó alakját és kontraktilis elemeinek kihorgonyzását a *cytoskeleton* biztosítja. A vázrendszer fő komponensei az intermedier filamentumok, melyek főleg *desmin*ből, az erek simaizmában *vimentin*ből állnak. A *filamin* aktin-kötő protein társaságában *β -cytoplazmatikus aktin* is előfordul.

A simaizom kötegek között kötőszövet, benne tápláló erek és az izom működését szabályozó idegrostok találhatóak.



17. ábra

A simaizomsejt térbeli ábrázolása. **A:** simaizomsejt nyugalmi és **B:** összehúzódtott állapotban. (1: aktin myofilamentumok, 2: myosin filamentumok, 3: desmin filamentum, 4: denz testecskek)

Myoepithel

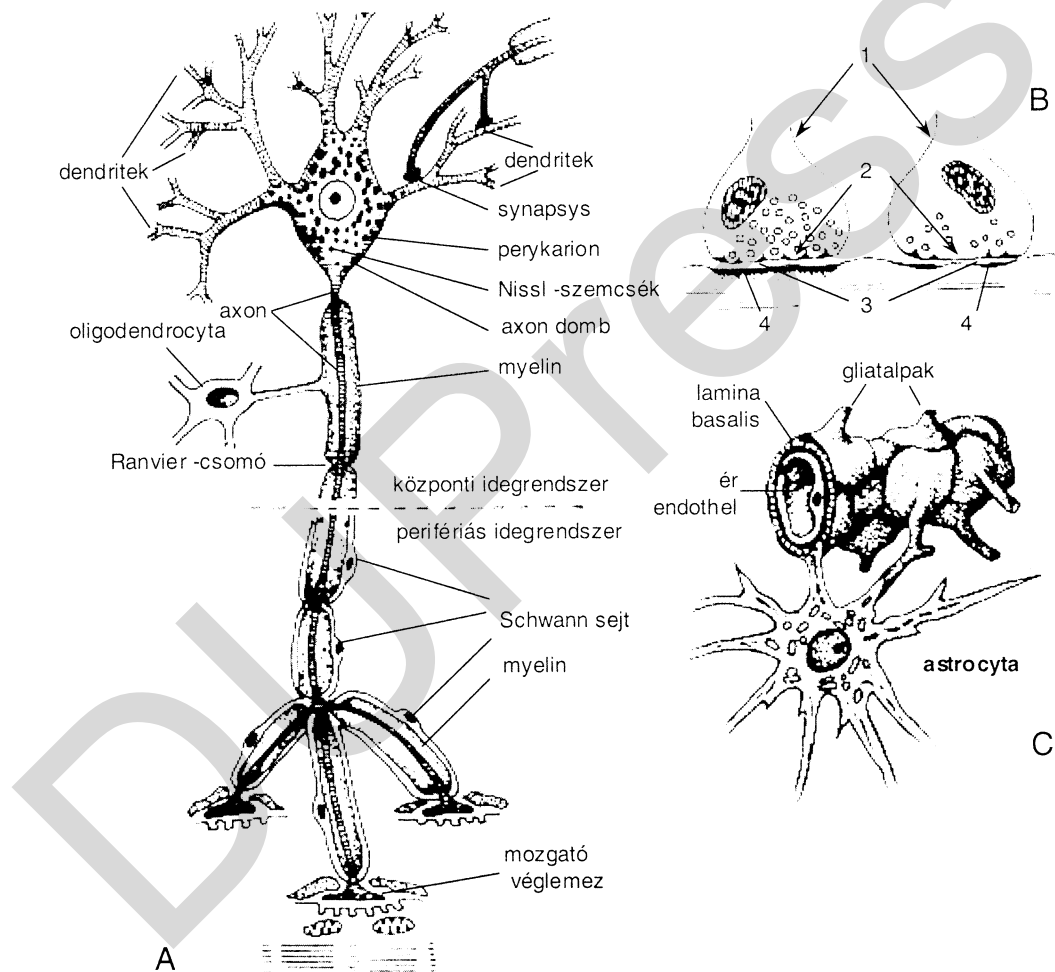
A myoepithel sejtek csillag vagy kosár alakúak, nyúlványaikkal a mirigyvégek kamrák külső felszínét ölelik körül. A szekréciós hámsejtek és a bazális membrán közötti térben helyezkednek el. Nyúlványaikban *aktin* és *miozin filamentum kötegek* mutathatók ki. Emellett *cytokeratin* természetű intermedier filamentumokat is tartalmaznak, ami ezen sejtek hám eredetére utal. A vegetatív idegrendszer serkentő impulzusainak hatására kiürítik az acinusban felgyűlt szekréciót.

IDEGSZÖVET

Az idegszövet idegsejtekből (neuronok) és támasztósejtekből (gliasejtek) épül fel, melyek ectodermális eredetűek. Az ectodermából képződött velőcsőből, placodlemezéből és dúclécből származnak. Az idegsejtek a külső és belső környezet ingereinek felvételére, továbbítására és más sejteknek való átadására specializálódtak. Az idegsejtek és a glia egymástól elválaszthatatlan morfológiai és funkcionális egységet képeznek.

Neuron

Az idegszövet szerkezeti egysége a neuron (18. ábra A). Ez az idegsejt testéből (*perikaryon*), az ingerületfelvevő nyúlványokból (*dendritek*), az effektor idegnyúlványból (*neurit* vagy *axon*) és a végfácskából (*telodendron*) áll.



18. ábra:

Az idegszövet alkotóelemei. **A:** A motoneuron részei (Ross után). **B:** Synapsisok (Kahle után). 1: végtalp vagy végbunkó, 2: presynapticus membrán, 3: synapticus rés, 4: postsynapticus membrán. **C:** Astroglia sejt, a membrana limitans gliae és a vér-agy gát vázlatja (Krstic után).

A *perikaryon* mérete és alakja igen különböző (5-150 μm ; gömbölyded, orsó alakú, piramis alakú, stb.). A sejtmag általában nagy, gömbölyű vagy ovoid, laza szerkezetű chromatint és fejlett magvaeszkát tartalmaz. A cytoplazmát - az axondomb kivételével - fejlett, fehérjeszintetizáló, durva felszínű endoplazmás reticulum ciszternák, az ún. *Nissl-szemcsék* (tigroid) töltik ki, ezért bazofilan festődik. A Nissl-szemcsék a dendritekbe is betérjednek, míg az axonból hiányoznak. Ezek egyrészt a sejt saját fehérjéinek megújítását, másrészt ingerületátvivő anyagok termelését végzik. A szekréciós tevékenységet jelzi a fejlett *Golgi-apparátus* és egyes neuronokban a *szekréciós vesiculák* jelenléte. A perikaryonban ezek mellett még *mitochondriumok* és a *cytoskeleton alkotóelemei: mikrotubulusok* és *neurofilamentumok* találhatóak. A cytoplazma jellegzetes komponensei a *neurofibrillumok*, melyek kötegeket képeznek és ezüstözéssel fénymikroszkópban is feltüntethetők. A cytoplazmában még *lysosomák* és különféle *zárványok* (pl. lipofuscin) fordulhatnak elő.

A *dendritek*, vagy plazmanyúlványok cytoplazmájának szerkezete megegyezik a perikaryonéval. A sejtestest receptorfelületét növelik, ennek megfelelően faágszerűen elágazódnak és az ágak felszínén kis kitüremkedéseket, ún. *dendrittüskéket* képeznek. A dendrittüskék kicsiny, bunkó alakú kiemelkedések, melyek a szomszédos sejtek végfácskáival alkotott synapsisok jelentős részének alkotásában vesznek részt.

Az idegnyúlvány (*neurit, axon*) különböző hosszúságú és elágazódású. A sejtestestből, vagy az egyik fődendritből kúp- vagy dombszerű kiboltosulással ered, amit *axoneredési dombnak* nevezünk. Ezen a helyen és az egész neuritban hiányzik a Nissl-féle anyag. A neurit szakaszokra bontható. Kezdeti részét *iniciális szakasznak* nevezzük. Ez csupasz, az efferens ingerület kiindulási helyének számít. A következő, leghosszabb és oldalágakat is kibocsátó részlet a *fő lefutási szakasz*. Ez általában gliahüvellyel borított, egyenletes vastagságú, de rajta helyenként megvastagodások (varikozitások) láthatók. A neurit mikrotubulusokat, neurofilamentumokat, továbbá mitochondriumokat és vesiculákat tartalmaz. A neurit végső szakasza elágazó, ezért *végfácskának (telodendron)* nevezik. Ez gliahüvelytől mentes, más neuronokon, vagy célsejten (pl. izomsejt) végződik.

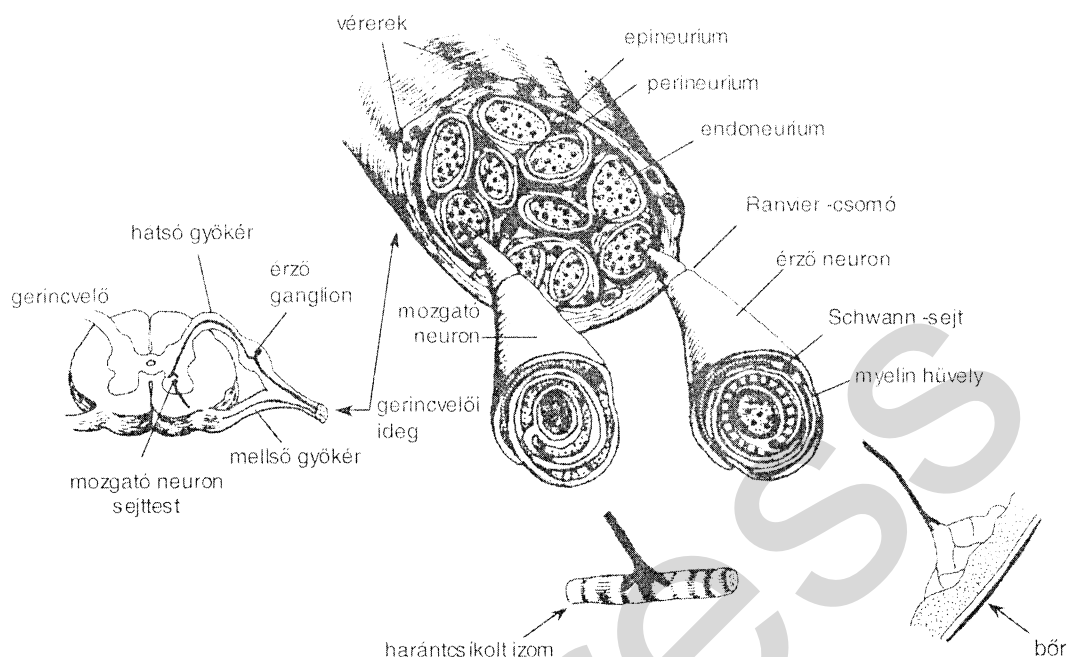
Az idegrost hüvelyei

Az axont általában gliahüvely borítja (18. ábra A és 19. ábra). Ezt a központi idegrendszerben az *oligodendroglia*, a perifériás idegrendszerben pedig a *Schwann-sejtek* szolgáltatják. Az oligodendroglia sejt nyúlványokat bocsát a környezetében futó axonokhoz és nyúlványaival hüvelyezi azokat be, míg a Schwann-sejt egész testével burkolja be az axont. Mindkét gliaféleség sejtmembrán-kettőzetével sokszorosán körültekeredhet az axonon, így aránylag vastag burkot, ún. *velős- vagy myelin-hüvelyt* alakítva ki (19. ábra).

A perifériás idegrendszerben a szomszédos Schwann-sejtek találkozási pontjainál az axon körül nincs myelin-hüvely, az axon tehát szabadon érintkezik az extracelluláris térrel. Ezeket a helyeket *Ranvier-féle befűződéseknek*, vagy csomóknak nevezzük (18. ábra A és 19. ábra). A befűződések közötti hüvelyszakaszok tehát egyetlen Schwann-sejtnek és a hozzá tartozó velőshüvely-szakasznak felelnek meg, amit *internodiumnak* nevezünk. A Ranvier-befűződésekben csak lamina basalis fedí az idegrostot, közte és környezete között ioncsere lehetőségét biztosítva. Az ingerület befűződésről befűződésre terjed tovább (szaltatórikus ingerületvezetés).

Azokat az idegrostokat, melyeket nem borít velőshüvely, *velőtlen rostoknak* nevezzük. Ezek többségének környezetében Schwann-sejtet találunk, ennek cytoplazmájába rendszerint több axon ágyazódik be a sejtmembránt maga előtt tolva, mindegyik külön rövid mesaxonnal. Ezeket *velőtlen Schwann-hüvelyes rostoknak* hívjuk. Ilyen rostok általában a

vegetatív idegrendszerben fordulnak elő. Végül előfordulnak teljesen csupasz, hüvely nélküli rostok is (*csupasz idegrostok*).



19. ábra

Perifériás ideg szerkezete (Ross után).

Neuronális transzport

Az axonban anterográd és retrográd transzport történik. Az **anterográd transzport** a sejttest felől a végfácská felé halad, lassú és gyors komponensből áll. Vesiculákat, fehérjéket, mitochondriumokat és más sejtorganelumokat szállít. Emellett ez viszi a sejttestben szintetizálódott neuropeptideket, neurohormonokat és biogén aminokat is. A **retrográd transzport** fordított irányú, jellegét tekintve gyors transzport, de sebessége kisebb az anterográd gyors transzporténál és nagyobb vesiculákat szállít a sejttest felé, ahol azok lysosomálisan lebontódnak. A lassú transzport a cytosol- és cytoskeletális fehérjék transzportja, míg a gyors transzport a mikrotubulusok mentén történik, főként vesiculákat, mitochondriumokat és egyéb organelumokat transzportál, de ez szállítja a perikaryonban szintetizált és az idegvégződésekben felszabaduló neuropeptideket, neurohormonokat és biogén aminokat is. A gyors transzport a mikrotubulusok mentén motoros molekulák (kinesin, dynein) közreműködésével történik.

A dendritekben történő transzport centrális irányú és benne a lassú komponens dominál.

Idegvégződések

Az idegvégződések aszerint osztályozzuk, hogy a végfácská más szövetekkel, vagy egy másik idegsejttel létesít kapcsolatot.

I. Idegrostok kapcsolata más szövetekkel

Receptorok

A spinalis ganglionsejtek perifériás nyúlványának végrésze ingerületfelvevő készülékké differenciálódik, mely a külvilág (exteroceptorok) vagy a test belseje (interoceptorok) felől tájékoztatja az idegrendszert (19. ábra).

Az **exteroceptorok** a külvilág felől hő, mechanikai, kémiai, stb. ingereket vesznek fel és alakítanak át idegi ingerületté. Legegyszerűbb képviselőik, a **csupasz idegvégződések** a bőr hámjában található. Bonyolultabb felépítésűek a **tapintótestek**, melyek az idegvégződés körül több, gliajellegű sejtet tartalmaznak és mechanikai információkat közvetítenek. Ilyen a **Meissner-féle tapintótest** az epidermis kötőszöveti papilláiban, valamint a **Vater-Pacini-féle lamelláris test** a tenyér- és talpbőr subcutisában.

Az **interoceptorok** belső szervekben lévő receptorok. Ilyen pl. a **Golgi-Mazzoni-test**, mely a lamelláris testhez hasonló felépítésű, de kisebb méretű mechanoreceptor. Inak tapadásánál és ízületi tokban a feszülést érzékeli. Hasonló felépítésű receptorok láthatók a nemiszervekben.

A **proprioceptorok** a testmozgást érzékelő interoceptorok. Legismertebb közülük az **izomorsó**. Benne az érző idegrost módosult izomrostokra tekeredik és az izom megnyúlásáról, feszüléséről tájékoztatja a mozgató rendszert. A hasonló felépítésű **inorsók** az inak izomközei részén figyelhetők meg, feszülésre érzékenyek.

Effektorok

Az izmok működését és a mirigyszekréciót előidéző végfácskák tartoznak ebbe a csoportba. A **simaiizom beidegzése** viszonylag egyszerű. A Schwann-hüvelyből kilépő axon megvastagodással végződik, melyben szinaptikus és szemcsés vesiculák halmozódnak fel. A harántcsíkolt izmot mozgató idegvégződés, a **motoros véglemez** valamivel bonyolultabb (18. ábra A és 19. ábra). A mozgató idegrost hüvelyét elveszítve az izomrost felszínén elágazik és számos megvastagodással végződik. A végzödések benyomják a sarcolemma felszínét, de alattuk a lamina basalis megmarad. A sarcolemma sugaras behúzóadásokat képez, melyekhez acetilkolinesteráz enzim kötődik. Minthogy a motoros véglemez ingerületátvivő anyaga (transzmittere) acetilkolin, a végzödésekből kiürült hatóanyagot az acetilkolinesteráz enzim időről időre lebontja.

A mirigysejteket működtető szekretoros idegvégződések **neuroglanduláris kapcsolatokat** képeznek.

II. Interneuronális synapsisok

Két idegsejt információátvivő kapcsolatát, mely leggyakrabban az egyik idegsejt axonja és a másik idegsejt dendritje, illetve egyik axonja és a másik somája között jön létre, de gyakorlatilag az idegsejtek bármely része között létrejöhet, interneuronális synapsisnak nevezzük (18. ábra B). A synapsisnak azt a részét, amelyből az ingerületátvivő anyag (neurotranszmitter) felszabadul, presynapticus struktúrának, azt a részét pedig, amelyre a felszabadult anyag hat, postsynapticus struktúrának nevezzük. A presynapticus struktúra sejtmembránja a **presynapticus membrán**, a postsynapticus struktúráé a **postsynapticus membrán**, kettőjük között pedig a **synapticus rés** foglal helyet. A postsynapticus struktúra lehet egy másik idegsejt sejttestjén (somáján), dendritjén, vagy axonján és ennek megfelelően a kapcsolatot **axo-somaticus**, **axo-dendriticus**, illetve **axo-axonicus synapsisnak** nevezzük. Azonban dendro-dendriticus és somato-dendriticus synapsisokat is leírtak.

A presynapticus oldalon a legjellegzetesebb képletek a 40-60 nm átmérőjű *synapticus vesiculák*. Ezek tartalmazzák a neurotranszmitter anyagot. A neurotranszmitter a vesiculákból exocytosisal szabadul fel a synapticus részbe, majd a postsynapticus struktúra receptoraihoz kötődve fejt ki hatását. A presynapticus membrán cytoplazmatikus oldalán elektronmikroszkópban kúp alakú képletekből álló ún. *presynapticus densitást* (megvastagodást) lehet megfigyelni, az exocytosisra várakozó vesiculák ezek közé ágyazódnak be (dokkolás). A presynapticus végződésben még egy-két mitochondrium és microtubulus is előfordul. A postsynapticus membrán cytoplazmaticus oldalán is látható egy sötétebb réteg, amit *postsynapticus denzitásnak* vagy megvastagodásnak neveznek.

Neuroglia

A gliasejtek elsődleges feladata a hüvelyképzés és támasztó funkció, valamint az idegsejtek speciális anyagcseréjének ellátása. Egyes gliaféleségek azonban phagocytosisra is képesek, illetve immunsejtként viselkedhetnek.

Perifériás glia. A *Schwann-sejtek* (18. ábra A) a perifériás idegrostokat hüvelyezik be, a *satellita sejtek* pedig a perifériás idegdúcok sejttestjeit veszik körül.

Centrális glia. A központi idegrendszerben a gliának két nagy csoportját, a mikro- és makrogliait különböztetjük meg, külön csoportot képeznek az ependymasejtek.

Mikroglia. Ebbe a csoportba tulajdonképpen a kis sejttestű és kevés nyúlvánnyal bíró *oligodendroglia* tartozik (18. ábra A). Az oligodendrocyták nyúlványaikkal a központi idegrendszerben lévő idegsejtek myelin-hüvelyének képzésére szolgálnak. Ezek a külső csíralemez (ectoderma) származékai. Kis mérete miatt azonban ebbe a csoportba sorolják a *Hortega-féle* vagy *mesogliát* is. A Hortega-féle glia mesodermális eredetű (innen a mesoglia elnevezés), a kapillárisok körüli térből bevándorló makrophag, s így phagocytosisra képes. Egyes betegségekben a mesoglia sejtek száma megszorodik.

Makroglia. Ebbe a csoportba a *plazmás* és *rostos astrocyták* tartoznak (18. ábra C). Nagy, nyúlványos sejtek, gazdag nyúlvány rendszerük a sejttestből csillag alakban ágazik el. A plazmás astrocyta sejttestje nagyobb, nyúlványai rövidebbek, a szürkeállományban fordul elő. A rostos astrocyta sejttestje kisebb, nyúlványai viszont hosszúak, a fehér állományban található. Az astrocyták nyúlványainak kiszélesedő végei (gliatalp, 18. ábra C) az agyi ereket körülvevő folyamatos réteget képeznek (*membrana limitans gliae*), mely az érendothesejtekkel együtt egy diffúziós gátat hoz létre az ér és az agyszövet között (*vér-agy gát*). A kapillárisok endothelsejtjeit zonula occludens kapcsolják egymáshoz, mely szerkezet a nagyobb molekulák számára átjárhatatlan gátat képez.

Ependymasejtek. Ezek a központi idegrendszer üregeit (agykamrákat, canalis centralist) egyetlen rétegben bélelő köb- vagy hengerhámnak tűnő sejtek. Kamra felé tekintő, apikális felszínüket csillók borítják. A csillók mozgása a liquor cerebrospinalisban keverőmozgásokat eredményez. Az ependymasejtek bazális része olykor nyúlványt bocsát az alatta levő idegszövetbe, mely ott elágazódva az erek körül talpszerűen végződik.

Speciális glia. Különleges gliasejteket találunk a hypophysis hátsó lebenyében (*pituicyták*), a kisagyban (*Fananas-féle tollassejtek*), a retinában (*Müller-féle sejtek*) és az agykamrák körüli ún. *ependymaszervekben*.

VÉRSZÖVET ÉS VÉRKÉPZÉS

A vér „folyékony szövetként” fogható fel, mely az érrendszerben keringve fontos szállító funkciókat lát el. Oxigént szállít a tüdőből a szövetekbe, onnan pedig széndioxidot a tüdőbe. Tápanyagokat szállít az emésztőrendszerből a test többi szövetéhez, salakanyagokat a vesébe, hormonokat és egyéb mediátorokat termelődési helyükről a célsejtekhez, immunanyagokat és immunsejteket termelődési helyükről a szervezet minden részébe stb. Minthogy a vér sejtjei között vérplazma formájában intercelluláris állomány van, melyből a vér megalvasadásakor rostok is kiválnak (fibrin), a vért a kötőszövettel rokon szövetnek foghatjuk fel. A szövettan csupán a vér alakos (sejtes) elemeivel foglalkozik (a vérplazma összetételének tárgyalása más tárgyak körébe tartozik).

A vér alakos elemei

Vörösvérsejt (erythrocyta)

Általában 7,2 μm átmérőjű bikonkáv korong (5. ábra). Rugalmas deformálódásra képes, ezért nála szűkebb kapillárisokon is át tud jutni. Nem teljesértékű sejt, mert a csontvelőben történő differenciálódása során sejtmagját elveszti. Az emberi erythrocyta tehát magvatlan, amiért „vörösvértestnek” is nevezik. Érett vörösvérsejtből hiányoznak a sejtorganellumok is. Belső állománya nagy koncentrációban haemoglobint tartalmaz. Sejtmembránjához kívül szénhidrátokban gazdag glykokalyx, belül ún. „submembranális váz” kapcsolódik. A váz jelentőségét jelzi, hogy a membránról való leválasztása esetén a vörösvértest elveszti bikonkáv alakját és rugalmasságát, majd szétesik kisebb gömbölyded darabokra. Élettartama kb. 100-120 nap. Az előregedett vörösvértesteket a máj és lép makrophagjai idegenként ismerik fel és phagocytálják. Vastartalmuk a csontvelőben újra hasznosításra kerül.

Vérlemezke (thrombocyta)

A vérlemezkek 2-3 μm nagyságú, sejtmag nélküli cytoplasma-fragmentumok, melyek a csontvelői megakaryocyták cytoplasmájából válnak le, majd besodródnak a keringésbe. Számuk 150.000-300.000/ mm^3 , élettartamuk 8-10 nap. A vérlemezkek korong alakúak, perifériás részüket *hyalomernek*, centrális részüket *granulomernek* nevezik. A hyalomerben nagy mennyiségű aktin filamentumot és miozint találunk. A kontraktilis filamentumok valószínűleg a vérlemezke kontrakciójában és granulomer állományának kiürítésében játszanak szerepet. A granulomer azurophil granulomokat, glikogént, néhány mitochondriumot, szabad ribosomát, sima felszínű vesiculát és endoplazmás reticulumot tartalmaz. Ezen cytoplasmikus elemek a megakaryocytából származnak. A granulomok biológiailag aktív anyagokat (mitogén hatású növekedési faktort, thrombospondin adhéziós molekulát, von Willebrand faktort, és a heparin antikoaguláns hatását közömbösítő faktort) tárolnak. Sérülés esetén az erek endothelsejtjeinek folytonossági hiánya indítja el azt a komplex biológiai folyamatot, melynek eredménye a vér megalvasása.

Fehérvérsejtek (leukocyták)

Ezek a vérben keringő, teljes értékű sejtek, melyek képződési helyükről útban vannak a kötőszövet felé. Három csoportba soroljuk őket: granulocyták, lymphocyták és monocyták.

1. Granulocyták

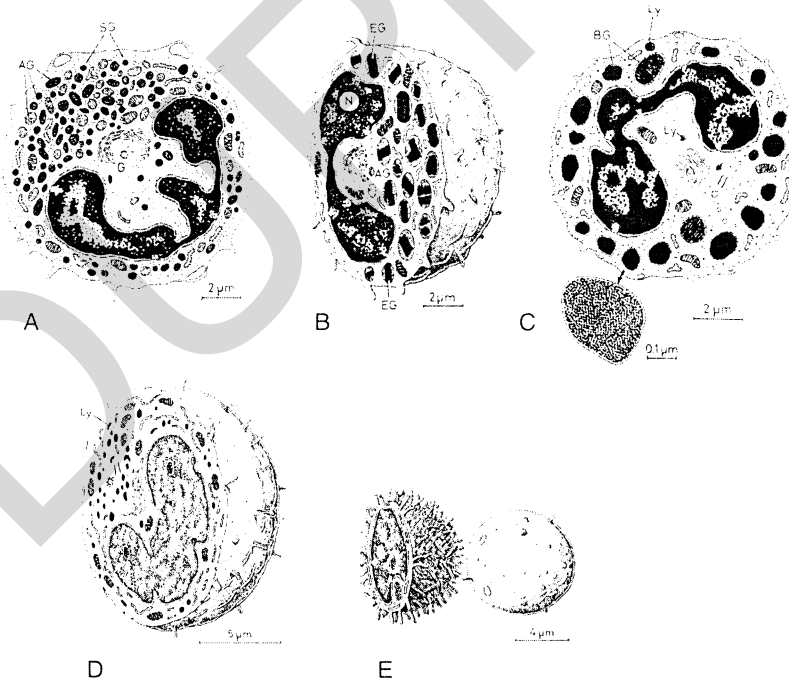
Amőboid mozgásra képes, aktív sejtek, melyek cytoplasmájukban nagyszámú granulomot tartalmaznak. Granulumaik festődése szerint neutrophil, eosinophil és basophil granulocytákat különböztetünk meg.

Neutrophil granulocytá. Vérkenetben 12-14 μm átmérőjű, a fehérvérsejtek között a leggyakoribb (60-70%-ban előforduló) sejtípus (20. ábra A). Magja lebenyezett, heterochromatikus. Leggyakoribb forma a 3 lebenyű, karéjosztott sejtmag. Cytoplasmájában azurophil és specifikus granulomokat lehet megkülönböztetni. Az **azurophil granulomok** nagyobbak, gömb alakúak és az összes granulomok kb. 1/3-át adják. Ezek primer lysosomák és hidrolitikus enzymeket (savas foszfatáz, β -glukuronidáz, stb.) tartalmaznak. A **specifikus granulomok** kicsiny, gömbölyű vagy ovális granulomok, melyek alkalikus foszfatázt, kollagenázt és antibakteriális anyagokat (lizozim, phagocytin) tartalmaznak.

A neutrophil granulocyták a szervezet leghatékonyabb phagocytá tulajdonságú sejtjei. A vérben és a szövetekben egyaránt képesek phagocytálni és így a mononuclearis phagocytá rendszer (MPS) legfőbb komponensét képezik. Kemotaktikus tulajdonságuknál fogva nagy mennyiségben vándorolnak a lokális sérülések és bakteriális fertőzések helyére, ahol phagocytálják, majd enzimeikkel lebontják a baktériumokat.

Eosinophil granulocytá. Az előbbinél kicsit nagyobb sejt, magja kétlebenyű, pápaszemhez hasonló (20. ábra B). Cytoplasmájában eozinnal festődő, ovális granulomok láthatók. Elektronmikroszkópban a granulom tengelyében kristályszerkezetű struktúrát lehet látni. Ennek fő alkotója az ún. nagy bázikus protein, mely igen gazdag argininban, ez adja bázikus jellegét, és ez felelős a granulom eosinophiliájáért is. Cytotoxikus tulajdonságokkal bír és ez teszi jelentőssé a sejtet a paraziták elleni védekezésben. A vérben a leukocyták 2-4%-át adják eosinophil granulocyták, többségük a kötőszövetben található.

Basophil granulocytá. A neutrophil granulocytával kb. azonos méretű, a vérben kb. 0,5%-ban fordul elő (20. ábra C). Nincs valódi szegmentált magja, a mag leginkább Napóleon-kalap alakú. Az átlagosan 0,5 μm átmérőjű granulomok hisztamint és heparint tartalmaznak, basophilan festődnek. Toluidinkékkel festve metakromáziát mutatnak.



20. ábra

Fehérvérsejt alakok (Krstic után). **A:** Neutrophil granulocytá (AG: azurophil granulomok, SG: specifikus granulomok). **B:** eosinophil granulocytá (EG: eosinophil granulomok, N: nucleus). **C:** Basophil granulocytá (BG: Basophil granulomok, Ly: lysosomák). **D:** Monocytá (Ly: lysosomá). **E:** Lymphocyták.

2. Monocytá

A monocyták vérkenetben 15-20 μm nagyságúak, a legnagyobb méretű fehérvérsejt alakok (20. ábra D). A fehérvérsejtek kb. 3-8%-át adják. Cytoplasmájuk enyhén basophil, benne a bab alakú mag excentrikusan helyezkedik el. A cytoplasmában azurophil granulomok láthatók, melyek lényegében lysosomák. A monocyták a csontvelőből kerülnek a vérbe, ahol 1-2 napot töltenek, majd tovább vándorolnak a kötőszövetbe. Itt a kötőszövet legfontosabb mobilis sejtjévé, makrophaggá (histiocyta) alakulnak át. **A mononuclearis phagocytá rendszer (MPS)** sejtjeinek állandó utánpótlását biztosítják. Belőlük pótlódnak a tüdő alveoláris makrophagjai, a máj Kupffer-sejtjei és az osteoclastok is.

3. Lymphocyták

A vérkenetben 20-30%-ban fordulnak elő. Nem a vérben, hanem a nyirokszervekben és a kötőszövetben funkcionálnak. Általában 5-7 μm nagyságú, gömbölyű sejtek gömb alakú heterochromaticus maggal (20. ábra E). A magot enyhén basophil festődésű, nagyon keskeny cytoplazma szegély veszi körül, melyben gyengén fejlett Golgi-apparátus, egy-két lysosoma, néhány mitochondrium és szabad ribosoma látható.

Két nagy csoportjukat különböztetjük meg, a **B-** és a **T-lymphocytákat**. A B-lymphocyták az antitestek termelését végzik, a T-lymphocyták pedig a celluláris immunitásban játszanak szerepet. A perifériás vérben a lymphocyták többsége (70%-a) T-lymphocyta.

A lymphocyták egy kis hányada **nagy granuláris lymphocyta**, vagy natural killer sejt (NK-sejt), 8-12 μm átmérővel. Ezeknek sem a T-, sem a B-sejtre jellemző membrántulajdonságuk nincs, sejtplazmájukban pedig granulomok találhatóak. Filogenetikailag primitív lymphocyták, melyek a vérben és nyirokszervekben fordulnak elő.

Vérképzés

A vérsejtek pótlása, újraképződése, vagyis a vérképzés (**haemopoesis**) a vörös csontvelőben történik. A tipikus vér alakos elemek (erythrocyták, granulocyták, monocyták és thrombocyták) mellett a csontvelőben képződnek a lymphocyták is. Ez utóbbiak azután a keringés közvetítésével eljutnak a nyirokszervekbe, ahol letelepednek és tovább differenciálódnak (lymphopoesis). Emlősökben a B-lymphocyták végleges immunkompetens sejtévé történő érése is itt történik.

Magzati vérképzés. Az embrionális és magzati élet időszakában a vérképzésnek három állomását különböztetjük meg. Az embrionális élet kezdeti szakaszában a vérképzés a szíkhólyag és a hasnyél mesenchymájában indul meg, ahol vérszigetek képződnek. Ezen mesenchymális sejtcsoportosulásokban a széli sejtek éréző **angioblastokká**, a centrális sejtek pedig haemoglobint szintetizáló **primitív erythroblastokká** differenciálódnak. Az erythroblastok még maggal bírnak. Ezt a primitív vérképzési formát **mesenchymális**, vagy **mesoblastikus vérképzésnek** nevezzük. A második magzati hónap közepén a vérekező őssejtek a vérszigetektől átköltöznek előbb a máj, majd a lép mesenchymális telepébe, s ezzel kezdetét veszi az ún. **hepato-lienális vérekezési fázis**. Az ebben a fázisban képződött vörösvérsejteknek már nincs magjuk és a granulocyták és megakaryocyták is kezdenek megjelenni. A csontosodás megindulásával és a vörös csontvelő megjelenésével kialakul a vérekezés végleges formája, a **myeloid vérekezés**.

Vörös csontvelő. A csöves csontok üregét, továbbá a lapos és rövid csontok szivacsos állományának hézagait tölti ki. Sejtben és erekben igen gazdag, lágy szövet, a test tömegének 5-6%-át teszi ki. A 4-5 éves kor elérése után a hosszú csöves csontok diaphysisében és distalis epiphysisében helyét zsírszövet foglalja el (**sárga csontvelő**).

Alapvázát *retikularis kötőszövet* képezi, mely nyúlványos reticulumsejtekből és rácsrostok finom hálózatából épül fel. A hálózat hézagait *a vérképzés különböző érési stádiumban lévő sejtalakjai*, továbbá *makrophagok* és *zsírsejtek* töltik ki. A velőszövetbe tág (50-70 µm átmérőjű) kapillárisok, az ún. csontvelői sinusok ágyazódnak, ezekbe kerülnek az érett vérszövetek és innen jutnak a keringésbe. A sinusok falát igen vékony endothel képezi, melynek külső felszínén csak nyomokban fordul elő lamina basalis.

Vérképző őssejt. Az összes vérsajt egyetlen, kevésbé differenciált, tehát pluripotens őssejt típusra, az ún. *haemopoeticus őssejtre (haemopoetic stem cell, HSC)* vagy *haemocytoblastra* vezethető vissza. A vérképző őssejtek morfológiai jegyekben meglehetősen szegényesek, ezért csak funkcionális tesztekkel azonosíthatók. Legelőször extraembrionálisan, a szikzacskó falában lévő vérszigetekben jelennek meg, később innen a májba és lépbe, végül pedig a csontvelőbe települnek. A pluripotens őssejtek időről időre osztódva fenntartják populációjukat, és ezt a tulajdonságukat az egész élet során megőrzik. Az őssejt-vonalról egy-egy fejlődési irányba beálló *progenitor sejtek* válnak le, melyek először robbanásszerű osztódási cikluson mennek keresztül, majd morfológiai differenciálódásuk kezdetén már csak korlátozott szaporodási képességgel bírnak.

Vörösvérsejtképzés (erythropoiesis). A vörösvérsejtképzés progenitor sejtje, a *CFC-E* (colony-forming-cell-erythroid) 14-16 µm átmérőjű, kerek magvú sejt, erősen basophil cytoplazmával (a sok szabad ribosoma miatt). Ez a *proerythroblast* előalakja, melytől alig különbözik. A proerythroblast differenciálódás folyamán megkisebbedik, magállománya kondenzálódik, cytoplazmája a benne lévő nagyszámú ribosoma miatt erősen basophil marad (*basophil erythroblast*). Ezután a plazmában fokozatosan megjelenik a szintetizált haemoglobin. Az acidophilan festődő haemoglobin és a basophilan festődő ribosomák együttesen a cytoplazma kékesszürke színét eredményezik (*polychromatophil erythroblast*). A cytoplazmában felszaporodó haemoglobin a sejt festődését az érett erythrocytáéhoz teszi hasonlóná, vagyis acidophillé változtatja (*orthochromatophil erythroblast, normoblast*). A sejt még kisebb lesz (8-12 µm), magja excentrikussá válik. Ezután kezdetét veszi a sejt mag kilökődése és a sejt felveszi a bikonkáv alakot. A sejt plazmában még előforduló kisebb ribosoma csoportok brillantkrezil-kékkel festve finom hálózatot mutatnak, ezért ezt a fejlődési alakot *reticulocytának* nevezik. Ez a sejtalak belép a vérbe, majd néhány óra alatt elveszti maradék ribosomáit is és *erythrocytává* alakul.

Vérlemezkéképződés (thrombopoiesis). A vérlemezkék a csontvelő óriássejtek (megakaryocyták) sejt plazmájának fragmentálódásával keletkeznek. A megakaryocyták progenitor sejtje a *CFC-Meg* (colony-forming-cell-megakaryocytá). Ebből thrombopoetin hatására a csontvelői sinusok közelében helyet foglaló, 20-30 µm nagyságú, diploid (2n) chromosomaállományú *megakaryoblastok* keletkeznek. Ezekből endomitosisal 4n, 8n, 16n, 32n kromoszómakészletű, 50-70 µm átmérőjű *promegakaryocyták* alakulnak ki. Ezek a lebenyezett magvú csontvelőóriássejtek, a megakaryocyták előalakjai. A végleges *megakaryocytá* akkor keletkezik, amikor a differenciálódás utolsó mozzanataként a cytoplazmában kettős határoló membránok (vérlemezke demarkációs membránok) jelennek meg, melyek a cytoplazmát kisebb területekre darabolják. Ezen területek kesztyűujjhoz hasonlóan a sinusok üregébe nyomulnak, ahol további darabolódás eredményeként a 2,5-3 µm nagyságú vérlemezkék a véráramba kerülnek.

Granulocytaképzés (granulocytogenesis). A három granulocytá típus három különböző progenitorsejtből fejlődik. Az intenzív phagocytózisra képes neutrophil granulocytá és monocytá közös progenitorsejtből származik (*CFC-GM*), és csak további differenciálódással különülnek el egymástól. Az eosinophil és basophil granulocytának önálló progenitorsejtje van (*CFU-Eo* és *CFU-Bas*).

A differenciálódás során az első, hisztológiailag is elkülöníthető sejtalak a *myeloblast*. Ez 15-16 µm átmérőjű sejt, laza kromatinszerkezetű maggal. Sejt plazmája, a benne lévő sok

polyribosoma következtében basophil festődésű. A sejt 3-5 osztódás után eléri a 20-22 μm nagyságot és plazmájában azurophil granulomok jelennek meg, melyek a **promyelocytára** jellemzőek. Ezt a magkromatin tömörülése, a mag megkisebbedése és a cytoplazmában a specifikus granulomok megjelenése követi. Ettől kezdve **neutrophil, eosinophil** és **basophil myelocytáról** beszélünk. A granulomok megszorodnak, a myelocyta magja átalakul. A myelocyta és érett granulocyta közti átmeneti alakokat **metamyelocytának** hívjuk. Ezekben a mag megnyúlt és vese alakot vesz fel ("Jugend" forma), majd tovább nyúlva S alakban görbült pálcika alakú ("Stab" forma).

Monocytaképzés (monocytopoiesis). A monocyta a neutrophil granulocytáéval közös progenitor sejtől (**CFC-GM**) fejlődik. A közös progenitorból differenciálódó **CFC-M** többszöri osztódás után hozza létre a **monoblastot**. Ebből **promonocyta** keletkezik, mely azurophil granulációval bír. Belőle **monocyta** lesz, melynek magja már bab alakú és excentrikusan helyezkedik el a sejtben. A monocyta kb. 24 óráig tartózkodik a keringő vérben, majd a érfalon kilépve a szövetekben makrophaggá, a csontvelőben pedig osteoclasttá differenciálódik.

Lymphocytaképzés (lymphopoiesis). A pluripotens csontvelői őssejtől (**HSC**) származnak. A T-lymphocyta progenitor sejtje a thymusba vándorol és ott T-lymphocytává differenciálódik. A B-lymphocyta előalakja madaraknál a bursa Fabricii-ben (a cloaca kitüremkedése) differenciálódik, míg emlősöknél valószínűleg a csontvelő tekinthető a bursával egyenértékű primer nyirokszervnek.

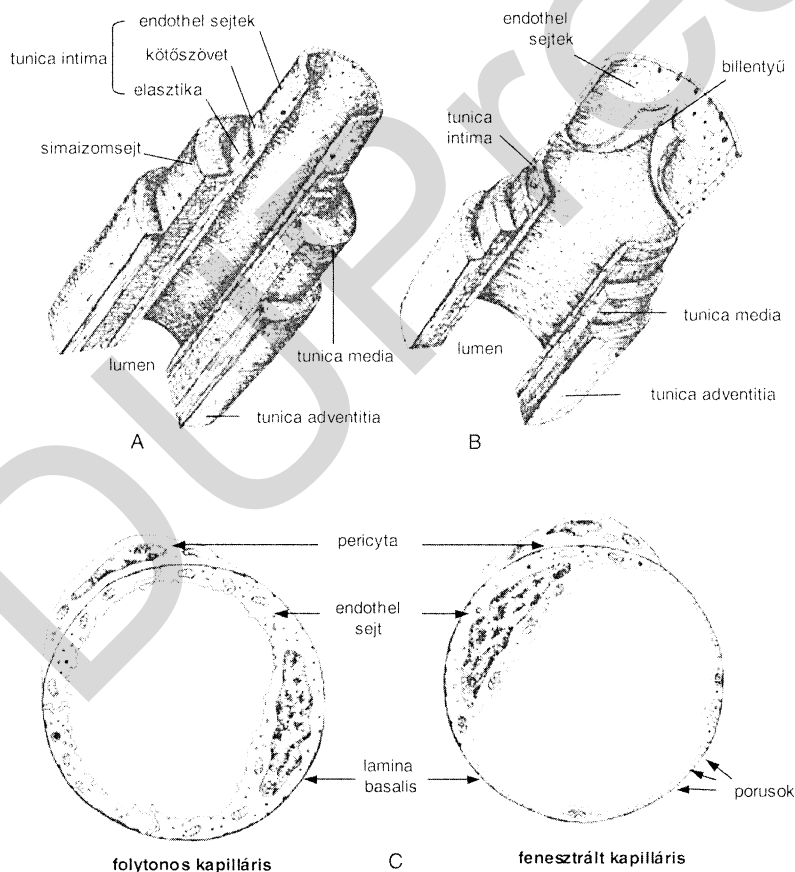
EREK SZÖVETTANA

Az erek falát belülről kifelé haladva három, szövettanilag különböző réteg alkotja: tunica intima, tunica media és tunica adventitia (21. ábra A és B). A rétegek egymáshoz viszonyított aránya, szöveti felépítésük azonban az érpálya különböző szakaszain a funkcionális igénybevétel szerint változik.

A **tunica intima**, az erek belső rétege aránylag vékony, melynek legfontosabb komponense az eret belülről borító **endothel**. Ez utóbbi erősen lelapult laphámszerű sejtekből épül fel, melyekből csak a kissé ovális sejtmagok domborodnak be az ér lumenébe. Az endothelhez a lumennel ellentétes oldalon **lamina basalis** illeszkedik. A nagyobb erekben az endothelréteg alatt, esetenként elszórt simaizomsejteket is tartalmazó laza rostos kötőszöveti réteg, a **stratum subendithelium** található.

A **tunica media**, az erek középső rétege különösen fejlett az artériákban, ahol a fokozott mechanikai megterhelés legnagyobb részét ez a réteg viseli. Képzésében a simaizomsejtek dominálnak, de rugalmas rostok és membránok, és egyéb kötőszöveti elemek (kollagén- és rácsrostok, amorf alapállomány, fibrocyták) is részt vesznek. Ez a réteg a vénákban kevésbé fejlett, vagy hiányzik.

A **tunica adventitia**, a külső réteg a vénákban fejlett és főleg kötőszöveti elemekből áll. Hosszában futó kollagénrostokat, kisebb számban elasztikus rostokat, a nagyobb erekben tápláló ereket és a simaizmot beidegző idegrostokat is találunk benne.



21. ábra

Artéria, véna és kapillárisok szerkezetének vázlata (Carola és Röhlich után). **A:** Muscularis típusú artéria falának felépítése. **B:** Véna falának szerkezete. **C:** Folytonos és fenesztrált kapilláris szerkezetének vázlata.

Artériák

Az artériás rendszerben megkülönböztetünk elasztikus, ill. muscularis típusú nagy artériákat, középnagy és kis artériákat, valamint arteriolákat. Tunica mediájuk a legfejlettebb, melyben általában a körkörösen futó simaizomsejtek dominálnak. A rugalmas rostok az elasztikus nagy artériák (aorta és a belőle eredő nagy ágak) mediájában koncentrikus lemezeket alkotnak, míg az izmos falú artériákban (pl. végtagok artériái, 19. ábra A) az intima és media határán a membrana elastica internát, a media és adventitia határán pedig a membrana elastica externát hozzák létre.

Arteriolák

Az izmos típusú artériák és a hajszálerek közötti átmeneti érszakaszt képezik, átmérőjük 200 és 40 μm között van. Mediájukban egy vagy két simaizomréteg még megfigyelhető, a kapillárisok közelében azonban a simaizomrétegek folyamatossága megszűnik, és csupán szakaszosan elhelyezkedő simaizomsejtek övezik az intimát. Ezeknek a sphincterszerűen működő simaizomsejteknek a kapilláris hálózatba jutó vér szabályozásában és így a vér elosztásában jut fontos szerep. A tunica adventitia mindössze kevés hosszanti kollagénrostból és pericytákból áll.

Kapillárisok és postkapillárisok

A keringési rendszer legfontosabb funkcióját, a szövetek oxigénnel és tápanyagokkal való ellátását végzik. A kapillárisok 4-15 μm átmérőjű hajszálerek (21. ábra C), melyeknek legfontosabb komponense a rendkívül ellapult *endothelsejt*, mely hengerszerűen görbülve csővé záródik. Az endothelsejtek széleit zonula occludens jellegű kapcsoló struktúra köti össze. Az endothelcsövet kívülről *lamina basalis*, ezt pedig *finom rácsrosthálózat* veszi körül. A kapillárisok külső felszínéhez elszórtan nyúlványos sejtek, *pericyták* tapadnak.

A kapillárisok igen jól alkalmazkodnak a helyi viszonyokhoz. Ennek megfelelően a következő típusaikat különböztetjük meg:

- a) **Folytonos (continuus) kapillárisok**, melyeket folytonos endothelréteg bélel (19. ábra C). Folyamatos az endothel alatti lamina basalis is. A szervezet legtöbb helyén ez a kapilláris típus található.
- b) **Feneztrált kapillárisok**, melyek rendkívül lelapult endothelsejtjei kis (60-70 nm-es) kerek pórusokkal vannak átluggatva (19. ábra C). Feneztrált endothellel bélelt kapillárisok találhatóak a vékonybél rezorpciós hámja és a vesetubulusok hámja alatt, valamint az endokrin szervek parenchyma sejtjei között. Ide tartozik a vese-glomerulusok feneztrált endothelje is, ahol a pórusokban diafragma nincs és a lamina basalis vastagabb a szervezet egyéb helyein találtaknál.
- c) **Sinusok**, melyek keresztmetszete lényesen nagyobb és szabálytalan alakú. Endotheljük lehet vékony, folyamatos és lyukacsos is, sőt egyes sinusok endothelsejtjei között tágas hézagok is előfordulhatnak (nem folyamatos, discontinuus endothel). Az utóbbira a máj sinusok és a nyirokcsomó sinusai szolgáltatnak példát. A sinusokban makrophag funkciójú sejtek fordulhatnak elő (pl. a máj Kupffer-sejtjei, a nyirok-sinusok makrophagjai).

Vénák

Többnyire a megfelelő artériák szomszédságában haladnak. Vékonyabb falúak, tágabb lumenűek, mint az artériák, és többé-kevésbé laposak. Venulákat, kis, középnagy és nagy vénákat tudunk megkülönböztetni. Falukban az intima, media és adventitia ugyanúgy megtalálható, mint az artériáknál, de a rétegek határai elmosódottak (19. ábra B). A

vénafalban általában kevés a rugalmas elem és a simaizom, viszont több a kötőszöveti rost. A tunica media kevésbé fejlett, sokszor alig vehető észre. A középnagy vénák lumenébe endothelből és subendothelből képzett billentyűk emelkednek be, melyek a vér visszaáramlását megakadályozzák.

Venulák és kis vénák

A kapillárisoknál kicsit tágasabb érszakaszok. Az endothel külső oldalán lamina basalis és finom rácsrosthálózat található, és megtalálhatók a pericyták is. A nagyobb venulekban a pericytákat egymástól bizonyos távolságra elhelyezkedő körkörös simaizomsejtek váltják fel, majd fokozatosan összefüggő simaizomréteggé sűrűsödnek a venulek és kis vénák határán. Az adventitiát hosszanti kollagén fibrillumok és közöttük elszórt kevés rugalmas rost alkotja.

Nyirokerek

A nyirokkeringés az extracelluláris tér felesleges folyadékmennyiségét vezeti a nyiroerek és nyirokcsomók hálózatán át a vénás rendszer felé. A periférián található, endothellel bélelt **nyirokkapillárisok** tágabbak és szabálytalanabb átmetszetűek, mint a vért szállító kapillárisok. Az igen vékony endothel alatt legtöbbször sem lamina basalist, sem pericytát nem találunk. Az endothel sejtek között csak elvétve vannak sejtkapcsoló struktúrák, ezért a kapillárisfalon keresztül fehérjék és zsírok is átjutnak.

A **kapillárisnál nagyobb nyirokerek** falában rugalmas rost réteg és egy-két simaizomsejt vastagságú izomréteg is megjelenik, amihez kívülről kollagén- és rugalmas rostokból álló adventitiaszerű kötőszöveti réteg csatlakozik. A **nagy nyirokerek** szöveti felépítése a vénákéhoz hasonló.

NYIROKRENDSZER

Az immunrendszer feladata a szervezet saját antigénkörnyezetének fenntartása, illetve a kívülről a szervezetbe jutó idegen antigének specifikus eltávolítása. Ezt a funkciót a nyiroksejtek, lymphocyták önállóan, vagy más sejtek közreműködésével végzik. A nyiroksejtek a szervezetben állandó **járőrözést** folytatnak, miközben egymással és a járulékos sejtekkel **sejtfelszíni kölcsönhatásba** lépnek. A kölcsönhatás által aktivált lymphocyták többszörös **osztódáson**, az utódsejtek pedig erős **szelekción** mennek át, mely egyes sejtek túlélését, mások pusztulását eredményezi. Ezen feladatok ellátására specializálódott a **nyirokszövet**, mely a vér- és nyirokkeringés által összekapcsolt nyirokszervekben koncentrálódik.

A nyirokszövet alapváza

Az alapvázat általában **reticularis kötőszövet** szolgáltatja, mely háromdimenziós hálózatot alkotó rácsrostokból és a rostok találkozási pontjainál elhelyezkedő reticulumsejtekből áll. Ennek a hálózatnak a hézagait töltik ki a nyiroksejtek és járulékos sejtek, amiért ezt a szövetféleséget lymphoreticularis szövetnek is nevezik. A thymus azonban kivételt képez, minthogy ennek alapvázat endodermális eredetű, nyúlványos hámsejtek képezik (**hámreticulum**).

A nyirokszövet sejtjei

1. Lymphoid sejtek

Lymphocyták. Ezek az immunvédekezés főszereplői. A kb. vörösvértest nagyságú sejtek kis gömbölyded magját keskeny cytoplazma szegély veszi körül (18. ábra E). A lymphoid össejtből alakulnak ki és két nagy csoportra oszthatók:

1. Az egyik lymphocyta csoport antigénfelismerése **nem specifikus receptorokon** keresztül történik. Ezek a természetes immunitásban, pl. saját daganatsejtekkel szembeni védekezésben, vagy a külső antigének ellen a specifikus védekezés megindulása előtti védekezésben szerepet játszó **természetes ölü sejtek** (natural killer cells, NK-sejtek).
2. A másik csoport **specifikus antigénfelismerő receptorral** rendelkező lymphocytákból áll. Ezeknek két csoportját különböztetjük meg: az immunglobulinokat termelő és így a humorális immunitásban szereplő **B-sejteket**, és a T-sejt receptort expresszáló és így a celluláris immunitásban résztvevő **T-sejteket**. Mindkét csoporton belül alcsoportok különíthetők el. Megkülönböztetésük immuncytokémiai módszerrel történik.

Lymphoblast. Az immunválaszba bevont kis lymphocyta blastos transzformáción megy keresztül, melynek során megnő az átmérője és előbb középnagy, majd nagy lymphocyta lesz belőle. Megnő a sejtmag és a magvacska átmérője, a cytoplazma mennyisége és organellum tartalma.

Plazmasejt. B-lymphocytából differenciálódik, egysejtű mirigynek is felfogható, mely immunglobulint termel. Nagy (15-20 μm átmérőjű), ovális alakú sejt excentrikusan elhelyezkedő maggal, melynek kromatin állománya kerékküllőszerű rajzolatot mutat. Cytoplazmája erősen basophil, a benne lévő nagy mennyiségű durvafelszínű endoplazmás reticulum következtében. Főként a nyirokcsomók velőkötegeiben látható.

2. Járulékos sejtek

Nem lymphoid össejtekből differenciálódnak, de az immunválasz során fontos szerepet töltenek be.

Makrophagok. A vér monocytáiból differenciálódó makrophagok a nyiroksejtek aktiválódását, osztódását és differenciálódását befolyásolják. Leírásukat a kötőszöveti fejezetben már megadtuk.

Deditikus sejtek. Hosszú, elágazódó nyúlványokkal bíró sejtek, melyeknek két fő típusa ismert. (1) A **folliculáris dendriticus sejtek** a nyiroktüszők központját képező csíracentrum vázát adják (20. ábra). Nyúlványos, ovális magvú sejtek, gyakran két maggal. Plazmájuk organellumokban szegény, vékony nyúlványaik a lymphocyták között bonyolult hálózatot képeznek. (2) Az ún. **interdigitáló dendriticus sejtek** nagyon hosszú nyúlványai a környező lymphocytákkal bőséges kontaktust képeznek. Magjuk lebonyolított, a kevés sejtorganelum a cytoplazma belső részére korlátozódik. Az epidermis (felhám) Langerhans-sejtjeiből és interleukinek hatására monocytákból is differenciálódhatnak. Feladatuk az antigének lebontása és bemutatása a lymphocytáknak. A nyirokszervek T-dependens areáiban fordulnak elő.

Endothelsejtek. A vérben keringő nyiroksejtek nyirokszervekbe történő kilépése a magas endothelú venulák falán keresztül történik. A **magas endothelú venulák** (high endothelial venules, **HEV**) speciális érszakaszok a secunder nyirokszervekben, melyek falán keresztül a vérben keringő lymphocyták "hazatalálása" (*homing*) megtörténik. A lymphocyták vándorlása az érfalon át egyirányú, a vérből a lymphoreticularis szövetbe történik. A magas endothelú venulák endothelje köb- vagy alacsony hengerhamszerű, cytoplazmája világos, a lumenbe domborodik. Az endothelsejtek között sok lymphocytá látható. A lymphocyták felszínén lévő szelektív *homing receptorok* ismerik fel a HEV-ek felszínén lévő szulfatált oligoszacharidokat hordozó CD34 és MAdCAM-1 molekulákat. A felismerés és kapcsolatteremtés megtörténte után a lymphocyták átjuthatnak az érfalon.

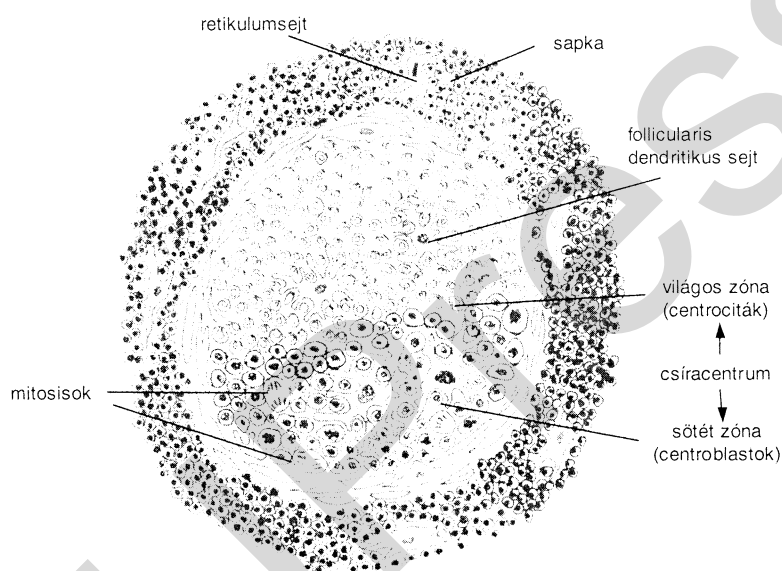
A nyirokszövet szerveződési formái

A lymphocyták főleg azokon a helyeken hoznak létre csoportosulásokat, ahol a szervezet erős antigén ingernek van kitéve. A külső és belső határfelületek közelében található a **bőrhöz és nyálkahártyához társult nyirokszövet** (skin associated lymphatic tissue, **SALT** és mucosa associated lymphatic tissue, **MALT**). A lymphocyták gyakran alkotnak néhány száz sejtből álló csoportokat, azaz nyiroksejtes beszűrődéseket és **nyiroktüszőket** a kötőszövetben. A nyirokszövet különösen fejlett szervezettségi formáját adják a **nyirokszervek**. Ezek immunológiai szempontból primer (centrális) és secunder (perifériás) nyirokszervek lehetnek. A **primer nyirokszervekben** differenciálódnak az érett lymphocyták a vérképző össejtekből. Ide tartozik a *csontvelő* (B-lymphocyták kialakulásának helye) és a *thymus* (T-lymphocyták kialakulásának helye). Az érett lymphocyták a primer nyirokszerveket elhagyva a **secunder nyirokszervekbe** vándorolnak és azokban meghatározott területeket (B- és T-dependens areákat) foglalnak el. Secunder nyirokszervek közé tartoznak: a *nyirokcsomók*, a *lép* és a *mandulák*.

Nyiroktüszők (folliculusok)

Nagyszámú, túlnyomórészt B-lymphocytá halmazából álló kerek, vagy ovális képletek, melyek még egyéb járulékos sejteket is tartalmaznak. A secunder nyirokszervekben csoportosan fordulnak elő, de magányos (soliter) nyiroktüsző formájában a nyálkahártyával bélelt szervek falában is megtalálhatók. Primer és secunder formájukat különböztetjük meg. A

primer nyiroktüsző 50-100 μm átmérőjű, vázát reticulumsejtek alkotják, közöttük pedig kis B-lymphocyták találhatóak. A **secunder nyiroktüsző** (22. ábra) 200-400 μm nagyságú, a primer tüszőből alakul ki a “csíracentrum-reakció” révén, melynek során a folliculus közepén világosabban festődő sejteket tartalmazó terület, a “**csíracentrum**” (*centrum germinativum*) jelenik meg. Ez a primer folliculus sejtjeinek többségét a folliculus szélére nyomja. A secunder folliculusban a **reticulumsejtek** a széli részben maradnak. A csíracentrumban osztódó **centroblastok** (B-lymphoblastok), ezek utódsejtjeit, azaz **centrocytákat**, valamint **follicularis dendritikus sejteket** találunk. Az egész csíracentrum 1-3 aktiválódott B-lymphocytából képződik. Ezek **centroblastokká** transzformálódva nagyfokú proliferáción esnek át, **centrocytává**, majd **memóriasejtté** vagy **plasmoblasttá** alakulnak és elhagyják a folliculust. A memóriasejt, mint kis lymphocyta recirkulál, míg a plasmoblast a nyirokcsomó velőkötegeibe, a lép vörös pulpájába és a csontvelőbe vándorolva immunglobulint szekretáló **plazmasejtté** differenciálódik. A többi sejt apoptosissal elpusztul.



22. ábra

Nyirok folliculus vázlata (Röhlich után).

Csecsemőmirigy (thymus)

A thymus a 3. és 4. kopoltyútasak endodermájából (újabb kutatási eredmények szerint ectodermájából is) és a környező mesenchymából fejlődő, lebenyezett nyirokszerv a mediastinumban. Fejlődése kezdeti szakaszában kizárólag hámszövetből áll (**thymus epithelialis**) és csak később települnek meg benne a vérkeringés útján érkező nyiroksejt **előalakok** (**thymus lymphaticus**). Az utóbbiak a thymusban differenciálódnak T-lymphocytákká és a mirigy állományának legnagyobb részét adják. Az eredeti hámsejtek a lymphocyták között térbeli hálózatot alkotva (hámreticulum) végig megmaradnak. A thymus teljes fejlettségét a gyermekkorban éri el, ilyenkor az alábbi szerkezetet mutatja.

Két lebenyből áll, melyeket kötőszövetes tok vesz körül (23. ábra A). A kötőszövetből septumok nyomulnak a lebenyek állományába és azt lebenyekre tagolják. A 0,5-2,0 mm

átmérőjű lebenyekék sötétebben festődő, tömött szerkezetű perifériás részre (*kéreg, cortex*), és világosabb centrális állományra (*velőállomány, medulla*) oszthatók (23. ábra B és C). A kéreg basophil festődését a nagyszámú kis lymphocytá és viszonylag kevés hámsejt okozza, míg a velőállomány kevesebb, de nagyobb lymphocytáinak több cytoplazmája és a viszonylag több hámsejt világosabb festődést eredményez. A kötőszöveti sővények csak a kéregállományt tagolják, a velőbe nem terjednek be, így az egységes.

A thymus jellegzetessége, hogy alapvázát endoderma eredetű, megnyúlt hámsejtek térhálózata képezi. A térháló hézagait differenciálódó lymphocyták töltik ki. A *hámreticulumsejtek* (23. ábra C) a kötőszöveti tok, sővények és a belőlük a szerv belsejébe lépő erek körül záróréteget, ún. *vér-thymus gátat* hoznak létre. A hámreticulumsejtek desmosomák révén kapcsolódnak egymáshoz, lamina basalis veszi őket körül, cytoplazmájukban a hámsejtekre jellemző cytokeratin intermedier filamentumok találhatóak. *Makrophagok* elszórtan mind a kéreg-, mind a velőállományban, *interdigitáló dendritikus sejtek* a velőállományban fordulnak elő.

Kéregállomány. A hámreticulum hézagait kitöltő sejtek döntően kis lymphocyták (4-5 µm átmérővel), melyeket *thymocytáknak* (23. ábra B) neveznek. A kéreg perifériáján nagyobb méretű lymphoblastok (9 µm átmérővel) is vannak, melyek a thymusba érkezett lymphopoeticus őssejtek leszármazottai. A thymus érése során a differenciálódó thymocyták több mint 90%-a apoptosissal elpusztul és ezeket a makrophagok eltakarítják.

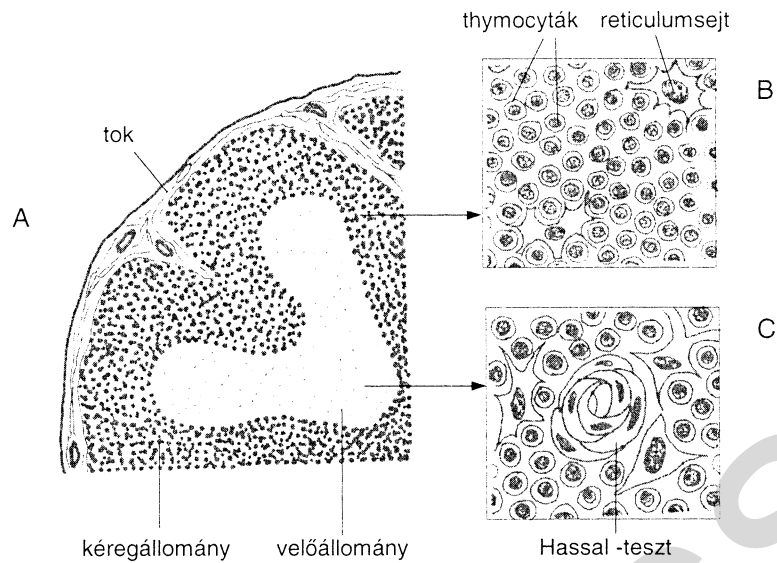
Velőállomány. Relative több hámreticulumsejtet tartalmaz, melyek helyenként hagymalevélszerűen egymásra rétegződve jellegzetes képleteket, ún. *Hassal-testeket* (23. ábra C) hoznak létre. A hámreticulum hézagait főleg *T-lymphocyták* töltik ki. Köztük *interdigitáló dendritikus sejtek* is találhatóak, melyek a saját antigének bemutatása révén vesznek részt a thymocyták szelekciójában. Kevés *makrophag* és elszórtan *myoid sejtek* ugyancsak előfordulhatnak.

A thymus a pubertás idején éri el maximális fejlettségét, majd fokozatosan visszafejlődik, helyét felnőtt korban zsíros kötőszövet foglalja el (*thymus adiposus*).

A thymus **fő funkciója** a T-sejtek differenciálódásának biztosítása. A csontvelői eredetű progenitor sejtek a kéreg-velő határon lévő venulákon keresztül lépnek a thymus állományába, innen a subcapsularis területre vándorolnak, ahol nagyfokú osztódásba kezdenek. Utódsejtjeik a medulla felé vándorolnak, miközben jellegzetes változásokon mennek át, azaz elköteleződnek. A kérgi thymocyták mintegy 90%-a elpusztul, a velőállományban már érett T-sejt szubpopulációk találhatóak. Ezek a kéreg-velő határon lévő erekben keresztül hagyják el a thymust.

Lép (lien)

A vérkeringésbe iktatott lép a vérben megjelenő antigének elleni immunválaszra specializálódott nyirokszerv. Hashártyával borított kötőszövetes tok veszi körül, melyből sővények (trabeculák) hatolnak a parenchymába. Hilusa mentén a lép artéria és véna, nyirokerek és vegetatív idegrostok lépnek be a lép állományába. A trabeculák között található a lép parenchymája, a *léppulpa* (24. ábra), melynek két komponensét, vörös és fehér pulpát lehet megkülönböztetni. A kb. 4/5-ét kitevő *vörös pulpa* két részből áll: tömöttebb, sejtekben gazdag *pulpa kötegekből*, közöttük pedig lazább szerkezetű, artériák és vénák között kapcsolatot létesítő *sinusokból*. A maradék 1/5 részt kitevő *fehér pulpa* az ereket körülvevő, lymphocytákból és járulékos sejtekből álló *periarteriolaris lymphaticus hüvely* és a *lép folliculusok* szövedéke.



23. ábra

A thymus szöveti szerkezete. A: Átnézeti kép, B: cotex, C: medulla.

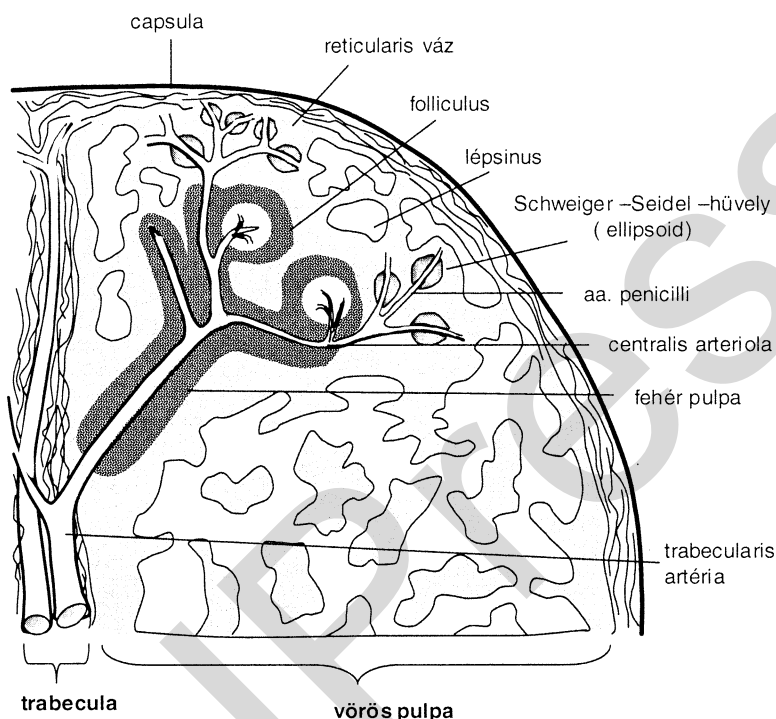
Fehér pulpa. A trabeculákból kilépő arteriolákat lymphocytákból, makrophagokból és interdigitáló dendritikus sejtekből álló hengeres hüvely, a *periarteriolaris lymphaticus hüvely (PALS)* veszi körül (24. ábra). A benne lévő lymphocyták túlnyomó része T-sejt (*T-dependens zóna*). A hüvely közepén haladó eret *a. centralisnak* nevezzük. A PALS oldalához primer vagy secunder nyiroktüszők, az ún. *lép folliculusok* kapcsolódnak. A folliculusokban főleg *B-lymphocyták (B-dependens zóna)*, follicularis dendriticus sejtek és néhány T-helper sejt található. A fehér és vörös pulpa határán keskeny *marginális zóna* húzódik, mely a marginális sinust, makrophagokat és kis lymphocytákat tartalmaz. A lépben a marginális zóna azt a feladatot látja el, mint a magasendothelú venulák a nyirokcsomókban.

Vörös pulpa. Benne nagyszámú vörösvérsejt található, s emiatt HE-festéssel élénk vörösre festődik. Sejtekben gazdagabb részei a *pulpa kötegek*. Ezek reticularis kötőszövetbe ágyazottan sok makrophagot, plazmasejtet, granulocytát, thrombocytát és vörösvértestet, valamint kevés lymphocytát tartalmaznak. A makrophagok itt szűrik ki az előregedett, vagy kóros vörösvérsejteket. A pulpa kötegek között sinusok láthatók. A *lép sinusokat* (24. ábra) hosszúkas, orsóalakú endothelsejtek bélelik, melyek tengelye a sinus tengelyével párhuzamos (*dongasejtek*). A sejtek közötti réseken keresztül sejtek vándorolnak ki és be a sinus falán. Az endothelsejtek alatti basalis membrán szakadozott, a rácrostok a sejteket a hordó abroncsaihoz hasonlóan veszik körül (*abroncs rostok*). A sinus körül sem pericyta, sem simaizom nem látható.

A lép keringése. Az *a. centralis* három területet lát el vérrel: 1. A belőle eredő kapillárisokkal ellátja fehér pulpát. 2. Arteriolarinak másik része a sinus marginalisba torkollik, ahol a lymphocyták kilépnek a lép szövetébe (homing). 3. Az arteriolák harmadik csoportja a vörös pulpába nyílik. A vörös pulpában ecetszerűen elágazódnak (ecset arteriolák, *aa. penicilliformes*), majd tovább ágazódva kapillárisokban folytatódnak. Egyes kapillárisokat makrophagokból és reticulumsejtekből képzett hüvely vesz körül (*hüvelyes kapillárisok*), mely hüvelyt *Schweigger-Seidel-hüvelynek*, vagy *ellipsoidnak* neveznek. Ez szűri ki a vérbe került korpuszkuláris antigéneket. Az egyes kapillárisok szabadon nyílnak a

pulpa kötegekbe, tehát a vér kilép az endothellel bélelt érpályából (nyílt keringési modell). A pulpaköteg szivacsos állományában a makrophagok között szivároog, s így mód nyílik az előregedett vörösvérsejtek kiszűrésére. A vér ezután a dongasejtek közötti réseken vissza kerül a lép sinusokba és ezzel a keringési rendszerbe. A kapillárisok egy másik része közvetlenül a pulpa kötegek közötti sinusokba nyílik (zárt keringés). A sinusokból a vér a venulákba, majd vénákba kerül.

A lép funkciói: 1. Az előregedett vörösvérsejtek eltávolítása. 2. Immunológiai funkciója a vérbe jutott antigének (baktériumok, vírusok) megsemmisítése. 3. Állatokban vértároló képessége is jelentős. 4. A magzati életben a vérképzésben is részt vesz.



24. ábra

A lép szöveti szerkezete.

Nyirokcsomó (nodus lymphaticus)

A nyirokutakba iktatott nyirokcsomók (25. ábra A) a nyirokkeringésbe kerülő antigének elleni immunválaszban vesznek részt. Bab alakúak, kötőszövetes tokkal borítottak. A hozzájuk vezető nyiroerek (*vas afferensek*) domború oldalukon lépnek be, az elvezető nyirokér (*vas efferens*) pedig homorú oldalukon lép ki.

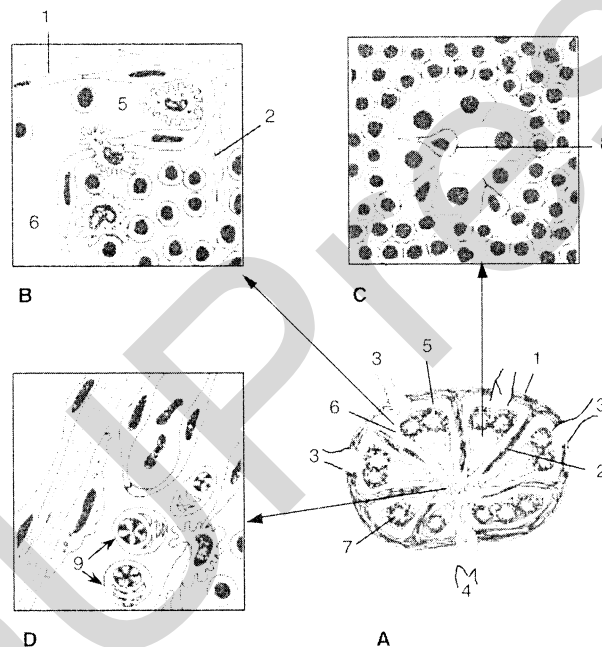
A tokból kötőszövetes trabeculák nyomulnak a nyirokcsomó állományába (25. ábra B), a trabeculák között a nyirokcsomó vázát reticularis kötőszövet szolgáltatja. A tok alatt található kéregállomány (*cortex*) két részre tagolódik: külső részében nyiroktüszők (25. ábra C) foglalnak helyet, belső részében nyiroktüszők nincsenek (*paracortex*). A hilus közelében a lazább szerkezetű velőállományt (*medulla*) találjuk, melyet a cortex körbevesz. A nyirokcsomó domború oldalán belépő nyirokerek endothellel bélelt járatokban (*sinusok*) folytatódnak, melyek átszövik a nyirokcsomót (*széli sinus* → *kérgi sinus* → *velősinus*), majd a

hilusnál az elvezető nyirokútba vezetik a nyirokot. A velőállomány sinusai között a nyirokszövet kötegeket (**velőkötegek**) képez (25. ábra D).

A **kéregállomány** folliculusok közötti része túlnyomórészt **T-sejteket** tartalmaz (*T-dependens area*), melyek közt antigént prezentáló **interdigitális dendritikus sejtek** foglalnak helyet. A paracortexben **magas endothelű vénulákat (HEV)** találunk, melyek a lymphocyták hazatéréséért (*homing*) felelősek. A paracortexben található makrophagok az antigének feldolgozását, bemutatását végzik. A folliculusokban és velőkötegekben lévő makrophagok azokat a lymphocytákat és plazmasejteket takarítják el, melyek az immunválasz során apoptosissal elpusztultak.

A **velőállományban** az egymásba ömlő sinusok közötti velőkötegek sejtjeinek zömét **B-sejtek** és **plazmasejtek** képezik (*B-dependens area*).

A nyirokcsomóba lépő nyirok a **széli sinusba** (*sinus marginalis* vagy *subcapsularis*) kerül, majd a trabeculák mentén tovább vezetődik (*trabecularis* vagy *intermedier sinus*) a folliculusok közé (*sinus corticalis*), ahonnan a velőállomány tágas öbleibe (*sinus medullaris*) jut. A nyirok végül a hilustól induló elvezető nyirokéren távozik.



25. ábra

Nyirokcsomó szöveti szerkezete. **A:** átnézeti kép. **B:** széli sinus és corticalis állomány. **C:** magas endothelű bélelt venula a paracortexben. **D:** plazmasejtek a velőkötegekben. 1: Capsula, 2: trabecula, 3: vas afferensek, 4: vas efferens, 5: széli (marginalis) sinus, 6: intermedier sinus, 7: nyiroktüsző, 8: HEV falán átlépő lymphocytá, 9: plazmasejtek.

Mandulák (tonsillák)

A mandulák nyálkahártyába ágyazott nyirokszervek, feladatuk a nyálkahártyák lokális immunológiai védelme. A garatmandula, szájpadmandulák, fülkürt mandulák és nyelvgyöki mandula gyűrűszerűen veszik körül a garat bejáratát (*Waldeyer-féle lymphaticus gyűrű*).

Közvetlenül a nyálkahártya hámja alatt fekszenek. Két fő alkotójuk: a **tonsilláris hám** és a **lymphoreticularis szövet** a bele ágyazott nyiroktüszőkkel. A tonsilláris hám általában be is türemkedik a lymphoreticularis szövetbe, mely betüremkedéseket *kryptáknak (fossulae tonsillares)* nevezük. A krypták hámját, de a felszíni hám nagy részét is lymphocyták árasztják el. Ezáltal a hám eredeti szerkezete megváltozik, hálózatosá válik (**reticuláris hám**).

A hám alatti lymphoreticularis szövetben **secunder folliculusokat** találunk nagy csíracentrummal. Az interfolliculáris nyirokszövet *T-dependens*, míg a folliculusokban és a reticuláris hámokban a *B-sejtek* vannak túlsúlyban.

DUPRESS

LÉGZŐRENDSZER

A légzőrendszer a **légutakból** és a gázcserét végző **légzőfelületből** épül fel. A légutak az orrüreget, a garat egy részét, a gégét, a tracheát, a tüdőbe vezető főbronchusokat, a tüdőn belül pedig a bronchusfát foglalják magukba. A légző rész a bronchiolus respiratoriusokat, ductus alveolarisokat és az alveolusokat tartalmazza.

A **légutak** fő rétegei a lumen felől kifelé haladva: 1. nyálkahártya (tunica mucosa), 2. tunica fibro-musculo-cartilaginea, 3. tunica adventitia.

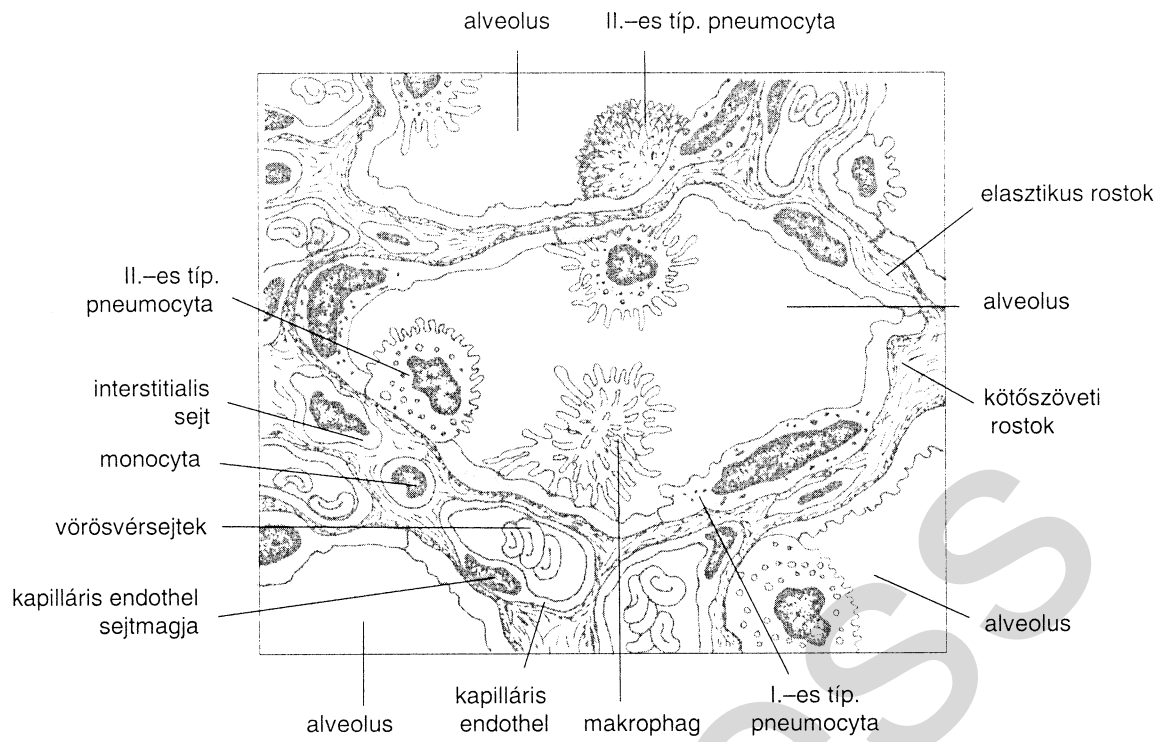
A **nyálkahártya** általában *egyrétegű többmagsoros csillószőrös hengerhám*mal borított, amit *légúti hámnak* nevezünk. A hengerhámsejtek között *kehelysejteket* találunk, melyek nyálkával vonják be a nyálkahártyát. Kivétel ez alól az orrüreg vestibuluma, melyet többrétegű elszarusodó laphám (bőr) borít, és a gége hangredői, melyeket többrétegű el nem szarusodó laphám borít. A hám alatt a *lamina propria mucosae* laza rostos kötőszövetből épül fel, kevert jellegű *mirigyeket* tartalmaz. A **tunica fibro-musculo-cartilaginea** rétegében a *kollagénrostok* mellett általában sok *rugalmas rost* fordul elő. A hangredőben az elasticus rostok valóságos szalaggá, hangszalaggá tömörülnek. A gége, a légső és a bronchusok vázát ebben a rétegben hyalinporc alkotja. A gégefedőt és a cartilago corniculatát rugalmas rostos porc alkotja. A trachea hátsó falában porc helyett haránt irányban kifeszülő simaizom réteget találunk. A nagyobb bronchusokban a *simaizom* összefüggő réteget, a kisebbekben lazábban rendezett kötegeket alkot, melyet tunica muscularisnak neveznek. A porc, illetve izomréteg külső oldalán a **tunica adventitiát** laza rostos kötőszövet képezi, ez hordozza a gégét, tracheát és bronchusokat tápláló ereket és idegeket.

A **bronchusfa** végágai, a *bronchiolus terminalisok* tovább osztódva olyan bronchiolusokat hoznak létre, melyek falából már légzésre alkalmas alveolusok is nyílnak, ezek a *bronchiolus respiratoriusok*. Ezek azután olyan járatokba folytatódnak, melyek falát kizárólag alveolusok képezik (*ductus alveolarisok*). A gázcsere az alveolusok falán keresztül történik.

Légzőfelület. A zsákszerűen kiboltosuló alveolusok (**saccus alveolarisok**) fala szolgáltatja a *légzőhámot* (26. ábra). Ez vékony laphám, melyhez kívülről vékony *rácsrosthálózat* illeszkedik. A hámsejtek és rácsrostok között *lamina basalis* foglal helyet. A lamina basalis külső oldalán az a. pulmonalis rendszeréhez tartozó *dús kapilláris hálózatot* találunk. Az egyes alveolusok közötti interalveoláris septumokban a kapillárisokon kívül fibrocytákat, makrophagokat, finom rács- és kollagénrostokat, idegrostokat, és rugalmas rostokat találunk.

Az **alveolushám** kétféle sejtből, I-es és II-es típusú pneumocytából áll. Az **I-es típusú pneumocyták** a légzőhám 95%-át adják, rendkívül laposak, sokszor csak elektronmikroszkópban láthatók. A sejtek zonula occludenssel kapcsolódnak egymáshoz. A **II-es típusú pneumocyták** a légzőhám maradék 5%-át teszik ki, több alveolus találkozási pontjánál kettes-hármas csoportokban figyelhetők meg. Köbös sejtek, erősen beemelkednek az alveolus lumenébe, proliferációra hajlamosak. Habos cytoplazmájukban 0,2-1 µm átmérőjű multilamelláris testek figyelhetők meg, melyek egy lipid természetű anyagot termelnek. Ez kikerülve a sejt luminalis felszínére, ott fehérje-foszfolipid bevonatot (*surfactant*) képez, mely nagy felületi feszültségénél fogva az alveolusokat kilégzéskor nem engedi összeesni. A gázcsere az ún. *vér-levegő barrieren* keresztül történik, melynek rétegei: a kapilláris endothelsejt, az endothel és az alveoláris hám közös lamina basalis, az alveoláris hám és a surfactant.

Az alveolusok fontos sejtjes eleme az **alveoláris makrophag**, mely az MPS rendszer tagja, mind az alveolus lumenében, mind az interalveoláris septumokban előfordul. Az alveolusokig eljutott finom porszemcséket takarítja el.



26. ábra

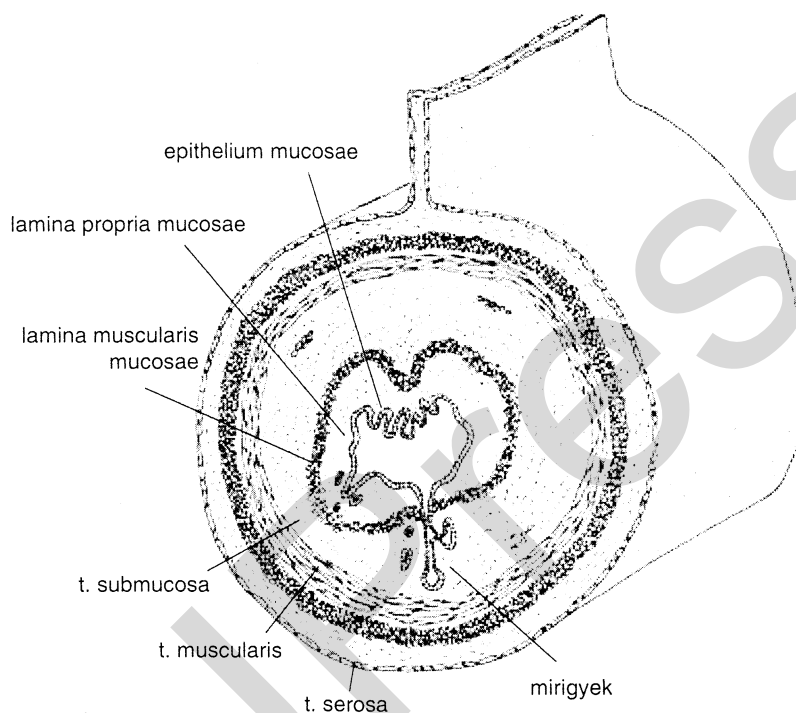
Tüdő alveolusok és interalveoláris septumok szerkezetének vázlata (Carola után).

EMÉSZTŐRENDSZER

Az emésztőrendszer a **tápcsatornából** és a hozzá csatlakozó **nagy mirigyekből** áll. A tápcsatorna hosszú, tekervényes cső, melyen a táplálék halad végig minközben megemésztődik, egy része felszívódik és hasznosítódik, más része salakanyag formájában távozik. A nagy emésztőmirigyek váladékaikat ebbe a csatornába ürítik.

A tápcsatorna falának szerkezete

A tápcsatorna falának négy fő rétege a következő: 1. **nyálkahártya (tunica mucosa)**, 2. **tunica submucosa**, 3. **tunica muscularis**, 4. **tunica serosa** vagy **adventitia** (27. ábra).



27. ábra

A tápcsatorna falának rétegei. Vázlat (Röhlich után).

A **nyálkahártya** további 3 alrétegre bontható, ezek: a hámréteg (lamina epithelialis), a nyálkahártya saját kötőszövetes rétege (lamina propria mucosae) és saját izomrétege (lamina muscularis mucosae).

A **hámréteg** a tápcsatorna lumenét zárja le és választja el annak tartalmától. Diffúziós barrierként működik, résztvesz a tápanyagok abszorbeálásában és szekréciós tevékenységet is folytat. Ennek megfelelően a tápcsatorna egyes szakaszain más-más típusú. A szájüregét és a nyelőcsövet **többrétegű el nem szarusodó laphám**, a gyomrot **egyrétegű, védőnyákos termelő hengerhám**, a beleket felszívódásra specializálódott **egyrétegű, mikroboholszegélyes hengerhám** béleli. A végbél alsó szakaszában újra megjelenik a **többrétegű laphám**.

A **lamina propria mucosae** a tápcsatorna felső szakaszában **laza kötőszöveti** réteg, középső leghosszabb részében, ahol a felszívódás történik, **lymphoreticularis kötőszövet**. Benne szinte mindenütt megtalálhatók az immunrendszer elemei, melyek a bakteriális inváziótól védik a szervezetet ("**gut-associated-lymphatic tissue**", **GALT**). A lymphocyták gyakran **nyiroktüszőkbe** tömörülnek, a vékonybél distalis szakaszában **csoportos nyiroktüszőket** (Peyer plaque-okat) találunk.

A *lamina muscularis mucosae* egy vékony belső körkörös és egy külső hosszanti rétegből álló *simaizomzat*. A nyálkahártya szabad mozgását teszi lehetővé.

A **tunica submucosa** változó vastagságú *kötőszövetes réteg*, mely vér- és nyirokereket, vegetatív ganglionsejteket és idegrostokat (*plexus submucosus Meissneri*) tartalmaz. Bizonyos helyeken (nyelőcső, patkóbél kezdeti szakasza) benne *mirigyek* is előfordulnak.

A **tunica muscularis** típusosan két, *belső körkörös* és *külső hosszanti* simaizomrétegből áll. A két izomréteg között keskeny kötőszövetes réteg húzódik, melyben vegetatív idegfonat (*plexus myentericus Auerbachii*), vér- és nyirokerek találhatók. A vastagbélben a külső hosszanti izomréteg három hosszanti szalagba (*tenia*) rendeződik. Ez a réteg biztosítja gyomor-béltraktus perisztaltikus és keverő mozgását.

A **tunica serosa** (savós hártya) a tápcsatorna hashártya boritéka. *Mesothelből* és alatta kevés kötőszövetből (*lamina propria serosae*) épül fel, amit vékony *subserosa* kapcsol az előző réteghöz. Az emésztőrendszer egyes szakaszait nem borítja hashártya. Ezeken a helyeken a legkülső réteget laza kötőszövet (**adventitia**) szolgáltatja.

Az emésztőrendszer számos *mirigy*et is tartalmaz, melyek nyákot, enzimeket és egyéb, emésztést segítő anyagokat termelnek (nyálkahártyamirigyek, submucosus mirigyek).

Szájüreg (cavum oris). Alkotásában az ajkak, fogak, nyelv és a nyálmirigyek vesznek részt. Nyálkahártyájának háma többrétegű el nem szarusodó laphám. A nyálkahártya lamina propriaja laza kötőszövet, mely erekben és idegekben gazdag. A tunica submucosa laza rostos kötőszövet, mely zsírszövetet és kevert nyálmirigyeket tartalmaz.

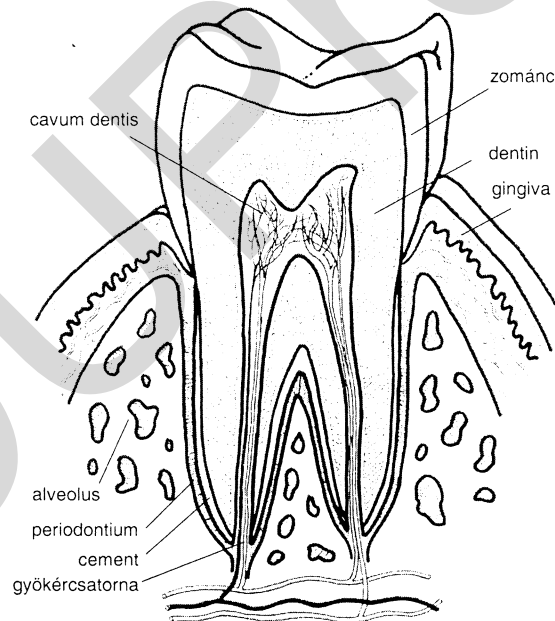
Az **ajak (labium)** vázát a m. orbicularis oris harántcsíkt izomzata képezi. Külső felszínét többrétegű elszarusodó laphám borítja (*pars cutanea*), alatta bőralatti kötőszövet látható szőrtüszőkkel, faggyú- és verejtékmirigyekkel. Belső felszínének borítása többrétegű el nem szarusodó laphám (*pars mucosa*), az alatt fekvő lamina propria erős kötőszöveti papillákat bocsát a hámba. A submucosa kötőszövetében nyálmirigyecsoportok (*glandulae labiales*) figyelhetők meg. A pars cutanea és mucosa közötti átmenetet az ajakpír (**rubor labii**) képezi. Ezen a területen gyengén elszarusodó vékony többrétegű laphámot találunk, az alatta levő kötőszövet pedig kapillárisokban igen gazdag és magas kötőszöveti papillákat bocsát a hám felé.

A **nyelv (lingua)** fő tömegét a tér három irányában (hosszanti, függőleges és haránt) futó harántcsíkt izomnyalábok alkotják. Az izomrostok között kötőszövetbe ágyazva számos ér- és idegátmetszet, valamint zsírszövet található. Felszínét *többrétegű el nem szarusodó laphámmal* fedett **nyálkahártya** borítja. Ez a nyelvháton az erős mechanikai igénybevételnek megfelelően meglehetősen vastag, a nyelv alsó felszínén vékony. A nyelvháton a nyálkahártya kitüremkedései, a **nyelvpapillák** a felszínt érdekessé teszik. A nyelvpapillák fonál (*papillae filiformes*), gomba (*papillae fungiformes*), levél (*papillae foliatae*) alakúak, vagy körülárkoltak (*papillae circumvallatae*) lehetnek. A gomba és levél alakú papillákon, de különösen a körülárkolt papillák árkaiban **ízlelőbimbókat** (*gemmae gustatoriae*) figyelhetünk meg. Ezek kis, ovális képletek, melyek közepében néhány ízérző neuroepithelsejt foglal helyet, ezeket pedig támasztósejtek veszik körül. Az ízérző sejtek külső végéhez érő idegrostok futnak. A nyelv állományában ezeken kívül háromféle **mirigy** található: a *savós Ebner-féle mirigy* a papillae vallatae és foliatae alatt, a *főleg mucinosus*

váladékot termelő nyálmirigyek a nyelvgyökön (glandulae linguales) és kevert mirigyek a nyelv csúcsában (glandula lingualis anterior).

A **fogak (dentes)** koronából, nyakból és foggyökérből épülnek fel (28. ábra). Belsejükben pulpaüreg található, mely gyökérsatornában folytatódik, ez pedig a gyökércsúcson nyílik. A fog fő tömegét a **dentin** (*substantia eburnea*) alkotja, mely belső felszínével a pulpaüreget veszi körül, külső felszínét a korona területén zománc, a nyakon és a gyökéren cement borítja. A dentin 4/5-e szervesanyag, főleg kalciumfoszfát és fluorid, hidroxipapatit és fluorapatit kristályok, illetve amorf kalciumkarbonát formájában. Szervesanyagát döntő részben I-es típusú kollagén, kis részben proteoglikánok képezik. A dentint a pulpa-dentin határon egy rétegben elhelyezkedő henger alakú sejtek, az **odontoblastok** termelik. A **zománc** (*substantia adamantina*) testünk legkeményebb anyaga, 98%-át szervesanyag (kálcium, magnézium, foszfát, fluorid) képezi, hidroxipapatit kristályokká rendeződve. A zománc állományában 4-6 µm átmérőjű zománcprizmák különíthetők el, melyeket az embrionális életben a zománcprizma képző sejtek (**adamantoblastok**, **ameloblastok**) termelik. A foggyökér dentinjét **cementállomány** borítja. Ez fonatos csont szerkezetére emlékeztető szövet, melyet a **cementoblastok** termelnek.

A pulpaüreget és gyökérsatornát kitöltő **pulpa dentis** gazdag ér- és idegellátással bír, viszonylag differenciálatlan mesenchyma jellegű kötőszövet, perifériáján odontoblastokkal. A foggyökérrostokban, erekben és idegekben gazdag kötőszöveti hártya, az. un. **periodontium** veszi körül és rögzíti a fogmederben. A **fogmedrek** (*alveolusok*) csontos szélét a szájüregi nyálkahártya módosult részlete, a **foghús (gingiva)** borítja.



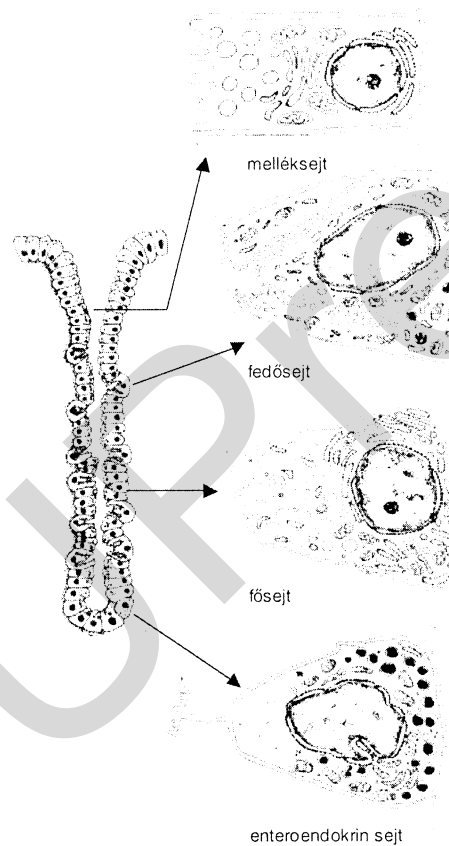
28. ábra

Örlőfog hosszmetzetének vázlatja (Carola után).

A **nyelőcső (oesophagus) nyálkahártyáját** többrétegű el nem szarusodó laphám borítja, lamina propria az alsó szakaszban a semleges kémhatású váladékot termelő cardiamirigyeket tartalmazza. A nyálkahártya belső rétege, a lamina muscularis mucosae hosszanti lefutású simaizomból áll. A **tunica submucosa** laza kötőszövetében elszórtan kevert

vagy tisztán mucinosus nyálmirigyek (*glandulae oesophageae*) láthatók. A *tunica muscularis* a nyelőcső felső harmadában harántcsíkolt, középső részében harántcsíkolt és simaizom keveréke, alsó harmadában simaizom képezi. A nyelőcső külső rétegét a *tunica adventitia* adja, ez a kötőszövetes réteg kapcsolja a nyelőcsövet környezetéhez. Hasüregbe belépő rövid szakaszát a hashártya borítja (*tunica serosa*).

A **gyomor (ventriculus) nyálkahártyája** meglehetősen vaskos, speciális szerkezetű és funkciójú. Nyálkát termelő egyrétegű hengerhám borítja, mely kis gödröcskék formájában a lamina propria-ba is beterjed. A gyomorsavval szembeni védelemben a nyáknak és a hengersejteket összekapcsoló zonula occludensnek egyaránt szerep jut. A lamina propria kötőszövetében sűrűn egymás mellé rendeződött csöves mirigyek (*glandulae gastricae*) találhatóak (29. ábra). A mirigycsövek felépítése és a termelt váladék a gyomor egyes szakaszaiban különböző.



29. ábra

Gyomor fundusmirigyének hosszszelvényi képe és fő sejtípusainak finomszerkezeti vázlata (Ross és Röchlich után).

A **fundus- és corpusmirigyek** a legfejlettebbek. Nyaki részükben differenciálatlan *tartaléksejteket*, sósavtermelő *fedősejteket* és nyálkát termelő *melléksejteket* tudunk megkülönböztetni. A mirigycsövek középső és alsó részében *fedősejteket*, *fősejteket* és *enteroendokrin sejteket* találunk. A *tartalék-* és *melléksejtek* halvány acidophil festődést mutatnak. A *fedő- (fali) sejtek* erősen acidophilan festődnek, szinte kidomborodnak a mirigycső falán. A *fősejtek (zymogen sejtek)* basophil festődést mutatnak, minthogy cytoplazmájuk nagy mennyiségű durva felszínű endoplazmás reticulumot tartalmaz. A fehérjebontó enzim, a pepsin előanyagát (a pepsinogent) termelik. Az *enteroendokrin sejtek*

egyszerű HE festéssel nem tüntethetők fel. Elektronmikroszkópban plazmájuk basalis részletében membránnal határolt szekrécións granulomok figyelhetők meg. Peptideket (gasztrin, kolecisztoxinin, szomatosztatin, enteroglucagon) és biogén aminokat (szerotonin, hisztamin) termelnek és ürítenek a mirigyecskék közötti erekbe.

A gyomorszájban található **cardiamirigyek** többnyire csak nyáktermelő sejtekből épülnek fel. Ezek nyák mellett lizozim enzimet termelnek. A gyomor-duodenum átmenetnél található **pylorusmirigyek** aránylag rövid, elágazó csövekből állnak, csak nyáktermelő és enteroendokrin sejteket tartalmaznak.

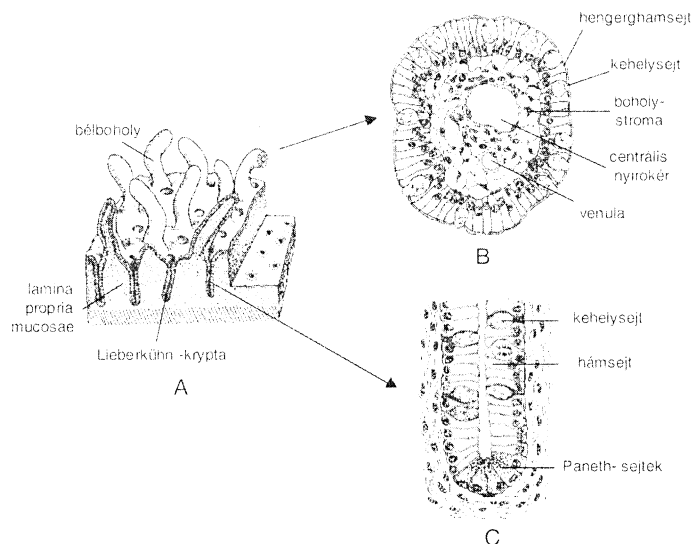
A lamina muscularis mucosae kétrétegű, jól fejlett.

A **tunica submucosa** laza rostos kötőszövet, mely vér- és nyiroerek mellett zsírsejteket, makrophagokat és hízósejteket tartalmaz. A **tunica muscularis** belső ferde, középső körkörös és külső hosszanti simaizomrétegből épül fel. A gyomrot külső oldalán hashártya, a **tunica serosa** borítja.

A **vékonybél** (duodenum, jejunum és ileum) belső felszínén számos félhold, vagy körkörös redőt (*plicae circulares*, *Kerkring-redők*) találunk, melyeket a tunica mucosa és tunica submucosa együtt alakítanak ki. **Nyálkahártyájának** felületét jelentősen megnövelik azok a 0,5-1,5 mm hosszúságú nyúlványok, melyeket *bélbolyhoknak* nevezünk (30. ábra A).

A **bélbolyh** (30. ábra B) hámja *egyrétegű, mikrobolyhos hengerhám*, sok *kehelysejttel*. A hám a felszívásra, reszorpcióra specializálódott. Elektronmikroszkópos képen a sejtek apikális felszínén kesztyűujjhoz hasonló nyúlványokat, *mikrobolyhokat* találunk, meglehetősen szabályos és sűrű sorban. A hámsejtek citoplazmája mitochondriumokban és simafelszínű endoplazmás reticulumban gazdag. A bélhámsejtek (*enterocyták*) között gyakran találunk mucint termelő *kehelysejtet*. A *kehelysejtek* mucin tartalmú apikális része HE festéssel nem festődik. A bolyh strómája a tunica propria kötőszövege *lymphoreticuláris kötőszövet*. A reticulumsejtek között nagyszámú lymphocytát, plazmasejtet, makrophagot, hízósejtet és eosinophil granulocytát lehet látni. A bolyh tengelyében vakon végződő, tág nyirokkapilláris (*centrális chylus-ér*) szállítja a felszívott anyagokat a mélyebb rétegekben fekvő nagyobb nyirokerek felé. A centrális chylus-ér mellett húzódik a bolyh ateriólája, mely a bolyhcsúcs közelében szökőkút módjára elágazódik és a hám alatt gazdag kapillárisálózatot alkot. A kapillárisokat fenestrált endothesejtek bélelik, aminek nagy szerepe van a tápanyagok véráramba juttatásában. A bolyhstromában néhány hosszanti simaizomsejt is megfigyelhető, melyek a lamina muscularis mucosából nyomulnak a bolyhba. Ezek a bolyh összehúzásával, azaz megrövidítésével a nyirok áramlását segítik a nagyobb nyirokerek felé.

A bélbolyhok között a tunica propriában egyszerű csöves mirigyek (***glandulae intestinales***, vagy ***Lieberkühn-kripták***, 30. ábra C) vannak, melyek a bél lumenébe nyílnak. Ezek falát az enterocyták és kehelysejtek mellett differenciálatlan sejtek, Paneth-sejtek és enteroendokrin sejtek alkotják. A ***Paneth-sejtek*** a Lieberkühn-krypta fenekén helyezkednek el, citoplazmájuk alapi része basophilan, apikális része acidophilan festődik és szekrécións granulomokat tartalmaz. A granulomok antibakteriális *lizozim enzimet*, *glikoproteineket* és más fehérjéket tartalmaznak és szabadítanak fel a lumenbe. Az ***enteroendokrin sejtek*** általában piramis formájúak, a Lieberkühn-krypta oldalában a hámsejtek között helyezkednek el. Szélesebb basalis részük granulomokat tartalmaz, amiért *basalisan granulált sejteknek* is nevezik őket. A granulomok *enterohormonokat* (szomatosztatin, glukagon, cholecystokinin, gasztrin, motilin, szekretin, neurotensin, P-anyag, stb.) tartalmaznak, melyeket a sejtek a környezetükbe ürítenek, így azok lokális diffúzióval jutnak a célsejtekig. Az ilyen típusú szekrécións *parakrin szekréciónak* nevezzük.



30. ábra

A vékonybél bolyhainak és kryptáinak szerkezete. **A:** Jejunum nyálkahártya térbeli vázlata. **B:** Bélbolyó keresztmetszeti, **C:** Lieberkühn-krypta hosszmetzeti képe.

A duodenum tunica submucosájában pseudomucint szekretáló *submucosus mirigyek* (**Brunner-mirigyek**) vannak, váladékuk a savas gyomornedv semlegesítésével védi a vékonybelet, lúgosítja a pH-t, így biztosítva a duodenumba ürülő hasnyálmirigy-enzimek működését. Az ileum submucosájában **aggregált nyiroktüszők** (**Peyer-plaque-ok**) láthatók. Ezek 10-200 nyiroktüszőből álló ovális képletek. Néhány helyen betörnek a nyálkahártya lamina propriajába is.

A **vastagbél** (coecum, colon ascendens, colon transversum, colon descendens, colon sigmoideum, rectum) a bélsatorna négy rétegét tartalmazza teljes hosszában. Nyálkahártyai felszíne sima, rajta Kerkring-redők és bélbolyhok nincsenek. A **nyálkahártya** hámrétegében, mely ugyancsak egyrétegű mikrobolyhos hengerhám, feltűnően sok a kehelysejt. A Lieberkühn-krypták hosszabbak a vékonybélben látottaknál, sok kehelysejtet tartalmaznak. A lamina propria nyiroksejtekben gazdag, benne nyiroktüszők is találhatóak. A **tunica submucosa** a vékonybéléhez hasonló. A **tunica muscularis** külső hosszanti rétege nem folytonos, hanem három, egymástól azonos távolságra lévő csíkszerű kötegbe (teniae coli) rendeződik. A féregnyúlványban és végbélben azonban a külső hosszanti izomréteg ismét egységessé válik. A legkülső réteg a **tunica adventitia** azokon a helyeken, ahol a vastagbél hozzánőtt a hasfalhoz, míg a hashártyával borított részekben **tunica serosa**.

A **féregnyúlvány** (**appendix vermiformis**) nyálkahártyájában kevesebb Lieberkühn-krypta látható. A tunica propria csoportos (aggregált) nyiroktüszőket tartalmaz, melyek a tunica submucosába is betérjednek. Ennek megfelelően a féregnyúlvány tonsillaként funkcionál a vékony és vastagbél határon. A tunica muscularis mindkét rétege folytonos.

A **végbél** (**rectum**) két szakaszra bontható: pars intestinalis és pars analis. A **pars intestinalis** szövettanilag a vastagbélhez hasonló. A **pars analis** azonban három, egymástól különböző zónára tagolható. A **zona columnarisban** 8-10 függőleges nyálkahártyaredő ismerhető fel, innen kapta a nevét. A redők háma többrétegű, el nem szarusodó laphám, míg a redők közötti tasakokat egyrétegű hengerhám fedi. A **zona intermediában** megszűnik a redőzöttség, a hámboríték mindenütt többrétegű el nem szarusodó laphám. A hám alatti kötőszövet egy gazdag vénás plexust (plexus haemorrhoidalis) tartalmaz. A **zona cutanea**

hámja már a bőr elszarusodó hámjának felel meg, a hám alatti kötőszövet pedig verejték- és faggyúmirigyeket, valamint szőrtüszőket tartalmaz.

Az emésztőrendszer nagy mirigyei

A **nyálmirigyek (glandulae salivares)** az elválasztást végző végkamrákból (**acinusokból**) és a váladékot elvezető **kivezetőcsövekből** épülnek fel. A végkamrák és kivezetőcsövek kisebb-nagyobb egységeket, lebenyeket alkotnak, melyek laza kötőszövetbe (**interstitiumba**) vannak ágyazva. A **végkamrák** egy része savós (**serosus**), más része nyákos (**mucinosus**) váladékot termel. A serosus és mucinosus típusú végkamrák leírását az általános szövettanban már tárgyaltuk (l. mirigyhám). Néha mucinosus végkamrák végén serosus sejtcsoport (**Gianuzzi-féle félhold**) figyelhető meg, ilyenkor **kevert végkamráról** beszélünk.

A végkamrákból a váladék **kivezető csőrendszeren** keresztül jut a szájüregbe. A csőrendszer kezdeti szakasza a lebenyen belül helyezkedik el (**intralobularis**), vége viszont a lebenyek közötti kötőszövetbe ágyazódik (**interlobularis**). Az intralobularis szakasznak két részletét különítjük el. Kezdeti része, a **tubulus intercalaris** szűk lumenű, világos plazmájú alacsony köbhámsejtek egyetlen rétegéből álló cső. Következő része, a **tubulus salivalis** tágabb, eosinophilan festődő hengerhámmal bélelt. A hengersejtek basalis része csíkoltnak tűnik, amit a benne párhuzamosan rendezett mitochondriumok okoznak. Az interlobularis kivezetőcsövek egyre nagyobb vezetékek. A **ductus excretoriusokat** bélelő hám előbb magas köb-, majd hengerhám, ez utóbbi a nagyobb kivezetőcsövekben előbb többmagsorosossá, majd többretegűvé válik. A végkamrák és a kivezetőcső külső felszínét **lamina basalis** borítja, a mirigysejtek és a lamina basalis között **myoepithelialis sejtek** fekszenek, melyek kontrakciójukkal a váladékürítést segítik.

A **fültőmirigy (glandula parotis)** tisztán serosus végkamrákból épül fel. A **nyelv alatti mirigy (glandula sublingualis)** túlnyomórészt mucinosus, míg az **állkapocs alatti mirigy (glandula submandibularis)** döntően serosus végkamrákból álló kevert nyálmirigy.

A **hasnyálmirigy (pancreas)** exokrin és endokrin komponensből épül fel. Exokrin állománya szövettanilag a parotiséhoz hasonlít. A serosus váladékot termelő acinusok magas köbhámsejtekből állnak, melyek basalis része erősen basophil, apikális része pedig acidophil szekrécións granulomokat tartalmaz (**zymogen zóna**). A tubulus intercalaris kezdeti szakaszának elvékonyult sejtjei gyakran benyomulnak az acinus lumenébe, ahol mint **centroaciner sejtek** ismerhetők fel. A tubulus salivalis a pancreasban hiányzik. Az exokrin állomány egy sor enzimet (tripszin, kimotripszin, pepszin, elasztáz, ribonukleáz, lipázok, amilázok) termel inaktív előalak formájában (tripszinogén, kimotripszinogén, stb.), melyek a bélbe kerülve válnak aktív enzimmé.

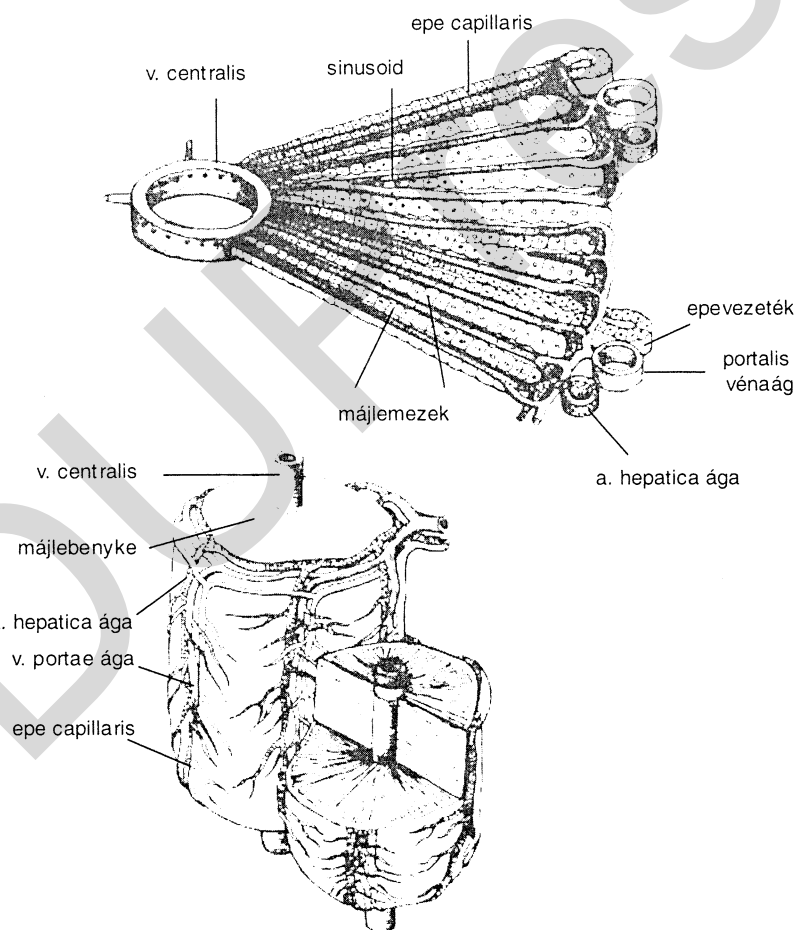
A pancreas endokrin állománya szigetek formájában (Langerhans szigetek, insulák) van jelen. A **Langerhans szigetek** sejtjei hormonokat (insulin, glucagon, szomatosztatin, VIP) termelnek. Úgy rendeződnek, hogy a sziget centrális részén főleg csak insulintermelő sejtek helyezkednek el (**homocelluláris alegység**), míg a periférián glucagont, VIP-et és insulint termelő sejtek vegyesen vannak (**heterocelluláris alagység**). A sejtek egymás funkcióját parakrin szekrécións befolyásolják. A sejtgerendák között bőséges kapillaris hálózatot találunk.

A **máj (hepar)** a legfontosabb anyagcsere- és méregtelenítő szervünk, de mirigy funkciója is van. A bélből felszívódott anyagok a májon keresztül jutnak a szervezet általános keringésébe. A máj a felszívott anyagokat átalakítja, azokból új anyagokat szintetizál, tárolja és az általános keringésbe juttatja a szervezet aktuális szükséglete szerint. A bélből

felszívódott mérgezőanyagokat lebontja. Közben epét termel, ami elősegíti a zsírok bontását és felszívódását a belekben. Mindezeket túl vérfehérjéket (albumin, protrombin, fibrinogén, globulinok, glikoproteinek) és lipoproteineket szintetizál és juttat a keringésbe.

A máj szöveti egysége, a **májlebenyke** hatszögletű hasáb alakú, mintegy 1,5 mm átmérőjű és 2 mm hosszúságú képlet (31. ábra). A lebenykéket kevés kötőszövet választja el egymástól, tengelyükben a v. centralis húzódik, szögleteiknél pedig a **portális triász** képletei futnak a lebenyke hosszirányában. A portális triász az a. hepatica, v. portae és a ductus hepaticus ágaiból (a., v. és ductus interlobularis) alakul ki. A lebenykében a köbalakú májsejtek egysejt-vastagságú lyukacsos **sejtlemezeket** képeznek, melyek a lebenyke periferiája felé haladva elágaznak. A lebenyke szélén a májsejtek zárólemezt formálnak. A lemezek közötti hézagokat vénás üregek, a **májsinusok** töltik ki. Ezekben a v. és a. inter- és perilobularisok vére folyik a v. centralis felé. Ez a szerkezet teszi lehetővé, hogy a májsejtek két felszíne érintkezzék a sinusokkal és kapcsolatba kerülhessen azok vérével. A v. centralisokból a vér végül a v. cava inferior felé vezetődik el.

A májlebenykek közötti kötőszövet finom kollagénróstit és kötőszöveti sejteket tartalmaz. A májlebenyken belül a sinusok falát **rácsrosthálózat** veszi körül, valamint rácrostok találhatóak a sinus és a májsejtek közötti résben (*Disse-féle tér*) is. Ez a finom rosthálózat nyújtja a támasztékot a májlebenyke számára.



31. ábra

Májlebenyke térbeli vázlatja (Carola után).

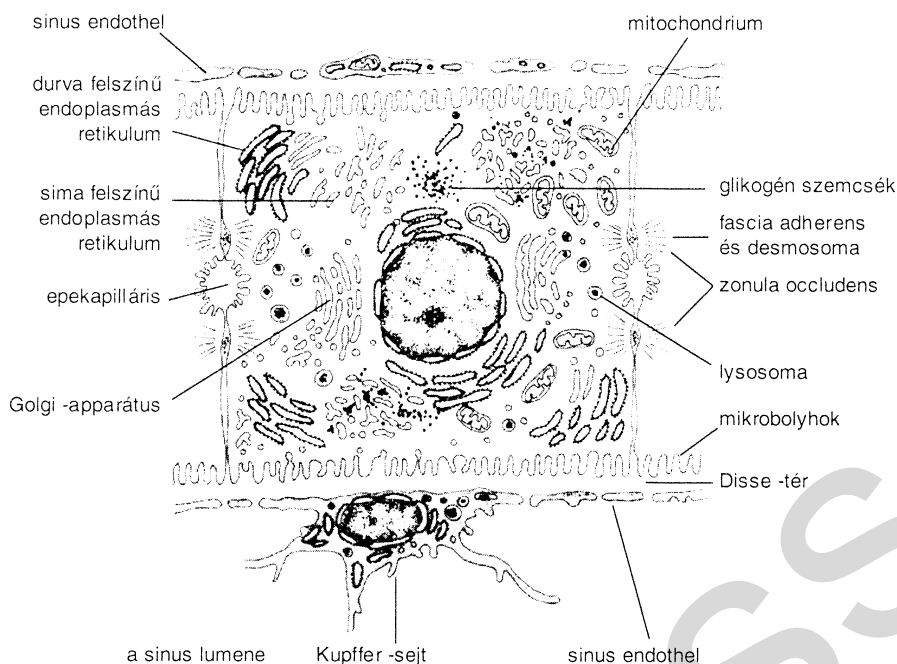
A máj **vérellátása** kettős. Az átáramló vér 75%-a a v. portaeből származik, így oxigénben szegény, de tápanyagokban gazdag. A maradék 25% vér az a. hepatica propriából jön és oxigéndús. Ez utóbbi látja el a máj kötőszövetébe ágyazott képleteket, másrészt a májsinusok rendszerében keveredik a portális vérrel és azt oxigénben gazdagabbá teszi. A sinusok vénás vére a vv. hepaticae gyűjtőrendszerén keresztül a v. cava inferiorba vezetődik.

A máj keringésének funkcionálisan kiemelkedő jelentőségű részét képezik a **májsinusok**. Ezen kapilláriszerű, tágult véredények falát lyukacsos (discontinuus) endothel alkotja (az endothelsejtek között is és az endothelsejtekben is kisebb-nagyobb nyílások vannak). A sinusok külső felszíne pedig a Disse-tér közvetítésével a májsejtekkel (32. ábra) érintkezik. A lyukacsos, lamina basalissal gyakorlatilag nem rendelkező endothel szabad közlekedést enged a májsejt és a vér között a nagyobb molekulák, így a fehérjék és lipoprotein részecskék számára is. A sinusok belső felszínéhez kihorgonyozva és a lumenbe beemelkedve csillag alakú **Kupffer-sejtek** láthatók (32. ábra), melyek (mint az MPS rendszer tagjai) intenzív phagocytózisra képesek. A szervezet idegen részecskékkel (baktériumok, paraziták) szembeni védelmében kiemelkedően fontos szerepet játszanak. Kísérletesen vitális festékek (pl. tripánkék, tus) intravénás injekciója után könnyen kimutathatók. Minthogy ezen festékek kolloidális részecskéit néhány percen belül a vérből kiszűrjük, bekebelezik, így szövettani metszetben könnyen felismerhetővé válnak.

Az endothel és a májsejt felszíne között keskeny rés, az ún. **Disse-tér** (32. ábra) található. A májsejtek Disse-tér felőli oldala mikrobolyhos, az endothel mintegy támaszkodik a mikrobolyhokon. A Disse-térben a májsejtek mikrobolyhokkal növelt felszíne közvetlenül érintkezik a vérrel.

A **májsejtek** (32. ábra) 20-30 μm átmérőjű, kocka alakú hámsejtek. Hat felszínük közül kettő a szomszédos sinusok felé, négy a környező májsejtek felé tekint. A sinusok felé tekintő felszíneket mikrobolyhok borítják. A környező májsejtek felé néző felszíneken középen epekapilláris, annak két oldalán pedig sejtkapcsoló struktúrák (zonula occludens) láthatók, melyek sávszerűen kötik egymáshoz a szomszédos sejteket.

A sejtmag gömbölyű és a sejt közepén helyezkedik el. Egyes sejtek magja feltűnően nagy lehet, gyakran lehet látni kétmagvú sejtet. A cytoplasma durva és sima felszínű endoplazmás reticulum cisternákban egyaránt gazdag, kiterjedt Golgi-apparátussal bír. Benne sok lysosoma és feltűnően sok peroxisoma látható, ami a májsejtek intenzív oxidatív tevékenységével kapcsolatos. Sok mitochondriumot lehet találni. A lebenyke centrális részében lévő májsejtekben főleg hosszú, míg a perifériás sejtekben inkább gömbölyű mitochondriumok vannak. Minthogy a májsejtek tápanyag tárolásra is szolgálnak, a cytoplazmában glikogént és neutrális zsírokat tartalmazó vesiculák is gyakoriak.



32. ábra

Májsejt és sinus finomszerkezeti vázlata (Röhlich után).

Az **eputak** fal nélküli **epekapillárisokkal** kezdődnek, melyek hosszanti cső alakú képződmények a szomszédos májsejtek között (32. ábra). Úgy keletkeznek, hogy a májsejtek érintkezési felszínén közepesen végighúzódnó egy-egy hosszanti barázda peremei sejtkapcsoló struktúrával (zonula occludens) összekapcsolódnak és így a barázdák csövé záródnak. Így módon a májlemezeken belül egymással összefüggő, fal nélküli epekapilláris hálózat alakul ki. A lebenyke széli részén az epekapillárisok köbhámsejtekből képződött szűk epeútba, az ún. **Hering-csatornába** torkollanak. Ezekből az epe a lebenyket körülvevő kötőszövetben futó, egyrétegű köbhámából és vékony kötőszövetből álló **ductus biliferusba**, majd **ductus interlobularisba** (31. ábra) ömlik. A nagyobb eputakat hengerhám béleli. A májkapun kilépve az eputak **ductus hepaticusszá** egyesülnek, majd ez utóbbi az epehólyag felől érkező **ductus cysticusszal** összeömlve a közös epevezeték (**ductus choledochus**) képezi, mely az epét a duodenumba vezeti.

Az **epehólyag (vesica fellea)** fala három rétegű. Belső falát (**tunica mucosa**) testünk legszabályosabb egyrétegű hengerhámja és az alatta lévő lamina propria képezi. A hámsejtek nyákszerű anyagot termelnek, de az apikális felszínüket borító mikrobolyhok jelzik, hogy abszorpcióra (az epe besűrítésére) is képesek. A középső réteg simaizom (**tunica muscularis**), melyben a simaizomsejtek hálózatot képeznek. Külső rétege a hashártyával borított oldalán **tunica serosa**, a májjal érintkező felszínén pedig **tunica adventitia**.

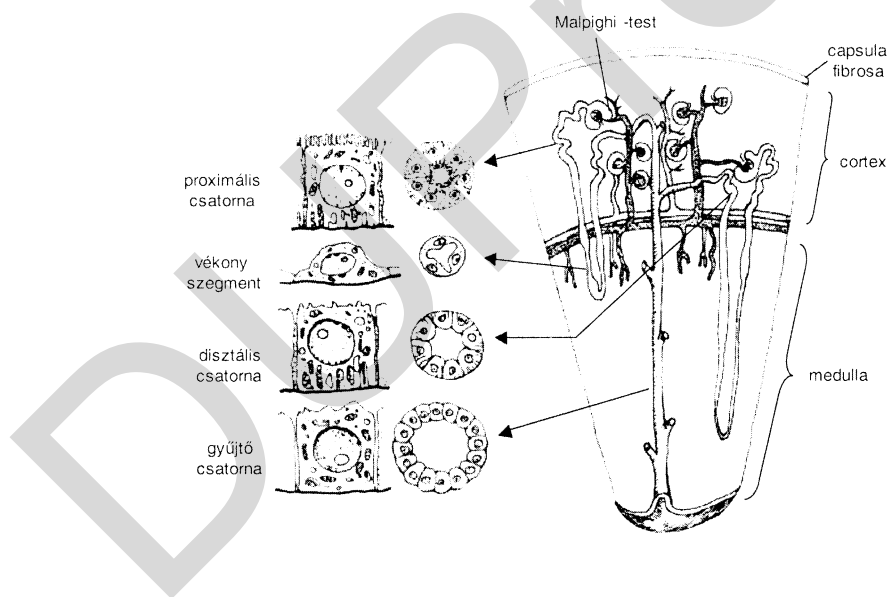
VIZELETKIVÁLASZTÓ ÉS -ELVEZETŐ RENDSZER

A vizeletkiválasztó és -elvezető rendszer a veséket, húgyvezetőket, húgyhólyagot és a húgycsövet foglalja magában.

A **vese (ren)** bab alakú szerv, medialis oldalán behúzózással (*vesekapu, hilus*), mely a szerv belsejébe, a veseöblbe (*sinus renis*) folytatódik. A veseöblöt a vese kelyhei (*calices minores* és *maiores*), az egyesülésükből előálló vese medence (*pelvis renis*), a vesekapun be- és kilépő *vér- és nyirokerek*, valamint a közöttük lévő *zsiros kötőszövet* tölti ki.

A vese kötőszövetes vázból (*stroma*) és működőállományból (*parenchyma*) épül fel. Az előbbi a vesetokot és a vese állományában lévő kevés interstitiális kötőszövetet foglalja magába. Az utóbbi a nephronokat és gyűjtőcsatornákat tartalmazza. A vese parenchyma velő- és kéregállományból áll. A velőállományt (*medulla renalis*) a kúp alakú *vesepiramisok* képviselik, melyek tompa csúcsai (*papillae renales*) a kis kelyhekbe türemkednek. A vesetok alatt fekvő kéregállomány (*cortex renalis*) körbeveszi a velőpiramisokat a papilla kivételével. A piamisok basisáról *velősugarak* nyomulnak a kéregállományba. A velősugarak gyűjtőcsatornákat és más egyenes csatornaszakaszokat tartalmaznak. A velősugarak közötti parenchyma részlet, az ún. *kérgi labirintus* vesetestecskékből és kanyarult csatornaszakaszokból áll.

A vese parenchyma strukturális és funkcionális egysége a **nephron** (33. ábra). A nephron a vesetestecskével (*corpusculum renale Malpighi*) kezdődik és egy bonyolult lefutású vese csatornában (*tubulus renalis*) folytatódik.



33. ábra

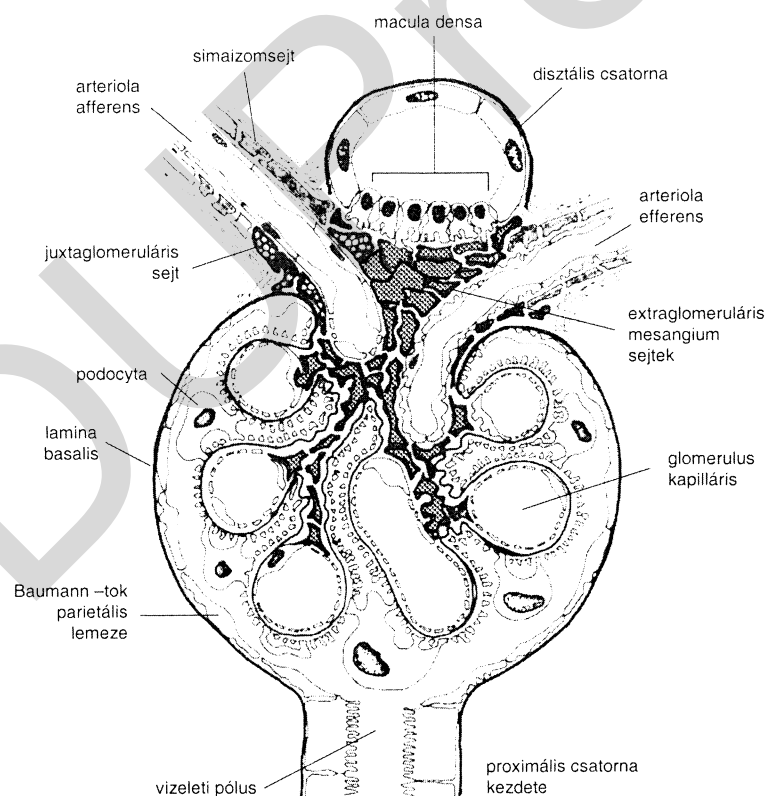
A nephron részeinek vázlata és az egyes szakaszok keresztmetszeti képe.

A **Malpighi-test** (34. ábra) gömbölyded képlet, mely a nephron proximális végének labdaszerűen kitágult részletéből (**Bowman-tok**) és az abba betüremkedő artériás kapilláris hálózattól (**érgomolyag, glomerulus**) áll. Minthogy a kapilláris hálózat mintegy magára vonja a Bowman-tokot, így annak külső (parietalis) és belső (visceralis) lemezét lehet

elkülöníteni. A *parietalis lemez*, egyrétegű laphám, mely a vizeleti pólusnál a proximális vesecsatorna hámban, az érpólusnál pedig visszahajolva a visceralis lemezben folytatódik. A *visceralis lemez*, a bél mesenteriumához hasonlóan a glomerulus-kapillárisokra fekszik és kitölti azok közeit is. Sejtjei jellegzetes lábas sejtekké, *podocytákká* alakulnak, melyek lábszerű nyúlványaikkal körül fonják a kapillárisokat. Az érpóluson be és kilépő erek arteriolák (*vas afferens* és *vas efferens*). A vas afferens kapillarizálódásával képződik az *érgomolyag (glomerulus)* és ágaiból szedődik össze a vas efferens.

A *glomerulus kapillárisainak endothelsejtjei* rendkívüli mértékben *feneztráltak*. Ennek fontos szerep jut az *ultrafiltrációban*. A feneztrákat, vagy pórusokat az endothelsejtet borító *glikokalyx* hidalja át. Ennek külső oldalán a *lamina basalis* helyezkedik el, az egyetlen összefüggő, folyamatos struktúra, mely a kapillaris lument a Bowman-tok üregétől elválasztja. A lamina basalis az átlagosnál vastagabb, más lamina basalisokhoz képest több heparánszulfátot és kevesebb laminint tartalmaz. A lamina basalis külső oldalán az összekulcsolódó kéz ujjaihoz hasonlóan alternáló *podocytalábak* és a közöttük kifeszülő *résmembrán* található. Az ultrafiltráció tehát a fenti rétegeken keresztül történik, melyek közül kiemelkedő szerep jut a lamina basalisnak.

A glomeruláris kapillárisok találkozási pontjainál szabálytalan alakú, megnyúlt sejtek, un. *mesangiumsejtek* (34. ábra) láthatók. Ezeket a pericyták analógiájának tartják. Funkciójuk pontosan nem ismert. Egyrészt támasztó funkciót láthatnak el, másrészt phagocytáló képességük révén a lamina basalis tisztítását végezhetik az ultrafiltráció során benne lerakódott plazmakomponensektől.



34. ábra

A Malpighi test és a juxtaglomeruláris apparátus vázlata (Ross után)

A *vesetubulus* a Malpighi-testtől a gyűjtőcsatornába való beszájadzásig terjedő csatorna, mely a következő szakaszokra osztható (33. ábra): proximális csatorna (tubulus proximalis), vékony szegmentum (tubulus intermedius), disztális csatorna (tubulus distalis) és bekötő csatorna (tubulus reuniens).

A *proximális csatorna* a Malpighi-test vizeleti pólusánál kezdődik a kanyarulatossá (pars convoluta), ami aztán egyenes szakaszban (pars recta) folytatódik. Falát *kefeszegélyes egyrétegű köbhám* képezi. A köbhámsejtek plazmája acidophilan festődik és basalis csíkolatot mutat. Elektronmikroszkópos képen a mikrobolyhok tövével *pinocytotikus vesiculák* lefüződése, a cytoplazmában pedig számos *lysosoma* figyelhető meg. Ez a hám a szűrletbe került peptideket, oligoszacharidokat visszaveszi, lebontja, transzportálhatóvá teszi, és a szűrletből az ionokat, kis molekulákat reszorbeálja. Az energiaigényes funkcióhoz az energiát a basalis elhelyezkedő sok megnyúlt mitochondrium szolgáltatja, melyeket a basalis sejthártya betüremkedései párhuzamosan egymás mellé rendeznek, ami a basalis csíkolatot eredményezi.

A *tubulus intermedius* vékony, hajtúszerű csatornaszakasz (Henle-kacs), falát *alacsony laphám* alkotja, melynek lumen felőli felszíne sima. A magot tartalmazó sejtrész bedomborodik a tubulus lumenbe. A Henle-kacsok és a köztük futó vérerek egymással szoros közelségbe kerülnek, és így ún. ellenáramlásos kicserélődést tesznek lehetővé. Ebben a csatornaszakaszban vízvisszaszívás történik.

A *disztális tubulus* megint egyenes (pars recta) és kanyarulatossá (pars convoluta) szakaszra tagolódik. Az egyenes szakasz a Henle-kacs felszálló részét adja. Visszatér saját vesetestecskéjének érpólusához, ahol hámjának egy része jellegzetes szerkezetváltozást mutat (*macula densa*). Ezt követően a disztális tubulus kanyarulatossá válik. A disztális tubulus hámja *egyrétegű köbhám*, mely a proximális tubulusnál alacsonyabb és kefeszegélymentes, bár néhány mikrobolyh látható rajta. A rendezetten elhelyezkedő mitochondriumok itt is basalis csíkolatot okoznak. Ebben a szakaszban a legaktívabb a Na^+ (és Ca^{2+}) transzport.

A *tubulus reuniens* kapcsolja a nephront a gyűjtőcsatornához. Rövid csatornaszakasz, hámja *egyrétegű köbhám*.

Kiemelt jelentőséggel bír a vesetestecske érpólusán található *juxtaglomeruláris apparátus (JGA)*, mely a vizelet Na^+ koncentrációját ellenőrzi és a vérnyomást szabályozza. Részei: a macula densa, a juxtaglomeruláris sejtek és az extraglomeruláris mesangiális sejtek.

A *macula densa* (34. ábra) a disztális tubulus falának sötétebben festődő területe egy kicsiny szakaszon, ahol saját glomerulusának érpólusához fekszik. Itt ugyanis a tubulus falát képező sejtek keskenyebbek és magasabbak, miáltal magjuk egymáshoz közelebb kerül. Rajtuk apikálisan számos mikrobolyh látható, basalis csíkolatuk gyengébb. Elektronmikroszkópban ezek a sejtek sötétebbek, mint a környező sejtek, alattuk a lamina basalis inkomplett, így a macula densa sejtszelei az extraglomeruláris sejtekkel léphetnek kapcsolatba. A macula densa sejtszelei receptorként érzékelhetik a distalis kanyarulatossá csatornában áramló vizelet mennyiségét és/vagy ionkoncentrációját, és ennek alapján befolyásolják a juxtaglomeruláris sejtek renintermelését.

A *juxtaglomeruláris sejtek (JG-sejtek)*, (34. ábra) a macula densa szomszédságában haladó arteriola afferens falának simaizomsejtszelei, melyek *erősen módosult myoepithelsejtek* alakulnak. Plazmájukban nagyszámú szekréciós granulum található, melyek *renin* és *lysosomális enzimeket* tartalmaznak. A renin a vérplazmában angiotenzinogénből angiotenzin képződését serkenti. Az *angiotenzin* erős érszűkítő, így a vérnyomás emelésével a vese vérátáramlását fokozza.

Az érpólus és a macula densa között ellapulnak csillag alakú sejtek láthatók, gömbölyű, sötét sejt-maggal. Ezek az *extraglomeruláris mesangiumsejtek* (34. ábra). Nyúlványaik szabálytalan hálózatot képeznek, amit *lacisnak* neveznek. A hálózatban adrenerg idegvégződések figyelhetők meg.

A **vese gyűjtőcsatornáinak** kisebb hányada a velősugarakban, többsége a vesepiramisokban található. Átlagosan 12 nephron végződik egy gyűjtőcsatornában és 4-6 gyűjtőcsatorna van egy velősugárban. A **kisebb gyűjtőcsatornák** kb. 40 µm átmérőjűek, köbhámmal béleltek. Disztál felé átmérőjük növekszik, és falukat egyre inkább hengerhám béleli. A **ductus papillaris** már 200-300 µm átmérőjű, magas hengerhámval bélelt, mely a vezeték papilláris nyílásánál a vesepapilla hámjában folytatódik.

A **vese vérellátása**. A vese hilusán belépő a. renalis *aa. interlobaresre* ágazik, melyek a kéreg-velő határon *aa. arcuataekra* oszlanak. Ezek ágai, az *aa. interlobulares* a kéregállományban, a velősugarak között a vesetok felé haladnak. Az *aa. interlobulares* adják le a *vas afferenseket*, melyek a *glomerulusba* lépnek. A vér a glomerulust a *vas efferenseken* keresztül hagyja el, melyek ugyancsak arteriolák. Ezek elágazásából keletkezik a *peritubuláris kapilláris hálózat*. A kapillárisok *venulákba* szedődnek össze, melyek az artériák mentén haladva egyre nagyobb *vénákká* állnak össze. A kéreg-velő határon elhelyezkedő (juxtamedullaris) glomerulusokból kilépő efferens arteriolák hosszú, egyenes, leszálló ereket képeznek (*leszálló vasa recta*). Ezek a szintén egyenes *venula rectákba* folytatódnak. A fel- és leszálló vasa recta érkezteket képeznek, melyek a leszálló vékony csatornaszakaszokkal vannak szoros közelségben. Ennek a vízviasszaszívásban tulajdonítanak jelentőséget.

A **vizeletelvezető utak** néven a kis és nagy kelyheket, a vesemedencét, húgyvezetékét, húgyhólyagot és húgycsövet foglaljuk össze. A ductus papillarisok hengerhámja a papilla felszínén folytatódik, majd annak szélénél *urotheliumba* megy át. A kis és nagy kelyheket, vesemedencét, uretert, húgyhólyagot és a húgycső egy részét ez a hámtípus borítja. A **kis és nagy kelyhek** nyálkahártyájában a hámréteg alatt vékony *lamina propria* látható. A *tunica muscularis* részben hosszanti, részben körkörös simaizomrétegből épül fel, alatta vékony *tunica adventitia* található. A **vesemedence** szerkezete az előbbiekhöz hasonló.

A **húgyvezeték (ureter)** *tunica mucosájában* az urothelium alatti lamina propria az előbbieknél vastagabb kötőszöveti réteg, gazdag ér- és ideghálózattal. A nyálkahártya hosszanti redőket vet, minek következtében a lumen csillag alakú. A *tunica muscularis* belső hosszanti, középső körkörös és külső hosszanti simaizom rétegből épül fel. Az izomzat perisztaltikus mozgása továbbítja a vizeletet a vesemedencéből a húgyhólyagba. A *tunica adventitia* vér- és nyirokerekben, továbbá zsírsejtekből gazdag laza kötőszövet.

A **húgyhólyag (vesica urinaria)** nyálkahártyája üres állapotban redőzött, telt hólyagban sima. Urothelium borítása a teltség függvényében változó vastagságú. Üres hólyagban akár 8-10 sejtrétegnyi is lehet, míg telt hólyagban 2-3 rétegvé vékonyodik. A lamina propria laza kötőszöve alatt a lamina muscularis mucosae simaizom rétege alig látható, a trigonum vesicae területén teljesen hiányzik. A *tunica submucosa* elasztikus rostokban, vér- és nyirokerekben, valamint idegrostokban bővelkedő laza rostos kötőszövet. Az izomréteg (*tunica muscularis*) egymással összefonódó három (belső hosszanti, középső körkörös, külső hosszanti) simaizomrétegből áll. A húgycső eredésénél a körkörös izomréteg megerősödik (m. sphincter vesicae). A hashártyával borított részen a *tunica subserosa* vékony laza kötőszövetes réteget felül a hashártya borítja (*tunica serosa*), hashártyamentes részein a laza kötőszövet erekben és idegekben gazdag *tunica adventitiát* képez.

A **női húgycső** 3-5 cm hosszú, nyálkahártyával bélelt izmos falú cső. A nyálkahártya hámjá kezdetben urothelium, a középső húgycsőszakaszon többrétegű henger- vagy köbhám, az utolsó szakaszon pedig többrétegű, el nem szarusodó laphám. A *lamina propria* kötőszöve vékonyfalú sinusrendszert tartalmaz, így duzzadásra képes cavernosus szövetnek felel meg. A *tunica muscularis* belső körkörös és külső hosszanti simaizomrétegből áll. A *tunica adventitia* vékony kötőszöveti réteg, a húgycső distalis szakaszán szorosan összefügg a hüvely falával.

A **férfi húgycső** 20-25 cm hosszú és három szakaszra osztható: pars prostatica, pars membranacea és pars spongiosa. Kettős funkciójú: egyrészt a vizeletet juttatja a külvilágba, másrészt a genitális rendszer része.

A **pars prostatica** 3-4 cm hosszú szakasz a prostatába ágyazva. Nyálkahártyájának hámja **urothelium**, lamina propriája laza kötőszövetes réteg. Ennek külső oldalán a prostata állományát találjuk, annak legbelső (mucosa) mirigyeivel.

A **pars membranacea** rövid, mindössze 1-2 cm-es szakasz. A diaphragma urogenitale izomrétegét és fasciáit fúrja át. Nyálkahártyájának hámja **egyrétegű henger- vagy köbhám**, lamina propriája laza kötőszövet. A tunica muscularis belső körkörös és külső hosszanti simaizomrétegből áll. A belső körkörös simaizomzat megerősödése képezi a húgycső belső záróizmát. Ehhez csatlakozik kívülről a diaphragma urogenitale körkörös harántcsíktolt izomrostokkal, a külső záróizmot alkotva.

A **pars spongiosa** a húgycső leghosszabb szakasza, 15-20 cm hosszú. Nyálkahártyáját **többrétegű hengerhám** borítja, mely a húgycső utolsó részében **többrétegű, el nem szarusodó laphám**ba megy át. A hámba ágyazottan mucinosus sejtekkel bélelt apró kiöblösödések, ún. *endoepithelialis mirigyek* találhatóak, melyek váladéka a vizelet károsító hatásától védi a hámot. Ezek mellett a hám hosszanti invaginációkat (*lacunae urethrales*) is alkot a lamina propria kötőszövetében, beléjük nyílnak a *Littre-féle mirigyek*. Ez utóbbiak mucinosus, összetett tubuláris mirigyek, váladékuk ugyancsak hámvédő. A lamina propria alatt a penis corpus spongiosumának cavernosus állománya található.

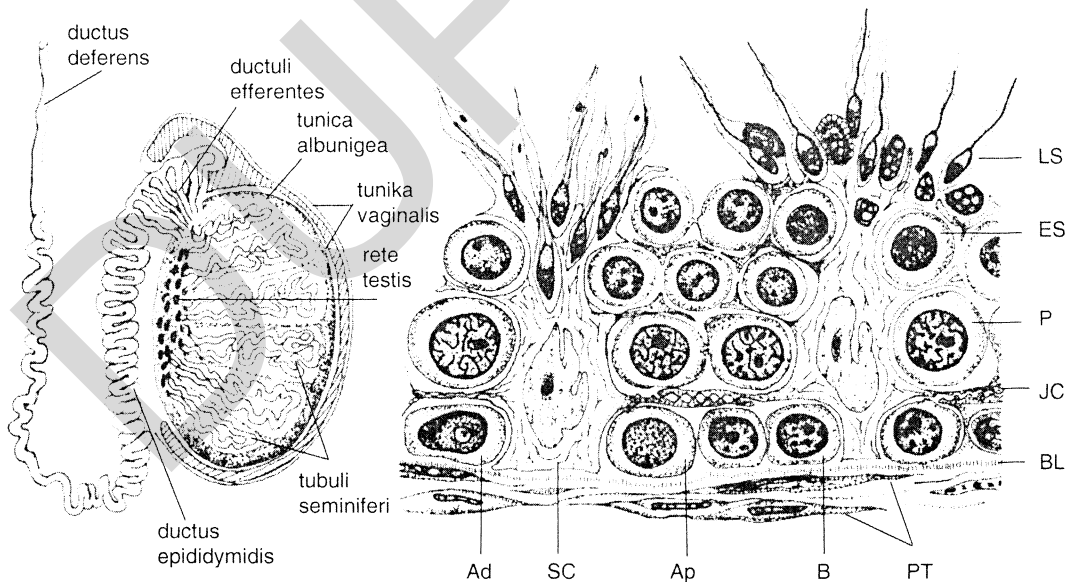
FÉRFI NEMI SZERVEK

A férfi nemi szervek fogalmkörébe a heréket, mellékheréket, genitális csatornákat, járulékos nemi mirigyeket és a penist soroljuk.

A **here (testis)** ovális alakú, páros szerv (35. ábra A), mely kettős funkciót lát el: a hímivarsejtek és a steroid hormonok termelését. Felszínét vastkos kötőszövetes tok, a **tunica albuginea** borítja. Hátsó széle mentén a kötőszövet benyomul a here belsejébe, a **mediastinum testist** képezve. A mediastinumon keresztül vezetékek, erek és idegek lépnek ki és be a herébe. A mediastinumtól a tunica albuginea-hoz számos vékony kötőszövetes septum húzódik, melyek piramis alakú **lebenyekre** osztják a herét. Minden lebenyke (**lobulus**) 1-4 erősen kanyargós **herecsatornácskát** tartalmaz. Ezekben a csatornácskákban történik a hím ivarsejtek (**spermiumok**) képződése (**spermatogenesis**). A lebenyke csúcsa közelében a rövid egyenes csatornaszakaszban folytatódnak, melyek a genitális vezetékrendszer első szegmentjét alkotják.

A herecsatornácskák között kis vér- és nyirokerek, makrophagok, valamint **Leydig-féle intersticiális sejtek** találhatóak. Ez utóbbiak endokrin funkciójú sejtek, melyek steroid hormonokat, főleg **testosteront** termelnek.

A **herecsatornácskák (tubuli seminiferi contorti, 35. ábra B)** falát jól definiált **basalmembrán**, vékony **lamina propria** és ezen kívül **peritubuláris kontraktilis sejtek** 3-5 rétege alkotja. A peritubularis sejtek myoid sejtek, finomszerkezetükben a simaizomhoz hasonlítanak. Ritmikus kontrakcióik perisztaltikus hullámokat keltve előre mozgatják a spermiumokat és a spermafolyadékot az elvezető csőrendszer irányába. A lamina basalis belső oldalán a **hím csírahám** helyezkedik el. Ez komplex többrétegű hám, mely két alap sejttypusból áll: a **Sertoli-sejtekből** és a **spermaképző sejtekből**.



35. ábra

A here és mellékhere szerkezete, a herecsatornácska falszerkezetének és a spermatogenesis folyamatának finomszerkezeti vázlata (Ross után). (Ad: „sötét A” típusú spermatogonium, Ap: „világos A” típusú spermatogonium, B: „B” típusú spermatogonium, SC: Sertoli sejt, PT: peritubularis contractilis sejtek, BL: lamina basalis, JC: Sertoli-Sertoli-féle junctionális complex, P: primer spermatocyta, ES: korai spermatida, LS: késői spermatida.)

A **Sertoli-sejtek**, vagy „dajka sejtek” egy nem proliferáló sejtpopulációt alkotnak. Hengerded sejtek gömbölyded, vagy ovális maggal, apikális és laterális nyúlványokkal, mely nyúlványok a szomszédos spermatogén sejteket körülveszik és kitöltik a köztük levő teret. Rutin HE-festett metszetekben a nyúlványok nem látszanak. A szomszédos Sertoli-sejtek laterális nyúlványait szokatlanul erős junctionális komplex (**Sertoli-Sertoli junkcionális komplex**) kapcsolja egymáshoz, mely tight junctionból, ellapult endoplazmás reticulum ciszternákból és az előbbieik között hexagonálisan rendezett aktin filamentum kötegekből áll. A Sertoli-sejtek, minthogy a csatornahám teljes szélességén átérnek, a tubulusok struktúrális rendezettségét szolgálják.

A **csíráképző (spermatogén) sejtek** a differenciálódás különböző fázisaiban lévő sejtekből álló, proliferáló sejtpopulációt képeznek. A spermatogenesis három fázisra bontható: (1) *spermatogoniális fázis*, (2) *spermatocytá fázis* és (3) *spermatida fázis*. A legéretlenebb sejtek a basalmembrán közelében helyezkednek el. Ahogy a sejtek proliferálnak és differenciálódásba kezdenek, a csatorna lumene felé vándorolnak. Általában 4-5 sejtréteget, a fejlődés különböző fázisaiban lévő sejtek generációit reprezentáló rétegeket lehet elkülöníteni a csírahámom belül. Legkívül a *spermatogoniumok* találhatóak, melyek törzssejtekből származnak, mitózisok sorozatán és korlátozott differenciálódáson mennek keresztül. Utolsó mitotikus osztódásuk adja a *spermatocytákat*. Ezek meiotikusan osztódnak és *spermatidákká* alakulnak. A spermatidák haploid chromosoma garnitúrával bíró sejtek, melyek aztán drámai morfológiai differenciálódáson mennek át, amit spermio(histo)genesisnek nevezünk és melynek során *spermiumokká* alakulnak.

A **Sertoli-Sertoli junkcionális komplexek** a herecsatornácskát és vele együtt a csírahámot is két kompartmentre osztják: egy **bazális kompartmentre**, ami a spermatogoniumokat és fiatal spermatocytákat tartalmazza, és egy **lumenfelőli kompartmentre**, ami a későbbi (primer és secunder) spermatocytákat, a spermatidákat, és az érett spermiumokat tartalmazza. A csírahám kompartmentalizációjával a Sertoli-sejtek biztosítják azt a mikrokörnyezetet, mely lehetővé teszi a spermatogén sejteknek, hogy meiosison és további differenciatív eseményeken menjenek keresztül. A spermatogoniumok utolsó mitotikus osztódásával képződött (fiatal) primer spermatocytáknak át kell haladniuk a junkciós komplexen ahhoz, hogy beléphessenek a lumenfelőli kompartmentbe.

A Sertoli-Sertoli junctionális komplex egy barriert, ún. **vér-here gátat** képez, mely fontos immunológiai jelentőséggel bír. Ez a védő gát biztosítja, hogy a herecsatornácskák közötti erekből szérumfehérjék és immunglobulinok ne juthassanak a lumenfelőli kompartmentbe. Ez azért fontos, mert (1) a lumenfelőli kompartmentben lévő spermatogén sejtek és spermiumok olyan anyagokat is tartalmaznak, melyek kizárólag bennük fordulnak elő és ezért az immunrendszer mint testidegent ismerné fel ezeket. Ráadásul (2) spermiumok először a pubertáskor képződnek, jóval azután, hogy az egyén immunkompetenssé vált, azaz hogy immunrendszere már felismeri a testidegen molekulákat és antitestet termel ellenük. Így az immunrendszer elpusztítaná ezeket a sejteket. A vér-here gát tehát nélkülözhetetlen a differenciálódáson áteső spermaképző sejtek immunrendszertől való izolálásában.

A **spermatogenesis** az a fejlődési folyamat, melyen keresztül a spermatogén sejtek átalakulnak differenciálatlan, diploid (2n) spermatogoniumokból magasan differenciált haploid (n) spermiumokká. Minden sejt három fő fázison megy keresztül: a spermatogonium fázison, spermatocytá fázison (meiosis) és spermatida fázison (spermiogenesis).

A **spermatogoniumok** a basális kompartmentben lévő, gömbölyű, kb. 12 μm átmérőjű, kerek magvú sejtek. Emberben három morfológiailag különböző spermatogonium típust lehet leírni: *sötét A* (Ad), *világos A* (Ap) és *B* típust. (Csak sejtmagjuk chromatinállományában és festődésében különböznek egymástól. Az A típusokban a sejtmag sötéten vagy világosan festődik aszerint, hogy homogén chromatin állománya sűrű, vagy ritka. A B típus magjának chromatin állománya a maghártya közelében kötegeket képez.)

Az Ad spermatogóniumok tartalék stem sejtekként szolgálnak, ritkán osztódva, hogy Ap típust képezzenek, ez utóbbi viszont mitózisok sorozatán megy át, végül B típusú sejtet produkálva. A B típus még egyszer mitotikusan osztódik, ez a mitosis szolgáltatja a primer spermatocytákat, melyek megjelenésével kezdetét veszi a meioticus fázis.

A **primer spermatocyták** még hasonlítanak a spermatogóniumokhoz. Gyorsan eltávolodnak a lamina basalistól és átmennek a Sertoli-Sertoli junkcionális komplexen a lumenfelőli kompartmentbe. Ezután méretben növekszenek (16 µm átmérőjűvé válnak) és jellegzetes nukleáris morfológiát mutatnak (gombolyag-szerű, monospiréma rajzolat), ahogy átmennek a meioticus profázis stádiumain. Az első meioticus osztlás révén keletkezett **secunder spermatocyták** kb. 9 µm átmérőjűek, de minthogy csupán 6-8 óra élettartamúak, csak ritkán láthatók. (Az egész meioticus fázis 24 napig tart). A secunder spermatocyták equatoriális osztódáson esnek át és spermatidákat képeznek.

A **spermatida fázis** vagy **spermiogenesis** olyan differenciálódási folyamat, tulajdonképpen metamorfózis, melynek révén a meioticus osztódással keletkezett spermatidák spermiumokká alakulnak. Ezen átalakulás fő lépései: az **acrosoma képződés**, a **farok képződés**, a **chromatin kondenzáció** és a **cytoplazma felesleg elvesztése**. A korai spermatida kb. 6 µm átmérőjű, gömbölyű, vagy enyhén poligonális sejt, halványan festődő gömbölyded maggal. Sejtorganellumai markáns változásokon mennek keresztül. Először a Golgi komplexről fűződik le a szénhidrátokban gazdag akrosomális vesicula. Majd megnagyobbodik és a maghártyához tapadva egy lapos zsákot alakít ki a még gömbölyű sejttag elülső felén (**acrosoma**). A zsák belsejében szénhidrátokat és hidrolitikus enzimeket (hyaluronidáz, savi foszfataz, neuraminidáz, acrosin) tartalmaz. Ezen enzimek teszik majd képessé az érett spermiumot a petesejtet körülvevő corona radiata sejtek közötti áthatolásra és a petesejt membránjának penetrációjára. Közben a spermatida **magjának chromatin állománya erősen összetömörül**, a leendő spermium fejévé válik. A centriolumból **farok képződik**. A spermatida érésének végstádiumában az immár felesleges cytoplazma, mely a feleslegessé vált sejtorganellumokat is tartalmazza, mint membránnal határolt **residualis test** leválik a spermiumról. Amint a spermium kiszabadul a csírahámból, a residualis testecskét a Sertoli-sejtek fagocitálják.

A fent vázolt differenciatív történések egy strukturálisan egyedülálló, mozgékony sejtet, **spermiumot** eredményeznek, mely haploid chromosoma készletét transzportálni képes a petesejtbe. A spermium fej, nyak és farok részből áll. A farok tovább tagolható közép-, fő- és végdarabra. A **fej** lapított körte alakú, a sejttagot és annak elülső részén az acrosoma sapkát tartalmazza. A rövid **nyak** a feji és farki részt köti össze, benne van a két centriolum. A **farok középdarab** közepén a mikrotubulus komplexust, szélén a spirálba rendeződött mitochondriumokat találjuk. A **farok fődarab** mikrotubulusokat és durva rostokat, a **végdarab** már csak mikrotubulusokat tartalmaz.

Az érett spermiumok a kanyarulat csatornácskákból a rövid egyenes csatornaszakaszba (**tubuli seminiferi recti**) kerülnek, ahol csírasejtképzés már nincs, a csatorna falat csak a Sertoli-sejteknek megfelelő egyrétegű hengerhám alkotja. Innen tovább a mediastinum kötőszövetében lévő hálózatos résrendszerbe (**rete testis**, 35. ábra) jutnak, melyet alacsony köbhám bélel.

Mellékhere (epididymis). A következő elvezető csatorna szakasz, a **ductuli efferentes testis** (35. ábra A) már a mellékhere feji részében található. Amint kilépnek a heréből a ductuli efferentes, erősen kanyargóssá válnak és 6-10 kúp alakú képződményt (coni vasculosi) alakítanak ki. A kúpok bázisukon egyetlen közös csatornába, a **ductus epididymidisbe** (35. ábra A) folytatódnak. A **ductuli efferentes** egyrétegű, többmagsoros hengerhám béleli, mely felváltva tartalmazza magas hengerhám és alacsonyabb köbhámsejtek csoportjait. A hengerhámsejtek apikális végén kinociliumok láthatók. A hámat vékony

simaizomréteg veszi körül, mely a ductus epididymidis felé haladva egyre vastagszik. A *ductus epididymidis* erősen kanyargós, többmagsoros stereociliumos hengerhám béleli, amit a vékony lamina propria körül simaizom köpeny vesz körül.

Ondóvezeték (ductus deferens). A ductus epididymidis a mellékherét elhagyva a *ductus deferensbe* (35. ábra A) folytatódik. Ez vastag falú, izmos cső, mely a mellékhere farkánál kezdődik és a húgycső pars prostaticájában végződik. Falát belső mucosa, középső muscularis és külső adventitiális réteg alkotja. Nyálkahártyája hosszanti redőket vet, ezért a lumen csillag alakú. Hámborítása többmagsoros stereociliumos hengerhám, a lamina propria elasztikus rostokban gazdag. A meglehetősen vaskos izomzat belső hosszanti, középső körkörös és külső hosszanti simaizom rétegekből áll. A vaskos izomzathoz vegetatív idegrostok kiterjedt hálózata kapcsolódik. Az adventitia kötőszövetében ereket és adrenerg idegrostokat találunk. Distalis végén az ondóhólyag kivezetőcsövével együtt a *ductus ejaculatorius* képzésében vesz részt. Egyesülés előtti szakasza kiöblösödve az *ampulla ductus deferentis* képezi.

Járulékos nemi mirigyek. A két ampulla ductus deferentistól oldalt fekvő *ondóhólyagok (vesiculae seminales)* vékony falú, zsákszerű képződmények. Minthogy a ductus deferens diverticulumaként fejlődnek, szöveti szerkezetük a ductus deferensére emlékeztet. A vesicula seminalis nyálkahártyája erősen redőzött és így számos, szabálytalan alakú kamrát, vagy kryptát képez. Többmagsoros hámját közepesen magas hengersejtek képezik. Ezek cytoplazmája nagy szekréciós granulumokat és sárga lipochrom pigmentet tartalmaz. A hám tehát szekréciós hám. A lamina propria elasztikus rostokban gazdag és kevés simaizomsejt is van benne. A mirigy szekréciós terméke sárgás színű, enyhén alkális, nyúlós folyadék, mely fruktózban gazdag.

A *prostatea*, a járulékos nemi mirigyek legnagyobbika, a férfi húgycső kezdeti szakaszát veszi körül. Szelidgesztenye alakú, lefelé tekintő csúccsal, felfelé néző bázissal. Mintegy 30-50 tubuloalveoláris mirigyből áll. A mirigyek kivezetőcsövei konvergálnak és 16-32 terminális ductust képeznek, melyek aztán közvetlenül a pars prostatica urethrae-be nyílnak. A mirigyvégkamráknak három csoportját: *musosa mirigyeket*, *submucosa mirigyeket* és *fő mirigyeket* lehet megkülönböztetni, melyek a húgycső körül koncentrikus körökben helyezkednek el.

A *mirigyek hámja* egyrétegű, néha többmagsoros hengerhám, de a hengersejtek között alacsony köbös, vagy néha egészen lapos sejtek is találhatóak. A hámsejtek szekréciós granulumokat és lipid cseppecskéket tartalmaznak. A prostata váladéka híg, tejszerű folyadék, mely a prostata simaizomzatának kontrakciójakor ürül a húgycsőbe. Proteolitikus enzimekben, savanyú foszfátokban, fibrinolizinben és citromsavban gazdag.

A *stroma* sok simaizomsejtet és fibroelasztikus kötőszövetet tartalmaz. Benne szétszórtan számos vér- és nyirokér, valamint idegrost látható.

A mirigyvégkamrák egy részében idős korban *prostatea köveknek (corpora amylacea)* nevezett gömbölyded képződmények fordulnak elő. Méretük változó, elérheti az 1 mm-t is és kalcifikálódnak. Metszetben koncentrikusan lemezes szerkezetűnek látszanak.

A *glandula bulbourethralis* nevű páros mirigyek a gáton helyezkednek el és húgycső bulbusába nyílnak. Tubuloalveoláris szerkezetűek, rostos kötőszövetbe és harántcsíkolt izomba ágyazódnak. A mirigyhám hengeres vagy alacsony köbös, a funkcionális állapottól függően. Erotikus izgalom hatására víztiszta, viszkózus, nyákszerű váladékot ürítenek a húgycsőbe, mely annak sikosítására szolgál.

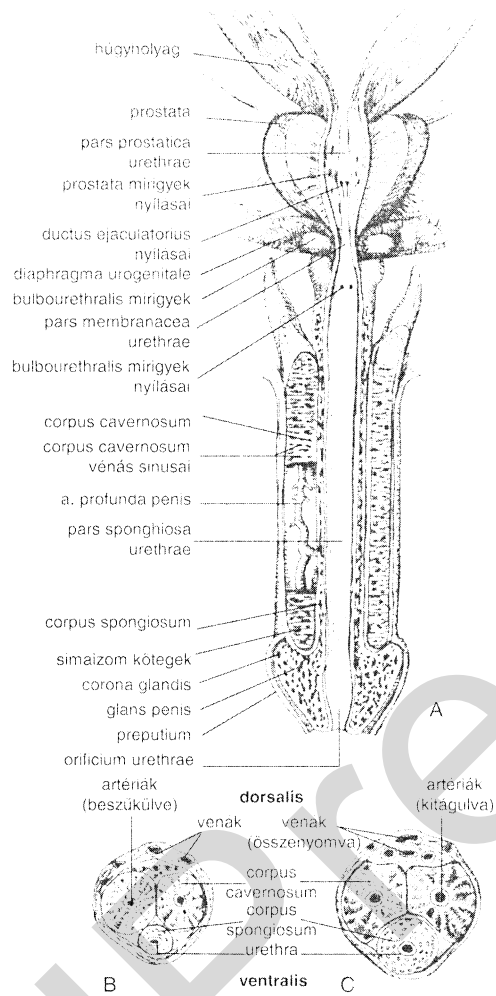
Hímvesző (penis). A hím kopulációs szerv, a vizelet és az ondó közös kivezetője (36. ábra A és B). Fő tömegét erectilis cavernosus szövetből képzett három hengeres test alkotja: a két barlangos test (*corpora cavernosa penis*) és a közöttük és alattuk húzódó szivacsos test (*corpus spongiosum penis*). Az erectilis testeket elasztikus rostokban gazdag laza rostos kötőszövet és bőr veszi körül.

A penis bőre vékony és lazán kapcsolódik az alatta levő kötőszövethez, kivéve a makk (glans penis) területét, ahol a nagyon vékony bőr szorosan kapcsolódik aljzatához. A bőr faggyú- és verejtmirigyeket tartalmaz, szőrtüszőket azonban nem. A subcután kötőszövet (*fascia superficialis*) zsirtól mentes, egy vékony simaizom réteget (*tunica dartos*) tartalmaz. Alatta sűrűbb szövésű kötőszövetes lemez (*fascia profunda*) veszi körül a corpus cavernosumokat és a corpus spongiosumot.

A corpus cavernosumokat tömött, főként kollagén- és kevesebb elasztikusrostot tartalmazó kötőszövet, a *tunica albuginea* borítja. A tunica albuginea egy rostos septuma választja el egymástól a cavernás testeket a penis proximalis részében. Distalisan ez a septum incomplett és a cavernás testek közlekednek egymással. A corpus spongiosumot az előbbinél jóval vékonyabb fibroelasztikus köpeny borítja. Cavernái közel egyforma méretűek, a corpus cavernosumokénál kisebbek.

Az erectilis struktúrák számos cavernosus üregből (*sinusokból*) és a közöttük lévő finom *trabecularis hálózathoz* épülnek fel. Az üregeket, melyek közep felé egyre tágabbak, endothel béleli. A trabeculák fibroelasztikus szövetet és simaizomsejteket tartalmaznak. A cavernosus üregekbe a vér a trabeculákban lévő kapillárisokból és közvetlenül az üregekbe nyíló artériákból folyik be. Az utóbbi, *aa. helicinae* nevezett erek az erectioban fontosak. Ernyedt állapotban a cavernákon (sinusokon) csak kevés vér áramlik át. Sexuális izgalmi állapotban parasymphathicus hatásra az *aa. helicinae* falában lecsökkent izomtónus rajtuk keresztül fokozott véráramlást eredményez, aminek következtében a cavernák megtelnek vérrel, bekövetkezik a penis merevedése (*erectio*, 34. ábra C). A periférián elhelyezkedő vénák eredő részletei a tunica albuginea belső felszínéhez préselődnek, miáltal a vénás elvezetés lecsökken, tovább fokozva az erectiót. Az ejaculatio végén az artériák simaizomjának sympathicus stimulációja az izomtónust fokozva csökkenti az artériákon a vérátáramlást. Ezzel a perifériás vénák felszabadulnak a nyomás alól, megnő a vénás elvezetés, ami fokozatosan a penis elernyedéséhez vezet.

(A penis vénáinak falában ún. *intimapárnák* találhatóak, melyek bedomborodnak a lumenbe. Feltételezések szerint a vénák falában lévő intimapárnák erectiókor szabályozzák a véráramlását.)



36. ábra

A penis szerkezete (Carola után). **A:** Hosszmetszeti kép.
B: A penis keresztmetszeti képe nyugalmi állapotban.
C: A penis keresztmetszeti képe erectióban.

NŐI NEMI SZERVEK

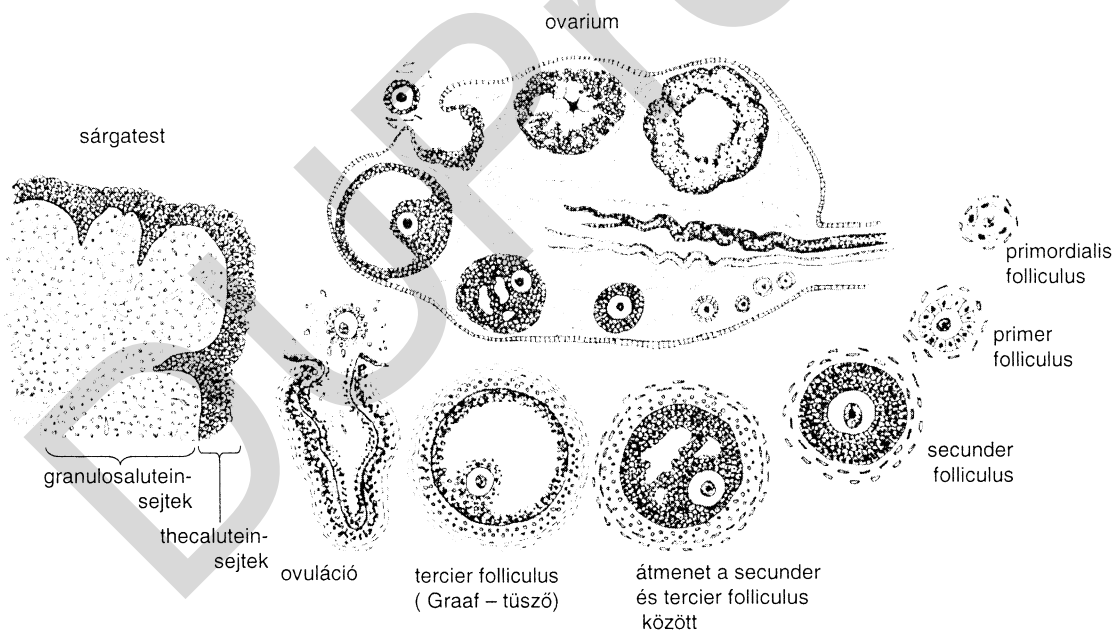
Belső és külső női nemi szerveket különböztetünk meg. Előbbiekhez a petefészek, méhkürt, méh és a hüvely, míg utóbbihoz a vulva tartozik.

Belső női nemi szervek

A **petefészek (ovarium)** páros, mandula alakú szerv, melyet a hashártya kettőzete (mesovarium) kapcsol a széles méhszalag lemezéhez (37. ábra). Kettős feladatot lát el, petesejteket és női nemi hormonokat termel. Felszínét egyrétegű köbhám, az ún. **csírahám** borítja, mely a mesovarium tapadási vonalában a hashártya mesothel rétegében folytatódik. Itt van a hilus is, melyen keresztül erek és idegek lépnek a petefészekbe. Állománya külső tömör kéregállományra és belső, lazább szerkezetű velőállományra tagolódik.

A **kéregállományt (cortex) sejtdús kötőszövet** képezi. Az orsó alakú, megnyúlt magvú kötőszöveti sejtek szorosan egymás mellé rendeződve örvényszerű rajzolatot mutatnak (spinocelluláris kötőszövet). Közöttük igen kevés kötőszöveti rost, zömmel rácsrost található. A petefészek jellegzetes képletei, a **tőszők (follikulusok)** a sejtdús strómába ágyazódnak. A follikulusok gömb alakú képződmények, közepükön a fejlődő petesejt, körülötte follikuláris hám látható. A follikulusok többsége a fejlődés kezdeti szakaszában, nyugalmi állapotban van. A többiek az érés, majd az azt követő pusztulás valamilyen fázisában vannak.

A **velőállomány (medulla)** lazább szerkezetű, erekben gazdag kötőszövet a petefészek közepén. Benne olykor köbhámmal bélelt csatornácskák (rete ovarii), az ősvese csatornáinak maradványai láthatók.



37. ábra

Az ovárium, a follikulusok fejlődése és a sárgatest vázlata.

A petesejtek fejlődése (oogenesis)

A nagy, gömb alakú **ősivarsejtek** a magzati életben amöboid mozgással vándorolnak a szíkhólyag falából az utóbél mesenteriumán keresztül az ovarium telepébe. Ott a coelomahámából származó hámkötegekbe ágyazódnak és erőteljes mitotikus osztódásba kezdenek. A mitotikus alakokat **oogoniumoknak** nevezzük. Számuk az intrauterin élet második felétől kezdve rohamosan csökken. Egy részük degenerálódik, másik részük növekedni kezd, belép az első meiotikus osztódás profázisába és ezzel **primer oocytává** alakul. Ettől kezdve a petesejt fejlődése a folliculushoz kötött.

A **primordiális folliculusok** egy primer oocytából és az azt körülvevő lapos folliculus háms sejtek egyetlen rétegéből állnak. A kéregállomány periferiáján találhatóak, kb. 40 µm átmérőjűek.

A folliculusban az oocyta növekedni kezd, magja egyre centrálisabb helyzetű lesz, sejtorganellumai szétszóródnak a cytoplazmában. Felszínéről számos mikroboholy nyúlik az őt körülvevő (perivitellinális) térbe. A lapos follicularis háms sejtek szaporodni és növekedni kezdenek, előbb egyrétegű köb- majd hengerhám formájában veszik körül az oocytát. Ettől kezdve **primer folliculusról** beszélünk. A perivitellinális térben megjelenik a glikoproteinek és proteoglikánokat tartalmazó, acidophilan festődő **zona pellucida**. Képzésében mind a petesejt, mind a follicularis sejtek résztvesznek. A folliculáris sejtek hosszú nyúlványai a zona pellucidát teljesen átérlik és a petesejt felszínével számtalan nexus kapcsolatot (gap junction) képeznek. A primer folliculusok átmérője 50-80 µm.

Secunder folliculusok. A follicularis sejtek erőteljes szaporodása következtében a follicularis hám többrétegűvé válik, melyet mostantól **membrana granulosának** neveznek. A folliculust körülvevő stromában is változás történik. A stroma sejtek felszaporodva tokot képeznek a folliculus körül (**theca folliculi**). A theca belső és külső részre tagolódik. Belső részében (**theca folliculi interna**) a stroma kötőszöveti sejtjei hámszerűvé válnak, köbalakúak lesznek, plazmájukban felszaporodik a sima felszínű endoplazmás reticulum és lipid cseppek jelennek meg. Androsztendiont kezdenek termelni, melyet a granulosasejtek ösztrogénné alakítanak. Egyidejűleg a theca interna sejtjei között kapilláris hálózat jelenik meg. A theca külső részében (**theca folliculi externa**) a stromasejtek megnyúlnak, közöttük kötőszöveti rostok jelennek meg.

A folliculus tovább növekszik, a 6-12 rétegűvé vastagodott granulosahámban kis, folyadékkal telt üregek jelennek meg, melyek egyre nagyobb üregekké, végül egyetlen nagy üreggé folynak össze (**cavum folliculi**). A cavumot folyadék, a **liquor folliculi** tölti ki. Ettől kezdve a folliculust **tertium folliculusnak**, vagy **Graaf-tüszőnek** nevezzük. A Graaf-tüszőben az oocyta az őt körülvevő follicularis sejtekkel együtt a folliculus szélére szorul, ahol a folliculus üregébe türemkedő dombocsát (**cumulus oophorus**) képez. Az érett folliculus átmérője eléri, néha meghaladja az 1 cm-t. Az ovarium felszínéből előemelkedik. A primer oocyta átmérője eléri a 125 µm-t.

A Graaf-tüszőben lévő primer oocyta közvetlenül a tüszőből való kiszabadulása előtt a meiosis profázisából végigmegy az első meiotikus oszlás további szakaszain és **másodrendű oocytává** válik. Az első meiotikus oszlás végén tehát egy másodrendű oocyta és egy kicsiny sejt, az ún. sarkitest (**polarocytá**) keletkezik, mindkettő 2n DNS tartalommal.

A menstruációs ciklus 14. napján, a vérplazma LH és FSH szintjének jelentős emelkedése hatására, a Graaf-tüsző megreped és tartalma, a zona pellucidával és corona radiatával körülvett secunder oocyta kiürül. Ezt a folyamatot **ovulációnak** nevezzük.

Az ovulációt követően a kiürült tüsző fala összeesik, ráncossá válik, üregébe az ovuláció során megsérült erekből vér áramlik, mely a maradék folliculáris folyadékkal alvadékot képez. Kialakul a **corpus haemorrhagicum**. A környező stromából az alvadékba kötőszöveti sejtek vándorolnak, a Graaf-tüsző falán keletkezett nyílás záródik.

Ezt követően a folliculus falát alkotó mindkét réteg átalakul, kialakul a **sárgatest** (*corpus luteum*). A granulosa-hám sejtjei **granulosa-luteinsejtek**ké válnak, azaz megnagyobbodnak, gömbölyűvé válnak, sejtplazmájukban élénksárga színű lipidcseppecskék jelennek meg. A granulosa-luteinsejt kötegek között gazdag kapilláris hálózat figyelhető meg. A theca interna sejtjei is átalakulnak steroidszintetizáló sejtekké, melyeket **theca luteinsejteknek** nevezünk. Ez utóbbiak kisebb méretűek, cytoplazmájuk sötétebben festődik. Az ovarium cortexében így kialakult, erősen vascularizált struktúra progeszteron hormont termel.

Ha a megtermékenyülés elmarad, a sárgatestet **corpus luteum menstruationisnak** nevezzük. Ez az ovuláció utáni 9. napon éri el teljes fejlettségét, majd visszafejlődik. A granulosa-luteinsejtek degenerálódnak, plazmájukban sárga színű lipochrom pigment halmozódik fel. A theca-luteinsejtek is megfogyatkoznak, majd eltűnnek. A visszafejlődés több hónapig is eltarthat. Végeztével a sárgatest helyén kollagénrostokból álló hyalinos hegyszövet (*corpus albicans*) marad vissza.

A megtermékenyült petesejt és a belőle kialakuló blastocysta beágyazódik a méh nyálkahártyájába. A sárgatest ilyenkor hosszabb időn át fennmarad és **terhességi sárgatestnek** (*corpus luteum graviditatis*) nevezzük. Mérete növekszik, a terhesség második hónapjában 2-3 cm átmérőjű. Ezután lassan visszafejlődik és helyén corpus albicans marad vissza.

A fejlődő ovariumban képződő nagyszámú petesejtből a nő reprodukív időszakában mindössze kb. 400 érkezik meg, a többi elpusztul. A petesejtek, illetve folliculusok pusztulását **follicularis atresiának** nevezzük. A folliculus atresiájának első lépése mindig a petesejt degenerálódása, amit a follicularis sejtek degenerálódása követ. A degenerálódott sejteket makrophagok takarítják el, az elpusztult folliculusok helyét stromasejtek foglalják el.

A folliculusok érése a hypophysisben képződött folliculus stimuláló hormon (**FSH**) és luteinizáló hormon (**LH**) hatása alatt történik.

A **petevezeték** vagy **méhkürt** (*tuba uterina*) izmos falú cső. Lateralis, kiszélesedő vége szabadon nyílik az ovarium közelében a hasüregbe, medialis vége a méh üregébe vezet. Falát három réteg képezi: belső tunica mucosa, középső tunica muscularis és külső tunica serosa (hashártyaborítás).

Nyálkahártyája hosszanti redőket vet, tágult ampulláris részében a redők elágazódnak. Hámja egyrétegű hengerhám, kétféle sejtípussal. A sejtek többsége csillós, a csillók csapkodása a méh ürege felé irányul. A többi sejt szekréciós hámsejt. A termelt váladék a petesejtet táplálja és védelmét biztosítja, illetve elősegíti a spermiumok aktiválódását. A hámsejtek hormonális befolyás alatt állnak. Az ösztrogén a csillóképződést, a progeszteron a szekréciós aktivitást fokozza. A menstruáció előtt a hám magassága jelentősen csökken, így módon a szekréciós hámsejtek apikális vége kiemelkedik a felszínből (szögsejtes reakció) és a zsugorodott magvú sejtek kilökődnek. A lamina propria finom rácsrostokat tartalmazó, gazdagon erezett, sejtű kötőszövet.

A *tunica muscularis* belső körkörös és külső hosszanti lefutású simaizom rétegekből épül fel.

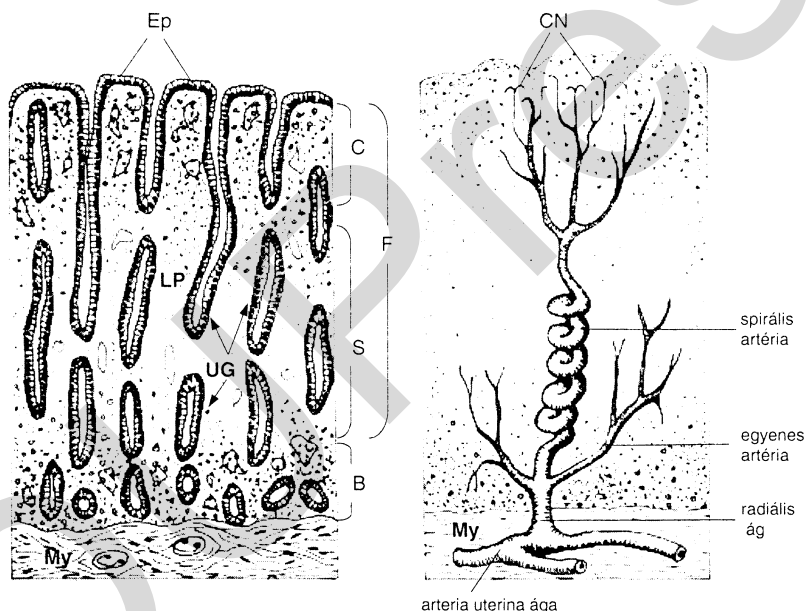
Az izomzat külső oldalán vékony kötőszövetes réteg (subserosa), majd a hashártya (*tunica serosa*) mesothel rétege látható.

A tubában a petét a hámsejtek csillóinak csapkodása és a tuba izomzatának perisztaltikus mozgása tereli az uterus felé.

A **méh** (**uterus**) körte alakú, izmos falú üreges szerv, amelynek három részét: fundust, corpus-t és cervixet különböztetjük meg. A fundus és corpus szöveti szerkezete azonos, a cervixé az előbbiektől eltérő. Fala három rétegű: nyálkahártya (endometrium), izomréteg (myometrium) és hashártyaboríték (perimetrium).

Az **endometrium** (38. ábra A) hámja *egyrétegű hengerhám*, helyenként csoportosan csillós hámsejtekkel. A cervixben kevesebb csillós sejtet találunk, a hengersejtek magasabbak és nyákot termelnek. A tunica propria *sejtdús kötőszövet*, a sejtek között finom rácsrostokkal és nagy mennyiségű amorf sejtközüti állománnyal. A tunica propriában a *fundus és corpus területén* az endometriumot teljesen átérő *egyszerű csöves mirigyek* vannak, melyek vége a myometrium belsejének izomrostjai közé is benyúlik. A felszint borító és a mirigyeket bélelő hám és az endometrium kötőszöve ciklusos változásokat mutat. A *cervix mirigyei* gazdagon elágazó csöves mirigyek, nem mutatnak ciklusos változást, váladékuk összetétele azonban hormonális hatásra jelentősen változik. Terhesség alatt a mirigyek proliferálnak, váladék termelésük fokozódik.

A fundus és corpus területén az endometrium morfológiai jegyek és főleg a menstruációs ciklus folyamán mutatott viselkedés alapján két rétegre bontható. A myometriummal határos vékony réteg a **stratum basale**, a nyálkahártya ciklusos változásaiban nem vesz részt. A fölötte található széles réteg a **stratum functionale**, melyben a ciklusos változások lezajlanak. A stratum functionale további két alrétegre tagolódik. A felszíni hámhoz közeli keskeny zóna tömöttebb szerkezetű kötőszövetből áll (**stratum compactum**) és a mirigycsövek egyenes, nyaki szakaszát tartalmazza. Az alatta levő szélesebb zóna szivacsos szerkezetű (**stratum spongiosum**), minthogy a mirigycsövek tágult, kanyargós szakaszait tartalmazza.



38. ábra

A méhnyálkahártya szerkezete (Krstic után). **A:** Átnézeti kép. (Ep: felszint borító epithelium, LP: lamina propria, UG: glandulae uterinae, My: myometrium, C: stratum compactum. S: stratum spongiosum, B: stratum basale, F: stratum functionale.) **B:** Spirális és egyenes artériák a méh nyálkahártyában. (B: stratum basale, UG: glandulae uterinae, CN: kapillaris hálózat, My: myometrium.)

A menstruációs ciklus fázisai. A méhnyálkahártya a reprodukív időszakban ciklusos változásokon megy keresztül. A ciklus hossza átlagosan 28 nap. A ciklus első felében a nyálkahártya vastagszik, második felében vékonyodik, majd végén a stratum functionale elpusztul és lelökődik. A ciklus szövettanilag szakaszokra osztható.

1. **Menstruáció.** A ciklus kezdetének a menstruációt tekintik (1-5. nap), mely azonban gyakorlatilag a ciklus végét jelenti. Ilyenkor a stratum functionale szövetei elhalnak. A spirális erek (38. ábra B) kontrakciója megszűnik, és a hirtelen megemelkedő vérnyomás a sérült érfaakat elszakítja. A sérült erekből kilépő vér az elhalt stratum functionalét leválasztja az épen maradt stratum basaléről. Az elhalt szövetek és kilépő vér menstruációs váladék formájában távozik.
2. **Regenerációs fázis.** A ciklus 5-6. napján a stratum basaléban megmaradt mirigyvégekből a hámsejtek megkezdik a sérült felszín behámósítását.
3. **Proliferációs fázis.** A 7-15. nap között a nyálkahártya teljesen pótlódik és a fázis végére az endometrium 2-3-szorosára vastagszik. A mirigyek kevés, híg, nyákos váladékot termelnek. A lamina propria sejteinek osztódásával helyreáll a stroma. A spirális artériák is növekszenek. A folyamat egybeesik az ovarium folliculusainak növekedésével és a folliculusok által termelt ösztrogén irányítja, ezért ezt a szakaszt *follicularis fázisnak* is nevezik.
4. **Szekréciós fázis.** Az ovuláció után kezdődik és a 16-27. napig tart. A sárgatest által termelt progeszteron hatására az endometrium tovább vastagszik, a szakasz végére 5-6 mm vastag lesz. Növekszik az interstitiális állomány, fokozódik a mirigyszekréció. A mirigyek hullámos lefutásúvá válnak, kitágulnak, váladékkal teltek. A váladék szénhidrátokban gazdag, sűrű nyákos jellegű. A mirigyszekréciót a sárgatest által termelt progeszteron fokozza, ezért ezt a fázist *luteinizáló fázisnak* is nevezik. A tágult, hullámos lefutású mirigyek a stratum functionale alsó részének szivacsos jelleget adnak (innen a stratum spongiosum elnevezés). A stratum compactum stroma sejteji megnagyobbodnak (a terhesség bekövetkezése esetén deciduasejteké alakulnak). A spirális artériák megnyúlnak, egyre inkább felcsavarodnak, a felszín közelében kialakítják a lacunák hálózatát.
5. **Ischaemiás fázis** (28. nap). A corpus luteum hormontermelésének csökkenése hatására a spirális artériák fala időszakosan kontrahálódik. Romlik a szövetek vérellátása, minek következtében a stratum functionale szövetei elhalnak. A kontrakció csak a spirális erek falában következik be, minthogy a stratum basalét ellátó egyenes lefutású erek a hormon hatásokra érzéketlenek. A stratum basale tehát nem vesz részt a ciklusos változásokban.

A **myometrium** az uterus falának legvastagabb (1,3 cm széles) rétege. Benne a simaizomsejtek kevés kötőszövettel elválasztott nyalábokat képeznek. A simaizomsejtek a terhesség alatt jelentős mértékben megnagyobbodnak (hypertrophia). Szülés után az izomsejtek száma és mérete a terhesség előtti szintre csökken. A méhnyakban (cervix uteri) az izomzat kevesebb, a kötőszövet lényegesen több, főleg kollagén és kevesebb rugalmas rostból áll.

A **perimetriumot** a hashártya képezi, melyet rugalmas rostokban és erekben gazdag subserosa rögzít a myometriumhoz.

A **hüvely (vagina)** 8-9 cm hosszú, izmos-rostos falú cső. **Nyálkahártyájának** hámja vastag, többrétegű el nem szarusodó laphám. A hámsejtek az ovarialis ciklussal párhuzamosan kismértékű változásokat mutatnak. A ciklus közepén, ösztrogén hormonok hatására bennük glikogén szaporodik fel. A sejtekből a lumenbe kerülő glikogén anaerob módon bomlik, belőle tejsav keletkezik, ezért a vagina pH-ja normálisan savanyú. A ciklus későbbi szakaszában csökken az ösztrogén hatás és ennek megfelelően a glikogén mennyisége is a hámsejtekben. A hám alatti laza rostos kötőszövet rugalmas rostokban gazdag. A **tunica muscularis** egymástól el nem különíthető belső körkörös és külső hosszanti lefutású simaizom nyalábokból áll, mely kötőszövettel filcszerűen átszótt. Az izomréteget a környező

szervekhez erekben gazdag, sok rugalmas rostot tartalmazó kötőszövet (*tunica adventitia*) kapcsolja. Benne elszórtan idegrostok fordulnak elő.

Külső női nemi szervek (vulva)

A gát elülső részén a nagyajkak (*labia maiora*) és kisajkak (*labia minora*) által közrefogott területen található a hüvelytornác (*vestibulum vaginae*), melynek üregébe nyílik a húgycső (*urethra*), a hüvely (*vagina*) és a *glandula vestibularis*, elülső részébe pedig beemelkedik a *clitoris*.

A **kis- és nagyajkak** többrétegű elszarusodó laphámmal borított bőrredők, melyek belsejében bőven erezett és idegekkel ellátott laza rostos kötőszövet található. A nagyajkak külső felszínét borító hám vastagabb, szarurétege kifejezettebb, és ezen a területen szőrtüszők is előfordulnak. A nagyajkak belsejében lévő kötőszövet nagy mennyiségű zsírt és vékony simaizom réteget tartalmaz.

A **clitoris** szöveti szerkezete a peniséhez hasonló, de annál lényegesen fejletlenebb. Külső felszínét vékony, többrétegű elszarusodó laphám borítja, belsejében két *erectilis test* (*corpus cavernosum*) található, melyek a gyengén fejlett *glans clitoridis*ben végződnek.

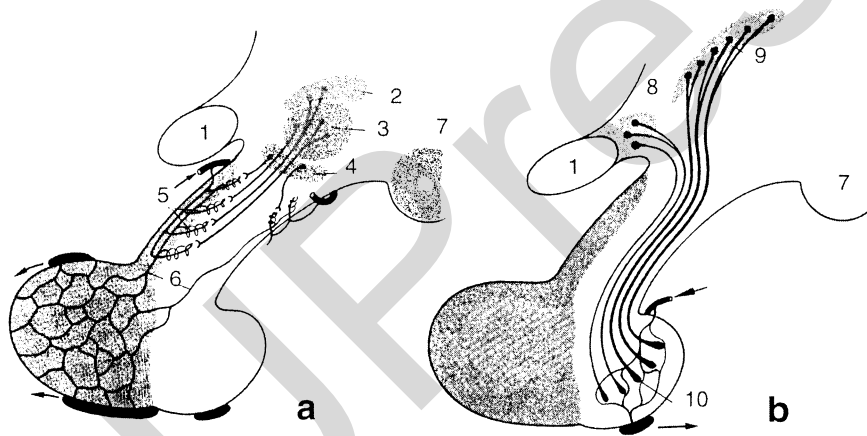
A **glandulae vestibulares** mucosus váladékot termelő összetett, tubulo-alveoláris mirigyek. Szöveti szerkezetük a férfi *glandula bulbourethralis*ának felel meg.

ENDOKRIN RENDSZER

Az endokrin rendszer sejtjei olyan bioaktív molekulákat termelnek és szabadítanak fel, melyek a szervezet tőlük távoli részén lévő célsejtekhez eljutva azokban specifikus hatást váltanak ki. Ezek a molekulák, melyeket **hormonoknak** nevezünk célsejtjeiket rendszerint az érrendszeren keresztül érik el. A hormonok a célsejtek receptor molekuláihoz kötődnek és ez a kötődés a célsejtben válaszreakciót indít el. A rendszer sejtjei, sejtszortjai vagy önálló szerveket, ún. **endokrin mirigyeket** alkotnak, vagy más szövetbe ágyazódnak (enteroendokrin sejtek, Langerhans-szigetek a pancreasban). Az endokrin szervek hajszálerekben gazdagok, melyeket fenesztrált endothel bélel. Ez nagyban elősegíti az endokrin sejtek által termelt hormonok érpályába jutását.

Agyalapi mirigy (hypophysis cerebri)

A hypophysis cerebri (39. ábra) egy összetett endokrin mirigy, mely a hypothalamuson függeszkedik és a sella turcicában, a koponyaüreg csontos aljzatában helyezkedik el. Egy rövid nyél, az infundibulum kapcsolja a hypothalamushoz. Ezt a kis mirigyet, mely kb. borsó nagyságú, gyakran "karmester mirigy"-ként is emlegetik, mivel olyan hormonokat termel, amelyek a többi endokrin mirigy aktivitását befolyásolják.



39. ábra

Hypophysis cerebri (Kahle után). **a:** Az adenohypophysis és a tuberoinfundibularis rendszer. 1: chiasma opticum, 2: nucleus dorsomedialis, 3: nucleus ventromedialis, 4: nucleus infundibularis, 5: az infundibulum speciális erei, 6: az adenohypophysisbe lépő hypophysis portalis vénák. **b:** A hypothalamo-hypophysealis rendszer. 7: corpus mamillare, 8: nucleus supraopticus, 9: nucleus paraventricularis, 10: a tractus supraopticohypophysealis és paraventriculo-hypophysealis rostjainak bunkószerű végződése a neurohypophysis erei körül. A tractus supraopticohypophysealist vékony, a tractus paraventriculohypophysealist vastag vonalak illusztrálják.

A hypophysist egy mirigy részre, **adenohypophysisre**, és egy idegi részre, **neurohypophysisre** lehet különíteni. A hypophysis embrionális fejlődése magyarázza meg ezen két, különböző szövettípus jelenlétét. Az adenohypophysis a primitív szájüreg ektodermájából, az ún. Rathke-féle tasakból fejlődik. A Rathke-tasak a placodlemezből származó kis hámköblösödés, mely a membrana buccopharyngea előtt igen korán megjelenik, majd lefűződve a koponya üregébe, a kialakuló sella turcica árkába vándorol. A neurohypophysis a primitív agy neuroectodermájának kitüremkedéséből, a recessus infundibuliból származik. Az adenohypophysis hátsó részéhez kapcsolódik, így válik a hypophysis részévé.

Az **adenohypophysis** tovább tagolható *pars distalis*ra, ami az adenohypophysis fő tömegét adja, *pars tuberalis*ra, mely az infundibulumot vékony, vályúszerű réteggel inkább előlről fogja körül, és *pars intermediara*, mely az elülső lebenyt a hátsó lebeny felé elhatároló réteg.

A **neurohypophysis pars nervosa** és *infundibulum*ra tagolható. Az utóbbi képezi a hypophysis nyelét.

Az **adenohypophysis** mintegy 7 hormont szintetizál és szabadít fel a hypothalamusból érkező szignálokra válaszként. A hormonok többségét **trophormonnak** nevezik, mivel más cél mirigyekben és szövetekben lévő sejtek aktivitását befolyásolják. Az adenohypophysis hormonjai kémiaiilag három csoportba sorolhatók: Egy részük protein, másik részük glycoprotein, a harmadik csoport egyszerű peptid.

Protein hormonok: (1) a **növekedési hormon (somatotropin, STH)**, mely a test növekedését stimulálja, hatása különösen a hosszú csöves csontok epiphysis porclemezén figyelhető meg gyermekeken. A májat és vesét somatomedin szintézisére és szekréciójára stimulálja, ami aztán a hosszú csöves csontok növekedését serkenti. A somatotropin túlprodukcója óriásnövést, hiánya törpességet eredményez. (2) A **lactotrop hormon**, vagy **prolactin (LTH)** élettani hatása az emlőmirigyek kivetetőcsöveinek és végkamráinak kifejllesztése, valamint a tejelválasztás fenntartása.

Glycoprotein hormonok: (1) A **folliculus-stimuláló hormon (FSH)** biológiai hatása az, hogy az ovariumban a tüsző ovulatio előtti kifejlődését elősegítse. Férfiban a here csatornában a spermiogenezist aktiválja. (2) A **luteinizáló hormon (LH)** nőben az FSH-val együtt elősegíti a tüszőérés befejeződését, ovulatiót vált ki és fenntartja a corpus luteumot. Megindítja és stimulálja a progesteron elválasztást. Férfiban a Leydig sejtekre hat (neve ezért ICSH) és azok tesztosteron szekrécióját tartja fenn. (3) A **thyroidea-stimuláló hormon (TSH):** a pajzsmirigy hormonok (T3, T4) termelését serkenti.

A proopiomelanocortin peptid származékai: (1) Az **adrenocorticotrophormon (ACTH)** a mellékvese kéregre hatva fokozza a corticosteroidok (főleg a mineralo- és glucocorticoidok) képződését. (2) A **melanocyta stimuláló hormon (MSH)** a kétélűek melanocytaiban fokozza a pigment képződését. Emberben hatása ismeretlen, bár mellékvesekéreg elégtelenségben (Addison kór) szenvedők vérében szintjének emelkedését észlelték. (Ez azzal is magyarázható; hogy az α -MSH aminosav szekvenciája egybeesik az ACTH első 13 aminosavával.)

Az adenohypophysis mikroszkópos szerkezete:

Már közönséges HE festéssel is feltűnik, hogy a gömb, vagy tojásdad idomú sejtek fészkekbe rendeződnek, mely fészkeket finom reticulartis rosthálózat övez. A fészkek között a capillarisoknál jóval tágasabb ércsatornák, ún. **sinusoidok** láthatók. Ezek a hypophysealis portalis rendszer vénás sinusai. A sinusoidokat fenestrált endothelsejtek bélelik, az endothel csöveket reticularis rosthálózat veszi körül. Pericyták itt nincsenek, hanem a sinusoidokat közvetlenül a parenchyma sejtek veszik körül. Ez a szerkezet gyorsítja az anyagtranszportot a sinusoidok és a parenchyma között.

A fészkekben a sejtek kétfélék. Vannak jól festődő, ún. chromophil sejtek, és festéket fel nem vevő ún. chromophob sejtek.

A **chromophob sejtek**re jellemző, hogy általában kevés sejtplazmát tartalmaznak, nem granuláltak, és gyakran kis csoportokba rendeződve a fészkek központi régiójában találhatóak. Általában azt tartják, hogy a chromophil sejtek szekretálják a hormonokat, míg a chromophobok nyugvó precursor sejtek, melyek különböző típusú chromophil sejtek irányába képesek differenciálódni. Méretük különböző, mert közülük néhány a chromophillá való differenciálódás valamelyik fázisában van.

A **chromophil sejtek**nek nagy, gömbölyű, vagy sokszögű sejttestük van. Mindig granuláltak, a granulomok kötik meg a festékeket. Az egyszerű festési eljárások azt mutatják, hogy két chromophil sejtípus van, és ezeket jól meg lehet különböztetni HE, vagy Azan festéssel is. Az egyik sejtípus a savanyú festékeket köti meg, ezeket acidophiloknak, a másik típus a bázikus festékeket köti meg, ezeket basophiloknak nevezik.

Acidophil sejtek a protein hormonokat termelő sejtek. A **somatotropok** a legközönségesebb típusú acidophil sejtek. Kicsi, gömbölyű sejtek, erősen fénytörő granulummokkal, amelyek immuncitokémiailag növekedési hormonra festődnek. Legnagyobb számban a pars distalis posterolateralis részében vannak. Jól festődnek orange G-vel. A **lactotropok** nagyon variábilis alakú, általában sokszögű acidophil sejtek, melyek szétszóródnak és beékelődnek a kötegek más sejtjei közé. Ezek erithrosinnal festődnek jól. Szoptatás (lactatio) idején hypertrophizálnak. Ebben az időben nagy szekrécións granulumokat tartalmaznak (kb. 600 nm átmérővel).

Basophil sejtek a glycoproteinek és egyszerű peptideket termelő sejtek. A basophil sejtek legközönségesebb típusát az **adrenocorticotropok** adják. Ezek általában gömbölyűek vagy oválisak, granulumaik intenzíven PAS-pozitívak, immuncitokémiailag ACTH-ra festődnek. Ezen sejtek leginkább a pars distalis elülső-középső részében helyezkednek el. A **thyrotropok** nagy, szabálytalan alakú basophil sejtek. Granulumaik intenzíven festődnek aldehyd-thioninnal. A **gonadotropok** kicsiny, gömbölyű basophil sejtek. A granulumok, melyek aldehyd-thioninnal és PAS-al festődnek, immuncitokémiailag LH-ra és FSH-ra festődnek. A sejtek tehát mindkét hormont termelhetik.

Finomszerkezetüket vizsgálva a különféle acidophilok és basophilok közepesen fejlett endoplazmás retikulumot és Golgi coplexet, valamint sok szekrécións granulumot mutatnak. A **somatotropok** granulumai viszonylag nagyok, 3-400 nm átmérőjűek. A **gonadotrop sejtek** granulumai kisebbek, csak 2-250 nm átmérőjűek és elég variábilis méretűek. Még kisebbek a sokszögletű **thyrotrop sejtek** granulumai, átmérőjük csupán 150-200 nm. Bár a szekrécións granulumok különböző méretei alapján megpróbálták megkülönböztetni a sejt típusokat, az átfedés a granulumok méretében olyan nagyfokú, hogy az ilyen fajta azonosítást el kellett vetni. Határozott identifikálásukhoz **immuncitokémiai festés** szükséges. Ma ez az egyedül elfogadható azonosítás. A peptidek, proteinek, glycoproteinek ugyanis jó antigének, ellenük antitestek termelhetők. Az enzimmel v. fluoreszkáló festékkel jelölt antitesteket a szövetekkel összehozva a hormontermelő sejtek specifikusan kimutathatók.

Az adenohypophysis a hypothalamus **kissejtes (parvocellularis) neuroszekrécións magjainak** befolyása alatt áll, mely magok **ürítető (releasing)** vagy **gátló (inhibiting) factorokat** termelnek. A kissejtes rendszer neuroszekrécións sejtjei szét vannak szórva a III. agykamrát körülvevő **periventricularis zónában** és a **preopticus areában**, és határozott lokalizációja van minden egyes hypothalamicus releasing hormonnak vagy factornak, mely az adenohypophysist befolyásolja (39.a ábra). A hormonok axoplazmatikus transzport útján szállítódhatnak az **eminentia medianába** (a tuber cinereum elülső részébe), ahol aztán a felső hypophysealis artériák által képzett portális ereket körülvevő perivascularis terekbe ürülnek. Az eminentia mediana fenestrált capillárisokat tartalmaz. A portális capillárisok összeszedődve **portális vénákat** alkotnak, melyeken keresztül a hormonok az adenohypophysisen lévő vénás sinusoidokba szállítódhatnak. Itt aztán a hypophysis hormonok, mint a TSH, ACTH, FSH, LH, GH és PRL szekréciónját szabályozzák.

A **luteinizáló hormon-releasing hormon** (LHRH, gonadotropin-releasing hormon néven is ismert) termelő sejtek szétszórtan helyezkednek el a periventricularis zónában, így a **medialis preopticus areában** és a **nucleus arcuatusban**. A **growth hormon-releasing hormont** (GRH) termelő sejtek elsődlegesen a **nucleus arcuatusban** találhatóak. A **somatostatin** (SST) a növekedési hormon felszabadulását gátolja és ezért a hatásért az SST neuronok felelősek, melyek az elsődlegesen a hypothalamus **periventricularis zónájának elülső részében** találhatóak és axonjaikat az eminentia medianába küldik. Az SST a TSH és PRL felszabadítását is gátolja. A **thyrotropin-releasing hormont** (TRH) termelő neuronok, csakúgy mint a **corticotropin-releasing hormont** (CRH) termelők elsődlegesen a **nucleus paraventricularisban** találhatóak, ahol jól elkülönülnek a magnocellularis neuroszekrécións neuronoktól. Ahogy az előbb már jeleztük, néhány hypophysiotrop factor, melyek releasing és inhibiting hormonnak is szolgálnak, kiterjedt megoszlást mutatnak az agyban is és ezért modulátorokként működhetnek a hypothalamo-hypophysealis rendszeren kívül sok más pályában is.

A **pars intermedia** jelentős species variációt mutat szerkezetében. Emberben közvetlenül egy hasadék vagy kis cysticus üregek sora mögött található, melyek a Rathke-féle tasak maradvány lumenének felelnek meg. Basophil és chromophob sejteket tartalmaz. Ezen

sejtek, colloidalis anyaggal töltött cystákat bélelnek. A basophil sejtek betéréjedése a pars nervosába emberben is megfigyelhető jelenség.

A pars intermedia sejtjeinek funkciója emberben tisztázatlan. Kétéltűekben és hüllőkben a basophil sejtek **melanocytá stimuláló hormont (MSH)** termelnek, ami a melanocytákban pigment termelést indukál. Emberben az MSH nem tűnik határozottan hormonnak, de valószínűleg az LPH óriás molekula hasadási terméke. Ennélfogva ezek a basophil sejtek leginkább **adrenocorticolipotropoknak** tűnnek. Az LPH hasadási terméke az α - és β -endorphin is. Így nem meglepő, hogy endorphinokat is ki tudnak mutatni ezen sejtekben.

A **pars tuberalis** egy mandzsettát (vályut) képez az infundibuláris nyél körül. Erősen erezett struktúra, vérerekhez kapcsolódott chromophil és chromophob sejt kötegekkel vagy halmazokkal, melyek a hypophysealis portalis rendszer vénáit foglalják magukba. Lapos sejtek fészkei és köbsejtekkel bélelt kicsiny folliculusok vannak szétszórva a pars tuberalisban. A **gonadotropok** a leggyakoribb sejtek ebben a régióban.

Neurohypophysis

A hypophysis pars nervosáját csak lokalizációja alapján sorolják az endokrin rendszerbe, ugyanis nem tartalmaz hormontermelő sejteket. A hormontermelő sejtek a hypothalamus nucleus supraopticusában és paraventricularisában találhatóak (39.b ábra). A neurohypophysis pedig nem más, mint a hypothalamus említett két nagysejtes magjának végkészüléke.

Mikroszkópos szerkezete: A neurohypophysis a hypothalamo-hypophysealis tractuson keresztül érkező **nem-myelinizált axonokat**, emellett véredényeket és glia-szerű sejteket, ún. **pituicytákat** tartalmaz. Az axonok a hypothalamus nagy sejtjeiből érkeznek, a hypophysisnyélen át a hátsó lebenybe haladnak, ahol tág végződéseket képeznek, melyek nagy neurosecretum granulomokkal teltek. Az axonok varicosusak, a varixokban neurosecretum granulomok találhatóak.

A hormon szintézis az említett hypothalamus magokban megy végbe, majd a hormonok a "neurophysin" nevű szállító proteinhez kötődve, neurosecretum granulomokba csomagolva vándorolnak és jutnak el a neurohypophysisbe, ahol axonterminalisokban raktározódnak, capillarisok szomszédságában (39.b ábra). Megfelelő szignálra innen szabadulnak fel. Ezt a szekréció típusát "**neuroszekréciónak**" nevezik, mivel a hormont idegsejtek termelik, és azok axonjain passzálódik le a hátsó lebenybe. Ott fenestrált endothellel bélelt capillarisok környékén végződő végtalpából történik a hormon felszabadulása.

Rutin szövettani preparátumokban az egyes axonokat és végződéseket nem lehet megkülönböztetni. Speciális festésekkel (pl. Gömöri-féle trichrom festés) azonban jól kimutathatók. Alkalmanként a neurosecretum granulomok fúziójából egy-egy óriás vesicula, ún. **Herring body** keletkezhet. Rutin metszetekben ritkán látható.

A rostok között helyet foglaló **pituicyták** bizonyos vonatkozásokban a neuroglia sejtekhez hasonlítanak. Támasztó elemeknek tartják őket. Közülük néhány sárgás-barna pigment granulomokat tartalmazhat, melyek száma a korrallal nő. Magjuk kerek, vagy ovális, finom chromatin hálózattal. A cytoplazma váltakozó számú nyúlvánnyal bír, mely nyúlványok gyakran végződnek erek falán, vagy a kötőszövetes septumokon. Rutin metszetekben a magot övező sejtplazma alig megítélhető, a nyúlványok nem követhetők.

A neurohypophysis sejtjei két peptid hormont termelnek: az **oxytocint** és az **antidiureticus hormont (ADH)**, vagy **vasopressint**. Ezen anyagok felszabadulását a keringésbe a hypothalamus és magasabb agyi régiók szabályozzák.

Mind a supraopticus, mind a paraventricularis mag tartalmaz vasopressint és oxytocint termelő sejteket, melyek különböző intra- és extrahypothalamicus forrásokból kapnak bemenetet. Míg a kimenet a supraopticus magból elsődlegesen a neurohypophysisre szorítkozik, addig a paraventricularis mag neuroszekréciós sejtjei nemcsak a hypophysis hátsó

lebenyébe, hanem az eminentia medianaba és néhány extrahypothalamicus régióba is projiciálnak, köztük agytörzsi és gerincvelői vegetatív központokba.

Amint a neve is mutatja, az *antidiureticus hormon (vasopressin)* a vízhozartást kontrollálja. A distális vese tubulusokon keresztül megvalósuló víz visszaszívásért felelős. A vasopressin felszabadulást a keringő vérben történő ozmotikus és térfogat változások szabályozzák. Az ozmoreceptorok valószínűleg inkább a hypothalamus elülső periventricularis régiójában helyezkednek el, mintsem a magnocellularis magokban.

Egy másik fontos inputot a magnocelluláris vasopressin neuronok számára a nyúltvelő ventrolateralis részéből felszálló lateralis tegmentális noradrenerg projekciós rendszer jelent. A vérnyomásban és vér volumenben fellépő változások, amik pl. a kivérzést követik, erőteljes stimulust jelentenek a vasopressin felszabadulás számára ezen rendszeren keresztül. A nyúltvelő ventrolateralis része a felelős a különböző korrekciós lépésekért válaszképpen a vér volumenben és vérnyomásban fellépő változásokért.

Az *oxytocin* a méh simaizomzatára és az emlő mirigy myoepithel sejteire gyakorolt hatásai révén méhösszehúzóásokat vált ki a szülés alatt és tej ürülést szülés után. Az uterus contractio hatékony stimuláló bemenete a vaginából és méhnyakból felszálló afferensek útján éri el az agyat, míg a tej leadást a mellbimbó stimulációja váltja ki szopáskor.

Tobozmirigy (Corpus pineale)

Felnőttekben a mirigy lapos, kúp alakú, 5-8 mm hosszú és 3-5 mm átmérőjű. A diencephalon tető neuroectodermájából fejlődik. Felszínét a III. kamra tetejéhez kapcsolódó részlet kivételével pia mater borítja, vékony capsulát képezve körülötte, amelyből véredényeket és idegrostokat tartalmazó kötőszöveti septumok hatolnak a mirigybe azt határozatlan lebenyekre osztva.

A tobozmirigy két alapvető sejtípust tartalmaz: pinealocyta, melyek nagyobb számban vannak és csoportokba vagy kötegekbe rendeződnek a lobulusokon belül, és glia sejteket (interstitialis sejtek). A *pinealocyta* legjellemzőbb tulajdonsága a nagy, mélyen begyűrődött gömbölyded mag egy vagy több prominens nucleolusszal. A sejt legkifejezettebb jellegzetességei a denz-magvú, membránhoz kötött granulumok (különösen a nyulványokban) és a párhuzamos kötegekbe rendezett nagyszámú microtubulus a nyulványokban. Speciális ezüst impregnációs technikák szükségesek a cytoplazma nyulványok demonstrálásához, melyek kisugárzanak a sejttestből és megvastagodott terminálissal bírnak. Ezen terminális bunkószerű végződés, melyek kapillárisokhoz társulnak, viszonylag kevés granulumot vagy vesiculát tartalmaznak jelezvén, hogy a sejtek nem raktározhatnak sok szekretoros terméket.

Kis számú *glia sejt* (a mirigy sejtjeinek kb. 5 %-a) van a perivascularis areákban és a pinealocyta kötegek vagy csoportok körül. A glia sejteknek kis, gyakran megnyúlt magjuk van, amelyek intenzívebben festődnek, mint a pinealocyta magjai. A cytoplazma nyulványok számos filamentumot tartalmazván (5-6 nm átmérővel), melyek a glia sejtekből szétterjednek, a sejteknek astrocyta jelleggel kölcsönöznek.

A pinealocytaikon és glia sejteken kívül az emberi toboz mirigy kalcifikálódott szemcséket, ún. *corpora arenacea* (acervulus), magyarul agyhomokot tartalmaz, melyek a pinealocyta által szekretált anyag organicus matrixában képződnek. Ezek a kövecskék, melyek kalciumfoszfátokat és karbonátokat tartalmaznak, szabálytalan alakúak és lamelláris szerkezetűek. A kövecskék már a korai gyermekkorban képződni kezdenek, majd a kor előrehaladtával számuk nő. Könnyen azonosíthatók röntgen és CT képernyőn, ezáltal segítségünkre vannak a tobozmirigy helyének meghatározásában.

A tobozmirigy, vagy corpus pinealét általában az endokrin mirigyekhez sorolják, bár *funkciója* emberben ismeretlen. Állatokon végzett vizsgálatokban kimutatták, hogy számos neurotransmittert tartalmaz, köztük noradrenalin, dopamin, serotonin, histamin és melatonin, és hypothalamicus peptideket, somatostatint és thyrotropin releasing factort (TRF). Mindezen biológiailag aktív anyagok közül csak a melatoninról mutatták ki, hogy a vérbe szabadul fel és igazi hormonnak tekinthető. A *melatonin* funkciója emberben nem világos. Más emlősökben lassítja a steroid secretiót az ovariumokban, a női gonadok endocrin aktivitásának regulálásában lehet szerepe, különösen a menstruációs ciklust illetően. Ez az anyag gátolni látszik a gonadok érését és steroidképző aktivitását. Klinikailag érdemes megjegyezni, hogy a tobozmirigy betegségei, melyek egyébként

ritkaság számba mennek, gyakran társulnak abnormális gonad funkcióval. A pinealis parenchimat roncsoló tumorokban szenvedő gyerekeknél korai nemi érést (pubertas precox) mutattak ki.

Pajzsmirigy (Glandula thyroidea)

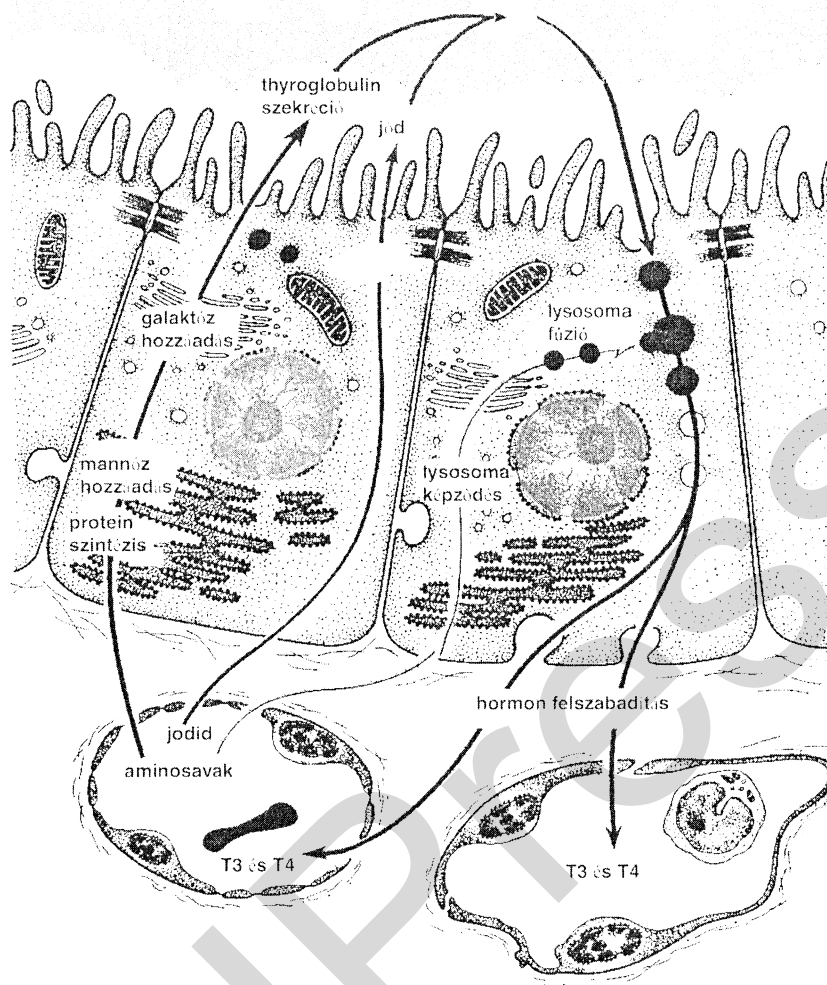
A nyak elülső felszínén elhelyezkedő kétlebenyes szerv, lebenyeit alul keskeny centralis rész, az isthmus köti össze. Nagyobb része endodermalis eredetű, a garatból alapjából, a nyelv bázisa közelében lefele irányuló nyúlványból (ductus thyroglossus) fejlődik. A kisebbik részét kitevő parafollicularis sejtek ectodermalis eredetűek, a crista neuralisból származnak, onnan előbb az ultimobranchialis testbe, majd a pajzsmirigybe vándorolnak.

A mirigyet egy külső erősebb kötőszövetes tok, a pretrachealis fascia származéka és egy belső vékonyabb önálló tok borítja. Az utóbbiból kötőszövetes sövények nyomulnak a mirigy állományába. A parenchyma sejtek gömbölyű vagy ovális hólyagocskákba, ún. **folliculusokba** rendeződnek. A folliculusok a pajzsmirigy funkcionális egységei. Falukat epithel sejtek egyetlen rétege képezi, belsejükben kocsonyás, **kolloidnak** nevezett anyag foglal helyet. A kolloid eozinnal rózsaszínűre festődik, egy jódtartalmú glycoproteint, **thyroglobulint** tartalmaz, ami a pajzsmirigy hormonok előanyaga, a follicularis epithelsejtek terméke. A folliculusok finom kötőszöveti stromába vannak ágyazva, fenesztrált kapillárisok sűrű hálózatával, kiterjedt nyirokhálózattal és sympathicus idegrostokkal vannak körülvéve.

A follicularis sejtek alakja lapostól a hengerdedig variálódhat az aktivitástól függően, melyet a vérpályában lévő hypophysealis eredetű TSH szabályoz. Hiányában a follicularis sejtek laposak, a kolloid nagymértékben felszaporodik a folliculus lumenben, a thyroglobulin tárolását jelezve (hypofunkció). Fokozott TSH termelődés hatására a follicularis sejtek hengerekké válnak, a folliculus lumenből a kolloid kiürül, így a folliculusok átmérője is erősen csökken (hyperfunkció).

A follicularis sejtek apicalis felszíne microvillusokat tartalmaz, melyek a kolloidba nyomulnak (40. ábra). A sejtmag gömbölyű és a sejtestest alsó (vagy középső) harmadában helyezkedik el. A follicularis sejtek feltűnő ultrastrukturális és funkcionális polaritást mutatnak, finomszerkezeti képük a thyroglobulin szintézist és reszorpciót egyaránt tükrözi. Az aktív follicularis sejt nagymennyiségű tág szemcsés ER cysternát tartalmaz, ezekben szintetizálódik a thyroglobulin. A még nem jódozott thyroglobulin a folliculus lumenbe kerül, ahol jódozódik és raktározódik. Az apicalis microvillusok, melyek nyugvó sejtekben rövidek, TSH stimulus hatására megnyúlnak és benyomulnak a kolloidba. Kolloid particulumokat kebeleznek be és továbbítanak a sejt belsejébe. A kolloid endocytosist követően a cytoplazma lysosomái összeolvadnak a kolloid cseppecskékkel, phagolysosomákat képezve, melyek azután a sejt bazális része felé vándorolnak. Ezalatt a kolloid fokozatosan eltűnik, minthogy savanyú proteázok és peptidázok bontják le a jódozott thyroglobulint a phagolysosomákban, trijódthyronint (T3) és thyroxint (T4) szabadítva fel, melyek bazál felé haladnak, hogy a vér és nyirok kapillárisokba szabaduljanak fel.

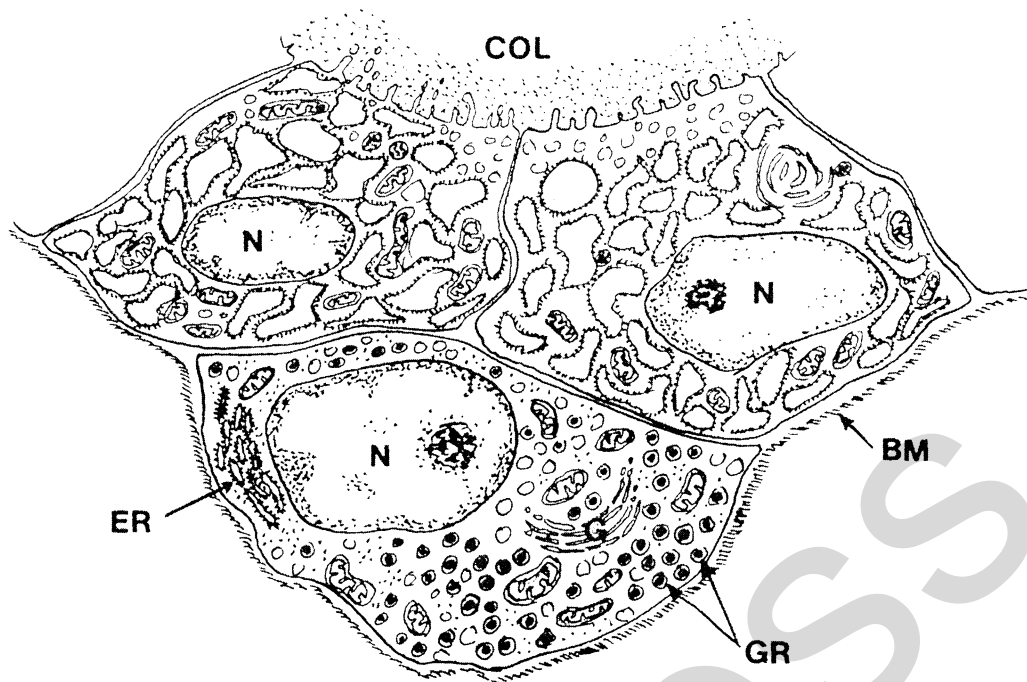
A T3 és T4 fő hatása a szöveti anyagcsere általános serkentése. Ez nagyon széleskörű hatás, mely felöleli a szénhidrát anyagcserét, a szív ritmus szabályozását, a szellemi aktivitást, a testnövekedést és egyéb hatásokat. Túltermelődésük thyrotoxicosishoz vezet, a hyposzекреció felnőttekben myxoedemát, gyerekekben kretinizmust eredményez.



40. ábra

Egy pajzsmirigy folliculus részletének vázlata (Gray's Anatomy után). Középen follicularis sejtek, fölöttük a folliculus lumenét kitöltő kolloid, alul pedig a folliculust körülvevő vér- és nyirokér részlet látható. A vázlat a trijódthyronin (T3) és thyroxin (T4) szintézisének és felszabadulásának folyamatát mutatja be.

A pajzsmirigy parenchyma egy második, parafollicularis helyzetű epithelsejt típust is tartalmaz a follicularis basalmembránon belül (41. ábra). A *parafollicularis sejtek* nem érintkeznek a folliculus lumenében lévő kolloiddal, mert mindig elválasztja attól őket a follicularis sejtek több-kevesebb cytoplazma részlete. A follicularis sejteknél világosabban festődnek és egy polipeptid hormont, a calcitonint termelik, ezért „C” sejteknek is nevezik őket.



41. ábra

Pajzsmirigy parafollicularis sejtjének finomszerkezetét bemutató vázlat. A képen felül a folliculus lumen és az azt kitöltő kolloid látható. Középen két follicularis sejt, alattuk pedig egy parafollicularis sejt foglal helyet. Figyeljük meg, hogy a parafollicularis sejt a folliculus basalmembránján belül helyezkedik el, a folliculus lumennel azonban nincs kapcsolatban. A parafollicularis sejt cytoplasmájában mérsékelt mennyiségű ergastoplasmát, közepesen fejlett Golgi apparátust és sok denz magvú granulomot tartalmaz. (COL: kolloid, N: nucleus, BM: membrana basalis, GR: denz magvú szekrécións granulomok, ER: ergastoplasma)

A parafollicularis sejtek származásukban, morfológiai megjelenésükben és anyagcseréjükben egyaránt különböznek a follicularis sejtektől. Ectodermális eredetűek, a crista neuralisból származnak. Az embrionális élet során a crista neuralisból az ultimobranchialis mirigybe vándorolnak. Alacsonyrendű gerincesekben és madarakban ott is maradnak, míg emlősökben tovább vándorolnak és végül a pajzsmirigyben telepsznek meg.

A follicularis sejtektől nagyobb, gömbölyű vagy ovális sejttestük van, plazmájuk világosan festődik. Fénymikroszkópban argirophiliájuk és maszkírozott metachromáziájuk különbözteti meg őket a follicularis sejtektől. Elektronmikroszkópban feltűnő, hogy sok granulomot tartalmaznak, melyek denzek, vagy denz magvúak (41. ábra).

Az általuk termelt **thyrocalcitonin** 32 aminosavból épül fel, az emelkedett szérumban Ca szintet csökkenti. Ezt az osteoclastok csontreszorbeáló hatásának gátlásával, az osteoblastok csontépítő tevékenységének serkentésével és a csontszövetben foszfát lerakódás elősegítésével éri el. Csontritkulás (osteoporosis) kezelésére használják.

Mellékpajzsmirigy (glandula parathyroidea)

Általában négy van belőlük, nevüket helyzetük alapján kapták. A pajzsmirigy hátsó felszínén, annak kötőszövetes tokjába ágyazottan helyezkednek el, sárgás-barna színű ovális képződmények.

Vékony kötőszöveti tok veszi körül őket. Ebből kötőszövetes septumok hatolnak a mirigy állományába, ereket és vasomotor idegrostokat juttatva oda. A pubertás előtt csupán egyetlen szekretoros sejt típus fordul elő a mirigyben, melyet **fősejtnek** neveznek. Ez kisebb, mint a többi belsőelválasztású mirigy szekretoros sejtjei, ezért a mellékpajzsmirigyben a sejtmagok általában sűrűbbnek látszanak, mint más mirigyben. A sejtplazmában HE festéssel granulomok nem láthatók. Bizonyos festésekkel azonban néhány granulom kimutatható. A fősejtek kötegekbe rendeződnek, melyek szabálytalanul ide-oda tekerednek. A kötegeket rácsrostok tartják össze. A kötegek között tág kapillárisok figyelhetők meg.

A fősejtek finomszerkezetére jellemző, hogy plazmájuk közepes mennyiségű szemcsés ER-t, fejlett Golgi komplexet és kevés denz magvú szekréciós granulomot tartalmaz. Ez utóbbi feltehetően azt jelzi, hogy megtermelt hormonjukat csak rövid ideig tárolják, azt gyorsan ürítik.

Hormonjuk, a **parathormon** (PTH) 84 aminosavból álló polipeptid, mely a szérumban Ca szint szabályozásában játszik fontos szerepet. Emeli a szérumban Ca szintet úgy, hogy aktiválja a csontlebonthatást végző osteoclastokat, gátolja a vese tubulusokban a foszfát visszaszívódást, s így foszfát hiányában a Ca nem tud a csontba beépülni.

Néhány évvel a pubertás előtt a fősejt kötegek között nagyobb sejttestű, acidiphilán festődő sejtek jelennek meg, melyeket **oxyphil sejteknek** neveznek. Magjuk gyakran kisebb, mint a fősejté. Elektronmikroszkópos vizsgálatok kimutatták, hogy plazmájuk acidophil festődése a benne található sok mitochondriumnak tudható be. Finomszerkezetüket a kevés endoplazmás reticulum, kis Golgi komplex és a szekretoros granulomok hiánya jellemzi. Funkciójuk jelenleg ismeretlen.

Mellékvese (glandula suprarenalis)

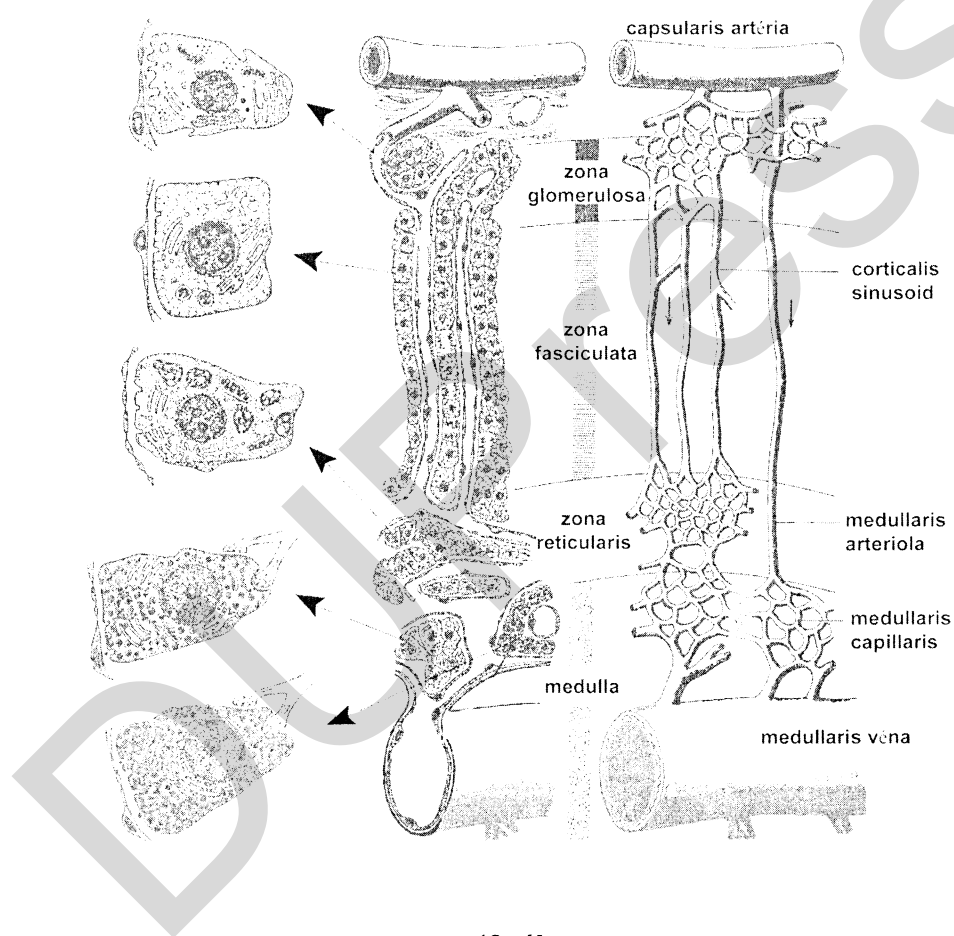
Emberben a mellékvese páros, előlről hátra lapított, háromszögletű mirigy a vese felső pólusa szomszédságában. Két különböző részből, a centrális helyzetű **velőállományból** és az azt körülvevő **kéregállományból** épül fel, melyek eredetükben, funkciójukban és szerkezetükben egyaránt különböznek egymástól. A velőállomány parenchyma sejtjei a crista neuralisból, a kéregállomány sejtjei pedig a hasüregi coelomahámnak a mesenterium tapadásától kétoldalt kialakuló megvastagodásából származnak. A velő adreanalint és noradreanalint termel, míg a kéreg steroid hormonokat.

A kéregállomány szerkezete

A kéreg sejtjeinek köteges rendeződése alapján három zónára osztható (42. ábra). A kötőszövetes tok alatt a parenchyma sejtek gömbölyded fészkekbe, vagy kanyargós oszlopokba rendeződnek, ezért ezt a réteget **zona glomerulosanak** nevezik. A sejtek itt viszonylag kicsik, piramis alakúak, gömbölyű magjaik erősen festődnek és kisebbek a következő zónáénál. A sejt-fészkeket fenesztrált endothellel bélelt sinusoid kapillárisok hálózata veszi körül. Ezen réteg alatt a **zona fasciculata** következik, melyben a sejtek a felszínre merőlegesen haladó vaskos egyenes kötegekbe, vagy oszlopokba rendezettek, melyek között egyenes kapillárisok húzódnak. A sejtek nagyok és sokszögűek. Magjuk is nagyobb és halványabb az előző zónáénál. Plazmájuk erősen vacuolizált, minthogy in vivo nagy számú lipid cseppecskét tartalmaz. Minthogy a lipid cseppek a metszetkészítés során kioldódnak, a plazma szivacsos szerkezetet mutat. A lipid cseppecskék neutrális zsírokat, zsírsavakat, cholesterolt és foszfolipideket tartalmaznak, melyek a sejtek által szekretáltak

szteroid hormonok előanyagai. A zona fasciculata és a velőállomány között egy viszonylag keskeny réteg következik, a *zona reticularis*, melyben a sejtek egymással anasztomozáló, hálózatot képező kötegekbe tömörülnek. A hálózat hézagait kapilláris sinusoidok foglalják el. A zona reticularisban a sejtek megint kisebbek és magjaik is erősebben festődnek. Sötét és világos sejtek különböztethetők meg. A sötét sejtek sok lipofuscin pigment granulumot tartalmaznak és magjuk is erősen festődik.

A sejtek minden zónában a szteroid szekréció jellemzőit mutatják, nevezetesen jól fejlett sima felszínű sima felszínű ER-t és elongált, cristás típusú mitochondriumokat, de csak kevés szemcsés szemcsés ER-t. A zona glomerulosa *mineralocorticoidokat* szekretál (pl. aldoszteron), melyek a Na és K homeosztázist és a vízháztartást regulálják. A zona fasciculata *glucocorticoidokat* (pl. kortikoszteron) választ el. Ezek a szénhidrát anyagcserében játszanak szerepet, de gyulladáscsökkentő és immunszuppresszív hatásuk is van. A zona reticularis *szexuálhormonokat* termel (pl. androgeneket). Ezek mennyisége azonban nagyon alacsony, csak kóros körülmények között van jelentőségük.



42. ábra

A mellékvese szöveti szerkezetét és vérellátását bemutató vázlat (Gray's Anatomy után). Figyeljük meg a kéregállomány három zónáját (zona glomerulosa, zona fasciculata, zona reticularis) és az azokat felépítő sejtek finomszerkezeti képét (leírásuk a szöveges részben található meg). A velőállományban (medulla) két sejtféleség, a noradrenalint termelő sejt (felül) és az adrenalint termelő sejt (alul) figyelhető meg. Ezeken a sejteken preganglionáris sympathicus axonvégződések szinaptizálnak. A mellékvese artériás vérellátását egy corticalis sinusoid rendszer és egy külön medullaris capillaris rendszer szolgáltatja. A vénás vér a közös medullaris vénákba gyűlik össze és onnan vezetődik el.

A velőállomány szerkezete

A velőállomány sejtjei nagy, ovoid vagy hengerded sejtek, melyek szabálytalan kötegeket alkotnak (42. ábra). A kötegek között tág sinusoidok láthatók, ezek körül a sejtek gyakran rosetta szerűen rendeződnek. Sok sejt tartalmaz finom granulumokat, a granulumok krómsókkal (pl. káliumbikromáttal) barnára színeződnek. Ezt a jelenséget **chromaffin reakciónak**, a sejteket pedig **chromaffin sejteknek** nevezik. A chromaffin reakció a granulumok katecholamin tartalmának következménye. A velőállományban két katecholamin feleség termelődik: a **noradrenalin** és az **adrenalin**. Ennek megfelelően két sejt típust lehet megkülönböztetni. Az egyik sejtpopuláció denzmagvú granulumokat tartalmaz, ezek a sejtek noradrenalint szekretálnak. A másik sejtpopuláció kisebb, homogénebb és kevésbé denz granulumokat tartalmaz. Ezek szekretálják az adrenalint. A granulumok kiürítését a medulláris sejteken szinaptizáló **preganglionáris sympathicus axonok** serkentik.

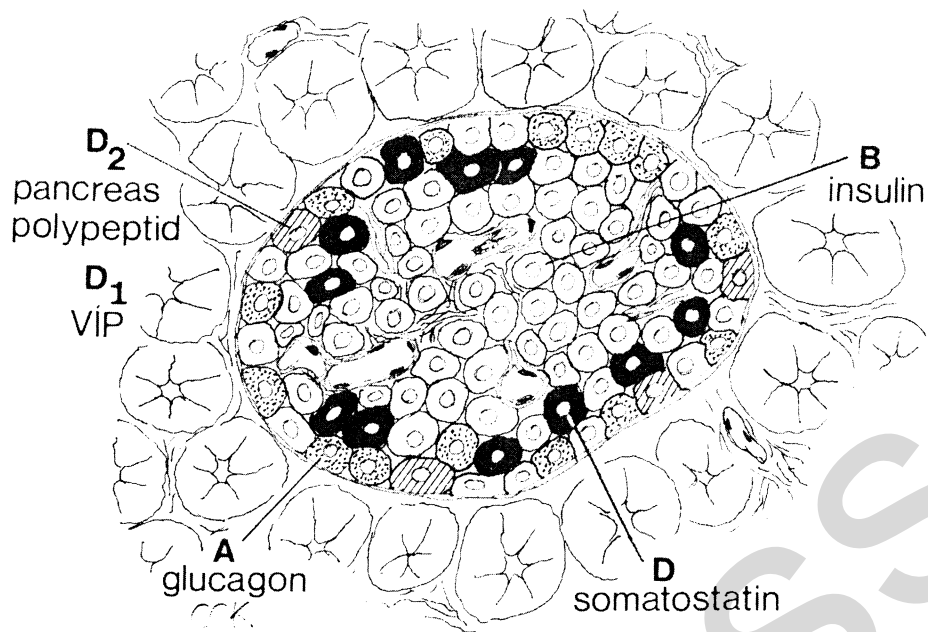
Az emelkedett adrenalin és noradrenalin szint hatásai sokrétűek: vérnyomás emelkedést, szapora szívverést és a veárvadás fokozódását okozzák, melyek mind a vészhelyzethez való alkalmazkodást szolgálják.

A pancreas Langerhans-szigetei

A pancreasban a külső elválasztású lebenyek között halványan festődő, 100-200 μm átmérőjű, gömbülyded szigetszerű sejtszoportokat találunk, melyeket **Langerhans-szigeteknek** nevezünk. A szigeteket kisméretű kerek, vagy poligonális sejtek alkotják, a sejtek között fenesztrált endothellel bélelt kapillárisok láthatók. Immunhisztokémiai vizsgálatok kimutatták, hogy a szigetek úgy épülnek fel, hogy funkcionális egységként működjenek.

A szigeteket funkcionális alegységekre lehet osztani (43. ábra): (1) A szigetek perifériáján egy „**heterocelluláris cortex**” található, mely igen sok glukagont termelő **A sejtet** (a sejtek 25%-a) és somatostatint termelő **D sejtet** (15%) tartalmaz. Ezek mellett inzulint termelő **B sejtek** is előfordulnak, de csak igen kis számban. Ez az alegység ér- és idegelemekben gazdag. A szomszédos sejtek junkcionális komplexekkel kapcsolódnak egymáshoz és egymás tevékenységét parakrin szekrécióval befolyásolják. Peptid hormonjaikat közvetlen környezetükbe bocsátják, amelyek így közvetlenül hatnak a szomszédos sejtekre, pl. somatostatin felszabadításával a szomszédos sejtek hormontermelését gátolva. Az ilyen szekréció típusát **parakrin szekréciónak** nevezzük. A heterocelluláris cortex a sziget apparátus akutabban, dinamikusabban reagáló része, ez a felelős az inzulin és glukagon szint változásaiért. „Pacemakerként” funkcionálhat a sziget belseje számára, a sziget külseje felől érkező információkat a többi sejt felé továbbítva. (2) A Langerhans-szigetek belsejében a főleg B sejtekből (60%) álló centrális „**homocelluláris alegység**” foglal helyet. Az ebben lévő **B sejtek** alig vannak kitéve a somatostatin gátló hatásának, ezért kevésbé dinamikusan ugyan, de állandóan végzik az inzulin elválasztást, biztosítva ezzel a folyamatos hormon szükségletet.

A sziget apparátus ilyen funkcionális értelmezése jól magyarázza a különböző diabetesekben kapott morfológiai elváltozásokat is. Inzulinhiányos állapotban (**juvenilis diabetes**) a glukagon termelő A sejtek és a somatostatin termelő D sejtek megszorodása figyelhető meg. Hyperinzulinaemiás **időskori diabetesben** az inzulint termelő B sejtek száma növekszik meg, ugyanakkor a D sejtek számának relatív csökkenését észlelték.



43. ábra

A pancreas Langerhans-szigetének felépítését bemutató vázlat. A sziget perifériáján a „heterocellularis cortexet”, közepén pedig a centrális „homocellularis alegységet” látjuk. A heterocellularis cortexet glucagont termelő A sejtek, somatostatint termelő D sejtek, VIP-termelő D1 sejtek és pancreas polypeptidet termelő D2 sejtek építik fel. A centrális homocellularis alegység főleg insulint termelő B sejteket tartalmaz. A sziget belsejében néhány érátmetszet, a sziget körül pedig az exokrin pancreas serosus mirigyvégek kamrái láthatók.

A BŐR ÉS FÜGGELÉKEI

A bőr (*integumentum, cutis*) a test külső felszínét borító szervünk. Két rétegből áll: a *felhám*ból (*epidermis*), ami többrétegű elszarusodó laphám és az alatta lévő *irhám*ból (*dermis*), mely utóbbi kötőszövet. A bőrt egy lazább szerkezetű kötőszövetes réteg, a *bőralatti kötőszövet* (*tela subcutanea, hypodermis*) kapcsolja a mélyebb szövetekhez. A bőrből kialakult speciális képleteket *bőrfüggelékeknek* nevezzük. Ezek a *szőrtüszők* és *szőrszálak* (*hajszálak*), a *körömök*, a *bőr mirigyei* és az *emlőmirigy*.

A bőr vastagsága testtájanként változó. Az erős mechanikai hatásoknak kitett területek (ujjak tenyéri felszíne, tenyér, talp) *vastag bőrrel* borítottak, melyben a szőrtüszők hiányoznak, az epidermis pedig különösen vastag. Más testtájékokon *vékony bőrt* találunk, mely szőrtüszőket tartalmaz és epidermise vékony.

Felhám (epidermis)

A felhám *többrétegű elszarusodó laphám*ból áll, a lamina basalis felől öt rétegre tagolható: *stratum basale, stratum spinosum, stratum granulosum, stratum lucidum* és *stratum corneum*. A stratum lucidum csak a vastag bőrben található meg. A felhámot alkotó sejtek többsége *keratinocytá*, mellettük még *melanocyták*, *Langerhans-sejtek* és *Merkel-sejtek* vesznek részt felépítésében, de *lymphocyták* is előfordulnak benne.

A *keratinocytákat* és funkciójukat (*keratinizáció, víz-barrier képzése*) a fedőhámokról szóló fejezetben korábban leírtuk, ezért itt nem ismételjük meg. Annyit viszont megjegyzünk, hogy a bőrben zajló keratinizáció lágy keratin képzésére szolgál, míg a körömben és a szőr-, illetve hajszálban kemény keratin képzése folyik.

A *melanocyták (pigmentsejtek)* a stratum basale sejtei között szétszórva találhatóak. Az embrionális fejlődés során a crista neuralisból vándorolnak az epidermisbe. Dendritikusak, vagyis gömbölyded sejttestükből nyúlványokat bocsátanak a stratum basale és spinosum keratinocytái közé. Melanin pigmentet termelnek. Tirozinból DOPA-t készítenek és azt enzimikus lépések során át *melaninná* alakítják. A melanint ún. *melanosomákba* csomagolják, majd azokat kiürítik. Az intercelluláris térbe került melanosomákat aztán a keratinocyták phagocytálják. Bennük a melanin pigment a sejtmag fölött rakódik le és védi azt a sugárzástól. Napozáskor az UV-sugarak hatására a melanin sötétebbé válik és átkerülése a keratinocytákba felgyorsul, később pedig a melanin szintézis is fokozódik.

A *Langerhans-sejtek* a stratum basale és spinosum sejtei között ülnek. Az embrionális fejlődés során a csotvelőből vándorolnak az epidermisbe. Ezek is dendritikusak, hosszú nyúlványaik a keratinocyták közé nyomulnak. Antigén prezentáló sejtek, a T-lymphocytákat látják el a külvilág felől érkező információkkal. Fontos szerepet játszanak a bőr immunvédekezésében.

A *Merkel-sejtek* a stratum basaléban elhelyezkedő módosult keratinocyták. Cytoplazmájuk bazális részében denz granulumokat tartalmaznak. A sejt alapi részén tányér formájú idegvégződés található. Ez velőhüvelyes idegrostban folytatódik, tapintási információkat kap a Merkel-sejttől és azokat a központi idegrendszer felé továbbítja.

Irha (dermis)

Felületes rétege, a *stratum papillare* sűrű szövésű finom kötőszöveti rostokból épül fel. Nevét onnan kapta, hogy kesztyűujjszerű nyúlványokat bocsát a fölötte lévő hámba, amiket *dermális papilláknak* nevezünk. A dermális papillák a tenyéren, talpon és az ujjak tenyéri oldalán kettős hosszanti sorokba rendeződnek és így a hámot kiemelve ún. *cristae cutist* formálnak, melyek az ujjlenyomatok mintázatát szolgáltatják.

Mélyebb rétege tömött kötőszövetből áll és hálózatos szerkezetű, ezért *stratum reticularenak* nevezik. Benne vastos kollagénrost kötegek és elasztikus rostok találhatóak.

A hosszanti rendezettséget mutató rostok rombusz alakú mezőket fognak közre. A rombuszok hossz tengelyei az ún. *Langer-féle vonalakat* adják. Ezen vonalak mentén ejtve metszést a bőrön, a sebszélek nem tátonganak és gyorsabban összehegednek.

Bőralatti kötőszövet (tela subcutanea, subcutis)

A bőr rétegei alatt található laza kötőszövetes réteg. Testtájanként változó mennyiségű zsírt tartalmaz. Vastagsága a tápláltsággal függ össze. Ez a réteg segíti elő, hogy a bőr elmozdulhasson az alatta lévő szöveteken. Az ujjakon, tenyéren és talpon azonban a zsírpárnák között erős kötőszöveti sötvények (*retinacula cutis*) rögzítik az irhát a bonyéhoz vagy csontoz. Ezzel a bőr elcsúszását megakadályozzák, ami a fogás és járás szempontjából lényeges szempont.

A bőr *artériái* kettős hálózatot alkotnak: egyet a subcutis-dermis határon (*rete cutaneum*) és egy másikat a dermális papillák töveinél (*rete subpapillare*). Az előbbi a subcutist, az irha mély rétegét és a verejtékmirigyek, szőrtüszők mély részét látja el. Az utóbbi az irha felületes rétegét és a bőrfüggelégeket látja el, és belőle kapilláris hurok ered minden egyes dermális papilla számára. A *vénák* három fonatot alkotnak: egyet-egyet az artériás plexusok szintjében és egy harmadikat az irha közepén.

Bőrfüggelékek

A bőrfüggelékek a fejlődés során az irhába burjánzó felhám származékai. A felhám stratum germinativumából az irhába benövő hámbimbókból differenciálódnak. Ide soroljuk a szőrtüszőket, a körmöket, a bőr mirigyeit (faggyú-, illat- és verejtékmirigyeket), továbbá az emlőmirigyet.

A *szőrtüsző* (hajtüsző) a felhám az irhába való betüremkedéséből (invaginációjából) keletkező hengerded képződmény. Hossz tengelye a bőrfelülettel szöget zár be, tompaszögű oldalán simaizomsejt-köteg (*musculus arrector pili*) helyezkedik el. Ennek összehúzódása a szőrszálat a felszínre merőleges helyzetbe hozza és kiemeli („lúdbőr”). A szőrtüsző és a m. arrector pili közötti szögletben a *faggyúmirigy* foglal helyet. A szőrtüsző alsó vége hagymaszerűen megvastagszik, ez a *hajhagyma (bulbus pili)*. Alsó részén az irha kötőszöve benyomul a hajhagymába, a hajpapillát (*papilla pili*) képezve. A papilla bőségesen érzett és az őt körülvevő hámsejttömegben történő élénk sejtosztódás eredményezi a szőr- vagy hajszál képződését és gyors növekedését. A keratinocyták között sok melanocytá található, ezek pigmenttermelése határozza meg a haj színét. A szőrtüszőnek a faggyúmirigy beszajadzása alatti részét vastag kötőszöveti hüvely veszi körül, mely nagyszámú idegvégződést és gazdag kapilláris hálózatot tartalmaz. Az idegvégzödések fontos mechanikai információkat vesznek fel és továbbítanak a központi idegrendszer felé. A szőrtüsző hám- és kötőszövetes részét meglehetősen vastag, módosult membrana basalis (üveghártya) választja el egymástól. A hámsejtek a membrana basalison belül koncentrikus rétegekbe rendeződve a *külső és belső gyökérhüvelyt* alkotják.

A szőrtüszőben lévő és belőle kinövő szőrszál külső kéregállományból (*cortex*) és belső velőállományból (*medulla*) áll. A szőrszálban kemény keratin szintetizálódik, aminek eredményeként az elszarusodott sejtek nem válnak le, mint a bőrben, hanem zsindeyszerűen egymáshoz tapadva koncentrikus rétegeket alkotnak. A velőállományban lazán egymáshoz illeszkedő gömbölyű vagy korong alakú sejtek, közöttük és néha bennük is légtartalmú üregek láthatók.

A *köröm (unguis)* kemény keratinból képzett lemez. Részei: a körömlemez, körömágy, proximális és laterális körömrödő, germinatív zóna, epo- és hyponychium. A *körömlemez* a felhám stratum corneumának felel meg. Az elszarusodott lapos sejtek nem válnak le a körömlemez felszínéről. A körömlemez halvány rózsaszínű, amit a körömágy alatt levő kötőszövet gazdag érzettsége okoz. Proximális részén félhold alakú terület (*lunula*)

található, mely opálosan fehér, minthogy az alatta fekvő germinatív zóna sejtei még nem szarusodtak el teljesen. A körömlemez a *proximális* és két *laterális körömrödő* veszi körül. Ezeket a redőket hámréteg és irha alkotja. A hámréteg stratum corneum kissé ráterjed a körömlemezre is, ezt a részt eponychiumnak nevezzük. A proximális körömrödő alatt helyezkedik el a *germinatív zóna* vagy *mátrix*, mely az epidermis stratum basale és spinosum rétegeinek felel meg. Az elszarusodó sejtek folyamatosan disztális irányba tolódnak és így hozzák létre a körömlemez. A körömlemez alatt a *körömágyat* találjuk. A mátrix folytatását képező 2-3 sejtsorból áll, melyek fölött a körömlemez elszarusodott sejtrétegei mozognak előre. A körömágy disztális részlete (*hyponychium*) beterjed a körömlemez szabad széle alatti barázdába, ahol fontos védelmi funkciót lát el.

A **bőr mirigyei**: a faggyúmirigy, verejtékmirigy, illatmirigy és az emlő. (A mirigyek szekréciós mechanizmusát a mirigyhám tárgyalásakor leírtuk, ezért itt arra csak hivatkozunk.)

A **faggyúmirigy** (*glandula sebacea*) a szőrtüsző hámhüvelyének külső részéből fejlődik úgy, hogy az kiboltosul és sejtei alveoláris szerkezetű mirigygyé differenciálódnak. A szekréció mechanizmusát tekintve *holokrin típusú mirigy*, vagyis sejtei teljes egészükben váladékká alakulnak. Több alveolus rövid, közös kivezetőcsővel nyílik a szőrtüsző felső, infundibuláris részébe és váladékát, a faggyút (*sebum*) a bőr felszínére üríti. Néhány testtájékon, ahol szőrtüszők nincsenek, a faggyúmirigyek közvetlenül a bőr felszínén nyílnak (ilyen helyek: a száj sarkai, emlőbimbó, glans penis, a fityma bellemeze, glans clitoridis, kisajkak).

A **verejtékmirigy** egyszerű, végén felcsavarodott tubuláris mirigy (*glandula glomiformis*). Az epidermis mélybe burjánzásával fejlődik, de szőrtüszőtől függetlenül. Gombolyagszerűen felcsavarodott szekréciós részlete az irha alsó részében található, vékony kivezetőcsőve a bőr felszínére nyílik. Szekréciós mechanizmusa szerint *merokrin típusú*. Szekréciós sejtei kétfélék: világos és sötét sejtek. A piramis alakú *világos sejtek* az acinus lumenétől távolabb helyezkednek el, közöttük intercelluláris canaliculusok figyelhetők meg. Ezek termelik a verejték vizes komponensét. Az ugyancsak piramis alakú *sötét sejtek* a lumen közvetlen szomszédságában helyezkednek el, bazális részük határolja a lument, míg apikális részletük a bazálmembrán felé irányul és azzal érintkezik. Sötét festődésüket basophilájuk okozza. A verejték glikoprotein tartalmú komponensét szekretálják. Az acinust kívül nyúlványos, *myoepithel sejtek* veszik körül, ezek kontrakciója üríti ki a váladékot. A kivezetőcsövet kétrétegű köbhám alkotja, mely erősen basophilan festődik.

Az **illatmirigy** a faggyúmirigyhez hasonlóan a szőrtüsző hámhüvelyének külső részének kiboltosulásából fejlődik, váladéka is a szőrőcsatornába ürül. Előfordulhat azonban szőrtüszőtől függetlenül is, ilyenkor a váladék közvetlenül a bőr felszínére ürül. A meglehetősen tág, egyrétegű köb- vagy hengeralakú sejtekkel bélelt mirigyvégek kamrák az irha mély részében vagy a subcutis felszínes részében található. A szekréciós sejtek *apokrin mechanizmussal* szekretálnak. A végkamrákat *myoepithel sejtek* veszik körül. A rövid és szűklumenű, egyenes kivezetőcsöveket 2-3 sejtsorból álló többrétegű köbhám béleli. A fehérjéket, szénhidrátokat és lipideket tartalmazó tejszerű váladék ürítéskor még szagtalan, de bakteriális hatásra rövidláncú zsírsavak, α -androsteron és más anyagok keletkeznek, melyek erős szagúak. Illatmirigyek a hónalj bőrben, a gáttájék bőrben, az emlőbimbó udvarában, a fityma, a scrotum, a mons pubis és a kisajkak bőrben fordulnak elő.

Az **emlőmirigy** (*glandula mammae*) módosult apokrin mirigy. Lebényes szerkezetű, mirigyállományból és a lebények közötti rostos kötőszövetből, valamint zsírszövetből áll. Nyugalomban lévő (nem laktáló) emlő mirigyállománya csökevényes mirigyvégek kamrákból (*alveolusok*) és azok kivezetőcsöveiből épül fel. A lebények kivezetőcsövei egy-egy nagy kivezetőcsőbe (*ductus lactiferus*) egyesülnek, melyek aztán az emlőbimbó (*mamilla*) területén nyílnak a felszínre.

Mint ahogy az emlő bőrmirigy, nem borítja kötőszövetes tok, mint más mirigyeket. A laza szerkezetű bőralatti kötőszövet nyomul be a lebenyek közötti térbe, *interlobaris septumokat* képezve, a lebenyek belsejében pedig egy sejtűsabb kötőszövet található, amit *intralobularis kötőszövetnek* nevezünk. Az interlobaris kötőszövet egyéenként változó mennyiségű *zsírszövetet* tartalmaz. Ennek mennyisége szabja meg az emlő méretét.

Az ösztrogén, progeszteron, prolaktin és glukokortikoid szintek emelkedése a terhesség első heteiben gyors morfológiai változásokat idéz elő az emlő szöveti szerkezetében. A kivezető csövek jelentősen megnyúlnak. A csövek végén gömb alakú alveolusok alakulnak ki. Szülés előtt a placenta által termelt hormonok (ösztrogén, progeszteron és prolaktin) tartják fenn az emlő további növekedését. Az interlobularis kötőszövetet lymphocyták, plazmasejtek és eosinophil granulocyták árasztják el.

A terhesség utolsó heteiben fehérjében gazdag, lipidekben szegény váladék található az alveolusokban, amit előtejnek (*colostrum*) nevezünk. Az előtej nagy mennyiségben tartalmaz *immunglobulinokat*, melyek az újszülött számára igen fontos *passzív immunvédelmet* biztosítanak.

A placenta hormonjai a terhesség alatt gátolják a tej szekrécióját. Szülés után azonban a placenta távozásával a hormonszintek gyors és jelentős csökkenése serkenti a hypophysis prolaktin szekrécióját, és ennek hatására már szülés után néhány nappal kialakul a folyamatos tejtermelés.

A laktáló emlő mirigyvégkamráiban laphámától az alacsony hengerhámig számos sejttalak figyelhető meg. A hergersejtek apikális cytoplasma részlete gömbszerűen beboltosul a lumenbe. A mirigysejtek acidophilen festődnek, cytoplasmájuk bazális részlete durva felszínű endoplazmás reticulum ciszternákban gazdag, enyhén basophil festődésű. Az apikális cytoplazma a lumen felé haladva egyre nagyobb lipidcseppeket tartalmaz.

A tej *fehérje komponensei* az endoplazmás retikulumban szintetizálódnak, membránnal borított granulomok formájában vándorolnak az apikális sejtmembránhoz, ahol exocytosisal ürülnek. A szekréciónak ez a része tehát merokrin típusú. A *lipid komponens* kicsiny cseppek formájában jelenik meg a cytoplasmában, melyek a lumen felé tartva egyre nagyobb cseppekké olvadnak össze, végül pedig egy nagy lipid csepp a kitüremített apikális sejtmembránnal és egy vékony cytoplazma réteggel együtt leszakad az apikális sejtfelszínről. Ez a szekréció apokrin típusú.

A szekréciós hámsejtek között és alatt néha *lymphocyták* és *makrophagok* figyelhetők meg. A szekréciós sejtek és az alveolus bazálmembránja között nyúlványos *myoepithel sejtek* találhatóak, melyek a szekréciót kibocsátásában segítenek.

IRODALOM

Bucher, O (1973) Diagnostic et diagnostic différentiel en cytologie et en histologie normales. Masson et Cie, Paris, H. Huber, Berne/Stuttgart/Vienne

Carola, R., Harley, J.P., Noback, C.R. (1990) Human Anatomy and Physiology. McGraw-Hill Publ. Co., New York

Gray's Anatomy. (1995)
Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London)

Hadházy, Cs. (1997) Szövettan, Gyakorlatok. Jegyzet védőnő- és diplomás ápolószakos hallgatók számára. DOTE Házinyomda, Debrecen, Nyíregyháza, Gyula

Kahle, W. (1996) SH atlasz. Anatómia III.
Springer Hungaria Kft., Budapest

Krstic, R.V. (1978) Die Gewebe des Menschen und Säugetiere. Springer, Berlin, Heidelberg, New York

Krstic, R.V. (1984) Illustrated Encyclopedia of Human Histology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo

Leonhardt, H. (1996) SH atlasz. Anatómia II. Springer Hungarica, Budapest

Módis, L. (1987) A szénhidrátok hisztokémiája. Tanka, D. (szerk.) Hisztokémia, Immunhisztokémia. Elméleti jegyzet kórbonctani (hisztokémiai és immunhisztokémiai) szakasszisztensek részére. 56-74. Kézirat gyanánt. Budapest

Ross, M. H., Kaye, G.I., Pawlina, W. (2007) Szövettan – Kézikönyv és atlasz. Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest

Röhlich, P. (1999) Szövettan I-II. Egyetemi tankönyv. Semmelweis OTE, Képzéskutató, Oktatástechnológiai és Dokumentációs Központ, Budapest

Szentágothai, J., Réthelyi, M. (2002) Funkcionális Anatómia 1-3. VIII. kiadás, Semmelweis Kiadó, Budapest

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	1
A szövetek vizsgálatának eszközei és módszerei	3
Fénymikroszkóp	3
Transzmissziós elektronmikroszkóp	4
Pásztázó sugaras (scanning) elektronmikroszkóp	4
Mikrotechnika	4
Fénymikroszkópos preparátum készítése	5
Elektronmikroszkópos preparátum készítése	7
Szövetek, szervek, szervrendszerek	8
Hámszövet	8
Fedőhámok	8
Egyrétegű fedőhámok	9
Többrétegű fedőhámok	9
Mirigyhám	11
A mirigyek osztályozása	11
Érzékhám	12
Pigmenthám	13
Kötő- és támasztószövetek	14
A kötőszövet alkotóelemei	14
Fix, immobilis kötőszöveti sejtek	14
Mobilis vagy szabad kötőszöveti sejtek	15
Extracelluláris mátrix (ECM)	16
Kötőszöveti rostok	16
Amorf alapállomány	19
Kötőszöveti adhéziós molekulák	19
A kötőszövetek osztályozása	20
Zsírszövet	21
Fehér (univakuoláris) zsír szövet	21
Barna (plurivakuoláris) zsír szövet	22
Porcszövet	23
Hyalin porc	23
Rugalmas (elasztikus) porc	24
Kollagénrostos porc	24
Csontszövet	25
A csontszövet sejtjei	25
A csontszövet intercelluláris állománya	27
Osteon, lemezrendszerek és csatornák	27
Periosteum és endosteum	27
Csontképződés	28
A csontok átépülése	31
Izomszövet	32
Harántesíktölt izomszövet	32
Szívizomszövet	33
Simaizomszövet	35
Myoepithel	36
Ideg szövet	37
Neuron	37
Az idegrost hüvelyei	38

Neuronális transzport	39
Idegvégződés	39
I. Az idegrostok kapcsolata más szövetekkel	40
II. Interneuronális synapsisok	40
Neuroglia	41
Vérszövet és vérképzés	42
A vér alakos elemei	42
Vörösvérsejt (erythrocyta)	42
Vérlemezke (thrombocyta)	42
Fehérvérsejtek (leukocyták)	42
Vérképzés	44
Erek szövettana	47
Artériák	48
Arteriolák	48
Kapillárisok és posztkapillárisok	48
Vénák	48
Venulák és kis vénák	49
Nyirokerek	49
Nyirokrendszer	50
A nyirokszövet alapváza	50
1. Lymphoid sejtek	50
2. Járulékos sejtek	51
A nyirokszövet szerveződési formái	51
Nyiroktüszők	51
Csecsemőmirigy (thymus)	52
Lép (lien)	53
Nyirokcsomó (nodus lymphaticus)	55
Mandulák (tonsillák)	56
Légzőrendszer	58
A légutak	58
Légzőfelület	58
Emésztőrendszer	60
A tápcsatorna falának szerkezete	60
Szájüreg (cavum oris)	61
Ajak (labium)	61
Nyelv (lingua)	61
Fogak (dentes)	62
A nyelőcső (oesophagus)	62
A gyomor (ventriculus)	63
A vékonybél	64
A vastagbél	65
Az emésztőrendszer nagy mirigyei	66
A nyálmirigyek (glandulae salivares)	66
A hasnyálmirigy (pancreas)	66
Máj (hepar)	66
Az epeutak	69
Vizeletkiválasztó rendszer	70
A vese (ren)	70
A vizeletelvezető utak	73

Férfi nemi szervek	75
Herék	75
Mellékherék	77
Ondóvezeték (ductus deferens)	78
Járulékos nemi mirigyek	78
Hímvessző (penis)	79
Női nemi szervek	81
Belső női nemi szervek	81
A petefészek (ovarium)	81
A petevezeték (tuba uterina)	83
A méh (uterus)	83
A hüvely (vagina)	85
Külső női nemi szervek (vulva)	86
Endokrin rendszer	87
Agyalapi mirigy (hypophysis cerebri)	87
Tobozmirigy (corpus pineale)	91
Pajzsmirigy (glandula thyroidea)	92
Mellékpajzsmirigy (glandula parathyroidea)	95
Mellékvese (glandula suprarenalis)	95
A pancreas Langerhans-szigetei	97
Bőr és függelékei	99
Felhám (epidermis)	99
Irha (dermis)	99
Bőralatti kötőszövet (tela subcutanea)	100
Bőrfüggelékek	100
Szőrtüsző	100
Köröm	100
A bőr mirigyei	101
Irodalom	103