



ÍRTA ÉS SZERKESZTETTE:

DR. DARVAY SAROLTA

DR. HILL KATALIN

DR. VITÁLYOS GÁBOR ÁRON



# ÖSSZEÁLLÍTÁS A FUNKCIONÁLIS ANATÓMIA TANTÁRGYHOZ

csecsemő- és kisgyermeknevelő,  
óvópedagógus és tanító szakos  
hallgatók részére

Összeállítás a Funkcionális anatómia tantárgyhoz  
csecsemő- és kisgyermeknevelő, óvópedagógus  
és tanító szakos hallgatók részére



ELTE Tanító- és Óvóképző Kar, Természettudományi Tanszék

# **Összeállítás a Funkcionális anatómia tantárgyhoz**

csecsemő- és kisgyermeknevelő, óvópedagógus  
és tanító szakos hallgatók részére

*Írta és szerkesztette:*

Dr. Darvay Sarolta, Dr. Hill Katalin,  
Dr. Vitályos Gábor Áron

**Budapest, 2017**



*Szerzők:*

DR. DARVAY SAROLTA – humánbiológus, egyetemi docens  
ELTE TÓK Természettudományi Tanszék

DR. HILL KATALIN – adjunktus  
ELTE TÓK Természettudományi Tanszék

DR. VITÁLYOS GÁBOR ÁRON – humánbiológus, adjunktus  
ELTE TÓK Természettudományi Tanszék

*Lektor:*

B. DR. ZSOFFAY KLÁRA – humánbiológus, adjunktus  
ELTE TÓK Természettudományi Tanszék

Az összeállítás a „Segédlet az EGÉSZSÉGTAN tantárgy tanulásához” című kézirat felhasználásával készült.

Minden jog fenntartva, beleértve a kiadvány egészének vagy egy részének bármilyen formában történő sokszorosítását.  
A kötet megjelenését az Eötvös Loránd Tudományegyetem támogatta.

© Szerzők, 2017

ISBN 978-963-284-847-1



[www.eotvoskiado.hu](http://www.eotvoskiado.hu)



Felelős kiadó: az ELTE Tanító- és Óvóképző Kar dékánja  
Felelős szerkesztő: Gaborják Ádám  
Projektvezető: Sándor Júlia  
Tördelés: Mananza Bt.  
Borító: Csele Kmotrik Ildikó

# TARTALOMJEGYZÉK

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 1. ELŐSZÓ .....                                   | 7  |
| 2. BEVEZETŐ .....                                 | 9  |
| 2.1. Anatómia – élettan. ....                     | 9  |
| 2.2. Tájékozódás az emberi testen .....           | 9  |
| 2.3. Az emberi test felépítése, főbb részei. .... | 10 |
| 3. SEJTTANI ALAPISMERETEK .....                   | 11 |
| 4. SZÖVETANI ALAPISMERETEK .....                  | 13 |
| 4.1. Hámszövet. ....                              | 13 |
| 4.2. Kötő – és támasztószövetek. ....             | 14 |
| 4.3. Izomszövetek .....                           | 15 |
| 4.4. Idegszövet. ....                             | 15 |
| 5. MOZGÁSRENDSZER .....                           | 17 |
| 5.1. Csontvázrendszer .....                       | 17 |
| 5.2. Az izomrendszer .....                        | 21 |
| 6. KERINGÉSI RENDSZER ÉS A VÉR. ....              | 29 |
| 6.1. Keringési rendszer .....                     | 29 |
| 6.2. A vér .....                                  | 33 |
| 6.3. A nyirokrendszer. ....                       | 35 |
| 7. LÉGZŐRENDSZER .....                            | 39 |
| 7.1. Felső légutak .....                          | 39 |
| 7.2. Alsó légutak .....                           | 41 |
| 7.3. A légzés élettana .....                      | 42 |
| 8. EMÉSZTŐRENDSZER .....                          | 45 |
| 8.1. Előbél. ....                                 | 45 |
| 8.2. Középbél .....                               | 49 |
| 8.3. Utóbél .....                                 | 51 |
| 9. KIVÁLASZTÁS .....                              | 53 |
| 9.1. A kiválasztás szervrendszere .....           | 53 |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 10. SZAPORODÁS .....                            | 57  |
| 10.1. A férfi nemi szervei .....                | 57  |
| 10.2. A nő nemi szervei .....                   | 59  |
| 10.3. A megtermékenyítés és egyedfejlődés ..... | 61  |
| 11. ÖNSZABÁLYOZÁS .....                         | 67  |
| 11.1. Hormonrendszer .....                      | 67  |
| 11.2. Idegrendszer .....                        | 74  |
| 12. ÉRZÉKSZERVEK .....                          | 93  |
| 12.1. Mechanikai receptorok, érzékszervek ..... | 93  |
| 12.2. A fényérző szerv .....                    | 97  |
| 12.3. Kémiai receptorok, érzékszervek .....     | 101 |
| 13. AJÁNLOTT IRODALOM .....                     | 103 |

# 1. ELŐSZÓ

Tisztelt Hallgatók, tisztelt Olvasók!

A kezükben tartott összeállítással a Funkcionális anatómia tantárgy anyagának elsajátításához, a tanulás megkönnyítéséhez kívánunk segítséget nyújtani. Fontos leszögeznünk, hogy a segédlet a tényanyagot tartalmazza, a megértéshez elengedhetetlenül szükséges képeket, ábrákat azonban nem. Javasoljuk, hogy a tanulás során feltétlenül használják az Irodalomjegyzékben megadott forrásokat, melyekben színvonalas ábra- és képanyag található. Bizonyos anyagrészek több szervhez, szervrendszerhez is kapcsolódnak. Ilyen esetekben utalást teszünk arra, hogy a segédlet mely részén foglalkozunk a témával részletesebben. Ajánljuk, hogy vegyék figyelembe ezeket az utalásokat az adott anyagrész teljes megértése érdekében.

A vizsgára sikeres felkészülést kívánunk!

a Szerzők



## 2. BEVEZETŐ

### 2.1. Anatómia – élettan

Az anatómia és az élettan az egészséges emberi szervezet felépítésével és működésével foglalkozik.

Az anatómia makroszkopikus, mikroszkopikus és molekuláris szinten vizsgálja az egészséges szervezetet.

Az élettan az anatómiai egységek, vagyis a sejtek, szövetek, szervek, szervrendszerek, valamint az egész organizmus működését és ennek szabályozását vizsgálja.

### 2.2. Tájékozódás az emberi testen

Irányok és síkok segítségével lehet meghatározni, leírni a testet felépítő különböző szerkezeti egységek helyét és egymáshoz való viszonyát.

Irányok, tengelyek:

- ♦ a *hossztengely*, a felső (*superior*, régen *cranialis*), és az alsó (*inferior*, régen *caudalis*) irányt szabja meg
- ♦ a *haránttengely*, amely a hossztengelyre merőleges, a jobb (*dexter*) és bal (*sinister*) irányokat adja
- ♦ a *nyílrányú tengely* – az előző két tengelyre merőleges, meghatározza az elülső (*anterior*, és/vagy *hasi* – *ventralis*) és hátulsó (*posterior*, és/vagy *háti* – *dorsalis*) irányokat.

További irányok:

- ♦ *medialis*: a test középvonalához közelebb eső
- ♦ *lateralis* (*oldalsó*): a középvonaltól távolabbi
- ♦ *externus*: külső
- ♦ *internus*: belső
- ♦ *proximalis*: törzshöz közelebbi
- ♦ *distalis*: törzstől távolabbi
- ♦ *superficialis*: felületi és
- ♦ *profundus*: mély.

Három, egymásra merőleges fő síkot írhatunk le:

- ♦ *homloksík* (*frontális*) – a homlokkal párhuzamos, a hossz- és a haránttengely adja
- ♦ *vízszintes sík* (*horizontális*) – a frontális síkra merőleges, a haránt- és a nyílrányú tengely adja
- ♦ *nyílrányú sík* (*sagittalis*) – egyenesen, előlről hátrafelé halad, a nyílrányú és a hossztengely adja. A középvonalban elhelyezkedő sagittalis sík a középsík vagy medián sík (*mediansagittalis*), amely a testet megközelítőleg hasonló két félre (jobb és bal testfél) osztja.



### 2.3. Az emberi test felépítése, főbb részei

Az emberi testet a szelvényezettség (szegmentáció) és a kétoldali részarányosság (szimmetria) jellemzi.

A szelvényezettség a törzsfejlődés folyamán már egyes alacsonyabb rendű élőlényeknél, mint például a gyűrűsférgeknél megjelenik: a törzs hosszirányban egyforma vagy hasonló, egymás utáni szelvényekből épül fel. A szelvényezettség nyomai az embernél is megtalálhatóak, például a csigolyáknál, bordáknál.

A kétoldali részarányosság azt jelenti, hogy ha az emberi testet a medián sík mentén képzeletben kettészeljük, két hasonló testfelet kapunk.

Az emberi test részei: fej, nyak, törzs, végtagok.

A törzs részei: mellkas, has, medence.

A végtagokon elkülöníthető a *felső és alsó végtag*.

A szervezet hierarchikus felépítése:

- ♦ Sejt. Az élő szervezet azon legkisebb egysége, amely még önálló életjelenségekkel rendelkezik: mozog, ingerehető, saját anyagcseréje van, növekszik, szaporodik.
- ♦ Szövet. A hasonló alakú és azonos működésű sejtek összessége.
- ♦ Szerv. Különböző szövetekből épül fel, és egy vagy több meghatározott funkciót lát el. A legtöbb szervben többféle szövet van jelen, de a különböző szövetek aránya az egyes szervekben eltérő.
- ♦ Szervrendszer. Különböző szervek összessége, melyek egy bizonyos életműködés ellátására vagy annak irányítására egységessé szerveződnek. Például a keringés szervrendszere, idegrendszer.
- ♦ Szervezet (organizmus). A szervrendszerek összessége.

### 3. SEJTTANI ALAPISMERETEK

A sejt valamennyi élőlény szerkezeti, működési és genetikai egysége. Létezhet egyedül vagy többedmagával, szöveteket képezve.

A *sejtek alakja*: kezdetben minden sejt gömbölyded, alakja később élettani szerepe szerint változik. Így lehetnek csillag, gömb, orsó, kocka, hengeres stb. alakú sejtek.

A *sejtek mérete* szövetenként változó, átlagosan 20-30  $\mu\text{m}$ . A legnagyobb emberi sejt a petesejt: 150  $\mu\text{m}$ , a legkisebb a nyiroksejt: 8  $\mu\text{m}$ .

A sejt alapvető alkotórészei a sejthártya, a citoplazma és a sejtmag.

A *sejthártya (membrán)* folyékony mozaik membrán, a sejt belsejét a környezettől elválasztó kettős lipid réteg, amelyen fehérjemolekulák nyúlnak át, illetve a külső- és belső felszínébe mélyednek; hozzá glikolipidek, szénhidrátok kapcsolódhatnak. A sejthártya a sejt és környezete közötti kapcsolatot biztosítja, szelektív permeabilitással (féláteresztő képességgel) rendelkezik, és elektromosan polarizált.

A *citoplazma* a sejt belsejét tölti ki, kolloid rendszert alkotva (a diszperziós közeg a víz, a diszpergált fázis szerves részecskék együttese).

Szerkezeti és működési szempontból a citoplazma két részből tevődik össze:

- ♦ a hialoplazmából (alap-citoplazma) – szerkezet nélküli rész
- ♦ a citoplazma szerkezettel rendelkező képződményeiből. Ide tartoznak a *sejtszervecskék* és a *citoplazma zárványai*.

A sejtszervecskék:

- ♦ az *endoplazmatikus retikulum (hálózat)*: membránnal (kettős lipidréteg alkotja) körülvett üregrendszer. A membránok egy részének külső felszínéhez riboszómák tapadnak – ezek képezik a *durva felszínű endoplazmatikus retikulumot (DER)*, míg másik részének felszíne sima – ez a *sima felszínű endoplazmatikus retikulum (SER)*. A DER feladata: váladék- és integráns membránfehérjék szintézise, válogatása, módosítása és szállítása. A SER funkciója: membránlipidek szintézise, a citoplazma vizes fázisában a  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációjának szabályozása, idegen anyagok feldolgozása.
- ♦ a *riboszómák* gömbölyded képződmények, a specifikus fehérjék szintézisében van szerepük. A citoplazmában szabadon, vagy az endoplazmatikus retikulum membránjához tapadva találhatók.
- ♦ a *lizoszómák* hidrolitikus enzimeket tartalmazó hólyagocskák. Feladatuk a sejten belüli emésztés.
- ♦ a *Golgi-készülék* a sejtmag közelében található. A sejt kiválasztó szervecskéjeként a szekréciós termékeinek termelésében játszik szerepet.
- ♦ a *mitochondrium(ok)* kettős hártáival körülvett hosszúkas sejtszervecske. Feladata: a tápanyagok lebontásából származó energiatermelés.
- ♦ a *sejtközpont (centroszóma)* a sejtmag közelében helyezkedik el. Az osztódási orsó létrehozásában van szerepe.

Specifikus sejtszervecskék:

- ♦ *miofibrillumok*, az izomrostra (sejtre) jellemzőek (lásd az *Izomrendszer* című fejezetnél).
- ♦ *neurofibrillumok* és *Nissl-féle testecskék*, az idegsejtre jellemzőek. A Nissl-féle testecskék (vagy tigroidrögök) sűrű tömegű, érdes endoplazmatikus hálózathoz állnak, ezek szintjén történik az idegsejt fehérjeszintézise. A neurofibrillumok (egynemű rostok szövedékeként) az egész sejtplazmán áthaladnak. Támasztó és anyagszállító szerepük van.

A *sejtmag*: a citoplazma legnagyobb organeluma. Alakja általában megfelel a sejt alakjának, amelyben található. Leggyakrabban gömb alakú. A legtöbb sejt egymagvú, de vannak kétmagvú (májsejtek), sokmagvú (harántcsíkolt izomrost) és mag nélküli (érett vörösvértest) sejtek is.

A sejtmagot két lemezből álló maghártya veszi körül, amelyet pórusok járnak át.

A sejtmagot nukleoplazma – a sejtmag citoplazmája – tölti ki. Benne elektronmikroszkópos vizsgálatnál finom kromatinszemcsékből (nukleoproteinből) álló vékony fonalhálózat figyelhető meg. A kromatinszemcsék DNS-t és fehérjéket tartalmaznak. A sejtosztódás kezdetén belőlük keletkeznek a kromoszómák. A sejtmagban egy vagy több sejtmagvacska (nukleolusz) található.

A sejtmag funkciója: az örökítőanyag térbeli elhatárolása, védelme.

## 4. SZÖVETTANI ALAPISMERETEK

Az emberi testet alkotó összes sejt a megtermékenyített petesejt (zigóta) barázdálódási osztódásából származik. E sejtek fokozatos differenciálódásából jönnek létre a szövetek.

A szövet olyan sejteknek a csoportosulása, amelyek azonos alaki, szerkezeti és működési sajátosságokkal rendelkeznek.

A főbb szövettípusok: a hámszövet, a kötő- és támasztószövet, az izomszövet és az idegszövet.

### 4.1. Hámszövet

Hámszövet képezi a testünk felszínét borító felhámot (epidermiszt), és nyálkahártyaként hám béleli a belső üreges szerveket is (pl. bélcsatorna, légutak). A hámszövet citoplazmanyúlványok révén egymással szoros összeköttetésben álló lapos, köb vagy henger alakú sejtekből áll. A hámszövet mélyen fekvő sejtjei alaphártyán ülnek; ez választja el a hámszövetet az alatta elhelyezkedő kötőszövettől. A kötőszövet az alaphártyán keresztül (diffúzióval) táplálja a hámot, amelyben nincsenek vérerek.

Működésük alapján fedőhámokat, mirigyhámokat és érzékhamokat különböztetünk meg, valamint pigment- és felszívóhámot.

#### 4.1.1. A fedőhámok (típusai, morfológia szerint)

Egyrétegű fedőhámok:

- ♦ *egyrétegű laphám.* A vérerek, a has- és mellhártya, a szívburok hámbélését alkotják, valamint a légzőhámot.
- ♦ *egyrétegű köbhám.* A mirigyek kivezető csatornáját, a hörgőcskéket és a vesecsatornát bélelik.
- ♦ *egyrétegű hengerhám.* A gyomortól a végbélig az emésztőcsatornát, valamint a petevezeték nyálkahártyáját bélelik. Egyes hengerhám sejtjeinek csúcsi részén csillók vagy mikrobolyhok vannak. Ezek ún. kefeszegélyt képezve jelentősen növelik (a bélbolyhok szintjén) a felszívódást.
- ♦ *többmagsoros vagy állhengerhám.* Az alaphártyán valójában egyetlen egyrétegű sejtréteg található, de azt olyan megnyúlt hengeres sejtek alkotják, melyeknek sejtmagvai különböző magasságban ülnek, és így a sejtek álrétegződést mutatnak (ilyen a légcsőben a nagy hörgők hámja és a vesetestecskék Bowman-tokja).

Többrétegű fedőhámok:

- ♦ *többrétegű laphám,* melynél a felületi réteget lapos és elszarusodott sejtek (a bőr felhámja esetében), vagy lapos, de el nem szarusodott sejtek (a szájüreg, a nyelőcső nyálkahártyája esetében) alkotják.
- ♦ *többrétegű hengerhám,* melynek több rétege közül csupán a felületi réteg sejtjei hengeresek (ilyen hám béleli a nyálmirigyek kivezető csatornáját, a húgyvezetékét és a húgyhólyagot).

#### 4.1.2. A mirigyhámok

A mirigyhámok kötőszövettel, vérerekkel és idegekkel társulva mirigyeket hoznak létre. E hámok olyan sejtekből állnak, amelyek váladékot képesek termelni.

Alak szerinti csoportosításuk: egysejtű (pl. bélcsatorna), többsejtű (egyszerű, elágazó, összetett, csöves, bogyós, csöves-bogyós).

Funkció szerinti csoportosításuk alapján a mirigyek háromfélék:

- a *külső elválasztású (exokrin) mirigyek* váladékukat kivezető csatornán át a bőr felületére (a faggyú- és verejtékmirigyek), vagy különböző belső üregekbe (a nyálmirigyek a szájüregbe, a gyomormirigyek a gyomorba stb.) öntik.
- a *belső elválasztású (endokrin) mirigyek* váladékukat – a hormonokat – egyenesen a vérbe öntik (pajzsmirigy, mellékvese stb.).
- a *vegyes mirigyek* külső és belső elválasztást egyaránt végeznek (hasnyálmirigy, here, petefészek).

### 4.1.3. Az érzékhámok

Az érzékhámokat a külső vagy belső környezetből érkező ingerek felfogására specializálódott sejtek alkotják. A különböző ingerek az érzéks sejtek alapi részét körülvevő idegvégződésekre hatnak és idegingerület formájában továbbítódnak (lásd az *Érzékszervek* című fejezetet).

### 4.1.4. A pigmenthám

Lásd az érzékszerveknél.

### 4.1.5. A felszívóhám

Lásd az emésztőrendszerrel.

## 4.2. Kötő- és támasztószövetek

A kötő- és támasztószövetek sejtekből és sejtek által termelt sejtközütti állományból állnak.

A sejtközütti állomány kötőszövet esetén folyékony, támasztószövet esetén szilárd halmazállapotú.

### 4.2.1. Kötőszövetek

Kötőszövet látja el a szervezet támasztát, a szervek különböző részeinek egybekötését, zsírt tartalékol fagocitózis révén és antitestek képzésével a szervezet védelmét is ellátja.

A kötőszövetet sejtek, rostok és alapállomány alkotja:

- a kötőszöveti sejtek az egyes kötőszövet-féleség szerint mások és mások;
- a rostok az őket alkotó szerves vegyületek szerint lehetnek: enyvadó, rács- és rugalmas rostok.

Az alapállomány lehet lágy, félkemény és kemény.

Fajtái:

- *embrionális kötőszövet*, elágazó, nyúlványos sejtekből áll, a sejtközütti állomány azonban gélyszerű és kollagén rostokat is tartalmaz. Magzatkorban a bőrben, születéskor már csak a köldökszínórban található.
- *laza rostos kötőszövet*, amelyben a sejtek, a rostok és az alapállomány közel azonos arányban fordulnak elő. Sejtjei helyhez kötöttek vagy mozgékonyak. A laza rostos kötőszövet más szövetekkel lép kapcsolatba, tápláló szerepe van, szervek alapját adja, idegek futnak benne.
- a *tömött rostos kötőszövet* sok enyvadó és rugalmas rostot, kevés sejtet és alapállományt tartalmaz. Az izmokat borító izompólyákat, az inakat, különböző szervek (máj, vese, stb.) tokját képezi.
- a *zsírszövetet* olyan gömbölyű sejtek alkotják, amelyekben a felhalmozódó zsír a sejtmagot a sejthártyához szorítja. A bőr alatti kötőszövetben és egyes szervek (vese, szemgolyó) körül van jelen.
- a *retikuláris kötőszövetet* hálózatot alkotó rácsrostok, a hálózatban helyet foglaló alapállomány és sejtek alkotják. Utóbbiakból vérsejtek differenciálódhatnak. A vér is egy folyékony kötőszövet. Vérbővíző vörös csontvelőben és a nyirokcsomókban fordul elő.

### 4.2.2. Támasztószövetek: a porc- és a csontszövet

#### 4.2.2.1. A porcszövet

Ellenálló, de rugalmas szövet. Alapállománya szerves anyagok keveréke – a *kondrin*, amelyet kalcium- és nátrium-sók itatnak át. A gömb vagy tojásdad alakú porcsejtek (kondrociták) az alapállományba vájt üregekben ülnek; a sejtek között enyvadó és rugalmas rostok sűrű szövödéke van. A porcszövetbe vérerek nem nyomulnak, így

táplálása diffúzió útján történik a porchártya felől – ezért könnyen öregszik, lassan, nehezen regenerálódik –, amely kötőszövetes-véreses hártaként borítja a porcot.

Az alapállomány mennyiségének, és annak függvényében, hogy milyen rostok vannak túlnyomó többségben, a következő porcszövettípusokat különböztetjük meg:

- ♦ az *üvegporc* (hialinporc) alapállománya egyneműnek látszik, mivel a benne található rostok igen vékonyak. Az ízületi, a borda, a gége, a légcső és hörgők porcát képezi.
- ♦ a *rugalmas porc*ban a rugalmas rostok dominálnak; a gégefedő és a fülkagyló porcát képezi.
- ♦ a *rostos porc*ban nagy mennyiségű enyvadó rost van. Ez alkotja a csigolya közötti és az ízületi porckorongokat.

### 4.2.2.2. A csontszövet

A szilvماغ alakú csontsejtek nyúlványaikkal egymáshoz kapcsolódnak, és koncentrikus körökben helyezkednek el. A közöttük levő teret a sejtek által termelt, szintén koncentrikus köröket alkotó lemezekből felépülő sejtközötti állomány tölti ki, mely szerves és szervetlen alkotóelemekből tevődik össze. Szerves állományában sok a fehérje, különösen az ún. kollagénrost, amely a csontok rugalmasságáért felelős. Szervetlen állományát ásványi sók képezik (leginkább kalciumion, magnéziumion, foszfátion, karbonátion), mely a csont szilárdságát biztosítja. A csontszövetnek a porcszövettel ellentétben van vérellátása, mely a csont táplálásáért felelős, ezért gyorsabban regenerálódik. Az erek és idegek a csonthártyán keresztül hatolnak a csont belsejébe, ahol egy csatornarendszerben futnak. A fák évgyűriihez hasonló, koncentrikus lemezrendszerek a csont hosszában futnak, és minden egyes lemezrendszer közepén fut egy ereket és idegeket tartalmazó Havers-csatorna. A Havers-csatornában futó ereket a Volkmann-csatorna köti össze. A csontsejtek a terhelésnek megfelelően átépülnek, helyzetük változik.

## 4.3. Izomszövetek

### 4.3.1. Harántcsíkolt izomszövet

Előfordulása: vázizomzat (ahol a csontokhoz kapcsolódik), nyelv, nyelőcső felső harmada. A harántcsíkolt izomrost jellemzői: kerek, ferdén lemetezett végű vagy kúp alakú sejtek alkotják. Nagyságuk akár több 10 cm is lehet. Általában sok sejtmagot, mitokondriumot tartalmaznak, sok fehérje, rost van bennük (aktin és miozin) (lásd bővebben a *Mozgásrendszer/Az izomrendszer* című fejezetet). Működése: akaratunktól függő működés; nyugalmi állapotban is kisfokú feszesség figyelhető meg rajta; inger hatására összehúzódik. Gyors összehúzódásra és nagy erő kifejtésre képes, de gyorsan fárad.

### 4.3.2. Simaizomszövet

Előfordulása: a zsigerekben. A sima izomrost jellemzői: orsó alakú sejtek alkotják. A sejt közepén egy sejtmag található, a harántcsíkolt izomrosthoz képest kevesebb mitokondriummal rendelkezik. Az aktin- és miozinrostok elhelyezkedése hosszanti irányú, ezért harántcsíkok nem láthatók benne. Működése: akaratunktól független működésű; nyugalmi állapotban teljesen ellazul; inger hatására féregszerű összehúzódás jön létre. Lassú működésű, de nagy erejű tartós összehúzódásra képes.

### 4.3.3. Szívizomszövet

Előfordulása: a szívben és a nagyerek kezdeti szakaszában. A szívizomrost jellemzői: módosult harántcsíkolt izom. A sejtek összefüggő hálózatot (syncytiumot) alkotnak. Egy-egy sejt villa alakban elágazik. A szívizomrost közepén egy sejtmag található, a mitokondriumok száma igen nagy, az aktin és a miozin speciális elrendeződésű. A sejthatárok (Ebert-féle vonalak) csak felépítés szempontjából igazak. A szívizom működése: átmenetet képez a harántcsíkolt és a simaizom között: akaratunktól független, gyors működésű, nagy erő kifejtésre képes és soha nem fárad el.

## 4.4. Idegszövet

Lásd az *Idegszövet* című fejezetben.



## 5. MOZGÁSRENDSZER

Mozgásrendszernek nevezzük azokat a szerveket, melyek a test mozgásában, térbeli helyzetváltozásában vesznek részt. Két alapvető részből, nevezetesen vázelemekből és harántcsíkolt izomzatból épül fel.

A vázelemek a mozgás passzív, a harántcsíkolt izmok a mozgás aktív szervei.

### 5.1. Csontvázrendszer

206 darab csontból áll, a testtömegnek csak kb. a 10%-át adja.

A vázrendszert csontok, a csontokhoz kapcsolódó porcok, a vázelemeket összekötő szalagok, továbbá a csontok járulékos elemei, a csonthártya és a csontvelő együttesen alkotják. A vázrendszer alkotórészeihez tartoznak lényegileg a szomszédos csontokat egymáshoz kapcsoló folytonos összeköttetések és az ízületek.

A csontváznak ötös szerepe van:

1. Szilárd vázát alkotja szervezetünknek, támaszt.
2. Védelmet biztosít létfontosságú szerveinknek, például az agyvelőnek.
3. A vértképzés fontos bázisát, a vörös csontvelőt tartalmazza.
4. A mozgásrendszer passzív része, emelőként működik.
5. Kalcium- és foszforraktár.

Alaki szempontból az ember vázában, csöves – régi elnevezéssel hosszú – (pl. combcsont) rövid (pl. kéztőcsont); lapos (pl. lapocka) és szabálytalan (pl. csigolyák) csontokat különböztetünk meg.

#### 5.1.1. A csontok összetétele

A csont felépítése: külső tömörebb, sűrűbb állagú részre és belső laza, szivacsos részre osztható. A csontszövet szerkezetét a mechanikai igénybevétel szabályozza.

A csontnak keménynek, szilárdnak és rugalmasnak kell lennie. A csont víztartalma 40%, a szilárd alkotórész 30–40%-a szerves (összein), 60–70%-a szervetlen anyagból (kalcium, magnézium, fluor, foszfátok és karbonátok) áll.

#### 5.1.2. A csont járulékos részei: csonthártya, csontvelő, porc

A csontokat a porccal bevont felszínnek kivételével egy rostos hártya burkolja. Ez a csonthártya. Szerepe hármas: *táplálás, csontképzés, mechanikai védelem.*

A csöves csontok belső üregeit lágy, vérdús csontvelő tölti ki. Embrionális korban minden csontban csak vörös csontvelő van, azonban a fejlődés előrehaladtával a csöves csontok velőüregeit sárga csontvelő foglalja el. Felnőtt korban a lapos, szabálytalan, rövid és az abroncsszerű csontokban és a csöves csontok végi szakaszának (epiphysis) szivacsos állományában találunk vörös csontvelőt.

A csontok szivacsos állománya vékony csontlemezekből épül fel. A csontlemezek a csontra ható erők hatásának megfelelően az erővonalak irányába rendeződnek.



A nyomási erővonalak a testre ható nyomóerők irányának megfelelően, a húzási és feszülési erővonalak az előbbire merőlegesen futnak.

Ha az erőbehatások megváltoznak, a csont szerkezete átépül az új erővonalaknak megfelelően (például csonttörések, izombénulások esetén).

A sárga csontvelő fő tömegét zsír alkotja. A felnőtt szervezetben a csöves csontok velőüregében található. Zsírja tartalék tápanyag. Súlyos, ismételt vérvesztések esetén visszaalakulhat vörös csontvelővé, s ilyenkor részt vesz a vér alakos elemeinek a termelésében is.

A porc a csontok végein, felszínein helyezkedik el, ereket nem tartalmaz, ezért regenerációja igen sok időt igényel. A porcszövet sejtjes állományát porcsejtek alkotják. A sejtközi állományát alkotó rostok milyensége alapján megkülönböztetünk üvegporcot vagy hyalinporcot (pl. bordaporcok, gégeporcok, ízületi felszínek porcai), rugalmas porcot, (pl. gégefedő, fülkagyló), kollagén rostos porcot (pl. csigolyák közötti porckorong).

### 5.1.3. A vázrendszer fejlődése

Az embrionális kor második hónapjában indul meg, s teljes kifejlődését kb. 20 éves korra éri el – ekkor fejeződik be a növekedés is. A csontok kötőszövetes telepből (koponyatető csontjai) vagy porcos telepből differenciálódhatnak. A csontok fejlődéséhez a csontosodási gócbba tömörülő csontképző sejteknek (osteoblastoknak) van szerepük. Ezek hozzák létre a csontsejteket és a sejtközi állományt. A csontok későbbi, hosszanti növekedése a közép- (diaphysis) és végdarab (epiphysis) közti porckorongban történik, szélességbeli és vastagságbeli növekedésükért viszont a csonthártya csontképző sejtjei felelősek.

A csontszövetben található csontképző és csontfaló sejtek (osteoclast) együttműködése biztosítja az életkornak, nemnek, igénybevételnek megfelelő csontvastagságot, melyet örökletes tényezők is befolyásolnak. A csontok növekedését és fejlődését a hormonális rendszer szabályozza. Fontos szerepet játszik az agyalapi mirigy növekedési hormonja (STH), a pajzsmirigy kalcitonin hormonja, a mellékpajzsmirigy parathormonja, a petefészek ösztrogén hormonja, a here tesztoszteron hormonja és a mellékvese androgén hormonja (lásd Hormonrendszer c. fejezet).

A csontok szervetlen anyagai 30-35 éves korig épülnek be a legnagyobb intenzitással a csontszövetbe. Fiatal, egészséges egyénknél a csonttömeg 10%-a cserélődik ki évente, tehát a csontszövet átépül. A csont csúcstömegét 30-35 éves korban éri el, majd fokozatosan túlsúlyba kerül a csontleépülés. A mozgásszegény életmód, az ásványianyag- és vitaminhiányos táplálkozás jelentős mértékben hozzájárul az életkorral együtt jelentkező csontvesztéshez. Nők esetében a változó korral, az ösztrogén hormon csökkenésével a csontvesztés folyamata felgyorsul.

A csontritkulás, osteoporosis tehát egy csontanyagcsere-betegség, amely az életkorhoz viszonyítva a csonttömeg megfogyatkozását jelenti. A mennyiségi változás minőségi változást is jelent. A kórfolyamat súlyosabb fokán az elvékonyodó csontgerendák egy része átlukad, eltörik, részben el is tűnik. Mindaddig nem okoz tüneteket, amíg a csontok törékennyé nem válnak. E miatt az osteoporosist, korunk egyik népbetegségét „néma járványnak” is nevezik. A nőknél kétszer gyakrabban fordul elő, mint a férfiaknál. Ennek oka egyrészt a férfiak eleve nagyobb csonttömege, valamint az, hogy náluk nincs olyan hirtelen hormonális változás, mint a nőknél a menopauza.

### 5.1.4. A csontok összeköttetései

Nagy általánosságban a csontok összeköttetéseinek két típusát különböztetjük meg, úgymint a folytonos és a megszakított összeköttetést.

Folytonos összeköttetésnél a csontok egymáshoz viszonyítva nem, vagy csak kis mértékben tudnak elmozdulni. Attól függően, hogy milyen szövet segítségével jön létre az összeköttetés, többféle lehet.

A kötőszövetes összeköttetésnél ezt a feladatot a kötőszövet látja el, például a koponyavarratok. A porcos összeköttetésnél porcot találunk a két csatlakozó csont között, például a csigolyák közti porckorongok, vagy a szegycsont és a bordák közti bordaporc.

A csontos összeköttetésnél az előbbi kettő (kötőszövet és porc) az élet folyamán összezsontosodik: például a varratok elcsontosodása a koponyán és a keresztcsont.

A megszakított összeköttetések az ízületek, melyek segítségével a csontok egymáshoz viszonyított helyzete megváltozhat. Az ízületek állandó alkotói a porcos ízületi felszínek: ízfej és ízületi árok (vápa) melyek alakja megszabja a létrejövő mozgás irányát. Az ízületi tok kívülről borítja és összetartja az ízületet, belső része pedig az ízületek „kenőolaját” termeli, mely a súrlódást csökkenti. Az ízületi szalagok a csontok szilárd összetartozását biztosítják.

Az ízületben létrejövő mozgások:

- ◆ hajlítás (flexio)
- ◆ feszítés (extensio)
- ◆ távolítás (abductio)
- ◆ közelítés (adductio)
- ◆ forgatás (rotatio)
- ◆ körbemozgás (circumductio)

Az ízületek felszínének *alakja szerint* lehet gömb, ellipszoid, nyereg, henger vagy lapos ízület.

*Mozgáskéességük szerint* az alábbi csoportokba sorolhatjuk az ízületeket:

- ◆ Feszés ízületek, például a keresztcsont – csípőcsonti ízület, mozgás nem jön létre.
- ◆ Mozgékony ízületek, az elmozdulást lehetővé tevő tengelyek száma szerint:
  - Egytengelyű ízületek:
    - *csapó* vagy *csukló ízület*, az ízületi fej henger alakú. Benne csak hajlítás és feszítés lehetséges, például az ujjpercek közötti ízület, boka;
    - *forgóízület*, például az orsó- és singcsont felső végeinek kapcsolódása, benne forgómozgás lehetséges.
  - Kéttengelyű ízületek:
    - a két tengely körül hajlítás – feszítés, közelítés-távolítás lehetséges,
    - *tojás* vagy *ellipszoid ízület*, például a nyakszirtcsont és az első nyakcsigolya között;
    - *nyeregízület*, például a hüvelykujj-kéz- és középsőcsont ízesülésénél.
  - Söktengelyű ízület: szabad vagy gömbízület.  
A három fő tengely körül lehetséges mozgás:
    - haránttengely körül hajlítás-feszítés;
    - nyírlirányú tengely körül távolítás-közelítés;
    - a csont hossz tengelye körül forgatás.
 Speciális fajtája a dióízület, például a csípőízület.

### 5.1.5. Részletes csonttan

#### 5.1.5.1. A törzs csontjai

A törzs vázát a csigolyák, a bordák és a szegycsont alkotják.

A csigolyákat ízületek és folytonos összeköttetések kapcsolják össze működési egységet alkotó gerincoszloppá. Az ember gerincoszlopa 32-33 csigolyából tevődik össze: 7 nyaki, 12 háti, 5 ágyéki, 5 keresztcsonti és 3-4 farki csigolyából. Az első és a második nyakcsigolya a fej különböző irányú mozgását teszi lehetővé. Eltér a többitől az 5 keresztcsonti csigolya is, melyek összenőttek, és a már ismertetett keresztcsontot alkotják.

A csigolyák folytonos kapcsolatát a csigolyák közötti rostos porckorongok (23 db) és különböző szalagok biztosítják. A porckorongok rugalmas ütközőként működnek, melyek a nyomást felfogják, s egyben a gerincoszlop minden irányú hajlékonyságát lehetővé teszik. A porckorong belső puha magját rostos gyűrű veszi körül. A gerinc hajlításakor a hajlítás felőli oldalon a porckorongok összepréselődnek, az ellentétes oldalon kitágulnak.

A gerinc oldalnézetben kettős S alakú görbületet mutat, ami a felegyenesedett járás (egyenes testtartás) következménye. Az előre irányuló görbület, homorulat (lordosis) a nyaki, ágyéki szakaszon; a hátra irányuló görbület, domborulat (kyphosis) a háti és a keresztcsonti szakaszon jellemző. Az oldalirányú görbület már kóros jelenség (scoliosis).

Az embernek 12 pár bordája van. A bordák abroncsszerűen hajlított, hossz tengelyükben kissé megcsavart, hosszú csontok. A szegycsonthoz való viszonyuk alapján a bordáknak három fajtáját különböztetjük meg. Az első 7 bordapár porcos részével közvetlenül a szegycsonthoz kapcsolódik. Ezek a valódi bordák. A következő 3 bordapár csak a VII. borda elágazó porcos részének a közvetítésével áll a szegycsonttal kapcsolatban. Ezek az álbordák. Az utolsó két bordapárnak a szegycsonttal nincsen kapcsolata. Ezek a repülőbordák.

A szegycsont vagy mellcsont a mellkast elől zárja be, a kulcscsonttal és a felső hét pár bordával létesít közvetlen kapcsolatot. A mellkas a mellüregben és a felső hasi régióban elhelyezkedő életfontosságú szerveknek nyújt védelmet.

### 5.1.5.2. A végtagok csontjai

#### a. A felső végtag csontjai

A felső végtag csontos vázának két része van, a vállöv és a felső szabad végtag.

A vállöv alkotásában mindkét oldalon a kulcscsont és a lapockacsont vesz részt.

A *kulcscsont* S-alakban görbült csont, melynek a testközép felé tekintő része a szegycsonttal, oldalsó végdarabja a lapocka vállcsúcsával ízesül.

A *lapocka* háromszögletű lapos csont. A mellkas háti oldalán a II–VII. borda magasságában fekszik.

A felső szabad végtag csontjait a felkar, az alkar és a kéz csontjaira osztjuk.

A felkar egyetlen csontja a *felkarcsont*. Hosszú, csöves csont, amelynek van teste, közelebbi és távolabbi végdarabja. A *vállízület* testünk legmozgékonyabb ízülete (soktengelyű, gömbízület). A lapocka és a felkarcsont ízesülése alkotja.

Az alkar vázát két csöves csont alkotja, az *orsócsont* a hüvelykujj felől és a *singcsont*, amely a kisujj felőli oldalon végig tapintható. Az orsócsont hossz tengely körüli elfordulásakor az alkarcsontok keresztezett helyzetbe kerülnek. Itt jön létre a hanyintás (supinatio), a tenyér felfelé néz, és a borintás (pronatio), a tenyér lefelé néz. Az alkart a felkarral a *könyökízület* kapcsolja össze. Egészében véve a könyök csapó-forgó ízület. A részízületek eltérő működésűek. A könyökízületben a singcsont a felkarcsont (hengerízület), az orsócsont a felkarcsont (gömbízület), a két alkarcsont egymáshoz (forgóízület) kapcsolódik.

A kéz csontjait három csoportra különítjük el: kéztő, kézközép és ujjpercek.

A *kéztő* csontos vázának építésében egy közelebbi és egy távolabbi sorba rendeződött 8 rövid csont vesz részt. Folytatásukban az 5 *kézközépcsont*, majd az ujjak csontjai, az *ujjpercek* következnek, melyekből 14 található egy kézen (négyyszer 3 és egyszer 2 a hüvelykujjon).

A kéztőcsontok felső sora az orsócsont (csuklóízületben (kéttengelyű tojás vagy ellipszoid ízület) kapcsolódik. A kéztő és a kézközépcsontok között feszes ízületek vannak, kivétel a hüvelykujj kézközép-kéztő ízülete (nyeregízület), mely igen mozgékony, a hüvelykujj a tenyérrel szembefordítható, így lehetővé teszi a tárgyak szilárd körülfogását.

#### b. Az alsó végtag csontjai

Az alsó végtag csontos vázának szintén két része van, és pedig a medenceöv és az alsó szabad végtag.

A medenceöv függeszti az alsó végtagokat, és kapcsolja a gerincoszlophoz. A medenceövet a *medencecsont* és a *keresztcsont* alkotja. A medencecsont három csont összeöntösödésével jött létre, elöl a *szeméremcsont*, hátul az *ülőcsont*, felül pedig a *csípőcsont* helyezkedik el. Hátul a csípőcsontokat a gerincoszlophoz tartozó keresztcsont kapcsolja össze.

A medence a medencecsontok és a keresztcsont által alkotott csontgyűrű. Két részre lehet osztani, egy felső tágabb nagy-, és egy alsó szűkebb kismedencére.

A nagymedence lényegileg a hasüreg alsó része, melyben a has zsigerei vannak. Élettani szempontból a kismedence szerepe óriási, hiszen a kismedencén keresztül hagyja el a magzat az anya testét. Ezért a női medence tágasabb, szélesebb, mint a férfi medence. Mindezek a szülés szempontjából rendkívül lényeges különbségek. Szülés közben a medence kitágul, amit a szeméremcsontok közötti rostos porclemezek kifelé eltávolodása eredményez.

Az alsó szabad végtagnak a mellső végtaghoz hasonlóan három szakasza van. Ezek a comb, a lábszár és a láb.

A comb vázát a *combcsont* képezi, amely felső végével a *csípőízület* (soktengelyű, gömbízület), az alsóval a *térdízület* (összetett csapó-forgó ízület) alkotásában vesz részt. A térdízület testünk legbonyolultabb ízülete, a combcsont és a sípcsont alkotja. Az ízfelszínek egyenlenségeit a félhold alakú külső és belső porclemez (meniscusok) egyenlítik ki. Az ízületi tokhoz kapcsolódó *térdkalács* az inak tapadására szolgál. Az ízület környékén számos súrlódást csökkentő nyálkatömlő helyezkedik el. A térdízület erős szalagjai megakadályozzák a térd túlnyújtását, rögzítik a térdet.

A lábszár vázát két csöves csont, a hüvelykoldali *sípcsont* és a kisujj oldali *szárkapocscsont* alkotja. A sípcsont a lábszár erősebb csontja. A szárkapocs vékony csöves csont.

A *bokaízületet* a felső és alsó ugróízületre osztjuk. A felső ugróízület (csapó vagy csuklóízület) a sípcsont, a szárkapocscsont és az ugrócsont alkotja. Szerepe a láb talpi irányba való hajlítása és a lábháti irányba történő feszítése. Az alsó ugróízület (a lábtőcsontok ugró-, sarok-, sajkacsont közötti és az ugrócsont alatti ízülete) egészében véve forgóízület, kifelé, befelé forgatást tesz lehetővé. A felső ugróízülettel együtt a lábfej körzése is kivitelezhető.

A láb felépítése hasonló a kézhez, csak a *lábtőcsontok* száma eggyel kevesebb, 7 darab. A *lábközépcsontok* a kéz-középcsontokhoz hasonló csöves csontok. Számuk 5. A 14 *lábujjperc* elosztása hasonló a kéz ujjperceihez.

Az emberi lábfej hosszanti és harántirányban ívelt. Ezt a lábboltozatot az erős és feszes talpi szalagok és a láb-szárizmok biztosítják.

Mechanikai és statikai szempontból a legtöbb munkát a láb végzi. Álláskor, járáskor viseli a test súlyát. A súly a bokavillában az ugrócsontokra tevődik át, mely megoszlik a sarokcsontra, a testsúly 2/3 része; az előtte lévő láb-részre a testsúly 1/3 része.

Az alátámasztás 3 ponton történik: a sarokcsont gumóján, az első és az ötödik lábközépcsont fejecsen.

### 5.1.5.3. A koponya csontjai

A fej csontos vázát koponyának hívjuk. A koponyának azt a részét, amely az agyvelőt tokszerűen körülfogja, agy-koponyának; a szem-, az orr- és a szájüreget határoló részét arckoponyának mondjuk.

Az agykoponyát két páros és három páratlan, összesen hét csont építi fel. A hét csont közül a három páratlan egy nyílirányú, felfelé nyitott, a két páros pedig egy haránt irányú, lefelé nyitott ívet alkot. A két csontív zárja be az agy-koponya üregét. A nyílirányú csontív alkotóelemei a hátoldaltól a hasi oldal felé haladva: a *nyakszirtcsont*, a *homlokcsont* és az *ékcson*t. A harántív a 2 *falcsont*ból és a 2 *halántékcson*tól áll. Az agykoponya csontjai varratokkal kapcsolódnak egymáshoz, melyek folytonos kötőszövetes összeköttetések, idősebb korra csontos összeköttetésekké alakulnak át. Varratai a koronavarrat, nyílvarrat, pikkelyvarrat és a lambdavarat.

Az arckoponya csontjait helyzetük és működésük alapján három csoportba osztjuk:

1. Az orrüreg csontjai az orrüreg körül csoportosulnak. Közülük három páros (*orr*csontok, *könnycsontok* és *alsó orrkagylók*), kettő páratlan (*rostacsont* és *ekecsont*). Közös sajátosságuk, hogy valamennyi vékony, törékeny csont-lemez.

2. A felső állcsonti csoport az arc formájának kialakításában játszik szerepet. Három páros csont (*felső állcsont*, *járomcsont* és *szájpadcsont*) tartozik ide.

3. A zsigerívi csoport csontjaihoz soroljuk az *állkapcsot*, a *nyelvcsontot* és a hat *hallócsontot* (mindkét oldalon 1-1 *kalapács*, 1-1 *üllő*, 1-1 *kengyel*).

A koponya egyetlen saját ízülete az *állkapocsízület* (*korlátozott szabadízület*), összeköttetés a halántékcson

t és az állkapocs között, mely lehetővé teszi a rágás bonyolult mozgáskombinációját, valamint az artikulációt.

## 5.2. Az izomrendszer

A mozgás aktív rendszerét az izomzat képviseli, mely egy felnőtt embernél a testsúly 35-40%-át teszi ki. Az izomrendszernek nagyobbik részét a vázizomzat alkotja (kb. 350 db izom), kisebbik részét a simaizmok és a szívizom.

### 5.2.1. A vázizmok általános tulajdonságai

A vázizmokat harántcsíkolt izomszövet építi fel. A szövet egysége a többszáz sejtmagot tartalmazó sejthártyával határolt izomrost. Benne összehúzódásra képes sötét és világos, haránt irányú csíkolatot mutató myofibrillumok találhatók.

A myofibrillum funkcionális és szerkezeti egysége a sarcomer. A vékony I-csíkokat adó fehérje, az aktin a Z-csíkhöz rögzül. Az I-csíkok között található vastagabb szabadon végződő A csíkot adó fehérje a miozin. A harántcsíkolt izmok akaratunktól függően húzódnak össze. Az I- és az A-csíkok egymás mellett el-, illetve összecsisz-nak, ezáltal a sarcomerek megrövidülnek.

Az izmok kötőszövetes burokkal körülvett és összefogott izomrostkötegek. Minden izomnak két fő része van, a középső összehúzódásra képes izomhas, és az izom végrészein elhelyezkedő inas rész, az izomfej, amivel a cson-tonon rögzül. Az izom egyik rögzülési pontja az eredés, a másik a tapadás. A legtöbb izom (vázizom) csonton ered és tapad. Kivétel: a finomabb mozgást lehetővé tevő izmok, például a mimikai izmok, amelyek a bőrön erednek, tapadnak, a nyelvizom; a nyelvcsonton ered, a nyelvben tapad. Az izom összehúzódásakor általában ez utóbbi az elmozdulási pont.

Az ín az izomhassal ellentétben nem nyújtható és nem rövidíthető.

Az izmok működésének alapelve a megrövidülés, illetve összehúzódás. Az összehúzódás mértéke az izmot felépítő izomrost hosszúságától függ. Általában minden izomrost eredeti hosszának a felére képes összehúzódni.

Az izmok működésük – az ízületekben létrehozott mozgás – alapján lehetnek: hajlító, feszítő, közelítő, távolító, emelő, befördítő vagy borító, kifördítő, forgómozgást létrehozó, szűkítő és záróizmok. Egymással szembeni működés tekintetében ismerünk *társizmokat (synergista)* és *ellentétes (antagonista)* izmokat. A synergisták együttes összehúzódása egy mozgást eredményez (pl. ha mindkét rágóizom egyidejűleg húzódik össze, bezárul a száj), az antagonisták összehúzódása ugyanazon ízületben ellenkező irányú mozgást vált ki (pl. a kétféjű karizom a könyökízületben hajlítja, a háromfejű karizom ugyanabban az ízületben feszíti az alkart).

### 5.2.2. Az izmok járulékos részei

1. Izompólya. Az egyes izmokat vagy kisebb-nagyobb izomcsoportokat a rostos kötőszöveten kívül izompólya burkolja. A kötőszövetben erek, idegek futnak. Az izom és az izompólya között rés van, melyben összehúzódáskor az izom elcsúszik.

2. Ínhüvelyek. Az inakat erős súrlódásnak kitett helyeken kettős falú csőhöz hasonló hüvely veszi körül. Az ínhüvely rostos kötőszövetből álló külső fala az izompólyába folytatódik, a belső fala nedvet termelő hártya, mely önmagába visszatérően (keresztmetszetben kifli alakban) körülveszi az ín felületét. Sérülés esetén a szöveti nedv felszaporodása miatt érzékelünk duzzanatot.

3. Nyálkatömlők. Főképpen az igen mozgékony ízületek közelében az inak és az izmok alá kitűródött ízületi savós hártyával bevont zacskók (synovialis-zacskók), melyek a súrlódást csökkentik.

### 5.2.3. Az izmok erei és idegei

Az izmok nagy munkavégzésüknek megfelelően gazdag érhalózzal rendelkeznek.

A mozgás szervrendszerét az idegrendszer működteti. Az izmok idegei mozgató-, érző- és vegetatív rostokat egyaránt tartalmaznak.

Ahogy a test valamennyi részéről, az izmokról is az érző idegrostok szállítják az információt a központi idegrendszerbe, melyek az izomorsóban, ínorsóban található végkészülékekből indulnak ki. Az aktuális feszültségi állapotot érzékelve izomérzést közvetítenek a központi idegrendszerbe. A központi idegrendszer felől pedig mozgatórostok szállítják az izom-összehúzódást kiváltó impulzust, valamint biztosítják az izomtónus (az izom feszítettségi állapota) fenntartását. A motoros beidegzésnél a mozgások finomságától függ, hogy hány idegejt lát el egy izmot.

(Lásd még az *Érzékszervek* című fejezetet, illetve az *Idegrendszer, agykéreg, motoros kérgi központok* című részt).

A vegetatív idegrostok az izomállomány táplálását és az erek beidegzését szolgálják.

### 5.2.4. Az izmok működése

1. Izotóniás összehúzódás: az izom inger hatására összehúzódik, hossza megrövidül, a felhasznált energiával elmozdulást (munkát) végez, tónusa állandó marad.

2. Izometriás összehúzódás: az izom az adott inger ellenére nem húzódik össze, hossza nem változik, csak a feszülése, tónusa nő.

Az összehúzódáshoz szükséges energia az izmokban lezajló kémiai reakció során keletkezik. A biológiai oxidáció során a glikogén (glukózmolekulákból álló összetett szénhidrát) vízre és szén-dioxidra bomlik, és energia keletkezik.

### 5.2.5. Részletes izomtan

A vázizomrendszert testtájak szerint a következő csoportokra oszthatjuk:

- ♦ A törzs izmai
- ♦ A végtagok izmai
- ♦ A fej és a nyak izmai



### 5.2.5.1. A törzs izmai

A törzs izomzatát az izmok helyzete alapján hátoldali és hasoldali csoportra különítjük.

A hátoldali izmok a törzs háti oldalán, a koponya és a keresztcsont között helyezkednek el. Egy felületes és egy mély rétegük van, melyeken belül még több csoportot lehet megkülönböztetni. A hátizmok közül a felületes réteget tárgyaljuk részletesebben, a mély fekvésű hátizmokat s azok szerepét összefoglalóan mutatjuk be.

A felületes hátizmoknak tapadási helyük szerint két típusa van:

- a. A felső végtag-, a törzsizmok háti csoportjának felfogható vállövre és karcsontra húzódó izmok.
- b. A bordákon tapadó izmok.

#### a. A vállövre és karcsontra húzódó izmok

*Trapézizom* vagy *csuklyásizom*. A kétoldali izom egy nagy trapéz alakú felületet takar be a háton. Az egyetlen törzsim, amely a törzset és a vállöv mindkét csontját összekapcsolja. Működése igen sokoldalú. Az összes rostjának összehúzódása nagy erővel nyomja a lapockát a gerincoszlophoz, vagyis a lapocka helyzetét fixálja, a vállövet hátra, befelé húzza.

*Széles hátizom*. Az emberi szervezet legszélesebb, de viszonylag vékony izma. A négy alsó hátcsigolya és az összes ágyékcigolya tövisnyúlványán, a keresztcsonton, a csípőtarajon és az utolsó három borda közti felszínén ered. A felemelt kart lefelé húzza, a hát mögé viszi, befelé forgatja.

*Kis és nagy rombuszizom*. Szorosan egymáshoz tartozó izmok, melyek az utolsó két nyakcsigolya és az első négy hátcsigolya tövisnyúlványáról húzódnak a lapocka gerincirányú pereméhez. A lapockát hátra, kissé felfelé húzzák, a gerinchez rögzítik.

*Lapockaemelő izom*. A csuklyásizom alatt a nyak két oldalán elhelyezkedő hosszú, vékony izom. Az 1–4. nyakcsigolyán ered, a lapocka felső szögletén tapad. Funkciója a váll emelése (vállvonogatás).

#### b. A bordákon tapadó izmok

Két csoportot különböztetünk meg.

*Hátso felső fűrészigom*. Hosszú innal ered a két utolsó nyak- és a két első hátcsigolya tövisnyúlványán. Emeli a bordákat, így a belégzést segíti.

*Hátso alsó fűrészigom*. A két alsó hát- és a két első ágyékcigolya tövisnyúlványán ered. A bordákat lefelé húzza, tehát kilégző izom.

A mély hátizmok a gerincoszlop két oldalán több egymást fedő rétegben helyezkednek el a nyakszirttől a keresztcsontig. A mély hátizmok csoportja több egymás felett fekvő tagból áll. A csigolyák tövisnyúlványai, harántnyúlványai és a bordaszögletek által képzett mély barázdát töltik ki. Két rétegben, a felületes izomrétegben (gerincfeszítő izom) és a mélyebb izomrétegben helyezkedik el. A mély hátizom a két lábon járáshoz nélkülözhetetlen izomcsoport. Két lábon állva ugyanis a test gerinc előtti tömege súlyosabb, mint a gerinc mögé eső rész. Fő működésük a gerinc egyenesen tartása a nehézségi erő ellenében. A mély hátizmok gyengesége, fejletlensége az oka az ifjúság körében sajnos egyre gyakrabban tapasztalt ún. hanyagtartásnak. A mély hátizmok folytatása a tarkóizom felületes és mély csoportja.

A törzs hasi oldalának izmait a *farok*, a *mell*, a *has* és a *nyak* izmaira csoportosítjuk.

A farok izomzata az embernél jelentéktelen.

A mellizmok egy része a mellkastól a karok felé tart, a másik része a mellkason ered és ott is tapad. Ezen az alapon a mellkas-karizmokat és a mellkas saját izmait különböztetjük meg.

A mellkas-karizmokhoz (felületes mellkasizmok) tartoznak: a *nagy mellizom*, a *kis mellizom*, az *elülső fűrészigom*.

A *nagy mellizom* a mellkas fejevégi felületének felületes fekvésű nagy izma, amely a kulcscsontnak a középsík felé eső részén és a szegycsont végén ered, a felkarcsonton tapad. A légzés kisegítő izmaként szerepel. Különösen a mesterséges légzés mechanizmusában és nehéz légzésnél, például asztmarohamok esetében van fontos szerepük. Feladata a törzs tartása, a kar lehúzása, közelítése, befelé rotálása. A nagy mellizom igen sok speciális mozgásnál is szerepet játszik: például a favágás, a kar úszó mozgásai stb.

A *kis mellizom* a nagy mellizom alatt fekszik. A 3–5. bordapáron ered, a lapockán tapad. Feladata a lapocka süllyesztése és előre forgatása, belégzőizom. A kis mellizomnak köszönhető például, hogy térdhajlítás nélkül vagy kisfokú törzshajlítással fel tudunk emelni egy tárgyat a földről.

*Elülső fűrészigom*, a mellkas oldalsó felületén fekvő nagy izom. Az 1–9. bordapáron ered, a lapocka gerinc felé néző belső felszínén tapad. Feladata a kar vízszintes fölé emelése, a lapocka mellkashoz húzása, belégzési segédizom.

A *kulcscsont alatti izom* a kart rögzíti.

A mellkas saját izmaihoz (mély mellizmok) soroljuk a bordaközi izmokat, a haránt mellizmot és a rekeszizmot.

A *bordaközi izmok* fontos légzőizmok. A külső bordaközi izmok ferde lefutásúak, belégzőizmok; a belső bordaközi izmok a külső bordaközi izmokra merőleges lefutásúak, kilégzőizmok. Emellett részt vesznek a törzs oldalra hajlításában.

A *haránt mellkasizom* a szegycsont alsó végén ered, a 2–6. bordaporcon tapad. A kilégzőizmok közé sorolható.

A *bordaemelő izmok* a 7. nyakcsigolya és az 1–9. hátcsigolyák harántnyúlványain erednek, a bordákon tapadnak. Feladatuk a gerincoszlop forgatása, a törzs oldalra hajlítása, belégzési segédizmok.

A *rekeszizom* a mellüreg és a hasüreget elválasztó kupola alakú izom. Szegycsonti, bordai és ágyéki részt különítünk el rajta. Fontos légzőizom. Központi inas része nem mozog, kupolái azonban nyugodt légzésnél 2 cm, erőteljes légzésnél 3–4 cm emelkedést, illetve süllyedést végeznek, s ezáltal a mellüreg és a tüdőt hosszanti irányban szűkítik, valamint tágítják.

A hasizmok azt a nagy teret töltik ki, amelyet a csontvázon a bordák, a gerincoszlop és a medence felső szélé között látunk. Részei *külső ferde hasizom*, *belső ferde hasizom*, *haránt hasizom*, *egyenes hasizom*, *négyszögű ágyékizom*. A hasizmok mindenekelőtt a hasfal alkotásában, s ezzel a zsigerek támasztásában vesznek részt. Feladatuk a zsigeri szervek védelme, a hasúri nyomás fenntartása, a törzs előre és oldalra hajlítása.

A hasizmok a légzőmozgásokat is támogatják. Valamennyi hasizom akaratlagos összehúzódása szűkíti a hasüreget, s ezáltal részt vesz a „hasprés” kialakításában. A hasprés nyomóereje üríti ki a belek tartalmát, s igen nagy erőt biztosít szülésnél a magzat kinyomásához.

#### 5.2.5.2. A végtagok izmai

##### A felső végtag izmai

###### Vállizmok

A felső végtag izmai a vállizmokkal veszik kezdetüket, amelyek a vállízületet teljesen körülölelik. A vállöv csontjain erednek, és a felkarcsont felső részén tapadnak.

A legtömegesebb tagja a *deltaizom*, amely a kulcscsont oldalsó harmadán, a vállcsúcson és a lapockatővisen eredő, görög deltára emlékeztető izom. Működés tekintetében igen sokoldalú, képes kiváltani mindazokat a mozgásokat, amelyeket a vállízületben egyáltalán végezhetünk. Például a felkart befelé forgatja és előreemeli, vagy a karok oldaltartásában vesz részt.

A *tővis feletti izom* a kart távolítja, a *tővis alatti izom* a felkart kifelé forgatja. Mindhárom izom rögzíti a vállízületet, védi a kifordulástól.

A *kis és nagy görgetegizom* karközelítő izmok.

A *lapocka alatti izom* a kart befelé forgatja.

###### A felkar izmai

A felkarizmok két pár elkülöníthető csoportra oszthatók: elől helyezkednek el a hajlítók, hátul a feszítők. Működésileg valamennyien a könyökízületre hatnak. A felkar izmainak fejlettsége a bőrön át jól látható és tapintható. Elöl az alkar hajlításakor erős izom duzzad ki, a kétfejű karizom (musculus biceps).

A könyökízületben *hajlító* mozgást létrehozó izmok a *kétfejű karizom*, *karizom*, *hollócsőr karizom*.

A könyökízületben *feszítő* mozgást eredményező izmok a *háromfejű karizom* és a *kampóizom*.

### Az alkar izmai

Az alkaron az izmok szintén két csoportra különülnek. Számuk sokkal nagyobb, mint a felkaron. Mind az elülső hajlító izmok, mind a hátsó feszítő izmok felületi és mély rétegben fekszenek.

A hajlító izmok eredése a felkarcsont alsó részein van, majd lefelé íába mennek át, és a tenyéren inasan folytatódnak.

A hajlítók felületes rétegében fekszik a *hengeres borítóizom*, az *orsócsonti csuklóhajlító izom*, a *hosszú tenyérizom*, a *singcsonti csuklóhajlító izom*, a *felületes ujjakat hajlító izom*.

A hajlítók mély rétegéhez tartozik a *mély, ujjakat hajlító izom*, a *hosszú hüvelykujj hajlító izom* és a *négyszögű borító izom*.

A hajlító izmok együttesen erősebbek, mint a feszítő izmok, mert a legtöbb munkavégzés az ujjak hajlításával együtt járó mozgás.

A feszítő izmok az alkar hátsó részén foglalnak helyet, az ujjakat és a kézhatat feszítik.

A feszítők felületes rétegét alkotják a *karorsói izom*, a *hosszú* és a *rövid orsócsonti csuklófeszítő izom*, az *ujjakat feszítő izom*, a *kisujj feszítő izom* és a *singcsonti csuklófeszítő izom*.

A feszítő izmok mély rétegébe tartozik a *hanyintó izom*, a *hosszú hüvelykujj távolító izom*, a *rövid* és a *hosszú hüvelykujj feszítő izom* és a *mutatóujj feszítő izma*.

### A kéz izmai

A kézízmok a hüvelykpárna, tenyérárok, kisujjpárna izmai. A kéz külső formáját a tenyéri oldal felől az izmok fejlettsége, a háti oldalon a kézközépcsontok körvonala szabja meg. A kézközépcsontok közeit kis izmok, a csontközi izmok töltik ki. Az ujjak finom mozgásai gyakorlással nagymértékben fejleszthetők.

### Az alsó végtag izmai

Az alsó végtag izmai embernél a járással kapcsolatban rendkívül erős izmokká fejlődtek. Felosztásuk az alsó végtag csontvázának megfelelően: *csípőizmok*, *combizmok*, *lábszárizmok*, *lábizmok*.

#### A csípőizmok

Csípőizmok néven foglaljuk össze azokat az izmokat, amelyek a csípőcsont körül helyezkednek el és a csípőízület mozgását hozzák létre. Elhelyezkedésük szerint két csoportra oszthatók. A hasüregben, a medencében eredő *belső csípőizmok*, és a medence külső felszínén elhelyezkedő *farizmok* vagy *külső csípőizmok*. Mindkét izomcsoport a csípőízületre fejt ki hatását. Hajlítják, feszítik, ki- és befelé forgatják, távolítják a combot. Egyedül a comb közelítésében nincs szerepük. Kívül a fartájék formáját a három farizom adja meg, amelyek a medencecsont külső felszínén erednek, és a combcsonton tapadnak. E három izomnak a comb mozgásaiban és a test tartásában van jelentősége.

#### A comb izmai

A combon a térdízületre ható három jól elkülöníthető izomcsoport foglal helyet: az elülső oldalon a feszítők, hátul a hajlítók, a belső oldalon pedig a közelítők. Az izmok elhelyezkedése tehát fordított, mint a felkaron, ahol a hajlítók elöl és a feszítők hátul vannak.

A comb *feszítő* izmai a *szabóizom*, a *négyfejű combizom* (az *egyenes combizom*, a *belső*, a *középső*, a *külső vaskosizom*). A négyfejű combizom a térdkalács közvetítésével a sípcsonton tapad. Ennek az izomnak a reflexek vizsgálatában van nagy jelentősége.

A comb hajlító izmaikhoz a *félighártyás izom*, a *féliginas izom* és a *kétfejű combizom* tartozik.

A comb közelítő izmai a *fésűizom*, a *rövid*, a *hosszú*, a *nagy combközelítő izom* és a *karcsúizom*.

#### A lábszár izmai

A lábszárizmoknak ismét három izomcsoportja van: elöl a feszítő, hátul a hajlító és a külső szélén végighúzódnó szárpapocis izomcsoport. A lábszárizmok a lábszár és az ujjak hajlítását és feszítését végzik, részt vesznek továbbá a lábboltozat fenntartásában.

A lábszár feszítő izmai az elülső sípcsonti izom, a hosszú öregujj feszítő izom és a hosszú ujjakat feszítő izom.



A hajlítók felületes rétegében fekszik a háromfejű lábikraizom és a talpi izom.

A hajlítók mély rétegét alkotja a hátulsó sípcsonti izom, a hosszú ujjakat hajlító izom, a hosszú öregujj hajlító izom és a térdárki izom.

A szárkapcsi izomcsoportot alkotja a hosszú és a rövid szárkapcsi izom.

A láb izmai

A láb izmai elhelyezkedésük szerint részben lábháti, részben talpi – öregujjpárna, talpközép, kisujjpárna izmai – csoportot képeznek. Valamennyi lábizom rövid, kis izom, amelyek működésében a lábszár izmait segítik, tehát egyrészt hajlítók, másrészt feszítők.

### 5.2.5.3. A fej és nyak izmai

A fej izmai

A fej területén az izmok két csoportra: mimikai izmokra és rágóizmokra oszthatók.

A mimikai izmok az arckoponyán közvetlenül a bőr alatt elhelyezkedő kis izmok. Működésükkel az arc mimikát hozzák létre. E kis izmok összehúzódásai szoros kapcsolatban állnak érzelmi megnyilvánulásainkkal (bánat, öröm, fáradtság, nevetés stb.), a bőrön redők, barázdák, behúzódások keletkeznek.

A mimikai izmokat három csoportra osztjuk: *fejtetőizmok*, *fül körüli izmok* és a szoros értelemben vett arcizmok csoportja, *szem körüli*, *orrnyílás körüli* és *száj körüli izmok*.

A rágóizom négy erős izom (*halánték izom*, *járomcsonti rágóizom*, *belső és külső röppnyúlványi izom*), amelyek részben a felületi, részben a mélyebb rétegekben helyezkednek el.

A *járomcsonti rágóizom* a járóíven ered, az állkapocsszöglet külső felszínén tapad. Működése: a száját zárja.

A *halántékizom* legyezőszerűen kiszélesedve a halántékcsont pikkelyén ered, és az állkapocs izomnyúlványán tapad. Az előbbi izommal azonos működésű.

A *külső és a belső röppnyúlványi izom* működése végzi az őrlőmozgást.

A nyak izmai

A nyak izmait elhelyezkedésük alapján felületes és mély izomcsoportokra oszthatjuk.

A *felületes nyakizmok*: a *nyaki bőrízom*, amely a nyak bőrének ráncképződését okozza, a *fejbiccentő izom*, amely a fej tartását biztosítja, valamint a *nyelvcsonti izmok*, amelyek más nyak- és fejizmokkal együtt a száj nyitásában, zárásában, a nyelésben, a hangadásban, csecsemőknél a szopásban működnek közre.

A *mély nyakizmok* az összes nyaki képletek (gége, garat, légcső stb.) mögött a nyaki gerincoszlopon fekszenek.

Az *elülső csoport* izmainak a nyaki gerinc és a fej mozgásában van szerepük. Az *oldalsó csoport* izmai, a borda-emelő izmok rögzített bordák esetén a nyakat oldalra hajlítják, ellenkező esetben a bordákat emelve, a belégzésben segídeknek.

### 5.2.6. A mozgásrendszer gyermekkori sajátosságai

Az újszülöttnél a testhez viszonyítva még nagyméretű koponyája összenyomható, mert az egyes koponyacsontok között lágú, még össze nem forrt részek helyezkednek el.

A szülőcsatornán való átjutáskor a koponya rendszerint összenyomódik és enyhén megnyúlik, de a fej néhány napon belül visszanyeri eredeti alakját.

A koponya lágú részeit, a kutacsokat alkotó rostos hártályak rendszerint megkeményednek, összenőnek és egészen addig fennmaradnak, amíg a csontok össze nem forrnak, vagyis a cipzár fogaihoz hasonlóan össze nem illeszkednek.

A hat fő kutacs közül a legnagyobb a koponyatető közepén elhelyezkedő, rombusz alakú nagykutacs. Ez záródik össze utolsóként, mintegy 18 hónapos korban. Csecsemőkorban a kutacs állapota jó eligazodási pont például a fejlettségi, hidratáltsági állapot megítéléséhez.

A gerincoszlop születéskor még teljesen egyenes, csupán a keresztcsonti hajlat van meg rajta. A nyaki görbület akkor keletkezik, amikor a csecsemő megtanulja a fejét tartani. A háti hajlat akkor, amikor ülni kezd, az ágyéki görbület pedig akkor, amikor állni tanul.

A görbületek és hajlatok 3 éves korra teljesen kialakulnak, de csak 7 éves korban állandósulnak, mivel addig a csontállományban erős a szervesanyag-túlsúly, így a csont könnyebben deformálódik, sőt az ágyéki görbület még ennél is később, csak 14 éves korban. Ezért a gyermekek hasa jobban kidülled, ágyékuk pedig jobban előre görbül. Mivel a gyermekek gerincvonalának alakja még nem szilárdult meg, lefekvéskor gerincoszlopuk kiegyenesedik.

Ezért szükséges, hogy a gyermekek viszonylag kemény, de rugalmas fekvőhelyen, alacsony párnán vagy párna nélkül, egyenesen aludjanak.

A fejletlen, rugalmas gerincoszlop könnyen eltorzul. Legtöbbször a háti hajlat vagy az ágyéki görbület lesz túl nagy, de a túl kis görbület is kóros eltérés. Sajnos elég gyakran görbül a gerincoszlop oldalra is.

A gerincoszlop legtöbbször azért görbül, mert korán erőltetik, hogy a csecsemő karon üljön, vagy járjon. Az oldalirányú görbületek általában az iskoláskorban alakulnak ki. Ezért szükséges, hogy a tanulók egyenesen üljenek, és fűzetük, könyvük egyenesen álljon előttük, amikor írnak, olvasnak. A gerincoszlop torzulásának megelőzésében legfontosabb a rendszeres testedzés, a tartóizomzat megerősítése. A túlzott vagy egyoldalú erőltetés azonban ártalmas. Az iskoláskorban még az is eltorzíthatja a gerincoszlopot, ha valaki éveken keresztül mindig ugyanabban a kezében viszi az iskolatáskát. A hátitáska, hátizsák használata ezt kiküszöböli.

A medencecsont, mint említettük, eredetileg 3 csontból épül fel. Ezek csak 7 éves kor körül kezdenek összecsontosodni, és csak 21 éves korra nőnek össze teljesen. Ezért különösen veszélyes, ha a gyermekek magasról ugranak le. Ártalmas a magas sarkú cipő is, mert a medencecsont helytelen irányban terhelődik meg.

Amíg a növekedés tart, a csontok is nőnek. A hosszú csöves csontok eleinte még nem teljesen egységesek. Két végük és közepük csontos, de a középső rész és a csontvégek találkozásánál porcos övezet van. Ezek a csontosodási vonalak. Itt történik a csontok hossznövekedése, ebben az övezetben alakul át a porcszövet csontszöveté. A csontosodási vonalak a 15–25. években tűnnek el.

Az izomzat kezdetben kis tömegű és csak fokozatosan gyarapszik.

Az izomzat tömegének gyarapodása

| Kor       | Testsúly % |
|-----------|------------|
| Újszülött | 23         |
| 8 éves    | 27         |
| 15 éves   | 33         |
| 18 éves   | 44         |
| Felnőtt   | 45         |

Az izomzat víztartalma kezdetben lényegesen nagyobb, így terhelhetősége alacsonyabb, mint később, ezért ereje még kisebb, mint amennyi tömege alapján várható lenne. Az iskoláskorú gyermekek izmai rövid ideig viszonylag nagy teljesítményre képesek, de gyorsan kifáradnak. A fejlődés során vastagodnak az izomrostok, nő az izmok tömege, javul a beidegzése. A csontváz is gyenge, ezért óvakodni kell a hirtelen erőfeszítéstől, és nem szabad nehéz terhet hordani, még akkor sem, ha nem tűnik fárasztónak. Néhány figyelemreméltó adat a teherhordás felső határát illetően:

|               |       |
|---------------|-------|
| 7 éves korig  | 1 kg  |
| 10 éves korig | 3 kg  |
| 12 éves korig | 5 kg  |
| 15 éves korig | 7 kg  |
| 17 éves korig | 12 kg |

A sérvek és a gerincoszlop torzulásai sokszor az iskoláskorban keletkeznek, a túlzott megerőltetés, megterhelés következtében. A mozgás fejlődését viszont az is hátráltathatja, ha egyes izomcsoportok nem végeznek rendszeres munkát. Ezért szükséges, hogy testgyakorlás közben minden izomcsoportot foglalkoztassunk.

A mozgás nem folyamatosan, hanem szakaszosan fejlődik. A csecsemőknek először a szemizmai működnek rendezetten, majd a végtagjai. Miután a fejét tartani tudja, megtanul gurulni, ülni, állni és egyéves kora körül járni. 6 éves korában már minden izmát jól használja, de a pontos mozdulatok még nehezebbé esnek.

Ha a gyermek nem foglalkozik, manipulál eleget, kezének apróbb izmai 6 éves korra sem tudják a finomabb mozgásokat végrehajtani. Ez az írás tanulásakor nehézséget jelent. 12 éves korában fürgén, ügyesen mozog, a 12–14. életévben azonban a gyors növekedés következtében szögletesekké válnak mozdulatai.

A sima, harmonikus mozgás csak 15 éves kor után fejlődik ki.

A magzati és csecsemőkori mozgások az értelmi, érzelmi és szociális fejlődés szempontjából is jelentős szerepet játszanak. Ezek a mozgások fontos idegrendszeri kapcsolatok kiépülésének alapjai és egyúttal az idegrendszer érettségének is mutatói. A mozgások időbelisége, sorrendisége mellett azok minősége is fontos, mivel a korábban megjelenő mozgásminták képezik a következők alapját.

Születés után a mozgás fejlődése a fejtől a lábujjak felé (cephalocaudalis), illetve központtól kifelé (proximodistalis) irányban megy végbe.

Az idegrendszer magzati fejlődése olyan működéseket tartalmaz, amely elemi *magatartás-* és *mozgásmintákat* hoz létre. A primitív reflexek automatikus, az agykéreg közreműködése nélkül végbemenő sztereotip mozgások, amelyeket az agytörzs irányít.

Amikor a visszahúzódó reflexek a méhen belüli élet 9. hete körül fokozatosan csökkennek, megjelennek és működnek az első primitív reflexek. Jelen vannak a szüléskor és gátlásuk a szabályos fejlődési folyamatban 6, de a legkésőbb 12 hónapos korban lezárul.

Ha ezek aktívak maradnak, az élet 9–12. hónapja után is, a jelenséget rendellenesnek tartjuk, ha a rendellenes reflexek egész csoportja észlelhető, akkor megkésett idegrendszeri fejlődésről beszélünk.

Az agykéreg közreműködésével végbemenő akaratlagos mozgások begyakorlásával az érettebb, beidegződött reakciók átveszik a primitív reflexek szerepét. A visszamaradó csecsemőkori reflexek gátolják az új mozgásformák megjelenését, ezáltal hátráltatják a gyermek fejlődését. Egyes óvodás- és iskoláskori figyelem- és magatartászavar erre vezethető vissza.

Az akaratlagos mozgások kialakulása, a látás, hallás és az értelem fejlődése egymást *kölcsönösen támogatva* fejlődnek. A normális fejlődés egységét megbontja, ha a kölcsönösségben zavar áll be.

A csecsemő- és kisdedkort érzékszervi-mozgásos, azaz szenzomotoros korszaknak is szokták nevezni, mert az érzékelés és mozgás összhangja biztosítja leghatásosabban a gyermek fejlődését.

A mozgásrendszer egészséges fejlődéséhez a megfelelő mennyiségű és minőségű testmozgás mellett helyes táplálkozásra, elegendő mennyiségű ásványi anyag és fehérje fogyasztására van szükség.

## 6. KERINGÉSI RENDSZER ÉS A VÉR

### 6.1. Keringési rendszer

Az emberi szervezet szöveteit és szerveit vérerek hálózata szövi át. Az erekben folyó vér látja el a sejteket tápanyaggal és oxigénnel, elszállítja a bomlástermékeket és a szén-dioxidot. A vér szállít még hormonokat és egyéb anyagokat is. Az érrendszer központjában a szív van. Az erek a szívből indulnak ki és a szívbe érkeznak vissza. Ebben a zárt pályarendszerben áramlik a vér, ez a vérkeringés. A szív működés a vért az érrendszerben állandó mozgásban tartja. A nyirokrendszer a vérerek mellett nyirokerekkel hálózta be az egész szervezetet. Szerkezete és funkciója okán az érrendszerhez tartozik.

#### 6.1.1. A szív (cor)

A szív kúp alakú, izmos falú üreges szerv. A szívburok üregben foglal helyet a két tüdő között, a mellüreg elülső középső részében. Csúcsa a középvonaltól kissé balra hajlik. A szív nagysága általában az egyén zárt ökle nagyságának felel meg, az életkor, a nem, az alkat és az életmód függvényében.

A szív fala három rétegből áll. Legkívül a szívburok (pericardium) vékony hártyája látható, ez egy kötőszövetes tok. Alatta található a szívizomba tartó koszorúerek. Ezek hajszálereikkel behálózzák a szívizomszövetet. A szívfallal legvastagabb rétege a szívizomzat. Ez különleges harántcsíkolt izom, amely akarattunktól függetlenül működik (lásd: izomrendszer).

A szívet belülről a szívbelhártya (endocardium) béleli, amely vékony, halványfehér-áttetsző, rugalmas, rostokból álló hártya. Kettőzete alkotja a szívbillentyűket.

A szív négyüregű rendszerét egy hosszanti válaszfal, a szívsvövény egymással nem közlekedő jobb és bal szívfélre osztja. Mindkét részben egy-egy pitvar, illetve kamra van. A pitvarokba ömlenek a szívbe vezető nagyvénák. A pitvarokból a vér a kamrákba jut. A vér befogadása és továbbítása a pitvarokat csak kis mértékben terheli, mert kis nyomással szemben kell a vért továbbítaniuk. Ezért a pitvarokban a szívfallal vékonyabb. A kamrák a nagyvérköri (testkeringés) és a kisvérköri keringést (tüdőkeringés) biztosítják. A nagyobb munkavégzésnek megfelelően a kamrák izomzata erősen megvastagodott. A szív izomzata a vérrellátásra igen érzékeny. A szív saját tápláló ereit koszorúereknek nevezzük. Két koszorús artéria van, az aortából (bal kamrából kilépő nagyartéria) erednek, a szívet a pitvar-kamrai árokban futják körül. A koszorúerek elágazódásai funkcionálisan végartériák. Közöttük nehezen nyílnak meg az összekötő véredények. Egyikük elzáródása az általa vérrel ellátott szívizomrész elhalásához vezet. Ez az infarktus. Az infarktus rizikótényezői a dohányzás, a nem megfelelő étrend, a túlzott alkoholfogyasztás, a mozgáshiány, a magas vérnyomás, a túlsúly és a feszültséggel teli, stresszel terhelt élet.

A szívben a vér áramlását billentyűk szabályozzák. A billentyűknek két fajtája van: a felfelé hosszú, vitorla alakú vitorlás billentyűk és a félhold alakú, más néven zsebes billentyűk.

A vitorlás billentyűk a pitvarok és a kamrák között helyezkednek el. A billentyűk megakadályozzák a vérnek a kamrákból a pitvarok felé történő visszaáramlását. A pitvarok összehúzódásakor (pitvari szisztolé) a nyomás kinyitja a billentyűket, és a vér a kamrába áramlik. A kamrák összehúzódásakor (kamrai szisztolé) a billentyűk vitorlái összecsapódnak, elzárják a vér visszaáramlásának útját. A vér a kamrákból kiinduló nagyerek felé folyhat.

A félhold alakú (zsebes) billentyűk a szívből kiinduló nagy artériák (verőerek) szájadékában vannak. A kamrák összehúzódásakor (szisztolé) a vér a nagy erekbe lökődik, a véráram megnyitja a billentyűket. A kamrák elernyedésekor (diasztolé) a kilökött vér visszaáramlik, a billentyűk tasakjai vérrel telítődnek, összefekszenek, ezáltal megakadályozzák a visszafolyást.

A szív ütemesen húzódik össze és ernyed el. A két pitvar összehúzódásakor a kamrák ernyednek el. A kamrai összehúzódást rövid szünet, a szívpaüza követi. Az összehúzódás (szisztolé) és az elernyedés (diasztolé), valamint a szünet a szív ciklus. A szívösszehúzódások száma (a pulzus) felnőtteknél nyugalmi állapotban percenként 60–80 közötti érték.

A pitvarok összehúzódásakor a vér a kamrákba áramlik. A kamrák összehúzódásakor a vér a nagyvérkörbe, illetve a kisvérkörbe jut.

A pitvari elernyedés alatt a jobb pitvar a nagyvénák felől, a bal pitvar a tüdővénák irányából töltődik fel.

A verőterfogat az a vérmennyiség, amelyet az ember szívének kamrai egy-egy összehúzódásakor külön-külön a nagyerekbe juttatnak. Egy kamra összehúzódása 70 ml vért juttat a verőérbe. Ez azt jelenti, hogy a szív egy-egy kamrájából percenként körülbelül 5 liter vér jut a vérkeringésbe. A felnőtt ember nyugalmi állapotú perctérfogata tehát kb. 5 liter.

A perctérfogat nőhet az egyetlen összehúzódással kinyomott vér mennyiségének növekedésével. Ez a növekedés testedzéssel, sportolással, jó fizikai állapottal érhető el. Nőhet a perctérfogat a szívösszehúzódások percenkénti számának növekedésével is. Fizikai terhelés és agykérgi folyamatok (izgalom, stressz) növelhetik a szívösszehúzódások percenkénti számát.

A szívizom összehúzódásai a vázizmok tartós összehúzódásával szemben ritmusosak. A szívizom a küszöbfeletti ingerre minden esetben maximális összehúzódással válaszol. Ez a „minden vagy semmi” törvénye. Az a periódus, amelyben a szívizom nem ingerelhető, a refrakter stádium. Az elektrokardiogram (EKG) azoknak az elektromos feszültségeknek – potenciálkülönbségeknek a rögzítése, amelyek a szív ingerületi folyamatának következményeként a testfelület meghatározott pontjai – elvezetési helyek – között lépnek fel. Az EKG tehát a szív elektromos ingerületi folyamatainak megjelenítése, amely információt adhat a szív helyzetéről, a szívfrekvenciáról, az ingerületi ritmusról és az impulzusterjedésről.

A szívizom összehúzódásához nem kell külső inger, a szív maga képezi a működéshez szükséges ingereket. Az inger (impulzus) képzése a vázizomzattal szemben magában a szervben történik, ezt a szív automáciájának nevezzük.

### 6.1.2. A szív önálló ingerképző és ingervezető rendszere

A szív ingerképző sejtjei két központba tömörülnek. A jobb pitvar falában található az elsődleges ingerképző központ, a szinuszcsomó, a jobb pitvarnak a jobb kamrához közeli részében van a másodlagos ingerképző központja, a pitvar-kamrai csomó. (Aschoff–Tawara-csomó). A két ingerképző központban keletkezett ingerületet a His-köteg, a Tawara-száraz és a Purkinje-rostok továbbítják a kamrák izomzatához. Először a pitvarok, majd a kamrák húzódnak össze. A szív automáciája mellett – valamennyi szervhez hasonlóan – a szív is idegi és hormonális szabályozás alatt áll.

Az önálló ingerképző és ingervezető rendszer működését a vegetatív idegrendszer módosíthatja, amely egymással ellentétes hatású szimpatikus és paraszimpatikus ingerekkel szabályoz.

A szívet a paraszimpatikus hatású bolygóideg (nervus vagus) és a szimpatikus határláncból (truncus sympathicus) kilépő ágak idegzik be. A vérkeringés központi szabályozását végző struktúrák a nyúltvelőben és a hídban találhatók. Kétféle inger hat ezekre a központokra: a vérnyomás és a vér kémiai összetételének változása. Az előzőekben említett szimpatikus hatás fokozza a szív működés frekvenciáját (összehúzódások számát), növeli az egyes összehúzódások erejét, mélységét, serkenti az ingerületvezetést és fokozza a szívizom ingerelhetőségét. A paraszimpatikus hatás az elmondottakkal ellentétes.

Érvényesül még a reflexes szabályozás és a lelki élmények szabályozása, valamint a vér kémiai anyagai is (hormonok, kálium-, kalciumsók stb.) jelentősen befolyásolják a szív tevékenységét (lásd az *Idegrendszer* című fejezetet).

### 6.1.3. A vérerek és a vérkörök

Az érrendszer verőerekből (artériák), gyűjtőerekből (visszerek, vénák) és a közük iktatott hajszálerekből (kapillárisok) áll. Az artériák és a vénák falában változó vastagságban három réteg van. A belső réteg az ér belseje felé endothel sejtekből és az alatta levő kötőszöveti rostokból áll. Az endothel sejtek egyrétegű laphámsejtek. Fontos szerepük van abban, hogy a vér az érpályán belül ne alvadjon meg. A középső réteget simaizomsejtek és rugalmas rostok alkotják. A külső réteget csak kötőszövet képezi.

#### 6.1.3.1. A verőerek (artériák)

A verőerek a testben egyre finomabb ágakra oszlanak. A legvékonyabb ágak a hajszálerekben folytatódnak. Vékony falukon át történik a tápanyagok és az oxigén leadása, a bomlástermékek és a szén-dioxid felvétele. Faluk egyetlen

endotheliumréteg, amelyet kívülről alaphártya burkol. Gyorsan tágulnak és szűkülnek. A verőerek (artériák) a szív felől szállítják a vért a periféria felé. A verőerek a szívből egy hatalmas törzzsel indulnak. Ez az aorta. Az artériák fokozatos elágazás után vezetnek a vért a hajszálerekbe. A hajszálerek verőeres és gyűjtőeres vége között állandó nyomáskülönbség áll fenn.

### 6.1.3.2. A gyűjtőerek (vénák)

A gyűjtőerek a periféria felől szállítják a vért a szív irányába. Ezért nevezik őket visszereknek. Az artériákkal szemben apró vénás kapillárisokkal kezdődnek és nagyobb ágakká szedődnek össze. A vénák ürege tágabb, faluk vékonyabb, mint az artériáké. A középső réteg simaizomzata is vékonyabb. A keringést a vénákban nem annyira az érfal összehúzódása, inkább a szív és a mellkas szívó hatása hozza létre. A vénákban a vér áramlását izompumpa segíti. A nagyobb vénákban a vér visszafolyását a zsebes billentyűk akadályozzák meg. Az anasztomózisok az egyes erek között létrejött keresztirányú összeköttetések. Az a szerepük, hogy valamely értörzs elzáródása esetén a hozzá tartozó terület vérellátását a szomszédos érből biztosítsák. Az artériák és a vénák nem a szállított vér oxigén- és tápanyagdúságával vagy széndioxid-telítettségével, bomlástermék-gazdagságával jellemezhetők, hanem azzal, hogy a szívből a periféria felé vagy a perifériától a szív felé vezetnek. (A tüdőartéria a szívből a tüdőbe szén-dioxidban dús vért szállít, a tüdővéna a tüdő felől a szívbe oxigénben dús vért szállít).

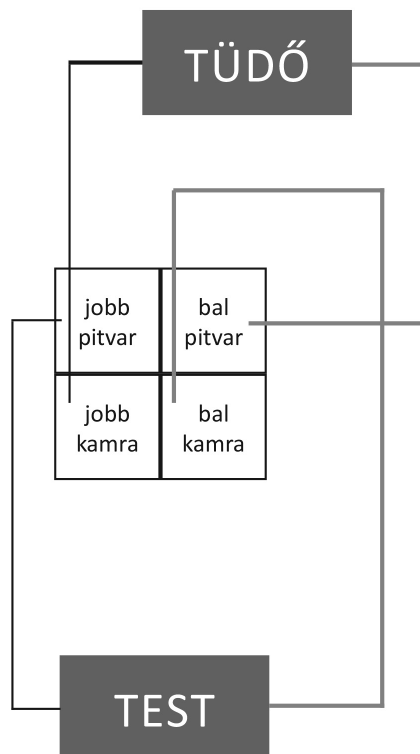
### 6.1.3.3. Hajszálerek (kapillárisok)

A szövetek tápanyagforgalma és gázcsereje szempontjából az érrendszer legfontosabb elemei a hajszálerek (kapillárisok).

A legvékonyabb kisartériákat és kisvénákat kötik össze. Falukat endothel réteg (egyrétegű laphám) alkotja, amelyet kötőszöveti rostokból álló rugalmas hálózat borít. Az artéria-véna-hajszálerek állandóan nyitva vannak. Itt a legrövidebb az út a kisartéria és a kisvéna között. A valódi kapillárisok a kezdeti részükön kialakult simaizomszöveti gyűrűnek köszönhetően nyitott vagy zárt állapotúak lehetnek, függően a szövet aktuális igényétől. A már jelzett anyagok – tápanyagok, gázok – a valódi kapillárisokban áramló vér és a szövetnedvek között cserélődnek ki.

### 6.1.3.4. A vérkörök

A két vérkör vázlatos rajzát a 1. ábra mutatja.



1. ábra. A vérkörök vázlatos rajza



**Kis vérkör:** a szív jobb kamrájából indulva a tüdő artériás rendszerén keresztül a tüdőbe jut a fáradt, szén-dioxidban dús vér. A tüdőben a tüdő hajszálerei és a légzőcsókák között megtörténik a szén-dioxid és az oxigén cseréje (külső gázcsere), majd a tüdő vénás rendszerén keresztül a szív bal pitvarába érkezik a friss, oxigénben dús vér.

**Nagy vérkör:** a szív bal kamrájából indulva a nagy vérkör artériás rendszerén keresztül (aorta, artériák, melyek egyre kisebb erekké ágaznak el) a test minden területére eljut a friss, oxigénben dús vér. A hajszálerek és a test sejtjei között megtörténik az oxigén és a szén-dioxid cseréje (belső gázcsere), majd a nagy vérkör vénás rendszerén keresztül a fáradt, szén-dioxidban dús vér a jobb pitvarba kerül.

Az ábrán szürkével az oxigénben dús, feketével a szén-dioxidban dús vért jelöljük.

### A nagy vérkör

A nagy vérkör feladata az oxigén- és tápanyagdús vér eljuttatása a szervezet sejtjeihez, ahol végbemegy a gázcsere (oxigénleadás, széndioxid-felvétel), valamint a tápanyagcsere (tápanyagleadás, salakanyag-felvétel) – és a vénás vér elszállítása a szövetekből a szívbe.

A szívizomzat tömege a bal kamra falában a legnagyobb. Innen indul ki a nagyvérkör. A bal kamrából a vér az aortába kerül.

Az aortából három nagy artéria lép ki:

1. A fej és a nyak képleteit, valamint a felső végtagokat ellátó ér.
2. A felszálló aortából eredő, a szívet ellátó koszorús erek.
3. Az aorta leszálló része két szakaszra oszlik, a mellkasi és a hasi aortára. A mellkasból ágaznak le a bordaközi artériák. Hasi: átlépi a rekeszizmot, ágakat ad le a zsigeri szervekhez, veséhez, bélhez, majd 2 ágra oszlik, a 2 csípőartéria az alsó végtagokat látja el.

Az aorta kezdeti szakasza és a nagyartériák kitágulnak – tartalékolják a vért, majd fokozatosan továbbítják. Ez a folyamat addig tart, amíg a következő szívösszehúzódnás újra vért juttat az aortába. Ezáltal a szív szakaszos működése ellenére az erekben a véráramlás folyamatos. Az aorta és az artériák rugalmasan működnek. Működési ritmusuk egyezik a szív működés ritmusával. A szív minden egyes összehúzódnása nyomáshullámot indít el az erek felé. A pulzushullám az artériákon az érfal gyors kitágulását okozza, amely az érre helyezett ujjunkkal lökés formájában tapintható. A pulzust ott lehet a legjobban tapintani, ahol az artéria közvetlenül csont felett fekszik, például a csuklón. Az érlelmeszesedés az ereket merevvé teszi, megakadályozza a pulzushullám kialakulását és normális terjedését.

A vénás rendszer erei a hajszálerek hálózatából kiindulva egyre tágabb vénákba rendeződnek és haladnak a szívbe. Ismerünk felületi vénás rendszert, amely a bőr alatt helyezkedik el. Ismerjük a mély vénás rendszert, amelybe az előbbi torkollik. A vénás vért két nagy véna vezeti a szívbe: a felső és az alsó fő visszér.

A felső fő visszér (vagy felső üres véna) rendszere a felső végtag és a fej – nyak vénáit gyűjti egybe.

Az alsó fő visszér (vagy alsó üres véna) az ágyéktájon két közös csípővéna összefolyásából ered, és a rekeszt átfúrva ömlik a jobb pitvarba. Tehát a mélyvénás rendszer megközelítően követi az artériás rendszer lefutását.

Az artériás rendszer ágai mind kisebb verőerekre oszlanak, majd a testben artériás hajszálerekre bomlanak. A vénás hajszálerekből a vér a kis és nagy vénákon, majd az alsó és felső üreges vénákon át visszajut a jobb pitvarba.

### A kis vérkör

A kis vérkör a szív jobb kamrájából indul ki a tüdőverőérrel (vagy tüdőartéria), amely kettéágazik, és vénás vért szállítva jut a tüdőbe. Ágai a hörgőket kísérik, végágai a légzőcsókák (alveolusok) falában hajszálerekre oszlanak. Itt megy végbe a gázcsere. Az oxigéndús vér a négy tüdővénán át a bal pitvarba vezetődik.

A bal pitvarból a bal kamrába kerül a vér, így kerül az oxigéndús vér innen a nagyvérkörbe, így az egész testbe.

#### 6.1.4. A vérkeringés élettana

Az aortából a kapillárisok felé haladva nagymértékben megnő az erek száma. Az egyetlen aorta sok nagyartériára ágazik szét, a nagyartériák számtalan közepes artériát alkotnak. A közepes artériákból kisartériák különülnek el, egy-egy kisartériából pedig sok-sok kapilláris ered. Az erek növekvő számának arányában nő az összesített keresztmetszetük. A vénás rendszerben a szív felé haladva fordított a helyzet. Az artériás rendszerben a kapillárisok



felé haladva a véráramlást a vérnyomáscsökkenés és az erek összesített keresztmetszetének ugrásszerű növekedése határozza meg. A véráramlás sebessége az artériában egyre csökken. A vénás rendszerben a véráramlás jellemzőit az erek felépítése szabja meg. A vénák fala rendkívül tágulékony, átmérőjüket a bennük áramló vér határozza meg. A kisvénákban mérhető vérnyomás tizedakkora sincs, mint az aortában mérhető nyomás. Ez a kis nyomás is elegendő az áramlás fenntartásához, mert a szív jobb pitvarában a vér befolyásakor 0 Hgmm körüli a nyomás. (Fekvő testhelyzet!)

A vénás rendszerben az összkérsztmetszet a szív felé haladva nagymértékben csökken és egyre gyorsabb a vér áramlása. A vénás vér áramlását a vérnyomáskülönbségen kívül a ritmusosan összehúzódó, majd elernyedő vázizmok is segítik. A vénabillentyűk csak egy irányban, a szív felé engedik át a vért. A másik áramlást segítő tényező a légzőmozgások miatt kialakuló mellkasi szívóhatás. Az aorta kezdeti szakaszában a vérnyomás 150-180 Hgmm, a kiserekben 40, a kapillárisok területén 20 Hgmm. A szívhez közel eső vénákban 1 Hgmm, illetve 3 Hgmm. Az egészséges felnőtt ember vérnyomásának átlagértékei: 110-120 Hgmm (szisztolés érték) és 70-80 Hgmm (diasztolés érték). 140/90 Hgmm vagy e felett magas vérnyomásról beszélünk. A szisztolés és diasztolés érték különbsége a pulzusnyomás, amely az érrendszer állapotára enged következtetni.

Az erek falában levő nyomásreceptorok vérnyomás érzékelő információi alapján a nyúltagyvelői nyomásfokozó (érszűkítő) és a nyomáscsökkentő (gátló) neuroncsoportok beállítják a pillanatnyi állapotnak megfelelő ideális vérnyomást, a szív működés intenzitását és a vérelosztást.

### 6.1.5. A vérkeringés néhány gyermekkori jellemzője

A magzati vérkeringést lásd a *Megtermékenyítés és egyedfejlődés* című fejezetben.

A növekedés és a fejlődés jó vérellátást igényel. Az anatómiai viszonyok adottak. A szív 3 éves korig gyorsan nő, utána a növekedése lassul, de az izomrostok vastagodnak.

A csecsemő verőtérfogata néhány  $\text{cm}^3$ . 6 éves korban  $23 \text{ cm}^3$ , serdülőkorban  $42 \text{ cm}^3$  a jellemző érték. A felnőtt ember szíve egy kamrai összehúzódáskor  $70-80 \text{ cm}^3$  vért juttat a verőérbe. Így érthető, hogy a pulzusszám gyermekkorban nyugalomban is magasabb. 5-7 éves korban 100, 10 éves korban 90 percenként. A fejlődés folyamán a verőtérfogat tízszeresére nő, a pulzusszám közel a felére csökken. A növekedés során a perifériás ellenállás csökken, a gyermek erei is rugalmasak, és az új erek képződésével nagyobb lesz az összátmérő. A gyermekeknél a szabályozó mechanizmus labilis, főleg a pulzusszám ingadozása a jellemző. Ennek oka részben a keringési szervekben, részben az idegrendszerben keresendő. A beidegződés fokozatosan differenciálódik. A keringési szervek fejlődését, alkalmazkodóképességét kedvezően befolyásolja az életkornak megfelelő testmozgás.

A gyermekkori fejlődés alatt a vérnyomás fokozatosan emelkedik.

## 6.2. A vér

Az ember vére zárt érrendszerben kering. A vér létesít kapcsolatot a különböző szervek között. Szállítja az  $\text{O}_2$ -t,  $\text{CO}_2$ -t, a tápanyagokat, a bomlástermékeket, a hormonokat, a vitaminokat stb.

$\text{O}_2$ -szállítás: a vérben hemoglobinhoz kötve történik. A hemoglobin-molekula porfinvázában vasion ül, ez 4 db  $\text{O}_2$  molekulát tud megkötni. Az  $\text{O}_2$  helyére más molekula is beköthet, ilyen például a szénmonoxid (CO), ez az oxigénnél erősebben kötődve kiszorítja azt, következménye halálos kimenetelű mérgezés is lehet. Szintén az  $\text{O}_2$  helyére kötődhet a szennyezett levegőből az ólom, gátolva az oxigénszállítást.  $\text{CO}_2$ : kisebb része a vérplazmában oldva, nagyobb része a vörösvértestben  $\text{HCO}_3^-$ -ion formában szállítódik.

Biztosítja a belső környezet stabilitását (homeosztázis). Részt vesz a szervezet hőszabályozásában. A szervezet védekezőrendszerének része, immunanyagokat termel, illetve szállít.

Az ember vére vérsejtekből és vérplazmából áll. A felnőtt ember teljes vértérfogata körülbelül 5 liter. A vér 56%-át vérplazma alkotja. A vérplazma 90%-a víz, 7-8%-a fehérje. Szállított anyagrészként glukózt (vércukrot), zsírokat, lipideket, nitrogénvegyületeket és különösen az izommunka után tejsavat tartalmaz. Az ionok közül a leggyakrabban a  $\text{Na}^+$ , a  $\text{K}^+$  és a  $\text{Ca}^{2+}$ -kationok és a  $\text{Cl}^-$ , a  $\text{HCO}_3^-$ -anionok a jellemzők. A plazmafehérjék három nagy csoportja: az albuminok, a globulinok és a fibrinogén. Az albuminok a vér ozmózis jelenségeiben és a zsírsavak, epesavak szállításában fontosak. A globulinok összetett fehérjéi a különböző anyagok szállítását végzik és a szervezet védekezésében van szerepük. A fibrinogén a véralvadásban jelentős fehérje.

**6.2.1. A vér sejtjes elemei**

A vér sejtjes elemei a vörösvérsejtek, a fehérvérsejtek és a vérlemezkék. A sejtjes elemek jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

A vörösvérsejtek száma a felnőtt embernél 5 millió  $1 \text{ mm}^3$  vérben. A vörös csontvelőben keletkeznek. 4-5 napig fejlődnek, az érett sejtek már sejtmag nélküliek (vörösvértettek). A fejlődés folyamatában hemoglobin-molekulák épülnek a vörösvérsejtek sejtplazmájába. A hemoglobin élettani jelentősége a légzési gázok szállításában van. A vörösvértettek színét is ez az összetett fehérje (vastartalmú vérfesték) adja. Az érett vörösvértettek élettartama 120 nap. Az előregedett vörösvértettek a lépben esnek szét. A felszabaduló hemoglobin egy része a májba kerül, és ott egy része a keletkező epe festékanyagává (bilirubin) válik. Másik részéből biliverdin alakul, amelyből ismét hemoglobin lesz. Újszülötteknél a vörösvértettek száma kb. 10, 1 éves korra kb. 8, kisgyermekkorban 6-7, ifjú korra 5 millió/ $\text{mm}^3$ . Kamaszkorban kissé megszaporodik.

| A vér sejtjes összetevői (alakos elemek)                  |                                                   |                                        |                            |                             |                           |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| sejttípus                                                 | vörösvértet                                       | fehérvérsejt                           |                            |                             | vérlemezke                |
|                                                           |                                                   | monocita                               | limfocita                  | granulocita                 |                           |
| <b>darabszám<br/>(<math>1 \text{ mm}^3</math> vérben)</b> | kb. 5 millió                                      | 7–10 ezer                              |                            |                             | 400 ezer                  |
| <b>képződés<br/>helye</b>                                 | vörös-csontvelő                                   | vöröscsontvelő és nyirokrendszer       |                            |                             | vöröscsontvelő            |
| <b>méret</b>                                              | $2 \mu\text{m}$ vastag,<br>$7 \mu\text{m}$ átmérő | $20 \mu\text{m}$                       | $7\text{--}14 \mu\text{m}$ | $10\text{--}12 \mu\text{m}$ | $2\text{--}4 \mu\text{m}$ |
| <b>alak</b>                                               | fánk                                              | kb. gömb                               |                            |                             | szabálytalan              |
| <b>élettartam</b>                                         | 120 nap                                           | 1–2 hét                                |                            |                             | 8–10 nap                  |
| <b>feladat</b>                                            | légzési gázok<br>szállítása                       | szervezet védelme, kórokozók leküzdése |                            |                             | véralvadás                |
|                                                           |                                                   | bekebelezés                            | ellenanyag<br>termelése    | bekebelezés                 |                           |

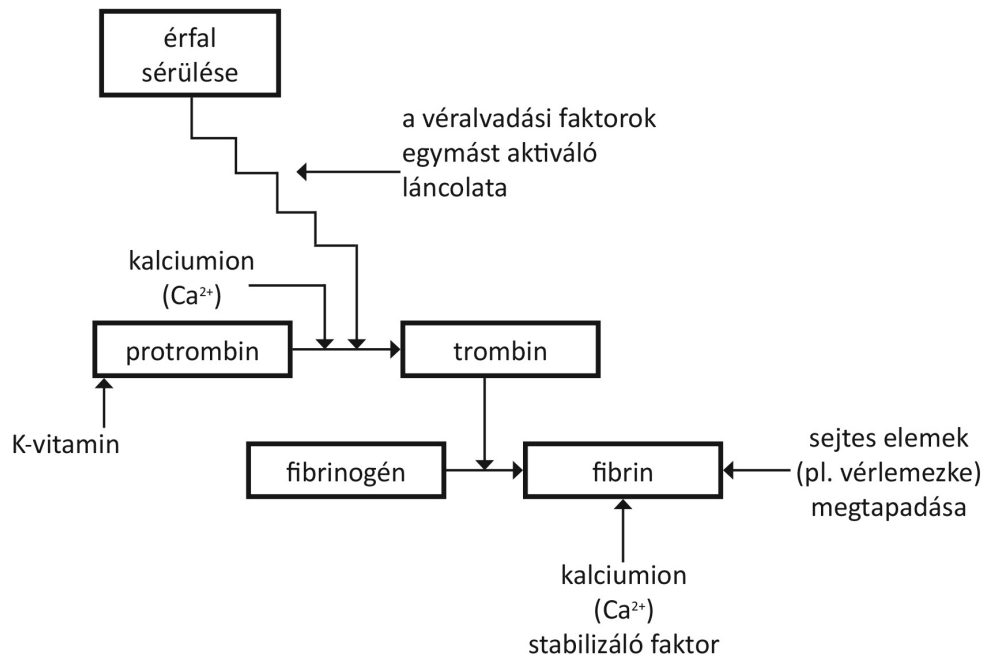
**1. táblázat.** A vér sejtjes összetevői

A fehérvérsejtek működésüket és alakjukat tekintve is különbözőek. Közös jellemzőjük, hogy van sejtmagjuk és színtelenek. A felnőtt ember  $1 \text{ mm}^3$  vére 6-8 ezer fehérvérsejtet tartalmaz.

Három csoportot alkotnak.

- ♦ A granulociták a vörös csontvelőben keletkeznek, néhány nap az élettartamuk. Önálló mozgásúak, a fertőzés-sérülés helyéhez közeli hajszálerekből amőboid mozgással kilépve körülveszik a behatoló kórokozókat, endocitózissal bekebelezik, majd enzimjeikkel lebontják őket. Eközben a legtöbb granulocita elpusztul (genny).
- ♦ A monociták a vörös csontvelőben keletkeznek, a vérből amőboid mozgással a sejtek közé távozva. Fontos szerepük van a védekezésben. Endocitózissal kiszűrik a szövetekből a nagyobb méretű idegen anyagokat és kórokozókat, enzimjeik segítségével lebontják őket.
- ♦ A limfociták a nyirokszervekben alakulnak ki. A limfociták egy-egy idegen anyag felismerésére és hatástalanítására specializálódtak. A szervezet immunrendszerében van szerepük. A szervezet belső védekezésénél említjük működésüket.

A vérlemezkék (trombociták) a vörös csontvelőben keletkező sejtplazmatöredékek. Sejthártya borítja őket. Számuk  $1 \text{ mm}^3$  vérben 150–300 ezer. A véralvadás fontos tényezői. Ha az érrendszer valahol megsérül, a sérülés helyén a vérlemezkék a sérült érfalhoz tapadnak. Egyre több vérlemezke halmozódik fel. Ha a sérülés kicsi, ez a tény önmagában is elég lehet a sérült szakasz lezárásához. Ha a sérülés nagyobb, akkor a vér megalvadása segíthet. A véralvadás folyamatának főbb lépéseit a 2. ábra mutatja.



2. ábra

**A véralvadás főbb lépései:** A folyamat az érfal sérülésével kezdődik. A vérplazmában levő inaktív véralvadási faktorer (enzimek) aktiválódási láncolata indul be: az egyik inaktív enzim aktiválódása hatására a következő inaktív enzim aktiválódik, és így tovább. A láncfolyamat utolsó állomása az inaktív protrombin enzim trombinná alakulása, melynek hatására a fibrinogén nevű fehérje fibrinné alakul. A fibrinból egy háló alakul ki, melybe a vér sejtsejt alkotói beletapadnak. A trombin és a fibrin kialakulásához kalciumionok ( $\text{Ca}^{2+}$ ), a protrombin kialakulásához K-vitamin szükséges. A keletkező alvadék lényegében a fibrinháló és a beletapadt sejtsejt elemek.

A véralvadás lényege az, hogy a vérplazmában levő, oldott állapotú fibrinogén nevű fehérje oldhatatlan fibrinszállakká csapódik ki.

A fibrinszállak a megalvadott vérből képződő vértömeg rostos vázát alkotják. Ezen a vázon fennakadnak a vérsejtsejt elemek, amelyek a fibrinnel együtt a vértömeget alkotják. A fibrinogén fibrinné való átalakulásához trombin szükséges. A trombin protrombinból keletkezik. A trombin és a fibrin kialakulásához kalciumionok is szükségesek. A protrombin a májban K-vitamin közreműködésével képződött globulin. A véralvadás aktiváló komplexének kialakulása bonyolult folyamat, sok faktora van. A vérlemezkekből kiszabaduló anyagok is részt vesznek benne.

## 6.3. A nyirokrendszer

Nyirokrendszer felépítése:

- ◆ nyirokerekek
- ◆ nyirokcsomók
- ◆ nyirokszervek (csecsemőmirigy, lép, mandulák, feregnyúlvány)

A szövetekben, kivéve az idegszövetet, porcszövetet, csontvelőt és a tüdőhólyagokat, nemcsak vérerek, hanem zárt kapillárisokkal kezdődő nyirokerekek is vannak. A sejtsejt közötti térben felgyűlő szövetnedv kis hányada a nyirokkapillárisokba kerül, ez a nyirok. A nyirokkapillárisok fala nagyobb molekulák számára is átjárható. A nyirok sejtsejtet, fehérjéket, zsírszerű anyagokat tartalmaz. A nyirokerekek falában a vénákhoz hasonlóan billentyűk vannak, ezek biztosítják a nyirok szív felé áramlását. A nyirok érhálózatba iktatva nyirokcsomók helyezkednek el. A nyirokcsomók kis, babalakú képződmények. Nagyságuk 2 cm. Fertőzések és gyulladás esetén tapinthatóan duzzadtak. A nyirokcsomókban található retikulumsejtsejt és az itt képződő limfociták bekebelező (fagocitáló) tevékenysége révén a nyirokcsomók a szervezetbe jutott kórokozót hatástalanítják, szűrik.

Ilyen nyirokcsomók többek között a nyaki nyirokcsomók, a hónalji nyirokcsomók, a lágyéki nyirokcsomók vagy a tüdőkapu nyirokcsomói.

A nyirokkeringés kiegészíti a vénás keringést, hozzájárul a szövetközi folyadék mennyiségének és összetételének szabályozásához. A nyirokerek a két fő nyirokvezetékbe csatlakoznak, majd a mellkas területén a vérkeringés fő gyűjtőerébe vezetik a nyirkot.

### 6.3.1. A belső védekezés, az ember immunrendszere

Ha a szervezetbe testidegen anyagok kerülnek, működésbe lép a belső védekezés. A szervezet számára a „saját” és a „testidegen” makromolekulák megkülönböztetése az egyedfejlődés korai szakasza során alakul ki. A testidegen makromolekulák ellen a szervezet védekezik. Ezeket a szervezet immunrendszere eltávolítja, közömbösíti. Ez a folyamat az immunválasz. Az immunválaszt kiváltó anyagokat antigéneknek nevezzük. Immunitás (védettség) az emberi szervezet védekezési képessége a testidegen anyagok ellen.

Az evolúció során kialakult ősből típusa az immunitásnak a nem specifikus immunválasz, amikor a testfolyadékban vagy a szövetekben falósejtek (granulociták, monociták) kebelezik be és bontják le a betolakodó sejtet vagy vírust. A nem specifikus immunválasz részei lehetnek speciális molekulák, például az interferon (fehérje), ami hatástalanítja a testidegen anyagot, vagy olyan enzimet aktivál, amely segítségével a sejt megtagadja a betolakodó DNS-e által kódolt információ végrehajtását.

Az immunválasz másik típusa a specifikus immunválasz, ami az idegennel szembeni „testreszabott” védekezés képességével bír a nyiroksejtek (limfociták) segítségével. A két immunválasz között szoros együttműködés és összehangoltság érvényesül.

Az immunitást elsősorban a fehérvérsejtek hozzák létre. Két működési csoportjuk van. A falósejtek (granulociták, monociták) és a nyiroksejtek (limfociták).

A falósejtek a retikulo-endotheliális rendszerbe (RES) tartoznak. Az endothel kifejezés a hajszálerek egyrétegű laphámcsövére utal, a retikulo kifejezés a hajszálereket körülvevő és a nyirokszervek alapállományát is alkotó kötőszöveti sejtek hálózatára vonatkozik. Az S = szisztéma, rendszer.

A RES sejtjei megtalálhatók a kötőszövetekben, a májban, a nyirokszervekben, a vörös csontvelőben és a vérben.

A nyiroksejtek (limfociták) a falósejteknél kisebbek, a sejtmagjuk hatalmas. A vöröscsontvelőből kerülnek a nyiroksejtek ősei a központi nyirokszervekbe (pl. csecsemőmirigy) és ott alakulnak át nyiroksejteké. A szervezet immunrendszerének felépítésében jelentősek a nyirokszervek.

Az immunrendszerhez tartozó nyirokszerv a csecsemőmirigy (timusz). Ez a mirigy a mellüregben a szegycsont alatt található. A sejtes immunitást alakítja ki. Az általa létrehozott nyiroksejtek, T-limfociták (timusz eredetű limfociták) működésére jellemző, hogy az immunreakció során felismerik az idegenné vált anyagokat és védekeznek ellenük, valamint a szervezetbe kerülő idegen élő sejtek és szövetek hatása ellen. A nyiroksejtek feloldják az antigensejteket. Ezek a nyiroksejtek a falósejteket is mozgósítják. A bőr- és szervátültetés során az átültetett rész kilökődését főleg a sejtes immunreakció okozza.

A sejthez kötött immunválasz során a csecsemőmirigyben képződő T-limfociták tehát a sejtes immunogénokat érzékelik, a vérrel a nyirokcsomókba jutnak és ott alakulnak át speciális immunválaszra alkalmas sejté.

Az immunogén anyagokra érzékeny limfociták másik csoportja a humorális immunválaszért felelős B-limfocita. Érésük során specifikus antigénreceptorok jelennek meg membránjukon. A testfolyadékkal elszállítódnak a nyirokszervekbe, ahol találkoznak és összekapcsolódnak a szervezetbe jutott antigénnel. A tápcsatorna nyirokképződményeiben alakul ki. Ezek a torok- és garatmandulák, illetve a bélfalban található nyirokképződmények, valamint a féregnyúlvány. A tápcsatorna nyirokképződményeiben kialakuló limfociták a vörös csontvelő őssejtjeiből jönnek létre. Érzékenyek a testnedvekben oldott állapotban keringő immunogén anyagokra. Hatásukra a lépben és a nyirokcsomókban immunglobulinokat (immunfehérjéket) termelő limfociták alakulnak. Az immunglobulinok az immunogént felismerő és hatástalanító fehérjék. Az immunglobulinok a vérrel a szervezet minden részébe eljutnak, az idegen makromolekulákkal reakcióba lépnek. Az idegen makromolekula kicsapódik, és a maradékanyagot a monociták bekebelezik, majd lebontják. Ez a folyamat az ellenanyaghoz (antitest) kötődő immunválasz. A limfociták átalakulása során olyan sejtek is képződnek, amelyek nem hatástalanítják az immunogéneket, hanem specifikus emlékenyomukat évekig megőrzik. Ezek a memóriasejtek. Amikor ugyanaz az immunogén jut be ismét a szervezetbe, ezek a sejtek aktiválódnak és immunválaszra alkalmas limfocitákká szaporodnak. A szervezet védetté válhat, ha az immunválasz gyorsabb a fertőzésnél.

A lép az immunrendszer kiegészítő tagja. Szivacsos szerkezetű, üregeiben nagyszámú limfocitát tartalmazó nyiroktüsző van. A lép a vérkeringésnek is aktív szerve. A vér egy részét az üregeiben tárolja (kb. 20%), szükség esetén – munka, sport – a vérkeringésbe juttatja a tárolt vért. Az előregedett vörösvérsejtek lebontását is elvégzi. A szervezet védekezése mesterséges úton védőoltásokkal is létrehozható.

Ha az immunrendszer elveszti normális működőképességét, megtámadja a szervezet saját szerveit, szöveteit, autoimmun megbetegedésről beszélünk.

Az egyik típusa a T-sejtek kóros működéséből adódó betegség, például az I. típusú cukorbetegség (inzulinfüggő). Kialakulásának oka, hogy a T-limfociták az inzulintermelő hasnyálmirigy Langerhans-szigeteinek bétasejtjeit idegennek érzékelik és elpusztítják. Másik jellegzetes példája a Rheumatoid arthritis, amikor a T-limfociták az ízületek porcrétegét károsítják. Fájdalommal, a mozgóképesség beszűkülésével járó ízületi gyulladás alakul ki. Ide soroljuk a szklerózis multiplex betegséget is, ahol a T-limfociták a központi idegrendszer idegsejtjeinek mielinhüvellyét károsítják, így az idegsejtek közötti információáramlás lelassul, illetve megszakad.

A másik típusa a B-limfocitákhoz kötött autoantitestek termelődésével járó betegségek kialakulása. Az autoantitestek a szervezet saját szövetei ellen termelt ellenanyagok. Ide tartozó betegség például a pajzsmirigy fokozott működésével járó hipertireózis, vagy ennek ellentéte, a hipotireózis, a bőr autoimmun betegségei stb.

### 6.3.2. Vércsoportrendszerek

Az immunfolyamatok közül az egyik legfontosabb az emberi vércsoportokkal kapcsolatos immunitás. Jelentősége a vérátömlesztés miatt igen nagy. Az AB0 vércsoportrendszer jellemzőit a 2., az Rh vércsoportrendszer jellemzőit a 3. táblázat foglalja össze.

Az emberi vörösvérsejtek a membránjukhoz kapcsolódó szénhidrát (antigén természetű molekulák) szerkezeti különbsége miatt A és B típusra különíthetők.

| Vércsoport típusa | Antigén típusa a vörösvértesten | Termelt ellenanyag | Milyen vércsoportútól kaphat vért | Milyen vércsoportúnak adhat vért |
|-------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| A                 | A                               | anti B             | A, 0                              | A, AB                            |
| B                 | B                               | anti A             | B, 0                              | B, AB                            |
| AB                | A,B                             | nincs              | A, B, AB, 0                       | AB                               |
| 0                 | nincs                           | anti A és anti B   | 0                                 | A, B, AB, 0                      |

2. táblázat

**AB0 vércsoportrendszer:** Az A vércsoportú ember vörösvérsejtje A, a B vércsoportú ember vörösvérsejtje B, az AB vércsoportú ember vörösvérsejtje A és B antigént tartalmaz, a 0 vércsoportú ember vörösvérsejtjén nincs antigén.

Az egyes vércsoportok ellenanyagot termelnek a bennük nem megtalálható, így számukra idegen antigének ellen. Például az AB vércsoportú nem termel ellenanyagot, mivel mindkét antigén jelen van a vörösvérsejten. Ezért ennek a vércsoportnak minden más vércsoportú vér adható, nem fog fellépni ellene, viszont kizárólag saját, azaz AB vércsoportúnak adhat vért, mivel a többi vércsoport fellépne antigénjei ellen. A 0 vércsoportú ellenben A és B ellen is termel ellenanyagot, így kizárólag a saját vércsoportú vért kaphatja, bármely más vértípus ellen fellépne. Adni viszont adhat bárkinek, mert nincs ellenanyaga, ami ellen fellépne a más vércsoportú vér. Fontos megjegyezni, hogy a mai orvosi gyakorlatban már kizárólag sajátal azonos vércsoportú vért adnak a pácienseknek!

Az A és B típus mellett az AB és a 0 csoport is megtalálható. Az AB csoportban mind a két típusú szénhidrátlánc a jellemző, a 0 csoportban egyik sincs meg. Az egyes vércsoportokat nemcsak a vörösvérsejt-membrán tulajdonsága, hanem a vérplazma ellenanyagai is jellemzik. Az A vércsoport vérplazmája a B vércsoport membránjával szembeni ellenanyagot termel. A B vércsoport esetében fordított a helyzet. A 0 vércsoport vérplazmájában mindkét ellenanyag megtalálható. Az AB vércsoport vérplazmája nem termeli egyik ellenanyagot sem. Ha az egyes vörösvérsejttípusok ellenanyagukkal találkoznak, immunreakció játszódik le. A vérátömlesztést ma rendszerint konzer-vált, alvadásgátolt és AIDS-re tesztelt, saját vércsoportnak megfelelő vér felhasználásával végzik.

A másik gyakorlati fontosságú vércsoportrendszer az Rh-rendszer. Európában az emberek 85%-a Rh-pozitív, 15%-a Rh-negatív. Az utóbbiak vörösvérsejtjeiben nincs Rh-antigén. Az Rh-negatív vérű emberek kizárólag Rh-negatív vért kaphatnak. Az Rh-pozitív vérű embernek szükség esetén Rh-negatív vért is adhatnak.

| Vércsoport típusa | Antigén | Ellenanyag       | Milyen vércsoporttól <i>kaphat</i> vért | Milyen vércsoportnak <i>adhat</i> vért |
|-------------------|---------|------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| RH+               | van     | nem termel       | Rh+ és Rh-                              | Rh+                                    |
| RH-               | nincs   | termel Rh+ ellen | Rh-                                     | Rh+, Rh-                               |

3. táblázat

**Rh-vércsoportrendszer:** Teljesen független az AB0 vércsoportrendszertől. Ellenanyag fiziológiás körülmények között nincs a vérplazmában, kizárólag akkor keletkezik, ha az Rh- vércsoportú vérébe Rh+ vér kerül. Jelentősége akkor van, ha Rh- vércsoportú anyának Rh+ vércsoportú a magzata, ugyanis az anya által termelt ellenanyag a magzat Rh+ vörösvérsejtjeit károsíthatja. Mivel az ellenanyag-termelés lassú folyamat, általában a 2. várandósság alkalmával jelentkeznek a tünetek.



## 7. LÉGZŐRENDSZER

A légzőszervrendszer feladata az emberi szervezetben sejtanyagcsere-folyamatai számára szükséges oxigén felvételének és a szervezetben keletkezett bomlástermékek közül a szén-dioxid kiválasztásának a biztosítása. Ez a gázcsere a légútiágokban megy végbe. A kilégzés kapcsán jelentékeny mennyiségű víz távozik a szervezetből. A belélegzett levegő a légutakon keresztül a tüdőbe jut, miközben felmelegszik, páratartalma nő és megszűrődik.

A légzés fázisai:

- ♦ légcsere,
- ♦ külső légzés,
- ♦ belső légzés,
- ♦ sejtlégzés,
- ♦ biológiai oxidáció

A légzőrendszer anatómiailag a következő részekből áll:

Felső légutak:

- ♦ orrüreg
- ♦ orrmelléküregek
- ♦ garat
- ♦ gége

Alsó légutak:

- ♦ légcső
- ♦ hörgők
- ♦ tüdő

### 7.1. Felső légutak

*Orrüreg (cavum nasi)*

Az orrüreg külső borítását adó, anatómiailag külsőorrnak nevezett részlet, jelentős mértékben alakítja az arcjellegét, az arcélet. Rajta orrgyököt, orrhátat és orrcsúcsot különböztetünk meg. Vázát csont és porcok képezik, amelyeket egymással kötőszövet kapcsol össze. Az orr mozgékony oldalfalait orrszárnyaknak nevezzük. Utóbbiak mozgása az orrnyílásokat szűkíti és tágítja. Ha a légzés akadályozott, az orrszárnyi mozgás kifejezettebbé válik (orszárnyi légzés). Ennek észlelése különösen gyermekkorban nagy fontosságú.

Az orrüreget nyílrányú orrsövény választja ketté, amelynek elülső része porcos, hátsó része csontos lemez. Az orrsövény az esetek egy részében nem áll függőleges síkban, hanem valamely oldal felé elferdülést mutat („orsövény-ferdülés”). Ilyenkor az egyik oldali orrfél beszűkül és a légzés nehezített.

Az orrüreg oldalfalain az orrkagylók helyezkednek el. Három pár orrkagyló van: felső, középső és alsó. A legkisebb a felső, a legnagyobb az alsó orrkagyló.



Az egyes orrkagylók alatt elhelyezkedő hosszanti hézagokat orrjáratoknak nevezzük. Megkülönböztetünk felső, középső és alsó orrjáratot. Ezekbe a járatokba nyílnak az orr melléküregei. Az orrkagylók a középvonal felé nem érik el az orrsövényt, így az egyes járatok itt közlekednek egymással. Az orrkagylók csontos vázát nyálkahártya borítja, amelyben dús vénás hálózat található. Az erek az orrüreg gyulladásos megbetegedéseiben kitágulnak, az így beálló vérbőség, valamint vizenyő folytán a kagylók nyálkahártyája megduzzad és beszűkíti a levegő útjául szolgáló járatokat (ezért nehezül meg a náthás gyermek orri légzése).

Normális légzéskor a levegő az orrüregen jut be a tüdőbe. Mélylégzés, sóhajtás, ásítás, valamint beszéd során a szájüregen át szívjuk be a levegőt. Tekintve, hogy a orrnyílások befelé tekintenek, a beszívott levegő nem egyenesen hátra, hanem, felfelé, az orr felső részébe áramlik, ahol a szaglószerző helyezkedik el (lásd az *Érzékszervek* című fejezetet).

A levegő az orrüregben megszűrődik, felmelegszik és párasodik. A szűrést az orr előcsarnokában levő szőrök, valamint a nyálkahártya végzi, amelynek csillószőrei kifelé hajtják a porszemcséket. A levegő a vérbő orrkagylók felszínén melegedik fel, a párasítást az orrüreg mirigyei biztosítják. Nyitott szájjal való légzéskor az alsó légutak könnyen hurutos állapotba kerülhetnek, mivel az említett szűrést elkerüli az így belélegzett levegő. A mirigyváladékot a mirigyhámsejtek termelik, a szükséges anyagokat a vér szolgáltatja. Érthető tehát, hogy a mirigyhámsejtek és a vérerek között szoros a kapcsolat.

Az orrüreg felső részén helyezkedik el a szaglóhám (lásd 12. fejezet: *Érzékszervek*).

### *Az orr melléküregei*

Az orr melléküregei nyálkahártyával bélelt, légtartalmú üregek, amelyek az orrüreggel közlekednek. Ezek a homloküreg, az arcüreg és az ékcsonti üreg.

Hármas szerepet töltenek be:

- ♦ csökkentik a koponya súlyát,
- ♦ felmelegítik az orrüregen áthaladó levegőt azáltal, hogy a bennük tárolódó levegő a belélegzett levegőhöz keveredik,
- ♦ hangadáskor rezonátorként működnek.

A *homloküreg* a homlokcsontban az orrgyök fölött helyezkedik el. Kiterjedése igen változatos. Belsejét egy sötét rendszerint két egyenlőtlen részre választja. Kivezető nyílása a középső orrjáratba nyílik.

Az *arcüreg* a felső állcsont testében foglal helyet. A legnagyobb kiterjedésű melléküreg. Az üreg alsó részébe egyes esetekben bedomborodhatnak a felső fogak gyökerei. Az üreg benyílási helye a középső orrjáratban van.

Az *ékcsonti üreg* rejtett helyzetű, az ékcsont testébe zárt üreg, mely az orrüreg felső hátsó részébe nyílik. Megbetegedése a közelében levő látóideget is veszélyezteti. Az orrüreghez kapcsolódnak még a rostasejtek, melyek egymással közlekedő, apró, légtartalmú üregrendszert alkotnak az orrüreg és a szemüreg között. Utóbbitól vékony csontlemez választja el. Orrüregi nyílásaira az orrkagylók hajolnak rá.

### *Garat (pharynx)*

Az orr és a szájüreg között elhelyezkedő függőleges, izmos falú cső.

Az orri szakaszban található az *orrmandula*, és ide nyílik a *fülkürt*, mely a garat orri szakaszát köti össze a dobüreggel. Jelentősége a dobüregi nyomás kiegyenlítődése a külső légnyomással és a középfül oxigénnel való ellátásának biztosítása.

A száj szakaszba nyílik a *torok*, itt a levegő és a táplálék útja közös, ebben a szakaszban található a *torokmandula*, mely az orrmandulával együtt a szervezet védekezőrendszerének része.

A gégei szakaszból indul a gége, lefelé a nyelőcsőben folytatódik.

### *Gége (larynx)*

A gége a nyak középső részén, a nyelvcsont alatt mint kemény, de rugalmas test tapintható. Nyeléskor, magas hangok képzésekor emelkedik, mélyebb hangok képzésekor süllyed.

A gége felső része a gégefő, ami a hangadás szerve. Kilégzéskor a tüdőből kiáramló levegő az útjában fekvő hangszalagokat rezgésbe hozza és hang keletkezik. A gégét a porcok, ezeket összekötő ízületek és izmok építik fel. Ez a szerkezet teszi lehetővé a hangrés tágulását, illetve szűkítését, a hangszalagok feszülését és ezzel a hangok képzését.

A gégefő felépítő páratlan porcok a következők: pajzsporc, gyűrűporc, gégefedő; páros porc a kannaporc.

Az egyes gégeporcokat szalagok és ízületek kapcsolják össze egységes szervvé.

A gégét a nyelvcsonthoz széles szalag rögzíti. A gégeporcok mozgását az ízületekben izmok végzik. A gége bel-sejét csillószőrös hengerhámval fedett nyálkahártya béleli a hangredő kivételével, az utóbbit el nem szarusodó laphám borítja.

A gége üreges, éles határ nélkül folytatódik a légcsőbe.

A gége szerkezete: a homokórára emlékeztető felső rész a gégebemenet, a beszűkült rész a hangrés, valamint a gégetasakok.

### *A hangképzés élettana*

A beszéd- és énekhangokat a hangszalagok rezgése hozza létre. A hangszalagok hangadáskor megfeszülnek, egymáshoz feküdve a hangrést beszűkítik, és (kilégzéskor) a tüdőből kiáramló levegő hatására rezgésbe jönnek. A hangot tovább módosítják a nyelv, ajkak, fogak, orr és melléküregei.

A keletkező hang magasságát és erősségét a hangszalagok vastagsága és feszülése, valamint a kilégzés erőssége határozza meg.

A hangképzésben a gége alakja, nagysága, a hangszalagok hossza is fontos. A nők és gyermekek kisebb, illetve a még fejletlen gége magasabb hangot, a férfiak fejlettebb, nagyobb gégeje mélyebb hangot eredményez.

A hang színezetét a gége feletti tér, a száj és orrüreg határozzák meg. Ezek eltérő anatómiája adja a hang egyéni színezetét, orgánumát.

A szájüreg alakjának beszéd közbeni módosítása a különböző magánhangzók képzésében játszik szerepet.

## 7.2. Alsó légutak

### *Légcső (trachea)*

A légcső a gyűrűporchoz szalagosan kapcsolódó, kb. 10-12 cm hosszú, C alakú porcokból felépített rugalmas falú cső. Hátról kötőszövetes lemez zárja le, e mögött közvetlenül a nyelőcső húzódik. A nyak középvonalában található és a mellüregben fordított V-alakban két főhörgőre oszlik.

### *Hörgők (bronchus)*

A jobb oldali főhörgő tágabb és meredekebb lefutású, mint a bal, ezért a gyermekeknél a légutakba került idegen testek legnagyobb része a jobb főhörgőbe kerül. A légcső és a hörgők nyálkahártyahámját csillószőrös hengerhám alkotja. Itt számos nyáktermelő mirigyet találunk. A főhörgők a tüdőbe lépés után villa alakban tovább oszlanak.

A főhörgő a jobb tüdőfélbe 3, a bal tüdőfélbe 2 ágat ad, ennek megfelelően a jobb oldalon 3, a bal oldalon 2 tüdőlebeny helyezkedik el. Így elegendő hely marad a szív balra hajló csúcsának.

### *Tüdő (pulmo)*

A két tüdőfél nagy kiterjedésű, szivacsos tapintású, rugalmas szerv, a mellüregben, egymástól a szív és a nagyerek által elválasztva helyezkednek el.

A tüdő gyermekkorban rózsaszínű, később a lerakódott por- és koromszemcsék folytán palaszürkévé válik, nagyvárosban, illetve dohányzás hatására feketévé. Állománya puha, rugalmas. A két tüdőfél nem egyforma nagyságú, mert a mellüreg bal oldalának egy részét a szív foglalja el, ezért a bal tüdő kisebb.

A tüdőket mély, a tüdőkapuig kiterjedő hasadékok lebenyekre osztják. A jobb tüdő három, a felső, középső és alsó lebenyből, a bal felső és alsó lebenyből áll. A lebenyeken kisebb egységeket, tüdőszegmentumokat különböztetünk meg, amelyek egyes hörgőágakhoz tartozó tüdőszöveti és működési egységek.

### *A tüdő szerkezete*

A belégző hörgők mindig két-két ágra oszolva egyre kisebb csöveket, a hörgőcskéket hozzák létre. Kiöblösődései a légbhályagok, az alveolusok, amelyeknek fala rugalmas kötőszövet. Görcsös összehúzódása légzésképtelenséget okozhat, amint ezt a gyermekkorú asztmás rohamoknál tapasztaljuk. A légbhályagocskák szőlőfürtszerűen rendeződnek, belső felszínüket rendkívül vékony, csak egyetlen sejtréteg (alveoláris hám) alkotja, ezt erek hálózák körül.

Az itt haladó kapilláris rendszerben kering a kisvérkör vére, itt bonyolódik a gázcsere. A léghólyagok együttesen ~ 100 m<sup>2</sup>-es felületet hoznak létre egy átlag felnőtt tüdőben.

A tüdő érrendszere kettős, a gázcserével összefüggő légzési (pulmonális), illetve a tüdő szövetét tápláló tüdői (bronchialis) érrendszer. A tüdő alapállománya rugalmas rostrendszer.

A tüdő tágulásának és összehúzódásának súrlódásmentes elmozdulását a mellhártya teszi lehetővé. Megkülönböztetünk a tüdő felszínét borító zsigeri mellhártyát és fali mellhártyát, amely összefügg a szívburrok külső felszínével is. A fali mellhártya a mellüreget légmentesen két részre osztja. Így a két tüdőfél külön mellhártyazsákban van. Ha a mellüregbe levegő kerül, az azonos oldalon megszűnik a mellüregi negatív nyomás, a tüdő összeesik (ún. „légmell”), súlyos, életveszélyes állapot alakul ki.

A két mellhártyaüreg között a középvonalon szabadon maradt térség a gátorüreg. Fontos szervek töltik ki: szív, csecsemőmirigy, légcső, nyelőcső, mellkasi vénák, aortaív és ágai.

### 7.3. A légzés élettana

A **külső légzés** a tüdő léghólyagocskái (alveolusai) és a tüdő hajszálerei között végbemenő gázcsere, amelynek során a vér oxigént vesz fel és szén-dioxidot ad le. Az egész folyamat a gázok nyomáskülönbségén alapul. Így az O<sub>2</sub> az alveoláris térből az érpálya felé, a CO<sub>2</sub> pedig az érpályából az alveoláris térbe diffundál.

A **belső légzés** a nagy vérkör hajszálérhálózata és a szövetek közötti gázcsere.

A sejteken belül zajlik az ún. **sejtlégzés**, amely során az O<sub>2</sub> felhasználásra kerül a biológiai oxidációban.

#### 7.3.1. A légzés mechanizmusa

A gázcserét a tüdőben a légzőmozgások teszik lehetővé. Ebben döntő szerepe van a mellkasnak és a légzőizmoknak.

A belégzést a bordaközi izmok, rekeszizom, hasizmok biztosítják. A bordák emelkedésekor a mellüreg tágul, a *mellüregi negatív nyomás (szívóhatás) növekszik*, a tüdők tágulnak, a levegő beáramlik. A negatív irányú nyomásfokozódás előnyös a keringés szempontjából is. A mellkasi vénákban fokozódik a szívóhatás, ez gyorsítja a pítvarok telítődését.

Kilégzéskor a belégzést létrehozó izmok elernyednek, a mellüreg szűkül, a negatív nyomás (azaz a szívóhatás) csökken, a tüdőben nő a nyomás, ezért a tüdőből levegő préselődik ki. Erőltetett kilégzésnél a belső bordaközi izmok összehúzódnak, oldalról a mellkas, alulról a hasizom segíti a levegő hatékonyabb kipréselését.

A légzést a vegetatív idegrendszeri hatások is befolyásolják. Szimpatikus hatásra fokozódik, paraszimpatikus hatásra lassul a légzés. A hypothalamus „hűtőközpontja” serkenti a légzésszámot (lihegés), a „fűtőközpont” gátolja. Az agykéreg érzelmi hatásokra módosítja a légzést.

A tüdőkbe jutó levegő mennyisége belső és külső körülményektől, illetve életkortól függően változik. A levegőmennyiség meghatározására szolgál a spirométer. Nyugodt légzés során felnőttekben az ún. légzési respirációs levegő 500 cm<sup>3</sup>. Erőltetett egyetlen mély be- és kilégzés alatt egy átlagos felnőttnél 4500 cm<sup>3</sup> levegő fordul meg a tüdőben, s ezt a térfogatot vitálkapacitásnak nevezzük, ami életkortól, életmódtól és edzettségtől függően változik.

A tüdők sohasem ürülnek ki teljesen: a maradék levegő (reziduális) levegő mennyisége 1000 cm<sup>3</sup>. Nyugodt állapotban, 12-16 percenkénti légvételt alapul véve 6-8 liter a be- és kilégzett levegő mennyisége. Erőltetett munka esetén ez a mennyiség az 50-60 litert is elérheti.

A csuklás a rekeszizom akaratunktól független, reflexes, lökészerű, görcsösen ismétlődő összehúzódása. A rekeszizom rángása hirtelen légzéshez vezet, amit a gyorsan beáramló levegő által passzívan összezáródó hangszalagok keltette hangjelenség kísér.

A csuklást többnyire ártalmatlan okok váltják ki, például nagy falat, izgató, fűszeres étel, izgatott lelkiállapot stb. Az enyhe, időszakosan jelentkező csuklás magától elmúlik.

#### 7.3.2. A légzés szabályozása

A légzés automatikus, akaratlagosan kismértékben módosítható (pl. rövid ideig a légvétel visszatartása).

A légzés szabályozásának két központja a nyúltvelő és a híd. A nyúltvelőben külön központja van a be- és kilégzésnek. A belégzőközpont felelős az ellenállhatatlan légvételi kényszerért. Legerősebb ingere légzőközponton áthaladó vér szén-dioxid szintjének növekedése, a vér pH-jának savas irányba tolódása, a vér hőmérsékletének emel-

kedése, illetve kisebb mértékben a vér oxigénszintjének csökkenése. Ezen ingerek hatására a légzésszám, és a légzés mélysége növekszik. A belégzőközpont ingerlésével a rekeszizom és a bordaközi izmok működése fokozódik, a légzésszám emelkedik. A kilégzőközpont ingere a tüdő légőhólyagocskáinak, a mellhártyának és a légzőizmoknak a belégzés hatására történő feszülése, melyet nyomásérzékelő receptorok érzékelnek. A X. agyidegen keresztül a kilégzőközpontba érkező információ hatására a belégzőközpont gátlás alá kerül, és bekövetkezik a kilégzés.

A híd a nyúltvelő légzésszabályozását felügyeli, koordinálja. A rendezett, normális légzés biztosításért felelős.

A központi idegrendszer egyes részeiből is érkehetnek a légzőközpont működését serkentő vagy gátló ingerek, melyek hatására növekedhet (pl. idegesség, izgalom) vagy csökkenhet a légzésszám és a légzés mélysége.

#### 7.3.3. A légzés gyermekkori sajátosságai

A gyermekekre jellemzőbb szaporább, de felületesebb légzés. Csecsemőknél 40-45, 6-8 éves korban 20-25, míg felnőttkorban kb. 16 a percenkénti légvételek száma. A szaporább légzés oka a légzőszervek fejlettségének mértékével függ össze. Gyerekeknél a felső légutak szűkebbek, a tüdő légzőfelülete kisebb, a légőhólyagocskák keresztmetszete kisebb, így nagyobb a légúti ellenállás. A légzőizmok (rekeszizom és a bordaközi izmok) fejletlenek. Mindezek azt eredményezik, hogy az egy légvétellel tüdőbe jutott levegő (és így az oxigén) mennyisége kevesebb. A megfelelő tüdőkapacitás kifejlődésében óriási szerepe van a megfelelő mennyiségű mozgásnak.

Kisgyermekkorban úszással növelhető leginkább a tüdőkapacitás. Gyulladásos folyamatoknál a szűkebb járatokat a megduzzadó nyálkahártya erősen beszűkíti, így hamarabb kialakul a nehezített légzés. Az érdús nyálkahártya vékonyabb, mint felnőttkorban, így a kórokozók könnyebben átjutnak.

Az orron keresztül történő légzés a levegő szűrése, melegítése és a szájpadlás megfelelő fejlődése szempontjából is fontos, ezért fokozott jelentősége van az orrfújásnak, -tisztításnak.



## 8. EMÉSZTŐRENDSZER

Az emésztőrendszer feladata a táplálék felvétele, emésztése, felszívása és a salakanyagok kiválasztása. A felvett, majd megemésztett anyagok egy részét energiatermelésre, másik részét saját anyagaink felépítésére használjuk. Van olyan anyag, amelyet az emberi szervezet nem tud előállítani, ezek az esszenciális aminosavak, esszenciális zsírsavak és a vitaminok.

Az emésztőrendszer részei: az emésztőcső, amely kb. 8 méter hosszú, a szájnyílástól a végbélnyílásig tart. A két nagy emésztőmirigy, a máj és a hasnyálmirigy váladéka ide ürül.

Az emésztőcső szakaszai:

1. Előbél: szájüreg (nyelv, fogak, nyálmirigyek)  
garat  
nyelőcső  
gyomor

2. Középbél: vékonybél (patkóbél, éhbél, csípőbél)

3. Utóbél: vastagbél (vakbél, felszálló, haránt, leszálló vastagbél, szigmabél, végbél)

Az emésztőszervek belsejét nyálkahártya fedi, amely bélhámból (szájban többrétegű laphám, gyomor-bél huzamban hengerhám), kötőszöveti rétegből és vékony izomrétegből áll. A nyálkahártya alatti réteget kötőszövet és izomszövet építi fel. A gyomortól kezdődően kívülről a szerveket hashártya borítja és rögzíti.

### 8.1. Előbél

*Szájüreg (cavum oris)*

A szájüreg az emésztőrendszer tágult kezdeti szakasza, amelyet előlről az ajkak és a pofák, oldalról az arcizmok, felülről a kemény és lágy szájpad és alulról a szájfenek határolnak. Az ajkak és a pofák vázát főként zsírszövet és a beléjük ágyazott arcizmok adják. Az ajkak körül körkörös izomréteg van. Az ajkak háma vékony, a vér színe átüt rajta; ez az ajakpír. Az ajak színének megváltozása bizonyos betegségekkel, például a vér összetételének megváltozásával áll szoros kapcsolatban, illetve a testhőmérséklet változását mutatja. A pofák az ajkak oldalsó folytatásai, alapjuk a pofaizom, vagy más néven trombitásizom. A szájpad elülső része csontos (keményszájpad), hátsó része izmos állomány (lágyszájpad). A kettő között nincs élesen látható határ, de nyelvünkkel jól kitapinthatjuk. A lágyszájpad középvonalában található a nyelvcsap, ettől két oldalra két redő ereszkedik le, amelyek a garatívet képezik, és közrefogják a szájpadi mandulákat (torokmandulákat). A torokmandulák nyirokszöveve védi a szervezete a fertőzésektől. A garatívek és az általuk határolt térség a torok, a szájüreg hátsó kijárata (lásd: immunrendszer).

A nyelv a szájüreg fenekén elhelyezkedő izmos szerv, amelyet idegvégződésekben gazdag nyálkahártya fed. Izomzata harántcsíkolt.

A nyelv részei: nyelvcsúcs – a nyelv elülső kihegyesedett része;  
 nyelvtest – középső, nagyobb rész;  
 nyelvgyök – a nyelv hátsó harmada.

A nyelv hát elülső végén az ún. nyelv szemölcsök (papilla) találhatók, hátsó részét dudoros nyálkahártya borítja.

A nyelvgyökön levő nyiroktüszők a Waldeyer-féle nyiroktüszőkből álló gyűrű részét képezik. Ezek együttesen, a külvilág és a belső szervek találkozásánál védelmet nyújtanak a fertőzések ellen.

A nyelvnek szerepe van csecsemőkorban a szopásban, később a táplálék forgatása által a rágásban, az ízlelésben, a falat megformálásában és a nyelésben, emellett szerepe van az artikulációban is. Az ingereket az ún. ízlelőbimbók veszik fel, ezek főleg a nyelv hátán helyezkednek el (lásd az *Érzékszervek* című fejezetet).

A fogak a felső állcsont és az állkapocs fogmedreiben (alveolusaiban) ülnek. A 2. életévig kinövő fogakat tejfogaknak (20 db), az ezeket felváltókat maradandó fogaknak (32 db) nevezzük.

A fogak összessége a fogazat, amely alsó és felső fogsorból áll. Felnőttkorban egy fognegyedben 2 metszőfog, 1 szemfog, 2 kisőrlő, 3 nagyőrlő (zápfog) van. Az utolsó nagyőrlő a bölcsességfog, amely a 18. életév körül kezd kinőni. A tejfogakból minden negyedben 5-5 fog helyezkedik el. Kisőrlő fogak nincsenek, helyükön két nagyőrlőt találunk. A fogváltás a 6. életév körül kezdődik.

A fogak részei: korona, nyak és gyökér. A fogkorona a fog kiálló szabad része. Kívülről zománcréteg fedi, alatta dentinállomány helyezkedik el, ami csontszövetből áll. A fognyak átmenet a korona és a gyökér között. A foggyökér az alveolust tölti ki. A fognyak és a foggyökér felépítése megegyezik, kívülről cement-, alatta dentinállomány található. A gyökér egész hosszán végighúzódik a gyökércsatorna, melyen az erek és idegek a fogkorona belsejében lévő fogüregbe lépnek. A fogak egy vagy több gyökerűek. A fogüreget a pulpa (fogbél), erekben és idegekben gazdag kötőszövet tölti ki.

A szájüregbe nyílik számos nyálmirigy, köztük a három pár nagy nyálmirigy – a *fültőmirigy*, az *állkapocs alatti mirigy* és a *nyelv alatti mirigy* – kivezetőcsöve. Váladékuk a nyál, amelynek napi mennyisége 1,5 l.

A 4. táblázat a nyál, valamint a tápcsatorna többi emésztőnedvének jellemzőit foglalja össze.

A nyál – közel semleges kémhatású (pH = 6,9) – szerepe:

- átnedvesíti a falatot és lehetővé teszi annak lenyelését,
- enzimjeivel a szénhidrátok bontását megkezdi,
- baktericid hatása révén megakadályozza a szájüregben a baktériumok elterjedését,
- bizonyos anyagok, például a jód, higany stb. a nyál útján is kiválasztódnak,
- oldó és hígító szerepe van.

Étkezések között híg nyál termelődik, amely nedvesen tartja a száj nyálkahártyáját.

Étkezéskor viszont emésztőnyál választódik ki, amely már vízen, fehérjéken, nyálkaanyagokon és sókon kívül nagy mennyiségben tartalmaz két fontos szénhidrátbontó enzimet: a ptialint és a maltázt.

A ptialin (nyál-amiláz) a szénhidrátok közül a keményítőt (poliszacharid) maltózra (kettős cukorra) bontja. A maltáz a kettős cukrot egyszerű cukorra (monoszacharid), glükózra hasítja. A szénhidrátok egyszerű cukrokká történő bontása a szájüregben csak akkor lehetséges, ha túl hosszú ideig tartjuk ott a falatot. Például ha egy darab kenyeret kb. 5 percig a szánkban tartunk, akkor íze édeskissé válik. Mivel a táplálék a szájüregből rendszerint hamar továbbjut, a szénhidrátok teljes emésztése a tápcsatorna alsóbb szakaszaiban fejeződik be.

A nyáleválasztás reflexfolyamat. A szájba került táplálék ingerként hat a száj- és nyelvnyálkahártya érző idegvégkészülékeire. A keletkezett ingerület az érző rostok által a nyúltvelői központba jut, ahonnan a nyáleválasztás válasza a megfelelő vegetatív rostokon eljut a nyálmirigyekig, és megindul az emésztőnyál termelése. Ez a feltétlen nyáleválasztási reflex.



## 8.1. ELŐBÉL

| Emésztő-nedv | Hol termelődik                            | Kémhatás                                                      | Összetétele, a benne lévő emésztőenzim neve                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Milyen tápanyagot emészt a benne lévő enzim                                                                                                                                                           |
|--------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| nyál         | nyálmirigyek                              | enyhén lúgos (pH 6,9 körül)                                   | amiláz ( <i>nyál amiláz, ptialin</i> )<br>mucin (segíti a falatképzést, a nyelést, összeragasztja a tápanyagot)<br>lizozim (baktériumok elleni védekezés)                                                                                                                                                                                                         | keményítőt (összetett szénhidrát) maltózzá bontja                                                                                                                                                     |
| gyomornedv   | gyomornyálkahártya mirigyei               | erősen savas a benne lévő HCl-től (gyomorsavtól) (pH 2 körül) | pepszin ( <i>kimozin, lipáz</i> )<br>HCl (aktiválja a pepszint, elfolyósítja a tápanyagot, és baktériumölő hatású)<br>mucin (védi a gyomorfalat a pepszin emésztő hatásától)                                                                                                                                                                                      | fehérjéket (polipeptideket) kisebb peptidekre (oligopeptidekre) bontja                                                                                                                                |
| epe          | máj (epehólyagban raktározódik)           | enyhén lúgos (pH 8 körül)                                     | nem tartalmaz emésztőenzimet<br>epesavak (emulzióstabilizálás, lipázaktiválás, zsírok felszívódása)<br>mucin (védi a bélfalat az emésztőnedvektől)<br>hidrogénkarbonát-ion (közömbösíti a sósavat)<br>epefestékek (pl. bilirubin, ezek a hemoglobin hem részének lebontási termékei)<br>koleszterin (a feleslegben felvett koleszterint az epén át adja le a máj) | az epe önmagában nem emészt, a benne levő epesavak segítik a zsírok emésztését és felszívódását, a zsírok emulzióját (kolloid méretű cseppeit) stabilizálja, és aktiválja a lipázokat                 |
| hasnyál      | hasnyálmirigy külső elválasztású mirigyei | enyhén lúgos (pH 8 körül)                                     | szénhidrátbontó enzimek (pl. hasnyál amiláz)<br>lipázok (zsír-bontó enzimek)<br>fehérjebontó enzimek (pl. tripszin, kimotripszin)<br>nukleázok (nukleinsavat bontó enzimek)<br>mucin (véd)<br>hidrogénkarbonát-ion (közömbösíti a sósavat)                                                                                                                        | szénhidrátok bontása egyszerű cukrokra<br>zsírok emésztése (glicerinre és zsírsavakra való bontás)<br>fehérjék és kisebb peptidek lebontása aminosavakra<br>nukleinsavak alkotórészeikre való bontása |
|              | vékonybél-nyálkahártya mirigyei           | enyhén lúgos (pH 8 körül)                                     | összetétele hasonló a hasnyálhoz, ugyanolyan hatású enzimeket tartalmaz (fehérjebontó enzimek az erepszinek)                                                                                                                                                                                                                                                      | ugyanaz, mint a hasnyálnál                                                                                                                                                                            |

4. táblázat. Emésztőnedvek

Az étel látása, szaga vagy csak az ételre gondolás is nyáleválasztást eredményezhet. Ez a feltételes nyáleválasztási reflex.

A nyelés is reflexfolyamat, amelynek három fázisa van.

Az első fázis akaratlagos. Ilyenkor a nyelv nekinyomódik a keményszájpadnak, a lágyyszájpad felemelkedik, s a falat hátralökődik a garatba.

A második szakaszban viszont a nyelési reflexet mint feltétlen reflexet már a garatfal érintése váltja ki. Idegi impulzusra a garat hosszanti és szűkítő izmai összehúzódnak, és a falat a nyelőcső felé nyomódik. Ilyenkor a garat orri és gégei kapui elzáródnak. Rendes körülmények között a légcsőbe nem jut be táplálék, mert a nyelvgyök hátranyomulásakor a gége felemelkedik, így a gégefő zárja a légutakat. Nyeléskor a légzés szünetel.

A harmadik fázisban is akaratunktól függetlenül, a nyelőcső izomzatának perisztaltikus mozgása révén jut tovább a falat. Ha ez a hullámszerű izommozgás eléri a gyomorbemenetet, akkor az megnyílik, a táplálék a gyomorba jut.

A nyelés reflexközpontja a nyúltvelőben van.

Előfordul, hogy a gyomortartalom a szervezet védekező reflexe segítségével, fordított perisztaltikával a szájon át a külvilágba jut. Ezt a folyamatot nevezzük hányásnak, melynek központja szintén a nyúltvelőben van. A hányásközpontot nemcsak a gyomor felől érkező ingerek hozhatják izgalomba, hanem más szervekben keletkező ingerület is (pl. az anyaméh ingerülete kiváltja a várandósság alatti hányingert), vagy egyéb vérben keringő különböző anyagok (gyógyszerek, baktériumtoxinek) is. A hányás hányingerrel kezdődik, majd a nyelőcső, a gyomorszáj ellazul, és a hasizmok, valamint a gyomorizomzat összehúzódnak zárt pylorus mellett a gyomortartalmat a szájon keresztül kiűri. A gyomor hányással szabadul meg idegen (mérgező) vagy felesleges tartalmától.

A táplálékkal bejutott vagy lenyelt levegő, ritkán a gyomorban kórosan képződő gázok hangjelenség kíséretében (bőfőzés) távoznak a nyelőcsőn és szájüregen keresztül.

### *A garat (pharynx)*

A garat az orrüreg és a gége mögött elhelyezkedő függőleges izmosfalú üreg, amely a nyelőcsőben folytatódik. A garatmandulák az orrüregen át beáramló levegőt szűrik meg a baktériumoktól.

Ide torkollik a orrüreg, fülkürt, torok. Innen lép ki a gégefő és a nyelőcső.

### *A nyelőcső (esophagus)*

A nyelőcső hüvelykujj vastagságú, izmos falú cső (kb. 25 cm hosszú), amely a garatot a gyomorral köti össze. A nyelőcső beidegzése akaratunktól független. Simaizomrétegei perisztaltikus mozgást végeznek. A nyelőcsőben nincs emésztés. A nyelőcső felső 1/3-a harántcsíkolt, alsó 2/3-a simaizomzat.

### *A gyomor (ventriculus vagy gaster)*

A gyomor az emésztőcsatorna tömlőszerű, legtágabb része, amely közvetlenül a rekeszizom és a máj alatt helyezkedik el, a középvonaltól balra. A gyomor alakja és helyzete függ az életkortól, a teltségi állapottól és a testhelyzettől.

Ürtartalma 3–6 éves korban a test méreteihez képest még kicsi, így a gyermek nem tud egyszerre nagy mennyiségű táplálékot felvenni, ezért gyakrabban kell étkeznie.

A nyelőcső beszájadásának környéke a gyomorszáj (cardia), felső tágulata a gyomorfenék, alatta a gyomortest (fundus), majd a vékonybélbe vezető nyílást határoló rész a gyomorkimenet (pylorus). A gyomor alakjának jellemzője a felső hajlat (kisgörbület) és az alsó hajlat (nagygörbület).

A gyomor rétegei kívülről befelé haladva a kötőszöveti réteg, háromrétegű simaizomzat, és a legbelső réteg, a nyálkahártya. A nyálkahártya redőzete közötti bemélyedésekbe nyílnak a gyomor mirigyei.

A gyomor működése kettős:

- ♦ részt vesz az emésztésben a gyomornedv termelésével,
- ♦ a gyomortartalmat keveri és a belek felé szakaszosan továbbítja hullámszerű (perisztaltikus) mozgásával.

A gyomornedv – napi mennyisége 1-1,5 l – a gyomor falában található mirigyek által termelt váladék, amely tartalmaz *nyálkát*, *enzimeket* és *sósavat*. Sósavtartalma miatt erősen savas kémhatású (pH 1,0-2,0). A fedősejtek termelik a sósavat, ami aktiválja a fősejtek által termelt pepszinogént pepszinné. A melléksejtek mucinja (nyálka) bevonja a nyálkahártyát, ezzel védve a gyomrot az önmérsztéstől.

A gyomornedvben található pepszin nevezetű enzim hatására a gyomorban megkezdődik a fehérjeemésztés. A pepszin az összetett fehérjéket egyszerű fehérjékre bontja. Az aminosavakig történő bontás majd a vékonybélben következik be. A pepszin hatását csak savas közegben fejt ki, amit a gyomornedv sósavtartalma biztosít.

A kimozin enzim hatására a gyomorban levő tej megalvad és kazeintartalma kicsapódik. A kicsapódott anyagot a pepszin bontja a fentiekben leírt módon.

A gyomornedv lipáz enzimje savanyú közegben a zsírokat csak kismértékben bontja. A zsírbontás az alsóbb bélszakaszokban fejeződik be.

A gyermekek gyomornedvében az emésztőenzimek mennyisége jóval kisebb, mint a felnőtteknél, így gyomor-emésztésük kisebb teljesítményű.

A gyomornedvtermelés részben idegi, részben hormonális szabályozás alatt áll.

Paraszimpatikus hatásra a gyomornedv termelése és a gyomor mozgásai fokozódnak, szimpatikus idegrendszeri hatásra csökkennek.

A tápanyagok emészthetőségétől függően változó ideig tartózkodnak a gyomorban. 2-3 órát, vagy akár 8-10 órát is igénybe vehet a tápanyagok emésztése a gyomorban. Az emésztőrendszer eddigi szakaszaiban tápanyag nem szívódik fel. A száj- és a gyomornyálkahártyán keresztül azonban felszívódhatnak egyes gyógyszerek, mérgek és az alkohol.

## 8.2. Középbél

*A vékonybél (intestinum tenue)*

A tápcsatorna kb. 5 méteres vékonybéli szakasza 3 részből áll: patkóbél (duodenum), éhbél (jejunum), csípóbél (ileum). Két fő feladata a táplálék *emésztése*, és a megemésztett tápanyagok *felszívása*.

A gyomorhoz csatlakozik a vékonybél első szakasza, a *patkóbél*, amely kb. 30 cm hosszú, patkó alakú bélrészlet. A hasüreg jobb oldalán fekszik, homorulatába illeszkedik a hasnyálmirigy. A patkóbél nyálkahártyájában és alatta mirigyeket találunk, amelyek külső elválasztással váladékot, ún. bélnedvet termelnek.

Belső felszínén már megjelennek a bélbolyhok (a nyálkahártya kesztyűujszerű kitüremkedései), melyek a felszívás anatómiai elemei és egységei.

Az *éhbél* a patkóbél folytatása, a vékonybél 2/5 részét képezi, a hasüreg középső részében fekszik.

A *csípóbél* és az éhbél között nincs éles határ. A csípóbél a vékonybél 3/5 része, a hasüreg alsó részében helyezkedik el.

Az utóbbi két vékonybélszakasz nyálkahártyájának legfontosabb funkcionális elemei a tápanyagok felszívását végző bélbolyhok.

A patkóbélhez csatlakozik két nagy szerv, a máj és a hasnyálmirigy, ezeket alább részletesen tárgyaljuk.

Az epehólyag és a hasnyálmirigy kivezető csöve egyesül, és közös vezetékekkel nyílik a patkóbél üregébe (lásd alább).

*A máj (hepar)*

A máj a legnagyobb emésztőmirigy, a felnőtteké kb. 1,5 kg súlyú, a hasüreg felső felében fekszik. Normál esetben a jobboldali bordaívék takarják. Vörösbarna, felszíne sima, két egyenlőtlen lebenyből áll. Az ún. májkapun lépnek be a máj erei, idegei, és itt lépnek ki a máj kivezető csövei és a nyirokerek.

A máj fő funkciói: *anyagcsere, raktározás, epe termelése, méregtelenítés.*

*Részletezve:*

- ◆ epe képzése,
- ◆ epesav termelése koleszterinből,
- ◆ vérfesték átalakítása epesavvá,
- ◆ epesav lebontása,
- ◆ vérraktár, a pihenő szervezet „felesleges” vérének egy része a májban, másik része a lépben pang,
- ◆ vérplazmafehérjék képzése (albuminok, globulinok, fibrinogén, protrombin),
- ◆ a szervezet méregtelenítése (a mérgeanyagokat kiválasztható formára alakítja, az alkoholt pl. oxidálja)
- ◆ részvétel a szénhidrát-anyagcsereben és a szénhidrátok tárolásában,

- ♦ aminosavak, húgysav, acetontestek képzése,
- ♦ zsírsavak, aminosavak lebontása, részvétel a zsír anyagcserében,
- ♦ karbamidképzés,
- ♦ részvétel a vitaminok anyagcseréjében (A, D termelés, B<sub>12</sub>, folsav-raktározás),
- ♦ A-vitamin képzése karotinból,
- ♦ nehézfémek raktározása, vasraktár.

A máj a magzati életben fontos vérképző szerv. A születés után közvetlen vérképző szerepe megszűnik.

A vasraktár fontossága főleg az újszülötteknél az anyatej vasszegénysége folytán igen lényeges.

Az epehólyag az epe tárolására szolgál. A máj hasüregi felszínén elhelyezkedő tömlő. Kivezető csöve egyesül a máj epekivezető csövével, és mint közös epevezeték a patkóbélbe nyílik.

Az epe nem tartalmaz emésztőnedveket. Legfőbb szerepe a hasnyál emésztőhatásának fokozása, a lipáz enzim aktiválása, a zsírok emulgeálása (apró zsírcseppekre osztása).

### *A hasnyálmirigy (pancreas)*

A hasnyálmirigy részben külső (exokrin), részben belső (endokrin) elválasztású mirigy. Az emésztés szempontjából külső elválasztású tevékenysége lényeges.

A hasnyálmirigy kb. 20 cm hosszú, puha tapintású, sárgásszürke mirigy, amely a hasüreg felső részében, a hátsó hasfalra helyezkedik el. A hasnyálmirigy fő vezetéke a patkóbélbe nyílik, váladéka a hasnyál, amely fehérje-, szénhidrát-, nukleinsav- és zsíremésztő enzimeket tartalmaz.

### *Emésztés a vékonybélben*

A vékonybélben a fehérjék, a szénhidrátok és a zsírok vízben oldódó, felszívásra alkalmas vegyületekké alakulnak a hasnyál, az epe és a bélnedv hatására.

A hasnyál enyhén lúgos kémhatású (pH8), színtelen, átlátszó folyadék, napi mennyisége 1-1,5 l. Fehérjebontó enzimje a tripszin, amely a pepszin bontását folytatja, s szabad aminosavakig bont. A szénhidrát bontó enzimje az alfa-amiláz, amely a keményítőt és a glikogént bontja kettős cukrokra. A zsírokat a lipáz enzim hasítja glicerinné és szabad zsírsavakra. A nukleáz a nukleinsavakat bontja nukleotidokra.

A tápláléktól függ, hogy a hasnyál milyen mennyiségben tartalmazza a fent említett enzimeket.

A bélnedv – a bélnyálkahártyában levő Lieberkühn-mirigyek váladéka – enyhén lúgos kémhatású (pH 7-8,3), világossárga színű fehérje-, szénhidrát-, és zsírbontó enzimeket tartalmazó nyákos folyadék. Enzimjei a már bontott tápanyagok közbülső termékeit hasítják végső összetevőikre: a fehérjéket a poli- és dipeptidázok, a szénhidrátokat a maltáz, laktáz, szacharáz, a nukleoproteideket a nukleáz, foszfatáz. Az enteropeptidáz a tripszin aktivátora.

A vékonybél emésztőnedveinek termelődését elsősorban a táplálékfelvétel mint kémiai inger váltja ki, de idegi ingerek is szabályozzák azt. A vékonybél izomzata keverő és perisztaltikus (továbbító) mozgást hoz létre, így biztosított a béltartalomnak emésztőnedvvel való keveredése és a béltartalom továbbhaladása. A perisztaltikát a bélfalra ható kémiai és mechanikai (feszítő) hatás váltja ki, és szabályos időközönként halad a vastagbél felé.

A vékonybél bélbolyhjai révén az emésztőnedvek által „építőkövekre” bontott tápanyagok felszívódnak.

A víz és az ásványi anyagok a bélnyálkahártyán keresztül közvetlenül a vérrendszerbe jutnak.

A gyermekek vízigénye fokozottabb. Ha a tápláléknak nagy a fehérje- és sótartalma, akkor a vízszükséglet is erőteljesebb, mivel a fehérjebontás során keletkező bomlástermékek kiválasztásakor nagyobb mennyiségű vízre van szükség. Különös gondot kell a folyadékot pótolni, ha a külső hőmérséklet emelkedik, vagy valamilyen okból (pl. hányás, hasmenés) során a szervezet folyadékvesztése nagy. A gyermekeknél és időseknél nagyon oda kell figyelni a vízfogyasztás gyakoriságára, hiszen ennek elhanyagolása esetén a kiszáradás veszélye áll fenn. A szervezet kiszáradásakor a sejtek közötti víztér csökken, a testfolyadék sűrűsödése kritikus állapotot ér el. A gyermekeknek nem szabad megtiltani az étkezés előtti vízfogyasztást, hiszen az előnyös hatással van az emésztőnedvek termelődésére és mennyiségére.

Az aminosavakra lebontott fehérjék a nyálkahártyán keresztül ugyancsak a vérerekbe szívódnak fel. Ha a vérplazmába lebontatlan fehérjék kerülnek, akkor azok allergiás jelenségeket, „csalánkiütést” okoznak.

A szénhidrátok egyszerű cukrok (glükóz, fruktóz) formájában a bélhámsejtekbe szívódnak fel. A nagyobb mennyiségben felszívódó glükóz a vér útján a májba kerül és glikogén formájában tárolódik.

A zsírok *glicerinre* és *zsírsavakra* hasadva a bélnyálkahártya hámsejtjeibe lépnek, majd ott ismét zsírokká épülnek fel.

#### *Felszívás, felszívódás a vékonybélben*

A zsírok a *nyirokerek*en keresztül jutnak a vérpályába. A gyomor-bélrendszer vénás vérét, amely a bélből felszívódott összes tápanyagot tartalmazza, külön rendszer, az ún. vena portae (kapuvisszér) gyűjti össze. A kapuvisszér a májba belépve, artéria módjára ismét hajszálerekre oszlik. Így a gyomor-bélrendszer vénás vére kapcsolatba kerül a májsejtekkel.

Minden esetben a vérbe jutó tápanyagaink a májon keresztül méregtelenítődnek, s úgy kerülnek végső hasznosításra (testépítés, illetve energia biztosítása).

A felszívódás mechanizmusa anyagoként jellemző transzportfolyamat. A víz az ozmotikus viszonyoknak megfelelően *passzív transzporttal* lépi át a bélfalat. Az ásványi sók ionjai, a szénhidrátok, aminosavak *aktív transzporttal* jutnak a bélhámsejtekbe, onnan a vérbe. A zsírok nagyrészt passzív transzporttal szívódnak fel.

### 8.3. Utóbél

#### *A vastagbél (intestinum crassum)*

A vékonybél folytatása a kb. másfél méter hosszú vastagbél. Részei: a **vakbél** (caecum) a féregnyúlvánnyal; a **remesebél** (colon), melynek részei a felszálló, haránt, leszálló ág és a szigmabél; valamint a **végbél** (rectum). A vastagbél nyálkahártyájában nincsenek bélbolyhok, csak redők és számos nyiroktüsző. A vastagbél simaizma kettős rétegű. A belső, körkörös futó izomréteg egyenletes, a külső hosszanti izomréteg három köteget alkotva fut.

A vakbél – nevét alsó, vak végeről kapta – a legtagabb vastagbélszakasz, melybe beszájadzik a féregnyúlvány. A féregnyúlvány ceruzavastagságú, kb. 10 cm hosszú nyirokszerv. Szerepe van a hasüregi fertőzések kivédésében, gyakori gyulladása ezzel áll összefüggésben.

A remesebél részei, a felszálló, haránt, leszálló vastagbél és az S alakú görbült szakasz (szigmabél) keretszerűen övezik a vékonybeleket.

A végbél a vastagbél utolsó szakasza, kb. 15-20 cm hosszú. Végződését végbélnyílásnak nevezzük, amit belülről akarattunktól függetlenül működő, kívülről akarattunktól függően működtethető gyűrű alakú záróizom vesz körül.

A vastagbélben emésztés már nem történik. Nyálkahártyájában kizárólag nyálkatermelő mirigyeket találunk, ami a széklet kialakításában és a kiürülés megkönnyítésében játszik szerepet. A vastagbél tartalma az itt levő baktériumflóra (pl. *Bacterium coli*) hatására erjedési, rothadási folyamatokon megy át, és a víz és ásványi anyagok visszaszívása révén besűrűsödik. Az így keletkezett széklet a végbélben keresztül hagyja el a szervezetet.

A székletürítés feltétlen reflexfolyamat, amelynek központja a gerincvelő ágyéki szakaszában van és a nagyagyvelő szabályozó hatása alatt áll. Ez utóbbi révén lehetséges a záróizmok tónusát akaratlagosan fokozni vagy lazítani. A végbél vérellátása sajátos. Az innen összeszedődő vér nem halad át a májon, így a máj méregtelenítő szerepe nem érvényesül, vagyis például a végbélkúp gyorsabban szívódik fel és hat, valamint kevesebb hatóanyag is elegendő hozzá, mint a szájon át szedett tabletta esetében.

A végbélben felhalmozott széklet ingerli a végbélet. A külső végbélzáróizom nagymértékben akaratlagos idegi ellenőrzés alatt áll. Ennek akaratlagos szabályozása kisgyermekkorban fokozatosan alakul ki, és ráépülve felül szabályozza a reflexfolyamatot. Lelki hatások, mint például a stressz, a félelem serkenthetik az ürítést.

#### *A táplálkozás szabályozása*

A táplálkozás mind idegi, mind hormonális (főleg ún. szövet-hormonok) szabályozása alatt áll. Különösen az egyes emésztőnedvek termelése, illetve a bélmozgások szabályozása szükséges. Az tápcsatorna szakaszainál említést tettünk az egyes szervek idegi, hormonális szabályozásáról, illetve az *Idegrendszer* és a *Hormonrendszer* című fejezetben lesz még szó róla. Itt néhány fő dolgot emelünk ki.

Idegi szabályozás: az éhség-jóllakottság és a szomjúság központja a hypothalamusban található. Általánosan a vegetatív idegrendszer paraszimpatikus rostjai fokozzák az emésztőnedvek termelődését, illetve a bél perisztaltikus mozgását, míg a szimpatikus rostjai ezzel ellentétes hatást fejtenek ki. Az éhségközpont ingere a vércukorszint csökkenése, a gyomor korgása. A jóllakottságközpont ingere a gyomor falának feszülése, a vércukorszint

emelkedése. A szomjúságérzet a vér ozmotikus koncentrációjának növekedése (töményedése), illetve a vér mennyiségének csökkenése hatására következik be.

A legfontosabb szöveti hormonok, amelyek a gyomor-bélrendszer nyálkahártyájában termelődnek, a gasztrin (gyomorban), szekretin, enterogasztrin, pankreozimin (patkóbélben).

*Gasztrin:* a gyomor falában termelődik, fokozza a gyomornedv termelését, illetve a vérbe kerülve a máj epe-termelését, valamint a hasnyálmirigyben a hasnyál termelését. Szintén fokozza a gyomor, majd a vékonybél perisztaltikus mozgását.

*Szekretin:* a gyomor mozgását lassítja, a máj epetermelésére, a hasnyál termelésére serkentőleg hat.

*Pankreozimin (kolecisztokinin):* az epehólyag összehúzódását, a hasnyál termelését serkenti.

*Enterogasztrin:* gátolja a gyomornedv termelését és a gyomor mozgását lassítja.



## 9. KIVÁLASZTÁS

Az ember lebontó anyagcseréje során keletkezett bomlástermékeknek, valamint a szervezetbe feleslegesen felvett anyagoknak az eltávolítása a kiválasztás. A kiválasztás biztosítja a testnedvek mennyiségének és összetételének az állandóságát, a szervezet relatív belső állandóságát, a homeosztázist. Nagyon fontos a sejten belüli és sejten kívüli folyadékterek víztartalmának állandósága. A vérplazma nátrium-, kálium-, valamint hidrogénion-koncentrációjának állandósága az élet fennmaradásának egyik feltétele.

A bomlástermékektől eltávolításának három útja van.

A *kiválasztó szervrendszeren* keresztül történik a vizelet kiválasztása. A folyamata a következő fejezetben részletes tárgyalásra kerül.

A *bőrön* keresztül, a verejtékmirigyek segítségével víz, ásványi anyagok és egyéb bomlástermékek jutnak a test felszínére (izzadás).

A *tüdőből* a kilégzés során szén-dioxid és víz távozik a külvilágba.

Megemlítünk egy negyedik utat, az ürítést, melynek során a megemésztetlen anyagok ürülnek a belekből. Ez azonban nem tekinthető valódi kiválasztásnak, hiszen az ürítésre kerülő anyagok sosem voltak a szervezet részei, nem szívódtak fel a sejtekbe, mindvégig a tápcsatornában haladtak.

### 9.1. A kiválasztás szervrendszere

Az ember kiválasztó szervrendszere a vizeletet képző páros veséből, a vizeletet elvezető húgyutakból, a vizeletet időlegesen tároló húgyhólyagból áll, valamint a húgycsőből, melyen át a vizelet távozik a szervezetből.

*A vesék (ren)*

A vesék a vízben oldható hasznosíthatatlan anyagcseretermékeket szűrik ki a vérből és kialakítják a vizeletet. A bomlástermékek döntő hányada vizelet formájában távozik a szervezetből. A vesék sötétbarna, bab alakú szervek. A hasüreg felső hátsó részében, a gerincoszlop ágyéki részének két oldalán, a hashártya mögött, a hátsó hasfalhoz és a gerincoszlophoz rögzítve fekszenek. Belső, homorú részükön bemélyedés, a vesekapu található. A vesekapun a vese erei, idegei és a húgyvezeték (ureter) látható. A vesét három tok veszi körül. A külső erős kötőszövetes tok, ami a hátizomzathoz és a gerinchez kapcsolja a vesét. A középső tok zsíros, mechanikai védelmet lát el. Zsírszövetébe ágyazódik be a vese fej felőli pólusán helyet foglaló mellékvese. A mellékvese belső elválasztású mirigy (lásd a *Hormonrendszer* című fejezetet). A belső tok egy vékony kötőszövet.

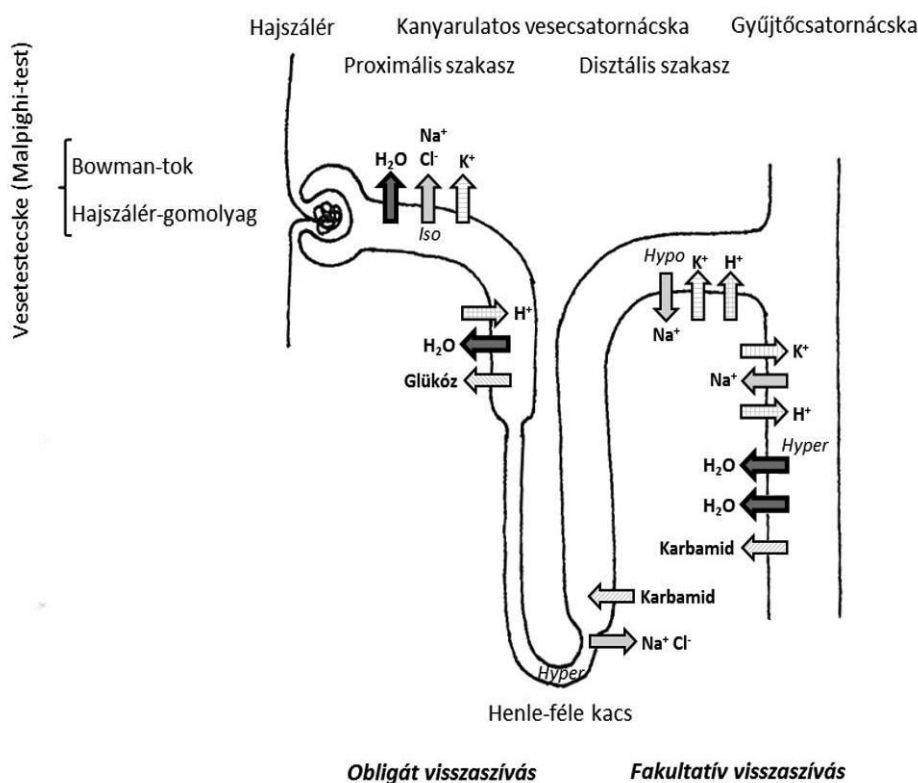
A vese külső, szemcsés részét kéregállománynak nevezzük. Belső, szélesebb, csíktolt része a velőállomány. Ettől befelé a gyűjtőrendszer, a vesekelyhek és a vesemedence található.

A kéregállomány finoman szemcsézett, ami szabad szemmel nem látható. Ezt a szemcsézetet a Malpighy-féle vesetestecskék alkotják. A velőállományt 10-15 vesepiramis képezi. A vesepiramisok alapjukkal a kéreg felé, a csúcsukkal a vesekapu felé néznek. A piramisok hosszanti csíkozását a bennük futó egyenes gyűjtőcsatornák adják, amelyek apró nyílásaikkal a vesekelyhekbe torkollanak.

A vese működési egysége a nefron (3. ábra). A nefron a Malpighi-testecskéből és a hozzá tartozó csatornarendszerből áll. Egy vesében kb. 1 millió nefront találunk. A Malpighi-test 0,1-0,3 mm nagyságú. A testet érgomolyag (glomerulus) és az érgomolyagot körülvevő kettős falú Bowman-tok alkotja. A hajszálérgomolyag bevezető és



kivezető vége a verőeres (artériás) rendszerhez tartozik. A vesetestecskét elhagyó verőér újra hajszálerekké ágazik szét, amelyek körülhálózják az elvezető csatornát. A hajszálerek végül gyűjtőérbe szedődnek össze.



3. ábra. A nefron működése

A vesetestecskéből kiinduló elvezetőcsatorna kezdeti (proximális) kanyargós szakasza a vese kéregállományából egyenes leszálló ággal a vese velőállományába halad. A velőállományban elvékonyodik és egy hajtúkanyarral viszszakanyarodik (Henle-kacs), meredek felszálló ágban folytatódik. Visszaérve a kéregbe, egy kanyargós szakasz után a közös gyűjtőcsőbe torkollik. A nefronok elvezető csatornáit összegyűjtő csövek egyre vastagabb vezetékkel alkotnak, ezek a gyűjtőcsatornák végül a vesemedence üregébe nyílnak.

A vizelet-kiválasztásnak két szakasza van. Az első szakaszban az érgomolyagok (glomerulusok) hajszálérgomolyagaiból ultraszűrés útján 180 liternyi *elsődleges vizelet* keletkezik. Az ultraszűrés oka az, hogy a Bowman-tokba belépő ér keresztmetszete nagyobb a tokból kilépő ér keresztmetszeténél, ezáltal a tok belsejében nagyobb a vérnyomás. Az *elsődleges* (primer) vizelet közel azonos a vérplazmával, csak fehérjét és sejtet nem tartalmaz. A *végleges vizelet* a csatornarendszerben alakul ki azáltal, hogy a kanyarulatós csatornában az *elsődleges vizelet* vízkomponensének 99%-a, a glukóz-, a nátrium- és kloridionok visszaszívódnak a vese érrendszerébe. A káliumionok itt választódnak ki. A csatornák hámja bizonyos anyagokat is kiválaszt a vizeletbe (egyes festékek, gyógyszer maradvány). Ezzel emeli a vizelet koncentrációját. A glukóz- és a nátriumionok energiaigényes aktív transzporttal, a víz és a karbamid passzív transzporttal mozognak az elvezető csatornák és a hajszálerek között.

A vese funkciójához tartozik még az *eritropoetin* termelése. Ez a vörösvérsejtképzés egyik legerősebb serkentője. Amennyiben a vérben az oxigén parciális nyomása csökken, fokozódik az eritropoetin képzés, emelkedik a vörösvérsejtszám.

A vese fontos feladata a hatásos D-vitamin kialakítása is. A bőrben, majd a májban előanyagaiból kialakuló D-vitamin végül a vesében alakul át hatásos D-vitaminná.

### A vizelet

A vizelet szalmasárga színű, víz sűrűségű oldat, napi mennyisége 1,5 liternyi. Gyengén savanyú kémhatású. A vegetáriánus ember vizelete lúgos. A normál vizelet összetételében a víz 95%. Nem állandó összetevői a húgysavak, keratinin, szerves és szervetlen anyagok és a festékanyag, urokrom (fehérjévégtermék), urobilin (haemoglobinvégtermék). A vese fontos szerepet játszik a vér pH-jának fenntartásában. *Egészséges vizelet nem tartalmaz fehérjét, gennyet, cukrot, vért.* A vizelet mennyisége táplálkozási, hőmérsékleti tényezőktől és a végzett munkától függ. Vizsgálata fontos élettani folyamatokról ad információt. Számos betegség felismerésében fontos a vizeletvizsgálat.

*A vizeletelvezető rendszer: húgyvezeték (ureter), húgyhólyag (vesica urinaria), húgycső (urethra).*

A húgyvezeték a vizeletet a vesemedencéből vezeti a húgyhólyagba. Izmos falú, kb. 30 cm hosszú, lúdtoll vastagságú cső. Falát nyálkahártya, izom- és kötőszövet alkotja. A húgyvezeték simaizomzatú falának perisztaltikus mozgása juttatja a vizeletet a húgyhólyagba. A végén egy záróizom van, akarattól függetlenül, nyomás hatására nyílik. A vizelet innen a húgycsőön keresztül távozik. A húgycső falában harántcsíkolt izomzat van, így akaratlagosan összehúzható, vizelési inger esetén is visszatartható a vizelet.

A nők húgycsőve rövidebb, így a vizeletelvezető rendszer fertőző megbetegedései is gyakrabban fordulnak elő, mivel a felszálló fertőzések hamarabb eléri a húgyutak többi részét.

### A húgyhólyag és a vizeletürítés

A kismedence elülső részében helyezkedik el, izmos falú tömlő. A hólyag nagysága teltségének állapotától függ. A falát urotheliummal fedett nyálkahártya és többrétegű hálózatos simaizom képezi. A hólyag elülső és hátsó felszínén jól fejlett hosszanti izomréteg található. Mindkét izomzat a hólyag ürítését szolgálja.

A hólyag kimeneti nyílását erős izomgyűrű fogja körül, akaratunktól függetlenül működik. Az akaratlagos beidegzésű harántcsíkolt izomzatú záróizom a hólyag alatt a gátban a húgycsővet veszi körül. A vizelet a húgyvezetékben keresztül cseppenként kerül a hólyagba.

A vizeletürítés példa valamely szerv feltétlen reflexes és az erre a reflexre épülő feltételes reflexes szabályozásra. A feltétlen reflexműködés központja a gerincvelőben van. Az üres, esetleg kissé telt hólyag hólyagizomzata elernyed állapotban van. A záróizomzat tónusos állapotú. A hólyag lassú, folyamatos telítődése a hólyagfal feszülését vonja maga után. A feszülés és a vizelet nyomásemelkedése ingerként hat a hólyag falában található afferens idegvégződésekre és kiváltja a vizelési inger érzetét. A gerincvelői reflexközpontba befutó ingerület hatására a paraszimpatikus efferens száron keresztül érkező impulzusok kiváltják a hólyagizomzat összehúzódását, és egyidejűleg ellazul a húgycső záróizomzata. A vizelet a húgycsőön át ürül.

### A veseműködés szabályozása

A veseműködést idegi és hormonális hatások szabályozzák. Idegi szabályozása kismértékű. A X. agyideg paraszimpatikus rostjai csökkentik a veseműködést, így a vizelet mennyiségét is. A hormonális hatás kifejezettebb. Az agyalapi mirigy hátsó lebenyének *antidiuretikus hormonja (ADH)* vagy másnéven vazopresszin a csatornák vízvisszaszívó hatását fokozza, csökkenti a vizelet mennyiségét, illetve töményedik a vizelet.

Az *aldoszteron* a mellékvese kéregállományában képződik, hatására fokozódik a vesecsatornákból a  $\text{Na}^+$ -ion visszaszívása. Csökken az ürített vizelet mennyisége, a vérnyomás pedig emelkedik. Ezt a hatást a vese *renin* enzime is fokozza.

### A vizeletkiválasztó rendszer gyermekkori jellemzői

Az újszülöttnél a szűrés még fejletlen, így előfordulhat fehérje a vizeletben. Fejlődés során a húgyhólyag nő, elhelyezkedése változik. A vese növekedésével nő a kiválasztott vizelet mennyisége is. Ez csecsemőkorban  $150\text{--}350\text{ cm}^3 \rightarrow 1\text{--}2$  évesen  $300\text{--}500\text{ cm}^3 \rightarrow 3\text{--}4$  évesen  $500\text{--}600\text{ cm}^3$ .

A vese működési sajátosságai már óvodáskorban közel állnak a felnőttekéhez. Az ürített vizelet napi mennyisége  $60\text{--}700\text{ cm}^3$ . A kisgyermek vizeletürítésének gyakoriságát a hólyag lényegesen kisebb köbtartalmával magyarázhatjuk. A gyermek óvodáskorban egy nap alatt 8-10, iskoláskorban 6-7 alkalommal ürít vizeletet.

A vizeletürítés akaratlagos szabályozása az első életévekben, jellemzően a 2.-3. életévben alakul ki. Az agykéreg ellenőrző hatása érvényre jut a gerincvelői feltétlen reflexközpont felett és akaratlagosan szabályozza azt.



# 10. SZAPORODÁS

A férfi és a női nemi szervek az egyén elsődleges nemi jellegét határozzák meg. A nemre jellemző másodlagos nemi jelleg a nemi érés (pubertás) idején alakul ki. A másodlagos nemi jelleg a nemi mirigyek hormonjai tartják fenn.

A férfi másodlagos nemi jellege az erősebb testalkatban – csontváz, izomzat – és az általában fejlettebb szőrzet kifejezett voltában lelhető fel. A gége is átformálódik, jellemző a kis emlőbimbó és a jellegzetes az arcszőrzet.

A női másodlagos nemi jelleg a nemi hormonok hatására a pubertásban alakul ki. Jellemző rá a törekenyebb, gyermekiebb csontrendszer eltérő alakú fejlődése, az izomrendszer finomabb. A bőr alatti fejlettebb zsírszövet következtében a nő testformája lekerekítettebb, az emlőmirigy jelentősen kifejlődik, a gége finomabb szerkezetű, a hang magasabb. Az eltérő másodlagos nemi jelleg megnyilvánul a férfi és a női idegrendszer sajátosságaiban, a lelki alkat különbözőségeiben is.

A nemi szervek egyben a szaporodás szervei. Működésük során keletkeznek az ivarsejtek. A nemi szervek lehetővé teszik az ivarsejtek egyesülését, ami az új élet keletkezését jelenti. A női nemi szervek közül a méhben fejlődik a magzat.

## 10.1. A férfi nemi szervei

### 10.1.1. A férfi belső nemi szervei

here (testis), mellékhere (epididymis), ondóvezeték (ductus deferens) és ondósinór (funiculus spermaticus), ondóhólyag (vesicula seminalis), dűlmirigy (prostata).

#### *A here*

A páros herék hím ivarsejteket (spermiumok) a termelik, pubertástól a késő időskorig.

A herék galambtojás alakúak és nagyságúak. A hasüregen kívül, a herezacskóban helyezkednek el. Fejlődésük hasüregi, innen a magzati élet hetedik hónapjában húzódnak le a lágyékcsatorna belső nyílásáig. A herezacskóba a szülést megelőző időszakban szállnak le.

A here többszörösen felcsavarodott csatornarendszerből és köztes kötőszöveti állományból épül fel. A spermiumok pubertástól kezdődően a csatornafal hámsejtjeiből fejlődnek és egy csatornarendszeren át jutnak a mellékherékbe. A spermiumok a női ivarutakban 2-4 napig életképesek. Az ivarsejtek az agyalapi mirigy gonadotrop hormonjai hatására keletkeznek többszörös osztódással az ősvarsejtekből (lásd a *Hormonrendszer* című fejezetet), majd az egész folyamat során érik el kifejlett állapotukat. A spermium felépítése: kb. 60 µm hosszú, egy fejből, középdarabból és farokrészből áll. A feji rész tartalmazza a sejtmagot 1/2 kromoszóma-garnitúrával. A középdarabban van a mozgásért felelős sejtközpont, valamint az energiaellátásért felelős mitokondriumok. A farokrész teszi lehetővé az aktív mozgást. A petesejttel csak a feji rész egyesül. A férfi nemi hormon a *tesztoszteron*, a herecsatornák közötti kötőszövetben (Leydig-féle sejtek) a serdülőkortól folyamatosan termelődik. A heréket burok veszi körül.

#### *Mellékhere*

A mellékhere a spermiumtároló és elvezető rendszer része, a here hátulsó felszínén helyezkedik el. Az alsó szakaszán erős, gyűrű alakú izomzat található, amelynek a spermiumok kiürítésében van szerepe. A mellékherékben történik a hímivarsejtek tápanyagokkal való ellátása és tárolása. Állományát a mellékhere-csatornák alkotják.

*Ondóvezeték és ondózsínór*

Az ondóvezeték a mellékhere-csatorna közvetlen folytatása. 50-60 cm hosszú vezeték, amely a lágyékcsontról át belép a kismedencébe, és a hólyag felszínéhez fut. Itt fúrja át a dűlmirigyet és a húgycsőbe nyílik. Közvetlen benyílása előtt érkezik bele az ondóhólyag kivezető csöve. Az ondó gyors kiürítésére szolgál.

Ondózsínór: kb. kisujjnyi vastagságú köteg a herezacskóban és a lágyékcsontrában, a here és a mellékhere idegei és erei, valamint az ondóvezeték alkotja.

*Ondóhólyag*

Az ondóhólyag a húgyhólyag hátsó, alsó részéhez rögzített páros szerv. Járulékos nemi mirigy. Fruktózt tartalmazó váladékával a kiürített spermasejtek mozgásához energiaforrást biztosít. Az ondóhólyag kivezető csöve az ondóvezetékkel egyesülve a húgycső felső szakaszába nyílik. Belső felszínét váladéktermelésre képes nyálkahártya béleli.

*Dűlmirigy*

Tokkal körülvelt gesztenye alakú és nagyságú páratlan mirigy. Váladéka adja a hím nemi váladék (ondó) folyékony részének jelentős mennyiségét. A váladék lúgossága segíti a spermiumok mozgását. A húgyhólyag alatt fekszik, hátrafelé a végbéllel érintkezik. A prostatát a húgycső felső szakasza átfúrja. Itt nyílik bele az ondóvezeték és az ondóhólyag közös vezetéke. Állományát simaizom és váladékot termelő hengerhám adja.

**10.1.2. A férfi külső nemi szervei**

Herezacskó (scrotum), hímvessző (penis).

*Herezacskó*

A hasfal bőrének kitüremkedése. A herezacskó a herék hasfalán kívüli elhelyezkedését, így a működéséhez szükséges – a hasüregnél alacsonyabb – hőmérsékletet biztosítja.

*Hímvessző (penis)*

Hengeres szerv a test középvonalában, a medencecsont előtt.

Teljes hosszában átfúrja a húgycső. A húgycsővön a vizelet és a nemi váladék ürül. A pénisz fő alkotó eleme a két barlangos test és egy szivacsos test, a makk (tölgyfa terméséhez hasonló alakú rész), végén a húgycső nyílásával. A testhez közelebbi végénél van egy barázda, ebben tapad a fityma, ami vékony, elmozdítható bőr. A barlangos testek kötőszöveti kötegek, simaizomzat és az elasztikus hálózat által átszőtt szivacszerű képződmények. Nyugalmi állapotban az erek zártak, és a barlangos testek petyhüdtek. A hímvessző merevedése (erekció) és a magömlés (ejakuláció) feltétlen és feltételes reflexek hatására jön létre. A nemi izgalom a hímvessző megmerevedését okozza. Ekkor a barlangos testek vérrel telítődnek. Ezalatt a vérelfolyás csekély mértékű. Az ejakuláció, az ondó kilövellése a hímvessző húgycsővén keresztül történik.

*A férfi húgycső*

A férfi húgycső kb. 25 cm hosszú vezeték, amely a hólyag fenekén kezdődik, és a hímvessző makkján nyílik. A húgycső kiindulását a hólyag falában körkörös, akarattól független beidegződésű záróizom veszi körül. A gáti szakaszon találjuk a húgycső akaratlagos záróizmát, valamint a gátizomzatba ágyazottan két borsó nagyságú mirigyet (Cowper-mirigy).

Az ondó fehéres színű, jellegzetes illatú, nyúlós folyadék. Sejtes elemei a spermiumok, a folyékony részt az ondóhólyag, a prosztata és a Cowper-mirigy hozza létre. Az ondó lúgos kémhatású, a spermiumok szállítója és védője a hüvely savas hatásával szemben. Egy közösülés alkalmával kiürülő sperma mennyisége kb. 2-3 ml. Optimális esetben milliliterenként 100 millió egészséges spermiumot tartalmaz. Az elmúlt 100 évben megfigyelhető tendencia, hogy lecsökkent az egészséges spermiumok száma. Oka az egészségtelen életmód. Ha az egészséges spermiumok száma milliliterenként 50 millió alá csökken, a megtermékenyítés valószínűsége is csökken.

## 10.2. A nő nemi szervei

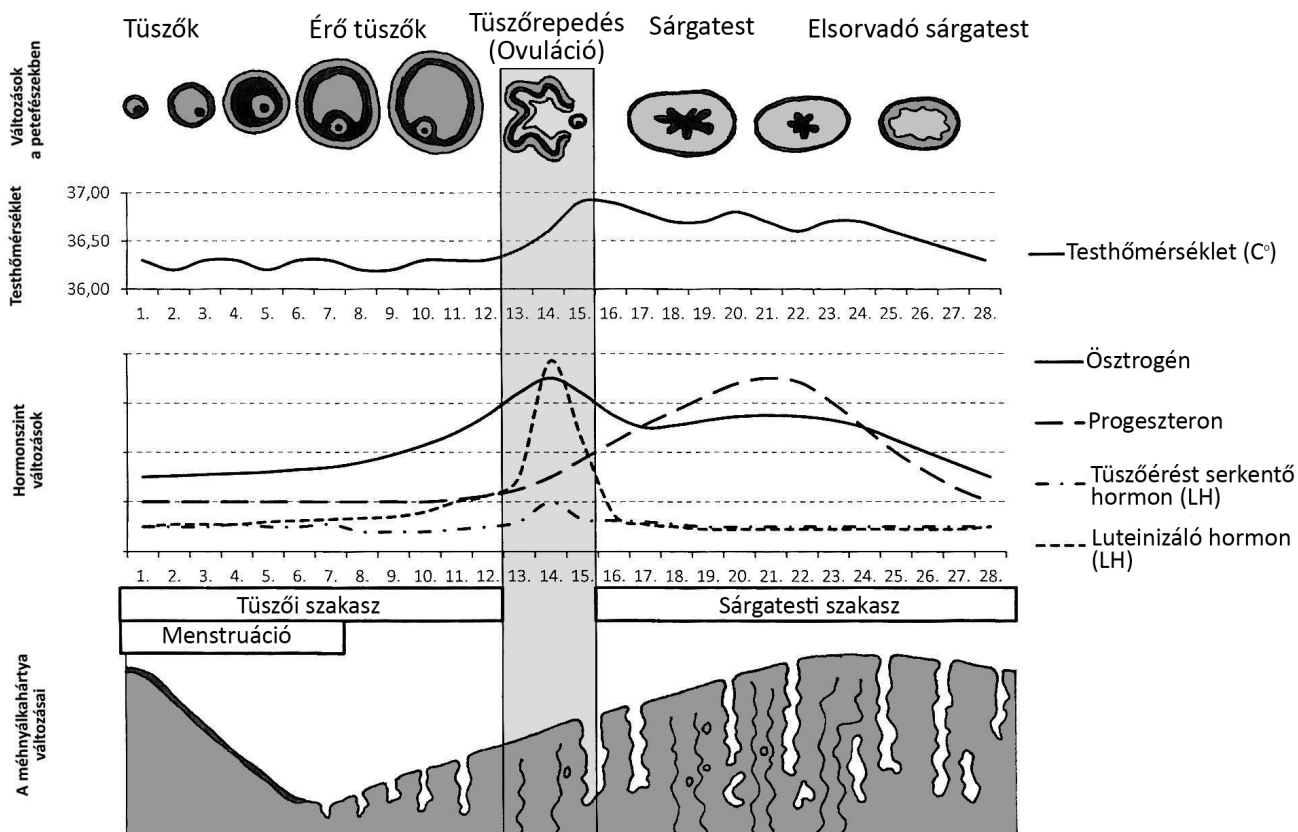
### 10.2.1. A nő belső nemi szervei

a petefészek (ovarium), a petevezeték (tuba uterina), a méh (uterus), a hüvely (vagina).

#### A petefészek és a tüszőérés

A petefészek mandula nagyságú páros szerv. A nagy- és a kismedence határán fekszik. Felső pólusa a petevezeték szabad hasúri részével érintkezik. Az ivarérett petefészek a tömöttebb kéregállományból és a lazább velőállományból áll. A kéregállományban különböző stádiumban levő tüszők (folliculusok) vannak. Ivarérett korban a tüszők között a ciklus bizonyos időszakaiban sárgatest, valamint a tüszőrepedések nyomaiként heggest is látható. A velőállomány ereiben gazdag kötőszövet. Az újszülött kislány petefészke tartalmazza élete valamennyi tüszőjét, a benne levő éretlen petesejtekkel együtt. Mivel a petefészekben levő petesejtek kora megegyezik a nő életkorával, ideálisnak tekinthető a 20–30. életév közötti várandósság, mert az életkor előrehaladtával a petesejtek károsodásának veszélye egyre nő. A petesejtek közül 28 naponta általában egy érkezik meg a pubertástól kezdve a klimaxig bezárólag. Az elsődleges tüszők száma 400 000, ezekből mindössze 200–250 érkezik meg a nő életében. A petesejtet körülvevő folliculushám osztódásával kialakul a másodlagos tüsző. A tüsző belsejében folyadék szaporodik fel. Ez a folyadék a petesejtet oldalra nyomja. A tüsző hólyaghoz lesz hasonló (Graaf-féle tüsző = harmadlagos tüsző). A Graaf-tüsző sejtjei termelik a *tüszőhormont* (ösztrogén). Ivarérett korban a 28 naponként megérő Graaf-tüsző 2–2,5 cm nagyságú. A megérett tüsző a felszínre nyomul és a két menstruáció közötti időszak közepén megreped, ez az ovuláció. Az érett petesejt kiszabadul és a petevezető tölcészerű részébe kerül.

A visszamaradó megrepedt és kiürült tüsző helyén jön létre a sárgatest, mely sárgatesthormont, *progeszteront* tartalmaz. A progeszteron és a tüszőhormon (ösztrogén) a méhnyálkahártyát készíti elő a megtermékenyített petesejt befogadására. Amennyiben a megtermékenyítés nem jön létre, a sárgatest 10 nap múlva elszorvad, és fehértest (fehéres színű hegyszövet) jön létre. Megtermékenyítés esetén azonban megmarad és hormonja fontos szerepet játszik a várandósság megtartásában. A női nemi ciklust a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra. A női nemi ciklus



Az ovulációs ciklust szabályozó gonadotrop hormonokat – a *tüszőérés serkentő hormon* (folliculus-stimuláló hormon, FSH) és a *sárgatest serkentő hormont* (luteinizáló hormon, LH) az agyalapi mirigy elülső lebenye termeli (lásd *Hormonrendszer* című fejezet).

#### *A petevezeték vagy méhkürt*

Kb. 12 cm hosszú, páros lefutású csatorna, összeköttetést biztosít a méhüreg és a petefészek között, a petesejt továbbítására szolgál. A petefészek felé eső része tölcsérszerűen tágul és szabadon nyílik a hasüregbe. A rojtjai ráfeksznek a petefészerekre. A méh felőli része keskenyebb. Széles méhszalag rögzíti, ami hashártyakettőzet. A petevezeték háromrétegű szerv, a külső hashártya után középen a petevezető perisztaltikus mozgását biztosító körkörös és hosszanti izomrétegek vannak. Belső rétege redőzött nyálkahártya. Csillószőrös hengerhámja az uterus (méh) ürege felé mozog, a petesejt továbbítását végzi. Ha megtörténik a megtermékenyítés, a zigóta osztódása már itt megkezdődik.

#### *A méh*

Fordított körte alakú, elkeskenyedő részével a hüvely felé forduló, páratlan, üreges szerv. A kismedence közepén, a hólyag és a végbél között fekszik. A fejlett, de nem szült méh méretei: kb. 7-8 cm hosszú, felső végén kb. 4-5 cm széles. Két fő része van: a méhtest és a méhnyak.

A méh a hüvelyhez viszonyítva előrefelé dől a húgyhólyagra. A nyak alsó végén ovális rés formájában a külső méhszáj látható. A várandósság alatt a méhtest ürege többszörösére nő.

A méh fala háromrétegű. Kívülről a hashártya látható. A méh fala – középső réteg – vastag izomzat. Vérerekben, különösen vénákban rendkívül gazdag. Belső rétege nyálkahártya. Csillószőrös hengerhám borítja. A csillószőrök a méhszáj felé csapkodnak. Csöves mirigyei nyálkát termelnek.

A méhnyak nyálkahártyája az előzőétől eltérő. Sűrű mirigyváladékot termel és tartalmaz, amely normális viszonyok között a nyakcsatornát elzárja. A méhet szalagos kötőszövet és a medencefenék izomzata rögzíti.

A méh fő működése a megtermékenyített petesejt (zigóta) befogadása. A megtermékenyített petesejt megtapad a méh nyálkahártyájában. A méh nyálkahártyája és az embrionális szövet fejleszti ki a méhlepényt (placenta). A méhlepényben a magzati és az anyai erek találkoznak anélkül, hogy a két szervezet vére egymással keveredne. A méhlepényen keresztül a magzat a születéséig összefügg az anyai szervezettel, és anyagcseréje azon át bonyolódik. A születés után a méhlepény leválik és a szülőcsatornán távozik. A szülés befejezése után a méh megnagyobbodott izmai és erei visszafejlődnek (lásd a *Keringés* című fejezetet – magzati keringés).

Az ivarérett nőben a pubertástól a nemi ciklus megszűntéig (40–50 éves kor körül) a méhnyálkahártya 28 napos ciklusban előkészül a pete befogadására. Megtermékenyítés híján a sárgatest elsorvad, a vér progeszteronszintje hirtelen csökken, az átalakult nyálkahártya 28 naponta bekövetkező vérzés kíséretében leöklődik és távozik. Ez a menstruáció, amely 4–7 napig tart. A nyálkahártya mind a menstruációt követően, mind szülés után a méh mélyebb rétegeinek hámmaradványaiból regenerálódik (szabályozása: lásd a *Hormonrendszer* című fejezetet).

#### *A hüvely (vagina)*

A női nemi csatorna kb. 10 cm hosszú alsó szakasza egy izmos falú cső. Feladata a méhből a vér elvezetése, közösüléskor a hímvessző befogadása. (E rendszer gyengülése a méh előreesését, a hólyag süllyedését okozza, ami vizelettartási problémákhoz és aranyérbetegséghez vezethet. Ezért célszerű a medencealapi izmokat edzeni.

Közösüléskor a hímvesszők a méhszáj közvetlen közelébe, a hátulsó hüvelyboltozatba jutnak, majd a nyakcsatornán keresztül haladnak. A hüvely szüléskor a szülőcsatorna végső szakasza. Felső vége szorosan körülveszi a méhnyakát, míg alsó vége a gáton szabadon nyílik. A hüvely fala kötőszövetből és simaizomzatból épül fel. A hüvelybemenetet egy nyálkahártyaredő zárja el („szűzhártya”), mely az első nemi aktusnál átszakad, ezt vérzés kísérheti.

### **10.2.2 A nő külső nemi szervei**

a nagyajkak (labium majus), kisajkak (labium minus), csikló (clitoris).

#### *Nagyajkak*

A hüvelybemenetet két oldalról veszik körül. Bőrredők, fejlődéstanilag a herezacskónak felelnek meg. A kisajkak a nagyajkak széthúzása után láthatók. A csikló közvetlenül a húgycső nyílása előtt helyezkedik el. A pénisz barlangos testének felel meg, annál fejletlenebb.



*A gát*

Klinikai értelemben gáton a hüvelybemenet és a végbélnyílás közötti területet értjük. Alakja, mérete meghatározza a szülés folyamatát. Izomzata döntően részt vesz a méh alátámasztásában.

### 10.3. A megtermékenyítés és egyedfejlődés

A megtermékenyítés a petesejt és a hímivarsejt összeolvadását jelenti. Természetes úton, a közösüléskor a hím-vessző az ondót a női testbe lövelli. A hímivarsejtek felúsznak és a méhkürtben találkoznak a petesejttel, ahol egy hímivarsejt megtermékenyíti azt.

*Első trimeszter:*

Az első trimeszter a fogantatástól a 13. hétig tart.

A megtermékenyítés pillanatában a zigóta sejthártyája átjárhatatlanná válik a többi hímivarsejt számára. Így biztosítható az emberre jellemző 46 kromoszómával rendelkező zigóta létrejötte, melyből 23 anyai, 23 apai eredetű. Az érett petesejt kb. 0,13  $\mu\text{m}$ , 24 óráig életképes, a spermium 60  $\mu\text{m}$ .

A megtermékenyítés után 10 nappal már kimutatható a vizeletből a *humán chorion gonadotropin hormon* (HCG), ez a várandóssági tesztek alapja.

Ezt a hormont a méhlepény egyik alkotója, a chorionszövet termeli. Hatására a sárgatest nem sorvad el, sőt egyre több sárgatesthormont (progeszteront) termel, így a méhnyálkahártya nem lökődik le, hanem megvastagszik, elmarad a havivérzés.

A fejlődés első szakasza a barázdálódás. Ez rögtön a megtermékenyítés után megindul, és zajlik a petevezetékben is, amin keresztül eléri a méh üregét. Újabb és újabb osztódások során létrejön a tömör sejthalmaz, a *szedercsíra*-állapot, majd az üreges *hólyagcsíra*, benne az *embriócsomó*, végül a *bélcsíra*.

A hólyagcsíra fala és a méhnyálkahártya kialakítják az méhlepényt (placenta), amely szűrőként és szabályozóként biztosítja az utód vérellátását. A méhlepény teljes fejlettségét a 4. várandóssági hónap végére éri el, 20 cm átmérőjű korong alakú, amelyben anyai és magzati rész különíthető el. Az anyai részbe nyúlnak az anyai artériák, a magzati rész bolyhaiban kering a magzat vére, a bolyhokat az anyai vér veszi körül. Nincs keveredés az anyai és magzati vér között.

A méhlepényben felfrissülő magzati artériás vér egy része a köldökzsinóron átjutva a májba kerül, a másik része a magzat egyik fő vénájában keveredik a vénás vérrel (artériás vért a magzati életben csak a máj kap).

A magzati vérkeringés főbb ismérve.

A magzati szív jobb pitvarába jutó vénás vér egy része a nyitott *foramen ovalén* (ovális lyuk a jobb és bal pitvar között a magzati életben) a bal pitvarba jut, a másik része a jobb kamrába, majd a tüdőartériába. Innen a vér egy része a Botalli-vezetékén át, elkerülve a tüdőt, közvetlenül az aortába jut, másik része bejut a tüdőbe (ahol a magzati életben nincs gázcsere), onnan a bal pitvarba, bal kamrába, aortába, majd a testbe, ahonnan a köldökartérián át újra a méhlepénybe.

Születés után az első légvételek hatására a nyomásviszonyok megváltoznak, a foramen ovalét egy billentyű bezárja, a Botalli-vezeték pedig elzáródik, majd kialakul a születés utáni életre jellemző vérkeringés (lásd a *Keringési rendszer* című fejezetet).

Kóros esetben nem záródik a két pitvar közötti foramen ovale és nyitva marad a Botalli-vezeték. Mindkét esetben súlyos veleszületett fejlődési rendellenességről beszélünk, hiszen az újszülött nagy vérkörében nem tisztán artériás vér, hanem kevert vér áramlik.

A magzatot a méhlepénnyel a köldökzsinór köti össze.

A fejlődés következő szakasza a három – külső, belső, középső – csíralemez kialakulása, majd az egyedfejlődés következő stádiuma, a szervtelepek és a szervek létrejötte.

Külső csíralemez eredetű a kültakaró és az idegrendszer, belső csíralemezből alakul ki a bélcső, tüdő. Középső csíralemez hozza létre a mozgás aktív és passzív szervrendszerét, tehát az izmokat és a csontokat. Ugyancsak középső csíralemezből jön létre a keringési rendszer, a kiválasztó rendszer és a szaporodás szervrendszere.

Az embriót magzatburok veszi körül, belül amnion, kívül korionbolya különíthető el. Az amnion ürege fokozatosan nő, benne magzatvíz jelenik meg, amely folyamatosan cserélődik. A magzatvíz jelentősége, hogy védi az

utódot a káros mechanikai hatásoktól, bekerül a légutakba és a tápcsatornába, ahol fejlődést elősegítő és tápláló funkciója van.

A második héten történik a beágyazódás, a bolyhok belemélyednek a méh nyálkahártyájába, ami védelmet nyújt, körülötte magzatburok alakul ki.

A harmadik héten kialakul az embrió fej, törzs és végtag része. A gerincoszlop és az idegrendszer kialakulásának is ekkor kezdődik.

A negyedik héten formálódik az idegrendszer, az arc, és kialakul az anyától független önálló vérkeringés. A szív még csak egy cső, de dobogása már mérhető, az embrió 8 mm nagyságú, jól látható a fejlődő agy, gerinc, köldökzsín és megjelennek a végtagbimbók.

A szervek tökéletesedésének időszaka kezdődik a 2.-3. hónapban.

Öthetes korban megjelennek a belső szervek, ujjak és karok. Az embrió nagysága 12 mm. A mellkas, a has, a máj kiformálódik, különválik. A szemlencse, retina, orrlyukak, száj kirajzolódnak. A kezeken, lábakon jól láthatóak az ujjak. A fül érzékeli a magzatvíz csobogását. Ekkor már működik a placenta és a köldökzsín.

A hatodik héten a máj átveszi a vérsejtek képzését, a szív hangja jellegzetessé válik, formálódik a gerinc. Az agy által kibocsátott hullámok mérhetőek. Megindulnak az izommozgások. Az idegcsatorna zárul.

A hetedik héten megjelenik a nyak, feltűnik a nemi különbség, kb. 3 cm nagy és 8 gramm súlyú az embrió. Kialakul az egyedi ujjlenyomat. Az idegrendszer elülső része 3 agyhólyagra tagolódik.

A nyolcadik héten lezárul az embrionális korszak, a fejlődő lény 4 cm hosszú. Farka visszafejlődik. A következő fejlődési szakasz a magzati fejlődés szakasza, a növekedése és a részletek tökéletesedése. A 8. hét a várandósság megállapításának optimális ideje.

A kilencedik héttől tehát már magzatról beszélünk. A kéz és láb ujjai már megkülönböztethetők egymástól. Mozogni is tud, idegrendszere kommunikál az izmokkal, bár ezt az anya még nem érzi.

A tizedik héten a magzat kb. 2-3 cm hosszú. Mind a 20 fogának kezdeménye felismerhető. Meg jelenik a fülkagyló, megkezdődik a szem és a kültakaró kialakulása. Ezen a héten kerül sor optimális esetben az első ultrahang vizsgálatra. Tisztázásra vár, hogy egyes vagy többes várandósságról van-e szó, szabályosan ver-e a magzat szíve, nem láthatók-e komolyabb fejlődési rendellenességek. A magzat nyaki redőjének vastagságából következtetni lehet a Down-kór valószínűségére. Szükség esetén ezen a héten korionboholy-mintavétel végezhető.

A tizenegyedik hétre lényegében a magzat valamennyi szerve kifejlődött. Szíve 120-140-et ver, már 4 kamrás. Testét finom bőr fedi, megvannak a köröm kezdeményei. Kialakult gerincoszlopa is. A magzat kb. 5 cm hosszú, súlya 48 g. Az agy gyors fejlődése miatt a fej a testhossz felét adja.

A tizenkettedik héten a mellkas emelkedni és süllyedni kezd a későbbi légzőmozgásoknak megfelelően. Mivel a magzat minden belső szerve kialakult, a legtöbb működik is, ezért sokkal kevésbé károsítják a fertőzések vagy a különböző gyógyszerek és vegyi anyagok. A magzat képes szopni, és lenyeli a körülötte levő magzatvizet, ami vizeletként távozik testéből. Az arc formálódása folyamatban van. Összehúzza és szétterpeszti lábujjait, ökölbe szorítja kezét. Ezen a héten kialakul a körömágy és a köröm. Kifejlődnek a nemi szervek.

A vetélés legnagyobb eséllyel a várandósság első harmadában fordul elő, annak is a korai szakaszában a leggyakoribb. A spontán vetélések oka lehet anyai, például genitális eredetű, vagy az anya egyéb betegségei, például fertőzés, endokrin betegségek, vérszegénység, egészségtelen életmód, beágyazódási zavar, kromoszóma-rendellenesség. Lehet apai eredetű, például kóros spermiumok, kromoszóma-rendellenesség, de lényeges szerepet játszhat az egészségtelen külső környezet (gyógyszerek, sugárzások, vegyi anyagok stb.).

Oka lehet még a vetélésnek, hogy az embrió „rossz helyen” tapad meg; lehet vérzés, továbbá az embriót ellátó ér trombózisa, vagy túl kevés sárgatesthormon (progeszteron) termelődik.

A tizennegyedik héttől a magzatot a méhlepény táplálja. A hátralevő hetekben már csak nő és érlik, hogy képessé váljon majd az önálló életre. A tizenhatodik héten kerül sor az anyai vérből végzett AFP-vizsgálatra, ami olyan magzati fehérje (alfa-fetoprotein) kimutatásán alapul, mely bizonyos mennyiségben belekerül a magzatvízbe és az anyai vérkeringésbe is. Abban az esetben, ha a magzaton bőrrel nem fedett, nyitott testrészek vannak – például nyitott gerinc, agykoponya vagy hasfalhiány –, akkor ez a fehérje a szokásosnál nagyobb mennyiségben jelenik meg az anya vérében. Magas AFP-érték esetén csak az esetek 5-10%-ában van szó fejlődési rendellenességről. Természetesen ikervárandósságnál is magasabb az érték. Az alacsony AFP-érték egyéb rendellenességre utal, például Down-kór, ilyen esetben magzatvíz-mintavételt végeznek.

### Második trimeszter:

A 14.-től a 27. hétig tart.

A magzaton már az összes teststruktúra kialakult, a szervek működni kezdenek. A máj epét választ ki, a hasnyálmirigy inzulint termel, a vesék kiválasztanak. A belek a hasüregbe húzódnak, és izomréteg alakul ki bennük.

A 13. hétre kb. 33 g és 8-10 cm a magzat, a feje ennek a felét teszi ki (születéskor kb. a negyedét).

A 14. hétre képes a magzat a szájmozgásra, kialakul a szopóreflex, és képes a nyelésre. Beleiszik a magzatvízbe, ha ennek magasabb a cukortartalma, akkor gyakrabban. Beszédszervei is megvannak, zárul a szájpaddás, formálódik az arc. A magzat kb. 40-60 g, 8-11 cm. Ekkorra a kismama méhe a szeméremcsont fölé emelkedik, a várandósság megfelelő haladását ennek mértékével (fundus magasság) is követik.

15. hét: kialakul a hajas fejbőr mintázata egy életre. A magzat teljes testfelületét ún. magzatpéhely fedi, ez védi a bőrt a magzatvíz áztató hatásától. Ekkor már gyakran szopja az ujját a baba. Tömege 50-70 g, hossza 10-11 cm.

A 16. héten már kialakulnak az ízületek a magzat karjában és a lábában, a szilárd csontok is fejlődni kezdenek. A nemi szervek elég fejlettek ahhoz, hogy a magzat neme egyértelmű legyen. A magzat arcát és testét finom, puha szőr (lanugo) borítja. A bőre olyan vékony, hogy átlátszik rajta a vérerek hálózata. Hossza 16 cm, súlya 100 gramm. Ekkor már gyakran mozgatja kezét-lábát. A kismama még nem feltétlenül érzi a magzati mozgásokat, de ha ő nyugalomban van, érezheti.

Polytatódik a zsírszövet felszaporodása, a magzat gyorsan gyarapszik, elérheti a 17 cm-t és 140 g-ot. Lány magzathoz képest a méh és a hüvely, fiúnál megindul a prosztata és a pénisz látványos fejlődése. Ekkor már ultrahangos vizsgálattal megállapítható a magzat neme.

A 19. hétre a kislány magzatban, a petefészkekben több mint 6 millió csírasejt van kezdetleges állapotban, születéskor ez kb. 1 millió. Kisfiúknál növekednek a külső nemi szervek, láthatóvá válnak a herezacskók.

A 20. héten megjelenik a haj. Kialakul a magzatmáz, ez a fehér, zsíros anyag, ami védi a magzat bőrét a méhben. Az anya vérből ellenanyagok jutnak a magzatba, ezek védik az újszülöttet a betegségekkel szemben. A magzat nagyon mozgékony, külső zajokra is reagálhat. A magzat hossza 25 cm. Súlya 300 gramm.

A 21. hétre egyre erősebben hallható a szívhang.

A 22. hétre kinő a szemöldök, de még depigmentált. Kifejlett a szemhéj, de a 28. hétig zárva van.

23. hét: a magzat még vékonyka, kb. fél kg és 25-30 cm.

A 24. héten a magzat már köhögni és csuklani is tud. Izzadtságmirigyek alakulnak ki a bőrben. Még nem rakódott le a zsír, ezért a magzat most is vékony. Jól fejlett kar- és lábizmait rendszeresen próbálgatja. Az ezen a héten világra jövő magzat már koraszülött, ez nem számít vetelésnek.

25. hét: a magzat teste telítődik, kerekedik. Kifejlődnek és rózsaszínes színt kölcsönöznek a bőrnek a kapillárisok. Ekkor fejlődnek ki az agykéreg rétegei.

26. hét: a magzat orrlyukai kezdenek kinyílni, egyelőre a magzatvizet szívja be rajta. Saját ujján gyakorolja a szopást. Kialakul a fogóreflex. Hossza kb. 33 cm, súlya kb. 800 g.

27. hét: kinyílik a szemhéj, a magzat szeme fényt és árnyékot különböztet meg. Az anya mozgása elringatja, így gyakran a kismama pihenése, éjszakája közben aktív.

### Harmadik trimeszter:

A 28. héttől a megszületésig tart.

A 28. héten a növekvő magzat tüdeje még mindig nem teljesen érett, bár a tüdő léghólyagocskáiban (alveolusaiban) a 20. héttől felszínaktív anyagok keletkeznek. A tüdő léghólyagocskáit az első légvétel alkalmával (szülés) kitágulnak, s a felületaktív anyagok stabilizálják ezeket. A héthónapos magzat majdnem ugyanúgy érzékeli a fájdalmat és reagál rá, mint a teljesen kihordott magzat. Érzékelése is nagyon finom, a bőre vörös és ráncos, zsírréteg kezd lerakódni alatta. A magzat hossza 35 cm, súlya 800-1000 g. A 28. héten már hall a magzat, főként az anya testének belső hangját és a külvilágot szűrten.

29. hét: Az agy fejlettsége elér arra a szintre, hogy valamennyire képes már a hőszabályozásra. Teste gömbölyödik, bőre simul, ez a zsírlerakódás is szükséges a test melegének a fenntartásához. Kinőnek a szempillák. Ülőmagassága kb. 26 cm, teljes hossza kb. 40 cm. Súlya kb. 1,2 kg, ennek 2-3%-a zsír.

30. hét: Kezd kialakulni az agy redőzött felszíne, az agytekervények. Kezd eltűnni a magzatpéhely.

31. hét: Szabályosabban, de kevesebbet mozog, ahogy növekszik, egyre kisebb a méhben a mozgástere.

A 32. héten a növekvő magzat majdnem olyan, mint megszületésekor, csak még jobban ki kell gömbölyödni. Optimálisan testhelyzete fejjel lefelé állandósul. Érzékeli a különbséget világosság és sötétség között. A kisfiúk heréi a lágyékból leszállnak a herezacskóba. A magzat hossza 40,5 cm, súlya 1,6 kg.

33. hét: Fejkörfogata az agyasodás során tovább nő. Ekkor ugrásszerű súlynövekedés indul, ezt a kismama saját kiegyensúlyozott táplálkozásával megtámogathatja.

A 34–35–36. héten az először szülő nőknél a magzat feje ilyenkorra már általában leszáll a medencébe, készen állva a megszületésre. A legtöbb baba fejét már félcentis haj borítja. A magzat hossza 46 cm, súlya 2,5 kg.

34. hét: Már a kis mozgások is érzékelhetőek, tapinthatóan kinyomja a méh- és a hasfalat a magzat. Szemének szivárványhártyája pigmentálódni kezd, színe ilyenkor egységesen „babakék”.

35. hét: Sok vasra van szüksége a vörösvérsejtképzéshez, ezt teljes mértékben az anya szervezetéből nyeri. A hét végére 2-2,5 kg és 42-46 cm.

A 37–38–39–40. héten a magzatszörzet nagy része eltűnik. A magzatmáz beborítja a testét vagy nyomokban van a ráncok között. A belekben összegyűlik a magzatszurok nevű sötét anyag, mely a szülés utáni első ürítéskor távozik.

37. hét: A magzat naponta 15 g zsírral gyarapszik, az agy és a koponya tovább nő. A magzat lejjebb száll az medencében.

38. hét: Megérett a születésre.

A várandósság kb. 280 napig tart. Optimális esetben betöltött 37–42. hét között születik meg az újszülött. A betöltött 37. várandóssági hét előtt koraszülésről, a 24. hét előtt vetélésről beszélünk.

Az ideális születési súly 2500 gramm felett van, a magyarországi átlag 3300 g. 2500 g alatti újszülöttet akkor is koraszülött státuszba veszik, ha időre született.

Az érett újszülöttre jellemző testméretek: testsúly 2500–4000 g, testhossz: 45–55 cm, fejkörfogat: 33–36 cm. Az újszülött állapotának megítélésére az Apgar-féle pontrendszert használják (maximum 10 pont). A vizsgált paraméterek a szívfrekvencia, légzés, izomtónus, reflex-ingerlékenység, bőrszín. Az állapot az egyperces Apgar-pontszámból, a prognózis az 5 és a 10 perces értékből ítélhető meg a legjobban.

### Szülés:

A természetes, hüvelyi úton történő szülésnek 3 szakasza van: táglási, kitolási, lepényi szakasz.

*A szülés megindulása:* a pontos mechanizmus és ok nem ismert. Befolyásolhatja a méhlepény elöregedése, hirtelen légnyomásváltozás stb.

A megindulást jelezheti a nyákdugó távozása, de ez sokszor már hetekkel a szülés előtt megtörténik.

Az utolsó hetekben már jelentkezhetnek méhösszehúzóadások („jósló fájások”), amennyiben ezek rendszeressé válnak és sűrűsödnek, szintén valószínűsíthető a szülés megindulása. A magzatvíz megindulása a burok megrepedését jelzi, ilyenkor akkor is a szülés megindulásáról van szó, ha a 37. várandóssági hetet még nem töltötte be a kismama. A magzatvíz más színű és szagú, mint a vizelet és nem tartható vissza.

Szintén a várandósság bármely pillanatában azonnal orvoshoz kell fordulni, ha menstruációszerű erős, nagyobb mennyiségű vérzést tapasztalunk. Kisebb pecsételő vérzés a méhszáj táglását kísérheti, esetenként a szülés megindulását is jelezheti.

*Táglási szakasz* (vajúdas): változó hosszúságú szakasz, célja a méhszáj táglása, majd eltűnése, a szülőcsatorna kialakulása (esetenként megrepesztik a folyamat gyorsítása miatt). A kezdete sokszor nehezen meghatározható. Erősödő és sűrűsödő méhösszehúzóadások („fájások”) jellemzik, az összehúzóadások megélésében nagyok az egyéni különbségek. Első szülésnél normálisnak tekinthető a 10-12 órás, többször szülőknél a 6-8 órás vajúdas. Ez emésztli fel az édesanya legtöbb energiáját és türelmét.

*Kitolási szakasz:* ha eddig nem történt meg, itt általában megreped a magzatburok és távozik a magzatvíz.

Összességében rövid, normál szülésnél kb. 20 perces szakasz. Az anya és a magzat aktív részvételével zajlik. A méh és a hasizomzat segítségével a magzat normál esetben fejjel előre halad a szülőcsatornában, amelynek alakját a koponya „képlékenysége” miatt rugalmasan felveszi.

A tolófájások székelési ingerhez hasonlatosak, az anyából nyomáskényszert váltanak ki.

A megszülető magzatot még magzatmáz fedi, és összeköti anyjával a köldökszinór. Ezt elszorítják és elvágják, a csecsemőt, ha jó állapotban van, az édesanyjának adják, s csak ezután fürdetik meg, látják el.

Az életképes magzat képes felkúszni az anyja hasán az emlőkig és szopni. Ilyenkor még nem anyatej, hanem előtej (ún. colostrum) termelődik, ami tele van immunanyaggal, ezért fontos a korai mellretétel.

*Lepényi szakasz:* a szülés befejező fázisa. Normális esetben a méh faláról a kitolási szakasz után válik le a lepény, és egy vagy két méhösszehúzódás hatására távozik. Optimális esetben egyben távozik, ha nem, akkor a hiányozó darabokat eltávolítják.

#### *Ikervárandósság*

Leggyakrabban 1 érett petesejtet 1 hímivarsejt termékenyít meg, és 1 magzatos várandósság alakul ki.

Ritkán a már megtermékenyült és barázdálódó petesejt ketté, esetleg többfelé osztódik, és mindegyikből külön magzat fejlődik, azonos genetikai állománnyal. Általában 1 ciklusban 1 petesejt érik meg. Amennyiben többes peteérés van, ezeket megtermékenyítheti több külön hímivarsejt, de a magzatok egyszerre fejlődnek, ezek a többpetéjű ikrek. Genetikai állományuk csak annyira azonos, mint a testvéreké. Az egypetéjű ikrek mindig azonos neműek, a többpetéjűek lehetnek azonos és különböző neműek is.





# 11. ÖNSZABÁLYOZÁS

Az önszabályozás célja, hogy biztosítsa az egész szervezet összehangolt működését. Ez akkor valósulhat meg, ha a külső és belső környezet megváltozására, ingereire a szervezet megfelelő válaszreakciót képes kialakítani, és a választadást követően visszatérhet nyugalmi állapotába. A szabályozó működést két szervrendszer, a hormonrendszer (endokrin rendszer) és az idegrendszer látja el. Míg az idegrendszer a gyors szabályozásért felelős, a hormonrendszer főként a szervezet tartós hatású szabályozását látja el. A két rendszer egymással is szorosan együttműködik, kialakítva egy egységes szabályozó rendszert, az ún. neuroendokrin rendszert (neuro = idegi, endokrin = belső elválasztású).

## 11.1. Hormonrendszer

A belső elválasztású (endokrin) mirigyekben termelődnek a sejtek működését szabályozó kémiai anyagok, a hormonok. A hormonok összefoglalva az 5. táblázatban láthatók. Ezeknek a mirigyeknek nincsenek kivezető csöveik, a képződő hormonmolekulák közvetlenül a véráramba kerülnek. Kémiaiilag a hormonok három csoportra oszthatók. Vannak szteroid (mellékvesekéreg hormonjai, nemi hormonok), peptid hormonok (pl. inzulin) és aminosav-származékok (pl. adrenalin).

A hormonok nem minden sejtre hatnak, csak azokra, amelyek sejthártyájának felszínén megtalálható jelfogó részecskék képesek megkötni a megfelelő szerkezetű hormont. Ennek hatására a sejt anyagcseréje megváltozik, létrejön a hormonhatás. A hormonrendszer lassú, folyamatos szabályozása révén felel a belső környezet állandóságának fenntartásáért, a növekedésért, a szaporodás szervrendszerének folyamatos működéséért. A hormonokat nem mindig belső elválasztású mirigyek termelik és nem mindig a vér szállítja.

Az ember belső elválasztású rendszeréhez tartozik az agyalapi mirigy (hypophysis), a pajzsmirigy, a mellékpajzsmirigy, a mellékvese, a tobozmirigy, a hasnyálmirigy Langerhans-szigetei, a nemi szervek hormont termelő képletei.

Ezen kívül más szervek is ellátnak szabályozó feladatot szöveti hormonjaik révén, például a máj, gyomor, vékonybél, vese.

### 11.1.1 Agyalapi mirigy (hypophysis)

Az idegrendszer és a hormonrendszer egyik összekapcsolódási pontja. Babszem alakú és nagyságú szerv az ékcsonti üregben. Nyéllel kapcsolódik a hypothalamushoz. Szerkezetileg elülső és hátulsó lebenyre osztható. (Emberben van középső lebeny, üreges szerkezetű, hormonja ismeretlen). Hormonjai peptidek.

Az elülső lebeny hormontermelését a hypothalamus idegsejtjei váladékaikkal (neuroszekrétrum) szabályozzák, tehát nem kerülnek a keringésbe, nem is hormonok, hanem serkentő (releasing) és gátló (inhibiting) faktorok. Az elülső lebeny hat hormont termel.



Az első négy hormon a perifériás belső elválasztású mirigyeket serkenti saját hormonszintézisre.

1. Pajzsmirigyserkentő hormon (tireoidea stimuláló hormon, TSH):  
a pajzsmirigy tiroxin termelését fokozza.
2. Mellékvesekéreg-serkentő hormon (adenokortikotrop hormon, ACTH):  
a mellékvesék kéregállományának működését fokozza, a szénhidrát-anyagcserére hat.

Túlműködés esetén a mellékvesekéreg túlteng. Előáll a Cushing-kór, amelyre a magas vérnyomás, a szénhidrát- és a zsíryanycsere zavara következtében fellépő elhízás jellemző. Nőknél kísérője a virilizmus (elférfiasodás).

3, 4. Gonadotrop hormonok: a nemi mirigyek működését szabályozzák (5. ábra).

3. Tüszőserkentő hormon (folliculus stimuláló hormon, FSH)
  - ♦ nőkben a petesejtérést serkenti,
  - ♦ az érő tüsző ösztrogén hormon termelését fokozza,
  - ♦ férfiakban a hímivarsejtek termelését serkenti.
4. Sárgatestserkentő hormon (luteinizáló hormon, LH):
  - ♦ nőkben kiváltja a tüszőrepedést a petefészekben,
  - ♦ elősegíti a sárgatest kialakulását,
  - ♦ fokozza a sárgatest progeszteron hormon termelését,
  - ♦ férfiakban (intersticiális sejteket stimuláló hormon, ICSH),
  - ♦ a herehormon (tesztoszteron) termelését fokozza a Leydig-sejtekben.

Az 5. és a 6. agyalapi mirigyhormon nem belső elválasztású mirigyre hat.

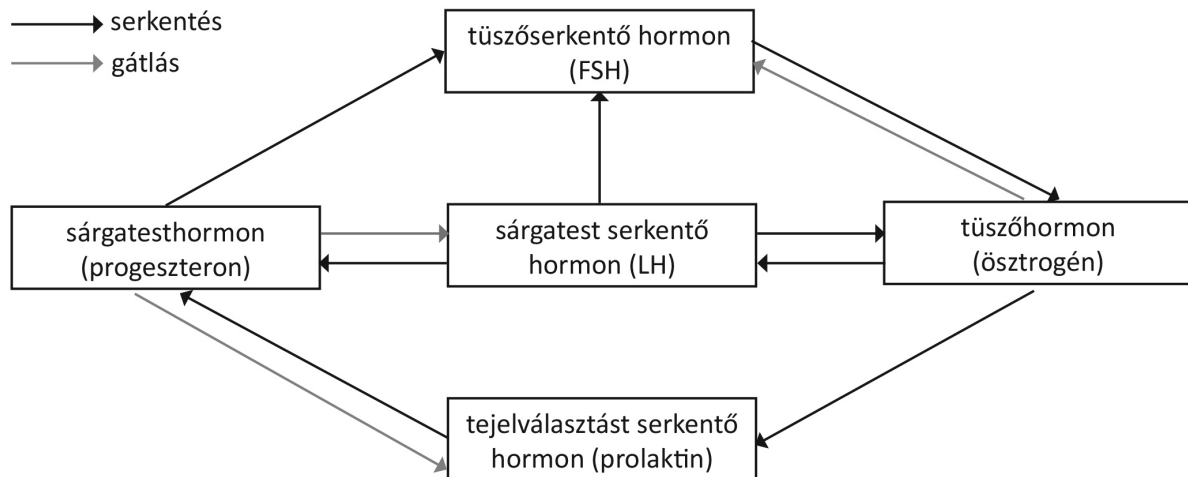
5. Növekedési hormon (somatotrop hormon, STH, új neve growth hormon, GH):
  - ♦ a csontok hossznövekedését biztosítja,
  - ♦ a sejtek fehérjeszintézisét fokozza,
  - ♦ a vércukorszintet növeli,
  - ♦ a zsírmobilizációt és a zsírlebontást serkenti.

A somatotrop hormon hatására valószínűleg a szervezet több helyén a növekedéshez szükséges szomatomedinek termelődnek.

Az STH csökkent termelése gyermekkorban törpenövést (nanosomia) eredményez. A hipofízis törpék arányosak, szemben a pajzsmirigy eredetű aránytalan törpékkel. Értelmi fejlődésük normális.

Az STH gyermekkorban kezdődő túltermelése óriásnövést (gigantizmus) eredményez. Pubertás után a túlzott hormontermelés a végtagok például a kéz, láb, fül, ajak, orr, állkapocs megnagyobbodását okozza. A kórkép neve akromegália.

6. Tejválasztást serkentő hormon (laktotrop hormon, LTH, vagy prolactin):
  - ♦ elősegíti a várandósság idején az emlő növekedését,
  - ♦ szülés után megindítja és fenntartja a tejválasztást,
  - ♦ szerepe van az anyai ösztön kialakulásában.



5. ábra. A nemi mirigyek működésének szabályozása

Az agyalapi mirigy elülső lebenyének más belső elválasztású mirigyre ható trop (serkentő) hormonjai fokozzák azok működését. A célszerv által termelt hormon a keringés révén visszajut az agyalapi mirigybe, és ott gátolja a trop hormon termelését. A szabályozásnak ez a módja a visszacsatolás (feedback). Mivel itt a szabályozás során gátlás érvényesül, ez a negatív feedback-szabályozás. Minden serkentő hormonnak megvan a hypothalamus által termelt serkentő (releasing) faktora, aminek termelését a központi idegrendszer különböző területeiről serkentő vagy gátló hatások befolyásolhatják. A negatív feedback-szabályozás minden szinten érvényesül.

#### A hátsó lebeny és hormonjai

A hátsó lebeny nem mirigyszövet, hanem idegszövet, amely a köztiagy egyes neuronjainak végződését tartalmazza és gazdag hajszálér hálózattal rendelkezik.

A hátsó lebenynek nincs önálló hormontermelése, de itt raktározódik, illetve itt ürül a vérbe a hypothalamus két hormonja.

Antidiuretikus hormon (ADH) vagy vazopresszin:

- ◆ lehetővé teszi a vese nefronjához tartozó gyűjtőcsatornában a víz visszaszívását, ezzel szabályozza az ürített vizelet mennyiségét,
- ◆ befolyásolja a szervezet só- vízháztartását.

A vazopresszin kifejezés a vérnyomást emelő funkcióra utal, ugyanis az ADH nagy adagban az erek simaizmát összehúzza, és ezzel vérnyomás-emelkedést idéz elő.

ADH hiányában a vesecsatornák vízáteresztő képessége fokozódik, így nagy mennyiségű, híg vizelet ürül (naponta akár 15–20 liter). Ennek megfelelően a beteg vízigénye hasonlóan nagy mennyiségű lehet.

Az ADH termelésének ingere a vér nagy ozmotikus koncentrációja vagy kis térfogata (sűrű vagy kevés vér), ami a hypothalamus ozmoreceptorainak ingerlésével fejt ki hatását.

Oxitocin: serkenti a várandós méh simaizomzatának összehúzódását, a szülés megindítását, (várandósság alatt a vér magas progeszteron szintje megakadályozza ezt), szülés után kiváltja az emlőből a tej kiürülését, és a méhet az eredeti méretre próbálja visszaállítani.

A hypothalamus által termelt neuroszekréta (az említett két hormon, vazopresszin és oxitocin) a neuronok axonjai mentén a hypophysisnyélen át kerülnek az agyalapi mirigy hátsó lebenyébe, és a szükségletnek megfelelően jutnak a keringésbe.

### 11.1.2. Pajzsmirigy (glandula thyroidea)

A pajzsporcon elhelyezkedő két lebenyből álló szerv. Hormonja a jódtartalmú tiroxin, a trijód-tironin és a kalcitonin.

1. Tiroxin, trijód-tironin (jódtartalmú aminosav-származékok): fokozza a szervezet oxidatív anyagcseréjét (lebontó folyamatokat). Így nő a sejtek cukorégetése, nő a légzésszám, szaporábban ver a szív. Ezenkívül a fejlődéshez is elengedhetetlen. A tiroxintermelést az agyalapi mirigy hormontermelésének közvetítésével (TSH) az idegrendszer szabályozza.

Ha nő a vérben a tiroxin mennyisége, akkor ezt az agyalapi mirigy, az idegrendszer sejtjei is érzékelik, így a vér tiroxintartalma gátolja hormontermelésüket. Így a serkentés és a gátlás egyensúlyban van, a tiroxintermelés normális, a sejtek lebontó anyagcseréje is átlagos.

Ha a szabályozó rendszerben zavar támad, az idegrendszer a szükségesnél erőteljesebb működésre serkenti a pajzsmirigyet.

A pajzsmirigy túlműködésének tünetei a kóros soványság normál vagy fokozott táplálkozás mellett, kézremegés, nyugtalanság, szapora szívverés, megnagyobbodott pajzsmirigy, kidülledt szem (Basedow-kór).

A pajzsmirigy csökkent működésének tünetei attól függenek, hogy milyen életkorban kezdődnek. A magzati életben kezdődő hipofunkció az értelmi fejlődés súlyos elmaradását, aránytalan törpenövést (rövid végtagok, normális nagyságú törzs), valamint az anyagcsere zavarát eredményezi. A kórkép neve kreténizmus.

A felnőttkori hipofunkció megnagyobbodott pajzsmirigyet, az anyagcsere csökkenését, elhízást eredményez.

A pajzsmirigy tiroxintermelése egészséges emberben tág határok között változik. Vannak enyhén tiroxin-túlermeléses és enyhén tiroxinhiányos típusú egészséges emberek. Az előbbiek állandóan nyüzsgő, élénk, sokat evő, mégsem hízó, szapora pulzusúak. Az utóbbiak nyugodtak, hízásra hajlamosak, lassúbbak.

A pajzsmirigy normál működéséhez szükséges a megfelelő mennyiségű jódbevitel, ezért jódiányos vidékeken a só jódozásával érik el.

2. Kalcitonin (peptid hormon, a pajzsmirigy tüszői közti sejtek termelik): szabályozza a kalcium-anyagcserét, segíti a táplálékból a vérbe felszívott kalcium csontba való beépülését. Hatására D-vitamin segítségével fokozódik a kalcium beépítése a csontokba, így az egészséges mozgásfejlődést segíti. A kalcitonin-termelés ingere a vér magas kalciumtartalma.

### 11.1.3. Mellékpajzsmirigy (glandula parathyroidea)

A pajzsmirigy hátsó felszínén található 4 rizsszemnyi mirigy.

Hormonja a parathormon.

Parathormon: növeli a vér kalcium szintjét, a kalcitoninnal ellentétes hatású. Hatására kalcium és foszfátionok szabadulnak fel a csontokból, ezért a kalcitonin antagonistája. Szerepe tehát a vér kalciumtartalmának megtartása akkor is, ha a táplálék nem tartalmaz elegendő kalciumot. Termelésének ingere a vér alacsony kalciumszintje. A vér kalciumtartalmának túlzott növekedése a lágy részekben mész kiválást okoz.

Állandó kalciumion-szint szükséges a sejtmembrán normál átjárhatóságához, az izmok normál ingerületi folyamatainak fenntartásához, a normál izom-összehúzódáshoz, a véralvadás mechanizmusához.

Parathormon hiányában a vér kalciumionszintje csökken, az izmokban görcsök lépnek fel (tetania).

A parathormon túlermelése kiváltja a csontpusztító sejtek elszaporodását, a sejtek lebontó tevékenysége következtében a csontok elvékonyodnak, törékennyé válnak.

A vér kalciumionszintjének emelkedése kiváltja a fokozott kalcitonintermelést a pajzsmirigyben.

### 11.1.4. Mellékvese (glandula suprarenalis)

A mellékvesekéreg működését az agyalapi mirigy adrenokortikotrop hormonja (ACTH) szabályozza negatív feedback-mechanizmussal. Megfelelő kéreghormonszint gátolja az ACTH-termelést, és a kéreghormonok termelődése egy meghatározott szintre áll be.

A mellékvese a vese csúcsán elhelyezkedő mirigy. Hám eredetű kéregállományra és idegrendszer eredetű velőállományra tagolódik.

A kéregállomány szteroid típusú hormoncsoportokat termel (kortikoszteroidok). C-vitamin szintézisére is képes.

*A kéregállomány hormonjai*

1. Mineralokortikoszteroidok, például aldosteron:  
a só- és vízháztartásra hat, fokozza a nefron kanyarulat csatornáiban a nátrium visszaszívását.
2. Glikokortikoszteroidok, például kortizon, kortizol, kortikoszteron:
  - ♦ a glikokortikoszteroidok fehérjékből és zsírokból cukrot állítanak elő, növelik a vércukorszintet, ezzel feltöltik a cukorraktárakat,
  - ♦ csökkentik a vérben keringő immunglobulinok mennyiségét, enyhítik a gyulladást és az allergiás reakciókat.
 A tartós szimpatikus hatás, a stressz fokozza a glikokortikoszteroidok termelődését.
3. Szexuálkortikoszteroidok, például az androgének a prepubertás korában kezdenek termelődni és a nemi érést eredményezik,
  - ♦ férfias nemi jelleg alakítanak ki, fokozzák az izom-, csont- és szőrnövekedést,
  - ♦ nőkben az ösztrogén hormon ellensúlyozza ennek hatását.

Az androgének, anabolikus szteroidok, „izomhormonok” szedésével a sportteljesítmény fokozható, ezért dopingszerként használják őket. Ezen kívül a férfiak nemi teljesítőképességét is fokozza. Szedésük veszélyes, mert az agyalapi mirigy mellékvesére ható hormonja (ACTH) a fokozott androgénbevitel miatt csökkenti a szervezet saját androgén hormon termelésének serkentését és csökkenti a glikokortikoszteroidok termelésének serkentését is. Így csökken a szervezet ellenállóképessége, szedés után pedig csökken a szexuális teljesítőképesség. A mesterségesen előállított hormonanalógok májkárosítók.

*A mellékvese velőállomány hormonjai*

1. Adrenalin:
  - ♦ közvetlenül az idegrendszer parancsára termelődik, amely a szervezet erőit mozgósítja,
  - ♦ szimpatikus hatást vált ki, mert a máj mozgósítja a glikogénraktárakat és glükózt juttat a vérbe,
  - ♦ javul a mozgásszervrendszer, az érzékszervek, az idegrendszer vérellátottsága, nő a vércukorszint, fokozódik a légzési és keringési szervrendszer teljesítménye.
2. Noradrenalin:  
A szimpatikus hatás révén a szív koszorús ereit tágítja, fokozza a szívdoboz vérellátottságát, a többi eret szűkíti.

A mellékvese velőállománya szerves funkcionális egységet alkot a szimpatikus idegrendszerrel (sympatico-adrenalis rendszer, lásd az *Idegrendszer* című fejezetet). Sejtjei valójában szimpatikus neuronok. A szimpatikus hatást az idegrendszer indítja be, de a hormonrendszer tartja fenn az adrenalin segítségével. Ennek hiányában a szervezet képtelen alkalmazkodni a külső behatásokra, képtelen a vészreakció kivitelezésére.

A szervezet a stressz hatására fokozott adrenalintermeléssel válaszol. Ennek hatására beindul az adrenerg mechanizmus, mely a szervezet alkalmazkodását biztosítja.

A perifériás idegrendszer útján a stressz a hypothalamusban az agyalapi mirigy ACTH-hormon termelését segítő releasing faktor termelését váltja ki. Hatásmechanizmusának érvényesülése során a mellékvese kéregállományában a glikokortikoszteroidok fokozzák a fehérje- és zsírlebontást, a vércukorszint-növekedést. A megfelelő kéreghormonszint gátlólag hat a további releasing faktor termelésére (negatív feedback). Így a kéreghormon-termelés a normál szintre csökken. A fokozott adrenalin hatása fokozott kéreghormon-termelést vált ki, így segítve a szervezet alkalmazkodását a stresszhelyzethez.

A tartós szimpatikus hatás, sztrepszhatás rohanó életünk velejárója, ami sok szervi betegség oka lehet.

**11.1.5. Hasnyálmirigy (pancreas)**

Kettős funkciójú, mint külső elválasztású mirigy emésztőenzimeket tartalmazó hasnyálat ürít, mint belső elválasztású mirigy inzulint és glukagon hormont termel. Az inzulint a Langerhans-sziget béta sejtjei, a glukagont az alfa sejtjei termelik.

### 1. Inzulin:

- ♦ csökkenti a vércukor szintet,
- ♦ fokozza a sejtek glükóz felvételét és glükóz felhasználását,
- ♦ segíti az izom és máj glikogén raktárainak feltöltését.

### 2. Glukagon:

Az inzulin antagonistája, növeli a vércukorszintet.

Fokozza a máj glikogénbontását és a zsírsejtek zsírbontását, ezzel növeli a vér glükóz és zsírsav tartalmát. Az inzulin és a glukagon hatása a szervezetben mindig együtt érvényesül, a tényleges hatás a két hormon arányától függ.

Ha a sejtek nem képesek elegendő glükózt felvenni a vérből, és felborul az energia-háztartásuk, cukorbetegség (diabetes mellitus) alakul ki. Oka lehet a hasnyálmirigy Langerhans-szigetei béta sejtjeinek pusztulása, kimerülése, tehát megszűnik az inzulintermelés. A leggyakoribb ok azonban, hogy csökken a sejtek inzulin iránti érzékenysége, ennek oka legtöbbször az elhízás, a kóros zsíryanycsere.

A cukorbetegség tünetei a tökéletlen szénhidrát-anyagcsere miatt a fogyás, megjelenik a vizeletben a glükóz, ez egyben fokozott mennyiségű vizelet elválasztásával is jár, ami szomjúságérzéshez vezet. Gyakorivá válnak a húgyúti fertőzések.

Az éhező sejtek energiaigényük fedezésére kénytelenek több zsírt és fehérjét felhasználni, amelyek anyagcsere-termékei felszaporodnak a vérben, vizeletben is megjelennek (ketontestek). A bőr kiszárad, viszket, a sebek gyógyulása elhúzódik.

A későbbi szövödmények az idegpályák, erek károsodása, érlemeszesedés, ezekből következő szem-, vese-, szív- és érrendszeri elváltozások. Tehát a cukorbetegség rendkívül összetett anyagcsere-betegség, melynek egyensúlyban tartása az életmód, táplálkozási szokások gyökeres megváltoztatását igényli és egy egész életen át tartó folyamatos orvosi kezelést, ellenőrzést tesz szükségessé.

A vércukor normális esetben körülbelül (éhegyomori érték) 3,0–6 mmol/l érték között van. Ha ez az érték több alkalommal 7,7 mmol/l fölött van, diabetest diagnosztizálnak.

### *A cukorbetegség típusai*

Inzulinfüggő diabetes (I. típusú, juvenilis, inzulin-dependens diabetes mellitus)

Oka: a hasnyálmirigy béta sejtjei annyira károsodnak, hogy többé nem termelnek elegendő mennyiségű inzulint, ezért kívülről kell a szervezetbe juttatni. Az erre való hajlam öröklődik, de a folyamatot külső hatások, például vírusfertőzések is elindíthatják. A szervezet saját immunrendszere termel ellenanyagot a béta sejtek, illetve az inzulinmolekulák ellen (autoimmun-megbetegedés). Általában fiatal korban kezdődik, rövid idő alatt alakul ki.

Családilag halmozódik, jelentős az örökletes háttér.

Kezelésében az inzulin adása elkerülhetetlen. Hazánkban a betegek 8-10%-a tartozik ide.

Nem inzulinfüggő diabetes (II. típusú, nem inzulin-dependens diabetes mellitus) Bár egyes családokban halmozottan fordul elő, elsősorban életmódbeli oka van, illetve egészséges életmód mellett nem, vagy később manifesztálódik.

Oka: a vérben keringő inzulin mennyisége elegendő, de hatékonysága jelentősen romlott. A célsejtek inzulin iránti érzékenysége csökkent, ennek ellensúlyozására a hasnyálmirigy még több inzulint termel.

A betegek jelentős hányada elhízott. Eszerint két alcsoportot különböztetünk meg.

Nem elhízott betegek

Az étkezést követő vércukorszint-emelkedés ingerére adott inzulin-elválasztás nem elégséges. Megfelelő gyógyszerekkel a hiányzó válaszreakció kiváltható. Enyhe tünetekkel jelentkezik, a gyakori családi halmozódás miatt örökölhető kórképnek tekinthető.

**Elhízott betegek**

Ez a leggyakoribb forma, a betegek 70%-a tartozik ide. Enyhe tünetekkel jár, de kezelés, diéta nélkül hosszú távon súlyos szövődményeket okoz. Kialakulásának fő oka a célszervek sejtjei inzulinérzékenységének csökkenése. A megnövekedett tömegű zsírszövet kóros anyagcseréje okozza ezt az inzulinrezisztenciát. A tartósan magas vércukorszint fokozott működésre készíti, végül kimeríti az addig normálisan működő hasnyálmirigy-szigetsejteket.

Az *elhízással járó cukorbetegség* gyakran társul *magas vérnyomással* és *magas koleszterin-*, illetve *vérzsírszinttel*. Ezek együttes jelenléte az ún. *metabolikus szindróma*, amit „*halálos négyes*” néven is említi a szakirodalom.

Várandóssági cukorbetegség: a várandósságra, mint terheléses állapotra reagálhat megemelkedett vércukorszinttel a szervezet. Egészséges táplálkozás, esetleg diéta segítségével szülés után fokozatosan helyreáll. Gyakran előjele lehet idősebb kori inzulinrezisztencia, cukorbetegség kialakulásának.

**11.1.6. Tobozmirigy (corpus pineale)**

A koponya belsejében, a III. agykamra tetején található. Nevét alakjáról kapta. Szerepe van a napi életritmus szabályozásában, az ember „biológiai órájának” beállításában. Elégtelen működése például alvászavarban jelentkezik. Hormonja a melatonin. Gátolja a pubertás korai kialakulását.

A nemi mirigyek belső elválasztású működését a nemi szervekről szóló fejezetben ismertetjük (lásd a *Szaporodás szervrendszere* című fejezetet). Ott sok utalás van arra, hogy ezt itt tárgyaljuk.

**11.1.7. Csecsemőmirigy (Thymus)**

Thymosin nevű hormonja serkenti a növekedést és a szexuális fejlődést, valamint biztosítja a sejtes immunitást, az immunrendszer fejlődésének szervezője (lásd még ott: nyirokrendszer).

Nevét onnan kapta, hogy pubertás után visszafejlődik.

| A hormontermelő szerv neve | A hormon neve                     | A hormon hatása                                  | A hormon termelődését szabályozza                                        |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Hypothalamus               | Antidiuretikus hormon (ADH)       | a vízviasszívást fokozza                         | a vér térfogata, koncentrációja                                          |
|                            | oxitocin                          | a méh és a tejmirigy simaizmára hat              | idegrendszer                                                             |
| Hypophysis                 | Szomatotrop hormon (STH)          | hat a máj szomatomedin termelésére               | a hypothalamus gátló és serkentő faktorai közvetítésével az idegrendszer |
|                            | Tireoidea stimuláló hormon (TSH)  | hat a pajzsmirigyre                              |                                                                          |
|                            | Adrenokortikotrop hormon (ACTH)   | hat a mellékvesekéregre                          |                                                                          |
|                            | Folliculus stimuláló hormon (FSH) | hat a here és a petefészek ivarsejttermelésére   |                                                                          |
|                            | Luteinizáló hormon (LH)           | hat a here és a petefészek hormonsejttermelésére |                                                                          |
|                            | Laktotrop hormon (LTH)            | hat az emlő tejtermelésére                       |                                                                          |
| Pajzsmirigy                | tiroxin                           | az anyagcserét fokozza                           | Tireoidea stimuláló hormon (TSH)                                         |
|                            | trijódtironin                     | az anyagcserét fokozza                           | Tireoidea stimuláló hormon (TSH)                                         |
|                            | kalcitonin                        | a kalciumot a csontba teszi                      | a vér kalciumtartalma                                                    |



|                   |                           |                                                           |                                   |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Mellékpajzsmirigy | parathormon               | mozgósítja a csontokból az itt raktározott kalciumionokat | a vér kalciumtartalma             |
| Hasnyálmirigy     | inzulin                   | a vércukorszint csökkentése                               | a vér cukortartalma               |
|                   | glukagon                  | a vércukorszint növelése                                  | a vér cukortartalma               |
| Mellékvese        | mineralokortikoszteroid   | a nátrium visszaszívásának fokozása                       | a vér nátriumtartalma             |
|                   | glükokortikoszteroid      | a cukorraktárak feltöltése                                | Adrenokortikotrop hormon (ACTH)   |
|                   | szexuálkortikoszteroidok  | a férfias nemi jellegek, izomnövekedés                    | Adrenokortikotrop hormon (ACTH)   |
|                   | adrenalin<br>noradrenalin | a szimpatikus hatás fenntartása, készenléti állapot       | közvetlenül az idegrendszer       |
| Here              | tesztoszteron             | férfi nemi jellegek kialakítása                           | Luteinizáló hormon (LH)           |
| Petefészek        | ösztrogén                 | a női nemi jellegek kialakítása                           | Folliculus stimuláló hormon (FSH) |
|                   | progeszteron              | a várandósság előkészítése                                | Luteinizáló hormon (LH)           |

5. táblázat. Az ember hormonjai

## 11.2. Idegrendszer

### 11.2.1 Az idegrendszer feladata

Az emberi élet fennmaradása csak úgy lehetséges, ha az egyén képes alkalmazkodni a környezetében és a szervezetében szünet nélkül ható állapotváltozásokhoz. Az alkalmazkodás élettani alapja az ingerlékenység (irritabilitás), az élő szervezetek azon képessége, amely lehetővé teszi, hogy a környezetükben és szervezetükben bekövetkező változásokat megérezzék és azokra életfolyamataik megváltoztatásával reagáljanak.

Az **inger** a szervezet külső vagy belső környezetének megváltozása, és ezt az információt az idegrendszer **ingerület** formájában továbbítja a **központ** felé. A magasabb rendű szervezetekben a **receptorban** (az ingert felvevő érzékelő sejt) kialakuló ingerületi állapot csak része, megindítója az ingerre bekövetkező ingerületi folyamatnak, amelynek végső eredménye a szervezet megfelelő **válasza** az adott ingerre.

Az ingerlékenység a következő alapjelenségeket foglalja magában: ingerfelfogás, ingerületvezetés és -feldolgozás, ingerre való reagálás. Ezeknek a folyamatoknak a lebonyolítására differenciálódott szervrendszer az idegrendszer.

Az idegrendszer olyan része az organizmusnak, amely a szervezet részeit anatómiai, élettani egésszé, individuummá szervezi, másrészt megteremti a szervezet és környezete közötti egyensúlyt és mindezeket keresztül biztosítja az egyed fennmaradását.

Az ember idegrendszere lehetővé teszi azoknak a bonyolult idegéletteni folyamatoknak a létrejöttét, amelyek során a külvilágról, magunkról képzeink, fogalmaink alakulnak ki, és ezeket társítani, elraktározni, felidézni tudjuk. Ez azt jelenti, hogy az ember idegrendszere szerve a legmagasabb idegtevékenységnek, a gondolkodásnak és a tudatnak.

### 11.2.2. Elemi idegi jelenségek

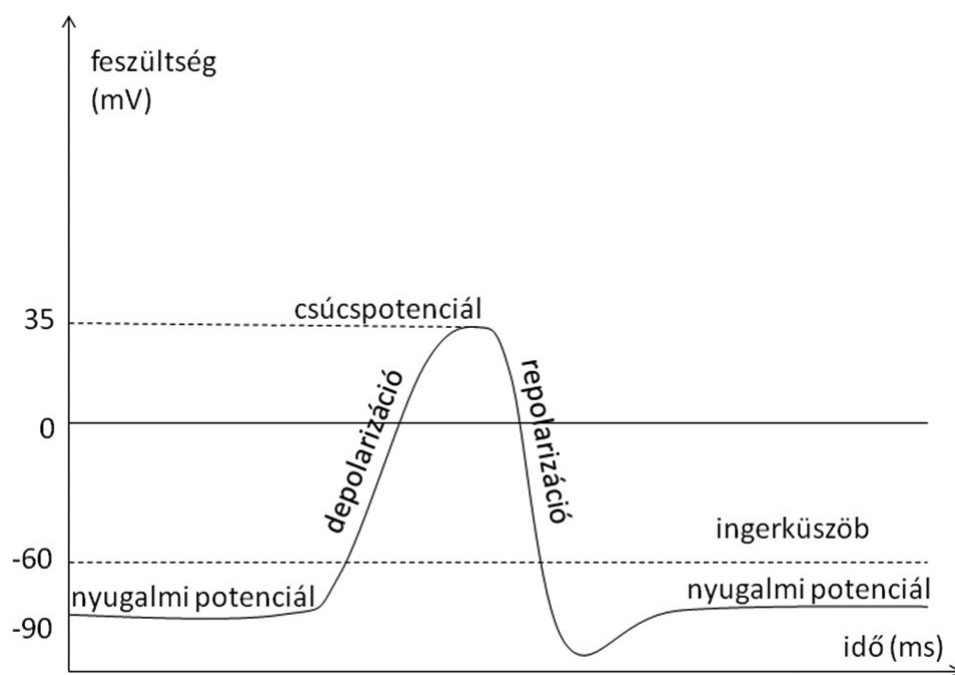
Minden élő sejtre jellemző a *nyugalmi potenciál*. Ez annyit jelent, hogy nyugalmi állapotban a sejtmembrán külső és belső felszíne között elektromos potenciálkülönbség áll fenn, a sejt belseje negatív a külső környezetéhez képest, értéke kb. -70 és -90 mV (milliVolt) közötti. A nyugalmi potenciál a sejt belső és külső környezete közötti eltérő ioneloszlásnak köszönhető, melyet a sejtthártya féligáteresztő tulajdonsága, illetve aktív pumpa tart fenn.



A sejtben belül nagyobb a fehérje és káliumion ( $K^+$ ), illetve alacsonyabb a nátriumion ( $Na^+$ ) koncentráció a sejt kővőli tőrhőz képest.

### Akciós potenciál

Az idegsejtekre és bizonyos izomsejtekre jellemző, hogy inger hatására megváltozik a nyugalmi potenciál, ingerőletbe jönnek (6. ábra). A sejtmembrán potenciálja az ingerlő helyőn ellentőtes előjelővé válik (7. ábra), idegen szóval *depolarizálódik*, vagyis belül pozitívabb lesz a kőlső tőrhőz képest. Az átpolarizálódott membrán maximális feszőltőségőrtőke a *csőcspotenciál*, kb.  $35\text{--}50\text{mV}$ . Ezt követőőn visszaáll a membránnak a *repolarizációs* folyamat során az eredeti potenciálőrtőke. Ez a gyors potenciálváltozás a membránon az *akciós potenciál*, melynek részfolyamatai tehát a depolarizáció, a csőcspotenciál elérőse, majd a repolarizáció. Az ingerőlet nem más, mint az elektromos potenciálhullám (akciós potenciálhullám) tovaterjedőse a membránon.

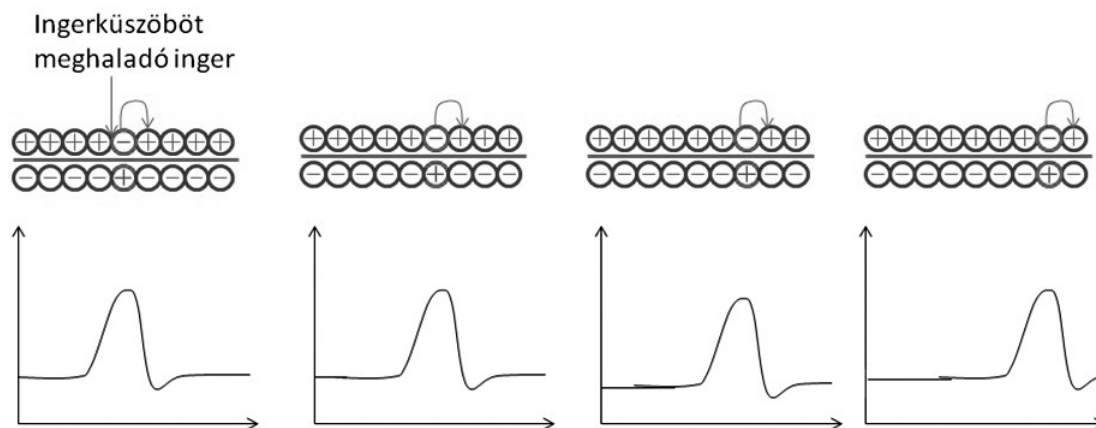


6. ábra. Az akciós potenciál

Fontos megjegyezni, hogy akciós potenciál, ős őgy az ingerőlet ős, csak akkor keletkezik, ha az inger megfelelő erőőségő, más néven elérő az *ingerkőszőb*ő, melynek hatására megtőrtőnik a membrán átpolarizációja. Ha az inger nem őri el a kőszőbőrtőket, kis, helyi potenciálváltozások lehetnek, de akciós potenciál nem keletkezik. Tőbb kis inger ősszegződőse azonban egyőttesen elérőhet a kőszőbőrtőket, kiválthat akciós potenciált.

Másik fontos dolog, hogy az akciós potenciál nagysága (amplitődója), vagyis a csőcspotenciál őrtőke nem őgg az inger nagyságától. Tehát, ha egy inger elérő a kőszőbőrtőket, keletkezik adott nagyságő csőcspotenciál, ha nem őri el az ingerkőszőbő, nem keletkezik. Ezt hívjuk a „minden vagy semmi” elvőnek.

A sejtek ingerkőszőbe nem feltőtlenől őllandő. Az ingerkősző csőkkenősővel a sejt könnyebben ingerőletbe jön. (Pőlda erre, hogy egy ődesanya sokkal kisebb hangingerre ős felőbred, ha csecsemője van, mint egyőbkőnt.) Az ellenkezője ős igaz, tehát az ingerkősző nővekedősővel a sejtek nehezebben jönnek ingerőletbe, ez bekövetkezhő pőldául hozzászokástól.



7. ábra. Inger hatására bekövetkező változás az idegsejt sejtthártyáján. Az ingerület terjedése, akciós potenciálhullám

### 11.2.3. Az idegrendszer strukturális elemei

Az idegrendszert felépítő idegszövet anatómiai, fejlődéstani, működési alapegysége az *idegsejt* (neuron). Az idegrendszer támasztószövetét adó sejtípust *neurogliának* hívjuk.

Ezen kívül tartalmaz vérereket és a szabadon maradt tereket kitöltő extracelluláris folyadékot, ún. agy-gerincvelői folyadékot (liquor cerebrospinalis).

#### Az idegsejt (neuron)

Az idegsejt az idegrendszer alaki és működési egysége.

Fő részei:

- ♦ sejttest (soma)
- ♦ plazmanyúlvány (dendrit, rövidnyúlvány)
- ♦ tengelyfonal (axon), melyet velőshüvellyel borítva idegrostnak (neurit) nevezünk.
- ♦ végfácska

Az ember idegrendszerében 200–300 milliárd neuron található. Mérete igen változatos, 5–100  $\mu\text{m}$  nagyságú lehet. Az ún. Purkinje-sejtek a szervezet legnagyobb sejtjei közé sorolhatók, míg más idegsejtek, például a kisagyi szemcsesejtek a szervezet legkisebb sejtjei közé tartoznak.

Egy tipikus idegsejt sejttest körüli részéből – amit sejttestnek (soma) nevezünk – számos vékony *plazmanyúlvány* ered. A sejttest alkotói a Nissl-szemcsék (tigroid), és az egész neuront átszövő finom rosthálózat, az ún. neurofibrilláris hálózat. Az idegrendszerben a neuronok sejttestjei a szürkeállományt képezik.

Az idegsejt nyúlványait két csoportra oszthatjuk:

a) *Plazmanyúlvány* (dendrit, rövid nyúlvány): hosszúságuk néhány mikrontól néhány mm hosszúságig változik. Mindazokat az organellumokat tartalmazzák, amelyeket a sejttest. A felszínükön lévő tűszerű nyúlványok az ún. „tövisek” a szomszédos neuronokkal képeznek szinaptikus kapcsolatokat. Mindig a sejttest felé vezetik az ingerületet.

b) *Tengelyfonal* (axon): hosszúsága 1-2 mm-től 1 m-ig változik. Az axon néhány esetben csupasz, legtöbb esetben azonban hüvely veszi körül. A hüvellyel borított axont idegrostnak (neurit, hosszabb nyúlvány) nevezzük.

A tengelyfonál körül elhelyezkedő hüvelyek alapján megkülönböztetünk:

- ♦ Schwann-sejtes hüvelyű, ún. velőtlen (pl. a szimpatikus idegrendszer ún. posztganglionáris rostjai),
- ♦ Schwann- és velős (mielin-) hüvelyű (pl. a környéki idegrendszer érző és mozgató idegrostjai),
- ♦ velőshüvelyű (pl. a központi idegrendszer pályáit alkotják) idegrostokat (lásd még: *Neuroglia*, 110.).

Az axon faágszerűen elágazódó végét *végfácskának* nevezzük, és ez ingerület-átvitelre szolgál. Az idegrostnak lehet egyetlen idegvégződése, de ez több esetben több száz ágra is oszthat, például a harántcsíkolt izomban, ahol egyetlen idegrost 300-400 izomrostot is elláthat.

### Szürke- és fehérállomány

Az idegsejtekre jellemző az ún. „koncentrálódási” törekvés, vagyis, hogy központban (kéreg, mag, dúc) tömörülnek, s csak egyes sejtek axonjai lépnek ki távolabbi területek felé. Ez az alapja a központi (agyvelő, gerincvelő) és környéki idegrendszer (idegek, dúcok) anatómiai egységként való elkülönítésének (lásd a 114. és 126. oldalon).

Ez az elv érvényes a központi idegrendszeren belül is, így ott további tagolódás figyelhető meg:

- ◆ Szürkeállomány: meghatározott térben tömörülő nagyszámú neuron sejttest alkotja. Ha a sejtek a központi rész felszínén, azzal párhuzamosan rétegesen rendeződnek, kéregről (cortex), ha rétegeződés nélkül, valamilyen geometriai térben csoportosulnak, idegmagoknak (nucleus) nevezzük őket.
- ◆ Fehérállomány: egymással párhuzamosan haladó vagy kereszteződő idegrostok fehér kötegei alkotják, melyek szétválasztják a szürkeállományt, ugyanakkor funkcionálisan összekötik azt.

Az idegsejtek osztályozása:

a) A nyúlványok száma szerint:

- ◆ egynyúlványú (unipoláris) idegsejtek: egyetlen nyúlvánnyal bírnak (kevés az emberi szervezetben, pl. a retinában)
- ◆ kétnyúlványú (bipoláris) idegsejtek: a sejttestből két axonnyúlvány indul (pl. a hallóidegdúcban)
- ◆ ál- (nem valódi), egynyúlványú (pszeudounipoláris) idegsejtek: a sejttestből egy T-alakban elágazódó nyúlvány indul ki (pl. a csigolya közti dúc)
- ◆ Soknyúlványú (multipoláris) idegsejtek: az idegsejtek 90%-a ide tartozik.

b) Funkció szerint:

- ◆ Érző idegsejtek (szenzoros neuronok)
- ◆ Mozgató idegsejtek (motoros neuronok)
- ◆ Közbeiktatott vagy átkapcsoló (interneuronok) idegsejtek.

Az idegsejtek kapcsolódási módjai (szinapszistípusok):

Az idegsejtek kapcsolódhatnak egymáshoz, vagy más típusú (nem ideg-) sejtekhez.

a) Idegsejtek közötti (interneuronális) szinapszis

Az interneuronális szinapszis az idegvégződés és a következő neuron sejttestje vagy dendritjei között jön létre.

Részei:

- ◆ preszinapszis – a kiszélesedő axonvégződés képezi, benne szinaptikus hólyagok (vezikulák) találhatók, amelyek az ingerület-átvivő anyagokat hordozzák,
- ◆ posztzinapszis – a következő neuron kapcsolódó membránja,
- ◆ szinaptikus rés – az előző két rész közötti rés (kb. 0,02  $\mu\text{m}$ ).

b) Idegsejt és más típusú sejt közötti szinapszis

Ezek lehetnek neuron és izomsejt közötti (neuromuscularis) szinapszisok és neuron és mirigysejt közötti (neurosecretoros) szinapszisok.

A szinapszis

A szinapszisban az ingerület átadása csak egy irányban mehet végbe, a szinapszis előtti membránról a szinapszis utáni membrán felé.

A szinapszis két eleme között tágasabb rés található, és a preszinapszistról ingerület-átvivő anyag (neurotranszmitter) viszi át az ingerületet a posztzinapsziszra. Az axon végelágazásaiban kis hólyagokba csomagolva helyezkednek el az ingerület-átvivő anyagok. Az axonvéghez vezető akciós potenciál hatására az ingerület-átvivő anyagok a szinaptikus résbe ürülnek. Eljutnak a szinapszis utáni membránhoz, ehhez kapcsolódva fokozzák annak nátriumion-áteresztő képességét, ami akciós potenciál kialakulásához vezet a szinapszis utáni membránban.

A neurotranszmitterek fő csoportjai:

- ◆ serkentő (nyugalmipotenciál-csökkentő)
- ◆ gátló (nyugalmipotenciál-növelő)

A neurotranszmitterek az alábbi vegyületcsoportokba tartozhatnak:

- ♦ kolinerg – acetilkolin
- ♦ aminosavak – gamma-amino-vajsav (GABA), hisztamin, glutamát
- ♦ biogén aminok – adrenalin, noradrenalin, dopamin, szerotonin
- ♦ peptidek – angiotenzin, endorfin, oxitocin, vazopresszin

Az idegvégződés helyük és a velük érintkezésben lévő szövetek szerint kétfélék lehetnek:

- ♦ terminális: az ideg a célszervben kezdődik mint ingerfelvevő, azaz érző végkészülék (receptor) vagy ott végződik, mint végrehajtó végkészülék (effektor),
- ♦ interkaláris: az idegnek egy másik idegen van a végződése, és a közöttük lévő kapcsolatot interneuronális szinapszissnak (lásd alább) nevezzük.

### Neuroglia

Az idegsejt mellett az idegszövet másik sejt típusa a neuroglia.

Működése a többi szerv kötőszövetéhez hasonlítható, vagyis támasztó, térkitöltő, elhatároló funkciója van. Neuroglia csak a központi idegrendszerben található. A környéki idegrendszerben a glia szerepét Schwann-sejtek töltik be (lásd: tengelyfonal, 107.).

A gliaszövet típusai:

- ♦ a *makroglia* sejt nagy csillag alakú, soknyúlványos, a központi idegrendszerben a hajszálereket gliaburokkal veszi körül és így elhatárolja őket a neuronoktól. Ez az ún. vér-agy gát, ami biztosítja az agyszövet védelmét a vérben levő esetlegesen káros anyagokkal szemben. Az idegsejtek pusztulásakor kitölti a teret.
- ♦ *Oligodendroglia*-sejt: a méhen belüli élet és az első életév során a központi idegrendszer neuritjainak mielinizációját végzi. Feladata még az idegsejtek anyagcseréjének lebonyolítása, valamint az elhalt idegsejtek bekebelezése.
- ♦ *Mikroglia* sejt: soknyúlványú kis sejtek. Az idegrendszer RES-állományát (retikulo-endoteliális szisztéma) képezi. Sejtjeit jellemzi a fagocitáló (bekebelező) képesség. A szervezetbe jutott testidegen anyagokat bekebelezik, megsemmisítik.

A neuroglia sejtjei életünk végéig megtartják osztódóképességüket. Minél differenciáltabb egy szövet, annál kisebb a regenerációs képessége. Az idegrendszerben levő idegsejtek velünk egyidősek. Az újszülött idegrendszerében található sejtek többé már nem osztódnak. Néhány éve azonban sikerült kimutatni, hogy a központi idegrendszer bizonyos idegsejtjei (hippocampus) osztódásra képesek, tehát az idegszövet kétféle módon regenerálódhat sérülés esetén: vagy más terület veszi át a kieső funkciót, vagy új idegsejtekkel pótolja a régieket.

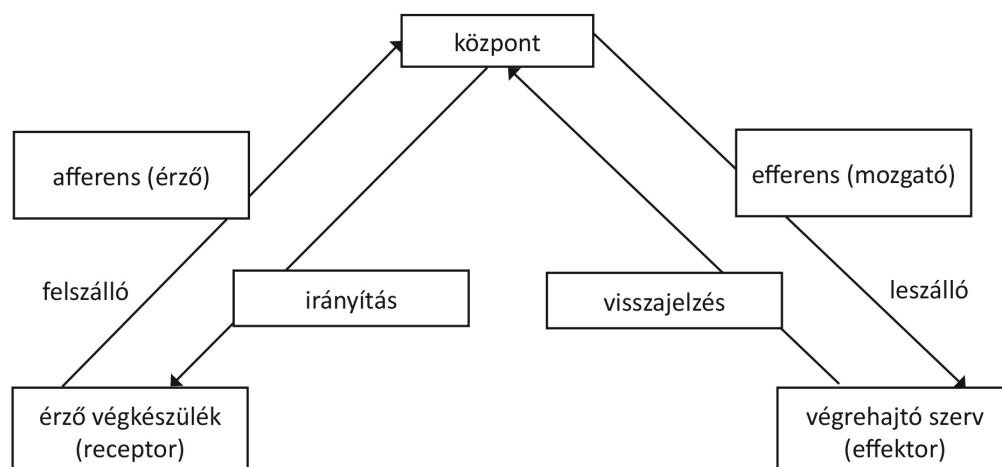
### A reflex

Az idegműködés elemi folyamata a reflex, amelynek az anatómiai alapját képező neuronláncolatot reflexívnek vagy reflexkörnek nevezzük (8. ábra).

Az elemi reflexív az alábbi elemekből áll:

- ♦ érző végkészülék (receptor): ingerek felvétele a környezetből és a szervezetből
- ♦ központ felé vezető (afferens, érző) szár: felveszi vagy kialakítja az ingerületet és a központba vezeti
- ♦ központi adatfeldolgozó neuronhálózat (reflexközpont)
- ♦ központból elvezető (efferens mozgató) szár: a központ utasításait a végrehajtó szervhez vezeti
- ♦ mozgató idegvégződés (effektor, végrehajtó szerv)

Ez a bonyolult kapcsolatrendszer úgy válik teljes „körre”, hogy nemcsak a receptorokból a végrehajtó szerv felé futnak potenciálváltozások, hanem a receptorokhoz futó rostok is fontos szabályozók, mert azok állítják be a receptorok ingerküszöbét. A célszervekből kiinduló idegrostok pedig a szabályozó körök visszajelentő funkcióját látják el.



8. ábra. A reflexív (reflexkör) felépítése

Egyszerű (direkt, monoszinaptikus) reflexív: afferens és efferens szárból áll, köztük egy szinapszissal a központban, például a térdreflex.

Összetett (indirekt, poliszinaptikus) reflexív: a központban a két szár közé több, ún. kapcsolódó neuron iktatódhat, például a fájdalomreflex.

Az érző végkészülékek (receptorok)

A receptorok az ingert felvevő érzékelő sejtek. Két csoportra osztjuk őket:

1. Az exteroceptorok (külső ingerek receptorai) az érzékszervekben és a bőrben elhelyezkedő végkészülékek, amelyek a tapintás, nyomás, hideg-meleg, valamint a fájdalomérzés szolgálatában állnak. Feladatuk, hogy a külvilágból ható ingereket (változásokat) ingerületté (élettani folyamattá) alakítsák.
2. Az interoceptorok a belső szervek állapotáról informáló idegvégződészek.

Az interoceptorokon belül három csoportot különböztetünk meg:

- ♦ *Vesztibuláris végkészülék*: a belső fülben található. Az idegrendszert a fej, illetve a testhelyzet változásairól informálja.
- ♦ *Önérző receptorok* (proprioceptorok) az izmok és az inak feszültségi állapotáról (tónus) informálják az idegrendszert. A receptorok az izomorsóban és az inorsóban találhatók.
- ♦ *Visceroreceptorok*: a szervek falában elhelyezkedő idegvégkészülékek. Ezek ingere például a nyomás, a hőmérséklet, a testnedvek kémiai összetétele.

A mozgató idegvégződés (effektor, végrehajtó szerv)

A végrehajtó végkészülékek, az effektorok a harántcsíkolt izomrostokban, illetve vegetatív alapfonatként a szív-izomban és a simaizomban végződő motoros, izom-összehúzódást kiváltó és a mirigyekben végződő szekretoros, mirigyváladék-termelést kiváltó idegvégződészek.

A reflex típusai:

- ♦ *feltétlen reflex*: az a tevékenység, amely valamely ingerre a központi idegrendszer útján minden esetben következik, például a térd (patella)- reflex, pupillareflex, mozgási reflex stb. A feltétlen reflexfolyamatok veleszületett jellegűek, a fajon belül nemzedékről nemzedékre öröklődnek. Összetett formáját, amely egy adott ingerre több szerv koordinált működését hozza létre, ösztönműködésnek nevezzük. Az állandó változásban levő környezettel szembeni alkalmazkodáshoz a feltétlen reflexek rendszere nem bizonyul elégségesnek.
- ♦ *Feltételes reflex*: az egyedi élet tapasztalatai következtében, tanulás révén alakul ki. Az ingerek társítása útján kialakuló reflex, tehát egy már megtanult feltételhez kötődve játszódik le, fontos jellemzője a begyakorlás. A feltételes reflex időleges kapcsolatot jelent. Bármely inger kiválthat feltételes reflexet, amelynek felvételére a szervezet érzékszervvel rendelkezik.

#### 11.2.4. Az idegrendszer felosztása (9. ábra)

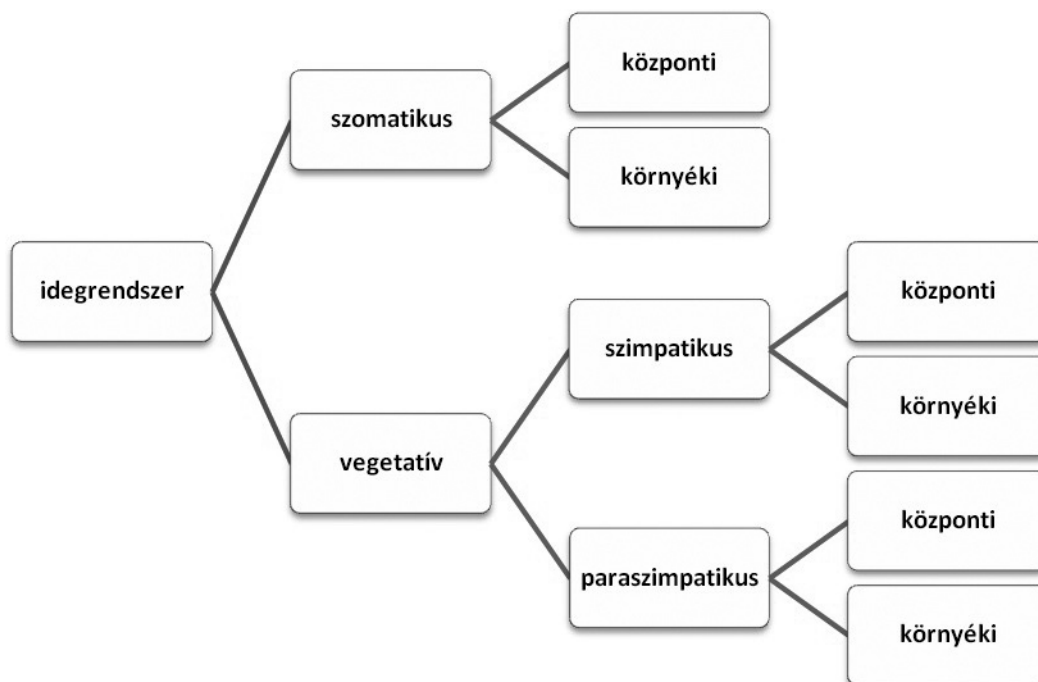
a) Funkcionális felosztás:

1. szomatikus, akaratunktól függő (cerebrospinális) idegrendszer.
2. autonóm, akaratunktól független (vegetatív) idegrendszer.

Mindkettőnek van központi és környéki része.

b) Anatómiai felosztás:

1. központi idegrendszer – gerincvelő, agyvelő és a benne szétszórt vegetatív magvak
2. környéki idegrendszer – 12 pár agyideg, 31 pár gerincvelői ideg, a testben szétszórt dúcok és az őket összekötő fonatok.



9. ábra. Az idegrendszer felosztása

##### 11.2.4.1 Központi idegrendszer

A központi idegrendszert alkotja a gerincvelő, az agyvelő és a benne szétszórt vegetatív magvak. Az alábbiakban ezek az agyterületek kerülnek tárgyalásra.

##### Gerincvelő (*medulla spinalis*)

Körülbelül kisujnyi vastagságú, puha tapintású, fehér színű, 40-45 cm hosszú, kötélszerű test, mely a gerinccsatornában, a nyúltvelő folytatásaként helyezkedik el, és az I–II. ágyéki csigolyáig nyúlik. A gerinccsatorna ágyéki és keresztcsonti szakaszát lófarokszerűen elrendeződő idegek töltik ki, melyek a gerincvelőből indulnak ki. A gerincvelői burok (kemény agyburok, pókhálóhártya, belső lemez) képez körülötte teret, melyet folyadék (liquor cerebrospinalis) tölt ki.

Szakaszai:

- ♦ nyaki (cervicalis, C)
- ♦ mellkasi (thoracalis, Th)
- ♦ ágyéki (lumbalis, L)
- ♦ keresztcsonti (sacralis S),
- ♦ farkcsonti (coccygealis, CO)



A szakaszok a belőlük kilépő idegpárok számától függően szelvényekre (szegmentumokra) tagolódnak.

Ennek megfelelően 8 nyaki, 12 mellkasi, 5 ágyéki, 5 keresztcsonti, 1 farokcsonti szelvényt találunk. A gerincvelő tehát a 31 pár gerincvelői idegnek megfelelően 31 szelvényből áll.

A gerincvelő felszínén több hosszanti barázda húzódik végig, amelyek közül az elülső és hátsó barázda két szimmetrikus félre, a két oldalsó barázda pedig mindkét oldalon három-három kötegre osztja a gerincvelő fehérállományát.

A gerincvelő keresztmetszetén két állomány különíthető el:

- ♦ szürkeállomány, pillangó alakra emlékeztető belső (centrális) rész, az idegsejtek sejtteste alkotja,
- ♦ fehérállomány, az előzőt körülvevő külső rész, az idegrostok képezik.

A szürkeállományon megkülönböztetünk mellső vastosabb *elülső sarv* részt, mely kizárólag motoros sejteket tartalmaz, és *hátsó*, karcsúbb *sarv* részt, melyben érző sejtek helyezkednek el. A mellkasi és ágyéki szakaszon oldalfelé kiemelkedik az előzőeknél jóval kisebb *oldalsarv*, melyben vegetatív sejtek vannak. Vannak még ún. speciális sejtek a szürkeállományban, ezek a gerincvelőn belüli összerendezést, összekötést végzik. Természetesen a sarv elnevezés csak a keresztmetszeti képre érvényes, valójában ezek szürke oszlopok a gerincvelő egész hosszában. Funkcionálisan a szürkeállomány a kapcsoló, a szabályozó központ.

A gerincvelő szürkeállományát a fehérállományt alkotó idegrostok, ún. idegpályák veszik körül. A fehérállomány az ingerületvezető rendszer. Négy nagyobb részt lehet elkülöníteni a *hátsó*, *oldalsó*, *mellső köteget* és a *fehér összekötő részt*. A rostok pályákba rendeződnek. Az érző rostok felfelé haladnak, ezek alkotják az érző, felszálló (afferens) pályákat. A mozgatórostok lefelé futnak, ezek hozzák létre a motoros, leszálló (efferens) pályákat.

A hátsó kötegben csak felszálló érzőpályák találhatók. Az oldalsó köteg érzőpályákat és lefelé haladó mozgatópályákat egyaránt tartalmaz. A mellső kötegben csak leszálló mozgatópályák vannak. A fehér összekötő rész a gerincvelő szintjében kereszteződő rostokat tartalmazza (kereszteződés = oldalváltás).

A gerincvelő pályarendszerei

A gerincvelő fehérállományát

felszálló érző (afferens),

leszálló motoros (efferens) és

belső, saját pályarendszerek építik fel.

A. A felszálló (afferens) pályarendszeren belül három csoportot különíthetünk el:

1. *Elülső-oldalsó kötegrendszer*. Rostjai a hátsó gyökéren keresztül lépnek be a gerincvelő állományába. Eredő sejtjei a hátsó sarvban helyezkednek el, melynek neuritjai az ellenoldalra átkereszteződve futnak a thalamushoz. Ezek a pályarendszerek elemi nyomás, tapintás, fájdalom és hőingerületet vezetnek.

2. *Oldalköteg-kisagyrendszer*. Neuritjai a hátsó sarv magjaiból indulnak ki és részben az azonos, részben az ellenoldalon jutnak fel a kisagyba. A pályarendszer az izmokból és ízületekből szállít információkat a kisagyhoz, ezek alapján történik az izmok tónusszabályozása, a testhelyzet beállítása.

3. *Hátsó kötegrendszer*. A pályarendszer rostjait a gerincvelői ideg hátsó gyökeréből belépő neuritok képezik, melyek nem lépnek érintkezésbe a hátsó sarvi sejtekkel, hanem közvetlenül haladnak a hátsó kötegben a nyúltvelő felé. Az alsó testfélből jövő rostok mediálisan (Goll-köteg) a felső testfélből jövő rostok laterálisan (Burdach-köteg) helyezkednek el. A rostok a nyúltvelő Goll- és Burdach-magjaiban végződnek. Innen indul ki a következő (második) neuronrendszer, mely átkereszteződve az ellenoldali thalamushoz fut.

A harmadik neuron a thalamusból a nagyagykéregbe vezet. Ez a pályarendszer magasabb érzéskvalitásokat közvetít, általa a pontosabb felismerés, az ingerület keletkezési helyének, módjának, sajátosságának észlelése válik lehetővé.

B. A leszálló (efferens) pályarendszeren belül eredésük alapján három csoportot különíthetünk el:

1. *Piramidális pályarendszer*: Az agykéreg nagy piramis alakú sejtjeiből kiindulva az idegrostok a nagyagyon, agytörzsön keresztül, a nyúltvelőben kereszteződve (90%), a gerincvelő oldalkötegében haladnak lefelé az elülső sarvi nagy motoros sejtekhez. Innen a perifériás (második) neuron (gerincvelői ideg) veszi kezdetét, az elülső gyökéren keresztül eljut a vázizmokhoz és kiváltja az akaratlagos izommozgásokat. Jóval kisebb számban (kb. 10%)

vannak olyan idegrostok, melyek nem a nyúltvelőben, hanem a motoros sejtek előtt kereszteződnek az ellenoldalra. Lényegében tehát a bal agykérgi centrum felől történik a jobb testfél és a jobb agykérgi centrum felől a bal testfél beidegzése.

A piramidális pályarendszer működése:

- ♦ a tudatosan kontrollált mozgásokért felelős,
- ♦ a finom mozgásokat koordinálja (pl. írás),
- ♦ szerepe van az új mozgások megtanulásában,
- ♦ az írás gyors beindításáért felelős.

2. *Extrapiramidális pályarendszer:*

A törzsfejlődés és az egyedfejlődés korai szakaszában alakul ki, szemben a piramidális pályarendszerrel, mely egy későbbi szakaszban jön létre. A pályarendszer kevésbé egységes, mint a piramispálya, több kiindulási hely és pálya tartozik az extrapiramidális pályarendszer gyűjtőfogalmába. A pályák kiindulási helye a féltekék fehérállományában levő törzsdúcok, a középagy magvai, az agytörzs hálózatos állománya, a híd egyensúlyi idegmagvai és a nyúltvelő olivamagja. A nyúltvelő piramisterületét kikerüli, a kiindulási oldalon halad az adott gerincvelői szelvényig, ott átkereszteződik az ellenkező oldalra.

Mindkét pálya a gerincvelő mellső szarvában levő mozgató idegsejteken végződik. Innen a mozgató információt a beidegzett izomhoz a gerincvelői idegek továbbítják, ebben haladnak a mozgató neuronok rostjai a beidegzett izmokhoz. A pályarendszer tagjai között bonyolult kapcsolat van.

Az extrapiramidális pályarendszer működése:

- ♦ a nagyobb, durvább mozgásokat vezérli,
- ♦ a már megtanult, automatizált mozgásokat irányítja,
- ♦ az izomtónust szabályozza,
- ♦ az érzelmeket tükröző mozgásokat irányítja (pl. mimika, gesztikuláció),
- ♦ az írást, mint automatizmust vezérli,
- ♦ az akaratlagos mozgásokat egységes egészé olvasztja,
- ♦ szerepe van a védekező, menekülési és támadási mozgásokban.

A mozgás idegi szabályozása e kétféle pályarendszeren történik: az információ, az ingerület közvetítése a cél-szervekhez, a megfelelő izomcsoportokhoz.

3. *Vegetatív pályák:* Az agyvelői magasabb vegetatív központokból indulnak és az oldalszarvi vegetatív sejteken végződnek. Impulzusokat szállítanak a vegetatív működések számára.

C. A belső saját pályarendszer a gerincvelői reflextevékenység szolgálatában áll. Az ide tartozó rövid neuronok egyrészt a szelvényeken belüli és a szelvények közötti koordinációt, másrészt a feltétlen reflexválaszokat, a szervezet reflexes szabályozását végzik.

*Gerincvelői idegek*

A gerincvelői idegek a környéki idegrendszer részei (lásd a 129. oldalon), de funkcionálisan ehhez a fejezetrészhez kapcsolódik.

A gerincvelő minden szegmentumából egy-egy idegpár ered elülső és hátulsó gyökérrel. Az elülső gyökéren kizárólag motoros rostok lépnek ki a gerincvelő szürkeállományából, a hátulsó gyökér pedig érző rostok belépésére szolgál. Ebből következik, hogy a két gyökér egyesüléséből kialakult gerincvelői idegben érző és motoros rostok futnak.

A hátsó gyökéren, az egyesülés előtt, orsó alakú megvastagodást találunk, mely dúcsejtek halmazából áll. Ez a csigolyaközi dúc (ganglion spinale), melynek sejtjei pszeudounipoláris idegsejtek, vagyis egyik nyúlványuk hosszan fut a perifériára, másik nyúlványuk pedig befut a gerincvelőbe.

A csigolyaközi dúc után az elülső és hátulsó gyökér egyesül, és keletkezik egy vegyes ideg.

*Agyvelő (encephalon)*

Az agyvelő a koponya csontos üregében helyezkedik el. Közte és a koponya belső felülete között rés van, melyet a három agyhártya és a közöttük elhelyezkedő agyfolyadék tölt ki.

A gerincvelőhöz hasonlóan az agyvelőt is három kötőszöveti burok veszi körül. A külső *kemény agyhártya* (dura mater), a *középső pókhálódhártya* (arachnoidea) és a *belső lemez* (pia mater), amely a barázdákba is benyomul, közvetlen az agyfelszínen található ereket tartalmaz. A középső pókhálódhártya és a belső lemez alkotja a lágyagyhártyát. Szerepük az agy és a gerincvelő védelmében, rögzítésében és nedvkeringésében van. A középső és a belső burok közötti teret és a nagyagyban található *négy*, egymással összeköttetésben álló *agykamrát agyfolyadék* (liquor cerebrospinalis) agykamrák ereiből szűrlet tölti ki. Jelentősége, hogy védi az agyvelőt és a gerincvelőt a külső mechanikai hatásoktól, biztosítja a központi idegrendszer állandó hőmérsékletét, szerepe van az idegsejtek táplálásában. Az agyfolyadékot az agykamrák a hajszálerek vérből termelik, majd áramlása után az agyi vénákba szívódik vissza. Az emberi agy átlagos súlya 1200-1500 g.

Anatómiailag az agyvelőn három fő részt különböztetünk meg:

- ♦ nagyagy (cerebrum),
- ♦ kisagy (cerebellum),
- ♦ agytörzs (truncus cerebri).
  - Az agytörzset a nyúltvelő, a híd és a középagy alkotja.

*Az agyvelő felosztása*

A három elemi agyhólyagból fejlődő agyvelő fejlődéstanilag három fő részre tagolódik: előagy, középagy, utóagy. Az előagyat a nagyagy két féltekéje és a köztiagy, a középagyat a középagy, az utóagyat a kisagy, híd, nyúltvelő alkotja.

Az agyvelő egyes részeit alulról (gerincvelő felől) felfelé haladva vizsgáljuk.

**UTÓAGY**

Az utóagy a 3. vagy hátsó agyhólyagból fejlődik.

Részei:

- ♦ Nyúltvelő (*medulla oblongata*)
- ♦ Híd (*pons*)
- ♦ Kisagy (*cerebellum*).

**Nyúltvelő (medulla oblongata).**

A gerincvelő folytatása a nyúltvelő, mely a hídig terjed. Ürege a IV. agykamra. Felszínén a gerincvelőnél megismert hosszanti barázdarendszer található. Az elülső barázda két oldalán húzódnak lefelé az akaratlagos mozgató (motoros) pályák, piramisrendszer pályái.

A hátsó barázda két oldalán két-két keskeny köteg halad felfelé, a Goll-féle köteg (alsó végtag érző pályái és a Burdach-féle köteg (felső végtag érző pályái). A felső végük vastagabb a bennük lévő egy-egy szürke magtól (Goll- és Burdach-mag), melyek az első átkapcsoló állomások.

Az oldalsó részen is motoros pályák (piramisrendszer) húzódnak lefelé. A piramisoktól laterálisan, közvetlenül a híd alatt az ovális test (oliva) emelkedik ki. Ebben is szürke mag van, és az akaratunktól függetlenül működő mozgásrendszerhez, az extrapiramidális rendszerhez tartozik.

A nyúltvelő laterális kötege megvastagodik és hatalmas pályaköteget küld a kisagyba, ez az ún. alsó kisagykar, amiben a gerincvelőből a kisagyba húzódó pályák futnak.

A nyúltvelő jelentős szerepet játszik az emésztőtraktus kezdeti szakaszának normális működésében. Reflexei révén biztosítja a nyelést, hányást, köhögést stb. Vegetatív működések központja (légzési, vérkeringési) révén életfontosságú működéseket irányít. Itt találhatóak a VIII., IX., a X., a XI. és a XII. agyideg magvai.

**Híd (pons)**

A híd kb. gesztenye nagyságú és alakú test. Elnevezését egyrészt alakjáról, másrészt funkciójáról kapta, összeköttetést biztosít a gerincvelő és a nagyagy, részben a nagyagy és a kisagy között.

Keresztmetszetén a nyúltvelő–híd határzónában nagy kiterjedésű, több tagból álló magvakat lehet megfigyelni, az ún. vestibuláris magvakat. Ezek centrális részét a központi hallópályához tartozó elemek foglalják el, például az oliva superior, a hallópálya átkapcsolódási helye.

Szerepet játszik a légzés szabályozásában. Fontos része a mozgásszabályozó rendszernek a piramisrendszerrel és a kisaggyal való kapcsolata révén. A hídban helyezkednek el az V., a VI., a VII. és a VIII. agyideg magvai.

Kisagy (cerebellum)

A IV. agykamra a kisagy, a híd és a nyúltvelő között helyezkedik el. A kisagy felszíne tekervényezett és barázdált, de ezek jóval kisebb méretűek, mint a nagyagy féltekéin és egymással nagyjából párhuzamosan haladnak. Két féltekéből áll, ezeket a középvonalban a féreg (vermis) köti össze.

A kisagyat az agyvelő többi részéhez három pár kar köti (alsó, középső, felső kisagykar), melyen átfut az összes betérő és kiinduló pálya.

A kisagyban a szürkeállomány (kéregállomány) kívül, és az ennél jóval nagyobb kiterjedésű fehérállomány belül helyezkedik el. A fehérállományba ágyazottan helyezkedik el a kisagy magrendszere.

A kisagy mindkét féltekéjén a teljes izomfelszín leképezése megvan.

A kisagy mozgáskoordináló szerv, fejlettsége a mozgatórendszer fejlettségének függvénye. Befolyásolja az izomtónust, a test egyensúlyi helyzetét biztosító reflexeket, az akaratlagos mozgások pontosságát, összehangoltságát. A kisagy önmaga sohasem indít el mozgásokat, nem kezdeményez mozgást, csak a már megkezdett mozgásokat kontrollálja.

KÖZÉPAGY

A középagy a 2. vagy középső agyhólyagból fejlődik ki.

Középagy (mesencephalon)

Tagolódása keresztmetszeti képen tanulmányozható legjobban. A középagy ventrális részét két hatalmas köteg, az agykocsányok képezik, melyek a hídtól a nagyagy állományára felé nyomulnak. Középső része a keresztmetszetnek az ún. tegmentum, melyben a középvonal két oldalán helyezkedik el a vörös mag (nucleus ruber) és a fekete mag (substantia nigra).

Az agykocsányokat összekötő rész háti felszínén emelkedő négy dudor az ún. ikertestek (2 felső, 2 alsó). A két felső ikertest között fekszik a tobozmirigy, mely a köztiaggyhoz tartozik.

A középagy állományában több fontos mag helyezkedik el. A III–IV. agyidegek magvai, melyek a szemmozgásokat irányító kéreg alatti központok. Azok a magvak, melyek a látási reflexekkel és a hallóreflexekkel kapcsolatosak, a felső és alsó ikertestekben helyezkednek el. A vörös mag és a fekete mag az extrapiramidális-motoros rendszer egyik fő kivitelező centruma.

A középagy fehérállománya a fel- és leszálló rendszereket foglalja magában, így a fő érzőpályát, a hő-, a fájdalom- és az elemi tapintásérzést vezető pályát, a hallópályát, a piramispályát és az agykéregből a kisagy felé haladó pályákat.

ELŐAGY

Az előagy az első agyhólyagból fejlődik ki.

Részei:

- ♦ köztiagy (diencephalon)
- ♦ nagyagy (encephalon).

Köziagy (diencephalon)

A köztiagy fő részei: a thalamus, az alatta fekvő hypothalamus.

A thalamus – mely a III. agykamrától kétoldalt helyezkedik el – funkcionálisan fontos átkapcsoló hely a kéreg felé futó érzőpályák számára. Szervező szerepet tölt be főként az érző működések terén, a tudatba jutó érző impulzusok „kellemes” vagy „kellemetlen” érzetének kialakításában, továbbá a vegetatív aktivitás terén. A hallási és látási impulzusok fontos kéreg alatti átkapcsoló központja. Motoros központ is.

A talamus hátsó pólusa fölött, középvonalban van a tobozmirigy. A thalamus alatt elhelyezkedő nucleus subthalamicus az extrapiramidális rendszerhez tartozik.

A *hypothalamushoz* tartozik az agykocsányok közötti két corpus mamillare, ezek a szaglópályák átkapcsolódási helyei, a tuber cinereum és a belőle kiinduló agyfüggelék nyele, ami az agyalapi miriggyel (hypophysissel) képez összeköttetést. A látóideg-kereszteződés a hypothalamus elülső részéhez tartozik.

A hypothalamusnak jelentős szerepe van a szervezet életfolyamatainak irányításában.

Itt vannak a szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer magasabb központjai, a belső elválasztású mirigyek működését szabályozó központok:

- ◆ a vízforgalmat (ozmoregulációs központ)
- ◆ a test hőmérsékletét (hűtő-fűtő központ)
- ◆ anyagcserét (jóllakottság – éhség központ),
- ◆ vérnyomást,
- ◆ az alvás és az ébrenlét változását szabályozó saját központjai.

Nagyagy (cerebrum, telencephalon)

A nagyagy a központi idegrendszer legfejlettebb része. Középvonalban egy nyílirányú hasadék két féltékére osztja, a fehérállományban törzsdúcokat találunk. Hasonló hasadék található a féltékék hátsó része és a kisagy között.

A féltékék felszínén kiemelkedések, tekervények (gyrusok) és bemélyedések, barázdák (sulcusok) alakultak ki, mivel a nagyagy állományának növekedése nem egyenletes. A közepesnél mélyebb barázdák neve hasadék (fissura).

A tekervények és barázdák egyénenként, sőt az agy jobb és bal felén is különbözhetnek egymástól. Ugyanakkor az állandó jellegű tekervények és barázdák alapján a féltékeket lebenyekre oszthatjuk, melyeket a koponyacsontokhoz való helyzetük alapján neveztek el:

- ◆ homloklebeny (páratlan),
- ◆ fali lebeny (páros),
- ◆ nyakszirti lebeny (páratlan),
- ◆ halántéki lebeny (páros).

A féltékéken három felszínt különböztetünk meg:

- ◆ a koponyacsontok felé néző domború felszínt,
- ◆ a koponya alapja felé néző alapi felszínt,
- ◆ a két féltéke egymás felé néző oldalát, a mediális felszínt.

A féltékék domború felszíne

Az oldalsó felszínen alulról felfelé és hátrafelé egy mély, ferde hasadék húzódik, ez a Sylvius-hasadék. Elválasztja az alatta fekvő halántéki lebenyt a fali és homloki lebenyektől. A hasadék fenekén található a sziget nevű test. A homloki és fali lebenyeket a központi barázda (sulcus centralis) választja el egymástól. A központi barázda előtt és mögött, azzal párhuzamosan elülső és hátulsó központi tekervény (gyrus precentralis és gyrus postcentralis) látható. Az elülső a homloki, a hátulsó a fali lebenyhez tartozik. Az elülsőben a test elsődleges mozgató, a hátulsóban a test elsődleges érző központjai helyezkednek el.

A fali lebeny elülső határa a központi barázda, hátrafelé a nyakszirti lebeny felé nincs éles határa.

A nyakszirti lebeny az agyvelő hátulsó pólusát képezi. Rajta kisebb gyrusok vannak. A halántéki lebeny a Sylvius-hasadék alatt van. Elülső csúcsa a halántéki pólus. Ebből kiindulva három hosszanti tekervényt (felső, középső és alsó halántéki tekervény) lehet megkülönböztetni. A felső halántéki tekervényben helyezkedik el a hallás kérgi központja.

A féltéke alapi felszíne

A homloklebeny alsó felszínén a szaglőrendszerhez tartozó képletet találunk, ebből haladnak a szaglőideg rostjai az orrüregbe, és innen indul a szaglópálya.



A félteke mediális felszíne

Ez a felszín csak az agyvelő nyílrányú felezése után válik láthatóvá. Feltűnik rajta egy görbült sima test, a kérges test (corpus callosum), mely a két félteke azonos pontjait köti össze. Az ilyen kötegeket kommisszurális összeköttetéseknek nevezzük. A nyakszirti lebeny mediális felszínén mély, vízszintes barázdát látunk (fissura calcarina), az e fölött és alatt fekvő agyrészlet a látóközpont.

Az agykéreg (cortex cerebri)

A féltekék szürke- és fehérállományának elrendeződése fordított, mint a gerincvelőé, nyúltvelőé, hídé és közepagyé. Az agykéreg a nagyagy esetében a tulajdonképpeni szürkeállomány. Kb. 4 mm vastagságú. Legnagyobb részében hat sejtréteg képezi. Az I., II., IV. ún. afferens kéregrétegeket szemcsesejtek képezik. Az agykéreg III. és V. rétege a kéregre legjellemzőbb piramissejteket tartalmazza, ezek a neuritjaikkal a kéreg efferens elemei. Az egyes rétegeket kapcsoló neuronok kötik össze. Az agykéregben különböző sejtszerkezeti mezők különíthetők el, ezeket Brodmann-féle mezőknek nevezzük.

Funkciójuk alapján a legfontosabb kérgi központok:

1. mozgató kérgi központok
2. érző kérgi központok
3. érzékszervi központok

1. Az *elsődleges kérgi mozgató központ* a gyrus precentrális területét foglalja el. Innen indulnak ki a piramispályán keresztül az akaratlagos mozgató impulzusok a vázizmokhoz. Az egyes izomcsoportoknak pontosan körülírt helyük van a tekervényben. Alsó felében a fej- és nyakizmok, középső felében a felső végtagizmok, felső felében a törzs- és az alsó végtagizmok központjai vannak. A kérgi terület nagysága a mozgás bonyolultságának függvénye. Minél több idegsejt lát el egy izomcsoportot, az annál bonyolultabb mozgásra képes, annál nagyobb területet foglal el az agykéregben. Így a kéz, az ujjak, különösen a hüvelykujj, valamint az arc és a nyelv kérgi képviselője nagy kiterjedésű. A tekervény körüli kéregrészek az extrapiramidális rendszerhez tartoznak és a kéreg alatti központokhoz adnak motoros impulzusokat. Mindezek a központok elsődleges kérgi motoros központok, mivel belőlük hosszú leszállópályák erednek. Ezek mellett helyezkednek el a másodlagos kérgi motoros központok, amelyek az egyes mozgásokkal kapcsolatos emlékképeket tárolják. Sérülésükkor ép izomzat esetén is kivitelezhetetlenné válnak a mozgások. A homloklebenyben, az egyik oldalon (jobbkezeseknél a bal oldalon) található a Broca-féle motoros beszédközpont. Ez tárolja a beszédhez szükséges motoros mintázatokat és adja az impulzusokat az elsődleges motoros kéreg közvetítésével a gége-, az ajak-, a szápad- és a nyelvizmokhoz. Sérülésekor beszédképtelenné válik a beteg, annak ellenére, hogy a beszédhez szükséges izmok épek.

2. Az *elsődleges kérgi érzőközpontok* a gyrus postcentrálisban helyezkednek el. Ide fut be valamennyi somatosensoros információ, azaz a környezetből és a test belső világából származó összes információ. Az elsődleges kérgi mozgatóközponthoz hasonlóan az egyes testrészek leképezése az érzőközpontban nem a testfelszín méreteivel, hanem annak funkcionális differenciáltságával arányos. A motoros és az érző kérgi központok összeköttetései révén egységes egészként működnek. A felismerést szolgáló érzéskvalitások impulzusai (a tárgyról hallott vagy leírva látott szavakról, érzékszervi benyomásokról tárolják az információt) innen az emlékképeket tároló másodlagos érzőközpontokba jutnak.

3. Az *érezékszervi kérgi központok* közül a legfontosabbak a látó- és a hallóközpont.

A *látás* elsődleges kérgi központja a *nyakszirti lebeny mediális felszínén* van, ide futnak be a szem ideghártyája felől felvett impulzusok. A másodlagos kérgi központokban történik a látott kép felismerése, ahol is a látási emlékképek vannak tárolva. A másodlagos központok sérülése esetén a beteg a tárgyakat látja, de nem ismeri fel. Másodlagos optikai centrumként értékelendő az olvasásközpont, a szóképek tárolásának a helye (fali lebenyben). Sérülése esetén a beteg a látott szavakat nem képes felismerni, az olvasott szöveg így számára értelmetlen marad.

A *hallás* elsődleges kérgi központja a *felső halántéki tekervényben* található. Itt történik a fül felől érkező hangimpulzusok felvétele. Körülötte helyezkednek el a másodlagos kérgi központok, ahol a hangok hallási emlékképei tárolódnak. Ez utóbbival áll szoros összefüggésben a szenzoros beszédközpont (Wernicke-féle érző beszédközpont),



amiben a szavak akusztikus emlékképei tárolódnak. A beszédértő központ sérülése esetén a beteg hallja a beszédet, de nem érti, s mivel a gondolkodásunk szavakhoz kötött, így az is gátolt.

*Asszociációs kéreg a fali lebeny alsó tekervénye.* A fali lebeny alapi része biztosítja, hogy a látott, hallott, tapintott stb., somatosensoros ingerek egymással kapcsolatba kerüljenek és az emlékképekkel való egybevetés során bármely inger alapján a többi is felismerhetővé váljon. Például a gyümölcsöket színük, formájuk, tapintásuk, szaguk, ízük alapján is azonosítani tudjuk. Az asszociációs kéreg működése tehát magasan integrált funkciókat eredményez.

#### A limbikus rendszer

A nagyagy része még az ún. limbikus rendszer, amely több agyrészlet funkcionális egysége.

A felső limbikus kör részei a *hippocampus*, a kerges testet körülölelő gyrus cinguli, a thalamus és a középagy hálózatos állománya. Ennek a körnek elsősorban az emlékezésben van jelentős szerepe, az új események tartós emlékként való tárolásában játszik kritikus szerepet, a régi emlékek előhívásához nem szükséges.

Az oldalsó alap limbikus körhöz a *mandulamag (amygdala)*, a *thalamus* a frontális kéreg és a középagy hálózatos állománya tartozik, szerepe az emocionális viselkedésben jelentős. (Mesterséges ingerlésével dühöt válthatunk ki).

A limbikus rendszer értékeli a külvilágból jövő jelzéseket, felméri, hogy azokkal történt-e már előzetes találkozás, és annak mi volt a kimenetele. Befolyásolja az arc mimikát. A limbikus rendszer teszi lehetővé, hogy egy helyzet pusztán látványra kiváltja a vészreakciót.

A retikulációs rendszer az alsó agytörzstől a thalamusig terjedő neuronhálózat. Fontos szerepet játszik az éberségi állapotunk szabályozásában, figyelmünk összpontosításában. Szűrő révén lehetővé teszi, hogy bizonyos szenzoros (érző) üzenetek a nagyagykéregbe jussanak, azaz tudatosuljanak-e vagy sem.

#### Az agyféltekei aszimmetria

A legtöbb embernél a bal agyfélteke a domináns. Ez irányítja az írott és beszélt nyelvet, a beszéd megértését, a szavak leírását, az írott szavak megértését, a számolási készséget és a logikus gondolkodást. A bal félteke a test jobb oldalának motoros működését vezérli, a jobb félteke pedig a bal testfélét.

A jobb félteke csak kevésbé képes a nyelv megértésére, legfontosabb képességei a téri konstrukció, zenei hallás, művészi tehetség, képzelet, intuíció.

A bal félteke analitikusan tárja fel az ingerek információtartalmát, az ok-okozati összefüggések felismerésében tölt be vezető szerepet, míg a jobb félteke elsősorban szintetizál. A jobb és bal agyfélteke ezen működési felosztása a jobb kezesekre igaz. Bal kezeseknél a területek nem feltétlenül ennek tükörképe szerinti elrendeződésben jelennek meg.

Az egyik félteke információi továbbítódnak a másikba az összekötő (kommisszurális) idegrostok kérgestestnek (*corpus callosum*) nevezett kötege révén, így az agy egységes egészként működik.

A két félteke anatómiai és funkcionális aszimmetriája kifejezetten emberi sajátosság. A fajfejlődés során a domináns kéz használata, a kezesség (lateralitás) kialakulása megelőzte a beszéd megjelenését és kedvezően hatott az agy fejlődésére. A célszerű eszközhasználat és -készítés az emberré válásban, a féltekei dominancia kialakulásában, a beszéd megjelenésében óriási szerepet játszott.

A lateralitás a kéz mellett megmutatkozik a láb, szem, fül használatában is. Ennek fontos szerepe van a magasabb agyi működések elsajátításában, például az írás-olvasásnál a szem-kéz koordináció kialakítása miatt.

#### 11.2.4.2 Környéki idegrendszer

A környéki idegrendszer idegekből áll, amelyek a periféria felől érző ingerületeket szállítanak a központba, és mozgató impulzusokat visznek a központból a végrehajtó szervekhez (pl. izmok). Ide tartozik a 31 pár gerincvelőideg és a 12 pár agyideg.

A környéki idegrendszer létesít közvetlen kapcsolatot a szervezet részei és a központi idegrendszer között.

Az afferens idegek érző ingerületeket szállítanak a központba a periféria felől, az efferens idegek motoros impulzusokat visznek a központból a végrehajtó szervekhez.

A környéki idegrendszer részei:

- ◆ 12 pár agyideg
- ◆ 31 pár gerincvelői ideg
- ◆ vegetatív idegrendszer környéki része (lásd a *Vegetatív idegrendszer* című rész alatt).

### Az agyidegek

Az agyvelőből 12 pár agyideg lép ki. Ezek egy része kevert ideg (érző, mozgató és vegetatív rostok), más részük tisztán motoros, illetve tisztán érző rostokat tartalmazó ideg.

A tisztán érző, illetve a kevert agyidegek érző rostjaihoz környéki érző dúc is tartozik.

Az agyidegek központjait (idegmagvak) az agytörzsben találjuk. Számozásuk az agyalapon a kilépési helyük szerinti sorrend előlről hátrafelé. Beidegzési területük a fej és a nyak a bolygóideg (X. agyideg) kivételével, ami az összes zsigeri szervet beidegzi.

I. agyideg. Szaglóideg (nervus olfactorius). Kizárólag érző rostokat tartalmaz. Az orrüreg nyálkahártyájában levő receptoroktól (szaglóhám) vezet az ingerületeket. A rostacsont lemezén átjutva a rostok a szaglóhagymában átkapcsolódnak. Az agyalapon szaglóköteggé rendeződnek. További átkapcsolódások után jut el az ingerület a homloklebeny alapi felszínén levő szaglóközpontba.

II. agyideg. Látóideg (nervus opticus). Receptorai a retinában található csapok és pálcikák. Kizárólag érző rostokat tartalmaz. A szem ideghártyája (retina) felől szállítja a fényingerületet a látás kérgi központjába, a nyakszirti lebenybe. A retinából saját csatornán lépnek a koponya üregébe az idegrostok. Az orrhoz közelebb eső rostok keresztesződnek, ezután látóköteggé rendeződnek. A látás kéreg alatti központja a thalamus külső térdes teste. Ezután található a látó kisugárzás, majd a rostok a kérgi látóközpontban végződnek.

A látóideg a köztiagy „kihelyezett” része. A szemet az idegrendszerrel a kocsány köti össze.

III. agyideg. Szemmozgató ideg (nervus oculomotorius).

A középagyból ered. Mozgató rostjai az összes szemmozgató izmot beidegzik, kivéve a külső egyenes és a felső ferde szemmozgató izmot. A vegetatív rostjai, a szemgolyó belső izmait, a pupillaszűkítő és a lencse domborúságát fokozó, lencsefűggesztő izmot idegzik be.

IV. agyideg. Sodorideg (nervus trochlearis). A középagyból eredő legvékonyabb agyideg. Csak mozgató rostokat tartalmaz. A szemüregben a felső ferde szemizmot idegzi be. Sérülése kettős látást eredményez.

V. agyideg. Háromosztatú ideg (nervus trigeminus). A három ágból összetevődő ideg első két ága tisztán érző-, míg a harmadik érző- és motoros rostokból áll.

V/1. Az első ág a *szemkörüli ideg* (nervus ophtalmicus) a szemgolyó, az orrüreg nyálkahártyája és bőre, és a homloktájéki bőrnek érző idege.

V/2. A második ág a *felső állcsonti ideg* (nervus maxillaris) a felső fogak és az arc középső tájékának érző beidegzését adja.

V/3. A harmadik ág az *állkapcsi ideg* (nervus mandibularis) mozgató rostjai a rágóizmokat, érző rostjai az alsó fogakat, a nyelv elülső kétharmadát és az álltájék bőrét idegzik be.

Vegetatív rostjai a nyál- és könnymirigyekhez jutnak, csatlakozva a VII. és IX. agyideghez.

VI. agyideg. Távolító ideg (nervus abducens). A szemüregben a külső egyenes szemizom mozgató idege.

VII. agyideg. Arcideg (nervus facialis). Kevert ideg.

Motoros ágai beidegzik az arc összes mimikai izmát és a felső nyaki izmokat. Érző rostjai ízérzést közvetítenek a nyelv felől. Vegetatív rostjai beidegzik és szabályozzák a könnymirigy, az orrüreg, a szájpád nyálkamirigyei, az állkapocs alatti és a nyelv alatti nyálmirigyek elválasztó tevékenységét.

VIII. agyideg. Egyensúlyozó és hallóideg (nervus vestibulocochlearis).

Tisztán érzőideg, két részből áll.

VIII/1. *Egyensúlyi ideg* (nervus vestibularis). A két nyúlványú (bipoláris) sejtek környéki nyúlványa a fülbe (a belső fül hártás labirintusában levő félkörös ívjáratokba, a tömlőcskébe és a zsákocskába), központi nyúlványa a nyúltvelő egyensúlymagvaihoz fut. Onnan az agykéregbe, a halánték- és a homloklebenybe jut. Kapcsolata van a kisaggyal, a hálózatos állománnyal és a szemmozgató pályákkal.

VIII/2. *Hallóideg* (nervus cochlearis) A bipoláris sejt környéki nyúlványai a Corti-féle szerv érzéksejtjeibe, központi nyúlványai az egyensúlyi ideghez csatlakozva a nyúltvelő–híd határán lévő hallómagvakhoz jutnak. Innen a középagyba az alsó ikertestbe, majd az elsődleges hallóközpontba, a halántéklebenybe futnak.

IX. agyideg. Nyelv-garat ideg (nervus glossopharyngeus).

Kevert ideg. Mozgatórostjai a nyelv és a garat izomzatát, a nyelés folyamatát, érző rostjai a szájüreg hátsó részét és a garat nyálkahártyáját idegzik be, az ízlelésben van szerepük. Vegetatív rostjai a fültömirigyet idegzik be, a nyál-elválasztásban van szerepe.

X. agyideg. Bolygóideg (nervus vagus). A többi agyidegtől eltérően a mellüreg és a hasüreg szerveit is beidegzi. A leghosszabb lefutású agyideg, beidegzési területe is a legnagyobb. Érző, mozgató és vegetatív rostjai vannak, tehát kevert ideg. A bolygóideg érzőidege a fülkagylónak, a külső hallójáratnak, a dobhártyának, a garat, gége, légcső, hörgők nyálkahártyájának és a nagyereknek. Motoros rostjai beidegzik a légyszájpademelő izmokat, a garat, gége, nyelőcső harántcsíkolt izmait. Vegetatív rostjai szabályozzák garat és a nyelőcső, a tüdő, a gyomor, vékonybél, az erek simaizomzatának és a szívnek a mozgását, a májnak és hasnyálmirigynek a szekrécióját.

XI. agyideg. Járulékos ideg (nervus accessorius). Motoros ideg, melynek két ága van. Az egyik a nervus vagus járulékos idege, a másik a fejbiccentő izmot és a csuklásizmot idegzi be.

XII. agyideg. Nyelv alatti ideg (nervus hypoglossus). A nyelv izomzatának mozgatóidege, továbbá a nyelvcsont alatti és a nyelvcsonton tapadó izmocskákat idegzi be. A koponyából kilépve rostjaihoz csatlakozik  $C_1$ – $C_2$  gerincvelői idegek mellső ága.

#### A gerincvelői idegek

A gerincvelőből szelvényesen eredő páros idegek. A gerincvelő szelvényezettségének megfelelően a 31 pár gerincvelői ideg megoszlása a következő:

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 8 pár nyaki ideg         | ( $C_1$ – $C_8$ )      |
| 12 pár háti ideg         | ( $Th_1$ – $Th_{12}$ ) |
| 5 pár ágyéki ideg        | ( $L_1$ – $L_5$ )      |
| 5 pár keresztcsonti ideg | ( $S_1$ – $S_5$ )      |
| 1 pár farkcsonti ideg    | ( $Co_1$ )             |

A gerincvelői idegek két gyökérrel erednek a gerincvelői szürkeállományból. Az elülső szarvból lép ki a gerincvelői ideg elülső vagy mellső gyökere, melyben szomatikus és vegetatív *mozgató* rostok vannak, a hátsó szarvba lép be a hátulsó vagy *érző* gyökér.

A hátulsó gyökéren találjuk – még a mellső gyökérrel való egyesülés előtt – a *csigolyaközi dűcot* (ganglion spinale), amely dűcsejtek halmazából áll. Ezek pseudounipoláris sejtek, melyeknek egyik nyúlványa a perifériára, másik a gerincvelőbe fut.

A csigolyaközi dűc után az elülső és hátulsó gyökér még a gerinccsatornán belül egyesül, felvéve a vegetatív gyökeret is. Így a *gerincvelői idegek kevert idegek, melyek mozgató, érző és vegetatív rostokat tartalmaznak*.

A gerincvelői idegek a gerinccsatornából kilépve néhány mm-es lefutás után egy vékonyabb háti és egy vastagabb hasi ágra oszlanak.

A *hátsó ág* ellátja a mély hátizmokat mozgató, a hát bőrének a középvonal melletti részét érző ágakkal.

Az *elülső ágak* a törzs és a végtagok, valamint a bőr izmait idegzik be.

Az elülső ágak nagyobb része egymással *fonatokat* (plexus) alkot.

A nyaki régió felső részéből eredő idegek alkotják a nyaki fonatot ( $C_1$ – $C_4$ ), az alsó részéből eredő idegek és az első háti ideg összefonódásából jön létre a kari fonat ( $C_5$ – $C_8$ – $Th_1$ ).

- ♦ A *nyaki fonat* bőrágai idegzik be a nyak, váll, mellkas bőrét, izomágai pedig a mély nyakizmokat és a rekeszizmot.
- ♦ A *karfonat* vállövi ágai a nyak és vállöv izmait és a vállízületet, a felső végtag ágai a felső végtag bőrét és izomzatát idegzik be.

A gerincvelő háti/mellkasi régiójából eredő idegek elülső ágai nem alkotnak fonatot, bordaközi idegeknek nevezzük őket ( $Th_2 - Th_{11}$ ). Beidegzik a mellkast, valamint a has bőrét és izmait.

- ♦ Az *ágyéki fonatot* alkotják az utolsó háti ideg mellső ágai, az első három és részben a negyedik ágyéki ideg ( $Th_{12} - L_1 - L_4$ ). Az ágyéki fonat idegekkel látja el a medencetájék és a comb izmait, bőrét.
- ♦ A *keresztcsonti fonat* beidegzi a comb, lábszár, lábujj területét.

### Vegetatív idegrendszer

A zsigerek működése akaratunktól független, működésük irányítását a vegetatív (autonóm) idegrendszer végzi. Vegetatív, mert zsigereink, ereink simaizomzatát, a szívizmot és a mirigyeket idegzi be, autonóm, mert működése akaratunktól független.

A szomatikus és a vegetatív idegrendszer nem független egymástól, mert az érzelmek, gondolatok, cselekvések hatnak a vegetatív működésre, és viszont, a vegetatív működés is visszahat a központi idegrendszeri folyamatokra. Alakilag és funkcionálisan is egységet alkotnak.

A vegetatív idegrendszert anatómiai szempontból központi és környéki, míg funkcionális szempontból szimpatikus és paraszimpatikus részre osztjuk.

### A vegetatív idegrendszer központi részei

A szomatikus idegrendszer központi részeihez hasonlóan a vegetatív hatású idegsejteket is az agyvelőben és a gerincvelőben találjuk, csak a központi idegrendszer nem minden területén.

Az agyvelő vegetatív neuronjai

- ♦ A *hypothalamusban* a vegetatív idegsejtekből származó éhség-jóllakottság, hűtő-fűtő, szomjúságközpont találhatóak.
- ♦ Az *agytörzsben* elhelyezkedő vegetatív központok, például a nyúltvelő/híd hálózatos állományában a keringési, érmozgató és légzőközpont.
- ♦ A *nyúltvelő, híd, középagy* vegetatív működésű agyidegek magvai: a III., VII., IX., X. agyideg magva.

A gerincvelő vegetatív idegsejtjei

A *háti és a felső ágyéki szakasz* oldalsó szarvában szimpatikus hatású, a *keresztcsonti* gerincvelő szürkeállományában paraszimpatikus hatású idegsejtek találhatóak.

A vegetatív idegrendszer környéki részei a dúc előtti rost, a dúc (ganglion) és a dúc utáni rost.

A *dúc előtti rostok* az agyvelőből, gerincvelőből lépnek ki (agyidegekkel, gerincvelői idegekkel) és haladnak a környéki részen elhelyezkedő *dúccok* valamelyikébe, ahol átkapcsolódnak. A dúcban található idegsejtek nyúlványai mint *dúc utáni rostok* haladnak a beidegzett szerv simaizmához, mirigyéhez, a szívizomhoz.

Ellentétben a szomatikus idegrendszer rostjaival, a vegetatív idegrendszer rostjai a környéki részen egyszer valamelyik dúcban átkapcsolódnak.

Az átkapcsolódás helye lehet:

- ♦ a *gerincoszlop melletti dúc* vagy szimpatikus határköteg. A gerincoszlop mindkét oldalán gyöngysorszerűen elhelyezkedő dúccok láncolata. A szimpatikus hatású rostok főleg itt kapcsolódnak át;
- ♦ a *gerincoszlop előtti dúccok* (has- és mellüregben);
- ♦ a szervek közelében, kapujában elhelyezkedő dúccok;
- ♦ a *szervek falában* elhelyezkedő dúccok; a paraszimpatikus rostok főleg itt kapcsolódnak át.

A vegetatív idegrendszer *funkcionálisan* két részre osztható, működését a 6. táblázat foglalja össze.

### 1. Szimpatikus idegrendszer

A szimpatikus idegrendszer központi részét a gerincvelő háti, felső ágyéki szakaszában az oldalsó szarvban elhelyezkedő idegsejtek képezik. Rostjai a háti/mellkasi gerincvelői idegekkel és a felső ágyéki gerincvelői idegekkel lépnek ki. Ezek a dúc előtti rostok közvetlenül a gerincoszlop melletti dúcban (szimpatikus határköteg) kapcsolódnak át 90%-ban. 10% nem itt, hanem a gerincoszlop előtti dúcban (hasüreg, mellüreg) kapcsolódik át. A dúc utáni rostok haladnak a beidegzett szervekhez. A dúc előtti rost rövidebb, a dúc utáni rost hosszabb lefutású.

A gerincvelői idegekhez csatlakozva a szimpatikus rostok az erek, a bőr izmainak és mirigyeinek beidegzését adják, részben a zsigeri szerveket és azok ereit látják el szimpatikus rostokkal. Ellátási területei szerint feji, nyaki, mellkasi, hasi és medencei részre osztjuk.

## 2. Paraszimpatikus idegrendszer

A központi idegrendszerből két helyen lépnek ki paraszimpatikus hatású rostok:

- ♦ a *feji részen* a III., V., VII., IX., X. agyidegekkel,
- ♦ a *keresztcsonti részen* a keresztcsonti gerincvelői idegekkel.

Ezek a dúc előtti rostok a szervek kapujában, szervek falában lévő dúcokhoz haladnak és ott átkapcsolódnak. A dúc előtti rost hosszabb, a dúc utáni rost rövidebb lefutású.

A *feji részen* kilépő agyidegek a fejen elhelyezkedő mirigyeket, a szem simaizmaait, az erek simaizmaait idegzik be paraszimpatikusan. A X. agyideg a *mellüregben* a szív, a légzőrendszer szerveinek simaizmaait, mirigyeit, a *hasüregben* a gyomor, a máj, a bélcsatorna felső szakaszának simaizmaait, mirigyeit idegzi be.

A *keresztcsonti részen* kilépő gerincvelői idegek a bélcsatorna alsó szakaszának és a húgyivarszerveknek a simaizmaait, mirigyeit látja el paraszimpatikus rostokkal.

A szervek kettős vegetatív (szimpatikus és paraszimpatikus) beidegzése antagonista jelleggel bír. A szimpatikus hatás általában serkentő jellegű, az energiák felszabadítása, mozgósítása a feladata. A paraszimpatikus hatás általában gátló, az energiák raktározását, a regenerációt segíti. A kettő hatás egyensúlyban van.

A *szimpatikus* izgalom a vérnyomás emelésével, a véreloszlás megváltozásával, a sejtanyagcsere fokozásával, az agyi aktivitás serkentésével a szervezet egészét fokozott aktivitásra, fokozott teljesítményre készíti.

A *paraszimpatikus* hatás a helyreállító folyamatokban, a szervezet nyugalmi fázisában jut érvényre.

A szimpatikus végkészülékek neurotranszmittere az adrenalin és a noradrenalin (adrenerg rostok), a paraszimpatikusé az acetilkolin (kolinerg rostok).

A szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer hatásait az alábbi táblázat foglalja össze.

| Szerv                               | Szimpatikus hatás           | Paraszimpatikus hatás         |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Szív                                | teljesítménye fokozódik     | teljesítménye csökken         |
| Koszorúerek                         | tágulnak                    | szűkülnek                     |
| Vérnyomás                           | emelkedik                   | csökken                       |
| Légzésszám                          | fokozódik                   | lassul                        |
| Hörgők                              | tágul                       | szűkül                        |
| Gyomor, hasnyálmirigy, nyálmirigyek | elválasztó működése csökken | elválasztó működése fokozódik |
| Gyomor-, bélmozgás                  | lassul                      | fokozódik                     |
| Vércukorszint                       | emelkedik                   | csökken                       |
| Pupilla                             | tágul                       | szűkül                        |

6. táblázat. A szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer működése





## 12. ÉRZÉKSZERVEK

A külvilágból és a belső környezetből az emberre különböző erősségű és minőségű ingerek hatnak. Ezek legnagyobb részét az érzékszervek fogják fel, alakítják át idegingerületté és továbbítják a központi idegrendszerbe. Ezek segítségével érzékeli az ember környezete tulajdonságait és azok változásait.

Az érzékszervekben a felsorolt funkciókat érzéksejtek, érzékszervi idegek és mellék- vagy segédkészülékek végzik.

Az érzéksejtek receptoros részei, tehát például a bőrben lévő Meissner-féle tapintótestek, a Corti-szerv szőrsejtjei (fül) stb. fogják fel a külső és belső ingereket és alakítják át ingerületté. A különböző érzékszervek érzéksejtjei élettani körülmények között csak a nekik megfelelő – adekvát – ingerre reagálnak.

Inadekvát ingerhatás az adekváttal azonos érzést vált ki bennük, mert minden érzékszervnek speciális érzésszélesség felel meg. Például a szemben fényérzet alakul ki abban az esetben is, ha azt mechanikai inger – ütés – éri.

Az érzékszervi idegek továbbítják az ingerületet a központi idegrendszerbe, ott alakul ki az érzet. A központból a receptor felé is van információáramlás. A központ képes beállítani bizonyos határokon belül a receptor érzékenységet.

Az érzéksejteket körülvevő mellék(segéd)- készülékek védő (szempilla, külső hallójárat stb.), tisztító (szemmirigyek stb.) és mozgató (szemmozgató izmok) szerepükön kívül megakadályozzák az inadekvát ingereknek az érzéksejtekhez való jutását, illetve segítik az adekvát ingerek érvényesülését.

*Az érzékszervek osztályozása.* Az érzékszervek több szempont – az inger származási helye, az inger által kiváltott folyamatok milyensége, az általuk felfogott inger minősége – szerint csoportosíthatók. Ez utóbbi – leggyakrabban alkalmazott – szempont alapján *mechanikai, hőmérsékletérzékelő, fényérző és kémiai* érzékszerveket különböztünk meg.

### 12.1. Mechanikai receptorok, érzékszervek

Mint nevük is jelzi, különböző mechanikai – nyomás, nyomáskülönbség, tapintás, fájdalom, húzás, levegőrezgés, a test mozgásakor bekövetkező elváltozások stb. – ingerek felvételére specializálódtak. Az ember érző sejtjei közül az izmok, inak feszességet érzékelő receptorai, a belső szerveink nyomást, feszülést érző receptorai, a bőr tapintást, nyomást, hőt és fájdalmat érzékelő receptorai, valamint a fül hallás- és helyzetérző receptorai tartoznak ebbe a csoportba.

#### 12.1.1. Izmok, inak receptorai (proprioceptorok)

Az izom érzőidegei az izomorsóból és ínorsóból indulnak ki és az izomérzést közvetítik, amely alapján állandóan tájékozottatva vagyunk izmaink izomtónusáról. Az ízületekben is találunk receptorokat. Az izomérzés kiesése mozgás és egyensúlyi zavarokkal jár. Az érző rostok közvetítik a fájdalomérzést is (lásd a *Mozgásrendszer* című fejezetet).

Az izom feszességi foka, alaptónusa állandó idegrendszeri hatás eredménye. Akár működik, akár nem, bizonyos alaptónusa van, amely működési készenlétet fejez ki. Teljes elernyedés csak az alvás bizonyos szakaszaiban jön létre. A nyugalmi és működési izomtónus a gerincvelőben működő idegsejtek folytonos aktivitásának a következménye. Az izomhasban levő rugószerű, spirális felépítésű izomorsóban és az ínban található ínorsóban levő

érzőideg-végkészülékekből (receptorok) jövő ingerület tájékoztatja a központi idegrendszert az izom és az ín feszülési viszonyairól. Az izomorsó az izmok passzív megnyúlására jön ingerületbe. Az inak receptorai az izmok megnyúlására és összehúzódására egyaránt érzékenyek.

### 12.1.2. Visceroreceptorok

A szervek falában elhelyezkedő idegvégkészülékek.

A fő nyaki ütőér (arteria carotis communis) elágazásánál kemoreceptorok találhatók, amelyek a keringő vér oxigén és szén-dioxid tenziójáról informálják az idegrendszert. Az aorta falában levő végkészülékek presszoreceptorok, a vér nyomását, illetve annak változását regisztrálják. Hasonló presszoreceptorok találhatók a bél nyálkahártyájában és a húgyhólyag falában.

Az izom, inak receptorai, a visceroreceptorok, valamint a belső fülben található helyzetérző receptorok a szervezetben belüli állapotváltozásokból eredő ingerületeket szállítják a központi idegrendszerbe. A tapintás, nyomás, fájdalom, hő, halló-, fény és kémiai receptorok a külvilágból érkező ingereket érzékelik.

### 12.1.3. A bőr felépítése és receptorai

A testünk egészét kívülről befedő bőr sokoldalú védő hatásán, a hőszabályozásban és a kiválasztásban betöltött fontos szerepén túl a legsokoldalúbb és legkiterjedtebb érzékszervünk. Három rétegből épül fel: felhám, irharéteg, bőr alatti kötőszövet.

A felhám többrétegű elszarusodó laphámból áll, állandó kopását a hám mélyebb rétegek felől állandóan pótolja. A mechanikai igénybevételnek megfelelően a talp és a tenyér területén a legvastagabb. A bőr színét meghatározó festékanyag a mélyebb rétegek sejteiben található.

Az irha kollagén és rugalmas rostokból álló kötőszövet. A felette levő hámot redők formájában kiemeli, ezek a bőrlécek. Az ujjbegyek, tenyér, lábujjak és talp bőrlécrendszere egyedi mintázatot mutat. Az irha gazdag erekben. *A bőr érzékszervként való működéséért az irharétegben található idegvégződéses a felelősek. A szabad idegvégződéses fájdalomra érzékenyek, és vannak tapintás, nyomás, hideg-meleg érzetet kiváltó ingerek felvételére alkalmas végkészülékek.*

A bőr alatti kötőszövet eltérő vastagságú, sok kötőszöveti rostot és zsírt tartalmaz. A szervezet fontos zsírraktára.

A bőr származékai a szőrzet, a köröm, a faggyú- és a verejtékmirigy.

A bőrben testtájanként eltérő számú, különböző funkciójú receptor nemcsak mechanikai, hanem hőingert is képes felfogni, amely tapintás-, hideg-, meleg- és/vagy fájdalomérzést vált ki. Ezek erőssége az egységnyi bőrfelületen levő receptorok számától, az ingerhatás nagyságától, idejétől és az egyéni sajátosságoktól függ.

A tapintást a különböző testek bőrfelületre gyakorolt nyomása kelti. Ezt a nyomáspontokban levő Meissner-féle tapintótestek fogják fel. A szőrrel fedett testtájakon a szőrtüszőreceptorok révén a tapintásérzés fejlettebb, mint a szőrtelen bőrfelületen. A gyerekek textíliával letakart tábla, kosárba elhelyezett tárgyakat tapintással is képesek felismerni, ha már van elegendő tapasztalatuk azok jellemző tulajdonságairól. Ilyenkor nyomás-, hideg-, meleg-, esetleg fájdalomérző érzet keletkezik. Tehát a tapintás összetett bőrérzés.

A bőr egységnyi felületén több a hőingereket érzékelő hidegpont, mint a melegpont, de együttes számuk lényegesen kevesebb a nyomáspontokénál. A melegfelfogó receptorok a bőr mélyebb rétegeiben vannak. A hőérzékelésben döntő tényező a bőr hőmérséklete is.

A fájdalomérző idegvégződéses a bőr felső hámrétegében találhatók. A hő-, a mechanikai és a kémiai ingerek egy bizonyos erősség felett szövettanilag károsítják a bőrt. Ekkor a hő- és nyomásérzéshez fájdalomérzés társul. A fájdalom védő hatású, mert jelzi az egyénnek a belső és külső környezet egészségkárosítást okozó változásait. Reflexfolyamatot indít meg, amely, ha az egyén nem válik magatehetetlenné, általában biztosítja a károsító hatás megszüntetését. Például elrántjuk kezünket a forró felületről, folyadékból.

A hő-, tapintás- és fájdalomérzés-kvalitást szállító rostok a gerincvelő érző (afferens) pályáin keresztül jutnak el a thalamusba, ott átkapcsolódnak és futnak az elsődleges érző agykéreghez (gyrus postcentralis). Itt tudatosulnak a receptorok által érzékelt ingerek (lásd az *Idegrendszer* című fejezet). A fájdalomérzetet egy gyors és egy lassú rost is vezeti, ezért az első éles fájdalom érzetét némi késéssel követi egy másik.

### 12.1.4. Halló-egyensúlyérző szerv felépítése, receptorai

A hallás és az egyensúlyozás szerve a fül. Anatómiailag külső, közép- és belső fülre tagolódik.

A külső fül a *fülkagylóból*, a *külső hallójáratból* és a *dobhártyából* áll. Élettani szerepe kettős. Vezeti a hanghullámokat és védi a dobhártyát a mechanikai sérülésektől. A fülkagyló bőrrel fedett rugalmas porc. Alsó része a kevés véreret és ideget tartalmazó zsírszövetből álló fülcimpa. Ez az élőlények közül csak az embernél alakult ki. A fülkagyló izomszövege elcsökevényesedett, ezért az ember nem képes azt a hang irányába fordítani. Tehát hanggyűjtő szerepe alárendelt. A fülkagyló a mechanikai és hőhatásoknak az egyik legjobban kitett szervünk. A külső hallójárat kb. ceruza vastagságú, 2,5 cm hosszúságú, enyhén görbült cső. Porc-, illetve csontszövetből felépülő részre különül. Felszínét bőr fedi, amelyben védő funkciójú szőrszálak (nemenként és életkoronként eltérő számú és nagyságú) és fülzsírtermelő faggyúmirigyek vannak. A fülzsír mennyisége is egyénenként változik. A külső hallójáratba óvodás és kisiskolás korban gyakran kerül idegen test, például kavics, növényi magvak. Ezek eltávolítása orvosi szakértelmet igényel! A hallójárat tisztításának szakszerű módjára szükség esetén fel kell hívni a gyerekek, illetve a szülők figyelmét. Szólni kell a „hagyományos” eszközök – fogpiszkáló, gyufaszál, hajcsat – használatának veszélyességéről is. Ezek használata egyértelműen tilos!

A középfül részei a *dobüregben* levő *hallócsontocskák* és a *fülkürt* (Eustach-féle kürt). Élettani szerepe a hanghullámok továbbítása a belső fülben lévő Corti-féle szervhez. A kerek, 7-11 mm átmérőjű, rugalmas dobhártya választja el a külső és a középfület egymástól. A közepén tölcészerűen behúzódó részéhez nőtt hozzá a hallócsontocskákhoz tartozó kalapács nyele. A külső fül felé eső részét a bőr felhámja, a belső felé esőt pedig nyálkahártya borítja. A középfül gyulladása – amely gyermekkorban gyakori szövődménye a felső légúti hüléses megbetegedéseknek – esetén a fülkürtön keresztül nem jut levegő a dobüregbe, nyomáskülönbség alakul ki a dobhártya két oldalán. A jelentős dobüregi nyomáscsökkenés befelé húzza a dobhártyát, amelynek következményeként az beszakadhat. Ennek megelőzésére, illetve a gyulladással együtt járó fájdalom enyhítésére az orvos szükség esetén lándzsatűvel megnyitja azt. A gennyes váladék a külső hallójáraton át távozik.

A hanghullámok hatására rezgésbe jövő dobhártya rezgéseit, a közte és az ovális ablak között levő, egymáshoz ízülettel kapcsolódó hallócsontocskák – kalapács, üllő, kengyel – felerősítve juttatják a belső fül folyadékához. A dobüreg belső falán levő ovális nyílásba (ablakba) a kengyel talpa illeszkedik. Az ugyanitt levő kerek ablakot hártya zárja le. A levegővel telt, rekeszekre osztott dobüreg elülső falán nyílik a középfület a garattal összekötő, annak szellőzését biztosító, kb. 3-4 cm-es Eustach-féle kürt. A nyeléskor, ásításkor megnyíló fülkürtön bejutó levegő biztosítja a külső és a középső fül közötti légnyomáskülönbség kiegyenlítését. A magashegységi túrákon, repüléskor hirtelen kialakuló légnyomásváltozást a gyakoribb nyelés szünteti meg.

A belső fül. A külső csontos és a belső hártvás részre tagolódó belső fülben találhatók a hallószerv és az egyensúlyi szerv receptorai. A csontos üregrendszer középső része az előcsarnok, amelyből előre felé a csontos csiga, hátrafelé a csontos ívjáratok indulnak. A *csontos* és a *hártvás belső fül* között és a hártvás belső fül (hártvás labirintus) belsejében folyadék kering. A kúp alakú csontos csiga két és fél kanyarulatot képez. Üregébe csontlemez nyúlik be, amely a hártvás lemezzel együtt a csiga üregét felső és alsó járatra osztja. Az utóbbi a kerek ablak hártvájának közvetítésével a dobüreggel áll kapcsolatban. A három csontos félkörös ívjárat – hátsó, felső és oldalsó – a tér három fő síkjában egymásra merőlegesen áll. A csontos belső fülben elhelyezkedő hártvás belső fül részei közül a tömlőcskében, a zsákocskában és a hártvás ívjáratokban az *egyensúlyi szerv receptorai*, a csigavezetékben pedig a *hallószervé* vannak.

Az egyensúlyi, statikai szervünk segítségével testhelyzetünket, valamint testünk egészének mozgását érzékeljük. E szerv alkotórészeiben – az előbb felsorolt tömlőcskében (hosszúhús hólyag), az abból kiinduló hártvás ívjáratokban és a zsákocskában (gömbölyű hólyag) – támasztó- és szőrsejtekből álló érzékhám a receptoros terület. Az e fölötti kocsonyás anyagban döntően  $\text{CaCO}_3$  (kalcium-karbonát, mészkő) kristályok vannak. A félkörös ívjáratok érzékhámja a fej és a test elmozdulásainak irányát és gyorsulását, a tömlőcskéé és zsákocskáé pedig a fejnek a normál helyzethez viszonyított változásait érzékeli. Mozgáskor e szervek folyadékában levő mészkristályok helyzete megváltozik. A szőrsejtek nyúlványaira gyakorolt nyomásuk a szerv adekvát ingere. Az ingerületet az *egyensúlyérző ideg* (VIII. agyideg) vezeti. Rostjai átkapcsolódásuk után a szemmozgató agyidegek (III., IV., és VI.) magvaiban (agytörzs), a kisagyban és a gerincvelő nyaki szakaszán, a fejtartást biztosító izmokat mozgató idegsejteken végződnek. A helyzet- és mozgásérzeteknek csak egy része tudatosul.

#### *Az egyensúlyi rendszer fejlődése*

A magzati élet 16. hetében már teljesen kifejlett és működőképes. Biztosítja a magzat számára az irányérzékelést és a tájékozódást. Az újszülött születése pillanatában találkozik először a teljes nehézségi erővel, ez orientálja a tér,

idő, mozgás, mélység és önmaga érzékelését. Ehhez az egyensúlyi rendszere révén képes alkalmazkodni. Az egyensúllyal kapcsolatos problémák befolyásolják az érzőrendszer működését, a test két oldalának összehangolt működéséhez szükséges nagy motoros mozgásformák kifejlődését, a testtartás, szem-kéz koordináció, finom mozgások kivitelezését.

A hártás csiga alaplemezen van a Corti-féle szerv, a hallás tulajdonképpeni szerve. Domború felületén a támasztósejtek (hámsejt) és a szőr-vagy hallósejtek helyezkednek el, amelyek fölött fedőhártya húzódik. A hangérezetet a hanghullámok keltik. Az emberi fül 20-20 000 Hz frekvenciájú hangokat érzékel. A hanghullámok hatására mozgásba jövő dobhártyáról a rezgéseket a hallócsontocskák továbbítják a csontos csigát kitöltő folyadékra. Onnan a hártás csiga alaphártyájára tevődik át. Ennek kimozdulásakor a szőrsejtek a fedőhártyához érnek, tehát a Corti-szerv receptorai (szőrsejtek) számára az alaplemez elmozdulása a közvetlen inger. A hallószerv adekvát ingere pedig végső soron a belső fület kitöltő folyadék mozgása. Ezért a felfedezésért Békésy György magyar származású fizikus 1961-ben Nobel-díjat kapott. A keletkező ingerületet a szőrsejtek alapi részéből kiinduló *hallóidegrostok* (VIII. agyideg) szállítják az agytörzsben levő hallómagvakhoz. Részleges kereszteződés, majd további átkapcsolás után halad a hallópálya a *hallás kérgi központjába, a felső halántéki tekervénybe*. A hallópálya lefutása miatt a kérgi területek mindkét oldalról kapnak impulzusokat, tehát a hallás kérgi reprezentációja bilaterális. A hallókéreg összeköttetésben van az asszociációs kéreggel, a Wernicke-régióval (bal felső halántéki tekervény hátulsó harmada), ahol a hallási kódok és a szavak jelentései raktározódnak. További kapcsolat áll fenn a Broca-területtel (bal oldali homloklebeny oldalsó része), a beszéd motoros központjával, ahol az artikulációs kódok, tehát a szó kiejtéséhez szükséges izomtevékenységek sorozata raktározódik (lásd az *Idegrendszer* című fejezetet).

A bal félteke domináns a verbális, a jobb félteke a nem verbális hangingerek feldolgozásában.

#### *A hallás fejlődése az anyaméhben*

Szerkezetiileg a magzat füle a 8. hét körül kezd kialakulni, ezért a hallásfejlődés szempontjából kritikus időszaknak a 3-9. hét tekinthető. A fül teljes kifejlődése kb. a 24. hétre tehető. A hallóideg idegrostjainak velőshüvelye a 24–28. hét között alakul ki (mielinizáció), ettől kezdve kialakul a hangérzékelés. A hangok lesznek a legfőbb információforrások, melyek feltehetően tompítottak, hiszen a baba fület magzatmáz borítja. A magzatvízen keresztül is tökéletesen megérkeznek az anyaméhből érkező hangélmények a belső fülhöz, például a vérkeringés, a gyomor korgása, a kismama hangja. A 6–7. hónaptól a baba reagál is ezekre az élményekre; forgolódik, rugdalózik. Erős hang hatására szapora szívveréssel válaszol.

#### *Születés utáni hallásfejlődés*

A kommunikáció két lényeges alapja az ép hallás és az ép beszéd. Érdeemes a különböző korszakokban az alábbi jelenségekre odafigyelni a megfelelő hallás és beszédfejlődés felismeréséhez.

Újszülött: megismeri édesanyja és esetleg más családtag hangját, megnyugszik tőle. Magzati korban rendszeresen hallott zenére reagál, megnyugszik.

##### 1–2 hónapos csecsemő:

- ♦ hirtelen zajhatásra összerándul, sír,
- ♦ hangadással jelez, ha valamire szüksége van,
- ♦ mosolyog, nevet,
- ♦ megnyugszik a szülő hangját hallva.

##### 3–4 hónapos csecsemő:

- ♦ főként a lágy, női hangokra odafigyel,
- ♦ forgatja a fejét, mozgatja a szemét arra, amerről jön a hang,
- ♦ különböző hanglejtésekkel gögicsél, reagál a hozzá szóló, neki éneklő ember hangjára

##### 5–10 hónapos csecsemő:

- ♦ keresi, honnan jön a hang,

- ◆ gagyog, próbálja utánozni a hangzókat,
- ◆ figyeli a zenét, hangot, zajt,
- ◆ hallgat a nevére, odafigyel arra, aki beszél hozzá,
- ◆ sikongat, felismer egyszerűbb szavakat,
- ◆ egyre változatosabb a hangadása, ez öröm is a számára,
- ◆ hallássérült csecsemő hangadása ekkor már „elszürkül.”

10–12 hónapos baba:

- ◆ felfigyel a távolabbról jövő hangokra is, odafordul,
- ◆ az egyszerű kéréseket megérti,
- ◆ egyszerű hangokat utánoz,
- ◆ a ritmikus beszédet, mondókát, éneket szereti, figyelmét leköti.

1–2 éves baba:

- ◆ felismeri és megmutatja a testrészeit (ha mi előtte megtanítottuk neki),
- ◆ távolról hallott kérést is teljesít,
- ◆ halkabb hangokra is odafigyel, reagál,
- ◆ néhány szót már utánoz, mond, saját szavai, egyszerű mondatai vannak,
- ◆ leköti a figyelmét a beszélgetés, a meseolvasás.

2–3 éves gyermek:

- ◆ kérdéseket tesz fel és válaszol,
- ◆ kellemes zenére figyel, mozog, érdekli,
- ◆ ő maga énekel, rigmusokat, verseket mond.

A gyermek életének első három évében „behangolja” a fülét a saját anyanyelvének jellegzetes frekvenciáira. Bármilyen nyelvet képes megtanulni. A magyar nyelv sajátos frekvenciasávja 300–3000 Hz. A „finomra hangolás” után nehezebbé válik egy új idegen nyelv elsajátítása.

30 dB-es hangerősség a szociális hallásküszöb értéke (suttogó hang), észlelése a beszédszocializáció feltétele. A társalgási hang hangerőssége 60 dB. A hang erősségén kívül sok összetevője van a tökéletes hallásnak, amelyek a beszédfejlődésben, majd később az iskolai teljesítményben komoly szerepet játszanak. A felső légúti betegségek, szűk járatok, megnagyobbodott orrmandula gyakran okoz halláscsökkenést. Ha ez az állapot soká fennáll, visszaveti a gyereket a beszédfejlődésben, kommunikációban.

## 12.2. A fényérző szerv

Az ember fényérző vagy látószerve a szem. A csontos szemüregben zsíros kötőszövetbe ágyazódott látószerv anatómiailag szemgolyóból, látóidegből és segédszervekből áll. Adekvát ingere a fény. A tárgyakról visszaverődő fénysugarak észlelése által ismerjük fel azok alakját, színét, mozgását, térbeli helyzetét.

### 12.2.1. A szemgolyó felépítése és receptorai

Belsejében van a *szemlencse* és az *üvegtest*. A szemgolyó falát három rétegben elhelyezkedő burkok alkotják: külső, középső és belső burok.

A külső burok rostos, erős, ellenálló elülső része az átlátszó *szaruhártya*, a hátulsó pedig a tömött, rostos kötőszövetből felépülő átlátszatlan *ínhártya*. Az utóbbi védőburok, váz és a szemmozgató izmok tapadási helye. Elölről „szemfehérjének” látjuk. A sima felületű, óraüvegszerűen domborodó, vérereket nem tartalmazó, de idegekben gazdag szaruhártya többrétegű laphámából és kötőszövetből áll. Mint határoló felszín és mint fénytörő közeg fontos.

A középső burok ereiben gazdag *érhártyából* (hátulsó része), a pigmenttartalmú *szivárványhártyából* (elülső része) és a kettő között elhelyezkedő gyűrű alakú, ereiben gazdag, csarnokvíztermelő *sugártestből* áll. Az ennek nagy



részét alkotó *sugárizmok* a szem alkalmazkodóképességének fontos tényezői. A szem színe a szivárványhártyában levő festékanyag mennyiségétől és helyzetétől függ. A közepén látható kerek *pupilla* átmérője a fényviszonyoknak megfelelően reflektorikusan változik. Erős fényre szűkül, sötétben kitágul, ezáltal szabályozza a szembe jutó fény mennyiségét. Változásai fontosak a szem látási, alkalmazkodási folyamataiban.

A belső burok a szemgolyó vékony, sima, több rétegből álló *ideghártyája (retina)*. Rétegei közül a *látóbíbor* képzésében is részt vevő pigmenthám, valamint az ingerfelvevő receptorok, a *fényérzékeny pálcikák* és a *színérzékeny csapok* rétege a legfontosabb a látásérzet létrejöttében. Szemünk 400–690 nm hullámhosszúságú fénysugarakat érzékel. 400 nm-nél rövidebb hullámhosszúságú sugarak az ultraibolya sugarak, 690 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú sugarak az infravörös sugarak. Ezekben a tartományokban a „színek” az emberi szem számára láthatatlanok.

Az ingerfelvevő receptorok nem egyenletesen oszlanak el az ideghártyán. A *sárgafolt*ban csak csapok vannak. A periféria felé csökken a csapok és nő a pálcikák száma. Az ideghártyából eredő idegrostok *látóideggé* egyesülésének helye a látóidegfő. A látóideg kilépése helyén, a *vakfolt*okon nincs fényérzékelés. Az ettől 4 mm-nyire levő sárgafolt a színlátás elsődleges, és az éleslátás helye.

A szemlencse kettősen domború, átlátszó, rugalmas test. A függesztő rostok sokasága tartja a helyén és kapcsolja a sugártesthez. A lencse, valamint függesztő szalagja fontos tényezői a szem alkalmazkodóképességének.

A kocsonyás anyagú, átlátszó üvegtest tölti ki a szemgolyó hátulsó részét és feszíti ki burkait.

A szemcsarnok a lencse és az üvegtest által ki nem töltött üreg. A szaru- és a szivárványhártya közötti az elülső, a szivárványhártya és a szemlencse közötti pedig a hátulsó szemcsarnok. A pupillán keresztül állnak egymással összeköttetésben. Mindkettőben csarnokvíz van. Ez táplálja az üvegtestet, a lencsét és a szaruhártyát, biztosítja a szem belső nyomását. A csarnokvíz felszaporodása a belső nyomás növekedését okozza, ez az ún. „zöldhályog”.

A szemgolyó részei közül a szaruhártya, a szemlencse, az üvegtest és a csarnokvíz a szem fénytörő közegei.

A szemlencse összegyűjti, megtöri és az ideghártyára vetíti a fénysugarakat. A többi felsorolt közeg is módosítja a szembe jutó sugarak útját. Együttesen járulnak hozzá ahhoz, hogy az *ideghártyán kicsinyített, fordított állású, valódi kép* keletkezzen. A szem törőképességét dioptriában fejezik ki. Ez nem egyéb, mint a szemlencse méterben megadott fókusztávolságának reciproka. A törőképesség nem állandó érték, az életkorral változik.

### 12.2.2. A szem segédszervei

A szem segédszerveit a szemmozgató izmok, a szemhéjak, a kötőhártya és a könnykészülék alkotja.

A szemgolyót 4-4 egyenes és 2-2 ferde lefutású szemmozgató izom (segédszerv) mozgatja. A szemmozgató izmokat a III., IV. és a VI. *agyideg* látja el mozgató rostokkal. A két szemgolyó összerendezett mozgását a központi idegrendszeri központok (középagy, agykéreg homloklebenyi része) hangolják össze.

A szemhéj vékony bőrrétegből, izmokból, kötőszövetből és mirigyekből felépülő redő. Védi, melegen és nedvesen tartja a szemgolyót. A szélén levő pillaszőrök fokozzák a védőhatást. A szemöldökkel együtt a szempilla véd a hulló portól, lecsurgó izzadságtól és valamennyire árnyékol.

Az érzékeny, három részből álló kötőhártya a szemhéjak belső felszínét és a szemgolyónak a szaruhártyáig terjedő részét borítja. Összeköti a szemhéjat és a szemgolyót.

A könnykészülék a könnyet termelő könnymirigyből és a könnyet az orrüreg felé vezető könnylevezetőből áll. Az enyhén lúgos kémhatású, sós ízű könny védi a szemgolyót a kiszáradástól, baktericid hatása révén pedig a fertőzéstől. Kimossa a szemhéj alá bekerülő idegen testeket is.

### 12.2.3. A szem működése

Az anatómiailag ép szem ideghártyáján a környezet tárgyainak éles képe keletkezik. Ez egy kicsinyített, fordított állású kép, a kérgi feldolgozás teszi „valóssá” a képet. A látottak értelmezéséhez így tanulási folyamat is kapcsolódik. A fénysugarak a szem fénytörő közegein többszörösen megtörnek. A szemlencse által a retinára vetített fénysugarak ingerlik a szem receptorait, a pálcikákat és a csapokat. Az inger hatására bonyolult fotokémiai folyamatok indulnak meg. Ezek idegingerületté alakulva, a két oldali *látóidegbe (II. agyideg)* futnak, a homloklebeny alapi részén és a hypophysis fölött a *látóideg-keresztvezetést* alkotják. A látóideg belső (orrfelőli) rostjai keresztvezetnek, míg a külső rostok azonos oldalon haladnak tovább. A keresztvezetés után létrejött *látóköteg* az azonos oldali és az ellenoldali szemből egyaránt tartalmaz rostokat. A kéreg alatti főbb átkapcsolódási pontok (külső térdes test, felső ikertest) után jut el az ingerület a *látás elsődleges kérgi központjába*, a *nyakszirti lebeny mediális felszínére*.



A másodlagos és harmadlagos kérgi látóközpontok a látási információk elraktározását, az emlékképekkel való azonosítást biztosítják.

A látópálya anatómiai felépítéséből következik, hogy a látóideg (kereszteződés előtt) sérülése azonos oldali látáskiesést eredményez.

A látóköteg (kereszteződés után) sérülése az azonos oldali szemben a halánték oldali látótér kiesését, az ellenoldali szemben az orri látótér működéskiesését jelenti.

A látórendszernek sajátos reflexkapcsolata van a szem belső simaizmaival (pupilla fényreflexív, III. agyideg magva).

A pálcikákban levő *látóbíbor* (rhodopsin) a fény hatására elbomlik. Ennek gyorsasága a fénysugarak hullámhosszána függvénye (a rövidek gyorsabban bontják le). Sötétben, megfelelő mennyiségű A-vitamin jelenlétében újratermelődik. A képződő látóbíbor fokozza a szem fényérzékenységét, biztosítja azt, hogy a sötétben is felismerjük a tárgyak formáját, térbeli helyzetét. Ilyenkor mindent szürkének látunk. A pálcikák a fény intenzitásáról adnak tájékoztatást. A látóbíbor hiányában – amely lehet öröklött, de okozhatja az A-vitamin hiánya is – az egyén szürkületben, félhomályban nem lát. Ezt szürkületi vagy farkasvakságnak nevezzük. Pálcikából relatíve kevesebb van a sárgafoltban, távolodva nő a mennyisége. Legnagyobb mennyiségben a sárgafoltban található, ettől távolodva mennyiségük csökken.

A csapok a színlátás receptorai. A csapok a három alapszínre – vörös, ibolya, zöld – érzékenyek. A három elem együttes ingerlése fehér fény érzetét kelti, de elég két megfelelő színt összekeverni ahhoz, hogy fehér fényt kapjunk. Ezek a színpárok a kiegészítő (komplementer) színek.

A színbenyomást a legerősebben ingerelt színérző elem ingerülete határozza meg. Színtelen fényérzés akkor jön létre, ha mindhárom színérző elem ingerlése egyenlő intenzitású.

#### 12.2.4. A szem hibái és betegségei

A szem hossz tengelyének megnyúlásakor a fénysugarak gyűjtőpontja az ideghártya elé esik. Ekkor alakul ki a rövid- vagy közellátás. Ezt homorú – szóró – lencsével korrigálják, mivel ilyenkor a szemlencse domborúbb a kellenél.

A szem hossz tengelyének megrövidülésekor a tárgyakról érkező fénysugarak a retina mögött egyesülnek. Az ekkor kialakuló távollátást domború gyűjtőlencsével lehet javítani, mivel ilyenkor a szemlencse túl lapos. A felsorolt fénytörési hibák döntően örökletesek, de az iskolai tanterem rossz megvilágítása, a gyermek szemének fokozott terhelése súlyosbíthatja. A növekedés során időnként a szem 2 tengelye nem arányosan növekszik, és rövid vagy távollátás alakul ki. Ilyenkor további növekedésnél előfordul, hogy helyreáll az eltérés, tehát a gyerek „kinövi” a szemhibáit.

A kancsalság a szemizmok összehangolt együttműködésének zavara. A két szem tengelye ilyen esetben párhuzamos egymással. Oka lehet a fénytörési hiba mellett a szem megerőltetése. A kancsalságok többsége szemüveggel kezelhető, azt folyamatosan kell hordania a gyerekeknek. Jelentős pedagógiai feladat a szemüveg állandó viselésének fontosságáról érvekkel meggyőzni az érintett gyerekeket. Javíthatja a szemhibákat speciális szemtorna, de az egészséges szemnek is jót tesz, ha időnként megmozgatják, például óráközi szünetben vagy számítógép-használat közben. Illetve, ha az inkubátorban túl magas az oxigénszint, az rontsolja a még éretlen látóidegeket. Ha a gyermek két szeme között nagy dioptriaeltérés mutatkozik, fennáll a veszély, hogy a gyengébbik szemet teljesen kikapcsolja, ilyenkor tompalátás alakul ki. Ez hátráltatja a térlátást, ez a szemhiba állandósul, a gyengébb szem általában nem hozható már újra működésbe.

A gyermekek szemlencséje nagyon rugalmas, akár 6-8 dioptriát is képes korrigálni (de ez nagyon megterhelő). Ebből adódóan nem biztos, hogy a hétköznapi életben felismerjük a gyermek szemhibáját, ezért rendszeres szemészeti szűrővizsgálat javasolt kb. 1 éves kortól.

A kötőhártya-gyulladás kiválthatja fertőzés, vegyi anyagnak, különböző szilárd idegen testnek a szembe kerülése és sugárhatás is. A szem ilyenkor erősen könnyezik, megvörösödik és váladékos lesz. Ha nem fertőzés eredetű a gyulladás, akkor nem szükséges a gyerekek otthon maradnia. A szülő kérésére az óvodapedagógus, illetve a tanító kamillás vattát, szemkenőcsöt, szemcseppet tehet a szemre.

### *Látásfejlődés az anyaméhben*

A várandósság negyedik hetében kezdődik két szemhólyag kialakulása. A magzati szemmozgások már a 16–18. héttől kimutathatóak, ami feltételezi a szemmozgató izmok működését. A magzat a 24–28. várandóssági héten kezdi kinyitni a szemét. A retina legfontosabb része, a sárgafolt és környéke, ami a 32. várandóssági hétre ereződik be. Teljes saját erezettsége csak a 40–42. héten, tehát sokszor a születés után fejeződik be. A retina éretlenségének következménye lehet a koraszülöttek látáskárosodása.

### *Születés utáni látásfejlődés*

Az újszülöttek a fényt érzékelik, de nagyfokú távollátással születnek, ezért homályosan látnak. Az újszülött szemének fókusz távolsága kb. 20–25 cm. A szivárványhártya szürke. Az újszülött szemének átmérője a felnőtt szem 66%-a.

2–3. hét: tárgyat közelítve a szemhez a szemhéjak záródnak.

4. hét: arcot, mozgó tárgyat egy szemmel, rövid ideig két szemmel figyel.

6. hét: az emberekkel szemkontaktust vesz fel, ezt fenntartja és arckifejezéssel reagál rá, közeli tárgyra két szemmel figyel, visszamosolyog (nem tudatos).

8. hét: fénykeresés, fénykövetés.

12–14. hét: szemével határozottan követi a dolgokat, képes alak- és formafelismerésre, kezd kialakulni a két-szemes együttállás, színlátás (a csapok érettségének következménye), mozgó tárgyat fej- és szemmozgással követ, élénk színeket kedvel.

16. hét: a saját kezét és a kezében levő tárgyat figyeli, a kezdetben összerendezetlen szemmozgások négy hónapos korra megszűnnek, vagyis a szaruhártya fényreflexei szimmetrikusak, párhuzamos szemállást feltételez.

20. hét: egy méternél nagyobb távolságban levő vizuális ingerek iránt érdeklődik.

24. hét: a térlátás tanulása megkezdődik, két szem koordinált mozgása kialakul, fejlődik a látásélesség és a két-szemes együttállás, közelre nézéskor jól korrigál, kialakul a szivárványhártya végleges színe.

36. hét: a mélységlátás kezdete.

10–12 hónapos gyerekek: kialakul a fúzió, tehát a két szemmel látott tárgyak képét nem csupán egymásra fekteti, hanem idegi tevékenység következtében valóban egy képpé formálja, felismeri a környezetét, 3–5 méterre jól fixál.

12–15 hónapos: vonalakat rajzol.

15–18 hónapos: képeket néz, formákat azonosít.

1–1,5 éves korú gyerekek: folyamatosan fejlődik és tökéletesedik a térlátás (nem jó jel, ha esik, kel, bár ez nem csak szemhibára utalhat).

2 éves korú: a látásélesség azonos a felnőttével!

3 éves korú: a látás begyakorlott funkcióvá válik, a gyermek megfigyel, utánózik, rajzolni kezd, egyre könnyebben vizsgálható, a szem mérete 95%-a a felnőttének.

6–7 éves korú: kialakul a látóképesség teljes fejlettsége, a látásélesség mindkét szemem teljes, a térlátás hasonló a felnőttéhez.

10–12 éves kor: a binokuláris látás fejlődése befejeződik.

## 12.3. Kémiai receptorok, érzékszervek

A különböző kémiai anyagok érzékelésének két formája van: a szaglás és az ízeleés.

### 12.3.1. A szaglószer

Az orrüreg felső részének nyálkahártyájában levő kis terjedelmű (2,5–5 cm<sup>2</sup>) *szaglóhám* a szaglószerünk. Rövid, széles támasztó- és fonálszerű, orsó alakú érzékszervekből áll. Ezen receptorok felületén 6-8 szőröcske van. Alsó végük nyúlványai idegrostokban egyesülnek. A szaglási ingerületet a *szaglóideg* (I. agyideg) továbbítja az agyi szaglóközpontokba, a szaglógumóba (homloklebeny alatti terület) és a halántéklebeny belsejében levő szaglókéregbe. Összekötő rostjaik vannak az agytörzsi és a vegetatív központokkal (légzőközpont, hányásközpont), valamint a hosszú távú emlénytömök létrehozásában szerepet játszó limbikus rendszerrel.

A szaglóhámot bevonó váladék nedvesen tartja az érzősejteket. E váladékban oldódnak a levegővel az orrüregbe jutó gáz vagy gőz alakú anyagok. Ez váltja ki a szagérzést, amit befolyásol a szagkeltő anyag koncentrációja.

Az ember gyenge szaglászó élőlény. Érzékszerveink érzékenységet összehasonlítva viszont megállapítható, hogy szaglószerünk az egyik legérzékenyebb. Ezt egyes mérgeanyagok módosíthatják, például a nikotin csökkenti. A másik jellemző tulajdonsága a gyors kifáradás. Hosszabb ideig ható szaginger iránt érzéketlenné válunk, „megszokjuk” és nem érezzük. A szaglóhám fáradása azonban specifikus, más szagok megérzése megmarad. Például a tanterem elhasznált levegőjének szagát csak az oda később belépő érzi meg.

A szaglás élettanilag igen jelentős érzet. Sok feltételes reflex épül ki szagingerekre. Kapcsolatban vannak a táplálékfelvétellel, hatnak az emésztőmirigyek működésére. Jelentős a pszichikus hatásuk. Kiegészítik az ízeket is. A szag emlékek nagyon mélyen bevésoódnak már újszülött kortól, egy-egy szag egész élménysort képes előhívni. Törzsfelldési szempontból nagyon ősi területről van szó, a törzsfelldés elején a nagyagy csak szaglóközpont volt.

### 12.3.2. Az ízelező szer

Az ízelező szervei a nyelvhat nyálkahártyájában levő *ízelező bimbók*. Kevés ízelező receptor van a garat, a lágyszájpad és a gégebemenet nyálkahártyájában is.

Az ízelezőbimbók a különböző alakú – fonál, gomba, falevél, körülárvolt – *szemölcsök* falában helyezkednek el. Ezek sűrűsége a nyelven változó. A kerekded vagy tojás alakú ízelezőbimbókban vannak az orsó alakú érzékszervek (receptorok) és a felső végükön kihelyezett, az ízelezőbimbóban elfoglalt helyük szerint egyenes vagy ívszerűen hajlott támasztó sejtek. Az ízelezősejtek (érzéksejtek) vékony nyúlvánnyal érnek az ízelezőbimbó részén levő gödörbe, ízelezőpólusba.

Ízingert általában vízben oldódó, diffundálni képes vegyi anyagok váltanak ki az ízelező receptorokban. Az ízelezés adekvát ingerei tehát a szájba kerülő, *vízben oldódó vegyületek*. Az ízelezés a táplálék anyagairól ad különböző információkat, hat az emésztőmirigyek váladékelválasztására is.

A sokféle ízelezést a 4 alapíz – savanyú, sós, édes, keserű – különböző arányú és mennyiségű keveredése kelti. Némelyik szakirodalom (Kontra György: *Az emberi test*) 5 alapízt különböztet meg. A felsoroltakon kívül a lúgost is ide sorolja. Nyelvünk részeinek érzékenysége ezekre az alapízre eltérő. Édesre a nyelv hegye, sósra az édes mező mellett a nyelv két oldalának eleje, savanyúra a széle, keserűre a gyöke ízelezőbimbói a legérzékenyebbek.

Tapasztalat, hogy a keserű íz tovább megmarad a szájban, ennek oka, hogy míg a többi ízt érzékelő receptorok kiemelkedő, addig ezek árkvolt szemölcsökön találhatók, így a keserű oldat tovább tartózkodik a receptoroknál.

Bizonyos anyagok ízeének érzékelése genetikusan öröklődik, ilyen például a PTC-érzékenység, amely anyagot van, aki egyáltalán nem érzi, van, aki alig keserűnek, van, aki erősen keserűnek.

Érdemes még megemlíteni a csípős ízt, ami nem tartozik a 4 alapíz közé, valójában bizonyos anyagok, például a kapszaicin (paprika) gyengébb vagy erősebb fájdalomérzetet váltanak ki.

Az ízérzet erősségét módosítja a szájba kerülő anyagok hőmérséklete. Befolyásolják az egy időben és gyors egymásutánban ható ízingerek is, például a citromsav savanyúságát a cukor édes íze elnyomja. A szaglás és az ízézés szoros kapcsolatban áll egymással, ezért nem érzi a náthás ember az ételek ízét.

Az ízek észlelésében jelentősek a nyelv- és a szájnyálkahártya tapintó-, hő-, fájdalomérző receptorai is. Az ízézés tehát komplex érzet.

Az ingerületet az *ízérző idegek* (VII., IX. és X. agyideg) szállítják az ízlelési központba, nyúltvelő, középagy, thalamus, kéreg „útvonalon”, közben az agyközi hálózatos állomány is kap róla információt.

## 13. AJÁNLOTT IRODALOM

- Blythe, S., G. (2006): *Reflexek, tanulás és viselkedés*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest.
- Donáth T. (2008): *Anatómiai atlasz*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest.
- Donáth T. (2008): *Anatómia – élettan*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest.
- Parramón's Editorial Team (2004): *Anatómia atlasz*. Holló és társa Kft., Budapest.

Az „Összeállítás a Funkcionális anatómia tantárgyhoz csecsemő- és kisgyermeknevelő, óvó-pedagógus és tanító szakos hallgatók részére” c. egyetemi jegyzet a pedagógusképzésben tanuló, a címben szereplő szakokat végző hallgatók számára íródott egységes jegyzet. Tartalmát tekintve az emberi test valamennyi szervrendszerének anatómiai felépítését, azokegymással való kapcsolatát, valamint az alapvető élettani funkciókat tárgyalja. Bizonyos esetekben kitér az adott szervrendszer felépítésének gyermekkori sajátosságaira, mely a leendő pedagógusok számára különösen fontos elsajátítandó ismeret.

A jegyzet megírásakor a szerzők fontos szempontnak tartották, hogy az anatómiai ismeretek egyfelől szakmai igényességgel, ugyanakkor alapszinten, a hallgatók számára könnyen elsajátítható formában kerüljenek tárgyalásra. Ugyanezen okok miatt egyszerű, a latin kifejezéseket csak szükség esetén használó nyelvezetet használtak. Mivel a jegyzet csekély mennyiségű ábraanyagot tartalmaz, a könnyebb érthetőség kedvéért ajánlott anatómiai atlaszsal együtt használni.

*Jó tanulást kívánunk minden kedves Olvasónknak!*

*A Szerzők*

ISBN 000-000-000-000-0

