

9–10
II. kötet

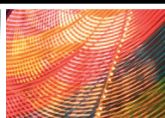
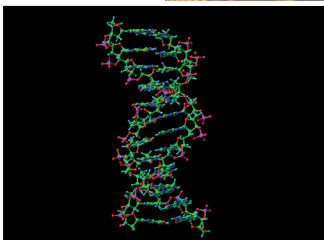


Biológia

tankönyv

Biológia 9–10.

II. kötet
a gimnáziumok számára



OKTATÁSI HIVATAL

A kiadvány 2028. 08. 31-ig tankönyvi engedélyt kapott a TKV/2704-6/2023 ügyiratszámom, ami a TKV/100-7/2021 (2021.02.08. – 2026.08.31.) engedélyszámú tankönyv javított változatára vonatkozik.

A tankönyv megfelel a Kormány 5/2020 (I. 31.) Korm. rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet módosításáról megnevezésű jogszabály alapján készült Kerettanterv a gimnáziumi nevelés-oktatás 10. évfolyama számára megnevezésű kerettanterv Biológia tantárgy előírásainak.

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértő: Penksza Károly

Tananyagfejlesztő: dr. Szerényi Gábor

Kerettantervi szakértő: Veres Gábor

Lektor: Veres Gábor

Felelős szerkesztő: Kincses Ildikó

Rajzok: Baróthy Andrea, iStock, Jécsai Zoltán, PGL Grafika, Shutterstock, Thinkstock

Fedélterv: Slezák Ilona

Fotók: Bibliothèque d'Université de Paris, Blausen Medical Communications, Cultiris, Flickr, iStock, Library and Archives of Canada, Nagy Ernő, National Cancer Institute, NOAA, Shutterstock, Store Norske Leksikon, Thinkstock, University of Toronto Library, U.S. National Library of Medicine, Wikimedia

A tankönyv szerkesztői köszönetet mondanak a korábban készült tankönyvek szerzőinek.

Az általuk megteremtett módszertani kultúra ösztönzést és példát adott e tankönyv készítőinek is.

© Oktatási Hivatal, 2020

ISBN 978-615-6256-51-5

Oktatási Hivatal

1055 Budapest, Szalay u. 10–14.

Telefon: (+36-1) 374-2100

E-mail: tankonyv@oh.gov.hu

A kiadásért felel: Brassói Sándor elnök

Raktári szám: OH-BIO910TB/II

Tankönyvkiadási osztályvezető: Horváth Zoltán Ákos • Műszaki szerkesztő: Kurucz Klára

Grafikai szerkesztő: Nagy Áron • Nyomdai előkészítés: Kovács Ferencné

Terjedelem: 39,14 (A/5) ív • Tömeg: 811 gramm • 1., javított kiadás, 2024

A könyvben felhasználtuk a Biológia 10., 11., 12. című tankönyveket (raktári szám: NT-17208, NT-17308, NT-17408).

Ez a tankönyv a Széchenyi 2020 Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program EFOP-3.2.2-VEKOP-15-2016-00001. számú, „A köznevelés tartalmi szabályozóinak megfelelő tankönyvek, taneszközök fejlesztése és digitális tartalomfejlesztés” című projektje keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Gyártás: Könyvtárellátó Nonprofit Kft.

Nyomta és kötötte:

Felelős vezető:

A nyomdai megrendelés törzsszáma:



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

SZÉCHENYI 2020



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalom



BIOKÉMIAI ISMERETEK

1. A biogén elemek és a szervetlen biogén vegyületek	6
2. Oxigéntartalmú szerves vegyületek	11
3. Nitrogéntartalmú szerves vegyületek ...	14
4. A lipidek	17
5. A szénhidrátok	21
6. A fehérjék	25
7. A nukleinvegyületek	30
8. Az anyagcsere általános jellemzői	34
9. A szénhidrátok felépítése, a fotoszintézis	38
10. Energianyerő folyamatok a sejtben I. A biológiai oxidáció	43
11. Energianyerő folyamatok a sejtben II. Az erjedés	47
12. Az öröklődés molekuláris alapjai	49
13. A fehérjék bioszintézise	53

14. A gének megváltozásai, a mutációk	57
15. A genetikai változékonyság. A génműködések szabályozása	60
16. Géntechnológia	64
17. A klónozás és a GMO szervezetek	68
18. Az emberi genom	71
Összefoglalás	74

AZ EMBER SZERVEZETE ÉS MŰKÖDÉSE

Belső környezet, mozgás

19. Az emberi test, testalkat, testkép	76
20. Egészség és betegség. Belső egyensúly	80
21. A legfontosabb orvosdiagnosztikai eljárások	83
22. A vér	86
23. Az ember keringési rendszere	91
24. Az immunrendszer működése	96
25. A keringési rendszer és az immunrendszer egészségtana	101
26. A légzés szervrendszere	106
27. A légzőrendszer egészségtana	111
28. A táplálkozás szervrendszere	115
29. Az egészséges táplálkozás	121
30. A táplálkozási szervrendszer egészségtana	126
31. A kiválasztás szervrendszere	129
32. A bőr	133
33. A mozgás szervrendszere I. A vázrendszer	137
34. A mozgás szervrendszere II. Az izomrendszer	142
Részösszefoglalás	145

Szabályozás, Érzékszervek

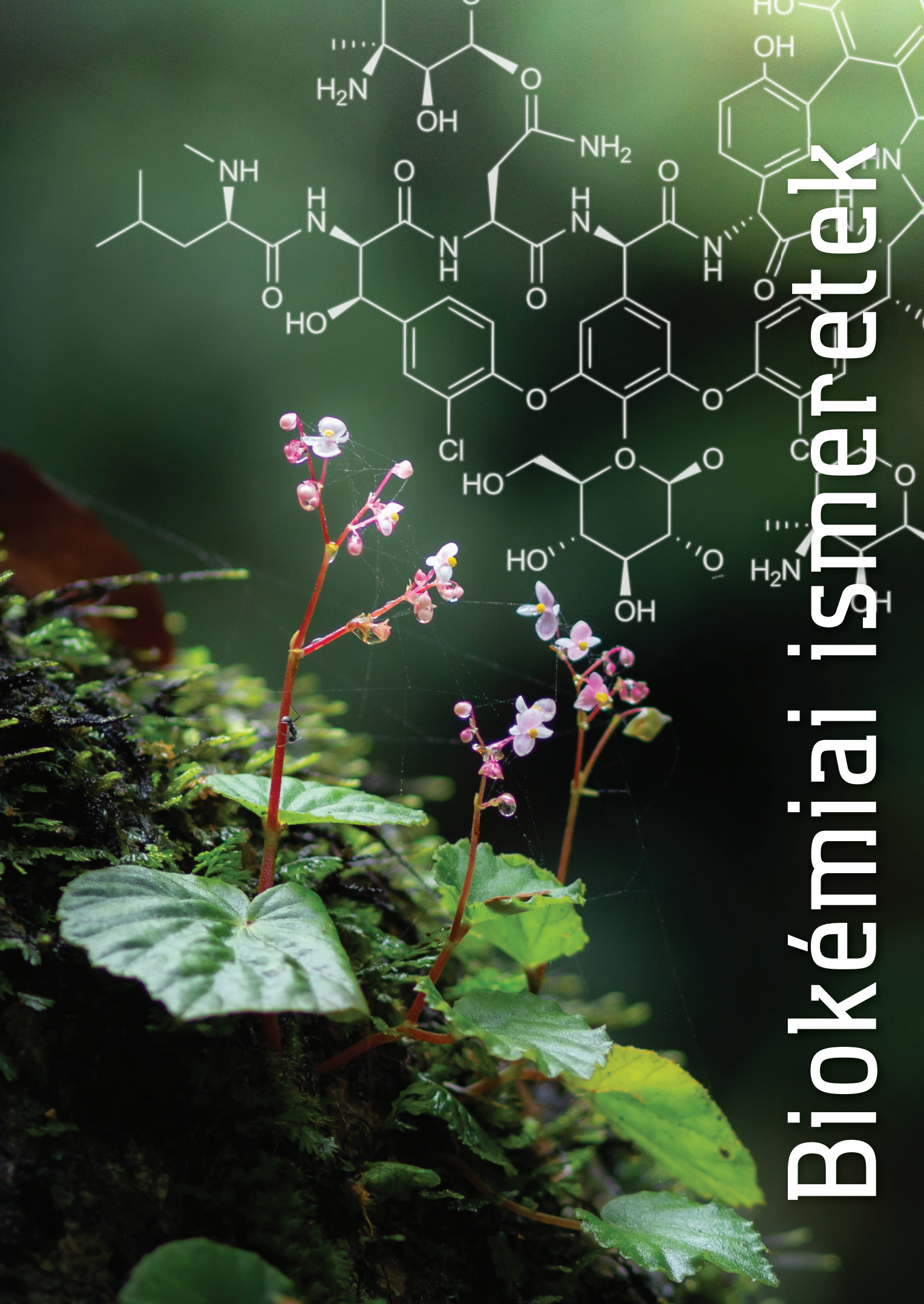
35. A szabályozás működési elve	146
36. A hormonális szabályozás	149
37. A hormonális szabályozás egészségtana	153
38. Az idegi szabályozás működési elve	157
39. Az érzékszervek. A látás	162

40. Hallás, egyensúlyozás.	
Íz-, szag- és hőérzékelés	167
41. Az idegrendszer felépítése	172
42. A szomatikus szabályozás	176
43. A vegetatív szabályozás	180
44. Az idegrendszer egészségtana	183
45. Az emberi viselkedés biológiai	
alapjai	186
46. A testi és lelki egyensúly harmóniája ...	189
47. Mentális betegségek, függőségek	192
Részösszefoglalás	196

Szaporodás. Egyedfejlődés

48. Az emberi nemek.	
A férfi nemi működések	197
49. A női nemi működések	201
50. A magzati élet	205
51. A posztembrionális fejlődés	209
52. A családtervezés	213
53. Az egészségügyi rendszer működése ...	216
54. Elsősegélynyújtási alapismeretek	219
Részösszefoglalás	224

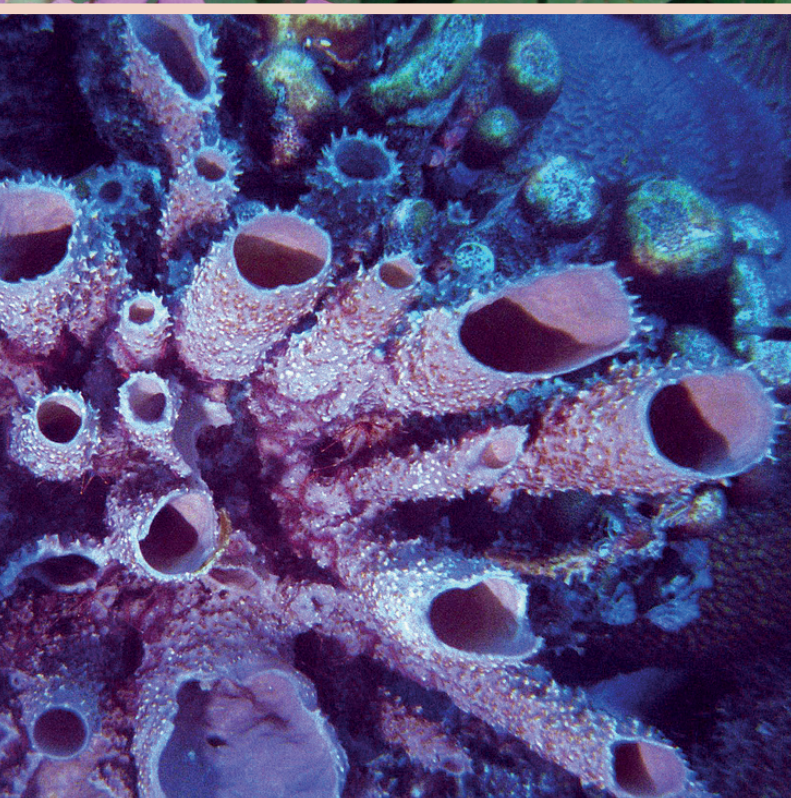
Biókémiai ismeretek





1. lecke

A biogén elemek és a szervetlen biogén vegyületek



Mit tanultunk az élő anyag fejlődése kapcsán a biológiai szempontból fontos kémiai elemekről?

Az élőlények sejtjeinek felépítésében és a sejtek működtetésében a több mint száz ismert kémiai elem közül mintegy harminc vesz részt. Ezeket közös néven **biogén elemeknek** nevezzük (1.1. ábra). Az élő anyagban megtalálható vegyületek a **biogén vegyületek**. A biogén vegyületek kizárólag biogén elemekből épülnek fel, és csak az élővilágra jellemzők.

Hogyan mutatható ki a hidrogén, az oxigén és a szén jelenléte növényi lomblevelekben?

Elsődleges biogén elemek

A biogén elemek közül négy minden élőlény számára nagy mennyiségben szükséges. Ezek az **elsődleges biogén elemek**: a szén (C), a hidrogén (H), az oxigén (O), valamint a nitrogén (N). Közülük is kiemelkedik a **szén** jelentősége, mivel a *biogén vegyületek* túlnyomó többsége szénvegyület.

Utaltunk már arra is, hogy a *szén* azért jutott központi szerephez az élő anyag fejlődése során, mert a legegyszerűbb olyan atom, amely más atomokkal négy kovalens kötést tud kialakítani. Ezeket a kötések nehéz felbontani, a molekulák szerkezete stabil. A kovalens kötések kialakító elektronpárok egy, a szénatom köré elképzelt tetraéder négy csúcsának megfelelően helyezkednek el (1.2. ábra), aminek következtében a szénhez kapcsolódó atomok egyenletes térkitöltése is elősegíti a molekula stabilitását. A szénatomok egymással is szinte korlátlan számban képesek összekapcsolódni, és igen változatos nyílt láncú vagy gyűrűs szerkezetű molekulavázak jöhetnek létre.

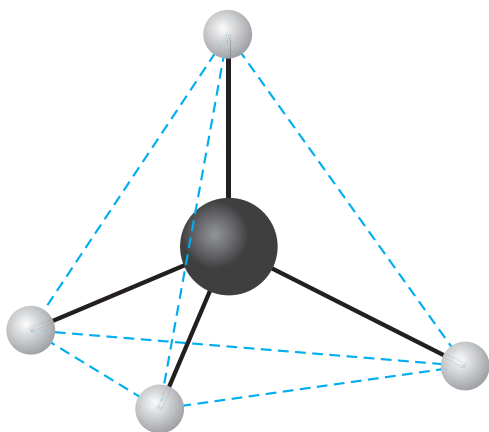
A szerves vegyületek mindegyikében megtalálható elem a *hidrogén*. Emellett jelentős a szerepe a sejtek energiatermelő folyamataiban is. Az élőlények nagy része ugyanis képes egyes szerves molekulák hidrogénjeit vízzé oxidálni, és a közben felszabaduló energiát hasznosítani az életfolyamataihoz.

A harmadikként említhető *oxigén* sokféle szerves molekula nélkülözhetetlen építőeleme.

A *nitrogén* a szerves vegyületek egy részének – a fehérjéknek és a nukleinsavaknak – alkotója, de számos más vegyület összetételében is fontos sze-

1 H																	2 He									
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne			
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar			
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr									
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe									
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Ti	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn									
87 Fr	88 Ra	89 Ac																								
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu										
			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr										

1.1. ábra. A biogén elemek helye a periódusos rendszerben



1.2. ábra. A szénatom négy erős kovalens kötést tud kialakítani más atomokkal (a modellen a fekete gömb a szénatomot, a fehér gömbök a hidrogént jelölik)

repet játszik. Ilyen például a rovarok vázát felépítő kitin is.

Másodlagos biogén elemek

A biogén elemek másik csoportja vagy lényegesen kisebb mennyiségben vesz részt a biogén molekulák felépítésében, vagy csak segíti azok működését. Ezek képezik a **másodlagos biogén** elemek csoportját. Közéjük tartozik a például a kalcium

Másodlagos biogén elemek kimutatása

Anyagok és eszközök: lomblevél, olló, szűrőpapír, cseppentő, porcelántégely, tégelyfogó, gázégő, gyufa, 30%-os salétromsav-oldat (HNO_3), két kémcső, nátrium-foszfát-oldat (Na_3PO_4), ezüst-nitrát-oldat (AgNO_3)

Végrehajtás: Vastagabb friss lombleveleket vágjunk vékony csikokra, és hevítsük egy porcelántégelyben gázláng fölött, amíg hamuvá nem esik szét. A hamut oldjuk fel 30%-os salétromsavban, a kapott oldatot szűrjük le szűrőpapíron, majd a szűrletet osszuk kétfelé egy-egy kémcsőbe. Az egyik feléhez csöpögtessünk nátrium-foszfát-oldatot, a másik feléhez ezüst-nitrát-oldatot.

- Mit észlelünk mindkét kémcsőben?
- Nézz utána, melyik másodlagos biogén elemeket sikerült kimutatnunk a két reakcióval!

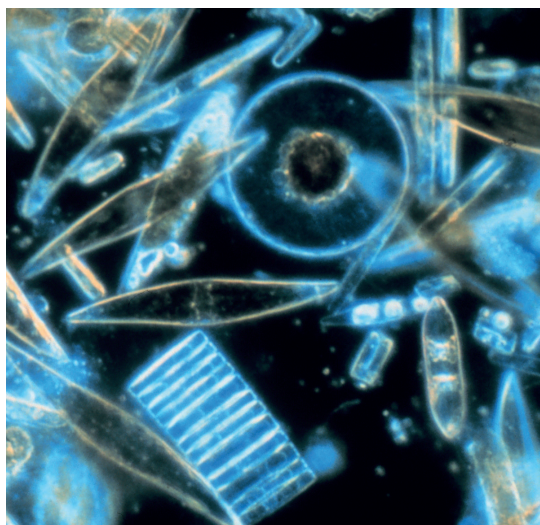
(Ca), a magnézium (Mg), a foszfor (P) a kén (S), a nátrium (Na), a kálium (K), a vas (Fe), a klór (Cl). Egyesek szerkezetépítő anyagok (S, P), mások (pl. a vas, amely Fe^{2+} és Fe^{3+} formában is stabil állapotú) alkalmasak arra, hogy elektronleadóként vagy elektronfelvételként redoxifolyamatokban vehessenek részt.

Nyomelemek

A biogén elemek között vannak olyanok is, amelyek bár csak igen kis mennyiségben szükségesek, mégis nélkülözhetetlenek. Mivel csak nyomokban mutathatók ki a szervezetekből, **nyomelemeknek** nevezzük őket. Ilyen például a jód (I, a tiroxin nevű hormon egyik alkotóeleme) (1.3. ábra) és a kobalt (Co, a B₁₂-vitamin összetevője). A nyomelemek egy része csak egyes élőlénycsoportok számára fontos. Ilyen például a szilícium (Si), ami néhány moszatfaj és szivacsfaj kovavázában található (1.4. ábra), a fluor (F), ami az emlősök fogzománcába épül be, vagy a bór (B), ami számos növény fejlődéséhez szükséges.



1.3. ábra. Az emberi szervezet számára szükséges a jód. Ahol az ivóvízben nincs elegendő belőle, ott a jódosított sóval történő ételízesítéssel juthatunk hozzá.



1.4. ábra. Kovamoszatok

Nézz utána, melyik élőlénycsoport számára nélkülözhetetlen nyomelem a stroncium!

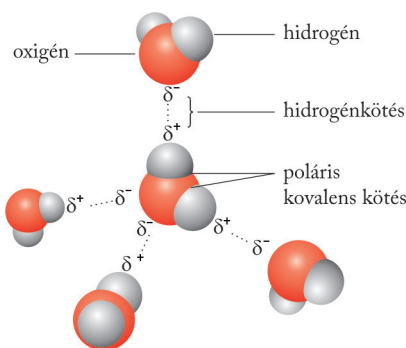
Keress adatokat arról, hogy milyen a biogén elemek előfordulási gyakorisága az élettelen természetben és az élő szervezetekben!

Egyes élőlények szervezetében bizonyos elemek, vegyületek nagy mennyiségben felhalmozódnak. Ezt bioakkumulációs képességnek nevezzük. Keress példákat erre az interneten!

Szervetlen biogén vegyületek

Az élővilág számára a legjelentősebb szervetlen vegyület a **víz** (H₂O). Szerkezetéből adódó tulajdonságai lehetővé teszik, hogy részt vegyen a sejtek felépítésében és a bennük lejátszódó biokémiai folyamatokban egyaránt.

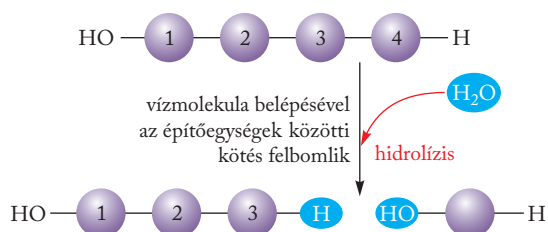
A vízmolekulában az oxigén- és a hidrogénatomokat erős kovalens kötés tartja össze. A kötő elektronpárok helyzete miatt a hidrogénatomok körül az elektronsűrűség csökken, az oxigénatom körül pedig nő, ezért a víz poláris anyag (1.5. ábra). A részlegesen pozitív töltésű hidrogén a másik vízmolekula részlegesen negatív töltésű oxigénjével *hidrogénkötés* létrehozására képes. A két molekulát így, másodlagos kémiai kötés, hidrogénhíd kapcsolja össze, ezért a víz olvadáspontja és forráspontja a hasonló tömegű molekulákéhoz képest magas.



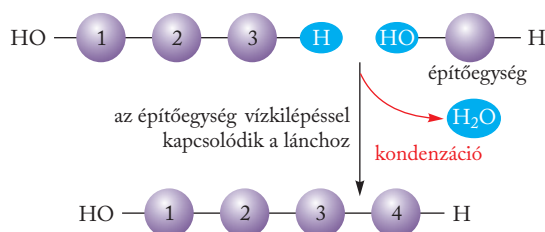
1.5. ábra. A víz poláris molekula, hidrogénkötés kialakítására képes

A víz számos anyag kiváló oldószere. Ezek közül a vízben disszociáló ionvegyületek ionjait a poláris vízmolekulák körbefogják, elválasztják egymástól és oldatba viszik. A *hidrátburok* megakadályozza az ionok újbóli összekapcsolódását. Így oldódik például a konyhasó. A poláris szerves molekulák egy része is jól oldódik vízben. Ezek ugyanis olyan funkciós csoportokat tartalmaznak, amelyek a víz-

a) Hidrolízis



b) Kondenzáció



1.6. ábra. A víz mint reakciópartner

molekulákkal hidrogénkötést képesek kialakítani. Ilyenek például a hidroxilcsoportokat tartalmazó cukormolekulák. Az apoláris vegyületek vízben nem oldódnak, mert nem képesek a vízzel hidrogénkötés kialakítására.

A víz nemcsak reakcióközeg, hanem reakciópartnerként (1.6. ábra) is fontos szerepe van a sejt életfolyamataiban.

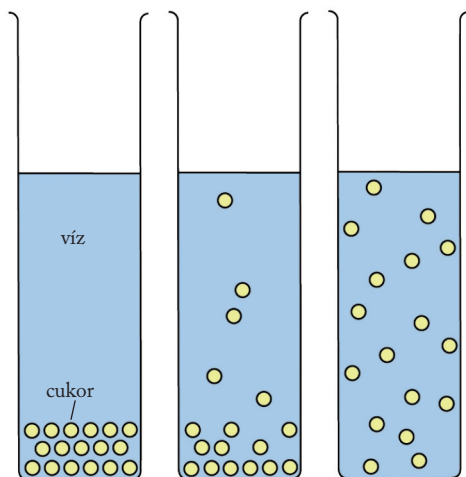
Diffúzió megfigyelése

Anyagok és eszközök: állólombik, kálium-permanganát- (KMnO_4) por, víz

Végrehajtás: Kevés porrá tört kálium-permanganátra óvatosan rétegezzünk vizet! 24 óra elteltével nézzük meg a lombikot!

- Mit észlelünk kevergetés és melegítés nélkül is?

Ha egy oldatban nem egyenletes a koncentráció, akkor a részecskék a nagyobb koncentrációjú helyekről a kisebb koncentrációjú helyek felé áramlanak, miközben a koncentrációkülönbség az oldatban kiegyenlítődik. Ez a **diffúzió** folyamata (1.7. ábra).



1.7. ábra. A diffúzió jelensége

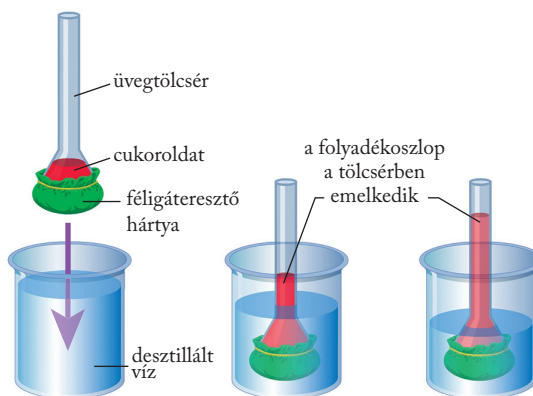
Ozmózis vizsgálata

Anyagok és eszközök: főzőpohár, üvegtölcsér, szűrőedény, lombikfogó, szűrőállvány, befűző gumikarika, kis méretű celofánzacskó, cukoroldat, víz

Végrehajtás: Egy üvegtölcsérre kötött celofánzacskóba töltünk tömény cukoroldatot! Merítjük a zsákot egy tiszta vízzel megtöltött edénybe!

- Mit észlelünk kevergetés és melegítés nélkül is?
- Mi lehet a bekövetkezett változás oka?

Mi történik akkor, ha cukoroldatot és desztillált vizet féláteresztő hártyával választunk el egymástól? Mint a diffúzió során, az oldott anyag részecskéi ebben az esetben is egyenletes eloszlásra törekednek. Útjukat állja azonban a **féláteresztő hártya**, amelyen csak az oldószer kisebb molekulái – a víz – léphetnek át szabadon. A nagyobb molekulájú oldott anyag – a cukor – viszont nem, vagyis csak a víz áramlik a féláteresztő hártyán át a töményebb oldat felé. Ezt a jelenséget **ozmózisnak** nevezzük (1.8. ábra). Mivel a sejthártya is féláteresztő sajátosságú, az ozmózisnak igen nagy jelentősége van egyes biológiai folyamatokban, például a gyökérszőrök sejtjei ozmózissal veszik fel a vizet a környezetükből.



1.8. ábra. Az ozmózis jelensége

A szervetlen biogén vegyületek többsége, például a kálium-klorid és a nátrium-klorid vízben oldott állapotban, ionosan fordul elő az élőlényekben. Szervetlen vegyületeket kristályos formában csak kevés helyen találunk a szervezetekben. Növ-

vényekben kristályzárványként fordulnak elő a sejtek citoplazmájában. A gerinctelenek körében például kristályos mész képezi a csigaházak falát, a gerincesekben a szervetlen kalcium-foszfát és kalcium-karbonát van a csontokban.

Érdeklődőknek

Az ozmózis mérése

Az ozmózis mértékét nyomásértékkel szokták kifejezni. Kísérleti körülmények között ugyanis a töményebb oldatra gyakorolt nyomással lehet a víz beáramlását megakadályozni, a nyomás nagysága pedig a két, féligáteresztő hártyával elválasztott oldat koncentrációkülönbségének a függvénye. Ha az ozmózis kísérletet (1.9. ábra) úgy hajtjuk végre, hogy a főzőpohárba töltött desztillált vízbe függőlegesen egy olyan dugattyút helyezünk, amelynek alsó végét féligáteresztő hártyával (celofán, pauszpapír, állati bél stb.) lezártuk, a dugattyú hengerébe, a lapja és a féligáteresztő hártya közé pedig tömény cukoroldatot töltöttünk, a fellépő ozmózis miatt a dugattyú felemelkedését fogjuk tapasztalni. Ha a dugattyúra éppen akkor nyomást gyakorlunk, hogy a vízbeáramlást megszüntessük, azaz a felemelkedést megakadályozzuk, a két oldat közötti ozmotikus viszonyok jellemzésére alkalmas nyomásértéket kapunk, amit ozmózisnyomásnak nevezünk.



1.9. ábra. Ozmózis

Érdeklődőknek

A víz fizikai tulajdonságai

A víz fizikai sajátosságai, a kémiai tulajdonságaihoz hasonlóan biológiai szempontból igen jelentősek, és számos sejtbiológiai, élettani, valamint ökológiai folyamat szempontjából meghatározóak. *A víznek nagy a felületi feszültsége*, ezért egyes, szabadon lebegő, magas víztartalmú sejtek gömb alakúak benne. Az emiatt rugalmas hártyaként „működő” felszíne sajátos élettér, számos apró rovar él a felszínén (molnárpóloskák, keringőbogarak stb.), amelyek a felületre hulló pollennel, szerves törmelékekkel, kisebb rovarokkal táplálkoznak. Nagy a *hőkapacitása (fajhője)* is, ezért a citoplazma magas víztartalma megakadályozza a sejtek erős hőingadozását, mivel az anyagszere-folyamatok által termelt hő a test hőmérsékletét csak lassan emeli. Jelentős a nagy víztömegek környezetük hőingadozását mérséklő szerepe is. *Párolgáshője* ugyancsak magas, ezért fontos szerepet játszik a szervezetek hőszabályozásában. Az ember például verejtékezéssel, a növények párologtatással tudnak a felesleges hőtől megszabadulni.

Kérdések és feladatok

- 1 Miért nem helyes fontos és kevésbé fontos biogén elemekről beszélni?
- 2 Nézz utána, hogy mi a szerepe a NO_3^- -nak és a HCO_3^- -nak az élővilágban!
- 3 Vékony uborkaszeleteket sózz meg egy tányéron! Mit tapasztalsz fél óra elteltével?
- 4 Miért lehet halálos következménye is annak, ha valaki sok tengervizet, illetve desztillált vizet iszik?

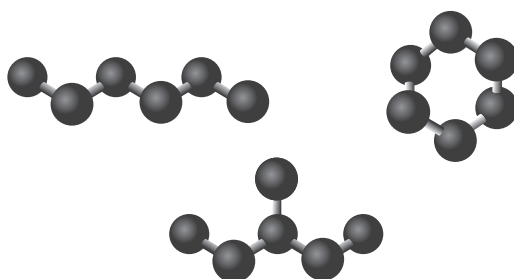
2. lecke

Oxigéntartalmú szerves vegyületek



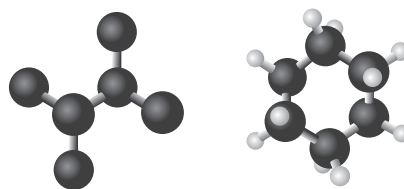
Az ismert szerves vegyületek száma több millió. A közöttük való eligazodást azonban megkönnyíti néhány általános szabályszerűség.

- Valamennyi szerves vegyület váza egy hosszabb-rövidebb szénlánc, amely lehet egyenes, elágazó és gyűrűvé is záródhat (2.1. ábra). Bennük a szénatomok között egy, két vagy három kovalens kötés is kialakulhat.



2.1. ábra. Különböző alakú szénláncok (a fekete gömbök szénatomokat jelölnek)

- A legegyszerűbb esetekben a szénatomokhoz csak hidrogének kapcsolódnak, ezek a *szénhidrogének* (2.2. ábra).



2.2. ábra. Elágazó és gyűrűs szénhidrogének (a fehér gömbök hidrogénatomokat jelölnek)

Szénhidrogén oldódása vízben

Anyagok és eszközök: kémcső, kémcsőállvány, benzin (C_nH_{2n+2}), víz

Végrehajtás: Egy kémcsövet töltünk meg félig vízzel, majd öntsünk rá ujjnyi benzint! Alaposan rázzuk össze a kémcső tartalmát, majd állítsuk egy kémcsőállványba!

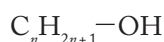
- *Mit tapasztalunk? Miért?*

- A szénhidrogének – mivel a szénhidrogéncsoportok apolárosak – vízben gyakorlatilag nem oldódnak.
- A hidrogént egyéb atomok – leginkább oxigén, nitrogén, kén, foszfor – helyettesíthetik, vagy be is épülhetnek a szén- és a hidrogénatom közé. Ennek következtében a molekularészlet sajátossága megváltozik, *funkciós csoport* jön létre.

A legfontosabb oxigéntartalmú szerves vegyületek

Az alkoholok

Ha a szénlánc szénatomja és a hidrogén közé egy oxigénatom épül be, **alkoholokat** kapunk (2.3. ábra), azaz az alkoholok a szénhidrogének oxidációs termékei. Létrejöttüket úgy is elképzelhetjük, hogy a szénhidrogén egy vagy több hidrogénatomját hidroxilcsoportra cseréljük. Az alkoholok funkciós csoportja ennek megfelelően a $-\text{OH}$ -csoport.



2.3. ábra. A telített egyértékű alkoholok általános összegképlete

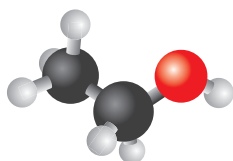
Etil-alkohol oldódása vízben

Anyagok és eszközök: kémcső, kémcsőállvány, etil-alkohol, víz

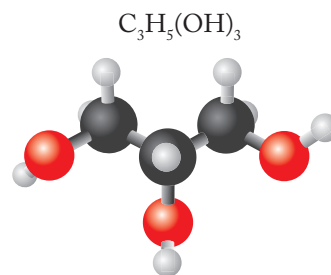
Végrehajtás: Egy kémcsövet töltsünk meg félig vízzel, majd öntsünk rá ujjnyi etil-alkoholt! Alaposan rázzuk össze a kémcső tartalmát, majd állítsuk egy kémcsőállványba!

- Mit tapasztalunk? Miért?
- Indikátorpapírral állapítsuk meg az oldat kémhatását!

A molekula hidroxilcsoport felőli vége poláris, ezért a kis szénatomszámú alkoholok vízben jól oldódnak. Kémhatásuk semleges. Az egyértékű alkoholok egy, a kétértékűek kettő stb. $-\text{OH}$ -csoportot tartalmaznak. Egyértékű alkohol például az etil-alkohol vagy etanol (2.4. ábra), háromértékű a glicerín (2.5. ábra). Etil-alkohol keletkezik például az élesztőgombák anyagcseréje során. A glicerín ugyancsak fontos anyagcseretermék.



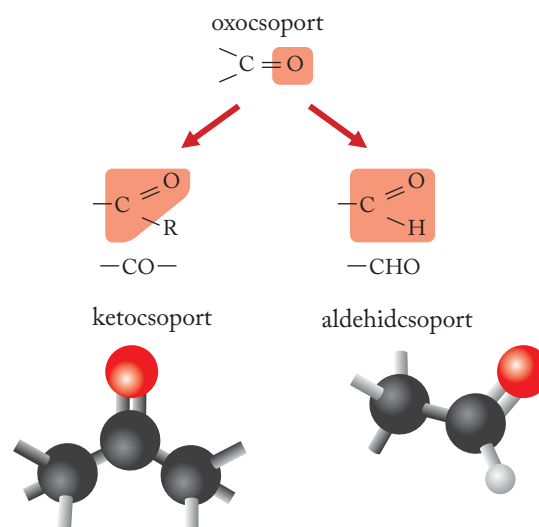
2.4. ábra. Az etil-alkohol összegképlete, gyökcsoportos képlete és modellje (a piros gömbök oxigénatomokat jelölnek)



2.5. ábra. A glicerín összegképlete és szerkezeti modellje

Az oxovegyületek

Az **oxovegyületek** az alkoholok további oxidációjával származtathatók, bennük az oxigénatom két kovalens kötessel kapcsolódik egy szénatomhoz. A láncvégi oxocsoport az *aldehid funkciós csoport*, a láncközi a *ketocsoport* (2.6. ábra). A két csoport kémiai viselkedésében lényeges különbség, hogy az aldehidcsoport a benne lévő szénatom és hidrogénatom közé nagyon könnyen vesz fel oxigént, tehát erősen redukáló hatású. Oxidációja során *karboxilcsoporttá* alakul. Ez a reakció a ketonokra nem jellemző.

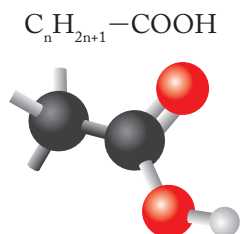


2.6. ábra. Az aldehid- és a ketocsoport szerkezeti képlete és modellje

A kisebb szénatomszámú aldehidek és a ketonok közül néhány a sejtek anyagfelépítő és anyaglebontó folyamataiban fontos átmeneti termék. Néhány aldehid azonban – például egyes növényekben – mint végtermék halmozódik fel a magvakban vagy a termésekben, esetleg a fák, bokrok kérgében. A fűszernövényként jól ismert fahéj sokak által kedvelt aromáját is egy aldehid, a fahéjaldehid adja. Fűszerként a cserje szárított kérgét használjuk.

A karbonsavak

A **karbonsavak** az aldehidek további oxidációjával nyerhetők, bennük a szén oxidáltabb, három kötéssel kapcsolódik oxigénhez. Funkciós csoportjuk az erősen poláris *karboxilcsoport* (2.7. ábra), azaz COOH . A rövid szénláncú karbonsavak vízben jól oldódnak.



2.7. ábra. A telített egyértékű karbonsavak általános összegképlete és a karboxilcsoport modellje

Ecetsav kémhatásának megállapítása

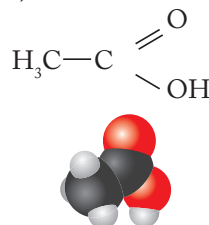
Anyagok és eszközök: kémcső, kémcsőállvány, ecetsav-oldat, víz

Végrehajtás: Egy kémcsövet töltsünk meg félig vízzel, majd öntsünk bele 1–2 cm³ ecetsavat! Rázzuk össze a kémcső tartalmát, majd állítsuk egy kémcsőállványba!

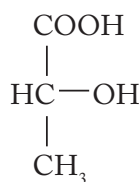
- *Indikátorpapírral állapítsuk meg az oldat kémhatását!*

A karboxilcsoport hidrogénje vizes oldatban könnyen disszociál, ezért a karboxilcso-

portot tartalmazó vegyületek savak. A csoportok száma szerint egy-, két-, három- stb. értékű karbonsavakat ismerünk. A sejtek anyagcsere-folyamataiban számos szerves sav fontos szerepet játszik. Ilyen például az ecetsav (2.8. ábra) és a tejsav (2.9. ábra).



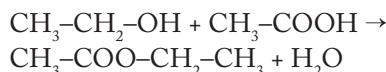
2.8. ábra. Az ecetsav szerkezeti képlete és modellje



2.9. ábra. A tejsav gyökcsoporthoz tartozó képlete

A karbonsavak és az alkoholok megfelelő körülmények között reagálnak egymással, és *vízki lépés* közben a két funkciós csoport észterkötés kialakításával összekapcsolódik. A keletkező vegyületek az észterek.

Például az etil-alkohol ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$) és az ecetsav (CH_3-COOH) reakciója esetén etil-acetát észter keletkezik:



Kérdések és feladatok

- 1 Mit értünk funkciós csoporton? Milyen funkciós csoportokról volt szó a leckében?
- 2 A citromsav háromértékű szerves sav, középső szénatomján alkoholos hidroxilcsoporttal. A molekula összegképlete: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$. Szerkeszd meg a molekula szerkezeti képletét!
- 3 Maximálisan hány értékű lehet egy öt szénatomos aldehyd?
- 4 Van-e összetételbeli különbség egy három szénatomos egyértékű aldehyd és egy három szénatomos keton között?
- 5 Írd fel a három ecetsavval alkotott glicerinszter szerkezeti képletét!
- 6 Állítsd a szénatom eloxidáltságának a mértéke szerint növekvő sorba az oxigéntartalmú vegyületeket!

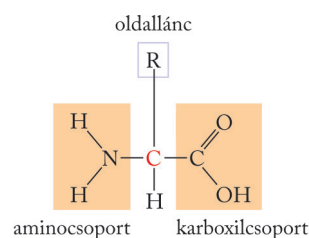
3. lecke

Nitrogéntartalmú szerves vegyületek

Az aminok

Az *aminok* olyan szénvegyületek, amelyek molekulájában egy ammóniából (NH_3) egy hidrogén elvételevel származtatható aminocsoport ($-\text{NH}_2$) kapcsolódik kovalens kötéssel egy szénatomhoz.

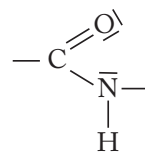
Az aminocsoport poláris, ezért a rövid szénláncú aminok vízben oldódnak. Vizes oldatokban a funkció csoport bázikus kémhatást eredményez, mivel a nitrogén nemkötő elektronpárja a vízmolekulától sav-bázis reakcióban protont vesz fel, ezért az oldatban túlsúlyba kerülnek a hidroxidionok. Számos biológiailag fontos aminosav ismert. Közülük legjelentősebbek az **aminosavak**. Az aminosavak az aminocsoporton kívül egy karboxilcsoportot is tartalmaznak (3.1. ábra).



3.1. ábra. A fehérjéket felépítő aminosavak általános felépítése

Az amidok

Az amidok karbonsavakból és aminokból vízkilépés közben keletkező vegyületek. Az amidkötésben a nitrogén nemkötő elektronpárja és az oxigén nemkötő elektronpárjai delokalizálódnak (3.2. ábra). A fehérjéket felépítő aminosavak amidkötéssel, más néven peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz.



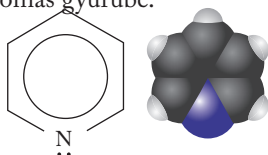
3.2. ábra. Az amidcsoport szerkezeti képlete

A heterociklusos vegyületek

Biológiai szempontból rendkívül fontosak a nitrogéntartalmú **heterociklusos vegyületek**. A hetero- előtag (jelentése más, eltérő) arra utal, hogy a nitrogén a szénláncban egy szén helyén épült be a molekulába, a ciklusos szó pedig a molekula gyűrűs szerkezetére utal. Közös sajátosságuk, hogy elektronszerkezetükre delokalizált elektronokból álló

aromás gyűrű jellemző, amely a molekulát igen stabilá teszi. Az aromás gyűrű kialakításához minden esetben hat elektronnra van szükség.

Közülük a *piridin* (3.3. ábra) hattagú gyűrűje öt szénatomból és egy nitrogénatomból áll. A szénatomok és a nitrogén is egy-egy kötőelektronját adja be az aromás gyűrűbe.



3.3. ábra. A piridin szerkezete

Piridin kémhatásának megállapítása

Anyagok és eszközök: kémcső, kémcsőállvány, piridin, víz

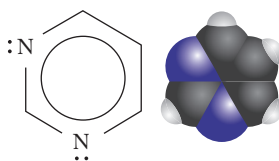
Végrehajtás: Egy kémcsövet töltünk meg félig vízzel, majd öntsünk rá ujjnyi piridint! Alaposan rázzuk össze a kémcső tartalmát, majd állítsuk egy kémcsőállványba!

- Indikátorpapírral állapítsuk meg az oldat kémhatását!

FIGYELEM! A kísérletet csak fülke alatt hajthatjuk végre!

A molekula poláris, vízben oldódik és enyhén lúgos kémhatású. Ugyanis a nitrogén, az aminokhoz hasonlóan, a nemkötő elektronpárja révén a víztől protont vesz fel. Az egy karboxilcsoportot tartalmazó piridin a nikotinsav.

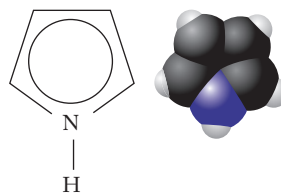
A piridinhez hasonló szerkezetű és tulajdonságú a *pirimidin* (3.4. ábra), de heteroatomként két nitrogént tartalmaz.



3.4. ábra. A pirimidin szerkezete

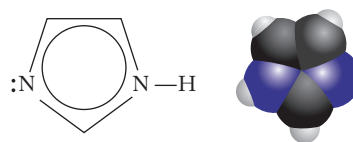
Velük szemben a *pirrol* (3.5. ábra) csak öttagú gyűrűből áll, egy heteroatom nitrogénnel. Az aromás szerkezet mégis létrejön, mert a kialakításához szükséges hat elektronnál egyet-egyét a négy szénatom, kettőt a nitrogénatom szolgáltat a nemkötő

elektronpárja révén. A nitrogén harmadik vegyértékéhez hidrogén kapcsolódik. Ez a hidrogén könnyen disszociál, ezért a pirrol vizes oldatában savas jellegű.



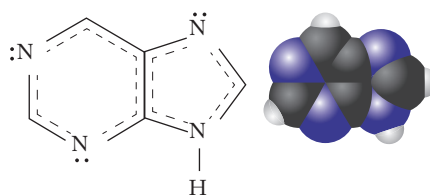
3.5. ábra. A pirrol szerkezete

A pirrolhoz hasonlóan az *imidazol* (3.6. ábra) is ötös gyűrű, de két heteroatom nitrogént tartalmaz. Közülük az egyik a pirrol nitrogénjéhez hasonlóan két elektront ad az aromás gyűrűbe, ez savas jellegű. A másik nitrogén viszont bázikus karakterű, mivel nemkötő elektronpárja proton felvételére képes. Ezért a molekula *ikerion*-jellegű. A biológiai folyamatokban betöltött szerepe is ezzel kapcsolatos: olyan molekulák alkotórésze, amelyek protoncsere-folyamatokat katalizálnak.



3.6. ábra. Az imidazol szerkezete

A *purin* egy pirimidin és egy imidazol „összeolvadásaként” képzelhető el (3.7. ábra). Nitrogénjei is ennek megfelelően viselkednek. Származékai a nukleinsavak nélkülözhetetlen alkotóvegyületei.

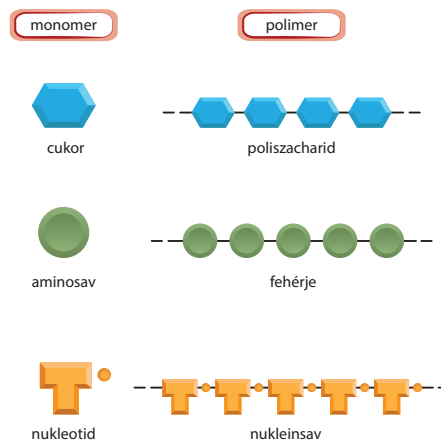


3.7. ábra. A purin szerkezete

A heterociklusos nitrogéntartalmú vegyületek részt vesznek számos biológiailag fontos összetett vegyület felépítésében. Élettani hatásuk is jelentős, nélkülözhetetlen vitaminok alkotórészei. Egyes növényekben előforduló származékaik viszont az emberre halálos mérget jelentenek. Például a piridin származéka a nikotinsav is.

Makromolekulák

A szerves vegyületek többsége **makromolekula**, ami azt jelenti, hogy relatív molekulatömegük akár több ezer is lehet. A makromolekulák felépítésére a „legőlv” jellemző. Nem túl sokféle, de nagyszámú kis molekula („építőelem”, ún. monomer) összekapcsolódásával jönnek létre, polimer keletkezik, (3.8. ábra). A számuk szinte korlátlan egy molekulában, így a kombinálódási lehetőségeik határtalanok. Közös jellemzőjük továbbá, hogy az építőelemek vízkilépés közben – *kondenzációs reakcióval* – kapcsolódnak össze, és víz beépülésével – *hidrolízissel* – bonthatók (1.6. ábra).



3.8. ábra. Monomer és polimer

Érdeklődőknek

A reverzibilis hidrogénszállítás

A reverzibilis hidrogénszállítás a nikotinsavamid-csoportot tartalmazó szerves molekulák fontos működése. Ezt a működést a molekulák szerkezete teszi lehetővé. A nikotinsav hetero-nitrogénje, ha egy másik – a biogén vegyületek esetében szén – atomhoz kapcsolódik, négy vegyértékű, ezért egy pozitív töltése van. Emiatt elektronfelvételle hajlamos, és ha lehetősége nyílik rá, fel is vesz egy elektront, amellyel a pozitív töltésfeleslegét megszünteti. Ekkor azonban a nikotinsav aromás szerkezete összeomlik, hiszen ezzel a nitrogénmolekulának nem egy vegyértékelektronja van az aromás gyűrűben, hanem a nemkötő elektronpárja. Az aromás rendszer megszűnésének következtében a nitrogénnel para-helyzetben lévő szénatomnak egy szabad vegyértékkötése lesz. A szénatom egy újabb elektron, valamint egy proton (azaz egy hidrogénatom) felvételével stabilizálja magát. A folyamat reverzibilis: ha egy redoxrendszer át tudja venni a nitrogén elektronját, az aromás szerkezet visszarendeződik, és a szénatom is leadja a környezetének a protont és az elektront.

Kérdések és feladatok

- 1 Mit értünk heterociklusos gyűrűn?
- 2 Mi jellemző az aromásgyűrű-szerkezetre?
- 3 Hasonlítsd össze egymással a kondenzációs reakciót a hidrolízissel!
- 4 Írd fel a purin összegképletét!

4. lecke

A lipidek



A **lipidek** különböző kémiai szerkezetű anyagok, közös jellemzőjük, hogy vízben oldhatatlanok, ellenben jól oldódnak zsírolgó szerekben, például benzolban, benzinben, éterben. Biológiai szempontból fontosak közülük a *neutrális zsírok*, a *foszfatidok* más néven *foszfolipidek*, a *szteroidok*, valamint a *karotinoidok*.

Apoláris anyagok oldódásának vizsgálata

Anyagok és eszközök: étkezési zsír, étolaj, kémcsövek, vegyszerkanál, víz, benzin, éter

Végrehajtás: Tegyük kevés étkezési zsírt és étolajat három-három kémcsőbe, és számozzuk meg őket! Az első pár kémcsőbe öntsünk annyi vizet, hogy félig legyen a kémcső, a másik pár kémcsőbe kb. 1 cm^3 benzint, a harmadik párba kb. 1 cm^3 étert! Alaposan rázzuk össze a kémcsöveket, és figyeljük meg a változást!

- Mit tapasztalunk az egyes kémcsövekben?

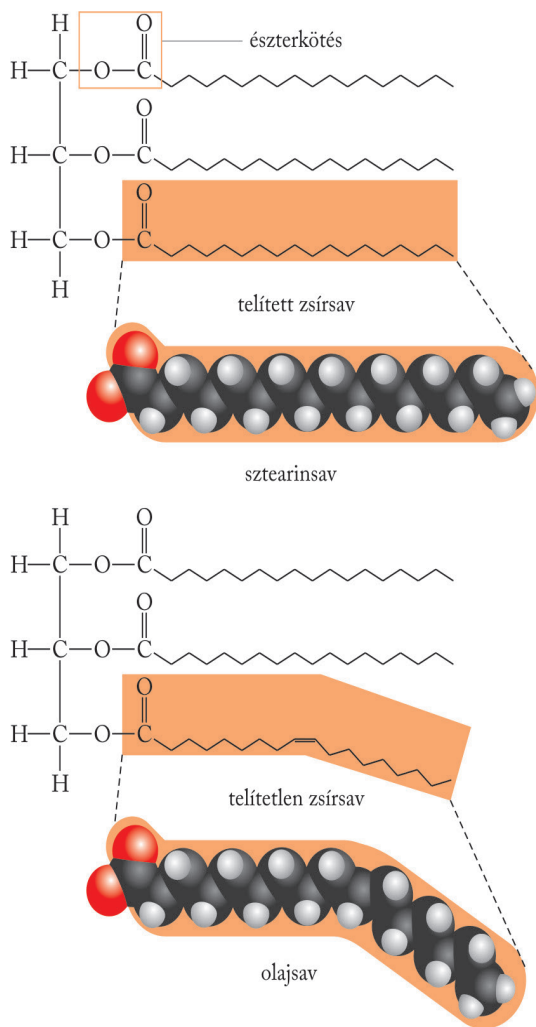
FIGYELEM! Az éter nagyon robbanékony, a kísérlet közben nyílt lángot nem használhatunk sehol a teremben!

A neutrális zsírok

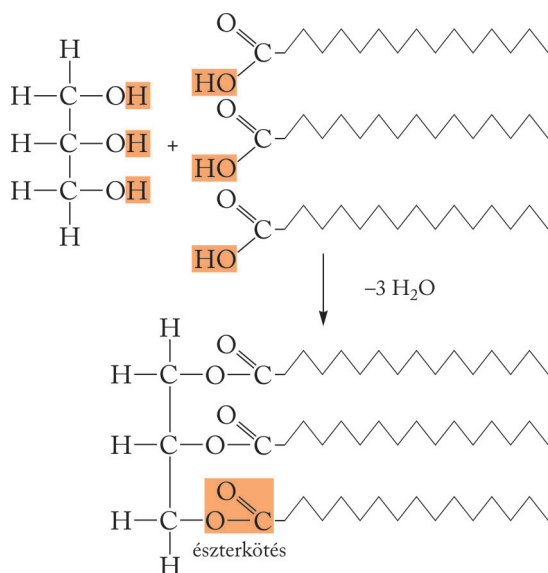
A **neutrális zsírok** molekulái *glicerinből* és *zsírsavakból* épülnek fel (trigliceridek). A természetben előforduló zsírok hosszú szénláncú szerves savakat, *palmitinsavat*, *sztearinsavat* és *olajsavat* tartalmaznak (4.1. ábra). A molekulák keletkezése kondenzációs reakcióval történik, víz lép ki a folyamatban (4.2. ábra). A zsírok molekulái az élő szervezetben víz belépésével – hidrolízissel – építőegységeikre bonthatók.

A trigliceridek kifejezéssel a vérvizsgálat eredményeit összegző laborleleten is találkozhatasz.

A neutrális zsírok a természetben leggyakrabban előforduló lipidek. A növényekben és állatokban egyaránt megtalálhatók. Főleg mint **tartalék tápanyagok** jelentősek. A tápanyagfelesleg egy része ugyanis zsírrá alakul, és felhalmozódik az élőlények szöveteiben, ami később tápanyaghiány esetén újra felhasználható. Sok állatban – pl. a fókák, a delfinek, a bálnák testében – a felhalmozódott zsír hőszigetelő. A zsírszövet fontos a mechanikai védelemben is. A zsírok oldószerek: a vitaminok egy része például kizárólag zsírban oldódik.



4.1. ábra. Sztearinsav és olajsav a neutrális zsír molekulájában



4.2. ábra. A neutrális zsírok képződése

Neutrális zsírok kimutatása biológiai anyagokból

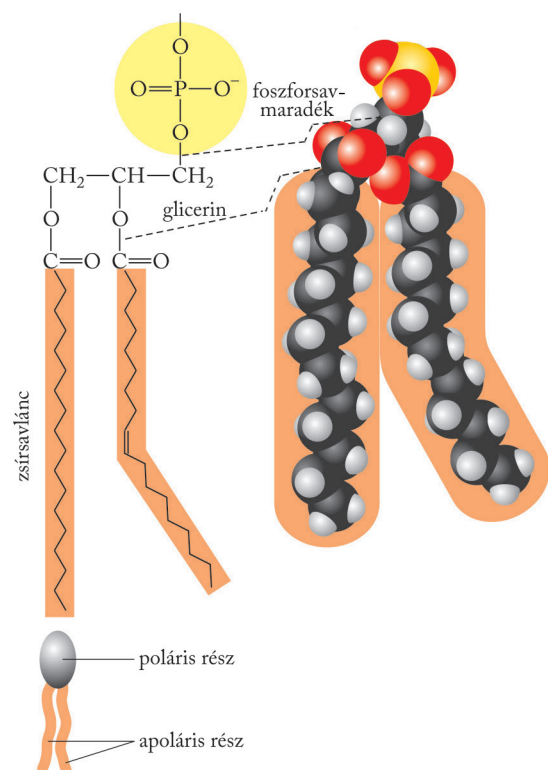
Anyagok és eszközök: napraforgómag, ricinusmag, mákgag, tej, hús darálva, Szudán-III festék alkoholos oldata, borszeszégő, dörzsmozsár törővel, kémcsőállvány, kémcsövek, vegyszerkanál

Végrehajtás: Készítsünk elő öt tiszta kémcsövet! Az elsőbe dörzsmozsárban összetört napraforgómagot, a másodikba összetört ricinusmagot, a harmadikba összetört mákgagot, a negyedikbe tejet, az ötödikbe darált húst tegyünk! A tej kivételével adjunk mindegyikhez néhány cm³ vizet, majd főzzük pár percig! Ezek után minden kémcsőbe tegyünk 3-3 csepp Szudán-III festéket! Tartalmukat jól rázzuk össze, és hagyjuk a kémcsőtartóban állni néhány percig!

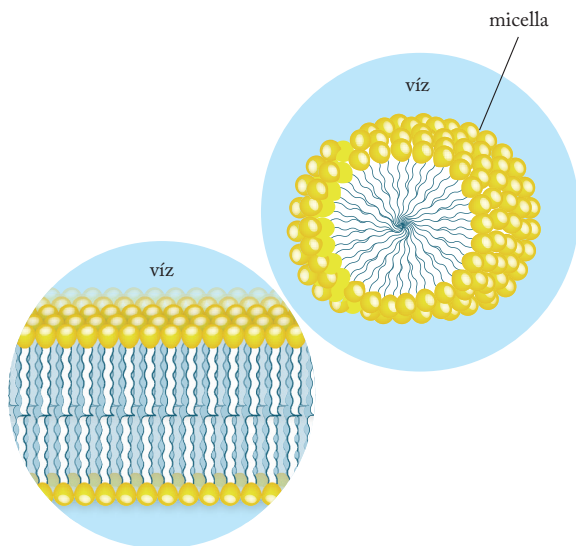
- Mit tapasztalunk az egyes kémcsövekben?
- Miért kell a Szudán-III festéket alkoholos oldatban oldani?
- Hol helyezkedik el a legtöbb Szudán-III festék az oldatokban? Mi ennek a magyarázata?

A foszfatidok (foszfolipidek)

A **foszfatidok** (4.3. ábra) olyan lipidek, amelyek molekuláiban a glicerinnel csak két zsírsav kapcsolódik, a harmadik hidroxilcsoportot egy foszforsavtartalmú vegyület helyettesíti. Legegyszerűbb képviselőjük a foszfatidsav, amelyet a különböző foszfatidok alapvegyületének is tekinthetünk. Molekulájában a glicerinnel két zsírsav mellett egy foszforsavval létesít kötést. A molekula zsírsavakat tartalmazó része kémiaiilag hasonló jellegű, mint a zsíroké, vagyis apoláris. A molekulának az a része viszont, amelyikben a foszforsav képez kötést a glicerinnel, poláris molekularészlet. Az apoláris víztaszító és a poláris vízben oldódó molekularészleteket is tartalmazó molekulák kettős oldódásúak, **amfipatikusak**. Az amfipatikus molekulák vizes közegben poláris részükkel a víz felé fordulnak, és az ugyancsak poláris vízmolekulákkal hidrogénkötéseket létesítenek, oldódnak benne. Az apoláris részük viszont vízben oldhatatlan, ezért a víz felületén kifelé fordulnak, a víz belsejében pedig önmagukkal összezáródnak, kiszorítják a vizet. Ennek eredményeként a foszfatidok vizes közeg belsejében apró cseppeket, a felületén pedig vékony hártályakat alkotnak (4.4. ábra).



4.3. ábra. A foszfatidok általános felépítése



4.4. ábra. A foszfatidmolekulák elhelyezkedése vizes közegben

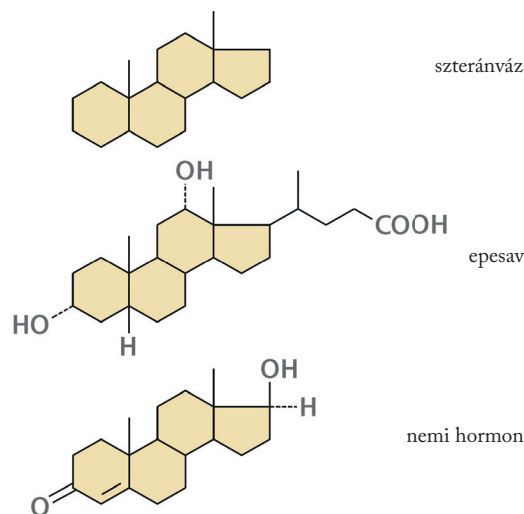
A poláris és apoláris tulajdonságaikból eredően a foszfatidok biológiai szempontból a sejtek különböző **határhártyáinak** (lipoprotein membránok) kialakításában jelentősek.

A foszfatidok többségében a foszforsavhoz erősen poláris nitrogéntartalmú molekula is kapcsolódik, ami fokozza amfipatikus jellegét.

A szteroidok

A **szteroidok** kémiaiailag rokon vegyületek, mert mindegyikük szerkezete a *szteránvázra* vezethető vissza (4.5. ábra). A szteránváz ránézésre három hat szénatomos és egy öt szénatomos gyűrűből áll. Valójában hat szénatom közös. A hozzájuk kapcsolódó oldalláncoktól és funkciós csoportoktól függően vannak közöttük apolárisak, többségük azonban a foszfatidokhoz hasonlóan poláris molekularészletet is tartalmaz, amfipatikus.

Biológiai jelentőségük sokrétű: részt vesznek a sejt szerkezeti elemeinek kialakításában, mint például a koleszterin, szteroid a D-vitamin is, és szabályozó, hormon hatású anyagok is vannak közöttük, például a nemi hormonok egy része (4.5. ábra). A szteroidok közé tartoznak az epe-savak (4.5. ábra) is, amelyeknek a zsíremésztésben van jelentőségük.

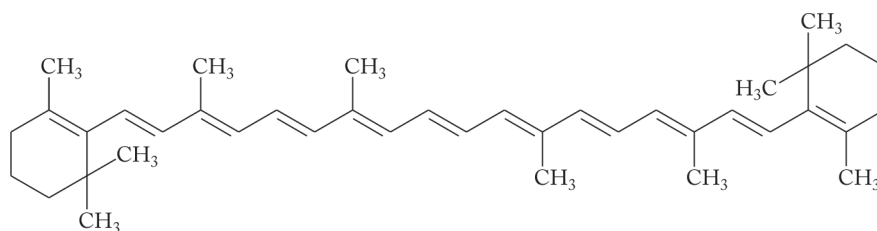
4.5. ábra. A szteránváz és néhány szteroid típusú vegyület szerkezete (az egyszerűsített képlet töréspontjaiban $-\text{CH}_2-$ csoportok vannak)

A karotinoidok

A **karotinoidok** a növény- és az állatvilágban egyaránt elterjedt vegyületek. Hosszú szénhidrogénláncokban szabályszerűen váltakoznak egymással a szén-szén közötti egyes és kettős kötések (4.6. ábra). A molekuláikon végigvonuló ilyen *konjugált kettős kötések*ből álló rendszer az alapvető oka annak, hogy már a napfény is képes a gerjesztésükre, ezért ezek az anyagok színesek, többnyire vörösek vagy sárgák. Elsősorban a növényi

festékanyagok összetevői. A sárgarépa narancsvörös színét adó karotin, a paradicsom piros színét okozó likopin vagy ősszel a levelek halvány-sárga színét elő-

idéző xantofill mind karotinoid típusú vegyület. A karotinoidok jelentősek az állati szervezetben



4.6. ábra. Az A-karotin szerkezete

is, mint például az A-vitamin képződésének kiindulási vegyületei.

Érdeklődőknek

Zsírok és olajok

A neutrális zsírok szobahőmérsékleten lehetnek szilárd halmazállapotúak, ebben az esetben beszélünk zsírokról (sertészsír), vagy folyékonyak, ebben az esetben beszélünk olajokról (napraforgóolaj). A halmazállapotot elsősorban a molekuláikat felépítő zsírsavak szénláncának telítettsége befolyásolja. A neutrális zsírok molekuláiban a telítetlen kötések számának emelkedése folyékonyabb halmazállapotot eredményez. A sertészsír főleg telített palmitin- és sztearinsavat tartalmaz, a libazsírban viszont már több az olajsav, ezért alacsonyabb az olvadáspontja. A napraforgóolaj vagy a repceolaj csak kevés telített zsírsavat tartalmaz.

A hosszabb ideig levegőn álló zsírok, olajok kémiaiilag megváltoznak. A bennük levő telítetlen kötések lassan oxidálódnak. Ez a folyamat a zsírok *avasodása*.

A növényi eredetű zsírok főleg a termések húsos részében és a magvakban találhatók. Az egyik legfinomabb étkezési olaj az olívaolaj. A mediterrán területek olajfáinak terméséből állítják elő. A hazai étolajat főleg a napraforgó magjából nyerik. Nagy olajtartalmú még a repce, a szója és a len magja is. A lenolaj sok kettős és hármas telítetlen kötést tartalmazó zsírsavakból áll, emberi fogyasztásra alkalmatlan. A feldolgozásra alkalmas állati eredetű zsírokat a tenyésztett háziállatokból és részben a tengerből kifogott halakból, valamint nagy testű tengeri emlősökből, például bálnákból nyerik. A hal-májolajok nagy mennyiségben tartalmaznak oldott A- és D-vitamint.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a lipidek közös jellemzője?
- 2 Miből és hogyan épülnek fel és hogyan bonthatók a neutrális zsírok?
- 3 Miből épülnek fel a foszfatidok? Miként befolyásolja tulajdonságaikat a szerkezetük?
- 4 Miért színesek a karotinoid típusú vegyületek?
- 5 Nézz utána, hogy mi a különbség a margarin és a vaj kémiai összetételében!
- 6 Nézz utána, milyen összetételű vegyület a lecitin, és mi a biológiai jelentősége!



A szénhidrátok



A szénhidrátok a lipidekhez hasonlóan szénből, hidrogénből és oxigénből állnak. Lehetnek **egyszerű szénhidrátok**, más néven *cukrok* vagy *sza-charidok*, és **összetett szénhidrátok**, azaz *polisza-charidok*.

Az egyszerű szénhidrátok

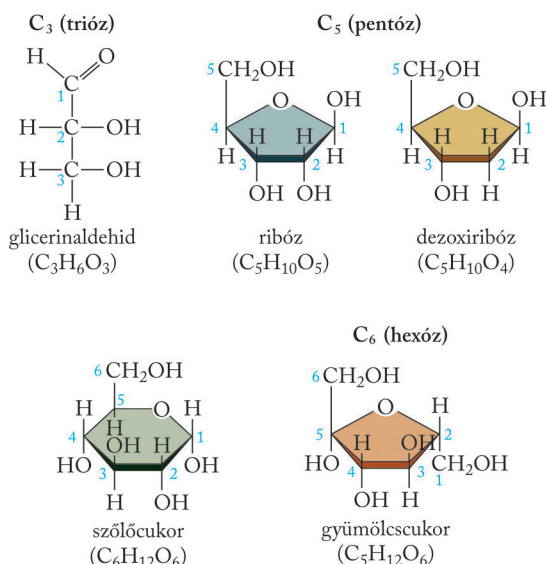
A cukrokra jellemző, hogy molekuláikban minden szénatomra két hidrogén- és egy oxigénatom esik, azaz olyan, mintha minden szénatomhoz egy víz-molekula kapcsolódna bennük. Ezért is tartották régebben őket a szén hidrátjainak. Az egyszerű cukrok szilárd halmazállapotban kristályosak, édesek, vízben jól oldódnak.

A cukrokat aszerint osztályozhatjuk, hogy hány szénatomot tartalmaznak. Biológiai szempontból a három, az öt és a hat szénatomból állók a legjelentősebbek. A három szénatomból állók a *triózok*, az öt szénatomból állók a *pentózok*, a hat szénatomból állók pedig a *hexózok* (5.1. ábra). Valamennyien „cukoregységeknek”, **monoszacharidoknak** tekinthetők, mert képesek egymással összekapcsolódni. Az öt és hat szénatomból felépülők kémiai viselkedésére jellemző, hogy kristályos állapotban egy molekulán belüli átrendeződéssel gyűrűs szerkezetet hoznak létre. A gyűrű általában a szénatomok számával megegyezően öt vagy hat tagból áll. Azonban „hetero”-gyűrű alakul ki, mert az átrendeződés következtében az első szénatom aldehid-csoportjának oxigénje a gyűrű tagja lesz, a láncvégi szénatom pedig $-CH_2 - OH$ formájában szabadon marad.

A három szénatomból álló *glicerín-aldehid* a glicerín oxidációs terméke. Egyes anyagcsere-folyamatokban keletkező köztes termék, elsősorban a foszforsavval alkotott észterszármazéka, a glicerín-aldehid-3-foszfát alakjában fordul elő. A sejtekben szabad állapotban nem található.

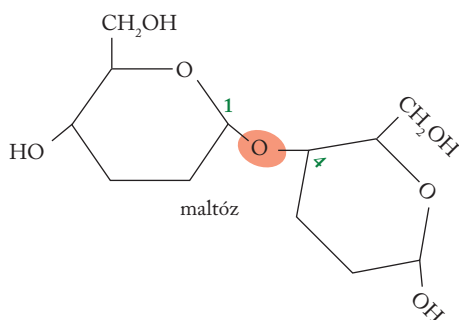
Az öt szénatomos cukrok a nukleinsavak alkotórészeként jelentősek. A *ribóz* (5.1. ábra) a DNS kivételével valamennyi nukleotid típusú vegyület építőeleme, a DNS-ben a *dezoxiribóz* (5.1. ábra) helyettesíti. A két vegyület közötti eltérést a nevük is mutatja: a dezoxiribóz-molekulában eggyel kevesebb oxigénatom található, mint a ribóz-molekulában, mert a második szénatomon a hidroxil-csoport helyén csak egy hidrogénatom van, az oxigén hiányzik.

A hat szénatomos cukrok az élővilágban leg-

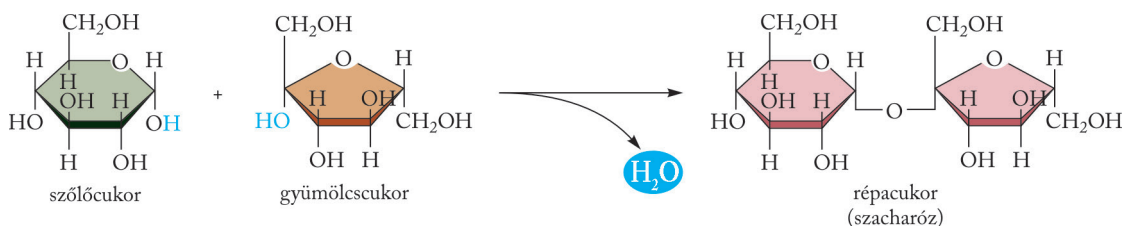


5.1. ábra. Egyszerű szénhidrátok (a cukrokat síkban fekvő gyűrű alakban szoktuk ábrázolni, úgy, hogy a szénatomokat nem írjuk ki)

gyakrabban előforduló szacharidok. Közülük is biológiai szempontból központi jelentőségű a *szőlőcukor*, más néven *glükóz* (5.1. ábra). A fotoszintézis során keletkezik, a napenergia elsődleges raktározója. Az élőlényekben a szénhidrátok szállítása elsősorban glükóz formájában történik. Az élővilágban ismert poliszacharidok többségének is glükóz az építőegysége. Fontos hat szénatomos cukor a gyümölcscukor, a *fruktóz* (5.1. ábra) is.



5.2. ábra. A maltóz szerkezete leegyszerűsített képlettel ábrázolva



5.3. ábra. A répacukor keletkezése

A kettős szénhidrátok

A monoszacharidok vízkilépés közben két cukoregységből álló **diszacharidokká** kapcsolódhatnak össze. A diszacharidok fizikai és kémiai sajátosságai a monoszacharidokéval egyezik meg, kristályosak, édesek, vízben jól oldódnak. A legjelentősebb diszacharidok: a két szőlőcukorból összekapcsolódó malátacukor, a *maltóz* (5.2. ábra), és az egy szőlőcukorból és egy gyümölcscukorból kialakuló *répacukor*, a *szacharóz* (5.3. ábra). Diszacharid az anyatejben lévő tejcukor, a *laktóz* is.

Az összetett szénhidrátok

A **poliszacharidok** monoszacharidokból kondenzációval keletkeznek. Szilárd halmazállapotban porszerűek vagy szálasak, nem édesek, vízben rosszul vagy egyáltalán nem oldódnak. A három legjelentősebb poliszacharid a *keményítő*, a *glikogén* és a *cellulóz* egyaránt a szőlőcukor kondenzációs termékei. A rovarok és a gombák külső vázát alkotó *kitin* is poliszacharid. A cellulózhoz hasonló felépítésű, de nitrogént is tartalmaz.

A **keményítő** nem egységes vegyület, hanem két eltérő szerkezetű összetevőből, *amilózból* és *amilopektinből* áll. Mindkét típusú makromolekula több száz glükózmolekulából épül fel. Az amilózból a glükózmolekulák elágazás nélküli láncot alkotnak, és a hosszú amilózmolekula spirális for-

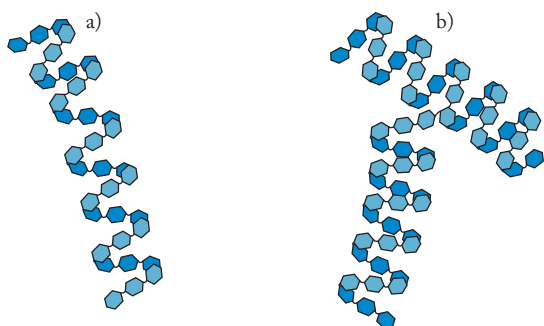
Keményítő kimutatása

Anyagok és eszközök: burgonyagumó, kés, porcelántálka, Lugol-oldat, cseppentő

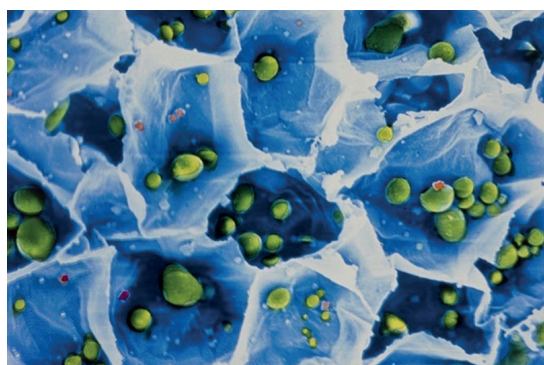
Végrehajtás: Egy vékony burgonyagumó-szeletet tegyünk porcelántálkába, majd cseppentsünk rá néhány cseppet a Lugol-oldatból!

• Mit tapasztalunk?

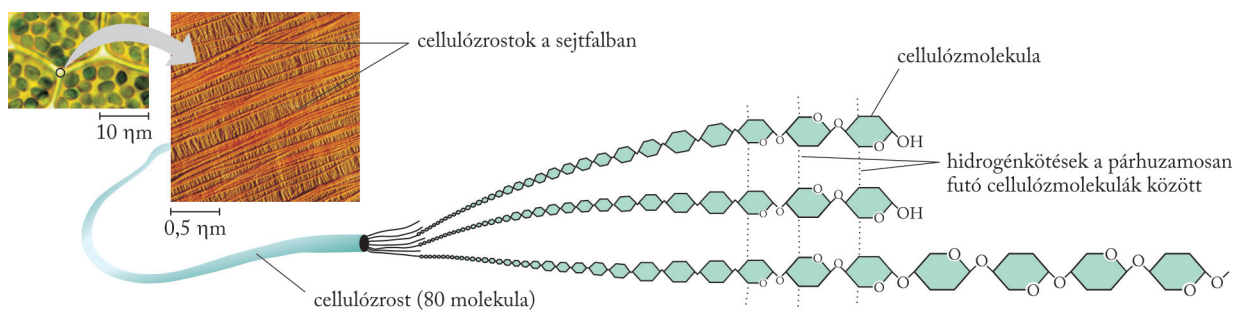
májú lesz (5.4 a. ábra). Ez a szerkezet teszi lehetővé a keményítő igen egyszerű kimutatását. A Lugol-oldat ugyanis kálium-jodidos jódoldat, és a jódmolekulák méretüknél fogva éppen beférnek az amilóz spiráljába, és be is lépnek oda. Egyszerű fizikai folyamat, ám következményeként megváltozik a molekula fényelnyelése, a fellépő mélykék színeződés a keményítő jelenlétét jelzi. Az amilopektin az amilózzal ellentétben gazdagon elágazik (5.4. b. ábra). A keményítőben az amilóz- és amilopektin-részletek rendezetlenül fordulnak elő. A keményítő a növények **tartalék energiaforrása**, a fotoszintézis során keletkező szőlőcukor ebben a formában raktározódik.



5.4. ábra. Az amilóz (a) és az amilopektin (b) felépítése

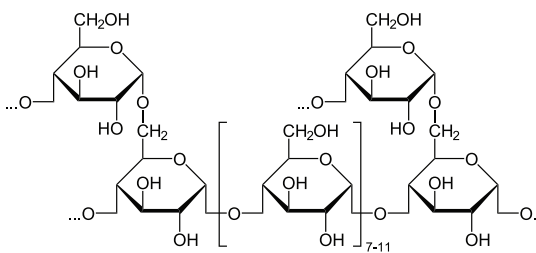
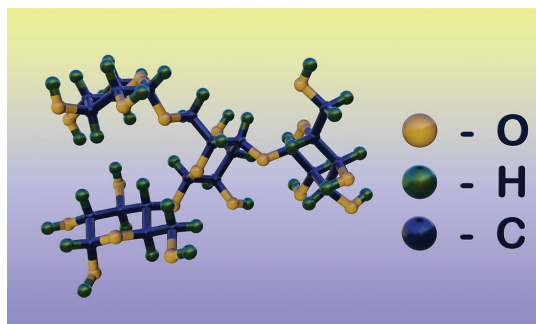


5.5. ábra. A burgonya keményítőszemcséinek térbeli elektronmikroszkópos képe



5.7. ábra. A cellulóz felépítése

A **glikogén** – szokták állati keményítőnek is nevezni – a gombák, az állatok és az ember szervezetében tartalék energiaforrás. A glikogén is glükózmolekulákból épül fel. Szerkezete az amilopektinre emlékeztet, de még annál is több elágazást tartalmaz (5.6. ábra).



5.6. ábra. A glikogén felépítése

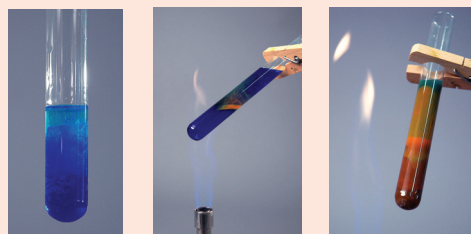
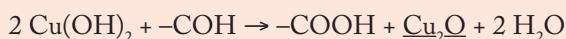
A Föld legelterjedtebb természetes poliszacharidja a növények vázanyaga, a **cellulóz**. Egy-egy cellulózmolekulát több ezer glükózmolekula épít fel (5.6. ábra). A glükózok között kialakuló kötések térbeli elhelyezkedése következtében a cellulózmolekula hosszú, elágazás nélküli egyenes láncot alkot. A cellulózmolekulák láncai párhuzamosan futó kötegekbe rendeződnek, a kötegen belüli láncokat hidrogénkötések kapcsolják egymáshoz. Ez a rendezettség igen ellenállóvá teszi a cellulózt. Molekulája nehezen hidrolizálható építőegységeire. Biológiai bontását a cellulózbontó baktériumok végzik.

Érdeklődőknek

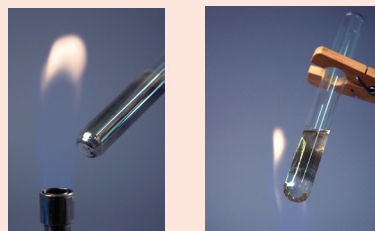
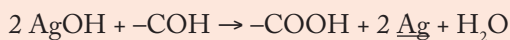
Az egyszerű cukrok kimutatása

Az egyszerű cukrok kimutatása egy oldatból Fehling-próbával, ezüstitűkőpróbával vagy Szelivanov-próbával történhet. Kimutatásuk azért lehetséges, mert a gyűrűs forma vizes oldatban nyílt láncú formává rendeződik, és az aldehidcsoport szabaddá válik.

Az aldehidtartalmúak – gyűjtőnéven aldózok – az aldehidcsoport jóvoltából erőteljes redukálószerrek. A *Fehling-próba* során az oldathoz előbb Fehling I. reagensoldatot öntünk, amely réz-szulfát-oldat (CuSO_4). Ezt követően Fehling II-oldatot (NaOH és K-Na-tartarát) adagolunk addig, ameddig a leváló kék csapadék mélykék színnel újra fel nem oldódik. Végül forralni kell a kémcső tartalmát, és piros csapadék leválása esetén a próba pozitív. A próba magyarázata az, hogy a réz-szulfáthoz adagolt nátrium-hidroxid hatására vízben oldhatatlan réz-hidroxid $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ csapadék keletkezik, amely azonban a lúg feleslegének és a K-Na-tartarát hatására feloldódik. Két molekula $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -ből a cukor aldehidcsoportja elvon egy oxigént, és karbonsavvá alakul. Eközben két vízmolekula is kilép, és vízben oldhatatlan réz-I-oxid keletkezik, amely piros színű.



Hasonló elven alapul az *ezüstitűkő-próba* is. Az aldózok ezüst-nitrát-oldatból (AgNO_3) ammónium-hidroxid (NH_4OH) jelenlétében elemi ezüstöt választanak le, amely a kémcső belső falát tükörszerűen beborítja.



A ketontartalmú egyszerű cukrok – ketózok – kimutatására ezek a próbák nem alkalmasak, mivel a ketocsoport nem redukáló hatású. Kimutatásukra a Szelivanov-próba szolgál: rezorcín savas oldatában a ketózok piros színreakciót adnak.

Kérdések és feladatok

- Hasonlítsd össze a fruktóz-molekula és a glükóz-molekula gyűrűs szerkezetét!
- Nézz utána, mely egyszerű cukrok játszanak még fontos szerepet a sejtek anyagcsere-folyamataiban!
- Miért oldódnak vízben az egyszerű cukrok, és miért nem oldódnak benne az összetett cukrok?
- A szénhidrátok melyik csoportjába tartoznak az alábbi, hétköznapi ételtől ismert cukrok: kristálycukor, kockacukor, porcukor?
- Hogyan mutatnád ki a tejföl hamisítására (sűritésére) használt liszt jelenlétét?
- Keress példákat a cellulóz hétköznapi hasznosítására!

6. lecke

A fehérjék



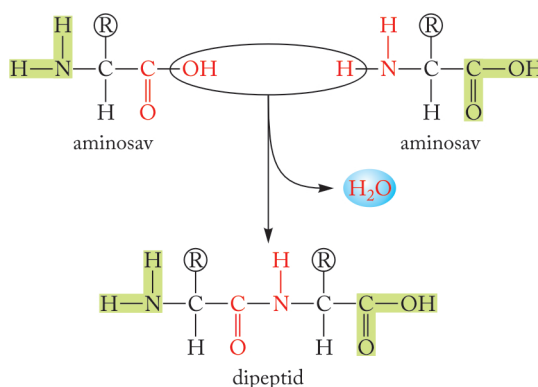
A fehérjék alapvető fontosságúak a sejtek felépítésében, a biokémiai folyamatok katalizálásában, a különböző molekulák szállításában, a szervezet belső védekezési reakcióiban mint ellenanyagok, és még számos más életfolyamatban. Biológiai szerepük tehát rendkívül változatos.

A fehérjék felépítése

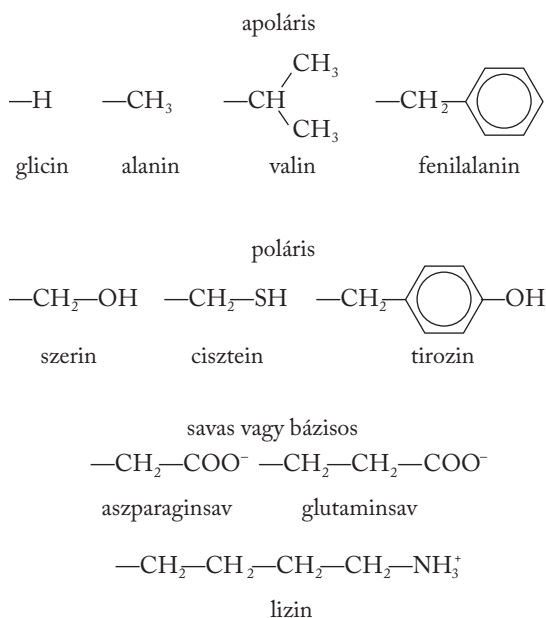
A **fehérjék** szénből (C), hidrogénből (H), oxigénből (O) és nitrogénből (N) állnak, többségük ként (S) is tartalmaz. Vízkilépéssel járó reakcióval létrejövő makromolekulák, relatív molekulatömegük néhány ezertől több százezerig terjedhet. Méretüknél fogva a fehérjemolekulák a kolloid méret-tartományba tartoznak. Vízben oldódva hidratált kolloidoldat formájában léteznek.

A makromolekulák építőkövei az **aminosavak**. Az amino-ecetsav ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$) a legegyszerűbb aminosav. Az aminosavak olyan vegyületek, amelyekben két ellentétes jellegű csoport, egy savas karboxilcsoport ($-\text{COOH}$) és egy bázikus aminocsoport ($-\text{NH}_2$) található ugyanahhoz a szénhez kapcsolódva. Valamennyi aminosav megegyezik abban is, hogy benne a szénatomhoz (alfa-szénatom) még egy hidrogénatom, továbbá egy *oldalláncnak* nevezett csoport kapcsolódik (3.1. ábra). Az aminosavak csak az oldalláncaik szerkezetében különböznek egymástól. Az élővilágban egységesen húszféle aminosav vesz részt a fehérjék felépítésében.

Az aminokról a 3. leckében már tanultunk. Lapozz vissza, és figyeld meg a 3.1. ábrán az alfa-szénatomot! Mik kapcsolódnak hozzá?



6.1. ábra. A peptidkötés kialakulása (az ® az ábrán különböző oldalláncokat jelöl)



6.2. ábra. Az aminosav-oldalláncok típusai példákkal

A fehérjékben az aminosavak **peptidkötéssel** kapcsolódnak egymáshoz. A peptidkötés a fehérjemolekulákra jellemző amidkötés, hiszen az egyik aminosav aminocsoportja a másik aminosav karboxilcsoportjával lép reakcióba vízkilépés közben (6.1. ábra). Az így létrejövő dipeptid egyik aminocsoportja, illetve a másik karboxilcsoportja szabad marad, ezért további aminosavak kapcsolódhatnak hozzá.

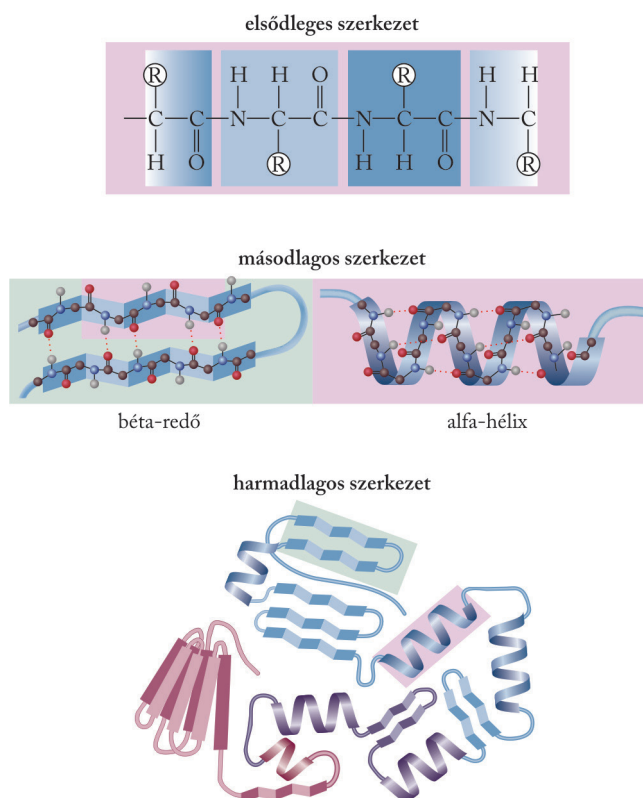
Így tehát minden fehérje váza egy —NH—CH—CO—NH—CH—CO—-lánc, eltérés az egyes aminosavak oldalláncában van (6.2. ábra).

A fehérjék szerkezete

A fehérjének szigorúan meghatározott szerkezete van. Ez teszi alkalmassá őket biológiai funkcióik ellátására. Alapvetően az **aminosavak sorrendje** határozza meg felépítésüket, és ezen keresztül tulajdonságaikat. Ha közülük egyet egy másikra cserélünk ki, a fehérje biológiai működése is megváltozhat, ahogy a szavak is értelmetlenné válhatnak egy betű kicserélését követően. Az aminosavak kapcsolódási sorrendjét ezért a fehérjemolekula *elsődleges szerkezetének* (6.3. ábra) nevezzük.

Az elsődleges szerkezet az aminosavak oldalláncai miatt a fehérjék további szerkezeti sajátosságait is meghatározza, ugyanis sokrétű kölcsönhatásokba kerülnek egymással. A polipeptidlánc kétféle formában tud energetikailag kedvezően elrendeződni. Az egyik egy térben spirális forma, az α -hélix, a másik eredményeképpen olyan felület jön létre, mintha egy utcasorban a szomszédos házak nyeregtetőit helyeztük volna egymás mellé, ez a β -lemez szerkezet. Ez a *másodlagos szerkezet* (6.3. ábra). Mindkét elrendeződést a peptidkötések között kialakuló hidrogénkötések stabilizálják.

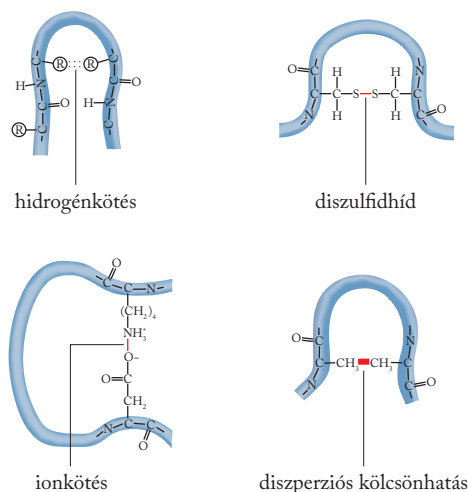
Egy nagy fehérjemolekulában az α -hélix és a β -lemez szerkezetű részeket legtöbbször sűrűn váltogatják egymást. A fehérjét alkotó lánc tényleges, teljes térbeli elrendeződése jelenti a fehérjék *harmadlagos szerkezetét* (6.4. ábra). Ennek során a hosszú láncmolekula viszonylag tömör szerkezetté áll össze. A harmadlagos szerkezet stabilitását az aminosavak oldalláncai között kialakuló kötések biztosítják. Ezek lehetnek erős kovalens kötések (pl. két S-atom között), lehetnek ionkötések (pl. egy oldalláncon negatív töltésű karboxilcsoport és pozitív töltésű aminocsoport között), lehetnek másodlagos kötések is, például hidrogénhidak, valamint az



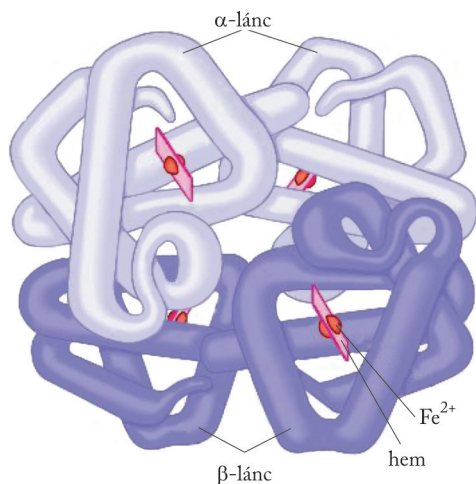
6.3. ábra. A fehérjék szerkezete

apoláris oldalláncok között kialakuló gyenge diszperziós kölcsönhatások (6.4. ábra).

Számos fehérjének *negyedleges* szerkezete is van, ilyen a hemoglobin (6.5. ábra) is. A negyedleges szerkezet önálló elsődleges, másodlagos és harmadlagos szerkezetű polipeptid-alegységekből áll.



6.4. ábra. Az aminosavak között kialakuló kötéstípusok



6.5. ábra. A hemoglobin felépítése

A fehérjék tulajdonságai

A fehérjék bonyolult szerkezete nagyon érzékeny a különböző környezeti hatásokra. Csak optimális körülmények között képesek funkcióiknak megfelelő módon és mértékben működni.

A fehérjék vizes oldatukból könnyen **kicsap-
hatók**. A kicsapódás lehet **reverzibilis** (visszafor-

Fehérjék reverzibilis kicsapása

Anyagok és eszközök: tojásfehérje-oldat, kristályos konyhasó (NaCl), víz, kémcsövek, kémcső-állvány, vegyszerkanál

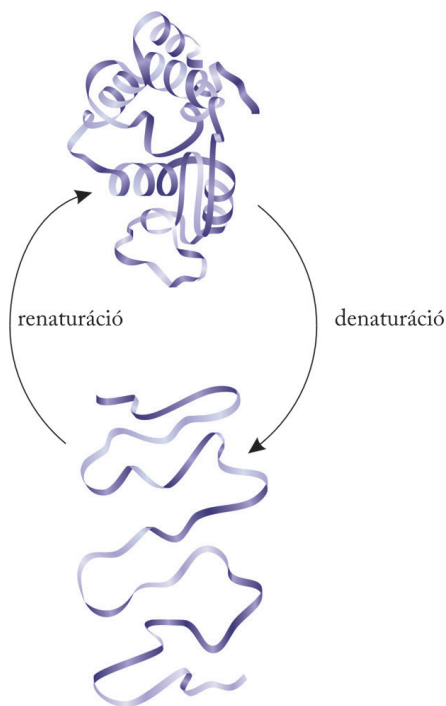
Végrehajtás: Egy kémcsőbe töltünk 2-3 cm^3 tojásfehérje-oldatot, majd szórunk bele finomra összetört kristályos konyhasót.

- *Mit tapasztalunk?*
- *Gondoljuk végig a vizsgálatot, és magyarázzuk meg az észlelt változást!*

Ezután öntsünk vizet a kémcső tartalmához!

- *Mit tapasztalunk?*
- *Magyarázzuk meg az észlelt változást!*

dítható), ha például jól disszociáló könnyűfém-sókkal elvonjuk a felületükről a hidratburkot. Ez történt a konyhasóval végzett kísérlet során. A tömény konyhasó a fehérjét kicsapta, mert a disszociációjához dehidratálta a makromolekulákat. Ha azonban az oldatot felhígítjuk, és elegendő víz áll rendelkezésre, a fehérjék újra hidratálódnak, egyúttal biológiai aktivitásukat is visszanyerik (6.6. ábra). A fehérjék kicsapása **irreverzibilis** (vissza nem fordítható) is lehet. A réz-, az ezüst-, a higany-



6.6. ábra. Denaturáció és renaturáció (a renaturáció az eredeti szerkezet visszaállítása)

Fehérjék irreverzibilis kicsapása

Anyagok és eszközök: tojásfehérje-oldat, víz, réz-szulfát-oldat (CuSO_4), kémcsövek, kémcsőállvány, vegyszerkanál

Végrehajtás: Egy kémcsőbe töltünk 2-3 cm³ tojásfehérje-oldatot, majd alaposan rázzuk össze! Egy másik kémcsőbe ugyancsak töltünk fehérjeoldatot, majd öntsünk hozzá réz-szulfát-oldatot!

- Mit tapasztalunk a kémcsövekben?
- Magyarázzuk meg az észlelt változást!

Ezt követően öntsünk vizet a kémcsövek tartalmához, és rázogassuk!

- Mit tapasztalunk?
- Miért?

az ólom- stb. ionok a fehérjéket vizes oldataikból irreverzibilisen kicsapják. Ezért mérgezők a nehézfémek. A kicsapás során a fehérjék elveszítik természetes, működőképes szerkezetüket, azaz denaturálódnak. Molekuláik kiválnak az oldatból, vagyis koagulálnak. Fizikai denaturáló módszer például a melegítés, erős rázás, keverés (pl. tojás hab felverése). Kémiai denaturáló hatás például a pH kedvezőtlen megváltozása. Ezt figyelhetjük meg a tej megsavanyodása során.

Az összetett fehérjék

Az összetett fehérjékben az aminosavakhoz nem fehérje jellegű molekularészletek is kapcsolódnak. Ezek lehetnek ionok, heterociklusos vegyületek, lipidek, szénhidrátok. A nem fehérje jellegű részleteknek meghatározó szerepük van a fehérjék működésében. A hemoglobin kisméretű szerves molekularészletet és vasiont tartalmaz. Az egyszerű fehérjék csak aminosavakból állnak.

A fehérjék biológiai szerepe

A fehérjék sokféle működést látnak el. **Vázfehérjeként** fontos építőanyagok. Fehérjék képezik a csontok tömegének egy részét, részben a haj és a köröm anyagát. Különleges fehérjék teszik lehetővé az **izmok összehúzódását**. Más fehérjék különböző anyagokat **szállítanak** a vérben, például tápanyagokat vagy más sejtek működését szabályozó hormonokat. Bizonyos fehérjék szerepet játszanak a szervezet **biokémiai folyamataiban**, mások a **belső védekezési reakciókban**, ismét mások a **véralvasásban** nélkülözhetetlenek. A fehérjék sokrétű szerepe magyarázza azt, hogy sokáig olyan működéseket is nekik tulajdonítottak, amelyekről később kiderült, hogy más vegyületek felelősek érte. Ilyen például a tulajdonságok öröklítése.

Érdeklődőknek

Az aminosavak amfoter jellege

Az aminosavak vizes oldatukban - meghatározott pH értéken - ikerionos szerkezetűek. Ugyanis a karboxilcsoport protont ad le, amit az aminocsoport felvesz. Ezért a molekulában pozitív töltésű NH_3^+ - és negatív töltésű $-\text{COO}^-$ -csoport alakul ki. Ha az ikerionos részecskéket tartalmazó oldathoz savat adunk, akkor a $-\text{COO}^-$ -csoportok protont vesznek fel, vagyis bázisként viselkednek. Lúgos közegben az NH_3^+ -csoport protont ad le, vagyis savként viselkedik. Az aminosavak a reakciópartnertől függően tehát savak és bázisok is lehetnek, vagyis amfoter vegyületek.

A biuret-próba

A fehérjék kimutatására szolgál legegyszerűbb eljárás, a **biuret-próba** a peptidkötések kimutatásán alapszik. Minden olyan vegyület adja, amelyekben legalább egy peptidkötés van.

A peptidkötést tartalmazó vegyületek lúgos közegben réz-szulfát-ionok hatására lila színeződést mutatnak. A reakció azon alapszik, hogy lúgos közegben a peptidkötés oxocsoportja telítetlen alkoholos formává alakul át. Az alkoholos $-\text{OH}$ kismértékben disszociál, a helyére bekötő rézion pedig a nitrogénatom nemkötő elektronpárjával lila színű komplexet képez.

Az aminosavsorrend jelentősége a fehérjeszerkezet kialakításában

Olvasmány

A fehérje szerkezete és funkciója közötti összefüggést egy egyszerű kísérlettel bizonyították. Ennek során egy fehérje térszerkezetét stabilizáló kötések megszüntették. A molekula fonál alakú polipeptiddé változott. Ezután olyan körülmények közé helyezték, amelyek elősegítették a térszerkezet visszaállítását. Elvileg 105 lehetséges kombináció szerint alakulhatott volna a térszerkezet, mégis az eredeti jött létre. Ezzel bizonyították, hogy az elsődleges szerkezetnek, *aminosavsorrendnek* meghatározó jelentősége van a *térszerkezet* kialakulásában.

Az inzulin aminosavsorrendjének meghatározása

Olvasmány

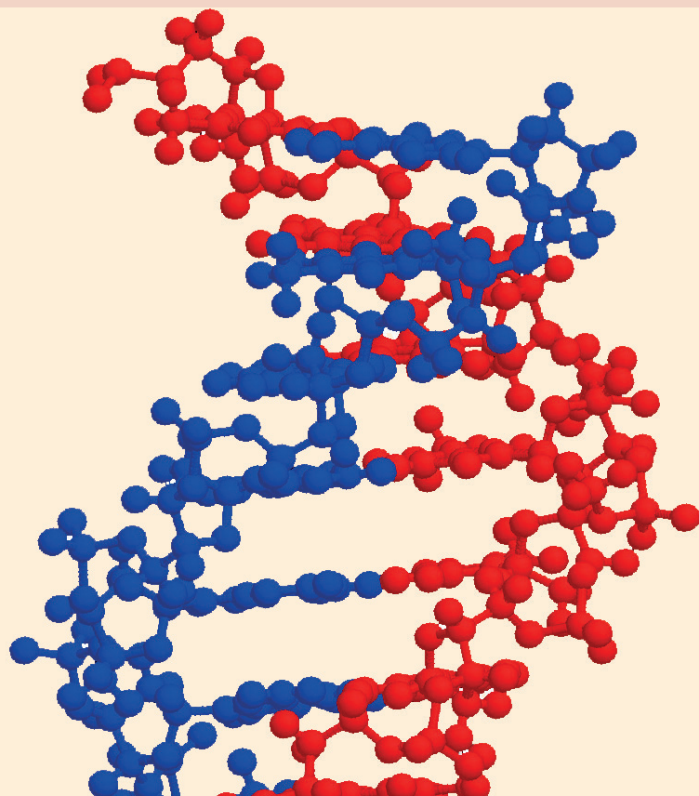
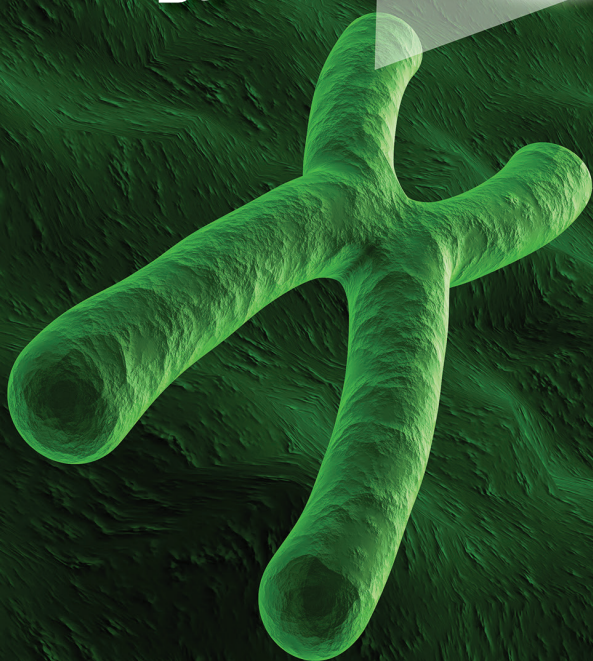
Tíz évig tartó fárasztó kutatómunka után *Frederick Sanger* (zanger) (1918–2013) angol biokémikusnak sikerült elsőként meghatároznia az 51 aminosavat tartalmazó polipeptidnek, az inzulinnak az aminosav-sorrendjét. Ezzel egy időben, az 1950-es években, *Linus Pauling* (póling) (1901–1994) amerikai kémikus röntgensugárral vizsgálta a fehérjék szerkezetét. A kristályos fehérjén áthatoló röntgensugarak a kristályrács pontjain különböző mértékben elhajlanak. Így elő lehet állítani az illető fehérje diffrakciós (elhajlási) képét. A röntgendiffrakció módszerével felderíthető a fehérjemolekula térbeli elrendeződése. Az építőegységek sorrendjének és a térszerkezet kutatásának együttes módszerét később más makromolekulák (pl. a nukleinsavak) vizsgálatánál is alkalmazták. Ez a módszer is időigényes. A vérben levő egyik fehérje – a hemoglobin – szerkezetének felderítése például huszonhárom évi munkát igényelt. Ma már ezek a vizsgálatok gyors, mindennapos rutinfeladattá váltak.

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, melyik az a húsz aminosav, amely részt vesz a fehérjék felépítésében! Foglald táblázatba őket az oldalláncok kémhatása szerint!
- 2 Hányféle 50 aminosavból álló fehérje fordulhat elő a sejtekben?
- 3 Keress két példát olyan aminosavra, amelynek oldalláncai között ionkötés alakulhat ki!
- 4 Írd fel egy tetszőleges aminosavakból álló tripeptid szerkezeti képletét!
- 5 Egy kisgyerek beleivott a permetezéshez előkészített réz-szulfát-tartalmú oldatba. Miért kell vele rögtön sok tejet itatni?
- 6 Írd fel egy tetszőleges két aminosavból álló peptid hidrolízisének egyenletét!

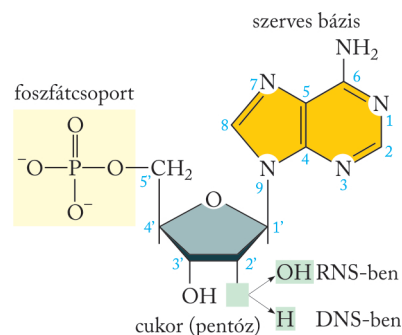
7. lecke

A nukleinsavak

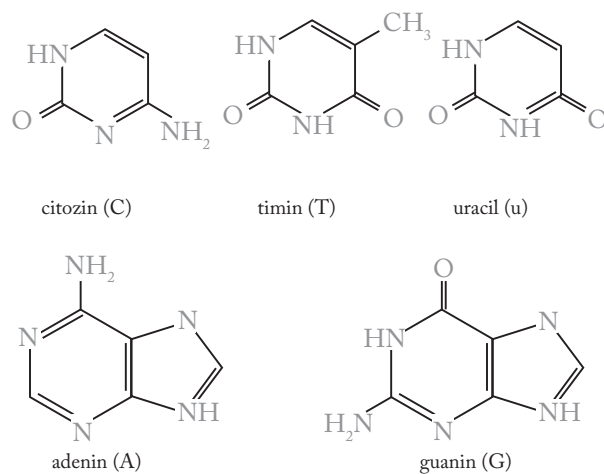


A nukleinsavak elnevezése a sejtmaggal való kapcsolatukra utal (görögül a sejtmag: nukleusz), először ugyanis a sejtmagból mutattak ki ilyen jellegű vegyületeket. Működésük sokrétű. A sejtekben lezajló kémiai energiaátalakítás és energiatárolás vegyületei, fehérjékhez kapcsolódva nélkülözhetetlenek az anyagcsere-folyamatokban, a sejtek genetikai információinak tárolásában, átadásában, valamint a fehérjeszintézis menetének meghatározásában és irányításában.

A **nukleotid** típusú vegyületek *foszforsavból* (H_3PO_4), *pentózból* és heterociklusos gyűrűt tartalmazó *szerves bázisokból* épülnek fel (7.1. ábra). Az öt szénatomos cukor *ribóz* vagy *dezoxiribóz* lehet. A nitrogéntartalmú szerves bázisoknak hattagú *pirimidinváz* vagy kilenc tagú *purinváz* az alapja. Pirimidinvázak a *timin* (T), a *citozin* (C) és az *uracil* (U), purinvázak az *adenin* (A) és a *guanin* (G) (7.2. ábra).



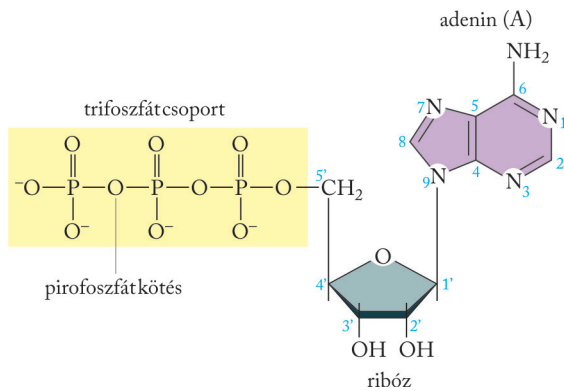
7.1. ábra. A nukleotidok felépítése



7.2. ábra. A nukleotidok felépítésében részt vevő szerves bázisok

A nukleotidok

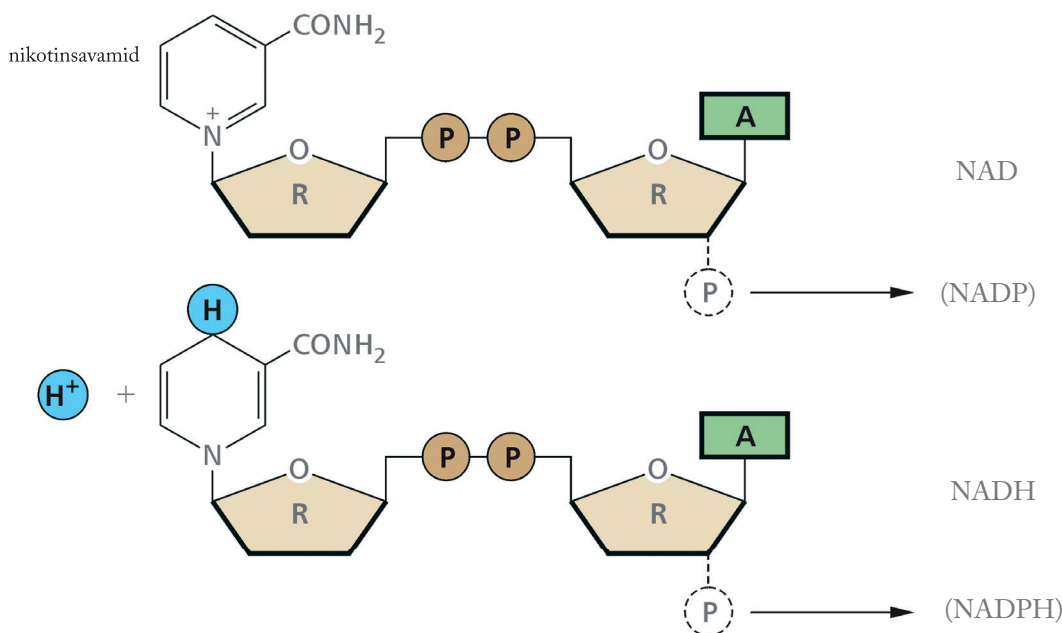
A legegyszerűbb nukleinvegyületek a **nukleotidok**. Bennük a cukor első szénatomja egy molekula víz kilépése közben kapcsolódik valamelyik nukleinbázis megfelelő nitrogénjéhez. Ez pirimidinbázisok esetében a 3., a purinbázisok esetében pedig a 9. helyzetű nitrogénatom. A nukleotidokban a pentóz 5. szénatomjához foszforsav kapcsolódik észterkötéssel. Azokat a nukleotidokat, amelyek egy foszfátcsoportot tartalmaznak, monofoszfátoknak nevezzük (pl. adenzin-monofoszfát - AMP). A difoszfátokban kettő – pl. adenzin-difoszfát, ADP, a trifoszfátokban három – pl. adenzin-trifoszfát, ATP – foszforsavmaradék található (7.3. ábra).



7.3. ábra. Az ATP-molekula felépítése

Az adenzin-foszfátok a sejtekben lejátszódó energiaváltozással járó folyamatokban játszanak fontos szerepet. Az **energianyerő folyamatokban** felszabaduló energiát ugyanis a sejtek ATP formájában raktározzák: ADP-molekulákból és foszforsavból ATP-t szintetizálnak. A kialakult észterkötés nagy energiatartalmú. Az **energiaigényes folyamatokhoz** az ATP-molekulák hidrolízise szükséges, ami 30 kJ/mol energia keletkezésével jár együtt. A foszfátcsoport mozgékonyága és a molekula nagy energiaraktározó képessége az alapja az ATP központi jelentőségének a sejtek energiaforgalmában.

A sejtekben *dinukleotidok* is találhatók. A dinukleotidokban két nukleotid kapcsolódik egymáshoz „tükröképűleg”, egy-egy foszforsavon keresztül. Az egyik leggyakrabban előforduló ilyen molekula a nikotinsavamid-adenin-dinukleotid, rövidítve *NAD⁺* (7.4. ábra). Az elnevezés azt mutatja, hogy a két nukleotid közül az egyikben a szerves bázis adenin, a másikban viszont a nikotinsav (C_6H_5-COOH) amidja ($C_6H_5-CONH_2$). A *NAD⁺* a lebontó anyagcsere-folyamatokban a hidrogén szállítását végzi. A hidrogén felvétele egy proton és két elektron megkötését jelenti a molekula savamidot tartalmazó részén, míg a másik proton hidrogénion formájában oldatban marad. A felvett hidrogénnel a *NAD⁺*-molekulák *NADH*-molekulává redukálódnak, majd egy másik folyamatban oxidálódva leadják a hidrogént. A fotoszintézis



7.4. ábra. A NAD-molekula hidrogénszállítása

során a hidrogéntranszportot a hasonló felépítésű NADP^+ -molekula végzi. NADP^+ -molekula a NAD^+ foszforilált változata.

A nukleinsavak

A **nukleinsavak** nukleotidegységekből felépülő polinukleotidok. A szomszédos nukleotidok a cukormolekulák 5., illetve 3. szénatomja között egy foszfátcsoporton keresztül kapcsolódnak össze (7.5. ábra). Egy-egy nukleinsavban több ezer is lehet a nukleotidok száma.

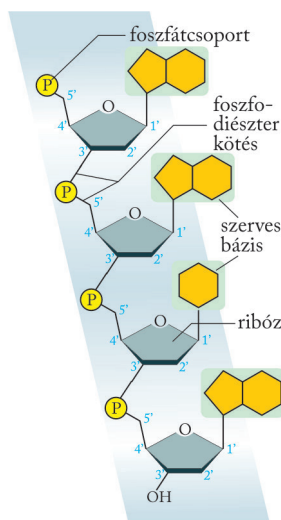
Figyeld meg 7.5. ábrát! Melyik nukleinsav részlete? Honnan derül ki?

Az egyik csoportjukba a **ribonukleinsavak** – rövidítve **RNS** – tartoznak. A ribonukleinsavak ribonukleotidokból épülnek fel. Bennük a cukormolekula ribóz, amelyhez négyféle szerves bázis egyike kapcsolódik. A bázis lehet adenin, guanin, citozin vagy uracil. Térszerkezetük igen változatos. Az RNS-molekulának a sejtek fehérjeszintézisében és a gének kifejeződésének szabályozásában van fontos szerepük.

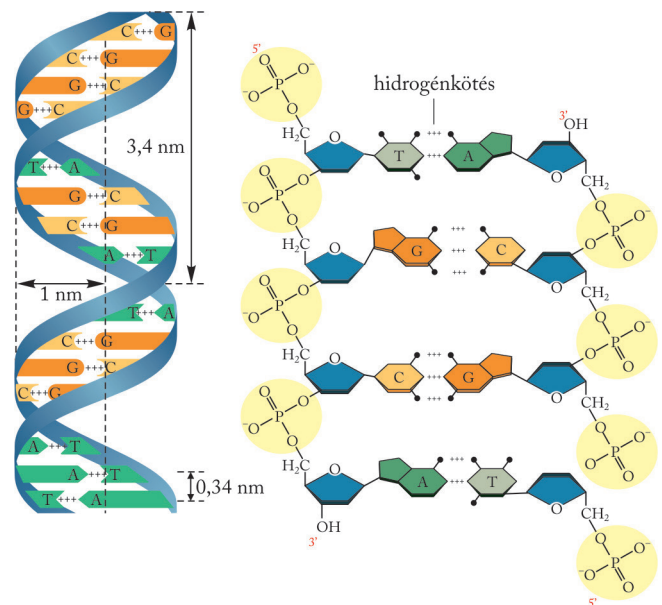
A nukleinsavak másik csoportjába a **deoxiribonukleinsavak** – rövidítve **DNS** – tartoznak. A DNS-molekulákban a cukor dezoxiribóz. A nukleotidok felépítésében szintén négyféle bázis

vehet részt. Közülük három megegyezik az RNS-t felépítővel, uracil helyett azonban timin van bennük. Az RNS-molekula egy polinukleotid-láncból áll, a DNS-molekula két, egymással szemben lévő és ellentétes irányba futó polinukleotid-láncból épül fel. A két láncot hidrogénkötések kapcsolják össze, amelyek a két lánc bázispárjai között jönnek létre (7.6. ábra). A bázispárokból az adenin bázissal szemben a másik láncon kizárólag timin helyezkedhet el, mivel mindegyikük két hidrogénkötést tud kialakítani. Bázispárt alkot a citozin és a guanin is, ezek három hidrogénkötés kialakítására képesek. Ez azt is jelenti, hogy minden bázispárban egymással szemben egy nagyobb méretű purinbázis és egy kisebb méretű pirimidinbázis áll. Ennek az a következménye, hogy a két polinukleotid-lánc párhuzamos egymással, és az egyik lánc bázissorrendje egyértelműen meghatározza a másikat is. A kettős polinukleotid-lánc a hossz tengelye körül feltekeredik, és így kialakul a DNS-molekulára jellemző kettőshélix-szerkezet. Ez a térbeli elrendezés leginkább egy csigalépcső formájára emlékeztet, ahol a lépcsőfokok a bázispárok, a kétoldali korlát pedig a két pentóz-foszfat láncolata.

A DNS kulcsszerepet tölt be az öröklődés folyamatában, örökítőanyag. Ennek megfelelően meghatározó szerepe van a fehérjék, valamint a nukleinsavak bioszintézisében. A nukleinsavak különbözőségét a bázisok sorrendje, valamint a nukleotidok számának eltérése adja.



7.5. ábra. Egy polinukleotid-lánc részlete

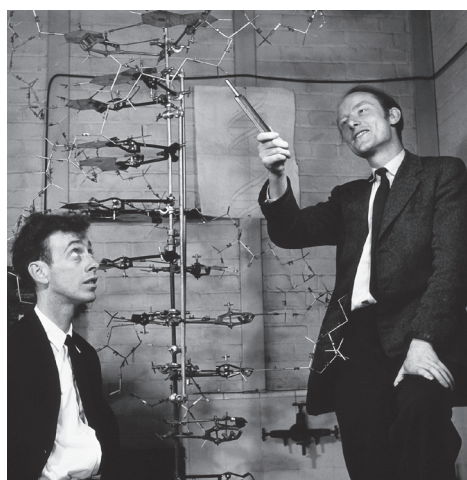


7.6. ábra. A DNS-molekula felépítése

A DNS szerkezetének felderítése

A DNS-molekula bonyolult szerkezetének titkát 1953-ban sikerült megfejtenie három, Angliában dolgozó kutatónak. *James Watson* (vatszn) (1928–) amerikai biológus, *Francis Crick* (krik) (1916–2004) angol biofizikus és *Maurice Wilkins* (vilkinsz) (1916–2004) angol biofizikus együttesen kaptak Nobel-díjat a nukleinsavakkal végzett kutatásaikért. Munkájuk leglényegesebb eredménye a DNS-molekula felépítésének felismerése és leírása volt (7.7. ábra). Wilkins röntgendiffrakciós módszerrel vizsgált különböző élőlényekből nyert DNS-molekulákat, és minden esetben hasonló szerkezeti kép tárult fel előtte.

A DNS spirális szerkezetű, átmérője 2 nm, egy teljes csavarulat hosszúsága 3,4 nm. Watson és Crick erre alapozva építették fel a DNS-molekulának azt a modelljét, amely magyarázatot adott a DNS fizikai és kémiai tulajdonságaira. Az utóbbi évek részletes vizsgálatai tovább finomították ezt a modellt. Megállapították, hogy az eredeti modell általánosságban érvényes, de a DNS egyes szakaszain eltérő szerkezetek is előfordulhatnak. Ezek azonban nem változtatják meg lényegesen a DNS biológiai szerepét.



7.7. ábra. Watson és Crick a megalkotott DNS-moddellel

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Melyek a nukleotidok alkotórészei?
- 2 Nézz utána, ki és hogyan fedezte fel a nukleinsavakat!
- 3 Igaz-e az a megállapítás, hogy egy DNS-ben a citozinmolekulák száma szükségszerűen megegyezik az adeninmolekulák számával? Indokold válaszodat!
- 4 Melyik típusú nukleinsavból származik a következő részlet: AAGCAUG?
- 5 Egy DNS egyik szála ATTACC összetételű. Milyen bázisokból áll az őt kiegészítő szál?
- 6 Nézz utána, milyen más szerkezeti képlettel lehet felírni a nukleinsavakban szereplő szerves bázisokat!

8. lecke

Az anyagcsere általános jellemzői



Az **anyagcserén** biológiai értelemben az anyagok felvételt, átalakítást és a feleslegessé váló anyagok leadását, a sejtekben lezajló biokémiai folyamatok összességét értjük. Három folyamatot foglal magába: az *energiaáramlást*, az *anyagforgalmat* és az *információáramlást*. A folyamatok nem választhatók szét, az anyagcsere útvai szorosan összefüggnek egymással, és az egész élővilágban azonos módon zajlanak le.

Anyag és energia

Az anyagcsere fő folyamatai alapvetően két nagy csoportba, a **felépítő**, illetve a **lebontó folyamatok** közé sorolhatók. A felépítő folyamatok során zajlik a szervezet anyagainak szintézise. Ezek lépései energiaigényesek. A lebontó folyamatok során történik a nagy energiatartalmú szerves molekulák lebontása és a folyamat során felszabaduló energia hasznosítása (8.1. ábra).

Az enzimek

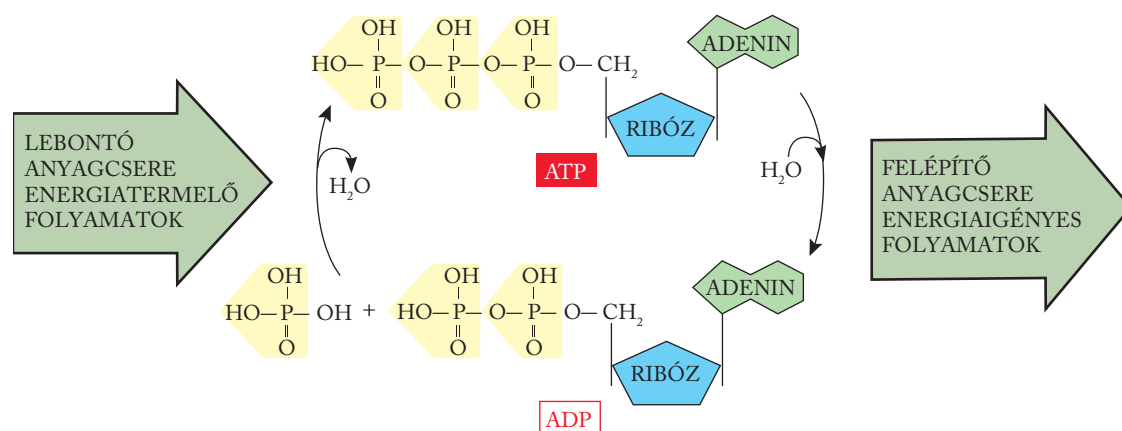
Enzimhatás kimutatása

Anyagok és eszközök: amilázoldat, keményítő-oldat, Lugol-oldat, desztillált víz, csírázó búzaszemek, cseppentő, főzőpohár, fehér csempelap, kémcsövek, kémcsőállvány, vízfürdő, dörzsmozsár törővel, üvegtölcsér, szűrőpapír

Végrehajtás: 8-10 g csírázó búzából dörzsmozsárban kevés vízzel őrölünk pépet, a szűrletet vízzel 100 cm³-re hígítjuk fel, majd szűrjük le! Három kémcső közül az elsőbe töltünk 5 cm³ keményítő-oldatot, és hígítjuk fel kevés vízzel! A másodikba is töltünk 5 cm³ keményítő-oldatot, adjunk azonban hozzá 3 cm³ amilázoldatot is! A harmadik kémcsőbe csak az 5 cm³ keményítő-oldatot töltjük. A kémcsövek tartalmát jól rázzuk össze, és helyezzük el mind a hármat 40 °C-os vizet tartalmazó főzőpohárba (vízfürdőbe)! Az elhelyezéstől számított öt perc múlva a kémcsövek tartalmából 1-1 cseppet tegyünk fehér csempelapra, és mindegyikhez adjunk egy csepp Lugol-oldatot!

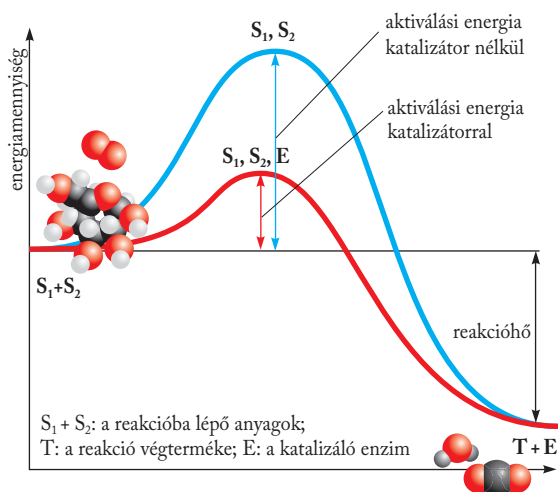
• Mit tapasztaltunk?

A sejten lejátszódó anyagcsere-folyamatok *biokémiai reakciók* sorozatából állnak. Ahhoz, hogy ezek az átalakulások végbemenjenek, a reakciók-



8. 1. ábra. Az anyagcsere-folyamatok energiaváltozásai

ban részt vevő anyagoknak – a kémiai folyamatokhoz hasonlóan – magasabb energiaszintet jelentő, *aktivált állapotba* kell kerülniük. Az élőlényekben ugyanakkor olyanok a hőmérséklet-, a nyomás- és a koncentrációviszonyok, amelyek mellett a kémiai folyamatok többsége egyáltalán nem, vagy csak nagyon lassan menne végbe. A kiindulási állapot és az aktivált állapot energiaszintje közötti különbség az *aktiválási energia* (8.1. ábra). Az aktiválási energiát a hőmérséklet emelésével lehetne biztosítani, ez azonban a sejtre nézve káros hatású lenne. Ahhoz, hogy a reakciók az élőlények számára kedvező alacsonyabb hőmérsékleten végbemehessenek, katalizátorra van szükség. A sejtek *biokatalizátorai* az **enzimek**. Az enzimek az aktiválási energia csökkentésével másféle utat nyitnak az átalakuláshoz, felgyorsítva a reakciók sebességét.

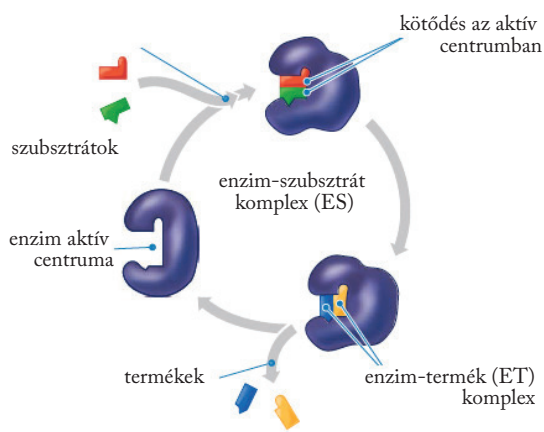


8.2. ábra. Az enzimreakciók energetikai viszonyai

Kísérletünkben a csírázó búzaszemekben lévő bontóenzim, az amiláz segítségével a keményítő kisebb egységekre bomlott le. Amiláz hiányában a bomlási reakció nem ment végbe.

Az enzimek túlnyomó többsége fehérje. Közös sajátosságaik, hogy csak energetikailag lehetséges reakciók gyorsítására képesek, és más katalizátorokhoz hasonlóan nem változtatják meg a reakció egyensúlyát és a reakcióhő nagyságát. A folyamat során tartósan nem változnak meg, és ezért kis mennyiségben is hatékony működésre képesek. Ennek ellenére nem mondhatjuk, hogy a reakciókban nem vesznek részt. Részt vesznek, de mennyiségük a folyamat előtt és után ugyanakkora marad.

A katalizált folyamatban az enzim először az átalakuló vegyülettel vagy vegyületekkel, a *szubsztrátokkal* reagál. A szubsztrát (kísérletünkben a keményítő) az enzimhez kapcsolódva alakul át a reakció végtermékévé, majd a keletkezett termék leválik az enzim felületéről. Az így felszabadult enzim ezután újabb szubsztrát megkötésére képes (8.2. ábra). Ez a körforgás az alapja annak, hogy viszonylag kis mennyiségű enzim nagy tömegű anyag átalakításában képes részt venni. Az enzimmolekulának azt a részét, ahol a katalizált átalakulás lépései lejátszódnak, *aktív centrumnak* nevezzük. Az enzim felületébe bemélyedő aktív centrumot jellemzően a fehérjét felépítő aminosavak oldalláncai alakítják ki. Ezek térbeli elrendeződése megfelel az enzimhez kötődő szubsztrát szerkezetének (8.3. ábra). A szerkezeti megfelelésből adódik az **enzimek fajlagossága**. Ez azt jelenti, hogy az enzimek nem általánosságban hatnak minden biokémiai reakcióra, hanem egy-egy enzim hatása egy-egy reakcióra, esetleg egy reakció-típusra terjed ki, más típusokra nem.



8.3. ábra. Az enzimreakció modellje

Az enzimek felépítése és tulajdonságai

Hőmérséklet hatása az enzimműködés sebességére

Anyagok és eszközök: amilázoldat, jég, keményítőoldat, Lugol-oldat, víz, csírázó búzaszemek, borseszégő, főzőpohár, kémcsövek, kémcsőállvány, vízfürdő, dörzsmozsár törővel, üvegtölcsér, szűrőpapír

Végrehajtás: 8-10 g csírázó búzából dörzsmozsárban kevés vízzel őrölünk pépet, a szűrletet vízzel 100 cm³-re hígítuk fel, majd szűrjük le! Három kémcsőbe töltünk 3-3 cm³ keményítőoldatot, majd 2-2 cm³ Lugol-oldatot! Ezt követően az első kémcső tartalmát forraljuk fel, majd mindhárom kémcsőbe töltünk 2-2 cm³ amilázoldatot is! A második kémcsövet helyezzük hűtőszekrénybe vagy jégkockák közé, a harmadikat pedig állítsuk 40 °C-os vízfürdőbe! Öt perc múlva vizsgáljuk meg a kémcsöveket!

- Milyen kémiai folyamatot katalizál az amiláz enzim?
- Milyen változást tapasztalunk?
- Magyarázzuk meg tapasztalatainkat!
- Hogyan befolyásolta a hőmérséklet változása a reakciósebességet?

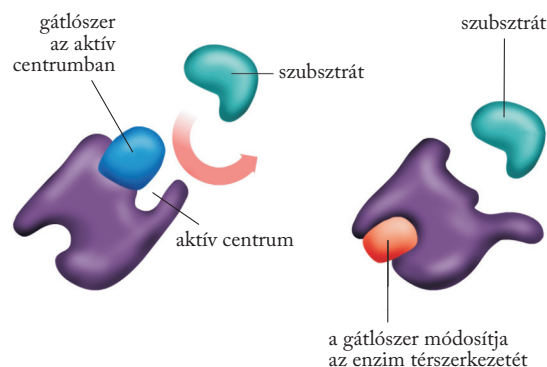
Az enzimek rendkívül érzékenyen reagálnak a környezeti tényezők változására. A hőmérséklet vagy

a kémhatás megváltozása, amely a fehérjék térbeli elrendeződését befolyásolja, természetesen az enzimek aktivitására is hat. Az enzimmolekulák könnyen denaturálódnak, ezáltal katalizáló hatásuk is megszűnik.

Az enzimek között számos összetett fehérje van. A nem fehérje természetű alkotórésznek szerepe lehet az aktív centrum kialakításában, a szubsztrátok megkötésében stb. A koenzimek olyan nem fehérje természetű anyagok, amelyek lazán kötődnek az enzim aktív centrumához és a szubsztráttal együtt átalakulnak. A hidrogénszállító koenzimek, köztük a NAD, az enzim felületén a szubsztráttól hidrogént vehet át. A szubsztrát oxidálódik, a koenzim pedig redukálódik. A lebontó folyamatokban fontos szerepet játszó koenzim-A pedig acetyl csoportot (CH₃-CO-) szállít.

Az enzimhatások gátlása

Vannak olyan kémiai anyagok, amelyek megváltoztatják az enzimek aktivitását, gátolják működésüket. A gátló anyagok egy része kémiaiilag a szubsztráthoz hasonló szerkezetű, és az aktív centrumhoz kötődve akadályozza meg az enzim működését. Az enzim szubsztrátjától eltérően ugyanis nem alakul át, ezért nem válik le az aktív centrumról. Az is lehet, hogy a gátló anyag szerkezete nem hasonlít a szubsztráthoz, nem is az aktív centrumhoz, hanem valahol máshol kötődik az enzimhez, és kapcsolódása módosítja annak térszerkezetét. Emiatt az enzim szubsztrátja nem tud kötődni az aktív centrumhoz (8.4. ábra). Számos mérge hatása – pl. a nehézfémeké, egyes gombamérgeké – az enzimek működésképtelenné tételén alapszik.



8.4. ábra. Az enzimgátlás két típusa

Mint kulcs a zárba

Olvasmány

Az aktív centrum-szubsztrát mintázatról írta találóan E. Fischer 1894-ben azt, hogy a szubsztrát úgy illeszkedik az enzim aktív centrumába, mint kulcs a zárba. Ma már tudjuk, hogy a szemléletes hasonlat, bár találó, nem teljesen helytálló. A szubsztrát megkötődése során az enzim térbeli szerkezete is kissé megváltozik, idomul a szubsztráthoz.

Érdeklődőknek

Néhány iparilag fontos enzim

Az élelmiszeriparban fontosabb szerepet játszó enzimek közül az *invertáz* a répacukrot bontja glükózra és fruktózra. (A répacukor savas hidrolízissel is könnyen bontható, ez azonban kellemetlen ízű melléktermékekkel jár, amelyek invertáz használata esetén nem keletkeznek.) A *laktáz* a tejcukrot bontja, az élelmiszeriparban a tejcukormentes tej előállítására használják. Az enzimmel kezelt tejet már a laktózérzékeny betegek is elfogyaszthatják. Az *amilázok* több fajtája is ismert, valamennyien keményítóbontók. Ugyancsak számos élelmiszeripari technológiában használják ezeket. Különösen fontos az *izo-amiláz*, az egyetlen amiláz, amely az amilopektin α -1-6-os kötéseit is bontja. Az amilázok szerepe főleg a szesziparban és a kenyérgyártásban fontos. A kenyérgyártásban a kelesztést, a termék színét, térfogatát, eltarthatóságát befolyásolják. A sörgyártás során is használnak amilázt. Az *endopektinázok* a pektinbontó készítmények nélkülözhetetlen alkotói.

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, miből származik az enzim elnevezés!
- 2 Keress példákat az interneten különböző enzimekre! Derítsd ki azt is, hogy melyik kémiai folyamatot katalizálják!
- 3 Keress példát olyan enzimekre, amelyeknek koenzimje vitamin!
- 4 Nézz utána, hogy mik a ribozimek!
- 5 Miért jelenthet komoly veszélyt a betegre nézve a hosszan tartó, magas lázzal járó állapot?
- 6 Tervezz meg egy olyan kísérletet, amely igazolja, hogy az enzimműködést befolyásolja a közeg kémhatása!

9lecke

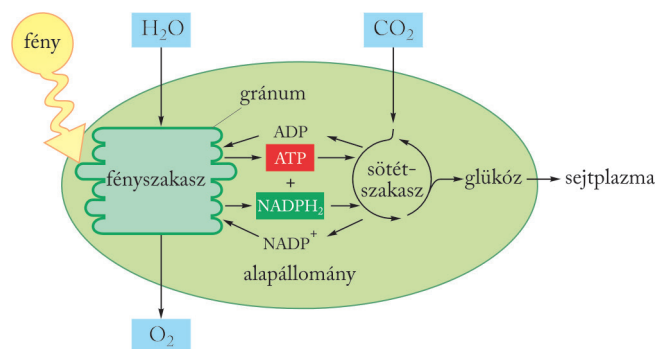
A szénhidrátok felépítése, a fotoszintézis

A szőlőcukor központi szerepe

A sejtekben előforduló szerves vegyületek közül a szénhidrátok, a lipidek, valamint a fehérjék egyaránt alkalmas energiaforrások. A sejtek azonban energianyerés céljából elsősorban szénhidrátokat, elsősorban glükózt bontanak le. Ugyanakkor a szőlőcukrot bármely más, számukra szükséges anyag előállítására is fel tudják használni. Egy szervezet valamennyi szerves vegyületének valamennyi szénatomja fotoszintézis (esetleg kemoszintézis) során előállított szőlőcukor szénatomja volt.

A fotoszintézis

A **fotoszintézis** azért nagy jelentőségű az egész élővilág számára, mert a zöld növények ebben a folyamatban kötik meg a Nap sugárzó energiáját úgy, hogy kis energiatartalmú szerves vegyületekből, vízből és szén-dioxidból, energiában gazdag szerves vegyületet, szőlőcukrot állítanak elő. Az összes élőlény összes életfolyamatának teljes energiaszükségletét az ily módon keletkezett szerves vegyületekben **konzervált napenergia** biztosítja (eltekintve a kemoautotróf baktériumok működésétől). A fotoszintézis két szakaszból, a *fényszakasz*ból és a *sötét szakasz*ból áll (9.1. ábra).



9.1. ábra. A fotoszintézis két szakaszának összekapcsolódása

A fényszakasz

Fotoszintézis vizsgálata

Anyagok és eszközök: 1%-os KHCO₃-oldat, kanadai átokhínár (*Elodea canadensis*) hajtásai, kémcsövek, üvegbotok, kémcsőállvány, nagy fényerejű izzó, cérna, stopper

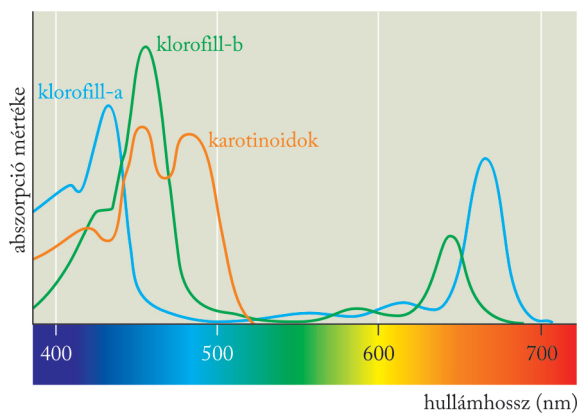
Végrehajtás: Frissen levágott kanadai átokhínár hajtását cérnával erősítsük egy üvegbotra, és a vágási felülettel felfelé tegyük egy kémcsőbe úgy, hogy a növény a kémcső szájától 2-3 centiméterre legyen! Ezt követően a kémcsövet töltjük fel 1%-os KHCO_3 -oldattal! A kémcsövet állítsuk kémcsőállványba, majd 20 cm-es távolságra helyezzünk el egy nagy fényerejű izzót, és mérjük meg az 1 perc alatt a vágási felületről felszálló buborékok számát! Ismételjük meg a vizsgálatot úgy, hogy az izzót a növénytől előbb 50, majd 80, végül 100 centiméterre helyezzük el!

- Ábrázoljuk grafikonon a tapasztaltakat!

Ismételjük meg a kísérletet úgy is, hogy a víznövényt egy főzőpohárba helyezzük, és egy kis üvegtölcsérrel leborítjuk úgy, hogy a szára is a víz alatt legyen! Töltsünk meg egy kémcsövet vízzel, fogjuk be a száját az ujjunkkal, majd a víz alatt helyezzük a tölsér szára fölé, és fogjuk fel benne a fejlődő gázt! Ha a kémcső megtelt, emeljük ki a vízből, és helyezzük a szájához izzó gyújtópálcát!

- Mit tapasztalunk?
- Mit igazolunk ezzel a kísérlettel?

A növények a fotoszintézishez a Földre jutó *napsugárzás* 400 és 800 nanométer hullámhossz közötti tartományát hasznosítják (9.2. ábra). Ehhez a folyamathoz a reakcióba lépő anyagokon és az enzimeken kívül a fényt elnyelni – abszorbeálni – képes vegyületekre is szükség van. Ezek különböző színes anyagok, **pigmentek**, amelyek molekulái konjugált kettős kötéseket tartalmaznak. A konjugált kettős kötések rendszerében a szén-



9.2. ábra. A fotoszintetikus pigmentek elnyelési görbéi

lánc mentén könnyen elmozduló elektronokat találunk. Ezek az elektronok képesek arra, hogy átvegyék a beérkező fény energiacsomagjainak, a fotonoknak az energiáját. A molekulának ütköző foton energiája magasabb energiaszintű pályára emeli, gerjeszti az elektronok egy részét. A *gerjesztett állapot* rövid ideig tart, a felvett többlet-energiát az elektron nyomban kisugározza, és visszasikerül eredeti pályájára. A felvett energia fotoszintézisre történő felhasználása csak akkor valósulhat meg, ha ezt az energiát a rendszer hasznosítani képes.

A fotoszintézis során oxigén fejlődik

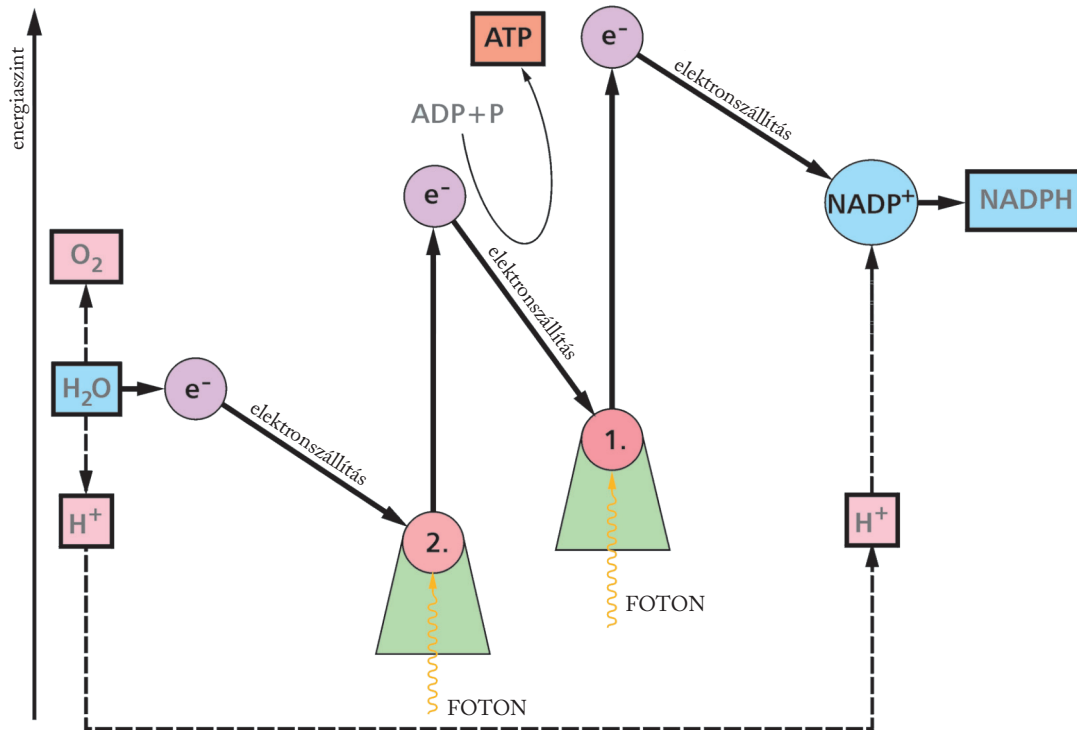
Anyagok és eszközök: zöld levelek (muskáti, spenót), olló, kvarchomok, dörzsmozsár törővel, alkohol, mérőhenger, vegyszerkanál, alkohol, üvegtölcsér, szűrőpapír, erős fényű lámpa

Végrehajtás: Zöld lombleveleket ollóval vágunk apróra, szórjunk rá egy kanálka kvarchomokot, öntsünk rá kb. 30 cm³ etil-alkoholt és alaposan dörzsöljük el! Szűrjük le az anyagot, és a kapott tiszta, haragoszöld oldatot világítsuk meg felülről, majd oldalról erős fényű lámpával!

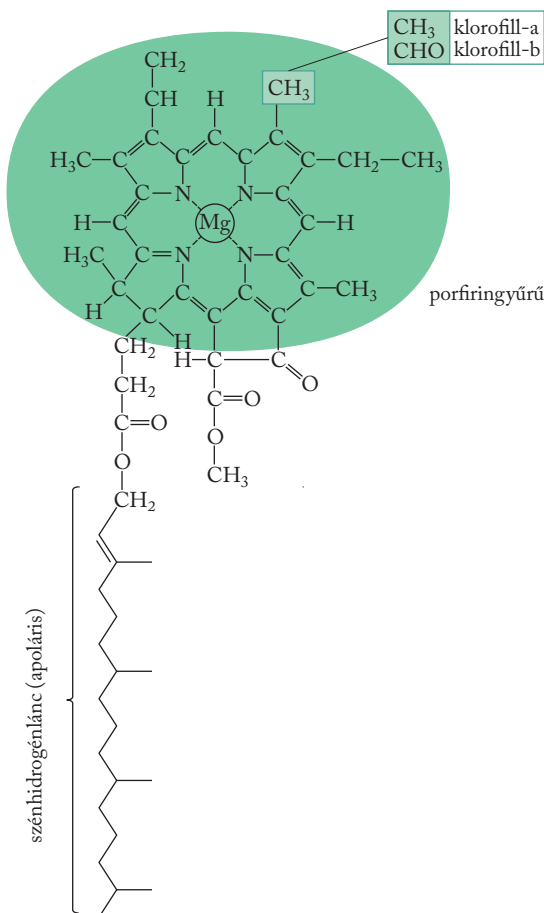
- Mit tapasztalunk?
- Mi a jelenség magyarázata?

A fotoszintetikus pigmentmolekulák a zöld szintest (kloroplasztisz) gránumaiban meghatározott arányban és módon helyezkednek el. Fehérjéhez kapcsolódva *fotorendszereket* képeznek, amelyek energiacsapdaként működnek (9.3. ábra). Fordított piramisként képzelhetjük el őket, amelyek a tetejükön, széles tartományt felölve gyűjtik össze a fotonokat. A karotinok és a xantofilok veszik fel fényenergia jelentős részét, majd az energiát továbbítják a körülöttük lévő pigmenteknek. Végül az elektron eljut a fotokémiai reakciókban részt vevő, a rendszer központjában lévő klorofil-a-molekulához (9.4. ábra). Mivel fentről lefelé haladva egyre kevesebb molekula helyezkedik el, az energia koncentrálódik, és kellően nagy lesz ahhoz, hogy a végső klorofil-a ne csak gerjesztődjön, de elektronját át is tudja adni a vele kapcsolatban álló enzimnek. Ennek bekövetkeztével a molekula elektronhiányos, *oxidált* állapotba kerül.

A fotoszintézis folyamatában két fotorendszer működik. Mindkettő fotoszintetikus pigmentekből és fehérjékből, enzimekből áll. A két foto-



9.3. ábra. A fényszakasz energetikai viszonyai



9.4. ábra. A klorofillmolekula felépítése

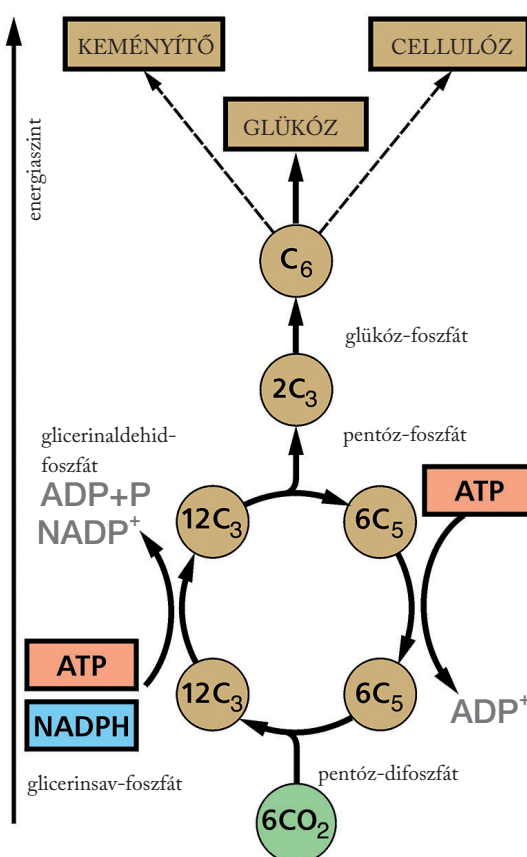
rendszer között a különbség az összetevőkben, azok arányában és a reakcióközpont által elnyelt fény hullámhosszában van. A két fotorendszer a zöld színtestek gránumaiban helyezkedik el. Egy elektrontranszportlánc kapcsolja össze őket, amely Fe^{3+} -tartalmú enzimekből, *citokrómokból* áll. A lánc első tagja elektronfelvétellel Fe^{3+} állapotból Fe^{2+} állapotba redukálódik – energiában gazdagabbá válik –, majd az elektront a szállítórendszer következő tagjának továbbadva újra Fe^{3+} állapotba oxidálódik, miközben energia szabadul fel. Az oxidáció során felszabaduló energia végül soron ATP-molekulák keletkezésére fordítódik, amelyek energiatartalma a sötétszakaszban, a glükóz szintézise során hasznosul. A fotoszintézis során az I. fotorendszer klorofill-a molekulájáról leszakadt elektront a II. fotorendszerből kilépő elektron nyomban pótolja, így a működése fényben folyamatos.

A II. fotorendszer leadott elektronjai a vízből pótlódnak. A víz bontása tehát a fény hatására következik be, ez a folyamat a *fotólízis*. A II. fotorendszer egyik fehérjeegysége a vizet elektronokra, protonokra és molekuláris oxigénre hasítja. A keletkező oxigén a gázcserenyílásokon keresztül a levegőbe kerül. A mai légkör teljes oxigéntartalma a növényi fotoszintézis eredménye, ezért az autotróf növények tevékenysége biztosítja valamennyi

autotróf és heterotróf szervezet számára a légzéshez szükséges oxigént. A szabaddá váló elektronokkal a klorofill-a-molekula redukálódik, és újra alkalmassá válik a fényenergia abszorpciójára. A vízbontásból származó protonok és elektronok végső soron a NADP^+ -koenzimekre kerülnek. Az I. fotorendszerből érkező elektronok ugyanis NADP^+ koenzimeket redukálnak ($\text{NADP}^+ + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+$), amelyek energia- és hidrogéntartalma szintén a sötétszakaszban használandó fel a szén-dioxid redukciójához. A fényszakaszban tehát a fényenergia felhasználásával ATP és redukált koenzim ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) koenzim képződik. A folyamat „mellékterméke” az oxigén.

A sötétszakasz

A sötétszakasz egy redukációs körfolyamat, ebben történik a légköri szén-dioxid beépítése szőlőcukor formájában (9.5. ábra). A szén-dioxidot egy öt szénatomos cukormolekula köti meg, a reakció során két három szénatomos glicerinsav keletkezik. Egy glükózmolekula képződésekor a folyamatban 6 darab öt szénatomos cukormolekula vesz részt (összesen $6 \times 5 = 30$ szénatom). A rendszer 6 darab szén-dioxid-molekulát köt meg, belőlük 12 darab három szénatomos glicerinsav-molekula (36 darab szénatom) keletkezik. A körfolyamatba itt kapcsolódnak be a fényszakaszból származó NADPH-molekulák, amelyek ATP felhasználásával aldehiddé redukálják a szerves savat. A keletkezett glicerinaldehid-molekulák közül 10 (30 szénatom) számos köztes



9.5. ábra. A szén-dioxid megkötése és redukálása

terméken keresztül visszaalakul a szén-dioxidot megkötő öt szénatomos cukorrá. Két glicerinaldehid-molekulából pedig egy hat szénatomos glükóz képződik.

A sötétszakasz a zöld színtestek plazmaállományában játszódik le.

Hevesy György és az izotópos nyomjelzés

A szervesetlen szén-dioxidból keletkező szerves vegyületek képződési reakciói, hasonlóan számos más anyagcsereúthoz, sokáig ismeretlenek maradtak a kutatók előtt. A megoldás kulcsát a radioaktív izotópok nyomjelzés módszere adta. Ennek az elvnek az alkalmazását az anyagcsere-kutatásokban elsőnek *Hevesy György* (1885–1966) magyar kémikus dolgozta ki, aki tudományos munkáját főleg Dániában és Svédországban végezte.

A módszer lényege, hogy a vizsgálandó elemhez saját radioaktív izotópjából adnak egy keveset. Mivel az izotópok ugyanúgy részt vesznek minden kémiai reakcióban, mint a vizsgálandó elem, radioaktív sugárzásuk alapján a jelzett vizsgálati anyag nyomon követhető. Hevesy ezt a módszert alkalmassá tette a sejtekben lejátszódó biokémiai folyamatok vizsgálatára, majd az emberi gyógyászatba is bevezette. Így módon vizsgálta például a foszfor útját az anyagcserében. Kutatásai során kimutatta, hogy a szervezetet felépítő elemek a biokémiai folyamatok során állandó jelleggel cserélődnek. Munkásságáért 1943-ban Nobel-díjat kapott.

Olvasmány

Érdeklődőknek

A klorofillok szerkezete

A klorofill típusú vegyületek molekuláiban a konjugált kettős kötésű rendszer úgy alakul ki, hogy a molekula középső részében négy pirrolgyűrű összekapcsolódik porfirinvázzá (9.4. ábra). A váz közepén egy magnéziumion helyezkedik el. A pirrolgyűrűkhöz még különböző oldalláncok is kapcsolódnak. A magasabb rendű növényekben klorofill-a- és klorofill-b-molekulák egyaránt előfordulnak. Szerkezeti különbség közöttük az egyik oldallánc metil-, illetve aldehidcsoportjában van. A klorofillok zöld színű vegyületek.

Az izotópos nyomjelzés alkalmazása a fotoszintézis kutatásában

Olvasmány

Az izotópos nyomjelzést használta fel *Melvin Calvin* (kelvin) (1911–1997) amerikai kémikus is a fotoszintézis tanulmányozása során. 1947-ben kezdte meg hosszú évekig tartó kutatásait, amelyekben arra keresett választ, hogy milyen úton lesz a légköri szén-dioxidból a növények által felépített szénhidrát. A vizsgált zöldmoszatfajokat radioaktív szén tartalmazó szén-dioxid-atmoszférában helyezte el, különböző ideig tartó megvilágításra. A fotoszintézist a kívánt időpontban megszakította, és a moszatsejtek anyagait kémiai szétválasztotta egymástól. A szétválasztott anyagokra helyezett fényérzékeny lemez feketedéssel jelezte a radioaktív anyag helyét. A fotoszintézis megszakítását egyre rövidebb időre csökkentve, a keletkező radioaktív termékek száma is egyre csökkent. Így eljutott a szén-dioxid beépülésének első lépéséhez. Kutatásainak eredményeként megállapította az egyes reakcióutakat, a reakciók termékeit és a folyamat enzimrendszerének jellemzőit. Kutatásaiért 1961-ben Nobel-díjat kapott.

Kérdések és feladatok

- 1 Foglald össze, miért nagy jelentőségű a fotoszintézis az egész élővilág számára!
- 2 Miért nem írható fel a fotoszintézis reakcióegyenlete az alábbi módon?

$$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{energia} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$$
- 3 Véleményed szerint zajlik-e éjjel is a fotoszintézis sötétszakasza?
- 4 Írd fel a CO_2 -ból kiindulva a C redukciós lépéseit a funkciós csoport változásának bemutatásával!
- 5 A 9.2. ábra alapján magyarázd meg, miért látjuk zöld színűnek a lombleveleket!

10. *lecke*

Energianyerő folyamatok a sejtben I. A biológiai oxidáció



Az **energiatermelő folyamatok** *szerves vegyületeket lebontó* lépésekből állnak. A sejtekben a szénhidrátok, a lipidek és a fehérjék is felhasználhatók energiatermelésre. Egy felnőtt ember energiaszükségletének mintegy 60-70%-a származik szénhidrátok, 25-30%-a zsírok lebontásából. A fehérjék monomerjei, az aminosavak elsősorban új fehérjék felépítésében vesznek részt.

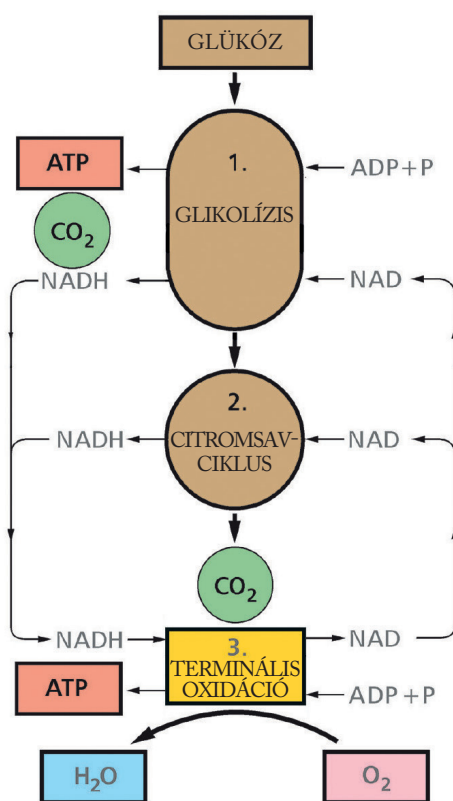
A lebontásra kerülő anyagok *szerves tápanyagok* formájában kerülnek a szervezetbe, vagy lehetnek a sejtek anyagai is. A tápanyagokkal szervezetbe jutó makromolekulák az emésztőenzimek hatására már a bélcsatornában építő *molekuláikra* esnek szét. A sejten belül korábban felépített makromolekulák lebontása a sejtplazmában vagy a lizoszómákban történik.

Az energianyerő folyamatok *oxidációs* lépések. Az oxidálás úgy történik, hogy a szerves molekuláról hidrogénatomok távoznak megfelelő enzimek hidrogénátvevő koenzimjeinek a segítségével. A hidrogént átvevő koenzimek ezzel redukált állapotba jutnak. A redukált koenzimek a hidrogénatomokat elektronok és protonok formájában adják le egy végső elektronfelvevő molekulának, miközben energia szabadul fel.

Ha a végső elektronfelfogó molekula szerves, akkor **sejtlégzésről** vagy **biológiai oxidációról** beszélünk. A szerves elektronátvevő legtöbbször molekuláris oxigén, ebben az esetben a légzés *aerob*, ha valamilyen más molekula vagy ion (pl. ammónium: NH_4^+ , nitrit: NO_2^- , szulfát: SO_4^{2-}), akkor *anaerob*. Ha a végső elektronátvevő molekula szerves vegyület, akkor a folyamat **erjedés**.

A sejtlégzés

A sejtek legfontosabb tápanyagának, a glükóznak az aerob lebontása három fő szakaszra bontható. Az első szakasz a **glikolízis**. A második szakasz a **citromsavciklusnak** nevezett reakciósor, amelynek során a szerves molekulák lebomlásából szén-dioxid keletkezik, valamint főleg ebben a szakaszban keletkeznek a redukálódott koenzimek is. A harmadik szakasz a végső vagy **terminális oxidáció**, amelyben az elektronok és a protonok az oxigénre kerülve vízként lépnek ki a folyamatból. A sejt lebontó folyamataiban felszabaduló energia tekintélyes része ATP szintézisére fordítódik (10.1. ábra).



10.1. ábra. A glikolízis és a biológiai oxidáció

A glikolízis

Ez a szakasz a sejtek citoplazmájában zajlik, és számos lépésből áll, amelyek mindegyikét másik enzim katalizálja. A bonyolult folyamatból csak néhány központi helyzetű szubsztát példáján követjük az oxidáció fontosabb lépéseit. Bevezető lépésként a glükózmolekula aktivált állapotba kerül, foszforilálódik. Ezután több lépésből álló reakciósort követően két *glicerinaldehid-foszfáttá* esik szét. A következő lépésekben ezek alakulnak tovább piroszőlőssavvá, miközben az energiadús foszfátsoportok leszakadásával ATP szintetizálódik. A glikolízis végére a glükóz két piroszőlőssavra bomlik, valamint $2\text{NADH} + 2\text{H}^+$ és 2ATP keletkezik. A glikolízist követően a piroszőlőssav három szénatomos váza szén-dioxid leadása közben két szénatomos *acetylsoporttá* alakul át, és egy szállítóenzimre, a koenzim-A-ra kerül, amely acetyl-koenzim-A formájában (10.2. ábra) a mitokondriumba transzportálja.

Mi jellemző a citoplazma felépítésére? Milyen működéseket látnak el egyes alkotói?

Nézz utána, milyen történeti magyarázata van annak, hogy a glükóz lebontását miért nevezzük – általában és helytelenül – glikolízisnek (és nem glükolízisnek)!

A citromsavciklus

A mitokondrium plazmaállományában megy végbe a glükóz lebontásának második szakasza, a citromsavciklus. A körfolyamat kezdetén a koenzim-A molekuláról leváló acetylsoport felvétele a négy szénatomos *oxál-ecetsav*. Ez a felvett acetylsoporttal hat szénatomos *citromsavvá* alakul, amelyről az egész ciklust elnevezték. A citromsav ezután több lépésben oxidálódik. A hat szénatomos lánc két szén-dioxid-molekula egymást követő leadásával négy szénatomosra csökken, *oxál-ecetsav* keletkezik. Ezzel a ciklus bezárul, és készen áll a következő acetylsoport felvételére. A hidrogének NAD^+ -koenzimeket redukálnak (10.2. ábra) ($\text{NAD}^+ + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{NADH} + \text{H}^+$). A citromsavciklus a mitokondrium plazmaállományában zajlik.

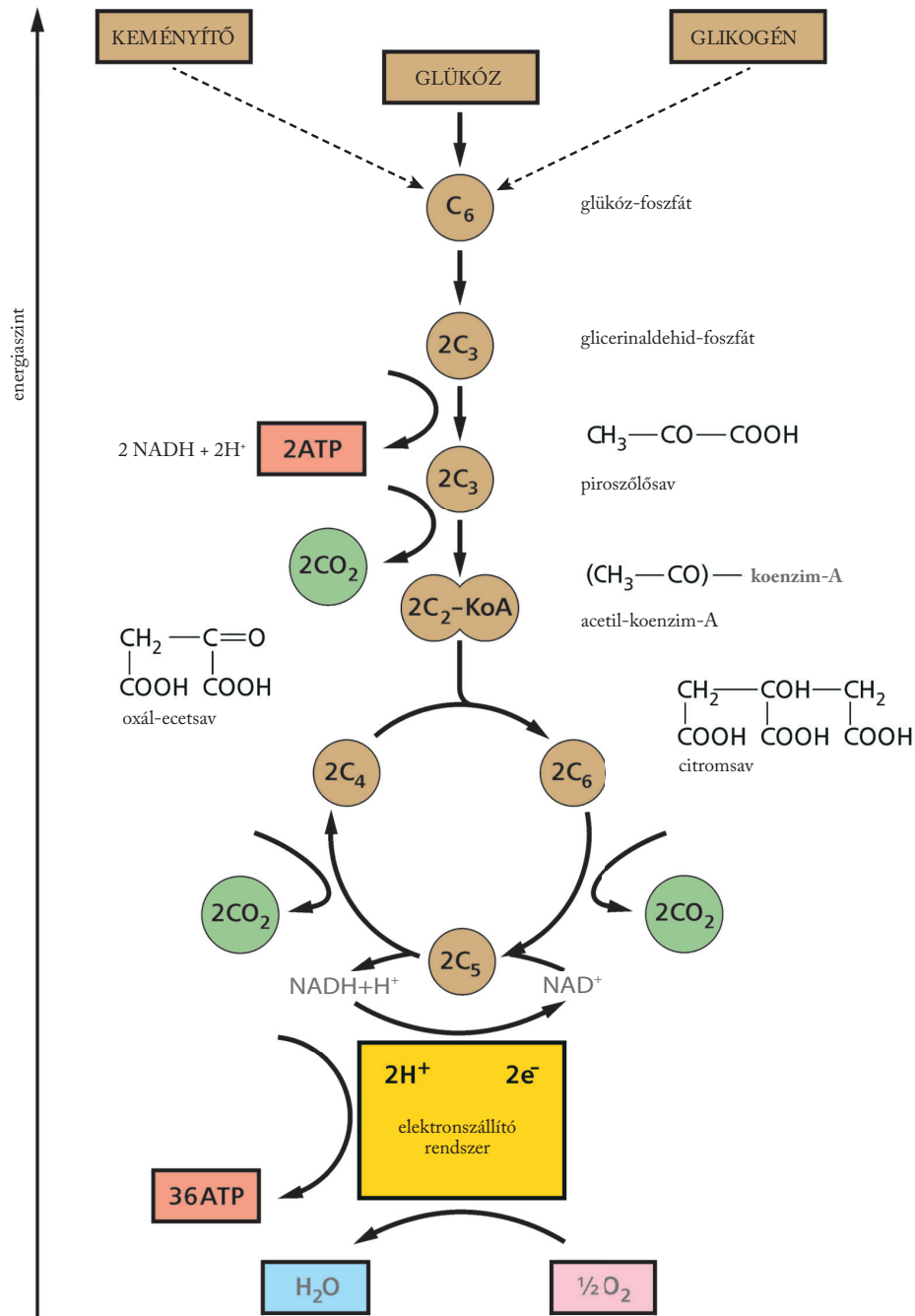
Mit tanultunk tavaly a 9. leckében a mitokondriumok felépítéséről?

A terminális oxidáció

Mit tanultunk tavaly a 9. leckében a membránok felépítéséről és általános biológiai működésükről?

A biológiai oxidáció befejező szakaszában kerül sor a végső, vagy más néven terminális oxidációra. A terminális oxidációban a mitokondrium belső membránjának van nagy jelentősége. Itt található a légzési láncot alkotó membránfehérjék, amelyek a lebontás során keletkező redukált koenzimektől ($\text{NADH} + \text{H}^+$) átveszik a hidrogént ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) és a légzésből származó oxigénnel végső soron vízzé alakítják. Az oxidált koenzimek (NAD^+) így visszatérhetnek a citromsavciklusba és újabb oxidációs reakciókban vehetnek részt.

A koenzimekről származó elektronok vastartalmú citokrómokon haladnak keresztül, amelyek a belső membránban – a zöld színtestek gránumjaihoz hasonlóan – elektronszállító rendszert alkotnak (10.3. ábra). Az elektrontranszport során energia szabadul fel, amelynek felhasználásával az elekt-



10.2. ábra. A glikolízis és a biológiai oxidáció áttekintése

ronszállító rendszer egyes átérő fehérjéi protonokat (H^+) juttatnak át a mitokondrium belső és külső membránja közti térbe. Így a belső membrán két oldala között a hidrogénionokra nézve koncentrációkülönbség alakul ki. A protonokat egy nagyméretű fehérjemolekula, az ATP-szintáz juttatja vissza a mitokondrium belső plazmaállományába. Ez a folyamat energetikailag kedvező, hiszen csökken a koncentrációkülönbség. A protonok visszapumpá-

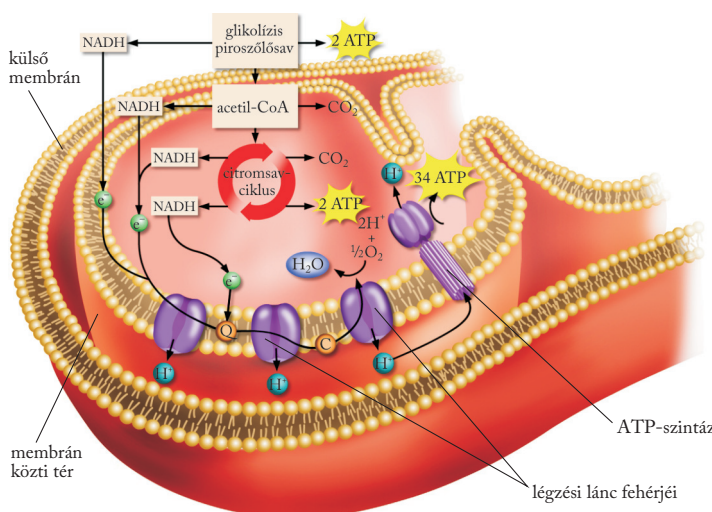
lásával párhuzamosan az ATP-szintáz ADP-ből és foszforsavból ATP-t állít elő. A légzési lánc utolsó tagjának a felszínén az elektronok a végső elektronfelvőre, az oxigénre kerülnek, ami a H^+ -ionokkal reagálva vizet képez.

A terminális oxidáció a glikolízissal és a citromsavciklussal párhuzamosan folyik, és folyamatosan biztosítja az oxidált koenzimeket a két folyamat-hoz.

A lebontó folyamatok során az ATP 95%-a a mitokondriumokban képződik, a mitokondriumok a sejtek energiatermelő központjai.

A glikolízis és a citromsavciklus egyes lépéseire kapcsolódik a zsírok és a fehérjék lebontása is. A zsírsavak szénláncáról két szénatomos acetyl-csoportok válnak le, és közvetlenül a citromsavciklusba lépnek be. Az aminosavak lebontása az

aminocsoport eltávolításával kezdődik. A szénlánc valamilyen szerves savvá alakul, majd acetyl-csoport képződik belőle, ami a citromsavciklusba lép. A táplálékkal felvett aminosavaknak normál körülmények között átlagosan mindössze 25%-a kerül lebontásra. 75%-a közvetlenül felhasználódik a fehérjeszintézis során, illetve más aminosavak szintetizálódnak belőlük.



Mi a mitokondrium biológiai működése?

Mely részekre tagolható egy mitokondrium?

Miben egyezik meg és miben tér el egymástól a külső és a belső membránrendszer felépítése?

Van-e különbség a külső és belső membrán működése között?

10.3. ábra. A citromsavciklus és a terminális oxidáció vázlatos folyamatai és helyszínei a mitokondriumban

A biológiai oxidáció vizsgálata

Olvasmány

A biológiai oxidáció kutatásában *Otto Warburg* (1883–1970) német biokémikus főleg a légzési oxigén felhasználását vizsgálta az anyagcsere-folyamatokban. Kutatásai felfedték bizonyos citokrómok szerepét a légzésben, és megerősítették, hogy a lebontó folyamatok alapvető energiaforrása a hidrogén oxidációja vízzel.

Szent-Györgyi Albert (1893–1986) magyar biokémikus munkássága során a biológiai oxidáció mechanizmusát is vizsgálta. Kimutatta, hogy a piruvát oxidációját a szerves karbonsavak, mint az oxál-ecetsav vagy a citromsav, fokozzák. Ebből arra következtetett, hogy ezeknek a savaknak fontos szerep jut a biológiai oxidációban. Ezek mellett leírta a C-vitamin és a P-vitamin biológiai tulajdonságait. Tanulmányozta az izomműködés molekuláris szintjét. Vizsgálta a fehérjék elektronátadási jelenségeit. Biológiai oxidációs kutatásaiért 1937-ben Nobel-díjat kapott. Szent-Györgyi kutatási eredményeire alapozva a citromsavciklus részleteit később *Hans Krebs* (1900–1981) német biokémikus derítette fel Angliában végzett kutatómunkája során.

Kérdések és feladatok

1 Írd fel a glükóz teljes eloxidálásának kémiai egyenletét!

2 Hasonlítsd össze a gránum membránjának és a mitokondrium belső membránjának az ATP-előállításban játszott szerepét!

3 Derítsd ki a koenzim-A-molekula tényleges összetételét és szerkezetét, és golyós (vagy kagylós) modell segítségével rakj össze atomokból egy ilyen molekulát!

4 Mely sejtek nem képesek a glikolízis folyamataira?

11. lecke

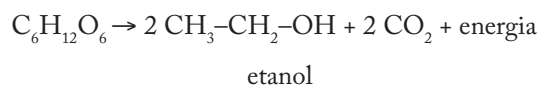
Energianyerő folyamatok a sejtben II. Az erjedés



Láttuk, hogy a glikolízis során 1 szőlőcukor-molekula lebontásakor 2 piroszőlősav, 2 ATP és 2 redukált koenzim keletkezik. A glikolízis akkor lehet folyamatos, ha a képződött redukált koenzimek oxidálódnak. Számos élőlénycsoport oxigén hiányában, azaz anaerob körülmények között is képes szerves anyagok lebontásából energiát nyerni. Ez az **erjedés**, vagy régies nevén *fermentáció*. Az erjedési folyamatokat aszerint csoportosítjuk, hogy melyik szerves anyag veszi át a redukált koenzim-től a hidrogént.

Az alkoholos erjedés

Az alkoholos erjedés az élesztőgombák (*Saccharomyces* nemzetség) lebontó folyamata, amelynek során a glükózból etil-alkohol és szén-dioxid keletkezik.

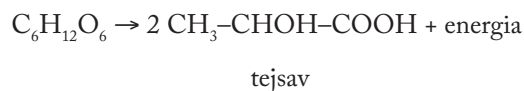


A keletkezett energia jóval kevesebb a sejtlégzés során egy molekula glükózból nyerhető energiánál, hiszen a két etil-alkohol-molekula még nagy energiamennyiséget tartalékol kötéseiben.

Az élesztőgombák tevékenységén alapszik az alkoholos italok előállítása. A bort a szőlőben lévő cukorból, a sört árpafélék malátacukrából állítják elő. Az élelmiszerüzletekben vásárolható élesztő valójában összepréselt élő élesztőgomba-tömeg. Tészta kelesztésekor a langyos cukros tejben az élesztőgombák aktiválódnak. A tésztát a keletkező szén-dioxid fújja fel, a kevés etil-alkohol pedig sütés közben elillan.

A tejsavas erjedés

A tejsavas erjedés folyamatában a tejsavbaktériumok (*Lactobacillus-fajok*) a tejcukrot bontják le tejsavvá. A tejcukor előbb két szőlőcukor-molekulává rendeződik át.



A termelt energia mennyisége ebben az esetben is nagyon kicsi. A sajtgyártás (és több tejtermék előállítása), valamint a savanyítás alapja ez az erjesztési forma. A többsejtű eukarióták izomszövetekben is bekövetkezhet tejsavas erjedés, ha az intenzív izomműködés során a sejt nem jut elég oxigénhez, ezért oxidált koenzim hiányában nem tud végbemenni a piroszőlősav acetilsoporttá alakítása. A piroszőlősav redukált koenzimmal lép reakcióba, és hidrogénfelvétellel tejsavvá alakul. Az oxidált koenzim pedig visszaléphet a glikolízisbe. Részben az izomrostokban felhalmozódó tejsav eredményezi az izomlázatot. A tejsavas erjedés – alacsony szinten – az oxigénhiány ellenére is biztosítja az izomműködés energiaigényét. A tejsavban „rekedt” energia azonban nem vész el, mert a tejsavat a vér a májba szállítja, ahol az glükózzá, majd glikogénné alakul, illetve eloxidálódik.

A vajsavas erjedés

A vajsavas erjedés egyes baktériumokra jellemző. Kiindulási anyagként többnyire cellulózt használnak fel. A végtermékek többfélék lehetnek: a vajsav mellett különböző kisebb molekulájú oxigéntartalmú vegyületek keletkezhetnek (pl. aceton, izo-propil-alkohol, butanol). A folyamat energianyerése a végterméktől függ, de a tejsavas erjedésnél is csekélyebb.

A rothadás és korhadás

A **rothadás** kifejezés gyűjtőfogalom. Ennek során különböző baktériumok, nyálkagombák és valódi gombák nitrogéntartalmú szerves anyagokat bontanak le. A végtermékek kis relatív atomtömegű, gáz-halmazállapotú vegyületek (NH_3 , CH_4) vagy elemi gázok (H_2 , N_2). A felszabaduló és hasznosítható energia nagysága a folyamattól függ. Ugyaneköz a szervezetek oxigén jelenlétében is képesek a szerves anyagok lebontására. Ekkor **korhadásról** beszélünk.

Milyen szerepe van a korhadásnak és a rothadásnak az anyagok biogeokémiai körforgásában?

A sejtlégzés és az erjedés energia-mérlegének összehasonlítása

Egy mól glükóz biológiai oxidációja során 38 mól ATP képződik. Egy mól glükóz tejsavas, illetve alkoholos erjedése során ezzel szemben összesen 2 mól ATP keletkezik. Egy mól ATP-nek ADP-vé történő hidrolízise során 30 kJ, egy mól AMP-vé történő hidrolízise során 36 kJ energia szabadul fel. Ez azt jelenti, hogy egy mól glükóz teljes eloxidálása a sejt számára $30 \times 38 = 1140$ kJ energiát biztosít. Ezzel szemben az alkoholos, illetve a tejsavas erjedés során egy mól glükózból 60 kJ áll a sejt rendelkezésére.

Kérdések és feladatok

- 1 A kovászos uborka előállítása is erjedési folyamatokkal függ össze. Nézz utána, melyek azok, és mi okozza jellegzetes illatát!
- 2 Miért kell a must erjedésekor égő gyertyával lementeni a borospincébe? Milyen változás jelzi, ha veszély van?
- 3 A rothadást és korhadást előidéző élőlények fakultatív aerob szervezetek. Nézz utána, mit értünk ez alatt a kifejezés alatt!

- 4 Miért nem tekinthető az ecetsavas erjedés valószínűleg erjedésnek? A folyamat reakcióegyenlete az alábbi:

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{O}_2 = \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$$
- 5 A glikolízis során egy glükózból két tejsav keletkezik. Eddig a folyamatban sem szén-dioxid, sem víz nem szabadult fel. Miből láthatjuk mégis, hogy addig is oxidációs lépések történtek?

12. lecke

Az öröklődés molekuláris alapjai



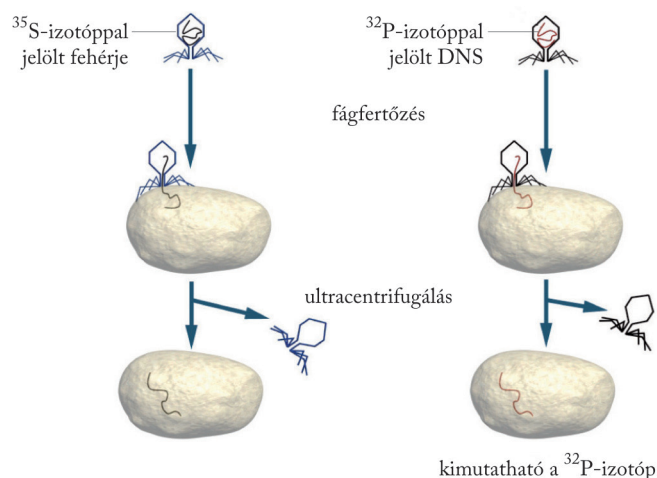
Az öröklődésért felelős anyagnak kezdetben a vért tartották a szervezetben, erre utal számos ma is használatos elnevezés; például a testvér, a vérrokon. A kémiai ismeretek előrehaladásával a gyanú a rendkívül sokféle formában megjelenő és működéseket ellátó fehérjékre terelődött. Csak a 20. század kutatási eredményei tették egyértelművé, hogy az örökletes információk hordozója a sejtmagban lévő DNS.

Hersey és Chase kísérlete

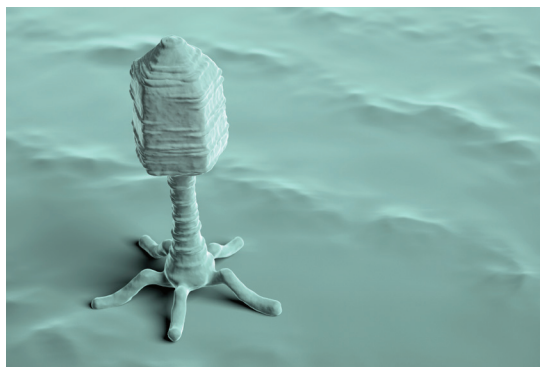
A két kutató a közönséges bélbaktériumban élősködő egyik bakteriofágot (T2) választotta kísérleteihez. A bakteriofágok fehérjeburokkal körülvett DNS-vírusok. Elektronmikroszkópos felvételeken látható volt, hogy fertőzéskor a fágoknak csak egy része jut be a gazdasejtbe. Annak eldöntésére, hogy a bejutó anyag fehérje vagy pedig DNS, radioaktív izotópos jelölést alkalmaztak. Baktériumsejteket hosszú időn át csak radioaktív kén- (^{35}S), illetve radioaktív foszforizotópot (^{32}P) tartalmazó táptalajon tenyésztettek. Ezt követően a sejteket fágokkal fertőzték. A jelölt baktériumokban sokszorosított fágok egyik csoportjának a fehérjeburkába épült be a ^{35}S -izotóp, másik csoportjának pedig a DNS-ébe a ^{32}P -izotóp. (Ebben a két elemben tér el egymástól a fehérje és a DNS összetétele.) Ezután a jelölt fágokkal radioaktív izotópot nem tartalmazó baktériumsejteket fertőzték (12.1.a ábra). A fertőzést követően centrifugálással leválasztották a sejtekről a fágok kívül maradt részét, és megvizsgálták, hogy melyik esetben mutatható ki radioaktivitás a fertőzött sejtekben. Az eredmények egyértelműen azt mutatták, hogy a P-izotóppal jelölt fágokkal fertőzött sejtekben mérhető jelentős radioaktivitás, a S-izotóppal jelöltekben nem. Fertőzéskor tehát a fág DNS-e jut be a sejtekbe, fehérjeje nem. Ezzel sikerült igazolni, hogy a DNS az örökítőanyag. A vírus DNS programozza át a gazdasejt működését úgy, hogy az fágokat állítson elő.

A DNS-molekula tehát az élőlények öröklődő tulajdonságainak információhordozója. A DNS örökíti nemzedékről nemzedékre a tulajdonságokat.

A DNS-re mint örökítőanyagra már Hershey és Chase kísérletét megelőzően is volt bizonyíték. Mutasd be kiselőadáson a baktérium-transzformáció jelenségét és az ezzel kapcsolatos kísérleteket!



12.1.a ábra. A DNS örökítő szerepének igazolása bakteriofágokkal



12.1.b ábra. A T2 fág modellje

A DNS megkettőződése

Az információ nemzedékről nemzedékre történő átadásához az szükséges, hogy a DNS-molekuláról pontos másolat készüljön. Csak ez biztosíthatja a biológiai információ lényegében változatlan megőrzését az utódnemzedékben. A DNS-molekula másolata a *DNS megkettőződése* során jön létre. A folyamatot különböző enzimek katalizálják. Vannak, amelyek felismerik a másolás kezdőpontjait a DNS-molekulán, mivel a másolás egyszerre több szakaszon folyik. Mások ezekhez a pontokhoz kötődve egy darabon a hidrogénkötések mentén szétnyitják a kettős nukleotidszálat. Majd szintén enzimek hatására a szétnyílt szálak mellett nukleotid építőegységekből új nukleotidszálak szintetizálódnak (12.2. ábra). Az eredeti nukleotidszálak pontos mintaként szolgálnak az új szálak képződéséhez, mivel a bázispárosodás szigorú szabályai meghatározzák az újonnan létrejövő kiegészítő



12.2. ábra. A DNS megkettőződésének vázlatos áttekintése

szál bázissorrendjét. Szabályos beépüléskor adeninnel szemben timin, guaninnal szemben citozin állhat. A folyamat végén mindkét DNS-molekula egyik nukleotidszála az eredeti DNS-molekulából való, míg az újonnan képződött ennek kiegészítő mása. Ezért nevezik a kettőződést szemikonzervatívnak (= a régít félig megőrzőnek). Tehát a két DNS-molekula bázissorrendje és ennek megfelelően biológiai információtartalma teljesen azonos lesz, amennyiben a másolás hibátlan.

A genetikai kód

Tavaly az öröklődéssel foglalkozó fejezetben láttuk, hogy egy-egy tulajdonság megjelenéséért fehérjemolekulák – enzimek, szabályozó anyagok stb. – felelősek. Összegezve: a tulajdonságokért felelős

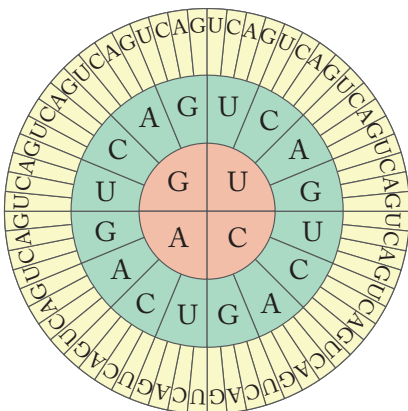
információkat a DNS tartalmazza, a tulajdonság megjelenéséhez viszont a megfelelő fehérjék jelenléte és működése szükséges. A fehérjék sajátosságai alapvetően az aminosavsorrendjüktől függenek. Ebből következik, hogy a DNS összetétele és a fehérjék aminosavsorrendje között szoros összefüggésnek kell lennie.

A fehérjéket húszféle aminosav építi fel, a DNS-ben azonban csak négyféle nukleotid van, ezért egyetlen nukleotid nem lehet a jel, a „genetikai kód”, hiszen így csak négyféle aminosav beépülését lehetne kódolni. A DNS-molekulán belül pedig a 2-dezoxiribóz és a foszforsav önmagában biztosan nem hordozhat semmiféle információt, hiszen minden nukleotidban azonosak. Ha két-két nukleotid (nukleinbázis) alkotna egy-egy jelet, akkor $4^2 = 16$ kód lenne, ha az elemek ismétlődhetnek és számít a sorrendjük is (12.3. ábra). A húszféle aminosav beépülésének szabályozásához ez még mindig kevés. Ezért azt kellett feltételezni, hogy három DNS-nukleotid alkotja a kódot, ami már $4^3 = 64$ lehetőséget jelent, ami bőségesen elegendő a húszféle aminosav kódolásához (12.3. ábra).

A	AU	UU	CU	GU
U	AG	UG	CG	GG
G	AC	UC	CC	GC
C	AA	UA	CA	GA

1 bázis – 4 lehetőség

2 bázis – 16 lehetőség



3 bázis – 64 lehetőség

12.3. ábra. A variációs lehetőségek változása a bázis-szám növelése esetén

A négyféle bázisban rejlő végtelen kombinációs lehetőségeket a morzeábécével való analógia is erősítette (igaz, abban van betűszünet és szószünet, míg a genetikai kód esetében nincs). Hiszen abban a rövid jel, hosszú jel, illetve szünet használatával bármilyen, végtelen sokféle szöveg is kommunikálható. Ha a húszféle aminosavból álló fehérjéket egy húsz betűből álló ábécének képzeljük el, a négyféle DNS-bázis négyféle genetikai jelként bármilyen fehérjeinformációt kódolhat, ha nincs megszabva a maximálisan felhasználható betűk száma, vagy más egyéb megkötés sincsen.

A genetikai kód tulajdonságai

Ma már tudjuk, hogy a genetikai kódot három egymást követő bázis (*triplet*) képezi. A genetikai kód átfedésmentes, ami azt jelenti, hogy egy nukleotidbázis egy DNS-láncban csak egy kód része lehet. Eszerint a CGACCAAGA láncszakaszban három kód van, a CGA, a CCA és az AGA, ha az első bázis egy kód első tagja. A második, a G bázissal kezdődő triplet, GAC, ebben az esetben nem kód. A genetikai kód ugyanakkor folytonos, mert egyetlen bázis sem marad ki az egymást követő kódok értelmezése során. Ezt a szerkezeti sajátosságot **vesszőmentességnek** nevezzük. Fontos jellemző az is, hogy egy aminosavat több bázishármas is kódol, hiszen láttuk, hogy a három bázisból hármasával kombinálódva 64-féle bázishármas jöhet létre. Ez jóval több, mint, ami a fehérjéket felépítő 20-féle aminosav kódolásához feltétlenül szükséges. A kódok között van egy olyan bázishármas, ami a fehérjeszintézis kezdetét jelzi, illetve három olyan is, ami a fehérjeszintézis végét. A lánckezdő jel aminosavat kódol, míg a három stopjel nem. Végül fontos, hogy a genetikai kód **univerzális**, azaz az egész élővilágra egységes jellemző a prokariótáktól a legfejlettebb gerincesekig. A bázishármasok jelentése minden élőlényben ugyanaz. Ez a legfontosabb bizonyítéka az élővilág közös származásának.

Hány kódot tartalmazna a CGACCAAGA bázisokból álló DNS-szakasz, ha a kód nem lenne átfedésmentes?

Érdeklődőknek

A DNS megkettőződés megindulása

A prokarióta baktériumoknál a megkettőződés folyamata általában egyetlen ponton indul meg, az eukarióta sejtekben azonban a kezdőpontok száma egyszerre több ezer is lehet. Ha a megkettőződés csak egyetlen ponton indulna meg, például a rovarokhoz tartozó közönséges muslica esetében, a folyamat két hétig is eltartana. Pedig ez a valóságban mindössze három percet igényel. A megkettőződés ugyanis a DNS közel 6000 pontján indul meg egyidejűleg. A folyamatban az új DNS először rövidebb szakaszok formájában képződik, majd ezeket a szakaszokat egy külön enzimrendszer kapcsolja össze egymással. A hosszú DNS-láncok rendkívül törékeny molekulák. Mindezek ellenére például a baktériumok örökítőanyaga többször is átmehet a megkettőződés folyamatán anélkül, hogy bármilyen hiba keletkezne benne. Ennek oka az, hogy különféle javító mechanizmusok gondoskodnak a DNS információtartalmának változatlan formában történő megőrzéséről.

A DNS-duplikáció

Olvasmány

Arthur Kornberg (1918–2007) amerikai biokémikus igazolta egy kísérletsorozattal, hogy a DNS képes duplikációra. Később felfedezte a katalizáló enzimet is, a DNS-polimerázt, amellyel lehetővé vált a DNS *in vitro* előállítása. A megkettőződés (duplikáció, replikáció) igazolására különböző nukleotidokat kevert össze egy lombikban, majd ehhez kólibaktériumból származó olyan sejt kivonatot adott, amelyben DNS, valamint enzimek voltak. A baktérium-DNS a kémcsőben mintául szolgált az új DNS felépítéséhez, és a nukleotidokból a baktérium-DNS másolatai készültek el. Kornberg kimutatta, hogy az így előállított DNS további molekulák mintája lehet. Felismeréséért 1959-ben orvosi Nobel-díjat kapott.

A nagy bejelentés

Hogy valóban az egymást követő bázisok sorrendje alakítja ki kódot, azt *Marshall Warren Nirenberg* (1927–2010) amerikai biokémikus igazolta először kísérleti úton 1959-ben. Sejtmentes közegben aminosav-keverékből (riboszómák, ATP és GTP mint energiahordozó és egyéb kisebb komponensek jelenlétében) csak uracilt tartalmazó nukleotidokból álló, mesterségesen előállított ribonukleinsav segítségével olyan polipeptidet szintetizált, amely csak fenilalanint tartalmazott. Kísérlete áttörést jelentett két szempontból is. Bebizonyította, hogy a szintetikus RNS meghatározhatja egy polipeptid szintézisét, azaz felhívta a figyelmet arra, hogy a DNS-ben tárolt genetikai információ fehérjékben történő realizálódásában a ribonukleinsavaknak is szerepük van. Kiderült, hogy az RNS fenilalanint jelentő „kódszava” csak uracilt tartalmazó polinukleotid. Később valamennyi nukleobázissal végeztek hasonló kísérleteket. Kiderült, hogy a csak adenint tartalmazó RNS lizint, a csak citozint tartalmazó RNS prolint kódol.

Kérdések és feladatok

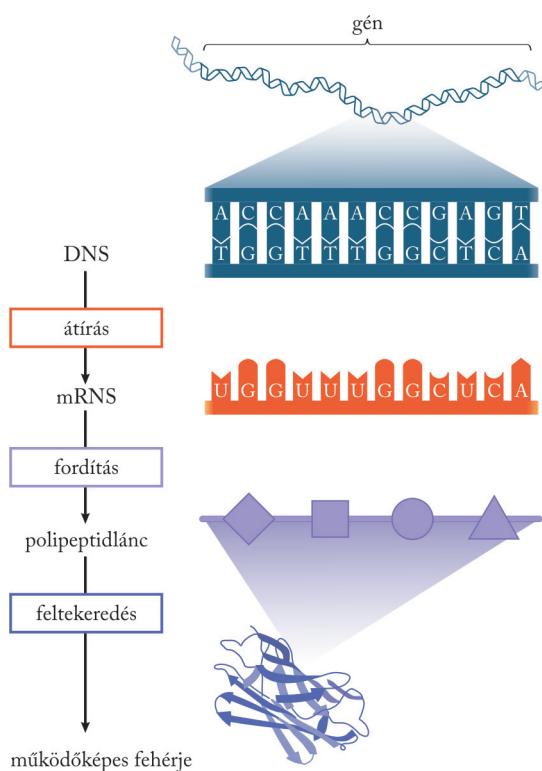
- 1 Hogyan történik a DNS-molekula megkettőződése?
- 2 A genetikai kód egyik jellemzője, hogy degenerált. Nézz utána, hogy mit jelent ez a fogalom!
- 3 Mi a genetikai kód univerzális jellegének evolúciós jelentősége?
- 4 Mi a bakteriofág?

13. fejelet

A fehérjék bioszintézise



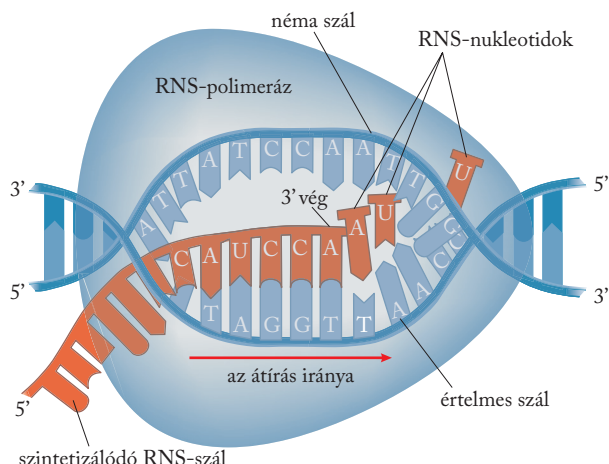
A DNS-bázisok sorrendjébe rejtett információ valójában az egyes fehérjékre jellemző aminosavsorrendet rögzíti. A nukleinsavak genetikai információtartalma a sejtekben a *fehérjeszintézis irányításán keresztül* érvényesül. Az öröklődés törvényszerűségeinek megismerése során vizsgált géneknek – amelyek egy-egy öröklődő sajátosság megjelenéséért felelősek – kémiai szempontból *DNS-szakaszok* felelnek meg, amelyek egy meghatározott fehérjemolekula szintézisének a kódját tartalmazzák. A bázishármasok „átírását”, vagyis „fehérjenyelvre fordítását” és az információnak a fehérjeszintézis helyszínére történő szállítását RNS-molekulák végzik. (13.1. ábra)



13.1. ábra. Az információtól a fehérjéig

Az átírás menete a sejtmagban

A genetikai információ átírása során az adott gének jelentő DNS-szakaszokon RNS-molekulák képződnek (13.2. ábra). Az átírás azzal kezdődik, hogy az RNS képződését katalizáló enzim a DNS egyik nukleotidszálahoz kötődik, és szétbontja a molekula meghatározott szakaszát. A DNS kettős szála szétválik egy szakaszon, így lehetőség nyílik arra, hogy a génről kiegészítő – komplementer – bázisokból álló RNS képződjön. Az egymástól el-



13.2. ábra. Az mRNA-molekulák képződése

váló két DNS-szál közül mindig csak az egyikről történik információmásolás. Ez az aktív (értelmes), a másik a néma szál. Miközben az enzim a nukleotidszál mentén halad előre, a DNS bázissorrendjének megfelelő kiegészítő nukleotidok kapcsolódnak egymás után a növekvő RNS-lánchoz. Például egy ATGCCA bázisokból álló DNS-szakasról átíródó RNS összetétele UACGGU lesz. Így a DNS-molekula bázissorrendje egyértelműen meghatározza a keletkező RNS-molekula bázissorrendjét. Az RNS-molekulák általános felépítésének megfelelően timin helyett mindig uracil bázis található a keletkezett molekulában.

Az enzim addig folytatja útját a polinukleotid-láncon, amíg felépül a teljes RNS-molekula. Ekkor elengedi a kész RNS-molekulát, és leválik a DNS-ről is, amely ezután visszanyeri kettőshélix-szerkezetét. Eukarióta sejtekben a keletkezett RNS-molekula a sejtmagból a sejtplazmába, a fehérjésztézis helyére szállítja a DNS-ről átírt információt. Mivel információt szállít, ezt a ribonukleinsav-típust *hírvivő RNS-nek*, röviden (az angol messenger szó után) mRNA-nek nevezzük.

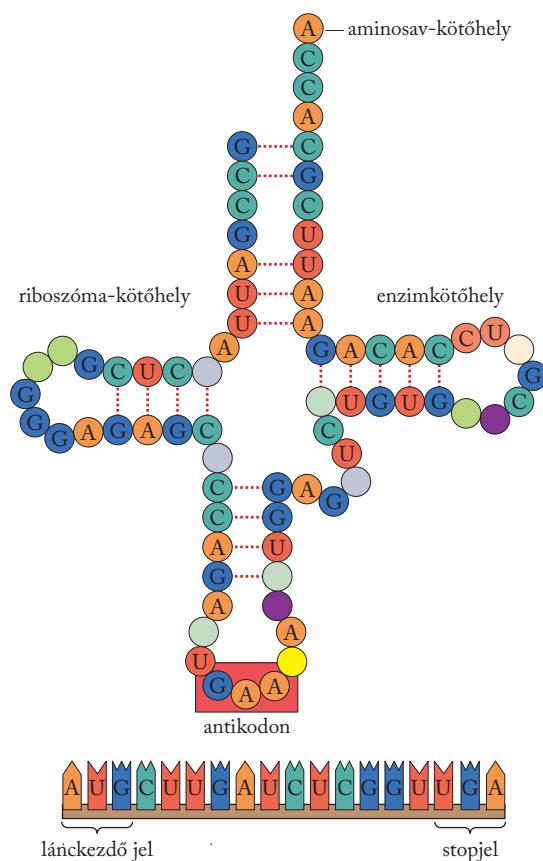
Keress az interneten animációkat a genetikai információ átírásáról!

A fehérjék felépítése a sejtplazmában

A fehérjék szintéziséhez aminosavakra van szükség. A szükséges aminosavak felvételét és szállítását egy másik RNS-típus, a szállító vagy röviden (a transzfer szó után) *tRNS-molekulák* végzik (13.3. ábra). Kezdeti lépésként az aminosavak aktivált ál-

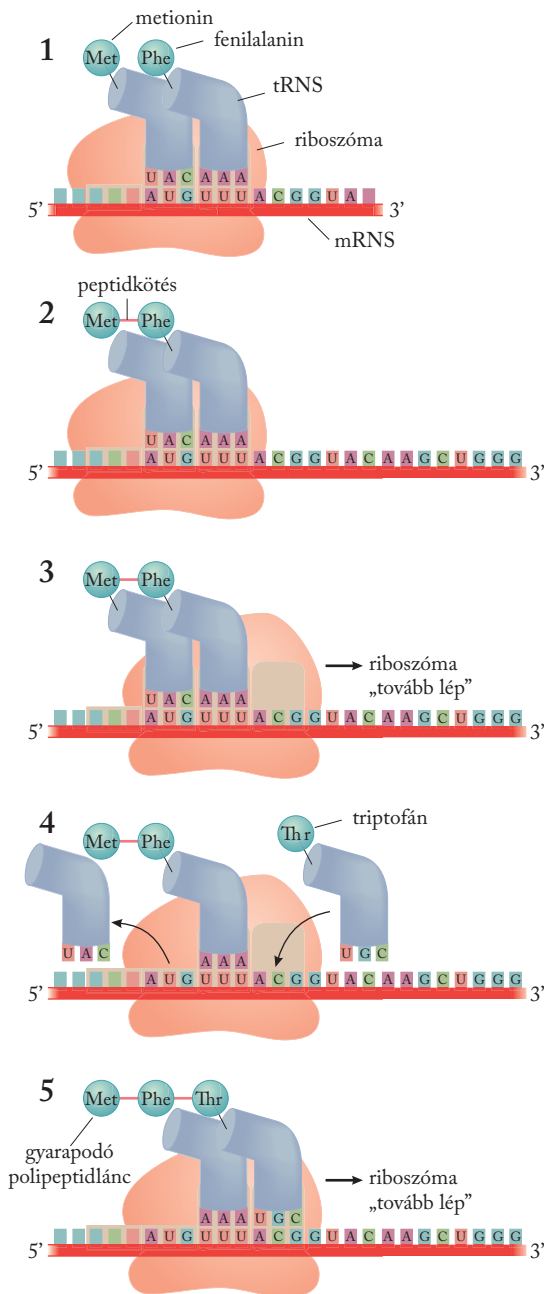
apotba kerülnek. Az ehhez szükséges energia ATP-ből származik. A fehérjésztézisben részt vevő húszféle aminosav aktiválását más-más enzim végzi. Az aktiválás során az aminosav-molekulák a megfelelő tRNS egyik végéhez kapcsolódnak (13.3. ábra).

Az aminosavak összekapcsolódása polipeptidláncá a *riboszómák*on történik. A riboszómák összetett fehérjékből és *riboszomális* RNS-molekulákból (mRNS) felépülő, bonyolult szerkezetű sejtalkotók. Egy kisebb és egy nagyobb alegységből állnak. A fehérje aminosavsorrendjének információját hozó mRNS és az aminosavakat szállító tRNS-molekulák a riboszóma felületén találkoznak egymással (13.4. ábra). A riboszóma végighalad az mRNS-molekulán, miközben megtörténik az mRNS bázishármasaiban tárolt információ lefordítása aminosav-sorrendre. Az információ leolvasása és „megértése” azt jelenti, hogy az mRNS egymás utáni bázishármasaihoz mindig a megfelelő „kiegészítő” bázishármasal (antikodonnal) rendelkező tRNS kapcsolódik. Az előző példánknál maradva: az UACGGU összetételű mRNS-szakasz első bázishármasához, az UAC-szakaszhoz olyan transzfer RNS tud csak kapcsolódni a riboszómán, amely



13.3. ábra. A tRNS-molekula felépítése

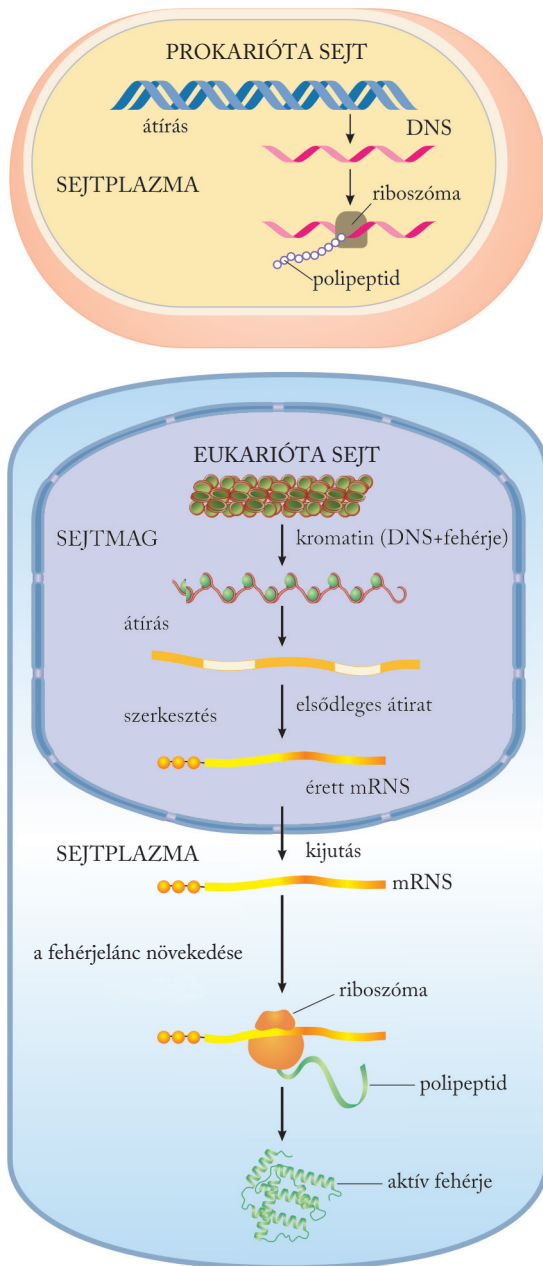
mRNS kötőhelyének bázishármasa annak éppen a kiegészítője (komplementere), azaz AUG-összetételű. A GGU-hoz pedig olyan, amelyik mRNS-kötőhelyének bázishármasa CCA, és így tovább. A tRNS átmenetileg összekapcsolódik az mRNS molekulával, és átadja a növekvő polipeptidláncnak az általa szállított aminosavat. Ezután leválik az mRNS-ről, majd a riboszómáról. Ezek a lépések addig folytatódnak, amíg kialakul a teljes fehérjére jellemző aminosavsorrend. A fehérjeszintézis végét az jelzi, hogy a riboszóma az mRNS-molekulán el-



13.4. ábra. A fehérjeszintézis folyamata

érkezik a polipeptidlánc végét jelző bázishármashoz, a stopjelhez. A kész polipeptid enzimek segítségével leválik a riboszóma felületéről.

A fehérjeszintézis menete a prokarióta és az eukarióta sejtekben nem teljesen egyforma (13.5. ábra). A prokariótákban az átírás és a fordítás térben és időben nem különül el egymástól. Az eukariótákban a háromféle RNS átírása a sejtmagban, a fehérjeszintézis a sejtplazmában történik. Az mRNS végleges szerkezete az átírást követő "szerkesztés" során alakul ki.



13.5. ábra. A sejtben belüli információátadás vázlata a pro- és az eukarióta sejtekben

Kodon és antikodon

A fehérjeszintézis során felépült mRNS-molekulák nukleotidhármasai – amelyek a kódok negatív lenyomatainak tekinthetők – a *kodonok*. A szállító RNS mRNS-hez kapcsolódó bázishármasai pedig a kodonok komplementerei, az *antikodonok*. Az egyes kodonok aminosav-jelentését ismerjük, ez a *kodonszótár*, vagy ahogyan felületes megfogalmazásban használni szokták, a *kódszótár* (13.6. ábra).

A kodonszótárból látható, hogy például a szerin és a leucin aminosavat hat, a valin és a prolin aminosavat négy-négy kodon is kódolja. Ugyanakkor

az AUG-kodon – amely a metionin aminosavnak felel meg – egyben folyamatkezdő startjel is. Ez azt jelenti, hogy minden fehérje bioszintézise metionin aminosavval kezdődik, amely azonban később leválik a kész molekuláról. Van három olyan kodon is (az UAG, az UGA és az UAA), amelynek egyáltalán nincs aminosav-jelentése. Ezek a *stopjelek*, amelyek a fehérjefelépítés végét jelentik.

A kodonszótár általános érvényességét, a prokariótától az emberig sikerült bebizonyítani. (Egy-két élőlény egy-egy kódjában találtak csak eddig eltérést.)

Az mRNS bázishármasa (kodon)					
1. bázis	2. bázis				3. bázis
	U	C	A	G	
U	fenilalanin	szerin	tirozin	cisztein	U
	fenilalanin	szerin	tirozin	cisztein	C
	leucin	szerin	STOP	STOP	A
	leucin	szerin	STOP	triptofán	G
C	leucin	prolin	hisztidin	arginin	U
	leucin	prolin	hisztidin	arginin	C
	leucin	prolin	glutamin	arginin	A
	leucin	prolin	glutamin	arginin	G
A	izoleucin	treonin	aszparagin	szerin	U
	izoleucin	treonin	aszparagin	szerin	C
	izoleucin	treonin	lizin	arginin	A
	metionin lánckezdő	treonin	lizin	arginin	G
G	valin	alanin	aszparaginsav	glicin	U
	valin	alanin	aszparaginsav	glicin	C
	valin	alanin	glutaminsav	glicin	A
	valin	alanin	glutaminsav	glicin	G

13.6. ábra. A kódszótár

Kérdések és feladatok

- 1 Mely nukleobázisokból áll az az mRNS-szakasz, amely egy TTAGAC összetételű DNS-szakaszból készült?
- 2 Mi a különbség a kodon és az antikodon között?
- 3 Milyen összetételbeli különbségek vannak egy genetikai kód adott bázissorrendje és az annak megfelelő kodon bázissorrendje között?
- 4 Milyen aminosav-sorrendet kódol a leckében szereplő ATGCCA bázissorrendű DNS-szakasz?
- 5 Mi jellemző a riboszómák felépítésére?
- 6 Tanulmányozd a 13.5. ábrát! Hasonlítsd össze a pro- és eukarióta sejtek információátadási folyamatát!

14. lecke

A gének megváltozásai, a mutációk

Tavaly az életkritériumok áttekintésénél kiemeltük, hogy az élő anyag jellemzője az evolúcióképesség is. Ami azt jelenti, hogy az élőlények genetikai állományában kisebb-nagyobb módosulások történhetnek. A változások eredménye az élőlények genetikai sokfélesége, ami segíti a változó környezethez való hatékonyabb alkalmazkodást.

A mutáció

A mutáció az örökítőanyag szerkezetében, információtartalmában bekövetkező változás. Ha a mutáció az ivarsejtek képződésekor történik, akkor a változás öröklődhet, hatása megjelenhet az utódokban. Mutáció történhet a szöveti sejtekben is. Ezek, az ún. szomatikus mutációk nem öröklődnek az utódokban, a mutáns sejtől osztódással kialakuló szöveti sejteket érinti a változás. A mutáció jelentheti a DNS bázissorrendjének módosulását, a kromoszómaszerkezet, illetve a kromoszómaszám változását.

A pontmutáció

A DNS bázissorrendjének egy ponton történő megváltozása a **génmutáció**, más szóval a **pontmutáció**, aminek leggyakoribb esete a *báziscsere*. A DNS megkettőződése nagy pontossággal történik. Előfordulhat azonban másolási hiba, amikor a szintézist irányító enzim nem megfelelő bázist épít be az új, kiegészítő szálba. A beépülési hiba legtöbbször javításra kerül. A javítást maga a szintézist irányító enzim végzi, illetve vannak erre a célra ún. javító enzimek is a sejtben. Az enzimek kivágják a hibásan beépült bázist, majd kicserélik a megfelelőre. Mindezek eredményeként mindössze minden $10^8 - 10^9$ bázisra esik egy-egy hibás beépülés. (Az ember genetikai állományának méretét tekintve ez azt jelenti, hogy átlagosan 100 másolási hiba történik minden egyes megkettőződéskor.) Ha a báziscsere valamelyik génben történik, akkor annak módosult bázissorrendű változata, **allélja** jön létre. Az új génváltozat (= allél) az eredetitől eltérő aminosav-sorrendű és működésű fehérjét kódolhat, ami a tulajdonság megváltozásával járhat. Ugyanakkor a báziscsere nem feltétlenül jár együtt a tulajdonság változásával, hiszen ugyanazt az aminosavat 2-6 bázishármas is kódolhatja, így előfor-

duhlat, hogy a megváltozott bázissorrend ellenére az új kód ugyanazt az aminosavat jelöli, mint az eredeti. Ilyen esetben nem észlelhető a génmutáció hatása, a mutáció „néma” marad.

A kromoszómamutáció

A kromoszómamutáció a kromoszómák szerkezetének megváltozását jelenti. Láttuk, hogy a meiózis I. fázisában a homológ kromoszómapárok között átkereszteződés történhet, az apai és anyai eredetű kromoszómák egyes szakaszai helyet cserélhetnek egymással (15.1. ábra). A folyamatot *allélkicserélődésnek* nevezzük, amelynek eredményeként a kromoszómák új kombinációban tartalmazzák az apai és anyai eredetű allélokat. Az allélkicserélődés legtöbbször hibátlanul megy végbe, de ritkán előfordulhatnak rendellenességek.

A *kiesés* során a kromoszóma egyik kromatidájából letörik egy darab, a kromoszóma egyik karja rövidül (14.1. ábra). *Kettőződés* esetén a kromoszóma egyik karjába beépül a homológ kromoszóma hasonló géneket tartalmazó darabja. A beépült gének új tulajdonságok kialakulásának a kiinduló pontjai lehetnek. A kromoszómán belüli átrendeződések is megváltoztathatják a kromoszóma szerkezetét. Ha egy kromoszómán két törés keletkezik, a közbülső szakasz *megfordulás* után visszakerülhet korábbi helyére. Ilyenkor megmaradnak az eredeti gének, de azok sorrendje megváltozik a kromoszómán. Végül történhet *áthelyeződés* is, amikor nem homológ kromoszómák szakaszai cserélnek helyet egymással.

A kromoszómamutációk többnyire súlyos genetikai rendellenességet okoznak.

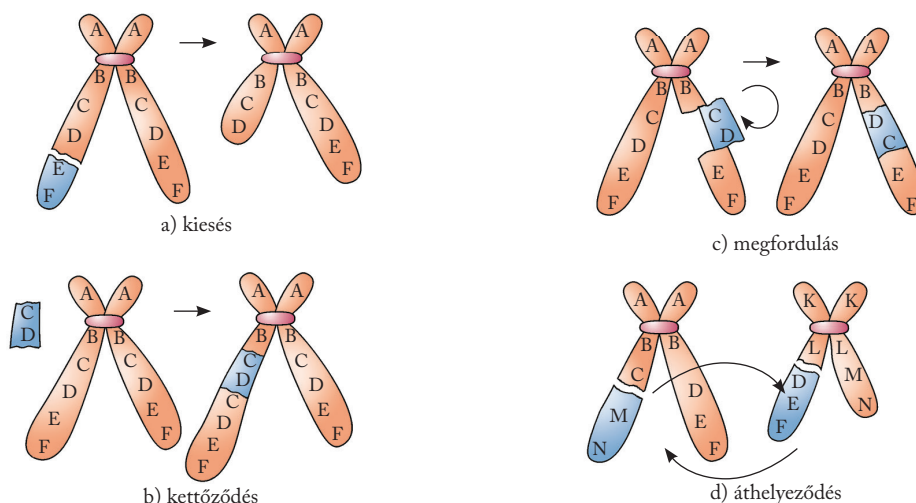
Kromoszómaszám-változás

A mutációnak ez a fajtája többnyire a kromoszómák számának sokszorozódását jelenti. A sokszorozódás lehet részleges. A Down-kóros emberekben például a 23. pár kromoszómából a diploid szöveti sejtekben nem kettő, hanem három példány van. A sokszorozódás lehet teljes is, aminek eredményeként *poliploid* sejtek jönnek létre. (A $2n$ kromoszómaszámú sejtekből kialakulhat $4n$, $6n$ stb. sejt.) A poliploidia elsősorban a növényekben előforduló jelenség. Mivel a poligén öröklődésű mennyiségi jellegek kifejeződését az azonos hatású gének száma határozza meg, a poliploidizáció számos előnyös tulajdonságát felhasználják a növénytermesztésben. Tavaly a termesztett búza példáján mutattuk be a poliploidizáció emberi szempontból előnyös következményeit.

A kromoszómaszám változásának oka általában a kromoszómák nem szabályos szétválása a sejtosztódás során.

A mutációk okai

A mutációkat mindig valamilyen hatás váltja ki, az esetek jó részében azonban a hatás nem azonosítható. Ilyenek a **spontán mutációk**. Előfordul, hogy tudatos vagy véletlen emberi tevékenység okoz mutációt, ezekben az esetekben



14.1. ábra. A kromoszómamutációk típusai

indukált mutációról beszélünk. A mutációkat kiváltó hatásokat, anyagokat gyűjtőnéven **mutagéneknek** nevezzük. Mutagén hatású számos *kémiai anyag* (pl. az aromás szénhidrogének, egyes

halogénszármazékok), a *radioaktív sugárzás* és az *UV-sugárzás*. Az UV-sugárzás a DNS bázis-sorrendjében okoz változásokat, míg a radioaktív sugárzás kromoszóma mutációkat idéz elő.

A tulajdonságok ugrásszerű megváltozása

Olvasmány

A tulajdonságok ugrásszerű megváltozását már régen megfigyelték állattenyésztetekben és kertészetekben. Az 1600-as évek közepén Dél-Amerikában nagy feltűnést keltett egy szarvasmarha-tenyésztetben egy szarvatlan bikaborjú születése, amely utódjaira átörököltette a szarvatlanságot. Nevezetes eset volt az 1790-es években, ugyancsak a tengerentúlon, egy normális láb hosszúságú szülőktől származó kos világra jött, amelynek rövid „tacskolába” volt. A kos az ún. *ankon* juh fajta ősapjának tekinthető. Később egy lótenyésztetben is született kurta lábú ló. A füveskönyvekből kiderül, hogy már az 1500-as években felbukkant a *vérehulló fecskefünek* egy egészen keskeny levelű változata, amelynek populációi ma már sokfelé előfordulnak. A botanikus kertekben ismert volt több fafajnál (pl. az eperfánál és a fehér fűznél) a váratlanul megjelent, csüngő ágú „szomorú” változat, amelyek az új tulajdonságot utódaikban is megőrizték.

A mutáció első tudományos leírása

A mutációt De Vries hollad botanikus a ligetszépe nevű vadvirágon végzett keresztezései közben figyelte meg 1901-ben, és ő volt az első, aki rámutatott ennek filogenetikai jelentőségére. Kísérletében az *Oenothera gigas* kilenc példányát önmegporzással szaporította, és hét nemzedéken keresztül vizsgálta az utódokat. Közülük néhányon durva szőrözöttség jelent meg, amely örökletes változásnak bizonyult. Hasonló örökletes morfológiai változásokat tapasztalt például a levél méretében és alakjában az *Oenothera lamarckiana* esetében is. A jelenséget *mutációnak* nevezte el (latin eredetű szó, jelentése: változás), és minden előzmény nélkül fellépő, örökletes tulajdonságváltozásként definiálta, amely a természetben folyamatosan keletkezhet. Emiatt sokan támadták, mert azon a véleményen voltak, hogy meglehetősen kevés tapasztalati tény birtokában von le evolúciós szempontból nagy horderejű következtetéseket.

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, milyen anyag a DDT! Miért terjedt el a használata az egész világon az 1950-es években, és napjainkra miért került ki a forgalmazásból?
- 2 Mutáció-e az allélcserélődés? Válaszodat indokold is meg!
- 3 Egy gén nukleotidsorrendjében egy bázis egy másikra cserélődik. A kodonszótár alapján keress példát olyan esetre, amelynek következménye az aminosav-sorrend megváltozása

lesz a fehérjében, és olyanra is, amely biztosan nem jár ilyen következménnyel!

- 4 Milyen mutagén hatásokról tanultunk? Keress még továbbiakat az interneten, és foglalld táblázatba őket!
- 5 Keress példákat a növényvilágból poliploidia negatív hatására!
- 6 Nézz utána, mi a különbség a mutagén hatás és a karcinogén hatás között! Milyen összefüggés lehet közöttük?

15. lecke

A genetikai változékonyság. A génműködések szabályozása



A mutációk során új génváltozatok jelennek meg a populációban. Ez új tulajdonság megjelenésével járhat, és a változás hozzájárul az egyed (a populáció) genetikai sokféleségének a növeléséhez. A biológiai sokféleséget az is növeli, ha a populáció egyedeiben meglévő allélek új kombinációban jelennek meg az utódokban. A rendelkezésre álló gének újrakombinálódásának, a *genetikai rekombinációnak* két forrása van.

Új allélkombinációk allélcicserélődéssel

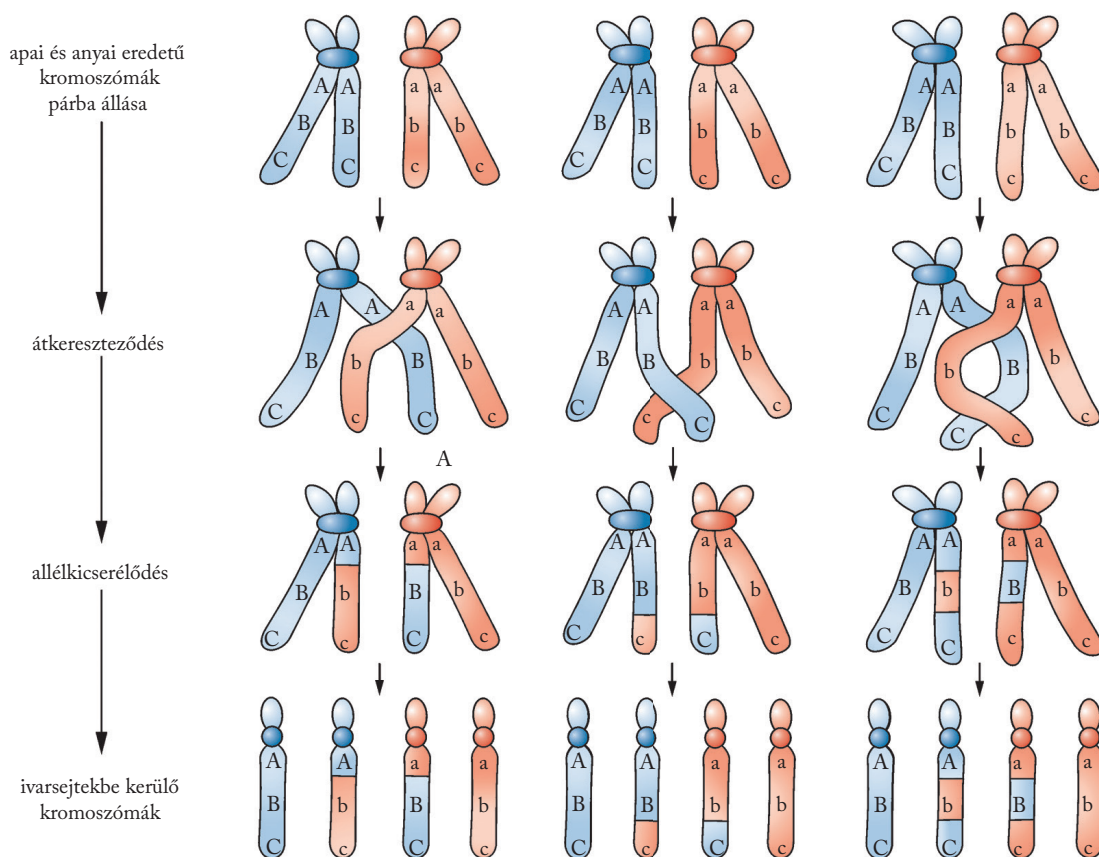
Mint láttuk, a meiózis során a homológ kromoszómák egy-egy kromatidájukkal átkereszteződve, bizonyos szakaszaikat kicserélhetik egymással (15.1. ábra). Az átkereszteződés a gének közötti szakaszon alakul ki, génen belül nem. Ha távolabb van egymástól két gén, akkor több helyen is kialakulhat átkereszteződés, gyakoribb lehet az allélcicserélődés közöttük. A 15.1. ábrán látható, hogy a C-c allélek áthelyeződése az apai és anyai eredetű kromoszómák között kétféleképpen valósulhat meg. Az áthelyeződést követően az apai és az anyai eredetű kromoszómáktól eltérő, új allélkombináció alakul ki.

Új allélkombinációk a kromoszómák véletlenszerű eloszlásával

Azt is láttuk, hogy a meiózis során az apai és anyai eredetű homológ kromoszómapárok tagjai véletlenszerű eloszlásban kerülnek az ivarsejtekbe, ami ugyancsak növeli az ivarsejtek, és így az ivarsejtek egyesülésével kialakuló utódok genetikai változatosságát.

Új allélkombinációk a gének mobilitása révén

A genetikai változatosságot az is növeli, hogy kiderült, vannak olyan genetikai információval rendelkező DNS-szakaszok, amelyek képesek alkalomszerűen megváltoztatni a helyüket a genomban. A helyváltoztatás bekövetkezhet egy kromoszómán belül, de végbemehet egyik kromoszómából a másikra is. A helyváltoztatásra képes DNS-szakaszokat *mobilis genetikai elemeknek* nevezzük.



15.1. ábra. Az átkeresztződés néhány típusa

A génhatás kifejeződése

A gének hatása azonos génkészlet esetén sem feltétlenül egyformán jelenik meg a fenotípusban. Főleg azokra a tulajdonságokra jellemző ez, amelyek a mennyiségi jellegekhez hasonló módon, poligénesen öröklődnek. Az emberi gének száma – mai ismereteink szerint – nagyjából 20 000 körüli, és közel megegyezik néhány vizsgált gerinctelen állat (csalánozók, fonálférgek) génjeinek a számával. Ebből egyenesen következik, hogy az evolúció során a fejlődés nem a gének számának növekedésével járt, hanem a gének működési rendszerekké való fejlődésével.

Ma már tudjuk, hogy a megjelenő tulajdonságok jelentős része nem egyedi gének aktivitására vezethető vissza, hanem a gének kölcsönhatásaként, génhálózatként való működésében nyilvánul meg. Ráadásul sok esetben a génhálózatok a környezettel való szoros kölcsönhatásban alakítják ki a fenotípust. Az emberek esetében például bizonyított, hogy az életvitel, az életmód, a táplálkozási szokások, a stressz, a dohányzás, az alkoholfol-

gyasztás, a drogok környezeti faktorként közvetve befolyással vannak vagy lehetnek a génhálózatok működésére, ezáltal bizonyos fenotípusos jellegek megjelenésére.

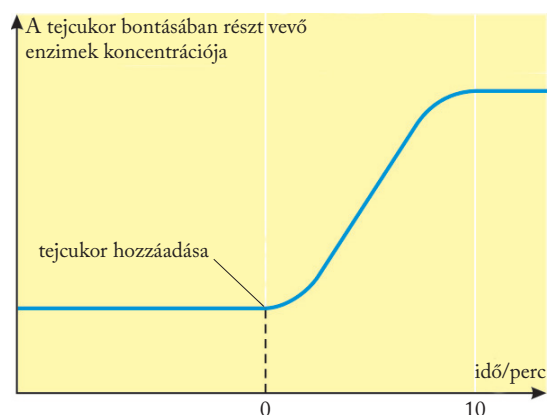
A génműködés szabályozása

A sejtekben egyszerre soha nem működik valamennyi gén. A gének működésének szabályozása a soksejtű eukarióta szervezetekben ma még kevésbé ismert. A prokariótákkal kapcsolatosan azonban már sikerült felismerni szabályozó mechanizmusokat. Közülük az egyik az **enzimindukció** jelensége, amely azt bizonyítja, hogy bizonyos bontóenzimek szintézise csak akkor indul meg, ha a szükséges szubsztrát rendelkezésre áll.

A közösleges bélbaktérium jól tenyészik szőlőcukrot tartalmazó táptalajon. Ha viszont olyan táptalajra oltják át a tenyészetet, amelynek szénhidrátja tejcukor, a baktériumok szaporodása leáll. Egy idő elteltével azonban a tenyészet újra szaporodásnak indul, és hamarosan a korábbi ütemet

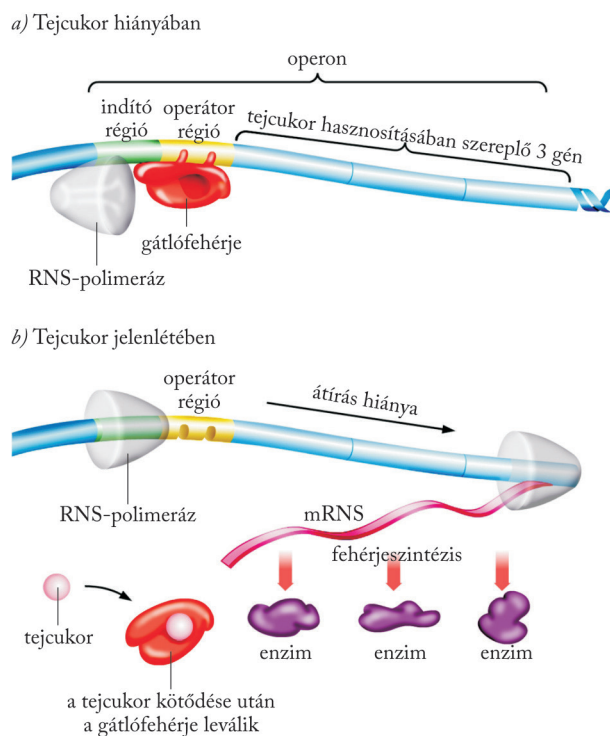
veszi fel. A megfigyelés magyarázata az, hogy a bélbaktériumok csak akkor képesek szaporodni, ha a tejcukorbontó enzim termelődését szabályozó gén működik, és így az általa kódolt enzim termelődik a sejtekben (15.2. ábra). Az enzim termelődését a környezet megváltozása – szőlőcukor nem áll rendelkezésre, ellenben van tejcukor – váltja ki. A vizsgálatok azt is kiderítették: a tejcukor bontásáért felelős DNS-szakasz több részből áll. A bontó enzimeket kódoló gének mellett a gének átírását szabályozó régiók is vannak. Az egy fehérje szintéziséért felelős gén vagy gének, valamint az azok működését irányító DNS-szakaszok együttese az **operon** (15.3. ábra).

Az operon egyik szabályozó szakasza az indító régió. Ehhez kapcsolódik az átírást irányító enzim (RNS-polimeráz). A következő szakasz az operá-



15.2. ábra. Az enzimindukció

tor régió, amelyhez tejcukor hiányában egy gátlófehérje kapcsolódik, és térbeli akadályt képez az RNS-polimeráz számára. Ha tejcukor kerül a sejtbe, akkor az kapcsolódik a gátlófehérjéhez, aminek megváltozik a térszerkezete, és emiatt leválik az operátor régióról. Az RNS-polimeráz pedig megkezdheti az operátor régió után sorakozó gének átírását.



15.3. ábra. A tejcukoroperon

RNS-világ

Az 1980-as évek elején *Sidney Altmann* (1939–) enzimaktivitást mutatott ki olyan elegyben, amely kizárólag ribonukleinsavakat tartalmazott. A felfedezéssel szinte egy időben egy másik kutatócsoport *Thomas Cech* (1947–) vezetésével hasonló tapasztalt. A kísérletek megerősítették, hogy vannak olyan RNS-ek, amelyek enzimeként működnek. Az enzimműködést végző RNS-eket a két szó összevonásával ribozimnak nevezték el. Altmann és Cech felfedezésükért 1989-ben megosztva kaptak kémiai Nobel-díjat.

Nem sokkal később *Arthur Steitz* (1940–) és munkatársai kimutatták, hogy a fehérjeszintézis egy fontos lépését, a riboszómán az aminosavak összekapcsolását katalizáló enzim sem fehérje, hanem a riboszóma egyik saját RNS-e. Munkájukat 2009-ben Nobel-díjjal ismerték el. Az RNS-molekula mind sokoldalúbb működéseinek megismerése a tudósok egy részében azt a gondolatot ébresztette, hogy korábban az élővilág „RNS-központú” lehetett. Feltehetően az „RNS-világot” fokozatosan szorította ki a később kialakult nagyobb alkalmazkodóképességű „DNS-világ”.

Olvasmány

Érdeklődőknek

Az enzimaktivitást befolyásoló hatások

Az enzimek aktivitását befolyásoló szabályozó mechanizmusok sokrétűek. Nem egy közülük egyszerűbb az enzimindukciós modellnél. 1959-ben Helmut Holzer (1921–1997) és munkatársai az élesztő lebontó folyamatait vizsgálták. Arra voltak kíváncsiak, hogy szőlőcukor adagolása mellett hogyan függ össze a rendelkezésre álló ATP mennyiségének csökkenése és a fruktóz-1,6-difoszfát koncentrációjának a növekedése. Azt tapasztalták, hogy rövid idő elteltével mindkét anyag változása egy egyensúlyi állapotot tükrözött, az ATP fogyása és a foszforilált gyümölcscukor koncentrációjának a növekedése állandó üteművé vált. Ha ekkor acetaldehidet adagoltak a rendszerhez, változás következett be, mindkét anyag koncentrációja igen gyors ütemben kezdett csökkenni. Kiderült, ennek az enzimatis folyamatnak a szabályozója a NAD^+ koncentrációja. A fruktóz-1,6-difoszfát ugyanis – mint a glikolízis egymást követő lépéseiből ismerjük – egy glicerín-aldehid-foszfátra és egy dioxi-aceton-foszfátra válik szét, azonban utóbbi is glicerinaldehid-foszfáttá izomerizálódik. A glicerinaldehid-foszfát-molekulák foszforsav felvétele és NAD^+ redukciója közben alakulnak tovább glicerinsav-1,3-difoszfáttá. Az itt, ebben a lépésben bekapcsolódó NAD^+ lesz a szabályozó molekula, a folyamat ütemét ugyanis az oxidált koenzim rendelkezésre álló mennyisége szabja meg. Az acetaldehid a NADH -t azonnal visszaoxidálja, ezért gyorsul fel a folyamat az acetaldehid hozzáadásakor. Ebben az esetben tehát az enzimatis folyamat szabályozója egy koenzim mennyisége.

Kérdések és feladatok

- 1 Magyarázd meg az enzimindukció lényegét!
- 2 Mit értünk azon, hogy a gének működése egy sejtben szabályozott folyamat?
- 3 Miért nem tekinthető mutációnak a rekombináció?
- 4 A 15.3. ábra alapján magyarázd el, a tejcukor-operon működését!
- 5 Nézz utána, mivel foglalkozik az epigenetika tudománya!
- 6 Mit értünk a génhatás kifejeződésén?

16. lecke

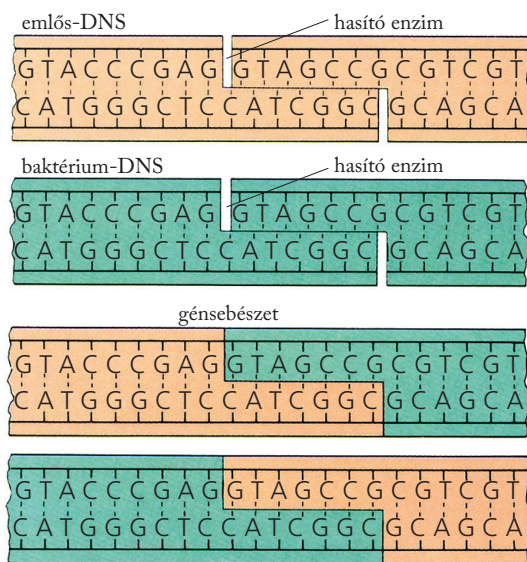
Géntechnológia



A DNS bázissorrendjétől a génebészetig

A molekuláris biológia új korszakának kezdetét az jelentette, amikor sikerült egy adott gént a DNS-molekulán azonosítani, a molekulából kiemelni, és egy másik DNS-molekula meghatározott helyére beültetni. A génátültetésnek ezt a módszerét **génekbészetnek** nevezik. Ehhez azonban a DNS óriásmolekuláját kisebb egységekre kell bontani. Az eljárás technikáját az alapozta meg, hogy baktériumokból olyan enzimeket állítottak elő – ezek a restrikciós enzimek –, amelyek meghatározott báziskombinációkat ismernek fel a DNS-molekulán, és ezeken a pontokon kisebb méretű szakaszokra hasítják az óriásmolekulát. Az adott pontokon szétvágott DNS-molekula-részletek más enzimek segítségével újra összekapcsolhatók, akkor is, ha két különböző faj DNS-molekuláiról van szó. Ezzel megvalósítható a gén átültetése egy másik DNS-molekulába (16.1. ábra).

Egy meghatározott géneknek egyik szervezetből a másikba való átültetése azonban olyan génhordozókat, vektorokat kíván, amelyek úgy képesek magukba fogadni az idegen géneket, hogy azok működőképesek maradnak. Az ilyen hordozóknak több típusuk van. A géntechnológiában leggyakrabban használt génhordozók közé tartoznak a *plazmidok* (16.2. ábra). A plazmidok a baktériumokban előforduló, gyűrű alakú, kisméretű DNS-

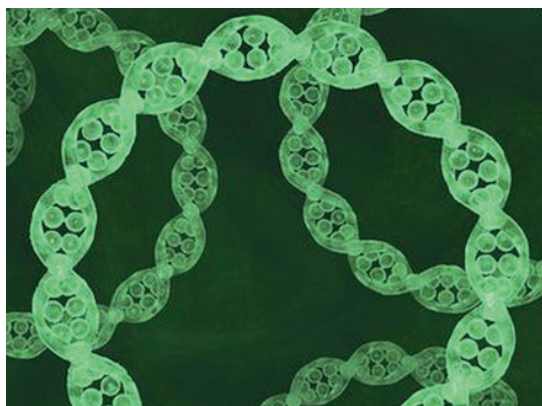


16.1. ábra. A DNS-molekula felnyitása és idegen gén bekapcsolása

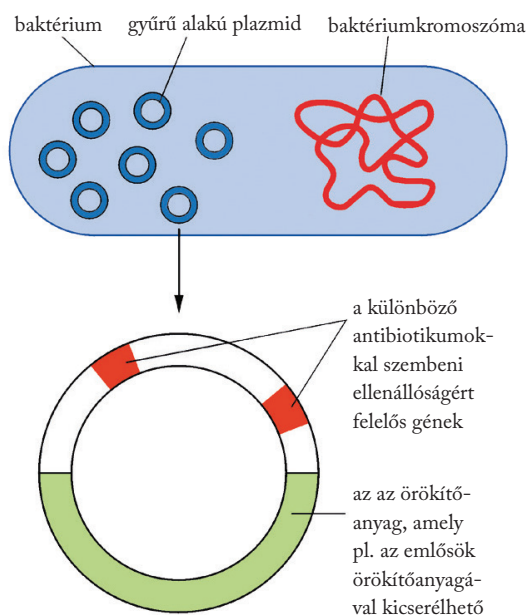
molekulák, amelyek többnyire csak néhány gén tartalmaznak, és a baktériumkromoszómán kívül helyezkednek el (16.3. ábra).

Egy baktériumba történő génátültetés során például a plazmidot a baktériumból kivonják, a DNS-láncát egy adott helyen enzim segítségével felnyitják, és ide kapcsolják az idegen DNS-molekulából ugyancsak enzimmal kihalászott gént. Miután az idegen gén beépült, a plazmidot visszajuttatják a baktériumba. Ezután az új gént is tartalmazó baktériumban megindul az idegen fehérje termelése (16.4. ábra).

Az első génátültetés két különböző baktérium plazmidjai között valósult meg. Később növényi és állati eredetű DNS-részletek bevitelle is sikerrel járt. Sőt a múlt század végén az inzulint kódoló

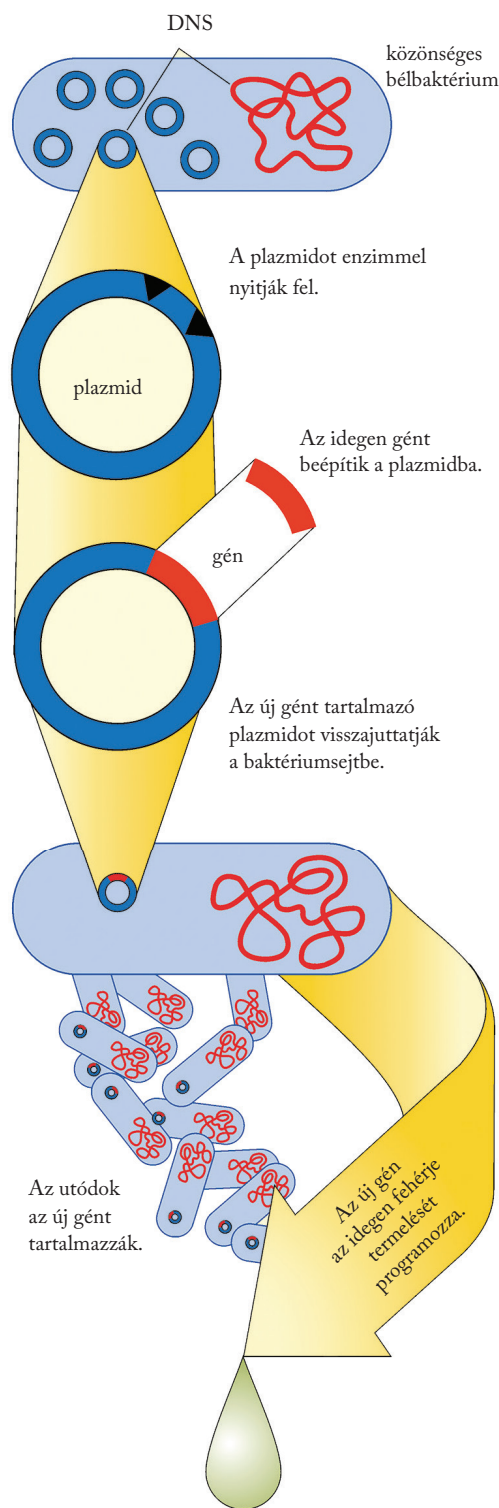


16.2. ábra. Baktériumplazmidok



16.3. ábra. A kólibaktérium plazmidja

emberi gént is sikerrel építették be baktérium plazmidjába. Azóta géntechnológiai módszerrel állítják elő iparilag az emberi inzulin hormont.



16.4. ábra. A génbevitel egyik lehetséges módja

A genomika

A géntechnológia gyorsan fejlődő iparág lett. Ehhez hozzájárult, hogy kidolgozták azokat a kémiai módszereket, amelyekkel meghatározott sorrendben lehet összekapcsolni nukleotidokat, vagyis megvalósult a DNS mesterséges szintézise. Ezek a mesterségesen előállított gének vagy génszakaszok éppen úgy beültethetők egy DNS-molekula bármely pontjára, mint az élőlényekből származó DNS-részletek. Lehetőség van arra, hogy egy nukleotidot egy meghatározott másikkal kicseréljenek, egy adott hosszúságú nukleotidsort a DNS-láncba beiktassanak vagy onnan eltávolítsanak, esetleg fordított helyzetben visszaépítsenek. Vagyis előre megtervezett módon utánozni lehet a természetes mutáció folyamatát. A géntechnológia tudományát a *genomikai* kutatások segítik. A genomika a teljes génkészletet és a benne foglalt gének kölcsönhatásait vizsgáló tudomány. A génekben rejlő információkat számítógépes programok alapján dolgozza fel.

A géntechnológiai módszerek alkalmazása

A géntechnológia módszereit üzemi méretekben elsőként a mikrobiológia gyógyszeripari területén hasznosították. Például az inzulint tömegtermelésben a géntechnológia megjelenéséig szarvasmarha hasnyálmirigyéből állították elő korlátozott mennyiségben és nagyon drágán. A géntechnológia alkalmazásával egyszerűbb hozzájutni a forráshoz, és olcsóbb a termelés. Ugyanakkor a természetes anyagnál előnyösebb tulajdonságú, az emberi

szervezet igényéhez jobban alkalmazkodó, például lassabban vagy gyorsabban lebomló inzulinváltozatokat lehet tervezni és előállítani. Géntechnológia segítségével állítanak elő számos oltóanyagot.

Egy-egy új növényfajta vagy állatfajta megjelenése korábban több évtizedes nemesítői munkát kívánt. Napjainkban a géntechnológia alkalmazásával megvalósítható az idegen gének növényekbe és állatokba történő bevitele. Ha egy növényi vagy állati genom olyan idegen eredetű DNS-részletet tartalmaz, amit génsebészeti technikával vittek be az élőlénybe, akkor *transzgenikus élőlényről* beszélünk. Az elsők között az egyik transzgenikus kultúrnövény egy burgonyafajta volt, amelynek genomjába egy baktériumból származó gént ültettek, ami mérgező fehérjét kódol. A mérge a gerinces állatokra és az emberre jelenlegi ismereteink szerint ártalmatlan, viszont biztos védelmet nyújt a burgonyabogár kártétele ellen. Kísérleteket folytatnak olyan transzgenikus kultúrnövényekkel, amelyek a szárazság vagy az alacsony hőmérséklet károsító hatásával szemben nagyobb ellenálló képességűek, vagy olyanokkal is, amelyek az emberi táplálkozás szempontjából kedvezőbb biokémiai összetételűek a fehérjéket vagy a zsírokat tekintve.

Az állatokba történő génátültetést először különböző laboratóriumi állatokon végezték. A laboratóriumi állatokkal végzett kísérletek megfelelő tapasztalatot adtak ahhoz, hogy lehetővé váljon a háziállatokkal folyó eredményes génátültetés. Először a gyógyászatban felhasználható különböző emberi fehérjék termelésére tenyésztettek ki transzgenikus állatokat, például olyan juhokat, amelyek tejében a génátültetést követően a vérzéskezelésére alkalmas fehérje található.

Új tulajdonságú élőlények tetszés szerint?

Bár a génsebészettel lehetőség nyílt az örökítőanyag módosítására, idegen gének bevitelére a DNS-molekulába, az eljárásnak biológiai jelentősége csak akkor van, ha az élőlénybe kerülve a bevitt gén fennmarad és működik, valamint az utódokban is kifejti hatását. Az elvégzett beavatkozásokból csak néhány sikerült, többségük eredménytelen maradt. Szó sincs tehát arról, hogy tetszés szerint lehet új élőlényeket előállítani. A beavatkozásoknak szigorú természetes korlátai vannak, amik az évmilliárdos evolúció során alakultak ki, és nagyon szűk mozgásteret biztosítanak a változtatásra. A „biológiai olló”, a (CRISPR/Cas9-technológia) lehetővé teszi tetszés szerinti gének pontos kivágását, illetve beillesztését. Az eljárás kidolgozóinak 2020-ban kémiai Nobel-díjat adományoztak. A kutatók tanulmányozták mind egerből származó, mind emberi sejteken a technológiát, és megállapították, hogy rendszeresen okozott mutációkat, nem kívánt genetikai átrendeződéseket, amiknek váratlan következményei lehetnek!

Olvasmány

A génszűrés ipari és környezetvédelmi alkalmazása

Olvasmány

A mikroorganizmusokat már régóta használja az ipar különböző anyagok (pl. aminosavak, enzimek, vitaminok) előállításához. A génszűrés alkalmazásával ezen a területen nemcsak a termelés mennyisége növelhető, hanem számos új anyag ipari termelése is lehetővé válik. Ma már például minden mosópor tartalmaz olyan enzimeket, amelyeket géntechnológiai úton állítottak elő. Új lehetőségek nyílnak meg a környezetvédelem területén is. Génszűrészi úton módosított baktériumokkal lehet megtisztítani a kőolaj-származékokat a szennyező kénvegyületektől, vagy a talajt a benne felhalmozódott mérgező gyomirtó szerekkel. Egy gyomnövényt génszűrészi úton sikerült ellenállóvá tenni a higanytal szemben. Ez a transzgenikus növény a szennyezett talajból felveszi a higanyt, és illékony vegyületté alakítva a levegőbe viszi, ahol a nagy hígítás miatt sokkal kevésbé veszélyes a környezetre. Ugyancsak környezetvédelmi jelentőségű, hogy sikerült megvalósítani transzgenikus növényben egy olyan, a polietilénhez hasonló szerves anyag termelését, amelyet teljesen lebonthatnak a természetben előforduló baktériumok. Az ilyen típusú természetes anyagok remélhetőleg a jövőben helyettesíthetik a ma még maradandó hulladékot jelentő műanyagokat.

Érdeklődőknek

Biotechnológia

A biotechnológia kifejezést Ereky Károly (1878–1952) (politikus, gazdasági szakember, a Friedrich-kormány közéleti minisztere) fogalmazta meg először 1917-ben egy előadásában. Később a fogalom eredeti tartalmához képest jelentősen szűkült, mert Ereky biotechnológia alatt értett minden élelmiszer-termeléssel kapcsolatos technológiai, sőt biológiai folyamatot. Így beleértette a növénytermesztés és az állattenyésztés valamennyi technikai folyamatát és az összes ember által végrehajtott lépését. Később a fogalom tartalmilag szűkült és összemosódott a „genetikai manipulációk” alatt értett, molekuláris szinten történő emberi beavatkozásokkal. Napjainkban leginkább a géntechnológia vagy génszűrés kifejezést használjuk, amely elsősorban a molekuláris biológia elméleti eredményeire épít.

Ennek első jelentős lépése Paul Berg amerikai biokémikus (Nobel-díj, 1980) eredménye volt. Kísérletsorozatában *restrikciós endonukleáz* enzimet használt abból a célból, hogy segítségével egy rákkeltő gént nyerjen ki majomvírusból. Ezt követően DNS-ligáz segítségével a vírus-DNS-t egy közönséges bélbaktérium (*Escherichia coli*) λ -fágjába építette be. Így elsőként állított elő egy mesterségesen rekombináns DNS-t.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a restrikciós enzimek biológiai működése?
- 2 Mit értünk plazmidokon?
- 3 Tarts ki előadást a génátültetésről és az emberi cukorbetegség kezelésében betöltött szerepéről!
- 4 Miben különbözik egy transzgenikus élőlény egy nem transzgenikus fajtársától?
- 5 Nézz utána, mely csoportokba tartozó transzgenikus élőlényeket lehet hazánkban szaporítani és felhasználni!
- 6 Nézz utána, mit értünk „génelszabaduláson”!

17. lecke

A klónozás és a GMO szervezetek

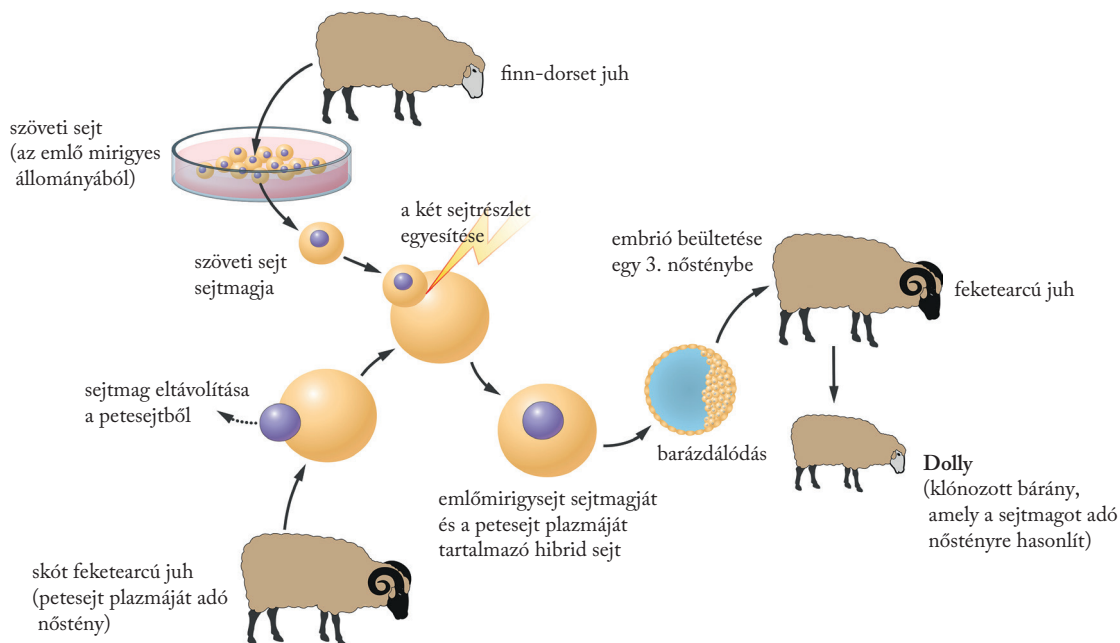
A klónozás

Az ivaros szaporodó élőlényekben a két szülő genetikai állománya keveredik az utódokban, ezért ezek genetikai szempontból sem egymással, sem szüleikkel nem teljesen azonosak. Ha egy növény kiváló genetikai adottságokkal rendelkezik, és ezért vele genetikailag azonos utódokat akarunk létrehozni, akkor ivartalan úton, vegetatív módon szaporítjuk. Például ilyen a kertészeti gyakorlatban a tőosztás vagy a hajtásrészek dugványozása. A módszerrel genetikailag azonos egyedeket, **klónokat** állítanak elő.

Az állattenyésztésben a klónozás lehetőségei korlátozottak. Az embrióosztási (embriófelezési) eljárás során mesterségesen megtermékenyítik a petesejtet, majd a barázdálódó zigóta sejtjeit két részre osztják, és így két utódot, klónt nevelnek fel belőle. A másik eljárás a *sejtmagátültetéssel* történő klónozás. Az eljárás lényege, hogy egy már differenciálódott diploid szöveti őssejtből kiemelik a sejtmagot, és beültetik egy másik egyedből vett petesejt sejtplazmájába (a petesejtből előzetesen eltávolítják a sejtmagot). A felnevelt utód a szöveti sejt magját adó állat klónja. Az első ilyen módszerrel előállított emlőállat egy juh, Dolly volt (17.1. ábra). A hasonló kísérletek célja elsősorban a differenciálódás folyamatának a kutatása.

Génmódosítás

A géntechnológia sikerei láttán egyre többen várta áttörést a transzgenikus növények termesztésével a világ élelmiszer-ellátásának megoldására. A mezőgazdasági növények terméshozamának növelését várták csökkentett energiafelhasználással és kisebb környezeti terheléssel. Úgy látszott, a szárazságtűrés kialakításának irányába is biztató lépések történhetnek. Az ökológusok többsége azonban kezdettől fogva óvatosságra intett. Ugyanis a génmódosított (GMO) növények termesztése speciális agrotechnikát, a hagyományostól eltérő termelési rendszert igényel. Nagy kiterjedésű, homogén monokultúrák mesterséges létrehozásával jár, ami csökkenti a táj élőhelyi sokféleségét. Termesztésük például testreszabott gyomirtószer-alkalmazást és műtrágyázást kíván. Az eljárások komoly fenyegetést jelentenek a szomszédos, természetes élőhelyek élővilágára.



17.1. ábra. A klónozás folyamata az állattenyésztésben

A génmódosítás veszélyei

A GMO növények előállítása során olyan biotechnológiai eljárásokat is alkalmaznak, amelyek nem rokon növényfajok közötti **génátvitelt** biztosítanak. A módszer szemben áll az évmilliárdok során kialakult természetes evolúciós folyamatokkal. Az ilyen jellegű génáramlás természetidegen, ráadásul kiszámíthatatlan, és a szabad pollenmozgás révén könnyen kikerülhet az emberi kontroll alól. Ennek következményei pedig beláthatatlanok és semmi jót nem ígérnek. A GMO növények termesztésbe vonása ellen – már kísérleti eredményeik birtokában – a fiziológusok is egyre határozottabban emelik fel a hangjukat.

Kiderült, hogy a génmódosított élelmiszer-növények komoly negatív hatással lehetnek a fogyasztóra. A rendelkezésre álló adatok alapján a táplálkozás-élettani kísérletekben egyes GMO burgonyafajták gátolták az állatok növekedését. Emellett gyengítették immunrendszerüket, és megváltoztatták több belső szerv fejlődésének ütemét is. A génmódosítással késleltetett érésű paradicsom a kísérleti patkányok gyomrában fekélyt és vérzést okozott. Egyes génmódosított kukorica-fajták a rovarokra nézve toxikus anyagokat termelő baktériumok méreganyag-termelő génjeit tartalmazzák. A baktériumot már régóta használja az ember permetezőanyagként is, tehát akár problémamentes is lehetne az eljárás. Azonban amíg

a hagyományos növényvédelemben a baktérium-hatóanyagokkal dolgozó rovarölő permetezőszert csak fertőzés esetén használja a termesztő, és csak a növény felületére kerül belőle, ahonnan lemosódik vagy előbb-utóbb lebomlik, addig a növényben genetikusan kódolva folyamatosan termelődik, akkor is, ha épp van rá szükség, és akkor is, ha nem. Fogyasztás előtt nem lehet lemosni róla, benne van a sejtjeiben. Általánosságban is aggodalomra adhat okot az, hogy a gének átvitele az esetek túlnyomó többségében nem hajszálpontosan történik, egyéb szomszédos gének vagy azok darabjai is a GMO növény sejtjeiben lehetnek.

Nem ismerjük azokat a génkölcsonhatásokat sem, amelyek felléphetnek a GMO szervezetekben, illetve az azokat elfogyasztókban. Angliai tapasztalat, hogy a génmódosított szója fogyasztásának engedélyezése óta ugrásszerűen megnőtt a szójaallergiások száma Nagy-Britanniában. Ma hazánk azon az állásponton van, hogy a nagy fokú kockázat miatt nem engedi meg génmódosított növények termesztését és élelmiszeripari forgalmazását. Az az érv pedig, hogy a fenntartható mezőgazdasági fejlődés csak GMO növények alkalmazásával oldható meg, nem helytálló. Jelenleg sem a megtermelt élelmiszerek mennyiségével van gond, hanem az egyenlőtlen elosztás rendszerével. Azon, hogy egy gazdaságilag fejlett országban élő polgár az erőforrások és a javak negyvenszeresével rendelkezik, mint egy Száhel-övezetbeli szegény afrikai

országban élő, a GMO technológia vajmi keveset tud változtatni.

Egyre nyilvánvalóbb, hogy a fenntartható fejlődés csakis a hagyományos mezőgazdasági módszerekkel oldható meg. Ehhez megfelelő vetésforgó alkalmazása, optimális talajművelés, megfelelő mértékű

(nem túlzott!) tápanyag-utánpótlás, ha szükséges, öntözési művelés, végül pedig integrált és komplex növényvédelmi technológia alkalmazása szükséges. Mindezt hagyományos genetikai eljárásokkal nemesített, a helyi viszonyokhoz alkalmazkodni képes optimális fajták termesztésével érhetik el.

Érdeklődőknek

Transzgenikus növényfajták előállítása

Napjainkra a világ különböző országaiban több mint ezer transzgenikus növényfajtát állítottak elő. Elsősorban gyomirtóknak ellenálló nagyüzemi fajtákról van szó, amely felöleli a mezőgazdasági növények többségét (burgonya, paradicsom, cukorrépa, kukorica, lucerna, rizs, szója, káposztafélék, a nem élelmisznövények közül len-, dohány- és nyírfafajták). A gyomirtó-toleranciáért felelős gént általában mikroorganizmusok génkészletéből juttatják át a transzgenikus növényekbe. Hasonlóan a rovarkárttevő rezisztens növények előállítása is előtérbe került. Erre a célra elsőként a *Bacillus thuringiensis*-ből származó endotoxint termelő gént ültették át növényekbe. A transzgenikus kutatások kisebb hányada egyéb gondokat próbált orvosolni. Ilyenek a késleltetett érés, a nagyobb beltartalom vagy a tartósabb tárolhatóság. A genetikailag módosított növényeket árusító hivatalos piac 1994 óta működik a világon.

Kérdések és feladatok

- 1 Gyűjtsd ki a lekéből és az internetről a géntechnológia előnyeire és hátrányai vonatkozó információkat! Rendezzettek vitát e témában!
- 2 Milyen korlátai vannak a géntechnológia széles körű alkalmazásának?
- 3 Keress információkat az interneten a Dolly nevű birkáról! Mi lett a sorsa?
- 4 Írj a klónozásról szenzációhajhász bulvárcikket!
- 5 Nézz utána, milyen hagyományos mezőgazdasági művelődési módok mellett válhat az élelmiszer-termelés fejlődése fenntarthatóvá!
- 6 Nézz utána, a Covid-19 vírus elleni oltóanyag kifejlesztési eljárásának!

18. lecke

Az emberi genom



Az emberi génkészlet feltárása

Az ember teljes génkészletének feltárását maga elé tűző nagyszabású nemzetközi kutatóprogram, a **Humán Genom Program** 1990-ben kezdődött. Hat ország (hazánk nem volt közöttük) tizenhat kutatólaboratóriumában indultak meg a vizsgálatok több száz biológus és informatikus bevonásával. A kutatók nem kevesebbre vállalkoztak, mint arra, hogy első lépésként feltárják az ember teljes génkészletének nukleotidsorrendjét, majd ennek ismeretében a távolabbi jövőben megállapítsák az egymást követő gének sorrendjét is, azaz elkészítsék az *ember genetikai térképét*. 2003-ban jelentették be, hogy a program első szakaszának a végére értek, sikerült meghatározni a génkészlet kémiai szerkezetét. Ennek alapján leírható az emberi DNS teljes bázissorrendje. A munka befejezése mintegy 3,2 milliárd egymás után következő bázispár elhelyezkedésének a megismerését jelenti. Az emberi DNS teljes hossza, ha egy vonalban kihúznánk, két méter lenne. Ez az elképesztően nagy számú bázissor a sejtmag kromatinállományában található.

A DNS-nukleotidok sorrendjének ismeretében napjainkra sikerült meghatározni számos gén helyét is. Ma már tudjuk, hogy ezek hol kezdődnek, hol fejeződnek be, és mi a biológiai „jelentésük”, ezenkívül számos egyéb érdekességre is fény derült. Az ember génjeinek a számát a fenetikus jegyek, sejtműködések és a DNS-mennyiség alapján mintegy 80 000 és 120 000 közé becsülték. Mai ismereteink szerint ez valamennyivel kevesebb, 21 000. Az is kiderült, hogy az emberi genomnak csak 1%-a működik génként. A továbbiak egy része a kódoló szakaszok szabályozásában, további hányaduk magának a DNS-szerkezetnek a kialakításában játszik szerepet. Jelentős hányaduk atavisztikus, „ősi” gén, és az ember élete folyamán egyáltalán nem aktivizálódik. Feltűnő, hogy a DNS-láncban hosszú láncdarabok többször egymás után megismétlődnek. Ennek okát és biológiai jelentőségét sem ismerjük még. Mint említettük már, mindezek alapján az emberi adottságok és képességek magyarázatát feltehetően nem a gének számában, hanem a génekből álló információs egységek variációs lehetőségeiben lehet megtalálni.

A Humán Genom Program során vizsgált DNS több embertől származik. Erre ezért volt szükség, mert egyetlen minta alapján nem lehetne általános következtetéseket levonni. A DNS-mintát éppen

azért lehet például a bűnügyi gyakorlatban személyek azonosításhoz felhasználni, mert minden ember DNS-e egyedi. Ez a genetikai diverzitás biológiai alapja. Két véletlenszerűen kiválasztott személy DNS-e mintegy 3 millió bázispárban különbözik egymástól. Ha a csimpánz DNS-ének bázissorrendjével vetjük össze az „átlagos” emberi DNS-láncot, egy nagyságrenddel kisebb a hasonlóság, mert az eltérő bázispárok száma kb. 30 millió. Ebből következik, hogy két ember esetében 99,9%-os, a csimpánz és az ember esetében 99%-os a genetikai egyezés.

A Humán Genom Programot számos kiegészítő kutatás követte. Ezekben hazánk is az élén jár. Egy részük eredménye már most, többségük az ember génkészletének mélyebb megismerését követően lehet igen hasznos. Például az ecetmuslica genetikai térképét már eléggé ismerjük. Kiderült, hogy azokból az emberi génekből, amelyek hibája megbetegedéssel vagy rendellenességgel jár az emberben, számos benne is megtalálható.

A Humán Genom Program jelentősége

Az emberi genom ismerete új távlatokat nyithat elsősorban a gyógyítás területén. Hiszen a későbbiek során lehetőségeket adhat olyan eljárásokra, amelyek a géntechnológia eszközeit használják fel, és amelyeket közös néven **génterápiának** neveznek. A génterápia a meglévő gének mesterséges módosítása, amelyekkel a genetikai hibák kijavítását, betegségek megelőzését vagy gyógyítását igyekeznek elérni. Bár a génterápia ma még gyerekcipőben jár, néhány biztató módszert már ismerünk. Például sikeresnek ígérkeznek azok az eljárások, amelyek során erre a célra alkalmassá tett módosított vírusokkal genetikai információt juttatnak beteg sejtek genetikai állományába, amelyek a beavatkozást követően már egészséges működésűek lesznek. Vagy hogy egy másik példát említsünk: baktériumokból sikeresen izoláltak olyan nukleinsav-enzim komplexeket, amelyek a baktériumokban a behatoló vírusok elleni védekezést szolgálják. Megfelelő átalakítással ezek a rendszerek akár az emberi gyógyítás vagy egy betegség megelőzésének a szolgálatába állíthatók. Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy napjainkban mindez még kísérleti stádiumban van, és számos nehézséggel kell szembenézni. Például

ha egy szervezetben csak egy (vagy néhány) sejtben végzik el a hibás gén cseréjét, az a többi beteg sejt működését nem fogja befolyásolni. Kedvezőbb a helyzet, ha a géncserét szöveti sejteket létrehozó, gyarapító őssejtekben sikerül megvalósítani.

Egy további eljárás, amelyet az orvostudomány már hasznosít: 1994-től indult útjára a **DNS-csip-technológia**. Ennek lényege, hogy egy hordozófelületre (pl. üveglap vagy műanyag lapocska) mesterségesen előállított, ismert, nem túl hosszú láncokból álló nukleotidszekvenciákat visznek fel, amelyet „összehoznak” a beteg mintáiból származó feldarabolt és jelzett nukleinsavval. A lemezhez kötődött, jelzett nukleotidok nagy felbontású leolvasása után a jelek intenzitásából becsülhető, hogy az adott DNS-szakasz a beteg genomjában előfordult-e vagy sem.

Etikai kérdések

Az ember génkészletének kutatása egy sor etikai kérdést is felvet. Legjellemzőbb adottságainkat, testalkatunkat, testfelépítésünket, szellemi képességeinket, ahogy egyes betegségekre való hajlaiminkat vagy éppen velünk született betegségeinket génállományunk határozza meg. A néhány sejttes embrióba történő génszűrés beavatkozás egyértelműen az emberi evolúcióba történő mesterséges beavatkozás lenne, amely a következő nemzedék sorsára is kihatna, előre nem látható problémákat okozva. Ezért az emberi ivarsejtekbe történő géntechnológiai beavatkozást, ideértve az emberi klónozást is, sehol nem engedélyezik. Az emberi jogokkal és méltósággal összeegyeztethetetlen minden olyan gyakorlat, amely az embert pusztán tárggyá vagy eszközzé süllyeszti. Ugyanis az ember személyiségi jogait veszélyezteti, ha vele azonos genetikai másolatot állítanak elő, ami jogilag és erkölcsileg egyaránt elfogadhatatlan. Az élővilág etikai kérdéseivel foglalkozó biológiai tudományterület a **bioetika**.

A Humán Genom Program a maga komplexitásában egyre gyorsuló ütemben ma is tart. A nukleotidok bázissorrendjének elemzése technikailag egyre gyorsabb, gyorsul az informatikai adatfeldolgozás, és alacsonyabbak lesznek a költségek. Az eredmények beépítése a mindennapos klinikai gyakorlatba, ha nem is látványosan, de folyamatosan történik. Az emberi genom megismerése azonban nemcsak a jövő felé mutatja az utat, de segít

az ember múltjának tisztázásában is. A különböző feltételezett rokonsági körök DNS-e közötti sorrendi egyezések az evolúció útját is jelzik. A nean-

der-völgyi ember és a mai ember DNS-mintájának összevetéséből derült fény arra, hogy nem belőle fejlődött ki a mai ember közvetlen őse.

Mesterséges élet

Craig Venter (1946–) amerikai kutató azzal hívta fel magára a tudóstársadalom figyelmét, hogy megpróbál ember által készített genetikai kódok összerakásával mesterséges életet létrehozni. Ennek előzménye, hogy 2002-ben Eckard Wimmer (1936–) német–amerikai vegyész és molekuláris biológus, a Stony Brook Egyetem virológusprofesszora elemeiből összerakta a poliomyelitis vírusának genomját. A legegyszerűbb genomú ismert élő sejt a *Mycoplasma genitalium* nevű baktérium (az emberi húgycsőben él, általában ártalmatlan), amelynek mindössze 458 génje van. Ehhez hasonló szervezet előállítása Venter célja. Mesterséges vírust (Phi-X174) 2007-ben már sikerült előállítani a kutatócsoportjának. Ugyanebben az évben egy *Mycoplasma* faj genomját sikeresen vitte át egy másik, közel rokon fajba. Ha ugyanezzel a módszerrel egy mesterségesen előállított nukleotidokból álló genomot visz át egy kész sejtbe, genetikailag mesterséges élőlényt hoz létre.

Az állatokkal való bánásmód

A bioetika magába foglalja az állatokkal való bánásmód etikai kérdéseit is. Ezen a téren is nagy volt a változás az elmúlt évszázadokban. Thomas Willis (1621–1675) angol fiziológus a mai szemmel nézve elképesztően barbár állatkísérletekkel próbálta feltérképezni az agy egyes területeinek a működését. Két évszázaddal később Claude Bernard (1813–1878), a francia fiziológia legnagyobb alakja kénytelen volt elviselni, hogy felesége és leánya elhagyja, mert elleneztek az élő állatokkal történő kísérleteit. Ő pedig megszállott kutatóként előbbre valónak tartotta kísérleteit, mint a családi békét!

Kérdések és feladatok

- 1 Említs példákat arra, hogy mely tudományos technikai eredmények teremtették meg a Humán Genom Program megindulásának lehetőségét!
- 2 Ismertess néhány érdekességet a Human Genom Program eddig megszületett eredményeiből!
- 3 Hogyan segíti az informatika a biológiai kutatásokat?
- 4 Miért tekinthetjük a Humán Genom Programot az egyik legnagyobb jelentőségű tudományos vállalkozásnak?
- 5 Nézz utána, miért mondott le James Watson Nobel-díjas tudós a program vezetéséről!
- 6 Nézz utána, melyik magánvállalkozás kezdett saját tőkéből versenyre kelni a programmal, és miért!

ÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Milyen változások történnek a zselatintartalmú puding főzésekor (a zselatin fehérje)?
- 2 Milyen változások zajlanak le a tejben a forraláskor?
- 3 Nézz utána! Hány bázispárból áll az emberi genom, milyen hosszú lenne az ebből képzett DNS-molekula, ha a kettős spirál egy teljes fordulatát (3,4 nm) 6 bázispár alkotja?
- 4 Hasonlítsd össze a felépítő és lebontó folyamatokat az alábbi szempontok szerint: szénforrás, kiindulási anyagok energiaszintje, végtermékek energiaszintje, végbement reakciók típusa és a H-szállítók típusa!
- 5 Hogyan kapcsolódik össze a fotoszintézis fényszakasza a sötétszakasszal?
- 6 Miért fontos folyamat a fotoszintézis az egész élővilág szempontjából?
- 7 Milyen azonosságok és különbségek vannak a fotoszintézis és a biológiai oxidáció között az energiaváltozás, a szénatomszám-változás, az elektronszállítás, a körfolyamatok és a redoxireakciók tekintetében?
- 8 Nézz utána, miért nem képzelhető el a szénalaphoz hasonlóan szilíciumalapú élet!
- 9 Hogyan befolyásolja a sejtplazma ozmózisnyomását a glükóz-glikogén átalakulás?
- 10 Egy DNS-szál bázissorrendje a következő AAAATCGCT szakasz. Milyen összetételű mRNS íródhat róla, és milyen tripeptidet kódol? A megoldáshoz használd a kodonszótárt!
- 11 Nézz utána, és keress kísérleteket arra, hogyan lehet egyszerűen, gyorsan kimutatni vizes oldatából a következő biogén elemek ionjait: káliumion, jodidion, vas(III)ion!
- 12 Kiselőadás keretében mutasd be egy nyomelem pótolhatatlanságát egy szervezetben!

Kérdések és feladatok

- 13 Magyarázd el, hogyan függ össze a DNS-molekula bázissorrendje a tulajdonságokkal! Nézz utána és hasonlítsd össze az Egyesült Államok és az Európai Unió álláspontját a genetikailag módosított növények termesztéséről!
- 14 Mi lehet a klónozott állatok előnye? Milyen hátránya lenne a klónozott állatok nagyüzemi tartásának? Mi a véleményed az ember klónozásáról?
- 15 Miért alkalmasak az egyiptetűi ikrek genetikai kutatásokra?
- 16 Foglald össze röviden az alábbi szöveg lényegét!
A génaktivitás-változás okozta fenotípusos eltéréseket modifikációknak nevezik. Mivel e változások a genom tartalmát nem érintik, a modifikációk nem öröklődnek, csupán az adott egyedre vagy egyedek csoportjára jellemzőek. Például a burgonya alföldi környezetben magasra nő, a hegyekben viszont alacsony marad. Ivartalan szaporítás esetén mindkét utódnövény genetikai információja azonos lesz. Ha most az egyiket alföldön, a másikat pedig magashegységben ültetik el, akkor ugyanabból a genetikai információból az alföldön magas termetű, a hegyekben viszont alacsony termetű növény fejlődik ki. Ugyanez tapasztalható számos más növény, mint például a gyermekláncfű esetében is. Mindez azt bizonyítja, hogy a környezet nagymértékben befolyásolja a genetikai adottságok érvényre jutását. Modifikációs folyamat eredménye az is, hogy a különböző tengerszint feletti magasságban élő emberek vérében eltérő számú vörösvérsejt jön létre. A tenger szintjéhez közel 4-5 millió, 3000 méter magasban már mintegy 6,6 millió, 5500 méteren pedig már több mint 8 millió vörösvérsejt van 1 mm³ vérben. Ezek az értékek minden esetben kialakulnak, ha néhány hetet az adott magasságban töltenek, majd újra megváltozik, ha az illető más tengerszint feletti magasságba költözik. A modifikációk ugyan növelik az egyedek változottságát, és az egyed környezethez való alkalmazkodását jelentik, de mivel nem okoznak a genomban tartalmi változást, evolúciós jelentőségük nincs.

- *Belső környezet, mozgás*
- *Szabályozás. Érzékszervek*
- *Szaporodás. Egyedfejlődés*

Az ember szervezete és működése



19. lecke

Az emberi test, testalkat, testkép



Az embert szellemi képességeinek fejlődése emelte ki az állatvilágból. Evolúciója során azonban teste is jelentős változásokon ment keresztül. Testtájainak arányai megváltoztak, felegyenesedett, két lábon kezdett járni, keze alkalmassá vált az eszközhasználatra.

Testünk szimmetriaviszonyai

Testünk fejlődéstani szempontból **kétoldalian részarányos** (19.1. ábra). Valójában egyik felünk sem pontos tükörképe a másiknak, jellegzetes aszimmetria figyelhető meg például az arcon.

Készítsünk egymásról szemből digitális „igazolványképet”! Felezzük meg az arcképet, majd tükrözzük át mindkét felet a vágás tengelye mentén! Hasonlítsuk össze a kétféle módon készült képet egymással!

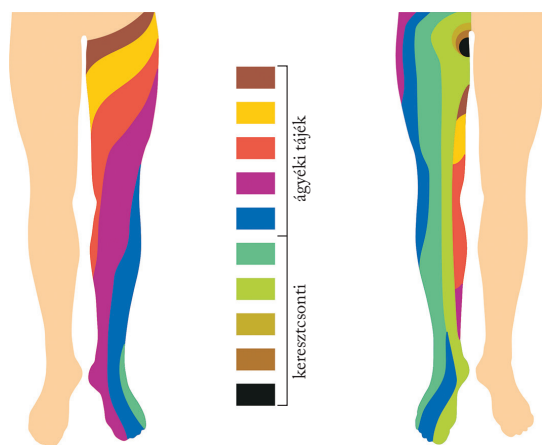
Belső szerveink többsége páratlan, és nem pontosan a középvonalban helyezkednek el. Még a páros belső szervek sem teljesen egyformák, így testünk belseje nem kétoldalian szimmetrikus. A test középtengelyét képező gerincoszlop sem teljesen egyenes, hiszen a két testfél nem egyforma tömegű. Például a máj csak a jobb oldalt terheli, ami járáskor a gerincoszlopot ellenoldali elhajlásra kényszeríti, vagy az emberek mintegy 75%-ánál a jobb kar hosszabb a balnál. Az egyoldali túlsúly miatt testünk súlypontja nem a középvonalában van.



19.1. ábra. Az emberi test kétoldalian részarányos

A kétoldalian részarányos testünket a hosszirányú *középsík* két többé-kevésbé egyforma félre, a vízszintes *horizontális sík* egy alsó és egy felső testfélre, a függőleges *homloksík* egy elülső és egy hátsó testfélre osztja.

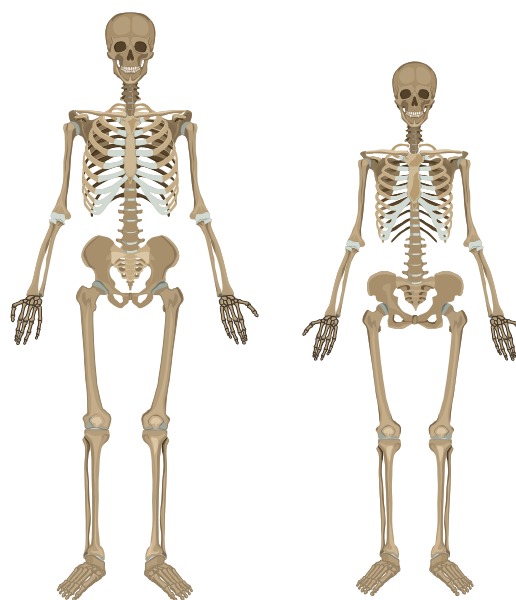
Testünk felépítésén ősi evolúciós hagyatékként a *szelvényezettség* is megfigyelhető, például a gerincoszlop csigolyáin és a gerincvelőidegek lefutásában. A gerincvelő a központi idegrendszer legősibb része, olyan szabályos szelvényekben idegzi be a testet, amelyek pontosan meghatározhatók (19.2. ábra). Ez a szelvényezett beidegzés négylábú elődeinkhez fűződő evolúciós rokonság szép bizonyítéka.



19.2. ábra. Szelvényezett beidegzés az ember lábában

Férfi és nő

Nem teljesen egyforma a férfiak és a nők testfelépítése. Az átlagos női test mintegy 10 kilogrammal kisebb tömegű és kb. 10 centiméterrel alacsonyabb, mint az átlagos testtömegű és testmagasságú férfié. A nők csípője szélesebb, válluk viszont keskenyebb, mint a férfiaké. Csontjaik kisebbek, s felületük simább, mert kisebb tömegű izomzat tapad hozzájuk. Törzsük hasi része aránylag hosszabb, mint a férfiaké, míg a férfiak végtagjai hosszabbak (19.3. ábra). A nők bőre alatt vastagabb a zsírréteg, ezért testfelszínükön kevésbé rajzolódik ki izmaik és csontjaik. Jellemző a női testre a medence, a fartájék és az emlő területén vastagabb zsírpárna. A férfiak testén a vékonyabb bőr alatti zsírréteg miatt az izmok és a csontok jobban kirajzolódnak. Erősebb a férfiak szőrzete is. A legtöbb belső szerv a nőkben abszolút és relatív értelemben is kisebb, mint a férfiakban. Ez alól egyetlen kivétel van:



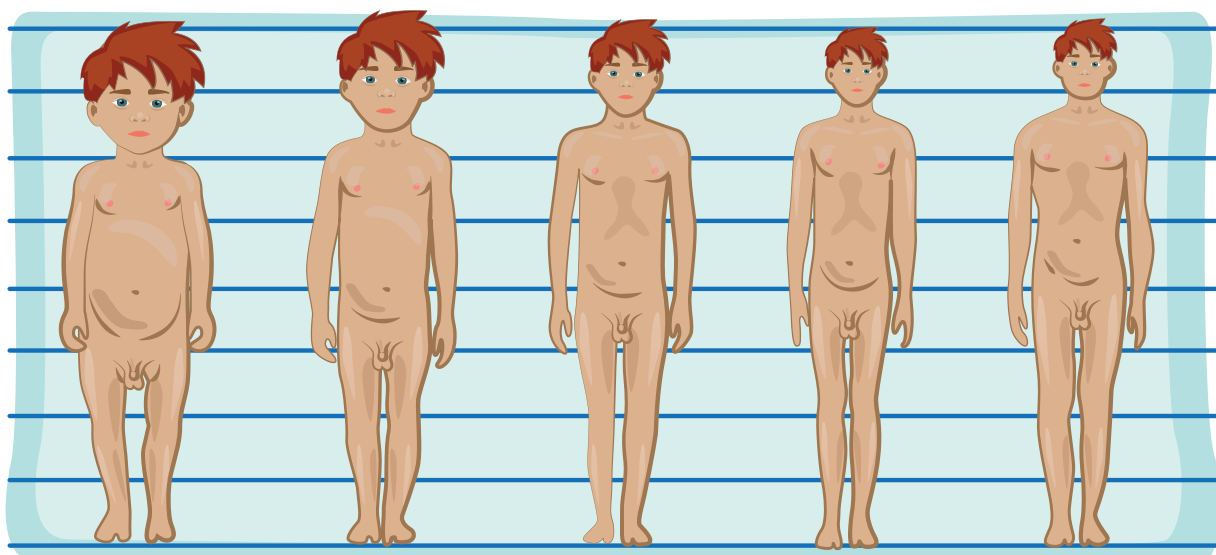
19.3. ábra. A férfi és női csontváz felépítése

a lép. Ez a vért raktározó szerv a nőkben nagyobb, ezért kevésbé érzékenyek a vérvesztésre, mint a férfiak. Szembetűnő a férfiak lényegesen nagyobb „ádámcsutkája”, amit a nagyobb és erősebben előugró gégejük alkot. Mivel ebben a szervben képződnek a hangok, a férfiak hangszalagjai hosszabbak, ennek megfelelően a hangjuk mélyebb.

Testalkat, kondíció, testkép

A **testarányok** életünk különböző szakaszaiban eltérőek. Egy hónapos korunkban a testhossz négyszerese a fej hosszának, kisiskolás korban már hatszorosa, végül felnőttkorban a fej hossza a testhossznak már csak nyolcada (19.4. ábra).

A felnőttekre jellemző testarányok, a testmagasság, a testtömeg összessége alakítja ki a **testalkatot**. A jellemzők különböző mértékű variációi rendkívül sokféle testfelépítésű embert eredményeznek. Az alacsony, illetve a magas emberek egyaránt lehetnek kövérek, soványak vagy átlagos testtömegűek. A nagy változatosság ellenére már régóta meghatároztak *testalkattípusokat*. A három alaptípus a vékony, magas, az arányos – atletikus – alkat, valamint az alacsony, kövérkés. A három alaptípus egy háromszög csúcsain képzelendő el (19.5. ábra), mert az emberek túlnyomó többsége a szélsőséges alkatok közötti valamilyen mértékű átmenetet mutat.



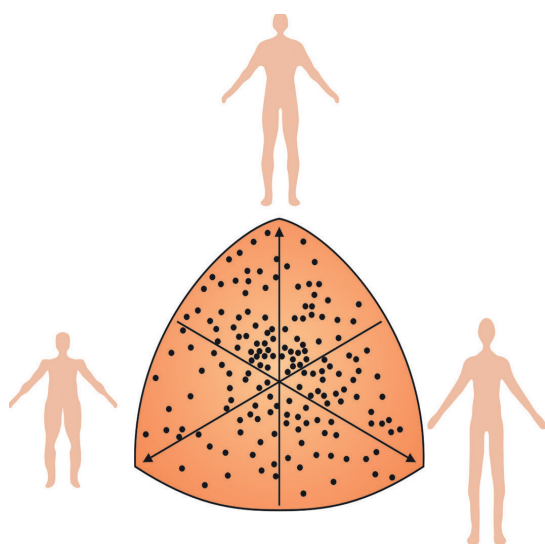
19.4. ábra. A testarányok az életkorral változnak

Elemezd a 19.4. ábra alapján az egyes életkorokra jellemző testarányviszonyokat! Hasonlítsd össze számszerűleg a végtagok és a törzs hosszának arányváltozásait az életkor előrehaladtával, és ábrázold grafikusán! Nézz utána, történnek-e további arányváltozások az öregkorban!

Testalkatunk alapvetően genetikusan meghatározott. Életvitelünk, életmódunk, táplálkozási szokásaink, szenvedélyeink azonban befolyásol-

ják alakulását és hozzájárulnak formálódásához. A mozgásszegény életmód, a túlzott zsír- és szénhidrátfogyasztás elhízáshoz vezethet, a túlhajszoltság, a mértéktelen alkoholfogyasztás a szervezet pillanatnyi fizikai állapotát, kondícióját – a testalkattól függetlenül – a leromlás irányába mozdítja el.

Mutasd be példán, hogy mi a különbség az életvitel és az életmód között!



19.5. ábra. A testalkattípusok eloszlása a népességben

Elemezd a 19.5. ábrát! Milyen arányban oszlanak meg az egyes alkattípusok a vizsgált populációban? És az egyes átmeneti típusok?

Saját testünk szubjektív megítélése a **testkép**. Testünk megjelenésével kapcsolatos elvárásainkban gyakran vagyunk túl szigorúak önmagunkhoz, és véleményünk nem esik egybe mások megítélésével. Ennek látszólag ellentmond, hogy saját testképünk kialakításában nagy befolyással van ránk a környezetünk. Pedig a reklámokban, filmekben, játékokban megjelenő idealizált típusok – karcsú szépségek és izompacsirták – csak látszólag fogalmazznak meg elvárásokat. A megfelelési vágnak súlyos következményei lehetnek. Az *anorexia* – a tartós és túlzott mértékű fogyókúrát követő kóros lesóványodás – akár halálos következménnyel is járhat. Az elérhetetlen célok értelmetlen hajszolása pedig *depressziót* eredményezhet. Egészséges életmóddal, kiegyensúlyozott életvitellel, megfelelő mozgással, tudatos táplálkozással a legtöbbet hozhatjuk ki öröklött adottságainkból, és harmonikus egységbe kerülhetünk önmagunkkal. A genetikai korlátainkat átlépni úgysem sikerülhet.

Érdeklődőknek

Balkezesség – jobbkezesség

A testfelépítés aszimmetriájára a genetikusan meghatározott jobb- és balkezesség kérdése is rávilágít. Érdekes, hogy a kőkorszaki eszközök vizsgálatából az derült ki, hogy a történelem előtti emberek között még fele-fele arányban voltak jobb- és balkezesek. A bronzkorszak eszközei azonban már túlnyomórészt jobbkezesek. A majmok és az emberszabású majmok között ugyancsak egyenlő arányban fordulnak elő jobb-, illetve balkezesek. Ugyanakkor a jobb vagy bal oldali dominancia a mozgásban nem szűkíthető le csupán a kézhasználatra. Vannak jobbkezes, de ballábas emberek, ők például a feléjük rúgott labdát bal lábbal veszik le vagy bal lábbal ásnak. A jobb- és balkezesség eredetének problémája még ma sem teljesen tisztázott.

Aszimmetria a mozgásban

Az ember mozgása eredendően aszimmetrikus. Régóta megfigyelték, hogy ha a tájékozódás lehetetlen (pl. sötétben vagy ködben), akkor az emberek körbejárnak, és ugyanez történik hasonló okok miatt a nyílt tengeren is: egy kör mentén eveznek a csónakban ülők. Ezek az aszimmetrikus mozgások talán a végtagok közötti kis különbséggel magyarázhatók, de más, ősi okok is lehet. Az állatvilágban is elterjedt a körbe-mozgás a menekülő vadállatok esetében, vagy amikor a fiatal emlőssátlatok visszatérnek a búvóhelyükre.

Olvasmány

Az alkattípusok meghatározása

Az orvostudományban az alkattípusok meghatározása *Hippokratészig* vezethető vissza. Ő az embereket vérmérsékletük szerint élénk, nyugodt, féktelen és gyenge típusokba sorolta. Felosztását az ókor és a középkor orvosai is figyelembe vették. A tipizálás emberre való alkalmazhatósága azonban még ma sem teljesen elfogadott. Ennek ellenére biztos, hogy bármilyen változatos az emberek testfelépítése, azért típusok az embernél is felismerhetők. Az egyik legismertebb testalkat-tipizálást *Ernst Kretschmer* német pszichiáter készítette el. Csoportosításában a testalkathoz lelki tulajdonságokat is kapcsolt. A magas, vékony *leptoszom* alkathoz ideges, töprengő, okos lelkialkatot kapcsolt, az arányos *atletikus*hoz erőszakost, magabiztost, gátlástalant, míg az alacsony, *piknikus* nála jókedélyű, vidám. A *testalkat és a lelki alkat* összekapcsolását látjuk *Cervantes* regényében is, *Sancho Panza* és *Don Quijote* alakjának megformálásában.

Hasonlóan jelenik meg a két alkat Shakespeare „Vízkereszt vagy amit akartok” című vígjátékában Bőf-fen Tóbiás úr és Keszeg Andor lovag figurájában.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a testalkat és a testkép között?
- 2 Keress statisztikai adatokat a hazai népesség átlagos testalkati jellemzőire vonatkozóan!
- 3 Nézz utána! Hogy függ össze az alkattípusok tanulmányozása Pavlov munkásságával!
- 4 Néhány művészeti példával igazold, miként változott a női szépségideál az évszázadok folyamán!
- 5 Mi a véleményed a testkép mesterséges formálásáról? Gondolj az öltözködésre, a hajviseletre, a tetoválásra, a plasztikai sebészetre!

20. lecke

Egészség és betegség. Belső egyensúly



Egészség

Ha a szervezetünkben az életműködések rendben zajlanak, egészségesek vagyunk. Az ENSZ Egészségügyi Világszervezete (WHO) az *egészséget* így határozta meg: „*A teljes testi és lelki, valamint szociális jó közérzet állapota.*” Az egészséges tehát, aki testileg és lelkileg egyensúlyban van, és szociális környezetével is megfelelő összhangban él.

A *testi egészség megőrzésének* főbb feltételei a világszervezet szerint a következők:

- káros anyagok nélküli lakó-, munkahelyi és egyéb környezeti viszonyok,
- a nikotinélvezet, valamint a túlzott koffein-, alkohol- és gyógyszerfogyasztás kerülése,
- rendszeres testi igénybevétel, mozgás és sport,
- kiegyensúlyozott, vitaminokban és rostanyagokban gazdag táplálkozás,
- testápolás és higiénia.

A *lelki egészség megőrzésének* fő tényezői:

- kiegyensúlyozott érzelmi kapcsolatok,
- kiegyensúlyozott társas kapcsolatok,
- a munka és a pihenés rendszeres váltakozása,
- az érzelmek közlésképessége.

A *szociális egészség megőrzésének* fő tényezői:

- megfelelő lakó- és munkahelyi környezet,
- megfelelő anyagi háttér és egészségügyi ellátás,
- munkalehetőség és a munkaidő megfelelő szabályozása,
- egyéni és kollektív részvételi lehetőség a társadalmat érintő fontosabb döntési folyamatokban.

Ha a testi, a lelki vagy a szociális egészség tényezői közül egy vagy több tartósan hiányzik, akkor hosszabb-rövidebb idő után **betegség** alakulhat ki, amely hibás életműködésekben nyilvánul meg.

Betegség

A mai orvosi tudás és műszerezettség mellett a betegségek többsége gyógyítható, vagy egy meghatározott, elviselhető szinten tartható. Igaz, még számos gyógyíthatatlan betegséget is ismerünk.

A betegségek **kialakulását és lefolyását** nézve egyes betegségek *alkalomszerűen lépnek fel*, egyszer vagy többször is, közös azonban bennük, hogy végérvényesen kigyógyulunk belőlük. Ezek az *akut*, más néven *heveny* megbetegedések, mint például az influenza vagy a bárányhimlő. Mások viszont

időről időre visszatérnek, előfordulhat, hogy kialakulásuktól kezdve sokáig, esetenként véglegesen megmaradnak. Az ilyeneket *krónikus*, más néven *idült* betegségeknek nevezzük. Közéjük tartozik például a köszvény.

A betegségek **eredetét** tekintve egy részük öröklött, ezeket a szülők az utódokba továbbadták. Ilyen például a vérzékenység. Sokszor csak egy betegség *hajlama* öröklődik, kialakulásához az életmód vagy külső környezeti hatások járulnak hozzá. Ilyen megbetegedés például az érelmeszesedés. A méhen belüli élet során különböző hatásokra *veleszületett* betegségek jöhetnek létre, de ezek nem adódnak tovább az utódokba, például a koraszülés következményeképpen jelentkező látáshibák. Ugyanez a helyzet a *szerzett* betegségekkel, amelyek születésünk után alakulnak ki.

A **kiváltó okokra** vonatkozóan a betegségek egy részét kórokozók, vírusok, baktériumok vagy egysejtű eukarióták okozzák. Ezek, mivel a beteg a kórokozókat továbbadhatja másoknak, többnyire *fertőző betegségek*, mint a májgyulladás, a kanyaró. Betegségeket *lelki tényezők* is kiválthatnak. A kiváltó ok lehet a *félelem*, az *idegesség*, az *izgatottság*, az *örömtelenség*, az *apátia*. Tartós hatásuk következményeként szervi működési rendellenességek léphetnek fel. Szoros kapcsolatban lehet ezekkel néhány jellemző panasz is, például a *hasmenés*, a *fejfájás* vagy a *vérkeringési zavarok*. A hatások jelentkezhetnek *kimerültségben*, jelezve, hogy a testnek és a léleknek *lazításra, pihenésre* van szüksége. A levertség, az összpontosítás zavara jelzés a szervezet számára, hogy a testi vagy lelki tartalékok felhasználódtak. Jellemző, hogy ilyenkor még a nagy fokú fáradtság ellenére sem tudunk elaludni. A hosszú időn keresztül fennálló túlterheltség következtében fellépő *tartós kimerültség* már veszélyes, egészségkárosító lehet. Életünk során gyakran éri az embert *veszélyeztető* környezeti hatások. Ezt *stresszállapotnak* nevezzük. A tartós stressz beteggé tud tenni, ha túlságosan gyakran jelentkezik és hosszú ideig tart. Az egyik leginkább stresszt okozó hatás az örökös időhiány.

A betegségek megelőzése

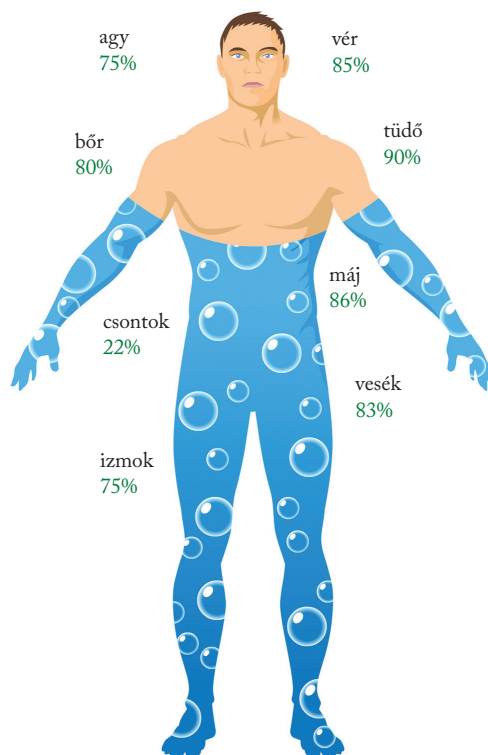
A betegségek megelőzésének **három szintje** van. Az első szint a *társadalom*, amely egyrészt a közönségre vonatkozó szabályozóival, másrészt gazdasági, műszaki-technológiai, kulturális fejlettségével mesterségesen létrehozott külső környezetet te-

remt az ember számára. A második szint az *egészségi intézmények* működése, felszereltsége, az ott dolgozók felkészültsége, munkájuk helyes szemlélete. A megelőzés harmadik szintje *maga az ember*, aki életmódjával, életvitelével befolyásolhatja egészségét, amelynek elemeit mindenki saját egyéni elhatározásai és döntései alapján tudja jó vagy rossz irányba megváltoztatni.

A belső egyensúly

A betegség fogalmát úgy is meghatározhatjuk, mint a szervezet belső egyensúlyának felborulását, amelynek jól megállapítható, mérhető tünetei vannak.

Testünk tömegarányát tekintve legjelentősebb mennyiségben vizet tartalmaz. Az átlagos felnőtt ember tömegének mintegy 60%-a víz, idősebb korban ez a mennyiség 52% körüli értékre csökken (20.1. ábra). A víz a szervezet *folyadéktartalmában* oszlik meg, amely a *vért*, a *szövetnedvet* és a *sejteken belüli folyadékot* foglalja magába. A szövetnedv fontos jellemzője, hogy többé-kevésbé állandó paraméterekkel leírható **belső környezetet** biztosít a sejtek számára. A belső környezet jellemzői a **testhőmér-**



20.1. ábra. Néhány szervünk víztartalma

séklet, a vízterekben lévő összes **víz mennyisége**, a bennük oldott anyagok minősége és mennyisége, ezek következményeként az **ozmózisnyomásuk**, a vízterek **pH-értéke**. Betegség esetén ezek közül egy vagy több jelentősen vagy hosszabb ideig megváltozik.

A betegség egyik legjellemzőbb tünete a testhőmérséklet megváltozása. Az egészséges szervezet testhőmérséklete igen szűk – mintegy $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ között – intervallumban mozog ($36,1\text{--}36,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). A hónaljban mért $37\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$ *hőemelkedést* jelent, többnyire levertséggel, gyengeséggel jár. $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ fe-

lett pedig már *lázról* beszélünk. Testhőmérsékletünk nem azonos testünk minden pontján. A „maghőmérséklet”, a belső szervek hőmérsékleti értéke $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli. A test külső, „köpeny” része, a végtagizmok, a bőr stb. ennél alacsonyabb hőmérsékletű.

Ha a külső környezet hatására a belső környezet paraméterei közül egy vagy több megváltozik, betegség léphet fel. Például ha tartós verejtékezés miatt a szervezet folyadékvesztése nagy, az elvesztett folyadékmennyiséget mihamarabb pótolni kell. A kiszáradás életveszélyes állapotot okozhat, főleg kisgyermekek esetében.

Az akupunktúra

Az akupunktúra ősi, Kínából eredő népi gyógyászati eljárás. Már 2500 évvel ezelőtt is kiterjedten alkalmazták. Alkalmazói azt vallják, hogy a beteg embert egészében kell nézni, és a diagnózis felállításához az életszokások, a betegség lefolyásának pontos ismerete, valamint a beteg tüzetes vizsgálata szükséges. Az elmúlt századokban a nyugati világban a keleti gyógymódokat csupán babonaként tartották számon. A nyugati orvoslás még ma sem ismeri el teljes mértékben az akupunktúrát. A kezelést különböző vastagságú és hosszúságú tűk felhasználásával végzik, amelyeket néhány mm-től néhány cm mélységbe a bőrbe szúrnak, és 10–30 percig ott is tartanak. Eközben változtathatják a szúrás mélységét, illetve forgathatják a tűt. A kezelést a test meghatározott pontjain végzik. A modern nyugati orvostudomány az emésztési, légzőszervi, szív-, szem-, ideg- és mozgásszervi megbetegedések esetén elfogadja az akupunktúrák kezelését, ha az a nyugati módszerekkel és műszerekkel felállított diagnózis alapján történik.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Mit értünk belső környezeten?
- 2 Nézz utána, hogy hazánkban mennyi az átlagos életkor, és hasonlítsd össze más országok megfelelő adataival! Próbáld meg az okokat megkeresni!
- 3 Nézz utána, hogy az elmúlt évszázadban hogyan alakult az átlagos életkor hazánkban! Magyarázd meg a változás okait!
- 4 Nézd meg egy régebbi „laborleleteden” a belső környezet számos tényezőjének egészséges határértékeit!
- 5 Ki tudnád még egészíteni valamivel a lelki egészség megőrzése fő tényezőinek listáját?
- 6 Fejtsd ki részletesebben, mit jelenthet az „érzelmek közlésképessége” a lelki egészség megőrzése fő tényezőinek felsorolásában!

21. lecke

A legfontosabb orvos-diagnosztikai eljárások



Az orvos meghallgatja a beteg panaszait, kikérdezi, megnézi, megvizsgálja, és a hallottak, valamint a vizsgálati eredmények alapján következtet a betegségre, **diagnózt** állít fel. Napjainkban a diagnózis megállapításában az orvost vizsgálati eszközök és technikák sokasága segíti. Egy-egy vizsgálat eredményét *lelet* formájában ismerteti és adja át az orvos.

A laborvizsgálat

A belső környezet paramétereiről nyújt információt az orvos számára a vér és vizelet összetételének elemzéséből álló **laborvizsgálat**. Vannak azonban olyan betegségek is, amelyek a vér összetételének specifikus megváltozásával, a betegségre jellemző eltérések megjelenésével járnak, ami nagyban segíti a diagnózis felállítását. Ilyen például a cukorbetegség. Hazánkban évente mintegy 150 millió laborvizsgálatot végeznek. A laborvizsgálatok közé soroljuk a székletből, vizeletből vagy akár szövetmintákból végrehajtott mikrobiológiai tesztek is.

A sztetoszkóp

A **sztetoszkópos** – hallgatócsöves – **vizsgálat** alkalmas a beteg szívverésének, légzési zörejeinek meghallgatására, és összevetve ezeket az egészséges emberekre jellemző hangokkal, alkalmas diagnózis megállapítására.

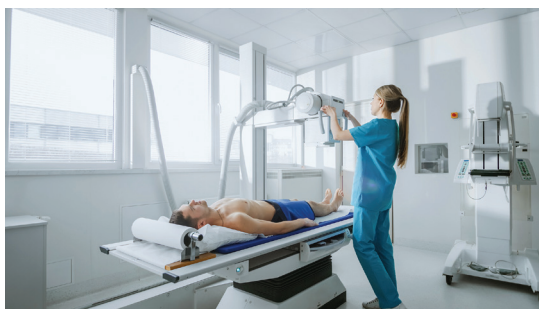


21.1. ábra. Vizsgálat sztetoszkóppal

Képalkotó vizsgálatok

A képalkotó vizsgálatok az emberi test belsejébe történő betekintést teszik lehetővé. A legrégebbi ilyen eljárás a **röntgenvizsgálat** (21.2. ábra). Azon alapszik, hogy a nagy energiájú elektromágneses sugarak a test lágy részein eltérő mértékben hatolnak át vagy nyelődnek el, és a hagyományos fényképezési filmen a képet kirajzolják. Nemcsak a legintenzívebb árnyékot adó csontszövet vizsgálatára alkalmas, hanem *kontrasztanyagok* segítségével a sugárzást kevésbé elnyelő szövetek vizsgálatára is. A röntgensugarak nagy energiataralmuk következtében károsítják is a szöveteket, ezért alkalmazásukra csak indokolt esetben és kellő mértékben kerülhet sor. A hagyományos röntgenvizsgálatból fejlődött ki a *tomográfia*, a test egy kiválasztott rétegének röntgenvizsgálata. Akár 1 mm vastagságú rétegről is megfelelő információt adhat. Ma már kiterjedten alkalmazzák a **komputertomográfiát (CT)**, amely a röntgenvizsgálatot számítógép használatával egészíti ki.

Vannak oly képalkotó eljárások is, amelyek működése nem röntgensugárzáson alapszik. Ilyen az **ultrahangos vizsgálat** és a **mágneses magrezonanciás tomográfia (MRI)** is. Az *ultrahang* az



21.2. ábra. Röntgenvizsgálat



21.3. ábra. Ultrahangos vizsgálat



21.4. ábra. MRI-vizsgálat

emberi fül számára már nem hallható nagyfrekvenciájú hanghullám. Diagnosztikai alkalmazása azon alapul, hogy szervezetünk eltérő összetételű szervei eltérő mértékben vezetik az ultrahangot. Ennek következtében a különböző szöveti határokhoz érve a fényhez hasonlóan különböző mértékben halad tovább, illetve verődik vissza. Az ultrahangot egy vizsgálófej állítja elő, ami egyben képes a visszaverődő hanghullámok fogadására is. Az általuk kirajzolódó kép egy ernyőn tanulmányozható (21.3. ábra). A vizsgálat semmiféle kellemetlenséggel vagy káros hatással nem jár, tetszés szerinti mértékben alkalmazható. A *mágneses magrezonanciás tomográfia (MRI)* alkalmazhatósága annak köszönhető, hogy a test szövetei erős mágneses térben eltérő módon viselkednek. Az MR-berendezés egy nagy mágnescső, ebbe fekszik bele a beteg (21.4. ábra). A létrehozott mágneses térben „szeletenként” képet lehet alkotni a testről. Az MR-vizsgálat eredményeképp háromdimenziós képeket kapunk.

Az üreges szervek vizsgálata

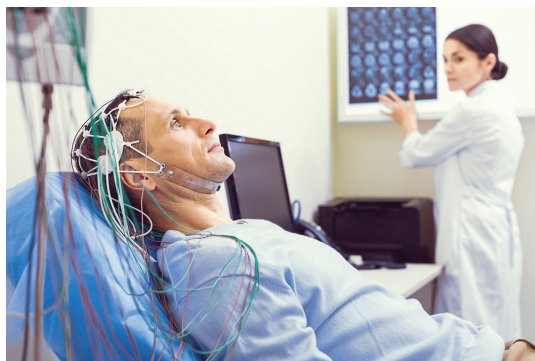
Az üreges szervek belsejének vizsgálatára **endoszkópokat** használnak. Természetes testnyílásokon vagy mesterségesen képzett kis lyukon keresztül merev vagy hajlékony csövet vezetnek a betegbe, amelynek végétől fényvezető kábel közvetíti a képet az eszköz külső végéhez. A készülék fényforráshoz csatlakozik. A hajlékony eszközök vége külön mozgatható. Az endoszkóppal többnyire öblíteni és szívni is lehet, szövetmintát lehet venni vele, sőt ma már műtéti beavatkozásokat is el lehet végezni. Endoszkóppal vizsgálható a bélrendszer, a légutak és a tüdő, a kiválasztó és ivarszervek, mesterséges nyíláson át a hasüreg és néhány ízület belső felépítése.

Oscilloszkópos vizsgálatok

Az oscilloszkóp a szövetekben lezajló elektromos folyamatok érzékelésére és a változások nyomon követésére alkalmas műszer. A műszer klasszikus működése a katódsugárzás felhasználásán alapul. Az elektromos hatásra felizzó katódból kilépő elektronnyalábok az útjukba állított fluoreszkáló ernyőn fényes pontként jelennek meg. Az oscilloszkópban a katódsugárcső két oldalán elhelyezett lemezekre vezetik a vizsgált szövetekből a feszült-



21.5. ábra. EKG-vizsgálat



21.6. ábra. EEG-vizsgálat

séget. Ha változás lép fel, az elektronsugár kitér. Oscilloszkóp segítségével rajzolódik ki a szív működésének elektromos folyamata **EKG-** (elektrokardiogram) görbe formájában (21.5. ábra) vagy az agy elektromos működéseinek változásai az **EEG-** (elektroencefalogram) görbéken (21.6. ábra). Ma már korszerű, LCD kijelzésű készülékeket használnak.

Nézz utána, hogy ki alkotta meg az első EKG-készüléket, és mutasd be a berendezést!

A sztetoszkóp feltalálása

Az első sztetoszkópot – hallgatócsövet – egy fiatal francia orvos, *René Theophile Hyacinthe Laennec* (1781–1826) készítette 1816-ban. Állítólag egy beteg leány szívverését szeretne meghallgatni, de zavarta őt, hogy ehhez a lány keblére kellett hajtania a fejét. Ezért papírból egy henger alakú csövet sodort magának, és azon keresztül hallgatta meg a dobbanásokat. Ekkor jött rá arra, hogy sokkal tisztábban és erősebben hallja azt így, mint korábban, közvetlenül a testre hajolva. Tapasztalatait felhasználva különböző hallgatócsöveket szerkesztett, és praktizálása során alkalmazta őket. Ezek a mai sztetoszkópok ősei voltak.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Tarts kiselőadást a katódsugárcső működéséről!
- 2 Hasonlítsd össze egymással a különböző képalkotó vizsgálatokat!
- 3 Nézz utána, mi a laparoszkópia!
- 4 Nézz utána, milyen vizsgálatok során alkalmaznak a diagnózishoz radioaktív nyomjelzést!
- 5 Nézz utána és értelmezz néhány adatot egy laborvizsgálati leleten!

22. lecke

A vér



A **vér** legjelentősebb testnedvünk, kapcsolatot biztosít a szervezetünk és a külvilág, valamint az egyes szervrendszereink között. Pillanatnyi összetétele gazdag információt hordoz szervezetünk állapotáról.

A vér vizsgálata

Anyagok és eszközök: vér, kémcső, kémcsőállvány, asztali centrifuga

Végrehajtás: A vágóhídról vagy a hentestől beszerzett, alvadásában meggátolt vért centrifugáljuk le asztali centrifugán!

● Mit tapasztalunk?

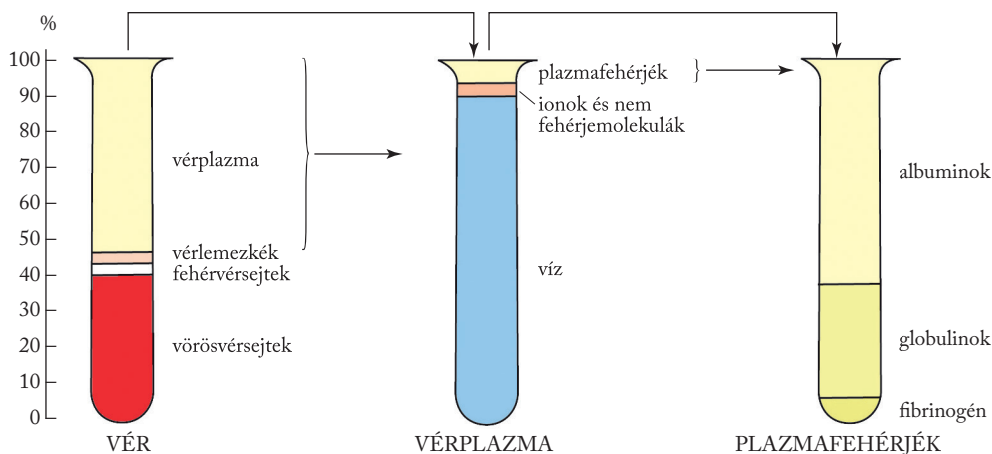
A centrifugálást követően a vér egy alsó, vörös színű, pépes, és egy felső, tiszta folyadék fázisra különült el, mert két összetevőből, a folyékony **vérplazmából** és a benne lévő **sejtes elemekből** áll (22.1. ábra).

A vérplazma

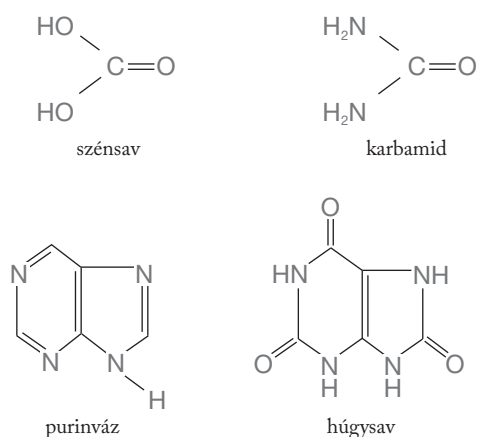
A felnőtt ember vértérfogata körülbelül 5 liter, amelynek valamivel több mint a fele a vérplazma (22.1. ábra). A vérplazma körülbelül 90% vizet és 10% oldott iont és szerves molekulákat tartalmaz. A kationok közül a Na^+ , a K^+ , a Ca^{2+} , az anionok közül a Cl^- és a HCO_3^- -ionok fordulnak elő a legnagyobb mennyiségben.

A kisebb szerves molekulák közül szőlőcukor, valamint aminosavak, továbbá karbamid és húgysav találhatók benne (22.2. ábra). A szőlőcukor a sejtek könnyen felvehető tápanyaga. Mennyiségétől függ a *vércukorszint*. Az átlagos, egészséges vércukorszint 5 mmol/dm^3 . A karbamid a fehérjék, a húgysav a nukleinsavak mérgező bomlásterméke. A vizelettel ürül ki a szervezetből.

A szerves molekulák másik része kolloid mérettartományba eső fehérje. Közülük a *fibrinogén* a véralvadásban játszik szerepet. Egy másik csoportjuk, az *albuminok* a vér ozmózisnyomásának biztosításában, valamint az anyagszállításban fontosak. A *globulinok* összetett fehérjék, amelyek polipeptidláncukhoz kapcsoltnak elsősorban szénhidrátokat tartalmaznak. Egyes típusaik különböző anyagok szállítását végzik a plazmában, mások mint *ellenanyagok*, a szervezet védekező működésében jelentősek.



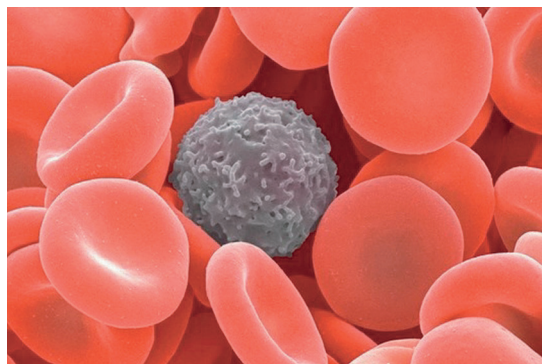
22.1. ábra. A vér összetétele



22.2. ábra. A karbamid és a húgysav nitrogéntartalmú anyagszere végtermékek

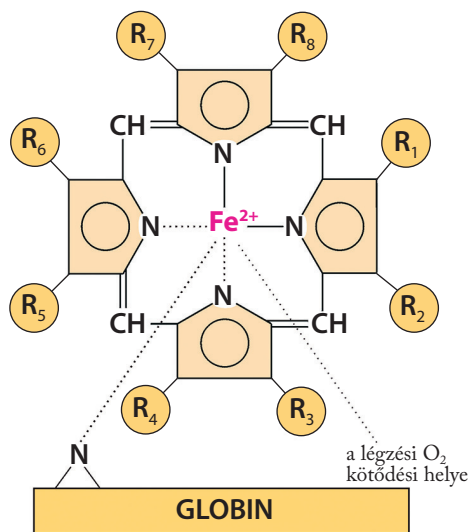
A sejt elemek

A vér sejt elemi a **vörösvérsejtek**, a **fehérvérsejtek** és a **vérlemezkék**. Vörösvérsejtjeink korong alakú, keresztmetszetben piskóta formájú sejtek (22.3. ábra). A sejt elemek közül a legnagyobb

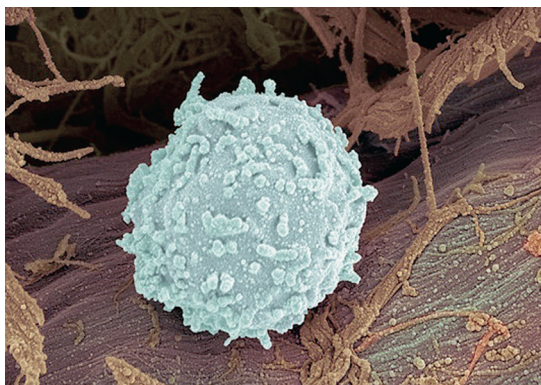


22.3. ábra. Emberi vörösvérsejtek elektronmikroszkópos képe (közöttük egy fehérvérsejt)

menyiségben fordulnak elő. Egy felnőtt ember 1 mm³ vérében átlagosan 4-5 millió található. A vörösvérsejtek a vörös csontvelőben keletkeznek. Fejlődésük 4-5 napig tart. A vérbe kerülő érett vörösvérsejtek nem tartalmaznak sejtmagot. Helyettük hemoglobinmolekulák épülnek a vörösvérsejtek sejtplazmájába. A hemoglobinmolekula négy alegységből épül fel. Összetett fehérje, egy-egy alegységében a *globinlánchoz* vastartalmú *porfirinváz* kapcsolódik (22.4. ábra). A hemoglobin jelentősége a légzési gázok szállításában van. A porfirinváz vastartalmának köszönhetően átmenetileg képes molekulárisan megkötni a légzési oxigént, majd ebben a formában szállítja el a szövetekig, ahol leadja (22.5. ábra). A hemoglobin oxigénkötését elsősorban a környezetében levő oxigéngáz nyomása befolyásolja.



22.4. ábra. A hemoglobinmolekula egy alegységének szerkezete



22.5. ábra. Egy emberi fehérvérsejt elektronmikroszkópos képe

A vörösvérsejteknek a szén-dioxid szállításában is szerepük van. A sejtek lebontó folyamataiban képződő szén-dioxid a szövetek felől a vérbe, majd a vörösvérsejtekbe diffundál, és ott több reakcióban is részt vesz. A tüdő hajszálereibe érve a vörösvérsejtekből megindul a diffúziója az alacsonyabb szén-dioxid-gáznyomású légútiágcsák felé.

A vörösvérsejt élettartama a vérben körülbelül 120 nap. Az előregedett vörösvérsejteket a lép bontja le. A lépben széteső vörösvérsejtekből felszabadul a hemoglobin, amelynek hemrésze a máj által termelt epe festékanyagaivá alakul, másik részét a szervezet ismét hemoglobin előállítására használja fel. Az előregedett vörösvérsejt pótlására a vörös csontvelőből állandóan új vörösvérsejtek kerülnek a keringő vérbe.

Mit tanultunk tavaly a 7. leckében az állabakkal történő mozgásról és a bekebelezésről?

A *fehérvérsejt*ek sem működésüket, sem alakjukat tekintve nem egységesek (22.5. ábra). Közös jellemzőjük, hogy sejtmagjuk van, hemoglobint nem tartalmaznak, színtelenek. Egy egészséges felnőtt ember 1 mm³ vérében átlagosan 7000–9000 fehér-

A vér sejtjes elemeinek vizsgálata

Anyagok és eszközök: vérkenet-preparátum, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Keressünk különböző sejtjes elemeket vérkenet-preparátumon fénymikroszkópban!

- Azonosítsuk őket élettankönyv ábrái alapján vagy az internet segítségével!
- Készítsünk rajzot róluk!

vérsejt található. Felépítésük és működésük alapján három típusba sorolhatók. A *falósejtek* kiléphetnek a vérből, amőbaszerűen önálló mozgásra képesek, fertőzés vagy sérülés esetén körülveszik a behatoló baktériumokat vagy kisebb méretű idegen anyagokat, és bekebelezik, majd enzimeik segítségével lebontják. Közülük a *kis falósejtek* (granulociták) a vörös csontvelőben keletkeznek, élettartamuk mindössze néhány nap. A *nagy falósejtek* (monociták) ugyancsak a vörös csontvelőben keletkeznek, és a kis falósejtekhez hasonlóan amőbaszerű mozgásra képesek. A falósejtek csak átmenetileg tartózkodnak a vérben, később a különböző szövetekbe lépnek ki, ahol fontos szerepük van a szervezet védekezésében. Működésük során kiszűrrik a szövetekből a nagyobb méretű idegen anyagokat, a kórokozókat, bekebelezik a különböző sejt-törmelékeket, majd ugyancsak lebontják azokat. A fehérvérsejt harmadik típusát a *nyiroksejtek* (limfociták) képezik. A vörös csontvelőben és a nyirokszervekben alakulnak ki. A fehérvérsejt működésével az immunrendszer tárgyalásánál fogunk részletesen foglalkozni.

A vérlemezkék és a véralvadás

A véralvadás vizsgálata

Anyagok és eszközök: vér, kémcsövek, kémcső-állvány

Végrehajtás: Az alvadásában meggátolt vért töltünk kémcsőbe! (Előbb pótoljuk a hiányzó Ca²⁺-ionokat!)

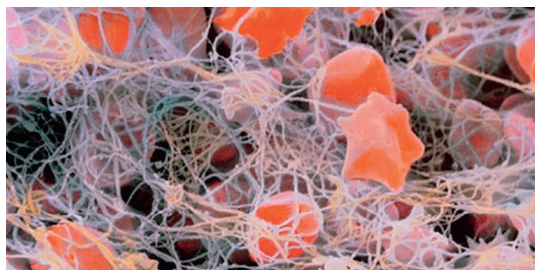
- Mit észlelünk a kémcsőben egy óra elteltével?

A **vérlemezkék** a vörös csontvelőben képződő óriási sejtekből kialakuló sejt-töredékek. Számuk 1 mm³ vérben 150–400 000. Ha egy ér megsérül, a vérből vérlemezkék tapadnak a sérült érfalra, majd egymással is összekapcsolódnak. A sérülés helyére folyamatosan érkező vérlemezkék összekapcsolódásával rövid idő alatt képződő sűrű massa az érfal nyílását elsődlegesen elzárja. Közben a sérült érfalban és az összekapcsolódó vérlemezkékben lejátszódó kémiai folyamatokban a vérplazmában lévő egyes specifikus fehérjék hatására a fibrinogénmolekulák oldhatatlan fibrinszállakká alakulnak és kicsapódnak. Az így létrejövő

hálós szerkezet átszövi a véralvadék tömegét, és véglegesen lezárja a sérült érfalat. Ez a folyamat a **véralvadás** (22.6. ábra). Kisebb sebek esetén a véralvadás gyors, a sérülések néhány percen belül elzáródnak. A folyamathoz kalciumionok is szükségesek. A szilárd *véralvadék* mellett kiszűrődő sárgás színű folyadék pedig a *vérszérum* vagy másik nevén *vérsavó*. Az orvosi gyakorlatban gyakran szükséges a vér alvadásának megakadályozása. Ennek legegyszerűbb formája a kalciumionok kicsapása a vérből.

Mit tanultunk tavaly a 64. leckében a vérzenység öröklődéséről?

A korszerű műtéttechnikák során gyakran szükséges a beteg vérpótlása. Az adott vér egészséges



22.6. ábra. A véralvadásakor kialakuló fibrinháló a vér sejtjes elemeivel

emberektől származik, immunológiai szempontból tökéletesen kompatibilis. A **véradás** (22.7. ábra) során leadott vér egy részéből vérkészítmények készülnek, amelyek ugyancsak a gyógyítást szolgálják. Hazánkban nagy múltja van az önkéntes, térítésmentes véradásnak.



22.7. ábra. Véradás

Érdeklődőknek

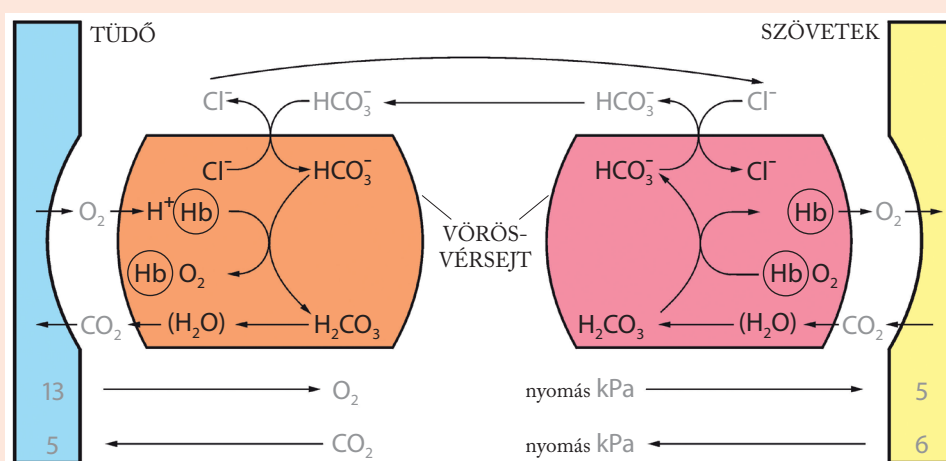
A vérszegénység

Ha az ember vérében a vörösvérsejtek száma a szokásosnál jóval kevesebb, akkor a *vérszegénységről* beszélünk. A vérszegénység a vörösvérsejtek csökkent képződésével vagy fokozott elvesztésével alakulhat ki. Az első esetben leggyakrabban a hemoglobin szintéziséhez szükséges tényezők, például a megfelelő aminosavak, a vas vagy a vitaminok hiányoznak. Ezt helyes táplálkozással meg lehet előzni. Különösen sok, jól hasznosítható aminosavat és vasat tartalmaznak az állati belsőségek, főleg a máj, valamint a tojás, a barna kenyér és több zöldségféle. A vörösvérsejtek képződésének elősegítője a B₁₂-vitamin, amely a vas felszívódásában tölt be jelentős szerepet. A vörösvérsejtek csökkent képződéséhez vezet a csontvelő károsodása (pl. erős radioaktív sugárzás). A vérszegénység okának másik csoportja, amikor nagyobb mértékű vörösvérsejt-vesztés áll be. Ezt nemcsak vérzés okozhatja, hanem a keringő vérben a vörösvérsejtek idő előtti szétesése is. Ha az egészséges vörösvérsejtek membránja valamilyen okból megsérül, a hemoglobin kiszabadul a sejtől, és a vérplazmába kerül. Ez a jelenség a *hemolízis*, ami bekövetkezhet, ha a sejten belül a hidrosztatikai nyomás annyira megnő, hogy a sejt szétpukkad. Ennek magyarázata lehet a vérplazma alacsony és a sejten belüli tér magas ozmózisnyomása, hiszen ekkor a sejtek ozmózissal vizet vesznek fel a környezetükből. De hemolízist idézhetnek elő a különböző növényi és állati mérgek is – pl. a méhek vagy a kígyók mérge.

Érdeklődőknek

A vörösvérsejtek szén-dioxid-szállításának mechanizmusa

A sejtekben keletkező szén-dioxid a vérplazmába, majd egy része a vörösvérsejtekbe diffundál, és ott a *szénsavanhidráz* enzim hatására szénsavvá alakul. A szénsav egy protont leadva disszociál, és hidrogén-karbonát-ionná alakul át (22.8. ábra). Eközben a hemoglobin az általa szállított oxigént leadja a sejtek felé. Az oxigént nem szállító, emiatt kevésbé savas jellegű hemoglobin pedig átveszi a szénsav disszociációjából származó hidrogénionokat. Ennek következtében a hidrogénkarbonát-ionok nagyobb mennyiségben képződnek a vörösvérttestben. A diffúziós egyensúly fokozatosan eltolódik a vörösvérsejt belsejében a folyamatos keletkezésük miatt a hidrogén-karbonát-ionok irányába, ezért azok kiáramlanak a sejtől, ahová az elektrosztatikus egyensúly megőrzése „céljából” kloridionok áramlanak be. A tüdőben az oxigén felvételekor és a szén-dioxid leadásakor éppen fordított a folyamat.



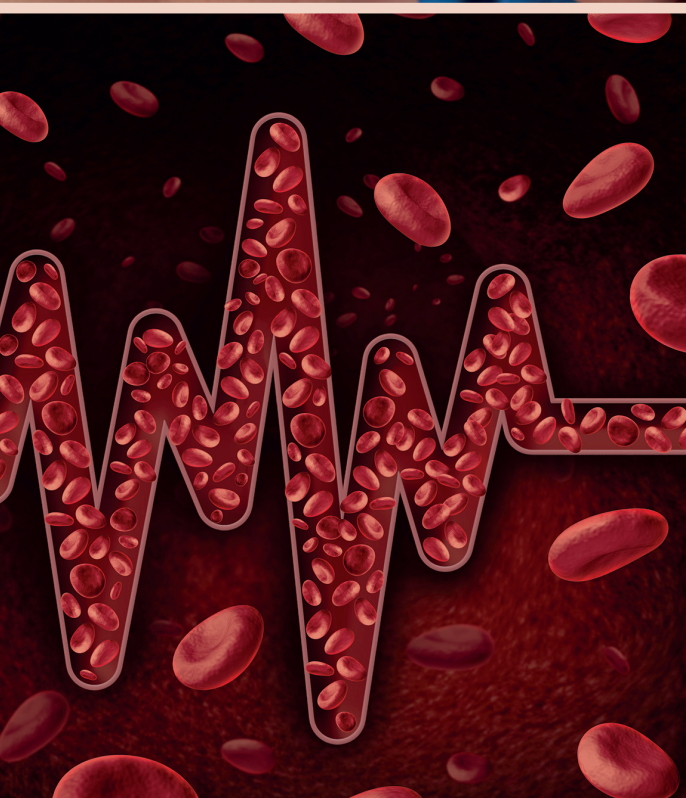
22.8. ábra. A légzési gázok szállítása a vörösvérsejtben

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a vérplazma és a vészérum között?
- 2 Hasonlítsd össze egymással a vörösvérsejteket és a fehérvérsejteket!
- 3 Hogyan tükröződik a vérképben egy magashegyi túrán a négyezer méter körüli magassághoz történt alkalmazkodás?
- 4 Nézz utána, hogyan kapcsolódik az oxigénmolekula a hemből lévő vas(II)-ionhoz!
- 5 Készíts kiselőadást a K-vitamin véralvadásban betöltött szerepéről!
- 6 Hajts végre egy vércukorszintmérő vizsgálatot!
- 7 Biokémiai szempontból mi történik a fibrinogén fibrinné történő átalakulása során?

23. lecke

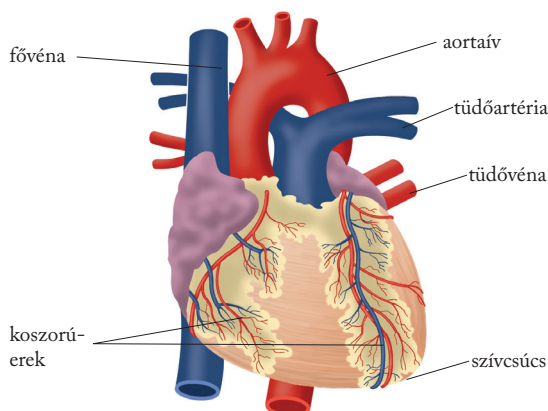
Az ember keringési rendszere



Az anyagszállítási feladatokat szervezetünkben a vérkeringés látja el. Az ember vérkeringése zárt, és két vérkörből, a kis vérkörből (szív – tüdő – szív) és a nagy vérkörből (szív – test – szív) áll. A keringési rendszer központja a szív.

A szív

Az anyagszállítási feladatokat szervezetünkben a vérkeringés látja el. A keringési rendszer központja a **szív**. A szív a mellüreg közepén helyezkedik el, mintegy ökölnyi szerv (23.1. ábra). Kívülről a **szívburok** vékony kötőszöveti hártálya borítja, alatta a szívfal vastag izomrétege következik, majd belső felületét ugyancsak kötőszöveti eredetű **szívbelhártya** béleli. A vért a szívizomzat ritmikus összehúzódása mozgatja. A **szívizomszövet** izomrostokból áll, akárcsak a harántcsikolt izomszövet, de attól eltérően az izomrostok egymással is összeköttetésbe lépnek, és hálózatot alkotnak.



23.1. ábra. A szív kapcsolata az érrendszerrel

A szívizomszövet vizsgálata

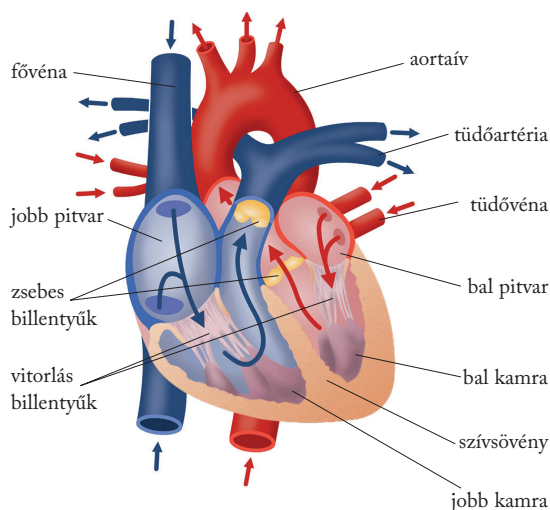
Anyagok és eszközök: szívizomszövet-preparátum, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Vizsgáljuk meg a szívizomszövetből készült preparátumot mikroszkóp alatt!

- Készítsünk rajzot vagy fotót a látottakról!

Szívünk négyüregű: két **pitvarból** és két **kamrából** áll. A két pitvar és a két kamra között a szívövény képez határt, a pitvarokat és a kamrákat pedig **szívbillentyűk** választják el egymástól, és

billentyűk vannak a kamrák és a belőlük kilépő erek szájánál is. Működésük a vér egyirányú áramlását biztosítja (23.2. ábra).



23.2. ábra. A szív felépítése

A szív vizsgálata

Anyagok és eszközök: sertés- vagy baromfiszív, éles kés vagy szike

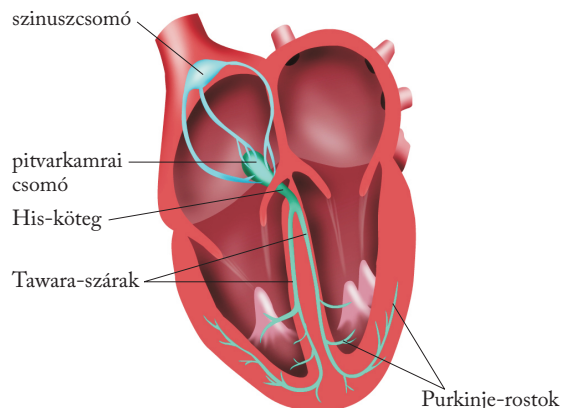
Végrehajtás: Vágjuk ketté hosszában a szívet, és figyeljük meg a szív üregeit, a kamrák és a pitvarok falát, valamint a szívbillentyűket!

- Készítsünk rajzot vagy fotót a látottakról!

A szív működése

Keress az interneten szív működését bemutató animációkat!

A szív működésének alapja a szívizomzat ritmikus összehúzódása és elernyedése. A szívnek saját ingerületképző és -vezető rendszere van, melynek sejtjei két központba tömörülnek. Az elsődleges központ a jobb pitvar falában lévő **szinuszcsomó** (23.3. ábra). Az itt keletkezett ingerület minden irányba tovaterjed, és működésbe hozza a pitvarok izomrostjait. Az ingerület eljut a másik központba, a jobb pitvar alsó részében lévő *pitvar-kamrai csomóba*, és az is ingerelt állapotba kerül. Innentől az ingerületet a kamrák falán végighúzó **ingerületvezető rendszer** (His-köteg, Tawara-szárak) továbbítja a végelágazódások (Purkinje-



23.3. ábra. A szív saját ingerképző és ingerületvezető rendszere (utóbbi részei a His-köteg, a Tawara-szárak és a Purkinje-rostok)

rostok) felé, amelyek behatolnak a kamrák szívizomrostjai közé.

A szív összehúzódása a két pitvar egyidejű összehúzódásával kezdődik, közben a kamrák ernyedt állapotban vannak. Amikor a pitvarokban a beömlött vértől és az összehúzódástól a nyomás magasabb lesz, mint a kamrákban, a szívbillentyűk kinyílnak, és a vér a kamrákba folyik. Ezt követően megkezdődik a kamrák összehúzódása, miközben a vitorlás billentyűket a növekvő vérnyomás bezárja, így a kamrákban levő vér nem tud visszaáramlani a pitvarok felé. A kamrákban hirtelen megnőtt nyomás a vért a szívből kilépő **verőerek**, *artériák* felé préseli. Ennek hatására kinyílnak a verőerek felé vezető zsebes billentyűk, és a vér a test, illetve a tüdő felé áramlik. A kiürülő kamrákban a nyomás fokozatosan kisebb lesz, mint a verőerekben. A vér egy része ezért a verőerekből visszafelé áramlik, ezzel a zsebes billentyűk falát egymáshoz feszítve bezárja a kamrák felé vezető visszautat. A kamrák összehúzódása alatt a kialakuló szívóhatás miatt az elernyedt pitvarokba áramlik a vér, majd újra kezdődik a teljes folyamat előlről.

A jobb pitvarba a test felől érkező **gyűjtőerek**, *venák* hozzák vissza a vért. A bal pitvarba a tüdőből a tüdő gyűjtőerei szállítják az oxigénben felfrissült vért. A pitvarok működése nem kíván különlegesen nagy erőfeszítést, mert kis nyomással szemben kell a vért továbbítani. Ezért a pitvarokban vékonyabb a szívfallal, mint a kamrákban, melyekből nagy erővel kell kilökni a vért a jobb kamrákból a tüdő felé, de főleg a bal kamrából a test felé vezető verőérbe. Itt ugyanis a verőerek nagyobb ellenállásával szemben kell a vért továbbítani.

Pulzus és perctérfogat

Egy egészséges felnőtt ember szíve nyugalmi állapotban percenként átlagosan 75 alkalommal húzódik össze és ernyed el, ez a **pulzusszám** (23.4. ábra). Egy kamra összehúzódásakor átlagosan 70 milliliter vért jut a verőérbe, ez a **nyu-**

A pulzusszám és a vérnyomás vizsgálata

Anyagok és eszközök: stopper (telefon)

Végrehajtás: Mérjük meg egymás pulzusszámát a csuklón nyugalomban, majd néhány guggolást követően!

Mérjük meg egymás vérnyomását nyugalomban, majd néhány guggolást követően!

- *Jegyezzük fel mindkét vizsgálat során a gyűjtött adatokat!*

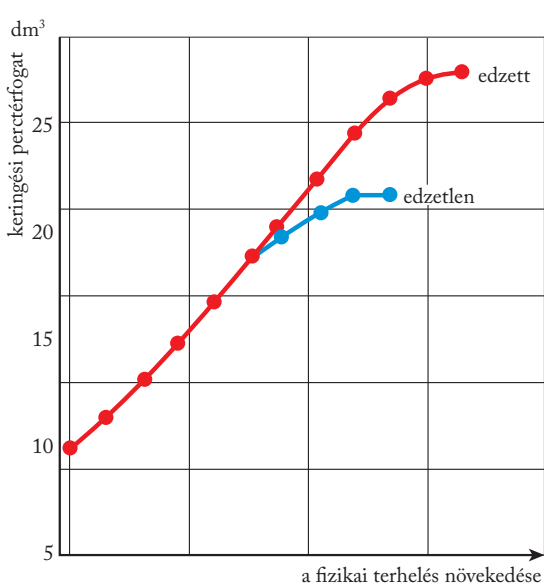
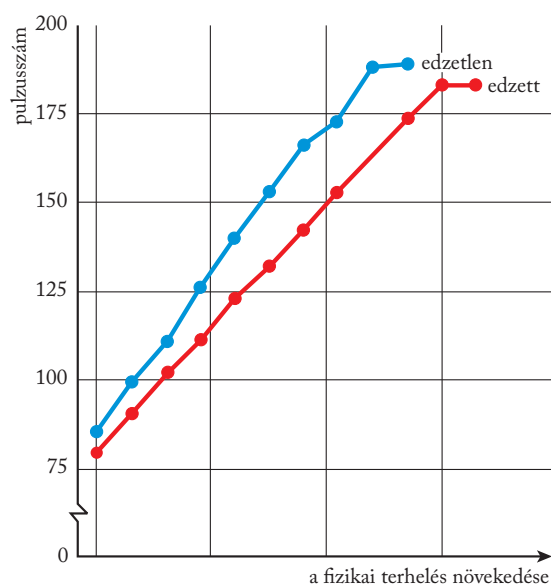


23.4. ábra. A pulzus kitapintása a csukló verőerén

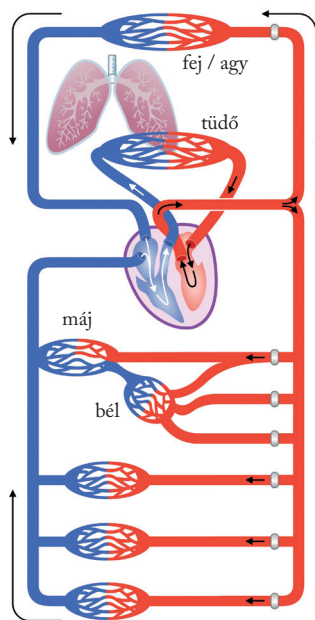
galmi pulzustérfogat. Tehát, a szív egy-egy kamrából percenként a teljes vérmennyiség, körülbelül 5-5 liter vér jut az érrendszerbe, ami a **nyugalmi perctérfogatnak** felel meg. A tényleges keringési perctérfogat a szervezet állapotától függ, a szükségleteknek megfelelően növekedhet. Az edzett ember és az edzetlen ember keringése eltérő módon reagál a fizikai erőfeszítésre. A megnövekedett vérmennyiséget az edzett ember szíve elsősorban a pulzustérfogat növekedésével, az edzetlené a pulzusszám növekedésével biztosítja (23.5. ábra).

Az érrendszer

A szívből kiáramló vért a verőerek rendszere (23.6. ábra) osztja szét az egyes szervek között. A verőerek falát főleg simaizomszövet és rostos kötőszövet építi fel. A bal kamra összehúzódásakor a vér közvetlenül a főverőérbe, az **aortába**, majd a belőle eredő nagyobb verőerekbe, artériákba jut. Az aorta tágulékony és rugalmas falú, képes befogadni a kilökött teljes vérmennyiséget, amelyet folyamatosan továbbít, ezért a vér áramlása az erekben folytonos, és az összehúzódás és elernyedés közötti nagy nyomáskülönbség is jelentősen lecsökken. Az aorta kezdeti szakaszán a vérnek az érfalra gyakorolt nyomása – a **vérnyomás** – összehúzódáskor 16 kPa (120 Hgmm), elernyedéskor pedig 11 kPa (80 Hgmm) körül



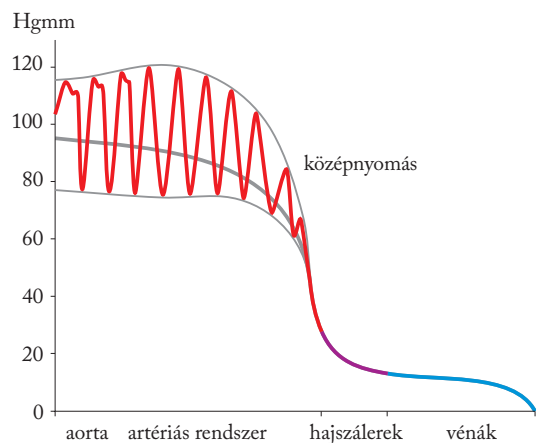
23.5. ábra. A pulzusszám és a keringési perctérfogat változása terhelés hatására edzett és edzetlen ember szervezetében



23.6. ábra. Az ember keringési rendszere

mozog. A vérnyomásnak ez a periodikus változása okozza a verőerek falának ütemes lüktetését, a pulzust. Ez kézzel is jól érzékelhető olyan verőerek mentén, amelyek csontos alapon és a bőrhez közel futnak. Így például a csukló verőere alkalmas a pulzus vizsgálatára.

A verőerek további elágazásával az erek száma egyre több lesz, ugyanakkor átmérőjük egyre szűkül. A kis verőerek végül a szervekben szerteágazó **hajszálerekbe**, **kapillárisokba** mennek át. Összkeresztmetszetük ennek megfelelően egyre nő, és a hajszálerek területén a legnagyobb fő verőér átmérőjének több százszorosát is eléri. Ez együtt jár a vérnyomás jelentős csökkenésével (23.7. ábra).



23.7. ábra. A vérnyomás változása a nagy vérkörben

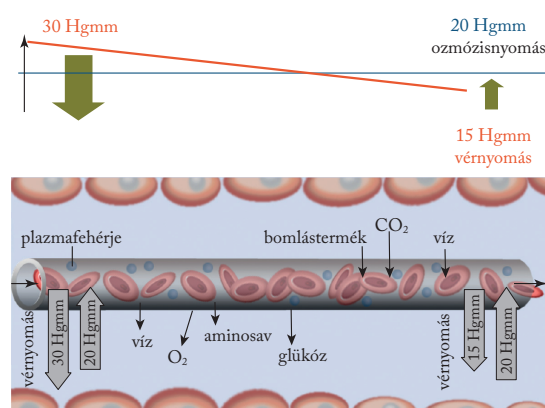
A hajszálerek behálózzák a szöveteket, majd kis gyűjtőerekbe szedődnek össze. A kis gyűjtőerek nagyobb vénákká egyesülnek, végül a nagy **gyűjtővéna** a jobb pitvarba torkollik.

A gyűjtőerek fala a verőerekénél vékonyabb, kevesebb simaizomszövetet és több kötőszövetet tartalmaz. Tágulékonyabbak, de kevésbé rugalmasak. Bennük billentyűk is találhatóak, amelyek a vér egyirányú áramlását biztosítják. A bennük lévő vér áramlását a vázizomzat működése is segíti.

A szív saját tápanyag- és oxigénellátását az aortából a szív felé visszafutó **koszorúerek** biztosítják (23.1. ábra).

A nagyvérköri kapillárisok szerepe

A nagyvérköri kapillárisokban áramló vér és a szöveti folyadéktér, más néven a nyirok között állandó az anyagforgalom. A kapillárisok kezdeti szakaszához viszonylag nagy nyomással érkezik a vér, és a félígáteresztő érfalon keresztül fehérjementes vérplazma szűrődik át a szövetek közti folyadéktérbe. Emiatt megnő vérplazma ozmózisnyomása, hiszen magasabb lesz a benne oldott fehérjék koncentrációja. A kapillárisok véna felőli szakaszán már kicsi a vérnyomás, így a megnövekedett ozmózisnyomásnak köszönhetően a szövetnedv anyagai visszadifundálnak a vérplazmába (23.8. ábra). A nyirokképződés során kiszűrődött vérplazmának csak 90%-a jut vissza a kapillárisokba, a fennmaradó 10%-ot a nyirokkeringés juttatja vissza a vérbe. A szöveti



23.8. ábra. Anyagkicserélődés a nagyvérköri hajszálerekben

sejtek között vakon végződő nyirokhajszálerek összegyűjtik a nyirok feleslegét. A nyirokkapillárisok egyre nagyobb nyirokerekben szedődnek össze, végül a nyirokvezeték a szív közelében a nagy vénába torkollik.

Vizsgáld meg fénymikroszkóppal (vagy mikrofotón) egy verőér és egy gyűjtőér keresztmetszetét! Készíts rajzot a látottakról! Figyeld meg, hogy pontosan hány rétegből épülnek fel! Indokold meg a különbségeket!

A vérkeringési rendszer első kutatói

Az emberi szervezet felépítéséről és működéséről tényleges vizsgálatokon alapuló modern leírásokat először a 16. században közöltek. *Andreas Vesalius* (1514–1564) németalföldi orvos 1543-ban kiadott *De Humani Corporis Fabrica* című művében úgy tárgyalja az ember anatómiáját, mint az élő és működő szervezet anyagi alapját. Modern szemléletű művével a kutatások egész sorát indította el. Néhány évtizeddel később, 1628-ban *William Harvey* (hárvi) (1578–1657) angol orvos (23.9. ábra) számos kísérlettel megalapozott tanulmányában számolt be a szív és a vér mozgásáról. Leírta a szív-ér rendszer működésének kapcsolatát, a szív üregrendszerének működését, felfedezte a szívbillentyűk szerepét. Ha Vesaliust az újkori anatómia atyjának tartjuk, akkor Harvey az élettan tudományának megalapozója. A vérkeringésben Harvey a verőerek és a gyűjtőerek közötti összefüggést nem találta meg. Azt gondolta, hogy a vér a szövetek résein keresztül halad a gyűjtőerek felé. *Marcello Malpighi* (málpígi) olasz orvos (1628–1694) a tüdő finomabb szerkezetét vizsgálta, amikor a légőlyagocskák felfedezésével együtt rátalált a hajszálerekre is. Felismerte a vesetescskék hajszálérhálózatát, majd leírta a vörösvérsejteket.

Olvasmány



23.9. ábra. William Harvey

Érdeklődőknek

A gravitáció hatása a vérnyomásra

Mozgás közben a gravitáció hatása kevésbé érvényesül a keringési rendszerben. Járás közben a ritmusos izom-összehúzódás és -elernyedés *izompumpát* hoz létre, amely fokozza az alsó végtag vénás áramlását. Ha nincs mozgás, akkor az alsó végtag vénáiban 300–500 ml vértöbblet halmozódik fel, folyadék áramlik a sejtek közötti állományba, a pulzustérfogat akár az eredeti érték 40%-ára eshet vissza. Álló testhelyzetben szívfrekvencia-növekedés emeli a keringési perctérfogatot. A kis artériák összehúzódása növeli a vérnyomást, mindez megakadályozza azt, hogy az agyi véráramlás a fekvő testhelyzethez viszonyítva 60% alá essen vissza – ezen érték alatt már agyi oxigénszegénység jönne létre. Tartós, mozdulatlan állás esetén kialakulhat agyi oxigénhiány, és ájulás következhet be. Mivel a test ilyenkor vízszintes helyzetbe kerül, azonnal helyreáll a vénás visszaáramlás és a perctérfogat, rendeződik az agyi véráramlás, és az ájult rendszerint minden külső segítség nélkül magához tér.

Kérdések és feladatok

- 1 Hogyan zajlik az anyagleadás és az anyagfelvétel a hajszálerek falán keresztül?
- 2 Miben különbözik a nyirok és a vér összetétele?

24. lecke

Az immunrendszer működése



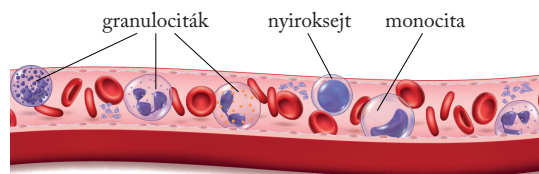
A belső környezet állandóságának – homeosztázis – fontos része a szervezet számára idegen anyagok elleni védekezés képessége, az **immunitás**. Az ember élete során nagyon sok kórokozóval: baktériummal, vírussal, gombával, élősködő egysejtűvel vagy féreggel, illetve azok különböző anyagaival kerül kapcsolatba. Ha a kórokozók bejutnak a szervezetbe és elszaporodnak, akkor enyhébb vagy súlyosabb lefolyású betegséget okozhatnak. Idegen anyag lehet ezeken felül egy másik szervezetből átültetett szövet vagy szerv, valamint az egyedi élet során kialakuló rendellenes osztódású daganatképző sejtek, nagy molekulájú fehérjék vagy poliszacharidok. A védekező reakciót kiváltó anyagokat összefoglaló néven **antigéneknek** nevezzük. Az antigének ellen a szervezet védekező rendszere, más szóval az **immunrendszer** lép fel.

Az első védelmi vonal

A mikroorganizmusok ellen az első védelmi vonalat a bőr, illetve a külvilág anyagaival közvetlenül érintkező belső szervek – tápcsatorna, légzőszervek, kiválasztó és ivarszervek – üregeit béleelő nyálkahártya jelenti. A külső és a belső testfelszínek szorosan illeszkedő hámsejtjei gátolják a kórokozók átjutását a mélyebben fekvő szövetekbe. Mirigyeink olyan váladékokat termelnek, amelyek elpusztítják, közömbösítik a felszínükön megtelepedő mikroorganizmusok jelentős részét.

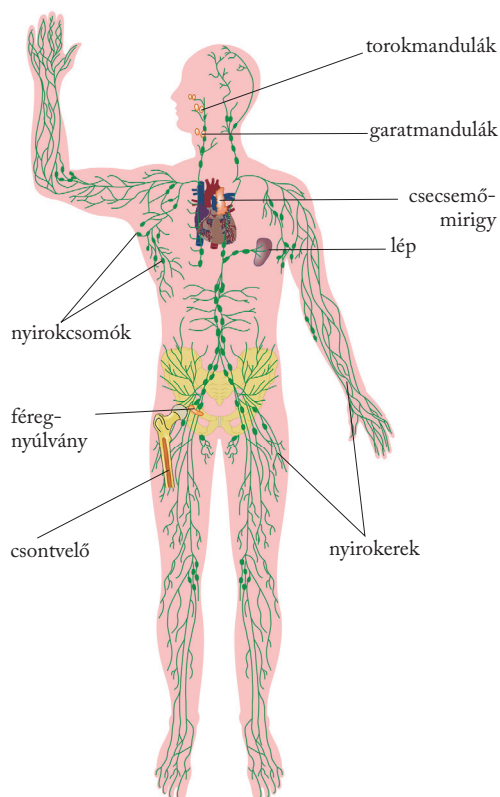
Fehérvérsejtek, nyirokrendszer

A fehérvérsejtek (24.1. ábra) a vörös csontvelő sejtjeiből származnak, de eltérő fejlődési utakon különböző típusaik jönnek létre: a nyiroksejtek (más néven limfociták) és a falósejtek (granulociták és monociták). Közös jellemzőjük, hogy átjuthatnak a hajszálerek falán, ezért a sejtek közötti térben csaknem mindenütt, az egész szervezetben

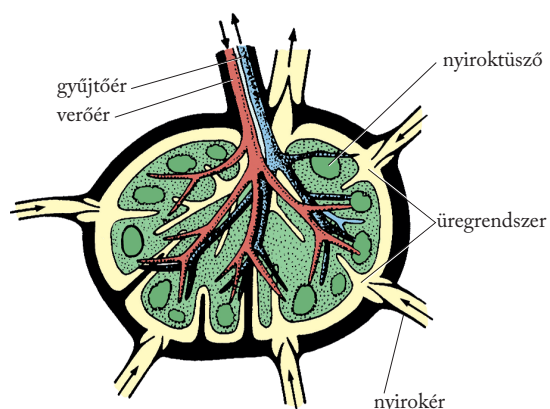


24.1. ábra. A fehérvérsejtek típusai

jelen vannak. A szövetnedvből bekerülhetnek a nyirokkapillárisokba, majd onnan a nyirokerekbe. Ezek nyirokcsomókba torkollnak, amelyek tágas üregrendszere a nyirkot megszűri (24.2-3. ábra). A bennük termelődő nyiroksejtek pedig a nyirokba kerülnek. A nyirok áramlása közben több nyirokcsomón szűrődik át, majd a vérkeringésbe ömlik. A fehérvérsejtek így „örjáratozva” a szervezet bármely részén képesek észlelni az antigének megjelenését, és fellépni ellenük.



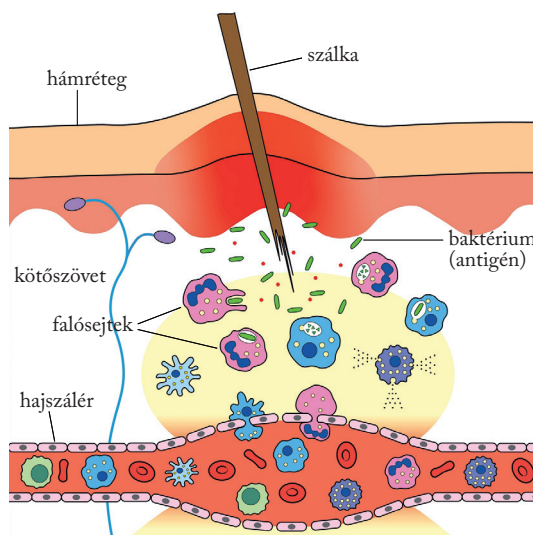
24.2. ábra. A nyirokrendszer



24.3. ábra. Egy nyirokcsomó szerkezete

Második védelmi vonal

A második védelmi vonalat a nyálkahártyák kötőszövetében található fehérvérsejtek jelentik. Ha valahol megsérül a bőrünk vagy belső szervünk hámrétege, a seben keresztül gyakran kórokozók, például baktériumok jutnak szervezetünkbe, és gyorsan szaporodni kezdenek. A baktériumsejtekből felszabaduló anyagcseretermékek, a sérült szöveti sejtek anyagai felhalmozódnak a seb körüli kötőszövetben. Hatásukra megnő a környező hajszálerek áteresztő képessége, és a vérből falósejtek, valamint nagyobb mennyiségű folyadék lép ki a fertőzött területre (24.4. ábra). A seb körül bőrpír, pirosas duzzanat, *gyulladás* alakul ki. A kötőszövetbe kilépve a granulociták és a monociták átalakulnak állásbas falósejttekké. Bekebelezik, majd liszozómáik segítségével lebontják a baktériumokat, a sérült szöveti sejteket. A kórokozók elpusztításában főként a granulociták vesznek részt. Előfordul, hogy a sérült szövetek törmelékeiből, az elpusztult fehérvérsejtekből és baktériumok maradványai-ból sárgás színű *genny* alakul ki a seb környékén. A fentiekben ismertetett védekező mechanizmus lényegében minden kórokozó esetében hasonlóan játszódik le, vagyis nem fajlagos. Ezért *nem specifikus immunválasznak* is nevezik.



24.4. ábra. A nem specifikus immunválasz

Specifikus immunválasz

Az immunreakciók egy másik csoportja meghatározott antigén ellen irányul, azaz fajlagos, más szóval specifikus. A specifikus immunválasz rend-

kívül sokféle, különböző szerkezetű antigén ellen biztosít nagyon hatékony fellépést. Ezekben a védekező reakciókban a nyiroksejteké, a limfocitáké a vezető szerep. A nyiroksejteknek két alapvető típusát különböztetjük meg: a T-nyiroksejteket és a B-nyiroksejteket. A *T-nyiroksejtek* (T-limfociták, röviden T-sejtek) a szív közelében található *csecsemőmirigyben* érnek, a *B-nyiroksejtek* (B-limfociták, röviden B-sejtek) pedig a nyirokcsomókban.

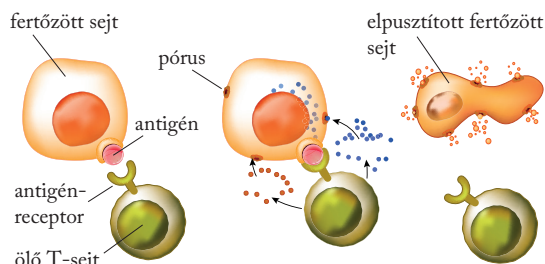
A nyiroksejtek azokat az anyagokat ismerik fel idegenként, antigénként, amelyekkel az embrionális fejlődés során nem találkoztak a szervezetben.

A specifikus immunválasz folyamata lényegében három szakaszra osztható: az antigén felismerésére, az immunrendszer aktiválására és az antigén közömbösítésére.

Minden nyiroksejt, amelyik már részt vett specifikus immunválaszban, csak egyféle antigén felismerésére képes, elkötelezett nyiroksejt. Ám az immunválaszok során képződő nagyon sokféle nyiroksejt lehetővé teszi, hogy a szervezetbe jutó változatos antigének ellen specifikus immunválasz történjen. A specifikus immunválasz során az antigén közömbösítése két alapvető úton történhet.

Sejtes immunválasz

A T-sejteknek működésük szerint több csoportjuk van. A *segítő T-sejtek* részt vesznek az antigén felismerésében és a többi nyiroksejt aktiválásában. A vérben és a szövetnedvben keringve őrzáratot tartanak a szervezetben, és a sejtfelszínen található *jelölőfehérjék* alapján folyamatosan ellenőrzik a sejteket. Ha vírussal fertőzött sejtekre, rendellenesen osztódó rákos sejtekre vagy más szervezeten kívüli származó, például átültetett szöveti sejtekre bukkannak, aktiválják és osztódásra készítik az *ölő*

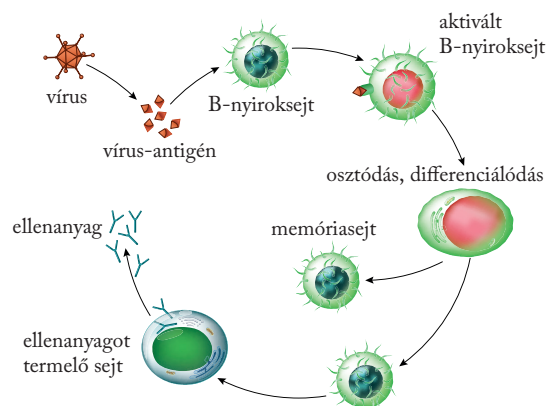


24.5. ábra. A sejtes immunválasz

T-sejteket. Az aktivált ölü T-sejtek felismerik az antigént hordozó sejtet, és olyan anyagokat termelnek, amelyekkel kilyukasztják annak sejthártyáját, és ezzel elpusztítják. A védekező reakciót *sejtes immunválasznak* nevezzük, mert az aktivált ölü T-sejtek közvetlenül vesznek részt az antigént hordozó sejt elpusztításában.

Antitestes immunválasz

Ha az őrzáratozó segítő T-sejtek valamilyen baktériumra vagy antigénként viselkedő makromolekulára bukkannak a szervezetben, akkor B-nyiroksejteket aktiválnak. Az aktiválódott B-nyiroksejtek gyorsan osztódnak, majd meghatározott térszerkezetű, az adott antigénnel kapcsolódni képes fehérjemolekulákat, *ellenanyagokat* kezdenek termelni. Az ellenanyagokat, más szóval antitesteket exocitózissal leadják a szövetnedvbe és a vérplazmába. Az antitest oldhatatlan komplexet képez az immunválaszt beindító antigénnel, és kicsapja azt. Az oldhatatlan antigén-antitest komplexeket a falósejtek távolítják el. Mivel a kórokozók elpusztításában közvetlenül az ellenanyagok vesznek részt, a védekezésnek ezt a fajtáját *antitestes immunválasznak* nevezzük.



24.6. ábra. Az antitestes immunválasz

Az immunrendszer emlékezete

A meghatározott antigén ellen irányuló antitestes és sejtes immunválaszban aktiválódott segítő és ölü T-sejtek, illetve B-sejtek egy része *memóriasejtté*

alakul. Ezek a hosszú életű sejtek egy következő fertőzés alkalmával azonnal felismerik az antigént, és beindítják ellene az immunválaszt. Az antigén felismerése és a nyiroksejtek aktiválása így sokkal rövidebb időt vesz igénybe. Ennek eredményeként az antigének nem tudnak elterjedni a szervezetben, nem alakíthatnak ki betegséget.

Az immunrendszer memóriáján alapulnak a *védőoltások*. Amikor az úgynevezett *aktív immunizálás* során elölt vagy legyengített kórokozót juttatnak a szervezetbe, az oltóanyaggal bevitt antigén ellen lejártszódik az immunválasz. A be-

tegség nem alakul ki, vagy csak egészen enyhe lefolyású. A mesterségesen bevitt antigén hatására ugyanakkor létrejönnek a memóriasejtek, amelyek a valódi kórokozóval történő fertőzéskor gyorsan aktiválódnak, osztódnak, és közömbösítik a kórokozókat.

A szervezetben lejártszódott immunválasz eredményeként kialakul az *immunitás*, a védettség. Ez lehet természetes, ha az ember átesik egy fertőző betegségen, és szervezete ily módon ismeri meg a kórokozó antigénjeit. A védőoltásokkal mesterséges védettséget alakítanak ki.

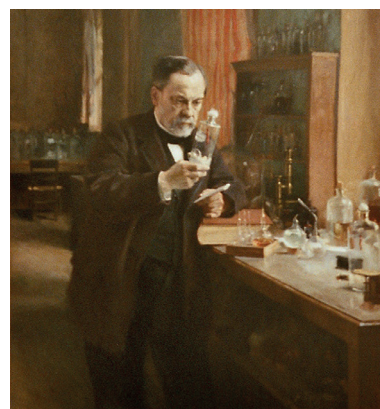
Mióta van védőoltás?



24.5. ábra. Edward Jenner

Védőoltást először a 18. század végén *Edward Jenner* (dzsenner) (1749–1823) angol orvos (24.5. ábra) alkalmazott a himlő ellen. Felfedezte, hogy a tehénhimlő váladéka az emberi himlő ellen védettséget biztosít. A himlőoltás történeti jelentősége azért rendkívüli, mert ez volt az első eset, amikor egy betegség tudatos megelőzését alkalmazták széles körben az orvosok. A himlőoltás titkának meg-
fejtése, vagyis annak felismerése, hogy itt tulajdonképpen mesterséges immunizálásról van szó, csak a 19. század végén sikerült *Louis Pasteur* (pasztőr) (1822–1895) francia kémikusnak és bakteriológusnak (24.6. ábra.). Pasteur baktériumok erjedési folyamatainak vizsgálatával

alapozta meg a mikrobiológia tudományát. Felfedezte, hogy magasabb hőmérsékleten elpusztíthatók a baktériumok. Nevét máig is viseli az élelmiszerek ezen alapuló pasztőrizálása. Számos járványos betegség védőoltását dolgozta ki. Párizsi intézetének megalapítása az immunizálás széles körű bevezetését indította el, amely az emberiség egészsége szempontjából alapvető program maradt a mai napig is.



24.6. ábra. Louis Pasteur

Olvasmány

Az immunglobulinok

Az immunglobulinoknak ma már több csoportját ismerjük. A legősibb az IgM-csoport, általában egy fertőzéskor legelőször ezek mennyisége nő, de ilyenek a vércsoport-ellenanyagok is. Az érpálya elhagyására nem képesek, és a méhlepényen sem jutnak át. Egy másik típusuk, az IgG végzi az antigénmegkötések legjelentősebb részét. Az IgG-molekulák a méhlepényen át az embrióba is bejuthatnak. A neutrofil granulociták és a makrofágok fő aktivátorai. Harmadik típusuk, az IgA legfőbb feladata, hogy megakadályozza a mikroorganizmusok átjutását a nyálkahártyán. Sok ilyen antitest van az anyatejben, nyálban, könnyben. Végül az IgE a védekezésben szerepet játszó saját immunsejtekhez kötődik úgy, hogy az antigént megkötő karja kifelé áll. Ha egyszerre két szomszédos IgE-molekulához antigén kötődik, olyan anyagok szabadulnak fel (pl. hisztamin), amelyek tágítják a kapillárisokat, fokozzák a simaizomsejtek összehúzódását a bélcsatornában és a légutakban. Működésük kapcsolatos a hasmenéssel, viszketéssel, tüsszentéssel, olyan folyamatokkal, amelyek a kórokozók eltávolítására képesek.

Olvasmány

A gyógyszerek és a védőoltások tesztelése

Olvasmány

A korszerű orvoslás hatékony eszközei az orvosságok. Három csoportjuk van. A *csak orvosi rendelvényre kapható gyógyszerek*, a *recept nélkül is kapható gyógyszerek*, illetve a *szabadon árusítható gyógyító hatású anyagok*. A gyógyszereszedésnek szigorú szabályai vannak, hiszen szinte minden gyógyszernek van olyan *mellékhatása*, amely megváltoztatja a szervezet működését. Ennek megfelelően gyógyszereket elsősorban csak orvosi utasításra és orvosi ellenőrzés alatt, csakis a szükséges minimális mennyiségben szabad szedni. Magyarországon a gyógyszerfogyasztás többszörösen meghaladja a szükséges mennyiséget. Valamilyen anyag *gyógyszerré vagy védőoltássá való nyilvánítását* szigorú szabályok szerint meghatározott vizsgálatok sorozata előzi meg. Először laboratóriumban legalább kétféle állaton vizsgálják a hatásait. Ezt a klinikai vizsgálatok három fázisa követi: először önként vállalkozó egészséges, majd beteg embereken tesztelik a leendő gyógyszert (védőoltást), majd ha mindkét vizsgálat pozitív eredménnyel jár, akkor szűk körű klinikai használatban próbálják ki. A második és harmadik fázis vizsgálata mintegy 5 évig tart. Így átlagosan 10 év telik el egy sokat ígérő új anyag bejelentésétől a gyógyszerként való jóváhagyásáig. Ez a túlzottan is bonyolultnak tűnő vizsgálat sorozat egyik szakasza sem hagyható ki. Néhány évtizeddel ezelőtt az akkori Német Szövetségi Köztársaságban – feltehetően nem teljesen alapos előzetes vizsgálat után – árusítani kezdték a *Contergan* nevű nyugtató tablettát. Sajnos hamarosan kiderült, hogy terhes nők számára a gyógyszer szedése tragikus következményekkel jár, mert a magzatoknál végtaghiányok kialakulását okozta.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a specifikus és a nem specifikus immunválasz között?
- 2 Hasonlítsd össze az ellenanyaghoz kötődő immunválaszt és a sejttes immunválaszt!
- 3 Nézz utána, mi a RES-rendszer!
- 4 Nézz utána, és készíts kiselőadást arról, hogy a tanultakon kívül milyen sejtek, és hogyan vesznek részt a szervezet belső védekezésében!
- 5 Mi az allergia kialakulásának az oka?

25. lecke

A keringési rendszer és az immunrendszer egészségtana



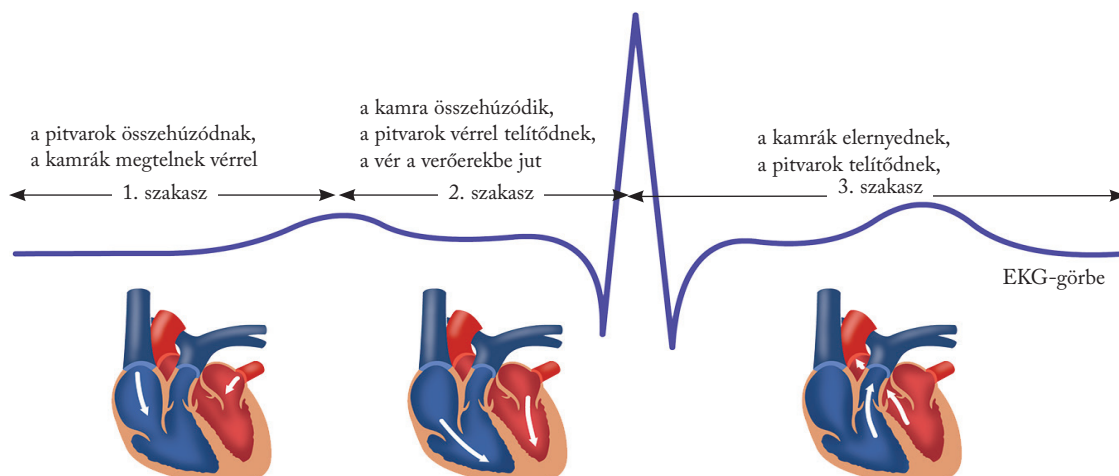
Magyarországon a halálozási okok listáját a szív-ér rendszeri megbetegedések vezetik. Pedig ez nem lenne szükségszerű, mert kialakulásuk túlnyomó többségét a helytelen életmód okozza. Az egészségtelen táplálkozás, a mozgásszegény életmód, a folyamatos stresszállapot, a zaklatott életvitel, a túlzott mértékű alkoholfogyasztás, a dohányzás mind-mind kiváltó ok lehet. A szív és a nagy erek **öröklött és veleszületett fejlődési rendellenességei** a megbetegedések csak csekély hányadért felelősek, hiszen az újszülöttek 1%-át sem érintik.

A szív működési zavarai

A szív működési zavarai között vannak **velünk született rendellenességek**. A leggyakoribb a két kamra vagy a két pitvar nem tökéletes elkülönülése, és hibás lehet a szívbillentyűk kialakulása is. Kiváltó oka lehet a kismama által szedett gyógyszer, a dohányzás és alkoholfogyasztás, egyes betegségek (pl. cukorbetegség, csökkent pajzsmirigyműködés), vírusfertőzés (pl. rózsahimlő) a terhesség korai szakaszában. A rendellenességek egy része idővel megszűnhet, egy részükön azonban csak műtéttel lehet segíteni.

Az EKG

A szív működés vizsgálatának általános eszköze az elektrokardiográf, az **EKG**. Azon alapszik, hogy a szív működése közben keletkezett elektromos változások a szinuszcsomóból minden irányba terjednek, és megfelelően érzékeny műszerrel a bőr felületén is érzékelni lehet őket. Az **EKG-görbe** (25.1. ábra) a szív egy összehúzódás-elernyedés képe, amin az egyes hullámokat betűkkel jelöljük. A **P-hullámot** a pitvar összehúzódása hozza létre, a **QRS-görbeszakaszt** a kamra összehúzódása, a **T-hullám** pedig a kamra újbóli összehúzódásra kész állapotának létrejötté. A görbéről jól leolvashatók például a szív ingerületképzési vagy ingerületvezetési zavarai, a *szívrítmuszavarok*. A ritmuszavarok kezelésére ma már számos gyógyszer áll rendelkezésre. Ha ezek nem segítenek, szívrítmus-szabályozók (pésmékkerek) beültetése szükséges. A kulcsfontosságú a bőr alá elhelyezett kis készülék feladata az ingerületképzési és -vezetési funkció betöltése, és így a megfelelő vérellátáshoz szükséges pulzusszám biztosítása.



25.1. ábra. A szív ciklus és az EKG-görbe

Az érrendszer megbetegedései

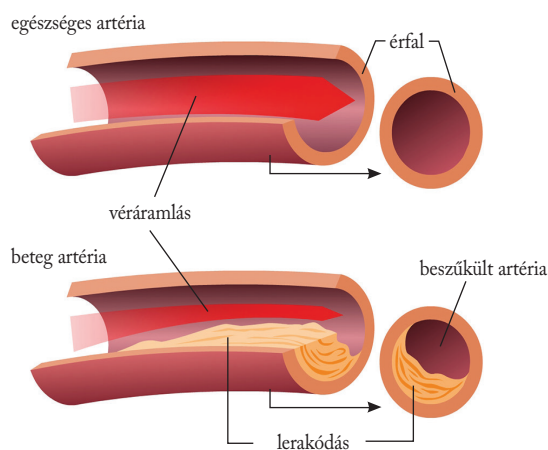
Az érrendszer megbetegedései közül a legáltalánosabban elterjedt a **magas vérnyomás** (*hipertónia*), amire oda kell figyelni. A magas vérnyomás az artériás vérnyomás tartós emelkedése. A magas vérnyomás növeli az *érelmeszesedést*, fokozza az *agyvérzést* és a *veseelégtelenséget* kialakulásának valószínűségét is. A következmények a magas vérnyomás kezelésével megelőzhetők. A magas vérnyomás alsó határa *140/90 Hgmm*. Az első szám a bal kamra összehúzódásakor, a második az elernyedésekor jellemző érték, ami az aortában mérhető. A magas vérnyomás kialakulásában részben az öröklött hajlam, részben a hajszolt életvitel és az egészségtelen táplálkozás játszik szerepet. Ebben az állapotban a bal kamrának az egészségesnél nagyobb ellenállást kell legyőznie, amely hosszú távon kóros szívélváltozásokhoz vezet. Ilyen a **szívmegnagyobbodás**, amit az erőteljesebb munkavégzés vált ki. A nagyobb működésre kényszerülő szív kitágul, izomrostjai megnyúlnak, összehúzódása fokozódik, ami idővel **szívelégtelenséghez** vezet.

Az érelmeszesedés és érszűkület

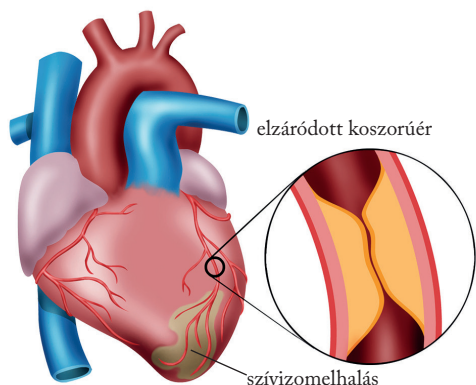
Az **érelmeszesedés** főleg az artériák betegsége. Kialakulásának az az oka, hogy az erek belső, egészségesen tükörsima, egyrétegű hámmal borított felszíne egyenetlenné válik, mert az ér falára a *vérből zsírtartalmú anyagok* – *elsősorban koleszterin* – *rákódnak le*. A koleszterin a szervezet természetes anyaga, a máj termeli, de táplálkozásunk során is

kerül a szervezetbe. Ha a vérben túl sok a koleszterin, akkor kirakódik az érfalra. A koleszterinben gazdag táplálkozás, a túlsúly, a dohányzás, a mozgáshiány segíti a koleszterin lerakódását. A hajlam öröklődik, az életmódunk azonban jelentős hatással van az érelmeszesedés kialakulására (25.2. ábra).

Az érelmeszesedés hatására **érszűkület** alakulhat ki az egyre merevebb falúvá váló erekben. A kisebb átmérő és az egyenetlen érfelszín nemcsak csökkenti a szövetek vérellátását, hanem növeli a valószínűségét annak, hogy parányi **vérrög** alakuljon ki. Később – egyre gyarapodva – teljesen eldugaszolhatja az eret, vagy leválva egy kisebb átmérőjű eret zárhat el. Ez a folyamat a **trombózis**. Ha a vérrög a koszorúérbe kerül, az érintett szívizomterület vérellátása megszűnik (25.3. ábra), aminek következtében a szívizomzat érintett része elhal, és a szív működése leáll. Ez a **szívinfarktus**. A szívinfarktusok többsége minden előjel nélkül következik



25.2. ábra. Érelmeszesedés kialakulása



25.3. ábra. Ha a koszorúér elzáródik, a szívizom elhalása következik be

be. Tünete lehet azonban a hirtelen jelentkező szívjáji fájdalom a mellkasban, erősödő légszomj, eszméletvesztés. Az infarktusgyanús beteget nem szabad mozgatni a mentő megérkezéséig.

Az agyi erek elmeszesedése és trombózisa **agyvérzést** hozhat létre. Ekkor kisebb-nagyobb agyterületek pusztulhatnak el az oxigén- és táplálékhiány következtében.

Tüdőembólia

Trombózis nemcsak a verőerekben, hanem a gyűjtőerekben is létrejöhét. Elsősorban a comb és a lábszár vénáiban alakul ki. A lábszár duzzadt és kékes lesz, fájdalmassá válik a járás. Ha egy vérrög leszakad az érfalról, vagy egyszerűen átjut az érszűkületen és a tüdőverőérbe jut, akár azonnali halált is okozhat. Ez a **tüdőembólia**. A végtagtrombózisokat gyógyszerekkel vagy műtéttel lehet megszüntetni.

A vércsoportok

Napjainkban rutineljárás a vérpótlás, a **vérátömlesztés**. A betegek csak olyan vért kaphatnak, amely immunológiai szempontból megfelelő, ezért a vérátömlesztés csak a **vércsoportok** felismerését követően vált lehetőséggé a klinikai gyakorlatban.

Az AB0-vércsoportrendszerben az emberi vörösvérsejtek egyes membránfehérjéihez A és B típusú szénhidrátláncok kapcsolódhatnak. Ennek alapján az emberek négy csoportba sorolhatók. Vannak, akiknek vörösvérsejtjei csak az egyik (A), vagy csak a másik (B) típusú szénhidrátláncot tar-

vért kapó \ vért adó	0	A	B	AB
0	—	—	—	—
A	↓	—	↓	—
B	↓	↓	—	—
AB	↓	↓	↓	—

Y T a vörösvérsejtek immunogén jellegét kialakító szénhidrátok

▼ ■ a vérplazmában található ellenanyagok

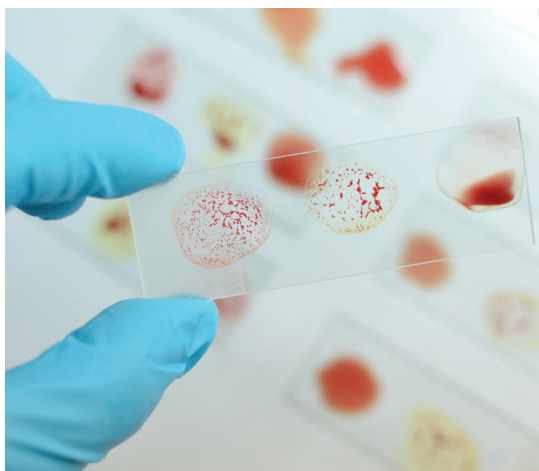
↓ kicsapódási reakciók

25.4. ábra. Vérátömlesztéskor a vért adó immunogénjeit és a vért kapó ellenanyagait veszik figyelembe

talmazzák. De vannak olyanok is, akiknek vörösvérsejtjein mind a két típusú (AB) szénhidrátlánc, vagy egyik sem (0) található meg (25.4. ábra).

Az egyes vércsoportokat azonban nemcsak a vörösvérsejt membránjában található vércsoportanyag, hanem a vérplazmában található ellenanyagok jelenléte is jellemzi. Az A vércsoportúak vérplazmája ugyanis a B, míg a B vércsoportúaké az A vércsoportanyaggal szemben tartalmaz ellenanyagot. A 0 vércsoportúak vérplazmájában mindkét ellenanyag megtalálható, az AB csoportúak vérplazmája nem tartalmazza az egyik ellenanyagot sem. Ha az egyes vörösvérsejttípusok a vérplazma megfelelő ellenanyagával találkoznak, immunreakció játszódik le. Ennek során az antigénnek számító vércsoportanyagot hordozó vörösvérsejtek a vérplazma ellenanyagával reagálva vérrögök formájában kicsapódnak (25.5. ábra).

Az AB0 vércsoportrendszeren kívül az 1940-es években egy másik, attól teljesen független vércsoportrendszert is felismertek, az *Rh*-rendszert, amelyben két vércsoportot – Rh⁺ és Rh⁻ – különböztetünk meg. Az Rh⁺ vércsoportú emberek vérében egy újabb antigén kapcsolódik a vörösvérsejt membránjához. Ez az antigén az Rh⁻ vércsoportú emberekből hiányzik. Fontos különbség azonban az, hogy ilyen típusú antites-



25.5. ábra. Vércsoportvizsgálat

tek nincsenek születésüinktől fogva a vérplazmában, ahogy az AB0 vércsoportok esetében. Csak akkor kezdenek termelődni, ha Rh^- vércsoportú ember Rh^+ vért kap. Az Rh^+ vércsoportú ember viszont nem termel antitesteket az Rh^- vércsoportú vér ellen, hiszen nincs a vörösvérsejteken olyan antigén, amely ebben az esetben immunreakciót váltana ki.

Az allergia

Egyes esetekben bizonyos anyagokra az immunrendszer túlzott védekezési reakcióval válaszol. Ezt a túlérzékenységi állapotot **allergiának** nevezzük, az allergiát kiváltó anyag pedig az **allergén**. Allergén lehet például a növények virágpóra, néhány rovar váladéka, az emlősállatok szőre, a háztartásokban is használt egyes vegyszerek, gyógyszerek, sőt néhány ételféleség is előidézhethet allergiás reakciót. Ezek főleg a bőrön, valamint a táplálkozási és légzési szervrendszerben okozhatnak tüneteket.

Készíts pollennaptárt az allergén növényekről!

A mesterséges immunitás

A szervezet védekezése mesterséges úton is létrehozható védőoltásokkal. Ennek egyik formája a **passzív immunizálás**, ebben az esetben más szervezetben termelődött ellenanyagokat visznek be az oltóanyaggal, megerősítve ezzel a védekezőképességet. Ilyen a néhány fertőző betegség megelőzé-

sére használt gamma-globulin ellenanyag. A másik lehetőség az **aktív immunizálás**, amikor gyengített vagy elölt kórokozót tartalmaz az oltóanyag, ami kiváltja a szervezetben az immunválaszt, és a memóriasejtek kialakulása révén hosszabb-rövidebb ideig tartó védetséget ad. A gyermekkorban kötelező védőoltások ezen az elven működnek. Aktív immunizálással alakítják ki a védetséget például a tüdőbaj, a diftéria, a szamárköhögés, a tetanusz, a kanyaró és a gyermekbénulás kórokozóival szemben.

A sikeres védőoltás előfeltétele a hatékony oltóanyag és a működőképes immunrendszer. Az oltóanyagnak mindenképpen tartalmaznia kell a megfelelő antigént. Ezeket az antigéneket hagyományosan a fertőzést kiváltó kórokozók tenyésztésével és módosításával állították elő. Manapság a hagyományos eljárásokat egyre inkább felváltja a géntechnológia.

A védőoltásokat a bőrbe, a bőr alá vagy az izomzatba adják. Nem mindegy, hogy a védőoltásokat milyen állapotú szervezet kapja. A testi terhelések után átmenetileg immungyengeség alakul ki, ezért nem előnyös ilyenkor adni a védőoltást. Hasonlóképpen helytelen lázas beteget beoltani. Ilyenkor az immunrendszert a betegség elhárítása terheli, ezért a védőoltásra kevésbé vagy egyáltalán nem reagál.

Miután az emberi szervezetben egyszerre többféle immunreakció is végbemehet, régóta alkalmaznak *kombinált oltóanyagokat*. Az azonban valószínűtlen, hogy a jövőben egyetlen védőoltással minden szükséges oltóanyagot a szervezetbe tudnak majd juttatni. Kombinált védőoltásokat alkalmaznak például a diftéria, a szamárköhögés és a tetanusz ellen. Ugyanilyen kombinált oltás létezik a kanyaró, a rubeola és a mumpsz ellen.

Közismert tapasztalat, hogy a meghűléses vírusfertőzések újra és újra kialakulnak bennünk. Ez azért van így, mert a vírusok rendkívül változékonyak, az egymást követő betegségeknél más-más variáns jut a szervezetbe. Emiatt előfordulhat, hogy például az influenza elleni oltóanyag kevésbé hatásos.

Egy-egy fertőző betegség kialakulásának gyakorisága dönti el, hogy érdemes, illetve szükséges-e kötelező védőoltással minden embert védetté tenni. Az utóbbi időben Magyarországon – az eddig is alkalmazott kötelező védőoltások mellett – felmerült az, hogy a fertőző májgyulladás két változata, a fertőző agyvelő- és agyhártyagyulladás, valamint a veszettség ellen növelni kellene a beoltott emberek

arányát. A veszetheg a rókák közvetítésével terjed a háziállatok körében, az agyvelő- és agyhártyagyulladás kórokozóját pedig fertőzött kullancsok vihetik az emberbe. Ezekben az esetekben azonban ma még nincsen kötelező védőoltás, csak a különösen veszélyeztetett emberek csoportjait oltják be. Ilyenek a fertőző májgyulladás esetében az egészségügyi dolgozók, a veszetheg és a kullancs által terjesztett fertőző agyvelő- és agyhártyagyulladás esetében pedig az erdei munkások. Az influenza ellen sem oltanak be mindenkit, csak az időseket és a krónikus betegségben szenvedőket. Annak csak anyagi akadálya van, hogy bárki – az említett csoportok tagjain kívül is – megkaphassa ezeket a védőoltásokat.

A hazai védőoltások történeti áttekintése

- 1876 A himlő elleni védőoltás bevezetése
- 1887 A himlő elleni újraoltás bevezetése
- 1938 A diftéria elleni védőoltás bevezetése
- 1954 A di-per-te oltások (diftéria – szamárköhögés – tetanusz) bevezetése
- 1960 A gyermekbénulás elleni oltások (Sabin-cseppek) bevezetése
- 1969 A kanyaró elleni oltások bevezetése
- 1989 A rubeola elleni oltások bevezetése
- 1991 A kanyaró – mumpsz – rubeola (trivalens) oltások bevezetése
- 1992 A gyermekbénulás elleni védőoltási rendszer változása (Salk-szérum)

Koleszterin a vérben

Olvasmány

A magas koleszterinszint káros az egészségre – ez önmagában helytelen állítás. Az artériák meszesedése szempontjából ugyanis vannak „jó” koleszterinek, mint a HDL (high density lipoproteid, nagy sűrűségű lipoproteid), amelyek valószínűleg éppen ellenkezőleg, védenek az érlemeszedéstől. A „káros” koleszterinek viszont érkárosító hatásúak. Ilyen az LDL (low density lipoproteid, kis sűrűségű lipoproteid). Ezek okozzák az érlemeszedést. A vérben a zsírok több mint 60%-át az LDL adja, míg a HDL csak 20–25%-ot. Érlemeszedés szempontjából azok veszélyeztetettek, akiknek magas az LDL-szintjük. Életmódunk megváltoztatásával befolyásolni lehet a vérkoleszterin összetételét.

A visszértágulat

Az alsó végtagon a bőrfelszín közelében futó vénák megnyúlhatnak, kitágulhatnak, kanyargóssá válhatnak. Ez a *visszértágulat*. A betegség elsősorban az álló foglalkozásúakra jellemző. Álló testhelyzetben a vénákban levő véroszlop egész súlya az alsó végtag vénáira nehezedik. Ezért alakul ki a betegség, aminek kialakulása például megfelelő cipő viselésével megelőzhető, késleltethető. Súlyosabb esetben a visszértágulat csak műtét útján szüntethető meg.

Kérdések és feladatok

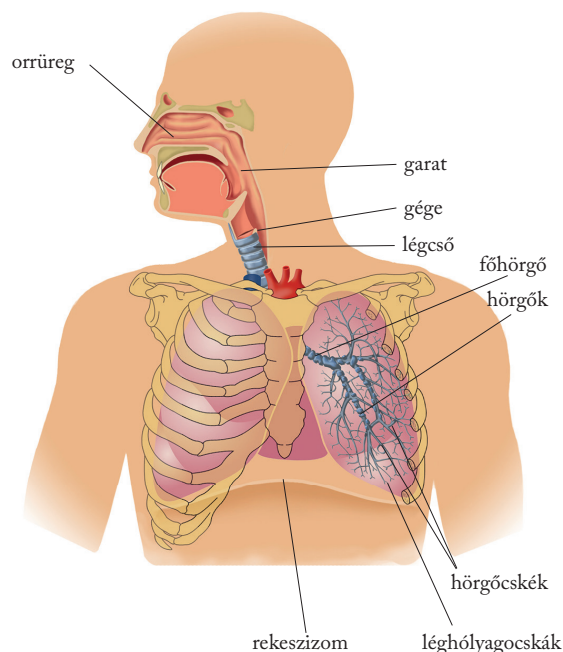
- 1 Magyarázd meg, miért tekinthető a 0-s vércsoport univerzális adónak!
- 2 Készíts kiselőadást a hazai kötelező védőoltások szerepéről és az azok hiánya miatt kialakuló betegségekről!
- 3 Készíts történeti áttekintést a korábbi időszakok világjárványairól!
- 4 Keress az interneten az immunrendszerünk működését bemutató animációt!

26. lecke

A légzés szervrendszere



A sejtekben zajló lebontó folyamatokhoz szükséges oxigén biztosítása, illetve a keletkező szén-dioxid eltávolítása, a **gázcsere**, a légzőszervek segítségével történik. Mivel az ember légzőfelülete a tüdőben helyezkedik el, a levegőnek hosszú utat kell megtennie odáig. Ezek összességét **légutaknak** nevezzük (26.1. ábra).

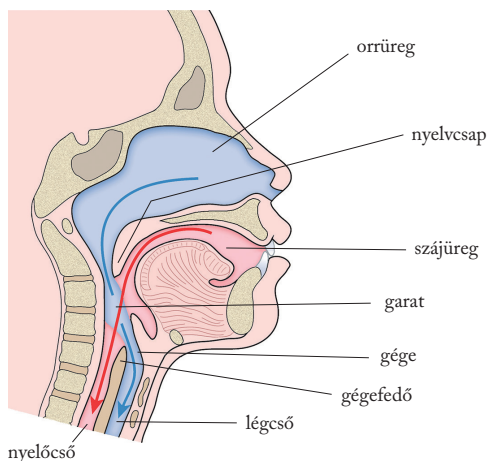


26.1. ábra. A légzési szervrendszer részei

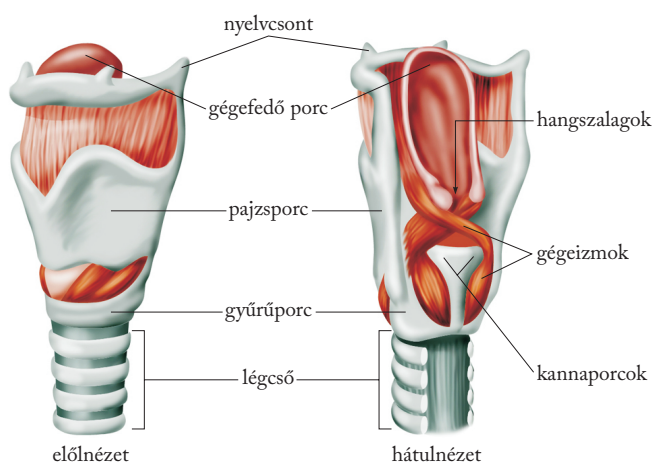
A felső légutak

A légköri levegő elsősorban az orrüregen keresztül érkezik a **felső légutakba**. Az orrüreget belülről nyálkahártya borítja, amelyet mirigyek váladéka tart állandóan nedvesen. A nyálkahártyát sűrű hajszálérhálózat szövi át, egyenletes melegben tartva az orrüreg belső felszínét. A beszívott levegő itt felmelegszik és vízgőzzel telítődik, miközben porrészecskéit a nyálkahártya csillós hámja kiszűri és kifelé hajtja. Mély lélegzetvételnél vagy beszéd közben a szájüregen keresztül áramlik be a levegő. Az orrüregből és a szájüregből a belélegzett levegő a *garatba* jut. A garatban a levegő és a táplálék útja kereszteződik (26.2. ábra), ezt követően a *gégén* keresztül a *légcsőbe* áramlik a levegő.

A gége a hangadó szervünk. Vázát porcok alkotják, belső felszínét hangszalagok osztják ketté (26.3. ábra). A két hangszalag mozgatását a gége izomzata végzi. Nyugodt légzéskor a két hang-



26.2. ábra. A levegő és a táplálék útja



26.3. ábra. A gége felépítése a hangszalagokkal és az egyes porcok neveivel

szalag közötti nyitott hangrésen keresztül szabadon áramlik a levegő. Belégzéskor tágul a hangrész, kilégzéskor kissé szűkül. Az emberi hangképzés a kilégzéshez kapcsolódik. Beszéd közben a rugalmas hangszalagokat megfeszítjük, a tüdőből a gégén keresztül kiáramló levegő hatására azok rezgésbe jönnek, és a felettük lévő légoszlopban hanghullámok keletkeznek. Ezekből alakul ki – a szájüreg, a nyelv és az ajkak együttműködésé-

vel – a hang. Az emberi hang magasságát a hangszalagok hossza és vastagsága mellett a hangrész alakja és a hangszalagok feszessége szabja meg. A rövidebb és vékonyabb, feszes hangszalagok szűkebb hangrész mellett magasabb hangot eredményeznek.

Az alsó légutak

A légcső az **alsó légutak** kezdeti szakasza. Szintén porcos felépítésű, rugalmas falú cső. Alsó vége két *főhörgőre* ágazik szét. Ezek a tüdő jobb és bal oldali felébe vezetnek. A két tüdőfél szivacsos szerkezetű, nagy kiterjedésű, rugalmas szerv, amely a mellkas üregében helyezkedik el. A mellkas üregét a hasüregtől a *rekeszizom* lemeze választja el (26.1. ábra). A tüdőbe lépő főhörgők további elágazásokkal egyre kisebb csöveket, végül *hörgőcskéket* hoznak létre. Ezek a szőlőfürtszerűen elhelyezkedő *léghólyagocskákban* végződnek, amelyek rendkívül vékony fala egyetlen sejtrétegből álló laphám.

A külső és a belső légzés

A léghólyagocskák falát kívülről sűrű hajszálérhálózat fonja körül. Az így összefonódó hajszálerek és léghólyagocskák falán keresztül megy végbe a **külső légzés** (26.4. ábra). Az emberi tüdő léghólyagocskáinak összesített légzőfelülete kiterítve megközelíti a 100 m²-es nagyságot. A vér felveszi az oxigént a tüdőből, és leadja a szén-dioxidot, mert a tüdőben az oxigén, a vérben pedig a szén-dioxid parciális nyomása nagyobb. A szervek hajszálereiben fordított irányú gázcsere zajlik a vér és a szövetek között. A sejtekből a nagyobb parciális nyomása miatt

A légcső felépítésének vizsgálata

Anyagok és eszközök: légcsőmetszet, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Tanulmányozzuk fénymikroszkóppal a légcsőből készült szövettani metszetet!

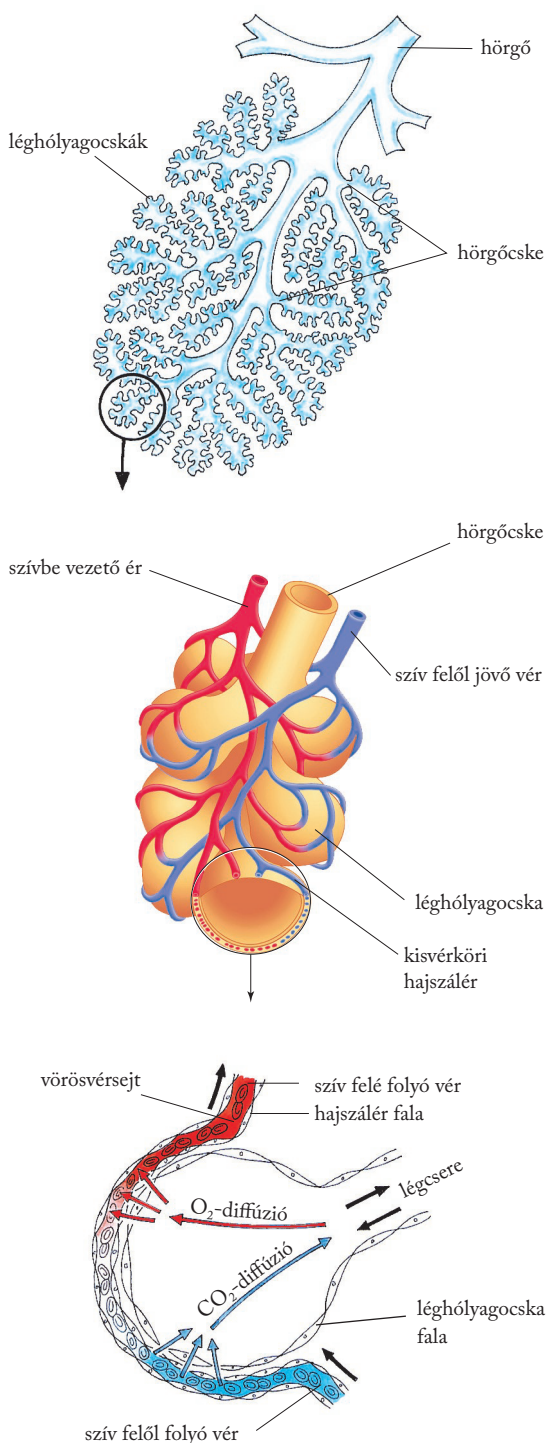
- Készítsünk rajzot a látottakról!

A kilélegzett levegő vizsgálata

Anyagok és eszközök: üvegcső, meszes víz, lombik

Végrehajtás: Fújjuk bele a kilélegzett levegőt egy üvegcsőn keresztül meszes vízbe!

- Mit tapasztalunk?
- Magyarázzuk meg a változást!

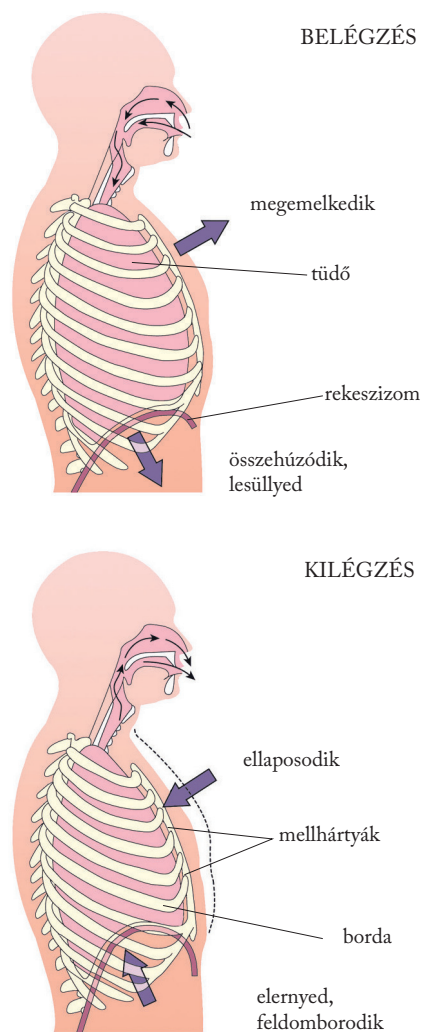


26.4. ábra. A hörgőktől a léghólyagocskákig

szén-dioxid diffundál a szövetnedvbe, majd a vérbe, miközben a vérből oxigén lép be a szövetnedvbe, majd a sejtekbe. Ez a folyamat a **belső légzés**. A felvett oxigént a szövetek a **sejtlégzés** lebontó folyamatához hasznosítják.

A légzőmozgások

A ki- és belégzés során a tüdőben **légszere** zajlik. Mivel a tüdőnek nincs saját izomzata, térfogatának változását a rekeszizom, a bordák közti izmok és a törzs egyes izmai segítik. A tüdő és a mellkas fala közötti kapcsolatot és súrlódásmentes elmozdulást a **mellhártya** kettős rétege biztosítja. Az egyik réteg a tüdő felületéhez tapad, a másik a mellkas falát és a rekeszizom felületét borítja be.



26.5. ábra. A belégzés és a kilégzés légzőmozgásai

A két összeérő hártya között vékony folyadék réteg található. Ezáltal nagyon nehezen választhatók el egymástól, akárcsak két egymásra fektetett nedves üveglemez. Oldalirányban viszont könnyen elcsúsznak egymáson. Ez megkönnyíti a légzőmozgásokat (26.5. ábra).

Belégzőskor az eredetileg a mellkas felé bedomborodó rekeszizom összehúzódik, így

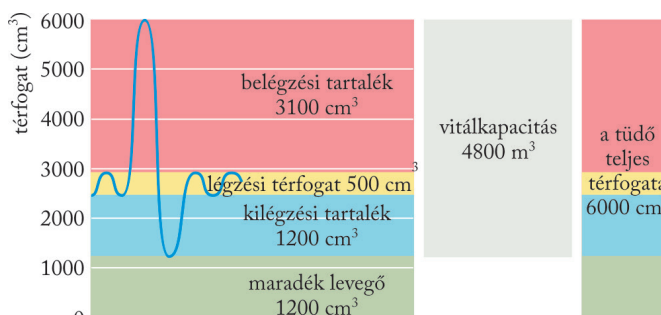
lemeze lefelé mozdul el, a hasüreg irányába. Ezáltal a mellkas ürege megnövekszik. Ugyanakkor a bordák közötti izmok is összehúzódnak, amelynek következtében kissé megemelkednek a bordák, és így a mellkas ürege tovább nő. A mellkas üregének térfogatváltozásait a tüdő passzívan követi. A kitáguló tüdőben átmenetileg csökken a levegő nyomása, belégzéskor tehát a nagyobb nyomású külső levegő a tüdőbe áramlik.

Kilégzéskor az izmok ellazulnak, a bordák le-süllyednek, a rekeszizom eredeti nyugalmi helyzetébe tér vissza. A mellkas üregének és a tüdőnek csökken a térfogata. A tüdőben megnő a levegő nyomása, ezért a tüdőből a levegő egy része a kívülvilágba áramlik. A kilégzés végére a belső és a külső nyomás kiegyenlítődik.

A nők nyugodt légzésére jellemző, hogy légzőmozgásaikban a bordaközi izmok jelentősebb szerepet töltenek be, mint a rekeszizom mozgása, *mellkasi légzésük* a domináló. A férfiak nyugodt légzésére inkább a *hasi légzés* jellemző, amelyben a rekeszizom mozgása a meghatározó.

A tüdő teljesítőképessége

Nyugodt belégzéskor nem telik meg teljesen levegővel a tüdő, és kilégzéskor sem ürül ki az összes levegő (26.7. ábra). A szokásos nyugodt ki- és belégzések alkalmával egyetlen lélegzetvétellel körülbelül 0,5 liter levegő cserélődik a tüdőben.



26.6. ábra. Levegőmennyiségek a légzés során

Ezt nevezzük **légzési térfogatnak**. Szükség esetén a nyugodt belégzés után, maximálisan erőteljes belégzéssel a tüdő a felvett 0,5 literen felül átlagosan további 2,5 liter levegő felvételére képes. Ez a *belégzési tartalék* levegő. A nyugodt kilégzés után pedig erőltetett kilégzéssel átlagosan 1 liter levegőt lehet kipréselni a tüdőből a légzési térfogaton kívül. Ezt nevezzük *kilégzési tartalék* levegőnek. A légzési térfogat a tartalék levegők térfogataival együttesen teszi ki a tüdő levegőbefogadó képességét, a **vitálkapacitást**. Ez nyugodt légzés alkalmával nincs kihasználva, a léghólyagocskák számottevő mennyisége nem vesz részt a légzésben. Ha azonban például fokozott testi munka növeli a szervezet oxigénszükségletét, akkor mélyebb légzéssel egy lélegzetvételre nagyobb mennyiségű levegő cserélődik a tüdőben. Nyugalomban átlagosan 16-szor veszünk lélegzetet percenként. Ez a 0,5 literes normális légzési térfogatot tekintve, 8 liter levegő kicserélését jelenti a tüdőben egy perc alatt. Ez a **légzési perctérfogat**.

A légzés hatékonysága és a sport

A tüdő levegőbefogadó képességét jelentősen növeli a rendszeres sportolás és edzés. Ha egy edzett sportoló és egy kevés testmozgást végző ember fut, légzésükben lényeges különbség észlelhető. Amikor a sportoló percenkénti légzésének száma még csak 30-ra emelkedik, a nem edzett emberben ugyanannak az izommunkának az elvégzése nyomán a légzésszám már 40-re fokozódik.

Ha a két ember tüdejében az egy perc alatt kicserélt levegő mennyiségét hasonlítjuk össze, azt tapasztaljuk, hogy ez mindkettőjükben közel azonos, körülbelül 24 liter. Ám az edzett ember egyenletes, mély légzéssel 0,8 literes légzési térfogatot ér el, szemben a másik ember alig 0,6 literes légzési térfogatával, aki kapkodva, szapora légzéssel próbálja oxigénhiányát pótolni.

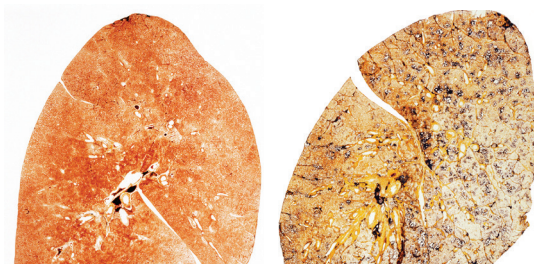
A rendszeres sportolás során kialakuló alaposabb ki- és belégzés maga után vonja, hogy nagyobb mennyiségű léghólyagocskák vesz részt a gázcserében, így növekszik a tüdő levegőbefogadó képessége is. Mivel a rendszeres sportolás nemcsak az ember légzésére, hanem vérkeringésére, izomzatának felépülésére, közérzetére, egész személyiségének alakulására kihat, ezért különösen a fiatal szervezet számára nélkülözhetetlen tevékenység.

Olvasmány

A légzés hatékonysága és a dohányzás

Olvasmány

Sajnos a mozgásszegény életmód mellé gyakran társul a dohányzás egészségtelen és rossz szokása is. A dohányzás káros hatása elsődlegesen a légzőszervi megbetegedésekben mutatkozik meg (26.7. ábra), de a szív-érrendszer egyes betegségeinek kialakításában is komoly tényezőként szerepel. A dohányzás betegséget előidéző tényezőként a hörgők rendszeresen kiújuló hurutos megbetegedésében és a tüdőrák kialakulásában jelentkezik. A dohányzás gyakoriságával ugrásszerűen nő a megbetegedések száma. A nem dohányzók közül a tüdőrákban elhaltak száma alig több, mint 0,3%, a dohányosok közül viszont a napi 20 cigarettánál kevesebbet fogyasztók 5%-a, míg az 50 cigarettán felül fogyasztók 22%-a hal meg tüdőrákban. A dohányzás nem közvetlen oka a tüdőráknak, de olyan meghatározó tényező, amely lényegesen elősegíti a betegség kialakulását. Ezért nagyon káros a dohányosok önző magatartása, mert környezetük levegőjének szennyezésével mások egészségét is veszélyeztetik.



26.7. ábra. Az egészséges és a dohányos ember tüdeje

Érdeklődőknek

A gége porcai

A gége üvegporcos vázból, kötőszövetes szalagokból és lemezekből, harántcsíkolt izmokból és nyálkahártyából áll (26.3. ábra). A gége porcai között található a *hangszalagok*, a köztük lévő nyílás a *hangrés*. A gége legnagyobb porca a pajzsporc, amely két, elől összetalálkozó lemezből áll. A két lemez a férfiakban 90, a nőkben 120°-os szögben találkozik, a gyerekekben még tompább ez a szög. Minél hegyesebb a pajzsporc lemezeinek szöge, annál hosszabbak a hangszalagok, és ennek megfelelően annál mélyebb a hang fekvése. A férfiak pajzsporca a nyaktól éles szögben kiugrik, ez az *ádamcsutka*. A fiúk serdülése során a pajzsporc gyors növekedése okozza a „hangváltozást” és a „*mutálást*”, aminek az a lényege, hogy beszéd közben egy ideig hol mély, hol magasabb hangot ad, míg a rá jellemző mélységű hangadás véglegesen ki nem alakul.

A gége további porcai a *gyűrűporc*, a *kannaporc* és a *gégefedőporc*. A gyűrűporc a pajzsporc alatt található, pecsétgyűrűhöz hasonlító (hátrafelé tekintő „pecséttel”). A kannaporc páros, háromoldalú, piramis alakú porc. Belső felszínéről erednek a hangszalagok. A gégefedőporc nyeléskor elzárja a légutakat. A gége porcait egymással, a nyelvcsonttal és a légcső első porcával erős kötőszövetes hárttyák kötik össze. A gégeporcokat a hangképzés során a gége harántcsíkolt izmai egymáshoz képest elmozdítják.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a szerepe a mellhártyának a légzőmozgásokban?
- 2 Keress az interneten olyan animációkat, amelyek a légzőmozgást szemléltetik!
- 3 Hogyan tudnál házilag vitálkapacitás-mérő berendezést készíteni?
- 4 Keress adatokat, és hasonlítsd össze a tüdő légzőhólyagocskáiban lévő levegő és a légköri levegő összetételét!
- 5 Nézz utána, mi a Rayger-próba! Ki volt Rayger Károly, és mikor élt?

27. lecke

A légzőrendszer egészségtana



A légzés szervrendszere közvetlen kapcsolatban áll a külvilággal, mivel a tüdőbe a légkörből kerül a levegő. Nem csodálkozhatunk tehát azon, hogy a légzőszervrendszer betegségei a leggyakoribbak a mindennapos megbetegedések között, és a levegő *szennyezettsége* a légzőszervi megbetegedések leggyakoribb oka. A légszennyező anyagok körébe beleértjük a mérgező gázokat, a szálló port, pernyét, füstöt és a szállított vírusokat és baktériumokat egyaránt.

Szmog és dohányzás

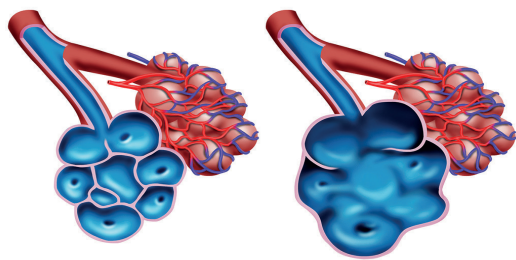
A légszennyezés legjelentősebb forrásai – a lakossági fűtés, járművek, ipari üzemek, berendezések – a nagyvárosokban vagy azok környékén jellemzőek, ezért a városok levegője általában jóval szennyezettebb, mint a természetes környezeté. Ez hosszú távon még akkor veszélyeztetheti az egészséget, ha a városi levegő a széljárás következtében folyamatosan frissül, és az egyes szennyező anyagok mutatói nem érik el a kritikus határértéket. Láttuk, hogy nyugodt légzésünk során a tüdőben a levegőnek csak egy hányada cserélődik, és a felszíni szövetek folyamatosan érintkeznek a levegővel. Nagyon fontos tehát, hogy szabadidőnkben rendszeresen menjünk ki a tisztább levegőjű természetes környezetbe, ahol intenzívebb mozgással – túrázás, kerékpározás – kombinálva lehetőségünk van tüdőnk átszellőztetésére.

Hasonlítsd össze a gázfűtés és a vegyes tüzelés levegőszennyező hatását!

Gondold végig, hogy a városok kertes házas részén milyen levegőszennyezési módok fordulhatnak elő!

Elsősorban az őszi vagy téli tartósan felhős, szélcsendes napokon a szennyező anyagok tartósan a légkörben maradhatnak, és füstköd, **szmog** alakul ki. A szennyező anyagok koncentrációjának növekedése súlyosan érinti a krónikus légzőszervi megbetegedésekkel küszködőket. Az 1952-es londoni szmognak több ezer halálos áldozata volt.

Sajnos magunk is hozzájárulhatunk tüdőnk légtérének folyamatos szennyezéséhez a **dohányzással**. A cigarettafüstben eddig több mint 4000-féle károsító anyagot mutattak ki, amelyek közül 300-ról igazolták, hogy **rákkeltő hatású**. A dohányfüst több mint tízezerszer töményebb, mint a légszennyezettebb városi levegő. Az adatok szerint



27.1. ábra. Tüdőtágulás esetén összeolvadnak a lég-
hólyagocskák

a tüdőrák, az ajak, a szájüreg, a nyelv és a garat rákos megbetegedésének keletkezéséért 90%-ban, a krónikus hörghurut és a tüdőtágulás (27.1. ábra) kialakulásáért 80%-ban a cigarettafüst a felelős. A gégerákosok 95%-a az erős dohányosok közül kerül ki. Ma már az is biztos, hogy nemcsak magukat a dohányzókat károsítja a füst, hanem a **passzív dohányosokat** is, akik a cigarettázókkal egy helyiségben tartózkodnak, és mások cigarettafüstjét kénytelenek belélegezni. Különösen veszélyes az aktív és a passzív dohányzás a terhesség egész ideje alatt! A dohányzó állapotos nőknél a magzat fejlődése lelassul, sok a koraszülés. A magzat születési súlya a dohányzó anyák újszülötteinél átlagosan 250 grammal kisebb, mint a nem dohányzó anyák esetében.

A dohányzást teszik felelőssé a tüdő legsúlyosabb betegsége, a **tüdőrák** kialakulásáért is. Csak időben elvégzett műtéttel lehet gyógyítani.

A szén-monoxid-mérgezés

Az oxigénhez hasonlóan a szén-monoxid-gáz (CO) is képes a hemoglobinhoz kapcsolódni a vérben, sőt a két gáz együttes jelenléte esetén előbb a szén-monoxid lép be nemkötő elektronpárjával a hem oxigénkötő helyeibe. Mivel a kapcsolódás stabilabb és irreverzibilis, a hemoglobint működésképtelenné teszi. Ezért a színtelen, szagtalan szén-monoxid igen alattomos mérgező gáz, amely kis koncentrációban is fulladást eredményez. Mivel a földgáz tökéletlen égése során is keletkezik, rosszul működő nyílt égésterű gázfűtő berendezésekből a lakásba is bekerülhet, és halálos mérgezést okozhat. CO-érzékelő berendezésekkel (27.2. ábra) ezek a balesetek megelőzhetők!

Nézz utána, miért biztonságosak a zárt égésterű gázfűtő berendezések a lakásokban!



27.2. ábra. CO-érzékelő berendezés

A felső légutak fertőző megbetegedései

A *megfázás*, *meghűlés*, *nátha* a légutakat érő különböző hurutos megbetegedések gyűjtőneve. A légúti hurutok heveny nyálkahártya-gyulladások, amelyeknek kórokozói vírusok, ritkábban baktériumok. Mivel ezek a vírusok a légzőszerveken keresztül kerülnek a szervezetbe, természetes, hogy először az orrban és a garat nyálkahártyájában telepednek meg. Innen könnyen az alsó légutakba terjedhetnek tovább. A **nátha** során az orr eldugul, az orrlégzés megnehezül, romlik a szaglás, a beszéd orrhangúvá válik. Később bőséges vizes váladék képződik, amelyet aztán sárgás, sűrű váladék vált fel. A meghűléses hurutok többnyire ártalmatlanul zajlanak le, és néhány napon belül bekövetkezik a gyógyulás.

Az egyszerű hurutos betegségeket meg kell különböztetni az **influenzától**, amit influenzavírusok okoznak. Elesettséggel, magas lázzal és heves végtagfájdalmakkal jár, de hurut általában nem alakul ki. Sem a vírusok okozta hurutos megbetegedéseket, sem az influenzát nem lehet sem vitaminokkal, sem pedig antibiotikumokkal gyógyítani. Ilyenkor – a láz csillapítása mellett – az egyik legjobb megoldás meleg tea bőséges fogyasztása. Az influenza betegnek természetesen ágynyugalomra van szüksége, mert egyébként a legyengült szervezetben baktériumfertőzések miatt szövődő betegségek alakulhatnak ki.

A láztalan, hurutos betegségben szenvedő ember is jobban teszi, ha betegsége időtartama alatt nem megy emberek közé, mert cseppfertőzéssel

számos embertársát teheti beteggé. Ha mégis társaságba kell mennie, a védőmaszk használata fel-tétlenül szükséges!

Az alsó légutakat a **torok- és garatmandulák** védik a fertőzésektől, miközben maguk gyulladt állapotba kerülhetnek. Ilyenkor a toroktájékon fájdalom jelentkezik, ami nyeléskor fokozódik. Láz és kínzó fejfájás is kísérheti. A begyulladt, piros mandulákon gennyes pontok jelenhetnek meg. A mandulagyulladást kezelni kell, mert gyermekkorban gyakran *szív- és vesemegbetegedés* lehet a **szövődménye**.

Melyek azok a legfontosabb higiéniai teendők, amikkel csökkenthető a fertőző légúti betegségek terjedése?

Az alsó légutak fertőző megbetegedései

Ha a fertőzés az alsó légutakat is eléri, **légsőhurut**, vagy a hörgők gyulladása, **hörgőhurut** alakulhat ki. Ha a légúti fertőzés a tüdő területére is áttérjed, akkor **tüdőgyulladás** jön létre. A betegség során a légőhólyagocskák megtelnek gyulladással váladékkal. Néhány nap alatt nagy tüdőterületeket is eláraszthat a folyadék. Egyes tüdőgyulladásokat a beteg panaszmentesen vészelt át, máskor súlyos tünetek jelentkeznek: magas láz, oldal-szúrás, nehézlégzés, köhögés, köpetürítés. A tüdőgyulladást általában baktériumok okozzák, ezért antibiotikumokkal jól kezelhető. A szerencsére jóval ritkább vírusos tüdőgyulladások nehezebben gyógyíthatók. Tüdőgyulladást okozhat a **Covid-19 koronavírus** is. Súlyos esetben az influenzához hasonló tüneteket okoz, magas lázzal, elesettséggel jár, de a tüdőszövet maradandó károsodását is eredményezheti. Más, elsősorban krónikus betegségekhez társulva halálos kimenetelű lehet.

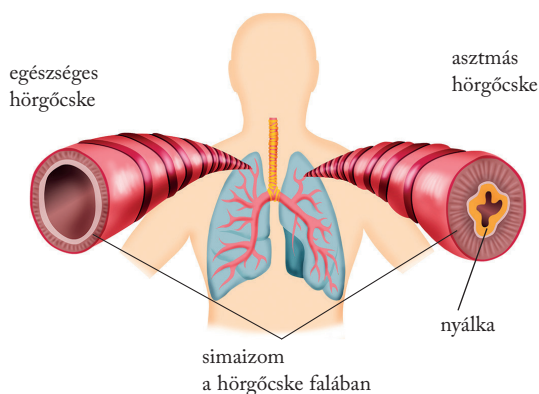
Az elhanyagolt tüdőgyulladás továbbterjedhet, és **mellhártyagyulladás** is kialakulhat. A száraz mellhártyagyulladásban a légzés fájdalmas, mozgás közben a beteg fullad. Előfordulhat, hogy a betegség gyorsan gyógyul, és a tünetek néhány nap múlva elmúlnak. Nedves mellhártyagyulladás esetén egyre nagyobb mennyiségű folyadék gyülemlik fel, és a beteg egyre jobban fullad. Később már nemcsak mozgás, hanem fekvés közben is. A nedves mellhártyagyulladás önállóan

nem jön létre, csak valamilyen másik betegség, például tüdőgyulladás, tüdődaganat vagy tüdőembólia következményeként.

A **gümőkór**, más néven *tuberkulózis* vagy **tbc**, a *tbc-baktériumok* által okozott fertőző betegség. A gümőkór-baktériumok elpusztítják a tüdőszövetet. Helyén üreg keletkezik. Ha a betegséget nem kezelik, akkor az tovaterjed. Eleinte nem okoz panaszt, és az is előfordulhat, hogy a beteg anélkül gyógyul meg, hogy tudott volna a betegségéről. A legtöbbször azonban tartós köhögés, esetleg vért is tartalmazó *köpetürítés*, hőemelkedés vagy láz is jelentkezik. A baktériumok a tüdőn kívül a *vesét*, a *csontokat* vagy a *nyiroksomókat* is megtámadhatják. Napjaikban a tbc már gyógyítható. A lakosság védelme érdekében 1952 óta kötelező a BCG-oltás. Csecsemőkorban (1–6 hetes korban) adják be.

Az asztma

Az asztma a légutak nyálkahártyájának fokozott érzékenysége (27.3. ábra). Köhögési rohamokkal és nehéz légzéssel jár. A tünetek rohamszerűen lépnek fel: kínzó köhögéssel kezdődnek, és súlyos nehéz légzéssel folytatódnak. A rohamok hörgőtágító kezeléssel általában gyorsan megszüntethetők.



27.3. ábra. Az allergén állandó gyulladást okoz a légutakban

A légmell

Ha levegő jut a mellkasfal és a tüdő közé, **légmell** alakul ki. Ez általában sérülések, balesetek következménye. A mesterséges légmell kialakítását kiterjedten alkalmazták a tbc kezelésére, mert a működés nélküli tüdőrészt gyógyulása gyorsabb.

Érdeklődőknek

A légnyomás változásának hatása a légzésre

A tengerszint feletti magasság növekedésével csökken a légnyomás, így az oxigén parciális nyomása is. Aki nem alkalmazkodott a *nagyobb tengerszint feletti magassághoz*, az már 3700 méter körüli magasságban ingerlékenyebbé válik. 5500 méter magasságban már jelentkeznek az oxigénhiányos tünetek, 6100 méter felett pedig rendszerint eszméletvesztés következik be. Az emberek többsége, ha először érkezik nagyobb tengerszint feletti magasságba, átmenetileg „hegyi betegséget” kap. Ez 8–24 órával a megérkezés után jön létre, és 4–8 napig tart. Tünetei a fejfájás, ingerlékenység, álmatlanság, légszomj, émelygés és hányás. Súlyosabb esetben tüdő- és agyödéma is kialakulhat. Ahhoz, hogy valaki tökéletesen akklimatizálódjon a nagyobb magasságokhoz, évekig kell az adott helyen élnie. Az alkalmazkodás lehetséges, hiszen az Andokban és a Himaláján 5500 méter felett is vannak állandó települések.

A környezeti nyomás növekedése is befolyásolja a légzést. A tengervízben 10 méterenként, az édesvízben pedig 10,4 méterenként 1 atmoszférával nő a nyomás. A szárazföldön is kialakulhat hasonló helyzet, például akkor, ha alagútépítés során a környezetből beáramló víz távoltartására több atmoszférára túlnyomást kell létrehozni. Ezért a fokozódó környezeti nyomás nemcsak a *mélytengeri bűvárokat*, hanem a *keszonmunkásokat* is érintheti. A bűvárnak a levegőt vagy egyéb gázokat növelt nyomáson kell lélegeznie. Ilyenkor a gázkeverékből a szén-dioxidot elhagyják, és olyan gázelegyet hoznak létre, amelyben az oxigén parciális nyomása nem haladja meg az össznyomás 20%-át. A magasabb oxigénnyomás ugyanis mérgező hatást gyakorol a legtöbb élőlényre, így az emberre is. Ha a bűvár *sűrített levegőt* lélegzik, akkor a fokozott nyomás *nitrogénmámort* okozhat, ezt hívják „mélységi mámornak”. A tünetek az alkohommérgezésre emlékeztetnek. A nitrogénmámorizáció elkerülésére a bűvároknak oxigénből és héliumból álló keveréket adnak, ezzel a merülés egy bizonyos mélységig még folytatható. Nagyobb mélységben azonban ez a gázösszetétel is idegrendszeri károsodásokat okoz.

Ha egy bűvár emelkedés közben a légköri levegőnek megfelelő összetételű levegőt szív, akkor veszélybe kerülhet. A mélységből felemelkedve ugyanis csökken a testére nehezedő nyomás. Ha a fel-emelkedést *fokozatosan* hajtja végre, akkor nincs probléma, ha viszont *gyorsan*, akkor a nyomás alól hirtelen felszabaduló nitrogén oldott állapotából buborékként kiválik, és *dekompressziós betegséget* (keszonbetegséget) okoz.

Kérdések és feladatok

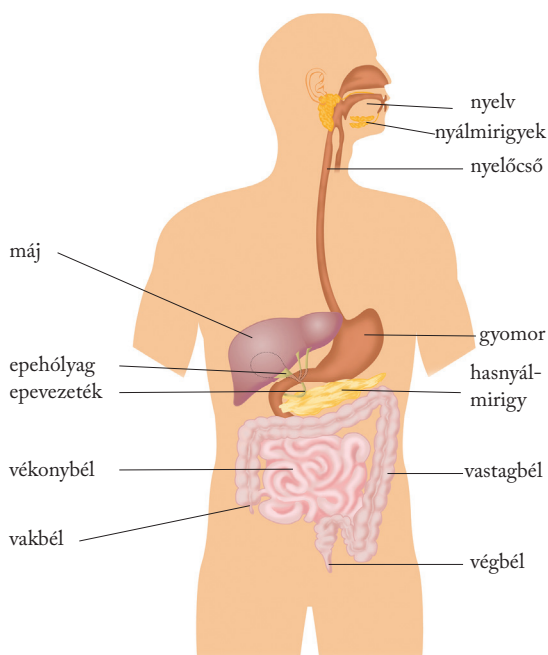
- 1 Hasonlítsd össze a hurutos légúti megbetegedéseket az influenzával!
- 2 Miért okoz több kárt a városi levegő egy kérekpáron közlekedő személy esetében, mint ha gyalog sétálna?
- 3 Miért válik működésképtelenné a légmell állapotában lévő tüdőfelület?
- 4 Tarts kiselőadást az aeroszolookról és a légtérben tapasztalható viselkedésükről!
- 5 Keress statisztikai adatokat arra, hogyan alakult hazánkban a tbc-s megbetegedések száma 1900 és 2020 között! Próbáld megmagyarázni az eltérést!

28. lecke

A táplálkozás szervrendszere



A táplálkozás a tápanyagok felvétele és azok hasznosítása a szervezet számára. Szervrendszere a **bélcsatorna**, a hozzá kapcsolódó mirigyekkel (28.1. ábra). Bélcsatornánk három szakaszból, *elő-, közép- és utóbélből* áll.

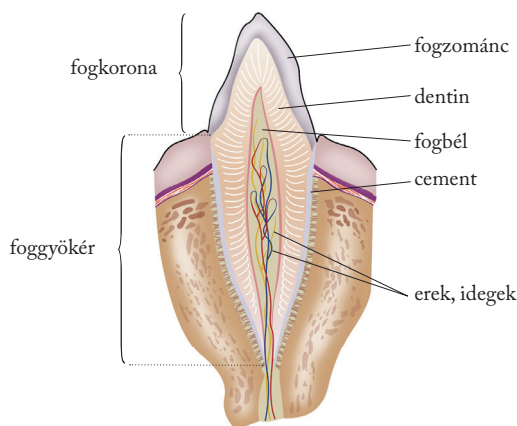


28.1. ábra. A táplálkozási szervrendszer szervei

Az előbél

Az előbél kezdeti szakasza a **szájüreg**. Első lépésként az ide kerülő táplálékot a fogak *felaprítják*. A **fogak** az állkapocs és a felső állcsont fogmedreibe illeszkednek. A fogmederbe nyúlik a *foggyökér*, míg a szabadon kiálló rész a *korona*. A koronát kívülről *zománcréteg* borítja, amely testünk legkeményebb szövete. A foggyökeret *cementréteg* borítja, amely kevésbé ellenálló. A rétegek alatt a fog legnagyobb részét kitevő *dentin* található. A dentin veszi körül a fogüreget, amelyet laza rostos kötőszövet tölt ki. Ebben található a foggyökér csúcsán belépő hajszálerek és idegrostok (28.2. ábra).

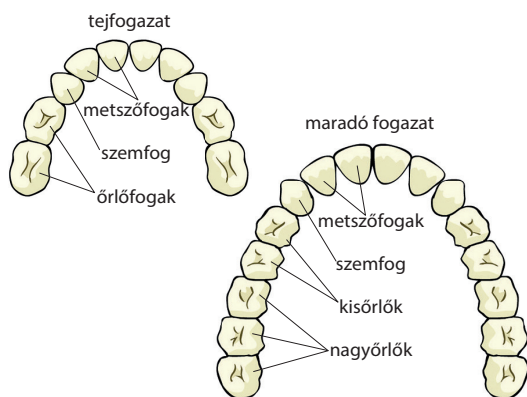
A kisgyermek első fogai rendszerint hat hónapos korában bújnak ki. Tejfogai nőnek, összesen húsz darab. Hatéves kor után a tejfogakat fokozatosan a maradó fogak váltják fel. Ez alól a legkésőbb, a serdülőkor befejeződését követően kibújó bölcsességfogak jelentenek kivételt. A fogváltás során az állkapocs és a felső állcsont fogmedrében kifejlődő 4 metszőfog, 2 szemfog és



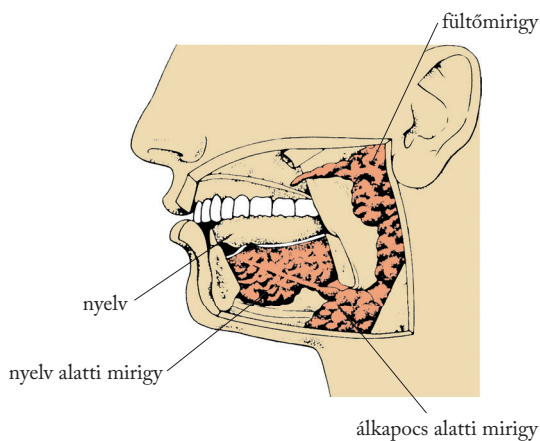
28.2. ábra. A fog felépítése

10 őrlőfog összesen 32 maradó fogat eredményez (28.3. ábra).

A felaprított táplálékot a nyelv keveri össze a nyállal és formálja falattá. A nyálát a szájüregbe nyíló három pár nyálmirigy termeli (28.4. ábra). Ezek a nyelv alatt, az állkapocs alatt és a fültő alatt elhelyezkedő mirigyek. A nyál legnagyobb részben



28.3. ábra. A fogtípusok

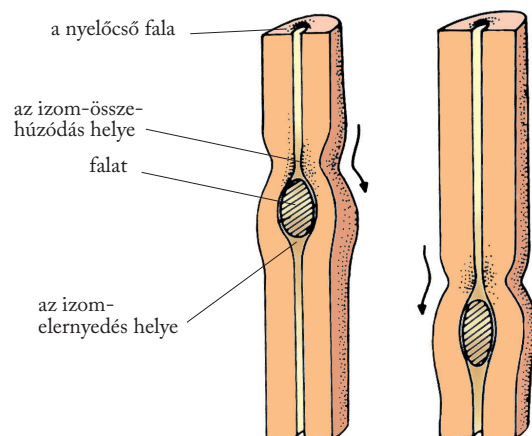


28.4. ábra. A nyálmirigyek

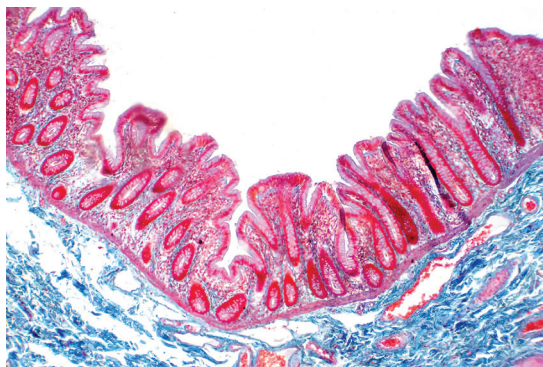
víz, ezen kívül ionokat és fehérjéket tartalmaz. Ez utóbbiak közül a legjelentősebb az *amiláz* nevű emésztőenzim. Az amiláz már a szájüregben megkezdheti a keményítő bontását.

Nyeléskor a falatot a felemelkedő nyelv a garat felé továbbítja, egyidejűleg a lágy szájpad elzárja az orrüreg felé, a gégefedő pedig a légcső felé vezető utat (26.2. ábra). Ezért a táplálék a *nyelőcsőbe* jut.

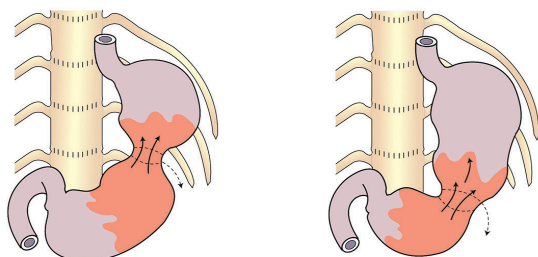
A nyelvcsövet belülről hámszövet béleli, amely alatt kötőszövet, illetve ez alatt, az alsó kétharmad részén simaizomszövet helyezkedik el. A táplálék a nyelvcsőben nem súlyánál fogva, hanem aktív izomtevékenység következtében halad előre. A nyelvcső táplálék feletti szakaszának izomzata ugyanis összehúzódik, míg az ez alatti szakasza kitágul. Ezáltal a táplálék lejjebb csúszik. Ekkor az eddig ellazult rész húzódik össze, és az ez alatti szakasz tágul ki (28.5. ábra). Az összehúzódás és elernyedés hullámszerűen fut végig az egész nyelvcsövön. A táplálékot így módon tovább préselő mozgás a bélcsatorna más részeire is jellemző, közös néven ezeket **perisztaltikus mozgásnak** nevezzük. A nyelvcső perisztaltikája a gyomorszájon keresztül az előbél utolsó szakaszába, a *gyomorba* juttatja a táplálékot. A gyomor a bélcsatorna legtágabb része. Izmos falát belülről nyálkahártya borítja, amely mirigysejteket tartalmaz. (28.6. ábra). Az általuk termelt váladék a *gyomornedv*. Az emésztés szempontjából két fontos alkotója a *sósav* és egy fehérjebontó enzim, a *pepszin*. A nyál 7-es pH körüli kémhatását a gyomor sósavtermelése 2-es pH körüli, erősen savas kémhatású környezetre változtatja. Emiatt a gyomorban az amiláz hatása megszűnik, viszont gyomornedv fehérjebontó anyagát (pepszinogén) működő



28.5. ábra. A nyelvcső perisztaltikus mozgása



28.6. ábra. A gyomor szöveti felépítése és a gyomor-nyálkahártya keresztmetszete



28.7. ábra. A gyomor perisztaltikus mozgása

pepszinné aktiválja. Ezzel megkezdődik a gyomorban a táplálék fehérjéinek emésztése. A gyomor falát vastag nyákréteg védi az önmérsztéstől, amit mirigysejtek termelnek. A táplálék és az enzimtartalmú gyomornedv keveredését a gyomor erőteljes perisztaltikus és keverő mozgása segíti elő (28.7. ábra). A gyomor a vékonybélbe továbbítja tartalmát.

A pepszin emésztő hatásának vizsgálata

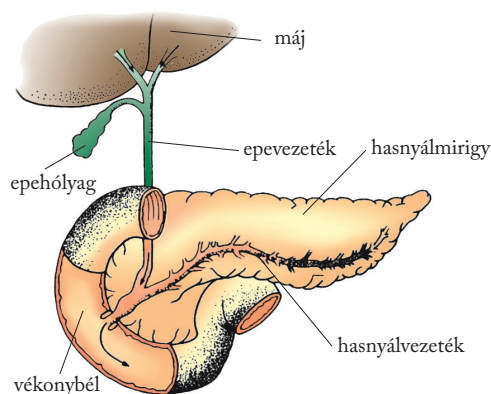
Anyagok és eszközök: vízfürdő (főzőpohár, meleg víz), főtt tojásfehérje, pepszinoldat, 0,2%-os sósavoldat, kémcsövek, kémcsőtartó, szike, csipesz, hőmérő, stopper

Végrehajtás: Készítsünk elő három kémcsövet! Az elsőbe töltsünk kb. 10 cm³ 0,2%-os sósavoldatot, a másodikba kb. 10 cm³ pepszinoldatot, a harmadikba kb. 8 cm³ 0,2%-os sósavoldatot és kb. 2 cm³ pepszinoldatot! A főtt tojásfehérjéből vágjunk ki három egyenlő nagyságú, vékony lapocskát, és tegyük a három kémcsőbe egyet-egyet! A kémcsöveket helyezzük 30 perc-re 37 °C-os vízfürdőbe!

- Figyeljük meg, hogy melyik kémcsőben mi játszódik le!

A középbel

Bár a szénhidrátok emésztése már a szájüregben, illetve a fehérjéké a gyomorban megkezdődött, a táplálék megemésztésének döntő része a középbelet képező **vékonybélben** zajlik. A vékonybél kezdeti szakaszába, a *patkóbélbe* torkollik az *epevezeték* (28.8. ábra). Az epe a májban folyamatosan termelődik, és az epehólyagban tárolódik. Itt besűrűsödik, és időnként az epevezetéken keresztül a vékonybélbe ürül. A benne található epesavak szerepe egyrészt a zsírok kolloid cseppecskékké diszpergálása. Az apró cseppek nagyobb összefüzetén ugyanis jobban érvényesül az enzimhatás. Másrészt az epesavak jelenléte aktiválja a zsírbontó enzimeket. Az epe színe barnászöld a hemoglobinn bomlástermékeiktől.



28.8. ábra. Az epe és a hasnyálmirigy vezetékének csatlakozása a vékonybélhez

A vékonybél szövettani felépítésének vizsgálata

Anyagok és eszközök: vékonybél szövettani metszete, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Vizsgáljuk meg fénymikroszkópos preparátumon a bélcső szövettani felépítését!

- Készítsünk rajzot a látottakról!

A vékonybélbe üríti váladékát a **hasnyálmirigy** is. A *hasnyál* többféle enzimet tartalmaz. A fehérjebontó enzimek kisebb peptidekre bontják a polipeptidláncokat. Ilyen enzim például a *tripszin*. A szénhidrátbontó enzimek a keményítőt és a glikogént bontják diszacharidokra, *maltózra*. Közöttük a legfontosabb a *hasnyálmiláz*. A zsírokat bontó enzimek, mint a *lipáz*, a zsírsavak és a

glicerín közötti észterkötéseket bontják zsírsavakra és glicerínre. Az epe és a hasnyál 8 körüli pH-ja a savas gyomortartalmat a vékonybél elején semlegesíti, és kialakítja az optimális körülményeket a hasnyál enzimjeinek a működéséhez.

A hasnyálmirigy-enzimek emésztő hatásának vizsgálata

Anyagok és eszközök: 1%-os keményítőoldat, hasnyálmirigy-kivonat (pl. Dipankrin gyógyszer), Lugol-oldat, kémcső, kémcsőtartó, cseppentő

Végrehajtás: Egy kémcsőbe töltünk 1 cm³ hasnyálmirigy-kivonatot, majd 5 cm³ 1%-os keményítőoldatot csepegtessünk hozzá! Ezt követően adjunk hozzá három csepp Lugol-oldatot!

- Figyeljük meg a változásokat!

Anyagok és eszközök: vízfürdő (főzőpohár, meleg víz), hasnyálmirigy-kivonat (Dipankrin gyógyszer), tej, fenolftalein indikátor, 10%-os nátrium-hidroxid-oldat, kémcső, kémcsőtartó, hőmérő, cseppentő

Végrehajtás: Tegyük egy kémcsőbe 2 cm³ hasnyálmirigy-kivonatot! Ezt követően adjunk hozzá 3-4 cm³ tejet és 2 csepp fenolftalein indikátort! Ezután pedig cseppentőből addig csepegtessünk 10%-os nátrium-hidroxid-oldatból az elegyhez, ameddig a kémcső tartalma rózsaszínű nem lesz! A nátrium-hidroxid-oldattól a kémcső tartalma lúgos lett, ezt az elegy rózsaszínné válása jelzi. Az így előkészített anyagot tegyük 37 °C-os vízfürdőbe!

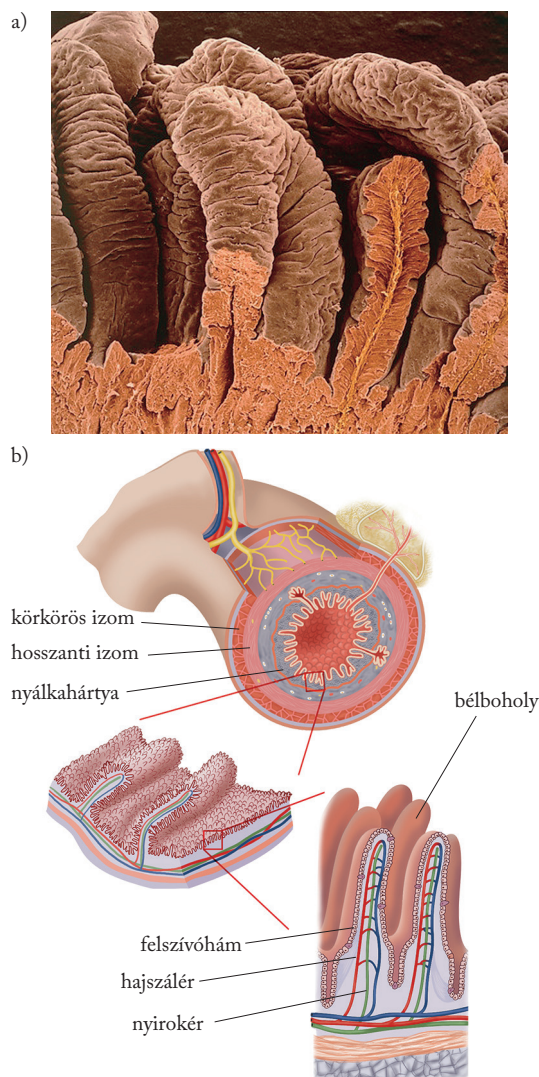
- Figyeljük meg a változásokat!

A tápanyagok lebontását monomerekre a vékonybél falát alkotó hámsejtek membránfehérjéi végzik. Ezek az enzimek a diszacharidokat glükózra, a peptideket aminosavakra bontják. (Régebben úgy tartották, hogy ezek az enzimek is a bél üregében hatnak, az emésztőnedvet bélnedvnek nevezték.)

A táplálék előrehaladását és az emésztőnedvekkel való összekeveredését a vékonybél perisztaltikus mozgása segíti elő.

A lebontott tápanyagok molekulái a vékonybél nyálkahártyáján keresztül **szívódnak fel**. A bél belső felszínét borító nyálkahártyán számtalan ki-

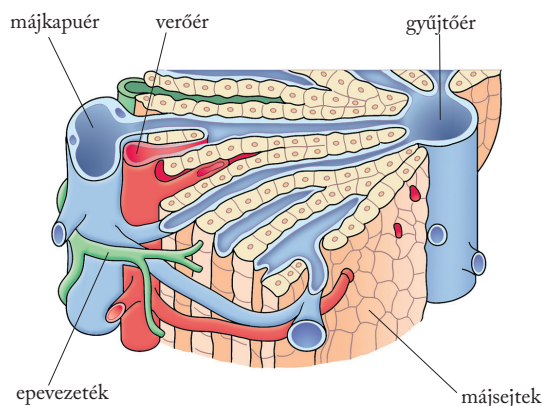
türemkedés, **bélbolyhok** növelik meg a felszívási felületet. A bélbolyhok felszínét borító felszívóhám sejteinek felszínén a sejtplazma vékony nyúlványai mikrobolyhokat képeznek. Így a vékonybél tényleges felszívó felülete elérheti a 200 m²-es nagyságot is (28.9. ábra). Ezeken kívül a bélbolyhok állandóan megrövidülő és elernyedő mozgása is elősegíti a felszívódást. A víz passzív transzportja mellett a különböző ionok és a szerves molekulák aktív transzporttal jutnak keresztül a bélbolyhok sejteinek membránján. A sejtekből a cukrok és az aminosavak a nagyvérköri hajszálerekbe jutnak, míg a zsírok többsége a nyirokhajszálerekbe kerül.



28.9. ábra. A bélbolyhok elektronmikroszkópos képe (a) és szerkezete (b)

A bélbolyhok hajszálereibe bekerült tápanyagok a gyűjtőereken keresztül a májba kerülnek. A máj a tápanyagok átalakításában és a bomlástermékek

kiszűrésében központi szerepet játszik. A bél felől a májba belépő gyűjtőér, a májkapuér számtalan elágazás után, tág hajszálerekben folytatódik. Ezek a máj kisebb egységeit, a májlebenykeket hálózják be (28.10. ábra). Az ide szállított tápanyagok a májsejtekbe kerülve átalakító anyagcsere-folyamatokban vesznek részt. A szénhidrátok átalakítása során a májsejtek a glükóz feleslegéből glikogént készítenek, amelyet tárolnak. A májban raktározott glikogén képezi a szervezet egyik fő, könnyen mozgósítható szénhidráttartalékát.

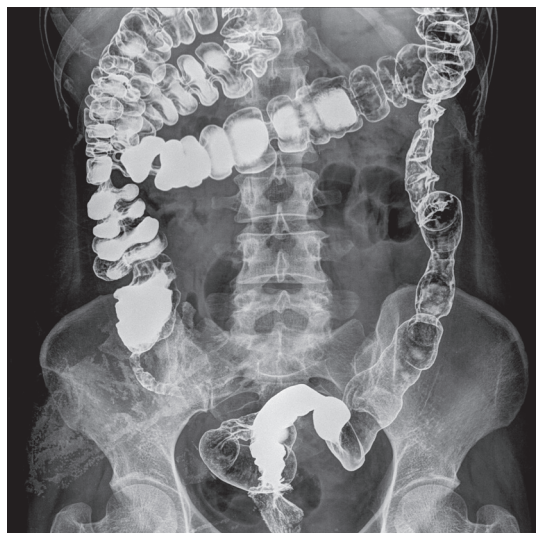


28.10. ábra. A májlebenyke szerkezete

A fehérjék aminosavak formájában szívódnak fel a vérbe és szállítódnak a májba. Egy részükből a májsejtekben a vérplazma egyes fehérjéi (pl. fibrinogén, albuminok) képződnek, más részük eljut a szövetekhez, ahol beépülnek a szintetizálódó fehérjékbe. A feleslegessé vált aminosavak lebontási végterméke, a karbamid csak a májban képződik. Ugyancsak a májban keletkezik a nukleinsavak lebontási végterméke, a húgysav is. A nyirokerek a felszívott zsírsavakat a vérkeringésbe vezetik, majd innen kerülnek a májba, ahol zsírokká alakulnak. Ezek fehérjékhez kötődve ismét a keringésbe jutnak. Innen veszi fel az izomszövet a zsírsavakat energianyerésre, a fölösleget pedig a zsírszövet raktározza.

Az utóbél

A bélcsatorna további szakaszában a vékonybél folytatása a **vakbél**, a **vastagbél** és a **végbél**. (28.11. ábra). Ide kerülnek a felszívódás utáni emészthetetlen táplálékmaradványok, nagy mennyiségű vízzel és benne oldott ásványi sókkal. A közép bél és az utóbél határán egy tág szakasz, az egyik végén zárt *vakbél* található, amelyhez a vékony *feregnyúlvány* kapcsolódik. A vastagbélben nagy mennyiségű bélbaktérium él. Ezek az ember számára emészthetetlen növényi rostok cellulóztartalmának egy részét lebontják. Működésük közben a B-vitaminok egyes alkotórészeit állítják elő, és anyagcsere-termékeikkel megakadályozzák más, esetleg kórokozó baktériumok elszaporodását. A vastagbél nem termel emésztőenzimeket, elsődleges szerepe a jelentős mennyiségű víz és só felszívása a béltartalomból. Ennek következtében a béltartalom székletté sűrűsödik. A vastagbél lassú perisztaltikus mozgása a béltartalmat a végbél felé mozgatja. A széklet ürítésekor a végbélnyílás záróizmai ellazulnak, és a hasizmok préselő hatására a széklet kiürül.



28.11. ábra. A vastagbél röntgenképe

Érdeklődőknek

A máj főerei

A közép bélben felszívott tápanyagok a bélbolyhok hajszálereiből összeszedődő *májkapuér*en keresztül először a májba jutnak. A májba így két ér lép be, a szív felől érkező májartéria és egy véna, a belek felől érkező májkapuér. Egy nagy ér lép ki belől, a *májvéna*.

Táplálkozás-élettani kutatások

Olvasmány

1708-ban *Herman Boerhaave* (1668–1738), a Leydeni Egyetem orvosprofesszora azt az álláspontját fejtette ki, hogy a felvett táplálék hasznosítása élettani folyamatok sorozatából áll. Az első lépések mechanikai jellegűek (rágás, összekeverés a nyállal), később a kémiai folyamatok (oldódás, átalakulások) kerülnek előtérbe (igaz, ezekről még keveset tudunk), végül újra mechanikai szakasz, ürítés zárja a sort. Orvosi körökben kezdetben sok ellenzője volt az újszerű nézetnek, később az egymást követő kísérleti eredmények egyre inkább igazolni látszottak a megállapításait. Egyre többen végeztek ugyanis – a kémikusokhoz hasonlóan – kísérleteket a vitás kérdések eldöntésére. *René Antoine Réaumur* (1683–1753) francia természettudós, aki elsősorban zoológiával foglalkozott – mi inkább az általa alkalmazott hőmérsékleti beosztás kapcsán ismerjük a nevét –, 1752-ben az alábbi kísérletet végezte el: Egy kis méretű, lyukakkal átfúrt csőbe egy szivacsdarabot gyömösölt, majd egy szelíd sólyommal lenyelette. A madár bizonyos idő elteltével a csődarabkát a szivaccsal együtt kihányta. A csődarabból a szivacsot kivette, és a felszívódott, rajta lévő nedvet különböző tápanyagokra csavarta ki. Megállapította, hogy a madár gyomrából nyert nedv a húsdarabkákat megemésztette, de a keményítőt nem bontotta el. Később *Lazarro Spallanzani* (1729–1799) itáliai természettudós hasonló megfigyelést tett. 1777-ben állatok gyomrából kivont nedvvel sikerült laboratóriumi körülmények között, egy egyszerű üvegedényben is megemésztetnie a húst. Más kísérleteinek saját maga volt az alanya. Egy alkalommal vékony szövésű vászonzacskóba egy kis kenyérdarabkát és egy darabka húst tett, majd a zacskó száját jól elkötötte. Ezt követően a zacskót lenyelte, és megvárta, míg az természetes úton távozott belőle. A zacskót kibontva kiderült, hogy a hús és a kenyérdarabka is megemésztődött, sőt nagy részük el is tűnt. Eredményei meggyőzték arról, hogy mind a gyomornedvnek, mind a bélnedvnek emésztő (bontó) hatású anyagokat kell tartalmaznia.

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen szövettani felépítés jellemző a bélcsőre?
- 2 A bélcső szövettanának ismeretében magyarázzuk meg a perisztaltikus mozgást!
- 3 Készíts folyamatábrát a tápanyagok emésztésének és felszívódásának helyéről!
- 4 Hasonlítsd össze az epe és a mosogatószerek működési mechanizmusát!
- 5 Nézz utána, hogy mi az oka annak, hogy a tartósan éhező személynek is van széklete!

29. lecke

Az egészséges táplálkozás



A tápanyagok

A táplálék **tápanyagokból** áll. Ezek a szénhidrátok, a zsírok, a fehérjék, az ásványi sók, a vitaminok és a víz. A tápanyagok részben építőanyagok a szervezet molekuláihoz, részben energiát szolgáltatnak.

Táplálékot általában akkor veszünk magunkhoz, ha megéhezünk. Az éhségérzetet egyrészt a vércukorszint csökkenése váltja ki, másrészt a gyomorfallal feszültségét is érzékeljük, és az üres gyomor is éhségérzetet vált ki.

Gondold végig! Előfordul olyan eset is, amikor nem az éhségérzet miatt táplálkozunk?

Nézz utána, milyen esetekben és miért hajtanak végre gyomorszűkítő műtétet!

Aki a szükségesnél kevesebb táplálékot fogyaszt, az éhezni fog. Ha a tápanyaggal bevitt energia mennyisége kevés, **mennyiségi éhezés** jön létre. Ha a szervezet elégséges mennyiségű energiát kap, de a táplálék tápanyag-összetétele nem megfelelő, akkor **minőségi éhezés** következik be. Minőségi éhezést okozhat az ásványi sók hiánya, a fehérje- és a vitaminhiány.

Vajon mi befolyásolja a szervezet „megfelelő” minőségű és mennyiségű tápanyag iránti igényét? Mitől függhet, hogy mennyi és milyen tápanyagokra van szüksége?

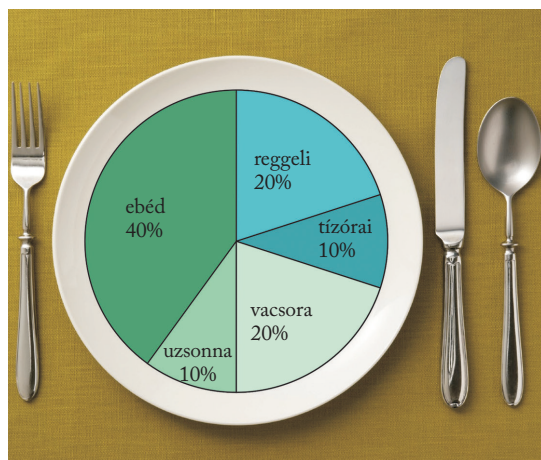
Helyes táplálkozás

Az egészséges táplálkozás a szervezet számára szükséges mennyiségű és minőségű tápanyagok felvételét jelenti (29.1. ábra). Fontos az étkezésben a rendszeresség és a táplálékbevitel megfelelő megszólása is a napi étkezések között (29.2. ábra).

A szervezetnek naponta meghatározott mennyiségű energiára van szüksége. Ennek egy része a szervezet fenntartásához szükséges, másik része pedig a mindennapi tennivalókkal kapcsolatos mozgáshoz, valamint a munkavégzéshez kell. A szervezet fenntartásához szükséges energiamennyiséget nevezzük **alapanyagcserének**. Ez a felnőtt, egészséges, pihenő szervezet 24 órára számított energiafogyasztását jelenti. Értéke 7000–7600 kJ. Tartós éhezés során a csökkent táplálékbevitel hatását a szervezet bizonyos határig kivédi, de a testsúly folyamatosan csökken, ami fáradékonyással, csökkent



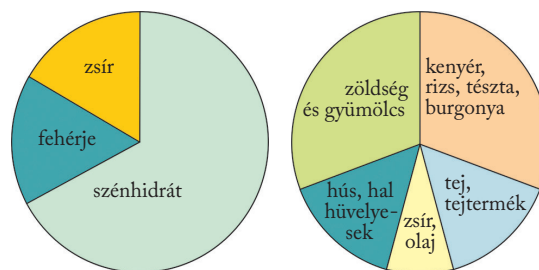
29.1. ábra. A kiegyenlített étrend táplálékpiramisa



29.2. ábra. Étkezzünk ötször napjában!

munkaképességgel párosul. A szükségesnél jóval nagyobb táplálékbevitel, a túltáplálás ugyancsak veszélyezteti az egészséget. Az elhízás terheli a szervezet önfenntartó működését, hajlamossá tesz bizonyos betegségekre, rövidíti az élettartamot.

A megfelelő mennyiség mellett alapvetően fontos a tápanyagok minősége, összetételük helyes aránya is (29.3. ábra). A legfontosabb a megfelelő **fehérjeegyensúly** fenntartása. Ennek oka részben a szervezet korlátozott fehérjeraktározó képessége, részben pedig az, hogy a szervezet számos aminosavat nem képes előállítani, hanem készen veszi fel a táplálékkal. Ezek az **esszenciális aminosavak**. Az állati eredetű fehérjék valamennyi esszenciális ami-



29.3. ábra. Helyes arányok. Az első diagramon a szerves tápanyagok kívánatos aránya, második diagramon az élelmiszerek kívánatos aránya az egészséges étrendben látható

nosavat tartalmazzák, a növényi eredetű fehérjék viszont nem az összeset. A lipidek jelentőségét nemcsak magas energiatartalmuk indokolja, hanem az is, hogy egyes vitaminok számára oldószert jelentenek és a nemi hormonok előállításához is szükségesek. Számos telítetlen zsírsavat csak készen tud felvenni a szervezetünk. Az optimális táplálkozásnak a szénhidrát-fogyasztás is része. A szénhidrátok a legfontosabb gyorsan felszabadítható energiaforrást jelentik.

Egy gramm szénhidrátból, illetve fehérjéből 17,2 kJ (4,1 kcal) energia szabadul fel a szervezetben a lebontás során, egy gramm zsírból viszont 39 kJ (9,3 kcal). Gondold végig a lebontási folyamataikat, majd jellemezd őket az energiaháztartásban betöltött szerepük alapján!

A növényi rostoknak a normális bélműködés kialakításában van fontos szerepük. A vastagbél perisztaltikus mozgását ugyanis a falára belülről gyakorolt nyomás váltja ki. Rostokban szegény táplálkozás esetén a vastagbél nem mozog megfelelően, székrekedés alakul ki. Tartósan rosthányos táplálkozás esetén súlyosabb következmények is felléphetnek. Rostokban a leggazdagabbak a zöldségfélék.

Minőségi követelmény a megfelelő ásványi sók és vitaminok felvétele is. A vitaminok viszonylag kis molekulasúlyú szerves vegyületek. Nélkülözhetetlenek, ugyanis számos enzim alkotórészeként az anyagcsere-folyamatok résztvevői. Oldhatóságuk alapján két csoportba oszthatók: zsírban oldhatókra, mint az A-, D- és E-vitaminok, valamint vízben oldhatókra, mint a B-vitaminok és a C-vitamin. Mivel szervezetünkben nem szintetizálódnak, táplálékainkból kell pótolni ezeket. A hús és a tejtermékek mellett a zöldségek és a gyümölcsök tartalmazzák legnagyobb mennyiségben vitaminokat és ásványi sókat. A vízben oldódó vitaminokat folyamatosan kell felvenni, mert ezek a szervezetben nem raktározódnak el.

A víz mint tápanyag

A táplálkozás során pótolni kell a szervezetből eltávozott vízmennyiséget is. A víz is *tápanyag*, bár – az ásványi anyagokhoz és a vitaminokhoz hasonlóan – energiát nem szolgáltat. Mégis nélkülözhetetlen, hiszen a szervezet víztartalma szigorúan meghatározott, az optimális szinttől csak bizonyos mértékig és csak meghatározott időre lehet eltérés. Ha csökken a szervezetben a mennyisége, akkor *szomjúságérzet* alakul ki, ami pótlásra készítet. A különféle tápanyagok is tartalmazzak vizet, ez azonban a felhasznált és a szervezetből eltávozott víz pótlására általában nem elégséges. A növényi eredetű táplálékokban általában több víz van, mint az állati eredetű táplálékokban. Egy felnőtt embernek napi 1,5–2 liter folyadék fogyasztása javasolt.

Hogyan változik a napi folyadékszükségletünk a nyári kánikulában? Miért fenyegeti jobban az időseket a kiszáradás veszélye?

Elhízás és éhezés

Az **elhízásnak** erős genetikai háttere van, de kialakulásában az egyéni életmód, életvitel is fontos szerepet játszik: ha tartósan a szükségesnél több energiát tartalmazó táplálék jut a szervezetünkbe, akkor elhízhatunk. Elsősorban a szénhidrátok és zsírok túlzott fogyasztására kell odafigyelni. Az elhízás hosszú távon károsítja a szervezetet, megterheli a vázrendszert és az izomzatot, a vérkeringés szerveit és a szívet, valamint a légzőszerveket. A fokozott zsírfogyasztás *érelmeszesedést* okoz. Az elhízást legjobb megfelelően megválasztott táplálkozással, mozgásban gazdag életmóddal megelőzni, mert a későbbi lefogyáshoz szükséges energiaszegény diéta, a fogyókúra nagy akaraterőt kíván.

Az elhízás népbetegség a fejlett világban. Támasszuk alá adatokkal, és próbáljuk megmagyarázni, hogy miért!
Keress információkat a világ éhségövezeteiben jelentkező egészségügyi problémákról!

Ugyanakkor nem szabad túlzásokba sem esni. Különösen fiatal lányoknál gyakori az indokolatlan fogyókúra. Testalkatukhoz idomuló, teljesen normális tömegű testüket is kövérnek látják, és radikális fogyókúrába kezdenek. A folyamat olyan mértékűvé válhat, hogy kialakul az **anorexia**.

Súlyosabb esetekben csak orvosi és pszichológusi segítség mentheti meg a beteg életét.

Miért kezd sok fiatal lány drasztikus fogyókúrába? Milyen káros vagy akár életveszélyes következménye lehet ennek? Rendeztetek vitát a témában!

Keress az interneten fogyókúrák „recepteket”, és véleményezd őket!

Testtömegtáblázatok

A felnőtt nők normál testtömege

Testmagasság (cm)	Testtömeg (kg)		
	minimum	átlag	maximum
145	42	46,0	53
150	43	47,0	55
156	45	50,4	58
160	48	52,6	61
166	51	56,8	65
170	53	60,0	67
176	58	64,0	72

A felnőtt férfiak normál testtömege

Testmagasság (cm)	Testtömeg (kg)		
	minimum	átlag	maximum
158	51	55,8	64
160	52	57,6	65
166	55	60,6	69
170	58	63,5	73
176	62	68,0	77
180	65	71,0	80
186	69	75,8	86
190	73	79,3	90
192	75	81,0	93

A következő két táblázat az **alap-energiaszükséglet** átlagos értékeit mutatja. A táblázat adatai 60 kg testtömegű nőre és 70 kg testtömegű férfira vonatkoznak. A táblázatban az is megtalálható, hogy ha valakinek ettől eltér a testtömege, akkor 1 kg testtömegeltérés mennyi energiával jelent többet vagy kevesebbet.

Állíts össze egy napi étrendet egy májgyulladásos átesett, lábadozó, fiatal nőbeteg számára!

Alap-energiaszükségleti táblázatok

60 kg-os testtömegű nő
napi alap-energiaszükséglete

Életkor	kcal	kJ	Változás kilónként	
			kcal	kJ
19–30	1379	5770	14,7	61,5
31–60	1351	5653	8,7	36,4
60 felett	1226	5130	10,5	43,9

70 kg testtömegű férfi
napi alap-energiaszükséglete

Életkor	kcal	kJ	Változás kilónként	
			kcal	kJ
19–30	1750	7320	15,3	64,0
31–60	1691	7075	11,6	48,5
60 felett	1432	5991	13,5	56,5

Különböző nehézségű munkát végzők energiaszükséglete

A munka nehézségi foka	Férfi (70 kg)		Nő (60 kg)	
	kcal	kJ	kcal	kJ
Könnyű munka 19–30 éves	2600	10 880	2200	9200
31–60 éves	2400	10 040	2100	8790
60 év felett	2200	9 200	1800	7530
Közepesen nehéz munka	+600	+2 500	+300	+1260
Nehéz munka	+1100	+4 600	+700	+2930
Igen nehéz munka	+1600	+6 690	–	–

A várandós és szoptató nők energiaszükséglete 200–500 kcal-val magasabb az ugyanolyan életkorú és testtömegű nő alap-energiaszükségleténél.

A vitaminok

Olvasmány

Az emberi szervezet *vitaminok* előállítására nem képes, ezért azokat készen vagy legalábbis *előanyagok* formájában kell felvennie. A vitaminok többnyire egy-egy enzim nélkülözhetetlen alkotórészét képezik, ezért csak kis mennyiségben szükségesek.

A vitaminok kémiai szempontból különböző anyagok. Csoportosításuk oldódásuk szerint történik. A B-vitamin-család, a C-, H- és P-vitaminok *vízben oldódnak*, ez egyúttal azt is jelenti, hogy folyamatosan pótolni kell őket, mert csak a napi szükséglet használatuk fel belőlük, a többlet kiürül a szervezetből. A másik csoportjuk vízben nem oldódik, ezek a *zsírban oldódó vitaminok*. Közéjük tartozik az A-, D-, E- és K-vitamin. Ha nagyobb mennyiséget veszünk fel belőlük, a többlet nem távozik el a szervezetből, mert ezek a test zsírszájához kötődve elraktározódnak, és folyamatosan felhasználhatók.

Az A-vitamin többnyire *elővitaminok* formájában vesszük fel. Az elővitaminok karotinoidok, főleg növényi táplálékban, elsősorban gyümölcsökben, zöldségekben fordulnak elő, ezenkívül a máj, a tejszín, a tojássárgája tartalmaz sokat belőlük. Az A-vitamin hiányában a bőr, a nyálkahártya kiszárad, és szürkületi vakság jön létre.

A B-vitamin-csoportba számos vízben oldódó vitamin tartozik. A B₁-vitamin (tiamin) gabonafélék magvaiban, leginkább a korpát adó héj alatt található. A korpás barna kenyér B₁-vitamin-tartalma sokkal nagyobb, mint a fehér kenyéré. Sok B₁-vitamin van az élesztőben, a marhamájban, a dióban is. Elsősorban az idegrendszer szénhidrát-anyagcseréjében nélkülözhetetlen. A B₂-vitamin többféle anyagból áll, amelyek részben a sejtoxidációban, részben a vérképzésben fontosak. Ide tartozik a nikotinsavamid is. A B₆-vitamin a sejtekben fehérjéhez kötődve enzimeként a kén- és vasanyagcserét szabályozza. Az idegrendszer számára különösen fontos, ezért hiánya görcsöket okoz. Az élesztőben, májban és izomban fordul elő. A B₁₂-vitamin (kobalamin) kobalttartalmú vegyület. Hiánya vészes vérszegénységet okoz. Normálissá teszi a vörösvérsejtek érését, a betegség idegrendszeri tüneteit is gyógyítja. Sok van belőle a májban.

A *pantoténsav* a koenzim-A alkotórésze. Élesztőben, májban, vesében, tojásban, tejben különösen nagy mennyiségben fordul elő.

A *folsav* növekedési vitamin, szerepe van a vérképzésben. Vészes vérszegénység esetén hatásos gyógyszer. Élesztőben, májban, vesében, füvekben és különböző zöld levelekben, például a spenótban fordul elő nagyobb mennyiségben.

A *C-vitamin* (aszcorbinsav) szorosan kötődik *Szent-Györgyi Albert* (1893–1986) magyar orvos, biokémikus munkásságához. A vitamint ugyanis ő állította elő legelőször, kezdetben a szarvasmarha mellékveséjéből, később pedig nagyobb mennyiségben zöldpaprikából. Szent-Györgyi az egyetlen olyan magyar Nobel-díjas, aki itthoni munkásságáért érdemelte ki a legnagyobb tudományos kitüntetést (1937). Megállapította, hogy a C-vitamin a sejt anyaglebontó, energiafelszabadító műveleteiben fontos szerepet játszik. Nagyobb mennyiségben növényekben fordul elő. Sok van belőle a gyümölcsökben, a főzelékfélékben és a zöldségekben, csipkebogyóban, savanyú káposztában. Az ember napi C-vitamin-szükséglete 50–70 mg. Hiánybetegsége a skorbut.

A *D-vitamin* (kalciferol) előanyaga fordul elő a táplálékban. A vitamin a bőrben alakul át UV sugarak hatására. Előanyaga, az *ergoszterin* főleg a halmájolajban fordul elő, de sok van a sertésmájban, a tehéntejben, a tejszínben és a tojássárgában is. A hiánytünetek kialakulásában nagy szerepe van a napfény hiányának, de fontos az is, hogy elegendő foszfor és kalcium jusson a szervezetbe. A D-vitamin a csontfejlődésre hat, hiánya csontosodási zavarok kialakulását, *angolkórt* okoz. Nemrég ismerték fel nagy jelentőségét az immunrendszer erősítésében! A D-vitamint a hormonok közé is sorolják.

Az *E-vitamin* (tokoferol) igen elterjedt a természetben, ezért hiánya ritka. Gabonamagvak csírájában, marhamájban, húspanban, tojássárgában, salátában sok található. Befolyással van a terhességre, hiányakor izomsorvadás, izomgyengeség, bénulás léphet fel.

A *H-vitamin* (biotin) élesztőben, tejben, burgonyában, tojásban, májban lipoproteidként fordul elő. A zsíros, fehérjedús táplálék hasznosításához szükséges. Hiányában fokozódik a faggyútermelés, bőrgyulladás keletkezik, a növekedés megáll.

A *K-vitamin* (fillokinon) legnagyobb mennyiségben a növények levelében, a spenótban, lucernában fordul elő. Az ember bélbaktériumai elegendőt termelnek belőle, azonban felszívódásához feltétlenül szükséges van epére. A K-vitamin a *véralvadás* egyik faktora. A májban a protrombin és más alvadási faktorok termelődéséhez szükséges. Hiányában véralvadási zavarok jönnek létre.

A *P-vitamin* (citrin) zöldpaprikában, citromban, narancsban fordul elő. Hatására növekszik a hajszálerek terhelésének tűrőképessége. Hiányában a kapillárisok elszakadnak, vérzések alakulnak ki. Paprikából és citromból Szent-Györgyi Albert állította elő, és Rusznyák Istvánnal együtt elsőként bizonyították az erekre gyakorolt hatását.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a mennyiségi és a minőségi éhezés között?
- 2 Miért magasabb 1 g zsír energiatartalma 1 g szénhidráténál?
- 3 Miért tekinthetjük a vizet is tápanyagnak?
- 4 Keress az interneten kalóriatáblázatot, és ez alapján állíts össze napi étrendet egy könnyű munkát végző személy számára!

30. lecke

A táplálkozási szervrendszer egészségtana

A tápcsatorna betegségei közül a *fogak*, a *gyomor* és a *belek*, a *hasnyálmirigy*, a *máj* és az *epehólyag* betegségei a leggyakoribbak.

A szájüreg betegségei

Napjaink táplálkozási szokásai nagymértékben veszélyeztetik a *fogakat*. Elsősorban a *cukorfogyasztás* elterjedése okozza azt, hogy a fogak már fiatalkortól kezdve romlani, **szuvasodni** (30.1. ábra) kezdenek. Magyarországon az egy főre jutó évi cukorfogyasztás majdnem kétszerese az optimálisnak. Különösen veszélyes, ha valaki nap-hosszat cukros, lisztes ételeket eszeget. A szájüreg baktériumai ugyanis lebontják ezeket, és *savat* állítanak elő belőlük. A fogszuvasodás először a *zománcot* támadja meg, majd a dentinállomány következik. Ha ilyenkor kitisztítják és betömik a fagon lévő lyukat, akkor a betegség továbbterjedését még meg lehet akadályozni.

Ha a fogtömés elmarad, akkor a szuvasodás eléri a *fogbelet*, ahol gyulladás alakul ki, majd a fogbél elhal. A fog nyakán megtapadó *lepedék* is elősegíti a szuvasodást. Ez a nyálból képződik, és valójában védené a zománcot, de a baktériumok és a cukros ételek káros bevonattá alakítják. Étkezés után *fogkefével* el kell távolítani a fogról. A fogszuvasodást rendszeres fogmosással megelőzhetjük. Mivel a fogzománc fluort is tartalmaz, előnyös a fluortar-



30.1. ábra. Szuvas fog. Ebben az állapotban a fog töméssel még menthető.



talmú fogkrémek használata. A megbetegedett és ezért eltávolított fogakat mindenképpen pótolni kell. A fogak károsodása megelőzhető rendszeres (félévenkénti) fogászati ellenőrzéssel.

A fülünk tövében lévő nyálmirigyek vírus okozta gyulladása a *mumpsz*. Cseppfertőzéssel terjed. Amióta kötelező nálunk a mumpsz elleni védőoltás, ez a betegség szinte teljesen eltűnt.

A gyomor betegségei

A gyomor megbetegedései közül leggyakoribb a **gyomorrontás**, amely a gyomornyálkahártya gyulladása. Hirtelen fellépő erős gyomorfájdalommal, gyengeséggel, fejfájással, émelygéssel, hányingerrel és hányással jár. A tünetek általában egy-két nap alatt megszűnnek. A betegséget elsősorban baktériumok okozzák, amelyek többnyire romlott étellel kerülnek a gyomorba. Ilyenkor egy-két napig koplalni kell, de fontos, hogy fogyasszunk kellő mennyiségű folyadékot, például keserű teát.

Nagyon megterheli a gyomrot, ha – főleg este – túl sok túl zsíros ételt fogyasztunk.

Az egészséges gyomor nem emészt meg saját falát, mert védő *nyákréteg* borítja. Ha viszont túl sok sósav termelődik, és túlságosan vékony a gyomorfal védőrétege, akkor **fekélybetegség** alakulhat ki. Ez nemcsak a *gyomorban*, hanem a *patkóbélben* is létrejöhet, hiszen a sósavval átitatott gyomortartalom ide kerül. A gyomorfekély közvetlenül étkezés után gyomortáji nyomás- és teltségérzést okoz. A *nyombélfekélyt* éles és szúró éhgyomri fájdalom jellemzi. A fekélybetegségekben nagy fokú lehet a nyálkahártya károsodása, vérzés alakulhat ki, sőt *átfúródhat a gyomor fala is*.

Ma már kétségtelennek látszik, hogy a fekélybetegség – arra hajlamos emberekben – szoros kapcsolatban áll a beteg életmódjával. Az ideges, rendszertelenül táplálkozó emberekben gyakrabban fordul elő. Az állandó zaklatottság rontja a gyomorfal vérellátását, kevesebb védőanyag képződik. Ilyenkor történhet meg, hogy a sósav *kimarja*, a pepszinek pedig *megemésztik* a gyomorfal sejtjeit. Mai ismereteink szerint *vírusok* vagy *baktériumok* is szerepet játszanak a betegség létrejöttében. A tartós fekély rosszindulatú, *rákossá* fejlődhet. A gyomorrák férfiakban gyakrabban fordul elő, mint nőkben.

Az is előfordulhat, hogy a gyomortartalom újra meg újra visszajut a nyelőcsőbe, **reflux** alakul ki.

Rendszeres előfordulása esetén könnyen **nyelőcsőgyulladást** okozhat. A tünetek gyógyszeres kezeléssel megszüntethetők.

A máj betegségei

A májbetegségek jellemző tünete a **sárgaság**. Kialakulásakor a bőr, a szaruhártya és a nyálkahártyák sárgás színűre változnak. Ennek oka a bilirubin felhalmozódása a vérben. A *bilirubin* a hemoglobin egyik bomlásterméke. A felhalmozódásnak oka lehet anyagcserezavar, de a májon belüli epeút vagy az epevezeték elzáródása is.

A máj súlyosabb betegségei a vírusok okozta **májgyulladások**. A vírusokat A, B, C, D és E betűvel jelölik. A különböző májgyulladások tünetei hasonlóak. Eleinte étvágytalanság, émelygés, hányás, fáradtság, gyengeség, ízületi és izomfájdalmak stb. jelentkeznek, majd kialakul a sárgaság. A máj megnagyobbodik, nyomásra érzékennyé válik. A legnagyobb veszélyt a B- és a C-vírus jelenti, mert az esetek nagy százalékában krónikus májgyulladást okoznak, majd **májzsugorodás** és **májrák** is kialakulhat.

A májzsugorodás (cirrózis) előzménye lehet a máj korábbi gyulladásos betegsége, de nagyobb mennyiségű *alkohol* rendszeres fogyasztása is májzsugorodáshoz vezet. Férfiaknál ez napi 60–70 g alkoholt jelent, ami 6–7 dl bor, másfél liter sörnek vagy 2 dl konyaknak felel meg. A nőknél már napi 25–30 g alkohol rendszeres fogyasztása is májzsugorodást okozhat. A betegség visszafordíthatatlan májszövet-károsodást okoz, felporodik a kötőszövet, a májban göbök alakulnak ki. A májsejtek elhalnak. A betegség kezdete gyakran lappangó, később étvágytalanság, puffadás, hányinger, hányás, gyengeség, fáradékonyság és fogyás jelentkezik. A májzsugorodás halálos kimenetelű betegség, a beteg életét csak *májátültetés* mentheti meg.

Az epefolyadékból keletkeznek az **epekövek**. Okozhatja ezt a máj működési zavara, a zsírban, mindenekelőtt koleszterinben gazdag étkezés, az epefolyadék pangása és az is, hogy kevesebb epe-sav képződik. Az epekőképződés mikroszkopikus méretű kristályok kiválásával kezdődik, amelyek fokozatosan növekednek. A problémát okozó köveket el kell távolítani. Ez ma már bizonyos esetekben műtét nélkül, az epekövek ultrahanggal történő szétzúzásával is végrehajtható. Egyes köveket gyógyszerekkel fel lehet oldani.

A bélcsatorna

A bélcsatornában is bekövetkezhetnek **nyálkahártya-gyulladások**, amelyeket többnyire romlott ételek vagy kórokozók váltanak ki. Általában hasmenéssel járnak. A súlyos hasmenés következtében legyengül a szervezet, és különösen gyermekeknél vagy idős, krónikus betegségekben szenvedő felnőtteknél végzetes kimenetelű is lehet. A jelentős *víz-, nátriumion- és káliumion-vesztés* miatt a folyadék és só utánpótlásáról – akár infúziós formában is – mindenképpen gondoskodni kell.

A **székrekedés** a székletürítés zavara. Leggyakoribb oka a rendszertelen életmód. A kevés folyadékbevitel és a rostokban szegény táplálkozás is elősegítheti kialakulását, hiszen a vastagbél mozgását a béltartalom nyomó-feszítő hatása váltja ki a bélfalban.

A vakbélgyulladás valójában **féregnyúlványgyulladás**, amelynek heveny és krónikus formája egyaránt létezik. Az előbbi hirtelen lép fel, és erős, jobb oldali hasi fájdalommal jár. A krónikus forma hónapokig változó panaszokat okozhat. A begyuladt, gennyes féregnyúlvány *átfűrődhat*, ami életveszélyt is jelenthet, mert a hasüregbe kerülő toxikus anyagok és baktériumok *hashártyagyulladást* okozhatnak. A heveny vakbélgyulladást azonnal meg kell műteni!

A bélcsatornában **rákbetegség** minden területen kialakulhat. Közülük a máj és a hasnyálmirigy rákjának kialakulási valószínűsége jelentősen magasabb az alkoholbetegek között.

Élősködő

A bélcsatorna működését nem csak az oda beke-
rült kórokozó vírusok és baktériumok károsíthat-
ják. A *bélélősködők* között lehetnek *ostoros egysejtűek*,
amőbák és férgek is. A *vérhasamőba* Magyarországon
is elterjedt. Naponta több alkalommal híg, nyákos,
bűzös széklet ürítésével és hasi fájdalommal jár.

A férgek közül is nem egy élősködhet az ember
bélcsatornájában. Közülük az egyik leggyakoribb a
hegyesfarkú bélgiliszta vagy *cérnagiliszta*. Magyar-
országon egyes gyermekközösségek fertőzöttsége
10–30%-os is lehet. Rendszerint a széklet fertőz,
az emberbe szájon át, a peték lenyelésével jut be a
féreg. A WC-használat utáni alapos kézmosással
előzhetjük meg a fertőzést.

A *trichina* néhány milliméteres féreg. Nyers
sertéshússal kerülhet a szervezetünkbe. A bélcsator-
nában kifejlődő lárvák a vérárammal jó vérrellátottsá-
gú izmokba jutnak el, ott megtelepednek, és az izom-
rostokat pusztítják. Ha a fertőzés a légzőizmokat
érinti, halálos kimenetelű is lehet. A hazai vaddisz-
nóállomány jelentős részben trichinával fertőzött.
A fertőzés forrásai legtöbbször a kellően nem ellen-
őrzött, füstölt vadhúskészítmények, főleg kolbászek.

A *galandférges* a szarvasmarha, illetve a sertés
terjeszti. Az emberbe a fertőzött állatok húsával jut
be a féreg, ha a hús nyers, vagy nincs jól átsütve.

A bélélősködő férgek sok tápanyagot vonnak el
az ember szervezetétől, ezért meg kell szabadítani
tőlük a bélcsatornát! Jelenlétük egyéb megbetege-
dések forrása is lehet.

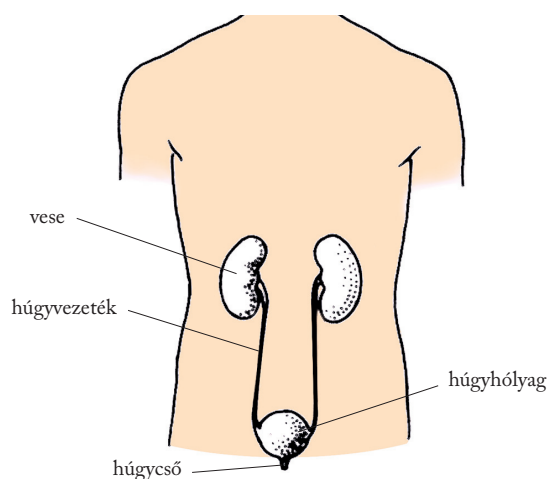
Kérdések és feladatok

- 1 Miért kell hasmenés esetén sok folyadékot fogyasztanunk?
- 2 Nézz utána, hogyan okoz fertőzést a májgyulladás C típusú vírusa!
- 3 Miért ártalmas a fogakra a túlzott mértékű cukorkafogyasztás?
- 4 Miért nem pontos elnevezés a vakbélgyulladás?
- 5 Készíts kiselőadást az emberben is élősködő orsógilisztákról!
- 6 Keress statisztikai adatokat a túlzott és rendszeres alkoholfogyasztás okozta megbetegedésekről és halálokokról!



A kiválasztás szervrendszere

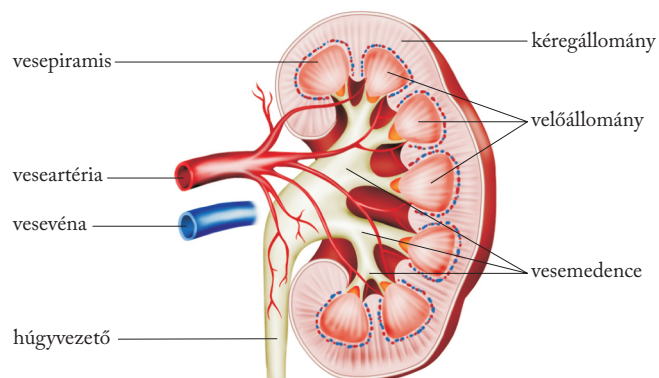
Az ember kiválasztó szervrendszere (31.1. ábra) a páros **veséből**, a vizeletet elvezető **húgyvezeték-ből** és az azt átmenetileg tároló **húgyhólyagból** áll. A húgyhólyagból a vizelet a húgycsövön keresztül ürül ki. A szervrendszer működése biztosítja, hogy a szervezetben a sejten belüli és a sejten kívüli folyadékok folyadéktartalma és összetétele viszonylag állandó legyen. A víz, a vérplazmában lévő ionok szabályozott kiürítésével biztosítja állandó szintjük fenntartását a testnedvekben. Ezen kívül a felesleges vagy mérgező anyagcseretermékek felhalmozódását folyamatos kiválasztásukkal megakadályozza, azokat a szervezetből eltávolítja.



31.1. ábra. Az ember kiválasztó szervrendszere

A vese

A vesék bab alakúak, hosszuk 12-14 cm, a hasüreg hátsó oldalán, a gerincoszlop mellett találhatók. *Kéregállományból és velőállományból* állnak, közép-



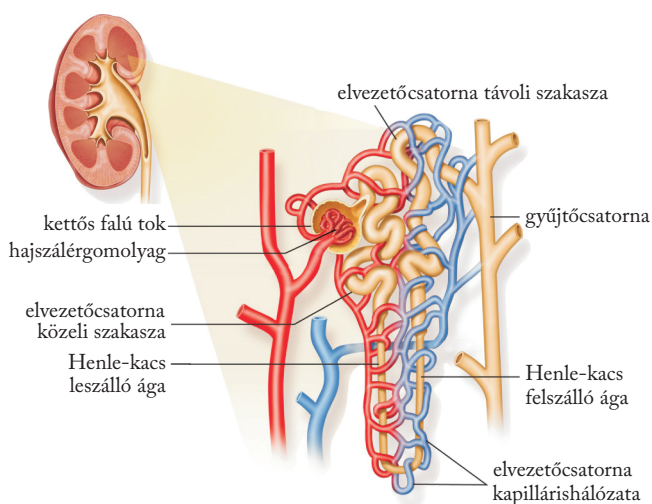
31.2. ábra. A vese felépítése



ső részük a *vesemedence*. Homorulatuknál található a *vesekapu*, itt lép be a *veseverőér*, itt lép ki a *vese gyűjtőere*, és itt hagyja el a vesét a húgyvezeték is (31.2. ábra).

A vesetestecskék szűrő funkciója

A vese kéregállományában találhatók a **vesetestecskék**, bennük történik a vérplazma átszűrése. Kehelyszerűen kiszélesedő, kettős falú tokkal kezdődnek, és mindegyik kehely egy-egy, a vese verőéréből szétágazó hajszálérgomolyagot fog közre. (Mintha egy tölcser száját celofánnal zárnánk el, ezt a celofánt azonban az érgomolyag benyomja a tölcser belsejébe.) A hajszálérben folyó vérből a vékony érfalon és a tok hasonlóan vékony falán keresztül fehérjementes vérplazma szűrődik a kehely belsejébe. A hajszálérgomolyagból történő kiszűrődést az erekben uralkodó nyomás (8 kPa) és a tokban fennálló nyomás (3 kPa) közötti különbség okozza (31.3. ábra).



31.3. ábra. A vesetestecskék felépítése

Vesemetszet vizsgálata

Anyagok és eszközök: vesemetszet, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Keressünk vesetestecskéket a preparátumban!

- Készítsünk rajzot róluk!

A kanyarulat csatornák működése

A kehely elvezető szára a vese velőállományát képező *vesecsatornácskákban*, másik néven *kanyarulat csatornában* folytatódik. (Mintha a tölcser szára gumicsövet húztunk volna.) Egy vesetestecske és a kanyarulat csatorna együtt a vese működési egysége, a **nefron**. A számuk egy vesében közel egymillió. A kanyarulat csatorna kezdeti szakasza a kéregállományból egyenes leszálló ággal ereszkedik a velőállományba. Ott elvékonyodva egy hajtűkanyarral visszakanyarodik, ez a Henle-kacs, és a meredeken felszálló ágban folytatódik. Visszaérve a kéregbe egy újabb kanyargós szakasz után a közös gyűjtőcsatornába torkollik.

A kiszűrődött vérplazma a **szűrlet**. A szűrlet sok vizet, ionokat, karbamidot és más bomlástermékeket, valamint szőlőcukrot tartalmaz. A szűrlet napi mennyisége a két vesében kb. 180 liter. Ugyanakkor az emberi szervezet naponta körülbelül 1-1,5 liter **vizeletet** ürít, amely glükózmentes, az átszűrt karbamidnak mintegy a felét tartalmazza, és elenyészően kevés nátriumiont vizsgával (31.4. ábra).

	Víz	Na ⁺	Glükóz	Karbamid
	százalékos mennyiség			
Szűrlet	100	100	100	100
Elvezetőcsatorna kezdeti szakasza	30	30	0	45
Hajtűkanyar	15	36	–	258
Elvezetőcsatorna végső szakasza	9	3	–	96
Vizelet	0,5	0,2	–	45

31.4. ábra. Néhány anyag mennyiségének változása a kiválasztás során

A szűrlet és a vizelet anyagmennyiségei között óriási a különbség, ez az elvezetőcsatornák **visszaszívó működése** okozza. A visszaszívott anyagok újra a szervezet rendelkezésére állnak. A glükóz és a nátriumion energiaigényes aktív transzporttal, a víz és a karbamid passzív transzporttal mozog az elvezetőcsatornák és a hajszálerek között. A kanyarulat csatornák a visszaszívás mellett **aktív kiválasztást** is végeznek: a vizeletbe továbbítják azokat a felesleges anyagokat, amelyek a tokban nem a kívánt mennyiségben vagy egyáltalán nem szűrődnek ki. Így ürülnek ki például egyes gyógyszerek bomlástermékei.

A vizelet

A kanyarulatot csatornák *gyűjtőcsatornákká* egyesülnek, amelyek a velőállomány *belső szélén* elhelyezkedő *vesepiramisok* csúcsán nyílnak a vesemedencébe. A vesemedencéből a vizelet a *húgyvezeték* perisztaltikus mozgása révén a *húgyhólyagba* jut. A húgyhólyag tágulékony falában simaizomszövet található, ez felelős a húgyhólyag ürítéséért. A húgycső külvilágba kivezető nyílását erős harántcsíkolt izomszövetből álló *záróizom* húzza össze, lehetővé téve az akaratlagos vizeletürítést.

A kiválasztó szervrendszer egészségtana

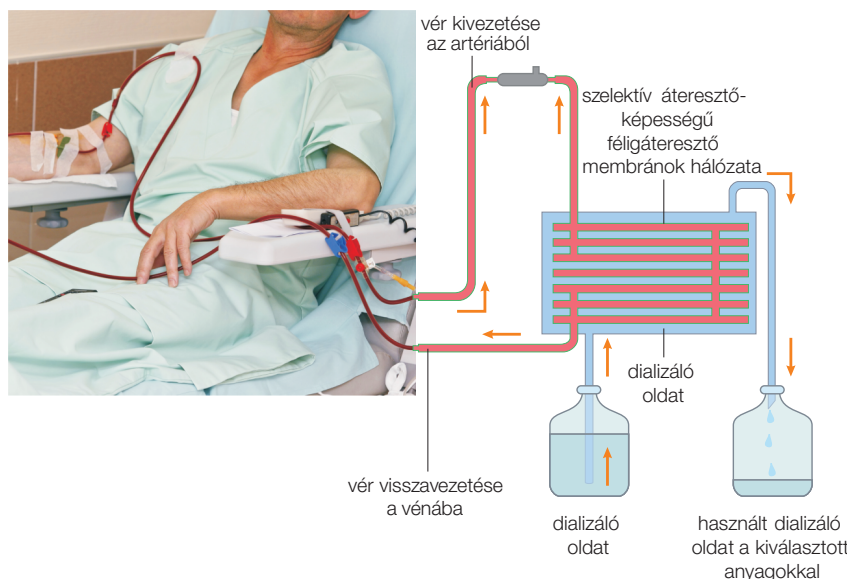
A vizeletkiválasztó szervrendszer leggyakrabban előforduló betegségei **gyulladásos** jellegűek. Ezek közül a leggyakrabban a *hólyaghurut* alakul ki. Többnyire bakteriális fertőzés okozza. A nőknél sokkal gyakrabban jön létre, mint a férfiaknál. Ennek az lehet az oka, hogy a húgycsőnyílás a nőkben közel van a végbélhez, és sokkal rövidebb, mint a férfiakban. A betegség helyes toaletthigiénéiával megelőzhető. A *heveny vesemedence-gyulladást* többnyire az alsó húgyutakból felszálló bakteriális fertőzés okozza. Erős csípőtáji fájdalommal jár, a vizeletürítés gyakori és nehéz. A vizelet zavaros és véres is lehet.

A vizelet pangásának és besűrűsödésének következményeként **vesekövek** alakulhatnak ki. A méretüktől függ, hogy a vesében maradnak, vagy a vizelettel elindulnak a húgyhólyag felé. A bennmaradó kő kevésbé fájdalmas. Ha elindul a veséből, hirtelen fellépő erős fájdalom jön létre. Ez a *vesegörcs*. A fájdalmat a kő a húgyutakban való haladásával okozza. Ha a kő viszonylag kicsi, akkor a húgycsővön át távozhat a testből. Ha a kő nagyobb, és ezért megakad a húgyvezetékben, akkor műtéttel kell eltávolítani. A kövek helye és helyzete ultrahang-diagnosztikával megállapítható. A betegség megelőzésére elsősorban sokat kell inni, különösen hidegben, mert ilyenkor a víz nagy

része a bőrön keresztül távozik. Az ismételt kőképződés néha diétával megakadályozható. A kövek túlnyomó része kalcium-oxalátot tartalmaz, tehát csökkenteni kell a tej és tejtermékek fogyasztását és kerülni kell az oxalátban gazdag ételeket (pl. sóska) is.

A **veseelégtelenség** a vese egyik legsúlyosabb betegsége. Bármelyik életkorban elkezdődhet. Okozhatja a vese ismételt súlyos gyulladása, amelynek hatására a vese leginkább csak vizet kezd eltávolítani, a bomlástermékek a szervezetben maradnak. A beteg egyre fáradtabbá válik, nehéz légzés, hányinger, hányás, étvágytalanság és kellemetlen szájjal alakulhat ki. A beteg bőre sárgásbarna lesz és viszket. Ha a veseelégtelenség súlyos, és nem átmeneti, akkor a betegnek csak a *művesekezelés* (31.5. ábra) segíthet. A kezelés során a művesét rákötik a beteg érrendszerére. A berendezésben a vér és a *dializáló oldat* között *féláteresztő hártya* van, ami csak a vízben oldódó kisebb molekulákat engedi át, a nagyobbakat visszatartja. Mivel a dializáló oldatban kisebb az oldható anyagok koncentrációja, a vérből a kisebb molekulák, közöttük a mérgegyanokok az oldatba diffundálnak. Ha a dializáló oldatot folyamatosan cserélik, akkor a mérgegyanokok diffúziója is folyamatossá válik. Az ambuláns kezelést rendszeres időközönként kell megismételni. Egy dialízis 3-4 órát vesz igénybe.

Krónikus veseelégtelenséget csak veseátültetéssel lehet meggyógyítani. A szervátültetések közül a veseátültetést végzik a legrégebb óta és a legnagyobb sikerrel.



31.5. ábra. Művesekezelés

A vizeletkiválasztó szervrendszerben *dagantos megbetegedések* is kialakulhatnak. Ezek első jele rendszerint a vizeletben megjelenő vér. A betegség okát még nem ismerik pontosan, a fájdalom-

csillapítók hosszan tartó szedése és a dohányzás elősegíti a *vese-* vagy a *hólyagrák* kialakulását. Korai stádiumban mindkettő eredményesen gyógyítható.

A vesecsatornácskák visszaszívó működése

Olvasmány

Az elvezetőcsatorna kezdeti, kanyargós szakaszából a glükóz teljes mennyisége és a karbamid egy része visszaszívódik a vérkeringésbe. A nátriumionok többségének aktív visszaszívódását a víz nagyobb részének passzív diffúziója követi. A továbbiakban a velőállomány felé vezető leszálló ágban a maradék szűrlet fokozatos töményedése indul meg. A szűrletből víz lép ki a töményebb szövetnedvek felé, onnan nagy mennyiségű karbamid és nátriumion áramlik az elvezetőcsatornába. Ezért a hajtúkanyarban válik a legtöményebbé a szűrlet. Az elvezetőcsatorna ezt követő felszálló ágának fala a víz számára átjárhatatlan. Ezért itt hiába tapasztalunk nátriumion-visszaszívást, azt nem követi a víz passzív diffúziója. Ennek következtében a felszálló ágban egyre hígabb lesz a szűrlet, egészen az újabb kanyargós szakaszig, ahol a nátriumion további visszaszívását már vízkilépés is követi. Végezetül a szervezetbe érkező víz mennyiségétől függően a gyűjtőcsatorna ad le kisebb vagy nagyobb mennyiségű vizet a szövetnedvek felé, kialakítva ezzel a vizelet végleges töménységét. Ha a szervezetnek vízhiánya van, a velőállomány mélyebb rétegei felé a gyűjtőcsatornában fokozatosan betöményedik a vizelet. Vízfelesleg esetén a gyűjtőcsatorna fala átjárhatatlanná válik a víz számára, és így módon nagy mennyiségű híg vizelet ürítésével szabadul meg a szervezet a feleslegtől.

Érdeklődőknek

Ellenáramelv a vesében

A vesecsatornácskák működésével kapcsolatban felmerült az a kérdés, hogy lehetséges-e az ipari technológiában széles körben alkalmazott „ellenáramelvet” alkalmazni rájuk? A válasz: igen. Ebben a Henle-kacs felszálló ágának kulcsszerepe van, ugyanis szelektív transzportfolyamataival ez a szakasz hozza létre a vese állományának zonálisan kialakuló *ozmotikus grádiensét*. A vizelet tehát passzív folyamat eredményeképpen fog koncentrálni, mert a víz kilép a sejtek közötti térbe. A gyűjtőcsatornában lefelé haladó, töményedő szűrlet mind töményebb környezetű közegben halad, akár az ellenáram elve alapján működő ipari berendezésekben, ezért a vízkilépés folyamatos. Hogy mennyi és miért szívódik vissza, az a környezet ozmózisnyomásának függvénye, amelynek problémája már a szabályozás kérdésébe vezet át.

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, hogyan valósul meg az ellenáram elve a vesecsatornácskák működése során!
- 2 Hasonlítsd össze a vérplazma, a szűrlet és a vizelet összetételét!
- 3 Mely tényezők játszhatnak szerepet a vesekövek kialakulásában?
- 4 Melyek a kiválasztó szervrendszer páros szervei?
- 5 A szűrlet napi mennyisége 180 l. A vesén átfiltráló vér plazmájának átlagosan 20%-a szűrődik át folyamatosan a szűrlet keletkezése során. Hány liter vér folyik át az ember két veséjén egy nap alatt?
- 6 Nézz utána, hány veseátültetést hajtanak végre hazánkban évente!

32. lecke

A bőr

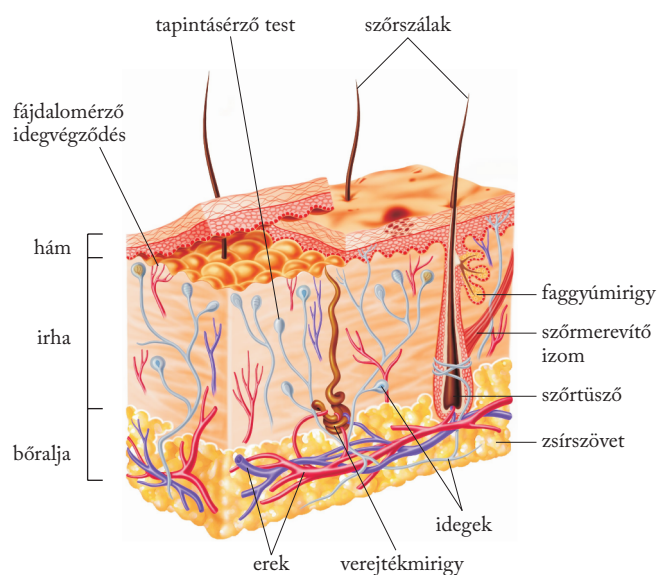


A bőr szerepe

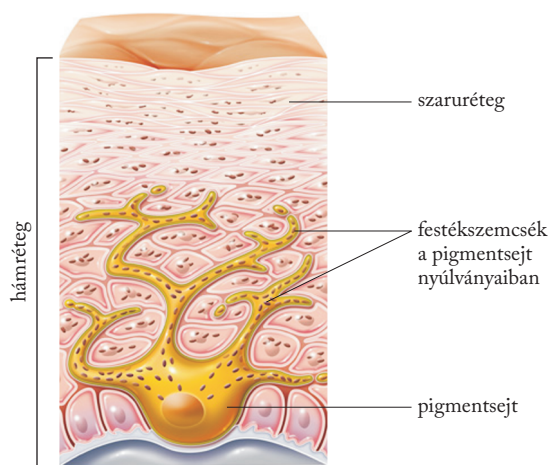
Szervezetünket a külvilág felé a **bőr** határolja. Szervezetünk **külső védelmi vonala**, véd a felszínére jutó káros baktériumokkal és vírusokkal szemben és megakadályozza a kiszáradást is. A kórokozók többsége nem képes áthatolni rajta, legyengíti vagy elpusztítja a felszínén kialakuló, váladékokból álló védőréteg. E védőréteg anyagainak egy részét a bőr termeli, másik része a tartósan a bőr felszínén élő ártalmatlan baktériumoktól származik.

A bőr rétegei

A bőr fő rétegei: a **hám**, az **irha** és a **bőralja** (32.1. ábra). A hám is többretegű, *elszarusodó laphám*, amely folyamatosan lehámlik, és a mélyebb rétegek felől állandóan pótlódik, vastagsága az igénybevétel mértékétől függ. A száraz szaruréteg akadályozza meg a testnedvek gyors elpárolgását és véd a mechanikai hatásokkal szemben. A bőr színét meghatározó festékanyag, a *melanin* a mélyebb rétegek sejtjeiben található. A káros UV sugarak elnyelésével óvja a bőr alatt lévő szöveteket. Az emberek sötétebb vagy világosabb bőrszíne kizárólag a pigment mennyiségétől függ. Nyáron az erősebb napsugárzás hatására nő a pigmenttartalom, ezért „barnul le” a bőr (32.2. ábra). A hám ereket nem tartalmaz, sejtjei a tápanyagokat az alattuk lévő kötőszöveti rétegből diffúzió útján kapják. A hám-



32.1. ábra. A bőr felépítése



32.2. ábra. A pigmentsejtek elhelyezkedése a hámrétegben

sejtekből nemcsak a bőr szarurétege származik, hanem a *köröm*, a *szőr* és *haj* is. Az ember körme a körömágy hámsajtjeiből jön létre. Kemény, de hajlékony, egész életünk során növekedik. A szőr- és a hajszál felszíne pikkelyes vagy palatető szerkezetű elszarusodott sejtek rétegéből áll. A szőr vagy a hajszál látszólag a bőr második rétegéből, az irha mélyéből nő ki, valójában a *szőrtüszőben* lévő *szőrbagymából* fejlődik, amelynek sejtjei a hámból gyűrődnek be a mélyebb bőrrétegekbe. Táplálásuk az irha hajszálereiből történik.

A bőr jellegzetes képződménye az ujjbegyeken, a tenyéren és a talpon a *bőrlérendszer*. Teljesen egyedi kialakulású, minden emberen más és más, és életünk végéig változatlan marad. Ezért lehet alkalmazni azonosításra a tett helyszínén hagyott ujjlenyomatokat!

Ujjlenyomat-vizsgálat

Anyagok és eszközök: cellux, tárgylemez, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Vegyünk le egymástól ujjlenyomatokat cellux segítségével! Ragasszuk tárgylemezre, és figyeljük meg fénymikroszkóp alatt!

- Készítsünk rajzot vagy fotót látottakról!

A hám alatt elhelyezkedő kötőszöveti réteg az *irha*. Lazarostos kötőszövetből épül fel, a bőr szilárdságát és rugalmasságát biztosítja. Ereken, mirigyekben és idegvégződéseken gazdag. A bőr mirigyei a verejték- és a faggyúmirigyek. A verejtékmirigyeknek a hajszálerekkel együtt a

hőszabályozásban van szerepük. A test belsejének hőmérséklete nagy hidegben és hőségben is 37°C. A több mint másfél négyzetméter felületű bőr sok hőt ad le, így hőmérséklete általában alacsonyabb. Ha a külső hőmérséklet vagy a belső hőtermelés *csökken*, akkor a bőr csökkenti a leadott hő mennyiségét. Az irha érhalózata összeszűkül, a bőr sápadt, hűvösebb felszínű lesz. Kevesebb verejték termelődik, így a bőr felszíne szárazabbá válik. Ha viszont *növekedik* a külső környezet vagy a test belsejének hőmérséklete, akkor az irha érhalózata kitágul, a bőr felszíne pirosabb és melegebb lesz. A környezetbe ilyenkor több hő kerül, mint korábban. Fokozódik a verejtékmirigyek működése, több víz jut a bőr felszínére, amelynek párolgása hőt von el a bőrtől. A *faggyúmirigyek* a szőrtüszőkbe nyílnak, zsírral itatják át a szaruréteget, ami növeli az ellenálló képességet, üdévé és egészségessé teszi a bőrt. A szőrtüsző külső részéhez *simaizomnyaláb* kapcsolódik, összehúzódnása felegyenesíti a szőrszálat, „libabőr” alakul ki.

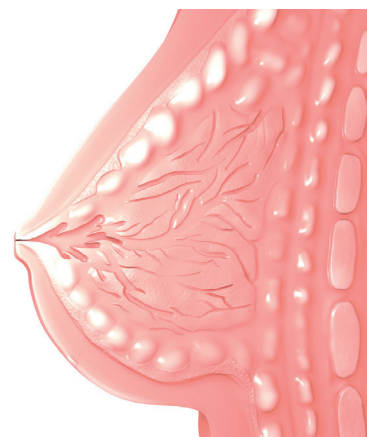
Az irha alatt található a *bőralja*. Testtájanként változó vastagságú, lazarostos kötőszövetből áll sok zsírszövettel. Hozzájárul a bőr mechanikai védelméhez és zsírszövete révén tápanyagraktár is.

A bőr egyéb működései

Az idegvégződések miatt bőrünk a legnagyobb felületű **érzékszervünk**. Tapintás-, nyomás- és fájdalom-, valamint hideg- és melegérzékelést végez.

Bőrmirigy az emlő is, anyatej termelésére módosult verejtékmirigy (32.3. ábra).

D-vitamin-szükségletünk egy részét napsugárzás hatására a bőr állítja elő – a növényi táplálék-



32.3. ábra. Az emlő módosult verejtékmirigy

kainkból származó D-vitamin-előanyagból – az *ergosterin*ből.

A bőr tisztán tartása

A **higiéniai kultúra** nemcsak *esztétikai*, hanem *egészségvédelmi* szempontból is fontos. Bőrünk tisztán tartása mindennapi feladatunk. Fürdéskor a víz önmagában is sok szennyeződést képes leoldani a bőrről, és segíti a szaruréteg legkülső rétegének leválását. A szappan vagy a tusfürdő azzal fokozza a tisztító hatást, hogy a szennyeződések tapadását elősegítő zsírt emulgeálja a bőr felszínéről. Ugyanakkor a szappan vagy más, zsíroló tisztítószer túlzott használata a bőrt szárazzá és sérülékennyé teheti. A berepedezett bőrön keresztül a kórokozók könnyebben bejuthatnak a szervezetbe. Főleg a gyakori kézmosásokat követően ajánlatos a bőrt a kiszáradást megelőző krémekkel kezelni.

A bőr működését, hőháztartását megfelelő öltözködéssel segíthetjük. Nem helyes kizárólag műszálas összetételű anyagokból készült ruhákat viselni, mert ezek akadályozzák a bőr szellőzését, sőt az érzékenyebb bőr gyulladását is kiválthatják. Különösen rossz hatásúak a műszálakból készült alsóneműk. Hasonlóan egészségtelen nyáron a főleg műanyagból álló zárt cipők viselése. Ezekbe belefülled a láb, és a nedves bőrön könnyen gombák telepedhetnek meg. Télen réteges öltözködéssel segíthetjük a bőr hőszabályozó működését. Az ilyen öltözködés jobb, mint egyetlen nagyon vastag réteg, mert elsősorban a rétegek közötti levegő a jó hőszigetelő.

A bőr gyulladásai

Serdülőkorban a faggyúmirigyek az átlagosnál több váladékot termelnek. Ha a váladék eltömi a szőrtüszőt, **mitesszer** alakul ki (32.4. ábra). Ha ebben elszaporodnak a baktériumok, a bőrön gyulladásos folt jelenik meg, amely alatt genny gyülemlik fel, kialakítva a **pattanást**. A pattanásokhoz kézzel ne nyúljunk,

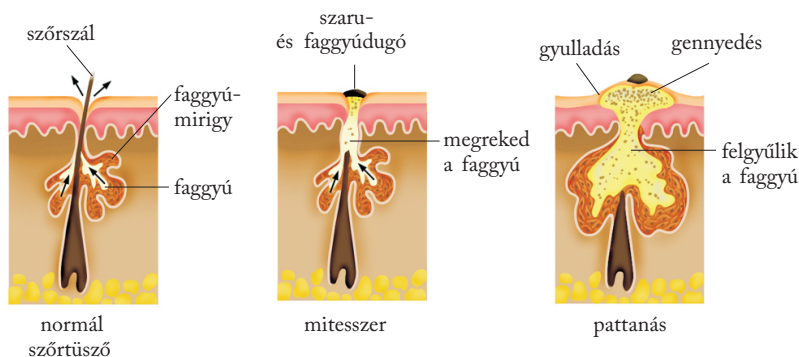
hogy megelőzzük a további fertőzéseket. A kamazkori pattanásokat és bőrgyulladásokat kezelni kell, mert egyébként maradandó hegek jelenhetnek meg.

Az **ekcéma** is bőrgyulladás, kisebb-nagyobb hólyagokkal kezdődik, amelyek kinyílva nedveznek és hevesen viszketnek. Ha már régóta megvannak, akkor általános bőrgyulladás, bőrhámlás és bőrmegvastagodás jöhet létre. Az ekcémát is többféle hatás okozhatja: állati fehérjék, növényi nedvek és virágporok, gyógyszerek és vegyi anyagok is. Nehezen kezelhető betegség, de nem fertőző.

A bőr **gyulladását** vírusok is kiválthatják. Leggyakoribb a *herpeszvírus* okozta betegség. Az *ajaksömör* hólyagok formájában jelentkezik az ajak szélén vagy az orr körül. Fertőzés útján kerülhet emberről emberre, ezért nem helyes egymás poharából inni, egymás evőeszközét használni, egymás uzsonnájából harapni. A megfertőződés után a vírus nem tűnik el a szervezetből, hosszú ideig nem okoz semmiféle zavart, de bármikor aktivizálódhat. Vírus okozza a *szemölcsöket* is.

Az UV-sugárzás hatása a bőrre

Nyáron a felelőtlen napozás komoly problémákat okozhat! Az erős napsugárzás könnyen *leégést* eredményez akár nagyobb testfelületen is, ez ellen rövid ideig tartó napozással és sokfaktoros fényvédő krémmel lehet védekezni. Az elmúlt két évtizedben ugrásszerűen megnőtt hazánkban a *bőrrák*os, közöttük is a legveszélyesebb típus, a *melanómás* betegek száma, amelyért ugyancsak a napozás tehető felelőssé. Ennek az az oka, hogy – a magaslégköri ózonréteg elvékonyodása miatt – növekszik a felszínre lejutó UV-sugárzás mennyisége,



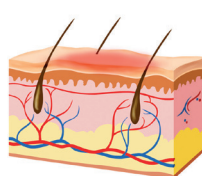
32.4. ábra. A mitesszer és a pattanás kialakulása

és ez a régóta meglévő anyajegyek, pigmentfoltok rosszindulatú elváltozásait okozhatja. A betegség gyorsan zajló, időben felismerve azonban a rákos bőrfelület műtéttel történő eltávolításával gyógyítható. Fokozott veszélynek vannak kitéve a folyamatosan szabad ég alatt dolgozók, ezért rendszeres évi ellenőrzésük különösen indokolt.

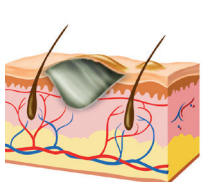
Égési sérülések

A bőr a test felszínén sérüléseknek van kitéve. Közülük meglehetősen gyakoriak az égési sérülések. Az égési sérüléseknek különböző fokozatai vannak. Az elsőfokú égési sérülésnél csak a bőr legfelső rétege károsodik. Fájdalom lép fel, és a sérülés helyének színe vörös. Elsőfokú égési sérülést okozhat például a túlzott mértékű napozás is. A másodfokú égési sérülés lehet felszíni vagy mélyebb, ebben az esetben a legfelső rétegen kívül az irha felső rétege is károsodik. Helyén fájdalommas hólyag keletkezik. A harmadfokú égés esetén a bőr teljes vastagsága sérül meg (32.5. ábra).

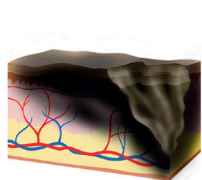
I. fokú égési sérülés



II. fokú égési sérülés



III. fokú égési sérülés



32.5. ábra. Az égési sérülések fokozatai

A bőr ápolásáról

A bőr ápolása és szépítése a legősibb emberi tevékenységek közé tartozik. Már az ókori művelt népek is nagy gondot fordítottak a tisztálkodásra. Mózes törvényileg kötelezővé tette a kézmosást és a fürdést. A babiloniak, a perzsák és az indusok is bővelkedtek bőrápolószerekben. Indiában és Egyiptomban a szent folyamban, a Gangeszben, illetve a Nílusban történő fürdésnek egészséget, szépséget adó, sőt csodatévő hatást tulajdonítottak. Egy Kr. e. 1500-ból származó papiruszból tudjuk, hogy az egyiptomiak miképpen áptolták bőrüket és díszítették hajukat. Erről tanúskodnak sok ezer éves egyiptomi templomok falfestményei is. Nemcsak a piramisokban, de az egyszerű sírokban is találtak alabástrom púder- és kenőcsszelenecét, szőrtépő csipeszeket, bronztüket, hajcsatokat. A keleti népeknél a fürdés a kedvtelésen túl vallásos szertartás is.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Miért marad ujjlenyomat a tárgyakon, ha megfogjuk őket?
- 2 A bőrápoló krémeknek nagyon sok különböző fajtája van. Miért szükséges, hogy eltérő legyen az összetételük?
- 3 Készíts kiselőadást a napfénynek a bőrre gyakorolt hatásairól!
- 4 A baktériumölő hatású szappanok az utóbbi években terjedtek el. Miért kell vigyáznunk a használatukkal?
- 5 Magyarazzuk meg, miért hidegben lesz „libabőrös” a bőrünk!
- 6 Nézz utána, milyen természetes alapú bőrvédő készítmények vannak forgalomban!

33. lecke



A mozgás szervrendszere I. A vázrendszer



Az ember mozgási szervrendszere

Az ember mozgási szervrendszere **csontvázrendszerből** és **izomzatból** áll. A csontvázrendszer a mozgás passzív szervrendszere, mert kapcsolódási felületeket nyújt a mozgás aktív szervei, az izmok számára. Emellett meghatározza a test alakját és méreteit, valamint védi a belső szerveket. A csontvázrendszert csontszövetből álló csontok és porcszövetből álló porcok építik fel.

A csont felépítése

A csontok fizikai tulajdonságait az őket felépítő ásványi sók – kalcium-foszfát, kalcium-karbonát – és a csontot felépítő fehérjék aránya biztosítja. Az ásványi sók keménységet, a fehérjék rugalmasságot biztosítanak a csontoknak.

A csont felépítésének vizsgálata

Anyagok és eszközök: csirkecombcsont, 10%-os sósavoldat, főzőpohár, öblítővíz lombikban, tálka, csiszolóvászon

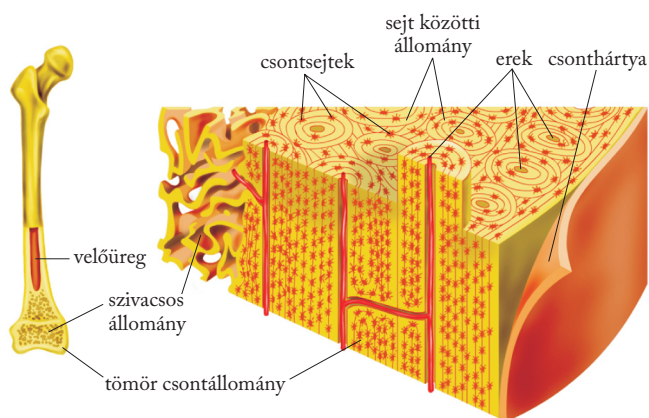
Végrehajtás: Egy csirkecombcsontot tisztítunk meg a lágyrészekről, felszínét csiszolóvászonnal csiszoljuk meg egy kicsit, majd állítunk sósavoldattal félig töltött főzőpohárba úgy, hogy egy része a levegőn maradjon! Figyeljük meg a változásokat! Egy nap elteltével vegyük ki a csontot, öblítsük le vízzel, és tegyük egy tálkára!

- Mit tapasztaltatok a vizsgálat közben?
- Vizsgáljuk meg a kiemelt csont fizikai tulajdonságait! Mit tapasztaltunk? Magyarázzuk meg!

Anyagok és eszközök: csirkecombcsont, gázégő, vasháromláb, azbesztlejtő, csipesz, gyufa

Végrehajtás: Egy csirkecombcsontot tisztítunk meg a lágyrészekről, majd helyezük egy vaslábon lévő azbesztlejtőre, és izzítjuk ki!

- Mit tapasztaltunk az izzítás során?
- Vizsgáljuk meg a csont fizikai tulajdonságait az izzítás befejeztével!
- Mit tapasztaltunk? Magyarázzuk meg a tapasztaltakat!



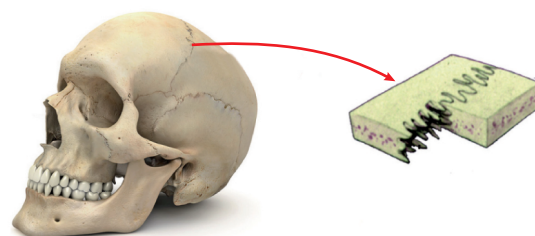
33.1. ábra. A csont felépítése

A csontok külső rétegét a kemény *tömör csontállomány* alkotja. Külső felszínén kiemelkedések, dudorok találhatók, amelyek az izmok megtapadására és a kötőszöveti szalagok rögzülésére szolgálnak (33.1. ábra). A csontokat erekben és idegekben bővelkedő *csontthártya* borítja. A csontszövet sejtjeit tápláló erek a csontthártya felől lépnek be a csontba. A tömör csontállomány alatt található a *szivacsos állomány*, amely vékony csontlemezek hálózata. A lemezek elrendeződése a terhelési erőhatásoknak megfelelő. Ezáltal a csontok a lehető legkevesebb csontállomány felépítésével a legnagyobb teherbírási képességek. Tömör csontok esetében ugyanis a vázrendszer súlya oly mértékben megnőne, hogy az élőlény mozgása lehetetlenné válna. A szivacsos állomány szerkezete a terhelés tartós megváltozása esetén folyamatosan átrendeződik.

Alak szerint a csontok lehetnek hosszabb-rövidebb henger alakú **csöves csontok** vagy **lapos csontok**. A csöves csontok két végében szivacsos állomány van, amiben *vörös csontvelő* található. Középen a *csontüreg* húzódik, amit *sárga csontvelő* tölt ki. A lapos csontokban nincs üreg, teljes egészében szivacsos állomány, illetve vörös csontvelő van a felszíni tömött csontállományok között.

Csontkapcsolódások

A csontok összeköttetésekkel kapcsolódnak egymáshoz. Az egyik kapcsolódási mód a lapos koponyacsontoknál fordul elő, ez a **varratos illeszkedés** (33.2. ábra). Egy varratban a csontok fűrészfog-szerűen illeszkednek, kezdetben még lágyak, el tudnak mozdulni egymáshoz képest, születéskor egymásra is csúszhatnak. Később elcsontosodnak. A gerincoszlop csigolyái **porcosan** kapcsolódnak

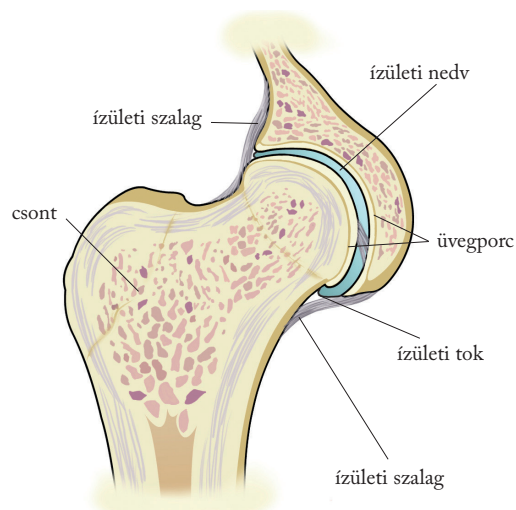


33.2. ábra. Varratos csontkapcsolódás

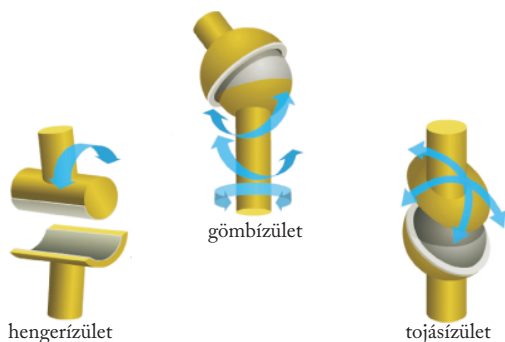
egymáshoz. Ebben az esetben a csontok között lapos *porckorongok* teremtenek kapcsolatot, bizonyos mértékű rugalmas elmozdulást biztosítva számukra (33.8. ábra). A legstabilabb összeköttetés az **összenövés**, ebben az esetben a csontok nem képesek elmozdulni egymáshoz képest. Az emberi keresztcsont például öt csigolya összenövéséből származik (33.9. ábra).

A legmozgékonyabb csontkapcsolódási mód az **ízület**. Egy ízületben a csontok egymáshoz viszonyítva elmozdulhatnak, elforoghatnak. A kapcsolódó csontok közül az egyik domborúan illeszkedik a másik homorú ízületi vápájába. Az ízületi felszínt porcszövet borítja, a közöttük lévő résben ízületi nedv csökkenti a súrlódást. A két csontvéget kötőszövetes tok fogja egybe, amelyet erős *szalagok* is rögzítenek (33.3. ábra).

Az ízületnek több formája ismert, attól függően, hogy az egyik csont a másikhoz képest hány irányba fordulhat el. A *hengerízület* (pl. az ujjainkon) egy, a *tojásízület* (pl. a csuklóknban) kettő, a *gömbízület* (a vállunkban) három irányba biztosítja az ízesülő csont elmozdulását (33.4. ábra). Az ízületek a vázrendszer nagyfokú mozgékonyágát eredményezik.



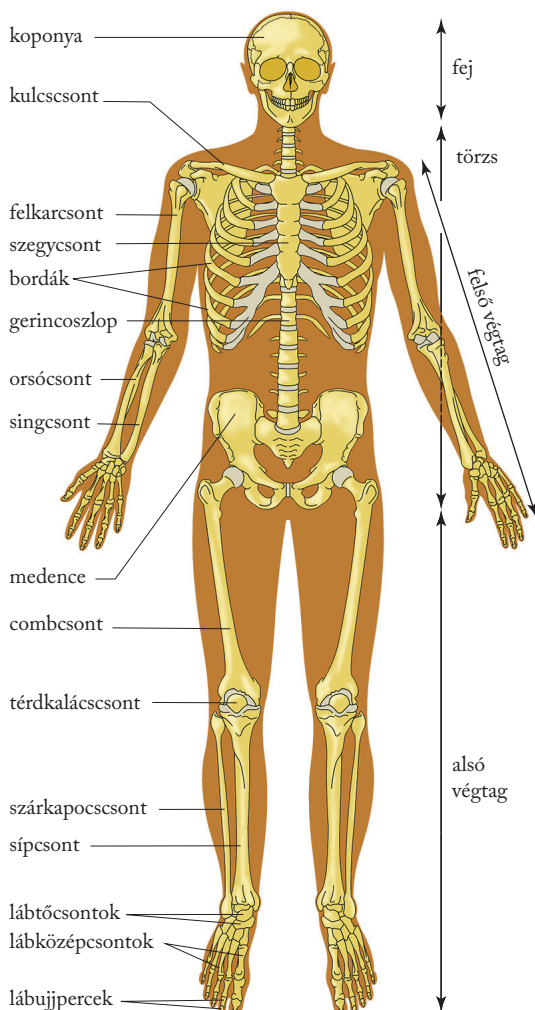
33.3. ábra. Az ízület felépítése



33.4. ábra. Az ízületek típusai

A csontváz felépítése

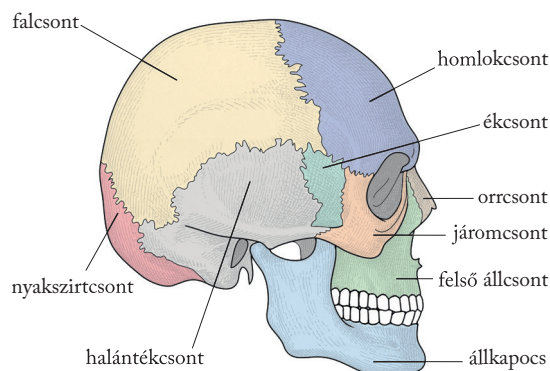
Az ember csontvázát 206 darab csont alkotja (33.5. ábra). A fej csontos váza a **koponya**. Nagyobb részét az agykoponya, kisebb részét az arckoponya képezi. A koponyaalap kerek nyílása az öreglyuk,



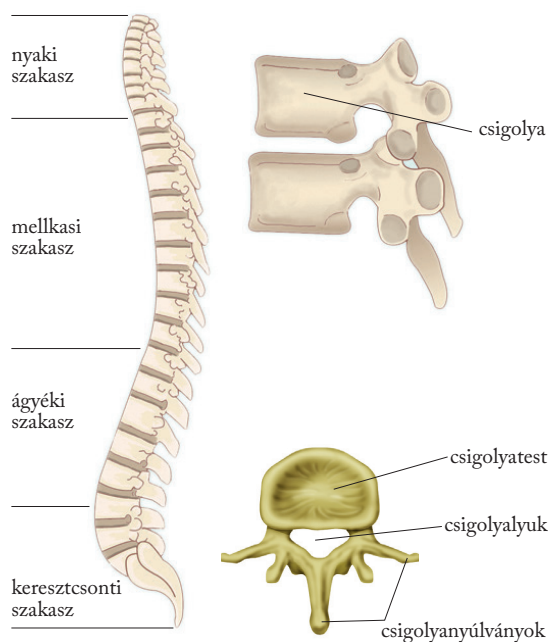
33.5. ábra. Az ember csontvázrendszere

ezen keresztül megy át a gerincvelő az agykoponya üregében levő agyvelőbe. Az agykoponya lapos csontjai, a páros *falcson*t és *halántékcson*t, valamint a páratlan *homlokcsont* és *nyakszirtcsont* az agyvelőt védik. Az arckoponya csontjai a szem-, az orr- és a szájüreget képezik. A fogak a *felső állcsontban* és az *állkapocsban* ülnek. Az állkapocs ízülettel kapcsolódik a koponyához (33.6. ábra).

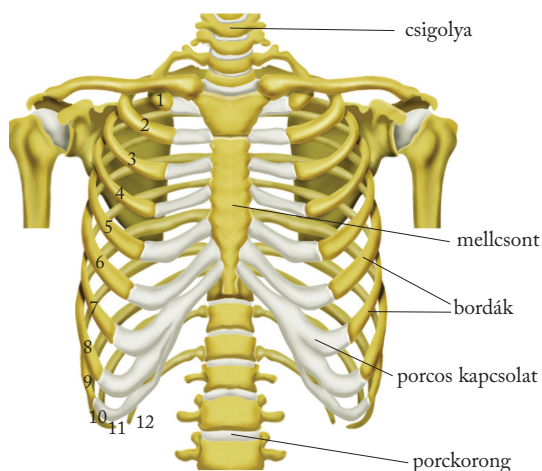
A **törzsváz** a gerincoszlopból, a bordákból és a mellcsontból tevődik össze. A gerincoszlopot csigolyák alkotják, amelyek a *csigolyatestből*, a *csigolyaívából* és az abból kiinduló nyúlványokból állnak (33.7. ábra). A csigolyalyukak összessége egy hosszú cső formájában a *gerincscatornát* alkotja, amelyben a gerincvelő foglal helyet. A gerincoszlop hát-csigolyái, a hozzájuk kapcsolódó 12 pár borda és a szegycsont alkotják a mellkast (33.8. ábra).



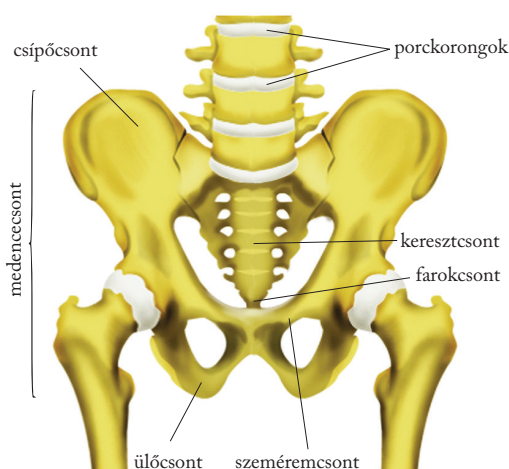
33.6. ábra. A koponya csontjai



33.7. ábra. A gerincoszlop és a csigolya részei

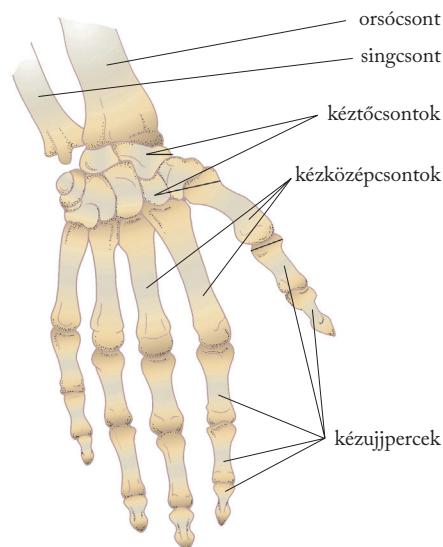


33.8. ábra. A mellkas részei



33.9. ábra. A medenceöv részei

A törzshöz a *felső* és az *alsó végtagok* váza kapcsolódik. A végtagok függesztő öve a törzsszel való összeköttetést biztosítja. Ezt a felső végtagon **vállövnek**, az alsón **medenceövnek** (33.9. ábra) nevezzük. A vállöv a *kulcscsontból* és a *lapockából* áll. A lapockához a vállízületben kapcsolódik a *felkarcsont*. Az alkar vázát a hüvelykujj oldalán fekvő *orsócsont* és a kisujji oldalon fekvő *singsont* alkotja. Ezek a felkarcsonttal a *könyökízületben* kapcsolódnak. A kézen apróbb *kéztőcsontokat*, hosszabb *kézközépcsontokat* és *ujjperccsontokat* különböztetünk meg (33.10. ábra). A medenceövet a kétoldali **medencecsont** alkotja, amelyhez a *csípőízülettel* kapcsolódik a *combcsont*. Ez a *térdízületen* keresztül kötődik a lábszár *sípcsontjához*. A sípcsont mellett helyezkedik el a vékonyabb *szárkapocscsont*. A lábfej váza, hasonlóan a kéz vázához, lábtőcsontokból, lábközépcsontokból és ujjpercekből áll.



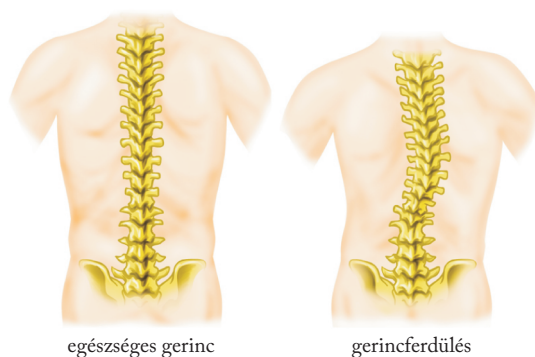
33.10. ábra. A kéz csontjai

A vázrendszer betegségei

A vázrendszer egyik legelterjedtebb elváltozása a lábboltozat lelapulása, a **harántsüllyedés** vagy lúdtalp, amely komoly panaszokat okozhat. Megelőzésére előnyös, ha sokat járunk mezítláb, mindig megfelelő, kényelmes cipőt viselünk. Sajnos a divat sokszor ellentmond ennek.

A **testtartási hibákat** is a legjobb gyermekkorban megelőzni. A hibás testtartás túlságosan nagy görbületet eredményez a gerincoszlopon, a beteg görnyedtté válik. Ha a gerincoszlop oldalirányban tér el, **gerincferdülésről** (33.11. ábra) beszélünk. A testtartási hibák kiváltója rendszerint a nem megfelelő szék és nem megfelelő testtartás ülő munka vagy akár hosszas mobiltelefon-használat közben.

Fejlődési rendellenesség a **veleszületett csípőficam**. Kialakulása a magzati életre vezethető vis-



33.11. ábra. Az egészséges és a ferde gerincoszlop

sza, a csípőízületet alkotó csontok és felszínek nem fejlődnek megfelelő mértékben. Korai felismerése és kezelése (csecsemőtorna) komoly javulást eredményez.

A túlzott megerőltetés váltja ki az inak és ínhüvelyek **gyulladásos** megbetegedéseit.

Az idősebb korúak megbetegedése a **csontritkulás**. A csontok elvékonyodnak, meggyengülnek, nő a törési hajlam. Az elveszett csontmennyiséget nem lehet pótolni, de helyes táplálkozással – elsősorban kalciumban gazdag ételek (pl. tej, zöldséglevek) fogyasztásával –, mozgással és gyógyszeres kezeléssel megelőzhető vagy szinten tartható.

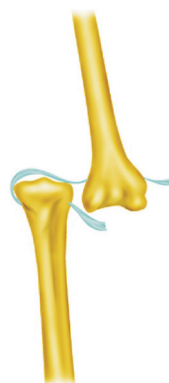
Sportsérülések

Mozgás közben néha előfordulhatnak sérülések is. **Rándulás** esetén egy ízületben külső hatásra az ízesülő csontok egymáshoz képest rendellenesen mozdulnak el, de az izmok rögtön visszatérítik az eredeti helyzetükbe őket (33.12.a ábra). **Ficam** esetén azonban a csont kiugrik a másik csont vápájából (33.12.b ábra), és úgy is marad. Mindkét esetben megsérülhetnek az ízületi szalagok, és sérülhet a tok fala is. Erősebb külső behatásra a csont el is törhet. A **törés** során a csonttársa, a csontvelő, az apró erek és idegek is megsérülnek, vérzés keletkezik, és ez a szövetek közötti duzzadással

és fájdalommal jár. Az eltört csont törési végeinek összeillesztése és rögzítése után az idővel kialakuló új csontsejtekből csontszövet képződik, amely egybeforrasztja a törött csontot. Nyílt törésről akkor beszélünk, ha a sérült csont a bőrt is átüti.



33.12.a ábra. Bokarándulás



33.12.b ábra. Ficam

Kérdések és feladatok

1 Hasonlítsd össze egymással a vázrendszer csontkapcsolódási módjait! Miért képesek az izmok mozgatni a vázrendszert?

2 Mi a magyarázata annak, hogy a lelkében levő kísérletek végrehajtása közben a csontok alakja nem változott meg?

3 Keress az interneten a váz működését bemutató animációkat!

4 Készíts kiselőadást az angolkórról!

5 Sorolj fel három csontkapcsolódási módot, és mondj mindegyikre példákat!

6 Vajon hogyan viselték el a nagy testű dinoszauruszok a nagy testtömeg terhelését úgy, hogy a mozgásképességük is többé-kevésbé még megfelelő volt?

34. lecke

A mozgás szervrendszere II. Az izomrendszer



Az izomzat

A **vázizmok** működése azáltal teremti meg a csontok elmozdulásának lehetőségét, hogy két végük mindig másik csonthoz kapcsolódik. Az a csont, amelyik az izom összehúzódásakor nem mozdul el, az izom *eredési helye*, amelyik pedig az izom összehúzódását követően elmozdul, azon a csonton *tapad* az izom. Az izmokat tömöttrostos kötőszövetből álló, nagy szakítószilárdságú, nem nyúlékony *inak* kapcsolják a csontok felszínéhez. Vannak azonban kivételek, például az arcunk izmai, a *mimikai izmok* a bőrön erednek és bőrön is tapadnak, ezzel lehetővé teszik az arcjátékot.

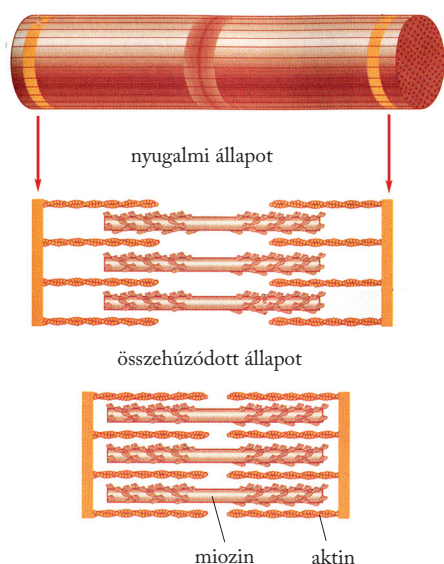
A vázizomzat

Az izomszövetek jellemzője, hogy megfelelő inger hatására összehúzódnak. A vázizomzat összehúzódása a csontok térbeli helyzetét változtatja meg, és ezáltal az aktív mozgás alapját képezi. A vázizmok közül a végtagizmok hosszúak, orsó alakúak; a törzs izmai – például a *bordaközi izmok* és a *rekeszizom* – laposak és szélesek; a fej és a nyak izmai – például a *fejbiccentő izom* – különböző alakúak. A testnyílásaink körül található *záróizmaink* gyűrű alakúak, a mimikai izmokhoz hasonlóan bőrön erednek és ott is tapadnak.

A vázizomzat felépítése és működése

A vázizomzat harántcsíkolt izomszövetből épül fel. Működési egységei az izomrostok, amelyekben egymással párhuzamosan futó izomfonalak vannak. Az izomfonalakat egymással párhuzamosan futó aktin- és miozinszálak építik fel. Ezek az ATP-molekulák lebontásából származó kémiai energiát felhasználva, egymásba kapaszkodva és egymás mellett elcsúszva az izomfonalak összehúzódását eredményezik (34.1. ábra). Az izmok a működésükhöz szükséges energiát *kreatin-foszfát* molekulákban raktározzák. A kreatin-foszfát bomlásából felszabaduló energia fordítódik ADP → ATP szintézisre.

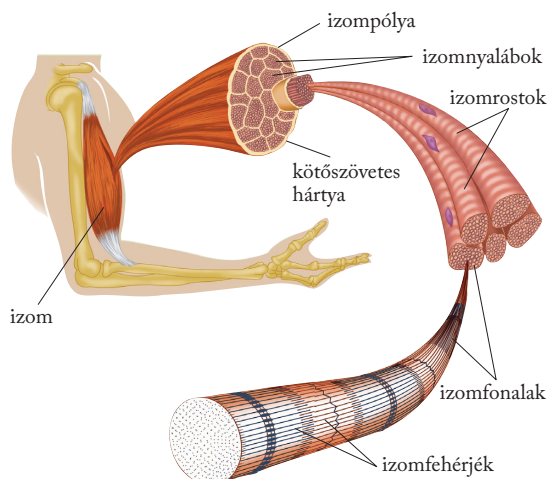
Az izomfonalak tömegei *izomrostokká* szerveződnek. Az izomrostonként sok ezer izomfonál összehúzódásán és elernyedésén alapszik a vázizom mozgató működése. Az izomrostok *izomnya-*



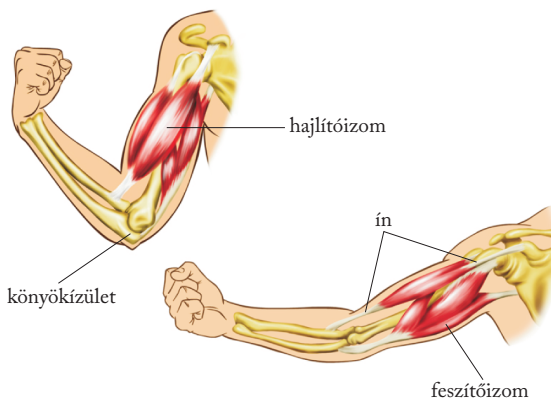
34.1. ábra. Az izomrost részlete nyugalmi és összehúzódtott állapotban

lábokat alkotnak, amelyek az izmot képezik. A vázizmot kötőszövetből álló izompólya veszi körül (34.2. ábra). A kötőszövetes állomány benyomul az izom belsejébe is, elválasztva egymástól az izomnyalábokat. Ebben futnak az izom táplálását végző erek és az izom működését kiváltó idegek.

A végtagjainkat **hajlító- és feszítőizmok** mozgatják (34.3. ábra). A végtagok vázának ellentétes oldalán helyezkednek el és egymás *antagonistái*. A hajlítóizmok a csontokat közelítik egymáshoz, a feszítők távolítják. Ha az egyik összehúzódik, a másik szükségszerűen elernyed. Ilyen például a karunkon a *kétfejű karhajlító izom* és a vele ellentétesen működő *háromfejű karfeszítő izom*.



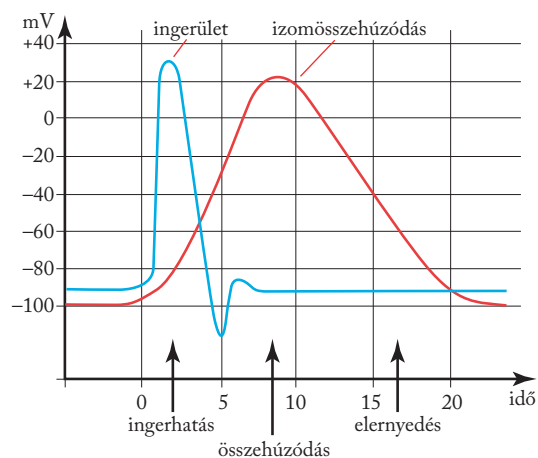
34.2. ábra. A harántcsíkolt izom felépítése



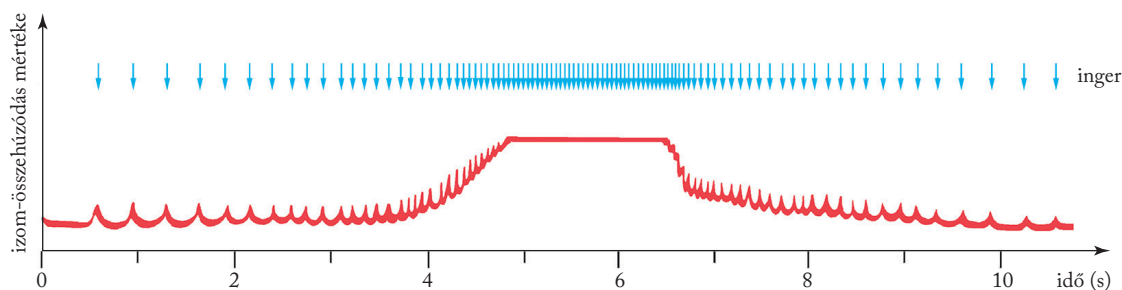
34.3. ábra. A kar hajlító- és feszítőizmai

A statikus és dinamikus munkavégzés

A harántcsíkolt izomszövet egy izomrostja egyetlen ingerre egyetlen összehúzóddással, majd elernyedéssel válaszol. Ez a **rángás** (34.4. ábra). Gyors egymásutánban alkalmazott ingerléssel megakadályozható az elernyedés létrejötte, ilyenkor az összehúzóddások szakaszai szinte egymásba folynak, ezzel kialakul a **tartós izom-összehúzóddás** (34.5. ábra). Mivel a folyamatban nem következnek be sorozatos elernyedések, így a teljes energia az összehúzóddásra fordítható, és ez megnöveli az izom-összehúzóddás mértékét. A vázizomzatot alkotó harántcsíkolt izom működésére a tartós izom-összehúzóddás a jellemző. Időtartama változó, néhány másodperctől akár percekig tarthat. Mozgásainknak a túlnyomó többsége tartós izom-összehúzóddás eredménye. A **statikus izomműködés** során az izom hosszú időn át összehúzódtott állapotban van (pl. állás). Ilyenkor az izmok összenyomják ereiket, így megnehezítik saját



34.4. ábra. A harántcsíkolt izom rángási folyamata



34.5. ábra. A tartós izom-összehúzódnás kialakulása a harántcsíkolt izomban

táplálásukat. Ezért fárasztó, ha sokáig egy helyben kell állnunk. Ha ugyanennyi ideig sétálunk, akkor kevésbé fáradunk el. Mozgás közben izomzatunk ritmusosan működik. A vázizmok ritmikus működésének eredménye az izompumpa, amely elősegíti a vénákban a vér áramlását, és ezzel javítja az izom keringését. Az összehúzódnás és az elernyedés ritmusos váltakozása a **dinamikus izomműködés**.

A vázizmok állandóan mérsékeltén összehúzódnott állapotban vannak. Ezt a tartós összehúzódnást **izomtónusnak** nevezzük. A test vázizmainak a tónusa a normális testtartást biztosítja a test tömegére ható nehézségi erővel szemben.

Az izmok energiakészletük mintegy húsz százalékát képesek mechanikai munkává alakítani. A többi főként hő formájában szabadul fel. Az izomműködés energiaforrása főképp szénhidrát, de lehet zsír, sőt végszükség esetén fehérje is. Az izomrostokban tartós, erőteljes munkavégzés esetén oxigénhiányos állapot is kialakulhat. Az edzetlen szervezetben fellépő **izomlázat** részben az erjedésből származó tejsav okozza, részben a megerőltetett izomfonalak elszakadása. Ezek azonban hamar regenerálódnak, a tejsavat pedig a keringési rendszer elszállítja a májba, ahol újra glükózzá épül fel, és ebben a formában visszakerül az izmokba.

Mozgás és egészség

A **rendszeres mozgás** sokoldalúan hat a szervezetre. Fejleszti az izomzatot, növeli az izomerőt. Az izmok gyarapodása nem az izomrostok számbeli növekedésének következménye, hanem a meglévő izomrostok vastagodásának eredménye. A fokozott erő kifejtéshez fokozatosan alkalmazkodik a csont- és ízületi rendszer is.

A rendszeres mozgás kedvező hatással van a szervezet anyagcseréjére. Az edzett ember vázizmaiban nő a hajszálerek száma, ennek következtében javul az oxigénellátásuk, így nő a teljesítményük. Egyidejűleg növekszik a vérkeringés és a légzés teljesítménye is. Az edzett ember szervezete gazdaságosabban dolgozik, és lényegesen tovább képes tartós munkára, mint edzetlen társáé. Futás közben az edzetlen ember percenkénti pulzusszáma és légzésszáma jelentősen emelkedik. Az edzett embernek viszont a pulzustér fogata és a légzési térfogata lesz nagyobb. Az is fontos különbség, hogy az edzett ember szervezete egy-egy megterhelés után sokkal könnyebben és gyorsabban áll vissza a nyugodt működésre. Az úszás, a túrázás, a kerékpározás, a labdajátékok egyaránt alkalmasak a test edzett állapotban tartására.

Kérdések és feladatok

- 1 Készíts egy végtag működését bemutató egyszerű modellt!
- 2 Keress az interneten olyan animációkat, amelyek a végtagizmok működését szemléltetik!
- 3 Hogyan előzhetjük meg az izomláz kialakulását?
- 4 Nézz utána, mi a tetánias görcs! Milyen kapcsolatban áll a tetanusz megbetegedéssel?
- 5 Miért nehezebb egy ájult embert felemelni, mint egy alvót?
- 6 Mit jelent az antagonista izomműködés?

RÉSZÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Lehet-e nagyobb energiaigénye egy ugyanolyan korú nőnek, mint férfinak? Indokold is meg válaszodat!
- 2 Kövesd nyomon az egy falat kenyérben lévő keményítőmolekula útját és sorsát a harapástól a felhasználásáig!
- 3 Milyen szöveti felépítés jellemző a nyelőcső alsó szakaszára?
- 4 Miért lehet többféle megbetegedés kísérő tünete is a hányás?
- 5 Foglald össze a máj működéseit!
- 6 Mi jellemző a nefron egyes szakaszainak működésére?
- 7 Ismertesd a kiválasztási szervrendszer szerveit!
- 8 Sorold fel a bőr három fő rétegét, és foglald össze működésüket!
- 9 Mely mirigyek találhatók a bőrben, és a mi a működésük?

Kérdések és feladatok

- 10 Miért nevezhető a bőrünk kiválasztó szervnek is?
- 11 Miről ismerhető fel a bőr I. fokú, II. fokú, illetve III. fokú égési sérülése?
- 12 Mi a csonthártya biológiai működése?
- 13 Mutasd be az egyes csontkapcsolódási módokat!
- 14 Mutasd be egy vázizom, valamint azon belül egy izomrost felépítését!
- 15 Hol helyezkednek a lábunk hajlító- és a hol a feszítőizmok?
- 16 Mutasd be egy példán, hogy a testedzés hogyan hat a mozgási szervrendszer fejlődésére!
- 17 Készíts kiselőadást William Harvey munkásságáról! Tudományos eredményei mellett miért tekinthetjük őt kiemelkedő személyiségnek?
- 18 Mi a nyirok, és hogyan keletkezik?

Szövegértés

Értelmezd a következő kijelentést: Ép testben ép lélek!

Projektfeladatok

- 1 Készíts egy áttekinthető táblázatot a bélcsatornában zajló emésztési folyamatokról!
- 2 Tervezd meg a vesetestecskében végbemenő szűrés egyszerű modellezését!
- 3 Készíts előadást a bőr parazitái által kiváltott megbetegedésekről!
- 4 Nézz utána és mutasd be, hogy meddig és hogyan növekszik az ember combcsontja!

35. lecke

A szabályozás működési elve

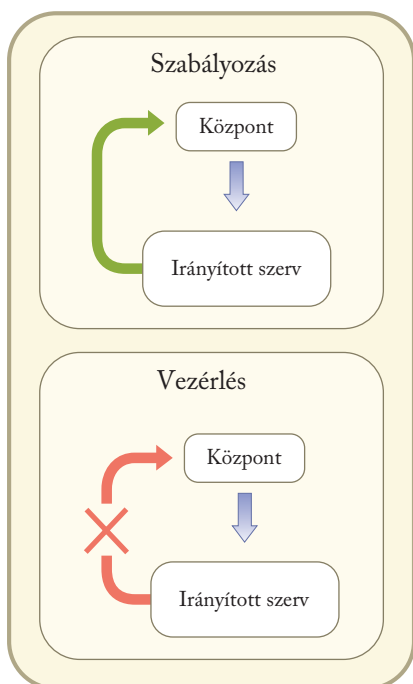


A szabályozási hálózatok

Szervezetünkre a sejtek, szövetek, szervek, szervrendszerek összehangolt működése jellemző, így vagyunk képesek a külső és belső környezeti változásokra reagálni, alkalmazkodni. A folyamatok irányítása egységes rendszerként, a sejtek működését összehangoló **szabályozási hálózatokban** valósul meg. A sejtek azért képesek összehangolni működésüket, mert kommunikálnak egymással. A kommunikáció a sejtek számára jelentéssel bíró kémiai anyagokkal, *transzmitterekkel* valósul meg. A transzmitter legegyszerűbben sejtről sejtre adódik át, a soksejtű szervezetekben azonban ez a módszer lassú volna, ezért kevésbé lenne hatékony. A fejlettebb szervezetekben az evolúció során két formája alakult ki, a *hormonális* vagy *endokrin* kommunikáció és az *idegi* vagy *neurokrin* kommunikáció. A hormonális szabályozás során az információkötő kémiai anyag a véráramba kerül, és annak segítségével jut el a célsejtekhez. Az idegi szabályozás során a messzire elérő, hosszú nyúlványú sejtek közvetlenül vagy egy-két sejt közbeiktatásával jut-tatják célba a hatóanyagot.

Vezérlés és szabályozás

Az életfolyamatok irányításának két alapformája a **vezérlés** és a **szabályozás** (35.1. ábra). A vezérlés egyirányú kapcsolatot jelent. Vezérlés esetén az irányító központ az irányított rendszert utasításokkal működteti, de az irányított rendszer nincs hatással a központ működtetésére. Vezérlés jellegű irányítás gyakorlatilag nincs az élő szervezetekben. Szabályozás akkor valósul meg, ha a központ állandó visszajelzést kap az irányított rendszer működéséről. A szabályozás ezért kétirányú kapcsolat, működése során szabályozó kör alakul ki. Például, ha egy egészséges ember szervezetében a vércukorszint megemelkedik (megváltozott a belső környezet), a központ olyan folyamatokat indít el a szervezetben, amelyek a vér cukortartalmát csökkentik. A vércukorszint alakulását ilyenkor folyamatosan érzékeli, és a normál szint elérésekor a folyamatot leállítja. Ezt a szabályozási elvet **negatív visszacsatolásnak** nevezzük, és igen elterjedt az élővilágban. Abban az esetben, ha a szabályozási folyamat eredménye a folyamat további fokozódását eredményezi, a **viszacsatolás pozitív**. Pozitív visszacsatolás jellemző például az autokatalitikus biokémiai reakciókra és



35.1. ábra. A vezérlés és a szabályozás összehasonlítása

az ismétléses tanulásra. Az endokrin kommunikáción alapuló hormonális szabályozás és a neurális kommunikáción alapuló idegi szabályozás nem választható el egymástól, ezért helyesebb egységes, *neuroendokrin* szabályozásról beszélni.

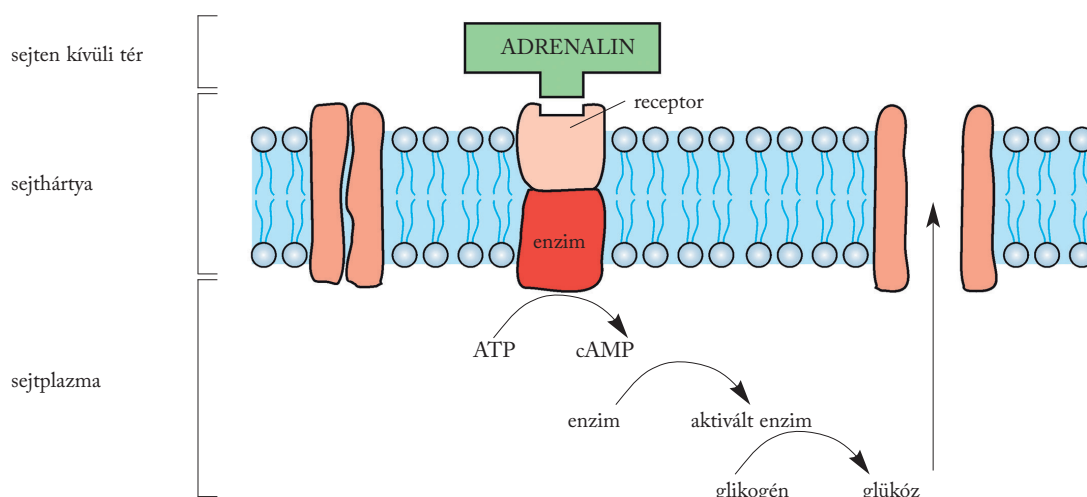
A hormonális szabályozás elve

Az ember szervezetének endokrin szabályozása a belső elválasztású mirigyek rendszerén keresztül történik. Transzmitter anyagai a **hormonok**, ezért

hormonális szabályozásnak is szoktuk nevezni. A hormonokat **belső elválasztású mirigyek** termelik. A mirigyek azért belső elválasztásúak, mert – szemben a külső elválasztású mirigyekkel – kivezetőcsövük nincs, sejtjeik a termelt hormonokat közvetlenül a véráramba juttatják, amely a célsejtig szállítja őket.

A hormonnként működő molekulák aminosav-származékok, peptidek, fehérjék vagy szteroid típusú vegyületek. Az aminosav-származékok egyetlen aminosavból állnak, ehhez kapcsolódnak kisebb molekularészletek. Ilyen például a *tiroxin* nevű, az anyagcserét befolyásoló hormon. A peptidek néhány aminosav összekapcsolódásával jönnek létre, ilyen a simaizomzatra ható *oxitocin*. A polipeptidek vagy fehérjehormonok sok aminosavból állnak, ilyen például a vércukor szabályozásában szerepet játszó *inzulin*. A szteroid hormonok szteránvázis vegyületek származékai, ilyenek általában a *nemi hormonok*.

A véráramból a hormon molekulája általában nem kerül közvetlen kapcsolatba a sejten belüli folyamatokkal. A hormonok úgy idézik elő a célsejtekben a változásokat, hogy kapcsolódnak a sejthártyában található, megfelelő térszerkezetű hormonreceptorhoz. A kötődés hatására a célsejtben anyagcsere-változás történik. Egy hormon csak azokban a sejtekben képes kifejteni a hatását, amely rendelkezik a szükséges receptorral. Az ember májsejtjei például a bennük tárolt glikogénből az *adrenalin* hormon hatására glükózt termelnek (35.2. ábra). A folyamat első lépése a hormon megkötése a májsejt sejthártyájának receptorán. Az összekapcsolódás következtében a receptorfehérje térszerkezete megváltozik, és működésbe hozza a



35.2. ábra. A cAMP-molekula a sejten belüli információátadás hírvivője

membránban közvetlenül hozzá kapcsolódó enzimfehérjét. Az a membrán belső oldalán olyan folyamatokat indít meg, amelynek hatására aktiválódnak a sejtben található glikogénbontó enzimek, és a glikogént glükózmolekulává alakítják (35.2. ábra). Az apoláris szteroidhormonok azonban keresztüloldódnak a sejt membránján, így receptorok a sejtplazmában vannak.

Az idegi szabályozás elve

Az **idegi szabályozás** során az átvivőanyag gyors célba jutását elektromos impulzusok segítik. Ezáltal felgyorsul az üzenet, az idegi szabályozás a hormonális hatásoknál gyorsabb. Az **idegsejt** hatóanyaga a neurotranszmitter, a jelátvitel membránreceptorok segítségével történik.

Az állandó belső környezet biztosítása

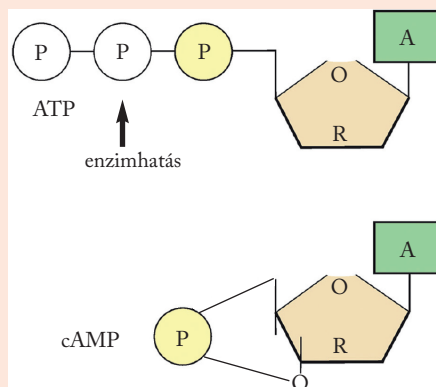
A szervezetet működtető szabályzóköri alapinformációi a központ által kitűzött, a szervezetre jellemző, ún. „kell”-értékek. Ezek általában az irányított rendszer működésének optimális mértékét jelentik, például a testhőmérsékletünk „kell”-értéke 36,1–36,9 °C. A biológiai szabályozás nagyon emlékeztet egy termosztáttal szabályozott központi fűtési rendszerre. A „kell”-értéket mi adjuk meg a fűtési rendszernek a termosztát (a központ) beállításával, mondjuk 21 °C-ra. A rendszerhez tartozik egy érzékelő, a hőmérő (a szervezetben a *receptor*), amely a pillanatnyi „van”-értéket érzékeli. Ha a „van”-érték alacsonyabb lesz a „kell”-értéknél, a termosztát a hőmérő adata alapján ezt érzékeli, és a fűtési rendszert bekapcsolja. Az azonban csak addig fűt, ameddig a hőmérséklet el nem éri a kívánt 21 °C értéket. Ekkor a termosztát kikapcsol, és a fűtés leáll.

Olvasmány

Érdeklődőknek

A cAMP mint jelátvivő molekula

Az egyik legáltalánosabb jelátvivő molekula a cAMP. Felépítésére az jellemző, hogy az AMP foszfátcsoportja visszakapcsolódik a ribóz gyűrűjéhez, kialakítva ezzel egy körbezáródó, ciklikus szerkezetet (35.3. ábra). Innen a ciklikus AMP elnevezés. A keletkező cAMP-molekula hatására aktiválódnak a sejtben található megfelelő enzimek. Mivel a másodlagos hírvivő hatás specifikussága a célsejt hormonreceptoraitól függ, több hormon esetében is lehet ugyanaz a molekula a közvetítő. Második hírvivő lehet a sejtekben más ciklikus nukleotidszármazék is, például a cGMP.



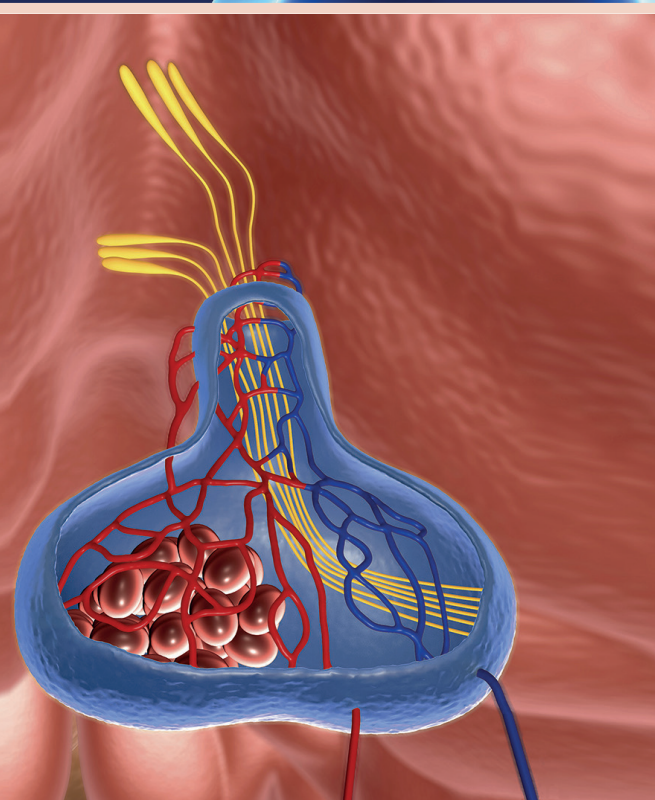
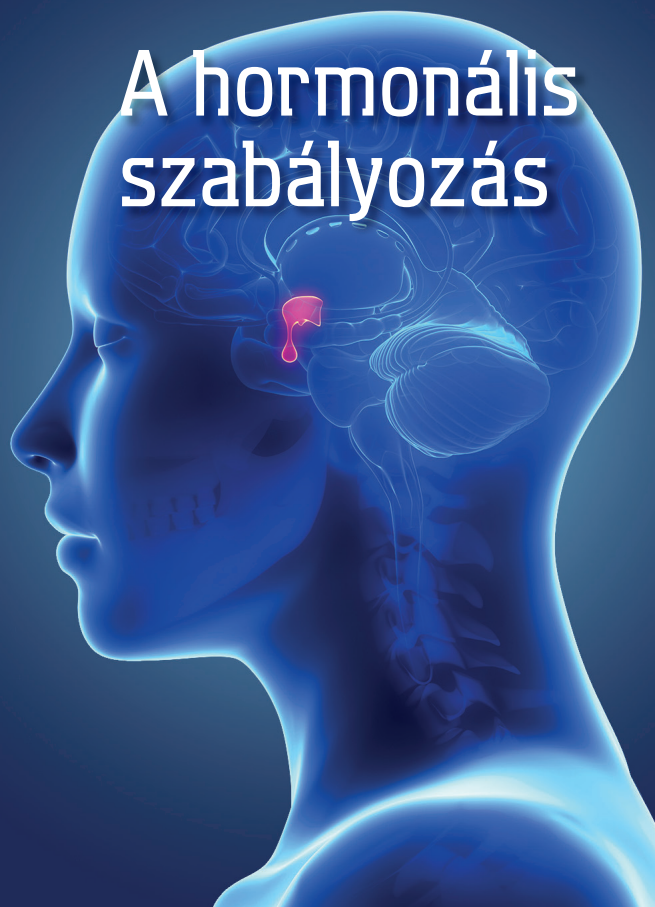
35.3. ábra. A cAMP-molekula szerkezete

Kérdések és feladatok

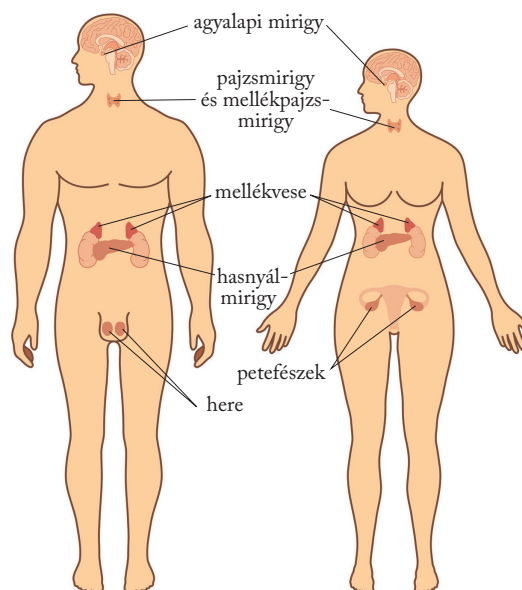
- 1 Hasonlítsd össze a belső elválasztású mirigyeket a külső elválasztású mirigyekkel!
- 2 Milyen kémiai összetételű hormonokat ismerünk?
- 3 Hasonlítsd össze a szabályozás és a vezérlés folyamatát!
- 4 Miért gyorsabb az idegi szabályozás az endokrin szabályozásnál!
- 5 Készíts vázlatos rajzot egy termosztátos fűtőrendszer működési sémájáról!
- 6 Hasonlítsd össze a negatív és a pozitív visszacsatolást!

36. lecke

A hormonális szabályozás



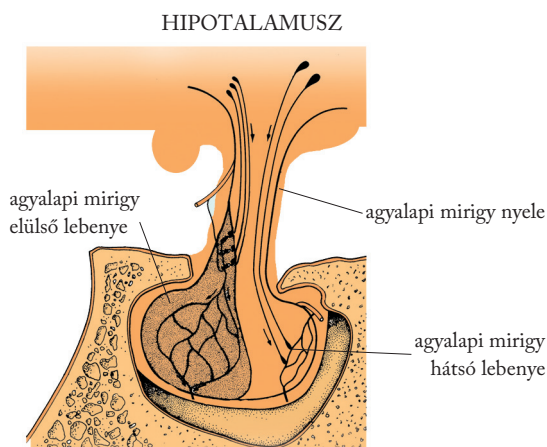
Ahogy az előző leckében már tanultuk, a hormonális rendszer szervei a belső elválasztású mirigyek rendszere (36.1. ábra).



36.1. ábra. A belső elválasztású mirigyek elhelyezkedése a szervezetben

Az agyalapi mirigy

Szervezetünkben a hormonális szabályozás központja az **agyalapi mirigy** vagy *hipofízis* (36.2. ábra). Az agyalapi mirigy a koponya alapján helyezkedik el, 0,5-0,7 grammnyi, kicsiny szerv. Egy nyél kapcsolja össze a közvetlenül felette lévő agyterülettel, a *hipotalamusszal*. Működés szempontjából az agyalapi mirigy elülső és hátsó lebenyre tagolódik. Az elülső lebeny fejlődéstanilag a garat hámjából származik, a hátsó lebeny idegszövet

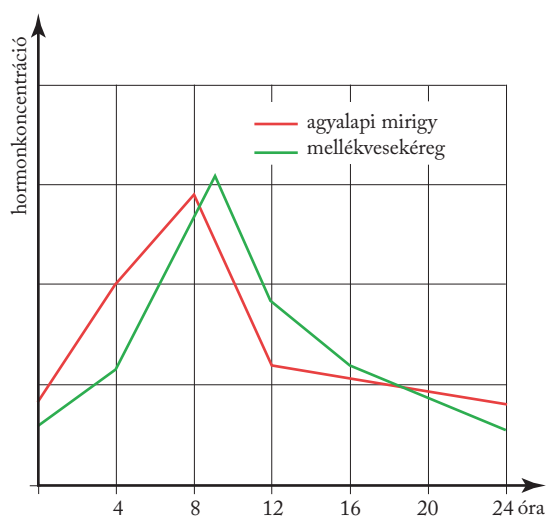


36.2. ábra. Az agyalapi mirigy felépítése

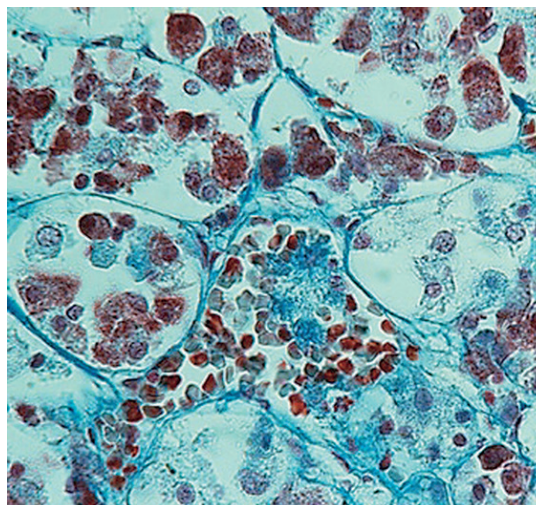
eredetű. Hormonjaik kémiai összetételüket tekintve peptidek.

Az **elülső lebenyben** hatféle hormon termelődik. Közülük a *növekedési hormon* közvetlenül hat a fiatal szervezet normális növekedésére. A hormon az anyagcserét befolyásolja, serkenti a növekedéshez szükséges izomfehérjék termelődését, a csontszövet fehérjéinek szintézisét és a zsírok és a szénhidrátok lebontását energiatermelés céljára. Ugyanakkor gátolja a cukorraktározást, ezért összességében a vércukorszintet emeli. A további öt hormon más belső elválasztású mirigy működését szabályozza. A *pajzsmirigyre ható hormon* serkenti a *pajzsmirigy* működését. A *mellékvesére ható hormon* a mellékvesekéreg hormontermelését befolyásolja (36.3. ábra). Elsősorban a mellékvesekéreg szénhidrát-anyagcserére ható hormonjának elválasztását fokozza. A további három hormon a nemi mirigyekre hat. Ismertetésükre a 49. leckében kerül sor.

A **hátsó lebeny** a nyélen keresztül közvetlen szöveti kapcsolatban áll a hipotalamusszal. A hormonok a hipotalamuszban termelődnek (36.4. ábra), a hátsó lebeny csak tárolja, és időszakonként a vérbe üríti a hormonokat. Ezek egyike a *vazopresszin*, amely a szervezet vizeletürítését szabályozza. Hatására a vesében lévő nefronok elvezetőcsatornáiból fokozódik a víz visszaszívása, ezáltal csökken a kiválasztott vizelet mennyisége. A hátsó lebenyben tárolt másik hormon az *oxitocin*, amelynek simaizom-összehúzó hatása van. Hatására fokozódik a szülés folyamán a méhizomzat összehúzódása, a későbbiekben pedig elősegíti az emlő tejmirigyének kiürítését.



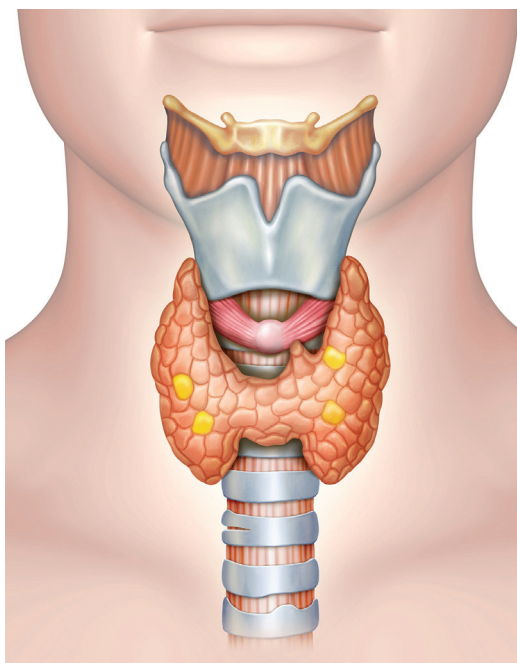
36.3. ábra. A mellékvesekéreg és az agyalapi mirigy hormontermelésének összefüggése



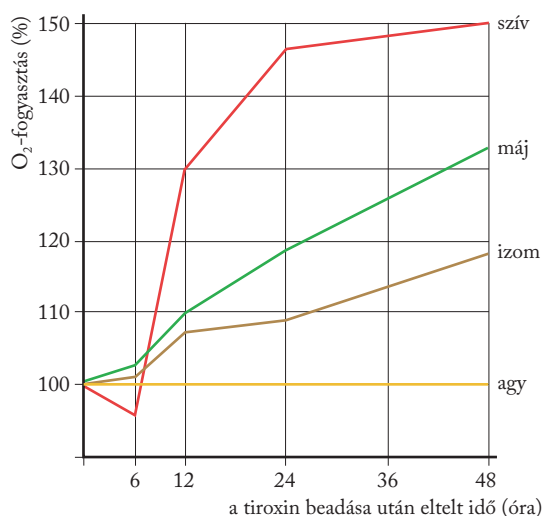
36.4. ábra. A hipotalamusz neuroszekréciós sejtjei

A pajzsmirigy

A **pajzsmirigy** a gége és a légcső előtt helyezkedik el (36.5. ábra). Több azonos hatású hormonja közül legnagyobb mennyiségben egy jódtartalmú aminosav-származék, a *tiroxin* képződik. Az előállításához szükséges jódot a táplálékkal kerül a szervezetbe, ahol rövid időn belül a pajzsmirigyben halmozódik fel, és beépül a hormonba. Az agyalapi mirigynek a pajzsmirigy működését szabályozó hormonhatása



36.5. ábra. A pajzsmirigy elhelyezkedése (az állományában sárgával jelölve a négy mellékpajzsmirigyet látjuk)



36.6. ábra. A tiroxin hatása a különböző szervek oxigénfogyasztására

negatív visszacsatoláson alapszik. Serkenti a raktározott tiroxin elválasztását a vérbe, a kelleténél magasabb hormonszint esetén viszont csökkenti a hormon ürítését. A tiroxin serkenti a lebontó folyamatokat, növeli a sejtek oxigénfogyasztását (36.6. ábra). Túltermelése viszont nagy étvágy mellett is testsúlycsökkenést okoz, mivel erőteljesen a lebontás irányába tolja az anyagcsere-folyamatok egyensúlyát. Tiroxinra van szükség az egyes szervek kifejlődéséhez és a fiatal szervezet növekedéséhez is.

A pajzsmirigy mikroszkópos vizsgálata

Anyagok és eszközök: pajzsmirigymetszet, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Tanulmányozzunk hormontermelő sejteket és a raktározott váladékot a metszetben!

- Készítsünk rajzot a látottakról!

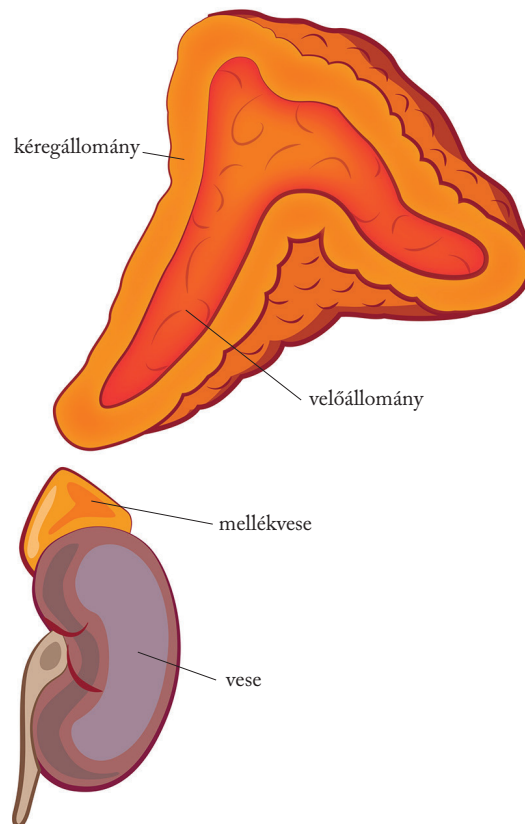
A mellékvese

A **mellékvese** a páros vesék felső csúcsán elhelyezkedő belső elválasztású mirigy. A vesével nincs semmilyen közvetlen élettani kapcsolatban. Működési szempontból két különálló része a **kéregállomány** és a **velőállomány** (36.7. ábra).

A mellékvesekéreg hormonjai szteránvázas vegyületek. Hatásuk szerint három csoportba sorolhatók, amelyeket a kéreg szövettanilag jól elkülö-

nuló rétegei termelnek. A legkülső réteg hormonjai a szervezet só- és vízháztartására hatnak. Jelenlétük fokozza a nátriumion és a víz visszaszívását a vese elvezetőcsatornáiból. Hiányuk esetén a vérből nagy mennyiségű nátriumion és víz távozik el. A középső réteg hormonjai elsősorban a szénhidrát-anyagcserét befolyásolják. Hatásukra felhalmozódnak a szénhidrátkészletek. Még a fehérjékből is szénhidrátok keletkeznek, mivel serkentik a glükózképzést. Ugyanakkor gátolják az izomsejtekben a glükóz lebontását, összességében tehát a vér cukorszintjét növelik. A mellékvese kéregállománynak harmadik rétege férfiakban és nőkben egyaránt férfi nemi hormonokat is termel, amelyek az izomgyarapodásra hatnak. Ezenkívül befolyásolják a másodlagos nemi jellegek (testalkat, testszőrzet, hang) kialakulását.

A mellékvesevelő legjelentősebb hormonja aminosav-származék, az **adrenalin**. Az adrenalin a szív és a vázizmok ereit tágítja, a tápcsatorna ereit szűkíti. Hatására fokozódik a szív működés, emelkedik a vérnyomás, a légzési frekvencia. Mindezek a változások a szervezet teljesítményét fokozzák. Különösen sok adrenalin ürül hirtelen kialakult



36.7. ábra. A vese csúcsán elhelyezkedő mellékvese és átmetszeti képe

vészhelyzet esetén. A fokozott energiaszükséglet biztosítására a májban és az izmokban glikogénből glükóz keletkezik.

A hasnyálmirigy

A hasnyálmirigy hormontermelő sejtjei az emésztőenzimeket előállító mirigyszövetben *szigetszerű foltokban* helyezkednek el (36.8. ábra). A hormon az *inzulin*, egy polipeptid, a szénhidrát-anyagcsere szabályozásának egyik anyaga (neve a hormontermelő sejtek elhelyezkedésére utal, 'insula' ugyanis latinul szigetet jelent).

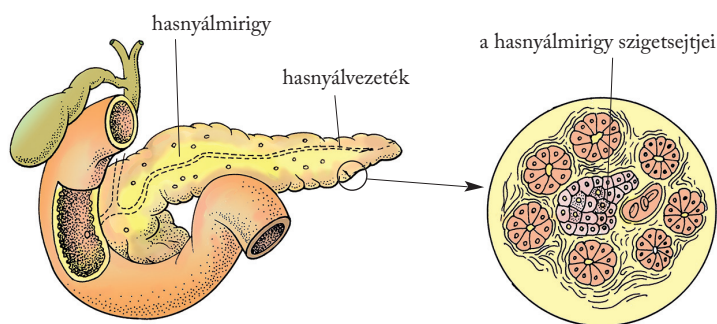
Az inzulint serkenti a vérből a glükóz felvételét, a májban a glükóz glikogénné alakítását és a zsírszövetben a zsírok szintézisét és raktározását. Ezáltal csökkenti a vércukorszintet.

Hasnyálmirigymetszet fénymikroszkópos vizsgálata

Anyagok és eszközök: hasnyálmirigymetszet, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Keressünk szigetszerűen elhelyezkedő hormontermelő sejtcsoportokat a metszetben!

● Készítsünk rajzot vagy fotót a látottakról!



36.8. ábra. A hasnyálmirigy hormontermelő szigetei

Érdeklődőknek

A mellékpajzsmirigy

1880-ban a pajzsmirigy boncolása közben, annak kötőszövetes burkán belül négy parányi testecskére figyeltek fel. Hamarosan endokrin működést tulajdonítottak nekik, mert kapcsolatot találtak a mellékpajzsmirigy és a vérplazma kalciumion-forgalma között. Kimutatták, hogy a négy testecske eltávolítását követően a vázizmokban fellépő tartós izom-összehúzódás (tetánias görcs) idején a vér kalciumionszintje drasztikus csökken. A mellékpajzsmirigy váladékából izolált anyagot *parathormon*-nak nevezték el. A hormon adagolásával a tetanusos görcsök megszűntek, és a vérplazmában a kalciumszint mennyiségének növekedését lehetett mérni. Egy másik hormont is meg kell említenünk a vér kalciumszintjének szabályozásával kapcsolatban, a pajzsmirigyben termelődő *kalcitonint*, amely csökkenti a vérplazma kalciumionszintjét.

Kérdések és feladatok

- 1 Készíts folyamatábrát egy konkrét hormonális szabályozás menetéről!
- 2 Miért nevezhető az agyalapi mirigy a hormonális szabályozás központjának?
- 3 Készíts bemutató ábrát a vércukorszint hormonális szabályozásáról!
- 4 Mely hormonok és milyen módon játszanak szerepet a vizelet végleges összetételének és mennyiségének kialakításában?
- 5 Nézz utána, mit értünk szövet hormonok alatt!

37. lecke

A hormonális szabályozás egészségtana



Az agyalapi mirigy betegségei

A növekedési hormon **túlermelődése** fiatal korban, a hosszúnövekedés befejeződése előtt, kórosan magas növekedést, *gigantizmust* (37.1. ábra) hoz létre. Ha a növekedés intenzív szakaszának befejeződése után kezdődik a túlermelődés, akkor a kezek, a lábfej, az orr és az állkapocs növekedik, kiszélesednek a fogak közti rések, nő a nyelv is. Kóros növekedés következik be néhány belső szervnél is. Ez a betegség az *akromegália*.

A növekedési hormon **hiányos termelődése** gyermekkorban *törpenövést* eredményez. Kezelés nélkül a beteg gyerekek felnőtt korukra is alacsonyabbak maradnak 140 cm-nél, intelligenciájuk nem károsodik, de a serdülőkor késik vagy teljesen elmarad számukra. A hormon hiánya ma már géntechnológiai eljárással előállított növekedési hormon adagolásával pótolható.

A hipofízis elülső lebenyében termelődő szabályozó hormonok túl magas szintje vagy hiánya a szabályozott mirigyek fokozott, illetve hiányos működésében nyilvánul meg. A hátsó lebeny hormonjainak túlermelődése vagy hiánya viszonylag ritkán fordul elő. A vazopresszin fokozott mennyisége túlságosan kevés vizelet képződéséhez vezet, ami mérgezést és súlyos elektrolitzavart okozhat létre. A hormon hiánya miatt a folyadékürítés



37.1. ábra. Gigantizmusban szenvedő beteg normál természetű rokonai körében

nagyon megemelkedik, a vizelet 6–8 liter is lehet naponta. A nagy mennyiségű vizelet képződése folyamatos szomjúságérzettel jár együtt.

A pajzsmirigy betegségei

A pajzsmirigyhormonok **hiányos termelődésnek** három oka lehet. Vagy nem képződik elegendő pajzsmirigyserkentő hormon a hipofízisben, vagy a pajzsmirigy nem képes elég hormont termelni, vagy pedig kevés jód jut a szervezetbe, és ezért nem termelődik elegendő mennyiségű tiroxin. A legtöbb esetben a hiányos működés oka a jódhány. A szükséges jódmennyiséghez általában az ivóvízzel jutunk hozzá. Régebben a jódhányos tünetek ott jelentkeztek népbetegségként, ahol a víz nem tartalmazott elég jódot. Ma már a konyhasó jódozottan kerül forgalomba, ezért a szükséges jódmennyiséghez biztosan hozzájutunk (1.4. ábra). A tiroxinhiány a fiatal szervezetekben fejlődési rendellenességet és növekedési zavart okoz. A felnőttkori hiánytüneteket az anyagcsere lelassulása kíséri, fáradékonyság, koncentrációzavar, hangulat-ingadozás és testsúlynövekedés jelentkezik.

A pajzsmirigy túlműködése esetén az anyagcsere gyorsul, a beteg sokat eszik, mégis lefogy. Nő az oxigénfelvétel és emelkedik a testhőmérséklet. Egyes esetekben a pajzsmirigy mérete megnő, a nyaktájékon golyva keletkezik (37.2. ábra), és a szem jellegzetesen kidülled. A betegség gyógyszeresen kezelhető.



37.2. ábra. Golyva

A mellékvesekéreg működési zavarai

A **mellékvesekéreg-elégtelenség** kóros állapotát leírója után *Addison-kór*nak nevezzük. A beteg lefogy, gyenge, fáradékony. Nincs étvágya, hányingere és hasmenése van, vérnyomása alacsony, ezért szédül és elájul. Előbb-utóbb súlyos fertőzések lépnek fel, amelyek akár halálosak is lehetnek. Hormonkezeléssel a betegség egyensúlyban tartható. Rendszerint a hipofízis kóros működése következtében lép fel a mellékvesekéreg-hormonok **túlermelődése**. A jelentkező kórkép a *Cushing-tünetegyüttes*, amelyre a magas vérnyomás, a szénhidrát- és fehérje-anyagcsere zavara következtében fellépő kóros elhízás a jellemző. Nőknél a túlzott mennyiségű szexuálisztteroidok miatt elférfiasodás (mély hang, erősödő testszőrzet) lép fel.

A mellékvesekéreg hormonjai (szteroidok) a szervezet felépítésére gyakorolt hatásuk következtében napjainkban mint *doppingszerek* kerültek előtérbe. Az edzés mellett a hormonhatású szerek fogyasztásával valóban gyors izomzatgyarapodás érhető el. Alkalmazásuk azonban igen súlyos következményekkel jár. Károsodik a máj, a vázrendszer és az ízületek is tönkremennek, ezenkívül súlyos zavarok lépnek fel a szexuális működésekben.

Selye János (1907–1982) (37.3. ábra) magyar származású amerikai orvos, 1936-ban mutatott rá arra, hogy ugyan a mellékvesevelő adenalinürítése **stresszhelyzetben** egy teljesítmény fokozódásával járó védekező reakció, ám egy ilyen állapot hosszú ideig nem maradhat fenn a szervezet károsodása nélkül. Tartós „vészhelyzet”, azaz folyamatos stressz esetén (idegi és fizikai erőfeszítések, megfelelési kényszerből adódó szorongás, megpróbáltatások, fokozott izgalmi állapot, pihenés nélküli hajsza stb.), nemcsak a mellékvese velő-, hanem a kéregállománya is működésbe lép, és szteroidok ürülnek a vérbe, amivel nagymértékben nő a szervezet ellenálló képessége. Elmélete szerint a stresszhatások mindig azonos



37.3. ábra. Selye János

jellegű változásokat eredményeznek a szervezetben, függetlenül attól, hogy mi volt a kiváltó oka. Ő *általános adaptációs szindrómának* (GAS, azaz general adaptation syndrome) nevezte a szervezet reakcióját, ami hosszú távon egészségkárosító hatású.

A hasnyálmirigy belső elválasztású működésének zavara

A hasnyálmirigy belső elválasztású szigeteinek **hiányos működése** *cukorbetegséget okoz*. A cukorbetegség ma a civilizált országokban népbetegség. Elterjedése összefügg a fizikai aktivitás csökkenésével, a magas energiatartalmú koncentrált ételek fogyasztásával, az elhízással.

A cukorbetegségnek két formája ismert. Az **I. típusú cukorbetegség** oka az inzulin csökkent termelése vagy az inzulintermelés teljes megszűnése. Ha van elegendő inzulin, a sejtek fő energiaforrása a glükóz. Ha viszont nincs, a sejtek energiaszükségletének fedezése csak fehérjék és zsírok lebontásából származhat. Inzulin hiányában azonban nemcsak a fehérjelebomlás gyorsul, hanem a fehérjeszintézis is csökken. A fehérjehiány gyengíti

a fertőzésekkel szembeni ellenálló képességet. Inzulin hiányában nagymértékben károsodik a zsíranyagcsere is. A sejtek cukorhiánya miatt a májban és más szövetekben a zsírsavakból olyan nagy mennyiségben keletkeznek acetyl-KoA-molekulák, amely meghaladja a szövetek kapacitását, és egy részük a májban *ketontestekké*, például acetonná alakul. A keletkező termékekből felszabaduló hidrogénionok savassá teszik a vért és a vizeletet, ennek következményeként a vesében nátrium- és káliumion-vesztés jön létre. Fokozódik a szomjúságérzet és növekszik a vizelet mennyisége.

II. típusú cukorbetegség általában 40 éves kor felett alakul ki. Háttérben az áll, hogy a szövetek inzulinra adott válasza csökkent, inzulinrezisztencia alakult ki. Ezeket a betegeket sokszor tabletta-kezeléssel is egyensúlyban lehet tartani, és csak később lesz szükségük rendszeres inzulininjekció használatára. Mivel rendkívül lassan alakul ki, gyakran csak késői szövődményei miatt derül ki a betegség. Közülük a legszembetűnőbb a látás hirtelen romlása. Más esetekben a csökkent sebgyógyulás, egyes végtagok keringésromlása, leggyakrabban a lábujjak elhalása hívhatja fel a figyelmet az addig rejtett cukorbetegségre.

Érdeklődőknek

Gyógyító szteroidok

A mellékvesekéreg-hormonok közül a szénhidrát-anyagcserét befolyásoló hormonok (glükokortikoidok) esetében egy újabb élettani hatására figyeltek fel. Észrevették, hogy a hormon a reumás jellegű ízületi gyulladásos betegeket rövid kezelés után tünetmentessé teszi. Kiderült, hogy a hatás általánosabb: megszünteti a sérülések, fertőzések következtében fellépő gyulladásokat is. A tapasztalatokat követően a glükokortikoidok terápiás használata az ötvenes évek második felében előtérbe került. Kiválóan alkalmazhatók az immun-túlérzékenységen alapuló megbetegedésekben, és szervátültetések esetén immunszuppresszorként. Ugyanakkor az immunrendszer működésének gyengítése révén lappangó fertőzések erősödhetnek fel a szervezetben szinte tünetmentesen.

Az inzulin hatásával kapcsolatos kutatások

Olvasmány



37.4. ábra. F. G. Banting

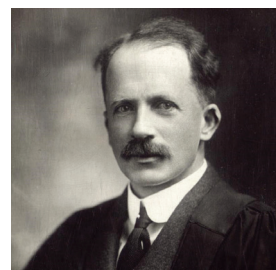
Az 1920-as évekig többen próbálkoztak az inzulin kinyerésével, eredménytelenül. Torontóban 1920-ban *Frederick Grant Banting* (1891–1941) (37.4. ábra) kanadai orvos *John James Richard MacLeod* (1876–1935) (37.5. ábra) skót származású kanadai kutatóorvossal együtt végül sikerrel járt. Munkájukat 1923-ban orvosi Nobel-díjjal jutalmazták. Banting a mai napig a kanadai tudományos élet egyik legnagyobb alakja, legismertebb személyisége. Londonban praktizált, amikor kezébe került egy német szaklapban írt publikáció, amelyben az

elkötött hasnyálmirigyek elsoványodásáról, ugyanakkor a szigetszerű sejtcsoportok elburjánzásáról számoltak be. Ez adta neki az ötletet, hogy ily módon próbáljon meg nagyobb mennyiségű szigetsejtváladékhoz, abból pedig a hormonhoz jutni.

Hazautazott Kanadába, és kutatási lehetőséget kért MacLeod laboratóriumában. A lehetőséget megkapta, sőt egy segítséget is *Charles Best* (1898–1978) (37.6. ábra) kanadai orvostanhallgató személyében. Az első biztató eredmények után már nem elkötött hasnyálmirigyű kutyákkal dolgoztak, hanem vágóhídi szarvasmarhákából és juhokból származó hasnyálmiriggyel folytatták munkájukat. Az első inzulinkészítményt ők adták be egy már kómában lévő 13 éves fiúnak. Az inzulininjekció után visszajött a kómából, és még tizennégy évig élt. Banting nemcsak kiváló kutatónak bizonyult, de önzetlen embersége – ha nem is példa nélkül álló – mindenképpen ritka a tudományos életben. Mivel Nobel-díjat csak ő és MacLeod kapott, a sajátját megosztotta Besttel. Eljárása, az inzulin savas kezeléssel való kinyerése az inzulin szintetikus előállításáig életmentő gyógyszere lett a cukorbetegeknek.



37.6. ábra. C. Best



37.5. ábra. J. J. R. MacLeod

Banting nem szabadalmaztatta az eljárást, azt szerette volna, ha mihamarabb és minél olcsóbban eljut az a rászorulókhöz szerte a világon. Tragikusan hunyt el, a második világháború elején. Európába indult egy kis repülőgéppel, amely még Kanadában lezuhant. A balesetet csak a repülőgép pilótája élte túl annak köszönhetően, hogy a szintén súlyosan sérült Banting a halála előtt még ellátta.

Kérdések és feladatok

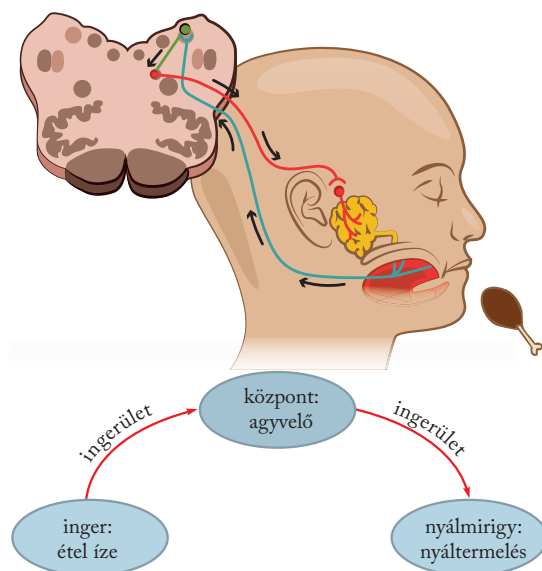
- 1 Miért léphet fel májkárosodás szteroiddopping esetén?
- 2 Mi az oka a cukorbetegség folyamatos szomjázásának?
- 3 Melyik betegségben szenvedők tüneteit mutatják a mesekönyvek hagyományos boszorkányábrázolásai?
- 4 Nézz utána és magyarázd el, hogy miért keletkezik golyva a pajzsmirigy túlműködése és a pajzsmirigy elégtelen működése esetén is!
- 5 Hasonlítsd össze az I. és a II. típusú cukorbetegséget!
- 6 Nézz utána, miért tud a növekedési hormon doppingszerként hatni!

38. lecke

Az idegi szabályozás működési elve

A reflexív

Az idegi szabályozást a szervezetben az **idegszövet** látja el. A szabályozó működés reflexek révén valósul meg. A reflex a szervezetnek a külső vagy a belső környezet változásaira – az ingerekre – adott válasza. Az ingert az érzékszervekben lévő speciális érzékelősejtek, a *receptorok* fogják fel. A receptorok egy-egy ingertípus érzékelésére specializálódtak. Bennük az inger hatására megváltozik az anyagcsere, az inger *ingerületté* alakul át és az idegrendszeri központba jut. A központ az információt érzékeli, majd választ indít útnak a végrehajtás helyére, egy szervez. A receptortól a célszervig vezető idegsejt sor a **reflexív** (38.1. ábra).



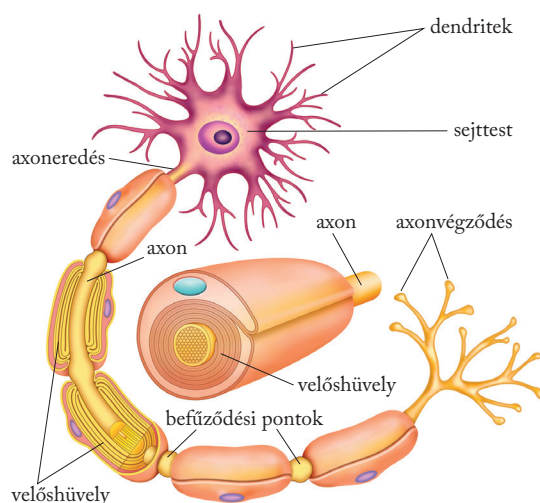
38.1. ábra. A reflexív sémája a nyáltermelés példáján bemutatva

Az idegsejt felépítése

A reflexív példáján láttuk, hogy az idegsejtek teremtenek kapcsolatot a különböző sejtek, szövetek és szervek között. Az **idegsejtek**, más néven neuronok nyúlványos sejtek (38.2. ábra). Központi, sejtmagot tartalmazó részük a *sejttest*. Rövid, gazdagon elágazó nyúlványaik a *dendrit*ek. Általában ezek veszik föl az ingert és továbbítják az ingerületet a sejttest felé. A nyúlványok másik típusa a hosszú, kevésbé elágazó *axon*, amelyből sejtenként általában egy van. Az axon a sejttest felől az axonvégződés felé vezet az ingerületet. Számos idegsejt axonjának felszínén a gliasejtek ellaposodott nyúl-

ványai többszörösen feltekeredve szigetelő réteget, *velőshüvelyt* hoznak létre. A velőshüvelyes axon neve *idegrost*. Az idegrostok sokkal gyorsabban vezetik az ingerületet, mint a csupasz axonok.

Az idegsejtek axonja rendszerint elágazó *végfáscsákában* folytatódik. A végfáscsák bunkószerűen megvastagodott részei egy másik idegsejttel, izomsejttel vagy mirigysejttel létesítenek kapcsolatot, más szóval *szinapszist*. A szinapszisban a két sejtet keskeny *szinaptikus rés* választja el egymástól. Az idegsejtek elektromos jelek formájában továbbítják az információt a szervezetben.

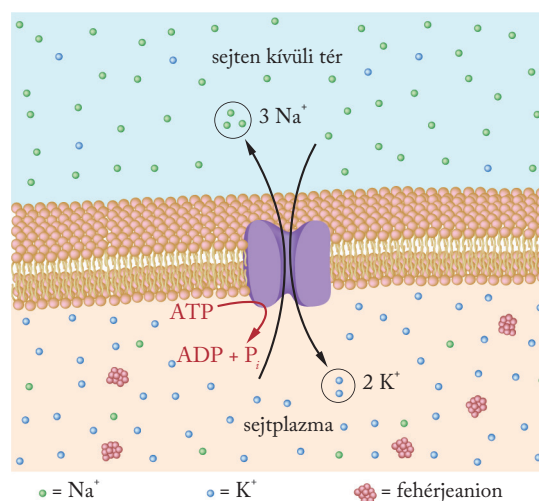


38.2. ábra. Az idegsejt felépítése

A nyugalmi potenciál

Ha egy nyugalmi állapotban lévő idegsejt sejttestén, a sejthártya két oldalán elhelyeznek egy-egy miniatűr elektródot, azt tapasztalják, hogy a membrán két oldala között millivoltban (mV) mérhető potenciálkülönbség van. A sejtben kívüli és a sejtben belüli tér között eltérő az ioneloszlás is. A sejtben belül magasabb a K^+ -ionok és alacsonyabb a Na^+ -ionok koncentrációja, mint a sejtben kívül. Az eltérő ioneloszlást a sejthártyában lévő fehérjék alakítják ki. A sejthártyában található *Na-K-pumpa* aktív transzporttal K^+ -ionokat juttat a sejt belsejébe, és helyettük Na^+ -ionokat ad le a sejtben kívüli térbe. A folyamat energiaigényét az ATP hidrolízise fedezi (38.3. ábra). A Na-K-pumpa mellett a sejthártyában Na- és K-csatornák is találhatóak. Ezek olyan membránfehérjék, amelyek keresztül Na^+ , illetve K^+ -ionok diffundálhatnak át a membránon. Nyugalmi állapotban a

Na-csatornák szorosan záródnak. A K-csatornák viszont kismértékben átjárhatóak. A koncentrációkülönbség miatt K^+ -ionok lépnek ki a sejtben belüli térből a sejtben kívüli térbe. A K^+ -ionok nagymértékű kiáramlását a sejthártya belső felszínén lévő negatív töltésű fehérjeanionok vonzóereje akadályozza meg. A fehérjeanionok méretükénél fogva nem léphetnek át a membránon. Nyugalmi állapotban tehát a sejthártya külső felszínén pozitív, belső felszínén negatív töltésű részecskék sorakoznak, más szóval a membrán polarizált. A sejthártya két oldala között mérhető potenciálkülönbséget *nyugalmi potenciálnak* nevezzük. A nyugalmi potenciál értéke kb. -90 – (-70) mV. (A nyugalmi potenciál előjele azért negatív, mert a megállapodás szerint a sejthártya belső rétegének töltésviszonyait hasonlítjuk a külsőhöz.)

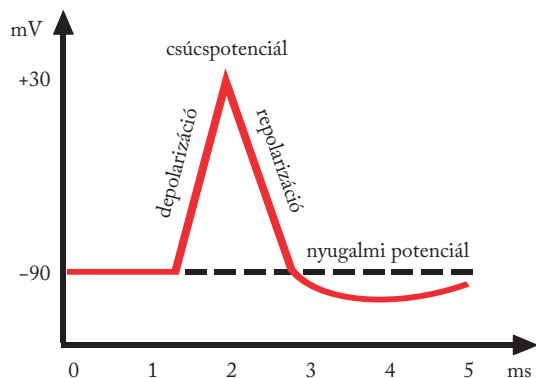


38.3. ábra. A Na-K-pumpa működése

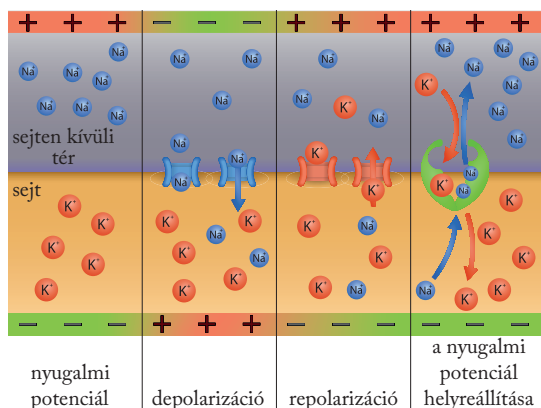
A membránfehérje nátriumionokat távolít el a sejtől, és káliumionokat szállít be. A sejtben kívüli térben magasabb a nátriumionok és alacsonyabb a káliumionok koncentrációja, mint a sejtben belül. A transzport energiaigényét ATP hidrolízise fedezi.

Az akciós potenciál

Ha a nyugalmi állapotban lévő idegsejtet inger éri, jellegzetes elektromos változás, akciós potenciál alakul ki (38.4. ábra). A folyamat kezdetén az addig zárt Na-csatornák rövid időre megnyílnak, aminek következtében nagy sebességgel Na^+ -ionok áramlanak a sejtbe passzív transzporttal (38.5. ábra). A potenciálkülönbség megszűnik, sőt rövid időre a membrán át is töltődik. Ez a folyamat a *depolarizáció*. A *csúspotenciál* (kb. $+30$ mV) kialakulásakor



38. 4. ábra. Az akciós potenciál



38. 5. ábra. Az idegsejt membránján lejátszódó változások az akciós potenciál során

A depolarizáció során a nátrium-csatornák megnyílnak. A repolarizáció idején a kálium-csatornák nyílnak, a nátrium-csatornák záródnak. A folyamat végén a Na-K-pumpa helyreállítja az ioneloszlást.

a sejthártya belső felszínén rövid időre a Na^+ -ionok kerülnek túlsúlyba. A sejthártya külső felszínén kloridionok alkotnak negatív töltésű réteget. Ezt követően a Na-csatornák bezáródnak, a K-csatornák viszont kinyílnak.

A koncentráció-viszonyoknak megfelelően K^+ -ionok áramlanak ki a sejtől. A sejthártya belső oldalán így ismét a negatív töltések kerülnek túlsúlyba. Ez a folyamat a *repolarizáció*. Az akcióspotenciál-hullám lezajlása után a K-csatornák is záródnak, a Na-K-pumpa helyreállítja az eredeti ioneloszlást, vagyis a nyugalmi potenciált. Az akciós

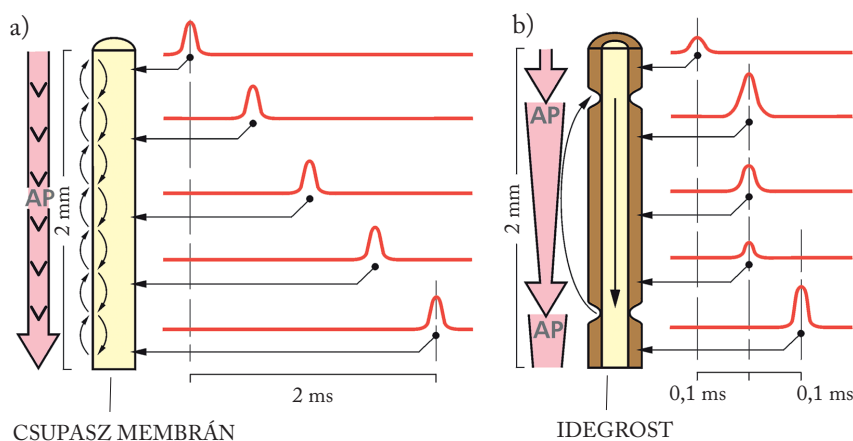
potenciál csak akkor alakul ki, ha az inger erőssége meghalad egy minimális értéket.

Az akciós potenciál rövid ideje alatt az idegsejt membránja nem ingerelhető mindaddig, amíg vissza nem áll a nyugalmi potenciál állapota.

Az ingerület terjedése

Az idegsejt membránjának egy pontján kialakuló akciós potenciál ingerli, depolarizálja a szomszédos membránterületet, ezért az ingerület továbbhalad az axonon, *akciós potenciálhullám* alakul ki. Így az axonon az egymást követő membránrészleteken kiváltott elektromos impulzusok hullámszerűen terjednek tovább az axonvégződés felé (38.6. ábra). Az ingerület a csupasz membránon folyamatosan pontról pontra halad előre, míg a velőshüvellyel rendelkező axonokon ugrásszerűen. Az ugrásszerű előrehaladásnak az az oka, hogy az axon membránja a sejt közötti térrel csak a befűződések helyén érintkezik közvetlenül, vagyis a depolarizáció csak ezeken a helyeken játszódhat le. Így a potenciálváltozás befűződésről befűződésre terjed. *Értelemszerűen ez sokkal gyorsabb ingerületvezetést eredményez.*

Az akciós potenciálhullám lefutása jellemző az adott sejtre. A különböző sejtípusok nyugalmi, illetve csúcspotenciál értéke eltérhet egymástól. A csúcspotenciál értéke nem függ az inger erősségétől. Az inger intenzitása az idegsejtről elvezetett akciós potenciálhullámok sűrűségében, vagyis frekvenciájában mutatkozik meg. Az ingerület terjedési sebessége a csupasz axonok hosszában néhány m/s, a gerincesek velőshüvelyes axonjain pedig elérheti a 120 m/s-t is.

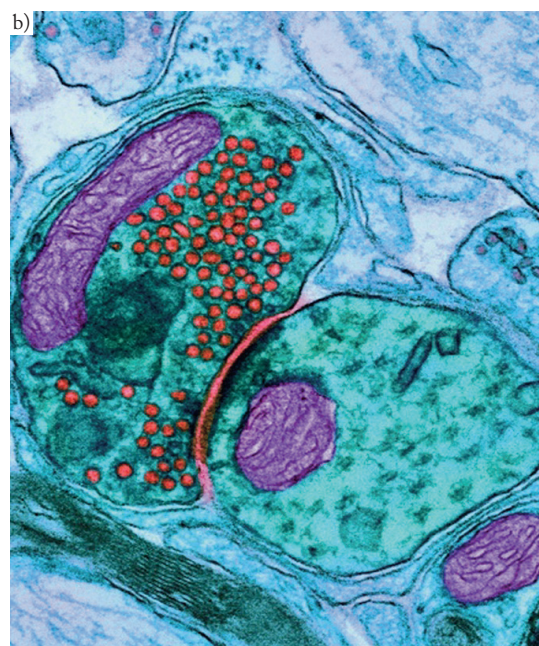
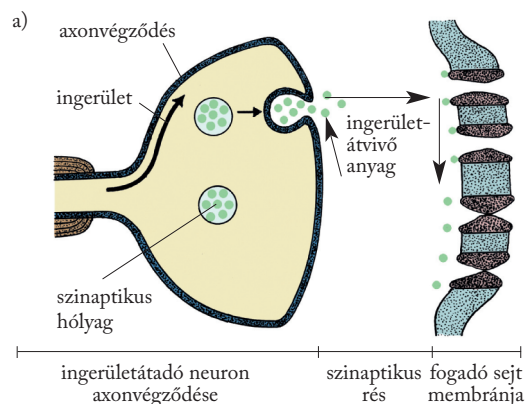


38. 6. ábra. Az ingerület vezetése csupasz membránon (a) és idegroston (b) (AP = akciós potenciál)

A szinapszis

Az ingerület elektromos impulzus formájában csak a neuronon halad akadálytalanul. A potenciálváltozás közvetlen terjedése egyik idegsejtről a másikra a sejtek közötti aránylag nagy távolság miatt már nem lehetséges. Két sejt között a **szinapszisok** szolgálnak az ingerület átadására. A két sejt között, a *szinaptikus résen* keresztül az egyik sejtről a másikra *ingerületátvivő anyagok* továbbítják az információt. Ezek a kémiai vegyületek a sejttestben termelődnek és az axonvégződésben nagy számban megfigyelhető szinaptikus hólyagocskákban tárolódnak. Az elektromos impulzus hatására a hólyagocskák a szinaptikus résbe ürítik az ingerületátvivő anyagot (38.7.ábra). Ezek hozzák ingerületbe a következő idegsejtet. Egy idegsejt számos másik idegsejttel áll szinaptikus kapcsolatban.

A szinapszisokat működésük alapján két csoportba soroljuk. Az egyik típusuk a **serkentő szinapszis**, amelyben az ingerületátvivő anyag például *noradrenalin* vagy *acetil-kolin*. Hatásukra a fogadó sejt depolarizálódik, akciós potenciál alakul ki. A szinapszisok másik típusa a **gátló szinapszis**. A központi idegrendszerben ezek fő ingerületátvivő anyaga a *γ -amino-vajsav*. Hatására megnyílnak a fogadó sejt membránjában a klorid-csatornák. A kloridionok beáramlása miatt a sejt belső felszínén több negatív ion lesz (hiperpolarizáció). A serkentő és a gátló szinapszisok egy neuronhoz kapcsolódva szükség esetén serkentik vagy gátolják egy másik idegsejten érkező ingerület érvényesülését.



38.7. ábra. Idegsejtek kapcsolódása és az ingerület átadása a szinapszison keresztül

Érdeklődőknek

Az ingerület terjedése

Az idegrostok „feladatát” az ingerület vezetésében sokáig csak egyszerű, fizikai áramvezetésnek tekintették fel. Az axiómának tűnő állítást Hermann Ludwig Helmholtz (1821–1894) német orvos és fizikus 1850-ben adta át végleg a múltnak. Hogy az axon ingerületvezetése feltehetően az ideg *biológiai működése*, közvetve már sikerült addig is bizonyítani. Például úgy, hogy hő hatására elvesztette a vezetőképességét. Abban az esetben viszont megőrizte, ha folyékony higanyba fektették, holott ilyen körülmények között a fémdrótok már nem vezették az áramot. Helmholtznak sikerült megmérnie az ingerület terjedési sebességét, amit addig kivitelezhetetlennek tartottak. Az akkor igen kedvelt vizsgálata „alanyt”, ideg-izom preparátumot használt a kísérleteihez. Azt mérte meg segítségükkel, hogy ha az ideget az izomhoz közel, majd attól mind távolabb ingerelte, hogyan nőtt meg az ingerlés és az izom összehúzódása között eltelt idő, más szóval mennyivel később következett be az izom rángása.

Az elemi idegjelenségek vizsgálata

Olvasmány

Az elemi idegjelenségek vizsgálatában áttörést az 1904-ben megalkotott galvanométer hozott. A műszerben egy ezüsttel finoman bevont kvarcszál feszült egy elektromágnes pozitív és negatív pólusa között.

Az ingerelt szövetről erre a húrra vezették az áramot, amely a mágneses pólusok között kitért. Bár továbbfejlesztett formáit még évtizedekig használták, az újabb áttörést az oszcilloszkóp megjelenése jelentette. Az oszcilloszkóp a katódsugárzás felhasználásán alapszik. Első ízben 1920-ban *Alexander Forbes* amerikai fiziológus (1882–1965) használt oszcilloszkópot az ingerületi folyamatok tanulmányozására. 1922-ben *Herbert Gasser* (1888–1963) és *Joseph Erlanger* (1874–1965), szintén amerikai professzor is alkalmazni kezdte, és egyre több pontos megfigyelés született. Részletesen tanulmányozták például az akciós potenciál lefutásának természetét. Megfigyelték, hogy az akciós potenciálok görbéje kezdetben meredeken emelkedik, majd elér egy magasságot (a „csúcspotenciált”), végül alig kisebb meredekséggel fut le. Van egy rövid ideig tartó „átcsapása” a negatív tartományba a kiinduló állapotához képest, majd az eredeti értékre áll vissza. 1925-től *Edgar Douglas Adrian* angol orvos (1889–1977), a neurofiziológia későbbi nagy alakja (orvosi Nobel-díj, 1932) béka idegizom készítményeken számos idegsejt aktivitását tanulmányozta oszcilloszkóppal. Tőle származik az a megfogalmazás, hogy az ingerületek továbbterjedése az idegrostokon az akciós potenciálok sorozatán alapszik.

Érdeklődőknek

A membránpotenciál mérése

A sejtmembrán két oldala közötti feszültség mérésére ún. mikroelektrodákat használnak. Ezek olyan vékony, kihúzott üvegkapillárisok, amelyek vége maximum 1 mikrométer átmérőjű. A két üvegcsövet elektrolittal – pl. kálium-klorid-oldattal – töltik meg. Ezután mikroszkóp alatt, ún. mikromanipulátor segítségével az egyik elektródot a sejtbe vezetik, a másikat a szövetdarabkát körülvevő oldatba helyezik. A két elektródot megfelelő erősítőberendezésen keresztül millivoltos nagyságrendű feszültséget mérő műszerrel kötik össze. Amint az elektród hegye a membránt átszúrja, a mérőműszer abban a pillanatban mutatja a potenciálváltozást.

Kezdetben a *Nitella* nemzetséghez tartozó moszatokat vizsgálták, amelyek sejtjei relatíve nagyok voltak. Igazolták, hogy a nyugalmi potenciál a növényi sejtekre is jellemző. Az állati szövetek közül ugyancsak olyan idegsejteket kerestek, amelyek az átlagosnál nagyobbak. Ezért esett a választásuk néhány lábasfejűfajra, amelyek óriás idegsejtjeinek hosszú nyúlványai alkalmasnak tűntek a vizsgálatokra. Az óriás axonok átmérője a 800 mikront is eléri, ráadásul csupasz idegrostokról van szó, azaz nem borítja őket velőshüvely. Pontos méréseik megerősítették, hogy az akciós potenciál lefutása közben nemcsak kiegyenlítődik a membrán két oldala között a töltéskülönbség, hanem átmenetileg a sejt belseje rövid időre pozitív töltésűvé válik.

Kérdések és feladatok

- 1 Ismertesd az ingerületté alakulás folyamatát!
- 2 Miért gyorsabb az ingerülettovábbítás a velőshüvellyel borított idegroston, mint a csupaszon?
- 3 Hasonlítsuk össze a membrán depolarizációjának folyamatát a repolarizáció történéseivel!
- 4 Miért nevezhető egy szinapszis két idegsejt funkcionális kapcsolatának?
- 5 Mi a jelentősége a serkentő és a gátló szinapszisok működésének? Mutassuk be egy példán!
- 6 Nézz utána, mit jelent az ingerküszöb fogalma, és mi az élettani alapja!

39. lecke

Az érzékszervek. A látás



A receptorok

Az idegrendszer a szabályozó működéséhez szükséges információkat a külső és a belső környezetből, a reflexívek kiindulópontját jelentő **érzékszettek** – **receptorok** – működése révén szerzi. Az érzékszettek az esetek többségében érzékszervekké csoportosulnak, amelyekben más egyéb sejtek is segítik a receptorok működését. A receptorsejtek egy-egy, a nekik megfelelő – **adekvát** – **ingerre** a legérzékenyebbek. Érzékszerveink a fényérzékelő szem, a hanghullámokat érzékelő fül, a kémiai érzékelést végző orr és nyelv, valamint a mechanikai és hőérzékelést végző bőr. Ezeken kívül az idegrendszeri központok az izmok feszültségéről és a belső szervek állapotáról is információkhoz jutnak.

A szem felépítése és működése

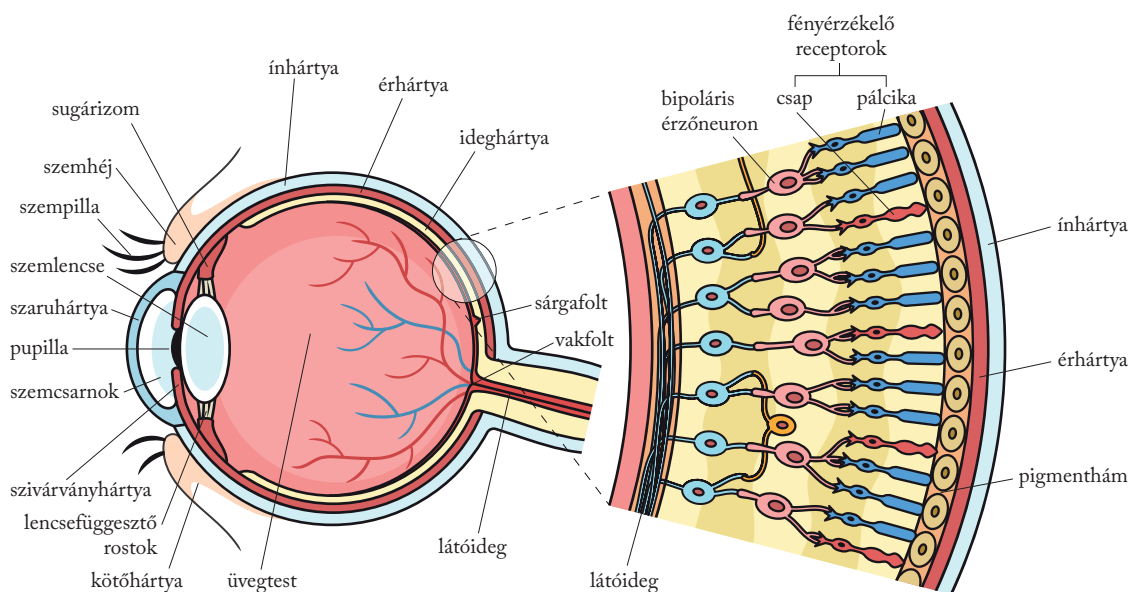
A látás érzékszerve a **szem** (39.1. ábra). Legkülső rétege a hátsó felszínét körülvevő fehér színű **ínhártya**, amely a szem elülső részén az átlátszó **szaruhártyában** folytatódik. Az ínhártya felszínéhez tapadnak a **szemmozgató izmok**. Az ínhártya és a szemüreg közti részt a visszahajló **kötőhártya** zárja le. A szaruhártyán keresztül lép be a fény a szem belsejébe. Külső felszínét állandóan nedvesen tartja a **szemhéj** rendszeres pislogása, amely a szem zugaiba torkolló **könnymirigyek** váladékát kenő szét rajta, ezzel megakadályozza a kiszáradását. Az ínhártya alatt az erekkel dúsan átszőtt **érhártya** húzódik. A benne áramló vér biztosítja a szem anyagforgalmának zavartalan ellátását. Elülső részén a **sugártest** veszi körül gyűrű alakban a **szemlencsét**, amelyhez a lencse **lencsefüggesztő rostokkal** kapcsolódik. A sugártest folytatása a lencse előtt látható **szivárványhártya**, amelynek középső kerek nyílása a fény számára utat engedő **pupilla**.

Marhaszem boncolása

Anyagok és eszközök: marhaszem, bonctál, szövettani olló, csipesz, gombostűk, fehér papír

Végrehajtás: Boncoljunk fel egy marhaszemet! Tanulmányozzuk a szem részeit, majd emeljük ki a lencsét, és mutassuk be a képalkotó képességét!

● Készítsünk rajzot a látottakról!



39.1. ábra. A szem felépítése

Vakfolt vizsgálata

Anyagok és eszközök: vakfolt kimutatására alkalmas ábra

Végrehajtás: Tartsuk a szemünk elé az ábrát, majd a bal szemünket behunyva a jobbal figyeljük a keresztet! Közben mozgassuk az ábrát a szem felé, illetve attól távolodó irányba!

- Mit tapasztalunk?
- Mérjük meg, hány centiméteres távolságból észleltük a képen a változást!

Pupillareflex vizsgálata

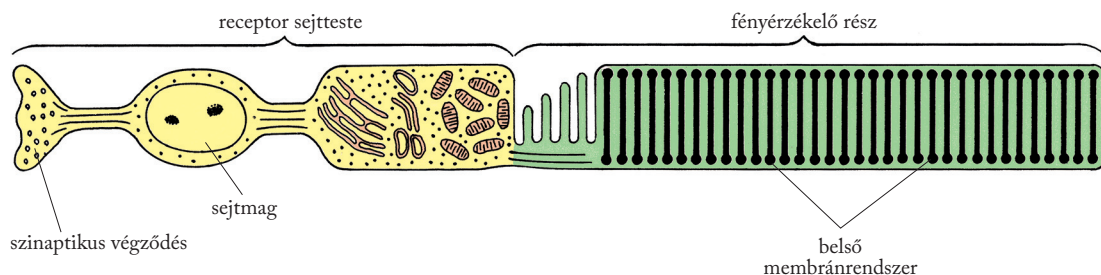
Végrehajtás: Forduljunk a társunk felé, aki a fénnel szemben foglaljon helyet, majd takarja le a jobb szemét a kezével! Néhány másodperc eltelté után vegye le a kezét!

- Mit tapasztalunk? Miért?

A szem színe a szivárványhártyában található pigmentsejtek számától függ. A fekete és a barna szemben sok, míg a zöld és a kék szem keve-



39.2. ábra. Csapok és pálcikák a retinán, valamint a pálcikasejt elektronmikroszkópos képe



39.3. ábra. A fényérzékeny receptorok felépítése

sebb pigmentsejt található. Az ingerfelvevő réteg a legbelső hártya, az *ideghártya* vagy *retina*. Az érhártyától pigmenttel teli hámsejtek választják el. A retinában találhatók a fényérzékeny receptorok – a *csapok* és a *pálcikák*, amelyek jellegzetes alakjukról kapták a nevüket (39.2. ábra) –, valamint az ingerületet elvezető érző neuronok. A csapok a legnagyobb számban a *sárgafoltban* találhatók, ez az éleslátás helye. A vakfolt az ideghártyának az a része, ahol nincsenek receptorsejtek. Ez a látóideg kilépésének a helye.

A látás folyamata

A szembe belépő **fénysugarak** a szaruhártyán megtörnek, és a szaruhártya és a szemlencse közötti *szemcsarnokot* kitöltő, víztiszta csarnokvízen haladnak keresztül. A csarnokvíz a sugártestben szűrődik ki a vérből. A pupilla kör alakú nyílása erős fény hatására összehúzódik, míg sötétben kitágul, így szabályozza a lencsére beengedett fény mennyiségét. A rugalmas szemlencse elülső és hátulsó felületén is megtörik a fény. A fénysugarakat a szem fénytörő közegei úgy törnek meg, hogy azok az üvegtesten áthaladva az ideghártya **sárgafoltján** egyesüljenek. Ez ugyanis az **éleslátás** helye. Közeli és távoli tárgyakról egyaránt érzékelhetnek fénysugarak a szembe. Távolra nézéskor a lencsefűggesztő rostok megfeszülnek, ezáltal a lencse laposabb lesz, a távoli kép az ideghártyára vetül. Közelre nézéskor a sugárizom összehúzódik, a lencsefűggesztő rostok elernyednek, a szemlencse saját rugalmasságánál fogva összeugrik, domborúbb lesz. Ezáltal a beeső fénysugarak találkozási pontja a lencséhez közelebb kerül, és a közeli tárgy képe is az ideghártyára vetül. Az ideghártyára érkező fény ingerületbe hozza a látás receptorait, a pálcikákat és a csapokat. A hosszabb, henger alakú pálcikasejtek gyenge fényben működnek, és fekete-fehér képet szolgáltatnak. A rövidebb, kúp alakú csapsejtek

erős fényben kezdik el működésüket, ezek biztosítják a színlátást. A receptorsejtek fényérzékeny részét korongszerűen egymásra épülő membránrendszer (39.3. ábra) alkotja, amelynek kettős lipidrétegébe ágyazódnak be a fényérzékeny fehérjemolekulák. Ezek a beérkező fotonok energiáját elektromos impulzussá alakítják, akciós potenciál keletkezik. A receptorokról az érzőneuronokra kerül az ingerület. Az érzőneuronoknak az ideghártyáról kivezető rostjai a látóideget alkotják, amely a látóközpont felé vezeti az ingerületet

A két szemünk tengelye nem teljesen párhuzamos, egymással szöget zár be. Ez teszi lehetővé a **térlátást**.

Térlátás vizsgálata

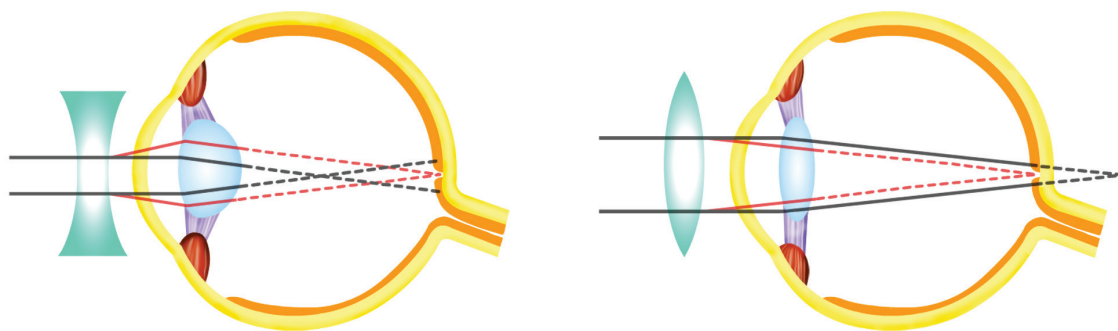
Anyagok és eszközök: szűrőállvány, szűrőkarika, kulcskarika, zsinór, ceruza

Végrehajtás: Egy szűrőállványra rögzítsünk egy szűrőkarikát! Ezt követően rövid célnaszállal kössünk a szűrőkarikára egy kulcskarikát! Takarjuk le az egyik szemünket, majd próbáljuk meg egy határozott, gyors mozdulattal a ceruzát átdugni rajta! Ismételjük meg a vizsgálatot úgy, hogy nincs egyik szemünk sem le takarva!

• *Mit tapasztalunk?*

Látáshibák

A jó látás egyik alapfeltétele feltétele a **megfelelő megvilágítás**, ami főleg finom munkánál és olvasásnál fontos. A túlságosan kevés vagy a túlságosan sok fény egyaránt ártalmas a szemnek. A szem működésére gyakran jellemzők látáshibák. **Távollátás** esetén a fénysugarak találkozási pontja az ideghártya mögé kerül, míg a **rövidlátóknál** a fénysugarak jóval az ideghártya előtt egyesülnek (39.4. ábra).



39.4. ábra. A rövidlátás és a távollátás korrekciója megfelelő lencsével

Az idős emberek többsége csak távolra lát jól, mert a szemlencse rugalmassága az életkor előrehaladtával gyengül, és a szem korlátozottan képes az alkalmazkodásra. Az ilyen látási hibák azonban már fiatal korban is előfordulhatnak. Ezeket megfelelő szemüveggel lehet korrigálni. A távollátást domború gyűjtőlencsével, míg a rövidlátást homorú szórólencsével hozzák helyre.

A számítógép monitora vagy a mobiltelefon kijelzője – különösen hosszabb időn keresztül közelről nézve – nagyon megerőltető a szem alkalmazkodó rendszere számára. Azokon a munkahelyeken, ahol számítógéppel dolgoznak, ajánlatos óránként 10 perces pihenőt tartani a káros hatások kivédésére, de a folyamatos mobiltelefonos játék vagy üzenetcsere hasonlóan fárasztó lehet.

Szembetegségek

A leggyakoribb szembetegség a *kötőhártya-gyulladás*. Ilyenkor a kötőhártya vörös lesz, megduzzad, fáj és váladékozik. Baktériumok és vírusok is okozhatják, de allergia miatt is kialakulhat.

A *szürke hályog* a lencse többé-kevésbé természetesnek mondható időskori előregedéséből

jön létre. A látás ködössé válik, a kép szétesik. Ha a látászavar már súlyos, akkor a beteg lencsét eltávolítják, és hiányát szemlencse-beültetéssel pótolják.

A *zöld hályog*, más néven *glaukóma* is többnyire a 40. életév után alakul ki. Az oka, hogy a szemgolyóban a folyadéknyomás megnövekedik, és a szaruhártya szöveteit eltolja egymástól. A beteg a fényforrások körül szírvárványos gyűrűt lát, mert szaruhártyája a rajta áthaladó fehér fényt elemeire bontja. A zöld hályog elnevezés helytelen, mert nincs a szaruhártyán hályog, és a szem sem látszik zöldnek.

Speciális látáshiba a *szürkületi vakság*. Az ilyen emberek látása szürkületkor rohamosan romlik, mert A-vitamin-hiányuk miatt szemükben kevés látóbíbor képződik. Az elváltozás a vitaminhiány megszüntetésével kezelhető.

Az *ideghártya-leválás* során az ideghártya elválk az alatta lévő rétegektől. A leválás akár a retina egész területét érintheti, ami teljes vakságot okoz. A betegségen gyógyszerekkel nem lehet segíteni, műtéttel viszont ma már gyógyítható. Az ideghártya-leválás jellegzetes tünete kezdetben a szikralátás, amelyet meghatározott irányban kialakuló függönyszerű homály követ.

A szem a lélek tükré

Azt szokták mondani: „A szem a lélek tükré.” Kétségtelenül igaz, hogy a pupilla, a szemhéjak és az egész szemtájék működése része az arc mimikának. Azonban nemcsak az érzelmi élet tükröződhet a szemén és környékén, hanem a szervezet általános állapota is. A sokat éjszakázó embernek „mélyen ül” a szeme, a súlyos betegnek „beesett” szeme van. A szemgödör és a szemhéjak duzzadása vesebetegségeken észlelhető. Még ennél is többet lehet leolvasni a szemfenék vizsgálatával. Megállapítható az egyén öregedésének foka, érrendszerének állapota, vérnyomásának szintje, cukorbetegsége, vese- vagy szívbetegsége.

Olvasmány

A szem képalkotásának tudományos vizsgálata

Olvasmány

Johannes Kepler (1571–1630) német csillagász a felépítésbeli megegyezések miatt a szem működését a camera obscura képalkotása alapján magyarázta, és helyesen értelmezte a lencse szerepét. Elképzelése szerint a tárgyak minden egyes pontjáról érkezik egy fénysugár a szembe. A retinán a kép a fizika által tárgyalt fénytani törvények alapján jön létre, a retinára kicsinyített, fordított állású valódi kép vetül. *Christoph Schneier* (1573–1650) jezsuita szerzetes kételyeit eloszlatandó erről úgy győződött meg 1619-ben, hogy egy nyílást vágott egy állat szemének a szaruhártyáján, és azon keresztül az ideghártyára vetülő képet közvetlenül figyelte meg. Azt azonban, hogy a fizikai törvényekből levonható következtetés és a megfigyelés ellenére a valóságban mégsem fordított állású képet látunk, nehezen lehetett megmagyarázni. A kicsinyített, fordított állású kép keletkezésének közvetlen bizonyítékát szolgáltatta később a Purkinje–Sanson-kép is, amelyet a cseh anatómus *Jan Purkinje* (1787–1869) és *Louis Joseph Sanson* (1790–1841) francia orvos után neveztek el. Kísérletük lényege az volt, hogy ha egy sötét szobában egy égő gyertyát helyezünk a szem elé, a szemben három kép visszatükröződését látjuk. Ebből kettő egyforma méretű és egyenes állású, a harmadik kisebb, és az állása fordított. Az egyik egyenes állású kép a szaruhártya elülső felszínéről származik. A második egyenes állású kép a szemlencse elülső felületének visszatükröződése. A harmadik kisebb, fordított állású kép a szemlencse hátulsó felületéről tükröződik vissza. Hogy mindezek ellenére miért érzékelünk egyenes állású képet, arra egy amerikai pszichológus, *George Malcolm Stratton* (1865–1957) adott magyarázatot. Egy kísérlettel egyértelműen bebizonyította, hogy az ideghártyára vetülő fordított képet az ember egyéb érzékszervei által szerzett mindennapos tapasztalatai alapján agyunk „fordítja meg” egyenes állású képpé. Stratton egy olyan szemüveget szerkesztett, amely fordított állású képet hozott létre. A kísérleti személy – aki a szemüveget még éjszakára sem vette le – mihelyst azt feltette, a környezetét balról jobbra és fentről lefelé fordítva látta. Néhány nap elteltével azonban azt tapasztalta, hogy minden a helyére került, a világ „talpra állt” körülötte. (A szemüveg levételét követően azonban minden újra megfordult, és ismét várnia kellett, amíg „talpra áll” a környezete.)

Kérdések és feladatok

- 1 Modellezd a közel- és a távollátást lencsékkel!
- 2 Készíts fehér papírra vastag hegyű fekete filctollal 2×2 cm-s négyzetekből álló hálót, és fekete papíron fehér filctollal egy ugyanilyen ábrát! Hogyan befolyásolja a különböző alap az azonos négyzethálók észlelését?
- 3 Készíts kiselőadást a színlátás különböző magyarázatairól!
- 4 Hasonlítsd össze a szürkehályog- és a zöldhályog-betegséget!
- 5 Nézz utána, mi a corneareflex!
- 6 Nézz utána a lézeres szemgyógyító technikáknak, az ideghártya-leválás vagy a szaruhártya-átültetési műtétek kapcsán!

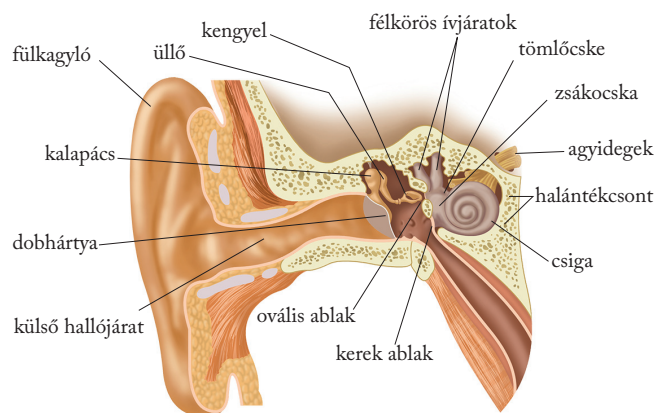
40. lecke

Hallás, egyensúlyozás. Íz-, szag- és hőérzékelés



A fül felépítése

A hallás és az egyensúlyozás érzékszerve a **fül**, részben a hanghullámok formájában érkező információk felvételére, részben a testhelyzet érzékelésére szolgál. A fül három részből áll, a **külső**, a **középső** és a **belső fülből** (40.1. ábra). A külső fül a *fülkagyló* és a *külső hallójáratból* áll. Végét a középfülhöz tartozó *dobhártya* feszes, vékony lemeze zárja le. A dobhártya mögött a középfülben helyezkednek el a *hallócsontocskák*, a *kalapács*, az *üllő* és a *kengyel*. A kalapács egyik vége közvetlenül hozzánőtt a dobhártyához, míg a másik végével ízesül az üllőhöz, az pedig a kengyelhez. A kengyel talpa a belső fül *ovális ablakához* tapad. A nyílás mögött a belső fül előcsarnokából előrefelé a hallás receptorsejtjeit tartalmazó *csiga*, hátrafelé az egyensúlyérzékelés receptorait tartalmazó *félkörös ívjáratok*, valamint a *tömlőcske* és a *zsákocska* üregei indulnak ki. A belső fül egész érzékszervrendszerét, a *labirintusszervet* folyadék tölti ki.



40.1. ábra. A fül felépítése

A hallás

A hangvezetés során a külső hallójáratban a hang által keltett **levegőrezgés** hullámai rezgésbe hozzák a dobhártyát. A dobhártya rezgését átveszik és fel is erősítik a hallócsontocskák, amelyek közül a kengyel rezgése tevődik át az ovális ablakon keresztül a belső fül csigájának folyadékrendszerére. A csiga belső ürege az egységes *alsó és felső járatra* oszlik. A felső járat felmegy a csiga csúcsáig, majd visszaérkezik az alsó járatban. Ez a csiga alapján végződik, a kerek ablak hárttyával lezárt nyílásán. A csiga járatait kitöltő folyadék a hanghullámok

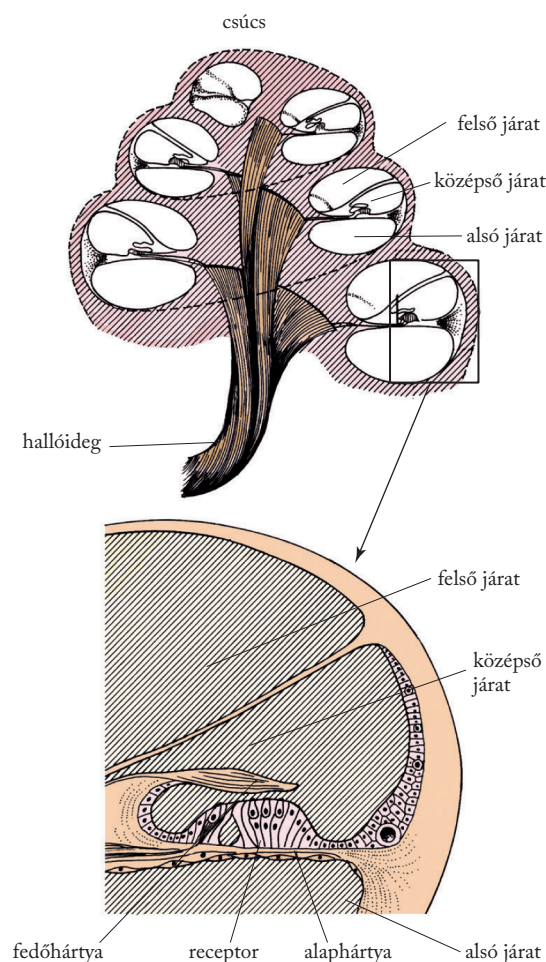
hatására rezegni kezd. A nagy rezgésszámú magas hangok rövid hullámai a folyékony közegben hamarabb lecsillapodnak, ezért a csiga alján érzékelhetők. A kis rezgésszámú mély hangok hosszú hullámai a csiga csúcsi része felé érzékelhetők. Maguk a receptorok a csiga alsó és felső járata közötti vékony hártyás falú csőben, a középső járatban helyezkednek el (40.2. ábra). A cső mindkét vége zárt. A cső alaphártyáján ülnek a receptorok, a hal-

Hangérzékelés vizsgálata

Anyagok és eszközök: hangvilla

Végrehajtás: Pendítsünk meg erőteljesen egy hangvillát, és helyezzük a fejtetőnk középvonalára! Figyeljük meg a hangját, és amikor már nem halljuk, érintsük a fogsorunkhoz! Amikor már itt sem halljuk, tegyük közel a fülünkhöz!

- Mit tapasztalunk? Magyarázzuk meg!



40.2. ábra. A hallóreceptorok elhelyezkedése a csigában



40.3. ábra. A hallóreceptorok elektronmikroszkópos képe

lősejtek vagy *szőrsejtek* a fölülük hajló fedőhártyával (40.3. ábra). A csiga folyadékának hullámzása rezgésbe hozza a cső alaphártyáját, és vele együtt a receptorsejteket is. Ez utóbbiak hozzányomódnak a fedőhártyához, és ez a mechanikai inger elektromos impulzust vált ki bennük. Az ingerület a hallás agyidegén keresztül vezetődik a hallóközpont felé.

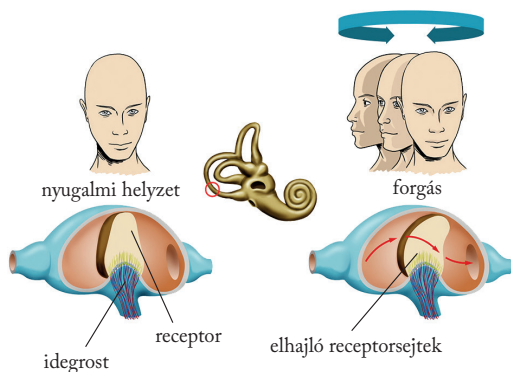
Zajártalom

Hallószervünk egészségét a **zajártalomtól** kell védenünk. A fiatal és egészséges emberi fül által érzékelhető rezgés a legmélyebb 16 Hz-től a legmagasabb 20 000 Hz-ig terjed. Ebből az átlagosan magas beszédhang 100–300 Hz között változik. A hang erősségét egy szubjektív skálával fejezhetjük ki decibelben (dB), ahol a **hallásküszöb** a 0 dB, míg az elviselhetetlenül hangos **fájdalomküszöb** 135 dB. A normális beszédhang hangössága 50 dB körüli. A hosszan tartó 70–80 dB vagy ezek feletti folyamatos hanghatás már zajártalmat okoz. Az ilyen fokú zajártalom pedig nemcsak biztos halláscsökkenést, hanem az idegrendszer tartós károsodását is előidézi. Ezért káros a folyamatosan túl hangos zene hallgatása, különösen, ha fülhallgatón keresztül szinte közvetlenül éri az erős hang a hallószerveket. Ráadásul az állandó **háttérzaj** tanulás közben elvonja a figyelmet, a közlekedés során pedig még balesetveszélyes is.

Keresd meg a 9. évfolyamos biológia-tankönyv 54. leckéjében levő decibeltáblázatot! Iskolád és lakóhelyed környékén milyen zajártalmak vannak?

Az egyensúly-érzékelés

Az **egyensúly érzékelésére szolgáló** receptorsejtek a belső fülben, a **három félkörös ívjáratban**, valamint a **tömlőcske** és **zsákocska** (40.4. ábra) két üregében találhatók. A három félkörös ívjárat a tér három síkjának megfelelően helyezkedik el. A bennük lévő receptorok a fej lassuló vagy gyorsuló mozgása miatt bekövetkező folyadék-elmozdulást érzékelik. A tömlőcskében és a zsákocskában kocsonyás állományú rétegbe ágyazva mész kristályok fekszenek, és ingerlik a receptorokat. A receptorok a nyugalomban lévő fej térbeli helyzetét érzékelik. A kiváltott ingerületet a hallás és egyensúlyozás agyidege vezeti az agyi központokba.



40.4. ábra. A három félkörös ívjárat működése

Az egyensúly-érzékelő szerv folyamatos, monoton ingerlésekor (pl. állandó forgáskor) *szédülés* lép fel, amelyet további ingerlés esetén hányinger, a vérnyomás változása, verejtékezés, elsápadás követ. Ennek az az oka, hogy a test helyzetérzékelésének agyi központja szoros kapcsolatban áll más központokkal, és tartós ingerlés hatására más központi területek is ingerületbe jönnek. A *forgó mozgás* közben a szemek ismétlődő

rángásai figyelhetők meg, amely a tekintetet álló pontokra rögzíti. A *térbeli orientációban* ugyanis nemcsak az egyensúly-érzékelő szerv működése fontos, hanem a beérkező vizuális és hallási információk is.

A bőr receptorai

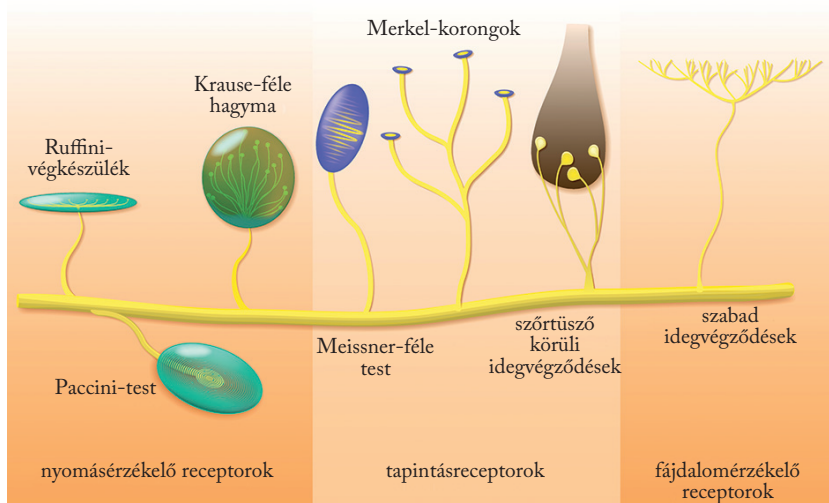
A **bőrünk** a legnagyobb felületű érzékszervünk. *Mechanikai* – tapintó, nyomásérzékelő és fájdalomérzékelő –, valamint *hőérzékelő* receptorok vannak benne (40.5. ábra). A tapintóreceptorok a bőr felszínéhez közel, a nyomásérzékelő receptorok mélyebben helyezkednek el. A *fájdalomérzékelő receptorok* szabad idegvégződéses. Adekvát ingerük nincs, minden olyan erős hatás ingerli őket, amely a szöveteket károsítja.

Az emberi hőérzékelés vizsgálata

Anyagok és eszközök: három tál (hideg, langyos, és meleg) víz

Végrehajtás: Töltsünk egy tálba hideg vizet, egy másikba langyos vizet, egy harmadikba olyan meleget, hogy a kezünk még bírja! Azután az egyik kezünket tegyük a hideg vízbe, a másikat a meleg vízbe, majd 10 másodperc elteltével egyszerre mind a kettőt a közepső, langyos vizes tálba!

• *Mit tapasztalunk? Magyarazzuk meg!*

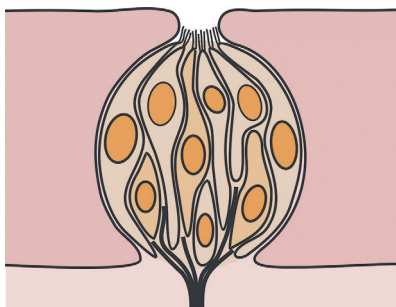


40.5. ábra. A bőr receptorai tudományos elnevezéseikkel

A hőérzékelő receptorok a külső és belső környezet hőmérsékleti viszonyairól szolgáltatnak információkat. Nem az abszolút hőmérsékletet, hanem a hőmérséklet változását érzékelik. Külön hideg- és melegérzékelő receptoraink vannak. Elhelyezkedésük nem egyenletes: például a hátunkon több a hidegreceptor, a kézfejünkön viszont több a melegreceptor.

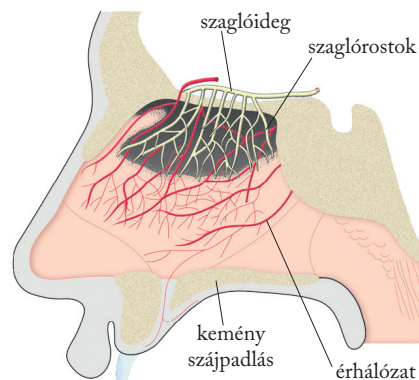
A kémiai érzékelés

A kémiai érzékelést **ízérző** és **szaglóreceptorok** végzik. Az ízérző receptoraink a nyelvünk felületén elhelyezkedő szemölcsök körül árkolt kis vázatainak a mélyén találhatók legnagyobb számban (40.6. ábra). Ezért csak oldott anyagok jutnak a felületükre. Hagyományosan négy alapízt különböztetünk meg: édes, sós, keserű, savanyú. Az ízérző receptorok csak egy-egy ízre érzékenyek. Nyelvünk minden részén érzékeljük az összes ízt, de eltérő intenzitással. Az ízek végtelen változatossága a négy alapíz kombinációjából ered.



40.6. ábra. A nyelv ízérző receptorai

A szaglás receptorai az **orrüreg** hátsó felső részén helyezkednek el **szaglóhám** formájában (40.7. ábra). Nyugodt légzésnél a levegő a szaglóhámot



40.7. ábra. A szaglóhám elhelyezkedése az orrüregben

nagyrészt elkerüli, ezért szaglaskor szippantással kell a levegőt az orrüreg felső része felé irányítanunk. A benne lévő illatanyagok a szaglóhám felületét borító nyálkatermelő sejtekben és lipidekben gazdag rétegben feloldódnak, és ingerületet váltanak ki. A folyamatosan ható szagingerék által keltett szagérzet hamarosan csökken, sőt meg is szűnik. Ennek magyarázata a receptorsejtek gyors alkalmazkodóképessége, újabb ingerként már csak más vagy erősebb szag kelt bennük ingerületet.

Egyéb receptoraink

Receptorok az *izmainkban* és az *inakban* is vannak, ezek számára az izmok állapotváltozása jelenti az ingert. Információik a testtartás és a mozgás összehangolása szempontjából nagy jelentőségűek. A *belső szervek* állapotváltozásairól is érzékejtek tájékoztatják a szervezetet. Egyesek a vér nyomását érzékelik, mások a vér kémiai összetételéről küldenek folyamatos információkat. A gyomor falában lévő receptorok a gyomor teltségét, a tüdőben lévők a levegő nyomását érzékelik.

Érdeklődőknek

A fájdalomérzet

Fájdalomérzékelő receptorok a test csaknem minden szövetében megtalálhatók. Receptorainknak nincs egyértelműen adekvát ingere, mint a többi receptornak. Idegvégződéseiket ugyanis sokféle erős ingerrel ingerületbe lehet hozni. A fájdalmat okozó ingerek általában elhárító reflexeket váltanak ki, és rendkívül erős emocionális összetevőjük van. A fájdalom kialakulásában szerepe van a korábbi tapasztalatoknak is, így megtörténhet, hogy kis intenzitású ingerek tartós és erős fájdalmat okoznak. Az izomfájdalmakat gyakran az izom elégtelen vérellátása okozza, ami bizonyos anyagok felhalmozódását váltja ki, és ez a fájdalmat közvetlenül kiváltó inger. Ilyen esetekben a vérellátás helyreállításával azonnal megszűnik a fájdalom is.

Magyar tudósok a belső fül vizsgálatában



40.8. ábra. Bárány Róbert

Az érzékszervek működésének feltárásában jelentős eredményeket értek el magyar tudósok. *Bárány Róbert* (1876–1936) orvos (40.8. ábra) a kutatásait osztrák és svéd egyetemeken végezte az egyensúlyszerv élettanával és kórtanával kapcsolatosan. Kidolgozta az egyensúlyszerv működésének vizsgálati módszereit. Tudományos munkásságáért 1914-ben Nobel-díjat kapott. *Békésy György* (1899–1972) biofizikus (40.9. ábra) a budapesti, a stockholmi, majd több amerikai egyetem professzoraként a hallási folyamatok kutatásával foglalkozott. 1961-ben Nobel-díjat kapott a fül csigájában létrejövő ingerületek fizikai mechanizmusának felfedezéséért. Kutatásaival tisztázta, hogy a hangrezgések hatására a csigában tovahaladó hullámok keletkeznek, és ezeknek a maximális kitérése meghatározott helyhez kötött. Az adott hely membránjának a rezgése pedig ingerületet kelt a hallóreceptorokban.



40.9. ábra.
Békésy György

Érdeklődőknek

Kétpontküszöb-térkép

A bőr érzékenységét a kétpontküszöb-tesztrel lehet mérni. Ennek eszköze az *eszteziométer*. A körzőszerű eszköz két hegyes végét a bőrre helyezzük, és addig közelítjük egymáshoz a tűhegyeket, amíg a két nyomást egynek nem érezzük. Ezt a minimumtávolság a kétpontküszöb.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a tömlőcske és a zsákocskó tényleges ingerforrása?
- 2 Hogyan történik a hang vezetése a külvilágtól a receptorokig?
- 3 Készíts zajskálát 0 dB-től 135 dB-ig, különböző hanghatásokból!
- 4 Modellezd a csiga frekvenciafelfogó működését!
- 5 Nézz utána, miből és hogyan épülnek fel az izomban lévő receptorok!
- 6 Nézz utána, mi az umami, és miért nevezik ötödik alapíznek!



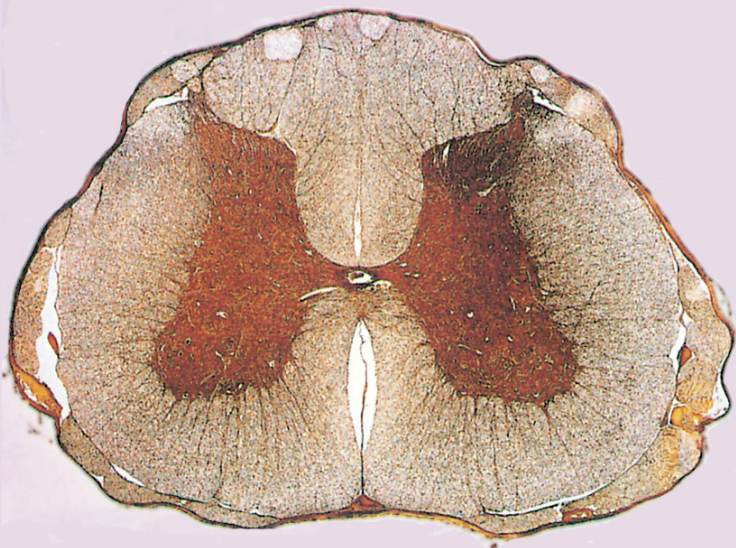
Az ember idegrendszerének felépítése

Idegrendszerünk **központi** és **környéki** részből áll. A központi idegrendszer a **gerincvelőre** és az **agyvelőre** (41.1. ábra) osztható fel, ezek folytatódólagos kapcsolatban állnak egymással. Mindkettőt háromrétegű *agyhártya* burkolja, amelyek rétegei között *agy-gerincvelői folyadék* van. Az agyfolyadék rugalmas védelmet nyújt a mechanikai hatásokkal szemben, és az idegszövet anyagcseretermékeinek a szállításában is szerepet játszik. A központi idegrendszerbe – a *reflexívek központjába* – a környéki idegrendszer közreműködésével jutnak be a receptorokból érkező információk, és a központi idegrendszer a környéki idegrendszer segítségével juttatja el a szervekhez a megfelelő válaszokat. A környéki idegrendszer idegsejtcsoportosulásokból, **dúcokból**, valamint axonok kötegeiből, **idegekből** áll. Az idegek állhatnak olyan rostokból, amelyek csak a központ felé továbbítanak ingerületet. Ezek az érzőidegek. A központból érkező választ a szervek felé továbbító kötegek a *mozgatóidegek*. Vannak mindkétféle rostot tartalmazó *kevert idegek* is.

A gerincvelő felépítése

A *gerincvelő* kisujjnyi vastagságú, a csigolyák al-kotta *gerinccsatornában* helyezkedik el (41.2. ábra). Négy területre; a nyaki, a mellkasi, az ágyéki és a keresztcsonti szakaszra tagolható. Szelvényes felépítésű, szelvényenként egy-egy, összesen **31 gerincvelői idegpár** lép ki belőle. Az idegek kevert idegek és két gyökérrel erednek.

A gerincvelő a kívül elhelyezkedő **fehérállományra** és a belül látható **szürkeállományra** különül el. A fehérállományban futnak az ideg-

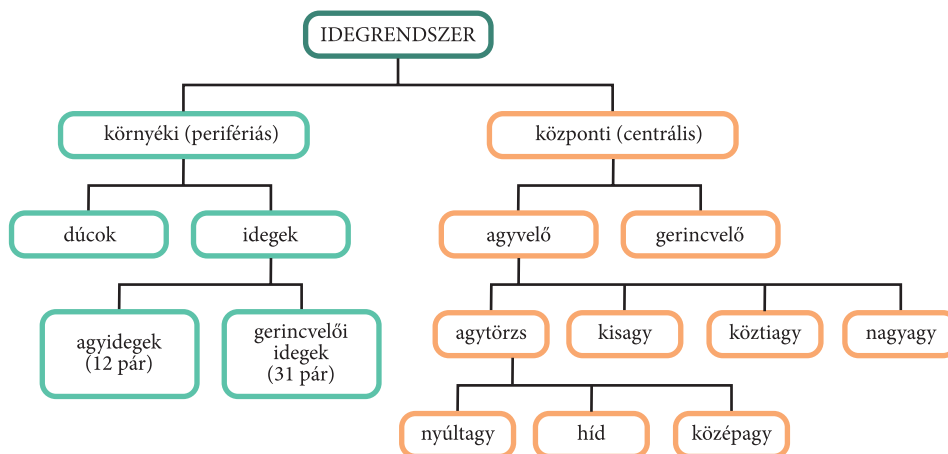


Gerincvelői metszet mikroszkópos vizsgálata

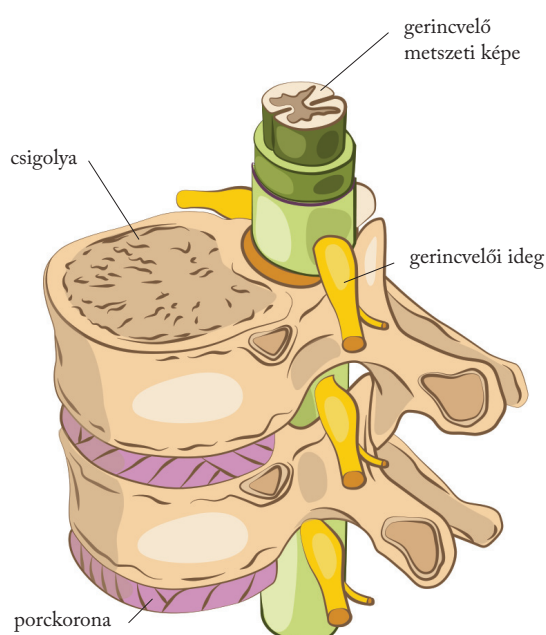
Anyagok és eszközök: gerincvelő-keresztmetszetből mikroszkópos preparátum, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Vizsgáljuk meg a preparátumot előbb kis, majd közepes nagyításon!

- Készítsünk rajzot vagy fotót a látottakról!

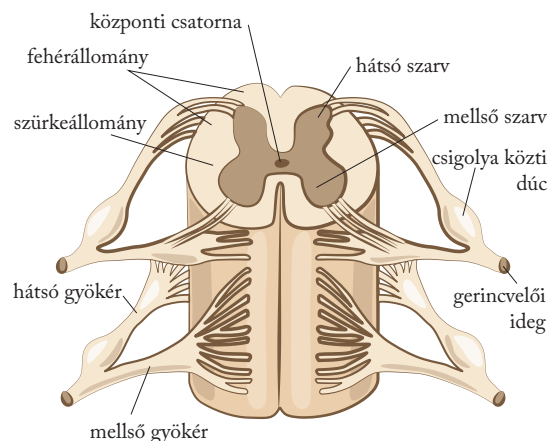


41.1. ábra. Az idegrendszer felosztása



41.2. ábra. A gerincvelői idegek gyökerei a csigolyák között

sejtek axonjai, az állomány színét az idegrostok velőshüvelyének tömege adja. A szürkeállományt az idegsejtek sejttestjei képezik. A gerincvelő keresztmetszeti képén a szürkeállomány pillangó-szerű rajzolatot mutat (41.3. ábra). Mellső, vastobb része az *előlső (mellső) szarv*, hátsó, karcsúbb része a *hátsó szarv*. A szarv elnevezés csak a keresztmetszeti képre érvényes, ezek valójában a gerincvelő egész hosszában végigfutnak. A szürkeállomány közepén húzódik az agy-gerincvelői folyadékkal teli *központi csatorna*. A mellső szarvban a *mozgatóneuronokat* találjuk, amelyek idegrostjai innen lépnek ki és viszik a központ ingerre

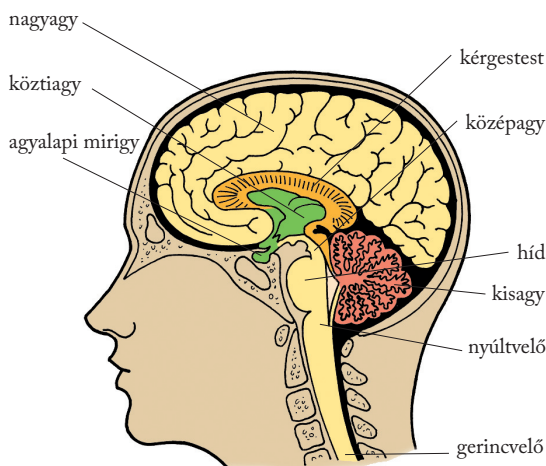


41.3. ábra. Gerincvelői szelvény a gerincvelői idegek kilépésével

adott választ a szerv felé. A hátsó szarvon át futnak be a receptorok felől érkező, érzőneuronok által továbbított információk. A két hosszú nyúlvánnyal rendelkező érzősejtek sejttestjei a hátsó gyökér idegdúcában vannak. A hátsó szarvban az idegsejtek között kapcsolatokat teremtő *interneuronokat* találjuk. A fehérállomány hátsó és mellső rostkötegekre, *pályákra* tagolódik. Az agyvelő felé ingerületeket szállító rostkötegek a *felszállópályák* vagy érzőpályák, a központból a válaszokat a szervek felé továbbítókat a *leszállópályák* vagy *mozgatópályák*. A hátsó köteg felszálló, a mellső köteg pedig leszállópályákból áll.

Az agyvelő felépítése

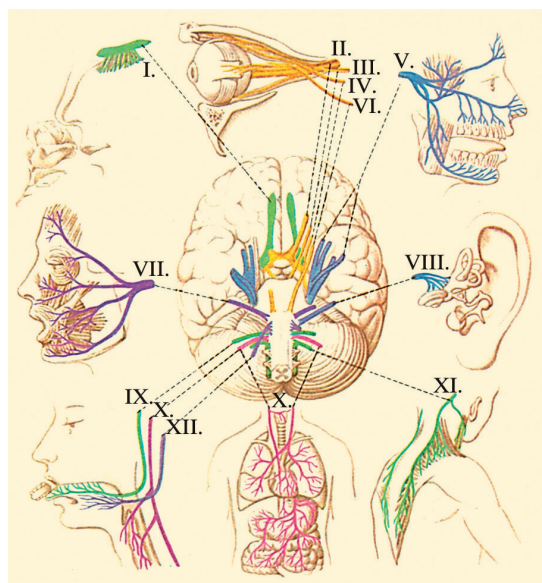
Az agyvelő *agytörzsre*, *köziagyra*, *kisagyra* és *nagyagyra* tagolódik (41.4. ábra).



41.4. ábra. A test középsíkjában kettévágott agy metszeti képe (a kérgestest a két agyféltekét kapcsolja össze)

Az agytörzs

A gerincvelő folytatása felfelé az **agytörzs**. Benne a fehérállomány és a szürkeállomány nem különül el élesen. Jellegzetessége, hogy nagy idegsejtcsoportok, *idegmagok* találhatók benne keveredve a fehérállomány rostkötegeivel, az *agytörzsi hálózatos állományt* alkotva. Az agytörzsi hálózatos állomány az egyes központok között teremt kapcsolatot, és összefüggésben van számos agyterülettel. Önálló egységei a **nyúltvelő**, a **híd**nek nevezett agyterület, és a **középagy**. A nyúltvelőben életfontosságú, a táplálkozást, a légzést és a vérkeringést szabályozó központok vannak. A híd neve arra utal, hogy rajta keresztül haladnak a különböző agyterületeket



41.5. ábra. Az agyidegek kilépési helyei az agyalapon

összekötő idegpályák. A középagyban a leszálló mozgatópályák szinapszisaiból álló fontos idegmagokat találjuk. Az agytörzsből ered 10 pár agyideg, az 1. (szagló-) és a 2. (látó-) idegek sejttestei a szaglóhámiban, illetve a retinában találhatók, nem az agytörzsben. (41. 5. ábra).

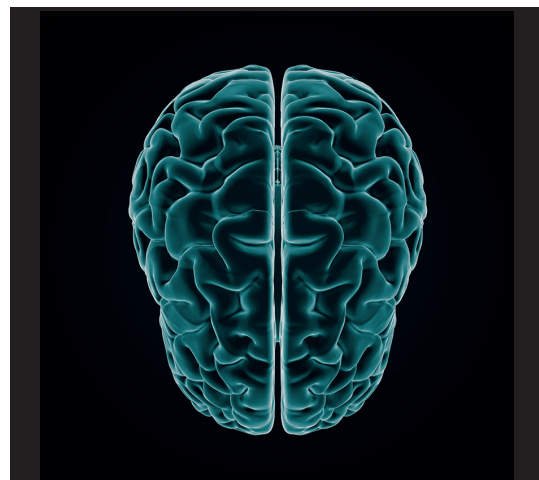
Az agytörzs felett helyezkedik el a **köztia**gy. Anatómiaiilag és működésileg tekintve is két nagy területre különül. Nagobbik része a *talamusz* területe, ez a felszállópályák átkapcsoló állomása. Innen indulnak ki az érzőpályák utolsó neuronjai a nagyagy felé. Az alatta levő *hipotalamusz* nemcsak a már ismert hormonális rendszernek, hanem az idegi működéseknek is az egyik fontos szabályozó központja. Éhségi- és jóllakottsági központot, fűtő- és hűtőközpontot, valamint a belső környezet ozmotikus állandóságáért felelős központot találunk benne.

A kisagy

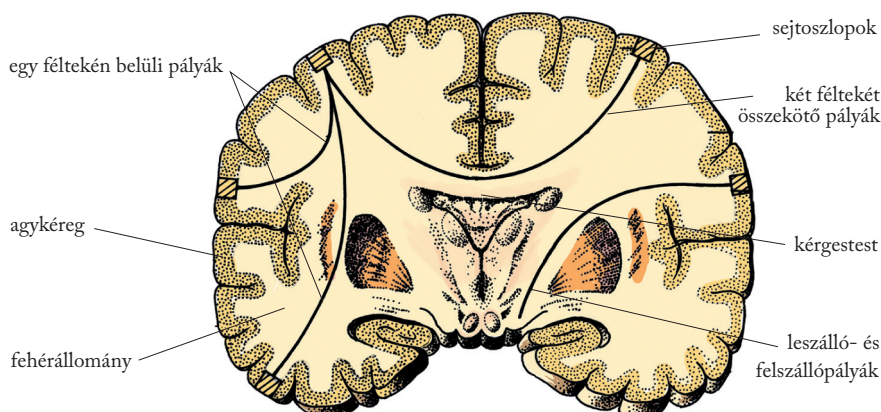
A nagyagyhoz hátul alulról kapcsolódik a **kisagy**. Két féltekéből áll. Önálló központ nincs benne, de kapcsolatban áll az agyvelő számos területével, és igen fontos a mozgások koordinációjában játszott szerepe.

A nagyagy

Az emberi agyvelő legnagyobb részét a **nagyagy** teszi ki (41.6. ábra). Jobb és bal oldali féltekére osztható, amelyeket a középvonalban hosszirányú, mély hasadék választ el egymástól. Felszínén kiemelkedő tekervényeket és ezek között bemélyedő



41.6. ábra. Az agyféltekék felülnézete



41.7. ábra. A homloksíkkal párhuzamosan kettévágott agy metszeti képe

barázdákat találunk. A koponyacsontoknak megfelelő helyzetük alapján mindkét féltekén körülhatárolható terület a *homloklebény*, a *fali lebeny*, a *nyakszirti lebeny* és a *halántéklebény*. A gerincvelővel szemben a fehérállomány a féltekék belsejét alkotja, amelyet kívülről a szürkeállomány rétege, a néhány mm vastag *agykéreg* vesz körül. A két féltekét alsó felszínükön a *kérgestest* kapcsolja egybe.

A nagyagy fehérállományában megtalálhatók az ingerületeket hozó felszálló- és a leszállópályák idegrostkötegei (41.7. ábra). Ezen jutnak fel az ingerületek az agykéreg szintjéig az ott lévő érzőközpontokba, majd onnan közbeiktatott neuronok révén a feldolgozott információnak megfelelő válasz átkerül a mozgatókéregbe, az agykéreg mozgást kiváltó központjaiba, ahonnan elindulnak lefelé az agykéregből kiinduló mozgatópályák idegrostjai. Az idegrostok egy további típusa egy féltekén be-

lül létesít összeköttetést az agykéreg különböző területei között. Ennek következményeként az agykéreg képes a különböző észlelési működéseit egymással társítani, például a látott kép és a hallott hang alapján felismerni valakit. Végül vannak olyan rostkötegek is, amelyek a két félteke szimmetrikus pontjait köti össze.

A látás információi a nyakszirtlebenybe, a hallás információi a halántéklebenybe, a szaglás információi az agy alapján lévő szaglókéregbe, az ízérzés információi a fali lebeny érzőmezőjére érkeznek.

Az agykéreg felépítésében hat egymástól jól elkülöníthető összetételű sejtréteg különböztethető meg. Működési egységei a szövettanilag egymástól el nem különíthető függőleges szerveződésű **sejtoszlopok**. Egy ilyen sejtoszlop kb. 1–3 mm magas és 0,3 mm átmérőjű hengerként fogható fel, amely mintegy 5000 neuront tartalmaz. Működésükkor egyszerre kerülnek ingerületi állapotba. A sejtoszlopok nem reflexközpontok, hanem dinamikus rendszerek, határuk nem állandó, és az egyes függőleges sejtsorok hol az egyik, hol a másik oszlophoz tartoznak az aktuális működésnek megfelelően. Teljes nyugalmi állapotban soha nincsenek.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség az ideg és az idegpálya között?
- 2 Mutasd be poszteren a nagy magyar agykutatók, Lenhossék Mihály, Szentágothai János, Somogyi Péter, Freund Tamás, Hámori József és Buzsáki György munkásságát!
- 3 Készíts kiselőadást a III., IV., VI., XII. agyideg működéséről!
- 4 Miért nevezhetjük az agykéreg működését dinamikus rendszernek?
- 5 Mit gondolsz, miért jelentett szelekciós előnyt a nagyagy tekervényes felülete?
- 6 Készíts kiselőadást az agyműködést vizsgáló képalkotó eljárásokról!

42. lecke

A szomatikus szabályozás



Az idegrendszer reflexműködései két csoportba sorolhatók, lehetnek **szomatikus** és lehetnek **vegetatív reflexek**. A kétféle reflex anatómiailag és működését tekintve is eltér egymástól.

A szomatikus szabályozás

A vázizmok mozgásának szabályozása a szomatikus idegrendszer feladata. Vázizmaink akkor húzódnak össze, ha az izommal szinapszist alkotó mozgatóneuron felől érkező ingerület átterjed az izomrostokra. A szomatikus mozgatóneuronok sejtteste az agytörzsben (fej és nyak izmai) vagy a gerincvelő mellő szarvában található. Az utóbbiakból eredő idegrostok szelvényes lefutásúak (19.2. ábra). A szomatikus reflexek központja az agytörzsben vagy a gerincvelőben található. Közismert gerincvelői reflex a *térdreflex*.

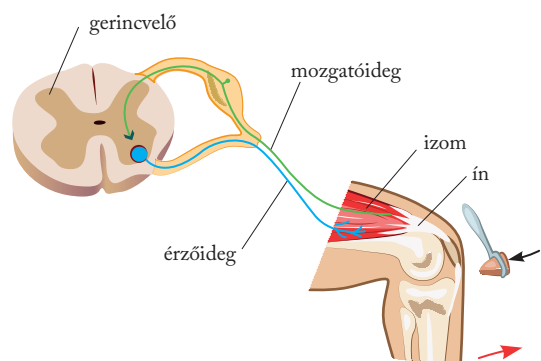
Térdreflex vizsgálata

Anyagok és eszközök: szék, vonalzó

Végrehajtás: Kérjük meg a társunkat, hogy üljön a székre, tegye keresztbe a lábát, és ellazulva lógassa! Üssünk a vonalzó élével a térd alá!

• *Mit tapasztalunk?*

A térdreflex testtartási reflex (42.1. ábra), működése megakadályozza a térd összecsuklását. Ha a térd alatt a combfeszítő izom inára ráütünk, megnyúlik a combizom. Ezt érzékeli a combizomban lévő receptor, melyről az ingerület a gerincvelői ideg hátulsó gyökerén keresztül a gerincvelő hátulsó szarvába fut. Itt az ingerület egy szinapszissal átkapcsolódik egy mozgatóidegsejtre, amelynek

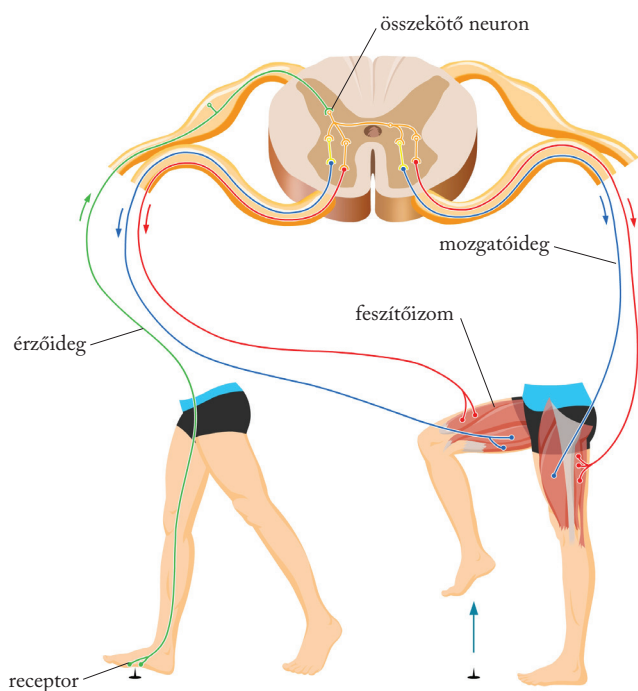


42.1. ábra. Térdreflex

rostja a mellső gyökéren kilépve a combfeszítő izomhoz fut, és összehúzódásra készíti azt, amit a láb előrelendülése igazol.

A legtöbb szomatikus reflex azonban ennél jóval összetettebb. Ha például mezítláb véletlenül egy éles kavicsra lépünk, a lábunkat felkapjuk, de nem esünk el. A lezajló reflexműködés ingere a bőrben lévő fájdalomérzékelő receptorok ingerlése. A keletkezett ingerület a megfelelő gerincvelői ideg érzőrostján megindul a központ felé (42.2. ábra). Eléri a hátsó gyökérben lévő sejttestet, majd az idegsejt a másik hosszú rostján eljut a gerincvelő hátsó szarvába, ahol átkapcsol egy interneuronra. Az interneuron viszi tovább az ingerületet a láb-szárhajlító izom mozgatóneuronjára, ezért a fájdalominger hatására felkapjuk a lábunkat. Az interneuron másik ága a gerincvelő ellenkező oldalára is továbbítja az ingerületet, aminek hatására másik lábunk izmai megfeszülnek, ezért nem esünk el. Mindeközben a fájdalomingert felfogó érzőneuron ingerülete felszálló pályán keresztül az agykéregbe is eljut, ahol tudatosul a fájdalomérzet. A térdreflex és a fent bemutatott bőreredetű reflex fontos test-tartási reflexek.

A nagyagy érzőkérgeiben, ami a fali lebeny elülső részén található, minden bőrreceptornak megvan a saját vetületi pontja. Külön képviselteti területük van a végtagoknak, a törzsnek, a fejnek



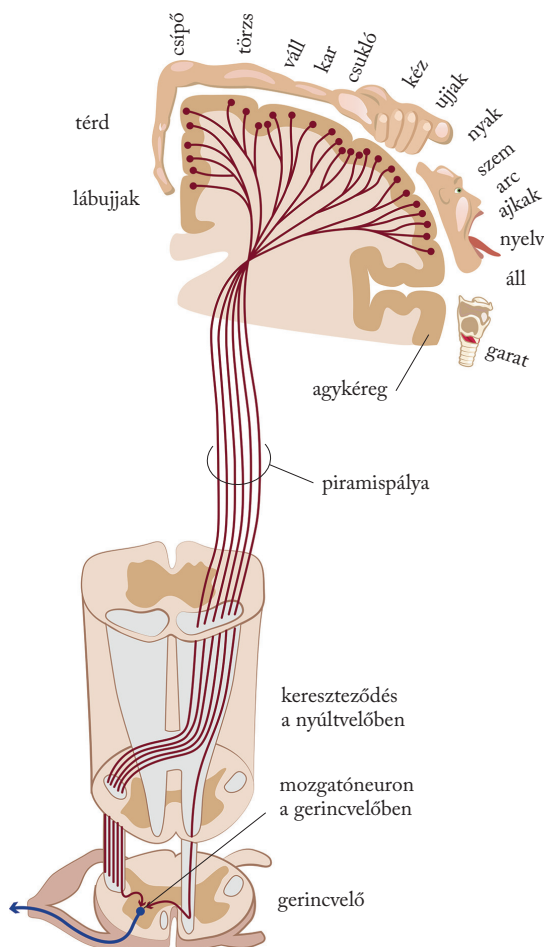
42.2. ábra. Az ellentétes hatású (keresztezett) hajlító-feszítő reflex

stb. A receptorok egyenlőtlen eloszlása miatt testünk egyes részei nem egyforma mértékben képviselték. Az érzőmező potenciálváltozásainak vizsgálatával pontról pontra fel lehetett térképezni a test érzőrészeinek érzőközpontjait.

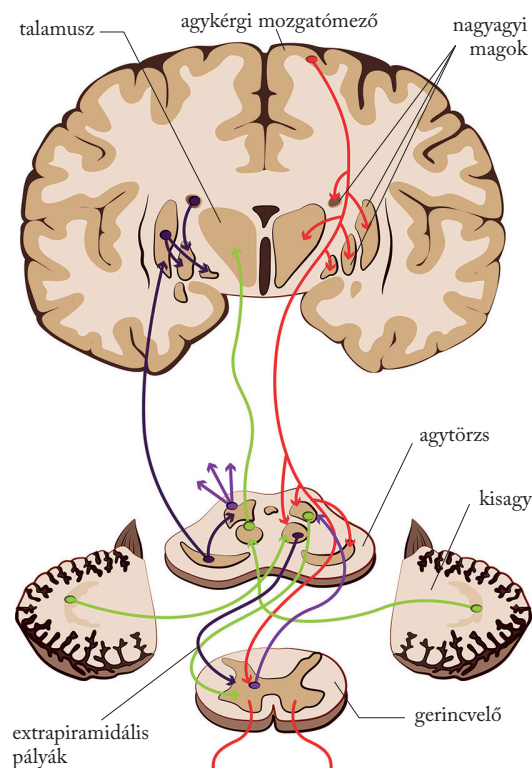
A felvázolt reflexívek a valóságban jóval bonyolultabbak. Ugyanis a központból a receptorok felé is futnak rostok, amelyek fontos szabályozók. A receptorok érzékenységét növelik, illetve csökkentik.

A szomatikus működésre jellemző még, hogy – mivel az információ feljut az agykéregbe – az ingerválaszt az akaratunkkal befolyásolni tudjuk. (Szándékosan lépek bele a hegyes kavicsba, és nem kapom fel a lábamat!)

Az agyvelő mozgatóközpontja, a **mozgatókéreg**, a homloklebeny hátsó területén helyezkedik el. Ez a kérgi terület irányítja az akaratlagos mozgásokat. Az akaratlagos mozgatóműködések szabályozásáért felelős leszálló mozgatópályák rostjai a mozgatókéreg nagy piramisneuronjából



42.3. ábra. A piramisrendszer



42.4. ábra. Az extrapiramidális rendszer

indulnak ki. Lefutásuk alapján két nagy pályarendszerre különülnek, a **piramisrendszerre** és az **extrapiramidális rendszerre**. A piramisrend-

szer pályái az agykéregből kiindulva az agytörzsön keresztül, a gerincvelő szürkeállományának elülső szarvai felé haladnak (42.3. ábra). Az agytörzs területén néhány rostja az *agyvidegek mozgatóneuronjaihoz* kapcsolódik, a rostok legtöbbje azonban a *nyúltvelőben átkereszteződik*, majd továbbhaladva a gerincvelő elülső szarvában lévő mozgatóneuronokon végződik. Ennek következtében a test jobb oldalának mozgató beidegződése a bal oldali agyfélteke felől történik. Hasonlóan ellenoldali beidegződést végez a jobb oldali agyfélteke piramispályája is. A piramisrendszer az akaratlagos mozgások irányítója, a megtanult finommozgások – pl. az írás – gyors beindítását és az ellentétes izmok összehangolt működését biztosítja.

Az ősbibb extrapiramidális rendszer (42.4. ábra) rostjai többszörös átkapcsolódás után érik el a gerincvelő mozgatóneuronjait. Ez a rendszer irányítja a már betanult automatizált mozgásokat, a durvább, nagy kiterjedésű mozgások végrehajtását, az érzelmeket tükröző, kifejező mozgásokat, és részt vesz az izomtónus szabályozásában. A piramisrendszer és az extrapiramidális rendszer működése szorosan összefonódik egymással. A piramisrendszer működése során kialakult, automatikussá vált mozgásokat a későbbiekben az extrapiramidális pályarendszer valósítja meg.

Érdeklődőknek

Az alvás szabályozása

Az alvás kérdésének tisztázásában nagy jelentőségűek voltak az alvó emberekről felvett EEG-hullámok elemzései. A nyugalomban fekvő, semmire sem összpontosított figyelme és csukott szemű felnőtt emberben az EEG-görbét többnyire az *alfa*-ritmus jellemzi. A szemek kinyitásakor a felnőttben gyors, szabálytalan, kis feszültségű EEG-aktivitás regisztrálható. Ez a jelenség az alfa-blokk. Ugyanez jön létre érzékszervek ingerlése vagy szellemi koncentráció esetén. Az agyi aktivitásnak ez a változása a deszinkronizáció, ébresztő, készenléti válasz, alapvetően az agykéreg legkülső rétegeinek terméke. A deszinkronizációt mesterséges ingerléssel és kísérleti állatokban a közepagy felett nem lehet kiváltani, csak a hálózatos állomány közepagy neuronjainak ingerlésével. Ha ez a terület megsérül, akkor az agyi deszinkronizáció nem hozható létre. Fordítva viszont: ha a specifikus érzőpályák sérülnek meg, a terület ingerlésével a deszinkronizáció kiváltható.

Mindezt az jelenti, hogy a hálózatos állomány közepagy szakaszának az agyi deszinkronizáció és az ébrenlét kialakításában nélkülözhetetlen szerepe van. Mai ismereteink szerint az alváshoz szükséges szinkronizáció három agyterület ingerlésével érhető el. Az egyik ilyen terület a hátsó hipotalamuszban és az elülső talamuszban van, ez a köztiagi alvási zóna. A másik a nyúltvelői alvási zóna, amely az agytörzsi hálózatos állomány része. A harmadik a nagyagy alapján található, ez a nagyagy alvási zónája.

Érdeklődőknek

Az alvás folyamata

Hérakleitosz szerint az alvásnak egyszerű oka van: elalszunk, ha az érzékszerveink valami miatt nem küldenek információkat a külvilágból. Valójában a magyarázata a kérdésre adott válasz elodázása. Hiszen újra feltehetjük: miért nem küldenek érzékszerveink információkat alvás közben az agyhoz? Hérakleitosz nézete korszerűbben megfogalmazva: elalszunk, ha az agykérgünk nagy részének működése gátlás alá kerül. A gátlás az ingerküszöbök megemelkedését jelenti. A fülünk nyitva van alvás közben is, ugyanúgy eljutnak a levegő rezgései a dobhártya közvetítésével a belső fülbe, ennek ellenére csak az erősebb hangra riadunk fel (csak azt halljuk meg) a magasabbra állított ingerküszöb miatt. A receptorok ingerküszöbének beállítása az aktuális helyzethez és szükségletekhez igazítva – mint láttuk – a központi idegrendszer feladata.

Merőben más nézetet vallottak azok, akik a központi idegrendszerben egy alvásközpontot feltételeztek. Nincs szó valamiféle általános gátlásról, hogy van egy központ (valahol), amely ha ingerületbe jön – megint csak az aktuális helyzetnek és a szükségleteknek megfelelően –, akkor elalszunk, ha nem jön ingerületbe, ébren vagyunk. A XIX. század közepétől sokan osztották az elképzelését, elsősorban az agytörzzsel kapcsolatos vizsgálataik eredményei miatt. Feltételezték, hogy ez az alvásközpont az agykéreg alatt lévő magokban van. Hatásukat két csoportba sorolták: az egyik megakadályozza az oda futó információk továbbítását az agykéreg felé, a másik viszont magára az agykéregre hat, gátolja a működését. Voltak, akik a középagyban és a talamuszban, mások a hipotalamuszban vélték megtalálni ezt a központot. A helyzetet bonyolította, hogy számos kísérleti eredmény (és már korábban szerzett klinikai tapasztalatok is) a nyúltvelő sérülése esetén számolt be mély álomba zuhanásról vagy éppen kómáról. Az agytörzs kapcsán említettük, hogy az agytörzsi hálózatos állományban a híd és a középagy határán találtak olyan területeket, amelyekben az agykéregre ható izgató és gátló hatású működéseket sikerült igazolni. A hipotalamusz és az alvás kapcsolatát először az 1918-as influenzajárvány (spanyolnátha) idején tételezték fel, mert a megbetegedés ugyanis krónikus aluszékonysággal járt, és az elhunytak boncolásai során a hipotalamuszban találtak elváltozásokat.

1957-ben az alváskutatók leírták a REM-alvási szakaszt, amelyet gyors szemmozgások kísérnek. Ennek ismeretében az alvásnak két típusát különböztetjük meg. A szemmozgásos REM-alvást (REM = rapid eye movement, gyors szemmozgás) és a lassú hullámú (nonREM, NREM = gyors szemmozgás nélküli) alvást. Megfigyeléseik szerint a két alvásfajta mintegy másfél óránként többé-kevésbé szabályos periódusokban váltogatja egymást. A non-REM-alvás a mély alvás, amely nagy amplitúdójú, lassú hullámok képződésével jár. A lassú hullámokat időnként gyors, alacsony feszültségű, szabálytalan EEG-hullámok váltják fel, amelyek hasonlatosak az éber agy aktivitáshullámaihoz. Ez a REM-alvási szakasz EEG-s képe. Az alvás mindig mély alvással kezdődik, majd REM-alvásba megy át. A kétféle fázis mintegy 90 percenként váltakozik egész alvás alatt, így éjszakánként 4-6 REM-alvás jön létre. A REM-alvás álomlátással jár együtt, a mély alvás nem.

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen reflexeket nevezünk szomatikus reflexeknek?
- 2 Jobb kezddel hozzáérsz egy forró lábashoz. Készítsd el a reflex vázlatos rajzát! Rajzodat lásd el feliratokkal, és jelöld az ingerület terjedésének irányát is!
- 4 Mit értünk pontszerű vetülésen?
- 5 Keress példákat automatikussá vált tanult mozgásokra!
- 6 Nézz utána, mik azok a γ -rostok!

43. lecke

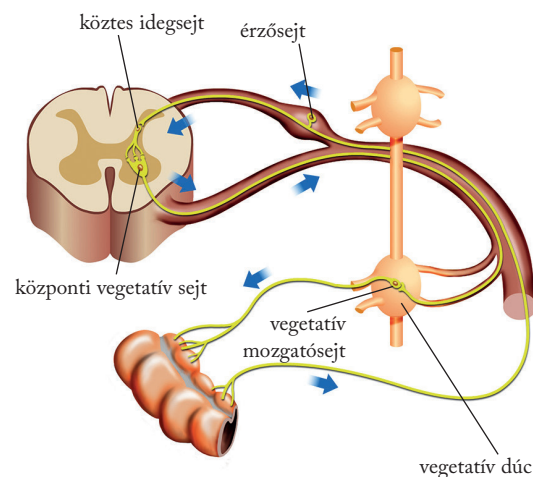
A vegetatív szabályozás



Az idegrendszer **vegetatív működése** a belső szervek reflexes szabályozását jelenti. A belső szerveinkben is vannak az állapotukról és működésükről a megfelelő idegi központokba információt küldő receptorok. Például a tüdő légúterfalának falában vagy a nagy verőerek falában nyomásérzékelő receptorok vannak, amelyek a levegő nyomását, illetve a vérnyomást érzékelik. Egyes esetekben receptorokra sincs szükség, az agyi vegetatív központ sejtjei számára az inger közvetlenül a vér összetételének változása. Például a légzőközpont sejtjei a vér szén-dioxid-szintjének egészen kis emelkedését is érzékelik, és belélegzést indítanak el. A vegetatív érzőrostok az agy- és a gerincvelői idegekben a szomatikus érző- és mozgatórostokkal együtt futnak. A vegetatív központok nem az agykéregben vannak, ezért a lezajló folyamatokról rendszerint nem szerzünk közvetlenül tudomást, és ennek megfelelően az ingerválaszokat sem tudjuk az akaratunkkal befolyásolni.

Egy **vegetatív reflexív** (43.1. ábra) érző információt szállító szakasza – ha az érzőidegeken keresztül történik –, a szomatikus reflexív érző szarával együtt fut a központba. A különbség csak annyi, hogy a receptor belső szervben található. A vegetatív központok a központi idegrendszer több területén oszlanak meg. Az olyan egyszerű reflexek, mint a megtelt húgyhólyag falának összehúzódása, gerincvelői központúak. Feljebb, a nyúltvelőben életfontosságú vegetatív központok találhatók: a szív működés, a vérkeringés, a légzés központjai, és itt van a köhögés és a tüsszentés központja is. A hipotalamusz az éhség- és jóllakottság, a fűtő- és a hűtőközpont, valamint a szervezet vízháztartásért felelős központjának helye.

A szabályozást eredményező központi válaszok



43.1. ábra. A gerincvelői vegetatív reflex

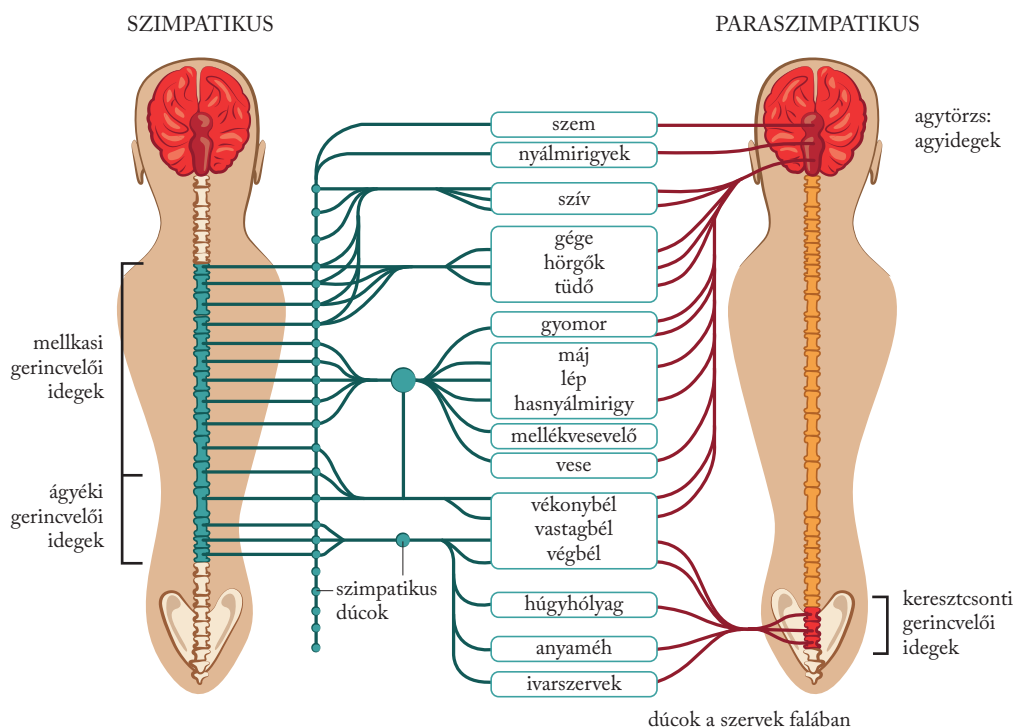
hatásai, amelyek a simaizomszövet vagy a mirigyek működésében nyilvánulnak meg, két csoportba sorolhatók: a **szimpatikus** és a **paraszimpatikus** jellegűek közé. A két hatás többnyire ellentétes. A szimpatikus hatás mozgósítja a szervezet tartalékait és fokozza a teljesítőképességét. Növeli a vérnyomást, a pulzusszámot, a perc- és a légzési térfogatot, fokozza az izmok vérellátását, ezt tapasztaljuk egy váratlan veszélyhelyzet esetén. A paraszimpatikus hatás ezzel éppen ellentétes, tartalékolja a szervezet energiáit. Minden szervünk kettős beidegzésű, szimpatikus és paraszimpatikus vegetatív rostokat egyaránt kap (43.2. ábra), amelyek átlagos körülmények között a szervezetet egyensúlyban tartják. A szervekhez futó kétféle működésű rostok a központi idegrendszert egymástól jól elkülönülő helyeken hagyják el. A szimpatikus rostok a gerincvelő mellkasi-ágyéki szakaszából kilépő gerincvelői idegekben futnak, a paraszimpatikus rostok egyes agyidegekben és a gerincvelő keresztcsonti szakaszából kilépő idegekben. További különbség még, hogy a szomatikus mozgatórostokkal szemben a vegetatív válaszokat vivő rostok útközben egy vegetatív dúcban átkapcsolnak. A szimpatikus rostok a gerincvelő két oldalán elhelyezkedő dúcsorban, a paraszimpatikus rostok pedig a beidegzett szerv falában kapcsolódnak át.

Mindig a szervezet pillanatnyi állapotától és

szükségletétől függ az, hogy melyik idegi hatás kerül éppen túlsúlyba. Például szimpatikus túlsúlyra van szükség a már említett vész helyzetben, paraszimpatikus túlsúly lesz viszont uralkodó az emberen jóllakottan, egy vasárnapi ebédet követően. Lassul a légzés, a szívritmus, elálmosodunk, a belek vérellátása azonban nő. Mivel a szervezet „szimpatikus túlsúlyba kerülését” noradrenalin okozza, a szimpatikus hatás megegyezik a mellékvese vérórállományának adrenalinhatásával, azaz mindkét szabályozórendszeren keresztül egyformán érvényesül.

A vérnyomás szabályozása

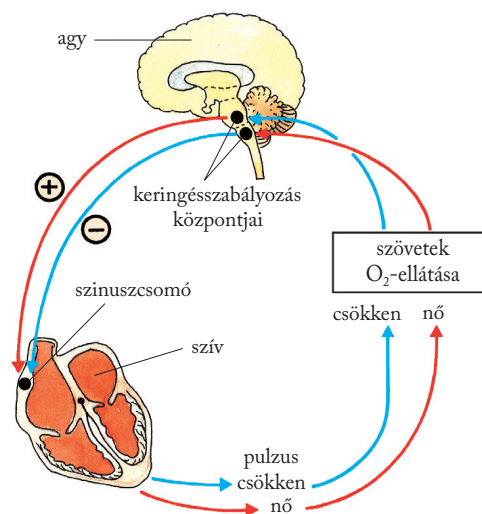
Tekintsük át a vegetatív idegrendszer működését a *vérnyomás szabályozásának* konkrét példáján! A nagyobb verőerek falában, a szívhez közel, olyan receptorok találhatók, amelyek az érfalra gyakorolt vérnyomás változását érzékelik, és bennük az ingerületet vált ki. Az ingerületet az érző-neuronok rostjai először a gerincvelőbe, majd egy átkapcsolás után a fehérállomány középső kötegeiben lévő felszálló rostok az agytörzsi központba továbbítják. Ez a nyúltvelőben helyezkedik el, és egyes neuroncsoportjai vérnyomásnövelő, mások vérnyomáscsökkentő hatásúak. Ha a keringé-



43.2. ábra. A vegetatív idegrendszer felépítése az ember szervezetében

si rendszerben a vérnyomás a normális szint fölé emelkedik, az ingerület a központ nyomáscsökkentő területére fut be. Ez a vegetatív rostokon keresztül hat a szív működés ütemére és az erek simaizomzatára. Paraszimpatikus hatás érvényesül, a szív működés lassul, az erek kitágulnak, és ez együttesen a vérnyomás csökkenéséhez vezet, és a vérnyomás visszaáll az eredeti szintre. Ha csökken a vérnyomás a keringési rendszerben, ezt a változást a nagy verőerek falában lévő nyomásreceptorok érzékelik, az inger hatására a központ leállítja a nyomáscsökkentő terület működését, aminek következtében az eddig gátlás alatt lévő nyomásnövelő terület aktivizálódik. A hatás a háti gerincvelői szakaszból kilépő szimpatikus vegetatív rostokon keresztül a mellő szarvban fut ki. A rostköteg a gerincvelő közelében lévő szimpatikus dúcláncban átkapcsol, majd a szívhez érkezik és gyorsítja a szinuszcsomó ingerületképzését, egyúttal fokozza az erek összehúzódását. Ennek eredményeként a vérnyomás emelkedik. A vege-

tatív idegrendszer tehát a szív működés ütemének és az erek tágulásának szabályozásával megfelelő szinten tartja a vérnyomást (43.3. ábra).



43.3. ábra. A keringés szabályozásának folyamata

Érdeklődőknek

A vegetatív szabályozás hierarchiája

A vegetatív szabályozás központjai hierarchikus felépítést mutatnak. A legalacsonyabb központi szint a gerincvelő. Mint láttuk, például a húgyhólyag működésének gerincvelői központja van. Erre épül rá az agytörzs a már említett vegetatív központokkal, arra pedig a köztiagy a vegetatív központjaival. A legmagasabb összehangoló szint a nagyagy ősi területe, a limbikus kéreg.

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a szomatikus és vegetatív reflexek reflexívének anatómiáját!
- 2 Nevezd meg a mozgásszabályozás reflexívének elemeit!
- 3 Nevezd meg a vérnyomás-szabályozás reflexívének elemeit!
- 4 Készíts áttekintő ábrát egy vészhelyzetben bekövetkező idegi és hormonális változásokról!
- 5 Készíts kiselőadást a X. agyideg működéséről!

44. lecke

Az idegrendszer egészségtana



Sérüléssel működészavarok

Az idegrendszer **sérüléssel megbetegedései** esetek következményeképpen alakulnak ki. Közülük az *agyrázkódást* a koponyát ért erőbehatás okozza, többnyire úgy keletkezik, hogy a koponya mozgása külső erőhatásra hirtelen lefékeződik. Gyakran alakul ki ilyenkor hányinger, hányás, fejfájás vagy szédülés. Általában csak az idegsejtek átmeneti működési zavarát okozza, nem keletkezik maradandó szövetkárosodás. A *koponyatörések* mechanikai következményeképpen fellépő agyzúzásoknak viszont halálos következménye is lehet.

A *gerincvelő sérülései* gyakran bénuláshoz vezetnek. Ezek nemcsak átmenetiek lehetnek, hanem tartósak vagy véglegesek is. Ha a sérülés a nyaki gerincvelő magasságában történik, akkor a négy végtag teljes bénulása következik be, de károsodik az emésztő- és a kiválasztó rendszer, megbénul a szexuális működés és légzészavar is kialakul. A felső háti csigolyák magasságában bekövetkező sérülés az alsó végtagok és gyakran a kiválasztó szervek bénulását okozza. Ha a sérülés ennél lejjebb történik, akkor többnyire a két alsó végtag bénul meg. A gerincvelő sérüléseit többnyire balesetek okozzák, például felelőtlen fejesugrások sekély vízbe vagy közlekedési balesetek.

Az agyi keringés működési zavarai

A köznyelv által „gutaütésnek” vagy „szélütésnek” nevezett működési zavar mögött két keringési zavar okozta betegség rejlik. Az egyik a *stroke*, az akut *agyi érkatasztrófa*, amelynek kiváltója egy a keringési rendszerben létrejött vérrög, amely az agy területére kerül, és elzárja agyi erek útját. Az oxigén- és táplálékhiány miatt működésképtelenné válnak az érintett területek, és a beteg életveszélyes állapotba kerül. Háttérben olyan kockázati tényezők állnak, mint a magas vérnyomás, a vér magas koleszterinszintje, cukorbetegség, elhízás, dohányzás. Minél több kockázati tényező együttes jelenléte áll fenn, annál nagyobb a kialakulásának a valószínűsége. Jellemző tünetei: a féloldali bénulás, nehézkessé váló beszéd, zavartság, szédülés. A másik betegség az *agyvérzés*, amely egy agyi ér elpattanását követően alakul ki. A károsodott agyi érből vér jut az agy szövetei közé, és mennyiségétől függően összenyomja azt. Tünetei megegyeznek a stroke tüneteivel. A szélütés mindkét formája

azonnali orvosi beavatkozást kíván a maradandó károsodások megelőzésére.

Az idegrendszer gyulladásos betegségei

Kiváltói baktériumok vagy vírusok, amelyet kullancsok is terjeszthetnek. Az *agyhártyagyulladás* a központi idegrendszert körülvevő hártyáknak a **gyulladásos megbetegedése**. Súlyosabb esetben szellemi károsodást okozhat vagy halálos kimenetelű is lehet. A betegség fejfájással, fényérzékenységgel, tarkómerevséggel és hányással jár, tudatzavar és eszméletvesztés is jelentkezhet. Mindenképpen kórházi kezelést igényel. Az *agyvelőgyulladás* az agyszövet gyulladása, nátha, kanyaró, rubeola- vagy mumpszvírus okozta fertőzések szövődményeként alakulhat ki. Lehet enyhe lefolyású, máskor súlyos, ilyenkor kórházi kezelésre lehet szükség. A kullancsok által terjesztett agyvelőgyulladás védőoltással megelőzhető!

A perifériás idegrendszerben *ideggyulladások* alakulhatnak ki, amelyek gyógyszeresen jól kezelhetők.

Az idegrendszer egyéb betegségei

Migrén

Rohamszerűen jelentkező *heves fejfájás*. Gyakori előjele a hányás, a fényérzékenység és a látászavar. Kialakulásának oka, hogy beszűkülnek az agyi erek, és a szövetek fellépő oxigénhiánya fájdalmat okoz. Később a verőerek kitágulása eredményezi a további fájdalmat. A migrént rendkívül sok tényező válthatja ki, a betegségek több mint 60%-ában azonban az ok pszichés jellegű.

Epilepszia

Régóta ismert betegség, rohamszerűen jelentkező görcsös roszszullétekkel jár. A roham során a beteg eszméletét veszti, megmerevedik, végtagjai ránganak. A rángások percekig is eltarthatnak, majd mély alvás következik, amelyből kábultan ébred. A rohamokat sokszor napokig tartó fejfájás, roszszullét és nyugtalanság követi. A betegséget az agyi idegsejtek kóros elektromos kisülései váltják ki, amelynek okai nem ismertek. A betegséget nem lehet megelőzni, de a betegek 50-60%-ánál meg

lehet előzni a rohamokat, 20-30%-uknál pedig lényegesen javítani lehet állapotukon.

Parkinson-kór

Időskori megbetegedés, kialakulásának fő oka, hogy az agyban egy fontos neurotranszmitter anyaggal – a dopaminnal – működő sejtek lassan és feltartóztathatatlanul tönkremennek, ezért a mozgatóközpontokból érkező ingerválaszok nem jutnak el pontosan az izmokhoz. A betegség enyhe remegéssel kezdődik, amely csak nyugalomban jelentkezik, mozgás és alvás közben megszűnik. Később a mozgások lassulása figyelhető meg, némelyik mozgás kifejezetten nehezebbre esik a betegnek. A járás apró léptűvé és csoszogóvá válik. Elmaradnak a mimikai mozgások, a beszéd monoton és értelmetlen lesz, az írás apró betűssé és olvashatatlan-ná válik. A betegség ma még nem gyógyítható, de bizonyos szinten tartható.

Alzheimer-kór

Hasonlóan öregkori megbetegedés. Eleinte emlékezetgyengeség, tájékozódási zavar, majd beszéd- és olvasási zavar alakul ki. A betegség végére a személyiség teljesen leépül. Az elváltozást olyan kóros lerakódások okozzák, amelyek megakadályozzák az idegsejtek egymás közötti kapcsolatát. Az agysejtek elhalnak, az agyszövetben megkeményedett góccok keletkeznek. A betegség okairól még ma is csak feltételezések vannak. Az első tünetek megjelenésétől a halálig mintegy 8-10 év telik el. A betegeken gyógyszeres kezeléssel csak nagyon kis mértékben lehet segíteni.

Szklerózis multiplex

A környéki idegrendszer súlyos betegsége, az idegrostok velőshüvelyének fokozatos szétesése, pusztulása miatt alakul ki. A károsodás oka ma még ismeretlen. Valószínű, hogy igen lassan ható vírusok a kórokozók. A betegség többnyire a 20. és a 40. év között kezdődik, a karok és a lábak gyengeségérzete, zsibbadásérzete, beszéd- és látászavarok alakulnak ki. Eleinte a tünetek visszafejlődnek, majd újra jelentkeznek. Később egyes tünetek visszafejlődése már elmarad, sőt a tünetek fokozódnak. A betegség nem gyógyítható, a kezelésben a gyógytornának igen nagy jelentősége van.

A sokk

Általában traumatikus okok váltják ki. A szimpatikus idegrendszer szélsőséges reakciója eredmé-

nyeképpen a bélcsatorna kivételével a szervezet hajszálerei oly mértékben nyílnak meg, hogy a rendelkezésre álló 5 liter vérmennyiség egyszerre és egy időben nem képes a szervek vérrellátásának biztosítására. Ennek következtében életfontosságú

szervek sejtjei kerülhetnek oxigén- és táplálékhiányos állapotba. (Az ember mintegy elvérzik a saját keringési rendszerében.) Az időben érkező orvosi segítség az irreverzibilis változásokat megakadályozhatja.

Érdeklődőknek

Agysérülés és személyiségzavar

1848-ban John Martyn Harlow (1819–1907) amerikai orvos ismertette Phineas Gage (1823–1860) vasútépítő mérnök balesetét. Az akkor 25 éves férfi egy szikla robbantásához készülődött, amikor a robbantószerkezet idő előtt működésbe lépett. A detonáció következtében egy hegyes végű, 6 cm átmérőjű vasrúd mintegy 25 méterről repülve a hegyes végével 30 cm mélyen a férfi fejébe fúródott. A balesetet követően a férfi néhány perc múlva beszélt, sőt saját lábán ment a kocsihoz, amely hazavitte, majd orvosi ellátásban részesült. Válságos állapotában tíz nap múlva fordulat következett be, és javulni kezdett. Október elején felkelt, a hónap végén már sétált, és novemberre gyakorlatilag panaszmentes volt. Harlow a vascső behatolási iránya alapján feltételezte, hogy az agy bal frontális lebenye szenvedett súlyos károsodást, a jobb azonban épen maradt. Az orvos nyomon követte a beteg sorsát, és azt tapasztalta, hogy a személyiségében változások következtek be (pl. erőszakosabbá vált). Mint ahogyan a beteg halálát követően a második publikációjában 1868-ban megfogalmazta, egyértelmű kapcsolatot vélte felfedezni a homloklebeny és a személyiségjegyek kialakítása vagy kialakulása között.

Kérdések és feladatok

- 1 Miért lehet veszélyes a koponyaalapi törés?
- 2 Hasonlítsd össze a stroke-ot az agyvérzéssel!
- 3 Készíts kiselőadást a perifériás idegrendszer gyakori, nagy fájdalommal járó megbetegedése(ei)ről (isiász, lumbágó, idegzsába)!
- 4 Nézz utána, hogy pontosan mi is a kóma!

45. lecke

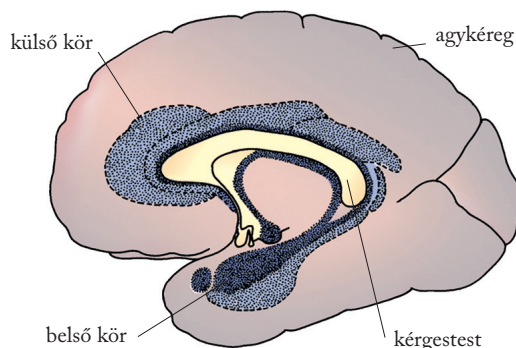
Az emberi viselkedés biológiai alapjai



A receptorok által a külvilágból felvett információk túlnyomó többsége az idegrendszer legfelsőbb szintjére, az agykéregbe jut. Az információkat az agykéreg hatalmas neuronhálózata feldolgozza, tárolja és szükség esetén felidézi. Az érzőinformációk itt válnak érzéklenné, és a válaszadásra rendeződő mozgatóinformációk is innen indulnak ki. Az agykéregben végbemenő **legmagasabb rendű agyműködés** központi szerepet játszik az ember **magatartásának megszervezésében**, szabályozásában.

A limbikus kéreg

A nagyagyféltekék köztiagyból való kiindulási helyét gyűrűszerűen körülvevő területet az agykéreg szélső, más néven *limbikus* része alkotja, amely működés közben szoros kapcsolatban áll számos kéreg alatti neuroncsoporttal és a köztiagy egyes területeivel is. Az agynak ezeket a részeit együttesen **limbikus rendszernek** nevezzük (45.1. ábra). A rendszer működése alapján két fő részre tagolható. A limbikus rendszer *külső köre* a vegetatív idegrendszer legfelsőbb szintű irányítóközpontja. A külső kör másik alapvető működése a magatartás érzelmi reakcióinak szabályozása. A fájdalom, az öröm, a félelem, a düh a külső kör konkrét területeihez kötődnek. A megfelelő terület ingerlése az egyénben kellemes vagy kellemetlen érzelmi állapotot vált ki. Mindkét érzelmi állapot cselekvésre készítet, amely a kellemes érzelmi állapot megszerzésére, illetve a kellemetlen állapot elkerülésére irányul. A limbikus rendszer belső köre döntően közrejátsszik abban, hogy az idegrendszer hogyan rögzítse az ember számára a lényeges események emléknymait, legyen képes *tanulásra*, a tanultakat pedig képes legyen felidézni, *emlékezzen*!



45.1. ábra. A limbikus rendszer elhelyezkedése az emberi agyban

Az emlékezés

A nagyagyféltekék kérgében lejátszódó legmagasabb rendű agyműködés szerkezeti alapját, például a memóriát, az **agykéreg** oszlopos felépítése képezi. Az agykéregben ily módon kialakult neuroncsoportok reagálnak a beérkező információkra. Az eltérő neuron-összetételű, de azonos működésű idegsejtoszlopok közül egyesek csak ritkán, mások nagyon sok alkalommal újra és újra ingerületbe kerülnek. A sokszor ingerelt csoportokban **maradandó szinaptikus változások** jönnek létre, az információ tárolódik bennük, ez a hosszú távú memória alapja. Még a legegyszerűbb emlék tárolása is több százezer sejt valamilyen kombinációjához rögzül. Az agykéregben rögzülő emlékezeti anyag a *külső környezet belső megjelenítésének* fogható fel. Ezt úgy tekinthetjük, mint egy olyan modellt, amely az agyunkban a környezet leglényegesebb vonásait tükrözi. A modell nemcsak a külső környezet bizonyos vonásainak emléknymait tartalmazza, hanem a *magatartásra vonatkozó* utasításokat is. A legfejlettebb majmokban és az emberben már maga a modellező is megjelenik, vagyis kialakul az **éntudat** (45.2. ábra).



45.2. ábra. Az ember éntudattal rendelkezik

A rövid távú memória kis mennyiségű információ – pl. egy telefonszám, könyvcím, név – stb. rövid ideig történő tárolására képes rendszer. Az információk ismétlést, gyakorlást követően kerülnek át a rövid távú memóriából, a hosszú távúba. Gyakorlás hiányában az információ elfelejtődik.

A szocializáció

Az ember evolúciója során *biológiai lényből társadalmi lény*é vált. Ezt a folyamatot **szocializációnak** nevezzük. Ennek során alakultak ki az embernek azok a genetikusan rögzült viselkedési sajátosságai, amelyek képessé teszik a társadalmi együttélésre, a szociális beilleszkedésre.

Beszéd, nyelv, kultúra

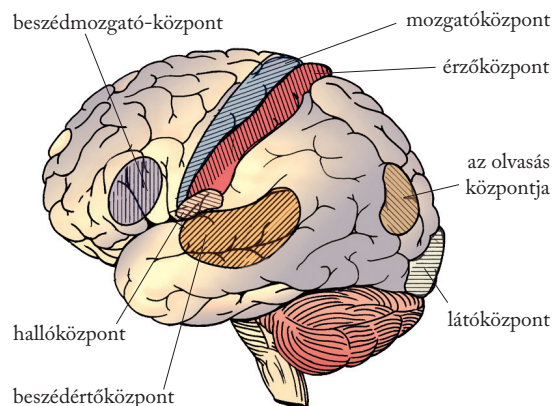
Kommunikáció nélkül társas kapcsolatok nem alakulhatnak ki. Már az állatvilágban is megfigyelhetjük a kommunikáció számos formáját. Az emberi kommunikáció a beszédre épül, kommunikációs jelként annak képi megjelenítését, az írást, valamint ősi hagyatékként számos metakommunikációs jelet is használ.

A **beszéd** élettani folyamat. Részint hangképzési, mivel a tüdőből kiáramló levegő a hangszalagok, a nyelv, a fogak és az ajkak állása szerint más-más módon rezeg, így jönnek létre a különböző beszédhangok. Részint hallási, mivel a levegő hangrezgéseit a fülünkkel fogjuk fel. Legfőképpen azonban idegrendszeri, hiszen a hangok kiadásának és megértésének alapja a legmagasabb rendű idegi tevékenység. A nagyagy halántéklebenyében külön terület található a beszéd megértésére, a homloklebenyben pedig a beszéd végrehajtására (45.3. ábra). A nyelv segítségével tehát az egyik ember jeleket küld a másik embernek, aki azokat felfogja és feldolgozza. A jel valamilyen tartalmat hordoz, de jelentése csak abban a pillanatban lesz, amikor a másik ember a jelet megértette. A nyelv tehát jelrendszer. Segítségével kialakult az emberi agyra jellemző különleges modellezőképeség, az *elvont gondolkodás*. Használhatósága pedig abban van, hogy egy adott nép tagjai számára ugyanaz a jel ugyanazt jelenti. Ezért értik meg egymást.

A **nyelv** társas tevékenység. A beszélő agyában van valamilyen gondolat – gondolati kép –, amelyet szeretne átültetni a másik ember agyába. Az átültetés

érdekében a gondolati képeket részekre bontja, és ezekből mondatokat formál. A másik ember a hallott mondatokat visszafordítja gondolati képpé, beilleszti eddigi ismereteinek rendjébe, és így az ő agyában is felépül egy nagyjából ugyanolyan kép, mint amelyet a beszélő is lát magában.

Az **emberi kultúra** elválaszthatatlan a nyelvtől. A nyelv segítségével megőrizhető és továbbadható az ismeret. Amikor valaki elsajátította az anyanyelvét – megtanult beszélni –, akkor kora és társadalma kultúrájának egy részét is megtanulta. Az emberi magatartásnak tehát megvannak a biológiai alapjai, de kialakulásában a társadalmi tényezők a meghatározók.



45.3. ábra. Az ember főbb agykérgi központjai

Hippokratész viselkedéstípusai

Hippokratész az embereket aszerint, hogy adott szituációkban hogyan viselkednek, „természetük szerint” négy csoportba – flegmatikus, szangvinikus, melankolikus és kolerikus típusba – sorolta, azaz a viselkedésüket alapvetően (ma azt mondanánk, genetikusan) meghatározottnak gondolta. A flegmatikus (a görög eredetű phlegma = nyálka szóból) viselkedése az érzelmileg mérsékelt reakciókkal, a lelkesedés hiányával, a változtatásoktól való idegenkedéssel írható le, tevékenységeiben viszont kitartó. A szangvinikusra (a görög sanquis = vér alapján) a lelkesedés, az érzelmek és indulatok könnyű felkelthetősége, egyben mulékonyságuk, a viselkedés gyors változékonysága jellemző. A melankolikus (a görög melanin = sötét és cohle = epe szó összevonásából) nyomott kedélyállapotú, lassan és nehézkesen tevékenykedik. A kolerikus magatartást (a görög cohle = epe szóból) a heves megnyilvánulások, az erőteljes érzelmek határozzák meg.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Keress olyan hangokat, amelyeket az anyanyelvünk nem használ! Mit bizonyít az, hogy alkalmazunk vagyunk a képzésükre?
- 2 Tarts ki előadást az emberi memória típusairól!
- 3 Sorold fel az állatok viselkedése kapcsán már megismert tanulási folyamatokat! Keress rájuk példákat az emberi viselkedésben!
- 4 Hasonlítsd össze az altruizmus és az önzetlenség fogalmát!
- 5 Mit gondolsz, az ember által alkotott társadalmi törvények felülírhatják a természet törvényeit?

46. lecke

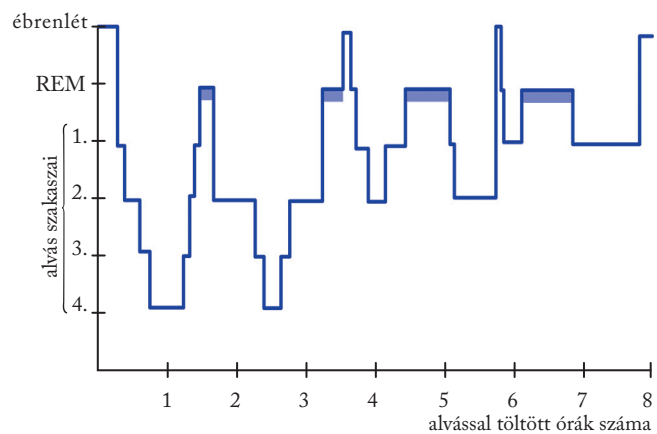
A testi és lelki egyensúly harmóniája



A lelki egyensúly

Korábban a társadalmi környezetünk kiszámíthatóbb volt. A sokkal lassúbb információáramlás, az évszázados szokások, hagyományok és erkölcsi normák stabil társadalmi keretet biztosítottak. Napjaink felgyorsult ritmusú életében nehéz az eligazodás. A televízió és az internet információövezéből, a fogyasztásra ösztökélő környezetünkéből, a sokszor retusált virtuális világból az a nyomás érkezik, hogy mindig éppen lemaradunk valamiről. A bizonytalanság okozta megfelelési kényszer, az akár csak a tudat alatt jelentkező frusztráltság miatt idegrendszerünk terhelése a korábbinál jóval nagyobb, és ez próbára teszi alkalmazkodóképességünket. A tartós megterhelésből származó különböző közérzeti, *lelki betegségek* általában az egész szervezetre kihatnak, *pszichoszomatikus zavarok*. Gyakran olyan szervi megbetegedésekre utaló tünetekkel járnak (fejfájás, gyomorgörcsök, szívpanaszok, alvászavarok), amelyeknek valójában nem szervi okai vannak. Ezért rendkívül fontos a rendszeres és kellő ideig tartó pihenés és alvás, amit még a feszített tempójú időszakokban sem pótolhatunk legális doppingszerek – feketekávé vagy energiatalok – fogyasztásával. Fontos viszont az aktív kikapcsolódás, a sport, a természetjárás, a kertészkedés, a megszokott környezetünkben való átmeneti kiszakadás.

Alvás közben az érzékelési ingerküszöbök megnőnek, ezért gyengül a szervezet és a külvilág kapcsolata. Az alvásnak két formája van: a lassú hullámú alvás és a paradox alvás. A lassú hullámú alvás közben az agyról nagy, lassú elektromos hullámok rögzíthetők (46.1. ábra). A paradox alvást gyors, rövid elektromos aktivitás kíséri, szemünk mozog közben. Ilyenkor álmodunk. Az átlagosan nyolc-



46.1. ábra. Az alvás fázisai

órás alvásszükséglet azonban nemcsak biológiai, hanem társadalmi fejlődés eredménye is. Ehhez igazodik az iskolai élet, a munkahelyek többsége.

Az alvászavar

A lelki zavarok lehetnek enyhék, hiszen mindenkinek érhet rossz hír, csalódás, minden ember életében kialakulhat hosszabb-rövidebb ideig tartó szomorú vagy nyomott hangulat. Ez azonban nem betegség, a szervezet alkalmazkodóképes, és hamarosan helyreáll a lelki egyensúlyunk. Az ilyenkor fellépő leggyakoribb közérzeti panasz az **alvászavar**. Tudatosan törekedünk az életkornak és egyéni adottságnak megfelelő bioritmus betartására. Úgy osszuk be az időnket, hogy tanulásunk soha ne nyúljon bele az éjszakába, ne borítsuk fel természetes bioritmusunkat. Ha este mégsem tudunk elaludni, keljünk fel néhány percre, mozogjunk egy keveset, menjünk ki a mosdóba, majd fekdjünk vissza. Csak a legvégső esetben forduljunk altató hatású gyógyszerhez!

A fejfájások

A közérzeti zavarok másik legenyhébb és rendkívül elterjedt csoportját a **fejfájások** (46.2. ábra) jelentik. Egyszer-egyszer mindenkinek fáj a feje, vannak azonban, akiknél ez rendszeresen, sőt sűrűn jelentkezik. Önmagában a fejfájás nem betegség, de fontos figyelmeztető jel. Ugyanúgy, ahogyan az alvászavaroknál az altatók használata, a fejfájás ellen sem jelenthet megoldást a fájdalomcsillapító tabletták folyamatos szedése. Ezek a gyógyszerek nemcsak gyógyszerfüggőséget idézhetnek elő, hanem károsíthatják a májat és a vesét is. Az alvás-



46.2. ábra. A fejfájás gyakori idegrendszeri tünet

zavarok és a fejfájás ellen a legjobb gyógyszer a háttérben meghúzódó problémák rendezése, a ki-egyensúlyozott, aktív életmód.

Táplálkozási zavarok

Lelki problémák miatt jellemző táplálkozási zavarok is kialakulhatnak, amelyek azonban nem a sokat bírált helytelen táplálkozással függnek össze. Ezek egyike a *pszichés eredetű étvágytalanság*, az *anorexia nervosa*, illetve a kóros falánkság, a *bulimia*. Mindkét betegség pszichés eredetű, és ennek megfelelően rendkívül nehezen befolyásolható. Ez annak ellenére igaz, hogy a betegek tudatában vannak, hogy tevékenységük milyen mértékben ártalmas saját maguk számára. A betegség természetének megfelelően pszichoterápiás kezelésre van szükség, de az anorexiában mesterséges táplálásra, a bulimiában pedig esetleg műtéti megoldásra is szükség lehet.

A neurózisok

A tartós negatív környezeti hatások, megoldatlan problémák állandósulása alakítja ki a *neurózisokat*. Az embernek még fiatal korában kell meg tanulnia a konfliktusok (sokszor kompromisszumok árán való) megoldását, mert ha nem, akkor a neurózis kialakulása fokozottan veszélyezteteti. A neurotikus ember konkrét szervi panaszokkal keresi fel orvosát, de ezek okát az esetek túlnyomó többségében nem lehet szervi elváltozáshoz kötni. A beteg megoldatlan konfliktushelyzetei, *pszichoszociális problémái* következtében menekül vélt betegségekbe. Ugyanakkor a neurózisos beteg nem szimulál, ő valóban érzi az orvosnak felsorolt panaszokat. A neurózisok egyik típusában olyan viselkedésformák jönnek létre, amelyek a személyiség jellegzetes vonásává válnak, ezek a *kényszerbetegségek*. Ilyenek a mosakodási, takarítási, rendrakási, gyűjtési vagy a lopási kényszer. A neurózisok egy további csoportját a *fóbiák* képezik. A fóbiás betegek a legkülönbözőbb dolgoktól iszonyodnak. Ez lehet valamilyen állat, például a pók, de irtózatnak például a nyílt terektől vagy éppen a bezártságtól, az egyedüllét-től vagy a tömegtől is. Ez olyan mértéket érhet el, hogy tartós pánikhangulatba eshet a beteg. A neurózisokat elsősorban a pszichoszociális problémák megoldásával lehet meggyógyítani, és ha szükséges, ehhez pszichológus segítségét kell kérni.

Pszichózisos zavarok

A legegyszerűbb pszichózisos zavar az *ideg-összeroppanás*. A beteg ilyenkor „teljesen kiborul”, agresszívvé válik, rohamszerűen kiáltozik vagy sír, egész testében remeg. Még érzéksalódások is kialakulhatnak. Az ideg-összeroppanást számos ok válthatja ki, betegségek, műtétek, a hozzátartozó halála, vagy az élet olyan kiélezett helyzetei, mint például egy gépeltérítés átélése. Az ideg-összeroppanásban szenvedő beteg általában rövid idejű orvosi és gyógyszeres kezelésre szorul.

Pszichózisos zavar a *skizofrénia*, amelyben a betegek gondolkodása és érzelmi élete szétesik. Az „én” és a környező világ közötti határok elmosódnak benne, és elveszti a valóságértékelő képességét. A skizofrén emberek majdnem mindig túlérzékenyek, gyakran rendkívül kreatívak. Állapotuk hullámzó, saját viselkedésüket általában normálisnak tartják, amikor azonban időnként felismerik a többiek-től eltérő magatartásukat, akkor szenvednek ettől. Betegségük heveny szakaszaiban teljesen elvesztik kapcsolatukat a külvilággal. Skizofréniát eredményezhet a mértéktelen alkohol-, gyógyszer- és kábítószer-fogyasztás is, de a betegség okai között többnyire idegrendszeri elváltozások is szerepelnek. A betegség kezelésében a szociál- és pszichoterápia a legfontosabb, de természetesen gyógyszereket is használnak.

A depresszió

A *depressziók* a neurózisoknál súlyosabb lelki betegségek, amelyeket a búskomorság és a beteg magába fordulásának tartós állapota jellemzi. Az ilyen betegek öntudatlanul belső agresszív érzéseiktől szenvednek, de bánatuknak, dühüknek, kétségbeesésüknek vagy csalódásuknak nincs igazi „címettje”. Ennek következtében érzelmi állapotuk saját maguk ellen fordul. Ritkábban a depressziónak szervi okai is lehetnek. Számos olyan betegség van, amelyek tartós depressziós állapotot alakíthatnak ki a betegekben. A depressziót pszichiátriai vagy pszichológiai módszerekkel lehet kezelni és gyógyszeres kezelésre is mód van.

A *mániás-depressziós állapotok* képezik a pszichózisos zavarok egyik fő típusát. Az ilyen betegek hangulata egymásnak teljesen ellentmondó végleteket ér el, és a hangulatváltozások messzemenően függetlenek a külső eseményektől. Az ilyen betegségek vezethetők leginkább vissza az agy biokémiai elváltozásaira, elsősorban a lítiumhiányra. A betegség során a felhangolt, mániás szakaszokat csaknem mindig depresszív, lehangolt állapot követi. Az utóbbi során a betegek gyakran foglalkoznak öngyilkossági gondolatokkal. A betegség általában 20 év körül kezdődik. A kezelésben a pszichoterápián kívül a lítiumkészítmények játsszák a fő szerepet.

Kérdések és feladatok

- 1 Gondold végig, van-e valami változtatni való az életmódodon! Beszélj erről!
- 2 Vitassátok meg a reklámok életmódformáló szerepét és a reklámokhoz való helyes viszonyulás kérdését!

- 3 Hasonlítsd össze a neurózist a depresszióval!
- 4 Mely környezeti tényezők veszélyeztetik az ember idegrendszerét?

47. lecke

Mentális betegségek, függőségek

Szenvedélybetegségek

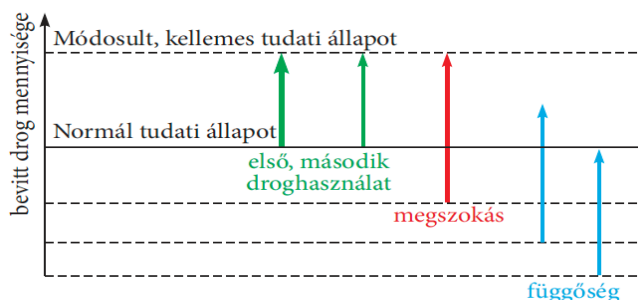
Szenvedélybetegségnek (addikció) nevezzük mindazokat a viselkedési formákat, amelyek felett az érintett személy képtelen kontrollt gyakorolni, emiatt kényszeresen, időről időre végrehajtja a szenvedélyévé vált tevékenységet. Mindez saját magára, illetve a környezetére nézve is káros következményekkel jár. A szenvedélybetegségeket két nagy csoportra szokták elkülöníteni: a kémiai és a viselkedési addikciókra. Viselkedési szenvedélybetegség többek között a kóros játékszenvedély (kártya, lóverseny stb.), a számítógép- és internetfüggőség, valamint az evési zavarok (bulimia, anorexia nervosa). A kémiai szenvedélybetegségek a pszichoaktív anyagok használatához köthetők.

Pszichoaktív anyagok

A pszichoaktív szerek a központi idegrendszerre kifejtett hatásaik révén módosítják a tudatállapotot, a hangulatot, és hiányuk elvonási tüneteket okozhat. Köznyelvi értelemben az illegális pszichoaktív anyagokat nevezik **drogoknak**. A jogi szaknyelvben inkább a „**kábítószer**” kifejezést használják ennek a fogalomnak a megnevezésére. A hatályos jogszabályok sorolják fel, hogy mely anyag minősül kábítószernek és melyik nem. A szerek jelentős része tiltott, ezek terjesztése és fogyasztása büntetést von maga után. Tévedés azonban azt hinni, hogy csak a törvények által tiltott drogok károsak, léteznek közismert legális drogok is. Az alkohol mértéktelen fogyasztása és az alkoholfüggőség nagy problémát okoz az európai országokban, így Magyarországon is, ahol a szakemberek becslése szerint akár nyolcszázezer alkoholproblémával küzdő ember élhet. Hasonló módon a dohányzással kapcsolatos népegészségügyi problémák is jelentősek.

Függőség, megszokás

A drogok tehát módosítják a gondolkodást, az érzelmeket, a viselkedést – és emellett függőséget okoznak. A **függőség** (dependencia) azt jelenti, hogy a szer hiányában a szervezet már nem képes normális működésre, tehát a drog megvonásakor fizikai hiánytünetek, és/vagy leküzdhetetlen lelki hiányérzet jelentkezik. Az előbbit **fizikai függésnek**, az utóbbit **pszichés függésnek** nevezzük. A



47.1. ábra. A függőség és a megszokás szemléltetése

szervezet a drog hatóanyagának túlzott mennyisége elleni védekezéséért fokozza annak lebontását, kiürítését. Emiatt a szert használónak egyre több anyagra van szüksége a kívánt hatás eléréséhez, így alakul ki a **megszokás** (tolerancia) (47.1. ábra).

A drogok legnagyobb része az idegsejtek közötti szinapszisok működését befolyásolja. A drogokat hatásuk alapján három fő csoportba sorolják: a kábító, a serkentő és a hallucinációt keltő szerek közé. Számos drognak azonban többféle hatása is van.

Kábító hatású drogok

A kábító hatású drogok kellemes hangulatot, szárnyalóan jó közérzetet (ún. eufóriát) okoznak, a mindennapok problémáit eltüntetik. E drogok közül a legveszedelmesebbek az ópiumszármazékok,

a legismertebb és legelterjedtebb pedig az alkohol.

Az **alkohol** sokféle módon befolyásolja az idegsejtek működését, s ezek összegződve jelennek meg a szubjektív hatás kialakulásakor. Azonnali hatásként oldódik a feszültség, javul a kedélyállapot. Az önbizalom nő, az ítélőképesség drasztikusan csökken, erről azonban a fogyasztó nem tud, ami nagyon kedvezőtlen kombináció.

Már 1 dl 10%-os alkoholtartalmú bor is megzavarja az emlékezetet, tompítja a figyelmet, csökkenti az agykérgi gátlásokat. További alkoholfogyasztás esetén a mozgásközpontok kerülnek izgalmi állapotba, ami jobb esetben éneklésben, rosszabb esetben kiabálásban és agresszív cselekedetekben nyilvánul meg. Majd akadozóvá válik a beszéd, tántorgó lesz a járás. Ha még további alkohol jut a szervezetbe, akkor öntudatvesztés és bénulás következhet be.

Az alkoholizmus a világ sok részén, hazánkban is népbetegségnek számít, becslések szerint a lakosság 8-10%-át érinti. Az egyén egészségét, egy család harmonikus életét és jólétét veszélyeztető tényezők közül ma Magyarországon a legnagyobb hatása kétségtelenül az alkoholista életmódnak van. Az érintett személy eleinte a feszültség oldására, érzelmi problémáinak csökkentésére fogyasztja az alkoholt. Ez egyfajta „önkezelés”, ami gyakran



47.2. ábra. Sokféle tevékenység okozhat függőséget

kombinálódik növekvő mértékű dohányzással, olykor egyéb drogok fogyasztásával is. Az egyénnek ebben az időszakban nincs betegségadata, sőt tagadja az alkoholprobléma létét. Ezt az is erősíti, hogy a környezet általában elnéző a mértéktelen ivással szemben. Ebből az állapotból nő ki lassan a valódi függőség, az alkoholizmus, amit viszont már a közösség is mélyen elítél. A mértéktelen alkoholfogyasztás testi, pszichés, szociális és társadalmi következményei is drámaiak. Az alkoholbetegség máj-, idegrendszeri és pszichiátriai tünetek kialakulásához vezet: májszugar, józanul is reszketés, mozgáskoordinációs zavarok, memóriaromlás, elbutulás, szorongás jelenik meg. Az idegrendszeri tüneteket pszichés leépülés kíséri: a beteg személyisége megváltozik, összeomlik, korábbi önmagától is idegenné válik. Az alkoholista a saját bajai okát külső tényezőkben keresi, mindent és mindenkit hibáztat, csak saját magát nem. A családi élet mindezek miatt felborul, az alkoholista kiszorul a korábbi társas kapcsolatrendszeréből, a munkahelyén sem tud helytállni, ezért gyakran állását veszti. Jövedelmi viszonyai bizonytalanná válnak, társadalmi környezete elfordul tőle, magára marad betegségével. A folyamat önerősítő, hiszen a beteg úgy érzi, hogy csak az alkohol marad vigaszul. Tudni kell, hogy van lehetőség az alkoholizmus orvosi kezelésére, és az önszerveződő segítő csoportok is hatékonyan hozzájárulnak az érintettek támogatásához.

A **heroin**, a **morfin** és más *ópiumszármazékok* hatása arra vezethető vissza, hogy egyes szinapszissokban gátolják az ingerületátvivő anyag felszabadulását ezzel az ingerület kialakulását. A heroint a máknövény kifolyó nedvéből, az ópiumból állítják elő kémiai eljárásokkal. Az ópiumszármazékok, különösen a heroin használata nagyon rövid idő alatt teljes függőség kialakulásához vezet, személyiségromboló hatása óriási. További veszélye abból fakad, hogy könnyen túladagolható, mivel kicsi a különbség a kábító hatás eléréséhez szükséges adag és a légzésbénulást okozó mennyiség között. A kábítószerpiacon árult heroin tisztasága bizonytalan. Ez is magyarázza, hogy évről évre sok heroinfoogyasztó hal meg a szer túladagolása miatt.

Egyes kábító, nyugtató hatású szereket elterjedten alkalmaznak a gyógyításban mint altatókat, fájdalomcsillapítókat, szorongásoldókat. Nagyon sok vegyületet kifejezetten ilyen céllal fejlesztettek ki a gyógyszerkutatók. Sajnos a kábítószer-használók ezekkel az anyagokkal is visszaélnek.

Serkentőszerek

A serkentőszerek élénkítő hatásúak, gátolják a fáradtságérzet kialakulását. Az ilyen szerek használói túlfűtöttek, izgatottak, veszélyérzetük csökken, ezért kevéssé, vagy egyáltalán nem mérlegelik cselekedeteiket, ami például gépkocsivezetőknél életveszélyes következménnyel járhat. A szerhasználat következtében a szervezet is fárad, így a szer hatásának elmúlása után kimerültség, levertség jelentkezik. A serkentőszerek közé tartozik többek között a dohány hatóanyaga, a nikotin, a kávéban és a teában található koffein, valamint az amfetamin nevű vegyület származékai (pl. a diszkódrogok, ecstasy, speed) és a kokain.

Az **amfetamin** az ingerületátvivő anyag (noradrenalin) felszabadulását fokozza a központi és a környéki idegrendszer serkentő szinapszisaiban, ez magyarázza sokirányú élénkítő hatását. A diszkódrogok mellékhatásként növelik a testhőmérsékletet is, ami a diszkóban az intenzív mozgással együtt az erőteljes izzadás miatt gyors folyadékvesztést okoz. Ilyenkor fokozódik a folyadékigény, kínzó szomjúság lép fel.

A **kokain** gátolja az ingerületátvivő anyag visszavételét a szinaptikus részből. Az érintett idegsejtek ezért egyfolytában ingerületi állapotban vannak.

A **nikotin** emeli a vérnyomást, serkenti a szív-működést, élénkíti az anyagcserét. A dohányzással kapcsolatban kialakuló, és igen nehezen leküzdhető függést a nikotin alakítja ki. Bár a nikotin viszonylag kis mennyiségben is súlyos, akár halálos mérgezést is okozhat, a dohányzás legnagyobb veszélyét mégsem a nikotin, hanem a dohány égéstermékei jelentik. A szén-monoxid csökkenti a vér oxigénszállítását, ami az oxigénigényes szöveteket, pl. az idegszövetet károsíthatja, a kátrányvegyületek pedig rákkeltő hatásúak. A dohányzás, az alkoholfogyasztáshoz hasonlóan, társadalmilag elfogadott droghasználat, noha súlyos egészségkárosító hatása közismert.

Hallucinogén drogok

A hallucinogén drogok érzékszálódásokat, tehát inger nélkül észlelést okoznak. A **hallucináció** az érintett személyben a valódi érzékeléshez hasonlít, ezért valóságnak tűnik. Ezáltal csökkentik vagy teljesen meg is szüntetik a valóságérzetet. Hallu-

cinogén hatású például az LSD, valamint az indiai kenderből készült marihuána és hasis. Nagyobb adagokban a serkentő hatású drogok is hallucinációkat idézhetnek elő.

Az **LSD** szintetikus vegyület, a természetben nem fordul elő. A hatása alatt lévő ember gondolatai csaponganak, időérzéke eltűnik. Fantasztikus látomások jelenhetnek meg, a gátlások felszabaldulnak. A hatás kibontakozásakor a drogozó néha rettegni kezd a tudata, józan elméje elvesztésétől. Jellemző utóhatása, hogy tartós memóriaromlást, agresszivitást okozhat. A diszkódrogok a serken-

tőszerek mellett gyakran tartalmaznak LSD-t is.

A **marihuánát** és a **hasist** a köztudatban eléggé veszélytelen drognak tartják, mert halálos adagjuk nincs. Kisebb adagban a hangulat emelkedését, jókedvet, az érzelmek felszabadulását idézik elő és növelik az önbizalmat. A mérések szerint azonban, hatásuk alatt gyengül az emlékezet és lassul a gondolkodás. Tartós használatuk alattomos következményekkel jár: az értelmi működések lassan károsodnak, a memória gyengül, az érdeklődés, az ambíció csökken, ráadásul romlik az immunrendszer hatékonysága is.

Az ópium

Az ópium a mák hajtásainak és éretlen termésének a levegőn gyorsan beszáradó, tejszerű nedve, amely számos alkaloidot tartalmaz. Közülük legjelentősebb a papaverin, a morfin és a kodein. Ezek fontos gyógyszeralapanyagok, egyben veszélyes kábítószer, emiatt számos országban tiltják a mák termesztését. Kabay János magyar gyógyszerész speciális technológiával száraz máktokból és mákszalmából állította elő az értékes anyagokat. A mák magja ugyanakkor semmiféle alkaloidot nem tartalmaz, tehát biztonságosan fogyasztható.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a véleményed a szeszes italok reklámozásáról?
- 2 Számold ki, hogy napi két „feles” (tehát 1dl 40% alkoholtartalmú rövid ital) mennyi sörnek (6%-os alkoholtartalom) felel meg!
- 3 Miért nehéz gyógyítani a függőségben szenvedőket?
- 4 Miért tekinthető az alkoholizmus betegségnek?
- 5 Keresz az interneten drogok hatásmechanizmusát bemutató animációkat!

RÉSZÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Miért beszélhetünk hálózatokról az ember szabályozási folyamataira vonatkozóan?
- 2 Miért lehet többféle hormon másodlagos hírvivő molekulája ugyanaz a vegyület?
- 3 Mily módon kapcsolódik össze a hipotalamusz és az agyalapi mirigy működése?
- 4 Sorold fel az agyalapi mirigy elülső lebenyének hormonjait és hatásait!
- 5 Mely hormonok raktározódnak az agyalapi mirigy hátsó lebenyében?
- 6 Mi jellemző a vese hormonális szabályozására?
- 7 Rajzolj fel egy akcióspotenciál-hullám görbét, és jelöld rajta a szakaszra jellemző ionáramlásokat!
- 8 Hogyan történik az ingerületátadás a szinapszisokban?
- 9 Miben tér el egymástól a csapok és a pálcikák működése?
- 10 Hogyan alkalmazkodik a szem az eltérő távolságban lévő tárgyak éleslátásához?

Kérdések és feladatok

- 11 Mi a pupilla szerepe a látásban?
- 12 Ismertesd a belső fül működését!
- 13 Sorold fel a központi idegrendszer részeit, és mutasd be működésüket!
- 14 Mi a különbség a szomatikus és a vegetatív reflexívek között?
- 15 Hozz példát azokra az esetekre, amikor a szervezet működése szimpatikus, illetve paraszimpatikus túlsúlyba kerül!
- 16 Mit értünk szocializáción?
- 17 Mit értünk kényszerbetegségeken?
- 18 Mely környezeti hatások játszanak szerepet a mentális betegségek kialakulásában?
- 19 Miért nehéz gyógyítani a mentális betegségeket?
- 20 Mi a függőség kialakulásának biológiai alapja?

Projektfeladatok

- 1 Készíts kiselőadást a beszéd kialakulásának evolúciójáról!
- 2 Állíts össze bemutatót az agykutatás és/vagy a mentális betegségek kezelésének történetéről (beleértve az állatkísérletek szerepét, etikai kérdéseit is)!
- 3 Készíts összefoglalót az etil- és a metil-alkohol élettani hatásairól, az alkoholos italok előállítási módjáról és csoportjairól, valamint ezek ártalmas (sejtméreg, szívizom-, májkárosítás, demencia, anémia stb.) és előnyös (vitaminok, antioxidánsok, nyugtató anyagok, élvezeti érték) élettani hatásairól!

48. lecke.

Az emberi nemek. A férfi nemi működések

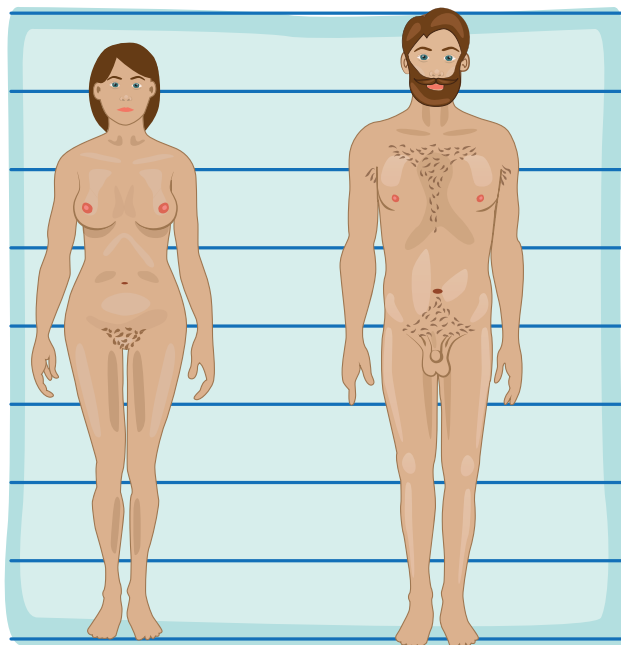
Az emberi nem

Az ember váltivarú élőlény, és ivarosan szaporodik. Nemét kromoszómaszerelvénye határozza meg, eszerint hímnemű – *férfi* – vagy nőnemű – *nő* – lehet (48.1. ábra). A kromoszomális nem anatómiai eltéréseket eredményez. Az *elsődleges nemi jelek* az ivarmirigyek különbözőségében nyilvánulnak meg, amit *gonadális nemnek* is szoktak nevezni (gonád = ivarmirigy).

petesejt hím- ivarsejt	22+ X	22+ X
22+ X	44+ XX lány	44+ XX lány
22+ Y	44+ XY fiú	44+ XY fiú

48.1. ábra. A kromoszomális nem

Mit tanultunk a másodlagos nemi jellegekről (segítségképpen lásd a 48.2. ábrát)?

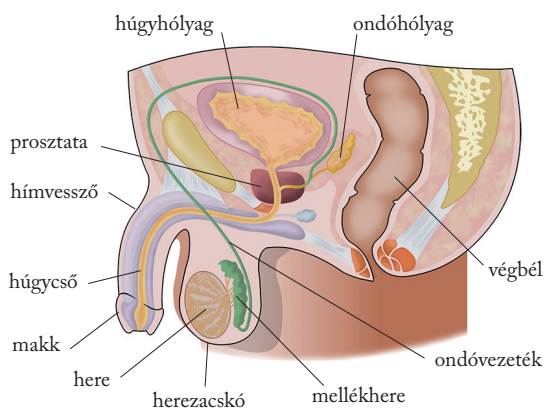


48.2. ábra. A másodlagos nemi jelek összehasonlítása

A nemi hormonok hatására magatartásbeli – érzelmi és cselekvésbeli – különbségek alakulnak ki. A nemi magatartás formálódásában jelentősek a környezeti hatások is, azok a viselkedésminták, amelyek a fejlődő személyiséget érik.

A férfi nemi szervek felépítése

A **férfi ivarmirigyek** a páros *herék* (48.3. ábra), a hasüregen kívül, a herezacskóban helyezkednek el. Belső működési állományát a sűrűn egymás mellett húzódó *herecsatornák* képezik, melyek a mellékherék hasonló csatornarendszerében folytatódnak. Ez a vastag falú csőrendszer a mellékheréből felfelé haladva mint *ondóvezeték* a medence üregében egyesül egy mirigy, az *ondóhólyag* kivezetőcsővével, majd a húgyhólyag alatt elhelyezkedő másik mirigybe, a *prostatába* érkezik. Az ondóhólyag páros, a prostata páratlan szerv. Az ondóvezeték itt torkollik bele a húgyhólyagból kiinduló húgycső kezdeti szakaszába. A prostatából kilépő húgycső a *hímvestőben* megy tovább, majd annak végén nyílik a külvilágba. A hímvestő felépítésében meghatározóak a *barlangos testek*. Ezek laza szöveti szerkezetű, szivacszerű üreges rendszerét főleg simaizomszövet alkotja, dús érhalózzattal. A hímvestő elülső részén kiszélesedve alkotják a *makkot*, amelynek felületét idegvégződésekben gazdag, nagyon vékony és feszes bőr borítja.



48.3. ábra. A férfi nemi szervek

A here mikroszkópos vizsgálata

Anyagok és eszközök: emberi here metszete, fénymikroszkóp

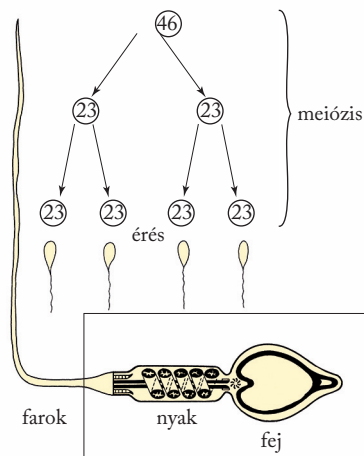
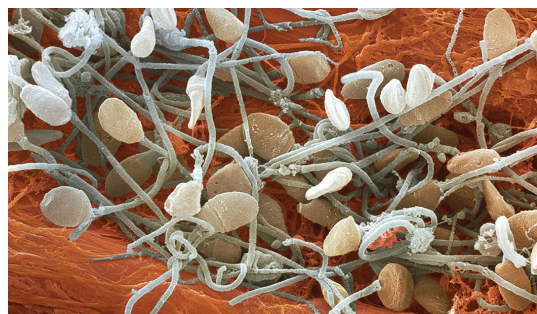
Végrehajtás: Tanulmányozzuk a here szövettani felépítését!

- Készítsünk rajzot vagy fényképet a látottakról!

Mit tanultunk a hormonális szabályozásnál, hol termelődnek a szervezetben férfi nemi hormonok?

A férfi nemi szervek működése

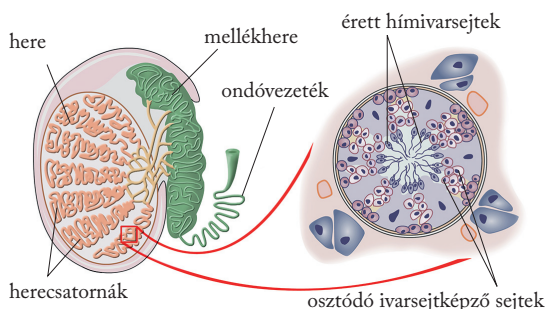
A herék **hímivarsejteket**, másik nevükön *spermiumokat*, és férfi nemi hormonokat, **tesztoszteront** és egyéb *androgéneket* termelnek. A tesztoszteron alakítja ki a másodlagos nemi jellegeket, az androgénnel együtt az ivari működésre hat. A spermiumok a herecsatornák falának folyamatosan szaporodó diploid őssejtjeiből alakulnak ki. Első lépésben még 46 kromoszómát tartalmazó hímivarsejt-kezdemények jönnek létre mitózissal, majd ezekből meiózissal négy haploid, vagyis 23 kromoszómát tartalmazó hímivarsejt képződik. A meiózis után mind a négy hímivarsejt érése megy keresztül, és a folyamat végére válnak spermiumokká (48.4. ábra). A spermium fejből, nyaki részből és ostarból áll. Az érés során a spermium feji részébe kerül a sejtmag, míg a nyaki részben az energiatermelés sejtservecskéi, a mitokondriumok találhatók. A farki rész összhúzóköny fehérjérostokat tartalmaz, amelyek a hímivarsejtek aktív



48.4. ábra. A spermiumok kialakulása és felépítése

mozgását teszik lehetővé. Az érett spermiumok a mellékherékben tárolódnak (48.5. ábra).

Ismételd át, amit a 9. évfolyam 12. leckéjében a meiózistról tanultunk!



48.5. ábra. A here és a mellékhere elhelyezkedése és a herecsatornák szerkezete

Az ondóvezetékhez kapcsolódó ondóhólyagok váladékot termelnek, amely fokozza az ivarsejtek mozgását és segíti a megtermékenyítést. Hasonlóan váladéktermelő mirigy a prosztata is, váladéka adja a keletkező *ondófoliadék* nagy részét. Az ondó sűrű, bázikus kémhatású, 1 ml-e átlagosan mintegy 150 millió hímivarsejtet tartalmaz.

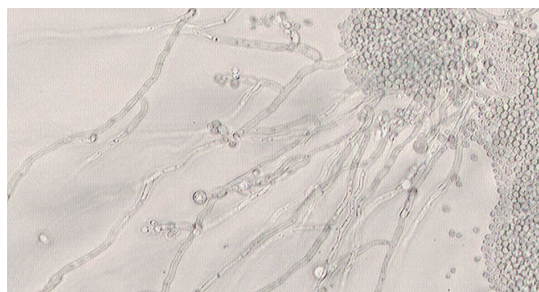
A barlangos testek nemi izgalom hatására megtelnek vérrel, ennek következtében a hímvessző mind vastagságában, mind hosszúságában megnagyobbodik és megmerevedik, *erekció* következik be, amit az ondó kilövelése, az ejakuláció követ.

A férfi nemi szervek betegségei

Valamennyi férfi nemi szervben kialakulhatnak **gyulladások**. Ezek bakteriális eredetűek, és antibiotikumokkal jól kezelhetők. Az idős férfiak betegsége lehet a *prostatatúltengés*, amely a prosztata szöveteinek jóindulatú túlbujánzását jelenti. Akadályozhatja a vizeletürítést, a vizelet pangása miatt pedig gyulladások keletkezhetnek. Gyógyszeresen szinten tartható, és műtétrel véglegesen megszüntethető.

A férfi nemi szervek **rákos megbetegedései** közül a leggyakoribb a *hererák* és a *prostatarák*. A hererák főleg 20 és 40 éves kor között alakul ki, a prostatarák viszont többnyire 60 éves kor után. Mindkét betegség időben felismerve gyógyítható, ezért felnőttkorban rendkívül fontos – évente – az urológiai szakrendelések felkeresése és az antigénkimutatáson alapuló (PSA) szűrővizsgálat kérése.

A **szexuális úton terjedő betegségek** mindkét nemet érintik. Közülük gyakoriak a *gombás fertőzések* (48.6. ábra) és a *Trichomonas-fertőzés*, amit egysejtű ostoros okoz (48.7. ábra). A kétféle fertőzés közös vonása, hogy elsősorban nemi érintkezéssel terjednek, ritkábban azonban közvetett úton is, uszodavízzel, közös törülközőhasználatával stb. Mindkét esetben fontos a nemi partnerek egyidejű kezelése, mert egymást újrafertőzhetik. A nemi szervek *herpeszes* betegségéért viszont vírusok felelősek. Baktériumok okozzák a gonorrheát (ismertebb nevén kankó, tripper) és a *szifilisz*t (48.8. ábra). A gonorrhea az egyik leggyakoribb nemi betegség, amely már évezredek óta ismert. Kóroko-



48.6. ábra. Candida gomba



48.7. ábra. Trichomonas baktériumok



48.8. ábra. A szifilisz kórokozója

zója kizárólag közvetlen szexuális kontaktus útján fertőz. Sokkal súlyosabb megbetegedés a *szifilisz*. Ha nem kezelik időben, akkor a kór a belső szerveket is megtámadhatja, végül a beteg halálát okozza. A komolyabb tünetek kialakulása a fertőzést követően 5–10 évvel várható. A baktériumok okozta betegségek antibiotikumokkal jól gyógyíthatók.

A szexuális kapcsolat során nemcsak fertőző betegségek, hanem különböző élőlökődök is terjedhetnek. Ilyen a rühességet okozó *atka* vagy a *lapostetű*. Még bélférges fertőzés is terjedhet a nemi aktus során.

■ Mit tanultunk az AIDS-ről?

Érdeklődőknek

Az AIDS

Az AIDS igen gyakran nemi úton terjed. Vírusa – a HIV vírus – a T-nyiroksejteket támadja meg, és fokozatosan, lépésről lépésre elhatalmasodva végül az immunrendszer teljes összeomlását eredményezi. Az immunrendszer fokozatos leromlása elősegíti lappangó vagy egészséges szervezetben érvényre nem jutó fertőzések, akár egyes daganatok megjelenését. A fertőzéstől a tényleges betegség kialakulásáig hosszú idő, néha 2-5, de akár 8-10 év is eltelik. A már megfertőzött, de még tünetmentes beteg azonban tovább fertőz. A vírus csak testnedvek útján, terjed, a vér, az ondó, az anyatej, a hüvelyváladék, a verejték, a nyál, a könny tartalmazza. Ahhoz, hogy a vírus a betegséget kiválthassa, közvetlenül a vérbe kell bejutnia. Az AIDS ma még nem gyógyítható. Ugyanakkor napjainkban már igen nagy hatékonyságú gyógyszerek állnak rendelkezésünkre, amelyekkel a vírus szaporodása jelentős mértékben lelassítható a szervezetben, sőt esetenként már a vírusterhelés is megszüntethető. A vírus sejtekben történő sokszorozódását gátló gyógyszerek bár nem gyógyítják meg a betegséget, ám jelentős mértékben képesek lelassítani az immunrendszer leépülését.

A szexuális élmény

Minden egészséges ember képes *nemi életet* élni. A nemi szervek felépítése és működése a férfiak és a nők számára egyaránt biztosítja az *orgazmus* kialakulását. Az orgazmus a nemi aktus csúcspontja, amit a nemi szervek ingerlése vált ki. Fiziológiai kísérői a megemelkedett vérnyomás, pulzusszám, légzésszám és verejtékezés. A két nem orgazmusának kialakulása azonban nem egyforma jellegű. Ezért minden embernek meg kell tanulnia a *partner számára is örömet okozó közösülési képességet*. A nőkben az orgazmus lassabban alakul ki és lassabban szűnik meg, ezért számukra a *szexuális előjátéknak* és *utójátéknak* különösen nagy jelentősége van. A legtöbb nő szexuális élete csak akkor lesz örömteli, ha a partnerével *érzelmileg is összehangolódik*, érzi a tökéletes egybetartozást. Az ember nemi élete hormonálisan és reflexesen szabályozott élettani folyamatokból tevődik össze, de az igazán örömet okozó nemi élet nem alakulhat ki megfelelő *érzelmi háttér* nélkül.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Mely tényezők határozzák meg a biológiai nemünket?
- 2 Nézz utána, mit értünk pszichoszexuális fejlődésen!
- 3 Hogyan előzhető meg a szexuális úton terjedő betegségek?
- 4 Nézz utána, vannak-e szexuális úton terjedő, a nemi betegségek közé nem sorolható betegségek!
- 5 Nézz utána, hogy milyen eljárásokat alkalmaznak az olimpiákon a versenyzők nemének meghatározására!

49. lecke

A női nemi működések

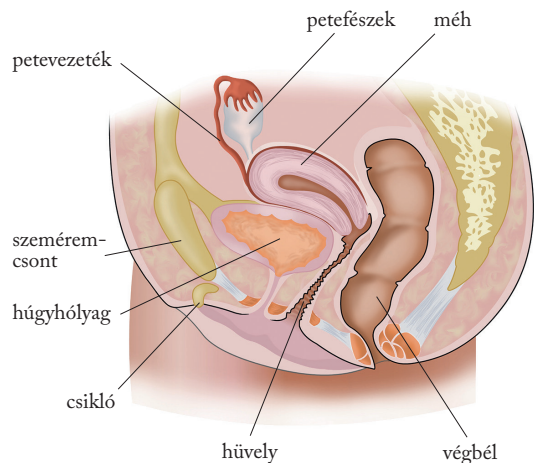


A női nemi szervek felépítése

A **női nemi működés** során a petesejtek a *petefészkekben* termelődnek, amely a medencében elhelyezkedő, mandula nagyságú páros szerv. A petefészkeknek nincs saját kivezetőcsövük, belőlük a petesejt a hasüregen keresztül jut a női ivarutak következő szakaszába, a *petevezetékekbe*. Ezek tölcyszerűen kiszélesedett vége rojtozott, a rojtok körülveszik a petefészket, és ráfeksznek a felszínére. A petevezeteket ezért méhkürtnek is nevezik. A petesejtet a petevezeték simaizomzatának perisztaltikus mozgása, a csillós nyálkahártya csillóinak mozgása és az általuk termelt váladéknak a méhüreg felé történő folyamatos áramlása hajtja a *méh* felé.

A méh a húgyhólyag és a végbél között elhelyezkedő, körte alakú szerv (49.1. ábra). Falát vastag simaizomréteg alkotja, belsejét nyálkahártya borítja. A méhüreg elvékonyodó alsó része a *méhnyakon* keresztül a *hüvelybe* vezet. A hüvely hosszú, izmos falú cső, amely a *szeméremrésen* keresztül nyílik a külvilágba. Nyílását vékony nyálkahártyaredő, a *szűzhártya* szűkíti. Ez az első közösüléskor kisebb vérzés kíséretében megreped, majd idővel kis nyálkahártyacsomóvá zsugorodik. A hüvely nyílása előtt a szeméremrésbe nyílik a húgycső is. A szeméremrést közvetlenül a *kis szeméremajkak* zárják el a külvilágtól. A két oldalról összehajló *kis szeméremajkak* végén helyezkedik el a borsószem nagyságú *csikló*, amely barlangos testekből áll, és idegvégződésekben gazdag. A szeméremrést kívülről a nagy *szeméremajkak* zsírszövettel teli bőrredői zárják le.

I Hol termelődnek a szervezetben női nemi működéseket befolyásoló hormonok?



49.1. ábra. A nő szaporodási szervrendszere

A női nemi szervek működése

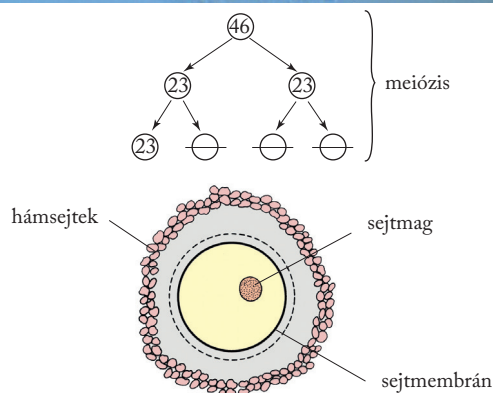
A petefészekben már az újszülöttkorban megtalálható éretlen formában az összes petesejt. Ezek mindegyikét egy-egy tüsző veszi körül (49.2. ábra). A még diploid sejtek meiózisa is megindul, majd a folyamat egészen az ivarérettségig szünetel. Attól kezdve, hogy az agyalapi mirigy nemi hormonjainak fokozott termelődése megindítja a leányok serdülését, átlagosan 28 napként érik be egy-egy petesejt. A női nemi működés ezért **ciklusos jellegű**, a ciklus megnyilvánul a petesejtek érése mellett a nemi hormonok termelődésében és a méh nyálkahártyájának szöveti változásaiban egyaránt. Az egy meiózis során keletkező haploid ivarsejtekből csak egyetlen megtermékenyíthető petesejt alakul ki, a másik három elsorvad. A megérett petesejt kilökődik a tüszőből, ez a folyamat az **ovuláció**.

A petefészek mikroszkópos vizsgálata

Anyagok és eszközök: petefészekmetszet, fénymikroszkóp

Végrehajtás: Keressünk tüszőket a petefészekben!

- Készítsünk rajzot vagy fényképet róluk!

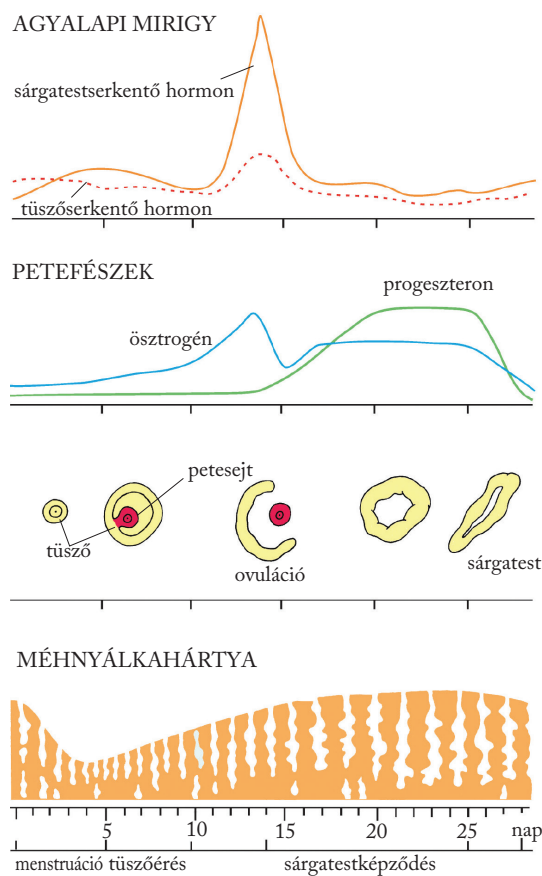


49.2. ábra. A petesejt kialakulása

A petefészekben visszamaradó tüszőhámsejtek sárgás színű szövetcsomóvá, **sárgatestté** alakulnak át. Ha nem következik be megtermékenyülés, a sárgatest a ciklus végére elsorvad.

A női nemi ciklus

A **peteérés** során a tüsző sejtei hormont termelnek. Hormonjuk az ösztrogén, amely szteránvázas vegyület. Hatására megy végbe a női nemi szervek serdülőkori fejlődése, és az ivarérett kor egész ideje alatt elősegíti a méh nyálkahártyájának ciklusonkénti megújulását. Az ösztrogén mellett a sárgatestben nagy mennyiségű szteránvázas hormon, a **progeszteron** termelődik. Ez készíti elő a méh nyálkahártyáját a megtermékenyített petesejt befogadására. Ha a megtermékenyítés elmarad, a méh megduzzadt nyálkahártyájának felső rétege elhal, és vérzés kíséretében lelokdódik, ez a **menstruáció**. Mind az ovulációhoz, mind a menstruációhoz vezető folyamat egységes hormonális szabályozás alatt áll (49.3. ábra).



49.3. ábra. A női nemi működés hormonális szabályozása

Egy 28 napos ciklus kezdetén 4-5 napig tart a menstruációs vérzés. Közben az agyalapi mirigyben termelődő *tüszőserkentő hormon* beindítja a petefészekben a pete érési folyamatát, és fokozza a tüszőben az ösztrogén termelődését. A növekvő mennyiségű ösztrogén hatására megindul a méh nyálkahártyájának regenerációja. A sejtek osztódásával új hámszövet képződik, és a nyálkahártya ismét megvastagszik. A ciklus közepe táján az agyalapi mirigyben nagyobb mennyiségű *sárgatestserkentő hormon* képződik, ami a 14. napon kiváltja az ovulációt, és megindítja a sárgatest, majd benne a progeszteron képződését. A ciklus második felében a magas progeszteronszint tartja fenn a méh nyálkahártyájának készülségét a megtermékenyített petéből kialakuló hólyagsíra befogadására. Ha nincs megtermékenyítés, a 28. napra elsorvadó sárgatest progeszterontermelése megszűnik, és bekövetkezik a menstruáció.

A női nemi szervek betegségei

Az emlő nem tartozik a szorosabban vett nemi szervek közé, vizsgálatát és gyógyítását azonban a nőgyógyászok végzik. *Gyulladás*a eseténként a szoptatással kapcsolatban alakul ki. Fájdalmas, ám antibiotikumokkal kezelhető betegség.

Az emlőben jóindulatú elváltozások, különböző duzzanatok és csomók jöhetnek létre, de kialakulhat rákos megbetegedés is. Az *emlőrák* az egyik legveszélyesebb női rákbetegség, az utóbbi időben gyakorisága növekedik. Nagyon fontos,



49.4. ábra. A mell vizsgálatának lépései

hogy a nők ismerjék a mell önvizsgálatának lépéseit (49.4. ábra), és havonta a menstruációt követő meghatározott napon (pl. a menstruáció utáni 8. napon) rendszeresen végezzék. Ha ránézésre vagy tapintásra szokatlan elváltozást vesznek észre a mellen, akkor haladéktalanul keressék fel a nőgyógyászt! Ma már az emlő vizsgálatára speciális röntgengkészülék áll rendelkezésre, amellyel a rákos megbetegedés kezdeti állapotban felismerhető. Az emlőrák a nők többségénél a 40. életév után alakul ki. Idejében elvégzett műtéttel és kiegészítő terápiákkal gyógyítható.

A nők nemi rendellenességei közül igen gyakoriak a *menstruációs fájdalmak* és a *vérzési zavarok*.

A méhszájon és a méhben jóindulatú szövetburjánzások, *polipok* alakulhatnak ki. A méhizomzat jóindulatú daganatai a *miómák*, amelyek kifelé vagy a méhür felé növekedhetnek. Sokszor nem okoznak panaszt, máskor viszont vérzészavarokat, fájdalmat váltanak ki. A női nemi szervek bármelyikében kialakulhat rákos megbetegedés is. Közülük a leggyakoribb a *méhnyak* rákja. Kiváltója egy vírus, de ma már védőoltással a fertőzés megelőzhető. Ez a HPV-oltás, amit 12 éves kor után iskolai kampányoltás keretében önkéntesen kaphatnak a lányok.

Érdeklődőknek

A humán papillomavírus (HPV)

A HPV elnevezés nem egy vírust, hanem egy DNS örökítőanyagú víruscsoportot takar, amelynek mai ismereteink szerint közel kétszáz típusa létezik. Az egyik legelterjedtebb humán vírus, vannak olyan adatok, miszerint a Föld lakosságának megközelítően a 80-85%-a fertőzött – vagy volt fertőzött – valamelyik típussal. A vírus jelenléte többnyire tünetmentességgel jár, egyes esetekben azonban a fertőzötteknél nyálkahártya- vagy bőrelváltozást eredményez. Vannak olyanok, amelyek szemölcsöt okoznak, mások nehezen gyógyuló hámsérüléseket. Közéjük tartoznak azok, amelyek a méhnyaknál vagy a hüvelyben, szeméremajkak tájékán rosszindulatúvá válhatnak. A súlyos következményekkel járó fertőzés férfiakban is kialakulhat, főleg a hímvessző vagy végbéltájék daganatképződésével. Napjainkban a humán papilloma-víruscsoport bőrelváltozásokat vagy rákos daganatot okozó szerepe tisztázott. Ezzel lehetőség nyílt a méhnyakrák korai felismerésére, sőt megelőzésére is. A korszerű vizsgálati eljárások, amelyek a hagyományos citológiai vizsgálatot kiegészítik, biztosítják a korai diagnózist, egyben lehetőség nyílt a védőoltás kifejlesztésére is.

A női nemi működések megismerésének történetéből

Olvasmány

A petefészket és a menstruációt először 1831-ben egy francia orvos, Charles Negrier (1792–1862) kapcsolta össze egymással. Korábban a havi vérzést kizárólag a méh működésének tekintették. Negrier jött rá arra, hogy petefészek hiányában a menstruáció elmarad. Sőt, ha kifejlett állatokból távolítják el a petefészket, az ivarszervek sorvadásnak indulnak. A 19. század végére, elsősorban a férfi ivarmirigyek endokrin működésének bebizonyosodásával okkal tételezték fel, hogy a női ivarmirigyek szintén termelnek hormonokat. De vajon melyik részük és hányfélé? Egy másik francia orvos, August Prenant (1861–1927) 1898-ban vetette fel, hogy a petefészekben kialakuló sárgatest feltehetően hormont termel, amely a női nemi ciklus kialakításában fontos szerepet játszik. Állítását azonban nem sikerült bizonyítani. Néhány év elteltével, 1901-ben, egymástól függetlenül többen, kísérleti eredményeikre hivatkozva megerősítették Prenant feltételezését.

Németországban Ludwig Fraenkel (1870–1951) nőgyógyász és munkatársai vemhes rágcsálók sárgatestjeit távolították el, mire az állatok elvetéltek. Wilhelm Magnus (1871–1929) amerikai orvos nyulakkal ugyanezt tapasztalta kísérletei során. Az eredmények azt bizonyították, hogy a sárgatest nélkülözhetetlen a terhesség fenntartásához. 1923-ban két amerikai biokémikus, Edgar Allen (1892–1943) és Edward Albert Doisy (1893–1986) kimutatta, hogy nemcsak a sárgatest, de maga a tüsző is hormontermelő szerv.

1927-ben a női nemi hormonokat vizsgálva Selmar Ascheim (1878–1965) és Bernhardt Zondek (1891–1966) német nőgyógyászok várandós kismamák vizeletét nemi aktivitást nem mutató egerekbe fecskendezte. Az állatokban a vizeletben lévő hormon(ok) hatására rövidesen tüszőérés következett be, majd kialakultak a sárgatestek. Felfedezésük vezetett el az első *terhességi próba* kidolgozásához. A vizeletben lévő hormonok jelenléte miatt a terhesség olyan korai stádiumában vált kimutathatóvá, amikor arra még egyéb jelekből nem lehetett következtetni. (Ma már tudjuk, hogy az Ascheim–Zondek-próba, a fejlődő magzatburok által termelt hormon, a hCG kimutatásán alapszik.)

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a hímivarsejtet és a petesejtet!
- 2 Miben tér el egymástól a hímivarsejt és a petesejt képződése?
- 3 A 49.3. ábra alapján magyarázd el a női nemi működés hormonális szabályozását!
- 4 Nézz utána, hogy a méhnyakrákot okozó vírus férfiakban is okozhat-e megbetegedést!

50. lecke

A magzati élet



Megtermékenyítés

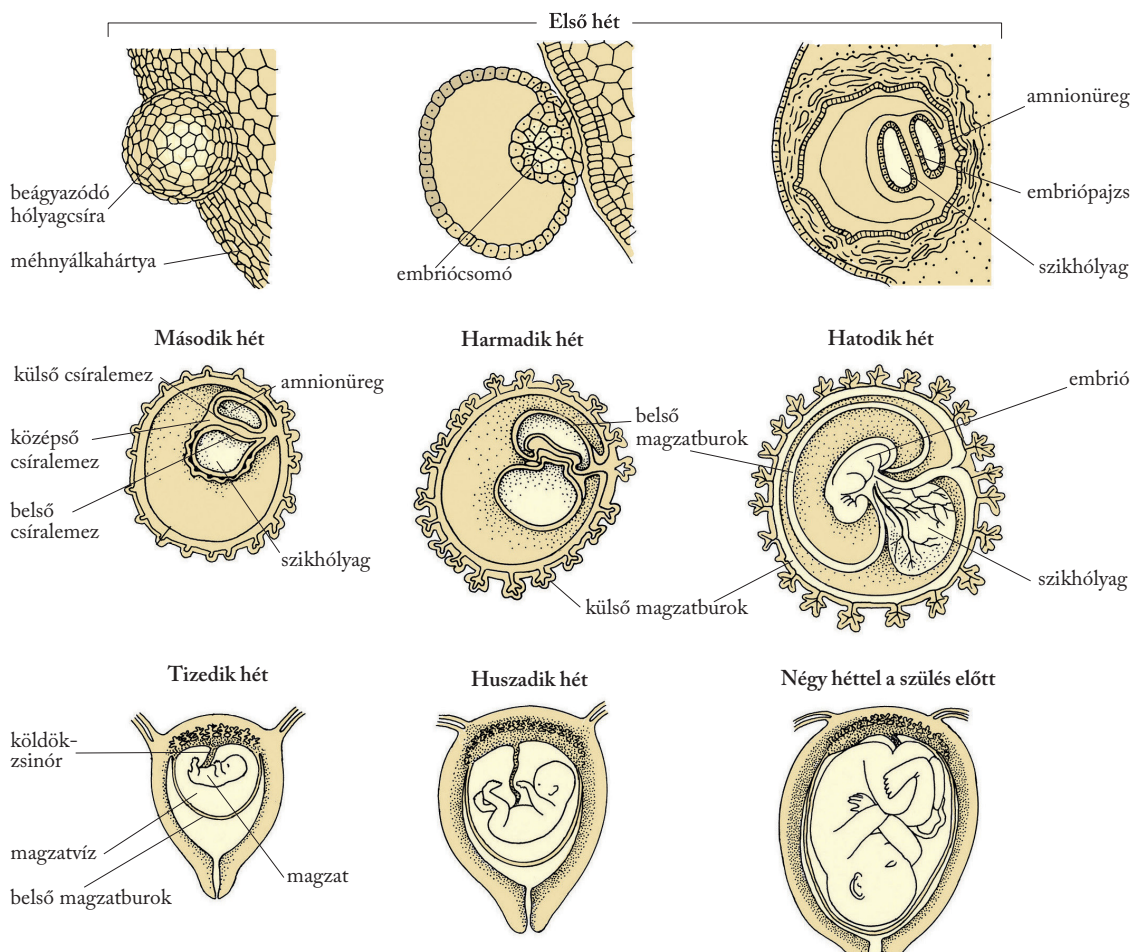
Az **egyedfejlődés embrionális szakasza** az érett petesejt megtermékenyülésével kezdődik. Közösüléskor a mellékherében tárolt érett spermiumok az ondóvezeték ritmikus összehúzódásával a húgycsőbe kerülnek. Eközben a vezetékrendszerbe jut az ondóhólyag és a prosztata váladéka is. A közösülés előtti nemi izgalom hatására a hímvessző megmerevedik, a női nemi szervekben pedig számos mirigy erős nedvtermelése síkossá teszi a hüvely bejáratát és belsejét. A hüvely izmos fala szorosan körülveszi a behatoló és ritmikus mozgó hímvesszőt, és ingerli annak mechanoreceptorait. Ennek hatására az ondó kilövedik a hüvelybe. Ez az **ejakuláció**.

A méhizomzat ritmikus összehúzódásának segítségével a spermiumok többsége néhány perc alatt a hüvelyből a méhüregbe kerül. Innen ostoros mozgással jutnak tovább a petevezetékbe, aminek a felső szakaszában találkozhatnak az ovuláció során kiszabadult petesejttel. A megtermékenyítés általában a petevezetékben történik.

A zigótától az embrióig

A petevezeték felső szakaszában a méh felé passzívan mozgó petesejtet az aktívan mozgó spermiumok tömege veszi körül. Ezek közül egy spermium **megtermékenyíti** a petesejtet, és az így keletkezett **zigóta** barázdálódása még ott, a petevezetékben elkezdődik. A szedercsíra-állapotot körülbelül a harmadik napon éri el, miközben a petevezetékben egyre közelebb jut a méhhez. A méh üregébe a megtermékenyítés utáni ötödik napon érkezik, amikor a belsejében üreget képezve hólyagcsírává alakul. Az első hét végére beágyazódik a méhnyálkahártya megvastagodott rétegébe. A hólyagcsíra beágyazódása a második hét végére befejeződik, és felette összezárul a méh nyálkahártyája.

A beágyazódás közben megindul az **embrió** kialakulása (50.1. ábra). A hólyagcsíra belsejében az embriócsomó sejtjei két üreg kialakításában vesznek részt; az egyik a magzatvízzel telt **amnionüreg**, a másik a **szikhólyag**. A későbbiek során az amnionüregben fejlődik majd az embrió, és fejlődésének kezdetén a szikhólyagban tárolt tápanyagokat használja fel. A két üreg egymás felé tekintő felszínén alakul ki a belső, illetve a külső csíralemez. A két összefekvő csíralemez alkotja az **embriópaj-**



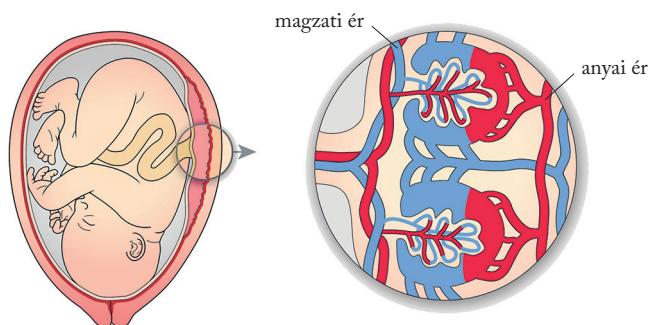
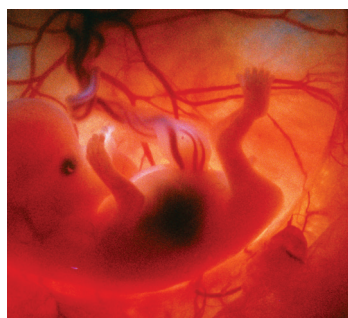
50.1. ábra. Az embrionális fejlődés fontosabb szakaszai

zsof. Ebben a szaporodó sejtek egy harmadik réteget, a középső csíralemezt hozzák létre. Közben a hólyagcsíra belső felszínéről leváló sejtek körülveszik, mintegy burokba zárják az amnionüreget és a szikhólyagot. Ez a *belső magzatburok*, míg a hólyagcsíra falából a méh nyálkahártyájával közvetlen kapcsolatban lévő, bolyhos *külső magzatburok* alakul ki.

A harmadik héten megkezdődik a *velőcső* képződése és a többi szerv kialakulása a

csíralemezekből. A negyedik hét végére az embrió egyre jobban benyomul a magzatvízzel telt amnionüregbe, majd a kialakuló *köldökzsinóron* keresztül kapcsolatba kerülve az anyai vérkeringéssel, lefűződik a szikhólyagról, amely azután elsorvad.

Az anyai vérkeringéshez a kapcsolódást a *méhlepény* kialakulása teszi lehetővé. A méhlepényt a külső magzatburok és a méh nyálkahártyája közösen építi fel (50.2. ábra). Az embrióban kialakuló erek a köldökzsinóron keresztül behatolnak a külső



50.2. ábra. Az anya és a magzat vérkeringésének kapcsolata. A méhlepény felépítése

magzatburok bolyhainak a nyúlványai, és ott egy visszaforduló érthurkot képeznek. A bolyhok másik oldala a méhnyálkahártya anyai vérrel telt üregeivel érintkezik. Innen kerülnek be a tápanyagok a bolyhok hámrétegén keresztül a magzat vérkeringésébe. Az embrióállapot a 8. hétig tart, ekkorra alakulnak ki a szervrendszerek kezdeményei. Ettől kezdve a megszületésig **magzatról** beszélünk. A magzati vér tehát közvetlenül sohasem érintkezik az anya vérével, de a magzatburok hámján keresztül képes felvenni a magzat fejlődéséhez szükséges összes anyagot. Ezért rendkívül fontos az anya tápanyagokban és vitaminokban gazdag, egészséges táplálkozása. Mivel a magzatburok háma nemcsak a tápanyagokat, de a fejlődő magzatra mérgező anyagok egy részét is átengedi – pl. egyes gyógyszereket, az alkohol és a dohányzás káros anyagait –, ezért a várandós anyának már a terhesség első hónapjaiban is fokozottan vigyáznia kell leendő gyermeke egészségére.

A második hónaptól kezdődően az embrió erőteljes fejlődésnek indul. Három hónapos korára kialakulnak végtagjai, testének teljesen ember formája lesz. Négy hónapos korára már megállapítható, hogy fiú vagy leány. Közben a belső magzatburok folyamatosan termeli a magzatvizet, amely lehetővé teszi a magzat számára a könnyebb mozgást, és ugyanakkor védi a külső behatásoktól. Általában az ötödik hónap tájékán érzi az anya először a magzat megmozdulását. Erre az időre a fejlődő magzat és az őt körülvevő magzatburok lassan kitölti a méh üregét. A tovább növekedő



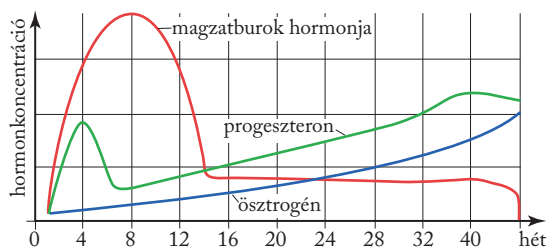
50.3. ábra. A magzat elhelyezkedése a magzatburokban

magzat (50.3. ábra) születéséig eléri az átlag 50 cm hosszúságot és a 3 kg körüli testtömeget. A szülés előtti időszakra a magzat fejfelé előreáll a méhnyak és a hüvely, vagyis a leendő *szülőcsatorna* irányába. A rendes időben történő szülés kilenc hónapos terhesség után, általában az utolsó menstruációs vérzés első napjától számított 40. héten zajlik le.

A terhesség alatti hormonális változások

A terhesség alatti hormonális változások alapját az képezi, hogy az ovuláció után a petefészekben kialakuló **sárgatest progeszterontermelése** fenntartja a méh nyálkahártyájának készletét a zigóta befogadására. A megtermékenyítéssel a progeszteronszint tovább nő, mivel a sárgatest még 3–4 hónapig aktívan termeli a hormont (50.4. ábra). A sárgatest ösztrogéntermelése biztosítja, hogy a megtermékenyítés után újabb tüszőérés ne következzen be. Azt, hogy a sárgatest fennmaradjon, a beágyazódó hólyagszírban kialakuló magzatburok hormontermelése váltja ki. A magzatburok sejteitől kiválasztott hormon, a hCG (humán gonadotropin) a terhesség második hónapjában éri el a maximumát.

A terhesség harmadik hónapjától a méhlepény fokozatosan átveszi a sárgatest hormontermelő szerepét. Ezért a sárgatest a terhesség nyolcadik hetétől csökkenti a működését. A terhesség alatt a női ivarszervek ciklusos működése megszűnik, mivel a terhességi sárgatest, majd a méhlepény ösztrogén- és progeszterontermelése gátolja az agyalapi mirigyben a tüszőserkentő hormon termelését. A méhlepény egyre nagyobb mennyiségű progeszteront és ösztrogént választ ki, amely előkészíti az emlő tejtermelő mirigyait a szoptatás időszakára. A szülés idején a progeszteron szintje csökken, miközben az agyalapi mirigy méhösszehúzódnak



50.4. ábra. A terhesség alatti hormonális változások

ható oxitocin hormonjának és tejelválasztást serkentő hormonjának termelődése megindul.

A terhesség első jele a menstruáció elmaradása. Ehhez olyan jelek is társulhatnak, amelyek nem kizárólag a terhességre jellemzők: szédülés, émelygés, hányás. A terhesség korai kimutatására

a magzatburok termelte hCG ad lehetőséget, ami már a terhesség első hetében megjelenik a vizeletben. A menstruáció elmaradását követő 5–10. napon a reggeli első vizeletből mintát véve, immunkémiai reakcióval kimutatható a magzatburok által termelt hormon jelenléte, vagyis a terhesség.

Érdeklődőknek

A méhen belüli élet

A magzat fejlődése során a 4. hét elején a feji vég erős növekedése miatt jól megkülönböztethetővé válik. Megjelenik a velőcső, majd a *bél* csővé zárult. A 4. hét végén az embrió már 5 mm hosszú, ekkor jelennek meg a *végtagok* kezdeményei. Kiemelkedik a *szívdomb*, amelyben a pitvarok és a kamrák már elkülönültek egymástól. Az első hónap végére kialakul a *köldökszín*, a jelentősen megnövekedett fejen megjelenik a *szembólyag*, megkezdődik a *szemlencse* kialakulása. A második hónap végén a magzat úgynevezett ülőmagassága már 25 mm, feje rendkívül nagy, és megindul a *nyak* kialakulása. A *kültakaró* áttetsző, erőteljesen fejlődik a *máj*. Folytatódik a végtagok kialakulása, elkülönülnek az *ujjak*. Kialakul a könyökhajlat, a válltájék, a térd és a sarok. Kifejlődik az *arc*. Az eddig oldalt levő szemek előre tekintenek, de a *szembéjak* még a 7. hónapig összenőve maradnak. A 3. hónap végére az ülőmagassága már 80 mm. Kialakulnak jellegzetes arányai, amelyek még torzak, mert a *fej* nagy méretű, ezen belül viszonylag kicsi az *arc*, a *has* még előreemelkedik, az *alsó végtagok* pedig rövidek. Megindul a *nemi szervek* ivari elkülönülése. Megkezdődik a *haj* és az egész magzatot beborító finom *szőrzet* kialakulása. A 4. hónap végére a magzat ülőmagassága már 18 cm, testtömege mintegy 500 gramm. A magzat *mozgását* már érezheti az anya, sőt a hasfalon keresztül a mozgás már ki is tapintható. Az 5. hónaptól kezdve a magzat tömege minden hónapban körülbelül 500 grammal gyarapodik. A *szív* már a 15 mm-es embrióban is lüktet, az 5. hónapban már 60–70-et ver, és ekkor sztetoszkóppal az anya hasán keresztül a *szívhangok* jól hallhatók. Egyre fokozottabban hatnak rá a *külvilág ingerei*, sőt az idegrendszer és a mozgási szervrendszer normális fejlődéséhez ezekre az ingerekre szükség is van. Ha a magzat a 7. hónapban vagy később születik meg, akkor *általában már életképes*, megfelelő körülmények között életben maradhat.

Kérdések és feladatok

- 1 Szerinted melyik pillanattól kezdve jön létre egy új élet?
- 2 Mi a különbség az embrió és a magzat között?
- 3 Mit gondolsz, miért jelent nagyobb kockázatot a magzat egészségére nézve a negyven éven felüli szülés?
- 4 Miért jelent veszélyt a magzat fejlődésére, ha az anya dohányzik?

51. lecke

A poszt- embrionális fejlődés

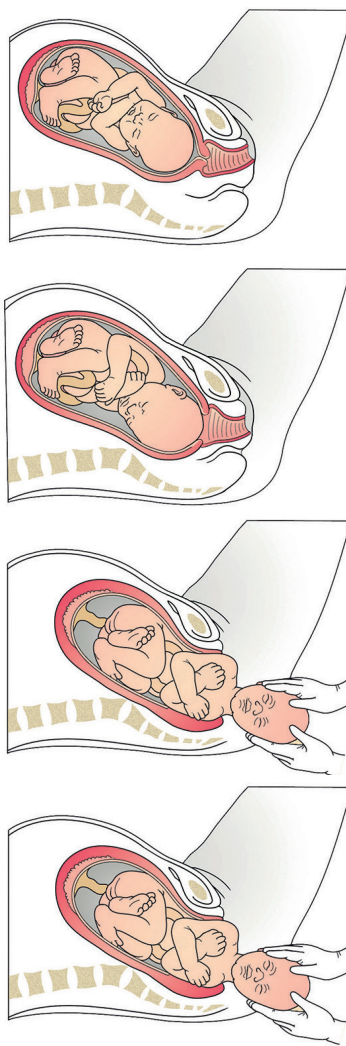


A szülés

Az ember embrionális fejlődése átlagosan 270 napig tart. A **posztembrionális fejlődés** időszakát a megszületéstől számítjuk.

A **szülés** folyamatának lényege a méh izomzatának ritmikus összehúzódása. Ennek első szakaszában kinyílik a méhszáj, megreped a magzatburok, és elfolyik a magzatvíz. Majd ezt követően a méh összehúzódása, valamint a rekeszizom, a törzs és a végtagok összehangolt működése révén létrejövő hasi préselő nyomás a magzatot kitolja a méh üregéből. A magzat megszületése után röviddel a méh faláról leváló méhlepény is kitolódik (51.1. ábra). Az újszülöttet elválasztják a köldökszinórtól, ezáltal a vérkeringése és a légzése függetlenné válik az anyától, megkezdődik az önálló élete.

A szülés lezajlása után megindul az anya tejelválasztása, és a méh néhány hét alatt regeneráló-



51.1. ábra. A magzat helyzete a szülés során

dik. Ha a szülés az előre kiszámított időpontnál 10 nappal később sem indul el, akkor megindítják. Ezt leggyakrabban oxitocininjekcióval végzik. A születek egy részében az újszülött császármetszéssel jön a világra. Leginkább akkor szoktak ehhez folyamodni, ha a magzat helyzete miatt a hüvelyen keresztül nem születhet meg, vagy ha az anyai medence szokatlanul szűk, esetleg a gyermek feje különösen nagy az anyai medencéhez viszonyítva. A császármetszés során a hasat általában harántmetszéssel nyitják meg.

Amikor a magzat megszületik, a méhlepény vérkeringése elzáródik, a magzati vérkeringés periferiális ellenállása hirtelen megemelkedik. Az aortában fokozódik a vérnyomás, magasabb lesz, mint ami addig a tüdőartériában jellemző volt. Eközben az újszülött egyre nagyobb mértékben oxigénhiányossá válik, mire néhány görcsös belégző mozgást végez, ami kitágítja tüdejét, és megindítja a tüdő működését.

A kismama életmódja

A fejlődő magzat számára az „egészséges környezet” biztosítása rendkívül fontos. A zavartalan terhesség megfelelő életmóddal aktívan elősegíthető. Különösen fontos a szükséges mennyiségű és összetételű táplálkozás, a folyadék- és vitaminfogyasztás. A legfontosabb magzatvédő vitamin a folsav, de hatásához megfelelő mennyiségű B₆-, B₁₂- és C-vitamin, valamint vas és cink szükséges. Fontos a kímélő életmód, a kellő időtartamú alvás és pihenés. Ugyanakkor a kismamának fizikailag is fel kell készülnie a megerőltető szülésre. Célrányosan erősíthetik hátukat, hasizmukat, csípőjüket a „terhestorna”-gyakorlatokkal (51.2. ábra).

Az aktív és passzív dohányzás egyaránt nagyon veszélyes a várandósság egész ideje alatt. A dohányzó kismamáknál a koraszülés esé-



51.2. ábra. A kismamatorna meghatározott izmokat mozgat meg

lye háromszor nagyobb a nem dohányzókhöz képest. Az újszülöttek testtömege is alacsonyabb, és a keringésbe kerülő toxikus anyagoknak egyéb következményei is lehetnek. Hasonlóan veszélyes az alkoholfogyasztás is, hiszen az alkohol a méhlepényen keresztül a magzati keringésbe is átjut. Az újszülöttek kisebb testmérettel és súllyal születnek, gyakoribbak közöttük a szív, a vesék és más szervek rendellenességei, továbbá könnyen lehetnek szellemi elmaradottak a magzatkori alkoholmérgezés miatt.

A poszt embrionális fejlődés szakaszai

A gyermek a születése utáni poszt embrionális egyedfejlődésében több szakaszon keresztül érkezik el a felnőttkorig. Az újszülött egyéves koráig tart a **csecsemőkori** (51.3. ábra), amelynek a **kisgyermekkor** (51.4. ábra) a folytatása. Ennek első szakasza az 1–3 évesek korosztálya, míg a második szakaszába az óvodáskorúak 3–6 éves



51.3. ábra. A csecsemők napi 16–20 órát alszanak



51.4. ábra. A kisgyermekkorban a legfőbb tevékenység a játék



51.5. ábra. Kölyökkorban megismerjük az iskola világát



51.6. ábra. A serdülőkorban nő a kortársak szerepe



51.7. ábra. Az ifjúkor a továbbtanulás ideje lehet



51.8. ábra. A felnőttek családot alapítanak és munkát vállalnak

korosztálya tartozik. A **kölyökkor** 6–12 évig a kisiskolások életkora (51.5. ábra), amely közvetlenül megelőzi a 12–16 éves korig tartó **serdülőkort** (51.6. ábra). Míg végül az **ifjúkor** (51.7. ábra) vezet át a 20 éven felüliek **felnőtt** korosztályába (51.8. ábra).

A felnőttkornak is megvannak a szakaszai. A fiatal **felnőtt** kor nagyjából a 20–44 év közé tehető, **középkorúnak** a 45–64 közötti életkor számít. Az **öregedés** kezdete változó, időben kitolódik és nagy szórást mutat, a kb. 65–75 körüli időszakban. Fellette **aggkorról** beszélünk.

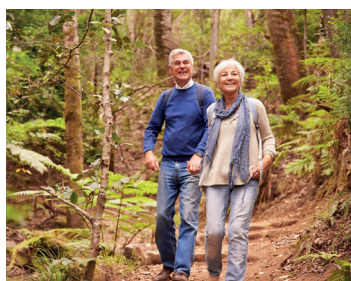
Az ember **növekedése** és **fejlődése** elválaszthatatlan egymástól. A születés utáni gyarapodás rendkívül gyors, az első év végén a csecsemő már későbbi testmagasságának 40%-át éri el, a második év végére pedig a kisded eléri a felnőttkori testmagasság felét. A jól fejlődő csecsemő fél éves korára megkétszerezi, egy éves korára pedig megháromszorozza születési tömegét. Ugrásszerű a növekedés serdülőkorban is. A serdülők évente 6–10 cm-t is növekedhetnek, amelyet optimális esetben megfelelő mértékű tömeggyarapodás is kísér, ehhez azonban intenzív mozgás, jó táplálkozás szükséges. A lányoknál a fejlődés és növekedés általában 1–2 évvel megelőzi a fiúkét, így serdülőkori testmagasságuk és testtömeg-növekedésük 14–15 éves korig meghaladja a fiúkét, aztán a fiúk utoléri, majd elhagyják a lányokat a növekedésben. A végleges testmagasság ifjúkorban alakul ki, a növekedés az érett korban rendkívül lelassul. A posztembrionális fejlődés során a belső szervek működése is változik. Csökken a légzésszám és a pul-

zusszám, növekedik a légzésterfogat és a pulzus-terfogat. Csökken a vörösvérsejtek száma és a vér hemoglobintartalma is.

Az emberi posztembrionális egyedfejlődés legnagyobb változásokat hozó szakasza mindenképpen a serdülőkor, a *pubertás*. Nemcsak azért, mert ebben a fejlődési szakaszban rendkívül gyors a növekedés intenzitása, hanem főleg azért, mert ekkor kezdenek működni az ivarszervek. A kislányoknál ekkor játszódik le az első menstruációs ciklus. A gyermekekben 7 és 10 éves kor között az ivari hormonok termelődésének lassú emelkedése figyelhető meg, amely a 10. év elején már gyors emelkedésbe megy át. A 20. századtól az egyedfejlődés általános felgyorsulása észlelhető, a jelenséget akcelerációnak nevezik (a szó latin eredetű, gyorsulást jelent). Az ember gyorsabban nő, hamarabb éri el végleges termetét, mint korábban. Ennek oka feltehetően összetett. Növekedett a

fehérjefogyasztás, elterjedt a városiasodás, az urbanizáció, amely felgyorsította az életritmust, és sokkal több ingert jelent, mint a hagyományos falusias környezet és életmód. Ugyanakkor ezt nem követi a pszichés fejlődés, sőt az érettség ideje kitolódni látszik.

Az ember növekedése és testi fejlődése természetesen csak akkor mehet végbe optimálisan, ha az életkörülmények megfelelőek. Ellenkező esetben nemcsak a test gyarapodása marad el, hanem csökken az ellenálló képesség is a különböző betegségekkel szemben. Ez viszont hátráltatni fogja az emberi növekedést és fejlődést is. Az ember *testi fejlődését* nem lehet elválasztani a *szellemi fejlődéstől*.



51.9. ábra. Fontos, hogy idős korban megőrizzük a fizikai és szellemi fittségünket

Az emberi populációkban világszerte nő az idős emberek aránya (51.9. ábra). Ez azzal is kapcsolatos, hogy a magas születésszámok a gazdaságilag fejlett országokban csökkennek. Az ezredfordulóra az ipari államokban a 60 éven

felüliek száma elérte a lakosság negyedét, így az emberi élet öregedő szakaszának problémái egyre jobban előtérbe kerülnek. Az öregedéssel ma már önálló tudomány, a *gerontológia* foglalkozik.

A serdülőkor lélektana

Olvasmány

A kamaszkor – vagy serdülőkor – sokak szerint a második megszületés időszaka. Az első születés alkalmával egy önálló, új élet kezdődik, a kamaszkorban pedig egy önálló új személyiség alakul ki. A kamasz átmeneti állapotban van, már nem gyerek, de még nem felnőtt. Ebben az időszakban egyrészt a szervezetben mélyreható fiziológiai változások zajlanak le. Felgyorsul a 7-10 éves korban megkezdődött nemi hormonok termelődésének az üteme, egyre kifejezettebbé válnak a másodlagos nemi jellegek. A korábbi időszakokhoz képest felgyorsul a növekedés és a testtömeg gyarapodása is, ami együtt jár a saját testéről kialakított kép elbizonytalanodásával. A serdülés bekövetkezését a lányok esetében az első menstruáció lezajlása, fiúknál az első spontán éjszakai magömlések jelzik.

A mélyreható biológiai változások együtt járnak a személyiségfejlődést kísérő belső lélektani változások tüneteivel. A kamasz mély lelki változásokon megy keresztül, mert önállósulni kezd, ami szükségszerűen azt jelenti, hogy – bizonyos mértékben – el kell távolodnia a családjától. Úgy próbálja meg megtalálni önmagát, hogy az eddigi körén kívül keres új ideálokat, ám közben igényli a családi szeretetet, az onnan érkező biztonságot, támaszt és védelmet, amit azonban egy cseppet sem szeret kimutatni. E kettősség rendszerint külső és belső konfliktusok forrása is. Eközben csodálkozva tekint a körülötte lévő, eddig egészen más szemüvegen keresztül látott régi-új világra, egyben kritikus szemmel tekint mindenre. Önbizalma két szélsőség között ingadozhat, egyrészt mindenre képes, másrészt semmihez sem ért, szerencsétlen és magányos. Csak lassan tudatosul benne, hogy ami vele történik, ugyanígy zajlott mással is – mindenkivel, és hogy ez a bonyolult időszak a fejlődés velejárója. Miközben ezt megérti és kialakul az egyéni gondolkodása, a saját világa segítő családi háttérre van szüksége.

Kérdések és feladatok

- 1 Szerinted mi a magyarázata annak, hogy a fejlett társadalmakban az idős emberek aránya egyre nő, és ennek milyen társadalmi következményei vannak?
- 2 Készíts kiselőadást Semmelweis Ignác életéről és munkásságáról!
- 3 Melyik hormon játszik fontos szerepet a szülés megindításában?
- 4 Nézz utána, honnan kapta a műteti beavatkozás a császármetszés elnevezést!
- 5 Mit gondolsz, ténylegesen is előfordulhat az, hogy valaki burokból születik?
- 6 Mi a véleményed az otthon szülésről?

52. lecke

A családtervezés



Születésszabályozás

Az ember az ivarérettség elérése után válik biológiailag képessé a nemi életre, ami azonban még nem jelenti a szexualitásra való alkalmasságot. Ahhoz megfelelő pszichikai érettség is szükséges. A mindkét partner számára örömmel járó kapcsolatban a szeretet, a szerelem és a szexualitás összekapcsolódik, és ehhez az egymás iránti felelősségérzet is társul. A mindkét partner számára megfelelően érett korban elkezdett nemi élet a párkapcsolat egyik igen fontos területe. A megfelelő időpontban vállalt terhesség jelenti a **születésszabályozást**. Ennek módja, hogy amíg a pár nem vállal gyermeket, addig a fogamzásgátlásról kell gondoskodniuk. A fogamzásgátlás egyszerű módja az ovuláció időpontjának figyelembevétele, hiszen a teherbe esésnek ekkor a legnagyobb a valószínűsége. Mivel az ovulációt megelőzően a testhőmérséklet csökken, utána viszont tartósan kissé megemelkedik, az ovuláció időpontja rendszeres reggeli hőmérsékletméréssel megállapítható. Az optimális fogamzás időpontja kiszámítható a menstruációs ciklusok nyomon követéséből is.

A legáltalánosabban használatos védekezési eszköz az olcsó, könnyen beszerezhető gumi óvszer (52.1. ábra), amelyet a merev hímvesszőre kell felhúzni közösülés előtt. A mai óvszerek már nemcsak megakadályozzák a hímvasejtek női ivarutakba jutását, hanem azokat spermiumölő hatóanyagokkal is nedvesítik. A hormonális alapon ható fogamzásgátló tabletták (52.2. ábra) szedése is elterjedt. A tablettát vizsgálatot követően orvos írhatja fel. A vizsgálat célja a nő egyéni sajátosságaihoz leginkább illeszkedő tabletták kiválasztása. A hormonális fogamzásgátló tabletták ösztrogen- és progeszterontartalmú készítmények. Sze-



52.1. ábra. Gumi óvszer



52.2. ábra. Fogamzásgátló tabletta

désük alatt a petefészekben szünetel a peteérés, de a méhnyálkahártya ciklusos működése fennmarad. Ez természetesen beavatkozást jelent a hormonháztartásba, ezért indokolt a folyamatos orvosi ellenőrzés. A tabletták szedését megfelelő időközönként szüneteltetni kell. Vannak olyan nők, akik nem szedhetnek hormonális fogamzásgátló szert. Ez esetben méhen belüli (intrauterin) eszközök alkalmazása javasolt. A műanyagból készült eszközt a nőgyógyász helyezi fel a méh üregébe.

Sajnos hazánkban rendkívül gyakori a terhesség mesterséges műtéti megszakítása, a művi abortusz (minden negyedik élveszületésre esik egy abortusz). Ez a beavatkozás az erős érzelmi, lelki megpróbáltatás mellett súlyos testi következményekkel járhat. A koraszülések és az ezeket követő újszülöttkori megbetegedések gyakorisága többszörösen nagyobb a korábban terhességmegszakításon átesett nők körében. A beavatkozás egyik következménye lehet a petevezeték elzáródása is. Ha ez csak az egyik oldalon következik be, akkor a megtermékenyülés valószínűsége csökken, ha viszont mindkét oldalon, akkor meddőség alakul ki.

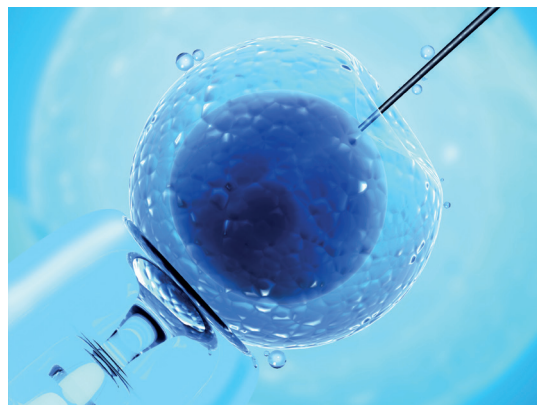
A családtervezés a gyermekvállalás felelős, tudatos elhatározása. Eldönthetjük, hogy hány gyermeket szeretnénk felnevelni, és azt is, hogy mikor jöjjenek a világra. Ha azonban a teherbe esés elhatározásunk ellenére hosszabb időn keresztül – legalább egy évig – nem történik meg, segíthetnek az *alkalmassági vizsgálatok*. Ezek feltárhatják azokat a rejtett okokat (betegségeket, elváltozásokat), amelyek akadályozzák a terhesség bekövetkezését. Nyilvánvalóan rendkívül fontos, hogy a baba egészségesen szülessen, ebben segíthet a *genetikai tanácsadás* a genetikai okok feltárásával vagy *családfelemzéssel*. Fontos, hogy lehetőleg minden szempontból – értelmi, érzelmi, anyagi – felkészüljünk az újszülött fogadására.

Meddőség

Meddőségről akkor beszélünk, ha egy nő vagy férfi terméketlen. Régen úgy gondolták, hogy az ilyen esetekben mindenképpen a nő a felelős. Ma már tudjuk, hogy ez a párkapcsolatoknak csak 50%-ában igaz, 40%-ban a férfi a meddő, a párkapcsolatok 10%-ában pedig mindkét partner. Az elmúlt 25 évben a meddőség gyakorisága több mint kétszeresére nőtt. Feltehetően a környezet káros anyagai és a kedvezőtlen pszichoszociális közérzet hat károsan a fogamzóképessegre.

Anatómiai ok lehet a petevezeték elzáródása vagy a falát alkotó hámsejtek elégtelen csillós mozgása. Élettani a hormonális működések elégtelensége miatt a petefészek zavara, vagy a megtermékenyített petesejt megtapadásának és beágyazódásának elmaradása és az is, hogy manapság sokan későbbi életkorban kívánnak szülni, mint régebben, márpedig idősebb korban csökken a termékenység. A férfiak meddőségének oka lehet az, hogy a herék nem szálltak le a herezacskóba, a herék ütési sérülése, az elégtelen spermiumszám, de lehet az ivari kromoszómák rendellenessége, sőt néhány fertőző betegség is, mint a mumpsz vagy a szifilisz. Mindkét nem esetében meddőséget válthat ki a cukorbetegség, az egészségtelen életvitel, a túlzott mértékű alkoholfogyasztás és a dohányzás is.

A meddőségi problémák kezelése a tényleges ok feltárásával kezdődik. A gyógyításra sokféle módszer és eljárás létezik. Ha ezek egyike sem hoz eredményt, akkor a mesterséges megtermékenyítés vagy a testen kívüli megtermékenyítés jöhet szóba. A mesterséges megtermékenyítést a férfi partner ondójával végzik, amelyet a méhszáj környékére vagy a méhbe fecskendeznek. A testen kí-



52.3. ábra. Mesterséges megtermékenyítés

vüli megtermékenyítés és embrióátvitel népszerű nevén a *lombikbébiprogram*. Az eljárás során a nőben hormonális kezeléssel több tüsző érését váltják ki. A petefészkekből a hüvelyen vagy a hasfalón át veszik ki az érett petesejteket. Ha sikerült petét nyerni, akkor üvegtálban a férfi partner ondójával egyesítik a petesejtet, ahol 18 óra múlva következhet be a megtermékenyülés (52.3. ábra). Ezután 20–30 órával jön létre az első osztódás. 24–84 órával a megtermékenyítés után ültetik be a sejthalmazt az anyaméhbe.

Magzati szűrővizsgálatok

A magzati szűrővizsgálatok közül a legáltalánosabb a kötelező *ultrahangvizsgálat*, amellyel nyomon lehet követni a magzat fejlődését, illetve korai stádiumban (a 12. héttől) felismerhető rendellenességet. Napjainkban az ultrahangos mérési adatokat kiegészítik az anyából vett vér egyes paramétereinek és biokémiai összetételének analízisével.

A koraszülés

A magzat fejlődése megszakadhat. Ha ez a terhesség 28. hete előtt következik be, akkor *vetélsről* beszélünk. Koraszülés akkor van, ha a magzat a 28. és 36. hét között jön a világra (52.4. ábra). A terhesség bekövetkezését vagy zavartalan végbemenetelét a nemi betegségek is befolyásolhatják.



52.4. ábra. Újszülött inkubátorban

Érdeklődőknek

Csecsemőmentő inkubátor

A *csecsemőinkubátorok* olyan berendezések, amelyek a csecsemő számára optimális külső környezeti feltételeket teremtenek. Állandó hőmérsékletet biztosítanak, hiszen a csecsemő nem tudja még testhőmérsékletét szabályozni, és a benne lévő levegő *páratartalma* is *szabályozott*, így az újszülött a bőrén keresztül kevesebb vizet veszít. Az inkubátorok fala átlátszó (így a baba állandóan szemmel tartható), oldalai felnyithatók (ezeken keresztül lehet benyúlni). Magyarországon *csecsemőmentő inkubátorok* is léteznek, ezeket a programban részt vevő gyermekkorházak bejáratához közel, az utcán helyezik el úgy, hogy az azt megközelítő személy anonimitása megmaradjon. Az inkubátorba minden olyan édesanya elhelyezheti újszülött gyermekét, aki valamilyen oknál fogva lemond róla.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a vetélés és a koraszülés között?
- 2 Min alapul a hormonális alapú fogamzásgátlás?
- 3 Miért jelenthetnek veszélyt a hormonális fogamzásgátlók egy fiatal szervezetre?
- 4 Melyek lehetnek a mesterséges terhességmegszakítás hosszú távú biológiai és lelki következményei?

53. *lecke*

Az egészségügyi rendszer működése



Alaptörvényünk leszögezi, hogy **mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez**. A magyar egészségügyi rendszer felépítését és működését az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvény rögzíti. Ebből kiderül, hogy az egészségügyi ellátások rendszere az *egészségügyi szolgáltatások biztosítását*, valamint a *népességügyi célok megvalósítását* szolgálja. Ami azt jelenti, hogy segítse elő az állampolgárok egészségének fenntartását, a betegségek megelőzését, ha pedig egészségtromlás következik be, segítse az egészség helyreállítását, és ha szükséges, a gyógyulást követően a testi és lelki rehabilitációt.

Az ellátórendszer felépítése

Az állami egészségügyi rendszerünk három szintje az **alapellátás**, a **járóbeteg-szakellátás** és a **fekvőbeteg-szakellátás** (53.1. ábra). Ehhez kapcsolatosan egyéb egészségügyi ellátások is biztosítottak, mint például az ügyeleti ellátás, a *mentés*, a *betegszállítás*, a *rehabilitáció*, a *gyógyszerellátás*, a *lelki gondozás*. Az ellátórendszer biztosítja emellett a preventív – megelőző – ellátásokat, amelyek alatt a *védőoltásokat* és a *szűrővizsgálatokat* értjük. Kiegészül továbbá olyan ellátásokkal, mint az *iskolaorvosi*, a *védőnői rendszer* vagy a *család- és gyermekvédelem*.



53.1. ábra. A magyar egészségügyi rendszer felépítése

A magyar egészségbiztosítás jellemzői

Az egészségügyi ellátórendszer működtetése költséges. Anyagi fedezete több pilléren áll. Mindenekelőtt fő forrása az összes aktív keresőre kiterjedő

járadékfizetési kötelezettség. Járadékot a munkáltató és a munkavállaló egyaránt fizet. A nyugdíjasok, a munkanélküliek, a szociális ellátásban és családi pótlékban részesülők vagy a szociálisan rászorulóknak után az állam fizeti a járadékot. A nem rászoruló, még nem kereső, eltartott nagykorúak után a járadékot a család fizetheti. A magyar egészségügyi ellátórendszer működésében a szolidaritás és a méltányosság egyaránt széles körben érvényesül, mert az életmentő beavatkozásokban, sürgősségi ellátásban ellátatlanul beteg semmiféle ok vagy indok miatt nem maradhat.

Az egészségbiztosítás másik anyagi forrása az, hogy a gyógyszerek, a gyógyászati segédeszközök (pl. fásli, kompressziós harisnya, mankó) részben térítéskötelesek, fogyasztói árak egy részét a beteg fizeti ki vásárláskor. Végül az állam – ha szükséges – központi költségvetési forrásból kiegészíti, illetve támogatja az egészségügyi ellátás költségeit (pl. kórházak adósságátvállalása).

Az alapellátás

Az alapellátást a *háziiorvosi rendszer* biztosítja. A háziorvosok egy-egy körzet betegellátását látják el, azaz a rendelő a beteg lakóhelyéhez közel van. Szerencsés esetben a háziorvosok hosszú évekig, évtizedekig biztosítják egy-egy körzet ellátását, ami lehetővé teszi, hogy személyes kapcsolat alakuljon ki az orvos és a páciens között. Az orvos ismeri a beteget, korábbi betegségeit, életkörülményeit. Mindez fokozottan segítheti a gyógyítást, krónikus betegek esetében a folyamatos ellátást, valamint hosszú távon a megelőzést. Ha a beteg állapota indokolja, a háziorvos a beteget *szakrendelésre* utalja be.

Hasonlóan területi alapon szervezve működik a *házi gyermekorvosi* és a *fogászati alapellátó*, valamint a védőnői rendszer. A védőnők szoros személyes kapcsolatot tartanak gondozottjaikkal. Tevékenységük kiterjed a családtervezéssel kapcsolatos tanácsadásra, egészségi, szociális, mentálhigiénés felvilágosításra, az anyaságra való felkészítésre, a várandós kismamák segítésére, a gyermekek gondozására születésüktől a tanköteles korig bezárólag. Védőnők a kórházak szülészeti osztályain is dolgoznak. Feladatuk ellátni az édesanyákat a legfontosabb tudnivalókkal a hazaengedésük előtt, és értesíteni a körzeti védőnőt a gyermek születéséről.

A járóbeteg-szakellátás

A **járóbeteg-szakellátás** a területileg illetékes szakrendelőkben vagy kórházak ambuláns szakrendelőiben történik, amit a beteg egyszeri vagy többszöri alkalommal az ellátás idejére felkeres. Az ellátások többsége csak háziiorvosi beutalóval vehető igénybe, egyes osztályokon azonban – pl. a szemészet, a sebészet – a területileg illetékes rendelőintézetben beutaló nélkül is fogadják a betegeket. A beutalók érvényességi ideje általában 90 nap, ennek leteltével a beutaló már nem használható. A vizsgálatok egy részére – pl. ultrahang, érsebészet, mellkasröntgen – előre szükséges időpontot kérni, másokra – a sürgős esetektől eltekintve – célszerű. Vannak olyan vizsgálatok is, ahol időpontkérés nem szükséges.

A fekvőbeteg-szakellátás

A fekvőbeteg-ellátás a beteg lakóhelye közelében levő kórházban (vagy más gyógyintézetben) folyamatos benntartózkodás mellett történik. A célja lehet *diagnosztikai* (kivizsgálás), *gyógykezelési* (pl. műtét) vagy *rehabilitációs* (szanatórium). Olyan esetekben van erre szükség, amikor a beteg állapota vagy az alkalmazott gyógyító eljárás hosszú ápolási vagy megfigyelési ideje ezt indokoltá teszi. A beteg az ellátást – a sürgősségi esetektől eltekintve – kórházi beutalóval veheti igénybe. Az azonnali ellátást nem igénylő beavatkozások esetében a beteg várólistára kerül.

Ma már átmeneti formákat is találunk az ambuláns kezelés és fekvőbeteg-ellátás között. Ilyen például az egynapos sebészet, amely a kisebb onkológiai műtétektől az ortopédiai műtéteken keresztül a szemlencsecserén kívül számos területre kiterjed.

Betegjogok

A **betegek jogait és kötelezettségeit** is az egészségügyi törvény szabályozza. A betegek jogainak törvényi előírásai biztosítják, hogy a betegek egyenrangú félként vegyenek részt az orvosi ellátásban. A betegjogok közé soroljuk az egészségügyi ellátáshoz való jog mellett az *emberi méltósághoz való jogot*, a kórházi, szanatóriumi kezelés időtartamára a hozzátartozókkal való *kapcsolattartás jogát*, a *tájékoztatáshoz* való jogát. Változatlanul

fennáll az önrendelkezés joga, ami magába foglalja az ellátás *viSSZAUTASÍTÁSÁNAK JOGÁT* és a gyógyintézet – saját felelősségére történő – *elhagyásának jogát* is. Fontos, hogy a beteget megilleti az *orvosi titoktartás joga*, a betegségről a kezelője csak a beteg beleegyezésével tájékoztathat másokat.

Ugyanakkor a beteg is köteles tiszteletben tartani betegtársai jogait, például látogatókat csak mások érdekeinek szem előtt tartásával vagy a betegellátás zavartalanságának biztosításával fogadhat.

Az iskolaorvos

Hazánkban az oktatási intézményekben *iskolaorvosi rendszer* működik. Ez azt jelenti, hogy az iskolának *gyermekorvosa* van, aki a hét egy vagy több napján szükség esetén rendelkezésre áll. Munkájához tartozik mindenekelőtt a tanulók egészségi állapotának vizsgálata, illetve annak nyomon követése. Kétévenként elvégzi a tanulók teljes *fizikális orvosi vizsgálatát*, ellátja a krónikus betegek, valamint a testi, érzékszervi, értelmi vagy beszéd fogyatékos tanulók háziorvossal egyeztetett fokozott ellenőrzését. Közreműködik az átfogó *gyermekfogászati szűrőprogram* megszervezésében, illetve ellenőrzi azt.

A továbbtanulást megelőzően elvégzi a *szakmai alkalmassági vizsgálatokat*, esetenként részt vesz a pályaválasztási tanácsadásban. Szerepet vállal az iskolai testnevelés, *gyógytestnevelés* és mindennemű sporttal kapcsolatos iskola-egészségügyi feladat ellátásában. Elvégzi az iskolai életkorhoz kötött *oltások beadását*, ezek dokumentálását. *Elsősegélyben* részesíti az iskolában balesetet szenvedett tanulókat, a hirtelen fellépő roszszullétekben, akut megbetegedésekben szenvedő diákokat, és a háziorvoshoz vagy a megfelelő szakrendeléshez irányítja őket.

Bekapcsolódik az oktatási intézmény *egészséges életmódra nevelés* programjaiba, segíti a lebonyolításukat és kezdeményezőként lép fel az ilyen programok megtervezésében és lebonyolításában. Segít az egészséges intézményi környezet kialakításában, ellenőrzi a tantermek, a tornaterem, az étkezdé és egyéb kiszolgálóhelyiségek *közegészségügyi előírás* szerinti megfelelő állapotát. Amennyiben arra igény van, osztályfőnöki órákon részt vesz az *egészségnevelésben*, elsősorban az alábbi témákban: személyes higiéné, egészséges életmód, elsősegélynyújtás, családtervezés, fogamzásszabályozás, önvizsgálattal kapcsolatos ismeretek, szenvedélybetegségek megelőzése.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Gyűjtsd össze a következő fontos információkat!
 - Ki a háziorvosod, és hol van a háziorvosi rendelő?
 - Készíts táblázatot arról, hogy egy héten mely napokon és mikor rendel a háziorvosod!
 - Hol van a lakóhelyed szerinti illetékes, járóbeteget-szakellátást biztosító rendelőintézet?

- 2 Írd be a telefonodba a háziorvosi rendelő és a területileg illetékes szakorvosi rendelő központi telefonszámát!

- 3 Nézz utána, melyek azok a szakrendelések, ahová háziorvosi beutalóval is csak előzetes időpontkéréssel mehetsz!

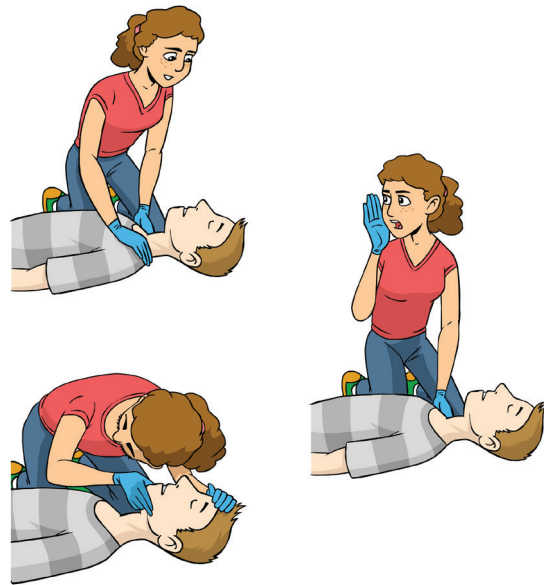
54. tétel

Elsősegély-nyújtási alapismeretek



Napjaink felgyorsult életritmusa, háztartásunk technikai felszereltsége, közlekedésünk – és még hosszan lehetne folytatni a sort – egyre fokozottabb mértékben jelentenek *baleseti veszélyforrást*. A balesetek száma a statisztikai adatok alapján sajnálatosan egyre nő, és közöttük vezető helyen a háztartási balesetek szerepelnek. Fontos, hogy az **elsősegélynyújtás** alapjait ismerjük, hiszen előfordulhat, hogy hozzánk közel álló személy, hozzátartozónk, családtagunk szorul váratlanul segítségre. Jó tudni azt is, hogy a büntető törvénykönyv szerint **minden állampolgár köteles segítséget nyújtani a balesetet szenvedettnek vagy olyan személynek, akinek az élete vagy testi épsége közvetlen veszélyben van**.

Az elsősegélynyújtásnak vannak olyan lépései, amelyeket sokféle baleset esetén azonos módon kell alkalmaznunk (54.1. ábra). Az első, hogy megpróbálunk kapcsolatot teremteni a sérülttel. Szólítsuk meg, óvatosan rázzuk meg! Ha eszméleténél van, tájékozódjunk arról, hogy mi történt, igyekezzünk megnyugtatni őt, ha szükséges, azonnal hívjunk segítséget! Ameddig az orvos megérkezik, igyekezzünk megakadályozni a sérült állapotának rosszabbodását! Ha a bajbajutott eszméletlen, állapítsuk meg, hogy lélegzik-e! Ellenőrizzük, hogy szabadok-e a légutak, majd a beteg fejét szegjük hátra, fülünket helyezzük az orrní-lása elé, hogy halljuk, érezzük az áramló levegőt, és szemünkkel figyeljük a mellkas mozgását! Ha a sérült nem lélegzik, és nem áll rendelkezésre *fél-automata defibrillátor*, el kell kezdeni az alapfokú újraélesztést (ld. később).

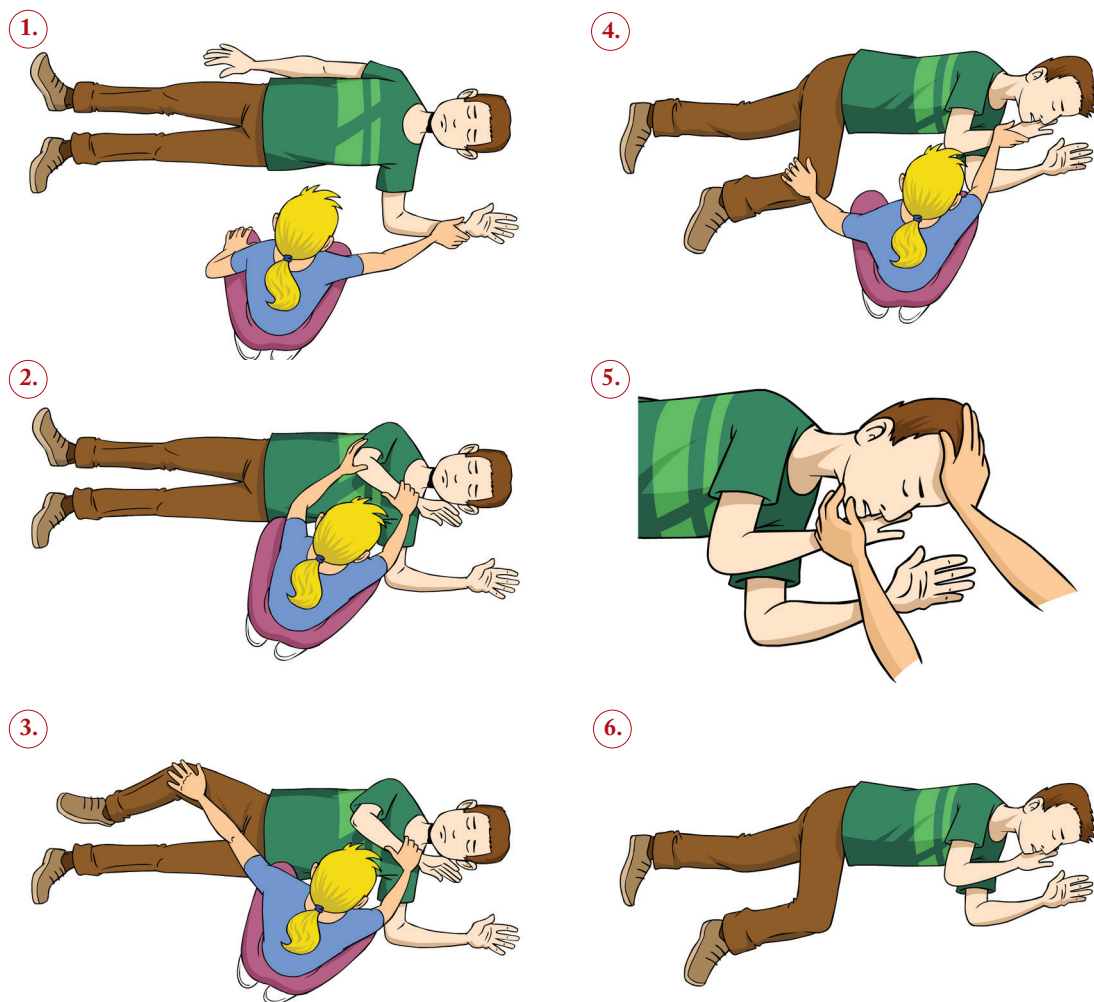


54.1. ábra. Az elsősegélynyújtás első lépései

Általános teendők

Stabil oldalfekvés

Miután meggyőződünk arról, hogy a sérült vagy beteg szájában a nyelve nincs hátracsúszva, valamint idegen test, víz stb. sincsen benne; valamint nincs olyan tünet, ami gerincsérülésre utalna, akkor a sérültet stabil oldalfekvésbe kell helyezni. Ennek lépései:



54.2. ábra. A stabil oldalfektetés lépései

1. A hozzánk közelebb eső karját a teste mellé fektetjük.
2. A másik karját a mellkas előtt magunk felé húzzuk.
3. A távolabb eső lábát keresztbe fektetjük a közelebb eső fölé.
4. A fejét megtámasztjuk az egyik kezünkkel, a másikkal magunk felé fordítjuk a testét.
5. A felül lévő karjának kézfejével megtámasztjuk az arcát.
6. Majd a felül lévő lábával térdben meghajlítva megtámasztjuk a test alsó felét.

Újraélesztés

Egyes baleseteket követően újraélesztésre lehet szükség. Ha a sérült nem lélegzik, habozás nélkül meg kell kezdeni a szájból szájba lélegeztetést és a mellkas-kompressziót (54.3. ábra). Lépései:

- el kell távolítani minden idegen anyagot a szájból (idegen tárgy, hányadék, víz, sár stb.);
- a fej hátraszegése;
- az áll megemelése;
- két fújás szájba és 30 mellkas-kompresszió;

- majd újra két fújás szájba, azt követően 30 mellkas-kompresszió, és így tovább addig, ameddig a segítség meg nem érkezik.

A mellkas-kompresszió technikája: két kézfejjünket egymásra helyezzük (54.3. ábra), majd tenyerünk kéztőli részével, nyújtott könyökkel, megnyomjuk a szegycsont alsó felét.



54.3. ábra. Mellkaskompresszió

Nézz utána, hogy a lakóhelyed vagy iskolád környékén hol szerveznek elsősegélynyújtó tanfolyamot!

Újraélesztés félautomata defibrillátorral

Nyissuk fel a készüléket (54.4. ábra), amely ekkor automatikusan bekapcsol. Ha nem, kapcsoljuk be! Ezt követően a készülék hangutasításainak megfelelően járunk el! Bontsuk ki az elektródákat a csomagolásukból, és az utasításoknak megfelelően helyezzük a sérültre. A műszer pontos utasításokat ad a továbbiakban is, ezek szerint cselekedjünk.



54.4. ábra. Defibrillátor

A leggyakoribb balesetek

Keress az interneten adatokat arról, hogy hány esetben melyek a leggyakoribb balesetek!

Égési sérülések

Ismételd át az égési sérülésekről tanultakat! Miroő ismerhető fel egy égési sérülésről, hogy hányadfokú?

Égési sérülést nyílt láng, forró folyadék, forró gőzök, tárgyak okozhatnak. A kisebb égési sebeket 8-10 percen keresztül hűtsük hideg folyó vízzel, mert így a fájdalmat is csillapítjuk, és meggátoljuk a bőr további károsodását, vagy fűjjük le égési sebre alkalmazandó spray-vel. A nagyobb terjedelmű megégett bőrfelületet burkoljuk tiszta lepedőbe, az esetleg ráégett ruhadarabokhoz ne nyúljunk, és haladéktalanul hívjunk orvost!

Nézz utána, milyen hőhatások okoznak I., II., és III. fokú égési sérüléseket!

Áramütés

Áramütés esetén az első lépés az azonnali áramtalanítás. Ha nem lehet a fali csatlakozót kihúzni, csapjuk le a biztosítékokat vagy a főkapcsolót. Ha a sérült látszólag jól van, akkor is kórházba kell szállítani, mert később is jelentkezhetnek súlyos következmények (pl. szívritmuszavar). Ha nem lélegzik, haladéktalanul meg kell kezdeni az újraélesztést!

Mérgeзések

Attól függően, hogy mi a mérgező anyag, a tenivalók eltérőek. Az egyik leggyakoribb baleset a *szén-monoxid-mérgeзés*. Oka a színtelen, szagtalan szén-monoxid-gáz belélegzése. A szén-monoxid-gáz a szénhidrogének (földgáz) tökéletlen égésterméke, amely a rossz fűtőberendezésből vagy elégtelen huzatú kéményből a lakásba beáramolhat. A mérgeзés kezdeti tünete az egyre erősödő fejfájás. A segítségnyújtásban a legfontosabb, hogy a mérgeзett személyt minél hamarabb friss levegőre vigyük, és a mérgező gázt tartalmazó helyiséget alaposan kiszellőztetjük. Ha a mérgeзett nincs eszméleténél, újraélesztést kell alkalmazni.

A *résztartalmú permetezőszerek* vagy más nehézfém (pl. higany) okozta mérgeзésnél a mérgeзettel azonnal tejet kell itatni.

Festékek, savak, lúgok lenyelése esetén azonnal több pohár vizet kell itatni a sérülttel, de hánytatni nem szabad, nehogy a mérgeз további szöveti károsodást okozzon. Hasonló a teendő, ha valaki véletlenül mérgező bogyókat vagy más növényi részeket rágcсál vagy fogyaszt, azonban ezekben az

esetekben hánytatni kell, ahogyan *gombamérgezés* vagy *gyógyszermérgezés* gyanújának esetén is. Légzésleállás esetén a mentő megérkezéséig meg kell kezdeni az újraélesztést!

A háztartásban használatos anyagok közül elsősorban a tisztítószeres veszedelmes mérgek. A hipó és a sósav egyaránt okozhat súlyos felmaró-dással járó, akár halálos mérgezéseket. Ezért mindig körültekintően járjunk el a használatukkor, és ne keverjük össze egymással, mert a két anyag kémiai reakciója során halálosan mérgező klórgáz keletkezik.

Hogyan előzhető meg a különböző mérgezések? Milyen mérgek vannak a közvetlen környezetünkben?

Fulladás

Ha a folyóból, tóból mentett személy nem lélegzik, első lépésként minden idegen anyagot el kell távolítani a légutából, és akár a bokájánál fogva magasba emelve ki kell csorgatni minden vizet. Ezt követően meg kell kezdeni az újraélesztést.

Ha a fulladást **félrenyelés** okozta, mások a teendők. Ha a balesetet szenvedett csecsemő vagy kisgyerek, fektessük a térdünkre úgy, hogy a feje lelógjon. Ezt követően a tenyerünkkel üssünk néhány határozott ütet a hátára a két lapockája között. Felnőttek esetén mögéje állva két kezünket kulcsoljuk össze a fuldokló hasának felső részén, majd a kezünket hirtelen rántsuk hátra, egyben felfelé. A mozdulat összepréseli a tüdőt, és az így megnövekedett légnyomás kilöki a félrenyelt tárgyat. A módszer csak akkor használható, ha a fulladozó személy még lélegzik. Minden esetben azonnal forduljunk orvosi segítségért!

Vérzések

A kisebb **vérzések** a leggyakrabban előforduló sérülések. *Orrvérzés* esetén a sérült üljön le, hajtsa előre a fejét, és a kezével fogja össze az orrát. Légzetet szájon át vegyen! Az is segíthet, ha kívülről az orr háttára hideg vizes papír zsebkendőt helyezünk. Egyéb vérzések esetén a vérző testrészt igyekezzünk a legmagasabbra emelni! Az *artériás vérzés* arról ismer-



54.5. ábra. Nyomókötés

hető fel, hogy a vér spriccel. Az artériát igyekezzünk elszorítani, a sérülésre tegyünk **nyomókötést** (54.5. ábra)! Hasonlóan járjunk el vénás vérzés esetén is, azonban mindkét vérzés esetén haladéktalanul hívjunk orvost!

Kutyaharapás

Kutyaharapást követően célszerű azonnal felvenni a kapcsolatot a kutya tulajdonosával. A tulajdonosnak az oltási könyvvel kell igazolnia azt, hogy a kutya minden szükséges oltást megkapott. A sérültnek még akkor is, ha a kutya oltásával kapcsolatban minden rendben van és a harapás csak felszíni, orvoshoz kell fordulni. A lakóhely szerint illetékes sebészeti szakrendelőben a sebet kitisztítják, fertőtlenítik és bekötözik. Szükség esetén tetanuszoltást is kap a beteg.

Lehűlés és hőguta

A kihűlt sérültet a szabadban mindenekelőtt a további lehűléstől kell megvédeni. Be kell bugyolálni száraz és vastag takaróba, kabátba, hogy minden oldalról be legyen takarva, majd fűtött helyiségbe kell vinni. Ott le kell róla venni az esetleg átnedvesedett ruhadarabjait, és száraz, meleg holmiba kell öltöztetni, végtagjait, arcát kézmeleggel lassan dörzsölgetni. Ha eszméleténél van, meleg teát fogyaszthat, de alkoholt nem!

A nyári melegben hőgutát szenvedett beteget fektessük le egy hűvös helyiségben, és a lábát polcoljuk fel! Lassan, kortyolva igyon teát vagy enyhén sós vizet.

Törések, ficamok

Ha csonttörés gyanúja áll fenn, óvatosan helyezzük a végtagot sínbe (rögzítsük)! Ha ficamodásra gyanakszunk, mert rendellenesen áll egy végtag (ujj), fektessük le a sérültet, de ne nyúljunk a sérült végtaghoz!

Eszméletvesztés

Eszméletvesztésről akkor beszélünk, ha a beteg nem reagál a környezeti ingerekre, de légzési, vérkeringési funkciói szabályosan működnek. Leggyakoribb formája az ájulás, de számos krónikus betegség (cukorbetegség, epilepszia) velejárója is lehet. Az ájulás oka a hirtelen bekövetkező vérnyomásesés. Fektessük vízszintes helyzetbe az ájultat, és a lábait emeljük magasra! Ha az állapotában nem következik be rövid időn belül változás, hívjunk mentőt!

Előzzük meg a baleseteket!

Olvasmány

A legtöbb baleset a háztartásokban következik be, pedig ha odafigyelünk, és szem előtt tartunk néhány alapvetően fontos szabályt, azok csaknem mind elkerülhetőek lennének.

Az áramütések okozta balesetek megelőzhetőek, ha nem használunk sérült szigetelésű háztartási eszközt. Szabályosan az eszközök mind kettős szigetelésűek. Ha látjuk, hogy a külső védőburok eltört vagy megszakadt, és látszik az alatta lévő – rendszerint színesen – szigetelt vezeték, abban az esetben ne használjuk! Ha valamelyik eszközünk működés közben áll le, csak akkor nyúlunk hozzá, ha előzetesen áramtalanítottuk! Ha zárlatos a berendezés (lecsapja a biztosítékot), ne próbálkozzunk újra a használatával. Ha kiégett egy lámpaizzó, csak abban az esetben kezdjük meg a cseréjét, ha meggyőződünk arról, hogy a kapcsoló le van kapcsolva. Még véletlenül se szárítsuk a hajunkat a fürdőkádban vízben ülve, és ne mobilozzunk! A lakásban lévő fali csatlakozók (konnektorok) legyenek ellátva érintésvédelmi „gyerekdugóval”! A kertben fűnyírásakor vagy sövénynyírásakor fokozottan ügyeljünk arra, hogy a hosszabbító vezetékét ne vágjuk el!

A forrázásos-megégéses balesetek is többnyire elkerülhetőek, ha figyelünk arra, hogy forró folyadékot tartalmazó edényt olyan stabil helyre állítsunk, ahol nem lökheti le senki. Különösen a konyhában lábatlankodó kisebb testvér, vendég van kitéve ilyen baleseteknek. Ha vizet forralunk vagy forró zsírban sütünk valamit, azt mindig a tűzhely belső lapjain végezzük. Különösen sok baleset származik abból, hogy palacsintasütéskor a serpenyő nyelének nekimegy valaki, vagy egy kisgyerek kíváncsiságból maga felé billenti, hogy belenézzen. Veszélyesek lehetnek a barkácsolás közben használt kisgépek átforrósodott kellékei, fűrófejek, fűrészlapok, csavarok, amiken egyáltalán nem látszik, hogy át vannak melegedve.

Fontos szabály, hogy a lakásban egészségre ártalmas, mérgező, maró hatású folyadékot (tisztítószer, mosószer, mosogatószer, rovarirtó szerek, de ide sorolhatjuk az ecetet is) soha – még átmenetileg se – ne töltsünk olyan üvegbe, műanyag flakonba, amelyben innivaló vagy más élelmiszer volt! Ha a gyári tartójából valami miatt ki kell öntenünk, hasonló célt szolgáló másik edénybe öntsük, át és *azonnal cédu-lázzuk fel!*

Nagyon sok baleset – szerencsés esetben „csak” kéz- és lábtörés – következik be amiatt, hogy ha nem érünk fel valamit, felállunk arra a tárgyra, amelyik éppen a kezünk ügyébe esik, sámlira, hokedlire, egymásra tett könyvekre vagy hokedlire (netán asztalra) tett sámlira, és hosszan lehetne folytatni a sort! Ablakmosáskor, a függöny leszedésekor vagy feltételekor, a szekrény legfelső polcára történő pakoláskor, kép felakasztásakor, csillár izzójának cseréjekor stb. minden esetben biztonságosan felállított létrát használjunk! A földre pedig ne tegyünk le (ne felejtünk az útból) semmi olyan tárgyat, amelyben később bárki (vagy mi magunk) megbotolhat. Ugyanez vonatkozik a kertre is. Mindig abból kell kiindulnunk, hogy ami eldőlhet, az el fog dőlni, amibe beleléphetünk (deszka felfelé meredező rozsdás szöggel, csúszós olajfolt stb.) abba bele fogunk lépni, amibe meg lehet botlani, abban valaki meg fog botlani. Különösen igaz ez akkor, ha kisgyerek is van a családban!

Napjaink egy másik, otthonon kívüli veszélyforrása a gyalogos közlekedés közben végzett telefonálás vagy zenehallgatás. Ha mindkét fülünket elzárjuk a világ elől és közben átadjuk magunkat a zene élvezetének, kiiktatunk számos, a környezetünkől érkező információforrást. Nem halljuk meg a figyelmeztető zajokat, nem jut el a tudatunkig számos jelzés.

Kellő odafigyeléssel a balesetek többsége megelőzhető. Vigyázzunk a saját testi épségünkre és a környezetünkben lévőkére is!

Kérdések és feladatok

1 Készíts bemutatót arról, hogy a háztartásban előforduló mérgeket hogyan kell szakszerűen tárolni!

2 Nézz utána, mi a hipó kémiai összetétele! Milyen kémiai reakció megy végbe, ha sósavval lép kémiai reakcióba? Írd fel a reakcióegyenletet!

RÉSZÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Hol termelődnek férfi nemi hormonok, és mi a hatásuk?
- 2 Hasonlítsd össze a férfi és a női ivarsejtek keletkezését!
- 3 Miben tér el egymástól a herék és a mellékherék működése?
- 4 Mi lehet a magyarázata a méhen kívüli terhességnek?
- 5 Miért jelent életveszélyt a magzat és az anya számára is a méhen kívüli terhesség?
- 6 Hogyan változik a méhnyálkahártya egy menstruációs ciklus alatt?

Kérdések és feladatok

- 7 Nézz utána, milyen változásokkal jár a kismama szervezetére nézve a terhesség!
- 8 Foglald össze a férfiak és a nők meddőségének okait!
- 9 Mit értünk terhesgondozás alatt?
- 10 Mutasd be a magyar egészségügyi rendszer felépítését!
- 11 Mi a teendő a mentők érkezéséig, ha egy eszméletlen baleseti sérültet kell ellátni?

Olvasd el figyelmesen a következő szöveget, majd válaszolj az ezzel kapcsolatos kérdésekre!

A gyermekkori szellemi fejlődésben különösen fontos szakasz az 1–3, illetve a 3–6 éves kor. Ekkor megy végbe az érzékszervi fejlődés, mivel az érzékeléstanulás érzékeny periódusainak legfontosabb szakaszai erre a korra esnek. Ha az iskolába lépésig nem éri a kisdedet, majd a kisgyermeket megfelelő környezeti hatás, akkor nem válik iskolaéretté, csak később kezdheti az iskolát. Az iskolában töltött hosszú idő első 3–4 éve szintén kulcsfontosságú agygyermekszellemifejlődésében, mert ebben az időben nagyrészt lezárulnak az

érzékeléstanulási érzékeny periódusok, amelyek után már a szellemi fejlődésnek ez a része nem fejleszthető sikerrel. Ez az életkor azért is fontos, mert a szocializáció folyamatában az első négy osztály a közösségbe és a társadalomba való beilleszkedés tanulásának alapvetően fontos időszaka. Az iskolaéretlen gyermek iskolába erőltetése mindenképpen elkerülendő, mert ez káros a személyiségfejlődésére.

- Miért fontos a gyermekkori szellemi fejlődésben a 3–6 éves korszak?
- Mit tanultunk korábban a bevésoedésről?
- Miért fontos a szocializációban az általános iskola első négy osztálya?

Szövegértés

Projektfeladatok

- 1 Állíts össze kiselőadást a „Nemi hormonok hatása és a viselkedés” címmel
- 2 A „Magyar Védőnői Szolgálat” *hungarikum*. Nézz utána, és mutasd be egy kiselőadáson, hogy miért!
- 3 Mutasd be egy előadáson a Nemzetközi Vöröskereszt működését és tevékenységét!
- 4 Állíts össze egy kiselőadást a „gyermekági láz”-ról! Mi a valódi oka a tünetegyüttesnek?

Ábrajegyzék:

(Rövidítések: b=bal, j=jobb, f=felső, a=alsó)

Fotók:

Bibliothèques d'Université de Paris: 99/24.5

Blausen Medical Communications: 203

Culturis: 23/5.5. (PHOTO INSOLITE REALITE / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 65/16.2. (DAVID MACK / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 87/22.3. (POWER AND SYRED / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 88/22.5. (STEVE GSCHMEISSNER / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 89/22.6. (PROF. P. MOTTA / DEPT. OF ANATOMY / UNIVERSITY LA SAPIENZA, ROME / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 99/24.6. (Bridgeman Art Library), 110/26.7. (JAMES STEVESON / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 118/28.9. (DAVID SCHARF / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 150/36.4. (CNRI / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 160/38.6. (THOMAS DEERINCK, NCMIR / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 163/39.2.b (EYE OF SCIENCE / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 168/40.3. (DR GORAN BREDBERG / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 171/40.9. (US NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 172/a (MANFRED KAGE / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 198/48.4. (POWER AND SYRED / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 206/50.2. (EDELMAHN / SCIENCE PHOTO LIBRARY), 207/50.3. (DR G. MOSCOSO / SCIENCE PHOTO LIBRARY)

Flickr: 6/a (icelight/CC BY 2.0), 33 (Rosenfeld Media/CC BY 2.0), 43/f (Robin McConnell/CC BY 2.0), 71/f (Joe Shlabotnik/CC BY 2.0), 89/22.7, 153/37.1 (mr.paille/CC BY-SA 2.0)

iStock: 50, 91/f, 101/f, 106, 111/f, 121/f, 129, 133/f, 137, 142, 146/f, 157/f, 167/a, 186/f, 187, 199/48.7, 213/a, 213/52.1, 214/52.3, 215, 216/a

Library and Archives of Canada: 156/37.4

Nagy Ernő: 24

National Cancer Institute: 25/f

NOAA: 8/1.4

Shutterstock: 5, 11, 14, 17/f, 21, 25/a, 30/f, 34, 38/f, 43/a, 47, 49/f, 53, 57, 60/f, 64, 71/a, 75, 76/f, 76/a (Chris Mole), 80, 83/f–a, 84–85, 101/a, 104, 112, 115/a, 119, 122/29.1, 126, 149/f, 153/f–a, 154/37.2, 162/a, 172/f, 180/a, 189–190, 192–194, 201, 205/a, 209, 216/f, 219, 221

Sigerist, Henry E. (1965) Große Ärzte, München: 95

Store Norske Leksikon: 154/37.3 (Jean-Paul Rioux/CC BY SA 4.0)

Thinkstock: 3, 38/a, 49/a, 68/f, 83/21.1, 86, 91/a, 93, 96, 115/f, 121/a, 133/a, 146/a, 149/a, 157/a, 162/f, 167/f, 176/a, 180/f, 183, 186/a, 197, 199/48.8, 205/f, 210–211, 213/f, 214/52.2

University of Toronto Library: 156/37.5–37.6

U.S. National Library of Medicine: 171/40.8

Wikimedia: 6/f (Fanghong/CC BY 2.5), 60/a (Zephyris/CC BY-SA 3.0), 68/a (Arpingstone/CC0), 199/48.6 (Y tambe/CC BY-SA 3.0)

Grafikák:

Baróthy Andrea: 16, 78/19.4, 157, 181, 197/48.2

iStock: 134/32.3

Jécsai Zoltán: 7/1.2, 8–13, 15, 18–19, 23/5.7, 36, 46, 81, 91, 92/23.2, 94/23.6, 97/24.1, 102–103, 106, 107/26.3, 112–113, 115, 118/28.9, 135–136, 138/33.1, 139–141, 143/34.3, 150/36.3, 151/36.6, 165, 167, 176, 177/42.2, 180, 199, 202/49.3, 219–220

PGL Grafika: 22, 23/5.4, 25–27, 30–32, 35, 38–41, 44–45, 50/12.2, 53–55, 62, 65, 87, 90, 93, 94/23.7, 147–148, 158–159, 189, 197/48.1, 207

Shutterstock: 23/5.6, 76/19.1, 150/36.5

Thinkstock: 77/19.3