OKTATÁSI HIVATAL

NAT 2020

9–10

II. kötet

Biológia

tankönyv

A kiadvány 2026. 08. 31.-ig tankönyvi engedélyt kapott a TKV/333-7/2021 számú határozattal.

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 a gimnáziumok 9–12. évfolyama számára, továbbá a gimnáziumok 7–12. évfolyama és a szakgimnáziumok 9–12. évfolyama számára készült biológia-egészségtan kerettantervek előírásainak.

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértő: Vámosiné dr. Hegyi Andrea

Tananyagfejlesztő: Baranyai József, Veres Gábor

Kerettantervi szakértő: Veres Gábor

Szaktanácsadó: dr. Koncz Gábor, Szabó Bence Farkas

Lektor: Kerényi Zoltán

Fedélterv: Slezák Ilona

Illusztrációk: Baróthy Andrea, NASA, Natura.2000.hu, Polarportal.dk, Shutterstock, Stiefel, Wikimedia

Fotók: Shutterstock, Cultiris, Digitaljournal, iStock, NASA, Országalbum, Thinkstock, Wellcome Collection, Wikimedia

Fedélfotók: Shutterstock, Cultiris, Royal Collection

Szerkesztették az Oktatási Hivatal Tankönyvfejlesztési Osztályának munkatársai.

A tankönyv szerkesztői ezúton is köszönetet mondanak azoknak az íróknak, költőknek, képzőművészeknek, akiknek alkotásai tankönyveineket gazdagítják.

© Oktatási Hivatal, 2021

ISBN 978-615-6256-15-7

A könyvben az alábbi műveket használtuk fel: Biológia 10. (FI-505031001/1), Biológia 11. (FI-505031101/1) Biológia 12. (FI-505031201/1)

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.

SZÉCHENYI 2020

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalom

Előszó **4**

I. Az anyagforgalom **5**

1. Anyagok és rendszerek 6
2. Táplálkozás 8
3. Táplálkozás és egészség 18
4. Légzés 25
5. Anyagszállítás 35
6. Kiválasztás 44

II. Az érzékelés és a szabályozás **49**

7. A szabályozás alapelvei 50
8. Az idegsejtek 55
9. Magasabb szintű idegi működések 63
10. Az idegrendszer felépítése és működése 71
11. Érzékelés és mozgásszabályozás 77
12. A vegetatív szabályozás 81
13. Az idegrendszer egészsége 86
14. Érzékszerveink felépítése és működése 92
15. A hormonrendszer 104
16. Az immunrendszer 111

III. Az emberi nemek és a szaporodás **125**

17. Az emberi nemek 126
18. A szaporodási szervrendszer 134
19. A szexualitás 141
20. Az ember egyedfejlődése 149

IV. Egészségügy **163**

21. Orvosi diagnosztika 164
22. Betegek orvosi ellátása 170
23. Fertőző betegségek és népbetegségek 174
24. Elsősegélynyújtás 181

V. Az élőhelyek és a biológiai sokféleség **191**

25. A populációk tűrőképessége, és időbeli változásai 192
26. Populációk közötti kölcsönhatások 199
27. Fény-, hőmérsékleti és vízellátási viszonyok 204
28. A levegő 210
29. A talaj 213
30. Környezetvédelem, természetvédelem 218
31. A légszennyezés és hatásai az élővilágra 222
32. Ciklikus változások az életközösségek életében 229
33. A biológiai sokféleség 235

VI. A Föld és a Kárpát–medence értékei **243**

34. A szárazföldi életközösségek 244
35. A magashegységek és tengerek életközösségei 254
36. A Kárpátok ölelésében 259
37. A Kárpát-medence fás társulásai 264
38. A Kárpát-medence fátlan társulásai 273

VII. Ember és bioszféra **281**

39. A bioszféra mint rendszer 282
40. A globális környezet állapota 289
41. Változó környezet – változó bioszféra 294
42. Következtetések, előrejelzések 306
43. A bioszféra védelme – fenntarthatóság 315

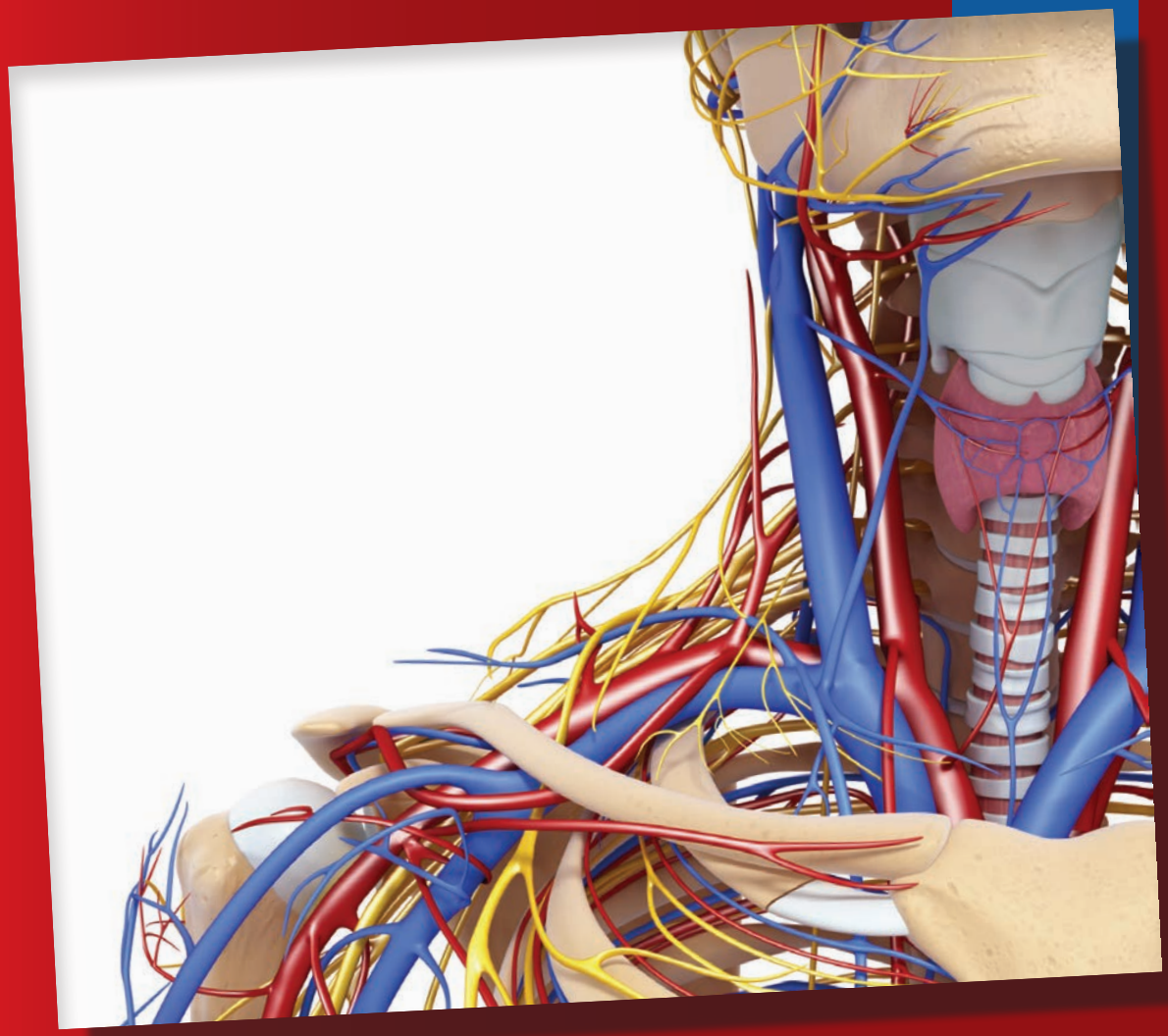
Előszó

Biológia tankönyvsorozatunk második kötete a 9. évfolyamra ajánlott kiadvány folytatása. Meglévő tudásként feltételeztük a korábban tanult általános biológiai fogalmakat és elméleteket. A tankönyv feladatai szorosan kapcsolódnak a tartalmi elemekhez, céljuk a természettudományos gondolkodás fejlesztése, az aktív tanulás támogatása. Számos olyan szöveg, ábra és kép is található a kötetben, amelyet nem megtanulni kell, a hangsúly a hozzájuk kapcsolódó feladatok elvégzésén van. Megfelelő tanári támogatás mellett ezzel fejleszthető a mélyebb megértés, a tudás más összefüggésekben történő alkalmazásának képessége. A feladatok fókuszában olyan képességek állnak, mint például a rendszerszintű-, analógiás- és statisztikus gondolkodás. Igénylik a 21. századi készségek, a mérlegelő attitűd, kreativitás, kommunikáció és együttműködés alkalmazását. A természettudományos vizsgálatok készségei a kísérletek és kutatáselemző feladatok elvégzésével fejleszthetők. Mindezek célja, hogy ne legyünk kiszolgáltatottak az áltudományos nézeteknek és felelős döntéseket hozhassunk saját egészségünk és bolygónk jövőjével kapcsolatban.

A kötet első négy fejezete az emberi szervezet felépítését és működését vizsgálja. Olyan alapvető élettani működéseket tekintünk át, mint a táplálkozás, légzés, vérkeringés. Az életfolyamatok idegi- és hormonális szabályozásának bemutatása egyúttal a rendszerszintű elveket is feltárja. Az összefüggések elvezetnek a lelki működések területére, amelyben a felvetett kérdések biológiai tények alapján válaszolhatók meg. A nemiség és a szaporodás fejezete a tudatos családtervezés szempontjait állítja középpontba. Az egészségműveltség, az elsősegélynyújtás képességének fejlesztésére a negyedik fejezet kínál lehetőséget, képet adva a hazai egészségügyi rendszer működéséről is.

A kötet további három fejezete a környezet és fenntarthatóság problémáját járja körül. Az alapfogalmak és elvek értelmezését számos példa és feladat segíti, ezáltal közelebb kerülhetünk az életközösségek működésének megértéséhez. A Föld és a Kárpát-medence élő természeti értékeiből felvillantott néhány mozaikkocka távolabbi tájakra is elvezet. A bioszféra globális szintű problémáiról a rendszerszintű gondolkodás módszerével igyekszünk tényekre alapozott áttekintést adni. A kötetben alkalmazott tanulás-tanítási módszerek és tartalmi elemek erősítik az élet, az élővilág szeretetét, az egészség és a környezet megóvása iránti attitűdöket. Segíthetik annak felismerését, hogy mi emberek is a természet részesei vagyunk és azzal harmóniában élve tudunk egészségesek maradni.

AZ ANYAGFORGALOM I.



1. Anyagok és rendszerek
2. Táplálkozás
3. Táplálkozás és egészség
4. Légzés
5. Anyagszállítás
6. Kiválasztás

1. Anyagok és rendszerek

1. Milyen alapvető jellemzői vannak az anyagoknak?
2. Hogyan vizsgáljuk a rendszereket?
3. Milyen rendszerszerűség figyelhető meg az élőlények anyagforgalmában?

Van benne rendszer?

A rendszerek közös jellemzője, hogy részekből állnak, a részek között kapcsolatok vannak, a rendszer egésze több, mint a részek összessége. Utóbbit nevezzük **emergenciaelvnek**, amely szerint a rendszer egésze olyan új tulajdonságokat mutat, amely nem vezethető le egyszerűen a részek alapján. Az élet is ilyen emergens tulajdonság.

További szempont, hogy a rendszerek nem önmagukban léteznek, hanem valamilyen környezetbe illeszkednek. A **rendszer és környezetének kapcsolata** gyakran olyan jellegű, hogy azzal együtt **magasabb szintű rendszert alkot**. Az élővilág szerveződése a molekuláktól a sejteken keresztül a szerveken és szervrendszereken át jut el a szervezet, az egyed szintjére. Innen az egyed feletti szerveződési szintek vezetnek tovább, egészen a Föld élővilágát magában foglaló bioszféra komplex rendszeréig.

Idézd fel!

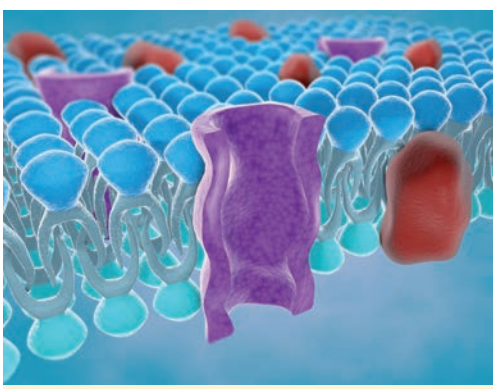
1. Melyek a minden élőlényre jellemző kritériumok?
2. Hogyan határozható meg a kémiai energia fogalma?
3. Hogyan juthatnak át anyagok a sejthártyán?

Az anyagforgalom mint rendszerműködés

A táplálkozásban, légzésben, kiválasztásban részt vevő szervek másmás feladatokat végeznek, de csak összehangolt működésük lehet életképes. A sejtektől indulva a szervezet szintjéig tekintjük át a szervek felépítését és működését, a működésükben megjelenő rendszerszerű viselkedést. Megvizsgáljuk a testünkbe felvett és leadott anyagokat, a felvétel és a szállítás módját, az átalakítás kezdeti lépéseit. A részletekből összeállítható a nagy kép: az élet „anyagi” oldala.

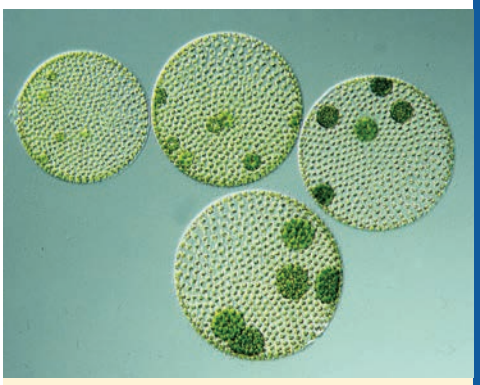
A sejtek szintje

Az élő sejtek képesek belső rendjük megőrzésére és továbbadására. Ehhez szükségük van a rendezettség molekuláris kódként való leírására, amely irányítja a felépítésüket és működésüket. A környezetükkel állandó kapcsolatban kell lenniük, ami az **anyagok,** az **energia** és az **információ** szabályozott forgalmát jelenti. A sejthártya ebben egyszerre játszik elválasztó és összekötő szerepet. A vizes közegben nem oldódik fel, a zsírszerű molekulákat átengedi, beépült fehérjéi segít-



1. A sejthártya részlete az anyagforgalomban részt vevő fehérjékkel

ségével a vizes oldatból szabályozott anyagfelvételt és leadást tesz lehetővé (1. ábra). Az élő sejtek **nyílt rendszerként** működnek, állandó anyagforgalmat bonyolítanak egymással és az élettelen környezetükkel. Ez a felépítő anyagok, energiaszolgáltató vegyületek és információhordozó molekulák felvételét és leadását jelenti. A szerepek nem választhatók szét élesen, a felépítő anyag egyben energiát is szolgáltathat, vagy információs jelentése van. A cukor vagy a zsír jó energiaszolgáltató, a fehérjék inkább felépítő vagy működést kialakító molekulák. A sejtmag anyaga információtároló, de a hozzá hasonló vegyületek egy része egyéb funkciókkal is rendelkezik.



2. Gömbszerű zöldalgatelep

Élet – több sejtre

Egyetlen sejt esetében a sejthártya elegendő határfelület az anyagforgalom lebonyolításához. A növekedés azonban előbb-utóbb osztódást indít meg. Az utódsejtek szétválhatnak, de összetapadva együtt is maradhatnak. Az utóbbi megoldásnak több előnye lehet:

– a sejtek egymással közvetlen anyagforgalmat bonyolíthatnak,
– nagyobb összesített méretük révén elkerülhetik a bekebelezést,
– a szaporítósejtek találkozása, illetve az utódsejtek védelme jobban megoldható.

Van azonban hátránya is: az egymással érintkező sejtfelületek elvesztik a környezettel való kapcsolatukat, anyagforgalmuk korlátozódik. Megjelenik a **belső sejtek problémája**: a körülzárt sejtek elpusztulnak. Az élővilág több milliárd éves története során ennek elkerülésére többféle megoldás fejlődött ki.

Az emberi szervezet anyagforgalmi rendszere

A belső sejtekhez a vérkeringést fenntartó szív és az érrendszer juttatja el az anyagokat. A testnedvek mindenhol megtalálhatók, a vér zárt érpályában, a nyirok az erekben és a szövetek között szabadon folyik. Az agykamrák és a gerinccsatorna is folyadékkal telt, de több szövettípus sejtközötti állománya is folyékony. A szervezet folyadékterei által alkotott **belső környezet** a külső környezet és a sejtek között közvetítő szerepet játszik. Az életfolyamatok zavartalanságához szükséges **szabályozott állapot** fenntartása mindenekelőtt a vér egyes jellemzőinek folytonos ellenőrzését és beállítását igényli. A megfelelő vércukorszint, oxigéntartalom, ionösszetétel, savasság, térfogat, vérnyomás és testhőmérséklet az értük felelős szervek szabályozásával biztosítható.

1. Összefoglalás

A biológiai rendszerek közös jellemzője az anyagforgalom, amely során a rendszer és környezete között energia és információ is cserélődik.

A többsejtű szervezetekben anyagfelvételi és szállítási alrendszerek alakultak ki, amelyek a belső sejtek számára is lehetővé teszik a környezettel való kapcsolattartást.

Az anyagforgalmi szervrendszerek evolúciós változásai elősegítették a környezettel való hatékony kapcsolattartást.

A szervezet folyadékterei a sejtek számára szabályozott belső környezetet jelentenek.

2. Táplálkozás

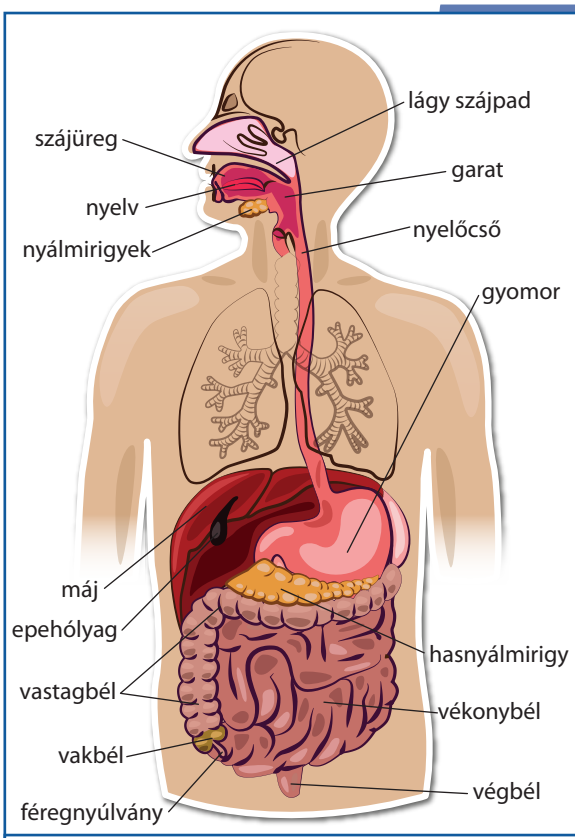
1. Hogyan épül fel az ember táplálkozási szervrendszere?
2. Melyek a táplálkozás részfolyamatai?
3. Melyek a tápanyagok minőségi jellemzői?
4. Mit jelent a minőségi és mennyiségi éhezés?
5. Hogyan lehet kiegyensúlyozott a táplálékkal történő energiabevitel?

A táplálkozási szervrendszer áttekintése

A táplálkozási szervrendszer feladata a **táplálék felvétele**, **feldolgozása** és a **tápanyagok továbbítása** a szállítórendszer felé (1. ábra). Az emésztés során a táplálékban található makromolekulák az emésztőnedvek enzimjeinek hatására alapegységekre bomlanak. Az így keletkező kisebb szerves molekulák és a szervetlen tápanyagok a tápcsatornából felszívódnak a keringési rendszerbe, majd a vér útján a szöveti sejtekhez szállítódnak.

A szervrendszer központi eleme a szájnyílástól a végbélig húzódó **bélcsatorna,** ami lényegében a külső környezet és a test belső környezetének határfelülete. Ehhez kapcsolódnak a tápanyagok lebontásában közreműködő **emésztőmirigyek** és a **máj**.

A bélcsatorna előbélre, középbélre és utóbélre tagolódik. Az **előbél** részei a szájüreg, a garat, a nyelőcső és a gyomor. A **középbél** (vékonybél) szakaszai a patkóbél, az éhbél és a csípőbél. Az **utóbél** vakbélre, vastagbélre (remesebél) és végbélre tagolódik. Az emésztőmirigyek közül a nyálmirigyek a szájüregbe, a máj és a hasnyálmirigy a középbélbe üríti váladékát. Az előbél feladata a táplálék felvétele, aprítása és kémiai lebontásának, emésztésének megkezdése. A középbél az emésztés és a tápanyagok felszívódásának fő helye. Az utóbél az ásványi anyagok, néhány vitamin és a víz felszívása mellett az emészthetetlen salakanyagokból kialakítja a székletet, amely a végbélnyíláson keresztül távozik.



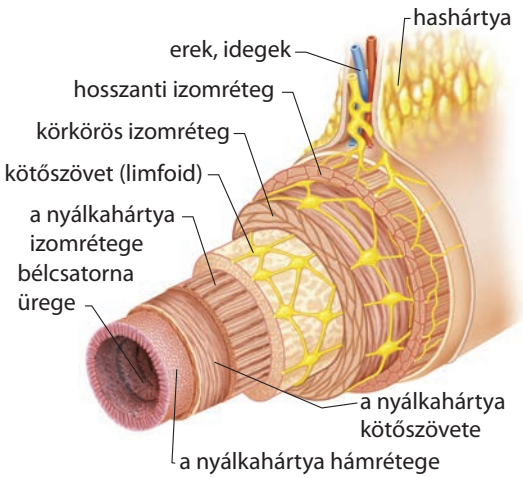
1. Az ember táplálkozási szervrendszere

A bélcsatorna belső felszínét a síkosságot biztosító nyálkahártya borítja, amit három szövettani réteg építi fel: hámszövet, kötőszövet és simazizomszövet. A nyálkahártyától kifelé haladva kötőszövet, simaizomszövet és ismét kötőszövet a felépítő elemek, amelyeket savós hártya boríthat (2. ábra).

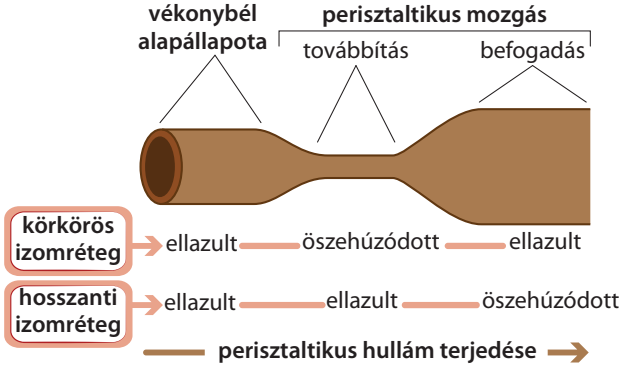
A simaizomszövet körkörös és hosszanti lefutású izomrétegeinek a működése eredményezi a bélcsatorna perisztaltikus mozgását, amelyet a béltartalom feszítő hatása illetve a nyálkahártyát érő ingerek váltják ki (3. ábra).

A gyomorban haránt lefutású izomrétegek is találhatók, melyeknek köszönhetően a gyomor keverő mozgásokat is végez.

A simaizomsejtek működtetésében alapvetően a béidegrendszer vesz részt.



2. A bélcsatorna szöveti felépítése



3. A bélperisztaltika

Az előbél szakaszai és működése

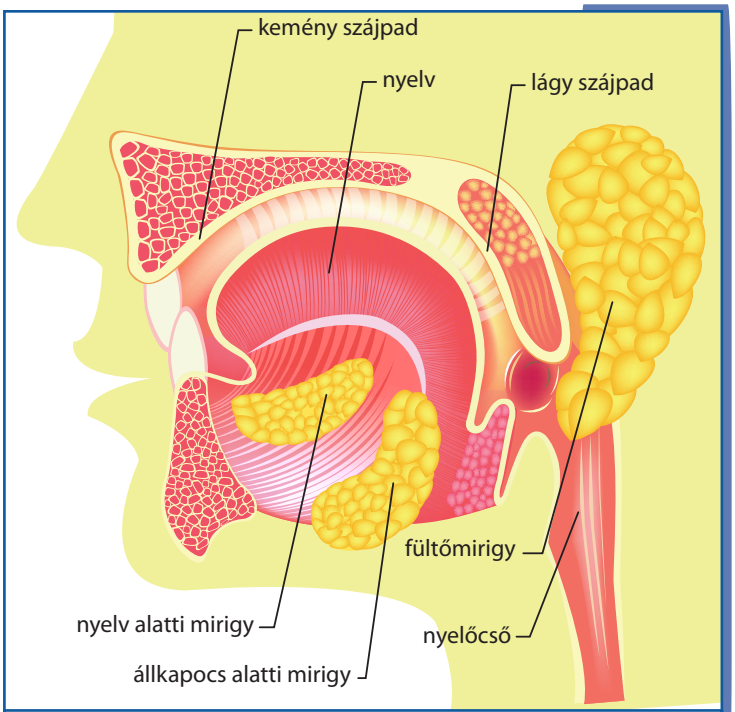
A szájüreg

A szájüreg a tápcsatorna első szakasza, itt találhatók a fogak és a nyelv, ide nyílik a három pár nagy nyálmirigy kivezető csöve. A szájüreget felülről a **szájpadlás** határolja, melynek elülső része a csontos kemény szájpad, hátulsó része az izmos lágy szájpad. A **nyelv** a szájüreg alsó részén található izmos szerv, melynek fontos szerepe van a rágásban, a szilárd táplálék könnyen lenyelhető falattá formálásában, a nyelésben és a hangképzésben. Mindezek mellett fontos érzékszerv is: az ízérző sejtek mellett hő- és mechanikai ingerekre érzékeny sejteket is tartalmaz. A három pár nagy **nyálmirigy** (fültőmirigy, nyelv alatti mirigy, állkapocs alatti mirigy) váladéka a szájüregben ható emésztőnedv, a nyál (4. ábra).

A napi kb. 1,5 liter nyál emésztőenzime a **nyálamiláz,** amely megkezdi a keményítő lebontását. Ezenkívül **mucint** is tartalmaz, amely összeragasztja, síkossá teszi a falatot, valamint segíti a beszédartikulációt is. A nyál nedvesen tartja a szájüreg nyálkahártyáját, megvédi a kiszáradástól. Folyadékvesztéskor a nyálelválasztás csökken, ami a szomjúságérzet egyik oka. A nyál fertőtlenítő hatású fehérjéket (pl. lizozim, amely a baktériumok sejtfalát bontja) és különböző ionokat is tartalmaz.

Alkoss véleményt!

Eddigi ismereteid alapján fogalmazd meg a véleményedet arról, miért lehet fontos az élőlények számára az, hogy a nyálban fertőtlenítő anyag is van!



4. A szájüreg metszete

Kísérletezz!

Öblítsd ki a szájüreged egy kevés desztillált vízzel, majd engedd bele egy főzőpohárba! Márts a nyálba csipesszel univerzál indikátorpapír-csíkot! Állapítsd meg a nyál pH-ját! Ezt követően önts a nyálhoz pici ecetet!

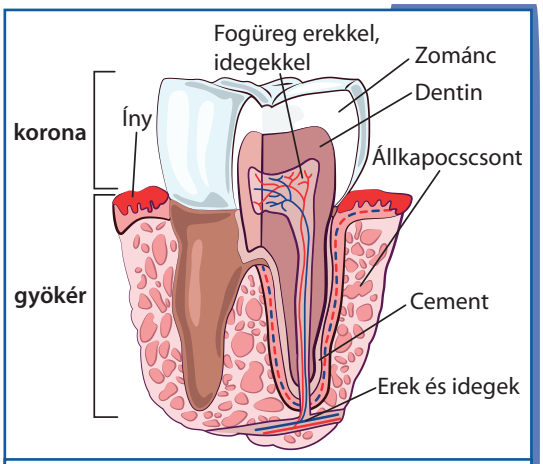
– Mit tapasztalsz?

– Mi lehet az oka a változásnak?

A fogazat

A fogak az állkapocs és a felső állcsont bemélyedésében, a fogmederben **gyökérrel** rögzülnek, ínyből kiálló részük a **korona** (5. ábra). Legnagyobb részüket különleges csontszövet, **dentin** alkotja. A fog belsejében lévő fogbél kötőszövetében erek és idegek találhatók. A savakkal szemben kevésbé ellenálló dentint a koronán **fogzománc,** a gyökéren pedig **cement** borítja. A zománc ellenálló, kemény réteg, de sérülékeny, és nehezen képes megújulni.

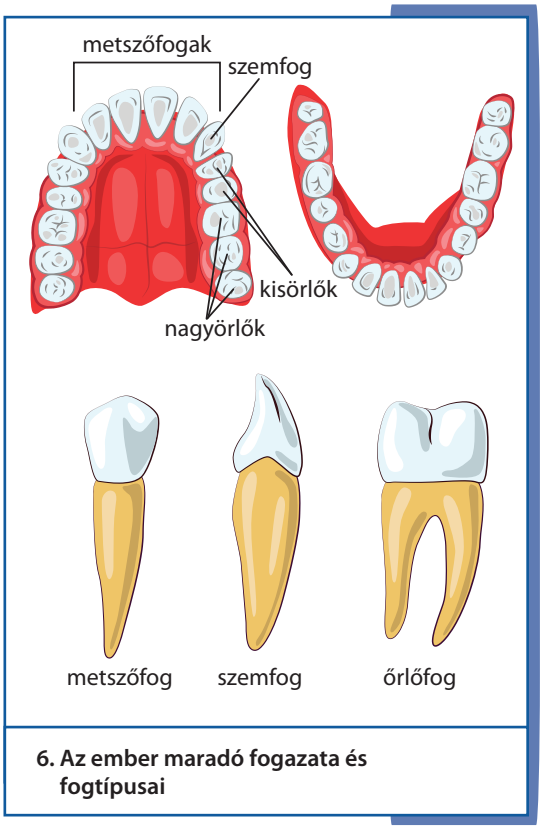
Az ember élete során kétféle fogazat váltja egymást. A **tejfogazat** 20 fogból áll. A felső és az alsó fogsorban a jobb, illetve a bal oldalon egyaránt 2-2 metszőfog, 1-1 szemfog és 2-2 őrlőfog található. A teljes, **maradó fogazatot** 32 fog alkotja (6. ábra). Mindkét fogsorban elöl, jobb és bal oldalon is 2-2 éles peremű, véső alakú **metszőfog** végzi a harapást, kétoldalt 5-5 gumós felszínű **őrlőfog** (zápfog) pedig a rágást (2 kisőrlő és 3 nagyőrlő oldalanként). A rágás eredményeként a szilárd táplálék nagyobb felületen érintkezhet az emésztőnedvekkel, így a tápanyagok emésztése hatékonyabb. A metsző- és a zápfogak között mindenütt 1-1 hegyes, kúpos **szemfog** helyezkedik el. A fogváltás hatéves kor után kezdődik. A tejfogak fokozatosan kihullanak, helyükön maradó fogak fejlődnek. A maradó fogazat kialakulása a 18. életév környékén a leghátsó nagyőrlők, a bölcsességfogak megjelenésével zárul.



5. A fog felépítése

A fogak ápolása

A fogszuvasodás a zománcréteg sérülésével kezdődik, ezt követően a felszínre került dentinállomány gyors pusztulásnak indul. Amikor az egyre növekvő lyuk eléri a fogbelet, bekövetkezik a fog szöveteinek elhalása. De mi okozza a zománc sérülését és a dentinállomány gyors pusztulását? A szájüregben található baktériumok a táplálék anyagaiból a fogak felszínén vékony hártyát, lepedéket hoznak létre. A lepedékben gyorsan elszaporodnak és anyagcseréjük során különböző savakat termelnek, amelyek károsítják a zománc anyagát. A lepedék rendszeres eltávolításával, vagyis fogmosással, illetve megfelelő táplálkozással a károsodás megakadályozható. A növényi rostokban gazdag, erőteljes rágást igénylő, illetve a cukrokban szegény ételek fogyasztása segíthet a fogszuvasodás megelőzésében. Nagyon fontos a napi kétszeri, étkezés utáni alapos fogmosás. Az esti, lefekvés előtti fogmosást különösen nem szabad elhanyagolni. A fog további romlása a kezdődő lyuk betömésével megállítható, ezért fontos a fogorvos rendszeres, legalább évenkénti felkeresése. A fogkő a fogfelszínen lerakódó lepedékből kialakuló, többé-kevésbé



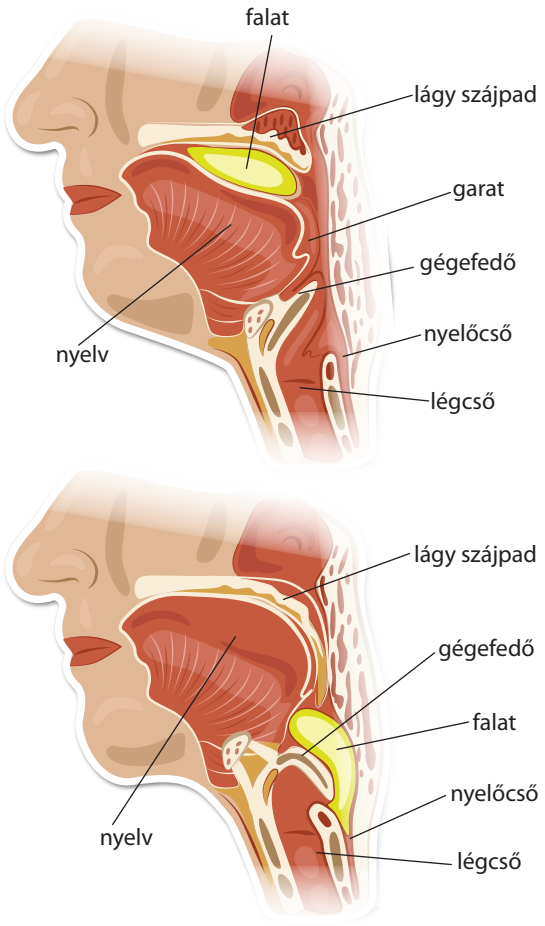
6. Az ember maradó fogazata és fogtípusai

szilárd bevonat. A fogkövet szükség esetén a fogorvos fájdalommentesen eltávolítja. A fogszabályozás során az egymásra torlódott, ferdén, szabálytalan vonalban előbújt maradó fogakat szabályos sorba rendezik. A rendellenes növekedést többnyire az okozza, hogy a fejlődő maradó fogak túl nagyok, nem férnek el az állkapocsban. A fogszabályozás nem csak esztétikai kérdés, hiszen a szabálytalanul álló fogak nehezítik a rágást, továbbá lehetetlenné teszik a fogak sikeres megtisztítását az ételmaradékoktól és a foglepedéktől.

A nyelés

A megrágott falat a szájüreg hátsó részén át jut tovább a garatba. Ez a tápcsatorna és a légutak közös szakasza, ide torkollik az orrüreg és a szájüreg, innen nyílik a gége és a nyelőcső. A garatban kereszteződik a levegő és a táplálék útja, ezért ahhoz, hogy a táplálék a nyelőcsőbe jusson, nyeléskor zárulnia kell az orrüreg és a gége felé vezető útnak (7. ábra).

Az orrüreg felé vezető utat a felemelkedő lágy szájpad, a légcső felé vezető utat a lefelé mozduló porcos **gégefedő** zárja le. A falatot a garatizmok a **nyelőcsőbe** nyomják, amely **perisztaltikus mozgással** továbbítja a falatot a gyomor felé. Ha valaki nyelés közben beszél vagy nevet, akkor előfordul, hogy táplálék (legtöbbször folyadék) kerül a gégére vagy az orrüregbe. Ez erős köhögésre, tüsszentésre ingerel, amely általában sikeresen távolítja el az idegen anyagot a légutakból, és kivédi az esetleges fulladást.



7. A nyelés folyamata. Az orrüreg felé a lágy szájpad, a légcső felé a gégefedő zárja el a falat útját

Alkoss!

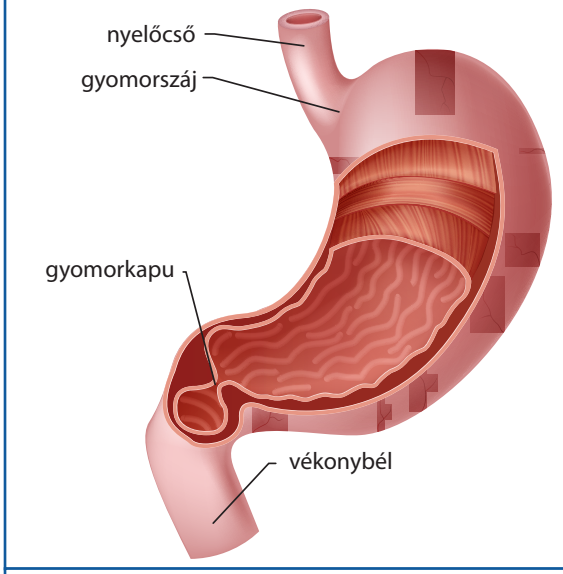
A garat egyfajta útkereszteződéshez hasonlítható, amelynek szerepe a forgalomszabályozás is.

Készíts egyszerűsített vázlatrajzot a garat felépítéséről és a szabályozás működéséről!

Nyilakkal jelöld a levegő illetve a falat útját a légzés illetve a nyelés során!

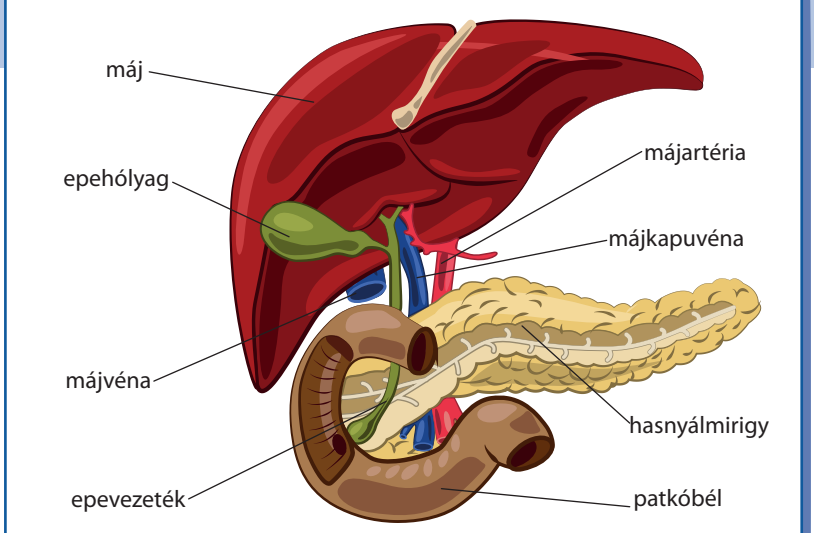
A gyomor

A gyomor a tápcsatorna legtágasabb szakasza, a rekeszizom alatt, a hasüregben helyezkedik el, két végén záróizmokkal. Belső felszíne redőzött, izmos fala tágulékony (8. ábra). Feladata a szakaszosan fölvett táplálék **tárolása, pépesítése** és az elfolyósodott gyomortartalom **továbbítása** a középbélbe. A nyálkahártyájában található **mirigysejtek** egyik típusa **sósavat** (fedősejtek), a másik az emésztőenzimet, a **pepszint** (főssejtek), a harmadik (melléksejtek) pedig **nyálkát** termel. A sósav és a pepszin oldata alkotja az erősen savas



8. A gyomor felépítése. A nyelőcső csatlakozásánál található gyűrűs záróizom a gyomorszáj, hasonló található a patkóbél felőli kimeneti végén is

kémhatású (pH = 1-2) **gyomornedvet.** A savas kémhatás elpusztítja a táplálékkal felvett mikroorganizmusokat, és aktiválja a pepszint, amely megkezdi a fehérjék lebontását. A sűrű, mucint tartalmazó nyálka bevonja a gyomor belső felszínét, és megóvja a hámsejteket a gyomornedv emésztő hatásától. Ha nem termelődik elegendő mennyiségű nyálka, vagy valamilyen más oknál fogva a védőréteg elvékonyodik, **fekélyek** alakulhatnak ki a gyomor nyálkahártyáján, ami súlyosabb esetben gyomorvérzést is eredményezhet.



9. A patkóbél, a máj és a hasnyálmirigy

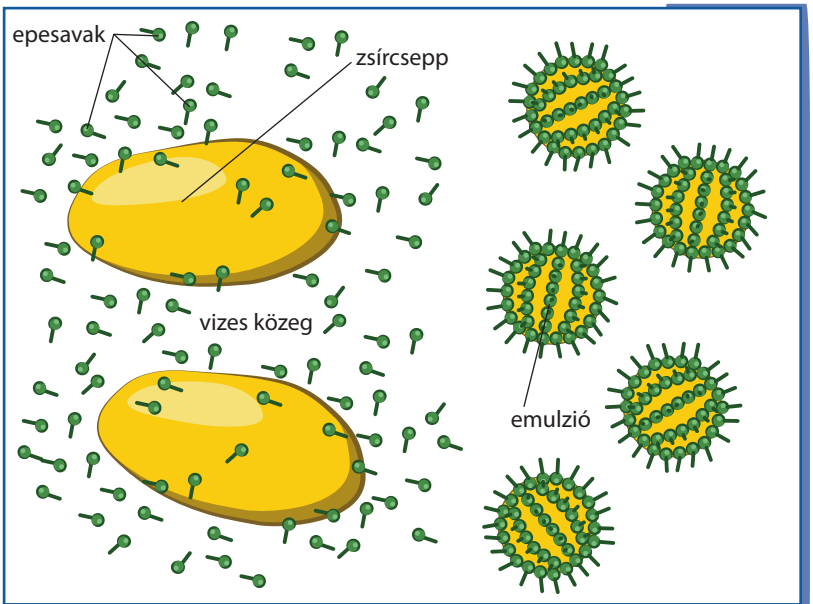
A középbél szakaszai és működése

A 4-5 méter hosszú középbél első szakasza a **patkóbél,** ebbe ömlik két nagy emésztőmirigy, a **máj** és a **hasnyálmirigy** váladéka (9. ábra). Mindkét emésztőnedv lúgos kémhatású. A hasnyál enzimei valamennyi tápanyag emésztésében részt vesznek. A **hasnyálamiláz** az oligoszacharidokat bontja.

A **tripszin** a fehérjék lebontását folytatja, míg a **lipázok** a zsírok emésztésében játszanak szerepet. A nukleázok a nukleinsavak hidrolízisét katalizálják.

A májban termelődő **epe** az epehólyagban tárolódik, emésztőenzimet nem tartalmaz, hatóanyagai a kettős oldódású epesavak. Megkötődnek a béltartalomban található zsírcseppek felszínén, a nagyobb zsírcseppek képződését akadályozva stabil **emulziót** képeznek. Így lehetővé válik, hogy a zsírbontó enzimek, a lipázok nagy felületen fejtsék ki hatásukat (10. ábra). Az epe jellegzetes barnászöldes színét az epefestékek adják, amelyek a hemoglobin bomlástermékei.

A vékonybél falát **vékonybélnedv** vonja be, kémhatása enyhén lúgos (pH 8-as). A bélhámsejtek mikrobolyhainak membránjában ülő enzimek **sejtfelszíni emésztést** végeznek. A maltáz, laktáz, szacharáz és más hasonló enzimek a diszacharidokat bontják monoszacharidokra, a hasnyálban lévő lipáz tovább bontja a zsírokat



10. Az epe szerepe a zsírok emésztésében

Válj szakértővé!

Tegyük fel, hogy gasztroenterológus orvos vagy! Megkeres egy 20 év körüli diák erős és időszakos gyomorfájdalommal! Kérdezés során kiderül, hogy a számos vizsgája miatt sokat idegeskedik.

Milyen összefüggés lehet a stressz és a gyomorfekély között?

Magyarázd el a betegnek a problémát, és adj életmódbeli tanácsokat!

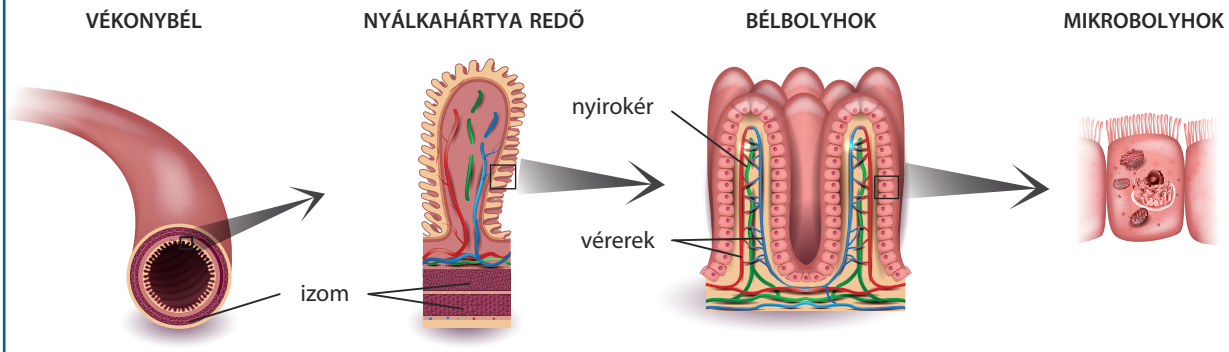
Milyen egyéb okok játszhatnak közre a gyomorfekély kialakulásában?

Emésztőnedv	Termelődés helye	Mennyisége (liter/nap)	Kémhatása (pH)	Enzim-tartalma	Hatása
Nyál	nyálmirigyek	1–1,5	közel semleges (6,5–7)	amiláz	keményítő, glikogén hidrolízisének kezdete
Gyomornedv	gyomor mirigysejtjei	1–1,5	erősen savas (1–2)	pepszin	fehérjék peptidkötéseinek hidrolízise
Hasnyál	hasnyálmirigy külső elválasztású sejtjei	1	enyhén lúgos (8)	amiláz	keményítő, glikogén hidrolízise
				tripszin	peptidkötések hidrolízise
				lipáz	zsírok észterkötéseinek hidrolízise
				nukleáz	nukleinsavak hidrolízise
Epe	májsejtek	1–1,2	enyhén lúgos (8)	nincs	zsírok emulzióban tartása

11. Az emésztőnedvek jellemzői

zsírsavakra és monogliceridre, a különböző peptidázok a fehérjéket bontják aminosavakig (11. ábra). A nukleinsav darabok/nukleotidok tovább emésztése szintén a bélhámsejtek (enterociták) felületén zajlik.

Az emésztés mellett a vékonybél feladata a szerves tápanyagok **felszívása** is. A hatékony felszívást a vékonybél felületének megnövekedése biztosítja. Ezt többféle módon történik: a **nyálkahártya redőzött**, rajta a bél ürege felé mikroszkopikus méretű, kesztyűujjszerű nyúlványok, **bélbolyhok** találhatók (12. ábra). A felszínt tovább növelik a mikrobolyhok, amelyek a hámsejtek bélüreg felé eső plazmanyúványai.



12. A vékonybél szerkezete, a bélbolyhok felépítése. A bélbolyhok kötőszövetében hajszálerek, nyirokkapillárisok és simaizomelemek találhatók. Az izmok összehúzódása segíti a felszívódott tápanyagok továbbítását.

Kísérletezz!

Három kémcsőbe az alábbi anyagokat öntötték össze, majd a keverékeket 15 percre 37°C-os vízfürdőbe helyezték:

1. kémcső: lipázoldat, tej, kevés NaOH-oldat, fenolftalein indikátor

2. kémcső: tej, kevés NaOH-oldat, fenolftalein indikátor

3. kémcső: felforralt lipázoldat, tej, kevés NaOH-oldat, fenolftalein indikátor

– Milyen a színe az egyes oldatoknak a kísérlet kezdetekor és a végén, mi okozza a színváltozást?

– Mire szolgál a lipázoldat? Mi történt a 3. kémcsőben lévő, előzetesen felforralt lipáz enzimmel?

– Melyik természetes növényi anyagokat használnád indikátorként a kísérletben?

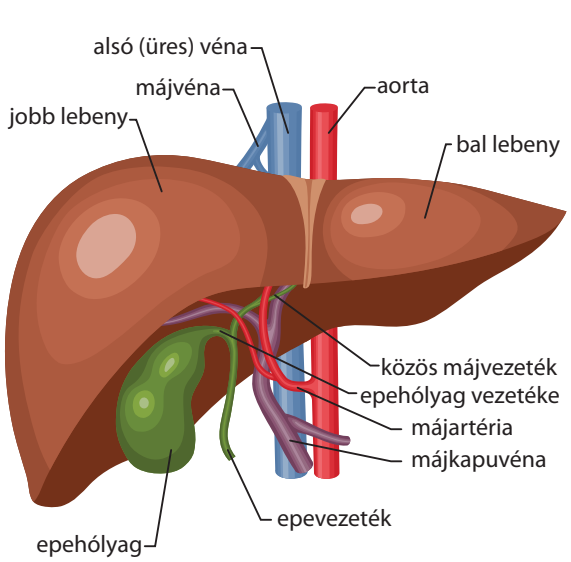
A felszívóhámon keresztül a víz **passzív,** az aminosavak, a monoszacharidok, a nukleinsavak bomlástermékei, valamint az ionok **aktív transzporttal** jutnak a hajszálerekbe. A tápcsatorna falában lévő kapillárisokból kilépő vénák a vért a májkapuéren keresztül közvetlenül a **máj felé** továbbítják. A zsírok bomlástermékei a **nyirokkapillárisokba** szívódnak fel, és (fehérjékkel kapcsolódva) a nyirokkeringés útján, a májat megkerülve jutnak a vérbe.

A máj

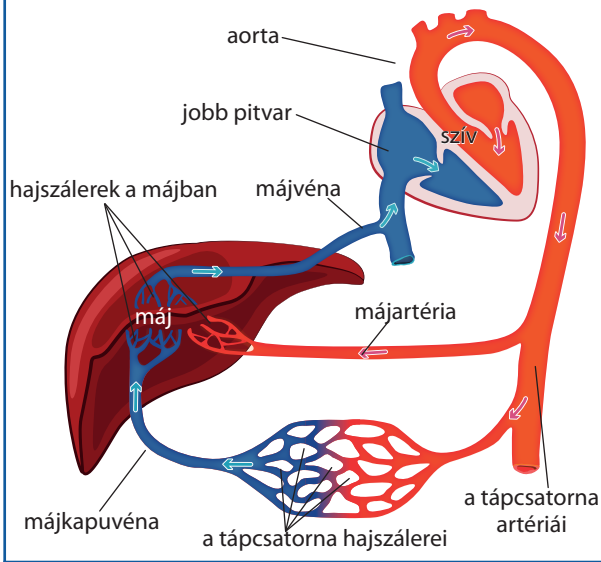
A máj a szervezet legnagyobb mirigyes szerve, a szervezetszintű anyagcsere központja (13. ábra). **Májlebenykékből** épül fel.

Sokrétű feladatainak ellátását különleges keringése teszi lehetővé. Vérellátását az aorta felől érkező, oxigéndús vért szállító **májartéria,** valamint a tápcsatorna kapillárisaiból összeszedődő májkapuvéna biztosítja (14. ábra). A két ér gazdagon elágazik a májsejtek között, és közös kapillárishálózatban folytatódik. Vérük a májsejtek által alkotott gerendák közé kerül, ahonnan a megfelelően beállított vér a központi gyűjtőérbe kerül (15. ábra). De mi ennek a jelentősége? A máj fontos **méregtelenítő szerv.** A táplálékkal felvett méreganyagokat (például az etil-alkoholt és a nehézfémsókat) a májsejtek hatástalanítják, így azok nem vagy csak kisebb mértékben jutnak el a többi szervbe.

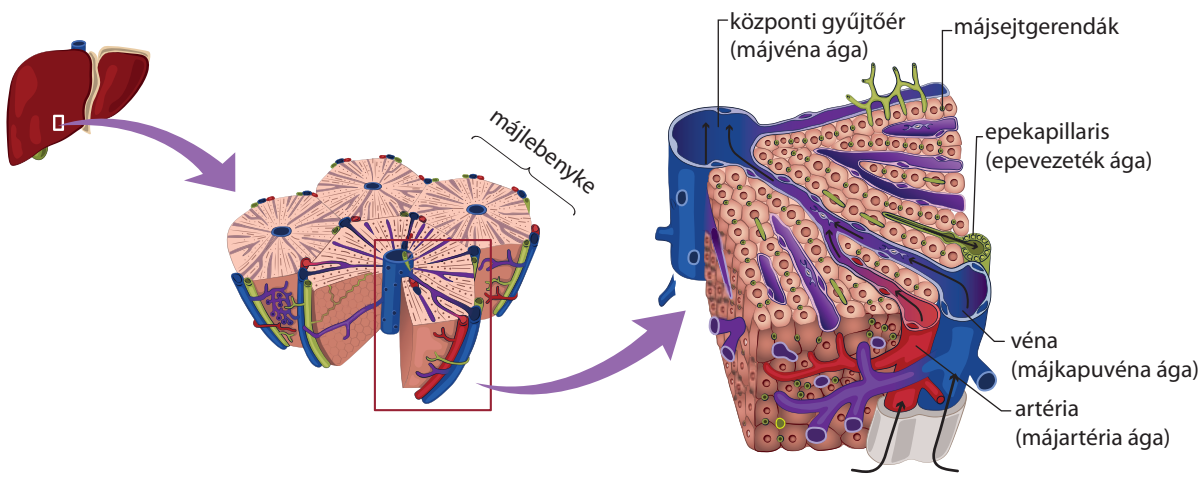
A máj a vércukorszint szabályozásának egyik végrehajtó szerve. A tápcsatornából nagy mennyiségben felszívódott glükózból a májsejtekben raktározott szénhidrát polimer, **glikogén** képződik. Ezért a májvénában alacsonyabb a szőlőcukor koncentrációja, mint a májkapuérben. Így kisebb mértékű a vércukorszint ingadozása.



13. A máj felépítése



14. A máj keringése



15. A májlebenyke felépítése

Ha a vércukorszint csökken, a májsejtekben tárolt glikogén ismét szőlőcukorrá bomlik, és a vérbe, onnan pedig a működő szövetekbe, például a vázizmokba, idegsejtekbe jut.

A májsejteknek az emésztésből származó aminosavak feldolgozásában is fontos szerepük van. Élénk fehérjeszintézist folytatnak, bennük képződik a **vérplazma fehérjéinek** jelentős része (pl. az albuminok és a fibrinogén). A máj részt vesz az **D-vitamin** aktiválásában és az **A-vitamin** raktározásában. A lebontott aminosavak nitrogéntartalmából karbamidot, a purinbázisokból húgysavat állít elő. A nitrogéntartalmú bomlástermékek a vér útján a vesébe, majd onnan a vizeletbe kerülnek. A máj részt vesz a vázizmokban képződő tejsav átalakításában is. Az intenzíven működő izmokban képződő tejsav a vérkeringéssel a májba kerül, ahol rendszerint glükózzá, majd glikogénné alakul.

Nézz utána!

Mi okozza a köszvényt és milyen tünetei vannak ennek a betegségnek?

A sárgaság

A sárgaság a bőr, a nyálkahártyák és a szem ínhártyájának elszíneződése, amelyet a hemoglobin lebontási terméke, az epefesték (bilirubin) okoz. A sárgaság számos, legtöbbször a máj működési zavaraival járó súlyos betegség tünete. A sárgaság utalhat vírusos májgyulladásra (hepatitis A, B, C, D), a májsejtek károsodására (pl. alkoholizmus). Okozhatja az epevezeték elzáródása is.

Keress rá!

Az olvasmány értelmezéséhez keress rá a következő szavakra: bilirubin, biliverdin, epekő.

Alkoss!

A sárgaságon kívül számos betegség van, amely az emésztőrendszert érinti.

Eddigi ismereteid alapján gyűjts össze betegségeket, és alkoss belőlük szófelhőt!

Az utóbél

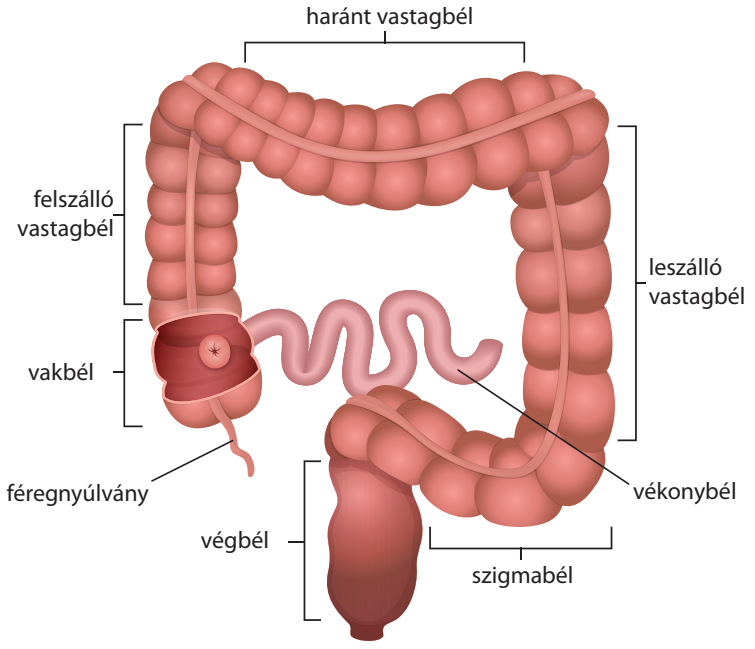
A vékonybélből az emészthetetlen anyagok, a víz és az ásványi anyagok az utóbél rövid, kezdeti szakaszába, a vakbélbe, majd onnan a vastagbélbe kerülnek. A vakbélhez kis nyirokszerv, a **féregnyúlvány** kapcsolódik. A féregnyúlvány gyulladását nevezzük helytelenül vakbélgyulladásnak.

A **vastagbél** nyálkahártyája redőzött, de nem találhatók rajta bélbolyhok. Felszálló, haránt, leszálló, szigmabél és végbél szakaszra különítjük el. Legfontosabb működése a **víz és az ionok felszívása,** amelynek eredményeként a béltartalom besűrűsödik. A tág üregű vastagbél perisztaltikájának fokozásában fontos szerepük van a növényi rostoknak. Az emészthetetlen anyagokból, a béltartalom maradékából és a baktériumok tömegéből végül kialakul a **széklet.** A székletürítés a **végbél** feladata. A végbél nyílását gyűrű alakú záróizom veszi körül, melynek működtetése kisgyermekkorban válik akaratlagossá.

A vastagbél sajátos mikrobiális életközösséggel rendelkezik, amelyben bélbaktériumok mellett vírusok és gombák is megtalálhatók (16. ábra). Ez a **mikrobiom** jóval több sejtből áll, mint mi magunk, génjeik összesített száma is milliós nagy-

16. Az emberi vastagbélben élő baktériumok (Bifidobacterium, Lactobacillus, Enterococcus, Escherichia coli)

ságrendű (szemben az ember kb. 20 ezer génjével). Nem véletlen, hogy a vastagbél-mikrobiom működése hatással van életfolyamatainkra. Lebontják a béltartalom emészthetetlen növényi rostjait és a megmaradt egyéb szerves anyagokat. Anyagcseréjük során **B-vitaminokat és K-vitamint** termelnek, amelyek felszívódnak a keringési rendszerbe. Együttélésünk a születéssel kezdődik, ekkor kerülnek az első baktériumok a szervezetbe. Egy steril világban valószínűleg nem is lenne rájuk szükség, de mivel baktériumok mindig és mindenhol vannak, igyekeznünk kell megszerezni a „jóindulatukat". Egyes típusok tejsavtermeléssel védik a bélfalat, mások „lesben állva" várják, mikor kezdhetnek hozzá az egész test lebontásához. A kutatások szerint a mikrobiom egyedi, csak ránk jellemző, bár sok közös eleme van a hozzánk közel álló emberekével. Összetételét is mi alakítjuk, azzal, amit megeszünk. A zöldség és gyümölcs, a teljes kiőrlésű gabonák, hüvelyesek és olajos magvak fogyasztásával a rosttartalmuk miatt kiemelkedően sokat tehetünk a bélflóránk – azaz a magunk – egészségéért.



17. A vastagbél és a vakbél

Válj szakértővé!

Mit jelent a probiotikum kifejezés?

Állíts össze listát különféle probiotikus élelmiszerekből!

Kutass!

Az emberi vastagbél-mikrobiom átfogó vizsgálata a 2008-ban indult Humán Mikrobiom Projekt (HMP) keretében történt. Keress információkat a projektről, és azok alapján válaszolj a kérdésekre:

- **Mely vizsgálati módszereket alkalmazták a kutatók?**
- **Mi alapján sorolták a különböző mikrobiom típusokba a kutatók az emberiséget? Hogyan függenek ezek össze a táplálkozásukkal?**
- **Mi az összefüggés a mikrobiom és az emberi immunrendszer működése között?**

Idézd fel!

Korábbi tanulmányaid során ismereteket szereztél az izmok típusairól. Idézd fel az izmok típusait és a működésük közötti különbségeket!

Mit gondolsz, miben hasonlít a tápcsatorna és egy földigiliszta mozgása?

Az ember táplálkozási szervrendszerének feladata a táplálék emésztése, a tápanyagok felszívása és a salakanyagok kiürítése.

A tápcsatorna a testünk belsejében végighúzódó sajátos „külvilág”, amelyben az elfogyasztott táplálék végighaladva átalakul.

A tápcsatorna folyamatos perisztaltikus mozgással biztosítja a benne lévő anyagok keverését és továbbhaladását.

A tápcsatorna szakaszai az elő-, közép- és utóbél, ezek további részekre tagolhatók, és egyes részműködéseket látnak el.

Az összetett tápanyagokat az emésztőnedvekben lévő enzimek bontják kisebb összetevőkre.

A nyál amilázt tartalmaz, amely a szénhidrátok emésztésében fontos.

A gyomor savas kémhatású váladékában lévő pepszin a fehérjék emésztésében vesz részt.

A hasnyál lúgos kémhatású, hasnyálamilázt, tripszint, lipázt és nukleázt tartalmaz.

A vékonybélben termelődő és működő további enzimek: maltáz, laktáz, szacharáz, lipáz, aminopeptidáz / dipeptidáz és nukleáz.

A májban előállított és a patkóbélbe kerülő epe lúgos kémhatású, nincs benne emésztőenzim, a zsírok emulgeálását végzi.

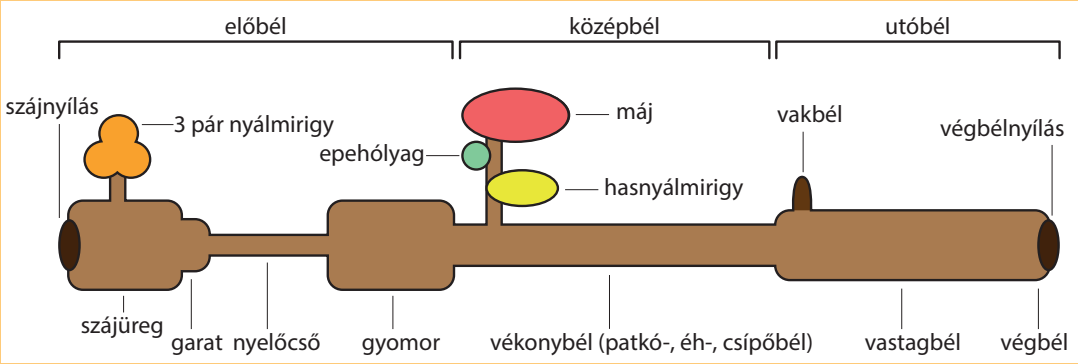
A máj a szervezet legnagyobb mirigye, sokféle feladatot végez, pl. méregtelenít, tápanyagokat raktároz, véralvadási faktorokat, szállítófehérjéket, valamint gyulladásos folyamatokban részt vevő fehérjéket termel.

A megemésztett tápanyagok az a vékonybél falán lévő bélbolyhokon keresztül szívódnak fel.

A zsírok bomlástermékei a nyirokkapillárisokba szívódnak fel, a többi bomlástermék a hajszálereken át a vérkeringésbe kerül.

Az utóbél feladata a víz és az ionok, egyes vitaminok felszívása, valamint a salakanyagok ürítése.

A vastagbélben élő mikrobiális életközösség jelentős szerepet játszik az egészségünk megőrzésében, egyensúlyának felbomlása betegségek forrása lehet.



2. Összefoglalás

3. Táplálkozás és egészség

1. Melyek az emberi szervezet számára legfontosabb tápanyag csoportok?
2. Hogyan őrizhető meg a normál testsúly?
3. Mely szempontok alapján tervezhető kiegyensúlyozott, egészséges étrend?

A táplálkozás során a szervezetünkbe kerülő anyagok energiát hordoznak, és a szerkezetük rendezettséget, információt is jelent. Ezért a tápanyagok **energiaforrások** és testünk **építőkövei** is. Egészségünk fenntartása szempontjából ezért fontos, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű tápanyag jusson a szervezetünkbe. A táplálkozás alapvetően meghatározza életminőségünket, kiemelt jelentősége van egészségünk megőrzésében, ezért fontos, hogy táplálkozási szokásainkat életkorunknak, nemünknek, életvitelünknek megfelelően, tudatosan alakítsuk. Táplálékaink kiválasztásánál a szélsőségeket kerülve a változatos, minőségi alapanyagok felhasználását és fogyasztását kell előtérbe helyezni (1. ábra).

1. Változatos élelmiszerek

Vitaminok

A vitaminok változatos szerkezetű szerves vegyületek, amelyek nélkülözhetetlenek a sejtek egészséges működéséhez, megfelelő anyagcseréjéhez. Közös jellemzőjük, hogy a táplálékkal csak nagyon kis mennyiségben kell felvenni őket. A **vízben oldódó vitaminok** (B-vitaminok, C-vitamin) nem raktározódnak a szervezetben, ezért napról napra pótolni kell őket (2. ábra). A **zsírban oldódó vitaminok** (A-, D-, E- és K-vitamin) feleslege elraktározódik a zsírszövetben, és szükség esetén felhasználódik. Az egyes vitaminok tartós hiánya jellegzetes tünetekkel járó **hiánybetegséget** okoz (3. ábra). A túlzott vitaminfelvétel a zsírban oldódó vitaminok esetében szintén okozhat kóros elváltozásokat.

2. A friss gyümölcsök sok vitamint tartalmaznak

Jelölés	Hatás	Hiánybetegség	Előfordulás
A	A látófehérje alkotórésze. Szaruképzés.	Szürkületi látászavarok, szaruképzési zavarok (bőrben, szemben).	Sárgarépa, tojás, máj, halak.
D	Hormonhatású anyag, melynek előanyaga származik a táplálékból. Fokozza a kalcium és a foszfor felszívódását a bélcsatornából és beépülésüket a csontokba.	A vérplazma Ca- és foszfát- szintjének csökkenése. Súlyos esetben angolkór.	Máj, zsíros tejtermékek, tojás.
E	Megakadályozza a telítetlen zsírsavak és az A-vitamin oxidációját.	Ivarsejtképzési zavarok.	Zöldségek, búzacsíra, tojás, tej, húsfélék.
K	A véralvadásban szerepet játszó enzimek szintéziséhez szükséges.	Véralvadási zavarok.	Máj, tojás. Bélbaktériumok termelik, hiánya ritka.
B_1	A sejtanyagcserében közreműködő enzimek alkotórészei (koenzimek).	Idegrendszeri és keringési zavarok.	Marhahús, gabonaszemek héja, gomba. Kis mennyiségben szinte minden táplálékban megtalálható.
B_2		Bőr- és szaruhártya-gyulladás, vérszegénység.	Hús, tej, tojás, máj.
B_6		Idegrendszeri zavarok, bőr- és nyelvgyulladás.	Gabonafélék héja, zöldségek, gyümölcsök.
B_9 (folsav)		Vérképzési rendellenességek (vérszegénység, véralvadási zavarok). Magzati fejlődés rendellenessége.	Növényi táplálék, élesztő, máj, vese.
B_{12}		Vészes vérszegénység.	Máj, hús, tej, tojás. Bélbaktériumok is termelik.
C (aszkorbinsav)	Több redoxireakcióban hidrogént ad le.	Tavaszi fáradtság, fertőzésekkel szembeni csökkent ellenállás. Ínysorvadás, súlyos esetben a fogak elvesztése.	Nyers zöldségek, gyümölcsök.

3. A vitaminok és jellemzőik

Kísérletezz!

C-vitamint kimutatása

– Csipkebogyó héját dörzsmozsárban tiszta homokkal és 1-2 ml 2%-os sósavval dörzsöljük el!
– Az így kapott péphez adjunk 10 ml 2%-os sósavat, majd alaposan keverjük össze!
– Egy szűrőpapírral kibélelt tölcsérben szűrjük le a pépet egy főzőpohárba!
– A szűrletből 5 ml-t tegyünk kémcsőbe, majd adjunk hozzá egy csepp vörösvérlúgsó-oldatot kálium-ferricianid, majd egy csepp 5%-os $FeCl_3$-oldatot!
– Rázzuk jól össze a kémcsőben lévő elegyünket!

Figyeld meg a változást! Mi történne akkor, ha a szűrletet melegítenénk?

Testünk víztartalma

Az emberi test tömegének legnagyobb része víz. Egy 70 kg tömegű felnőtt testében mintegy 42 liter víz van. A különböző szervek, szövetek víztartalma eltérő. Az izomszövetek például több vizet tartalmaznak a zsírszövetnél. A nők testében több zsírszövet, és emiatt kevesebb víz van, mint a férfiakéban. A csecsemők testének víztartalma jóval magasabb, eléri a 70–75%-ot. A csecsemők éppen ezért sokkal érzékenyebben reagálnak a vízvesztésre. Azok a betegségek, amelyek jelentős vízvesztéssel járnak (pl. hányás, hasmenés), komoly veszélyt jelentenek számukra.

Keress összefüggést!

Eddigi tanulmányaid során több oldaláról is megismerkedhettél a vízzel.

– Készíts gondolattérképet arról, hogy az emberi szervezetben hol keletkezik és hol használódik fel a víz!

Számolj!

A táblázatban kcal egységekben megadott tápanyag energiatartalom SI mértékegysége a kJ (kilozsul).

Keress az interneten kcal – kJ kalkulátort és válts át néhány adatot!

Hogyan aránylik egymáshoz a két mértékegység?

A szervezet energiaigénye

Az **alapanyagcsere** azt az energiamennyiséget jelenti, melyet a szervezet teljes fizikai és szellemi nyugalomban, 25°C hőmérsékletű szobában, ruhátlanul mérve felhasznál. Az alapanyagcsere az alapvető életműködések (légzés, keringés, kiválasztás, stb.) fenntartását biztosítja. Mértéke függ a testtömegtől, a nemtől, az életkortól, a külső hőmérséklettől. A nők alapanyagcseréje átlagosan alacsonyabb, mint a férfiaké.

A **szervezet teljes energiaigényét** az alapanyagcserén túl a **szellemi** és a **fizikai** aktivitás határozza meg. A munkavégzés jelentősen növelheti az energiaigényt az alapanyagcseréhez képest (4. ábra). A gyermekek és a serdülők energiaigénye magasabb, mint a felnőtteké, hiszen a **növekedés** és a **fejlődés** energiaigényes folyamat, ráadásul ezekben az életkorokban a mozgásigény is nagyobb. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy egy 25 kg testtömegű, 125 cm magas gyermek teljes energiaigénye meghaladja egy felnőttét, hanem azt, hogy a testméretre vonatkoztatott energiaigénye nagyobb. Egészséges táplálkozás esetén energiaegyensúly áll fenn, ami azt jelenti, hogy a táplálékkal felvett és az életműködésekhez felhasznált energiamennyiség egyenlő.

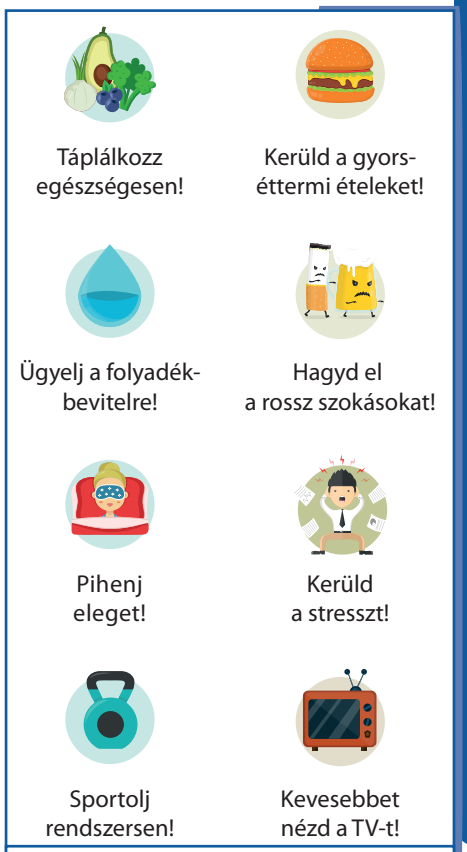
Életkor (év)	Férfiak		Nők	
	Ülőmunka	Nehéz fizikai munka	Ülőmunka	Nehéz fizikai munka
19–30	2700	3650	2150	2500
31–60	2600	3500	2100	2450
60 év fölött	2200	3000	2100	2450

4. Átlagos testsúlyú és magasságú férfiak és nők energiaigénye (kcal/nap)
(A gyermekek és a serdülők testméretre vonatkoztatott energiaigénye magasabb.)

Az étrend

Az étrendünkkel sokat tehetünk saját életminőségünkért. A tudatos kialakításához az étkezések **gyakoriságát** és az ételek **változatosságát** is figyelembe kell vennünk. Az elfogyasztott ételeknek a személyes szükségleteknek megfelelő mennyiségben és minőségben kell tartalmazniuk a szükséges tápanyagokat. Naponta többször ajánlott étkezni, ebből három főétkezés a reggeli, az ebéd és a vacsora. Régebben azt tartották, hogy kiadós reggelivel kezdjük a napot, ezt a mai modern életmód mellett kevesebben tartják be. A többször, de kevesebbet elv részben azért érvényes, mert ezzel biztosítható legjobban a sejtek egyenletes tápanyag- és energiaellátása, részben mert így a gyomor térfogata sem tágul ki túlságosan, és hamarabb jelez jóllakottságot. Felnőtt korban fontos egy hosszabb, 10-12 órás szünetet is beiktatnunk a napi étkezések közé, ez segíti a tápanyagok feldolgozását és az emésztőrendszer regenerálódását.

Abban az esetben, ha a táplálékkal bevitt energia mennyisége rendszeresen meghaladja a szervezet energiaigényét, **túlsúly** vagy az **elhízás** alakulhat ki. A testsúlyfelesleg miatt a mozgás nehézkesebbé válik, a nagyobb terhelés következményeként a vázrendszerben, különösen az ízületekben kóros elváltozások alakulhatnak ki. Az elhízás hajlamosít a keringési rendszer betegségeire: az érelmeszesedésre, a magas vérnyomásra, valamint a cukorbetegségre, a máj- és vesebetegségekre. Mindezeken túl a testsúlyfelesleg gyakran lelki problémákat is okoz. Alultápláltság esetén a felvett táplálék nem fedezi a szervezet szükségleteit. **Mennyiségi éhezésről** akkor beszélünk, ha az elfogyasztott tápanyag energiatartalma tartósan nem fedezi az energiaigényt. Ilyen esetekben a szervezet a tartalékait kezdi felhasználni, vagyis az illető fogyásnak indul. A testképzavarok egyik formája esetében (anorexia) az érintett végletesen túlsúlyosnak képzeli magát, nem táplálkozik, ami akár életveszélyes testsúlyvesztést okozhat. A világ egyik nagy globális problémája az élelmiszerekhez való hozzáférés szélsőségessége, ami részben elhízási „világjárványt", részben milliárdok éhezését okozza (5. ábra).



5. Túlsúly és elhízás megelőzési lehetőségei

Minőségi éhezés esetén a táplálékkal felvett energia elegendő, de a tápanyagösszetétel nem megfelelő. Gyakori, hogy a kielégítő zsír- és szénhidrátfelvétel mellett alacsony a táplálék fehérjetartalma. A fehérjehiányos táplálkozás egyik jellegzetes tünete a szövetek közötti folyadék felhalmozódása, az ödéma. Ilyenkor a bőr alatt és a hasüregben is nagy mennyiségű folyadék halmozódik fel. Minőségi éhezést jelent az is, ha valaki a szükségesnél kevesebbet fogyaszt valamely ásványi anyagból, vitaminból, vagy az állati eredetű élelmiszerek elutasítása miatt nem jut elegendő mennyiségben esszenciális aminosavakhoz.

Értékelj!

A napi főétkezéseken kívül sokan fogyasztanak még valamilyen nassolnivalót, ami akár helytelen szokássá is válhat.

- **Olvasd el az egyik kedvenc sós és édes élelmiszered csomagolásán található összetételi adatokat!**
- **Készítsetek az osztálytársakkal egy közös táblázatot arról, hogy mennyi só és szénhidrát található ezekben a termékekben!**
- **Nézzetek utána, hogy mennyi egy felnőtt ember napi só- és cukorszükséglete, vesd azt össze a táblázat értékeivel!**

Kutass!

– **Háztartásotokban alaposan figyeld meg az élelmiszerek csomagolását, és készíts listát az E-számos adalékanyagokról!**

– **Nézz utána, hogy ezek a hozzáadott összetevők melyik nagyobb adalékanyag-csoportba tartoznak!**

A fogyókúra

A túlsúly és az elhízás a fejlett világban világjárványnak tekinthető. Számos betegség kiváltó oka lehet, de hatással van az érintettek életminőségére is. A súlyfelesleg csökkentésére sokféle fogyókúra-ajánlás terjedt el, de ezek nem mindegyike szolgálja a kívánt cél elérését.

A normál testsúly megtartásának feltétele, hogy a táplálékkal történő energiafelvétel és -felhasználás egyensúlyban legyenek egymással. A beviteli többlet növekvő raktározáshoz vezet, ami egy idő után a bőr alatti, illetve a hasüregi zsír felhalmozódásában ölt testet. A túlsúly csökkentéséhez át kell billenteni a szervezet energiamérlegét, amit a bevitel mérséklésével és a felhasználás testmozgással való növelésével érhetünk el. A táplálkozásban elsősorban a zsír- és szénhidrátbevitelt kell mérsékelni. Fontos, hogy a fogyókúra ideje alatt is elegendő ásványi anyag és vitamin jusson a szervezetbe, ne alakuljon ki minőségi éhezés. Nem szabad olyan fogyókúrába kezdeni, ami túlságosan gyors testsúlycsökkenést eredményez. Az ilyen fogyókúráknak rendszerint az az eredményük, hogy a leadott kilók nagyon gyorsan visszakerülnek, leggyakrabban több is annál, mint amennyitől sikerült megszabadulni. Csak a lassú, egyenletes súlyvesztéssel járó fogyókúra eredményes hosszú távon. A sikeres fogyókúra titka az is, hogy ki kell küszöbölni a rossz közérzetet okozó, kínzó éhségérzetet. Éhségérzetet vált ki többek között a vércukorszint hirtelen csökkenése és az üres gyomor által felszabadított hormonok. A teljes kiőrlésű gabonából készült élelmiszerek, a gyümölcsök és a zöldségek fogyasztása azért előnyös, mert szénhidráttartalmuk lassan emésztődik, így a glükóz felszívódása a bélcsatornában időben elhúzódik, nem következik be hirtelen vércukorszint-ingadozás. Magas rosttartalmuk sem emésztődik meg, telítettségérzetet keltenek, és javítják a vastagbél működését is.

A tápláltság jellemzésére elterjedten használják a **testtömegindexet** (BMI, Body Mass Index). Értékét úgy számolhatjuk ki, ha a testsúlyunkat (kg) elosztjuk a testmagasság (m) négyzetével (6. ábra). Az interneten számos BMI-kalkulátor található.

Testtömeg-index (kg/m²)	Testsúlyosztályozás
< 16	súlyos soványság
16–16,99	mérsékelt soványság
17–18,49	enyhe soványság
18,5–24,99	normális testsúly
25–29,99	túlsúlyos
30–34,99	I. fokú elhízás
35 – 39,99	II. fokú elhízás
> 40	III. fokú (súlyos) elhízás

6. A BMI és a tápláltság kapcsolata

Elemezz!

A BMI-táblázat adatai az egyes testsúly-kategóriákat egységesen adják meg.

– **A pontosabb következtetésekhez milyen további szempontokat kellene figyelembe venni?**

Keress az interneten infografikákat az elhízással mint világjárvánnyal kapcsolatban!

– **Hazánk hol helyezkedik el ezekben az adatsorokban?**

– **Hogyan lehetne javítani ezen a helyzeten?**

Nézz utána! Számítsd ki!

– **Számítsd ki saját napi energiafogyasztásodat (kJ/nap) az internet segítségével!**

– **Mennyivel változik ez, ha egy sós rágcsálnivaló 100 grammjának energiatartalma 2278 kJ, és ebből 150 grammot fogyasztottál el?**

– **A megadott módon számítsd ki a testtömegindexedet, és nézd meg, melyik kategóriába tartozol!**

Tájékozódj!

A tudatos táplálkozáshoz szükség van a megfelelő információkra és azok értékelési képességére is. Az élelmiszerek tápanyag- és energiatartalmáról a csomagoláson levő táblázatban szinte minden információ megtalálható, ami segít megtervezni a napi étrendet (7. ábra). Az **irányadó napi beviteli érték** (INBÉ) %-ában megadott adatok átlagos testsúlyú, ülőmunkát végző felnőtt nőre vonatkoznak. A férfiakra, a gyerekekre, a serdülőkre, az idősekre, a várandós és szoptatós anyákra, a sportolókra stb. vonatkozó értékek ezektől eltérnek. Az INBÉ-értékek alapján mindenki meg tudja becsülni saját szükségleteit.

Jellemző	100 g termékben	250 g termékben	Az irányadó napi beviteli érték %-ában (250 g)
Energiatartalom	74 kcal	185 kcal	9%
Zsír (összes)	0,1 g	0,3 g	< 1%
Telített zsír	0,06 g	0,2 g	1%
Szénhidrát (cukor)	14,7 g	36,8 g	14%
Fehérje	3,2 g	8,0 g	16%
Só	0,1 g	0,25 g	4%

7. Élelmiszercímke adatai egy 250 g-os kiszerelésű joghurt dobozáról

A vegetarianizmus

A vegetáriánusok nem fogyasztanak leölt állatokból származó termékeket (húst, felvágottat, zsírt stb.). A tejtermékek és a tojás fogyasztása többnyire megengedett, így ezek biztosíthatják a szervezet fehérjeigényét (8. ábra). A megfelelő mennyiségű és minőségű fehérje fogyasztására mindenképpen ügyelni kell, mert a kizárólag növényi eredetű táplálék esszenciális aminosavakban szegény. Az **esszenciális aminosavakat** a szervezetünk nem képes előállítani, azokat csak táplálékkal tudjuk felvenni. A vegetarianizmusnak az a formája, amelyik minden állati eredetű élelmiszer fogyasztását elutasítja (vegán életmód), csak kellő hozzáértéssel folytatható, mivel minőségi éhezéshez vezethet.

8. Vegetáriánus élelmiszerek

Gondolkodj kritikusan!

– Nézz utána, mit jelent a nyers vegán és a paleolit táplálkozás!

– Sorakoztass fel érveket a fenti táplálkozási módok mellett és ellen!

Táplálékallergiák

Egyes emberekben bizonyos élelmiszerek fogyasztása túlérzékenységi, azaz **allergiás reakciót** vált ki, például hasmenést, hányást okoz. Az allergiás reakciót az elfogyasztott élelmiszer valamelyik összetevője váltja ki. Az emberek 1-2%-a szenved lisztérzékenységben. A **lisztérzékenyek** a gabonafélékből (búza, rozs, árpa, zab) készült termékekben található fehérjére, a gluténra érzékenyek. A rendellenesség mögött örökletes tényezők is állhatnak. Az allergiás reakció csak a kiváltó élelmiszerek teljes elhagyásával küszöbölhető ki. A lisztérzékenyek a felsorolt gabonafélék helyett kukoricából, rizsből készült élelmiszereket fogyaszthatnak. Gyakori a **tejcukor-érzékenység** is, amit a tejben és a tejtermékekben található tejcukor, a laktóz fogyasztása okoz. A tejcukorra érzékeny emberek szervezetéből hiányzik a tejcukorbontó enzim, a laktáz. Az érzékenységi reakció ez esetben is laktózmentes élelmiszerek fogyasztásával kerülhető el. Ezek mellett számos táplálékallergia ismert, az élelmiszerek csomagolásán szigorúan fel kell tüntetni az allergéneket. (9-10. ábra).

9. Allergén élelmiszerek

10. Allergéneket jelző ikonok

Gondolkodj!

A táplálékallergiák gyakran járnak együtt hasmenéssel.

Korábbi tanulmányaidra támaszkodva hozd összefüggésbe a hasmenést az ozmózis jelenségével!

A táplálkozási szokások és lehetőségek messzemenő hatással vannak az egészségünkre.

Az élelmiszerek kiválasztása és az ételek elkészítése során törekedni kell a változatosságra.

Az ételeinknek a napi szükségletnek megfelelő mennyiségben és minőségben kell tartalmazniuk a szükséges tápanyagokat, ez függ a nemtől, az életkortól és az életmódtól is.

Lehetőleg minden étkezéskor fogyasszunk megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjét, ez magasabb tápértéket és kiegyensúlyozottabb energiabevitelt biztosít.

A megfelelő életműködésekhez számos vitaminra is szükségünk van, ezeket a változatos étrend biztosítja.

Minőségi éhezés esetén a táplálékkal felvett energia elegendő, de a tápanyag-összetétel nem megfelelő.

A tápanyagok lebontásához és a szervezet egyensúlyának fenntartásához jelentős mennyiségű vízre is szükségünk van. Elegendő víz ivásával az éhségérzet is csökkenthető.

Naponta 4-6 alkalommal ajánlott étkezni, de elalvás előtt tartsunk hosszabb szünetet.

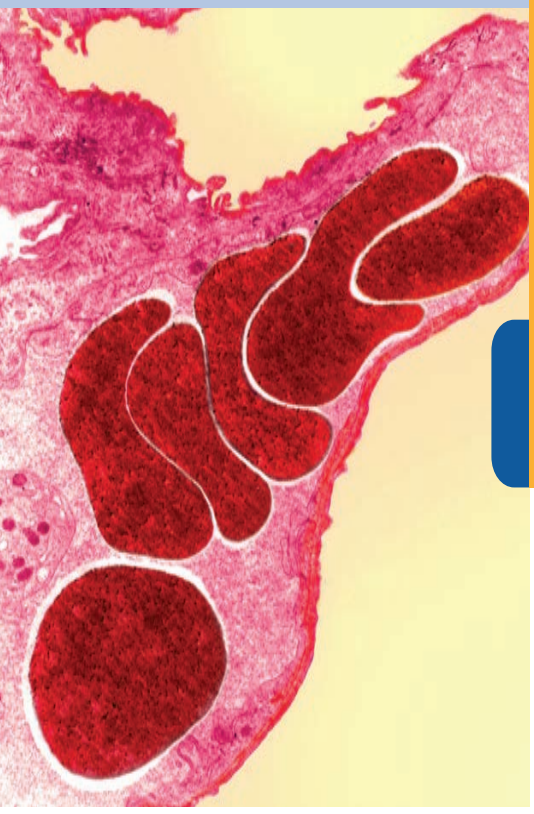
A helytelen táplálkozás miatti elhízás az érelmeszesedés, magas vérnyomás, cukorbetegség, a máj- és vesebetegségek kockázatát növeli (rizikófaktor).

A testtömegindex megmutatja, hogy testsúlyunk milyen mértékben tér el a nem és a kor alapján megadott normál értékektől.

Ha testsúlycsökkentő diétára van szükség, akkor figyelni kell az egyes tápanyagok kiegyensúlyozott fogyasztására, kerülni kell az egyoldalú fogyókúrákat.

Egyes élelmiszer-összetevők, adalékanyagok allergiás reakciót válthatnak ki. A csomagoláson.

3. Összefoglalás



4. Légzés

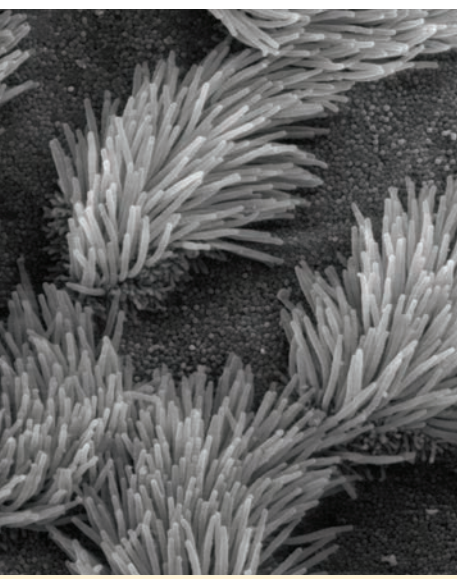
1. Mi a légzés biológiai funkciója?
2. Hogyan történik a légcsere, a ki- és belégzés folyamata?
3. Hogyan cserélődnek ki a légzési gázok a sejtek és a levegő között?
4. Milyen hatással van a levegőminőség a légzési szervrendszerünk egészségére?

Idézd fel!

– Az oxigénnel történő légzésen kívül milyen energiaátalakító folyamatok fordulnak elő az élővilágban?

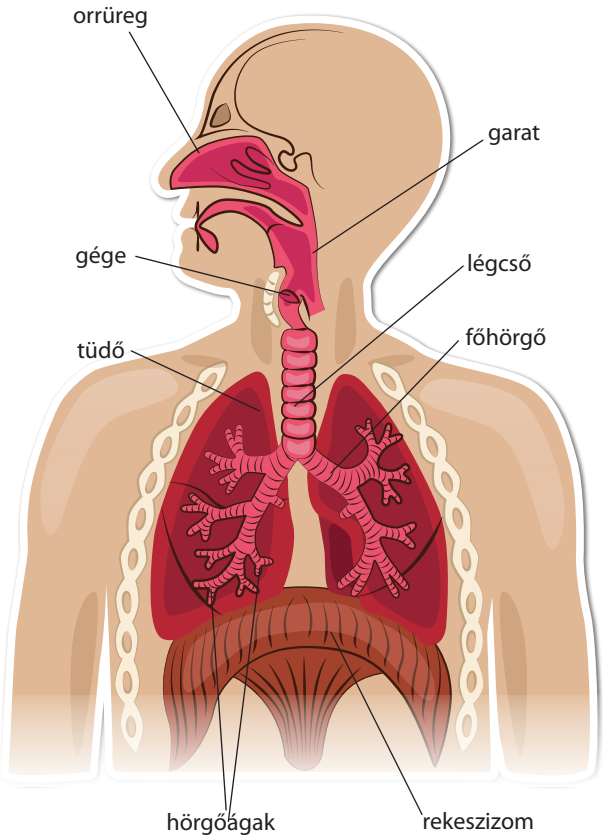
– Hogyan alakult ki a mai légkör oxigéntartalma?

A légzés szervrendszerének felépítése

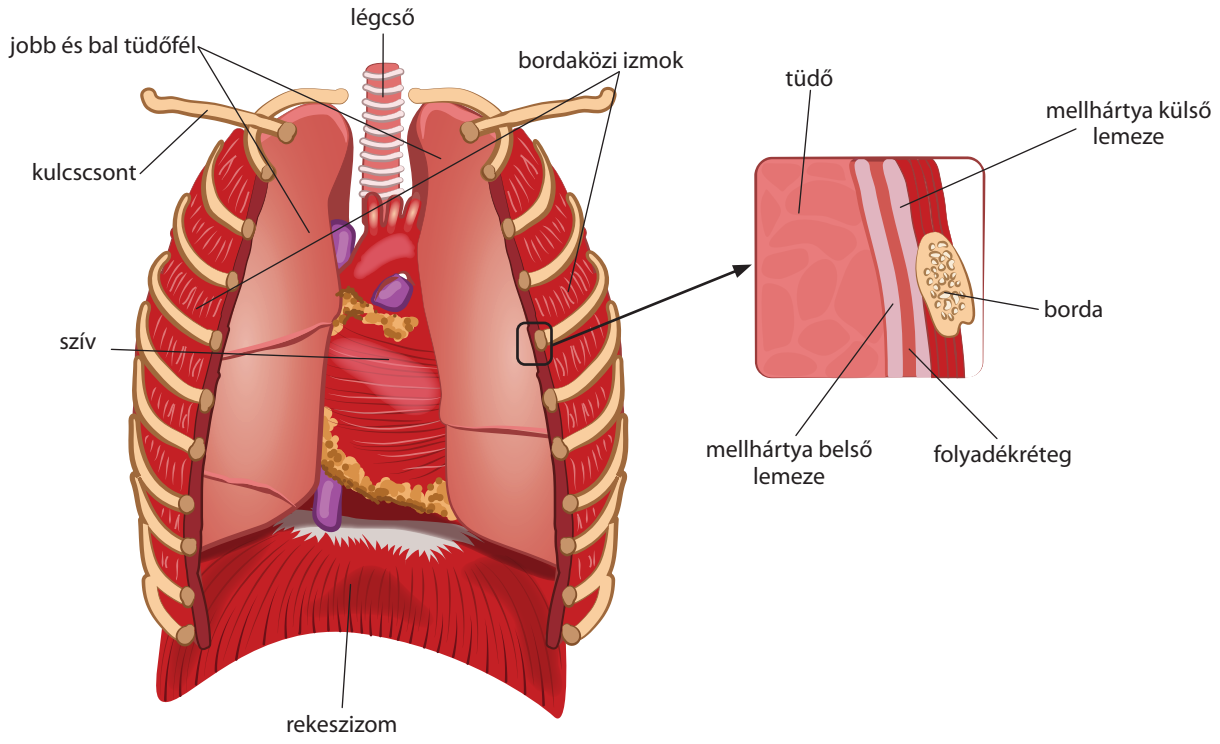


2. A légutak csillós hámmal borított felszíne

A légzés során a légutakon keresztül áramlik be a levegő a szervezetünkbe. A **felső légutakat** az **orrüreg** és a **garat,** az **alsó légutakat** a **gége,** a **légcső** és a tüdő gazdagon elágazó **hörgőrendszere** alkotja. Utóbbiak a szőlőfürtszerűen elhelyezkedő **léghólyagocskákban** végződnek (1. ábra). Az orrüreg, valamint a légcső és a hörgőrendszer nyálkahártyájában **csillós hámszövet** és nagyszámú **nyálkatermelő mirigy** található. A mirigyek váladéka védi a légutakat a kiszáradástól, a nyálkában megtapadt szennyeződéseket a hámsejtek csillói a garat felé sodorva kisöprik a légutakból (2. ábra).



1. A légzés szervrendszerének felépítése



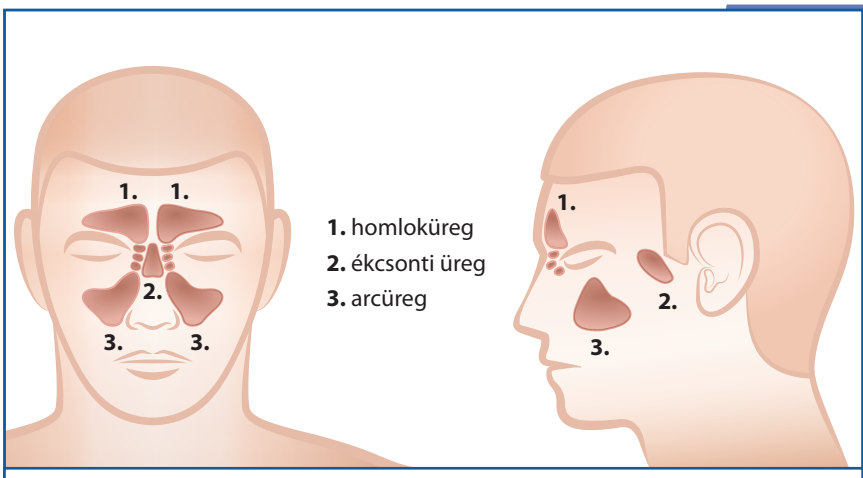
3. A tüdő és a mellhártyák

A **tüdő** a mellkas és a rekeszizom által határolt **mellüregben** helyezkedik el (3. ábra). A jobb tüdőfél három, a bal két lebenyből áll, felszínüket kétrétegű **mellhártya** borítja. A mellhártyák külső lemeze a mellkas belső felszínét borítja. A mellhártya két lemeze között vékony folyadékréteg található, aminek köszönhetően a tüdő a mellkas falához feszül, és passzívan követi a mellüreg térfogatának változásait.

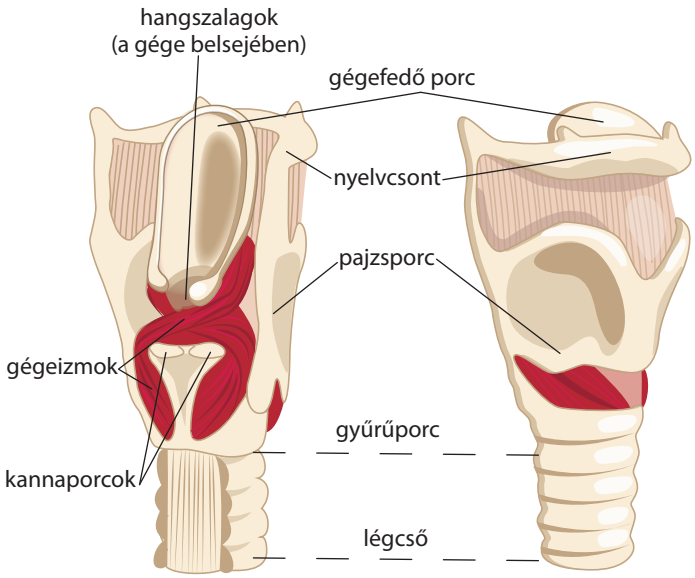
Felső légutak

Az orrüreg szűri a belélegzett levegőt, szőrszálain fennakadnak a nagyobb méretű szilárd szennyeződések. Nyálkahártyája vízgőzzel telíti a beáramló levegőt, valamint dús érhálózata révén felmelegíti azt a testéhez közeli hőmérsékletre. Az **orrmelléküregek** (pl. arcüreg, homloküreg) kapcsolatban állnak az orrüreggel, nyálkahártyájuk azonos felépítésű (4. ábra). A felső légutak meghűlésének szövődményeként ezekben is kialakulhat nehezebben gyógyuló gyulladásos megbetegedés.

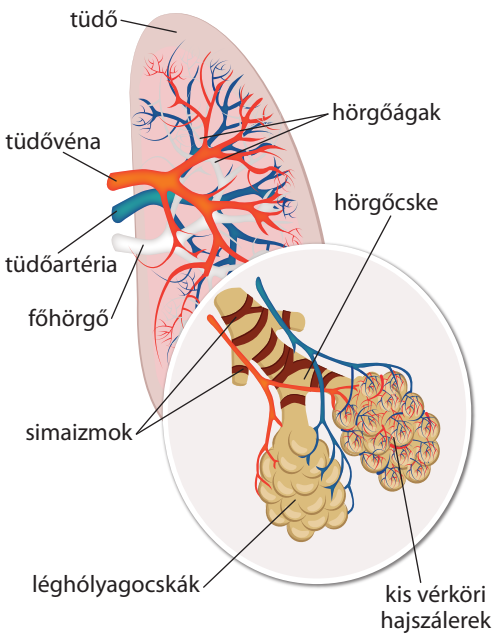
A szaglóhám az orrüreg felső harmadában található. Az orrüregből a levegő a garatba jut. A felső légutak területén számos nyirokszerv, mandula található, amelyek a kórokozók ellen védik a szervezetet.



4. Az orrmelléküregek



5. A gége felépítése



6. A tüdő szerkezete

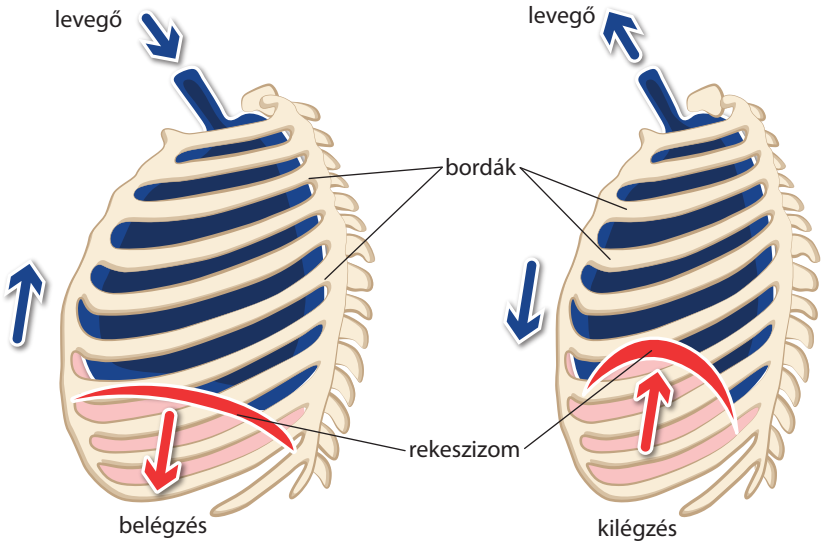
Alsó légutak

A **gége** vázát porcok alkotják (5. ábra), bemenetét nyeléskor a **gégefedő** zárja le, így a falat nem juthat a légcsőbe. A légcső falát C alakú porcok merevítik, aminek köszönhetően nem nyomódik össze. A légcső a két tüdőfélbe vezető **főhörgőkre** ágazik, amelyek a tüdőben **hörgőkre,** majd egészen vékony **hörgőcskékre** ágazódnak. (6. ábra). A hörgők, hörgőcskék összesített hosszúsága a felnőttek tüdejében mintegy 2,4 km. A hörgőcskékhez kapcsolódó **léghólyagocskák** falát vékony egyrétegű laphám béleli, amelyet kívülről gazdagon behálóznak a kis vérkör hajszálerei. A léghólyagocskák összfelülete a felnőttek tüdejében 70–100 m^2.

A légzés folyamata

Légcsere

A légcsere részfolyamatai a ki- és a belégzés. A levegő a mellüreg térfogatának változása miatt kialakult nyomáskülönbség hatására áramlik át a légzőrendszeren. Ezt a légzőizmok (bordaközi izmok és a rekeszizom) összehúzódása illetve elernyedése eredményezi. Belégzéskor a külső **bordaközi izmok** összehúzódnak, felfelé húzzák a bordákat, eközben a **rekeszizom** összehúzódva ellaposodik. A mellkas térfogat növekedése és a levegő beáramlása ezek együttes hatására következik be (7. ábra). A nyugodt kilégzés passzív folyamat, nem igényel aktív izommozgást. A légzőizmok elernyednek, emiatt a bordák lesüllyednek, a rekeszizom bedomborodik a mellüregbe.



7. A belégzés és a kilégzés folyamata

Mozdulj rá!

**Számold meg a nyugalomban lévő társad 1 perc alatti légvételeinek számát!
Végeztess vele 20 guggolást, majd újra mérd meg a légzésszámot!
Hogyan hat az izommunka a légzésszámra?
Korábbi tanulmányaid alapján add meg a következő változókat:
függő változó, független változó, rögzített változó!**

Számolj!

Nyugalomban percenként 16-szor lélegzünk, ilyenkor a be- és kilélegzett levegő térfogata átlagosan 500 cm^3. A belélegzett levegő oxigéntartalma 21%, a kilélegzett levegőé 15%.

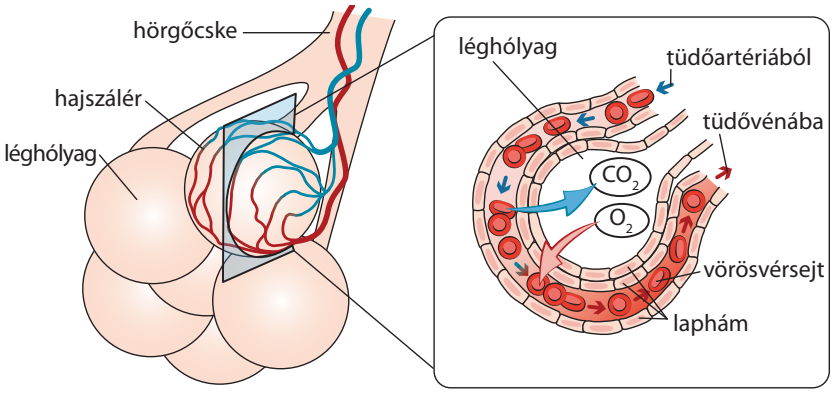
- **Hány dm^3 oxigén kerül a vérbe 15 perc alatt nyugodt légzés esetén?**
- **Hogyan módosulna ez az érték erőltetett belégzés esetén akkor, ha egy légvétellel 2,5 dm^3 levegőt cserélünk ki?**

A mellüreg térfogata csökken, a tüdőben nő a nyomás, így levegőtartalmának egy része kiáramlik a külvilágba. A mellkas vagy a hasfal megfigyelhető elmozdulásának arányától függően mellkasi vagy hasi légzésről beszélhetünk, előbbi inkább a nőkre, utóbbi inkább a férfiakra jellemző. A különféle légzőgyakorlatok segíthetnek a tüdő teljesebb légcseréjében.

Gázcsere

A gázcsere során a légvételekkel a tüdőbe áramló friss levegőből oxigén jut a vérbe, majd onnan a sejtekbe. A sejtek felől szén-dioxid diffundál a vérbe, amelyből a léghólyagok falán át a tüdőbe kerül, és a kilégzéssel távozik a külvilágba.

A léghólyagokban történő részfolyamat, a **külső légzés** hajtóereje az, hogy a kisvérköri kapillárisokban áramló vérben a szén-dioxid parciális nyomása (pCO_2) magasabb, míg az oxigén parciális nyomása (pO_2) alacsonyabb, mint a léghólyagocskák levegőjében. A légzési gázok kicserélődése diffúzióval történik (8. ábra). Parciális nyomás: az a nyomásérték, amely akkor lenne mérhető, ha az adott gáz egyedül töltené ki a rendelkezésre álló teret.



8. Gázcsere a tüdőben

	Légköri levegő	Alveolus levegő	Artériás vér (nagy vérkör)	Vénás vér (nagy vérkör)
pO_2	159	100	95	40
pCO_2	0,3	40	40	46
pN_2	596	573	573	573

Elemezz!

A táblázat adatai alapján válaszolj a kérdésekre:

- **A légköri nyomás tengerszinti értéke 760 Hgmm. A táblázatban szereplő gázok együttes nyomása nem éri el ezt az értéket. Mi lehet a hiányzó légnemű anyag?**
- **A feltüntetett területek közül hol a legalacsonyabb az oxigén parciális nyomása? Milyen biokémiai folyamat áll ennek hátterében?**
- **Mivel magyarázható a szén-dioxid légköri levegőben mért alacsony nyomásértéke?**
- **Történik-e gázcsere az alveoláris levegőben jelen lévő nitrogén és a vér között?**

Kísérletezz!

Bizonyítsd be a kísérlet során, hogy a kilélegzett levegőnek magas a szén-dioxid-tartalma!

Tölts meszes vizet egy lombikba, és parafa dugóba helyezett üvegcsövön vagy szívószálon át fújj néhányszor a meszes vízbe!

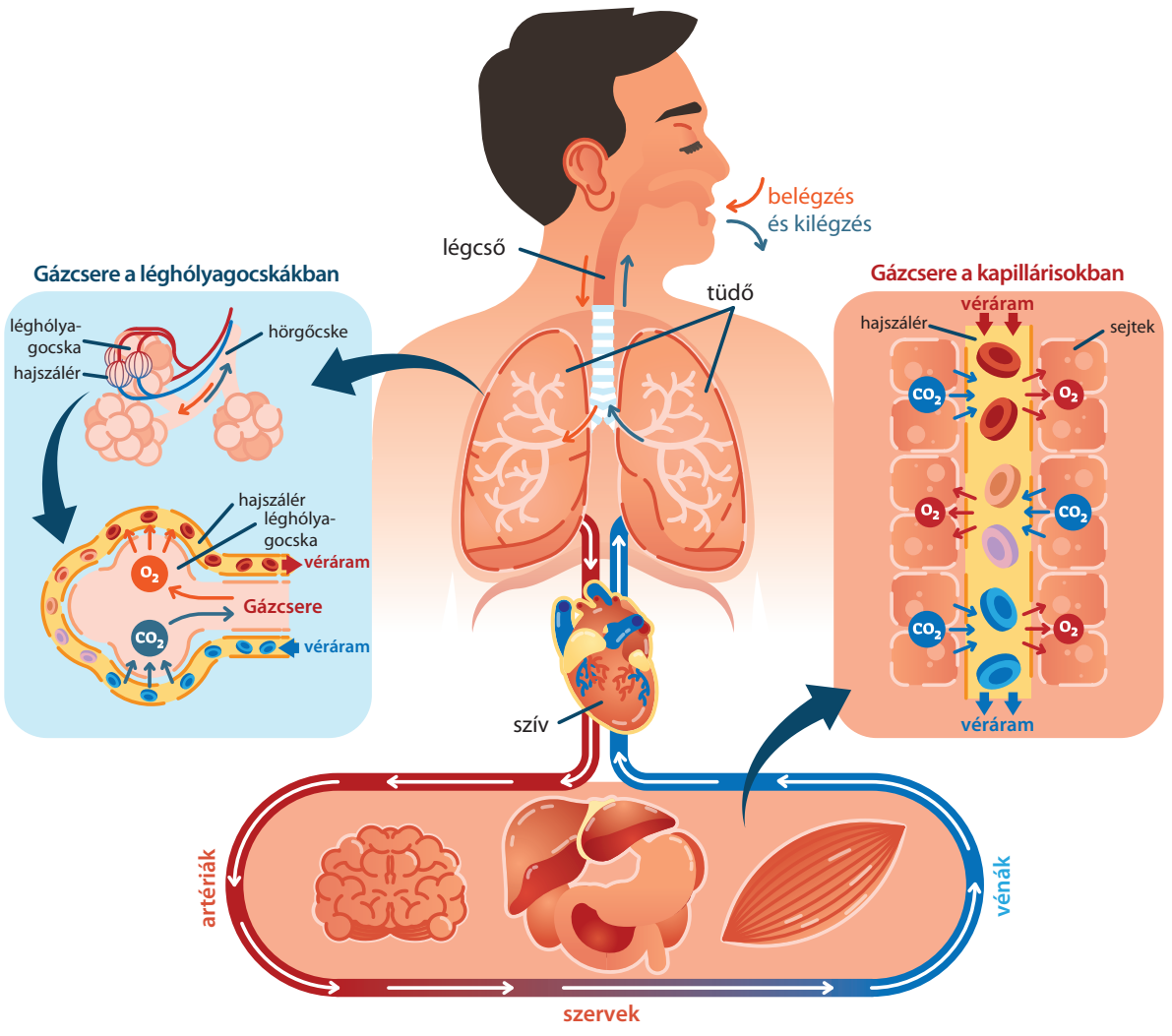
– Mit tapasztalsz?

– Mit tapasztalnál, ha a kísérlet kezdete előtt fenolftalein indikátort cseppentenél a lombikba?

Figyeld meg a változást!

Mi történne akkor, ha a szűrletet melegítenénk?

A sejtek közvetlen környezetével, a szövetnedvvel a nagyvérköri kapillárisok állnak kapcsolatban. A sejtek a **belső légzés** során sejthártyájukon keresztül a szövetnedvből veszik fel az oxigént, és ebbe adják le a biológiai oxidáció során folyamatosan képződő szén-dioxidot. Az oxigénben szegény, szén-dioxidban dús vér a nagyvérköri vénákba, majd a szíven keresztül a tüdőbe áramlik (9. ábra).

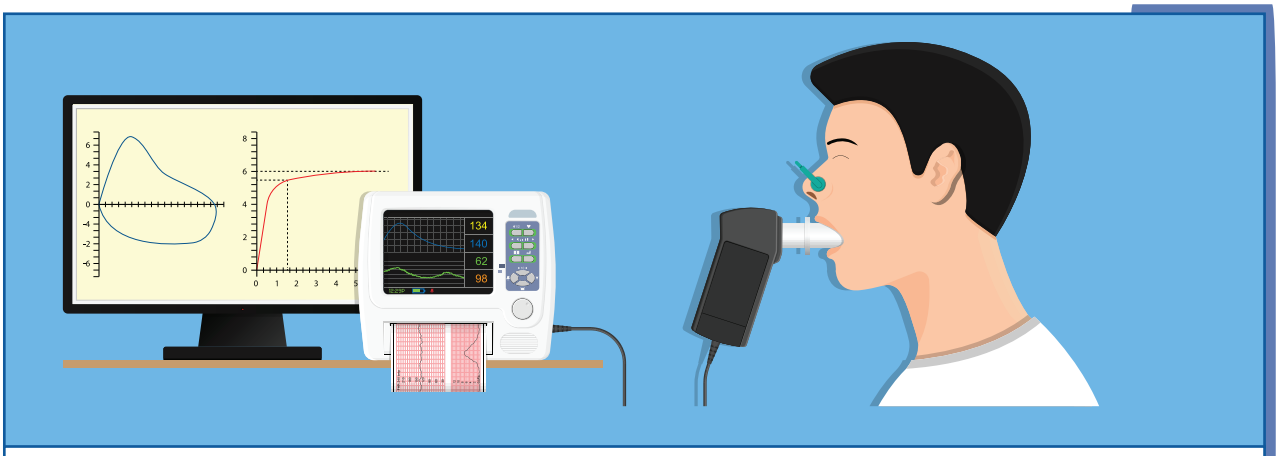


9. Az ember gázcseréje

A légzésfunkciók vizsgálata

A légzésfunkciók vizsgálatakor egy műszer (spirométer) segítségével a légzőszervek teljesítőképességét határozzák meg (10. ábra).

Nyugalomban percenként átlagosan 14-16-szor veszünk levegőt. Egy lélegzetvétellel átlagosan 0,5 liter levegő cserélődik ki a tüdő és a külvilág között. A **légzési perctérfogat** értéke nyugodt légzés során tehát mintegy 7-8 liter. Erőltetett belégzéskor a nyugodt légzéshez képest még átlagosan további 2,5 liter levegőt tudunk beszívni. Ez a **belégzési tartalék**.

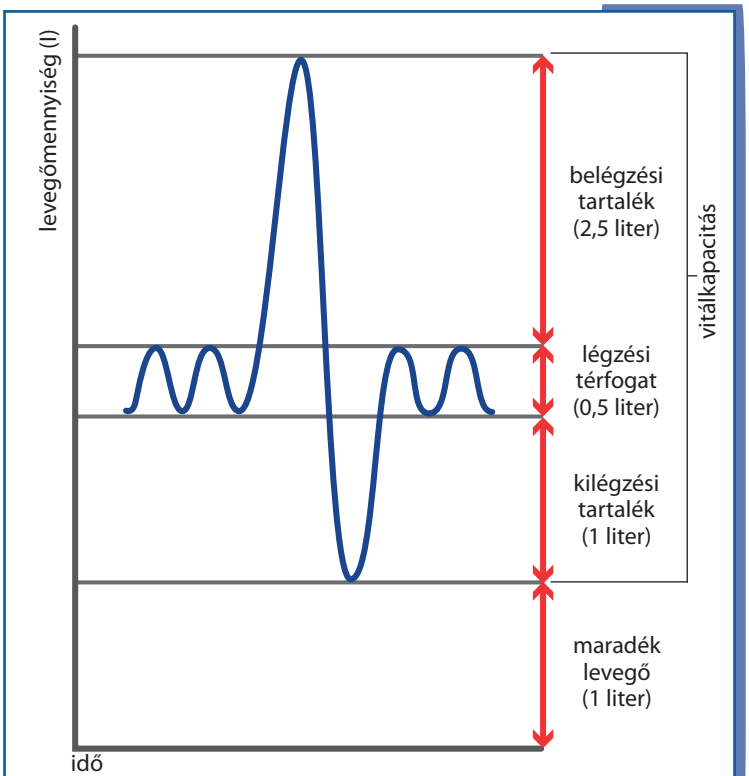


10. Spirometriás vizsgálat

Erőltetett kilégzés során a belső bordaközi izmok és a hasizmok összehúzódása további térfogatcsökkenést okoz a mellüregben. A megnövekedett nyomás miatt a nyugodt légzéshez képest átlagosan 1 literrel nagyobb térfogatú levegő áramlik ki a tüdőből. Ez a **kilégzési tartalék**.

A légzőszervek maximális teljesítőképességét az erőltetett belégzést követően az erőltetett kilégzéssel kifújt levegő térfogata, a **vitálkapacitás** jellemzi. (11. ábra) Átlagos értéke nőknél 3,5, férfiaknál 4,0-4,5 liter, de sportolással (pl. úszással, futással, kerékpározással) mindkét nem esetében jelentősen növelhető.

Az erőltetett kilégzés során úgy érezzük, hogy teljesen kiürült a levegő a tüdőnkből, de még ekkor is marad benne 1 liter. Ennek oka a felületi feszültség csökkentő hatás (surfactant), aminek köszönhetően a tüdőléghólyagok nem esnek össze ezért marad bennük gáz.



11. A vitálkapacitás

Kísérletezz! Magyarázd el!

A mellhártyák légzésben játszott szerepét egy modellkísérlettel igazolhatod.

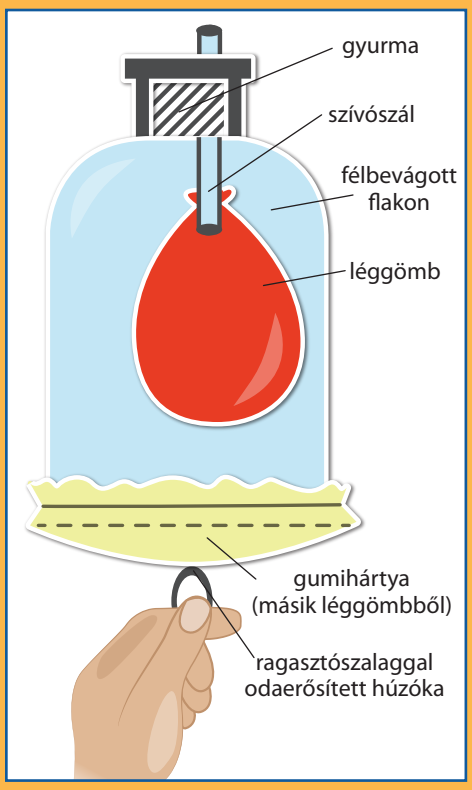
Egy sima felszínű üveglapot, pl. mikroszkópi tárgylemezt nedvesíts be vízzel, és csúsztass rá egy másik, ugyancsak sima üveglapot! Figyeld meg, hogy az üveglapokat könnyedén el tudod csúsztatni egymáson, de szétválasztásuk már sokkal nehezebb!

A légcsere szemléltetésére készíts tüdőmodellt!

- **Egy vastagabb falú, de átlátszó műanyag palack alját vágd le.**
- **Egy műanyag toll szárát alkotó csövecske vagy egy vastagabb szívószál egyik végére cérnával erősíts egy kis léggömböt.**
- **Csúsztasd a léggömböt a palack belsejébe. és (gyurmával vagy ragasztóval) rögzítsd a csövecskét a palack szájába! Ügyelj arra, hogy felül a gyurma, alul a gumihártya légmentesen zárja le a palackot!**
- **A palack aljára erősíts szorosan egy gumihártyát (vékony gumikesztyű, léggömb egyaránt alkalmas), a külső oldalára ragassz egy vékony zsineget.**

Figyeld meg, mi történik, ha meghúzod, majd elengeded a gumihártyán a madzagot!

Magyarázd el a modell működésének biológiai hátterét!



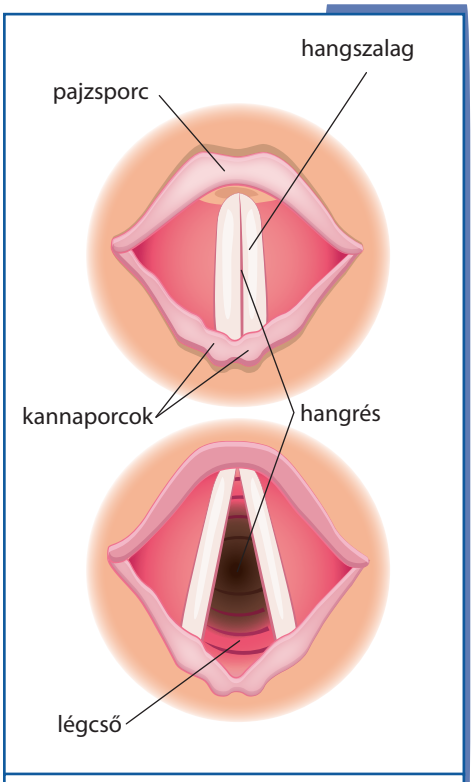
Hangadás

Az ember evolúciója során a felső légutak felépítése is megváltozott. A gégefő és a lágy szájpad már nem záródik össze légmentesen, közöttük átáramolhat a levegő. Az orrüreg szűkebbé vált, ezért nagyobb fizikai terhelés esetén a szájunkon vagyunk kénytelenek levegőt venni. Az anatómiai változások egyik következménye, hogy a kilégzéskor a szájüregen keresztül távozó levegő számos akadályba ütközhet, amelyek változtatásával képessé váltunk az artikulált **beszédre.**

Nyugodt légzéskor a gégében található **hangszalagok** között lévő **hangrés** nyitott, a levegő akadálytalanul áramlik a légutak és a külvilág között (12. ábra). Hangadáskor a gége akaratlagosan irányítható izmai elmozdítják a kannaporcokat, a hangszalagok megfeszülnek, a hangrés bezárul. A hangrés mögött feltorlódó levegő nyomása kissé szétfeszíti a hangrést, megrezegteti a hangszalagokat. A rezgés átterjed a levegőre, kialakul a hang.

A hang **magasságát** alapvetően a gége mérete, a hangszalagok hossza, feszítettsége, és vastagsága határozza meg. A kisebb gégéjű, rövidebb hangszalagú nők és a gyerekek hangja magasabb, mint a férfiaké. A gégeizmok segítségével változtatható a hangszalagok feszessége, a hangrés alakja és tágassága, ezzel együtt a hangmagasság. A **hangerősség** attól függ, mekkora erővel préseljük ki a levegőt a gégén.

Serdülőkorban a fiúk és a lányok hangja is változik, mutál. A **mutálás** a fiúk esetében erőteljesebb, mert gégéjük mérete hirtelen és nagymértékben változik. Ennek következtében hullámzik a hangjuk, váratlanul, akaratuktól függetlenül változik a hangmagasságuk.



12. A hangszalagok és a hangrés

Gondolkodj!

A gége kannaporcait harántcsíkolt izmok mozgatják. Mit gondolsz, mi a jelentősége ennek?

A légzőszervrendszer egészségvédelme

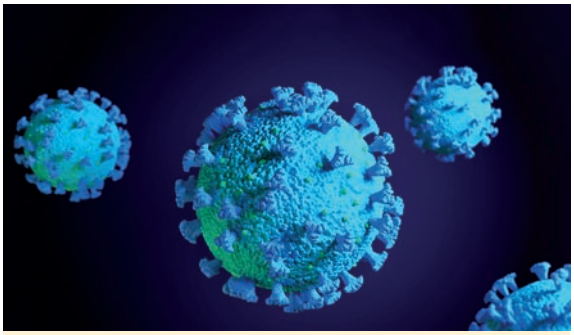
A légutak a biológiai funkciójuk mellett **fertőzési kaput** is jelentenek. Belégzéskor a levegőben jelenlévő kórokozók, vírusok, baktériumok, gombaspórák, valamint környezetszennyező anyagok is bejutnak a légutakba. A legapróbb részecskék eljutnak a léghólyagokig. A fertőzési kapuk az immunendszer védelme alatt állnak, a vérkeringéssel odajutó fehérvérsejtek és ellenanyagok igyekeznek megakadályozni a súlyosabb ártalmak kialakulását. Az ellenálló képességünket azonban sok tényező befolyásolja, így pl. a külső hőmérséklet, légszennyezés, de fontos a megfelelő táplálkozás, pihenés, mozgás is.

A hideg levegő belégzése szűkíti a nyálkahártyaereket, rontja a csillómozgást, és fokozza a nyálkatermelő mirigyek működését. Ilyen körülmények között a mindenütt jelen lévő, **náthát** okozó vírusok könnyebben megtapadhatnak és sokszorozódhatnak. Ha nem az időjárásnak megfelelően öltözünk, vagy túlságosan hideg ételt, italt fogyasztunk, a meggyengült nyálkahártyán keresztül könnyen megfertőződhetünk. A fertőzés következménye orrfolyással, torokfájással járó, általában enyhe lefolyású betegség.

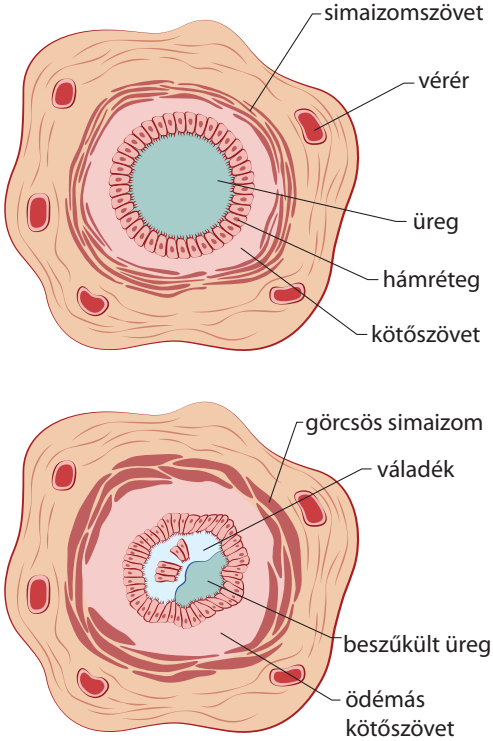
Az **influenza** is vírusfertőzés következménye, de nemcsak a felső légutak betegsége, hanem fejfájás, izomfájdalom és magas láz is kíséri. Az influenzavírusok igen változékonyak, és bár létezik ellenük védőoltás, ezt minden évben az éppen szezonális vírusokból kell elkészíteni. A megszerezhető védelem jelentősen csökkenti mind a fertőződés, mind a súlyosabb szövődmények kockázatát.

A belélegzett levegőben található allergének, pl. virágpor, állati szőr vagy toll stb. a szem viszketésével, erős orrfolyással és könnyezéssel járó **szénanáthát** válthatnak ki. A hörgőrendszer jellemzően allergiás megbetegedése az **asztma** (14. ábra). Az asztmás roham nehézlégzéssel jár, amelyet a hörgőcskék simaizomzatának görcsös összehúzódása és a fokozott nyálkatermelés vált ki. Az asztmát okozhatják különféle allergének és idegrendszeri hatások is. Kezelésében a gyógyszerek (pl. belélegezhető hörgőtágítók) mellett alapvető szerepe van a kiváltó tényezők felderítésének és lehetőség szerinti kiküszöbölésének (15. ábra).

A **tüdőgyulladást** különböző baktériumok, vírusok, gombák okozhatják. Gyakran jár magas lázzal, száraz, fájdalmas köhögéssel. A bakteriális (Pneumococcus) eredetű tüdőgyulladás ellen az antibiotikumok hatásosak, de megelőző



13. SARS-CoV-2-vírusrészecskék



14. A hörgőcskék keresztmetszete egészséges emberben (fent) és asztmás betegben (lent). A hörgőcskék simaizmai az asztmás betegekben megvastagodnak, a hám alatti kötőszövetben pedig folyadék halmozódik fel (ödéma). Ez okozza a hörgőcskék szűkületét

védőoltás is adható, amely különösen idősek esetében ajánlott. A vírusos tüdőgyulladás ellen az antibiotikumok nem hatásosak, de a szövődményeket okozó baktériumok ellen mégis alkalmazhatók.

A **tuberkulózist** (tüdőbaj, tbc) baktériumfertőzés okozza. A régebben gyógyíthatatlan, halálos betegség kórokozója főleg cseppfertőzéssel terjed. Gyulladásos gócokat alakít ki a tüdőben, a megtámadott szövet hamarosan elhal. A megbetegedés kockázata az alultáplált, rossz szociális helyzetben élő emberek között nagyobb. Hazánkban a múlt század közepétől az életkörülmények javulásával, a kötelező védőoltás (BCG) bevezetésével a betegség előfordulása jelentősen csökkent. Sajnos az utóbbi években a felnőtt lakosság körében ismét több ezer új megbetegedést mutatnak ki évente. A kórokozó terjedését segíti, hogy a fertőzött emberek sokáig tünetmentesek, de a környezetükben élő embereket megfertőzhetik. Ezért is van különös jelentősége a tüdőszűrésnek, ami a tbc és más betegségek korai felismerését szolgálja. A légutakon bejutó vírusok gyors terjedése világjárvány kialakulásához is vezethet. A SARS-CoV-2 koronavírus fertőzésének behatolási kapuja a felső légúti nyálkahártya. Az okozott betegség a **COVID-19**, amely súlyos esetben tüdőgyulladást és más szervek (pl. vese, agy, szív) károsodását okozhatja. A vírusrészecskék a levegőben aeroszolként terjednek, ezért a védekezést a szájat és orrot eltakaró maszkok használata valamint a zárt terek szellőztetése segítheti. A fertőzés megelőzése, vagy a súlyos megbetegedés ellen többféle védőoltás is rendelkezésre áll (lásd később).

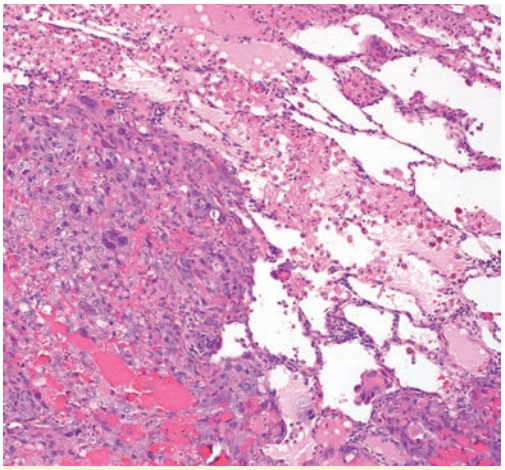
A dohányzás

A dohányos ember szervezetébe sokféle káros anyag jut, a dohányfüst folyamatosan ingerli a nyálkahártyát, ezért a rendszeresen dohányzó emberek légútjai állandó gyulladásban vannak. Ennek jele a fokozott nyálkatermeléssel és állandó, kínzó köhögéssel járó **hörghurut.** Erős dohányosokban a köhögés és a füstben lévő méreganyagok miatt a léghólyagocskák fala átszakadhat, egybeolvadhat, ezt az állapot a **tüdőtágulás** (emfizéma), ami már erősen korlátozza a dohányos ember normális életvitelét (16. ábra). A két tünetcsoport együttes jelenlétével kialakuló krónikus obstruktív tüdőbetegség a **COPD**. Ez a légutak tartós beszűkülésével járó kórkép, amely visszafordíthatatlan. Világszerte ez az egyik vezető halálok, ezért fontos a megelőzése. A dohányzás kerülésén kívül ehhez a levegőszennyezés csökkentésére is szükség van.

A dohányfüstben lévő káros anyagok között nagy számban találhatók rákkeltő hatásúak, ezért a dohányzásnak vezető szerepe van a **tüdőrák** kialakulásában. A tüdő rosszindulatú daganatainak többféle típusa van, általában a hörgőkből indulnak ki, onnan terjednek át egyéb szövetekre, továbbsodródva áttéteket képezhetnek más szervekben is. A korai felismerésben szerepe lehet a tüdőszűrésnek is (17. ábra). A dohányzás egészségkárosító hatása a fejlődő szervezetű fiatalok esetében fokozott.

15. Belélegezhető asztmagyógyszer alkalmazása

16. A tüdőtágulás oka a léghólyagok roncsolódása



17. Laphámsejtekből kialakuló tüdőrák szöveti képe. Balról a rosszindulatú sejtállomány, jobbról a még egészséges

A levegőszennyezés

A légzési szervrendszer egészségét legjobban a tiszta levegő és a testmozgás biztosíthatja. A levegő azonban mind a kültérben, mind a belső terekben tartalmazhat szennyező anyagokat. A települések levegőminőségét rendszeresen mérik, a hazánkban kiépült mérőhálózat adatai elérhetők az interneten is (18. ábra). A levegőminőségi index a legfontosabb légszennyező anyagok koncentrációja alapján 5 fokozatot állapít meg, ehhez igazodva rendelhetők el pl. a **szmogriadó** különféle szintjei. A települések levegőjét a közlekedésből, lakásfűtésből és ipari tevékenységből származó szennyezések rontják. A **nitrogén-oxidok** savas hatása károsítja a légutak nyálkahártyáját, ezzel csökkenti annak öntisztító képességét. A **szálló por** lejut a léghólyagokba, megterhelve az immunrendszer elhárítóképességét. Egyéb tényezőkkel együtt a levegőszennyezés felelős lehet az idő előtti halálozásokért, az élettartam csökkenéséért is.

A levegő a lakások belső tereiben is gyakran kifogásolható. A szilárd tüzelésből származó füstgázok, az elektronikai készülékekből, műanyagokból, háztartási vegyszerekből kijutó **illékony szerves vegyületek** (VOC) összességükben allergén, irritáló, de akár rákkeltő hatásúak is lehetnek. A hőszigetelt ablakok beépítése esetén figyelni kell a megfelelő szellőzés biztosítására, ennek hiányában a tüzelőberendezésekből származó **szén-monoxid** akár halálos balesetet is okozhat.

Keress rá! Elemezz!

Keress az interneten a levegőminőségi mérőhálózat által közölt adatokat!

- **Mely légszennyező anyagokat mér a hálózat?**
- **Mik a forrásai ezeknek a szennyezéseknek?**

Kövesd néhány napig a közölt adatokat, figyeld meg, hogyan változnak!

- **Milyen okok állhatnak a változások hátterében?**

18. A szilárd tüzelő égetés jelentős légszennyező, nem ritka, hogy egyes falvak a nagyvárosok legrosszabb értékeit is alulmúlják

A légzési szervrendszer feladata a légzési gázok, az oxigén és a szén-dioxid cseréje a sejtek és a külvilág között.

A légcsere a környezet és a légzőszerv közötti levegő kicserélődését jelenti.

A felső légutakat az orrüreg, a garat, az alsó légutakat a gége, a légcső, a főhörgő, a hörgők, hörgőcskék és léghólyagocskák alkotják.

Belégzés során a rekeszizom és a külső bordaközi izmok összehúzódnak, a tüdő és a mellüreg térfogata nő, a tüdőben uralkodó nyomás csökken.

Kilégzéskor a rekeszizom és a külső bordaközi izmok elernyednek, a tüdő és a mellüreg térfogata csökken, a tüdőben uralkodó nyomás nő.

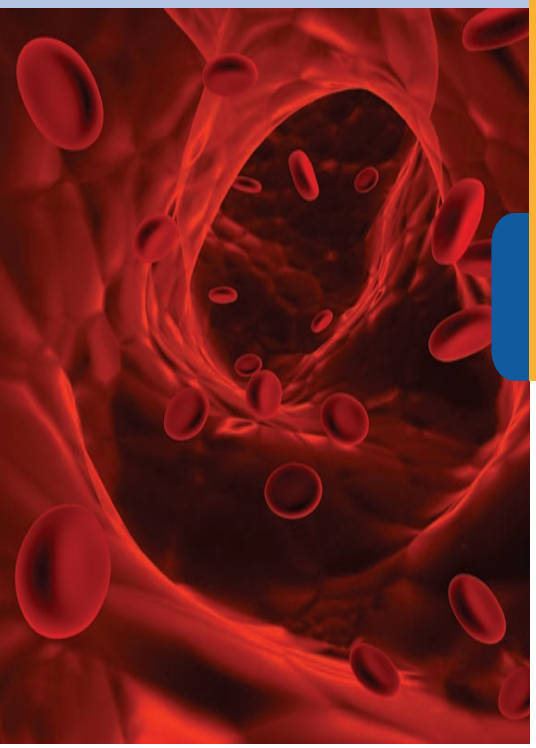
A tüdő passzívan mozog, a mozgást a mellhártya segíti.

Egy erőltetett be- és kilégzéssel kicserélt levegő mennyiségét vitálkapacitásnak nevezzük.

A külső légzés a léghólyagocskák és a vér közötti, a belső légzés a vér és szöveti sejtek közötti gázcserét jelenti.

A hangadás szerve a gége, a benne található hangszalagok rezgését a kiáramló levegő végzi.

4. Összefoglalás



5. Anyagszállítás

1. Mely felvevő területekhez kapcsolódik az anyagszállítás?
2. Hogyan jutnak el az anyagok közvetlenül a sejtekig?
3. Hogyan épül fel és működik az emberi szív?
4. Hogyan függ össze az erek felépítése és működése?
5. Hogyan alkalmazkodik a keringési rendszer a terheléshez?
6. Mit tehetünk a szív- és érrendszeri betegségek megelőzése érdekében?

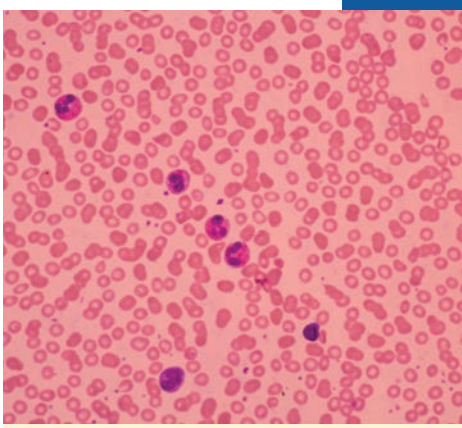
A vér

A vér összetétele, alkotórészei

Az emberi test teljes vértérfogata kb. 4,5–5,5 liter, súlya a testsúly 6–8%-a. A vér **folyékony alapállományú kötőszövet**, amely különféle sejteket tartalmaz. Ezek közül a vörösvérsejtek és a vérlemezkék érésük során elveszítik sejtmagjukat, ezért **alakos elemeknek** (nem valódi sejteknek) is nevezik őket (1. ábra).

A vérsejtek termelődése, az elpusztultak utánpótlása a vöröscsontvelő vérképző őssejtjeiből, érési folyamatokon keresztül történik.

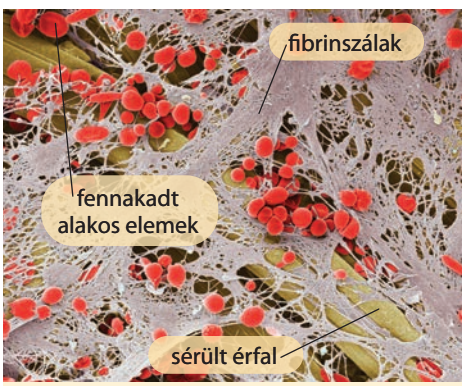
A vér alakos elemeit a **vérplazma** veszi körül. Térfogatának legnagyobb része víz, ebben oldott ionokat (pl.: Na^+, Ca^{2+}, Cl^-, K^+, HCO_3^-) tartalmaz. A kisebb szerves molekulák közül a táplálékkal felvett szőlőcukor, aminosavak, nukleotidok és a szervezet sejtjei által előállított bomlástermékek (karbamid, húgysav) találhatók benne. A plazmában lévő fehérjék szerepe igen sokrétű, egyebek között segítik a vértérfogat állandóságának kialakítását, kisebb molekulák szállítását végzik, véralvadásban vesznek részt, vagy tartalék fehérjeként szolgálnak.



1. Emberi vérkenet fénymikroszkópos képe

Véralvadás

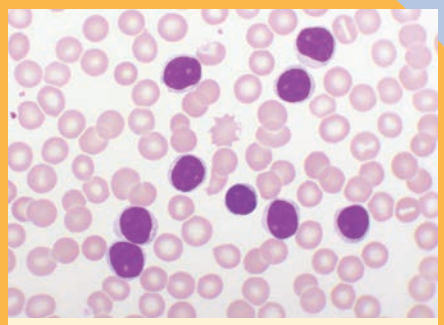
Ha az érfalat sérülés éri, a közelében lévő sejtekből jelző molekulák szabadulnak fel. Kis méretű sérülés esetén az ér simaizomzata összehúzódik, és ez elegendő a sérülés megszüntetéséhez. Ha a sérülés nagyobb, a jelzőmolekulák hatására megváltozik a vérlemezkék alakja, buzogányszerűek lesznek, és egymásba akadva elkezdik betömni a rést. A kialakuló **trombus** dugószerűen elzárja a sérülést. Ha a lemezkék önmagukban nem képesek betömni a sérülést, további molekulák aktiválódnak. A vérplazma oldott **fibrinogénje** a sérülés helyén oldhatatlan **fibrinné** alakul át. A sérülés helyén kialakuló hálószerű szerkezetbe a vér össze alakos eleme bele tud akadni, így egy dugószerű szerkezet jön létre (2. ábra). Az alvadás során kialakult trombusok csak átmeneti megoldást jelentenek az érfal sérülésére. A kialakulásukat követően a szövetek regenerálódnak, és az alvadék felszívódik.



2. A véralvadás

Magyarázd el!

– Miben tér el a képen látható vérkenet egy normál vérkenettől?
– Milyen betegségben szenvedhet a beteg?
– Milyen lenne egy vérszegénységben szenvedő ember vérkenete?



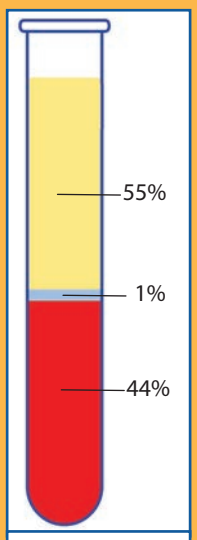
Abnormális emberi vérkenet fénymikroszkópos képe

Elemezz!

Az alvadásban gátolt vér centrifugálásával a vér komponensei sűrűségük szerint szétválaszthatók. Az így kialakult rétegrendet nevezzük a vér fázisainak.

Az ábra és a táblázat alapján válaszolj a kérdésekre:

– Melyik alakos elem melyik fázisban található?
– Miért csak az egyik fázis piros színű?
– Miért nem piros a legfelső fázis?



A vér összetétele

	Sűrűsége (g/cm³)
vörösvértest	1,1
fehérvérsejt	1,07
vérlemezke	1,06
vérplazma	1,02

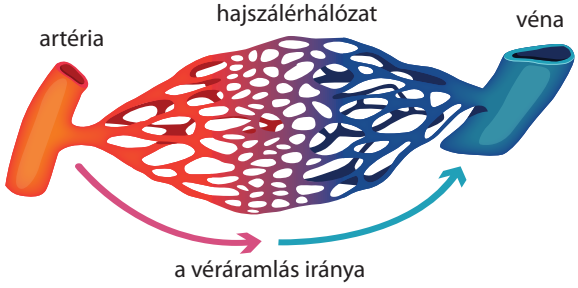
A vér alakos elemei

	Vörösvértest	Fehérvérsejt	Vérlemezke
Mérete (µm)	7–8	5–20	1–2
Számuk 1 mm³ vérben	4,5–6,5 millió	5–10 ezer	200–500 ezer
Életidő	120 nap	néhány nap – néhány év	8–9 nap
Alaktani jellemző	sejtmag nélküli, a benne lévő hemoglobintól vörös	nagy méretű, szabálytalan alakú sejtmag	szabálytalan alakú kis sejttörmelék
Funkció	oxigénszállítás	kórokozókkal szembeni védekezés	véralvadás
Betegség	kis hemoglobintartalom – vérszegénység	sok éretlen – leukémia	kevés – véralvadási zavar (vérzékenység)

A vér alakos elemei

Vérvizsgálat

A vér vizsgálatával sokféle információ szerezhető a szervezet egészségi állapotáról. A vérvétel nem okoz nagy fájdalmat, a levett minta elemzése automatizált, és sokféle állapotjelzőre kiterjed. A labordiagnosztika a betegségek felderítésében és a kórlefolyás követésében is fontos. A vértesztek eredményei alapján következtetni lehet az oldott összetevőkre, az alvadási jellemzőkre és a sejtes elemek arányára, de jelezhetik a szervezetben kialakult gyulladásokat is.



3. Az erek kapcsolata

Az ember keringési rendszere

A keringési rendszer biológiai funkciója az anyagfelvevő területek és a felhasználó szöveti sejtek közötti kapcsolat létrehozása. A testnedvek részben nyílt (nyirok), részben zárt rendszerben (vér) áramlanak (3. ábra). A keringési rendszer motorja

a szív, amely folyamatos pumpálással tartja mozgásban a vérkeringést, de ebben a vázizmok működése is segíti.

Az embernek **zárt keringési rendszere** van. A szívből a szövetek felé izmos falú erek, az **artériák** (verőerek, vivőerek) továbbítják a vért. Az artériák egyre kisebb ágakra oszlanak, a legkisebb artériák vékony falú **hajszálerekben,** más néven kapillárisokban folytatódnak. A kapillárisok **vénákba** (gyűjtőerek, visszerek) szedődnek össze. A kisvénák egyre vastagabb erekbe torkollnak, és a szív felé továbbítják a vért.

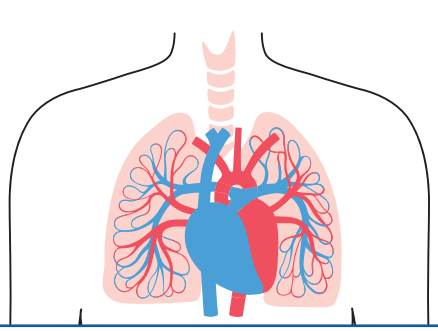
A szív

A szív a mellüregben, a két tüdőfél között, a test középvonalától kissé balra helyezkedik el (4. ábra). Fala háromrétegű, kívülről a **szívburok** két vékony lemeze borítja. Ezen belül található a **szívizom,** amely gyors, ugyanakkor kitartó működésre képes. A szívfal legbelső rétege a szívbelhártya. A szív üregrendszerét a hosszanti lefutású sövény jobb és bal szívfélre osztja. A szívfeleket a **szívbelhártyából** kiinduló **vitorlás billentyűk** pitvarra és kamrára tagolják. A vékonyabb falú, kevésbé izmos **pitvarokba** torkollanak a vénák: a jobb pitvarba a test felől érkező nagy vénák, a bal pitvarba a tüdő felől érkező tüdővénák. A vastagabb, izmosabb falú **kamrákból** indulnak ki az artériák. A jobb kamra a tüdőartérián a kis vérkör felé, a bal kamra a főverőéren (aortán) át a nagy vérkör felé pumpálja a vért. Az artériák kilépésénél található **zsebes billentyűk** biztosítják a vér egyirányú kiáramlását (5. ábra). A szív szöveteinek vérellátását a **szívkoszorúerek** biztosítják.

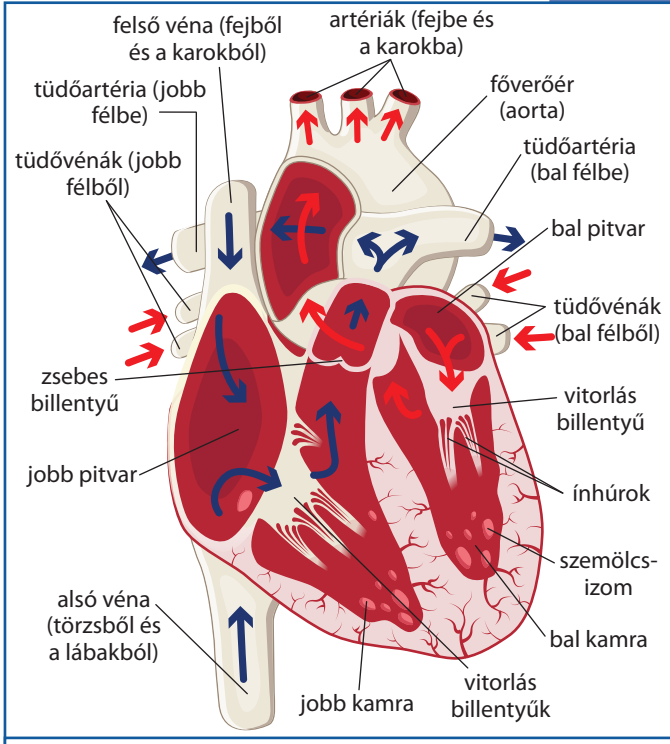
A szívciklus

A szívciklus ismétlődő szakaszokra tagolható (6. ábra), melynek során a vér egyirányú áramlását a billentyűk működése biztosítja.

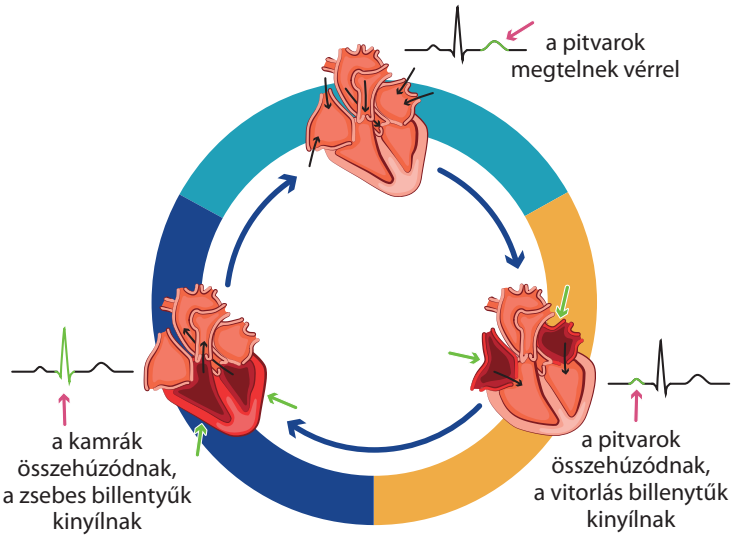
A szívciklust a kamrák és pitvarok izomzatának ernyedt állapotától, a **kettős diasztolétól** kezdve írjuk le. Az elernyedés során a pitvarok térfogata nő, az üregekben lévő nyomás csökken. Ezáltal a pitvarok megtelnek vérrel, amelyet a nyitott vitorlás billentyűk átengednek a kamrákba. Ekkor a zsebes billentyűk még zárva vannak, így a kamrából nem tud tovább áramlani a vér. Amikor a pitvarok izomzata összehúzódik, bekövetkezik a **pitvari szisztolé**, és a pitvarban lévő vér teljes mennyisége a kamrákba préselődik. A következő ütemben a pitvarok izomzata elernyed és a kamrák izomzata húzódik össze, ez a **kamrai szisztolé**. Eközben a vitorlás billentyűk a rájuk ható nagy nyo-



4. A szív helyzete a mellüregben



5. A szív felépítése



6. A szívciklus főbb eseményei

Számítsd ki!

István pulzusszáma nyugalomban 73/perc. Kamratérfogata 72 ml. Testnevelésórán a pulzusszáma 23%-kal emelkedett, míg pulzustérfogata 10%-kal lett nagyobb.

Számítsd ki a nyugalmi és a testnevelésóra hatására bekövetkezett keringési perctérfogatát!

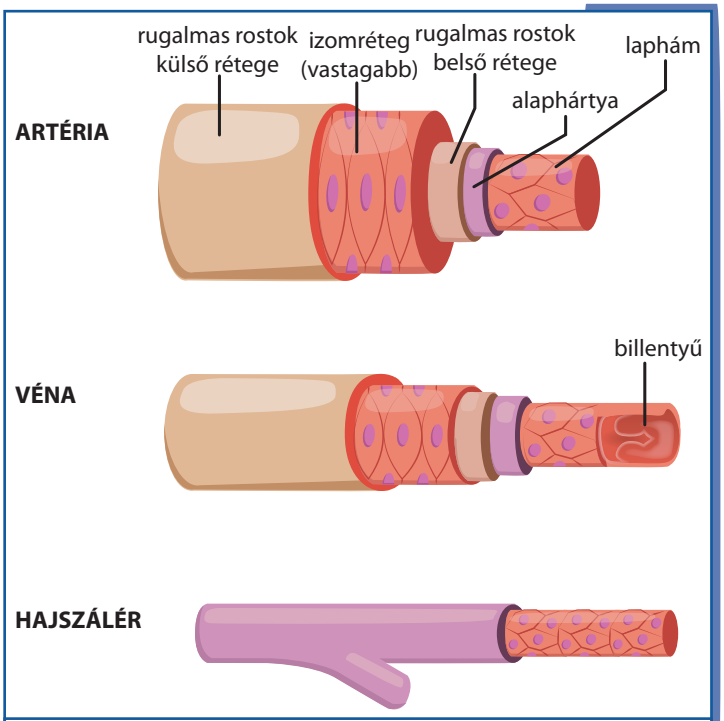
Keress magyarázatot!

Erős izommunka után jelentősen emelkedhet a pulzusszám.

Hogyan lehet elérni azt, hogy a pulzusszám ne extrém mértékben emelkedjen?

más következtében a pitvar felé visszazárva megakadályozzák a vér visszaáramlását. Amint a kamrákban uralkodó vérnyomás eléri a verőerekben uralkodó nyomás értékét a zsebes billentyűk kinyílnak és a vér a kamrákból kilökődik. Ezután a folyamat újraindul mindaddig, amíg a szív elektromos rendszere erre utasítást küld. A szívizom összehúzódásait a jobb pitvar izomzatában található ingerképző központ, a **szinuszcsomó** szabályozza.

Egy szívciklus kb. 0,8 másodperc alatt játszódik le, tehát egészséges emberben nyugalmi állapotban percenként átlagosan 70-szer ismétlődik. Ezt nevezzük pulzusszámnak vagy szívfrekvenciának. Egy összehúzódás során az artériákba kb. 70 ml (cm^3) vér kerül, ezt verőtérfogatnak (pulzustérfogat) nevezzük. A pulzusszám és a verőtérfogat szorzata a **keringési perctérfogat,** amely egészséges felnőtt esetében nyugalmi állapotban kb. 5 liter vérnek felel meg.

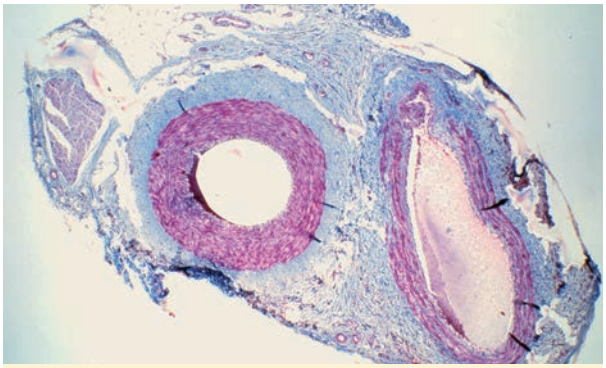


7. Az artériák, a vénák és a kapillárisok szöveti szerkezete

Az érhálózat

Az érhálózatot artériák, hajszálerek és vénák alkotják. A három értípus falának szöveti felépítésében jellegzetes különbségek figyelhetők meg. Az artériák és a vénák üregét **egyrétegű laphám** béleli. Ez alatt rugalmas rostokat tartalmazó **kötőszövet** és **simaizom** található. Azonos átmérő mellett az artériák falában több a rugalmas rost, és vastagabb az izomréteg is (7-8. ábra).

A legtöbb vénában **billentyűk** vannak, amelyek csak a szív irányába engedik áramolni a vért. A **kapillárisok** falát egyrétegű laphám alkotja, melynek sejtjei között apró rések, pórusok találhatók. Szöveti felépítésüknek köszönhetően **féligáteresztő** tulajdonságúak, ezért az anyagforgalom rajtuk keresztül zajlik.

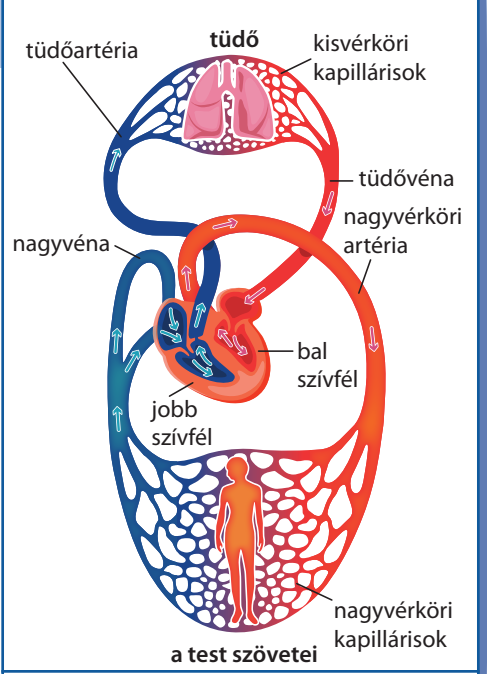


8. Artéria és véna keresztmetszetének fénymikroszkópos képe. Az artéria kör alakú, a véna szabálytalan.

A vérkörök

Az érhálózat két vérkört alkot. A **kis vérkör** a jobb kamrából kiinduló tüdőartériákkal kezdődik (9. ábra). A tüdőartériák oxigénben szegény, szén-dioxidban dús vért szállít. A tüdőben egyre kisebb artériákra ágazik szét, majd a kis vérköri kapillárisokban folytatódik. A tüdő-léghólyagocskák levegője és az őket körülfonó hajszálerek között történik a szén-dioxid leadása a vérből, és az oxigén felvétele a vérbe. Az oxigéndús vért vénák gyűjtik össze, végül a tüdővéna a szív bal pitvarába torkollik.

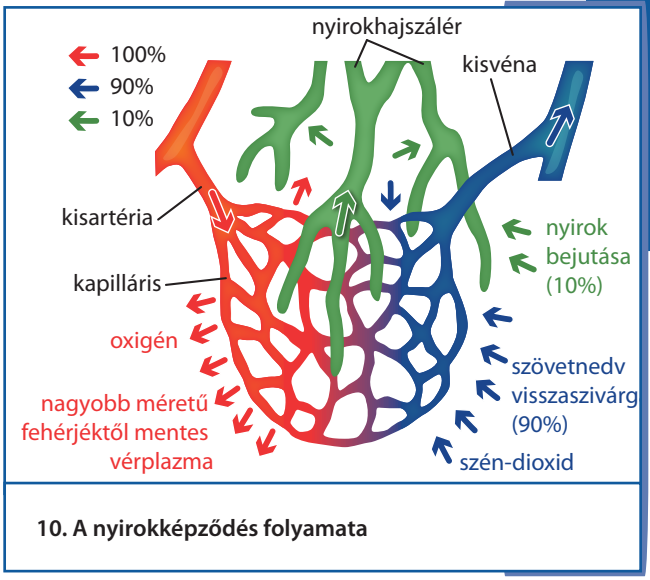
A bal pitvarból a vér a bal kamrába, majd onnan a nagy vérkör kezdetét jelentő aortába jut. A **nagy vérkör** artériái szétágazódva az egész testet behálózó hajszálerekben folytatódnak. A nagy vérköri kapillárisokon keresztül zajlik az anyagforgalom, a légzés részfolyamataként itt történik az oxigén leadása a vérből és a szén-dioxid felvétele a vérbe. A nagy vérköri kapillárisok vénákba szedődnek össze, amelyek a szén-dioxidban dús vért visszajuttatják a jobb pitvarba.



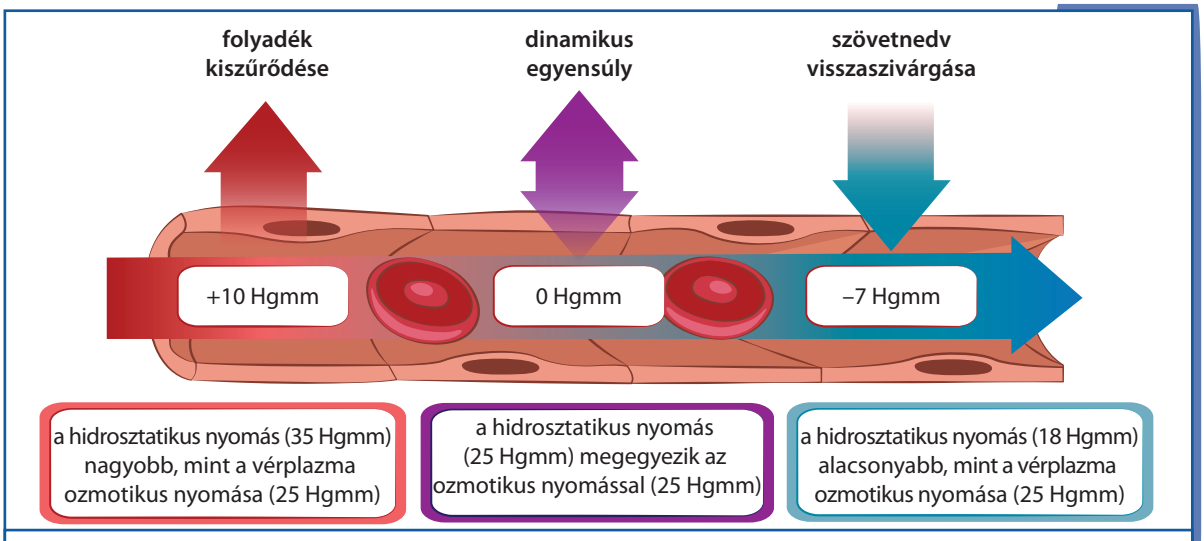
9. A kis és a nagy vérkör vázlata

A nyirokkeringés

Az anyagforgalom a sejten belüli és a sejten kívüli folyadékterek, valamint a vérplazma között is folyamatosan zajlik. A nagy vérköri hajszálerek artériákhoz közelebbi szakaszán a vérnyomás még jelentősen meghaladja a vérplazma ozmotikus nyomását. Ezáltal a vérplazma kis molekulájú alkotói a kapilláris falán át kipréselődnek a szövetnedvbe (10. ábra). A hajszálerek fala a nagyobb méretű fehérjemolekulákat nem engedi át, ezért a szövetnedv felé kiszűrődő folyadék fehérjementes vérplazma. Ebből a szűrletből képződik a **nyirok.** A vérplazma ozmotikus nyomása a magasabb fehérjetartalomnak köszönhetően meghaladja a szövetnedv ozmotikus nyomását (11. ábra). A szövetnedvbe kerülnek a környező



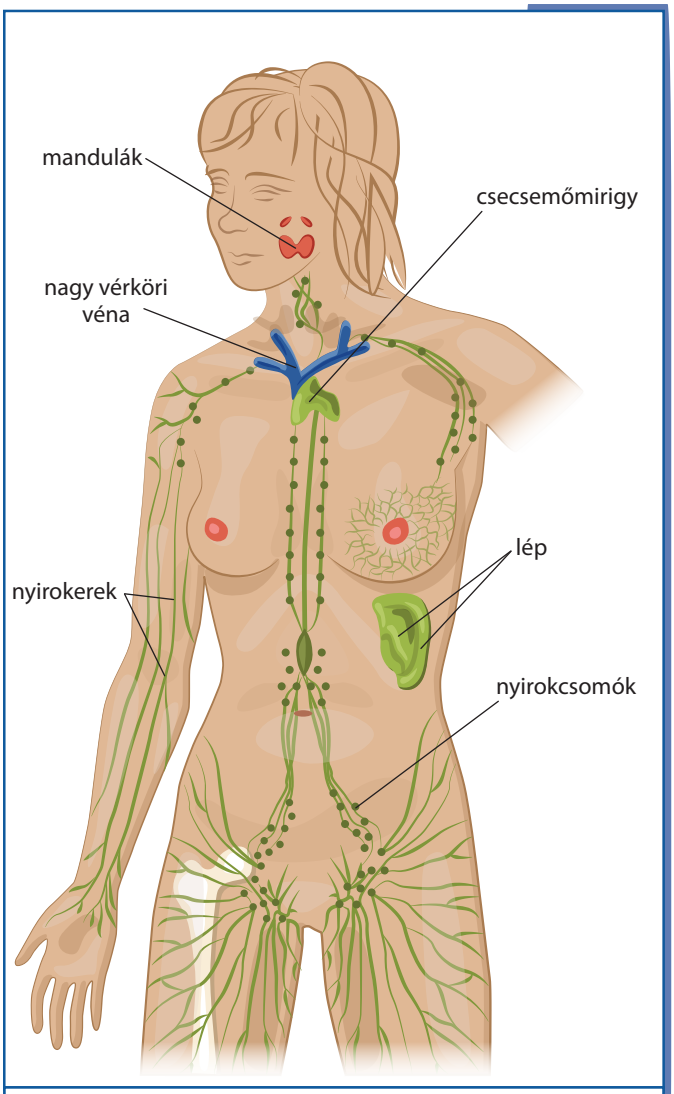
10. A nyirokképződés folyamata



11. Nyomásviszonyok a kapillárisban

sejtek által leadott anyagok, valamint az elpusztult sejtek maradványai is. A hajszálér vénák felőli végén a vérnyomás már kicsi, de az ozmotikus nyomás nagy, így a szövetnedv anyagai visszaszivárognak a magasabb ozmózisnyomású vérplazmába. Ezen a kapilláristerületen az artériás oldalhoz képest kisebb a nyomáskülönbség, ezért a kapillárisokból kiszűrődött folyadéknak csak kb. 90%-a jut vissza a vérplazmába.

A szövetnedv fölöslegét a vérkeringéshez csatlakozó **nyirokkeringés** juttatja vissza a vérbe (12. ábra) A visszaszivárgó szövetnedv vakon kezdődő nyirokkapillárisokba kerül, amelyek nagyobb nyirokerekké egyesülnek. Ezek **nyirokcsomókba** torkollnak, bennük a nyirok tágas üregrendszeren szűrődik át. A nyirokcsomókból kivezető nyirokerek a nyirokvezetéken át a vénás rendszerbe juttatják vissza a nyirkot. A folyadék áramlását a nyirokerekben is a nyomáskülönbség tartja fenn. A környező izmok működése összenyomja a nyirokereket, így a bennük lévő nyirok továbbpréselődik. A nyirok egyirányú áramlását a nyirokerekben levő billentyűk biztosítják. Bizonyos esetekben (pl. a vérplazma alacsony fehérjetartalma vagy magas vérnyomás esetén) a nyirok egy része nem jut vissza a vérkeringésbe, hanem felhalmozódik a szövetek között, és **vizenyőt** (ödémát) okoz (13. ábra).



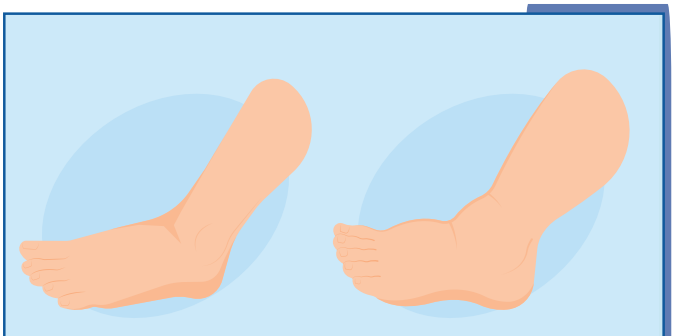
12. A nyirokkeringés. A lép a legnagyobb méretű nyirokszerv. Vért raktároz, amelyet szükség szerint a keringésbe juttat. Emellett részt vesz az elöregedett vörösvértestek lebontásában.

A keringési rendszer egészségvédelme

A vérnyomás

A szív összehúzódásaival nyomáshullámot indít el a kis és a nagy vérkör érhálózatában, ez tartja áramlásban a vért a keringési rendszerben. A vérnyomás a vér által az érfalra gyakorolt nyomás. Az érhálózatban a vér a nagyobb nyomású hely felől áramlik a kisebb nyomású hely felé. Mindkét vérkörben a kamrákból kiinduló erekben a legnagyobb a vérnyomás, és a kapillárisok felé gyorsan csökken. A vénákban a pitvar felé haladva már csak kisebb mértékben csökken a vérnyomás (14. ábra).

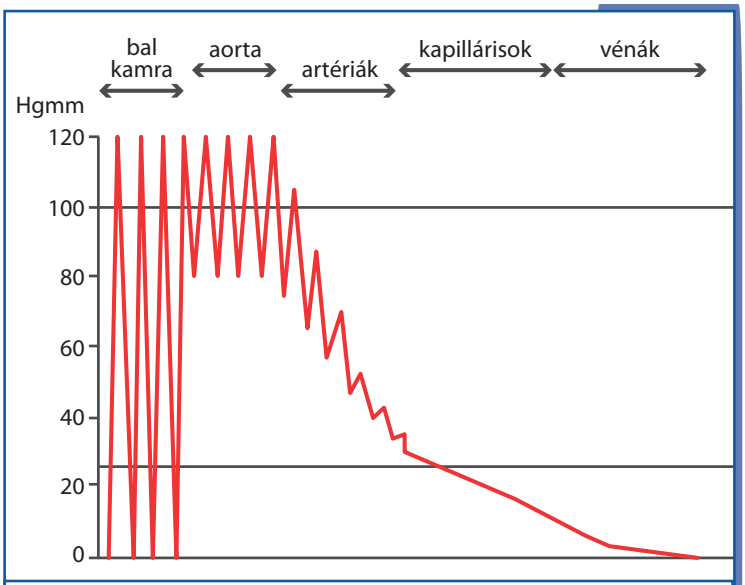
Mozdulatlanul álló emberben a vér súlya (hidrosztatikai nyomása) miatt a láb alsó részének vénáiban nagyobb a vérnyomás, mint a szívhez közeli nagyvénákban. Emiatt a zsebes



13. Egészséges és ödémás láb

billentyűik záródnak, és megakadályozzák a vér visszaáramlását a szív felé. Az álló foglalkozású emberekben emiatt alakul ki gyakran visszértágulat.

A **tartósan magas vérnyomás** (hipertónia) jelentősen fokozza a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát. Ritkábban veleszületett betegség, jóval gyakoribb az életmódra és a növekvő életkorra visszavezethető előfordulása. A hipertónia hátterében leggyakrabban a mozgásszegény életmód, a helytelen táplálkozási szokások és az ezekkel összefüggő elhízás áll. Kialakulásában nagy szerepe lehet a dohányzásnak és az alkoholfogyasztásnak, valamint a tartós stressznek is. A rendszeres vérnyomásmérés segíthet időben felderíteni a betegséget, amely életmódváltással, szükség esetén gyógyszerekkel beállítható a normál tartományba (15. ábra).



14. A vérnyomás változása a szívben és a nagy vérkörben nyugalmi állapotban

Kategória	Szisztolés vérnyomás	Diasztolés vérnyomás
Optimális	<120	<80
Normális	120–129	80–84
Kismértékben emelkedett	130–139	85–89
1. fokú magas vérnyomás	140–159	90–99
2. fokú magas vérnyomás	160–179	100–109
3. fokú magas vérnyomás	>180	>110

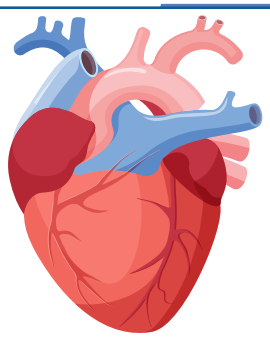
15. Egészséges és magas vérnyomás értékei

Érelmeszesedés

Az artériák falába különböző anyagok (koleszterin és más zsírszerű anyagok, Ca^{2+}-ionok) rakódhatnak, amelyek csökkentik az érfal rugalmasságát, **érelmeszesedést** (ateroszklerózis) okoznak. Ennek kockázati tényezői között szerepel túlsúly, a mozgáshiány, a dohányzás, a magas vérnyomás, a magas koleszterinszint és a cukorbetegség.

Az erek falának elváltozása, a **plakk-képződés** fokozatosan megy végbe, míg végül egyre súlyosabb következményekkel járhat (16. ábra).

Az ér szűkülete és rugalmasságának csökkenése miatt a meglévő magas vérnyomás tovább fokozódhat. További következmény, hogy az érfalakon kialakuló

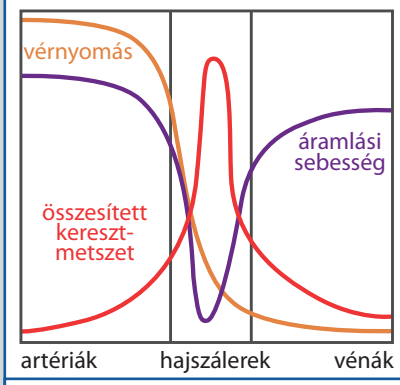


16. Az érelmeszesedés folyamatának állapotai

Elemezz! Következtess!

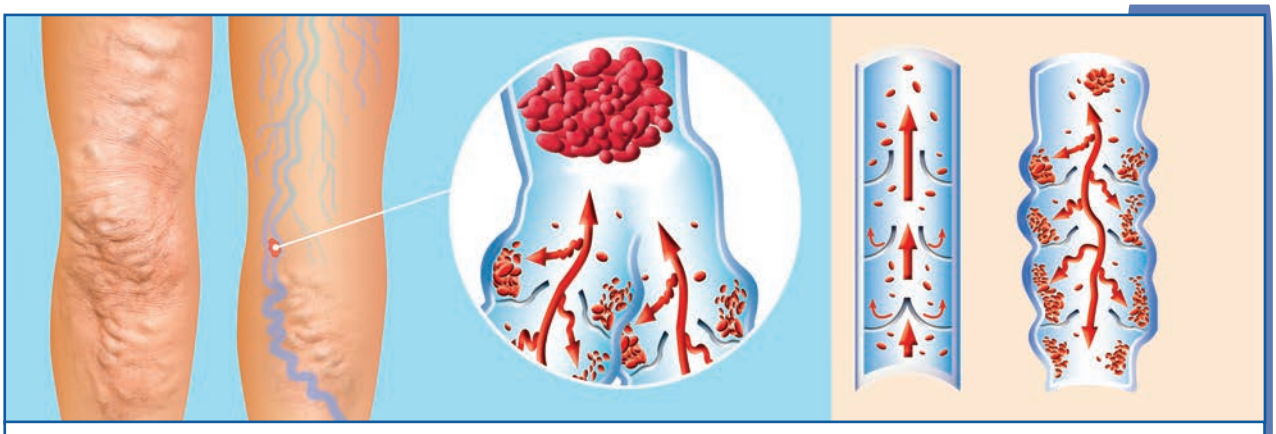
A nagy vérköri keringés jellemzőit bemutató grafikonok alapján válaszolj a kérdésekre:

- **Az érrendszer mely területén a legnagyobb az összesített keresztmetszet?**
- **Mi az összefüggés az összes keresztmetszet és a vérnyomás változása között?**
- **Mi a magyarázata, hogy a vénás keringésben a kisebb vérnyomás mellett is növekedhet az áramlás sebessége?**
- **Hogyan függ össze a vénás keringés és a légzés folyamata?**
- **Hogyan lehetséges, hogy alacsonyabb áramlási sebesség mellett ugyanaz a mennyiség áramlik keresztül a nagy vénákon, mint a nagy artériákon?**



A keringési rendszer jellemzői a nagy vérkörben

plakkok érdes felületén letapadó vérlemezkék beindíthatják a véralvadás folyamatát. Az ér belső felszínén kialakuló vérrög (trombus) helyben maradva érelzáródást, **trombózist** okoz (17. ábra). A vérárammal továbbsodródva a kisebb ereket akár teljesen el is zárhatja. Ha ez a szív koszorúereiben következik be, az a szívizom érintett területének elhalását okozza. Ez az állapot a **szívinfarktus.** Az izomzat kis részének pusztulása esetén a szív még működőképes marad, nagyobb kiterjedés esetén a szívműködés leáll. A vérrögök okozta tüdőembólia főként idős emberek esetében gyakori halálok. Az agy ereiben elakadó vérrög gátolja az érintett terület vérellátását, de az érfal átszakadásával agyvérzést is okozhat. Ezek az **agyi érkatasztrófák** (sztrók, szélütés) az érintett terület méretétől és elhelyezkedésétől függően nagyon súlyos idegrendszeri károsodásokat okozhatnak. Fontos, hogy infarktus vagy sztrók gyanúja esetén mentőt kell hívni, mert az idejében alkalmazott vérrögoldás és a további kezelés megelőzheti a súlyosabb következményeket.



17. A vénás trombózis kialakulása.

Alkoss!

Számos irodalmi műben, emellett több tudományterületen is megjelenhet a szív és a vér mint fontos szimbólum.

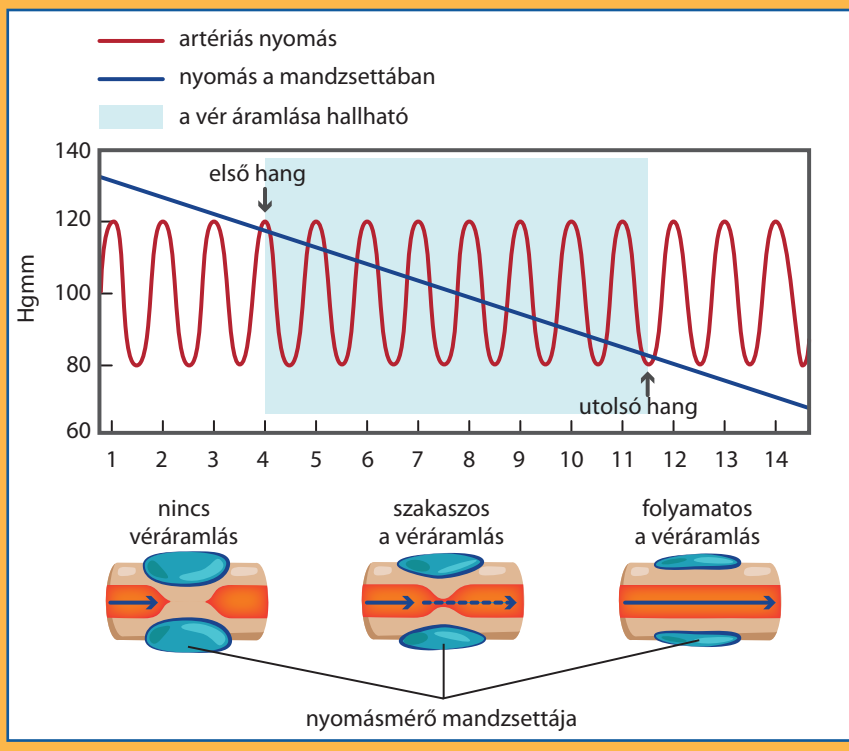
Készíts plakátot vagy kiselőadást arról, hogy a biológián kívül mely területeken találkozhatunk a szívvel és a vérrel!

Kísérletezz!

A vérnyomás mérésekor a nagy vérkör artériás rendszerében kialakuló legmagasabb és legalacsonyabb nyomást határozzuk meg. A felső érték a nagy artériákban a bal kamra összehúzódásakor mérhető szisztolés nyomás. Az alsó érték a bal kamra két összehúzódása között fennálló nyomást jelzi.

A vérnyomás otthoni mérésére ma már sokféle automata műszer kapható, de egyre több okosóra is rendelkezik ezzel a funkcióval.

Ha automata vérnyomásmérőt használsz, a mandzsettáját erősítsd fel társad bal felkarjára. A műszer addig pumpál levegőt a mandzsettába, amíg az abban uralkodó nyomás jóval meghaladja a várható felső értéket. Ekkor az artériát a mandzsettanyomás elzárja, a pulzus nem érzékelhető. Ezt követően a levegő lassan kiáramlik a mandzsettából, és a műszer érzékelni kezdi a pulzus beindulását. A műszer kijelzőjén hamarosan megjelenik a szisztolés és a diasztolés nyomás, valamint a pulzusszám értéke.



Ezután kérd meg társadat, hogy guggoljon le, és álljon fel gyorsan hússzor egymás után. Mérd meg ezt követően a vérnyomását! Hogyan változik a vérnyomás értéke? Mivel magyarázod a változást?

Az ember keringési rendszere a kis és a nagy vérkörből áll.

A keringési rendszer központja a szív.

A szív két kamrából és két pitvarból felépülő, izmos falú szerv.

A szívben a pitvar ➡ kamra irányú áramlást a vitorlás billentyűk teszik lehetővé, az artériák kezdeti szakaszában a hasonló funkciójú zsebes billentyűk találhatók.

A szív vérellátását a koszorúerek biztosítják.

A szív percenként 70–75-ször húzódik össze, egy összehúzódással kb. 70 ml vért pumpál ki a szervezetbe.

A vérnyomás szisztolés és diasztolés értékekkel jellemezhető, normál tartománya 120/80 Hgmm, efelett különböző fokozatú magas vérnyomásról beszélünk.

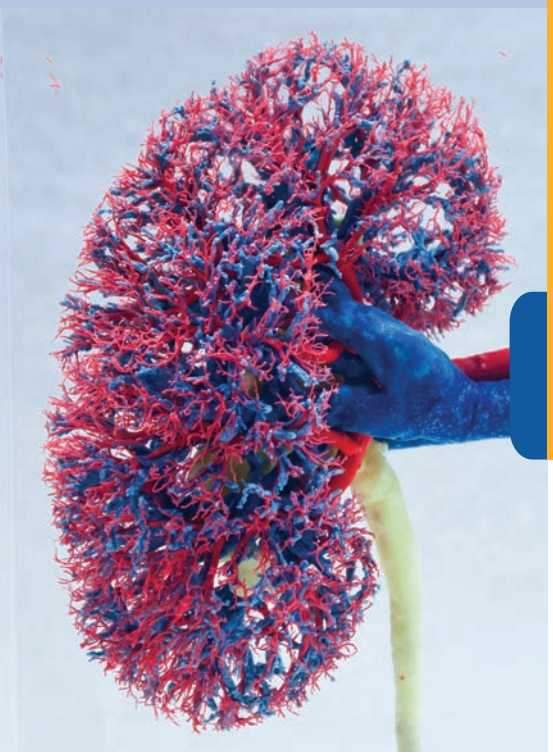
Az érrendszert artériák, kapillárisok és vénák alkotják, összkeresztmetszetük a kapillárisoknál a legnagyobb.

A vérnyomás az artériákban a legnagyobb, és folyamatosan csökken, s a szívhez visszavezető vénákban a legalacsonyabb.

A véráramlás sebessége a kapillárisokban a legkisebb, féligáteresztő falukon keresztül szűrődik át a sejt közötti folyadék, amely a sejtekkel közvetlen anyagforgalmat bonyolít.

A szövetnedvet a nyirokkeringés áramlása juttatja vissza a vérbe.

5. Összefoglalás



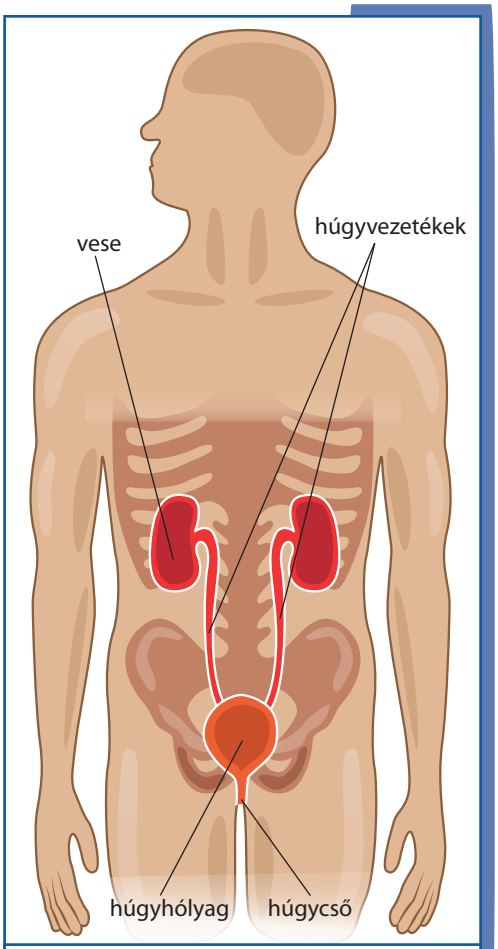
6. Kiválasztás

1. Mi a kiválasztás élettani feladata?
2. Hogyan épül fel az ember kiválasztó szervrendszere?
3. Milyen részei vannak a vesének?
4. Miért tekinthetők működési egységnek a nefronok?
5. Milyen betegségei lehetnek a kiválasztó szervrendszernek?

Ahogyan egy üzemi gyártási folyamatban, az emberi testben is keletkeznek felesleges anyagok. Felhalmozódásuk növelné a rendezetlenséget, ami veszélyeztetné az üzem működését. Az élőlények esetében a belső rend felbomlása az életfolyamatok leállását okozhatja, és előbb-utóbb a pusztulásukhoz vezetne. A felesleges vagy káros anyagok eltávolítása jelentős részben a kiválasztó szervrendszer működésének köszönhető. Még az egysejtűek esetében is van kiválasztó működés (pl. lüktető üregecske), a nagyobb élőlénycsoportok különböző, egyre fejlettebb megoldásokat hoztak létre (pl. elővesécske, zöldmirigy, Malpighi-edények). A vese a gerinceseknél jelenik meg. Jelentőségét mutatja, hogy a nagy vérkörben áramló vérnek hozzávetőlegesen a fele a veséken megy keresztül (2,5 liter/perc).

A kiválasztó szervrendszer felépítése és működése

Az emberi szervezetben a változó külső körülmények ellenére is csaknem állandó a testfolyadékok **térfogata, ozmotikus koncentrációja, pH-ja, ionösszetétele,** valamint a szervezet belső **testhőmérséklete.** Ez feltétele a sejtek, szövetek megfelelő működésének. Sejtjeink közvetlen környezetét a sejtek közötti folyadéktér, a szövetnedv jelenti. Ez a belső környezet szabályozott, határértékek között változó állapota a **homeosztázis.** A szabályozottság több szervrendszer összehangolt működésének eredménye. A testfolyadékok térfogatának és összetételének kialakításában kulcsszerepe van a kiválasztó szervrendszernek. A vizelet a vesében képződik, és a húgyutakon (húgyvezeték, húgyhólyag, húgycső)át távozik. (1. ábra).



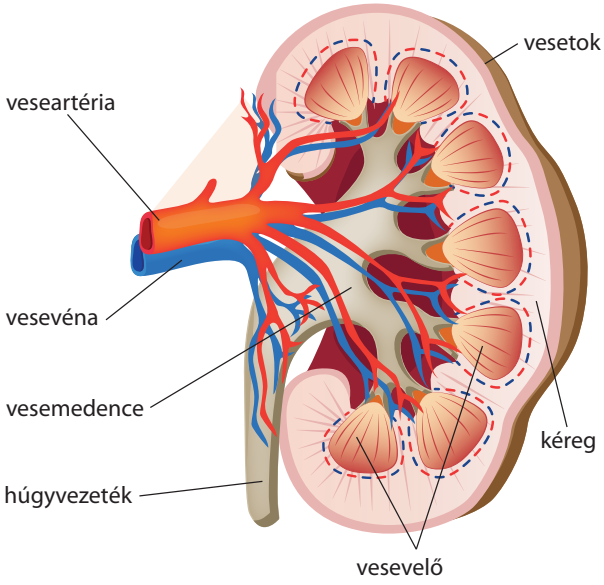
1. A kiválasztó szervrendszer felépítése

A vese szerkezete

A vese páros szerv, a gerincoszlop ágyéki szakaszának két oldalán helyezkedik el. A hasüreg hátsó falához erős kötőszövetes tok rögzíti. A vese külső részét a **kéregállomány** alkotja, a belső **velőállomány** a **vesemedencével** érintkezik. (2. ábra)

A vese szerkezeti és működési egységei a **nefronok** (3. ábra). A nefron kezdeti része a **vesetestecske** (4. ábra), amely egy hajszálérgomolyagból és az azt körülvevő kettős falú tokból áll A vesetestecske a kanyargós lefutású **elvezetőcsatornákban** folytatódik, amelyek a **gyűjtőcsatornába** torkollanak. A vesetestecskékbe belépő kis artéria a kettős falú tokban kapillárisokra oszlik, artériás **hajszálérgomolyagot** alkot. A tokból egy kis artéria lép ki, amely az elvezetőcsatornákat körülfonó hajszálerekre ágazik. A kapillárisokból a vért vénák gyűjtik össze, amelyek végül a veséből kilépő vesevénában egyesülnek.

A nefronok három alapvető feladata: 1. szűrletképzés; 2. visszaszívás; 3. kiválasztás. A gyűjtőcsatornákban alakul ki a szervezetből távozó **vizelet** végleges összetétele.

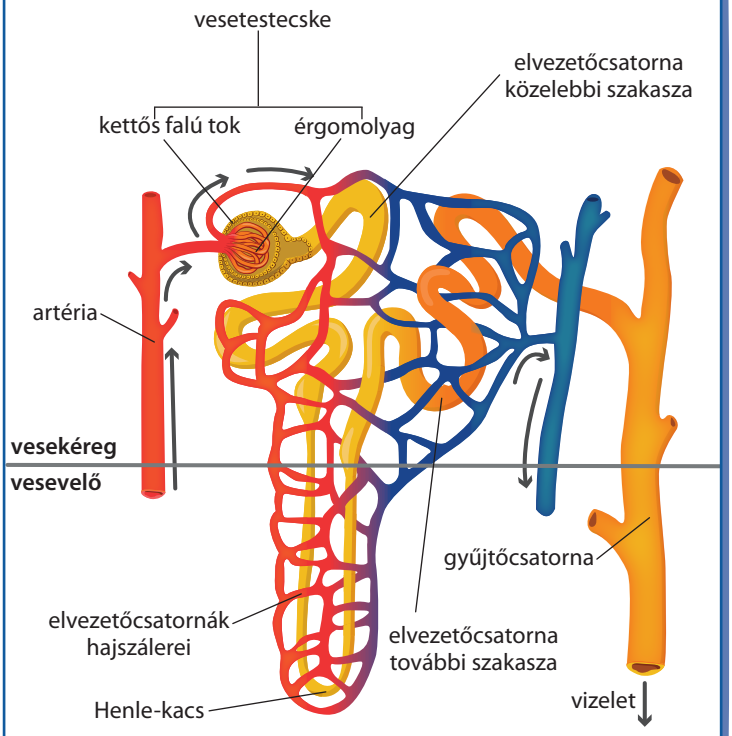


2. A vese szerkezete

A szűrletképzés

A vesetestecskéből kilépő kisartéria kisebb átmérőjű, mint a belépő artéria. A nyomás növekedésének következtében a kapillárisok és a tok belső, egyrétegű laphámból álló falán át jelentős mennyiségű (napi 180 liter) szűrlet, azaz **fehérjementes vérplazma** szűrődik át a tok üregébe. A vesetestecskében képződő elsődleges szűrlet vizet, vízben oldott kis molekulájú szerves anyagokat (pl. szőlőcukor, aminosavak, karbamid, húgysav) és szervetlen ionokat tartalmaz.

4. Egy vesetestecske elektronmikroszkópos képe



3. A nefron szerkezete

Visszaszívás és kiválasztás

A visszaszívás során a szervezet számára szükséges anyagok az elvezetőcsatornák hámján keresztül visszakerülnek a körülöttük lévő kapillárisokba. A szőlőcukor, az aminosavak, a vitaminok, a Na^+- és a Cl^--ionok **aktív transzporttal** jutnak vissza a vérplazmába. A hajszálerekben emiatt nő a vérplazma ozmózisnyomása, így a szűrletből a víz túlnyomó része **passzív transzporttal** visszajut a vérbe. Az elvezetőcsatornák kezdeti szakaszán általában visszaszívódik a szűrletből a glükóz teljes mennyisége, a víz és a Na^+-ionok mintegy háromnegyed része. Magas vércukorszint esetén a glükóz nem szívódik vissza teljes mennyiségben, és megjelenik a vizeletben, ez a cukorbetegség egyik fontos tünete. A karbamid jelentős része szintén a kezdeti szakaszban szívódik vissza passzív transzporttal, ennek is szerepe van az ozmotikus egyensúly fenntartásában.

Az elvezetőcsatorna leszálló ágán a vízvisszaszívás folyamatos, emellett a vese sejtjei **aktív kiválasztással** anyagokat juttatnak a csatornába. Itt választódnak ki gyógyszermaradványok, színanyagok, drogok maradványai. Emiatt a szűrlet koncentrációja folyamatosan növekszik, és a és a Henle-kacsban, annak alsó részén a hajtűkanyarban éri el a legnagyobb töménységet. Az ezt követő felszálló ágban a szűrlet újra hígulni kezd, mivel ennek fala a víz számára nem, de a sók számára átjárható. A távolabbi szakaszban és a gyűjtőcsatornákban a visszaszívást és a kiválasztást a szervezet szükségleteinek megfelelően hormonok szabályozzák. A Na^+-ionok visszaszívásával párhuzamosan például K^+- és H_3O^+-ionok választódnak ki a vesecsatornákba (5. ábra). A vesének ily módon fontos szerepe van a vér kémhatásának szabályozásában is.

Húgyutak

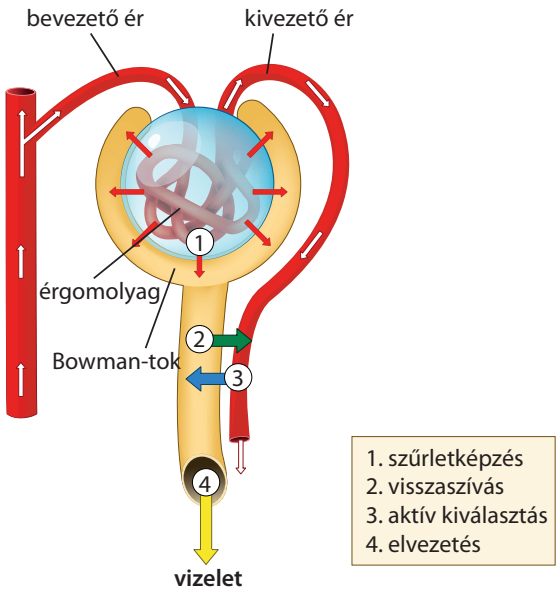
A vesében képződő vizelet a gyűjtőcsatornákon keresztül a **vesemedencébe** kerül, ahonnan a **húgyvezetékek** perisztaltikus mozgása hajtja a **húgyhólyagba.** A húgyhólyag izmos, tágulékony falú szerv, amely tárolja a vizeletet. A felgyűlt folyadék feszíti a húgyhólyag falát, ez a vizeletürítés ingere. Vizeléskor a húgyhólyag simaizomzata összehúzódik, záróizma elernyed, és a vizelet a **húgycsövön** át a külvilágba jut. Férfiak szervezetében a húgycső keresztülhalad a prosztatán, ami idősebb korban megnagyobbodhat, ez gyakran okoz vizelési nehézséget.

Számolj!

Tegyük fel, hogy a veséken percenként a testben lévő 5,5 liter vér 23%-a halad át. Az áthaladó vér hány százaléka kerül a szűrletbe, ha a keletkező szűrlet napi mennyisége 180 liter?

Nézz utána!

A vizelet mennyiségét jelentősen befolyásolja a vazopresszin nevű hormon. Nézz utána, hogy a nefron mely szakaszain hat ez a hormon, hol termelődik, és pontosan hogyan fejti ki hatását!



5. A vizelet keletkezése

Alkoss!

A rendszervázlat alapján foglald össze néhány mondatban a szervezet anyagforgalmi működését!

A leírásba foglald bele az alábbi kérdésekre adható válaszokat!

- **Milyen szervrendszerek, szervek vesznek ebben részt?**
- **Milyen anatómiai jellegű kapcsolatok vannak közöttük?**
- **Milyen anyagok áramlanak a rendszerben?**
- **Melyek a legfontosabb szállítási útvonalak?**

A vizelet

A vizelet ionokat, vizet, nitrogéntartalmú bomlástermékeket (karbamidot, húgysavakat) tartalmaz, kémhatása gyengén savas. Átlagos mennyisége 1,5 liter/nap, de összetétele és térfogata a szervezet állapotától függően tág határok között változhat. Ha sokat iszunk, a felesleges víztől a szervezet híg vizelet formájában szabadul meg. Ha keveset iszunk vagy sós ételeket fogyasztunk, a vizelet kevesebb, de töményebb lesz. A szőlőcukor szűrletből való visszaszívásának felső határa van, ha ezt a vércukorszint meghaladja, akkor a vese nem képes teljes mértékben visszaszívni a szőlőcukrot a vérbe. Ez okozza, hogy a cukorbetegek vizeletében glükóz mutatható ki. A vizelet jellemzőinek laboratóriumi vizsgálatával fontos információk szerezhetők a szervezet egészségi állapotáról (6. ábra).

6. Gyorsteszttel végzett vizeletvizsgálat

Folyamatok, összefüggések

Az előző fejezetekben részletesen elemeztük az anyagforgalmi szervrendszerek felépítését és működését. Biológiai funkciójuk a szervezet szintjén, az önfenntartás képességében, az egészséges állapotban teljesedik ki. Ennek megértéséhez tekintsük át rendszerszinten is a szervrendszerek közötti működési kapcsolatokat!

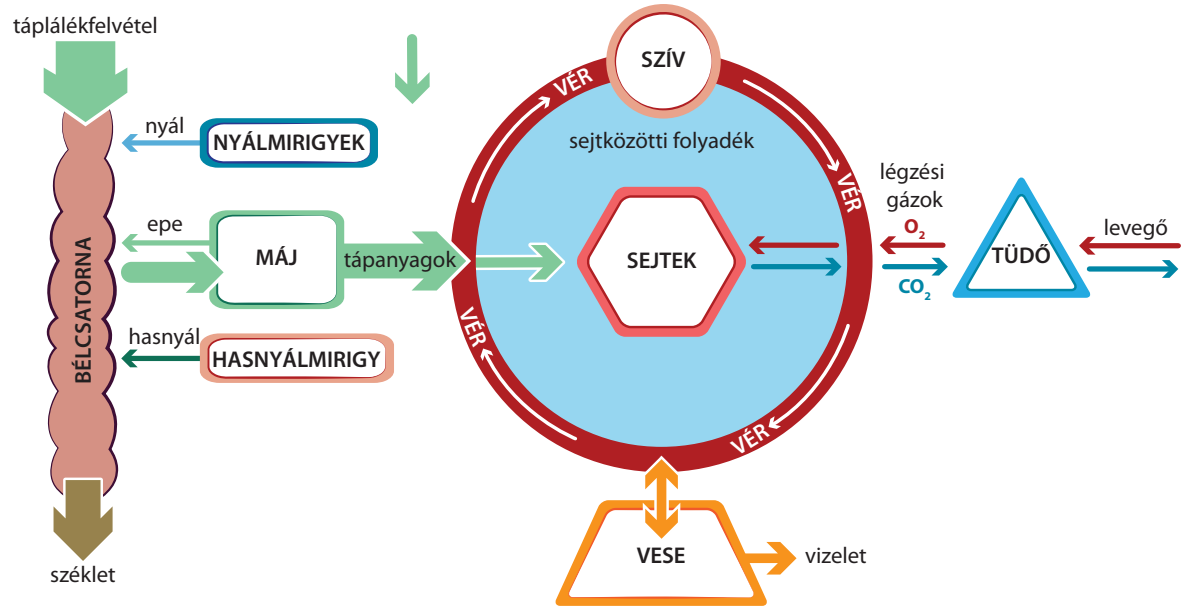
A részletes anatómiai ábrák helyett a rendszer elvének szemléltetéséhez egyszerű grafikus jeleket használhatunk.

Gondolkodj!

– **Milyen egyszerűsítéseket veszel észre az ábrán?**
– **Mi indokolhatja ezeket?**
– **Mit kellene pótolni, hogyan lehetne javítani az ábrán?**

Saját elképzeléseid alapján készíts vázlatos ábrát az anyagforgalomról vagy annak egyes részelemeiről!

Az anyagforgalomban részt vevő szerveknek különféle alakzatok felelnek meg, a közöttük lévő kapcsolatokat nyilak jelzik. Ebben a rendszerben anyagok áramolnak, amelyek energiát hordoznak, és a rendezettség (a szerkezeti információ) különféle szintjén állnak.



A kiválasztó szervek egészségvédelme

A külvilág felé nyíló húgyutak a kórokozók számára fertőzési kaput jelentenek. A testtáj lehűlése hatására a nyálkahártya vérellátása, kórokozókkal szembeni védekezőképessége meggyengül, és gyulladásos betegség, **hólyaghurut** alakul ki. A nők gyakrabban felfáznak, mint a férfiak, de a megbetegedés megfelelő öltözködéssel és a túl hideg ülőhelyek elkerülésével megelőzhető. A felfázást nem szabad elhanyagolni, mert a gyulladás feljebb hatolhat, ami vesemedence-gyulladáshoz vezethet. A húgyutak gyulladásának gyakori tünete, hogy a vizelet fehérjéket és vérsejteket tartalmaz, illetve a vizelés fájdalmas, a vizelet csíp, éget. A vizeletbe kiválasztandó anyagok egy része (pl. a húgysav) gyengén oldódik vízben, ezért is kell ügyelni arra, hogy mindig elegendő mennyiségű folyadékot fogyasszunk. A vizeletből esetenként kisebb-nagyobb méretű szilárd kristályok, vesekövek válhatnak ki a vesemedencében (7. ábra) A **vesekőképződés** legjobb ellenszere a bőséges folyadékfogyasztás.

7. A vesekövek különböző alakúak és méretűek. Összetétele alapján kalciumkő, vagy húgysavkő lehet

Kutass!

Keress információkat az interneten:

- **Mely esetekben lehetséges a veseátültetés?**
- **Milyen vizsgálatoknak kell megelőzni a beavatkozást!**
- **Hogyan jutnak a betegek beültethető veséhez?**

Használd a tudásod!

Milyen kémiai vizsgálatokat végeznél annak kiderítésére, hogy tartalmaz-e a vizelet szőlőcukrot?

A kiválasztás a szervezet só- és vízháztartását befolyásoló élettani működés.

Fontos szerepet játszik a szervezet homeosztázisának kialakításában.

A kiválasztás szerve a vese, amelynek működési egysége a nefron, amely vesetestecskéből és elvezető csatornából áll.

Egy vese kb. egymillió nefront tartalmaz, a bennük végbemenő kiválasztás három részfolyamata: szűrés, visszaszívás, kiválasztás.

Az emberi szervezetben naponta kb. 180 liter szűrlet keletkezik, amelyből a visszaszívás és kiválasztás után kb. 1,5 liter vizelet ürül ki.

A vizelet összetétele fontos élettani állapotjelző, pl. az egészséges emberek vizelete nem tartalmaz glükózt és fehérjéket.

A szervezet anyagforgalma a belső sejteket kapcsolja össze egymással és a külső környezettel. Az anyagok felvétele és leadása a táplálkozás, légzés, keringés és kiválasztás során történik. Az anyagforgalom szabályozottsága eredményezi a belső készletek viszonylagos állandóságát.

6. Összefoglalás

AZ ÉRZÉKELÉS ÉS A SZABÁLYOZÁS

II.

7. A szabályozás alapelvei
8. Az idegsejtek
9. Tanulás és emlékezés
10. Magasabb szintű idegi működések
11. Érzékelés és mozgásszabályozás
12. A vegetatív szabályozás
13. Az idegrendszer egészsége
14. Érzékszerveink felépítése és működése
15. A hormonrendszer
16. Az immunrendszer

7. A szabályozás alapelvei

1. Mely folyamatok révén jön létre az ember közel állandó testhőmérséklete?
2. Miben hasonlít egy szobatermosztát működése az agy egyes területeinek működéséhez?
3. Mi jelenti az ember belső környezetét?
4. Mit jelent, hogy normál értéken van a vércukorszint?
5. Miért okozhat betegséget a hosszú távú stressz?

Hangolódj rá!

„A pszichoneuroimmunológia az a tudományterület, melynek feladata a viselkedési, agyi és immun-gyulladásos folyamatok közötti kölcsönhatások kutatása, megismerése. Az immunológiát, az idegtudományokat, az endokrinológiát (hormonrendszert), a pszichológiát és a magatartás-tudományokat átfogó fiatal diszciplína, amely a viselkedés, az immunrendszer és az idegrendszer közötti kölcsönhatásokkal foglalkozik egészséges és beteg szervezetekben egyaránt. A pszichoneuroimmunológia az emberi működés rendszerszemléletű megközelítésének egyik példája."

Forrás: Wikipédia

Az emberi szervezet több tízbillió (egyes becslés szerint $3{,}72 \times 10^{13}$) sejtből áll, amelyek között a funkciók alapján több mint 200 különböző sejttípust lehet megkülönböztetni. Még több információt kapunk a sejtek működéséről, ha megvizsgáljuk a kapcsolatrendszerüket is.

A **rendszerszemléletű** biológia, illetve orvostudomány fontos alapelve a **rész** és az **egész** viszonyának egyeztetése: a részek működése fontos, de csak az egészben való kapcsolatrendszerében érthetők meg. Például a rendszerszemléletű orvostudomány egyes szervek vizsgálata és kezelése helyett az emberi szervezet egészére összpontosít. Egy gyomorpanasz esetén nemcsak a gyomrot kell vizsgálni, hanem a kiváltó okokat is keresni kell, amely lehet immunológiai vagy akár pszichés eredetű is. Egy ember lelki problémáinak kiderítéséhez sem elég csak az adott ember pszichológiai jellemzőit vizsgálni, hanem a családtagjaival, kortársaival, környezetével fennálló kapcsolatait is vizsgálni kell. Emlékezzünk arra, hogy milyen kapcsolatban van a genom (a teljes genetikai állomány) és a fenom (a fenotípusok összesége) között. Egy adott betegségnek a gének, a termékeik, illetve a környezet kölcsönhatásaként rendkívül sokféle megjelenési formája (fenotípusa) lehet. Éppen ezért nem lehet minden egyént ugyanúgy kezelni. Ennek a megoldására az angol elnevezésből 4P-ként ismert orvoslásnak nevezett módszertant alkalmazzák.

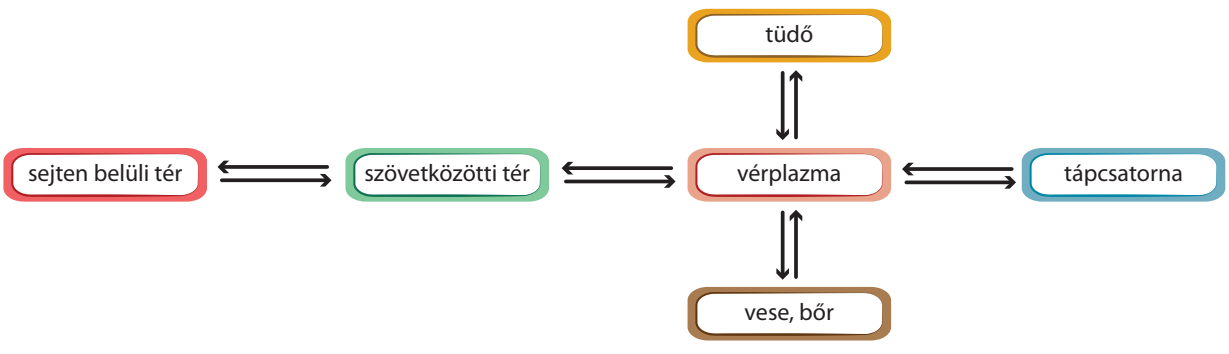
4P = Predictive (előrejelző), preventive (megelőző), personalized (személyre szabott), participatory (a beteg aktív részvételével történő).

A beteg alapos kikérdezése, a családban jelen lévő betegségek felmérése, a környezeti terhelés vizsgálatai alapján kapott eredményeket, adatokat kombinálják a szűrővizsgálatok, genomikai, illetve képalkotó eljárásosok alkalmazása alapján létrejött eredményekkel. Ezek alapján előre lehet jelezni adott betegségek, pédául egy szívinfarktus vagy egy melanóma kialakulásának valószínűségét. Megelőzésképpen **személyre szabottan** életmódbeli tanácsokat kap a páciens, illetve megteszik azokat a szükséges beavatkozásokat, amelyek megelőzik pl. a szívizomszövet elhalását (gyógyszeres kezelés, koszorúér-tágítás). A személyre szabottság jelentkezhet abban is, hogy az adott egyén genomjában találnak egy olyan génvariánst, amelynek jelenléte egy adott betegség kialakulásának kockázatát jelenti, és így a megfelelő életmód betartásával, szűrővizsgálatokkal, megelőző kezelésekkel elkerülhető a betegség megnyilvánulása.

A vérplazma állandó összetételét és mennyiségét szabályozó mechanizmusok biztosítják. Ezek segítségével a sejtek közvetlen külső környezete, a szövetközti tér és a sejten belüli folyadéktér összetevői és mennyisége is szabályozottá válnak. A sejtek belső környezetét a keringési rendszer nemcsak egymással, hanem a külvilággal közvetlen kapcsolatban lévő szervekkel, szervrendszerekkel is összeköti (1. ábra).

Térképezd fel!

Kövesd nyomon egy szőlőcukor- és egy oxigénmolekula útját a felvételtől a sejtekig! Kövesd az ott keletkező szén-dioxid és víz molekuláknak az útját is a külvilágig! Melyek a közös utak, melyek a különbözőek?



1. A szervezet egymástól elhatárolt terei és kapcsolatrendszerük

Homeosztázis

A szervezet működőképességének fenntartása érdekében az élő szervezet a belső környezetének fizikai és kémiai állapotát bizonyos határok között igyekszik tartani. Ez a **szabályozott állandóság** a **homeosztázis.** A homeosztázis az élőlény azon képessége, hogy a változó (belső, külső) környezethez alkalmazkodjon.

A szabályozás célja, hogy a szabályozott jellemző értéke egy **hibahatáron belül** legyen.

Szervezetünk szabályozási folyamatai a folyadékterekben található folyadékok **térfogatát, ionösszetételét, kémhatását, szervesanyag-tartalmát, ozmotikus koncentrációját** és a **test hőmérsékletét** bizonyos értékhatárok között tartják.

Az élőlények természetes érzékelői a **receptorok.** Ezek általában sejtek vagy a sejtek felszínén elhelyezkedő fehérjemolekulák. A hőszabályozást irányító központi idegrendszeri terület, a **hipotalamusz** olyan sejteket tartalmaz, melyek ingerlése azonnali hőszabályozó válaszokat vált ki. A bőr (köpenyhőmérséklet) és a belső szervek (maghőmérséklet) hőmérsékletét az idegsejtek nyúlványai-

Idézd fel!

Melyek az egyed alatti és az egyed feletti szerveződési szintek?

Fedezd fel!

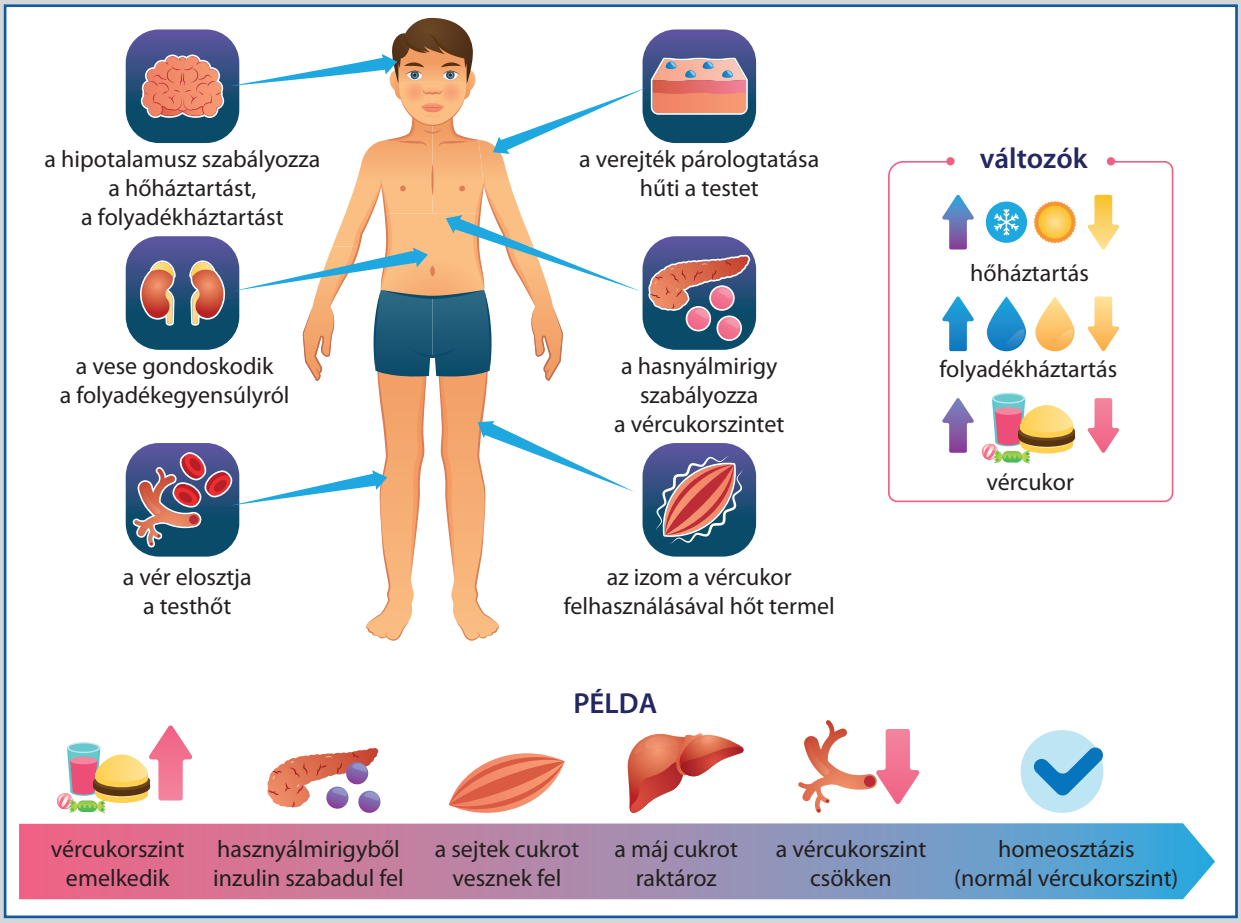
Milyen környezeti feltételek között élhetett több milliárd évvel ezelőtt LUCA, a ma élő élőlények egyetemes közös őse?

Elemezz!

Az ábra elemzésével gondold át a homeosztázis szabályozását!

Füzetedben párosítsd a következő szavakat az ábra alatti szöveg számokkal jelölt hiányzó részeivel!

emelkedik, csökkenése, fölé emelkedik, normál értéktartományba, motiváció



A vércukorszint …1… éhségérzetet okoz, az éhségérzet …2… (belső késztetés, drive = hajtóerő), ami kiváltja a táplálkozási magatartást, a táplálék felkeresését, a táplálék felvételét, a táplálék feldolgozását anyagcsere-folyamatokon keresztül, amelyeknek során a vércukorszint majd …3…. Ez utóbbi folyamat magában foglalhatja, hogy a bélrendszerben megemésztett táplálék építőegységeinek a vérbe kerülése után a vércukorszint a normál érték …4…, de a termelődő inzulin a vérből a sejtekbe juttatja a cukrot, így a vércukorszint a …5… csökken.

nak végződései érzékelik (környéki receptorok). Az idegsejtek által küldött információ a hipotalamuszba jut, ahol ingerli az ott lévő idegsejteket (központi meleg- és hidegreceptorok). A hipotalamusz sejtjei a környezetükben folyó vér hőmérsékletét is érzékelik.

A hőszabályozó rendszer elsődleges feladata a maghőmérséklet megvédése a környezeti hőmérséklet változásaival szemben.

A normál testhőmérsékleti érték kb. 36,1–37 °C (alapjel, KELL érték).

Tegyük fel, hogy magas külső hőmérséklet miatt a bőrből érkező jel nagyobb, mint 38 °C (mért érték, VAN jel). A VAN-érték és a KELL-érték között, a különbséget

A maghőmérséklet átlagosan 0,5 °C-kal magasabb, mint a köpenyhőmérséklet. Ha a hónaljban 36,5 °C-ot mérünk, a szájüregben kb. 37,0 °C a hőmérsékleti érték. A hőreceptorok nem közvetlenül a környezet hőmérsékletét érzékelik, hanem a bőr hőmérsékletét:

- a hidegreceptorok 13–30 °C között érzékenyek, az optimális érzékenységük: 28 °C;
- a melegreceptorok 35–48 °C között érzékenyek, az optimális érzékenységük: 38 °C.

HIBAJEL-nek nevezzük. A rendszer normál értékeinek a biztosításához a hőszabályozó központ olyan döntéseket hoz, hogy különböző végrehajtó mechanizmusok a különbséget megszüntessék.

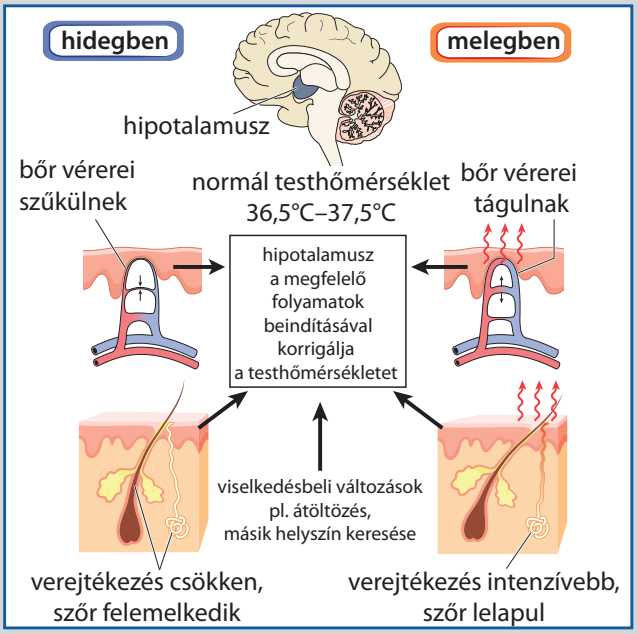
– Autonóm idegrendszeri szabályozás: izzadás, párologtatás, vizeletürítés, széklet-ürítés, lihegés, a bőrkeringés fokozódása (hővezetés, hősugárzás, hőáramlás).
– Magatartási szabályozás: ruházat levetése, árnyék keresése, légkondicionáló bekapcsolása, testmozgás csökkentése.

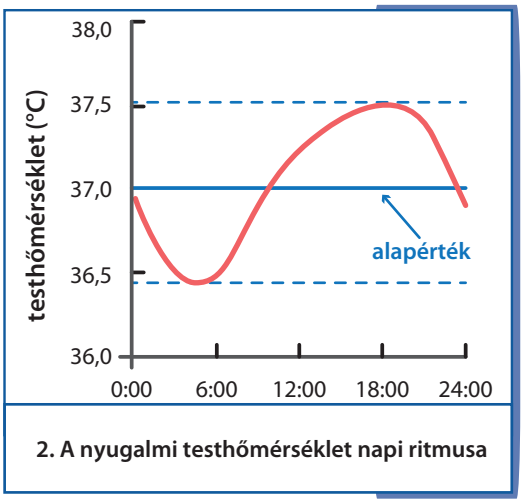
Megjegyzések

– A hőmérséklet viszonylagos állandóságára azért van szükség, mert enzimjeink és anyagcsere-folyamataink csak szűk hőmérsékleti határok között működnek optimálisan.
– A hipotalamikus hőszabályozó központok a KELL-értéktől történő akár 0,1–0,2 °C-os eltérésre már hőszabályozási válaszreakciókat válthat ki. Ez az érték nemtől többnyire független, de az életkor előrehaladtával változhat.
– Lázkeltő anyagok (pl. prosztaglandinok) által a hipotalamikus KELL-érték a normál érték fölé emelkedik.
– A testhőmérséklet napi („cirkadián”) ingadozást is mutat: ± 0,5 °C ingadozás, a minimum hajnali 3 órakor, maximum délután 5–10 óra között mérhető (2. ábra). A nőknél a menstruációs ciklus második felében, az ovulációtól kezdődően a testhőmérséklet átlagosan 0,5 °C-kal magasabb.

Magyarázd el!

Foglald össze a hőmérséklet-szabályozás folyamatát az ábra segítségével!





2. A nyugalmi testhőmérséklet napi ritmusa

Az irányítás formái

Az eddig elmondottak és a példák alapján foglaljuk össze, mi jellemző általában a szabályozási folyamatokra! Az irányítás egy adott folyamatba való beavatkozás valamilyen cél elérése érdekében.

Vezérlés során a vezérlő az irányított rendszert **egyirányúan** működteti különféle jelekkel, azonban az irányított rendszer működése során nem hat a vezérlő központra, a kapcsolat egyirányú. Így csak az előre látható zavar korrigálható. Példa a szív működésének saját vezérlése.

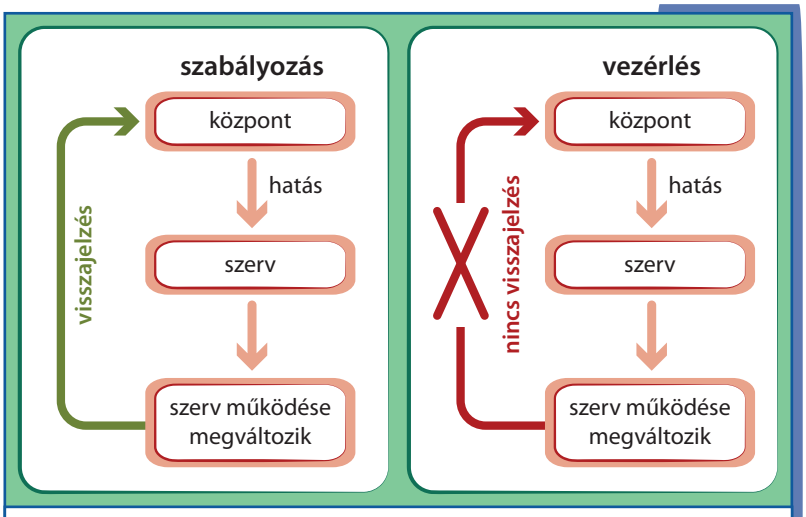
Vesd össze!

Miben hasonlít a szobatermosztáttal működő lakás/ház fűtőrendszere és az ember hőszabályozó rendszerének működése?

A **szabályozás kétirányú** kapcsolat, az irányított rendszer folyamatosan visszajelez a központnak, befolyásolva annak működését (3. ábra).

Szabályozás esetén a központ összehasonlítja a kívánatos (KELL) jelet az aktuális (VAN) jellel. Van visszacsatolás. Az előre nem látható zavar is korrigálható.

A biológiai szabályozás alapja a **negatív visszacsatolás**. Ennek során a rendszerből kilépő hatások gyengítik a belépő hatásokat, ellentétesek azokkal. A szabályozó rendszer a hibajellel ellentétes előjelű hatással módosítja a rendszer működését (csökkenésre növelés, növekedésre csökkentés). Ilyen például a vérnyomás vagy a testhőmérséklet fent bemutatott szabályozása.



3. A szabályozás és a vezérlés folyamata

Pozitív visszacsatolásról akkor beszélünk, ha a rendszerből kilépő hatások tovább erősítik a belépő hatásokat, azonos irányúak azokkal (növekedésre növelés, csökkenésre csökkentés). Erre példa a szülés vagy az ovuláció.

Mutasd be!

Az ábrákat felhasználva röviden, önállóan mutasd be a visszacsatolások szerepét a testhőmérséklet szabályozásában! Az önálló elemzés után vesd össze az általad elmondottakat az itt lévő szöveggel!

A hőszabályozás alapvetően a negatív visszacsatoláson alapuló szabályozás. A bőr és a testmag hőmérsékleteiről jelzések jutnak (INPUT) az agyi szabályozó központba (hipotalamusz), ahol összevetésre kerülnek a nekik megfelelő referenciaértékekkel. Az aktuális hőmérséklet és a referenciaérték eltérése alapján különböző válaszreakciók lépnek működésbe. A normál érték fölötti jelekre (INPUT = meleg, forró) a szabályozó központ által olyan folyamatok (OUTPUT) indulnak be (izzadás, bőrkeringés növekedése), melynek eredményeképpen a testhőmérséklet csökken. A normál érték alatti jelekre (INPUT = hideg) pedig a központ a lebontó folyamatok fokozását, izomremegést (OUTPUT) „rendeli el", így a testhőmérséklet nő.

A hormonális szabályozás résznél további példákat láthatunk az élettani szabályozási folyamatokra.

7. Összefoglalás

A szervezet működőképességének fenntartása érdekében az élő szervezet a belső környezet fizikai és kémiai állapotát bizonyos határok között igyekszik tartani. Ez a szabályozott és dinamikus állandóság a homeosztázis. Másképpen megfogalmazva a homeosztázis az élőlény azon képessége, hogy a változó (belső, külső) környezethez alkalmazkodjon, az élőlény biológiai állandóságát biztosítsa.

Az élőlények élettani állapotát jellemző értékek viszonylagos állandóságról érzékeny szabályozó mechanizmusok gondoskodnak. A biológiai szabályozás alapja a negatív visszacsatolás.

8. Az idegsejtek

1. Miért különleges az idegsejt, miben különbözik más sejttípusoktól?
2. Hányféle idegsejttípus építi fel az emberi agyat?
3. Hogyan és miben segítenek a gliasejtek az idegsejteknek?

Az idegsejtek száma

Idegsejtek, illetve azok nyúlványai az emberi szervezet szinte minden részében előfordulnak. A legtöbb az agyban található (újabb számítások szerint 86 milliárd), de meglepő, hogy a gerincvelőben és a bélben az idegsejtek száma közel megegyezik, így a bélidegrendszert külön „agyként” is említik. Az ecetmuslicának 100–300 ezer, az egérnek 75 millió, a macskának 1,2 milliárd, kutyáknak 2,2 milliárd, a csimpánznak 28 milliárd, az elefántnak 257 milliárd idegsejtjéről számolnak be a szakirodalomban.

Válaszolj a kérdésre!

Egy magazin címlapján a következő kérdés szerepelt: Az elefántok rendelkeznek a legtöbb neuronnal. Miért nem a legokosabb állatok?

Keress magyarázatot!

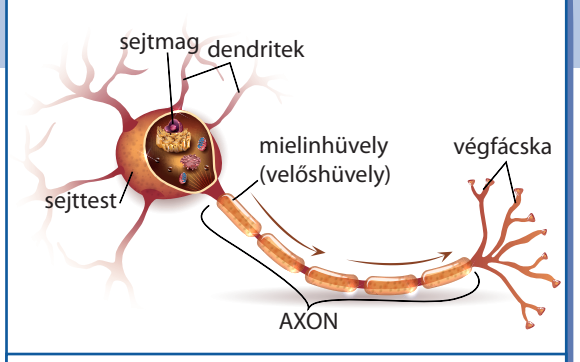
- **Fél évszázadon át azt gondolták, hogy az emberi agy 100 milliárd idegsejtet tartalmaz. Suzana Herculano-Houzel idegtudós új módszert dolgozott ki az agysejtek számlálására, ennek eredménye, 86 milliárd volt. Keress rá a forrásra! Röviden ismertesd a magyarázat lényegét!**
- **Számos kísérletet tettek annak megállapítására, hogy az állati és az emberi intelligencia mértéke és az agy tulajdonságai hogyan függenek össze. Az emlősök tekintetében egy sokat vitatott az abszolút és a relatív (testtömeghez viszonyított) agyméret jelentősége. Az intelligencia fokával való összefüggésük azonban ellentmondásokat eredményezett, mert bár a legintelligensebb élőlényeknek az emlősöket tekintik, az embereknek sem abszolút, sem viszonylag nem a legnagyobb az agyuk. Keress információkat és fogalmazz meg magyarázatokat erre a jelenségre!**

Mutasd be!

Szentágothai János a 20. század egyik legkiemelkedőbb agykutatója volt. Ötperces kiselőadásban mutasd be kiemelkedő kutatási eredményeit (kulcsszavak: neurontan, kisagy, Szentágothai-modell)!

Az idegsejt felépítése

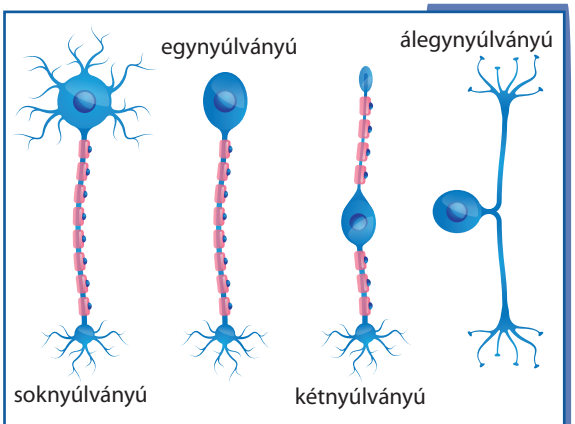
Az idegsejtek nyúlványos sejtek, rövid nyúlványaik a **dendritek,** a leghosszabb nyúlványuk az **axon.** Az információ felvétele általában a dendriteknél zajlik, a sejttestben van a legtöbb sejtalkotó, itt történik a sejtműködések irányítása és a működés szempontjából fontos anyagok előállítása (1. ábra). Az axon, illetve végződése, az általában elágazó **végfácska** köti össze az idegsejtet egy másik sejttel. Az axon sejthártyája **elektromos jel** (akciós potenciál) vezetésére specializálódott, aminek hatására az axonvégződésből **kémiai anyagok** szabadulnak fel.



1. Az idegsejtek általános felépítése

Idegsejtek típusai

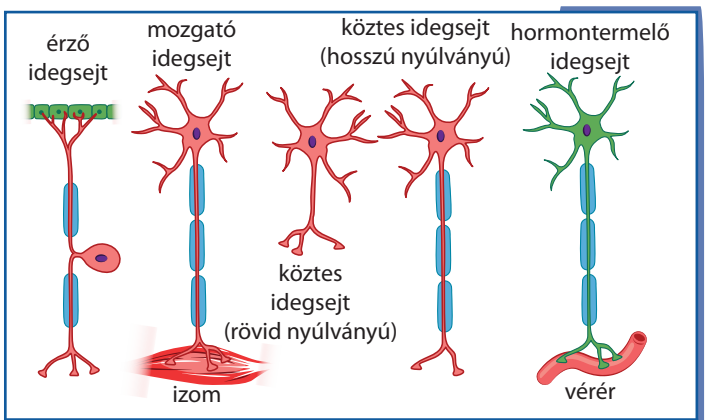
Az idegsejtek attól függően, hogy a sejttestből hány nyúlvány ered, lehetnek **soknyúlványúak** (multipoláris), **egynyúlványúak** (unipoláris), **álegynyúlványúak** (pszeudounipoláris), **kétnyúlványúak** (bipoláris) (2. ábra). Működésük alapján **érzőidegsejt** (szenzoros neuron), **mozgatóidegsejt** (motoros neuron) és **közti idegsejt** (interneuron) különböztethető meg. Az egynyúlványú neuron főként gerinctelenekre (pl. rovarok) jellemző. Gerincesekben az úgynevezett álegynyúlványú idegsejtnek kezdetben két nyúlványa van, amelyek a sejttest közelében összeolvadnak. A soknyúlványú idegsejtek főként interneuronok és mozgatóidegsejtek. Az interneuronok axonja lehet rövid, és ekkor helyi kapcsolatokat alakít ki, vagy hosszabb, ekkor távolabbi célsejtekkel létesít kapcsolatot (3. ábra).



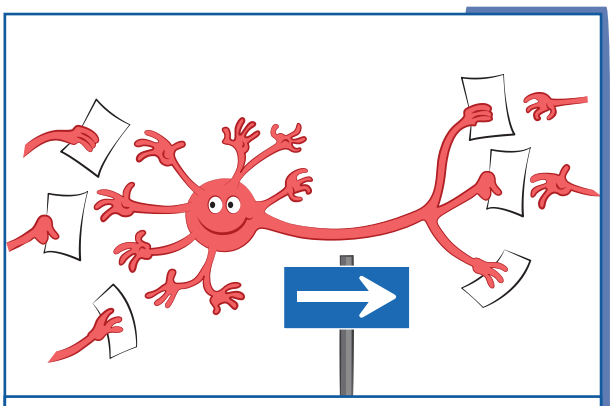
2. Különböző felépítésű idegsejtek

Következtess!

Miért pont az interneuronok száma a legtöbb az emberi agyban?



3. Különböző funkciójú idegsejtek



4. Ingerület továbbítása

Miért különleges sejttípus az idegsejt?

Az idegsejt ingerlékeny sejttípus, melynek fő feladatai az **információ** (inger) **felvétele, feldolgozása** (jelátalakítás, inger ingerületté alakítása), és **továbbítása** (4. ábra).

Az **inger** az élő szervezetet érő, annak valamilyen választ keltő hatás.

Az **ingerület:** a sejt inger hatására bekövetkező változása. Megváltozhat pl. a sejt alakja (izom), elektromos állapota (akciós potenciál alakul ki), anyagcseréje (enzimek aktiválódása révén lebontja a májsejt a glikogént glükózzá).

Jelnek nevezünk mindent, ami mérhető és információt hordoz, pl. fizikai, kémiai, biológiai mennyiségek vagy azok változásai.

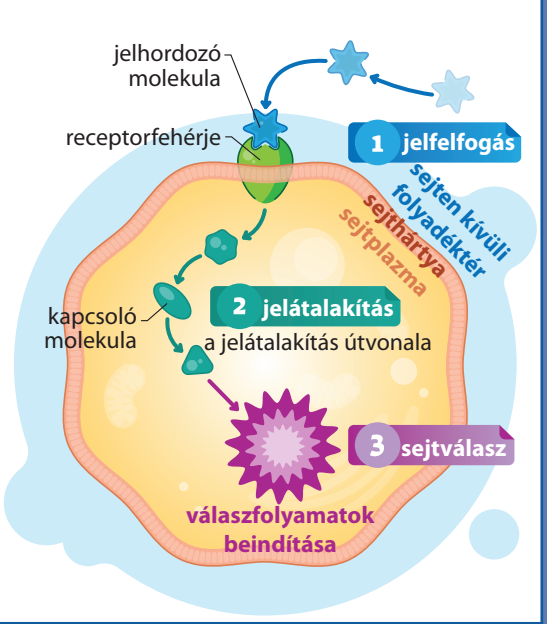
A **receptor** (jelfogó és jelátalakító) fogalmát különböző szerveződési szinteken is értelmezhetjük.

A receptorok a sejt felszínén vagy a sejt belsejében elhelezkedő **fehérjemolekulák,** amelyek agy adott anyag specifikus megkötésére képesek, ez a kötés különböző válaszfolyamatok beindulását eredményezi (5. ábra). Például ha a szívizomsejtekhez futó egyik idegvégződésből noradrenalin (jel) szabadul fel és hozzákötődik a szívizomsejtek receptoraihoz (jelfogó), ennek hatására olyan folyamatok (jelátalakítás, jelerősítés) indulnak be, amelyek eredményeként a szívizomsejtek és így a szív összehúzódásainak száma és ereje is nő (válasz).

Sejtszinten receptornak számítanak az **érzékelősejtek** (speciális idegsejtek, módosult hámsejtek). A receptorsejt a külső és belső környezet fizikai (fény, hő, mechanikai) és kémiai (szag, íz) ingereit alakítja át elektromos jellé. Ahhoz, hogy az információkat a szervezet feldolgozza, le kell fordítani ezeket az idegsejtek nyelvére, amit **jelátalakításnak** nevezünk. Például a hangok mint mechanikai ingerek a fülünkben elektromos jelekké alakulnak, ami több lépésben majd az agyba jut, ahol is megtörténik az elektromos jel értelmezése.

Legyél narrátor!

Keress egy jelátviteli folyamatokról szóló animációt, és a hang levételével próbáld meg elmondani a saját szavaiddal, hogy mi történik a jelátvitel során!



5. A jelfeldolgozás sejten belüli folyamata

Fedezd fel!

Keress a környezetedben olyan berendezéseket, amelyek jelátalakítót tartalmaznak! Mely jeleket alakítanak egymásba?

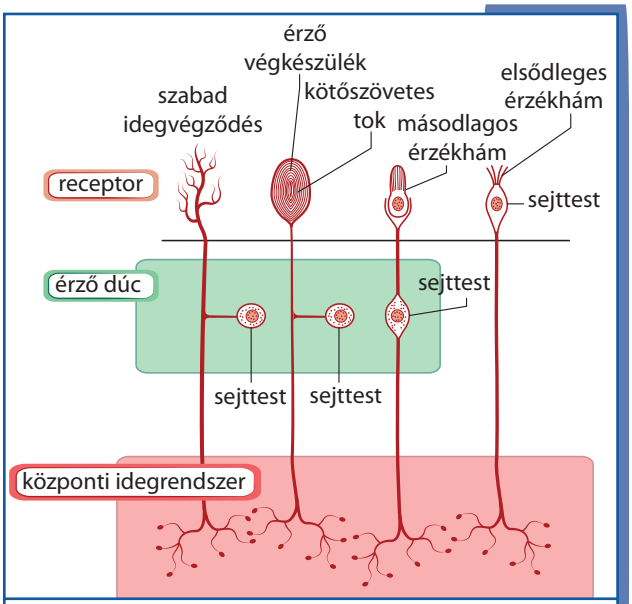
A receptorsejtek típusai

Felépítésük alapján egyes érzőidegsejtek lehetnek szabad idegvégződésűek, mások idegvégződését kötőszövetes tok és benne sejtek veszik körül (idegvégkészülékek) (6. ábra).

A **szabad idegvégződésű** fájdalomérző receptorok olyan különböző ingerekre érzékenyek (mechanikai, kémiai és hőmérsékleti hatásokra), amelyek szövetkárosodást okoznak vagy annak veszélyét hordozzák.

Végkészülékkel rendelkező receptorok pl. a bőr nyomásérzékelő receptorai.

A fülben található **szőrsejtek** (érzőreceptorok) ingerületét a sejten végződő érzőidegrost szállítja központba.



6. A receptorsejtek típusai

A szaglóhámban található érzőneuronok/érzékhámsejtek saját nyúlványaikkal viszi be az információt a központba.

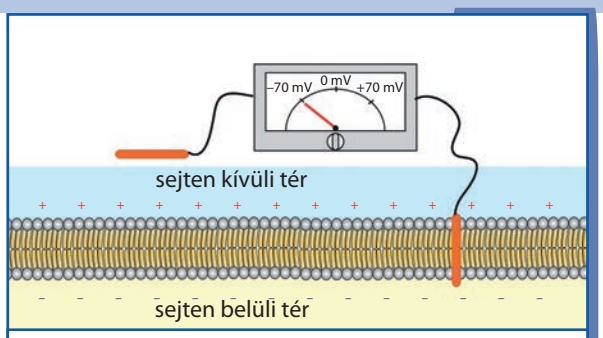
Az idegsejtek működése

Nyugalmi potenciál

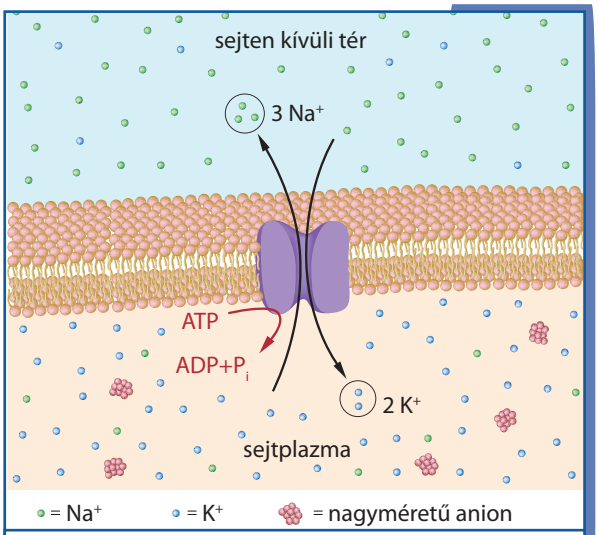
Ha egy nyugalomban lévő, idegsejt belsejébe és a sejten kívüli terébe is elhelyezünk egy érzékelőelektródát, akkor a sejten belüli és a sejten kívüli tér között potenciálkülönbséget (feszültséget) mérhetünk, amit **nyugalmi potenciálnak** nevezzük (7. ábra). Értéke általában 0 és –100 mV közötti (jellemzően –70 mV).

Kialakulása alapvetően a sejt belső és külső tere közötti **eltérő ionösszetételre** vezethető vissza. A sejten belüli térben például a káliumionok, míg a sejten kívüli térben a nátriumionok vannak jelen nagyobb koncentrációban. Ezt a sejthártyában lévő fehérje, a **Na^+/K^+ pumpa** ATP igényes működése okozza (8. ábra).

Az eddig említett ionokon kívül a sejt belsejében a negatív töltésű fehérjék, míg a sejt külső terében a kloridionok találhatók nagyobb koncentrációban.



7. A nyugalmi potenciál mérése



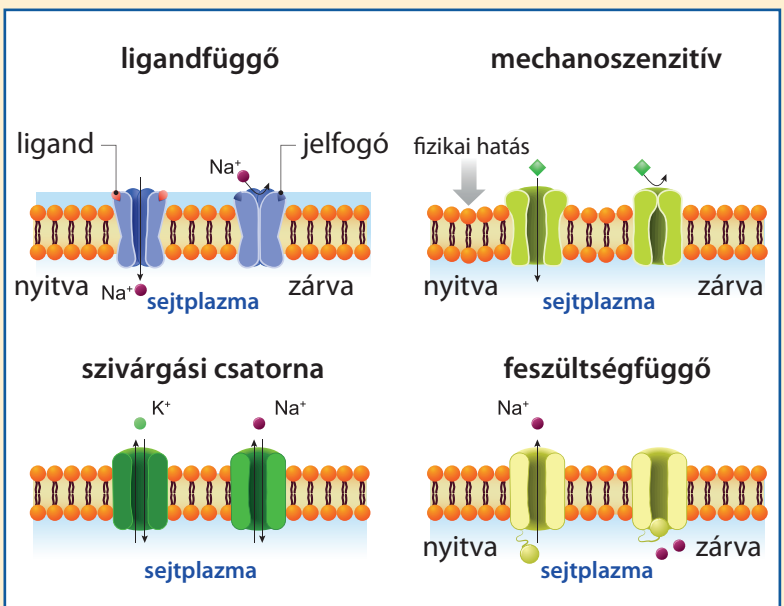
8. A nyugalmi potenciált kialakító Na^+/K^+ pumpafehérje

Gondolkodj!

Miért igényel a működéséhez ATP-t a Na^+/K^+-pumpa?

Mi következik abból, hogy a Na^+/K^+ pumpa mindig működik? Nyilvánvaló, hogy egy idő után a pumpa az összes Na^+ iont kipumpálná, ha nem térne vissza állandóan a Na^+ ion a sejtbe.

Kiderült, hogy sejthártyában ioncsatornák vannak. Ezek egyik típusa olyan, amely állandóan kismértében nyitva van. A káliumionokat kiengedő csatornák nagyobb áteresztőképességűek, mint a nátriumionokat beengedők (szivárgási csatornák). Vannak más típusú ioncsatornák is, melyek, akkor nyílnak meg, ha egy kémiai anyag (ligand) az ioncsatornához kapcsolt receptorhoz kötődik. Mások meghatározott feszültségértékeknél, vagy mechanikai hatásra nyílnak meg.



Eltérő működésű ioncsatornák

A Na^+/K^+-pumpa egyedül felelős az agy energiafogyasztásának mintegy 50–80%-áért. Vagyis a szervezetünk teljes energiaigényének 10–20%-a ennek a fehérjének a működtetésére fordítódik.

A már említett koncentrációkülönségek spontán ionmozgásokat indítanak el: a K^+-ionok a sejten belüli nagyobb koncentrációjú hely felől kijutnak a sejten kívüli térbe. A sejt belsejének a negatív töltéseit adó fehérjék nagy méretük miatt nem tudják követni a K^+-ionokat. Kialakul egy **dinamikus egyensúly**, amikor is ugyanannyi K^+-ion megy ki a koncentrációkülönbség miatt, mint amennyi vissza, a sejt belsejének negatív töltéstöbbletéből eredő vonzás miatt (9. ábra).

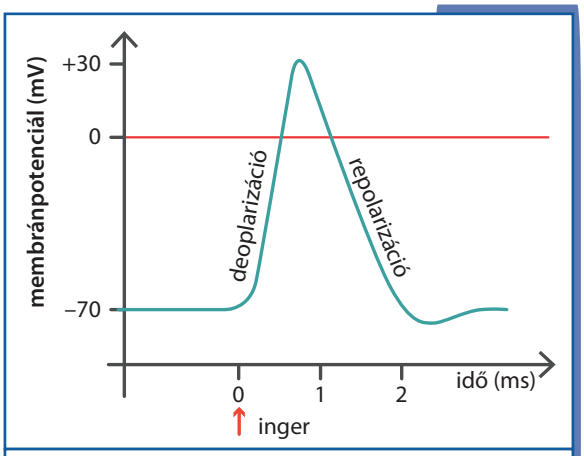
Megjegyzések

– A K^+-ionok mintegy 20-szor könnyebben jutnak át a membránon nyugalomban, mint a Na^+-ionok, ezért a nyugalmi potenciál kialakításában ezek az ionok a főszereplők.
– Már igen kevés ion átlépése jelentős feszültségkülönbség kialakulását eredményezi a membrán két oldala között.

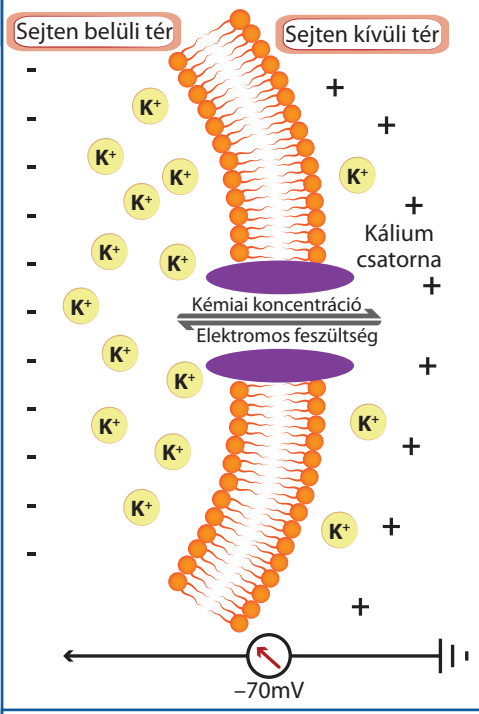
Akciós potenciál

A nyugalmi potenciál (NYP) szinte minden élő sejtre jellemző, de megváltozni csak kevés sejttípusban képes: pl. idegsejtekben, izomsejtekben, érzékhámsejtekben. A nyugalmi potenciál megváltozása mindig valamelyik **ioncsatorna** külső vagy belső hatásra történő megnyílásával kapcsolatos. Ha ennek eredményeképpen a sejt belsejében a sejten kívüli térhez képest pozitív töltéstöbblet alakul ki, akkor akciós potenciálról (AP) beszélünk.

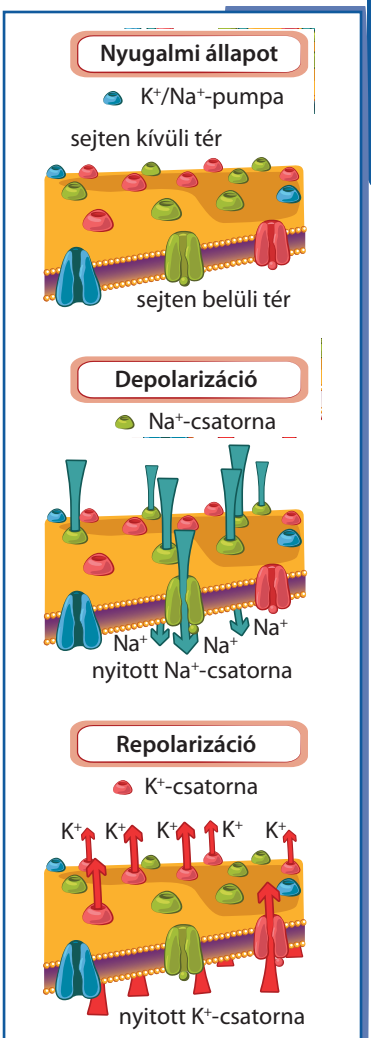
Ha a sejtet inger éri, akkor ennek hatására az eddig zárt ioncsatornák megnyílnak. Először a Na^+-ioncsatornák nyílnak meg, ennek eredményeként Na^+-ionok lépnek a sejtbe, ennek következtében a sejt belsejének negatív töltéstöbblete csökken (pl. –90 mV-ról –50 mV-ra). Ha eléri az ún. küszöbpotenciál értékét akkor (a feszültségfüggő csatornákon keresztül) rövid idő alatt nagyobb mennyiségű Na^+ -ion jut a sejtbe. A sejt **depolarizálódik,** hiszen az eredeti potenciálkülönbség megszűnésének irányába tart a folyamat és rövid ideig a sejt belseje pozitívabb lesz a külső teréhez képest. Majd ebben az állapotban megnyílnak az eddig zárt K^+-ioncsatornák és a K^+-ionok kijutnak a sejt belsejéből. Mivel pozitív töltések hagyják el a sejtet, ennek az lesz a következménye, hogy a sejt belseje ismét negatívabb lesz a külsejéhez képest, szinte visszaáll az eredeti feszültségérték, ez a **repolarizáció.** Csakhogy így a sejten belüli térben a Na^+-ionok vannak nagyobb koncentrációban, míg sejten kívül a K^+-ionok. Ezt a sejt számára kedvezőtlen állapotot a Na^+/K^+-pumpa szünteti meg, helyre állítva az eredeti ioneloszlást (10–11. ábra).



10. Az akciós potenciál hullám lefutása



9. A kálium dinamikus egyensúlya a sejthártya két oldala között



11. Ionok áramlása a membránon keresztül az akciós-potenciál-hullám során

A digitális jel kialakulása

Ha az ioncsatornán Na^+-ionok lépnek be az idegsejtbe, akkor **analóg jel** keletkezik, ugyanis minél több receptorhoz és minél többször kötődik kémiai anyag, annál több Na^+-ion áramlik a sejtbe. Ezzel párhuzamosan csökken a sejt belsejének negatív töltéstöbblete, csökken a mérhető membránpotenciál is (pl. –90 mV-ról –50 mV-ra), amit hipopolarizációnak nevezünk. Egy bizonyos feszültségértéknél (küszöbpotenciál), megnyílnak a gyors, feszültségfüggő Na-csatornák, amelyeken keresztül rövid idő alatt sok Na^+-ion jut a sejtbe, és akciós potenciál keletkezik, a sejt belseje a sejt külső teréhez viszonyítva rövid időre pozitívabb lesz (pl. +40 mV) a sejt külső teréhez viszonyítva. Ehhez a folyamathoz köthető a „minden vagy semmi" elv: ha a membránpotenciál elér egy küszöbértéket, az akciós potenciál automatikusan bekövetkezik, ha nem éri el a küszöbértéket, akkor pedig nem lesz akciós potenciál. Ez megfelel a **digitális jeltovábbítás** elvének.

Ingerküszöb

Az akciós potenciál nagysága független a kiváltó inger nagyságától, egy adott idegsejttípusnál mindig ugyanakkora. A keletkezett akciós potenciál ugyanakkora értékkel fut végig az axonon. Ha az axon csupasz, akkor viszonylag lassú (1-2 m/s) az ingerület terjedési sebessége, ha az axont gliasejtek szigetelik (lásd később), akkor ez a sebesség akár 100–120 m/s is lehet.

Hogyan hordozza a jelet az akciós potenciál? Hogyan tükrözi az inger erősségét?

Nem a feszültségváltozás nagyságában, hanem abban, hogy **időegység alatt hány akciós potenciál alakul ki** (frekvencia). Ha van akciós potenciál, akkor jelöljük ezt 1-gyel, ha nincs, akkor 0-val (12. ábra).

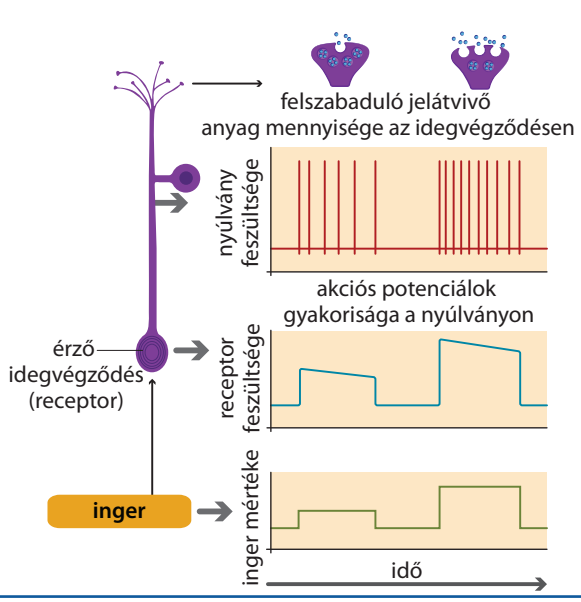
A serkentő hatás elősegíti az akciós potenciál kialakulását, míg a gátló hatás nem (13–14. ábra). Egyszerre több idegsejt is adhat jeleket egy másik idegsejtnek, és serkenthetik, gátolhatják azt. A kérdés az, hogy az eredő jel értéke eléri-e az axondombon a **küszöbpotenciál** értékét. Ha igen, akkor ott akciós potenciál keletkezik, ami gyengítetlenül végighalad az axonon.

Nézz utána! Fedezd fel!

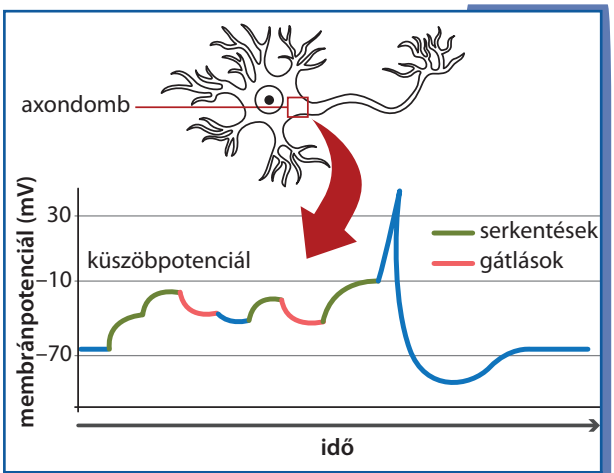
A 14. ábrán látható, hogy az idegsejtek végződései különböző helyeken ingerlik a másik idegsejtet. Miért lehet fontos ennek feltérképezése a működés szempontjából?

Játssz!

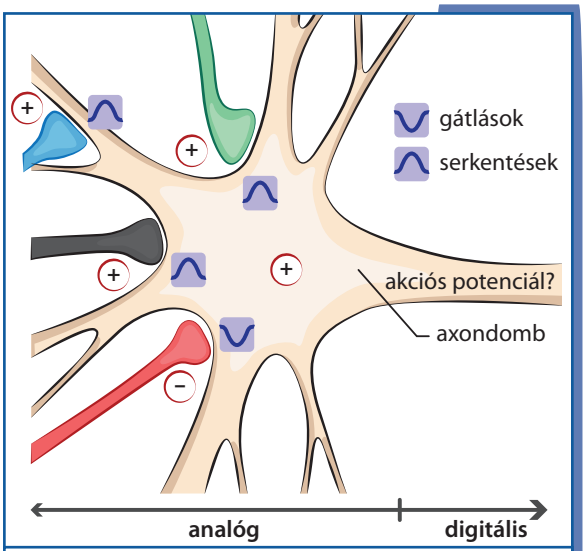
A 0 és 1 jelekkel próbáljatok egy üzenetet átadni egymásnak! Például négyjegyű számokat is használhattok, és a 0000 legyen a NEM, az 1000 legyen az IGEN, a 0100 a MA, a 0010 a HOLNAP stb.



12. Analóg jel továbbítása digitális hálózaton

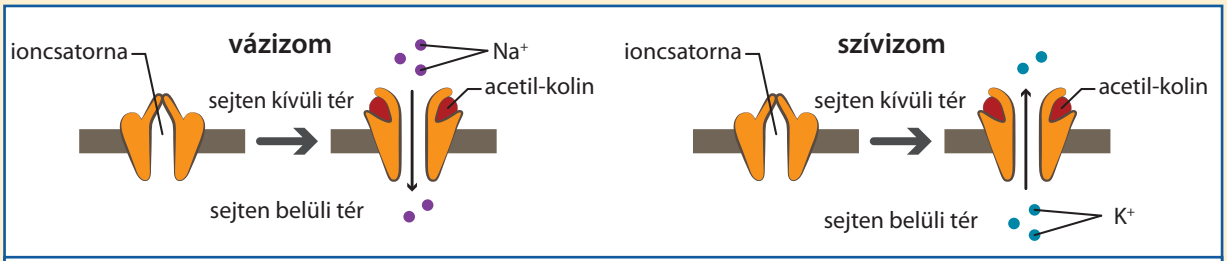


13. Amíg a külső hatás nem éri el az ingerküszöböt, nincs akciós potenciál



14. Az axonon végigfutó akciós potenciál kialakulása a gátló és serkentő hatások mértékétől függ

Nézzünk meg egy-két konkrét esetet! Az acetil-kolin nevű kémiai anyag (ligand) a vázizmokon Na^+-ioncsatornát nyit meg, tehát serkent, de a szívben K^+-ioncsatornát nyit meg, tehát gátol. Ennek oka, hogy a Na^+-ion sejtbe áramlása csökkenti a sejt belsejének negatív töltéstöbbletét (hipopolarizáció), ezzel serkentő hatású, viszont a K^+-ionok kiáramlása növeli a sejt negatív töltéstöbbletét (hiperpolarizáció), hiszen pozitív töltések hagyják el a sejtet, ezért gátló hatású.



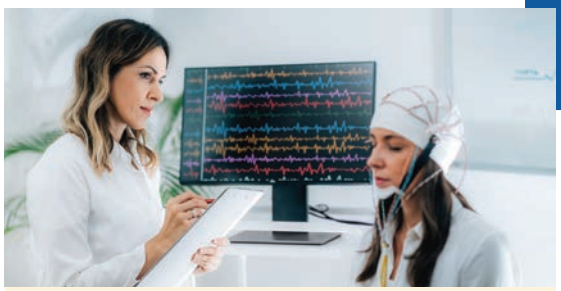
Ugyanaz a külső jel (pl. az acetil-kolin) az ioncsatorna típusától függően serkentő vagy gátló hatást is kiválthat

Fedezd fel!

A „minden vagy semmi" elv nem érvényes egy teljes idegre vagy izomra, a szívre viszont igen. Miért?

Gyakorlati alkalmazások

– Az agy, illetve a szív vagy az izomzat elektromos jelei a szervekből kiindulva testfelszínre is eljutnak, és a testfelszínen elhelyezett érzékeny mérőeszközökkel, elektródákkal mérhető. Ha a testfelszínen mérhető feszültség változásait az idő függvényében ábrázoljuk, jellegzetes lefutású mintázatot kapunk, amelyek neve **EEG** (elektroenkefalogram) az agyműködés, **EKG** (elektrokardiogram) a szívműködés, **EMG** (elektromiogram) az izomműködés vizsgálatakor (15. ábra).



15. Az agy elektromos aktivitásának mérése (EEG)

– A kígyómérgek egy része az ioncsatornák működését befolyásolja, blokkolja. A megfelelően kezelt és hígított méreg és ennek szintetikus származékai viszont gyógyszerként használhatók (16. ábra).

16. Kígyóméreg gyűjtése laboratóriumban

– Nemcsak az állatok, hanem a növények is termelnek olyan anyagokat, amelyek a szervezet ioncsatornáin keresztül fejtik ki hatásukat, és szintén lehetnek mérgek és megfelelően kezelve gyógyszerek is. A nadragulya (Atropa belladonna) nevű növényben fedezték fel az atropint, amelyet pupillatágítóként, szívgyógyszerként, mirigyek működésének csökkentésére (pl. nyálfolyás csökkentése) használtak (17. ábra).

17. A nadragulya bogyójából néhány darab már halálos

Keress információt! Legyél narrátor!

Keress az interneten az akciós potenciál kialakulását bemutató animációt (angol nyelven is!)

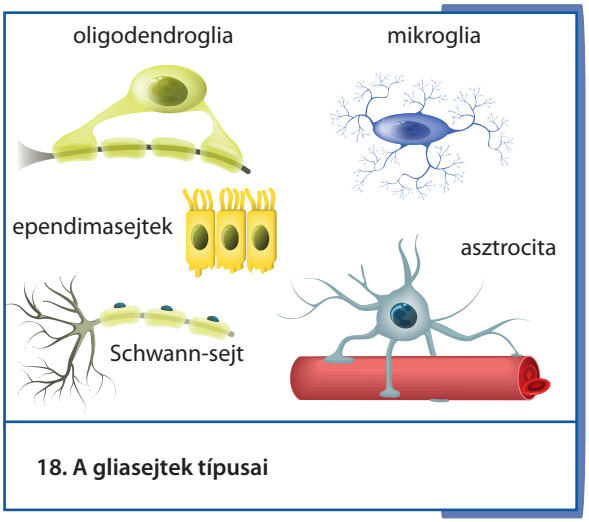
A hangot levéve mondd el saját szavaiddal a folyamat lényegét!

Gliasejtek

Az idegrendszernek az idegsejtek mellett a másik fő sejttípusa a **gliasejt.** Korábban azt gondolták, hogy ezek az idegrendszer viszonylag passzív sejtjei, amelyek főleg támasztó funkciókat töltenek be. Ma már tudjuk, hogy az idegsejtek és az idegrendszer működését több szinten is segítik (18. ábra).

Schwann-sejt: a környéki idegrendszerben fordul elő, beburkolja, szakaszosan leszigeteli az axont, **velőshüvelyt** képez.A központi idegrendszerben ugyanezt a funkciót egy más elnevezésű (oligodendroglia) gliasejt végzi.

A szigetelősejtek károsodásakor a szklerózis multiplex (SM) nevű betegség alakulhat ki, amely a Földön több millió embert érint. A szklerózis multiplexben károsodnak az agy és a gerincvelő pályái, illetve idegei, hiszen az axonokat körülvevő velőshüvely degenerálódik. Hegesedés (szklerózis) alakul ki több területen (multiplex). Idővel ez a károsodás lelassítja vagy megakadályozza az ingerület továbbítódását az izomkoordinációért, az izomerőért, az érzékelésért és a látásért felelős pályákon és idegeken. Ependimasejtek: az agykamrákat bélelik, az agy-gerincvelői folyadékot termelik.



18. A gliasejtek típusai

Tervezz!

Tervezzetek egy digitális posztert a SM betegség vagy a vér-agy gát működésének bemutatására! Adjátok meg az értékelési szempontokat is!

Asztrocita: a vér-agy gát kialakításában vesz részt. Talpaikkal befedik a hajszálerek falát, így az erekből nem tudnak átjutni az agyhoz a méreganyagok és a kórokozók. Mikroglia az agyvelő immunsejttípusa, a központi idegrendszert érintő sérülések és elváltozások következtében aktiválódik, gátolhatja a gyulladásos folyamatokat.

Az idegsejtek különböző nyúlványokkal (dendrit, axon) rendelkező sejttípusok, melyek az információ felvételében, feldolgozásában és a feldolgozott információ alapján a megfelelő válasz létrehozásban játszanak kiemelkedő szerepet. A külső és belső környezetből származó információk különböző ingerek, jelek formájában jutnak el a megfelelő receptorsejtekhez vagy receptormolekulákhoz (jelfogókhoz). A receptorsejtekben megtörténik a jelátalakítás: például egy mechanikai inger elektromos jellé alakul. A sejtek felszínén vagy a sejtben lévő receptormolekulák pedig a megkötött kémiai anyag (ligand) hatására szerkezeti változáson mennek át, több lépésben a sejtet válaszadásra (vagy éppen hallgatásra) késztetik.

Az idegsejt ingerlékeny sejttípus, ami azt jelenti, hogy a minden sejtre jellemző nyugalmi potenciál képes átalakulni akciós potenciállá. A sejtet érő inger erőssége nem az akciós potenciál kitérésének nagyságában, hanem az időegység alatt létrehozott akciós potenciálok számában (frekvencia) hordoz információt. A nyugalmi potenciál és az akciós potenciál kialakításában a nátrium-kálium pumpának és különböző ioncsatornáknak van szerepük.

A gliasejtek nemcsak egyszerű támasztósejtek, hanem számos idegélettani folyamatban vesznek részt: agy-gerincvelői folyadék termelése, vér-agy gát kialakítása, védekezés, szigetelés.

8. Összefoglalás

9. Magasabb szintű idegi működések

1. Hogyan továbbítódik a jel az idegsejtek között?
2. Hogyan szerveződnek és fejlődnek az emberi agy idegi hálózatai?
3. Mely idegi folyamatok állnak a tanulás és emlékezés hátterében?
4. Hogyan fejtik ki hatásukat az idegrendszerre ható kémiai anyagok?

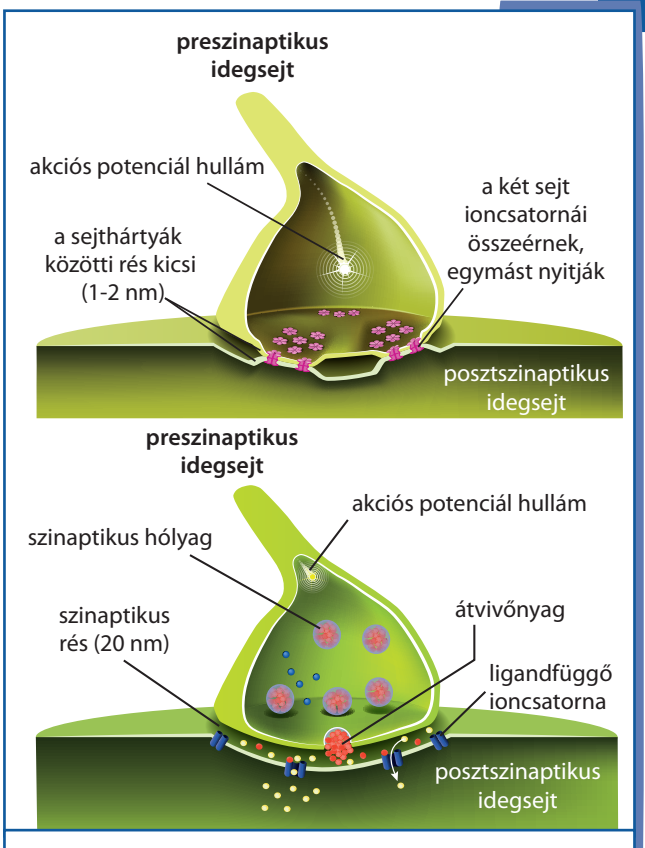
A szinapszisok

Szinapszisnak nevezzük idegsejt kapcsolódását más sejttel (ideg, izom), amelyen keresztül az ingerület az egyik sejtről a másikra terjed. Az úgynevezett **elektromos szinapszisban** a két sejt igen közel helyezkedik el egymáshoz (1-2 nm), közöttük ioncsatornák alakulnak ki, az ingerület közvetlenül és rövid idő alatt terjed át egyik sejtről a másikra. Az elektromos szinapszisok révén a sejtek szinkron és gyors válaszadásra képesek. Gerinctelenek idegrendszerében, de az emberi agyban és szívben egyaránt előfordulnak (1. ábra).

A **kémiai szinapszisok** esetében a két sejt között egy kis rés (kb. 20 nm) van, a jel átjutása több időt vesz igénybe, mint az elektromos szinapszis esetében. A kémiai szinapszis nevet onnan kapta, hogy az idegsejten végigfutó elektromos jel az axonvégződésben az ott tárolt kémiai anyagok felszabadulását okozza, amelyek átjutnak a két idegsejtet elválasztó résen, és a második (posztszinaptikus) sejt receptoraihoz kötődnek. A kötődés következtében megváltozik a jeletátvevő sejt működése: pl. egy idegsejtben ismét

Vesd össze!

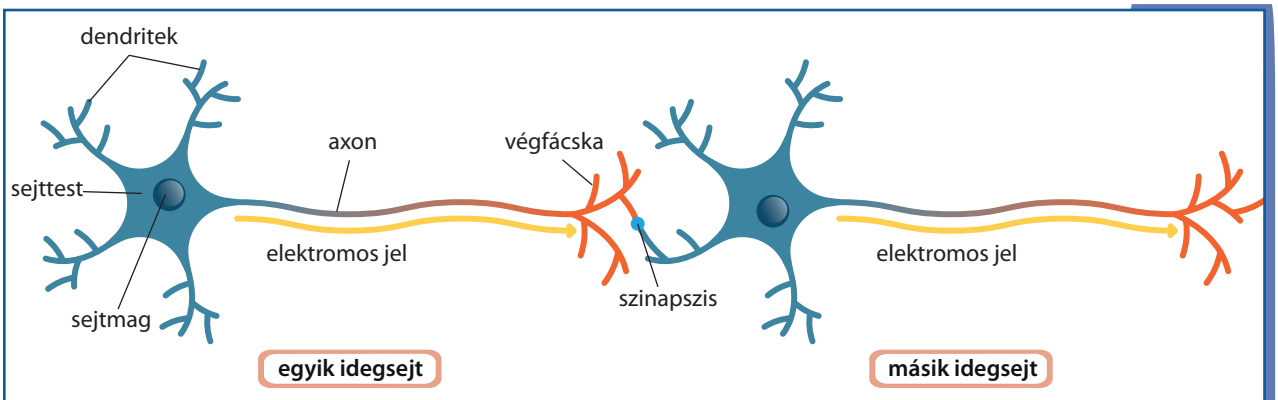
Készíts összehasonlító táblázatot a két szinapszistípusról!



1. Elektromos és kémiai szinapszis

akciós potenciál keletkezhet (2. ábra). A kémiai szinapszis felépítésének és működésének a megváltozása (szinaptikus plaszticitás) a tanulás, az emlékezés, az idegrendszer változó környezethez való alkalmazkodásának az alapja.

A kémiai szinapszisokkal működő digitális információtovábbítás megbízható, az idegsejtek és kapcsolataik nagy száma miatt óriási számítási kapacitást biztosít az agynak.



2. Két idegsejt szinaptikus kapcsolata

Az idegsejtek által termelt anyagok és hatásaik

Öröm. A **dopamin** részt vesz az agy jutalmazási útvonalában, és fontos szerepet játszik a motiváció és az öröm szabályozásában. Az öröm és a jutalom pillanataiban dopamin árasztja el agyunkat, illetve fordítva: amikor a dopaminszint alacsony, akkor a motiváció hiányát és tehetetlenséget érzünk. Amikor dopaminszint túl magas, a sejtek eltávolítják a felszínükről a dopaminreceptorokat, hogy megőrizzék az egyensúlyt, de így sokkal több dopaminra lesz szükség, hogy elérje az ember ugyanazt a hatást. Ez egy öngerjesztő folyamat, amiből úgy lehet kilépni, hogy az ember igyekszik természetes módszerekkel növelni a szervezetben a dopamin szintjét. Így elkerülhetővé válik, hogy negatív érzelmi reakciók esetén például édességekhez vagy nagyobb dopaminszintet generáló gyorséttermi ételekhez nyúljunk vigaszért.

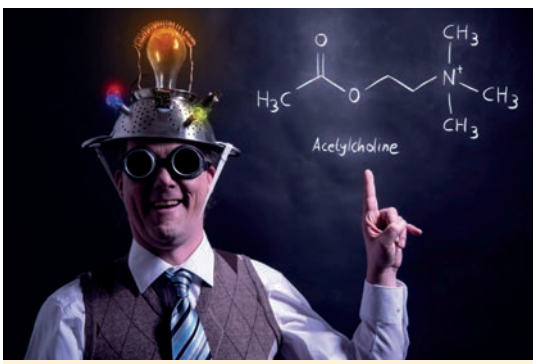
Mutasd be!

Válasszatok egy jelátvivő anyagot, és röviden mondjátok el a többieknek, mi a szerepe ennek az ember élettani működéseiben!

Hangulat. A **szerotonin** az agy alvással és érzelmekkel kapcsolatos régióiban található meg, részt vesz a hangulat szabályozásában. Bizonyos ételek (csokoládé, sütemények) fogyasztása, illetve a fizikai aktivitás emeli a szervezetünk szerotoninszintjét.

Lenyugvás. A **GABA** (gamma-amino-vajsav) a központi idegrendszer fő gátló neurotranszmittere. Szorongáscsökkentő és mozgásokat kontrolláló hatása van.

Tanulás. Az **acetil-kolin** a tanulás, az emlékezés és a figyelem folyamataiban játszik kiemelkedő szerepet (3. ábra). Ezeken kívül az **ideg-izom szinapszisok** egyik fő jelátvivő anyaga. A tetanuszt (régi magyar nevén merevgörcsöt) a Clostridium tetani baktérium által termelt fehérje (tetanospazmin) okozza,



3. Az acetil-kolin szerkezeti képlete

ami gátolja a mozgatóidegek működésében szerepet játszó acetilkolin lebomlását.

Emlékezés. A **glutaminsav** az agy egyik leggyakoribb serkentő jelátvivő anyaga. Az emlékezési, tanulási és az idegrendszer fejlődési folyamataiban kiemelkedő a szerepe.

Intenzív **boldogságérzet** (eufória). Az **endorfinok** csökkentik a testi és lelki fájdalomérzetet, és boldogságérzést okoznak. Fokozzák a dopamin felszabadulást (4. ábra).

4. Siker, öröm, endorfin, dopamin

Tanulás és emlékezés

A tanulás a változó környezethez való alkalmazkodást teszi lehetővé (5. ábra). Ennek során az idegsejtek, az ideghálózatok szintjén a szinaptikus hatékonyság változik, vagyis változik a szinapszis erőssége.

Az ún. hosszú távú **szinaptikus plaszticitásról** először 1973-ban számoltak be. A nyúl agyát (hippocampus) tanulmányozva a kutatók felfedezték, hogy a szinapszisok gyors és ismételt aktiválása erősebbé tette azokat. A szinaptikus erősség tartós növekedése percekig, órákig, napokig, sőt akár évekig is fennmaradhat. A fordított jelenség, amelyben a szinapszisok hosszabb időre gyengülnek, szintén létezik. A szinapszisok ereje növelhető **vagy csökkenthető**: a nagyon aktív szinapszisok valószínűleg erősödnek, és azok, amelyek kevésbé aktívak, általában gyengébbek lesznek. A tanulás és a memória tárolásának modelljét a hosszú távú szinaptikus plaszticitás képezi: az **ismétlések,** a **társítások** sejtszinten is a tanulás és az emlékezés alapját képezhetik.

5. A rovarokra az előre programozott viselkedésminták jellemzők, de van bizonyíték a különböző rovarfajok tanulására is.

Egy újabb elmélet (2018), a dendritikus tanulás elmélete, további magyarázatokat adhat az idegsejtek működésén alapuló tanulási és emlékezési folyamatokra. Ezt mutatja be az alábbi történet:

„Liam anyja tudta, hogy a fia másképp tanul, mint más gyerekek. Liam sokáig nem ismerte az ábécét, és csak középiskolás korára tanulta azt meg. De az anyja kitalálta, hogyan taníthatja meg a fiát a szavakra. A nevével kezdte, amit felírt egy kártyára, és felmutatta a fiának. Az anya azt mondta: „LIAM", a gyermeke pedig visszamondta. Egy hétig mindennap ezt tették, amíg meg nem tanulta a feladatot. Aztán folytatták a következő szót: ANYA. Liam ugyan nem tudott értelmet adni az egyes betűknek, de megtanulta a szóképeket…

1990-ben, alig pár hónappal a második születésnapja után, Liamnek törékeny X-szindrómát diagnosztizáltak.

A betegség alapjául szolgáló biológiai háttérről nemsokára megállapították, hogy az érintettek X kromoszómája rendellenesen nagyszámú CGG-ismétléssel rendelkezik és egy adott gén (FMR1) és az erről átíródó fehérje (FMRP) az ilyen kromoszómával rendelkező embereknél nem működik. Az elmúlt negyed évszázad során a törékeny X szindrómára vonatkozó kutatások jelentősen fejlődtek, és elkezdtek egy alapvető kérdést kezelni: hogyan vezethet egy gén működésének elvesztése a tanulás, az emlékezet és a megismerés ilyen széles diszfunkciójához? A történet kiemeli az idegélettan egy lényeges aspektusát, amelyet klinikai körülmények között viszonylag alulbecsültek: nevezetesen a dendrit tüskék fontosságát és az idegi plaszticitásban (tanulás, emlékezés, gondolkodás) játszott szerepüket."

Forrás: NCBI

Fedezd fel!

Pszichológiakönyvek, tanulmányok számos módszert mutatnak be, amelyekkel a tanulást és a memóriát javítani lehet. Keress tanulási módszereket, memóriajavító feladatokat és oszd meg társaiddal!

H. M. 27 éves szerelőmunkás, súlyos, kezelhetetlen halántéklebenyi epilepsziás rohamoktól szenvedett. Az idegsebészek mindkét oldalon eltávolították a halántéklebenyének középső részét. Rohamai jócskán enyhültek, ám nyomban a műtét után képtelenné vált az újabb emléknyomok rögzítésére, de nem esett vissza a mozgással kapcsolatos újabb képességek elsajátításában. H. M. nem vesztette el a korábban rögzült tartós emlékeit, intelligenciahányadosa is az átlag fölötti maradt.

H. M. az egyik legtöbbet vizsgált beteg volt a világon, de semmire sem emlékezett, az őt felkereső majdnem száz kutatóra és az évtizedekig tartó memóriatesztekre sem.

A viselkedéskutatók átlátták, hogy a halántéklebeny-károsodást szenvedett betegek vizsgálata során felvetődött tanulási folyamatok pszichológiai szempontból lényegesen különböznek egymástól, éspedig abban, hogy az illető miként szerzi meg a tudást. Az egyik tanulási forma gyors, akár egyetlen próbálkozás is sikerre vezethet (explicit tanulás). A másik tanulási forma lassú, és általában hosszas ismétlés, illetve gyakorlás után hoz eredményt (implicit tanulás).

Következtess!

Az agy egy meghatározott helyéhez kötött az emléknyom rögzülése vagy több helyéhez?

Emlékszel?

Az emlékezés, a memória az a képesség, amellyel össze tudjuk kapcsolni a múltat a jelennel. Eseményeket és élményeket kapcsol össze, általa tudjuk felépíteni családunk és saját történetünket. A tanulás és az emlékezés alapvető folyamatainak megismerése abban is segíthet, hogy ezeket a képességeinket fejlesszük.

Az emlékezés szakaszai:

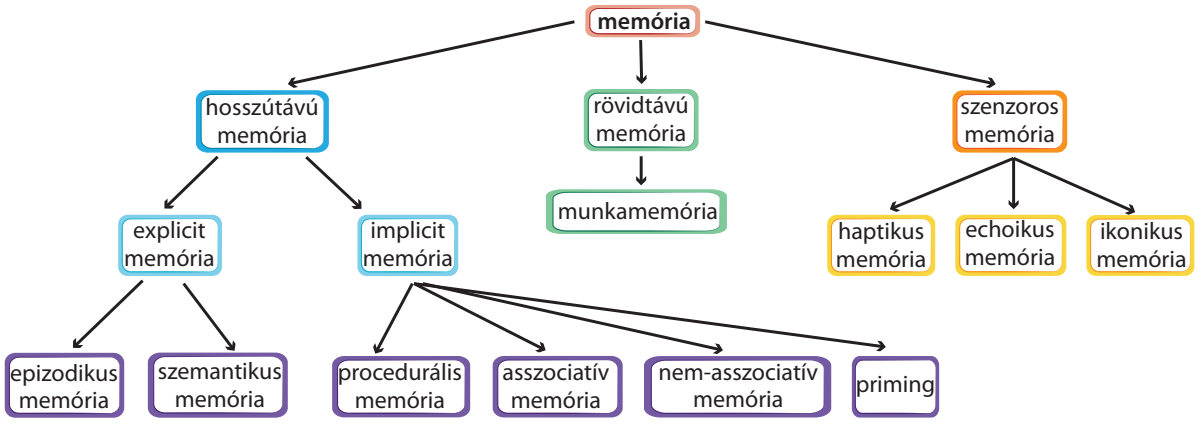
1. Az információfeldolgozás folyamata alapján:
   - **Kódolás:** A külső inger (pl. hang) átalakul elektromos jellé, ami rögzül. A folyamatot befolyásolja az ismétlések száma, a motiváció (kíváncsiság, érdeklődés), a korábbi tapasztalatok, az érzékszervi társítások, a megértés.
   - **Tárolás:** A kódolt információ megőrzése rövid vagy hosszabb időre.
   - **Előhívás:** Az emlékek tudatba helyezése. A tudatot, mint állapotot, az agy információkat integráló (rendszerbe illesztő) működésének, gondolkodási képességének definiáljuk, melyhez a nagyagykéreg különböző részeinek funkcionális kapcsoltsága szükséges.

2. Időtartam alapján:
   - Egy másodpercnél rövidebb ideig tartó, de nagy kapacitással rendelkező: **szenzoros memória.** Azt a képességet jelenti, hogy az érzékszerveken át kapott információkat az inger megszűnte után is meg tudjuk tartani, ez az észlelés utáni 200-800 milliszekundumot fedi le.

6. Vannak olyan emberek, akik nem tehetnek róla, hogy nem emlékeznek például arcokra (prozopagnózia, arcfelismerési zavar)

Fedezd fel!

Keress tanulási módszereket, memóriajavító feladatokat és oszd meg társaiddal!



7. A memória különféle formáinak rendszere

– Az információ ezután átkerül a **rövid távú memóriába**, amely néhány másodpercig tartó tárolást biztosít.
– A **munkamemória** agyunk olyan képessége, amellyel az információk átmeneti tárolását végezzük, a független információforrásokat összekapcsoljuk egymással, fenntartjuk az információt a következtetés, megértés, tanulás ideje alatt. Olyan aktív rendszer, melyben nemcsak tároljuk az információt, hanem műveleteket is végzünk vele.
– A **hosszú távú memória** napok, évek távlatában őríz információkat.

3. Tartalma alapján a hosszú távú memória:
– Az explicit vagy **deklaratív memória** tényszerű adatok (nevek, helyek, tárgyak, események dátumok) tudatos felismerését vagy felidézését biztosítja. Típusai:
  • **szemantikus** (jelentéstani) memória: A világról és önmagunkról való tudás (Mi Spanyolország fővárosának neve? Mi a legjobb barátom kedvenc filmje?)
  • **epizódikus** memória: Eseményekre vonatkozó emlékezet. (Emlékszem, hogy tavaly nyáron merre jártam)
– Az implicit vagy **nem-deklaratív** memória a készségek tárolására és nem tudatos aktiválásukért szolgál, tehát az előhívás tudatosság nélkül, automatikusan történik (motoros készségek pl. biciklizés, zenélés, társításos tanulással szerzett tapasztalatok).

Fedezd fel!

Keresd meg a 7. ábra szövegben nem definiált memóriatípusait, ismertesd példákkal!

Tudatmódosító szerek

A tudatmódosító vagy **pszichoaktív szerek** azok a természetes vagy mesterséges anyagok, amelyek az emberi szervezetbe kerülve a központi idegrendszerre hatva megváltoztatják annak működését, funkcióját. Izgalmi vagy lehangolt állapotot okoznak, hallucinációkat váltanak ki, motoros, ítélőképességbeli, magatartásbeli, felfogóképességi, tudati zavarokat idéznek elő.

A pszichoaktív szerek tartós (krónikus) használata gyakran okoz **pszichés és fizikai függőséget**. Kialakulásának következménye, hogy a folyamatos használat abbahagyása **elvonási tüneteket** vált ki. A köznyelvben a tudatmódosító, pszichoaktív szerekre gyakran használják a kábítószer, illetve drog kifejezést. A kábítószer jogi értelemben véve azokat a tiltott szereket jelenti, melyek használatát a törvény tiltja. A kábítószer jelentése az orvosi szaknyelvben leginkább a kábító hatású fájdalomcsillapítókra vonatkozik. Ezeknek igen jelentős terápiás hatásuk van, de használatuk során fennáll a függőség kialakulásának veszélye.

Alkoss véleményt! Vitázz!

Bűncselekmény vagy egészségügyi probléma a drogfogyasztás?

Szervezzetek vitát, és a tanult információkat felhasználva érveljetek!

Az abúzus vagy toxikománia a gyógyszerekkel és egyéb anyagokkal való visszaélést jelenti.

Függőség (addikció, dependencia, szenvedélybetegség): azokat a visszatérően ismétlődő viselkedésformákat, szokásokat nevezzük így, amelyeket valaki kényszeresen újra és újra végrehajt, s amelyek a személyre – és többnyire környezetére is – káros következményekkel járnak. Megkülönböztetünk kémiai és viselkedési függőséget is.

Közös jellemzőik:

- Kényszeresség.
- A viselkedés feletti kontroll elvesztése.
- Az élet egyéb dolgai elveszítik jelentőségüket, örömszerző jellegüket (8. ábra).
- Beszűkülnek a szociális kapcsolatok
- Legfontosabb cél az anyag megszerzése

Kémiai függőség:

- Olyan vegyületek hatására alakul ki, amelyek szerkezetükben, és ezért hatásukban is, hasonlítanak az örömérzetet, eufóriát okozó kémiai anyagokra (dopamin, endorfin, szerotonin), és így az agyi receptorokat ingerelve boldogságérzetet váltanak ki.

Viselkedési függőség:

- Bizonyos cselekvések stimulálják az örömérzetet okozó anyagok termelődését az agyban. Belső késztetés alakul ki, melynek célja még több örömszerző anyag termelésére (9. ábra). Viselkedési függőség például a játékszenvedély, a munkamánia, a számítógép-függőség, az internetfüggőség, az anorexia, a testedzésfüggőség.

A **hozzászokás** a függőség egyik jellemzője. Egy adott szer ismételt használata során a használónak egyre nagyobb mennyiségre lesz szüksége ahhoz, hogy ugyanazt a hatást elérje.

A pszichoaktív szerek hatása a szinapszisok szintjén

A pszichoaktív kémiai anyagok a **szinaptikus átvitel fokozásával vagy csökkentésével** hatnak az agyra és a személyiségre.

- Azokat a gyógyszereket, amelyek növelik az ingerületátvivő anyag kibocsátását, **serkentőszereknek** nevezik, ezek növelik a szervezet izgalmi állapotát, az éberséget (10. ábra) A serkentő hatású gyógyszerek egy része utánozza a szimpatikus idegrendszer által nyújtott stimulációt (azaz „harcolj vagy menekülj” válaszokat). Serkentők például a koffein, a kokain, az amfetaminok, az ecstasy (MDMA) és a nikotin.
- Azokat a gyógyszereket, amelyek csökkentik az ingerületátvivő anyag kibocsátását, **depresszánsoknak** nevezik, ezek lassítják az agytevékenységet és ellazítják az izmokat (11. ábra). A depresszánsok csökkentik a központi idegrendszer aktivitását és alvást idézhetnek elő (nyugtatók). A nyugtatók közé tartoznak a benzodiazepinek, barbiturátok, az alkohol és a tetrahidrokannabinol (THC), a marihuána pszichoaktív összetevője.

8. Amikor már csak egyetlen dolog számít az életben

9. Sajnos egyre gyakoribb, de szerencsére egyre ismertebb is a számítógép-függőség jelensége

10. Serkentőszer hatása alatt

11. Nyugtatószer hatása alatt

Az **alkohol** többféle módon befolyásolja az agy idegsejtjeit. Megváltoztatja membránjaikat, ioncsatornáikat, enzimjeiket és receptoraikat, és közvetlenül kötődik az acetil-kolin-, a szerotonin- és a GABA-, és a glutaminsav-receptorokhoz is. A GABA általában csökkenti az idegsejtek aktivitását, és a hatás felerősödik, amikor az alkohol kötődik a GABA receptorához. A neuron aktivitása tovább csökken, ez magyarázza az alkohol nyugtató hatását.

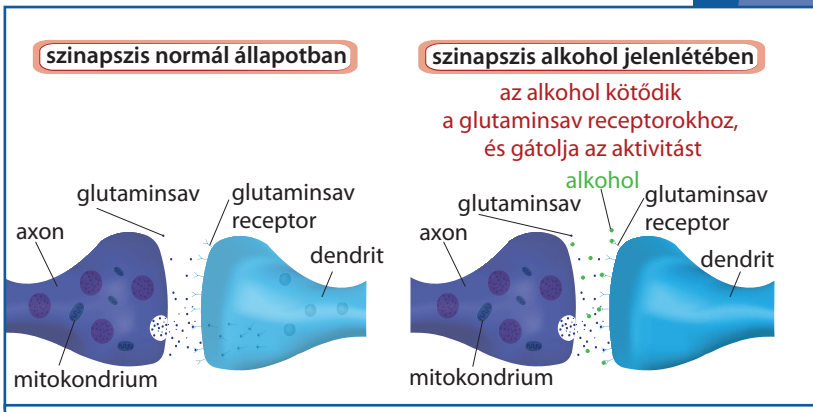
Az alkohol csökkenti a glutaminsav serkentő hatását azáltal, hogy blokkolja a glutaminsav által aktivált receptorokat. Ezekről a receptorokról ismert, hogy részt vesznek a tanulási és az emlékezési folyamatokban (12. ábra). Az alkohol a dopamin felszabadulásának növelését is segíti, ami alkoholfüggőséghez vezethet

A **koffein** az ún. adenozinreceptorhoz kötődik, amelyhez ezáltal az adenozin nem fér hozzá. Az adenozin gátolja a dopamin felszabadulását, amely így koffein hatására nagyobb mennyiségben felszabadulhat. Nagyobb idegi aktivitás, éberség lesz az eredmény. A mérsékelt kávéfogyasztás jótékony hatású, a nagyobb mennyiségű koffein bevitele veszélyes lehet. Kb. 6 óra alatt ürül ki a szervezetből. A koffein tehát átmenetileg gátolja az agy természetes, nyugtató hatású vegyületének, az adenozinnak a hatását, és ezzel megakadályozza a fáradtság jelentkezését. Ha valaki rendszeres kávéfogyasztó, és emellett krónikusan kialvatlan, egyre nagyobb adagra lesz szüksége ugyanahhoz a hatáshoz (függőség).

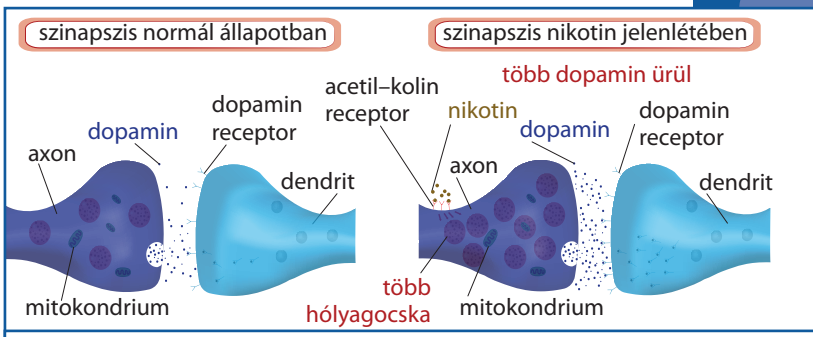
Az acetil–kolin és a nikotin kémiai hasonlósága lehetővé teszi, hogy a **nikotin** is ugyanolyan hatással legyen a receptorra. **A központi idegrendszerben** a nikotin a neuronok sejttestén lévő acetil–kolin receptorokhoz kötődik, az idegsejtek több dopamint ürítenek, mivel a jutalmazási útvonalat aktiválja, ez jó érzést illetve függőséget okoz. **A környéki idegrendszerben** hatva szűkíti az ereket, növeli a vérnyomást (13. ábra).

Az **MDMA** (extasy) fokozza a szerotonin, dopamin és a noradrenalin felszabadulását (14. ábra).

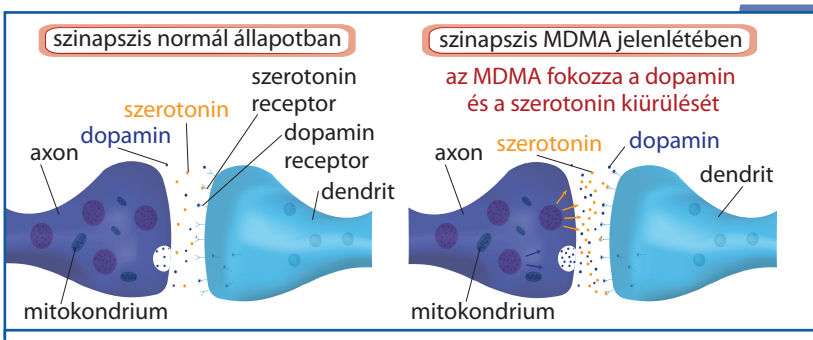
Az MDMA hosszú távú használata kóros változásokat okozhat az agy felépítésében, és kognitív károsodást eredményezhet. A szerotonint használó rendszer károsodása miatt a hosszú távú hatások funkcionális következményeiként emelkedett agresszivitás és szorongás, alvászavarok, depresszió jelentkezhetnek.



12. Az alkohol hatása a kémiai szinapszisra



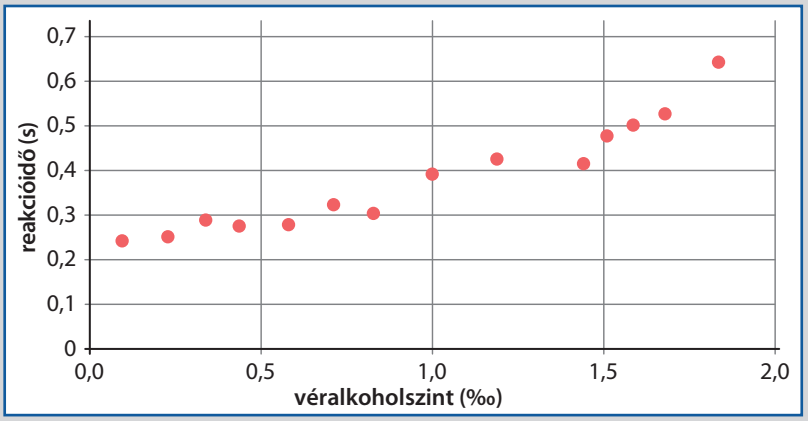
13. A nikotin hatása a kémiai szinapszisra



14. A MDMA (extasy) hatása a kémiai szinapszisra

Elemezz!

Mire lehet következtetni a grafikon alapján? A grafikon nyolc önkéntes reakcióidejét mutatja, akik különböző mennyiségű alkoholt fogyasztottak.



Keress rá!

A világhálón sok reakciótesztet találhatsz, amely bemutatja az alkohol, a fáradtság hatását. Keress rá ezekre!

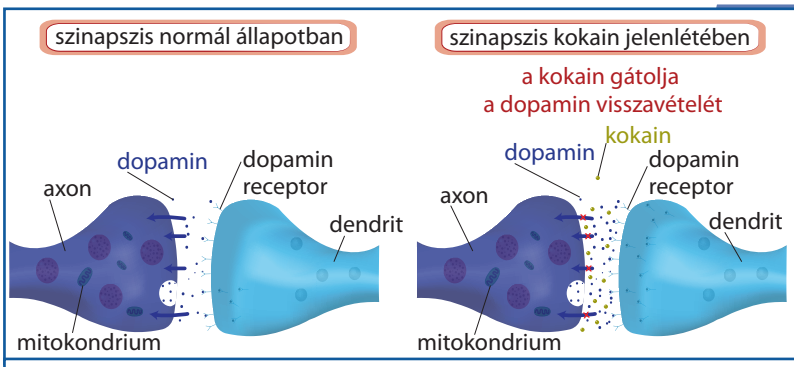
Számítsd ki!

Hány méterrel lesz hosszabb a fékút, ha valaki 1 másodperccel később nyomja le a fékpedált egy 100 km/h-s sebességnél?

A kokain gátolja a szinapszisokban a dopamin visszavételét a preszinaptikus sejtbe, ezért a neuronok közötti terekben a dopaminszint nő és hosszabb ideig hat, ami eufóriához vezet (15. ábra).

Drogteszt

Számos pszichoaktív szer kimutatható a vizeletből, a vérből, a verejtékből, a nyálból vagy a körömből, de még a haj- és szőrszálakból is. A kannabisz hatóanyaga, a THC például 7–30 napig kimutatható a vizeletben, 90 napig a hajban, 8 óráig a vérben. A THC, illetve anyagcsere-termékeinek felezési ideje 50 óra. De mivel zsírban oldódik, ezért raktározódhat a zsírsejtekben, így később, amikor valaki például fogy, felszabadulhat a zsírsejtekből. Ezért lehetséges, hogy a vizeletből a szerhasználat után akár 1–3 hónap múlva is kimutatható.



15. A kokain hatása a kémiai szinapszisra

Elemezd!

Alkossatok csoportokat! A csoportok ismertessék egy-egy tudatmódosító szer hatását! Ehhez használjátok a tankönyvi ábrákat, amelyek bemutatják, hogy a szinapszisok szintjén hogyan hat egy-egy tudatmódosító szer. Keressetek internetes animációkat!

Szinapszisnak nevezzük egy idegsejt kapcsolódását valamely más sejttel (ideg, izom), amelyen keresztül az ingerület egyik sejtről a másikra terjed. A tanulás és az emlékezés folyamatai a szinapszisok, az idegsejtek membránjának a felépítésének és működésének (szinaptikus plaszticitás, dendritikus plaszticitás) az eredményei.

Pszichoaktív szer (drog) az olyan kémiai anyag, amely megváltoztatja az idegrendszer működését, és fogyasztása biológiai mechanizmusok révén megerősítő hatású. Rendszeres használatuk függőséghez vezet. A természetes örömforrások hatását erősítik, majd megszüntetik. A pszichoaktív kémiai anyagok a szinaptikus jelátvitel fokozásával vagy csökkentésével hatnak az agy és más szervek működésére, a viselkedésre és a személyiségre.

9. Összefoglalás

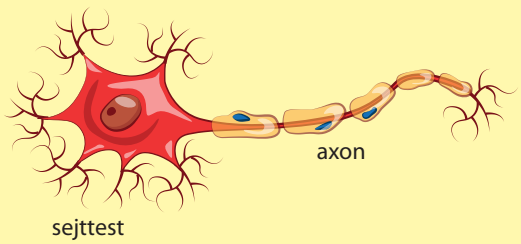
10. Az idegrendszer felépítése és működése

1. Mennyire ismerjük agyunk működését?
2. Tényleg van domináns agyfélteke?
3. Honnan lehet tudni, hogy melyik agyterületnek mi a funkciója?
4. Képes az agy regenerálódni sérülések után?

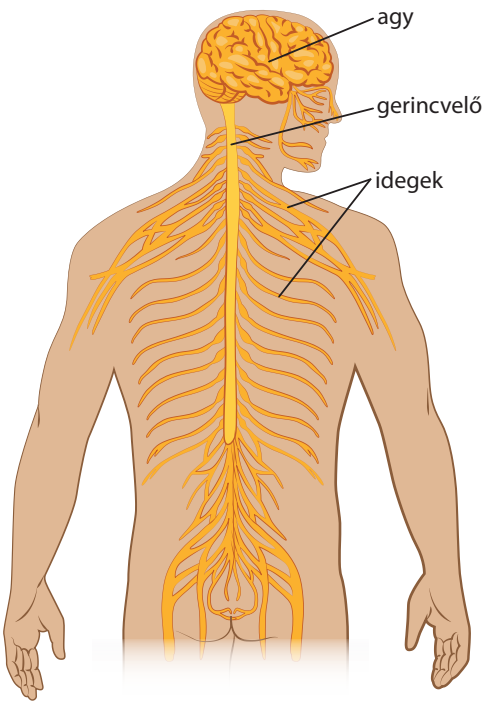
Kérdezz!

A következő két oldalt olvassátok el önállóan, és írjatok tíz kifejtendő kérdést a füzetbe, amelyeket a társaitoknak kell majd megválaszolni e tankönyvi rész tartalma alapján!

Az idegrendszerünknek többféle felosztása létezik (1-2. ábra). A **központi idegrendszert** az agy és a gerincvelő, illetve a bennük lévő magok és pályák alkotják. A **környéki idegrendszer** részei az agyidegek (12 pár), a gerincvelői idegek (31 pár) és a dúcok (érző és vegetatív).

Központi idegrendszer	Sejttestek csoportja (szürkeállomány)	Idegrostok kötegei (fehérállomány)
	kéreg és magvak	pályák
		
Környéki idegrendszer	dúc	ideg

1. Az idegrendszer részei



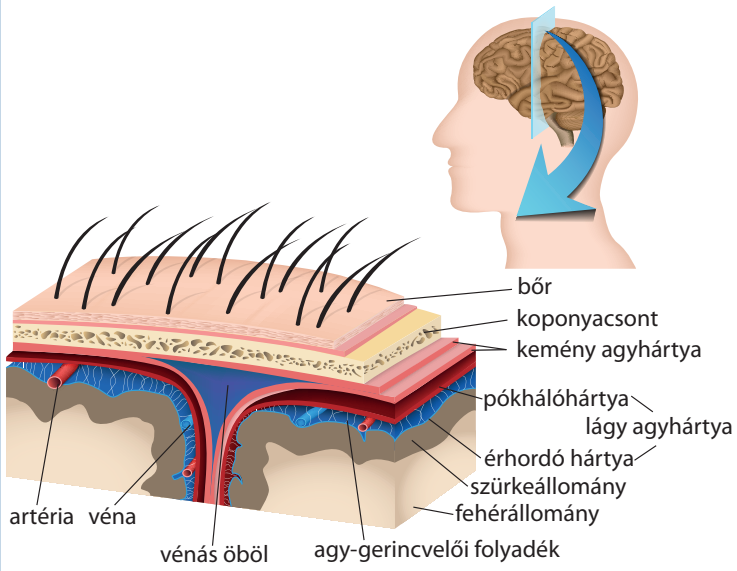
2. Az ember idegrendszere

Az agyvelő

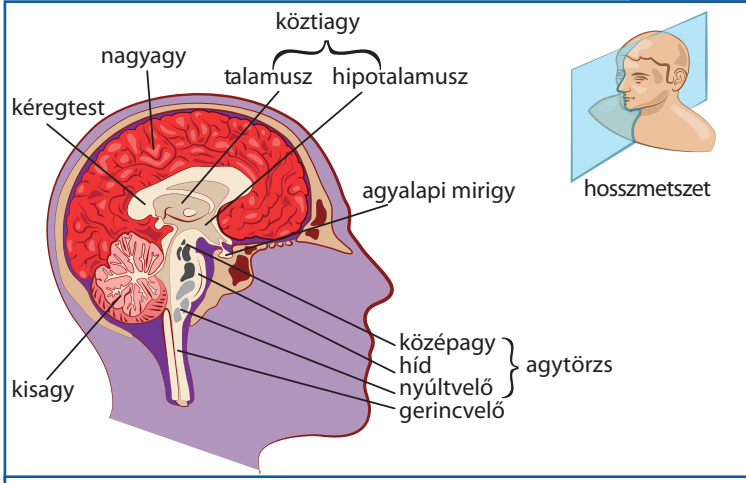
A felnőtt ember agya kb. 1400 cm^3 térfogatú, és a csontos koponyában helyezkedik el. A koponyacsontok alatt találhatók a további védelmet biztosító, az agyat burkoló hártyák. A **kemény agyhártya** a csonthártyán keresztül rögzül a koponyacsontokhoz, a **lágy agyhártyának** két rétege van: az egyik hálószerű, ezért a neve pókhálóhártya, a másik pedig ereket tartalmaz, és ráborul az agy felszínére (3. ábra). Koponyasérülés esetén az agyhártyák sérülhetnek, ami fokozottan növeli a fertőzések veszélyét.

A lágy agyhártya két rétege között kering az agy-gerincvelői folyadék. Mennyisége kb. 120–200 ml. Szerepe van az agy mechanikai védelmében, az agyszövet táplálásában, az anyagcsere-végtermékek eltávolításában és a koponyaűri nyomás fenntartásában. Az agykamrákban, a gerincvelőben és a gerincvelő körül is megtalálható.

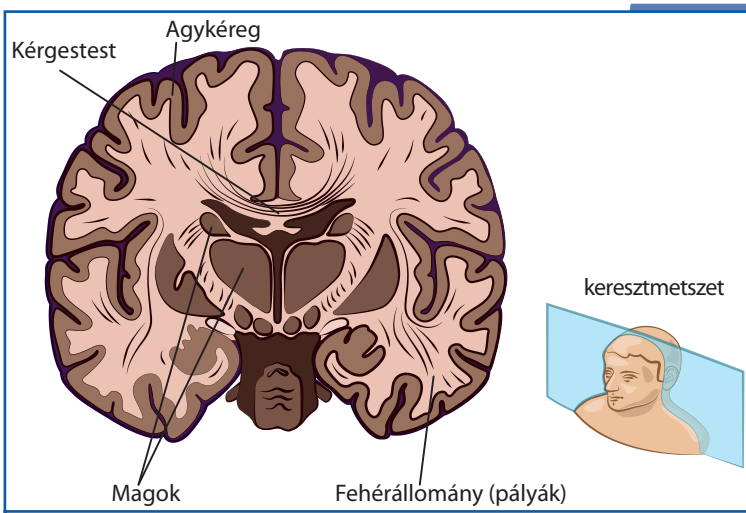
Az agy legkülső rétege az **agykéreg,** ami jellemző elrendeződésű gyűrődéseket mutat. Ezen gyűrődések domborulatait hívjuk **agytekervényeknek**, a köztük levő mélyedések pedig az agybarázdák (4–5. ábra). Az agykéreg főként idegsejtekből áll, a kéreg alatti fehérállomány pályákat tartalmaz, de magokba rendeződött sejtcsoportokat is találunk itt, amelyeket együttesen **kéreg alatti magvaknak** hívunk.



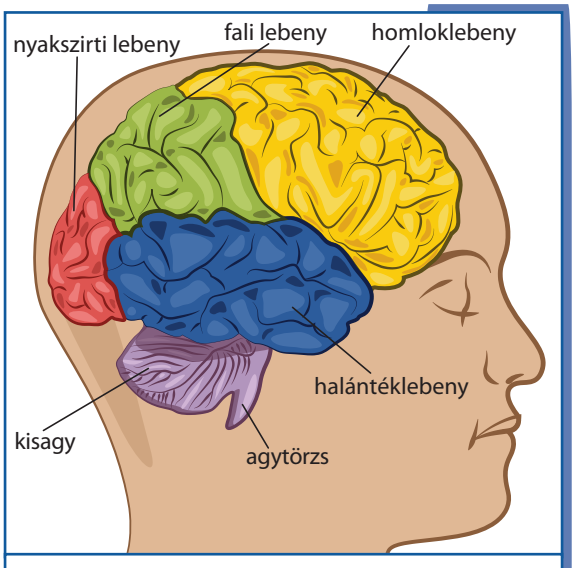
3. Az agy védelmi rendszere



4. Az agy hosszmetszete



5. Az agy keresztmetszete



6. Az agykérgi területeket az egyes koponyacsontoknak megfelelően is feloszthatjuk.

Helytelen következtetés?

1861-ben Paul Broca francia sebész és anatómus két betegről számolt be, akik elvesztették a beszédképességüket. Az egyik beteg csak öt szót tudott kimondani, a másik csak egyet. Haláluk után Broca megvizsgálta az agyukat, és észrevette, hogy mindkettőjük sérülése a bal oldali homloklebeny területén lévő régióban van, amit ma is Broca-területnek neveznek. Az újabb képalkotó technikák segítették a kutatókat abban, hogy felfedezzék, amit Broca nem láthatott. A beszéd nemcsak a bal oldali agyféltekéhez, hanem más agyterületekhez is köthető, ezeknek szerepük van a beszéd megértésében és a beszédmozgatásban. Ez azért különösen fontos, mert az újabb ismeretek a gyógyítás lehetséges útjait is befolyásolják.

Ítéld meg!

Szerinted Broca következtetései hogyan hatottak az agykutatásra? Előnyösen, hátrányosan?

Agykéreg

Az idegrendszer egyrészt arra feladatra alakult ki, hogy a környezet változásaira minél gyorsabban reagálhasson az élőlény. Ezzel párhuzamosan a legmagasabb szintű idegi működésekért felelős agykéreg felülete is – az egyre kifejezettebbé váló barázdáltság miatt – egyre nagyobb lett. Az agykéreg vastagsága 1,5–5 mm között változik. Az agykéreg túlnyomó részét a **neocortex** képezi (neo = új, cortex = kéreg). Ez evolúció során később kialakult emlősökre jellemző, ez **hatrétegű,** az **ősibb** eredetű agykérgi területek (pl. a halántéklebenyben található hippocampus) **háromrétegű.** A kéreg legsajátosabb sejttípusa a felszínre merőleges irányú piramissejt (7. ábra). Csúcsi dendritje és alapi dendritjei különíthetők el. Az axon a sejttest alapjának közepén indul a mélyebb rétegek, illetve a fehérállomány irányába.

7. Piramissejtek

Melyik agyfélteke a domináns?

Egyes agyi funkciók inkább az agy egyik oldalán helyezkednek el, mint a másikon. Ezt részben csak az egyik agyféltekét érintő agyvérzés utáni funkciókiesésekből tudjuk. A jobb agyfélnek vannak olyan területei, amelyek a bal oldali testfél mozgásait irányítják (és fordítva). Az agy elülső részének károsodása a motiváció csökkenésével, a tervezési nehézségekkel és a kreativitás romlásával jár. Eközben az agy hátsó, nyakszirti része integrálja a szem vizuális információit. Ennek a területnek a károsodása részleges vagy teljes vakságot okozhat.

Több egyéni személyiségjegy, például kreativitás, racionalitás, intuitív irányultság esetében kevéssé, vagy egyáltalán nem volt bizonyíték arra, hogy az agy mindkét, vagy csak az egyik oldali területéhez köthető. A Utah-i Egyetem 2013-as tanulmánya szerint az agyi vizsgálatok azt mutatják, hogy a tevékenység az agy mindkét oldalán hasonló, személyiségétől függetlenül. Még mindig nem tudunk sokat arról, hogy mi határozza meg az egyéniséget, de valószínűtlennek tűnik, hogy az egyik vagy másik agyfélteke dominanciája.

Fedezd fel!

A világhálón elérhetők olyan online programok, amelyek segítségével különböző síkokban és mélységben betekinthetsz az agyba. Keress rá, oszd meg társaiddal!

Az agy és az intelligencia

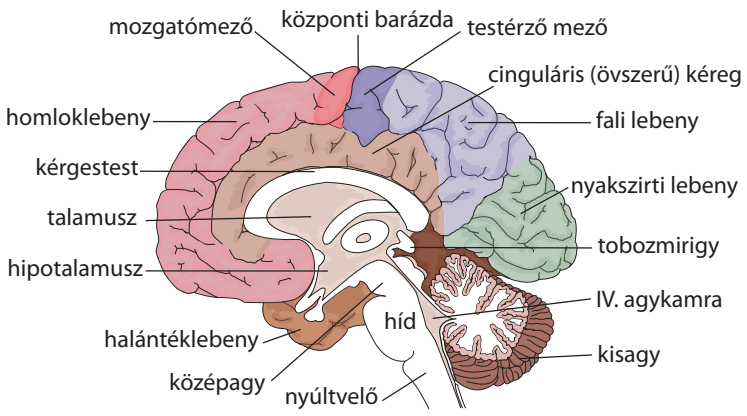
Az agyi tulajdonságok és az intelligencia közötti összefüggés egyik lehetséges magyarázata az agykérgi neuronok száma, az idegsejtek sűrűsége, az idegsejtek közötti távolság és az axonok vezetési sebességének kombinációján alapszik. A legmagasabb általános információfeldolgozási kapacitás (IPC) az embereknél található, ezt követik az emberszabású majmok.

	Agyi terület	Funkció
Agytörzs Agytörzsi hálózatos állomány = az agyidegmagok és a fel- és leszállópályák közti összeköttetéseikből jön létre	nyúltvelő	*a)* érszűkítő központ (vérnyomásemelő) *b)* értágító központ (vérnyomáscsökkentő) *c)* alsó légzőközpont (belégzés megindítása és leállítása) *d)* nyelés, hányás, köhögés, tüsszentés (nyálkahártyareflexek) központja *e)* IX., X., XI. és a XII. agyidegek magjainak helye *f)* mozgató- és érzőpályák kereszteződési helye *g)* szerotonin- és noradrenalintartalmú magok
	híd	*a)* felső légzőközpont *b)* az V., VI., VII. és a VIII. agyidegek magjainak helye *c)* agykérgi aktiváló rendszer egyik kiindulási helye
	középagy	*a)* a III. és a IV. agyidegek magjainak helye *b)* pupillareflex agytörzsi központja *c)* agykérgi aktiváló rendszer egyik kiindulási helye *d)* az izomtónus és mozgás szabályozásában vesz részt
Köztiagy	talamusz	Ez az agyterület szolgáltatja a legfontosabb bemeneteket az agykéreg számára, mely az érzékelésért, mozgások kivitelezésért vagy a gondolkodásért felelős. Minden agykérgi terület, legyen az érző-, mozgató- vagy asszociációs, mind reciprok (oda-vissza) kapcsolatban áll ezzel az agyterülettel. Érzékelési szűrőrendszer. Az érzékszervek által közvetített információkat fogadja, szűri, és ezek egy részét a homloklebeny elülső részébe (a tudatos érzelmi döntések központjába) továbbítja. Az autizmus spektrumzavar legfőbb jellemzője az érzékelési szűrők nem megfelelő működéséből eredő folyamatos szenzoros túlterheltség.
	hipotalamusz	*a)* éhség-jólakottság központ *b)* fűtő-hűtő központ, láz *c)* oxitocin, vazopresszin (ADH) hormonok termelése *d)* cirkadián (napi) ritmus magcsoportjai
	tobozmirigy	A melatonin nevű hormont termeli, a cirkadián (napi) ritmus fenntartásában van fontos szerepe.
	kérgestest	A kétoldali agyféltekét összekötő fehérállomány.
	kisagy	Az elindult mozgást koordinálja. Az egyensúly megtartásában játszik szerepet.
	agykamrák	Agy-gerincvelői folyadékot tartalmaznak.
	homloklebeny	Testmozgató és beszédmozgató központot tartalmazó agylebeny. A kognitív működés fő központja
	fali lebeny	A testérzetek agykérgi központja. Az ízérzékelés központja.
	nyakszirtlebeny	Agykérgi látóközpont.
	halántéklebeny	Agykérgi hallóközpont.
	limbikus rendszer	A memória (hippokampusz) és az érzelmi reakciók (mandulamag) kialakításában játszik szerepet. A szaglás egyik központja. A rendszer részei még a talamusz, hipotalamusz, kéreg alatti magvak stb.

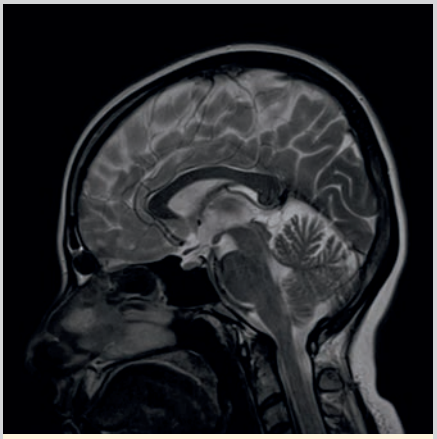
Nézz utána!

A legújabb agyi képalkotó eljárások hatékonyan segítik az egyes agyterületek funkcióinak feltárását. Ilyen például az MRI, illetve a PET CT.

Keress információkat ezek működési elvéről! Készíts rövid összehasonlítást ezek működési elvéről és alkalmazási lehetőségeiről!



Az agy nyílirányú metszetén található fontosabb területek



Az agy MRI-felvétele

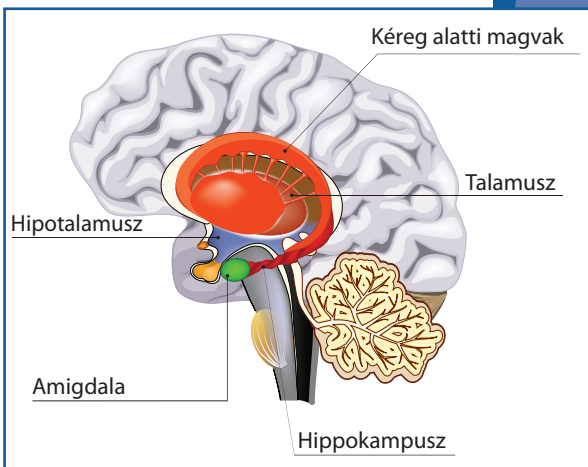
A limbikus rendszer

Az agynak ez a része a viselkedési és **érzelmi válaszaink kialakításában** vesz részt, különösen akkor, ha a túléléshez szükséges viselkedésről van szó. (8. ábra).

A limbikus rendszer része a **hippokampusz** (hippocampus), ennek fontos szerepe a **memória kialakítása.** Az epizódikus emlékeink itt formálódnak és katalogizálódnak. Hosszú távon az agykéreg más részein tárolódnak. A hippokampuszban létrejött kapcsolatok segítenek abban is, hogy az emlékeket különféle érzetekkel társítsuk (itt alakul ki például a karácsony és a mézeskalács illata közötti kapcsolat). Fontos a térbeli tájékozódás és a világban való eligazodás képessége szempontjából is.

A limbikus rendszer másik része az **amigdala,** azaz a mandula alakú mag. Központi szerepet játszik az **érzelmi reakcióinkban,** mint például az öröm, a félelem, a szorongás és a harag.

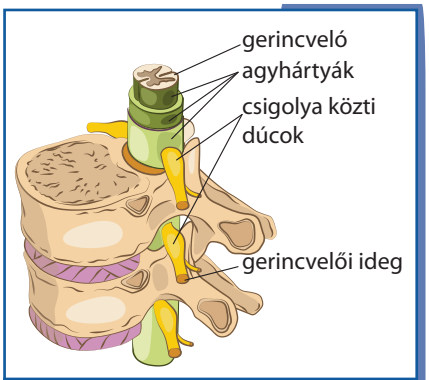
Az agykutatók olyan új típusú receptorokat azonosítottak itt, amelyek a szorongás elleni gyógyszerek kifejlesztésénél hasznosíthatók.



8. A limbikus rendszer tagjai és elhelyezkedésük

A gerincvelő

A csigolyalyukak által alkotott **gerinccsatornában** helyezkedik el (9. ábra). Ujjnyi vastagságú szerv, felnőtt emberben kb. 40–45 cm hosszú, és fejlődéstani okok miatt (hossznövekedése nem tud lépést tartani a gerinc növekedésével) az ágyéki 1–2. csigolyák szintjéig tart. Kívülről az agyhártyáknak megfelelő rétegek borítják. A gerincvelő körül és a gerincvelőben is agy-gerincvelői folyadék áramlik. A gerincvelői szakaszok elnevezése megegyezik a csigolyák alkotta gerincoszlop szakaszainak nevével. A gerincvelőből **31 pár gerincvelői ideg** lép ki és idegzi be a szerveket. A gerincvelő ennek megfelelően

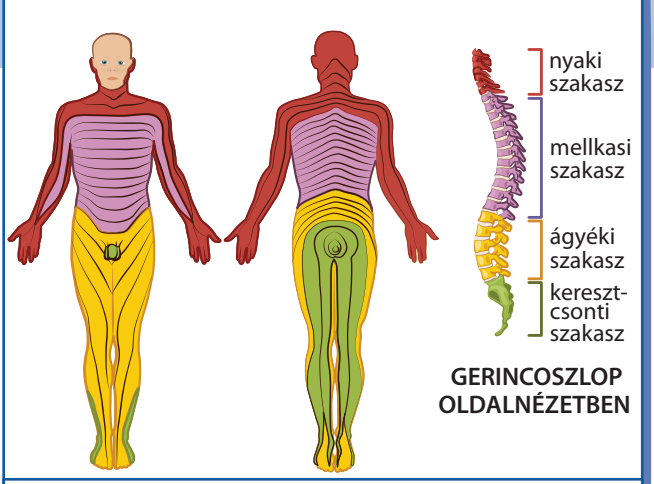


9. A gerincvelő elhelyezkedése

szelvényezett szerv: a nyaki szakasz 8 szelvényből áll, továbbá van 12 mellkasi, 5 ágyéki, 5 keresztcsonti és emberben csupán 1 csökevényes farki szelvény (10. ábra).

A szürkeállományon kívül található az idegsejtek nyúlványaiból álló fehérállomány. A **hátsó kötegben** az agyba menő felszállópályák vannak. Az **elülső köteg** az agyból jövő leszállópályákat tartalmazza. Az **oldalsó kötegben** felszálló- és leszállópályák egyaránt megtalálhatók.

A gerincvelőbe a **hátsó gyökéren** keresztül lépnek be az érzőidegsejtek nyúlványai, a mozgatóidegsejtek axonjai pedig az **elülső gyökéren** át lépnek ki. Az érző- és mozgatórostok közös, kevert ideget alkotnak (11. ábra).



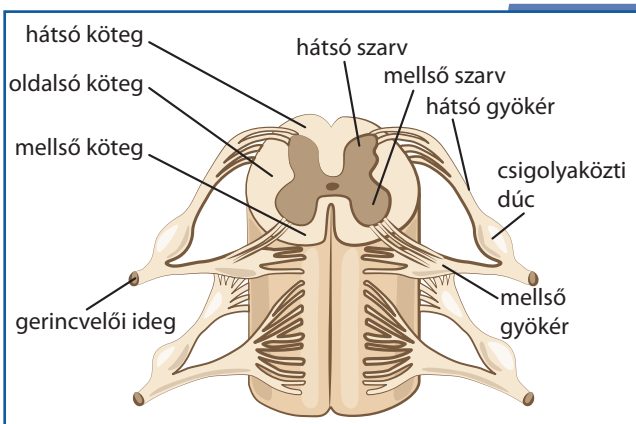
10. A gerincvelő szelvényezettsége a testfelület beidegzésében is megmutatkozik

A gerincvelő feladatai

– **reflexközpont** (szomatikus és vegetatív)
– **összekötő szerepe van** a szervek és az agy között
– szervek **mozgató- és érzőbeidegzése** a gerincvelői idegek által

Nézz utána!

Orvosi vizsgálatokhoz hol, melyik csigolyák között vesznek agy-gerincvelő folyadékot? Miért pont ott? Mi a célja ennek a vizsgálatnak?



11. A gerincvelő felépítése

A központi idegrendszert az agyvelő és a gerincvelő alkotja. Az agyvelőben kívül a szürkeállomány belül a fehérállomány (pályák) helyezkedik el.

Az agyvelő lebenyei más-más funkciók központjai: a homloklebeny a kognitív és mozgató működésekben, a halántéklebeny hallásban és a memória kialakításában, a nyakszirtlebeny a látásban, a fali lebeny a testérző funkciókban játszik központi szerepet.

Az agytörzsben a légzés, a keringés, az alvás-ébrenlét szabályozásában szerepet játszó neuroncsoportok találhatók.

A hipotalamusz az éhség-jólakottság, a fütő-hűtő központokat tartalmazza valamint oxitocin és vazopresszin (ADH) hormonokat termel.

A talamusz képezi az agykéreg egyik fő bemeneti idegsejtcsoportját, a mozgások szabályozásában is fontos szerepe van.

A tobozmirigy a hipotalamusszal együtt a cirkadián („napi") ritmus fenntartásában játszik fontos szerepet.

A kisagy mozgáskoordinációs központ.

A gerincvelő fontos reflexközpont és összeköttetést biztosít a szervek és a felsőbb idegrendszeri központok között.

10. Összefoglalás

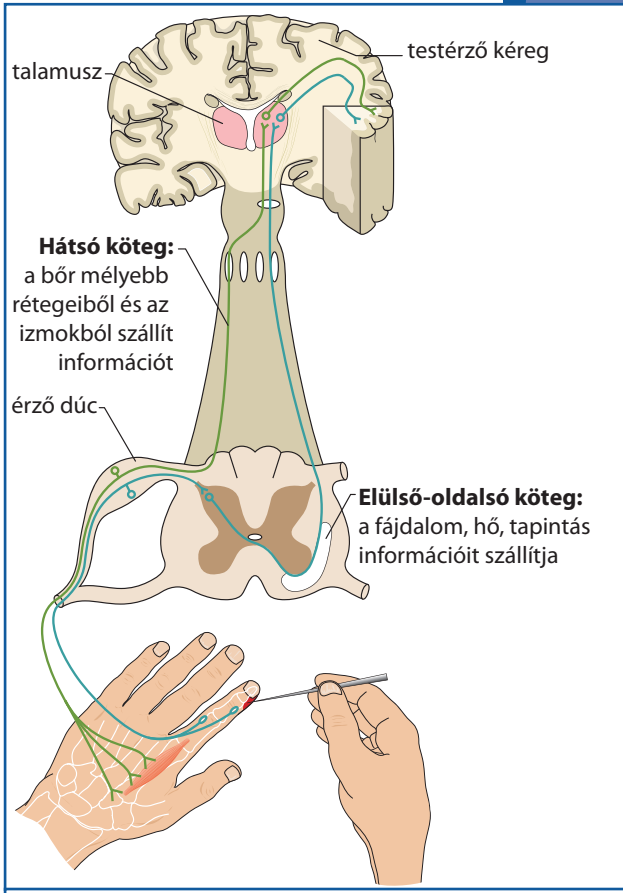
11. Érzékelés és mozgásszabályozás

1. Miért jobbkezes az emberek többsége?
2. Hogyan adja ki a parancsot az agy a mozgásra?
3. Mi az a fantomfájdalom?
4. Mi történik azokkal, aki nem tudják érzékelni a fájdalmat?

Az orvostudomány megalapítójának tartott ókori görög orvos, Hippokratész szerint „A fájdalom az élet házőrző kutyája". Ennek az idézetnek az a biológiai alapja, hogy a fájdalom fontos információt közvetít: valahol szöveti károsodás lépett fel. Fájdalmat okozhatnak mechanikai behatások, vegyszerek, extrém hőhatások, amelyeket fájdalomérző receptorok érzékelnek. Ezek a receptorok lényegében az érzőidegsejtek módosult **csupasz axonvégződései**. (a sérülést kiváltó ártalom érzékeléséhez a jeleket felerősítő érzékhámsejtekre nincs szükség).

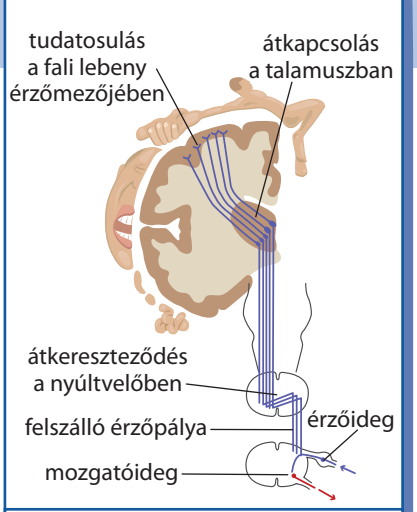
A szövetkárosodás különféle folyamatokat indít el, amelyek fenntartják és felerősítik a fájdalmat. Ismételt ingerekkel az elsődleges érzőidegsejt ingerküszöbe fokozatosan csökken, így a normálisan ártalmatlan ingerek fájdalmassá válnak. Az **érzőidegsejtek** nyúlványai a **gerincvelőbe** vezetik a jelet, ahol átkapcsolódnak, majd az interneuronok axonjai a gerincvelő ellenkező oldalán a fehérállományban felszállópályát alkotnak. A **talamusz** a fájdalomérző pályának is átkapcsolási helye, ahol előzetes információfeldolgozás is történik, majd a jel innen az **agykéregbe** jut (1. ábra). Lényegében ugyanezen az úton jut az információ az agyba a hő- vagy tapintásérző receptorokból is. A talamuszba érkező információk feldolgozása után a jelek egy része a **testérző kéregbe** (fali lebeny) jut, ahol a szervek agykérgi képviselete található.

A fájdalominformációk másik része a talamuszból a **limbikus rendszerbe** jut, ahol az érzelmi hatásokkal együtt fájdalomra bekövetkező **viselkedési válaszok** (ijedtség, düh) szerveződnek. Az **agytörzs** és a **hipotalamusz** is válaszol a fájdalomra. Az agytörzsből kiinduló pályák a gerincvelőbe jutnak, és az érzőneuronok gátlásával csökkentik a fájdalmat.



1. A fájdalomérzet útja a bőr érzőidegsejtjeitől az agykéregig

A mélyreceptorokból (pl. a bőr mélyebb rétegeiből és az izmok receptoraiból) kiinduló információkat szállító pályák nyúltvelői szinten **kereszteződnek** át, és szintén az ellenoldali agykéregben végződnek. Összefoglalva: a bal oldali testfél érzőinformációi a jobb oldali agyféltekébe jutnak, és fordítva (2. ábra).



2. Az egyes testrészek bőr- és izomreceptoraiból felszálló érzőpályák képviselete az agykéregben

A fájdalomcsillapítás

A fájdalom csökkentése elsősorban a (szöveti sérülés során fellépő) gyulladásos folyamatok gátlásával érhető el. A gyulladás eredményeként ún. prosztaglandinok keletkeznek, amelyeknek kiemelkedő a szerepük a fájdalom (továbbá a láz) kialakulásában. Egyes gyógyszerek azokat az enzimeket gátolják, amelyek elősegítik a prosztaglandinok képződését. Más fájdalomcsillapító gyógyszerek, pl. a kábító hatású ópioid-fájdalomcsillapítók a gerincvelő és az agy már említett speciális idegsejtjeire hatva fejtik ki hatásukat.

Kísérletezz!

Első kísérlet:

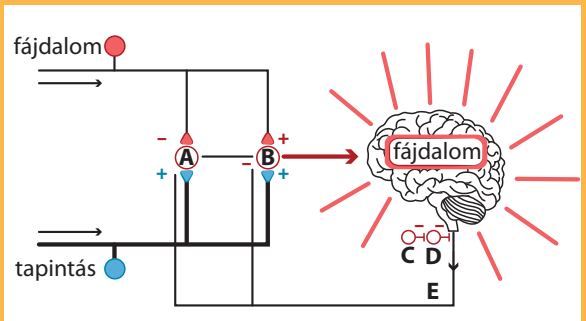
Tölts egy nagyobb edénybe 20 °C-os vizet. Először engedj hideg vizet a kezedre, majd tedd a 20 °C-os edénybe! Utána engedj meleg vizet a kezedre, majd tedd a 20 °C-os edénybe! Mit tapasztalsz? Melyik esetben milyen hőmérsékletűnek érzed a 20 °C-os vizet? Mire következtethetsz a kísérlet tapasztalatai alapján a hőreceptorok működésével kapcsolatban?

Második kísérlet:

Két hegyes ceruzát tegyél egymás mellé szorosan, majd kérd meg a társadat, csukja be a szemét! A dupla ceruzaheggyel érintsd meg az egyik ujjbegyét, majd a könyökét, és kérdezd meg, hány ceruzahegy szúrását érezte. Magyarázzátok meg a különbséget!

Elemezz!

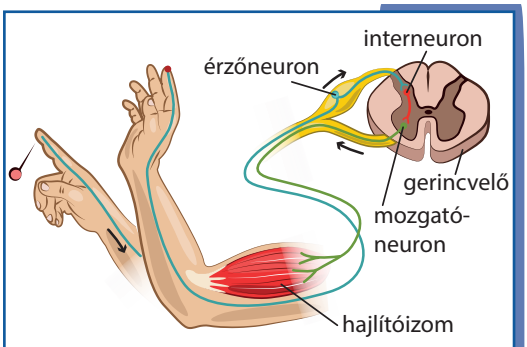
Kapcsold össze az alábbi ábrát az eddig leírt tartalmakkal és a fájdalomkapu elméletével!



A reflexek

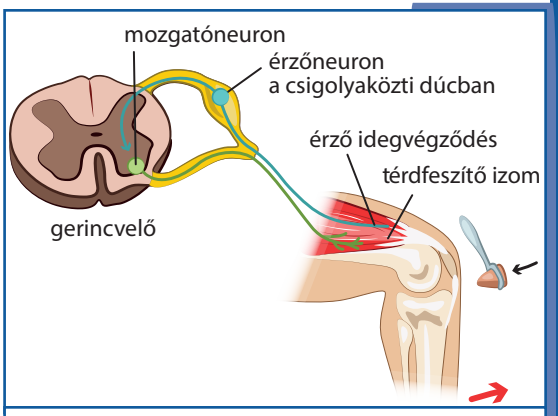
A fájdalmat nemcsak érzékeljük, hanem reflexekkel védekezünk is a fájdalmat kiváltó ingerek ellen. A (3. ábrán) egy bőr eredetű védekezőreflex reflexívét láthatjuk, amely gerincvelői szinten zajlik le. A **reflexív** tagjai: **receptor,** amely a csigolyaközti dúcban elhelyezkedő érzőidegsejt bőrben lévő végződése, **érzőidegsejt, interneuron, mozgatóneuron**.

A **térdreflex** izomeredetű, szomatikus gerincvelői reflex. A jel terjedésének egyszerűsített útvonala: receptor (izomorsó, ínorsó) →



3. A gerincvelő védekezőreflexe

érzőidegsejt → mozgató idegsejt → combfeszítő izom. A receptor ingere az izom megnyúlása, ugyanis a receptor egy izomrostokra tekeredett idegvégződés (izomorsó). Egy hasonlattal élve: úgy kell elképzelni, mintha az izomorsó egy rúgó lenne, amelyet az ínra való ütéssel mechanikailag megnyújtunk, Az **izomorsóból** az ingerület a **gerincvelőbe** jut és ennek hatására a combfeszítő izom összehúzódik, de ekkor a rúgó is rövidül és ezzel megszűnik a jelzés (4. ábra). Ha egy feszítő izom összehúzódik, akkor a hajlító nem, ezért egy gátló interneuron által a combhajlító izmot beidegző mozgató neuron gátlás alá kerül. Az agyból érkező leszálló pályák a gerincvelői mozgató neuronokon keresztül beállíthatják a receptor, illetve az izom megfelelő feszülési állapotát, **izomtónusát.** A felsőbb mozgató központok sérülése esetén a normális izomtónus megváltozik. A térdreflex funkciója az izom túlzott megnyúlása (így az izomszakadás) elleni védelem, illetve lehetővé teszi a megfelelő testtartást (reflex). A reflex „antigravitációs" jelzője onnan ered, hogy testünk álló helyzetben a gravitáció hatására (saját súlyánál fogva) az ízületekben megbicsaklana, ha ezt a feszítő izmok meg nem akadályoznák.

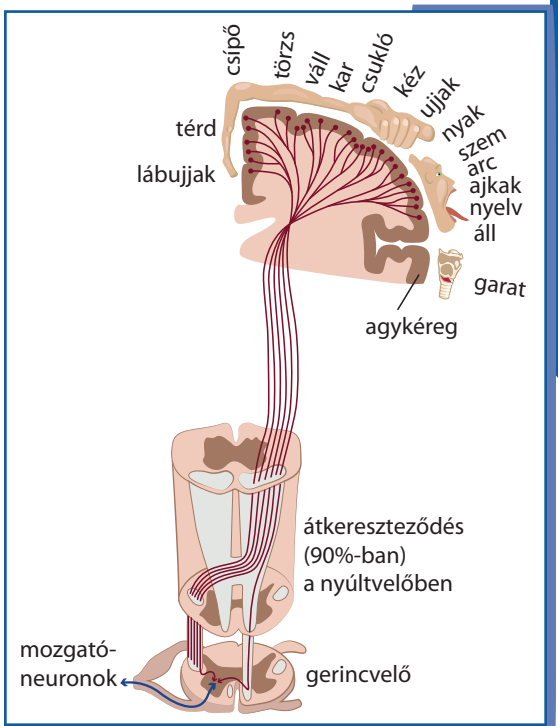


4. A térdreflex folyamata

Akaratlagos mozgás

Ha tudatosan el szeretném távolítani a kezemet egy forró tárgytól, akkor ez **piramispályákon** keresztül valósul meg. Az agykéregből (homloklebenyből) kiinduló pálya a **nyúltvelőben átkereszteződik** (ennek eredménye egy piramis alakú kiemelkedés), és közvetlenül a gerincvelő elülső szarvában elhelyezkedő mozgatóidegsejtekre jut. Így a jobb oldali agyfélteke a bal oldali testfélt irányítja, míg a bal oldali a jobbot (5. ábra). Az információáramlás gyors (kevés szinapszis). Ahogy a falilebeny érzőkérgében megtalálható a testrészek képviselete, úgy a homloklebeny mozgatókérgében is.

A piramispályán kívül más pályarendszer is részt vesz a mozgások kivitelezésében. Innen kapta a pályarendszer a nevét is: **extrapiramidális pályák** (extra = kívül). A mozgás elindítása ebben az esetben is az agykéreg homloklebenyéből indul ki, de a



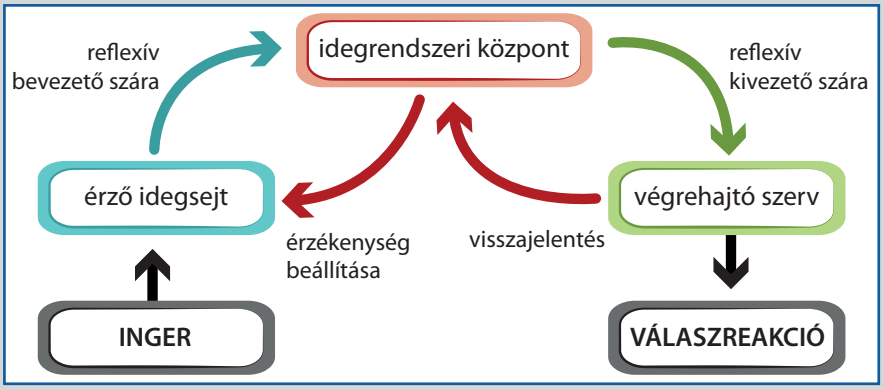
5. Az agykérgi mozgatómező és a piramispálya

Gondolkozz!

Fogalmazd meg saját szavaiddal a különbséget a reflexív (piros nyilak) és a reflexkör (kék/zöld nyilak is) között.

Következtess!

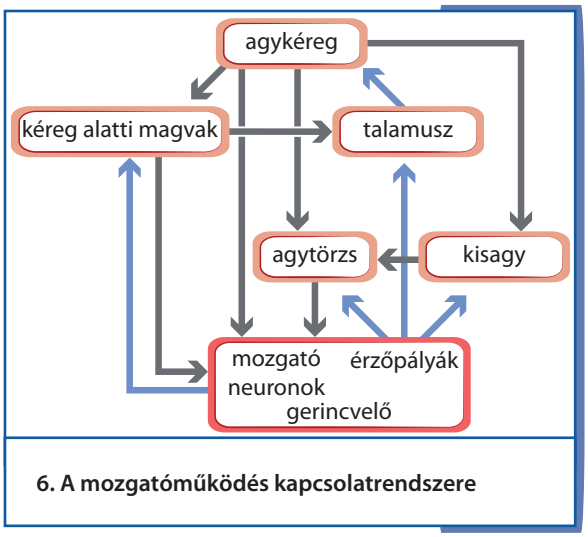
Alkalmazd a térdreflexre reflexív és reflexkör elemeit és folyamatait



kéreg alatti magvaknak, az **agytörzsnek**, a **talamusznak** is nagy szerepe van a mozgások kialakításában, így az agykéreg felszabadul a további munka alól (6. ábra).

A **piramispálya** az **akaratlagos,** tudatosan ellenőrzött, **gyors** (kevés szinapszison alapuló), **nem betanult** mozgások kivitelezésében, míg az **extrapiramidális** a már **betanult, durvább** (nagyobb izomtömeget igénybe vevő) mozgásokban, valamint az **önkéntelen mozgások gátlásában** vesz részt. A mozgás beindítása ennél a pályarendszernél is akaratlagos, de kivitelezése túlnyomórészt automatizált (pl. a járás, tánc, kerékpározás).

Újabban nem különítik el a két pályarendszert, mert pl. íráskor is mindkettő szorosan együttműködik.



6. A mozgatóműködés kapcsolatrendszere

Komplex mozgások

A mozgások szervezésében több agyterület is szerepel, egyesek hierarchikusan rendeződnek (agykéreg, agytörzs, gerincvelő), mások párhuzamosan (kisagy, kéreg alatti magvak). A **kisagy** információt kap a belső fül félkörös ívjárataiból, az izmokból, és szabályozza a mozgató agykéreg által elindított mozgásokat. A mozgások megindításában nem vesz részt, de **koordinálja** azokat. Az agykéregből a kéreg alatti magvakhoz kiinduló információk a talamuszon át visszajutnak a kéregbe. Így a kéregből kiinduló előzetes mozgásszervező információk és a beérkező egyéb érzőinformációk (pl. izmokból, belső fülből) alapján **a talamusz a mozgatókérget képes aktiválni vagy gátolni.**

A mozgatórendszer felépítése is hierarchikus: a legfelső elem az irányító, a döntéshozó (agykéreg). Az alrendszerek (agytörzs, gerincvelő, kéreg alatti magvak, talamusz) funkcionális egységek. Az alrendszerek közötti kapcsolatok döntően befolyásolják a rendszer hatékonyságát. A **bemenet** az **egyensúlyozószervekből,** az **izmokból, inakból** stb. jövő információk (amelyek a testhelyzet és a mozgás szempontjából relevánsak), a **kimenet** az **izmok működtetése**. A gerincvelő némileg autonóm módon működik, a magasabb szintű rendszerek módosítják ezt. A mozgatórendszer hierarchikus működése jól nyomon követhető a testtartás, izomtónus szabályozásában (7. ábra).

7. Komplex mozgás a futás is. Usain Bolt a világ leggyorsabb embere (2016), a startolás pillanatában: az izomtónus megfelelő beállítása után a bal láb feszítő izma összehúzódott

A bőr érzékelő működése a tapintás, a fájdalomérzet kialakításában vesz részt.

A fájdalomérző pályák a gerincvelőben haladnak, a talamuszban átkereszteződnek és feldolgozódnak, majd az agykéreg testrészeknek megfelelő érző területére jutnak.

A fájdalomérzetre adott válasz kialakításában a limbikus rendszer is szerepet játszik.

A szomatikus gerincvelői reflexek gyors ingerválaszt biztosítanak és a testtartás szabályozásában is fontosak.

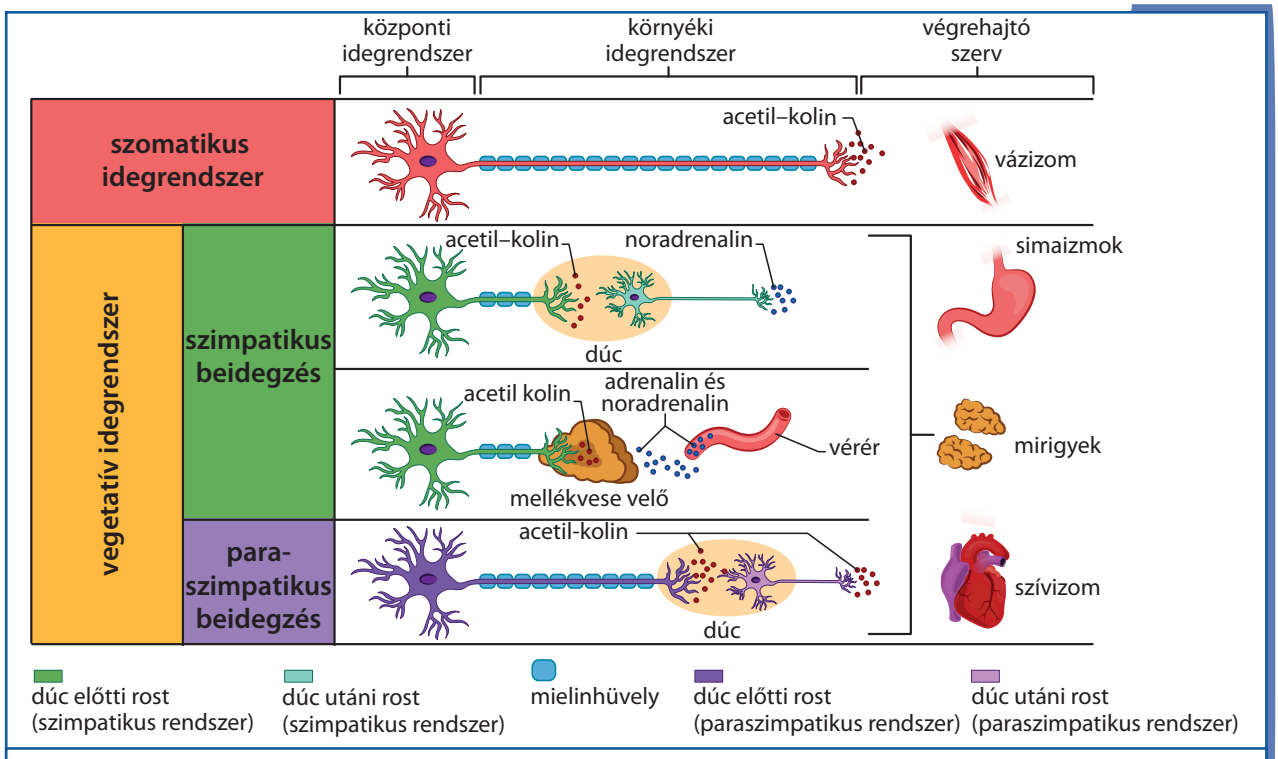
Az agykéregből kiinduló akaratlagos mozgásokat a piramidális illetve az extramiramidális rendszer szabályozza.

11. Összefoglalás

12. A vegetatív szabályozás

1. **Miért ver gyorsabban a szívünk, ha izgulunk?**
2. **Miért tágítható a pupilla gyógyszerek segítségével?**
3. **Hogyan működik összehangoltan a keringés és a légzés a futás során?**
4. **Evés után miért lehetünk álmosak?**

Az idegrendszer felosztható a vázizomzatot beidegző, azokat általában akaratlagosan működtető **szomatikus,** valamint a nem vázizomszövetből felépülő szerveinket (szív, simaizomzattal rendelkező szervek: bél nagy része, ivarszervek, kiválasztó szervek, mirigyek) nagyrészt akarattól függetlenül irányító **vegetatív** (autonóm) idegrendszerre is (1. ábra).



1. A szomatikus és a vegetatív beidegzés összehasonlítása

Míg a célszerveket a központi idegrendszer közvetlenül idegzi be a szomatikus idegrendszer esetében, addig a vegetatív idegrendszernél közvetve. A központi idegrendszerből eredő idegsejt **átkapcsolódik** (szinaptizál) a környéki idegrendszerben lévő **dúc** idegsejtjével, és a dúcsejtben lévő idegsejt idegzi be közvetlenül a célszervet (tehát nem a központ, hanem a környék).

A vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszerre osztható. Szerveink általában mindkét rendszer beidegzése alatt állnak.

A **szimpatikus idegrendszer** ijedtség, stressz hatására szinte riasztórendszerként működik és a „támadj vagy menekülj" elvnek megfelelően sok szerv működését fokozza (kivéve pl. a bél-, nemi-, kiválasztó működések), ezáltal fokozott aktivitási és figyelmi állapothoz vezet (2. ábra).

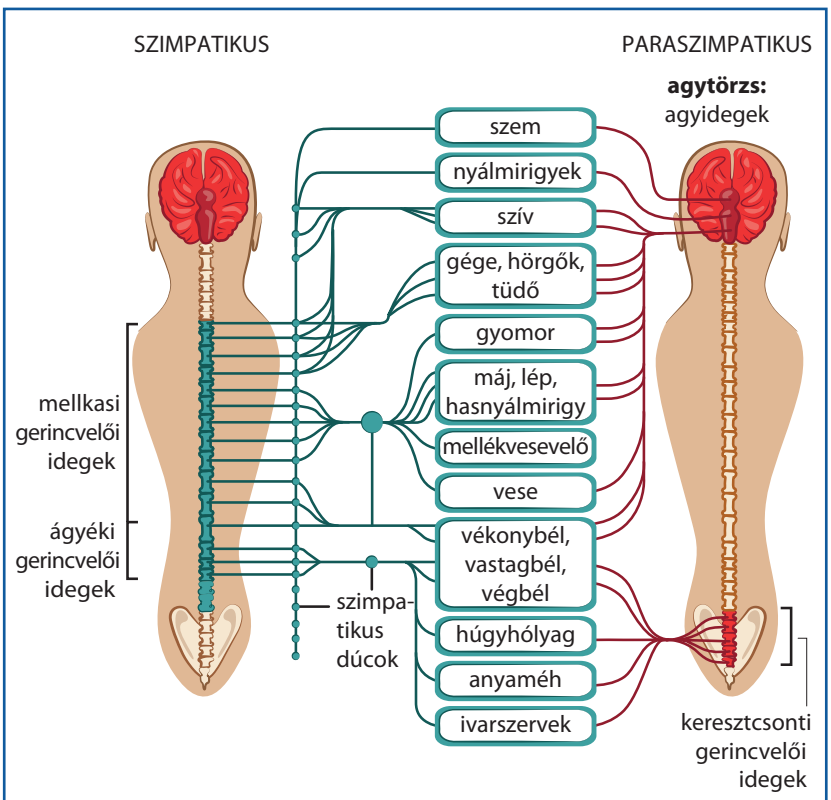
A **paraszimpatikus idegrendszer** hatása általában ellentétes a szimpatikus idegrendszerével (3. ábra). Feladata a szervezet nyugalmi állapotában a felkészülés a „támadásra és menekülésre", az energiatartalékok feltöltése (pl. az emésztés fokozásával), a salakanyagoktól való megszabadulás (széklet- és vizeletürítés).

A szimpatikus idegrendszer központjai a gerincvelő háti és ágyéki szakasza. A paraszimpatikus idegrendszer hatását az agytörzsből kilépő agyidegek (pl. X.) és a gerincvelő keresztcsonti szakaszának idegei közvetítik (4. ábra).

Átlagos körülmények között a két rendszer által kiváltott hatások kiegyenlítettek. Veszélyhelyzetben, stresszhatáskor, vagy nagyobb fizikai megterhelés esetén a szervezetben szimpatikus túlsúly alakul ki és beindul a **Cannon-féle vészreakció**. Adrenalin és noradrenalin szabadul fel az idegvégződésekből, valamint a mellékvese velőállományából (ami szimpatikus dúcként is felfogható). Ezek az anyagok az egész szervezetre kiterjedő hatást okoznak. Az alapvető cél a támadáshoz vagy a védekezéshez szükséges energia mozgósítása. Szimpatikus hatásra a vércukorszint emelkedik, a szív, a vázizmok erei és a tüdő hörgőcskéi tágulnak, hogy a szervezet fokozott igénybevételéhez megfelelő mennyiségű vér és ezen keresztül oxigén és tápanyag (glükóz) álljon a szervek rendelkezésre. A vér mennyisége az emberben közel állandó (4-5 liter), tehát ha bizonyos szervek több vért kapnak, akkor más szervek kevesebbet.

2. Szimpatikus túlsúly a pamplonai bikafuttatáson

3. Paraszimpatikus túlsúly, szieszta idején



4. A szimpatikus és a paraszimpatikus beidegzés

Hangolódj rá!

A koncerteken ha akarsz, integethetsz egy ismerősnek magasba emelheted a karod. Amíg vázizomzatunk működését nagyrészt akaratlagosan is irányíthatjuk, addig az ellen nem tudunk tenni, hogy emelkedjen a szívverésünk száma, növekedjen a vérátáramlás a vázizomzatban, vagy hogy kitáguljon a pupillánk.

Szimpatikus hatásra a bőr és a tápcsatorna erei szűkülnek. De hogyan valósítja meg a szervezet, hogy az adrenalin és noradrenalin az egyik szerven értágulást, a másik szervben érszűkületet okoznak? Ennek alapvető oka, hogy nemcsak a jelátvivő anyagtól függ a hatás, hanem attól is, hogy mely receptorhoz kötődik. Jelenleg ötféle receptort ismerünk (α1-2, β1-3), amelyeken keresztül ezek a jelátvívő anyagok hatnak. A receptorok eloszlása a különböző szerveken más és más.

A szimpatikus túlsúly nem szűnik meg azonnal a veszély elmúlásával. Ennek oka, hogy a szimpatikus hatást okozó közvetítő anyagok (noradrenalin, adrenalin) csak lassan inaktiválódnak (felezési idő 1-2 perc).

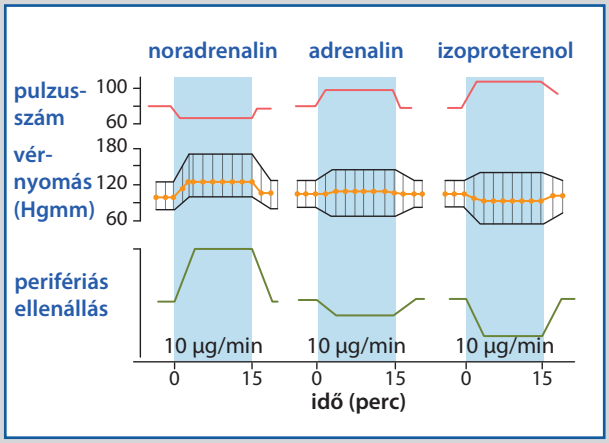
Egyes gyógyszerek (mivel szerkezetileg hasonló felépítésűek) az adrenalin vagy a noradrenalin hatását eredményezik, ugyanazokra a receptorokra kötnek be, de nehezebben bonthatók le (fél-életidejük több óra). A magas vérnyomás csökkentésére, a szívfrekvencia növelésére, étvágycsökkentésre használhatják.

Gondold át!

Mi lehet a funkciója evolúciós szempontból annak, hogy szimpatikus hatásra a pupilla tágul?

Nézz utána!

A szimpatikus túlsúly hatása alakulhat ki akkor is, ha a paraszimpatikus idegrendszer működését szelektíven gátoljuk! Az atropin nevű kémiai anyagot a nadragulyából (Atropa bella-donna) vonták ki, és alkalmazták gyógyszerként. Az acetil-kolin kompetitív antagonistája. Milyen hatása van a pupillára és a szívre? A növény latin nevében a bella-donna szép asszonyt jelent. Mi lehet a kapcsolat a nadragulya atropinja és a szép asszonyok között? A növényt nem szabad elfogyasztani, mert mérgező és halált okozhat!



Következtess!

Elemezd az alábbi grafikonokat! Milyen következtetéseket tudsz levonni ezek alapján? Az izoproterenol asztma esetén alkalmazható gyógyszer.

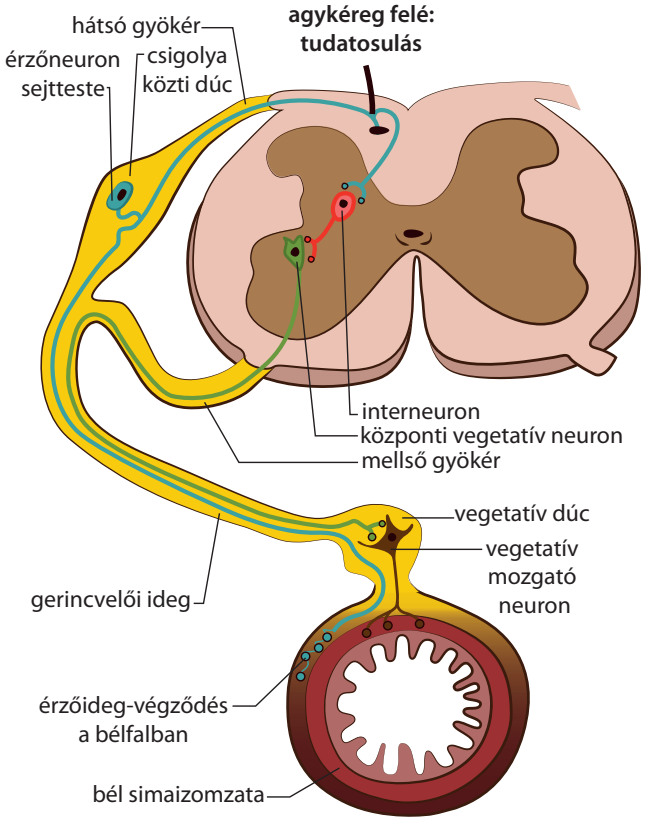
Gerincvelői vegetatív reflexek

A gerincvelő **vegetatív reflexek** központja is. Többek között szerepe van a bélcsatorna mozgásainak szabályozásában. Ha a béltartalom nyomja a bél falában levő mechanoreceptorokat, az érzőidegsejtekben ingerület keletkezik, ami eljut a gerincvelő szürkeállományába, és áttevődik az oldalsó szarvban elhelyezkedő központi vegetatív sejtre. Ennek idegrostja a mellső gyökéren át hagyja el a gerincvelőt, és a bélcsatorna falában levő vegetatív dúchoz fut. A vegetatív dúcban

található a végrehajtó mozgatóneuron, amelynek ingerülete összehúzódásra készteti a bélfal simaizomzatát (5. ábra).

Bőr eredetű gerincvelői vegetatív reflex, ha például nyári melegben a hideg fagyi rácseppen a csuklónkra, és ennek hatására helyi érösszehúzódás jön létre.

A vegetatív gerincvelői reflexek reflexívének felépítése lényegesen eltér a szomatikustól. Az egyik fő különbség, hogy a szomatikus reflexben az izmot beidegző **mozgatóneuron** a gerincvelő mellső szarvában található, míg a vegetatív reflexben a környéki idegrendszerben, egy **vegetatív dúcban**.



5. Bélcsatorna gerincvelői reflexíve

A stressz

Hányszor megtörtént már akár saját magunkkal, akár szüleinkkel, barátainkkal, ismerőseinkkel, hogy megoldatlannak tűnő helyzetek elé kerültünk, ami állandó feszültséget okozott, és annak valamilyen egészségügyi következményei is lettek! Van, akinek ez fejfájásban, álmatlanságban, szorongásban, étvágytalanságban és fogyásban nyilvánult meg, míg más esetekben sokkal súlyosabb tünetek is előfordultak (6. ábra).

A **stressz** szót a latin strictus, azaz szoros szóból származik, igénybevételt jelent. A stressz fogalmának bevezetése Selye János (1907–1982) nevéhez fűződik.

6. A stressz gyakori következményei

A stressz, illetve az arra adott válasz evolúciós szinten értelmezve jelenthet jót is: szervezetünk fel tud készülni egy nehezebb helyzet megoldására. A szimpatikus túlsúly esetén említett vészreakció a szervezet energiatartalékainak mozgósításával elősegíti a helyzet megoldását, legyen az futás vagy megküzdés. Éppen ezért az ún. akut (éppen zajló, rövid idejű) stresszhelyzetek mind fizikai, mind pszichológiai fejlődésünkhöz elengedhetetlenek. Ezek hiányában a nehézségekkel való megbirkózás képessége nem vagy nehezen alakul ki.

Más a helyzet, ha a stressz krónikussá (tartósan fennmarad, hosszú idejű) válik. Ebben az esetben a szervezet reakciója is tartósan fennmarad: állandósul a magas vérnyomás, a fejfájás, az állandó éberség, az alvászavarok, tehát a szervezet az állandó stresszhez állandóan, tartósan alkalmazkodik. Ennek eredménye végül a szervezet energiatartalékainak kimerülése, az immunrendszer alulműködése, ami súlyos betegségekhez vagy akár halálhoz is vezethetnek.

Az agykéreg homloklebenyi része, a figyelmet biztosításában, a gondolkodási folyamatokban játszik szerepet, de, kiértékeli a stresszhatásokat. Más agyterületekkel együtt szabályozza a zsigeri funkciókat, illetve kialakítja a viselkedést is. Érdekes, hogy számos állatkísérletben bizonyították, hogy a tartós stressz gátolja az idegsejtek újraképződését a tanulás és emlékezés folyamataiban kulcsszerepet játszó hippokampuszban. Mindezek alapján az otthoni vagy az iskolai tartós stressz egyértelműen gátló és káros hatással van az információfeldolgozási, a tanulási, emlékezési és gondolkodási folyamatokra. Ugyanakkor a pozitív érzelmi hatásokkal társult tanulási folyamatok rövid idő alatt bekövetkező, de tartós emléknyomok kialakulását eredményezik az agyban.

Magyarázd el!

Készíts rövid esszét a poszttraumásstressz-szindrómáról (PTDS)! Egyeztesd tanároddal az értékelési szempontokat!

Alkoss!

Néhány társaddal együttműködve a következő címmel készíts egy egyoldalas esszét: A legális stresszoldás lehetőségei. Használd fel az alábbi ábrát is! Minden esetben egy-két mondatban térj ki a biológiai alapokra is!

A vegetatív vagy más néven autonóm idegrendszer idegrendszerünknek az része, amely azokat a szerveket irányítja, amelyek működése akarattól független.

A szimpatikus idegrendszeri rész túlsúlya a szervezetet felkészíti a vészhelyzetekre, a fizikai munkához való alkalmazkodásra az energiatartalékok mozgósításával, a szőlőcukor és az oxigén megfelelő szervekhez való fokozott ellátásával.

A paraszimpatikus idegrendszer túlsúlya a nyugalmi időszakban az energiatartalékok feltöltésében fontos szerepet játszó élettani folyamatokat serkenti.

A szimpatikus idegrendszer alsó központi idegrendszeri központja a gerincvelő, a paraszimpatikus idegrendszeré az agytörzs és a gerincvelő.

Felsőbb központok a hipotalamusz, a kéreg alatti magvak, a limbikus rendszer, a homloklebeny.

A stressz rövidtávon a szervezet alkalmazkodását teszi lehetővé, feloldatlan stressz esetén hosszútávú hatása a szervezetre káros lehet, pszichoszomatikus megbetegedésekhez vezet.

12. Összefoglalás

13. Az idegrendszer egészsége

1. Mely módszerekkel lehet kutatni az emberi idegrendszeri betegségek okait?
2. Mely betegségeket gyógyíthat a pszichológus és a pszichiáter?
3. Az elmét érintő humán betegségeknek vannak állatmodelljei?
4. Lehetne-e az elmét érintő humán betegségeknek evolúciós okai?

Az idegrendszert érintő betegségek

A Parkinson-kór

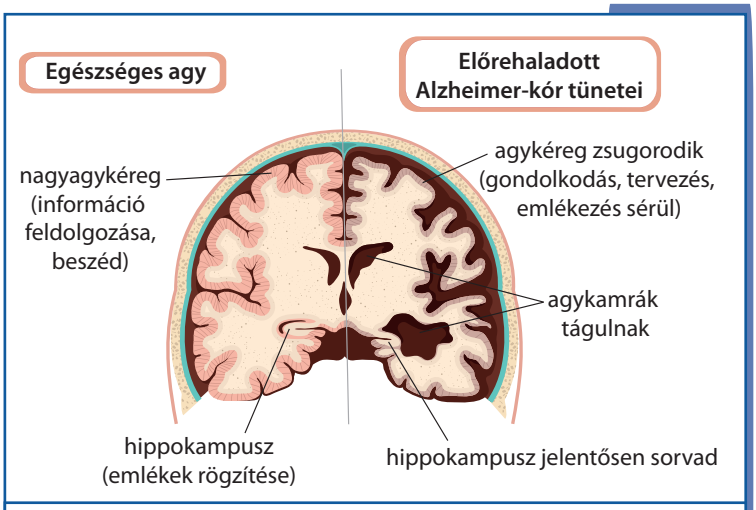
A Parkinson-kór az idegrendszer krónikus megbetegedése, melynek lényege, hogy a középagy egy részében az idegsejtek fokozatosan elpusztulnak, és ezzel párhuzamosan az itt termelődő **dopamin mennyisége csökken**. A középagyi terület az izomtónus és a mozgás szabályozásában vesz részt, az innen kiinduló pályák a kéreg alatti magvakban végződnek, így a sejtek pusztulása is elsősorban a mozgással kapcsolatos tünetekben nyilvánul meg. Érdekes, hogy az első tünetek csak a dopamintermelő sejtek számának feleződése után jelennek meg.

A Parkinson-kór fő tünetei: izommerevség, mozgások meglassulása és nyugalomban jelentkező remegés. Kísérő tünetek: mimika csökkenése, nyálcsorgás, szaglás csökkenése, írás megromlása, gondolkodás lassulása.

A Parkinson-kóron kívül vannak más neurodegeneratív betegségek is, vagyis amelyekre az idegsejtek szerkezeti és funkcionális sérülése vagy előrehaladott pusztulása jellemző pl. prionbetegségek, Huntington-kór vagy az Alzheimer-kór.

Az Alzheimer-kór

Az Alzheimer-kór kognitív funkciókkal (érzékelés, észlelés, figyelem, emlékezés, képzelet, motiváció, gondolkodás, tanulás) kapcsolatos agyterületeket érint. Az idegsejtek pusztulása miatt egyes agyterületek elsorvadnak (1. ábra). A betegség kialakulása magatartás-változással, szellemi (demencia), majd biológiai leépüléssel jár.



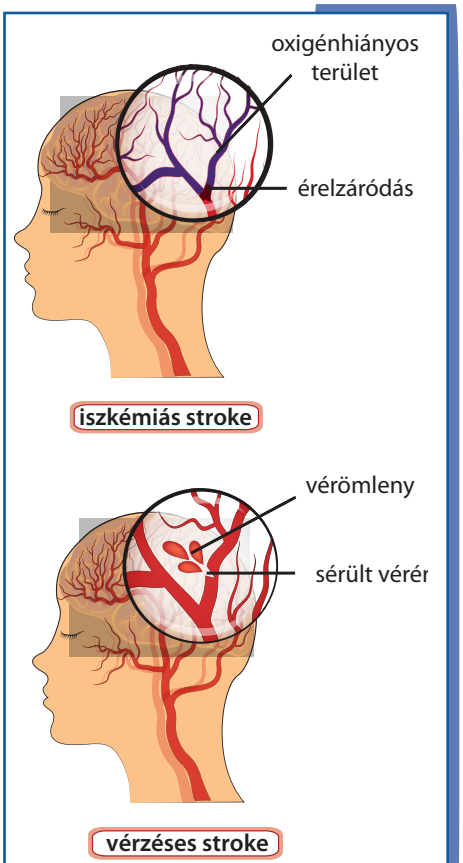
1. Az Alzheimer-kór az agykéreg sorvadása következtében alakul ki

A stroke

Számos kórkép kialakulásának az oka valamilyen **agyi keringési zavar**. Az idegszövet rendkívül érzékeny az oxigén hiányára, néhány (4-5) perc oxigénhiányos állapot az idegsejtek pusztulásához vezethet. Az **iszkémia** az adott szerv keringési zavarát(pl. artéria elzáródás, érszűkület) jelenti, melynek következtében működési zavar is fellép (2. ábra).

A **szélütés** (stroke, ejtsd „sztrók") az agy hirtelen kialakuló károsodása, melyet 24 órán túl fennálló vérkeringési zavar okoz. A betegség gutaütés vagy **agyi érkatasztrófa** néven is ismert. Oka leggyakrabban agyérgörcs, amikor az agyat tápláló verőér elzáródik. Mivel az esetek 70–80 százalékában agyérelzáródás okozza a stroke-ot, a két fogalmat iszkémiás stroke néven össze is kapcsolhatjuk... Az adott agyterület sejtjeinek pusztulása az **agyi infarktus.**

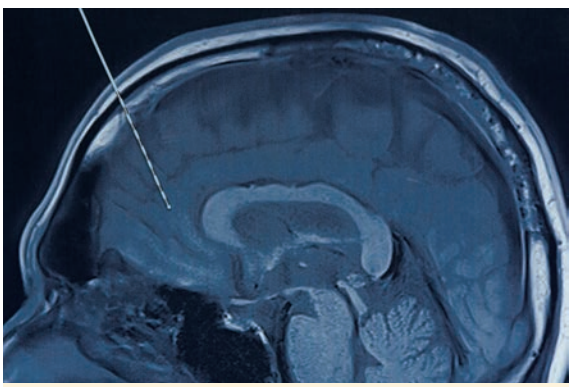
Vérzéses stroke az esetek kb. 20-30%-ában fordul elő. Ekkor az agyat ellátó egyik verőér megreped, és vérömleny keletkezik a koponyán belül, ami az agyállományt nyomja.



2. Érelzáródás, illetve agyvérzés okozta stroke

Az epilepszia

Az epilepszia az olyan idegrendszeri betegségek gyűjtőneve, melyek során az idegsejtek az agykéreg egészében, vagy annak egy részében egyidejűleg jönnek működésbe. Az epilepszia bármely agykérgi területet érintheti, ezért rendkívül változatos tünetei vannak. Rövid vagy hosszabb ideig is tarthat, tudatzavarral végződhet, gyors izom-, végtagrángás kísérheti, nyáladzással járhat, míg máskor egy tevékenységében megakadt, merev nézésű ember képét adja. Mindezek azért fontos megemlíteni, mert sok emberben az a kép él, hogy az epilepszia mindig rángógörccsel és eszméletvesztéssel jár együtt.



3. Epilepszia sebészeti beavatkozás során az agyba vezetett elektród (MRI felvétel)

A tünetek, amit rohamoknak is nevezünk, sok esetben enyhék. Bizonyos esetekben a beteg a roham során egyszerűen csak néhány másodpercig üresen néz valamerre, míg másoknál teljes testre kifejlődő görcsroham alakul ki. Egy roham lezajlása nem jelenti azt, hogy valakinek epilepsziája van. Két roham lezajlása esetén azonban megnő a további rohamok kialakulásának valószínűsége. Az epilepszia nem fogyatékosság, hanem egy állapot, ami miatt állandóan vagy átmenetileg gyógyszert kell szedni és vizsgálatokra kell járni (3. ábra). A rosszullét váratlanul törhet elő, a tudatzavar miatt a beteg teljesen védtelen és kiszolgáltatott. Ezért ez a betegség lelki szempontból sokszor nagy terhet jelenthet, és ezért szükséges, hogy olyan emberek vegyék körül a beteget, akik megértik őt és segíteni tudnak neki. Az **epilepsziás roham** alatt lévő ember az ijesztő tünetek ellenére általában nem igényel beavatkozást, attól kell óvni, hogy rángatózása alatt ne sérüljön a közelben lévő tárgyak miatt. A roham csillapodása után fektessük oldalra, várjuk meg, amíg magához tér (4. ábra). Ha ismert epilepsziás betegről van szó, nem szükséges orvost vagy mentőt hívni (de ekkor is értesíteni kell a hozzátartozókat), kivéve, ha újabb rohamok lépnek fel, 5 percnél tovább tart a roham, vagy ha sérülés következett be.

TEDD!

A veszélyes tárgyakat távolítsd el!

Jegyezd meg, mikor kezdődött a roham!

Tegyél a feje alá puha ruhadarabot!

A roham végeztével fordítsd oldalára!

Ha a roham öt percnél hosszabb, hívj mentőt!

Maradj mellette, míg felébred!

NE TEDD!

Ne ess pánikba!

Ne fogd le!

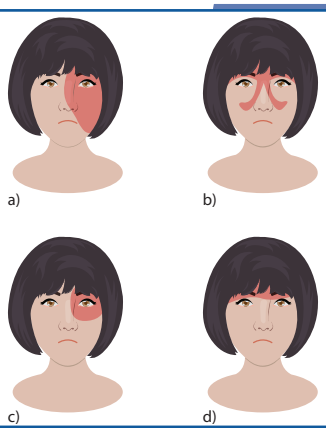
Ne tegyél semmit a szájába!

4. Útmutató epilepsziás roham esetére

A migrén

A migrén a fejfájások egyik speciális változata. A migrén kifejezés a görög „hemicrania" szóból származik, és „félfejűt" jelent, a fej egyik oldalán gyakran tapasztalt szúró vagy lüktető fájdalomra utalva. A betegség pontos oka nem ismert, korábban az agyi erek görcsös összehúzódását, majd kitágulását sejtették a panaszok mögött. Kutatások igazolták, hogy a szerotonin vagy az ösztrogén szintjének jelentős megváltozása együtt jár a migrénnel. A szerotoninszint mindkét nemre hatással lehet, míg az ingadozó ösztrogénszint csak a nőket érinti. Lehetséges, hogy a hormonszint-ingadozások hatnak ki az erek átmérőjének változására vagy az idegek érzékenységének növekedésére.

A **fejfájás** 4 és 72 órán át is tarthat. A fej egyik vagy mindkét oldalán pulzáló vagy lüktető fájdalom, émelygés és hányás, valamint a fényre, hangra, szagra és tapintásra való érzékenység jellemezheti. A migrén legelfogadottabb elmélete szerint, a fejfájás a fej ereihez kapcsolódó V. agyideg idegháló-zat aktiválódásának eredménye (5. ábra).



5. A fejfájás típusai: migrén (a), arcüreg (b), szemkörnyéki (c), homloktáji(d)

Agyrázkódás

Az agyrázkódás a koponyasérülések csoportjába tartozik, azok legenyhébb formáját képviseli. A koponyát ért erőhatásra elmozdul az agy, és a sérülés oldalán, majd az ellenoldalon is a koponyacsontokhoz csapódik, ami az agykéreg és az agytörzs összeköttetéseinek átmeneti funkciózavarát idézi elő. Az agyrázkódás azonnali, néhány percig tartó eszméletvesztéssel jár, de a tudatzavar tovább is, legfeljebb egy órán át fennállhat. A folyamat molekuláris hátterében a következők állhatnak: a sejten kívüli K^+-ion-koncentráció növekedése, a sejten belüli Ca^{2+}-ion-koncentráció növekedése, amely a mitokondriumok működését károsítja, ami az emlékezetvesztés vagy más kognitív funkciók zavarának oka lehet.

Az emberi magatartás

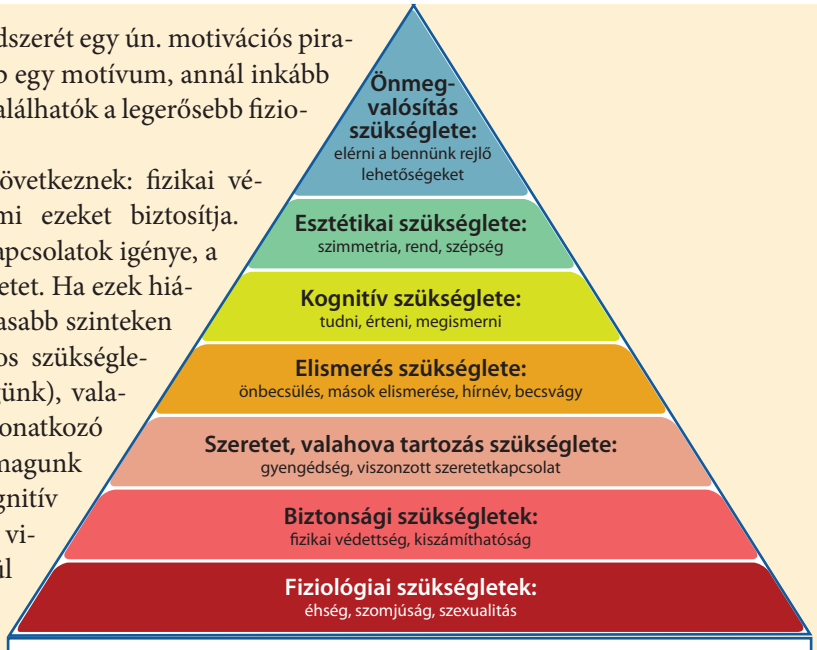
Az agyunk a finom ételek fogyasztásáért valójában meg is jutalmaz minket. Ilyenkor aktiválódik az ún. jutalmazó pályarendszer, amely a középagyból indul ki és a limbikus rendszer egyik magcsoportjában végződik. Ennek eredményeképpen dopamin szabadul fel az agyunkban. Ugyanezt az agyi jutalmazó rendszert aktiválják az ételeken kívül más pszichoaktív szerek és bizonyos viselkedések is.

Mindezek biológiai alapja a **motiváció.** A motiváció **belső késztetést, hajtóerőt** jelent, hogy egy adott viselkedést milyen mértékben akarunk végrehajtani. A motivációs tényezők meghatározók a viselkedésben. Az alapvető motivációs tényezőket, az ún. homeosztatikus motívumokat **önfenntartási motívumoknak** is nevezik, mert kielégítésük a szervezet fennmaradása, az életben maradás szempontjából fontos. Ilyenek pl. az **éhség, szomjúság**. A **szexualitás** és az **utódgondozás** a faj fennmaradásáért felelős motívumok (5. ábra). Érdekes, hogy a **kíváncsiság** is a motívumok közé tartozik: a környezeti információk felvétele, a környezet felfedezésére irányuló késztetés az idegrendszer kielégítő aktivitási szintjét tartja fenn. A pénz nem motiváció, hanem inkább megerősítés.

5. A boltokban szándékosan teszik a gyerekek magasságra az édességeket. Őket hajtja az önfenntartás és a kíváncsiság, a szülőt pedig az utódgondozás motivációja vásárlásra készteti.

Maslow a motívumok hierarchikus rendszerét egy ún. motivációs piramisban foglalta össze. Minél alapvetőbb egy motívum, annál inkább a piramis alján helyezkedik el. Legalul találhatók a legerősebb fiziológiai szükségletek.

Ezután a biztonsági szükségletek következnek: fizikai védettség, kiszámíthatóság, minden, ami ezeket biztosítja. A következő lépcső a szociális, társas kapcsolatok igénye, a valahová tartozás, az elfogadás és a szeretet. Ha ezek hiányoznak, akkor magányt élünk át. Magasabb szinteken találhatók a megbecsüléssel kapcsolatos szükségletek (saját kompetenciánk, függetlenségünk), valamint a mások általi elismerésünkre vonatkozó szükségletek. Ezeknél is feljebb az önmagunk és környezetünk megértése iránti kognitív szükségletek állnak (hogy megértsük a világ eseményeit és jelenségeit), és végül a piramis csúcsán az önmegvalósítás szükséglete kap helyet. Ez az a törekvés, hogy a bennünk rejlő lehetőségeket megvalósítsuk.



A Maslow-piramis

A lelki egészség

Lelki egészségünk azon is múlik, hogy alapvető szükségleink kielégülnek-e. A lelki egészséget a **mentálhigiéné** kifejezéssel is leírhatjuk.

Az ember könnyebben megérti a testi higiénia fogalmát, hiszen egy alapos kézmosásnak, a tisztálkodásnak egyértelmű okai és következményei vannak.

De hogyan lehet mindezt megtenni az elmével?

A mentálhigiénébe minden olyan tevékenység bele tartozik, melynek célja az egészséges lelki élet kialakítása és megtartása. Mit jelenthet ez nálad a mindennapi életben?

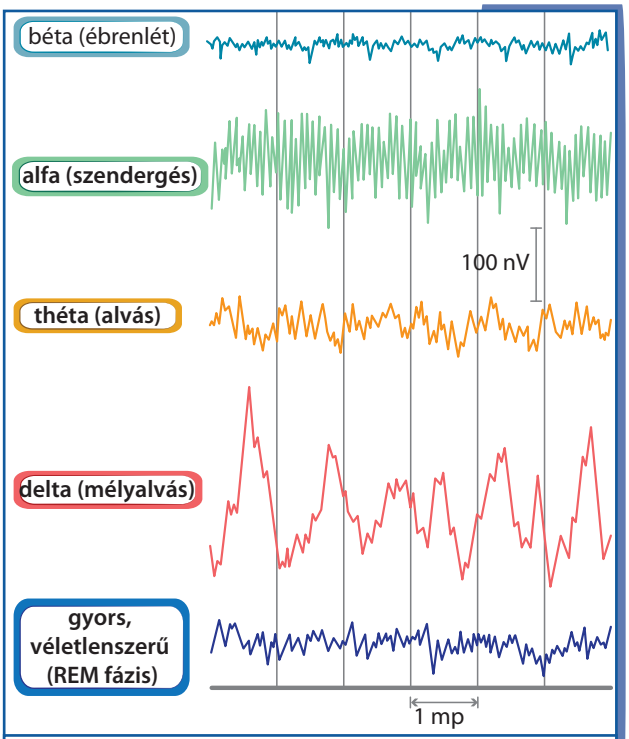
Eleget mozogsz, alszol (az álomalvás életszükséglet). Törekszel a reális önértékelésre, elfogadod önmagad, képes vagy másokkal együttműködni, van kudarctűrésed és elég motivációd, hogy megküzdj a nehézségekkel, problémákkal. Fontos, hogy törekedj ezekre, és ha szükséges, kérj ehhez segítséget rokonaidtól, társaidtól, tanárodtól, szakemberektől. Ne engedd, hogy eluralkodjon benned a szorongás, a stressz, mert ezek pszichoszomatikus betegségek kialakulásához vezethetnek.

A higiéné szó mitológiai eredetű: Hügieia a görög mitológiában Aszklépiosz és Épióné leánya, az egészség, a tisztaság és a közegészségügy istennője, valamint a betegségek megelőzésének és a jó egészség megőrzésének megtestesítője. A mentális szót az „elmével kapcsolatos” kifejezésre lehetne fordítani, utal az elmében levő folyamatokra, amelyek a gondolkodással, az érzelmekkel, az emlékezettel függnek össze.

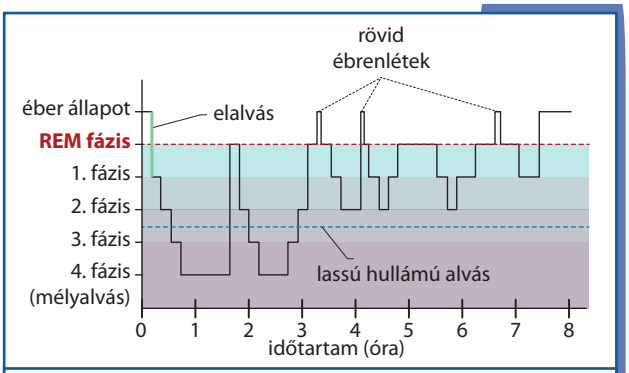
Az alvás

Az alvás első szakasza az álmossággal, majd szendergéssel kezdődik: ekkor az EEG-re alfa-hullámok túlsúlya jellemző, megjelenhetnek **mikroalvási epizódok**. Jellemző az általános kognitív meglassultság: a figyelmi teljesítmény romlik. Lefekvéskor, a szendergés időszakában az **izomtónus csökken**. A következő szakaszok során az alvás egyre mélyül, lassú théta-, majd delta-hullámok jellemzik, ez a **NREM** (non-rapid eye movements) fázis (6. ábra). Idegrendszeri szinten ez azt jelenti, hogy a csökken a talamusz és az agykéreg közötti aktivitás. Éppen ezért ez a fázis szinte teljesen nélkülözi a vizuális képzeleteket (álomképeket), az izomtónus alacsony, de teljesen nem szűnik meg. Csökken a légzésszám, alacsonyabb értékre áll be a vérnyomás és a pulzus, lejjebb megy a test belső hőmérséklete is. Az emésztés is lassul, valamint lecsökken a vizeletkiválasztás mértéke. Megfigyelhető, hogy a mély alvást rövid, éberebb alvási szakaszok szakítják meg. Az éberebb szakaszt **REM** fázisnak (Rapid Eye Movement, gyors szemmozgások szakasza) hívják, mivel a szemgolyók mozgása is megfigyelhető. Ha az embereket felébresztik, amikor alvás közben a szemük mozog, 90%-ban álmokról fognak beszámolni. Ha viszont akkor keltik őket, amikor a szemük mozdulatlanul pihen, a többség nem fog álmot felidézni. A REM fázisban az agy aktív, de a test többi része szinte bénult, az izomtónus megszűnik. Ez a szakasz a teljes éjszakai alvás kb. 20–25%-át képezi.

Egy teljes éjszaka során több NREM egy és REM fázisból álló ciklusok figyelhetők meg. Egy ciklus átlagosan hossza 90 perc (7. ábra).



6. A különböző agyhullámok



7. Hipnogram

Miért fontos az alvás?

Az alvás egyik szerepe az agykérgi területek képségének fenntartása. Ekkor azok az idegi hálózatok váltanak „alvás-üzemmódba", amelyek az ébrenlét alatt erőteljes terhelésnek vannak kitéve (pl. homloklebeny).

- A hosszú távú memóriába ekkor íródnak át a tanult információk.
- Ekkor zajlik a szövetek anyag- és energiatartalékainak felöltése, a felesleges anyagcseretermékek eltávolítása.
- Fokozódnak a felépítő folyamatok (pl. fehérjeszintézis), újraképződnek a szinapszisok.
- A növekedési hormon és a melatonin termelése nő, az immunsejtek aktivitása fokozódik.

Alvás hiányában a koncentrációs készségünk, reakcióidőnk romlik (8. ábra), nehezebben jutnak eszünkbe dolgok, és nehezebben is tanulunk új ismereteket. A súlyos alváshiány hallucinációhoz, az immunrendszer legyengüléséhez vezet. Állatkísérletek kimutatták, hogy az alvás megakadályozása egy idő után az energiaháztartás felborulásával jár, majd halált okoz. Az alvás-ébrenlét ciklus illeszkedik a Föld forgásához kapcsolódó nappalok és éjszakák váltakozásához. Felnőttek esetében az éjszakánként átlagosan hat-nyolc óráig tartó alvás egészségesebb, jobb életminőséget eredményez.

8. Naponta történnek alváshiányra visszavezethető balesetek

Fedezd fel!

Sigmund Freud szerint a tudatalattiban lezajló folyamatok az ember magatartásában döntő szerepet játszanak. Ki volt Freud? Mit nevezett tudatalattinak?

A tudat

A tudat feltétele az ébrenlét, melyben képesek vagyunk önmagunk és a környezet felfogására. A tudat a nagyagykéreg különböző részeinek működésbeli kapcsoltságát feltételezi. A hagyományos pszichológiai felfogás szerint a tudat tisztaságát csak az ingerekre adott válaszok alapján ítélhetjük meg.

Az idegrendszer más szervrendszerekkel együtt szabályozza szervezetünk működését.

Az idegrendszert ér sérülések, funkciókiesések tehát széleskörű tünetegyüttesekben nyilvánulhatnak meg.

Az idegsejtek pusztulása (Parkinson-kór, Alzheimer-kór) révén mozgásfunkció zavar illetve a kognitív funkciók zavara áll be.

Az agyi keringési zavarok (iszkémia, stroke) következményeként az idegsejtek pusztulása léphet fel. Más esetekben az idegsejtek rendellenes szinkron működése akaratlan mozgásokat eredményez (epilepszia).

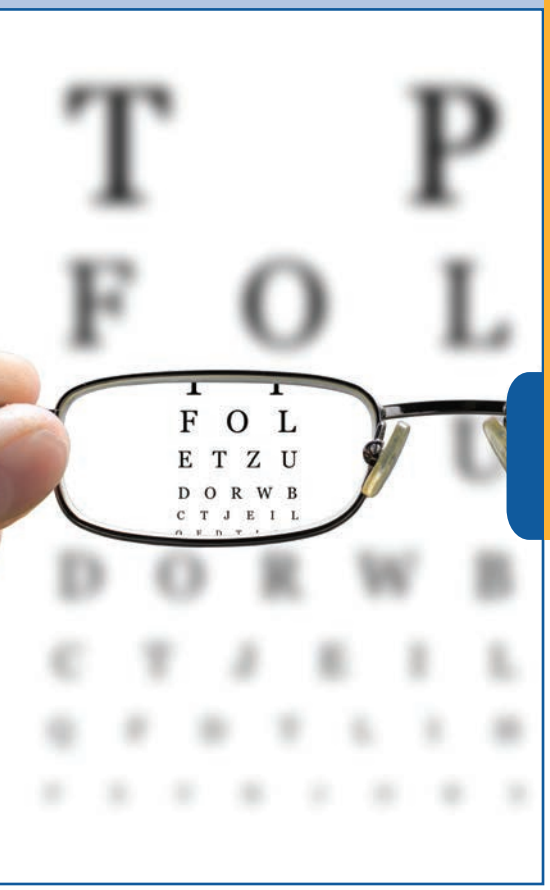
A migrén a fejfájások egyik speciális változata, rendkívül gyakori betegség.

Az agyrázkódás a koponyasérülések csoportjába tartozik. Eszméletvesztéssel, átmeneti tudatzavarral járhat.

Alapvetően motivációs állapotok irányítják és aktiválják magatartásunkat.

Az alvás az ember alapvető szükségletei közé tartozik.

13. Összefoglalás



14. Érzékszerveink felépítése és működése

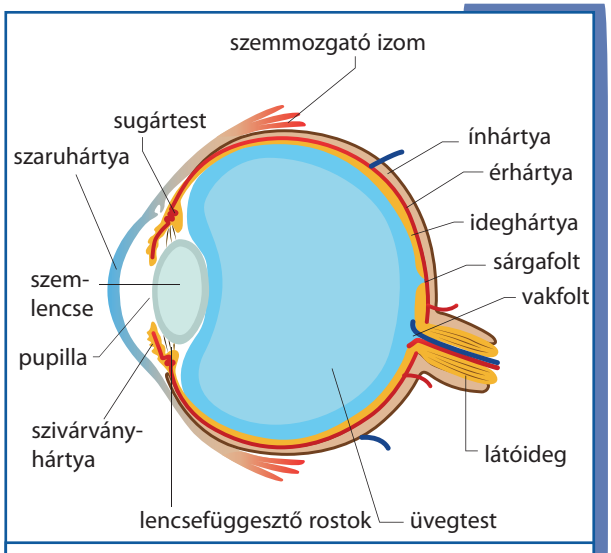
1. **Hogyan függ össze érzékszerveink felépítése és működése az érzékelt ingerek fizikai-, kémiai jellemzőivel?**
2. **Melyek az ember érzékelési képességeinek fontosabb jellemzői? Hogyan történik az érzéklet kialakulása, mi a szerepe ebben az érzékszerveinknek és az agyunknak?**
3. **Hogyan óvhatjuk meg érzékszerveinket, érzékelési képességeinket?**

A látás

A szem felépítése és működése

Az ember szemei a csontos szemüregben helyezkednek el, a főemlősökéhez hasonlóan előretekintők. A szemgolyó fala háromrétegű. A legkülső réteg a kötőszövetes **ínhártya** („szemfehérje"), ennek külső felszínén tapadnak a külső **szemmozgató izmok,** (szemenként hat). Az ínhártya elülső folytatása az átlátszó, domború **szaruhártya.** A középső réteg a szem vérellátását szolgáló **érhártya.** Ennek gyűrűszerű megvastagodása a szaruhártya szélénél a **sugártest.** Belőle ered a szem színét adó **szivárványhártya** (írisz), amelynek középső, kerek nyílása a **pupilla,** aminek szűkítésével szabályozható a szembe jutó fény mennyisége.

A szemgolyó legbelső rétege az **ideghártya,** más néven retina. Ez tartalmazza a fényingert felvevő és elektromos jellé átalakító receptorsejteket, a **csapokat** és a **pálcikákat.** A szemgolyó belsejét kitöltő átlátszó, kocsonyás anyag az **üvegtest.** A pupillán bejutó fénysugár útjába illeszkedik a **szemlencse,** amelyet a **lencsefüggesztő rostok** körben a sugártesthez rögzítenek. A szemlencse és a szaruhártya között helyezkedik el a **szemcsarnok,** amelyet a sugártest által termelt **csarnokvíz** tölt ki (1. ábra). A lencse az emberi szervezet egyik legmagasabb fehérjetartalmú szövete. Mivel érmentes, táplálása a csarnokvízből, diffúzió útján történik.



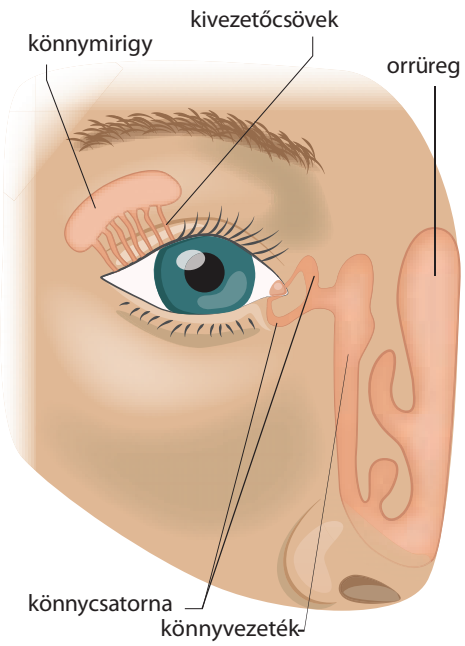
1. A szem felépítése

A szem járulékos szervei

A szemöldök, a szemhéj és szempilla a szem védőrendszeréhez tartoznak. A szemöldök attól véd, hogy folyadék (pl. izzadság, esővíz) ne jusson a szembe. A szemhéj feladata a mechanikus védelem, a könny szétoszlatása, a szemszárazság elleni védelem. Érzékeny a mechanikai ingerekre, így a szemhéj reflexszerűen bezárul, ha egy tárgy a szem közelébe kerül. A szempilla valamelyest védi a szemet a naptól, a portól, a kiszáradástól (minimalizálja a légáramlást).

A **kötőhártya** gazdagon erezett nyálkahártya, amely vékony rétegben borítja a szemhéjak belső felszínét, a szemgolyó elülső, külső részét (az ínhártya elülső részét igen, de a szaruhártyát már nem) és összeköti a szemgolyót a szemhéjjal. Az egyetlen nyálkahártya, amely közvetlenül érintkezik a külvilággal. Nyiroksejteket tartalmaz, (védelem) illetve nyálkát termel, amely nedvesen tartja a szemgolyót.

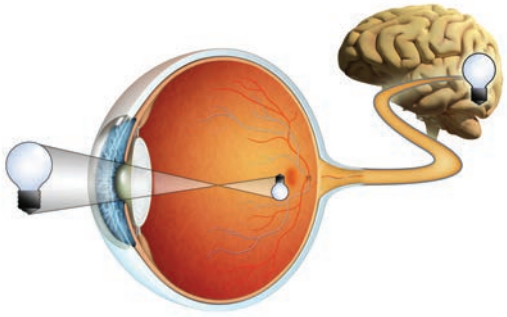
A **könny** víztiszta, enyhén sós folyadék, amelyet a könnymirigy folyamatosan termel. Immunoglobulinokat tartalmaz, baktériumölő hatása van, a szaruhártya nedvességét biztosítja. A könnymirigy a szemüreg külső, felső sarkában található, a könny innen a könnycsatornákon át a belső szemzugban lévő könnyzacskóba, majd onnan egy vezetéken át az alsó orrjáratba jut (2. ábra).



2. A könny elvezetése

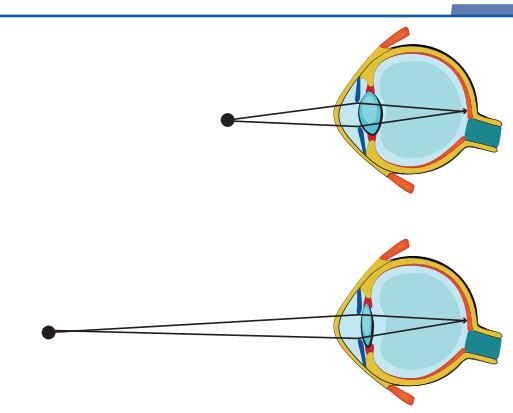
A szem képalkotása

A különböző optikai sűrűségű közegek határán megtörik a fény. Ilyen határ a levegő-szaruhártya, a csarnokvíz-szemlencse és a szemlencse-üvegtest határa. A szaruhártya és a szemlencse gyűjtőlencseként működnek, és a fénytörések hatására az ideghártyán fordított állású, kicsinyített, valódi kép keletkezik. A képnek megfelelő mintázatban a receptorsejtekben ingerület keletkezik, amelyet a **látóideg,** illetve a **látópálya** szállít a nyakszirtlebenybe, ahol **látásérzet** keletkezik (3. ábra).



3. A látott kép, a vetülete és a látvány érzékelése

Akkomodációnak nevezzük a szemnek a különböző távolságokhoz való alkalmazkodását, lényegében a szemlencse fókusztávolsága változik ekkor. Közelre nézéskor a sugártest izomzata összehúzódik, a lencsefüggesztő rostok ellazulnak, és a szemlencse saját rugalmassága folytán domborúvá válik. Távolra nézéskor a sugártest izmai elernyednek, a lencsefüggesztő rostok megfeszülnek, a szemlencse ellaposodik (4. ábra). A maximális alkalmazkodás átlagosan 7 dioptria. A **dioptria** a lencse törőképességét fejezi ki, a fókusztávolság méterben kifejezett reciproka.



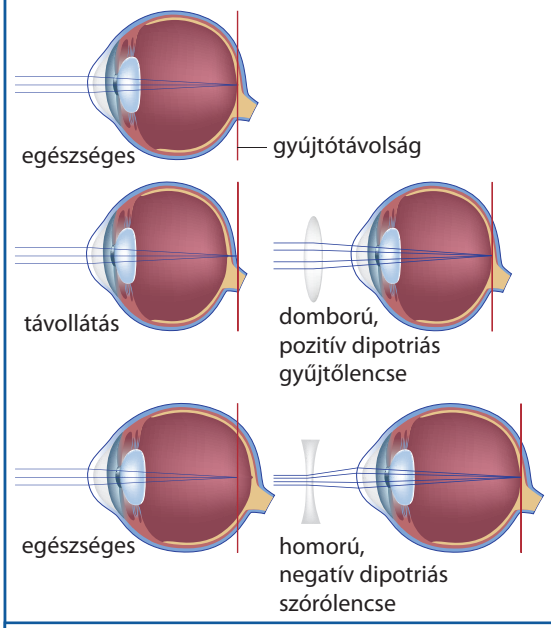
4. A fény útja és a lencse alakja közelre, illetve távolra nézéskor

Fénytörési hiba esetén nem alakul ki éles kép. A fénytörési hibák egyik típusa a **rövidlátás.** Ebben az esetben a szemlencse túl erősen töri a fényt, vagy a szem tengelye túl hosszú. Ilyenkor csak a közeli tárgyakról alkot éles képet a szem. Ennek korrigálására homorú, azaz negatív dioptriájú lencse alkalmazható. A másik fénytörési hiba a **távollátás.** Akkor alakul ki, ha a fénytörés nem kellő mér-

Számítsd ki!

Ha például valaki távolba néz, majd onnan a könyvébe (ami kb. 25 cm távolságra van a szemétől), akkor szemlencséjének törőképessége mennyit és milyen irányba változott?

tékű, vagy a szem tengelye rövidebb a normálisnál, így csak a távolabbi képekről alakul ki éles kép. Ez a fajta látásromlás rendszerint időskorban jelentkezik, amikor a szemlencse elveszíti a rugalmasságát. Domború, pozitív dioptriás lencsével korrigálható (5. ábra). A szivárványhártya körkörös és sugárirányú izmainak köszönhetően szemünk képes alkalmazkodni a bejövő fény mennyiségéhez. Ez a szivárványhártya közepén található rés, a pupilla méretének változtatásával érhető el. Túlzott fénymennyiség hatására a fényrés csökken, kevés fény hatására a fényrés tágul. A pupillaméret–változtatás célja az, hogy sötétben minél fényérzékenyebb, világosban pedig minél élesebb látást biztosítson.



5. látáshibák korrigálása szemüveggel

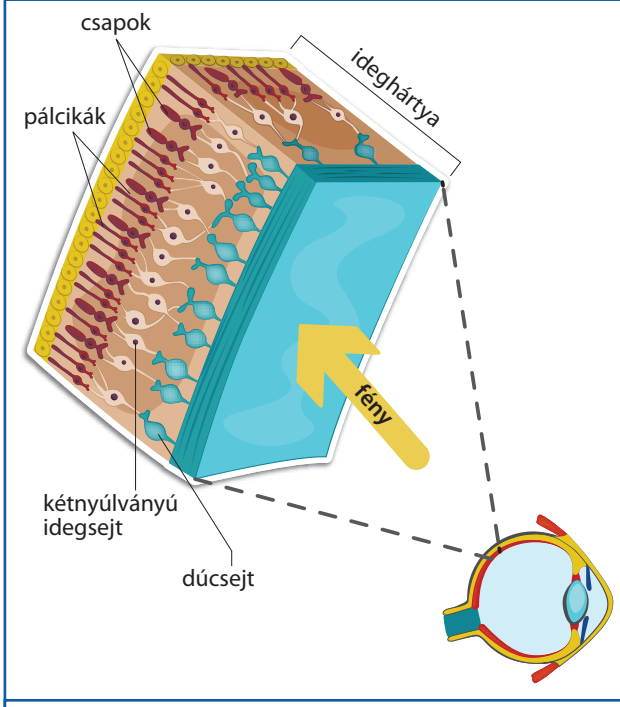
A fény érzékelése

A retinán elhelyezkedő, fényt érzékelő receptorokat az alakjuk alapján pálcikának és csapnak hívjuk. A mintegy 110–130 millió **pálcika** biztosítja a **szürkületi és esti fényben történő**, valamint az oldalirányú, **perifériális** látást. A nappali fényben a **színek érzékelése** a **csapokkal** történik, számuk 5–7 millió. A pálcikák már egyetlen foton hatására ingerületbe jönnek, míg csapoknak ehhez 5–7 fotonra van szükségük (6. ábra).

Az ideghártyán a pálcikák és csapok eloszlása nem egyenletes. A szem optikai tengelyében található **sárgafolt** (2-3 mm átmérőjű) közepén található **látógödörben** (kb. 0,5 mm átmérőjű) csak csapok találhatóak. Ebből és az ingerküszöb különbségéből érthető, hogy szürkület vagy félhomály esetén ugyan a színeket nem vagy alig vagyunk képesek látni, de a sötétebb, világosabb foltok és a formák érzékelésére mégis képesek vagyunk. Nappal viszont a látógödörben lévő csapok rendkívül sűrű elrendeződése (itt keskenyebbek a csapok) lehetővé teszi a pontosabb **éleslátást.** Az élesebb látáshoz az is kell, hogy minden csap jelét külön idegsejt szállítsa el. Ha 2-3 csap jelét 1 idegsejt szállítaná el, akkor a csapok által érzékelt képpontok nem különülnének el, egy jelként szállítódnának az agyba. A látógödörtől távolodva ez történik, ezért csökken a látásélesség.

A sárgafolti látás is éles, de közel sem annyira, mint a látógödöri látás. A sárgafolt biztosítja számunkra például. hogy a betűket egymás után élesen megkülönböztessük, lehetővé téve az olvasást. A látógödörtől távolodva fokozatosan a pálcikák veszik át a látás szerepét.

Az a tény, hogy 1 fokosnál nagyobbnak tűnik az éleslátás területe, a szemünk gyors, ugráló mozgásának (szakkádok) és a látással kapcsolatos tanulási képességeknek köszönhető.



6. Az ideghártya szerkezete

Az emberi szem felbontóképessége megfelelő fényviszonyok esetén – a látógödöri látásra vonatkozóan – 1 ívperc. Szemünk tehát két egymáshoz közeli fekete pontot akkor képes egymástól elkülönülten látni, ha köztük 1 ívpercnyi távolság van. Ez megfelel a retinán egy csap átmérőjének (5 µm). A feloldásnak tehát felépítésbeli határa van, mivel két tárgypontot csak akkor lehet megkülönböztetni, ha képpontjaik két különböző csapra esnek.

Számítsd ki

Szabad szemmel 1 m távolságból két pontnak milyen távol kell lennie egymástól, hogy különállónak lássuk? És olvasási távolság (25 cm) esetén?

A retina érhártyával érintkező felületén **pigmentsejtek** sorakoznak, amelyek elnyelik a receptorok között átjutó fényt, hogy a visszaverődő sugarak ne zavarják a látást.

A csapokból háromfélét különböztetünk meg. Ezek a **vörös,** a **kék** és a **zöld** fény érzékelésére képesek. A színárnyalatok megkülönböztetését az egymást átfedő hullámhossz érzékenységi tartományok alakítják ki.

Hasonlítsd össze!

Az emberi szemben mi felel meg a kamera optikájának, fényrekeszének, blendenyílásának, a kamera lencséje és a fényérzékelő elem közti távolságnak, a fényérzékelő elemnek?

Magyarázd meg!

A színek észlelése összetett fizikai és pszichológiai folyamat. Keress fizikai és pszichológiai magyarázatot is, miért látjuk színesen a világot!

Fény-elektromos átalakulás

Az inger felvétele a receptorokban található fényérzékeny anyaghoz köthető. A pálcikákban ez a **rodopszin** (látóbíbor), ami egy összetett fehérje (7. ábra). A fehérjerész neve opszin, a nem fehérjerész az A-vitamin származéka, a retinal. A csapokban is lényegében ez a fényérzékeny összetett fehérje található, azzal a különbséggel, hogy a különböző csapokban más és más az opszin szerkezete.

Fény hatására a rodopszin részeire bomlik, emiatt a receptorsejt addig nyitott Na^+-csatornája bezárul, megszűnik a sötétáram, és hiperpolarizáció lép fel (fény-elektromos átalakulás). Az elektromos jel ezután a kétnyúlványú, majd a dúcsejtekre terjed. A dúcsejtek idegrostjai képezik a látóideget, amely a vakfolton át hagyja el a szemet (a vakfoltban nincsenek receptorsejtek, az ide eső fényt, nem látjuk).

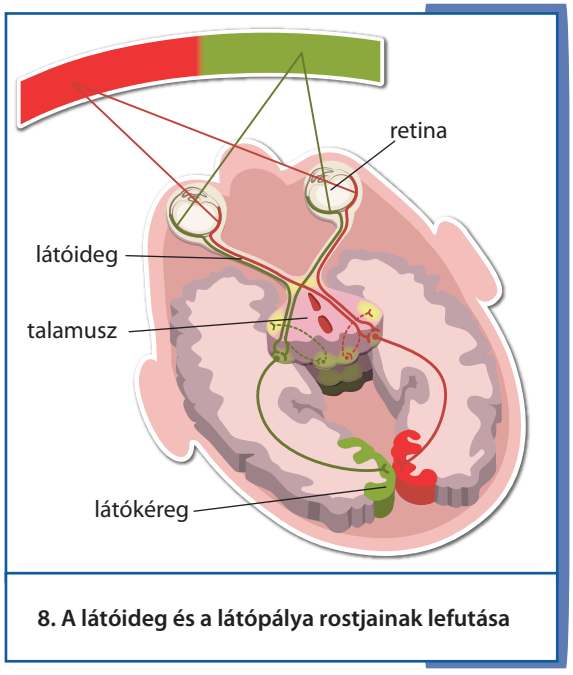
Azok a látóidegrostok, amelyek mindkét szem orr felőli retinarészéről szállítják az információt, az agy alapjához érve átkereszteződnek, és így jutnak a talamuszba, ahol átkapcsolódnak. A szem külső retinaterületéről induló rostok azonos oldalon haladnak tovább a talamuszig, ahol szintén átkapcsolódnak. A **részleges átkereszteződés** után a bal látótérből érkező információk a jobb

7. A rodopszin (látóbíbor) molekula szerkezeti modellje

Igazold egy-egy példával!

Az észlelési folyamat magából az érzékelésből és a hozzá kapcsolódó értelmezésből (kognitív feldolgozásból) áll. Amikor nézünk valamit, még nem biztos, hogy látjuk is. Amit valaki észlel, az tapasztalatai kölcsönhatásainak eredménye is (tehát lehet kultúrafüggő).

oldali, a jobb látótérből érkező információk a bal oldali nyakszirtlebenyben található látókéregbe jutnak (8. ábra). Itt alakul ki a látásérzet. Innen az információ az agy más területeire jut, és az asszociációs működések eredménye lesz az észlelés.



8. A látóideg és a látópálya rostjainak lefutása

A távolságészlelés

Ez a képességünk biztosítja, hogy a közelebbi tárgyakat el tudjuk különíteni a távolabbi háttértől. Ha egy tárgy eltakar egy másikat, akkor arra következtetünk, hogy közelebb van hozzánk, de a közelebbi tárgyakat jóval részletgazdagabbaknak és nagyobbnak is látjuk, mint a távolabbiakat. Az azonos sebességgel mozgó tárgyak közül azt érzékeljük közelebbinek, amely rövidebb idő alatt halad át a látómezőnkön a másikhoz képest. A különböző nagyságú tárgyak közül a kisebbet távolabbinak észleljük, illetve horizonthoz közelebbi tárgyak távolabbinak tűnnek. A mélységészlelésben fontos szerepe van, annak is, hogy a látott tárgy mekkora területet foglal el a retinán. Ebből a látórendszerünk agyunk segítségével meg tudja becsülni az észlelt tárgy távolságát, amennyiben rendelkezik előzetes információval annak tulajdonságait illetően. Egy ember a távolban kisebbnek látszik, mint közelebb (és nyilván tudjuk, hogy nem közben nőtt meg, noha a retinán a kép nagysága nőtt).

Az eddig említett tényezők egyetlen szem esetén is észlelhetők. Két szemünk látótere részben átfedi egymást. Ezen a területek a látott kép az eltérő látószög miatt némileg különbözik (parallaxis), ennek alapján az agyunk térbeli (3D) érzékletet állít elő. A távolsághoz történő alkalmazkodás a két szem egymáshoz viszonyított helyzetét is befolyásolja. Amennyiben a szemtengelyek által bezárt szög kisebb, a tárgy távolabb van, amennyiben a szög nagyobb, a tárgy közelebb van.

A szemműködés egyéb zavarai

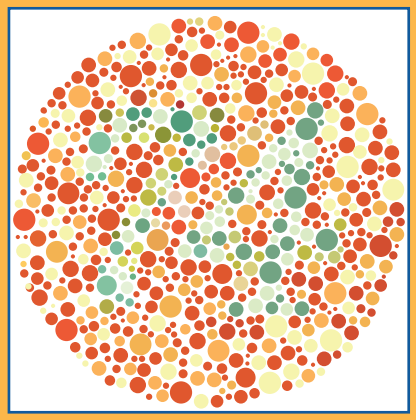
Szürkehályog (szemlencsehomály). A szemlencsében nincs fehérjeszintézis, az ott lévő fehérjék szervezetünk legidősebb fehérjéi. Az évek előrehaladtával szerkezetük romlik, és megváltozik az addigi szabályos elrendeződésük, fényáteresztő képességük. A szemlencse nagy mértékű elhomályosodása megakadályozhatja, hogy éles kép alakuljon ki a retinán. Műtéttel gyógyítható.

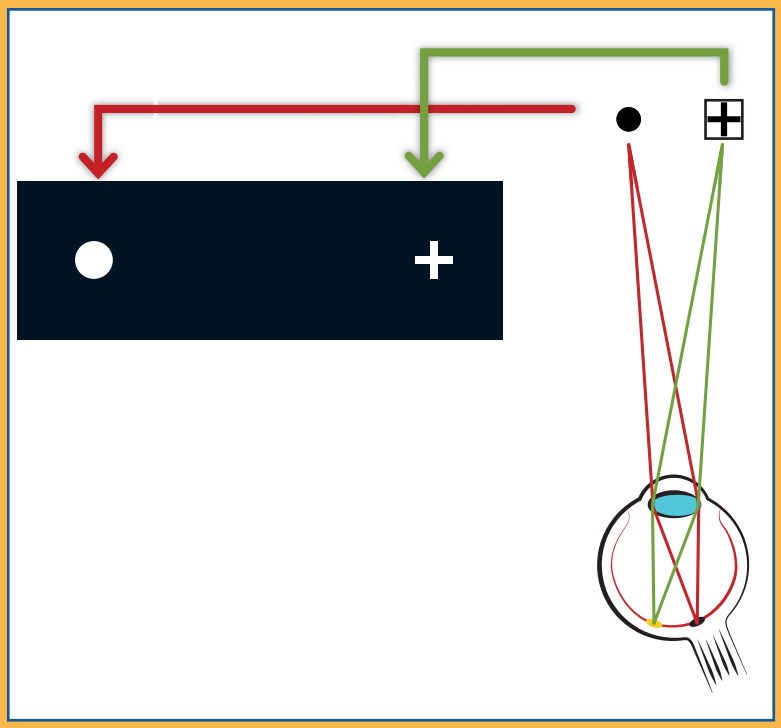
Zöldhályog (glaukóma). A csarnokvíz termelődése és elfolyása, felszívódása közti egyensúly felborul, emiatt emelkedik a szemnyomás, vérellátási zavarok lépnek fel, és idegsejtek is elhalhatnak. Kezeléssel megállítható az állapotromlás, de nem gyógyítható (9. ábra).

9. Előrehaladott zöldhályog

Kísérletezz!

A vakfolt kimutatása. Helyezd az ábrát a szemedtől kb. 30 cm távolságra! A jobb szemedet takard le, és bal szemmel rögzítsd a tekinteted a + jelre! A tekintet rögzítése mellett közelíts lassan az ábrához! Közeledés közben a fehér folt képe akkor tűnik el, amikor a képe a vakfoltra vetül.



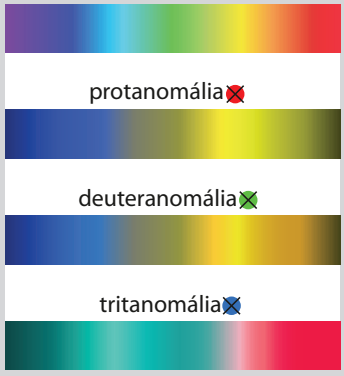


Szürkületi vakság (farkasvakság). A beteg szürkületben, félhomályban, rosszul megvilágított helyiségekben feltűnően gyengébben lát, mert a szem képtelen azonnal alkalmazkodni a fény utáni sötétséghez. Ennek oka a pálcikák működési zavara (látásromlás) vagy pusztulása (vakság), amit az A-vitamin hiánya okoz. A betegség kialakulása megelőzhető megfelelő táplálkozással.

Színtévesztés, színvakság. A legtöbb színlátási zavart egy vagy több csap hiánya vagy működési zavarai okozzák. Ezek a hiányok genetikailag öröklődhetnek, vagy betegségből, öregedésből származhatnak. Súlyosságuk eltérő lehet. Ha bármely típusú színérzékeny receptor hiányzik, azt színvakságnak nevezzük. Ha a receptorok mennyisége csökken vagy nem működnek megfelelően, színtévesztésről beszélünk.

Az egyik leggyakoribb színlátási hiba a vörös-zöld színtévesztés. Ez a probléma a férfiak között sokkal gyakoribb. A vörös-zöld színtévesztésnek két fajtája ismert: van, akinek a zöld észlelése okoz gondot, és van, akinek a vörösé. Az első esetben a zöld érzékelésére képes csapok nem megfelelően működnek. A jó színlátókhoz képest a zöld szín fakóbbnak vagy kevésbé élénknek tűnik. A rossz a fényviszonyok súlyosbítják a helyzetet. A vöröset és a zöldet, gyakran a kéket és a lilát, valamint a rózsaszínt és a zöldet nehezen különböztetik meg. A színtévesztés és a színvakság egy állapot, nem gyógyítható.

Értelmezd az alábbi ábrát!



A hallás

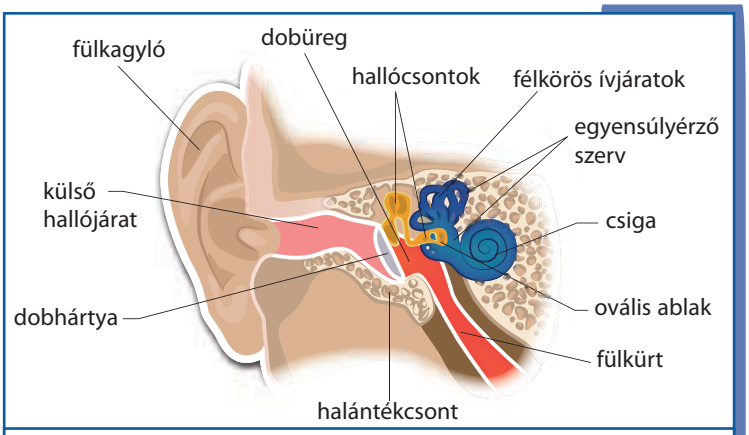
Fülünk páros szerv, a hallás és az egyensúlyozás érzékszerve. Alapvetően három részre tagolódik: külső fül, középfül belső fül.

A hang egy rugalmas közeg (pl. levegő) rezgése. Az emberi fül által hallható hangtartomány 20 Hz-től akár 20 000 Hz-ig is terjedhet, de ahogy öregszünk, úgy csökken a hallásunk tartománya.

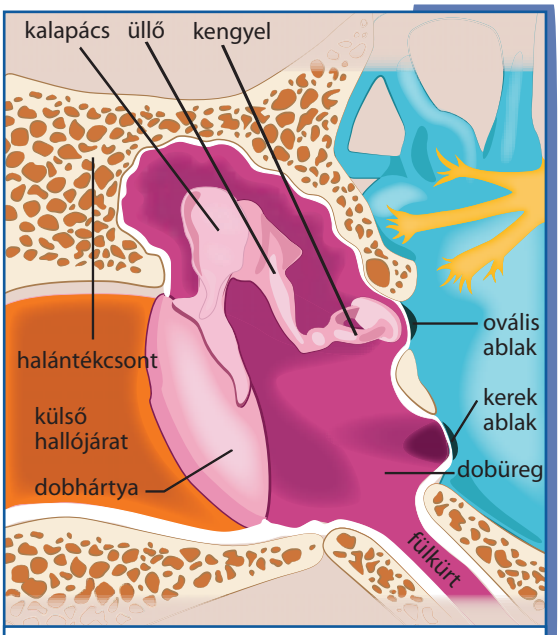
A fül felépítése

A **külső fül** a porcos fülkagylóból és a külső **hallójáratból** áll. Ezek feladata a hang lokalizálása, összegyűjtése, felerősítése és a levegő rezgéseinek a középfül felé továbbítása (9. ábra).

A **középfül** a **dobhártyával** kezdődik. Ez a vékony, rugalmas lemez választja el a külső hallójáratot a dobüregtől. A levegővel telt dobüreget vékony járat, a fülkürt köti össze a garattal. A **fülkürtön** keresztül egyenlítődhet ki a nyomás a dobhártya két oldala között. A dobüregben három, ízülettel összekapcsolódó **hallócsontocska** található: a dobhártyához rögzülő kalapács, majd az üllő és végül a kengyel (10. ábra). A kengyel talpa a belső fülbe vezető nyílást, az **ovális ablakot** fedi be. A külső fülön bejutó hanghullámok megrezegtetik a dobhártyát, majd a rezgések végighaladnak a hallócsontocskákon. A kengyel rezgése végül a belső fület kitöltő folyadékot hozza mozgásba. A középfül feladata a hangok felerősítése: a dobhártya felülete nagyobb, mint a kengyel talpáé, tehát egy nagyobb felületről jutnak a mechanikai hullámok egy kisebbre. A csontos vezetés lehetővé teszi, hogy ne legyen lényeges energiaveszteség a terjedés során. Erős zaj esetén a hallócsontocskákhoz tapadó izmok megfeszülnek (nő az izomtónusuk), így csökken a belső fülbe jutó energia.



9. A fül felépítése



10. A középfül és a hallócsontocskák

Számítsd ki!

Mekkora időkülönbséggel jut el a teremben a hang a két füledhez?

Mérd meg!

Mekkora időkülönbség kell ahhoz, hogy meg tudd állapítani, hogy egy sípoló hang bal vagy jobb oldalról érkezik?

Fedezd fel!

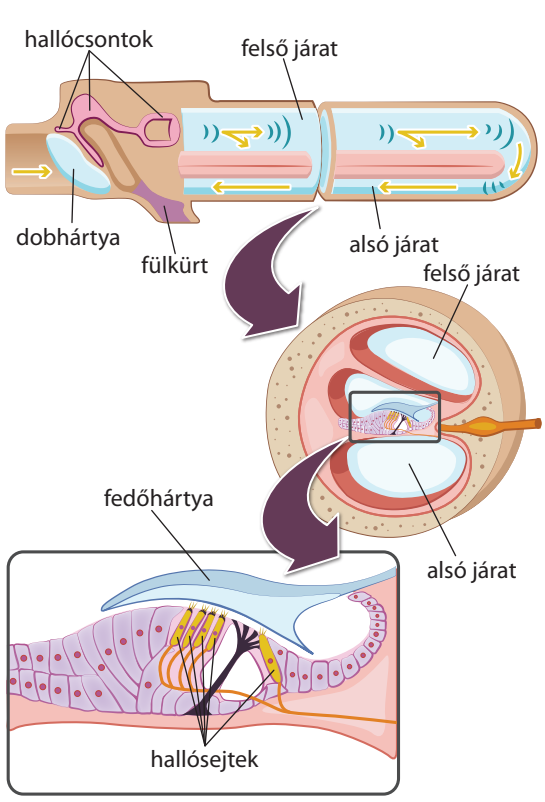
Hányszoros erősítést eredményez a középfül felépítése és működése? Mely adatokkal tudod ezt alátámasztani?

A belső fül szerepe a hallásban

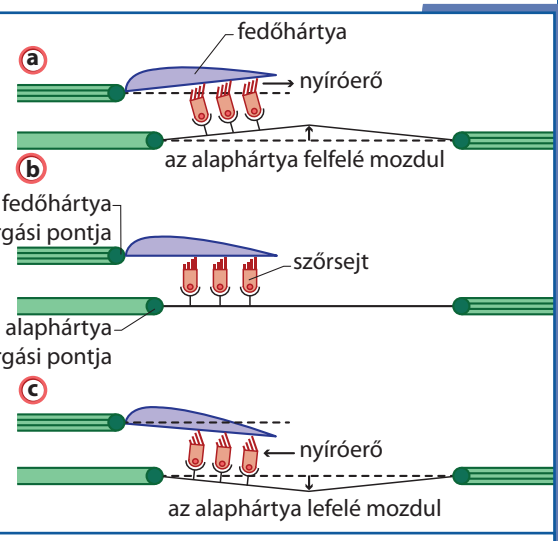
A **belső fül** a halántékcsont csontos üregrendszeréből (csontos labirintus) és az abban található hártyás falú labirintusból áll, amit folyadék tölt ki. Az üregrendszer egyik részét a feltekeredése miatt csigának nevezzük. A **csiga** üregét két hártya három részre osztja. Az egyik hártya neve **alaphártya,** és ezen található az ún. **Corti-szerv** (11. ábra). A Corti-szerv hámsejtek rendszere, amelyben alapvetően kétféle sejttípus van: a **támasztósejtek** és a **receptorsejtek.** Ez utóbbiakat érzékhámsejteknek vagy nyúlványaik miatt szőrsejteknek is nevezzük. A szőrsejtek felett található a **fedőhártya**, míg a szőrsejtek alapi részéhez a **halló-egyensúlyozó agyideg** végződései kapcsolódnak.

A középfület és a belső fül csigáját két hártyával fedett nyílás választja el egymástól, az **ovális és a kerek ablak**. A kengyel talpa az ovális ablakra illeszkedik, rezgése a csiga folyadékát hozza mozgásba. Ennek hatására kileng az alaphártya, a mozgó alaphártya miatt mozog a Corti-szerv is, és a fedőhártya alatti folyadék elhajlítja a szőrsejteken a nyúlványokat, ennek következtében megváltozik az érzékhámsejtek ionáteresztő képessége. Az egyik irányba történő elhajlás depolarizációt, a másik irányba hiperpolarizációt eredményez a szőrsejtekben (ezáltal több, illetve kevesebb akciós potenciál váltódik ki időegység alatt az agyidegben). Tehát a mechanikai inger hatására membránpotenciál-változás (ingerület) jön létre. A szőrsejtekben a mechanikai inger elektromos jellé alakul át (12-13. ábra)

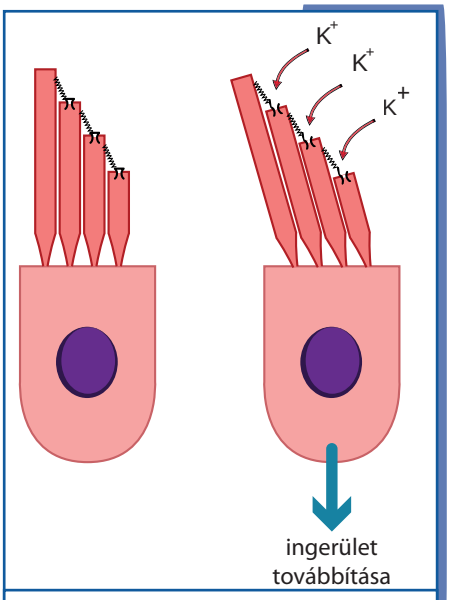
A különböző magasságú (eltérő frekvenciájú) hangok a csiga más-más helyein keltenek ingerületet, ez teszi lehetővé a **hangok magasságának** megkülönböztetését. A csiga alapján elhelyezkedő szőrsejtek a magas, míg a csiga csú-



11. A csiga működési mechanizmusa



12. A Corti-szerv működése



13. A szőrsejtek működése

Fedezd fel!

Valójában kétféle szőrsejt van: külső és belső. Miben különbözik ezek feladata?

Értelmezd!

Mit jelent, hogy a szőrsejtek 100 pikométer kitérést érzékelnek?

Gondold át!

A csigában nincsenek vérerek, a sejtek táplálása a csigát kitöltő folyadékból történik. Miért lenne gond hallás szempontjából a vérerek ottléte?

csán elhelyezkedők a mély hangokra kerülnek ingerületbe. Ennek az az alapja, hogy az alaphártya csúcsi része kb. ötször szélesebb, mint az alapja. Az ingerület a halló-egyensúlyozó agyideg majd a hallópálya idegrostjain a **talamuszba,** onnan pedig tovább a **halántéklebenyben található hallóközpontba** jut. A hallásérzet az agykéregben keletkezik. Ez nem azonos a hangok felfogásával, mivel a további ingerület feldolgozási folyamatok során agyunk más területei értelmezik, érzelmileg színezik a hallott hangokat.

14. A nagy hangerővel történő zenehallgatás hallásromláshoz vezet

A hallószerv egészsége

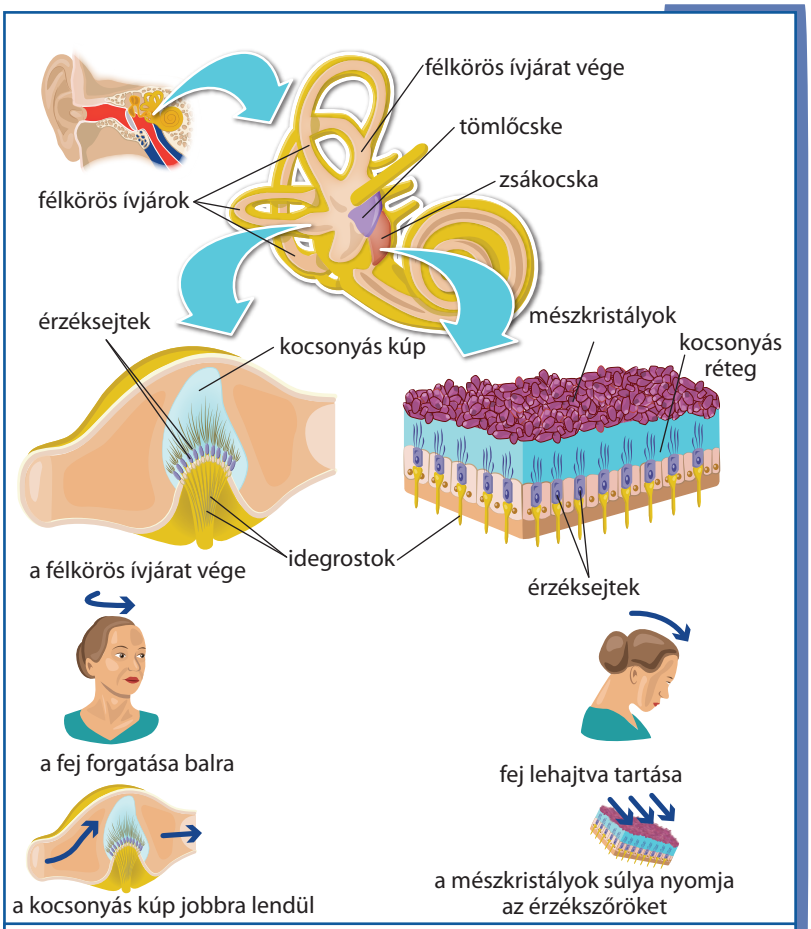
A **hangerősséget** decibel (dB) mértékegységben adhatjuk meg. A suttogás hangereje kb. 15–20 dB, a társalgó beszéd 40–60 dB, a forgalmas utcazaj 70–80 dB körüli erősségű. A 90 decibeles hang tartós hatása már károsítja a hallószervet. A munka-egészségügyi előírások szerint ilyen hangerőn zajvédelem nélkül legfeljebb 4 órát tölthet a dolgozó, 100 decibeles zajban pedig csak 1 órát. A könnyűzenei koncerteken 100–110 decibeles hangerő mérhető. A fülhallgatón zenét hallgatók fülét érő zene hangereje átlagosan 95 dB. Ha ez a hangerő rendszeresen éri a fület, annak hallásromlás lehet a következménye. A halláskárosodás kialakulásakor először általában a magas hangok érzékelésének képessége tűnik el. Ha a zajártalom tartós, akkor a hallásvesztés már a mély hangokat is érinti (14. ábra).

A garat gyulladását okozó baktériumok vagy vírusok a fülkürtön keresztül bejuthatnak a középfülbe és ott elszaporodhatnak. Ilyenkor **középfülgyulladás** alakul ki. Ha a gyulladás következtében a fülkürt tartósan elzáródik, akkor a középfület kitöltő levegő felszívódik, és a helyét folyadék tölti ki. Ezt pulzáló fájdalom és időleges hallás-csökkenés kíséri. A középfülgyulladást orvosnak kell kezelnie.

A fej helyzetének érzékelése

Az egyensúly-érzékelés a test helyzetének és mozgásának érzékelését jelenti. A **testhelyzet** érzékelése több szerv összehangolt működésén alapul. Lényeges, hogy milyen helyzetben látjuk a környezetünket.Agyunk azt is folyamatosan regisztrálja, hogy mely izmaink, milyen mértékű összehúzódását szükséges fenntartani ahhoz, hogy a testhelyzet ne változzon meg. Mindemellett az egyensúly érzékelésére a belső fülben speciális érzékszervünk is van (15. ábra).

A hártyás fallal határolt, folyadékkal telt labirintus egy másik része, a **tömlőcske és a zsákocska** fejünk térbeli helyzetéről szolgáltat információt. A receptorsejtek itt is szőrsejtek, amelyek fölött kocsonyás rétegbe ágyazódva apró mészkristályok helyezked-



15. Az egyensúly-érzékelés módjai

nek el. Ezek a kristályok tömegüknél fogva nyomják az alattuk levő érzékszőröket (16. ábra). Ha a fej térbeli helyzete megváltozik, vagy egyenes vonalú gyorsulás következik be, a szemcsék elhajlítják a szőrsejtek nyúlványait, ez serkentést vagy gátlást eredményez. A nyugalmi állapothoz képest így megváltozik a halló-egyensúlyozó agyideg akciós potenciáljának gyakorisága. Ezzel a rendszerrel a mozdulatlan fej térbeli helyzetét és az ún. lineáris gyorsulást érzékeljük (elindul a lift vagy megáll).

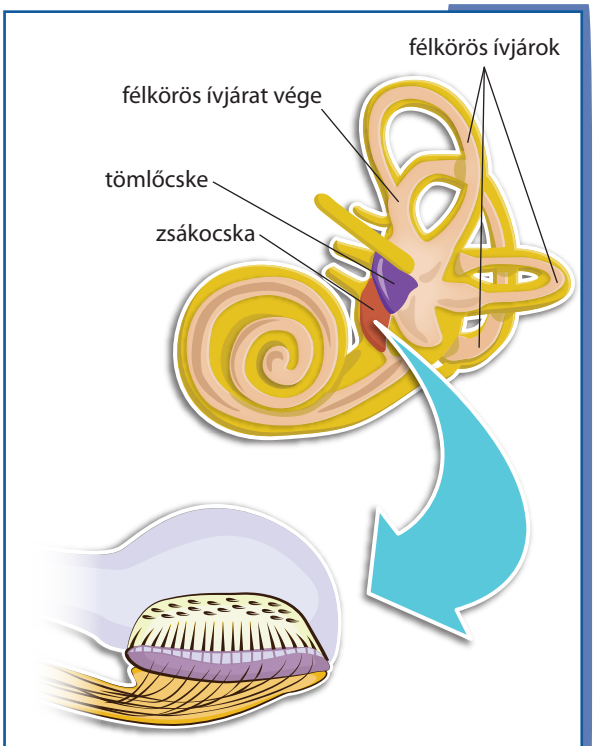
Fedezd fel!

Miért van két rendszer (tömlőcske és zsákocska) a fej érzékelésére? (Kulcsszó a megoldáshoz: szőrsejtek iránya.)

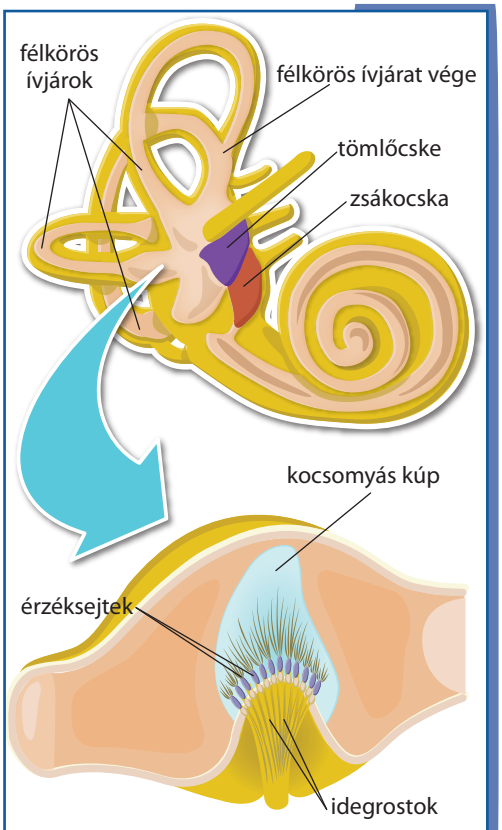
A fej forgásának (szöggyorsulás) érzékelése

Fejünk elfordulását, forgó mozgását a **három félkörös ívjárat** segítségével érzékeljük. A félkörös ívjáratok egymásra merőlegesen, a tér három síkjában, félkör alakban görbülő csövek, belsejüket folyadék tölti ki. Az ívjárat végénél kocsonyás kúp található, ebbe ágyazódnak bele a receptorsejtek, a szőrsejtek (17. ábra).

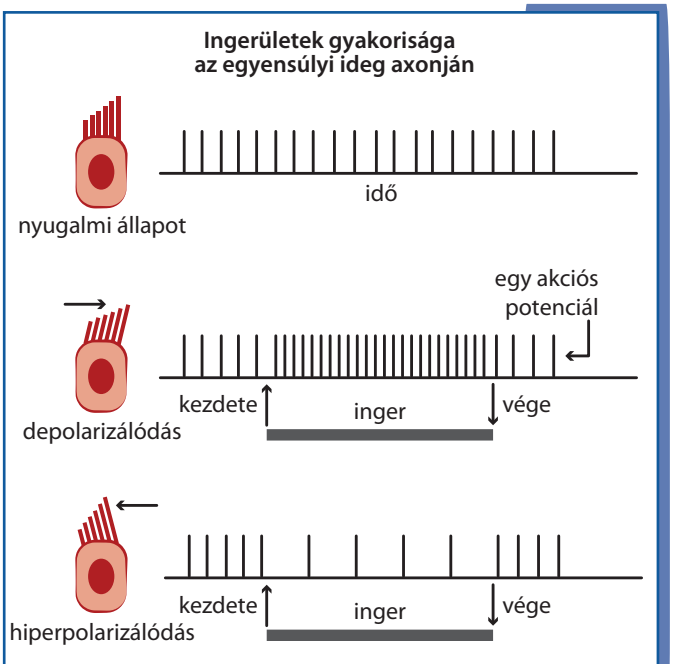
Ha a fej elmozdul, az elfordulás síkjába eső ívjáratban a folyadék tehetetlensége miatt ellenkező irányba áramlik. Az áramló folyadék sodrása deformálja a kocsonyás kúpot, ez pedig meghajlítja a szőrsejtek nyúlványait. A hajlítási irány függvényében változik az akciós potenciál gyakorisága a halló-egyensúlyozó agyidegben (18. ábra).



16. A fej helyzetének érzékelése



17. A fej elfordulásának érzékelése



18. A félkörös ívjáratok szőrsejtjeinek működése

Az egyensúlyozás érzékszervének receptoraiból az ingerület a **halló-egyensúlyozó agyideg** rostjain halad a **talamusz** felé, ahonnan átkapcsolás után az agykéreg több részéhez is eljut, így a **halántéklebenyhez** és a **fali lebenyben** található érzőmezőhöz is. Az ingerület eljut a mozgásszabályozás központjaiba is. Így izmaink működtetésével azonnal válaszolhatunk az ingerre. A halló- és az egyensúlyozó szerv szorosan összefügg egymással, amit az is jelez, hogy az erős hanghatások szédülést okozhatnak.

A szaglás

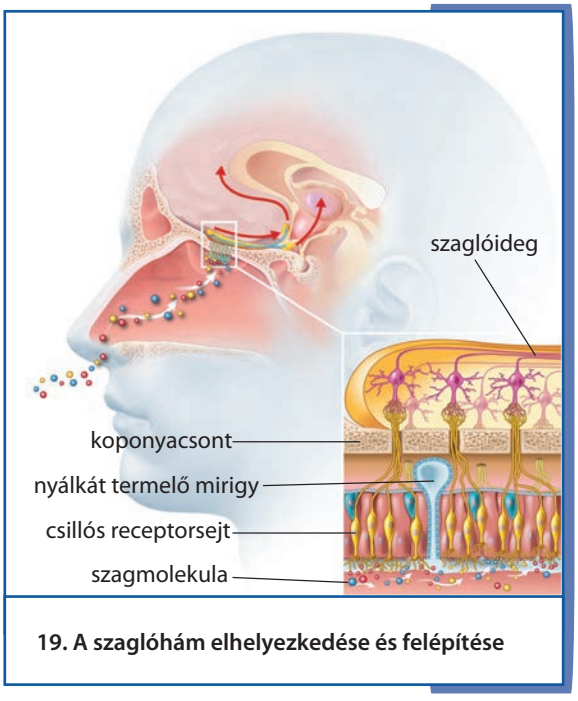
A szaglás receptorsejtjei az orrüreg felső, hátsó részén, a **szaglóhámban** találhatók (19. ábra). Az orrnyálkahártyát borító folyadékrétegben oldódó anyagok ingerlik a receptorsejteket. Az ingerület a szaglóidegen keresztül, a talamuszt elkerülve, közvetlenül a **limbikus rendszernek** a nagyagy alapján elhelyezkedő kérgi részébe, majd onnan más agyterületekbe jut. Az elsődleges szaglókéregből jutnak információk a **talamuszba** is (tehát másodlagosan), onnan pedig a **homloklebenybe.**

Fedezd fel!

Mi lehet a kéreg-talamusz-kéreg út funkciója?

Magyarázd meg!

Mi lehet az oka, hogy kocsonyás kúpban vannak a szőrsejtek nyúlványai, és nem szabadon?



19. A szaglóhám elhelyezkedése és felépítése

A hormonreceptorokkal szemben a szaglóreceptorok nagyszámú különböző anyaggal lépnek kölcsönhatásba, emiatt nagyfokú a változatosságuk. Egyes becslések szerint az ember körülbelül 10 000 különféle szag megkülönböztetésére képes, noha mintegy 1000 különféle szaglóreceptorral rendelkezünk. Ez azért lehetséges, mert egy szaginger azonosításához nem egy receptor szükséges, hanem a receptorok kombinációja, pl. X anyagot az 1, 5, 17, 19 receptor érzékeli, míg az Y anyagot a 2, 5, 33, 177, 455.

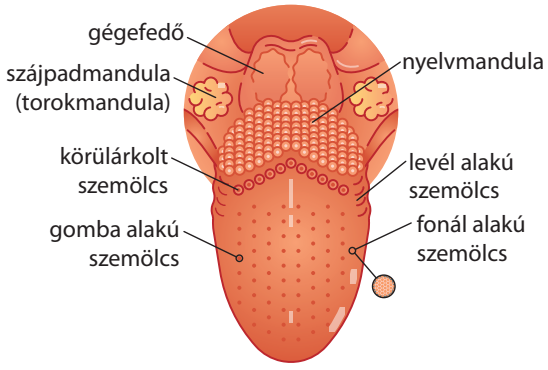
A szaglóközpont az érzelmeket szabályozó agyrészekkel szoros kapcsolatban áll, ez az oka a szagokat kísérő erőteljes érzelmi reakcióknak és annak, hogy a szagok számos emlékképet idézhetnek fel.

Tervezzetek kísérletet!

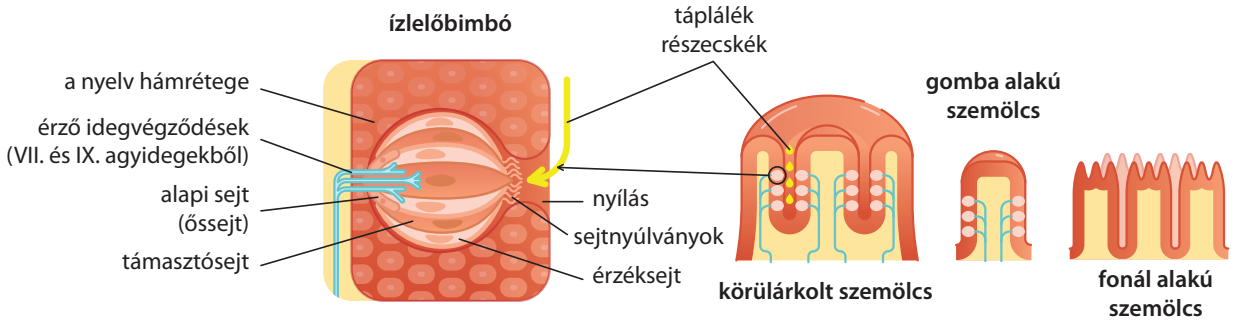
Bizonyítsátok, hogy a szaglásunk hamar „elfárad"!
Mit jelent ez az idegsejtek működésének szintjén?
Állíts fel egy hipotézist ennek funkciójára!
Hiteles forrásból ellenőrizd!

Az ízérzékelés

Az ízérzékelés receptorainak túlnyomó része a nyelv felszínén található. A nyelv nyálkahártyájának kiemelkedései, a **szemölcsök** egy része mikroszkopikus méretű **ízlelőbimbókat** tartalmaz (20-21. ábra). Az ízlelőbimbókban receptorsejtek vannak, amelyek **négyféle alapíz** érzékelésére alkalmasak. Az édes, a sós, a savanyú és a keserű ízek különböző arányú keveréke hozza létre az összes ízkombinációt. Az ízlelőbimbókból az ingerület az agyidegek rostjain a talamuszba, majd átkapcsolás után a **fali lebenybe**, az **elsődleges érzőmezőbe** jut. Itt alakul ki az **ízérzet.**



20. A nyelven elhelyezkedő ízérző receptorok



21. A különböző ízérző receptorok felépítése

Az emberi szem felépítése biztosítja a kép- és színlátás, valamint a környezeti viszonyokhoz való alkalmazkodás képességét.

A térérzékelést és a látótér kibővülését a két szem agyunk által szabályozott együttműködése biztosítja.

A látás első lépése a receptorsejtek, az ideghártyán lévő csapok és pálcikák ingerfelvétele, az érzékletek a látókéregben, az agyműködés segítségével válnak teljessé.

A belső fülben többféle receptor található, a csiga a hallásban, a félkörös ívjáratok, illetve a tömlőcske és a zsákocska a testhelyzet és a mozgás érzékelésében működnek közre.

A túlságosan erős vagy ismétlődően bekövetkező hangterhelés maradandó halláskárosodást okozhat.

16. **Az ízérzékelés és a szaglás légnemű, illetve folyadék állapotú kémiai ingerek felfogására tesz képessé. Az ízérzékelés receptorai a nyelvünkön, a szaglás receptorai az orrüreg felső részén helyezkednek el.**

Összefoglalás

15. A hormonrendszer

1. Hogyan függ össze egymással az idegi és a hormonális szabályozás
2. Miért alakult ki több szervrendszer is a szabályozási folyamatokra?
3. Hogyan érzékelik a sejtek a hormonok által továbbított jelzéseket?
4. Milyen következményei lehetnek a hormonális rendellenességeknek?
5. Honnan kapta a nevét a cukorbetegség?

Idézd fel!

Korábbi tanulmányaid alapján idézd fel, vagy keress rá az alábbi fogalmakra: mirigy, elválasztás, kiválasztás, külső elválasztású mirigy, belső elválasztású mirigy

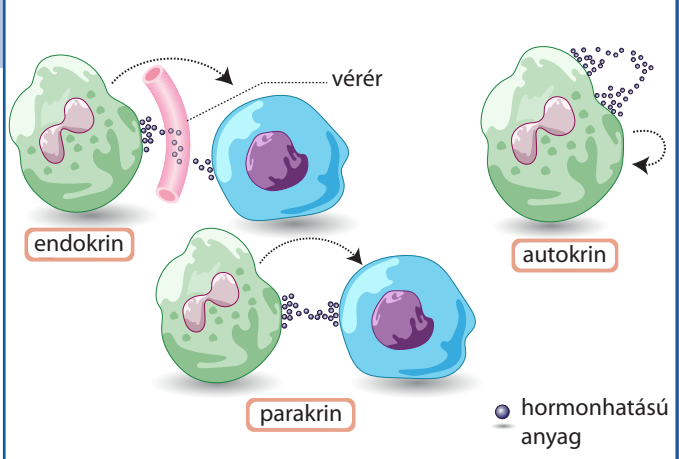
Fogalmazd meg a röviden a jelentésüket!

Szabályozási funkciókat nemcsak az idegrendszer, hanem más szervrendszerek – köztük a hormon – vagy az immunrendszer is ellátnak. Működésük összehangolt, de több jellemző különbség is van közöttük (1. ábra).

Idegrendszer	Hormonrendszer
Az információ továbbításában elektromos és kémiai jelek (neurotranszmitterek) is részt vesznek.	Az információ továbbításában kémiai jelek (hormonok) vesznek részt.
A jel idegeken, pályákon, illetve szinapszisokon át terjed.	A jel a testfolyadékokon (pl. vér) át terjed.
Működése lehet akarattól függő és független is.	Működése akarattól független.
Sok működés lokalizált, egy-vagy néhány szervre terjed ki.	Sok működés több szervre is kiterjed.
A jelátviteli folyamat viszonylag gyors.	A jelátviteli folyamat viszonylag lassú.
A funkciókat megvalósító fő sejttípus az idegsejt (neuron).	A funkciókat megvalósító fő sejttípus a (mirigy)hámsejt.
Anatómiailag részei: a központi és a környéki idegrendszer	Anatómiailag részei: a hormonokat termelő mirigyek, pl. az agyalapi mirigy, a hasnyálmirigy.

1. Az idegi és hormonális szabályozás összehasonlítása

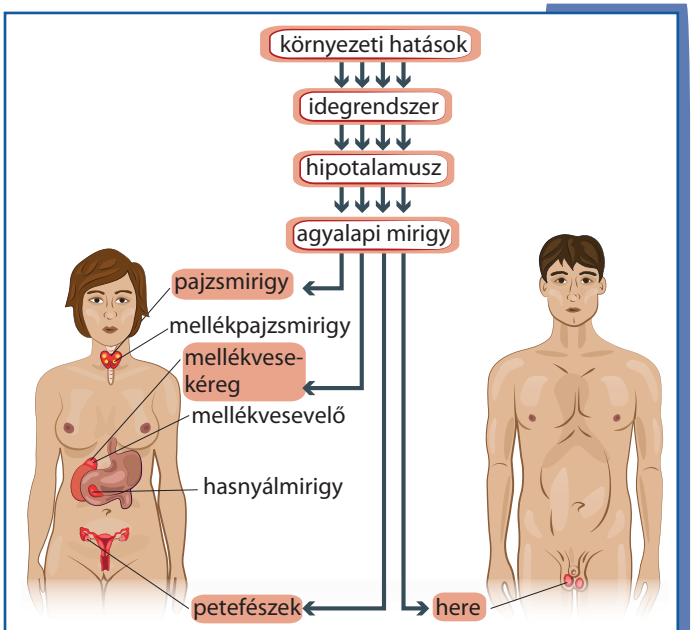
A **hormon is jel,** egyfajta üzenet a sejt számára, amelyre a sejt működésének megváltoztatásával válaszol. A hormon csak a célszerveken hat – ott, ahol receptorai vannak a sejteken. A hormonális hatás térben lehet rövid távú (saját sejtre, közeli sejtekre ható) és hosszú távú (távolabbi sejtekre ható) is (2. ábra).



2. A hormonális jelátvitel távolság szerinti osztályozása (endokrin: a hormon véráram segítségével a termelő sejttől távolabbra is eljut; parakrin: a hormon a termelő sejthez közeli célsejtekre hat; autokrin: a célsejt megegyezik a hormontermelő sejttel.)

Idegrendszeri kontroll

A **hipotalamusz** az idegrendszer, azon belül a **köztiagy** része. A hormontermelésre képes sejtjeit **neuroszekréciós** sejteknek nevezzük. A kissejtes állományban termelődő **serkentő** (RH = releasing) és **gátló** hormonok az agyalapi mirigy elülős lebenyének hormontermelésére hatnak. A nagysejtes mag **oxitocint** és **ADH**-t termel.



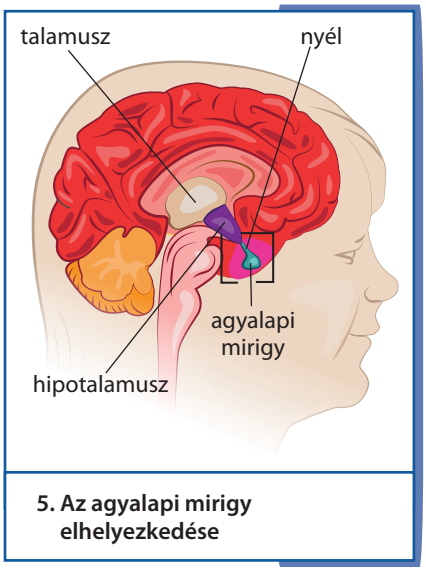
3. A belső elválasztású mirigyek egy része felsőbb szabályozása alatt áll

Szerv	Hormon	Hatása
Hipotalamusz (kissejtes állomány)	GnRH	Az agyalapi mirigy hormontermelésére hatva szabályozza az ivarmirigyek működését (FSH, LH).
	TRH	Az agyalapi mirigy hormontermelésére hatva szabályozza a pajzsmirigy működését (TSH).
	CRF	Az agyalapi mirigy hormontermelésére hatva szabályozza a mellékvese működését (ACTH).
Hipotalamusz (nagysejtes állomány)	oxitocin	A simaizom összehúzódását serkenti, pl. szüléskor a méhizomzatot, szoptatáskor az emlő mirigyeit.
	vazopresszin (ADH)	Fokozza a vízvisszaszívást a vesében, így szervezetünk megtartja a vizet, kismértékben vérnyomásemelő.

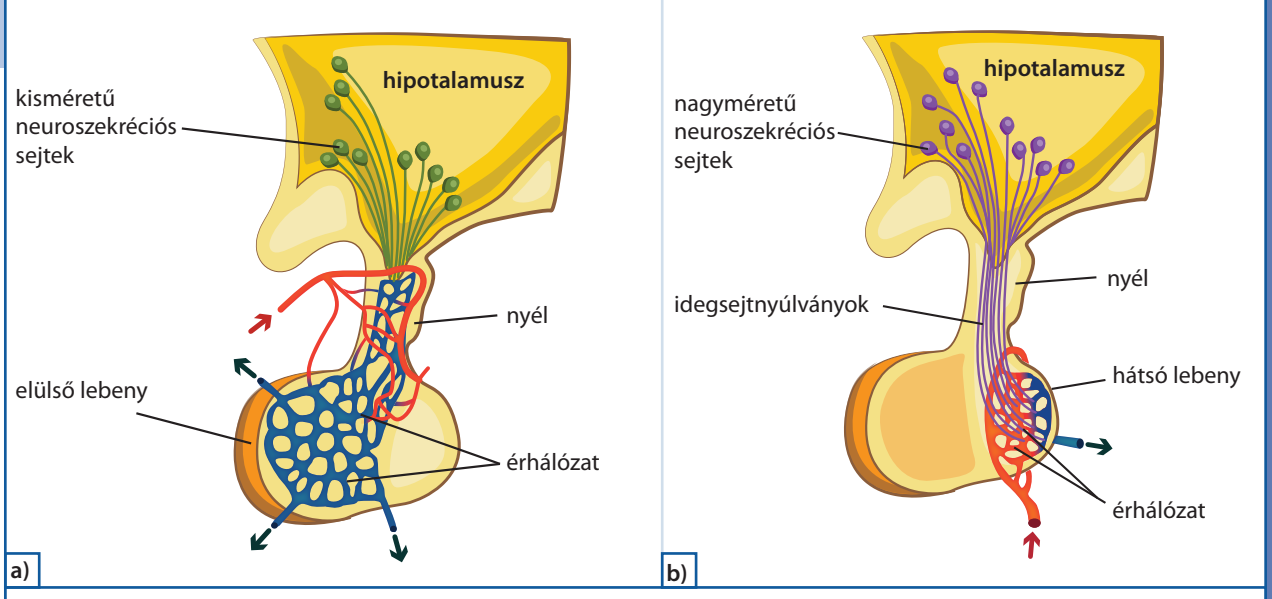
4. A hipotalamusz hormonjai

Az agyalapi mirigy

Az agyalapi mirigy (hipofízis) a koponyaüreg alapi részén, az ékcsont töröknyereg nevű mélyedése által védett helyen található, borsószem nagyságú mirigy (5. ábra). **Elülső lebenye hormonokat termel** (6. ábra), míg a **hátsó lebeny** a hipotalamusz által termelt az oxitocint és vazopresszint (ADH) **tárolja,** illetve juttatja tovább a vérbe.



5. Az agyalapi mirigy elhelyezkedése



6. Az agyalapi mirigy elülső (a) és hátulsó (b) lebenyének működése. (a) A hipotalamusz és az agyalapi mirigy elülső lebenyének kapcsolata. (b) A hipotalamusz és az agyalapi mirigy hátsó lebenyének kapcsolata. A nyilak a véráramlás irányát mutatják

Hipofízis (agyalapi mirigy) elülső lebeny	FSH (tüszőserkentő hormon)	A petefészek tüszőire hat, és a petesejt érését biztosítja, míg a herében a hímivarsejtekét.
	LH (sárgatestserkentő hormon)	Előidézi a petesejt kilökődését, az ovulációt. A férfiaknál a tesztoszteronterme-lésre hat.
	Prolaktin (tejelválasztást serkentő hormon)	A tejelválasztást idézi elő. Fogamzásgátló hatású.
	ACTH	A mellékvese kéregállományában serkenti a hormonok termelődését.
	Növekedési hormon (GH)	Több szervre hat. Meghatározza a csontok hossznövekedését is. A vércukor-szintet emeli.
	Pajzsmirigyserkentő hormon (TSH)	Serkenti a pajzsmirigy tiroxintermelését.

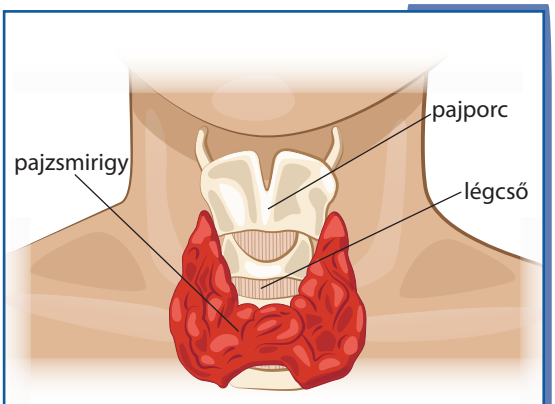
7. Az agylapi mirigy hormontermelése

Perifériás hormontermelő szervek

A két lebenyből álló **pajzsmirigy** a pajzsporc előtt, míg az általában négy borsónagyságú részből álló **mellékpajzsmirigy** a pajzsmirigy állományában helyezkedik el (8. ábra).

Szerv	Hormon	Hatása
Pajzsmirigy	tiroxin (jódtartalmú)	Fontos szerepe van a növekedésben, a fejlődésben és az anyagcserében. Sejten belüli receptorral rendelkezik, és több mitokondriális fehérje előállítását fokozza. Hatásukra fokozódik a biológiai oxidáció, a sejtek oxigénfogyasztása és hőtermelése.
	kalcitonin	Csökkenti a vér Ca^{2+}-szintjét, ha az a normál érték fölötti. Fokozza a felépítő folyamatokat a csontokban.
Mellékpajzsmirigy	parathormon	Növeli a vér Ca^{2+}-szintjét, ha az a normál érték alatti. Fokozza a lebontó folyamatokat a csontokban.

9. A pajzsmirigy hormontermelése



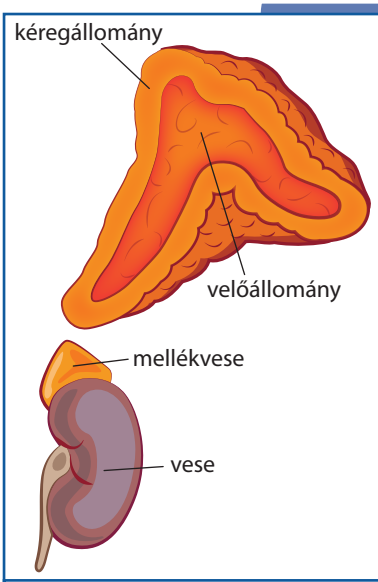
8. A pajzsmirigy elhelyezkedése

A **mellékvese** a vese felső csúcsán elhelyezkedő páros szerv. Külső része, a **kéreg,** szteroidhormonokat termel. Belső része, a **velőállomány,** a szimpatikus idegrendszerhez tartozik (10. ábra).

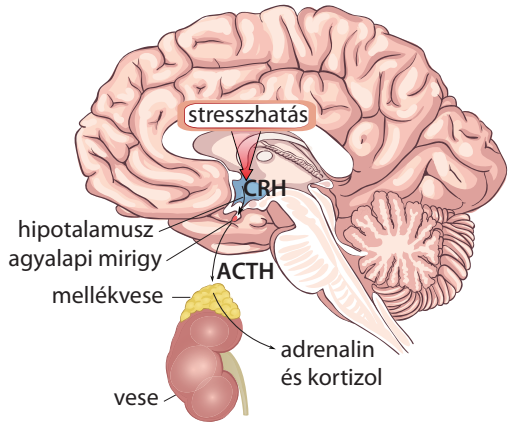
A **krónikus stresszre** adott élettani válaszok hátterében a szimpatikus idegrendszer és a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg túlműködése áll: stressz hatására a hipotalamusz serkenti a hipofízis működését, ami fokozott mértékben bocsát ki ACTH-t (mellékvesekéreg serkentő hormont). A mellékvesekéreg pedig tartósan termel kortizolt, ami vércukorszint emelő hatású, de az immunrendszer alulműködését (betegségekre való hajlamot) eredményezi (11. ábra).

Szerv	Hormon	Hatása
Mellékvesekéreg	aldoszteron	Fokozza a vesében a Na^+ (és a víz) visszaszívását, ezzel elősegíti a K^+ (és a H^+) ürülését.
	glükokortikoidok (pl. kortizol)	Stressz hatására fokozott a termelésük. Az immunműködésekre negatív hatással vannak, gyulladásgátlók. Növelik a vércukorszintet, a májban fokozzák a glükóz előállítását, pl. tejsavból. Fokozzák a fehérjék, zsírok, glikogén lebontását, ezek a folyamatok az éhezéshez való alkalmazkodást segítik.
	szexuálszteroidok	A mellékvesekéreg által termelt DHEA (dehidroepiandroszteron) hormon androgén hatású, vagyis a férfias másodlagos nemi jellegeket fokozza. Férfiakban átalakulhat tesztoszteronná, ez azonban csak a serdülőkor elején jelentős hatású. Nőknél a mellékvesék által termelt DHEA a tüszőkben történő tesztoszteron- és ösztrogénszintézishez nyújt kiindulási vegyületet. A mellékvese-androgének felelősek a szemérem- és hónaljszőrzet növekedéséért. Szerepük van a szexuális vágy, a megfelelő szexuális magatartás fenntartásában.
Mellékvesevelő	adrenalin noradrenalin	A rövid távú alkalmazkodáshoz („támadj vagy menekülj") szimpatikus túlsúlyt alakít ki, pl. fokozza a légzési és szívfrekvenciát.

11. A mellékvese hormontermelése



10. A mellékvese elhelyezkedése és felépítése



rövid távú stressz: alkalmazkodás
hosszútávú stressz: kóros elváltozások

12. A stresszválasz kialakulása

A krónikus stresszre adott élettani válaszok hátterében a szimpatikus idegrendszer és a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg túlműködése áll: stressz hatására a hipotalamusz serkenti a hipofízis működését, ami fokozott mértékben bocsát ki ACTH-t (mellékvesekéreg serkentő hormont). A mellékvesekéreg pedig tartósan termel kortizolt, ami vércukorszint emelő hatású, de az immunrendszer alulműködését (betegségekre való hajlamot) eredményezi (12. ábra).

A **hasnyálmirigy** kb. 15 cm hosszúságú szerv, az ágyéki 1. és 2. csigolya magasságában helyezkedik el, a test hossztengelyére merőlegesen. Három fő része különíthető el: a legszélesebb fejrész, amely a patkóbél hajlatába illeszkedik, valamint a keskenyebb test és farok. **Kettős elválasztású** mirigy: külső elválasztású része termeli a hasnyálat, belső elválasztású részei elszórtan találhatók a szervben, kis sejtcsoportokat (ún. Langerhans-szigetek) alkotva. A sejtcsoportok egyes sejtjei **inzulint,** míg mások **glukagont** termelnek. Alapvetően ez a két hormon szabályozza a vércukorszintet (13. ábra).

Szerv	Hormon	Hatása
Hasnyálmirigy	inzulin	A vércukorszintet csökkenti, ha az a normál (éhgyomri értéke 3,9–6 mmol/l értéktartományon felül van.
	glukagon	A vércukorszintet emeli, ha az a normál értéktartomány alatt van.

13. A hasnyálmirigy hormontermelése

Amikor a petefészket vagy a herét mint ivarmirigyeket nevezzük meg, akkor elsősorban hormontermelő funkciójukra utalunk (14. ábra). A petefészek a kis- és a nagymedence határán, a herék a hasüregen kívül találhatók

Szerv	Hormon	Hatása
Petefészek	ösztrogén (tüszőhormon, több hormon összefoglaló neve)	A másodlagos nemi jellegek kialakításában, a méhnyálkahártya regenerációjában, vastagodásában és a csontépülési folyamatokban is részt vesz. Egyes immunsejtek működését fokozza.
Sárgatest	progeszteron (sárgatesthormon)	A menstruációs ciklus 2. felében előkészíti méhnyálkahártyát a beágyazódásra. Gátolja a méhösszehúzódást, lecsökkent szintje kiváltja a menstruációt.
	inhibin	Az FSH és az LH gátlása.
Magzatburok (chorion)	human chorio-gonadotropin (hCG)	Fenntartja a sárgatestet. A megtermékenyítés után 6-7 nappal már mérhető a szintje a vizeletben. A terhességi teszt hormonja. A növekvő embriót körülvevő trofoblasztsejtek (később magzatburok = chorion) termelik.
Méhlepény	ösztrogén, progeszteron	
Here (Leydig-sejtek)	tesztoszteron	A másodlagos nemi jellegek kialakításában, a nemi működések fenntartásában vesz részt.

14. Az ivarmirigyek hormontermelése

A fény és a hormonok

Tobozmirigy	melatonin	Az alvás szabályozásában, a cirkadiális („napi") ritmus, a biológiai óra fenntartásában vesz részt. Visszahat a ritmusgenerátorra, ami a hipotalamuszban található.
Bőr → máj → vese	D-hormon (D-vitamin)	Növeli a kalcium és a foszfát felszívódását és a csontokba (fogakba) épülését. Szabályozza a sejtek növekedését és differenciálódását, támogatja az immunrendszer működését. A napfény UV-B sugárzásának hatására a bőrben alakul ki, a vesében aktívabbá, biológiailag hatásos hormonná válik.

15. Fénnyel kapcsolatos hormontermelés

Tervezz!

Hogyan bizonyítanád, hogy a melatonin termelődését nem a sötétség stimulálja, hanem a fény gátolja?

Szabályozási folyamatok

A hormonális szabályozási folyamatokban is érvényesül a negatív és a pozitív visszacsatolás elve, illetve példát láthatunk a szabályozás hierarchikus rendszerére is.

Több olyan szabályozási kör van az emberi szervezetben, amelyben az idegrendszer a hormonrendszerrel együttműködve fejti ki hatását (neuroendokrin szabályozás). A szabályozó szervek rendelkeznek az adott hormon receptorával, és érzékelik a hormon szintjét a vérben.

Ha ez magasabb a normál értéktartománynál, akkor olyan utasítást ad, hogy csökkenjen (a gátló hormon termelése révén), vagy ne növekedjen (a serkentő hormon termelődésének gátlásával).

Ha alacsonyabb, akkor serkentő hormont termel, hogy növekedjen.

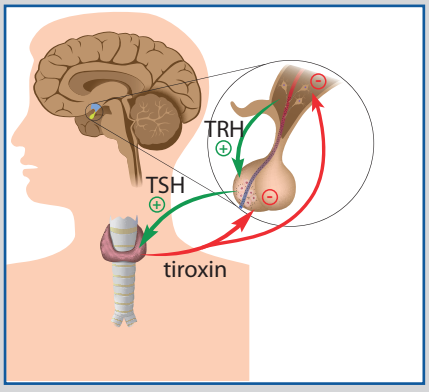
Tehát **negatív visszacsatolással** szabályozzák (állítják be) a kérdéses hormon normál szintjét a vérben.

A **vércukorszint szabályozásában** alapvetően két hormon vesz részt, az **inzulin** és a **glukagon**. Elválasztásuk a vércukorszinttől függ. Az inzulin a vércukorszintet csökkentő hormon. Ha az inzulin a sejtek receptorához kötődik, akkor a sejtek belsejében nyugvó glükóz-transzporterek (glükózt beengedő fehérjecsatornák) a sejthártyába jutnak és ezeken keresztül felveszik a sejtek a szőlőcukrot. Az inzulin elősegíti a glükóz lebontását zsírokká alakulását vagy annak glikogénné alakulását (máj, vázizom). Gátolja a zsírok lebontását is.

A glukagon hatása ellentétes az inzulinéval, például fokozza a glikogén glükózzá bontását, és elősegíti, hogy a májból glükóz jusson a vérbe (16. ábra).

Elemezz!

A vérvizsgálat eredménye azt mutatja, hogy egy ember TSH-szintje a normál értéktartománynál magasabb értékű. Mit jelent ez? A tiroxinszintje magasabb vagy alacsonyabb a normál értéknél? Az ábra alapján vezesd le gondolatmenetedet!



A táplálékfelvétel hormonális szabályozása

Az **étvágy** az éhség által kiváltott szubjektív érzet, ami táplálékfelvételre késztet. Az étvágyat az emésztőrendszer, a zsírszövet és a központi idegrendszer közötti szoros együttműködés biztosítja.

A **leptin** hormont döntően a **fehér zsírszövet** termeli. A táplálékfelvételt csökkenti. Az inzulin fokozza a termelődését. Anorexigén → csökkenti a táplálékfelvételt és a testtömeget (orexis = vágy, an-orexis = vágy elvesztése).

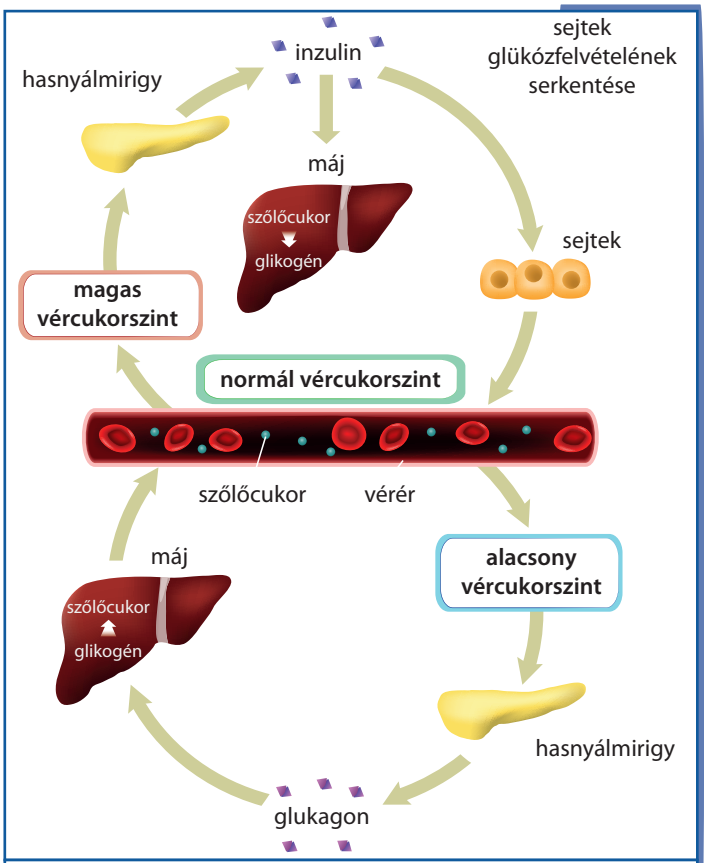
A **ghrelint** nagyrészt a **gyomor** sejtei termelik, de a vékonybél, a vastagbél és a központi idegrendszer is. Orexigén → fokozza a táplálékfelvételt és testtömeget. Anorexia esetén magas a ghrelinszint.

A **hipotalamusz** tartalmazza az **éhség-** (orexigén) és jóllakottság- (anorexigén) központokat.

A ghrelin a hipotalamikus orexigén neuronokat aktiválja, növeli a táplálékbevitelt.

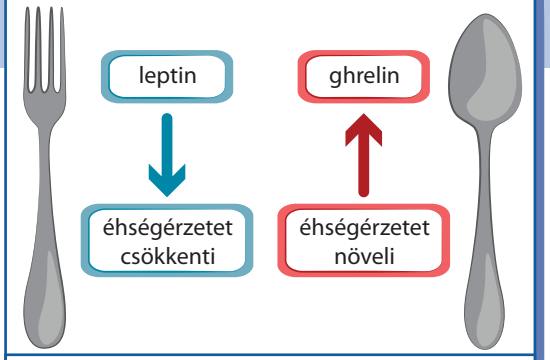
A leptin (és az inzulin is) viszont gátolja ezeket a neuronokat, így a leptin → csökkenti az étvágyat (17. ábra).

Az anyagcserét nem egy mag vagy magcsoport, hanem idegrendszeri körök szabályozzák. Például ha eszünk, a **jutalmazási pályák** (dopamin) által jó érzésünk lesz.



16. A vércukorszint szabályozása

A tápláltsági állapot és a szaporodóképesség között is kapcsolat van. Meghatározó elemei a fehér zsírszövet sejtjei által termelt leptin és adipokin. Fordítva, a nagymértékű fogyás hatására lecsökken a leptintermelés, és ez meddőséghez vezethet.



17. Az étvágy élettana

A hormonrendszer működési zavarai

	Túlműködés	Alulműködés
Növekedési hormon	Óriásnövés/gigantizmus (fiatalkorban).	Arányos törpenövés (fiatalkorban).
	Akromegália (idősebb korban). A csontok deformálódnak. Jellemzők a kiálló csúcsi részek pl. kézfej, lábfej, orr, fül, állcsúcs megnagyobbodása.	
Tiroxin	Hipertireózis. Jellemzők: fokozott biológiai oxidáció, testsúlycsökkenés, meleg és nedves bőr, nyugtalanság.	Hipotireózis. Lelassult anyagcsere, fáradékonyság. Fiatalkorban szellemi-testi visszamaradottság.
Inzulin	1-es típusú cukorbetegség (inzulinhiány) Magas vércukorszint. Gyakori vizelés és jelentős mennyiségű vizeletürítés. Sok folyadék fogyasztása. Fokozott étvágy mellett fogyás. Kimerültség. Homályos látás. Gyümölcs- vagy acetonszagú lehelet.	
Inzulin	2-es típusú cukorbetegség (inzulinreceptor érzéketlensége / inzulinrezisztencia) A korai stádiumban a 2-es típusú cukorbetegségnek nincsenek tünetei. A betegség későbbi időszakában hasonlóak a tünetek, mint az 1-es típusnál.	

18. Egyes hormonokhoz köthető tünetek

Mutasd be!

Készíts rövid összefoglalót (5-5 mondat) az alábbi címekkel! A lényeg, hogy minden esetben ok-okozati összefügésben mutasd be a tényeket, a hiteles forrást tüntesd fel!

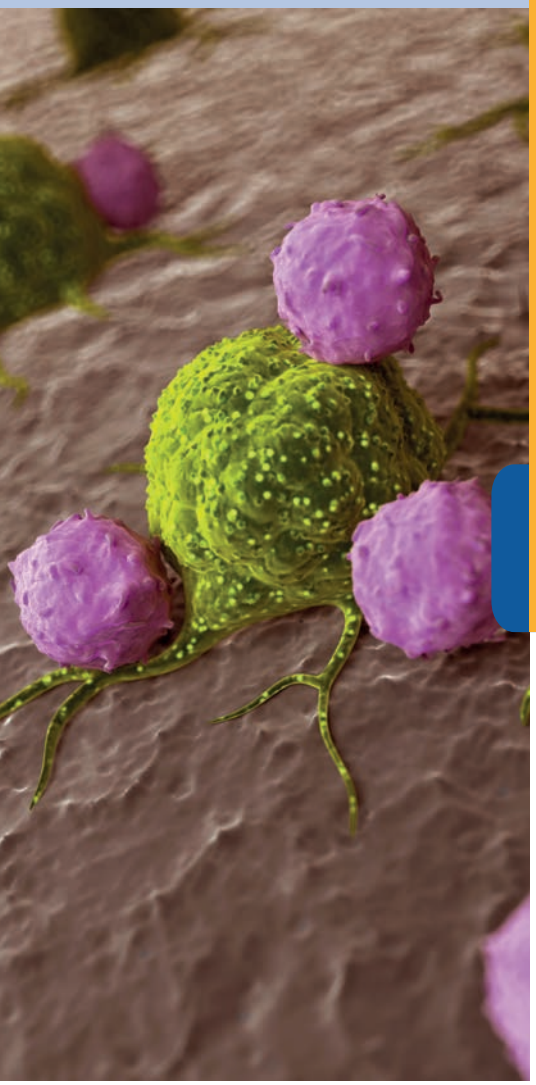
- **A cukorbetegség lehetséges szövődményei.**
- **Az életmód szerepe a 2-es típusú cukorbetegség kialakulásának megelőzésében, illetve a betegség visszafordításában.**

A belső elválasztású mirigyek váladékai a hormonok. A szabályozási folyamatokban a hormonrendszernek is kiemelkedő szerepe van. A hormonális szabályozási folyamatokban is érvényesül a negatív és a pozitív visszacsatolás elve. A főbb belső elválasztású mirigyek a hipotalamusz, az agyalapi mirigy, a pajzsmirigy, a mellékpajzsmirigy, a hasnyálmirigy, a mellékvese, az ivarmirigyek, de gyakorlatilag minden szerv termel hormont. A hormonok azokon a sejteken hatnak, amelyeken megtalálhatók a receptoraik.

A vércukorszint szabályozásában alapvetően az inzulin és a glukagon vesz részt, elválasztásuk ingere a vér cukorszintje.

Inzulin hiányában vagy az inzulinreceptorok csökkent érzékenysége (inzulinrezisztencia) esetén cukorbetegség alakul ki.

15. Összefoglalás

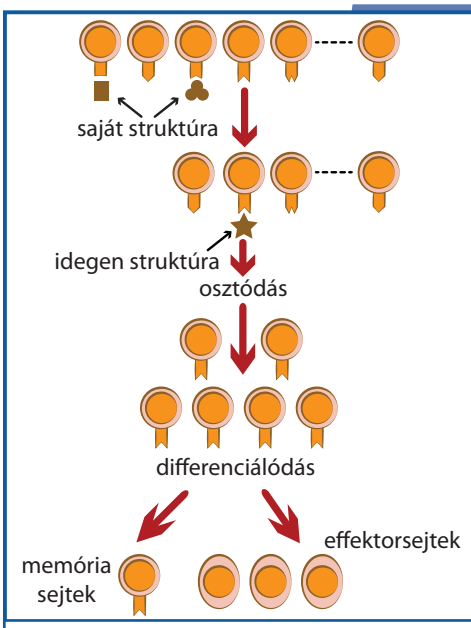


16. Az immunrendszer

1. Miért tekinthető alapvetően információs folyamatnak az immunrendszer működése?
2. Miért van szükség többféle immunválaszra is?
3. Miért betegszik meg az egyik ember jobban, mint a másik ugyanattól a kórokozótól?
4. Miért támad bizonyos esetekben önmagunk ellen az immunrendszerünk?
5. Miért alakultak ki vércsoportok az evolúció során?
6. Mennyire ősi rendszer az immunrendszer?

Az immunrendszer esetében is az alapvető feladat a saját felismerése és védése, a megváltozott saját (pl. tumorsejtek) és nem saját, azaz idegen anyagok felismerése és azok hatástalanítása, megsemmisítése (1. ábra). De ki a saját és ki az idegen? Hogyan azonosítja ezeket az immunrendszer? Ennek megértéséhez be először be kell vezetni az antigén fogalmát.

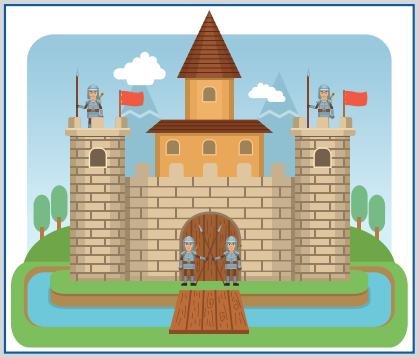
– **Antigén**: olyan struktúra (sejt vagy molekula), amelyet az érett immunrendszer képes felismerni (lehet szénhidrát-, fehérje-, lipid- vagy akár nukleinsavrészlet is).
– **Saját antigén**: minden olyan antigént sajátjának ismer el az immunrendszer, amelyekkel a méhen belüli fejlődés, illetve a születés utáni rövid időszak során találkozott.
– **Idegen antigén** (immunogén): olyan anyag, amely immunválaszt vált ki, mert a magzati fejlődés során az immunrendszer nem ismerte el sajátjának. Képzeljük el, hogy a váron belül minden embernek egy lakatot kell hordania! A lakatok zárjai az antigének, a zárak kulcsai pedig az immunrendszer elemei. Minden olyan kulcs megsemmisül, ami a saját zárba illeszkedik, így csak olyan kulcsok maradnak, amelyek az idegeneket ismerik fel. Ezekből a kulcsokból jó sok másolat készül majd.



1. Az immunrendszer válasza egy idegen antigén esetén

Hangolódj rá!

Képzeljük el, hogy van egy várunk, amit meg akarunk védeni. Hogyan kell felépíteni? Milyen óvintézkedéseket kell tennünk ahhoz, hogy a vár ép maradjon, védelmet tudjon biztosítani az ellenség ellen, hogy lakói biztonságban élhessenek?



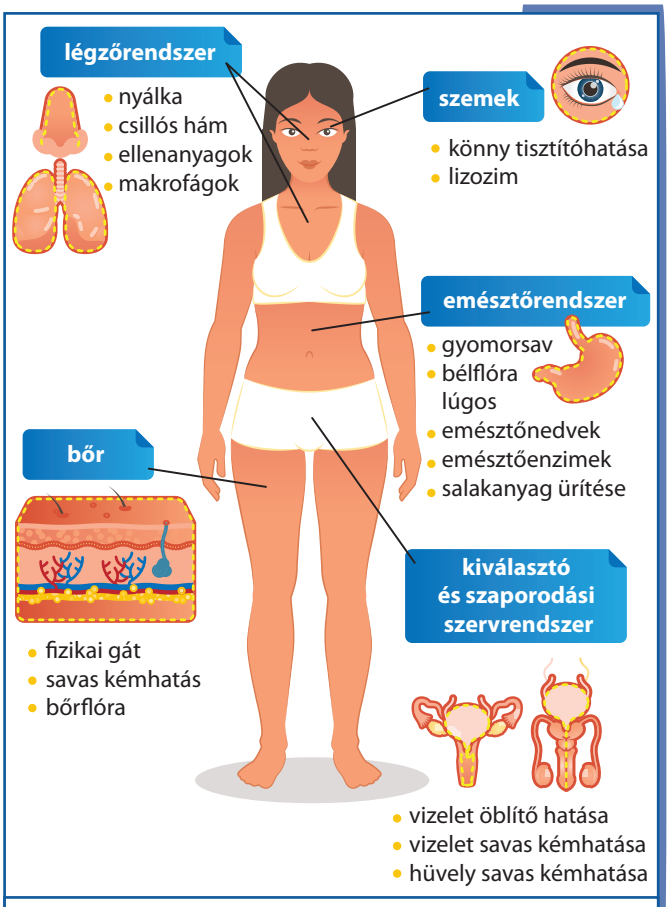
Folytasd!

Vidd végig a vár hasonlatot egy-két társaddal az egész immunrendszer működésére (csata, fegyverek stb.)!

Fizikai-kémiai védelem

Az idegen anyagoknak, pl. kórokozóknak a szervezetbe jutáshoz jónéhány fizikai, kémiai illetve biológiai akadályt kell legyőzniük. A testnyílásokon viszonylag könnyű bejutnnak. A táplálékkal a szájüregbe, majd a bélcsatornába bejutott anyagokkal szemben a szervezet bontó enzimekkel, savakkal, szervezetbarát baktériumokkal védekezik. A fertőzési lehetőségek kapujában, a garatban található őrök a körben elhelyezkedő 6 db **mandula.** A mandulák immunsejtekkel vannak tele.

A **bélflóra** baktériumai többféle módon segítik szervezetünk működését. A **lizozim** nevű enzimek a könnyben, nyálban, anyatejben egyaránt előfordulnak és a baktériumok sejtfalában lévő kötéseket bontják. A légzőrendszer **csillóinak** mozgásával kihajtja az idegen anyagokat, amelyek a garatba onnan közvetve a gyomorba jutnak és a gyomorsav hatására elpusztulnak. A nyálkahártya felületeken a kórokozók növekedésének és inváziójának megakadályozásában **ellenanyagok** (pl. IgA antitestek) biztosítanak hatékony védelmet. A szaporító szervrendszer esetében magának a vizeletnek van fertőtlenítő hatása, emellett a **hüvelyflóra** baktériumai által előállított tejsavnak szintén védő hatása van. A bőr hámsejtjei rendkívül szoros kapcsolatban vannak egymással, közöttük szinte lehetetlen áthatolni, **baktériumflórája**, a bőrfelszín **savas kémhatása**, a bőr mirigyeinek váladéka szintén az immunrendszer részét képezik (2. ábra).



2. Az emberi test immunológiai védőgátjai

Figyeld meg!

Használsz-e olyan tisztálkodószereket, amelyen felhívják a figyelmet a bőrflóra vagy a mikroflóra fontosságára?

Következtess!

Állíts fel összefüggést a hideg, a nyálkahártya vérellátottsága és a nyálkahártya ellenanyag-tartalma között! Ellenőrizd hiteles forrásokból az állításodat!

A biológiai védelem

Az emberi **mikrobiom** egyszerre jelenti az emberi testen, illetve testben megtalálható mikrobák összeségét, azok genetikai állományát és kölcsönhatásait. Más meghatározás szerint a velünk együtt élő, igen sokféle mikroorganizmust összefoglaló néven mikrobiótának nevezzük, és a szervezetünkben található mikrobiális génállomány a mikrobiom.

Az emberi mikrobiom baktériumok (valamint vírusok és gombák) közösségéből áll, számuk meghaladja az emberi sejtek számát. Az emberi szervezet több tízbillió (egyes becslés szerint $3{,}72 \times 10^{13}$) sejtből áll. Egy felnőtt emberben pedig közel 39 billió baktériumsejt él. A baktériumok alapvető szerepet töltenek be fejlődésünkben és egészségünkben.

Számítsd ki!

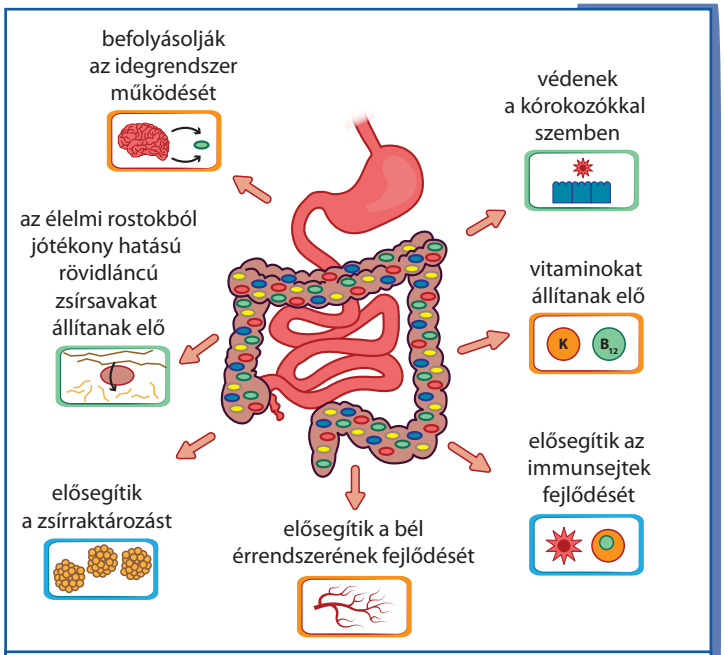
Hány darab mikrobát nyelsz le naponta, ha 1 ml nyálban 100 milló darab található, és naponta kb. 1 liter nyálat termelsz?

A baktériumok száma a bélrendszerben a legnagyobb. Egyetlen gramm székletben 1000 milliárd baktérium található, vagyis 0,01 g székletben több baktérium van, mint ahány ember él a Földön. Az egészséges emberi bélben több 100 különböző baktériumfaj található. Az emberi mikrobiomnak kiemelkedő a szerepe az **immunitás** kialakulásában, a kórokozók elleni védekezésben, a **táplálkozásban,** valamint befolyásolja az emberi **viselkedést** is.

A gazda genomjától eltérően, amely viszonylag állandó, a mikrobiom **dinamikusan változik** az életkori fejlődéssel, a környezeti tényezőkkel (például az étrenddel és az antibiotikumok használatával) és különösen a betegségekre adott válaszként. Az újszülött, illetve csecsemő bélmikrobiomját befolyásolja a terhességi kor (teljes vagy korai), a szülés módja (hüvelyi születés vagy császármetszés), a táplálás típusa (anyatej vagy tápszerek), az anya táplálkozási állapota (túlsúlyos vagy alultáplált) és az antibiotikumok alkalmazása. Mindezek azért fontosak, mert már a korai életkorban kialakult mikrobiomnak a későbbi életszakaszokban szerepe van a homeosztázis fenntartásában, az immunrendszer működésében.

Még az egészséges ember nyálkahártyájának természetes baktériumflórájából is kimutathatók potenciálisan kórokozó (pl. tüdőgyulladást okozó) baktériumok. Ezek a személyek azonban rendszerint csak hordozói a kórokozóknak, bennük betegség nem alakul ki, mert a saját mikroorganizmusok sikeresek a kórokozókkal szemben a tápanyagokért és az erőforrásokért folyó versenyben, így korlátozzák azok aktivitását.

A mikróbák **serkentik az immunrendszert**, lebontják a potenciálisan mérgező élelmiszer-vegyületeket, és **vitaminokat** (pl. B-vitaminokat és a K-vitamint) szintetizálódnak. Például a B_{12}-vitamin kialakításához szükséges kulcsfontosságú enzimek csak a baktériumokban találhatók meg. A táplálékban lévő **cellulóz rostok** a vékonybélben nem emésztődnek meg, a vastagbélbe jutnak, ahol a bélflóra tagjai bonthatják le azokat (3. ábra).



3. A vastagbél mikrobiom élettani hatásai

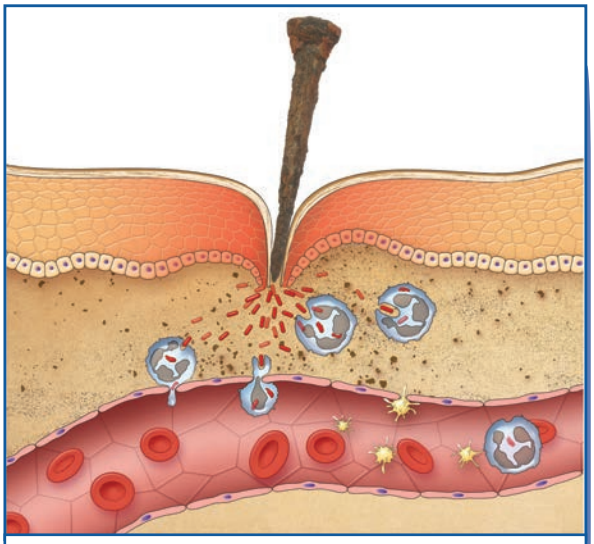
Az emészthetetlen rostokból erjedés révén rövid szénláncú zsírsavak (SCFA, short-chain fatty acid) keletkeznek, amelyeket a szervezet tápanyagforrásként használhat, de fontos szerepet játszik az izom működésében és esetleg a krónikus betegségek, köztük bizonyos rákos megbetegedések és bélbetegségek megelőzésében is. A mikrobióta és a központi idegrendszer működése között oda-vissza kapcsolatot találtak. A bélbaktériumaink számos neurálisan aktív molekula termelésére képesek (pl. szerotonin, melatonin, GABA, adreanalin, hisztamin) és befolyásolják számos idegrendszeri betegség klinikai tüneteit (3. ábra).

Hasonlítsd össze!

A következőben kétféle immunválaszról lesz szó! Az osztály (csoport) egyik fele dolgozza fel az egyik immunválaszt, míg a másik fele a másikat. Az összehasonlítási szempontok: mi váltja ki az immunválaszt, melyek a sejtes és nem sejtes elemek, hogyan és mennyi ideig zajlik le az immunválasz.

Nem specifikus immunválasz

Mi történik, ha az idegen anyagok átjutnak a védelmi vonalakon? Alapvetően kétféle válaszra készült fel az immunrendszerünk. Az egyik az ún. természetes vagy nem specifikus immunválasz. Ez utóbbi nevet azért kapta, mert nem egyféle kórokozót ismer fel ekkor a szervezet, hanem általában az idegen anyagokat. Mintha a rendszámok közül nem egy bizonyos autóét keresnénk, hanem azokat, amelyikeken nem H betű az országjelzés. Ha például átszúrja egy hegyes eszköz a bőrünket, akkor az így megnyílt fertőzési helyen nemcsak egyféle kórokozó juthat be, hanem sokféle. Ekkor olyan antigéneket kell keresni a bejutó anyagokon, amely csak azokon találhatók meg, tehát saját sejtjeinken vagy sejtjeinkben nem (4. ábra). Védekező sejtjeink rendelkeznek ún. mintázatfelismerő receptorokkal, amelyek felismerik pl. a baktériumok külső burkában lévő molekulákat, a kórokozók által termelt toxinokat (a szervezetre káros hatást kifejtő fehérjék) stb.



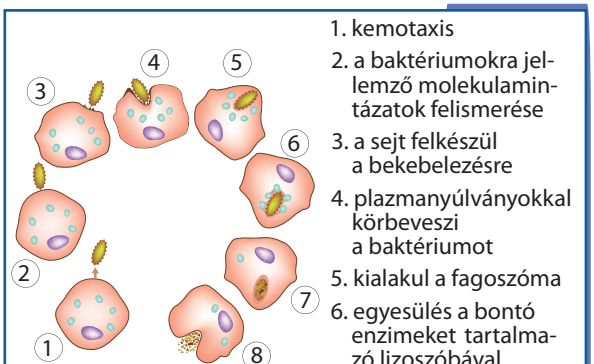
4. Egy tüske sokféle idegen antigént tartalmaz

Sejtes immunválasz

Sejtes elemek: **granulociták** (kis falósejtek), **monociták** és **NK** (natural killer) sejtek. A granulociták olyan fehérvérsejtek amelyeknek a sejtplazmájában fénymikroszkóppal különbözőképp festődő szemcsék (gránumok) láthatók. Ezek a szemcsék membrán-kötött enzimek, és főként a bekebelezett részecskék emésztésében vesznek részt. A granulocitáknak három fajtája van: neutrofilek, bazofilek és eozinofilek, mindhárom a festődési jellegzetességéről kapta a nevét. Rövid életidejű, kis méretű sejtek.

Neutrofil granulocita. Bakteriális vagy gombás fertőzésekkel és más apró gyulladásos folyamatokkal szállnak szembe, és általában ezek válaszolnak először a mikrobiális fertőzésekre; tevékenységük és tömeges pusztulásuk hozza létre a **gennyet.**

Eozinofil granulocita. Az eozinofilek főként élősködők ellen harcolnak, ezért a számuk növekedése ilyen jellegű fertőzést jelezhet.



5. A falósejtek működése

Bazofil granulocita. A bazofil granulociták is felelősek az **allergiás és gyulladásos** jellegű immunválaszért, **hisztamint** bocsátanak ki.

Monocita/makrofág (nagy falósejtek). A monociták a legnagyobb méretű fehérvérsejtek közé tartoznak. Az érpályából a szövetek közé kerülve nagy falósejtekké, makrofágokká alakulnak át. A nem specifikus immunrendszer részeként képesek **bekebelezni** a szervezetbe került mikroorganizmusokat.

NK (natural killer). Természetes ölő sejtek. Az NK sejteknek a vírussal fertőzött és a tumorsejtek elpusztításában van szerepe (6. ábra)

6. A természetes immunválaszban közreműködő sejttípusok

Nem sejtes immunválasz

A nem specifikus immunválasz nem sejtes (humorális) elemei közé tartozik az ún. **komplementrendszer,** ami egy evolúciósan ősi védekező rendszer. Ebben az esetben a védekezés elsődleges szereplői a testfolyadékokban (humor = folyadék) található anyagok. A komplementrendszer elemei a **vérplazmában található fehérjék**, amelyek egymást aktiválva egy olyan terméket hoznak létre, amellyel kilyukasztják a baktériumokat, ugyanakkor a kórokozókhoz kapcsolódva odavonzzák a falósejteket, amelyek majd bekebelezik azokat.

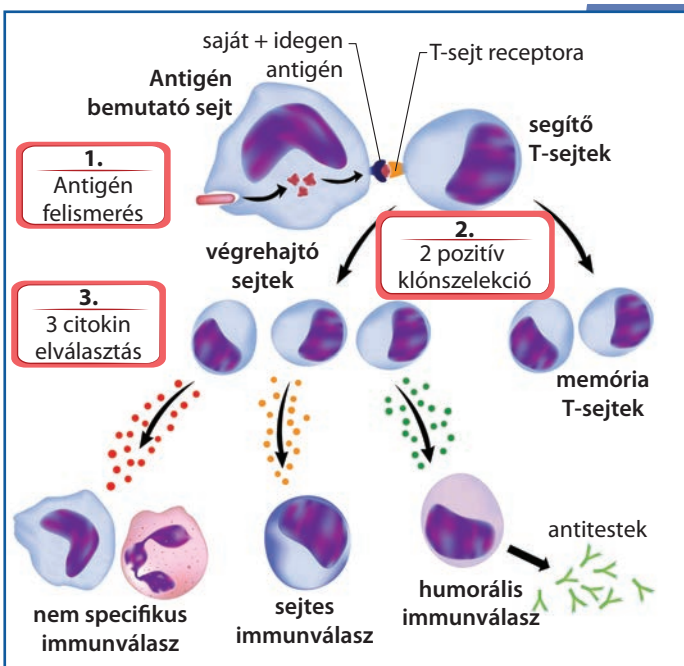
Összefoglalva: a természetes (nem specifikus) immunválasz

- az antigén hatására azonnal beindul,
- nem specifikus, különböző kórokozók ellen lép fel,
- ősi rendszer, sejtes és nem sejtes (humorális) részekből áll,
- nem képződnek ún. memóriasejtek, ezért ismételt fertőzés hatására a hatásfok nem javul.

A specifikus immunválasz

Vegyünk egy másik esetet! Mi történik akkor, ha egy vírus (pl. az influenzát okozó vírus) viszonylag nagy számban jut be a szervezetünkbe, és hatása nem helyi jellegű, hanem elszaporodva egy egész szervrendszerben szétszóródik, megbetegít minket? Hogyan lép fel ekkor az immunrendszer ellene?

Immunrendszerünk sejtjei rendkívül sokféle **antigénfelismerő receptorral** rendelkeznek. Ebben az esetben a vírusnak azon antigénjéhez kell kapcsolódnia egy receptornak, amely a vírusban megvan, de az emberben nincs. Ehhez azonban a vírust fel kell dolgozni. Egy falósejt bekebelezi a vírust, lebontja és a sejthártyájának a felszínére kiteszi a vírusantigént, ilyenkor **antigénbemutató** sejtnek is nevezzük Ahhoz, hogy „bizonyítsa", hogy az idegen antigén már nem a vírus felszínén van, önmagát is azonosítja egy saját antigénnel. Az immunrendszerünk **T-sejtje** egyszerre ismeri fel a sajátot és az idegent (kettős felismerés) az antigénbemutató sejt felszínén. De csak az az egyféle T-sejt ismeri fel, amelynek a receptora pont illeszkedik az antigénhez. Ebből a T-sejtből kevés van a kórokozó legyőzéséhez, ezért a sejtek kommunikációjában kiemelkedő szerepet játszó anyagok, **citokinek** segítségével



7. A segítő T-sejtek aktiválása és szerepük az immunválasz kialakításában

a **klónszelekció** elnevezésű folyamat során elszaporítja önmagát és más sejteket is (klónszelekció). A citokinekkel aktiválják tehát az immunrendszer más szereplőit is (7. ábra). (A citokin összefoglaló név, sokféle anyag tartozik ide (interleukinok, interferonok stb.), szinte minden sejt termel ilyeneket.)

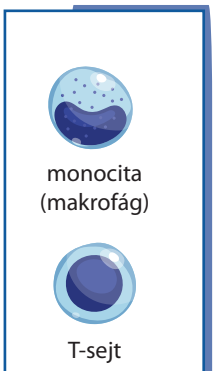
Fedezd fel!

Mi a különbség a citokinek és a hormonok között? Van-e nehézség a megkülönböztetésükben?

Sejtes immunválasz

Monocita/makrofág (nagy falósejt). A bekebelező szerepéről már szót ejtettünk a nem specifikus immunválasz során, ezen kívül **feldolgozzák és bemutatják a kórokozók részleteit** a nyiroksejtek számára. A monociták képesek bekebelezni azokat a baktériumokat, amelyekhez ellenanyagok vagy a komplementrendszer részei kötődtek. A szervezet saját, fertőzött sejtjeit is elpusztítják, ha azokhoz ellenanyagok kapcsolódnak.

T-sejtek. Nevüket a timusz (csecsemőmirigy) nevű szervről kapták, ahol az érésük folyik. Receptoraik és funkciójuk alapján több típust különböztethetünk meg. A **segítő T-sejtek** az antigének felismerésében és más immunsejtek aktiválásában vesznek rész. Az **ölő T-sejtek** a szervezet kórokozókkal fertőzött vagy rákos sejtjeit pusztítják el, mert ezek sejtfelszíne megváltozik. A **szabályozó/elnyomó T-sejtek** vigyáznak arra, hogy az immunrendszer ne támadja meg a saját szöveteket, azaz fenntartják az immuntoleranciát. Az immunreakció végeztével leállítják az immunválaszt. A memória T-sejtek szerepére a B-sejteknél térünk ki.

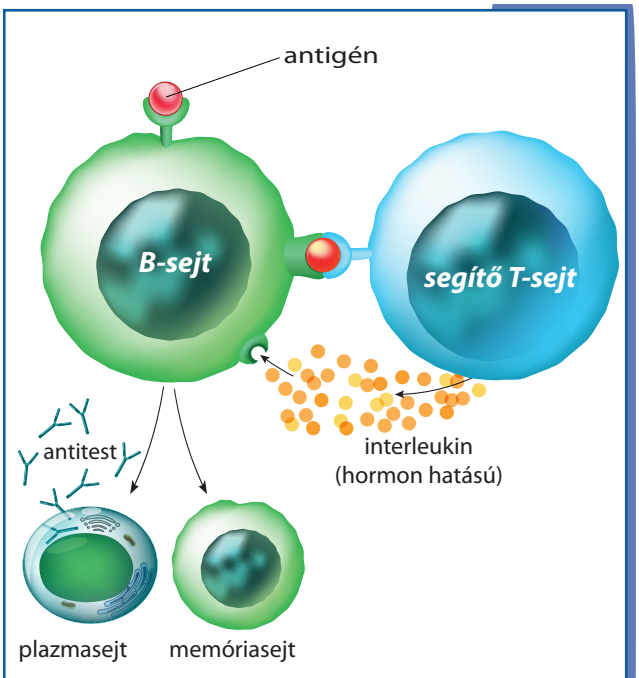


8. Monocita és T-nyiroksejt felépítése

Nemsejtes immunválasz

A **B-sejtek** is nyiroksejtek, a felszínükön lévő receptorokkal specifikusan felismerik az idegen antigéneket. Ha kapnak egy másik jelet a T-sejtektől, akkor a B-sejt átalakul ún. **plazmasejtté,** amely rengeteg (a felismerő receptorral megegyező szerkezetű) antitestet termel és juttat a testfolyadékba. (Ez a humorális immunválasz) A B-sejtek egy másik része **memóriasejtekké** alakul át, amelyek ugyanennek az antigénnek az ismételt bejutására gyorsabb (rövidebb idő alatt megtermelt) és nagyobb mennyiségű antitesttermeléssel válaszolnak (9. ábra). A T- és B-memóriasejtek tehát egy gyors és hatékony másodlagos immunválaszt tesznek lehetővé, így gyorsan és hatékonyan távolítják el a szervezetből az idegen anyagokat, kórokozókat, így azok nem okoznak megbetegedést. Az aktív védőoltásoknak (lásd később) is ugyanez a céljuk.

A plazmasejtek által termelt **antitestek** (ellenanyagok, immunglobulinok) olyan fehérjék, amelyek antigén hatására képződnek, és a termelésüket kiváltó antigénnel specifikusan reagálnak. Y alakúak, és egy Y két antigénkötő hellyel rendelkezik, ez lehetővé teszi a nagyszámú antigén összekapcsolását.

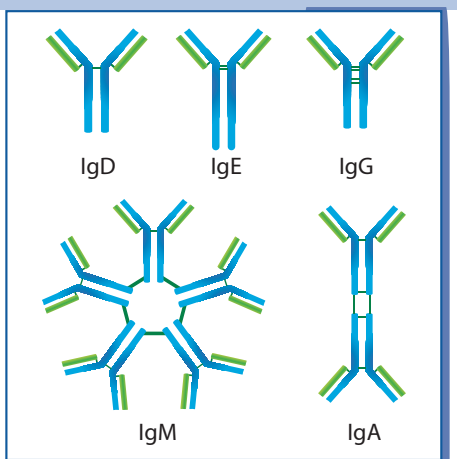


9. A B-nyiroksejtek aktiválása és szerepük a nemsejtes immunválasz kialakításában

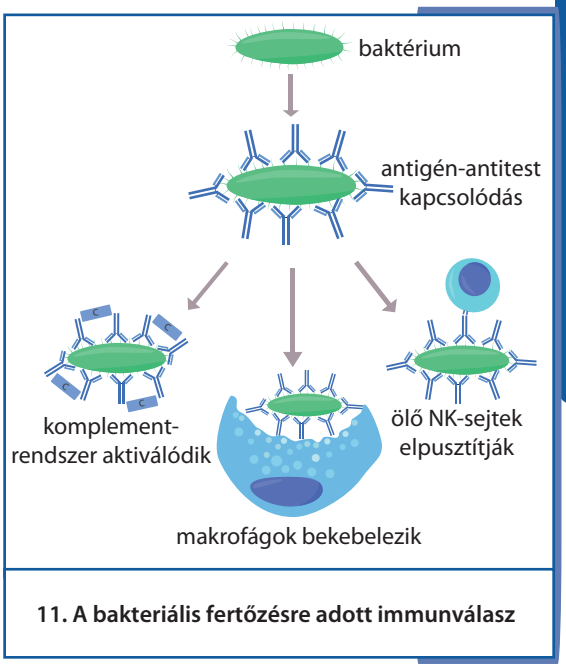
Alapvetően öt csoportba osztják be az antitesteket (10. ábra). Az **IgA** pl. a nyálkahártyákban, nyálban, anyatejben, az **IgG** a vérben, a szövetközti folyadékokban fordul elő, és képes átjutni a méhlepényen, az **IgM** a vérszérumban található és tíz antigén megkötésére képes. Az **IgE** a parazita (férgek) elleni és az allergiás reakciókban vesz részt. Az **IgD** még jobban elősegíti a nyálkahártyák védelmét, különösen fontos ez a légzőrendszer esetében, ahol további immunsejteket (pl. granulocitákat) aktivál.

Összefoglalva: az adaptív (specifikus) immunválasz
- csak napok, hetek múlva aktivizálódik;
- egyféle (meghatározott) antigén ellen irányul (specifikusság);
- sejtes és humorális elemek egyaránt részt vesznek immunválaszban;
- ismételt antigénhatásra hatékonyabb, erősödik, mert van memóriája (a T- és a B-nyiroksejtek biztosítják, mivel rendelkeznek az antigént specifikusan felismerő receptorral).

A sejtes immunválasz során az immunsejtek a megváltozott antigénfelszínű (fertőzött vagy daganatos) sejteket elpusztítják, míg a humorális immunválasz során a testfolyadékok útján az idegen antigénekhez, kórokozókhoz, daganatos sejtekhez jutó antitestek aktiválják az immunrendszer más szereplőit: komplementrendszer, falósejtek, NK sejtek (11. ábra).



10. Az antitestek különféle típusainak molekuláris felépítése



11. A bakteriális fertőzésre adott immunválasz

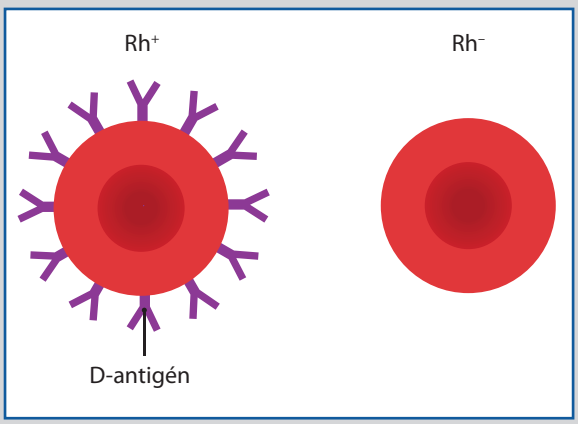
Vércsoportok

Többféle vércsoportrendszerünk is van, ezek közül alapvető jelentőségük miatt kettőt emelünk ki. Az egyik az **AB0,** a másik az **Rh** vércsoport rendszer. Az AB0 vércsoportrendszerben alapvetően négyféle vércsoportot különböztetünk meg (A, B, AB, 0) aszerint, hogy a vörösvértestek felszínén mely típusú

Elemezz!

Nézd meg a táblázatban a vörösvérteken lévő antigéneket és a vérplazmában található antitesteket. Mi történne, ha a különböző vércsoportok egy-egy cseppnyi mintáját összekevernénk? Mely esetekben jönne létre antigén-antitest összekapcsolódás?

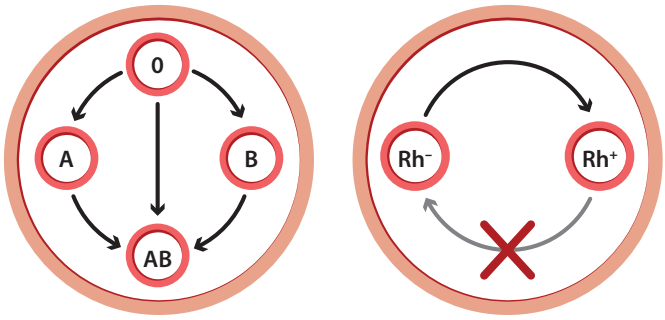
vér-csoport	A	B	AB	0
vérsejtek				
antitestek	anti-b	anti-a		anti-b és -a
antigének	a	b	a és b	



szénhidrátmolekulák vannak. Az Rh vércsoport esetén nem szénhidrátokban van különbség, hanem hogy van-e egy bizonyos **fehérje** (D-antigén) a vörösvértestek sejthártyájában vagy nincs. Ha van, akkor Rh^+, ha nincs, akkor Rh^- vércsoportú a személy.

A véradás

Elsősorban mindenki csoportazonos vért kap. Szükség esetén a **0-s általános adó** (mindenkinek adhat), az **AB általános kapó** (mindenkitől kaphat). A 0-s vérben megvan mind az A, mind a B vércsoport antigénjeiek ellenanyaga, de véradáskor ezek felhígulnak, viszont cseppreakcióban kicsapást mutatnak. Az Rh vércsoport esetében: normál esetben sem az Rh^+, sem az Rh^- vérben nincs anti-D antitest. Az **Rh^- az általános adó** (12. ábra).



12. A vércsoportok közötti adás és fogadás lehetőségei véradás esetén

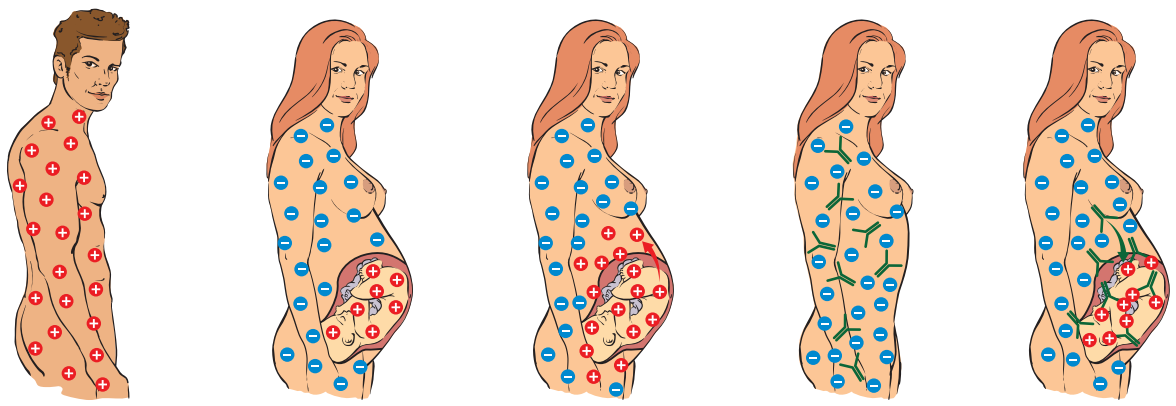
Fedezd fel!

Miért éppen A, B és 0 a vércsoportok neve?

Melyik élőlényről kapta az Rh-vércsoport a nevét?

Rh-összeférhetetlenség

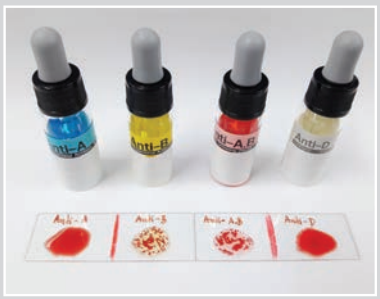
Ha az anya Rh^-, és az első gyermeke Rh^+, akkor még nincs gond, hiszen az anyában normál esetben nincs anti-D antitest. Szüléskor viszont magzati vörösvértestek – rajtuk az anya számára idegen D-antigénnel – jutnak az anyába, és megindul a D-antigén ellen az immunreakció (aktív immunizálás), amelynek eredményeképpen anti-D antitestek képződnek. Ha a 2. gyermek is Rh^+, akkor ezek az antitestek, mivel képesek átjutni a méhlepényen, súlyosan károsítják a fejlődő magzatot. Ennek megakadályozására az első szülés után az orvosok passzív immunizálást hajtanak végre: 72 órán belül anti-D antitesteket juttatnak be az anyába, amelyek hozzákötődnek a D-antigénhez, így nem ismeri fel azokat az anyai immunrendszer, és nem képződnek memóriasejtek a D-antigénnel szemben (13. ábra).



13. Az Rh-összeférhetetlenség kialakulása

Következtess!

Az alábbi vércsoportteszt alapján mi lehet az ismeretlen ember vércsoportja?



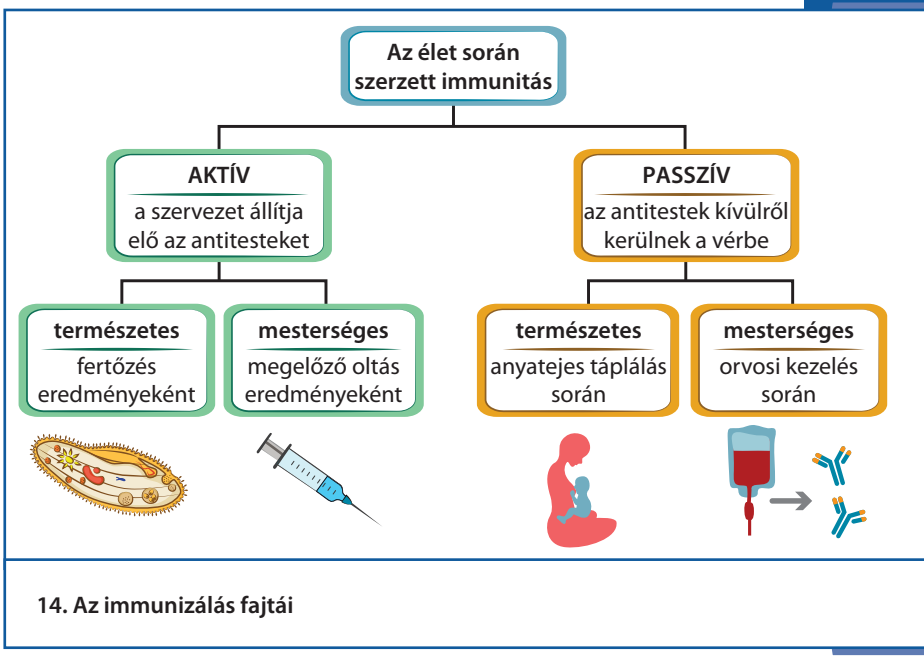
Fedezd fel!

Miért alakultak ki a különböző vércsoportok az evolúció során? Keress olyan cikkeket, amelyek magyarázatot próbálnak adni a kérdésre és a tudományos gondolkodás módszerét alkalmazzák.

Immunizálás

Hogy szervezeted védett legyen a kórokozókkal szemben, rendelkezésre kell állni az specifikus immunválasz sejtes és nem sejtes elemeinek. Ezek jelenléte kialakulhat aktív és passzív úton is (14. ábra).

Az **aktív** út az, amikor a szervezet találkozik az idegen anyagokkal (antigénekkel) és fellép ellenük, megtermeli a szükséges sejteket és ellenanyagokat. A találkozás lehet **természetes,** vagyis a környezetből jutnak be antigének (pl. levegőből vagy a táplálkozás során) és ezek ellen védekezik hosszútávon a szervezet (alkalmazkodik a környezethez). Az is lehet, hogy **mesterségesen** (pl. injekcióval) juttatnak be antigéneket, hogy a kórokozók ellen védettséget kialakítsák. A **védőoltások** is nagyrészt aktív és mesterséges immunizálások. Ezek hatása hosszútávú, hiszen memóriasejtek képződnek.



14. Az immunizálás fajtái

A védőoltások többféleképpen működhetnek. Legegyszerűbb esetben a betegség inaktivált (teljes vagy elroncsolt) kórokozóját tartalmazzák (pl. az influenza oltások egyik típusa esetében). Más esetekben csak a kórokozó valamely kisebb alegységét (pl. burokfehérjéjétÍ) viszik be a szervezetbe, így csökkentve a mellékhatásokat. Az antigén fehérje bevihető úgy is, hogy valamilyen ártalmatlan vírusba ültetik annak (DNS) genetikai kódját, amely alapján majd az emberi sejtek készítik el magát a fehérjét. Legújabban a jól megtervezett antigén fehérje információját módosított mRNS molekulákkal juttatják be a szervezetbe, így gyors és erős immunválasz váltható ki.

Hasonlítsd össze!

Keress ábrákat, táblázatokat a COVID-19 betegség ellen alkalmazható védőoltások típusairól!

Hasonlítsd össze a különféle eljárások előnyeit és hátrányait!

A védőoltásoknak több generációja létezik. **Az első generációs** védőoltások legyengített vagy elölt kórokozókat tartalmaznak. Ebben az esetben a **teljes vírust** használják fel. Például ilyen az MMR (morbilli–mumps–rubeola) vagy a veszettség elleni oltás. A **második generációs** oltások. Ebben az esetben a **vírus fehérjéit** használják fel az örökítőanyag nélkül (például a Hepatitis B vagy a HPV elleni védőoltás). A **harmadik generációs védőoltásoknál** a saját szervezetünk állítja elő a megfelelő antigént, a fehérjét. Ennek érdekében a fehérje előállításához szükséges **nukleinsavat** juttatják be a szervezetbe. Például a koronavírusok ellen egy lipid nanorészecskében mRNS-t vagy egy ártalmatlan vírusba a SARS-CoV-2 tüskefehérje génjét tették bele, hogy hatékonyan tudjunk védekezni a kórokozó ellen.

Nyájimmunitás

A fertőző betegségek előfordulása területenként változó lehet. Az **endémia** egy adott betegség megszokott előfordulási gyakorisága egy adott népességben, egy adott helyen. Ha a betegek száma megugrik és egy adott mérőszámot meghalad, akkor helyi járványról, **epidémiáról** van szó. Világjárványról, vagy **pandémiáról**, akkor beszélünk, ha a fertőzöttségi arány több kontinensen is nagy mértékben megemelkedik.

A vírusok fennmaradásának feltétele, hogy a megfertőzhető gazdaszervezeteik száma akkora legyen, amely elegendő fertőző egyedet produkál ahhoz, hogy a vírus terjedése ne szakadjon meg. Van egy küszöbérték az ún. "kritikus tömeg", amely kifejezi, hogy százból hány embernek kell védettnek lenni ahhoz, hogy a vírus ne tudjon terjedni, tovább fertőzni. A védőoltásokkal a csökken a fertőzőképes egyedek száma. Egy adott közösség tagjai közül minél többen védettek egy vírus fertőzése ellen, annál védettebb helyzetben van a közösség többi tagja is, ez a **nyájimmunitás**. A járványtanban az **alap szaporodási ráta (R_0)** egy mérőszám, ami azt jelenti, hogy egy fogékony (nem védett) népességben egy fertőzött egyed, hány másik egyedet fertőzhet meg. Például, ha a vírus alap szaporodási rátája 2,86, akkor egy ember átlagosan 2,86 másik embert fertőz meg. Könnyen belátható, ha $R_0 < 1$, akkor az új fertőzések száma csökken, ha $R_0 = 1$, akkor az új fertőzések száma állandó, ha $R_0 > 1$, akkor az új fertőzések száma nő. R_0 értékből kiszámolható, mekkora a minimális átoltottsági arány, amivel fenntartható a nyájimmunitás: $V = 1 - (1 / R_0)$.

Az 1943–1944. évi influenzajárvány során két, hasonló egészségi állapotú egyénekből álló csoportoknál nézték meg a vírus okozta betegség lefolyását. Az első csoport 40%-a kapott védőoltást, a másikban senki sem. Az utóbbi csoportban 12,4 %-os a megbetegedés, ami alapján az első csoportban 7–8 %-os megbetegedést várhatnánk, ehelyett ott 2 %-os érték mutatkozott.

Légy kutató!

Keress adatokat, hogy a mennyi a különböző betegségeknek az R_0 értéke, mitől függ ez az érték, miért különböző a különböző betegségek esetében? Mekkora átoltottság szükséges, ha $R_0 = 2,86$?

Az immunrendszerrel kapcsolatos betegségek

Autoimmun betegségek

Az autoimmun betegségek akkor alakulnak ki, amikor az immunválasz a saját antigének ellen irányul. Kialakulásuk pontos oka ma még nem ismert. A kutatók valószínűsítik, hogy bizonyos fertőző betegségek és egyéb környezeti faktorok (például vegyszereknek való tartós kitettség) is közre játszhat az autoimmun betegségek kialakulásában. A táplálkozásnak is szerepet tulajdonítanak, pl. a magas zsír- és szénhidráttartalmú, erősen feldolgozott ételek fogyasztása olyan gyulladásos állapotot idézhet elő a szervezetben, ami közrejátszhat a téves immunválasz kiváltásában. Van olyan elgondolás is, amely az allergiákhoz hasonlóan az autoimmun betegségek terjedését is a higiéniahipotézissel magyarázza. A gyerekkortól kezdődően túl tiszta, steril környezet miatt hiányoznak az immunrendszer megfelelő érését biztosító mikrofertőzések. Ma még ezek egyike sem bizonyított.

Az egyik legismertebb autoimmun betegség az **1-es típusú cukorbetegség, amikor** a hasnyálmirigy inzulint előállító sejtjei pusztulnak el ennek eredményeként.

Mutasd be!

Válassz egy kutatót az alábbiak közül, és öt diaképben mutasd be kutatási módszerét, felfedezésének tudományos jelentőségét:

Edward Jenner (1749–1823)

Semmelweis Ignác (1818–1865)

Louis Pasteur (1822–1895)!

Nézz utána!

A tehén latin neve vacca, innen ered a vakcina elnevezés. Melyik kutatótól ered az elnevezés?

Részben autoimmun eredettel magyarázott a **gluténérzékenység** (cöliákia), ez esetben a gluténtartalmú ételek fogyasztása kapcsán jelentkeznek a tünetek. A vékonybélben gyulladás alakul ki, kezeletlen esetben a bélbolyhok károsodnak, a tápanyag-felszívódás romlik, fogyás és vérszegénység is kialakulhat.

A **rheumatoid arthritisz** esetében az immunrendszer téves működése miatt az ízületeket támadja meg.

A **szklerózis multiplex** (SM) esetében az immunrendszer az idegsejteket körülvevő védőbevonatot, a mielinhüvelyt károsítja, emiatt a végtagokban zsibbadás, gyengeség, egyensúlyproblémák és járási nehézségek jelentkeznek.

Fedezd fel!

Rendkívül érdekes megközelítés az ún. immunológiai homunculus feltételezése és az autoimmunitást mint természetes folyamatot magyarázó elmélet (Irun Cohen). Röviden, néhány sorban ismertesd az elmélet lényegét!

Nem autoimmun jellegű betegségek

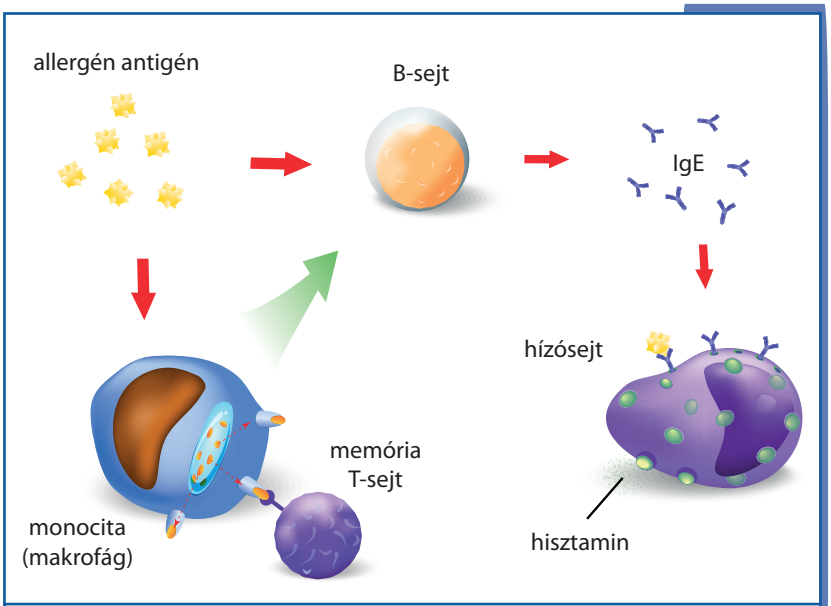
A gyulladást többféle tényező is kiválthatja, pl. kórokozók, izomsérülés. Ha egy szervbe kórokozó jut, helyi szinten fokozódik a vérátáramlás, a szövet pirosabb, melegebb lesz. Növekszik az erek átjárhatósága, több antitest és immunsejt, ezzel együtt több folyadék lép ki a szövetközötti térbe, aminek eredménye a duzzanat. A duzzanat nyomhat idegvégződéseket, ami fájdalommal jár. Mindezek eredményeképpen az adott szerv működésének kiesése is bekövetkezhet. A tüdőgyulladás különösen azért veszélyes, mert ilyenkor a tüdőléghólyagocskák folyadékkal és immunsejtekkel vannak tele, amelyek gátolják az oxigén felvételét.

Mutasd be!

Röviden mutass be egy betegséget az allergia vagy az autoimmunbetegségek témakörben! Bemutatódat hiteles források feltüntetésével készítsd!

Allergia

Az allergia az immunrendszer túlzott reakciója olyan anyagokra, melyek normális körülmények között nem váltanak ki immunválaszt a szervezet részéről. Ezeket az anyagokat **allergéneknek** nevezzük, ilyenek például a virágpor (pollen), az állati szőrök, atkák, penészspórák, különböző állatok mérgei (darázsméreg), mikroorganizmusok, élelmiszerek, gyógyszerek, vegyszerek, nehézfémek stb. Az allergia **túlérzékenységi reakció**, mely úgy jön létre, hogy az allergének ellen a szervezet ellenanyag-molekulákat termel. Az ellenanyagok hozzákapcsolódnak egy kötőszöveti sejttípushoz, a hízósejthez, aminek hatására a sejtekben tárolt anyagok kiürülnek. Az így felszabadult citokinek, interleukinek, a hisztamin, a prosztaglandinok gyulladást váltanak ki a szövetekben (15. ábra).



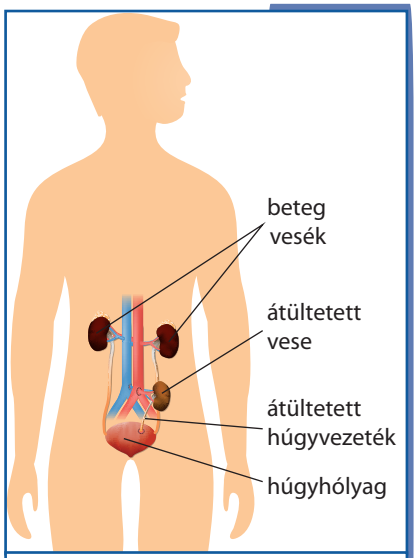
15. Az allergia kialakulásának folyamata

Az AIDS

Az AIDS jelentése: szerzett immunhiányos tünetegyüttes. Ez a betegség az immunrendszer működését károsítja, ugyanis az betegséget okozó vírus, a HIV gazdasejtjei éppen a T-sejtek. A HIV tehát az immunrendszer sejtjeit pusztítja el. A betegség a 20. század végén világjárvánnyá alakult, a megbetegedések csúcspontja 1998-ban volt, azóta a hatékony antivirális terápiáknak köszönhetően kb. 40%-kal csökkent az évenkénti új megbetegedések száma. A kórokozó elsősorban szexuális érintkezés útján terjed, ezért fontos a biztonságot szolgáló ajánlások betartása.

Leukémia

A leukémia (régi magyar neve: fehérvérűség) a csontvelői eredetű sejtekből kiinduló kórós sejtburjánzás. Leukémia esetén a vérsejtek képződése nem az élettanilag megszabott módon történik, hanem szabályozatlan osztódásba kezdenek. Az így képződött sejtek fiatal, fejletlen és éretlen alakok (blasztok), amelyek nem képesek ellátni normál működésüket. Az akut leukémiák túlélése korcsoportonként változik, gyermekkorban ma már 90 százalékban gyógyítható.



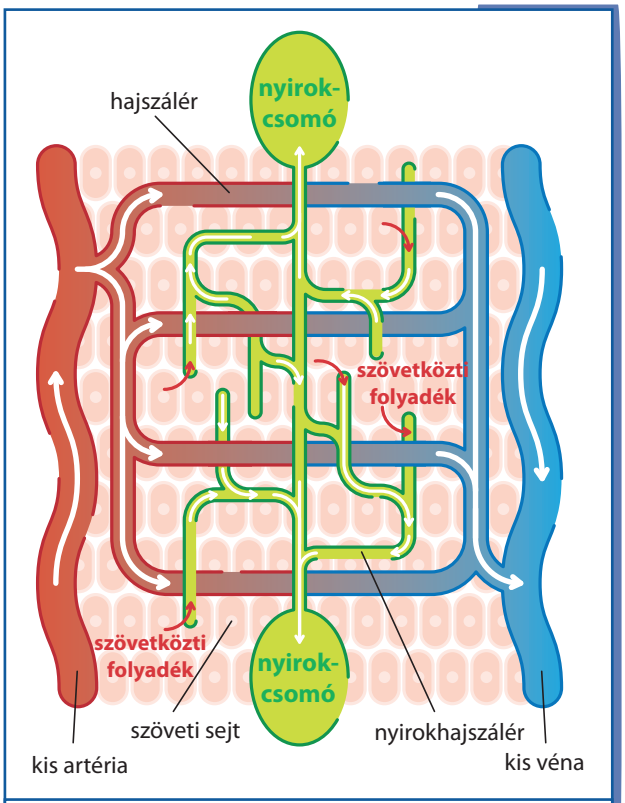
16. A transzplantált vese helyzete, kapcsolatai

Transzplantáció

Az emberi egyedfejlődés korai szakaszában lezajlik (immunológiai szempontból) a saját elismerése, vagyis a saját antigének ellen a későbbiekben nem lép fel a szervezet (immuntolerancia). Bár egy faj egyedei hasonló sejtekből épülnek fel, ezek felszínén az egyes egyedek fehérjéi (genetikai okok miatt) eltérőek lehetnek és más egyedbe juttatva immunválaszt válthatnak ki. A szervátültetések kapcsán tehát meg kell vizsgálni, hogy mennyiben hasonlítanak egymásra a különböző szervek sejtfelszíni molekulái. A megfelelő immunológiai tulajdonságokkal rendelkező szervekhez közvetlenül a donoroktól, vagy nemzetközi szervbankok közötti együttműködéssel juthatnak a betegek (16. ábra).

A nyirokrendszer

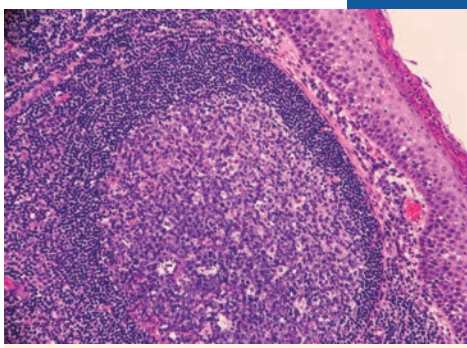
Az immunrendszer elemei a szervezetben mindenhol jelen vannak: a bőrben, a tüdőben, az agyban stb. A nyirokrendszer is az immunrendszer része. Fő feladata a fertőzések és a betegségek, köztük a daganatos megbetegedések elleni védelem. A nyirokrendszer – a vérkeringési rendszerhez hasonlóan – erekből áll, melyben nyiroknak nevezett folyadék (limfa) kering. A nyirokban lévő nyiroksejtek (T- és B-limfociták) a keringéssel eljutnak a **nyirokcsomókba.** A nyirokcsomók nagyszámú limfocitát tartalmaznak, melyek kiszűrik a kórokozókat, például a baktériumokat és a vírusokat. Ha a test egy részén fertőzés vagy gyulladás alakul ki, a legközelebbi nyirokcsomók megduzzadnak és érzékennyé válnak. A nyirokcsomók sokszor csoportosan helyezkednek el, megtalálhatók többek között a hónaljban, a nyak területén és a lágyékhajlatokban is (17. ábra).



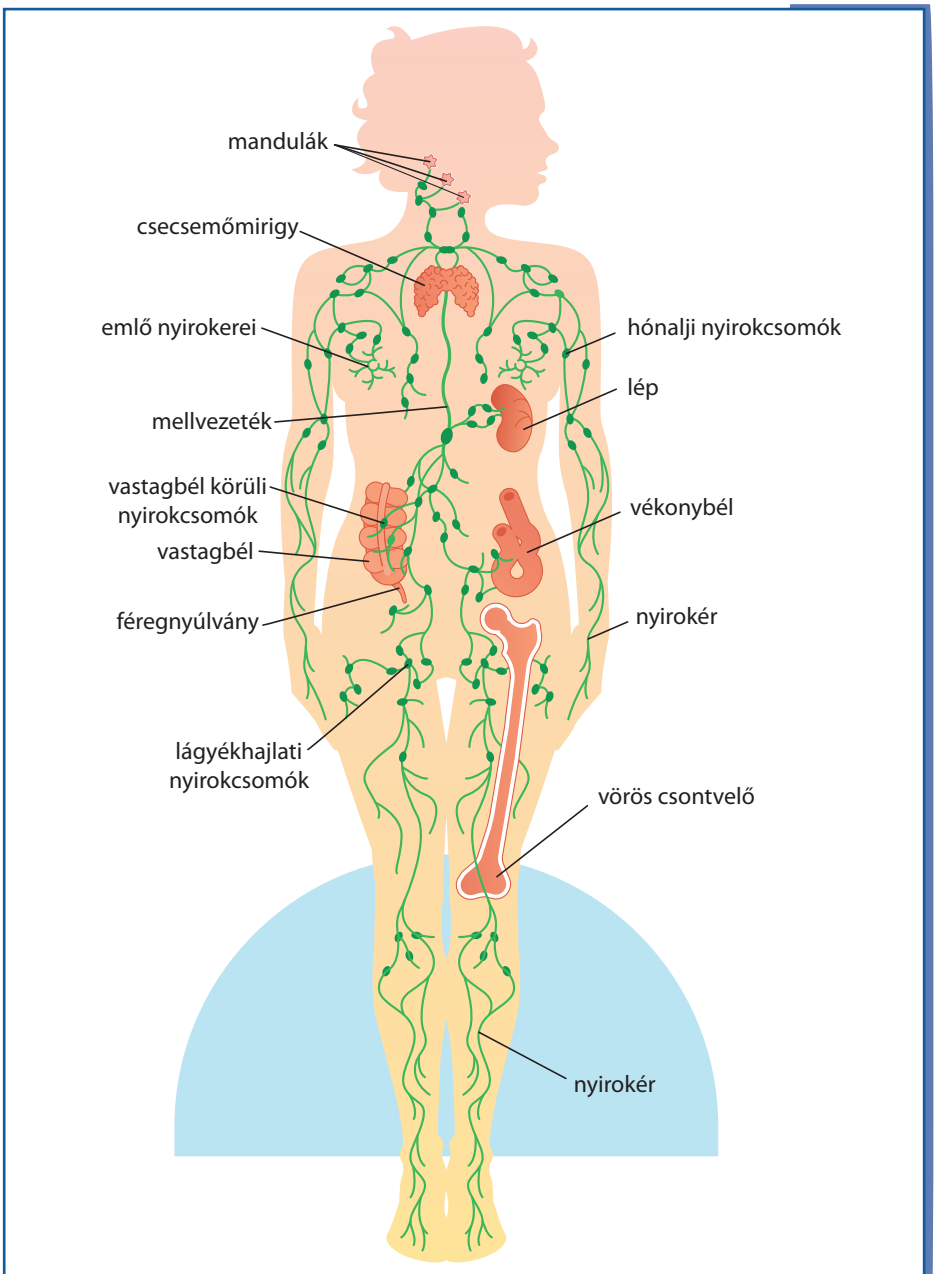
17. A nyirokrendszer működése

A nyiroksejtek születési helye a vörös csontvelő. A B-sejtek a vörös csontvelőben maradnak, a T-sejtek elvándorolnak a csecsemőmirigybe. Ezeken a helyeken érnek, megtanulják, mi a saját és mi az idegen. Csak azok a nyiroksejtek jutnak tovább a keringési rendszerbe, illetve más nyirokszervekhez, amelyek idegen antigénekre (immunogénekre) specifikusak. Tehát az érés után a már „tanult" sejtek a nyirokszervbe (pl. nyirokcsomókba) jutva ellátják szűrési és védekezései feladatukat (immunogének elleni immunválaszt), miután aktiválódtak és effektor- (végrehajtó) sejtekké differenciálódtak.

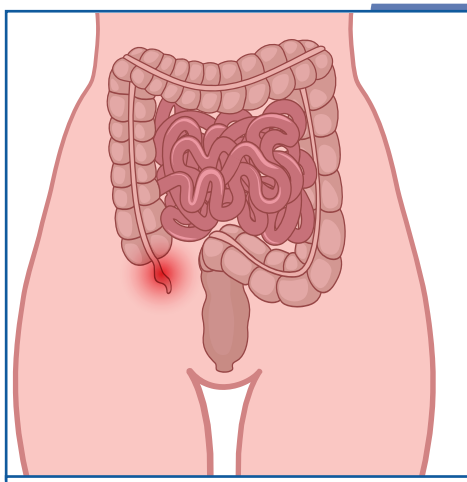
A nyirokrendszer vékony falú, vakon kezdődő **nyirokkapillárisokkal** kezdődik a szövetekben, majd egyre vastagabb **nyirokerekké** egyesülve vezetik a nyirkot az érpályába. A legfőbb nyirokerek a **mellvezeték** és a jobb oldali fő **nyirok-törzs** (20. ábra).



18. Mandulagyulladás szövettani képe



20. A nyirokszervek elhelyezkedése



19. Amit vakbélgyulladásnak hívnak, valójában a féregnyúlvány gyulladása

Az immunrendszer alapvető feladat a saját és az idegen, vagy kórosan megváltozott struktúrák felismerése, a veszélyeztető hatásuk kivédése, az arra való válaszadás.

Az immunrendszer felismerő képessége a receptor-antigén kapcsolódáson alapszik.

A szervezetünk a fertőzési kapukat, pl. a testfelszínt vagy a testnyílásokat sokféle eszközzel igyekszik megvédeni.

Az emberi vastagbélben élő baktérium közösség, a normál mikrobiom többféle funkciót lát el, így a kórokozók elleni védelemben is fontos szerepe van.

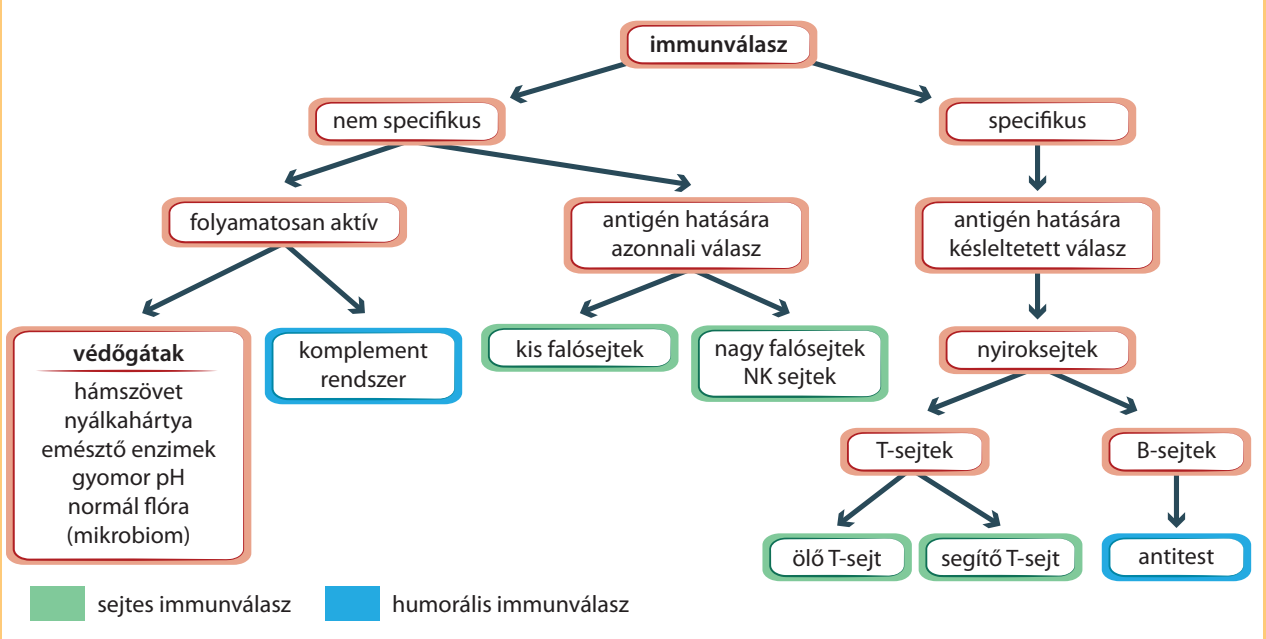
A szervezet immunválasza lehet veleszületett, nem specifikus, illetve szerzett, specifikus.

A védekezésben különféle immunsejtek és oldott anyagok is szerepet játszanak, ennek megfelelően t sejtes és humorális immunválasz különböztethető meg.

Az immunológiai memória biztosítja, hogy a már megismert és legyőzött kórokozók ismételten nem, vagy csak enyhébb formában betegíthetik meg a szervezetünket.

A védőoltásokkal történő aktív immunizálás a kórokozó antigénjének közvetlen vagy közvetett szervezetbe juttatását jelenti, ennek eredménye, hogy a betegség nem, vagy csak enyhe formában alakulhat ki.

A járványok ellen a védőoltások különféle típusaival védekezhetünk.



Az immunitás kialakulásának módjai, az immunválasz résztvevői és lehetséges útvonalai

16. Összefoglalás

III. AZ EMBERI NEMEK ÉS A SZAPORODÁS

17. Az emberi nemek
18. A szaporodási szervrendszer
19. A szexualitás
20. Az ember egyedfejlődése

17. Az emberi nemek

1. Hogyan gondolkodjunk az emberi test nemek szerinti különbözőségéről?
2. Milyen jellegekben különbözik a két nem, és hogyan oszlanak meg ezek a népességen belül?
3. Milyen okai lehetnek a nők és a férfiak közötti, egészséget érintő eltéréseknek?
4. Hogyan határozza meg a biológiai felépítésünk a nemünket?

Idézd fel!

Melyek az emberi test legfontosabb formai jellemzői?

Nem

Egy újszülött világrajövetelekor az elsők között vetődhet fel a kérdés: fiú vagy lány? Ma az ultrahangos képalkotás segítségével már a méhen belül fejlődő magzat esetében is megválaszolható ez a kérdés (1. ábra). A külső nemi szervek alapján az esetek túlnyomó többségében eldönthető a nem kérdése, így az újszülöttek fiú- vagy lányneveket kapnak. (Egy kisebbség esetében a helyzet nem ilyen egyértelmű, erről a későbbiekben lesz még szó.)

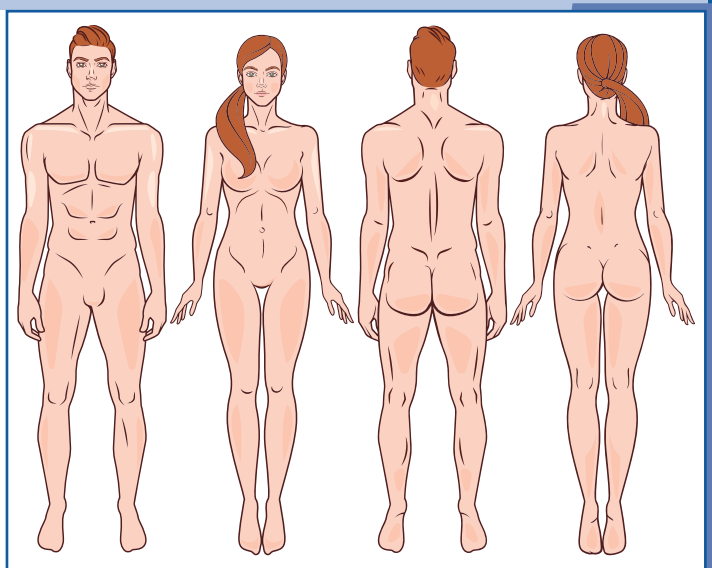
A két nem szervezetének felépítése és működése közös alapokra épül, de számos eltérést is mutat. Az egészségügy területén ezért is vált külön a szülészet-nőgyógyászat és a férfiak szaporodási szervrendszerének problémáival foglalkozó andrológia mint önálló orvosi terület. **A nemek biológiai funkciójának különbözősége hosszú evolúciós fejlődés során alakult ki.** Ma már nem csupán biológiai lények vagyunk, hanem összetett gazdasági-társadalmi környezetben élünk, amelybe ezek a biológiai jellegek, nemi eltérések történetileg is változó módon illeszkedhetnek.

1. Húszhetes – vélhetően fiú – magzatról készült ultrahangfelvétel

Másodlagos nemi jellegek

A felnőttkor felé haladva a test formavilágában egyre jobban láthatóvá válnak a nemek közötti különbségek. A **testmagasság** növekedése nem egyforma ütemben zajlik, végül a férfiak átlagos magassága meghaladja a nőkét. Szembetűnő a **váll és a csípő szélességének eltérő aránya**; a férfiak válla szélesebb, mint a csípőjük, a nők esetében ezek a méretek nagyjából azonosak, de a derék jóval keskenyebb (2-3. ábra).

A nemek közötti különbségek a **csontváz** összehasonlításával is kimutathatók (4. ábra). A férfiak csontjai nagyobbak és erősebbek (robusztusak), mint a kisebb és finomabb (gracilis) női csontok. Ennek oka, hogy a férfiak erősebb izmai nagyobb felületen tapadnak a csontokra. A teljes **csonttömeg** is eltér, a férfiaké a testtömeg kb. 20%-a, a nők esetében ez 15%. A fej és a végtagok testmagassághoz viszonyított hossza is nagyobb a férfiak esetében. A női, illetve férfijellegek **átmeneteket képeznek**, amelyek fokozatokba rendezhetők. A csípőcsontok alapján közel 95%-os, a koponya és a hosszúcsontok alapján 80–85%-os valószínűséggel határozható meg a biológiai nem. A női medence felépítésében megfigyelhető a szüléshez való alkalmazkodás, a megfelelő méretű és tágulékony szülőcsatorna biztosítása.

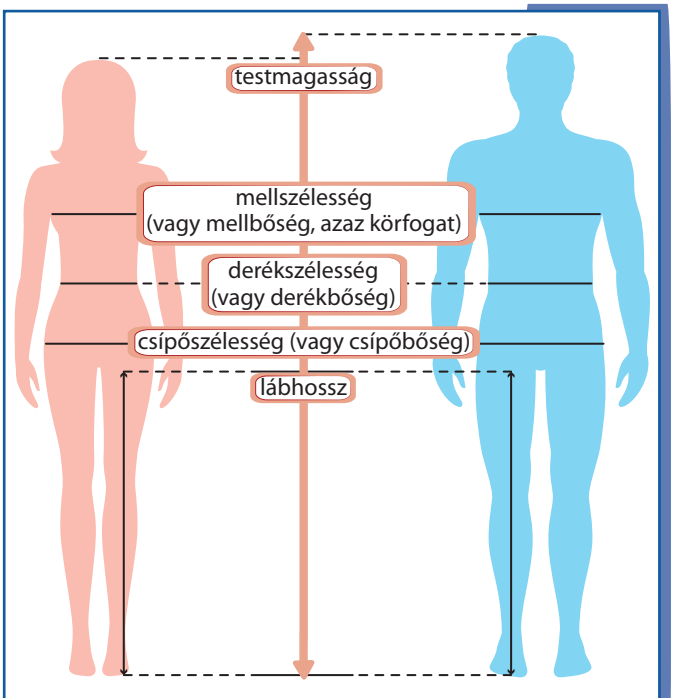


2. A férfi- és női test formai eltérései

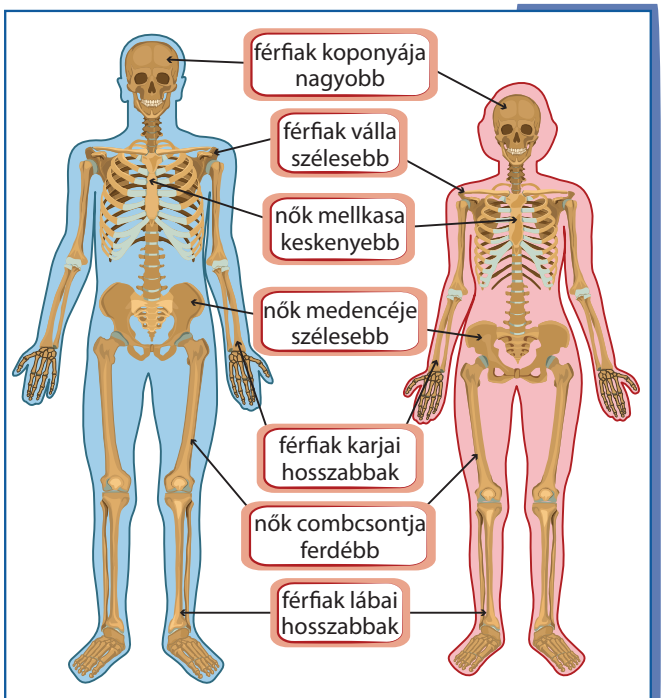
Mérd magad!

- **Az ábra alapján centiméterszalag segítségével végezzetek méréseket a csoportban!**
- **Állítsatok össze táblázatot a kapott adatokból!**
- **Hogyan lehet egy-egy mérettípus gyakoriságát grafikonon ábrázolni?**
- **Igazolhatók-e az adatok alapján a fiúk és a lányok közötti különbség?**

Mit gondoltok az életkor befolyásoló hatásáról?



3. A testalkaton mérhető nemi jellegek



4. A csontvázakon megfigyelhető nemi különbségek

Elemezz!

– Keress infografikákat a túlsúly és az elhízás hazai, európai és világszintű helyzetéről!

– Mire következtetsz az adatok területi és időbeli eloszlása alapján?

– Mely betegségcsoportok előfordulási kockázatát növeli az elhízás?

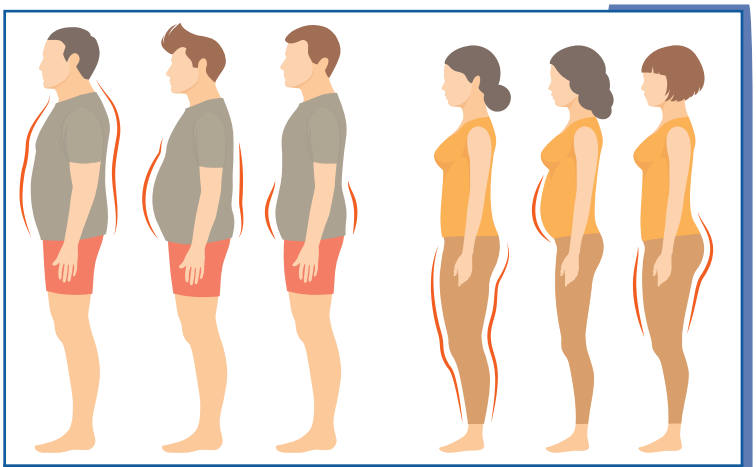
A szélesebb medence hatással van a lábak felépítésére és a járásra is: a ferdébb combcsontok nyomást gyakorolnak a térdízületekre, amelyeknek emiatt némileg forogniuk kell.

A nagyobb vállszélesség mellett a férfiak izomzata is erőteljesebb, nagyobb arányban tartalmaz gyorsan összehúzódó, nagy erőkifejtésre képes, de fáradékonyabb izomrostokat. A nők izmaiban a férfiakéhoz képest viszonylag több a lassabban összehúzódó, de tartósabb munkavégzésre képes izomrost; ez növeli az állóképességet, és jó hatással van az anyagcserére és az immunrendszer működésére is.

A test formáját a csontváz és az izomzat mellett a **zsírszövet mennyisége és eloszlása** is befolyásolja. A férfiak átlagos **testzsír**aránya 18–25%, a nőké 25–30%-os. A férfias (alma) típusú elhízás esetében a has és a felsőtest érintett, míg a nőies (körte) típusban inkább a csípőtájék és a láb érintetett (5. ábra). Utóbbi kevésbé jelent kockázatot a szív- és érrendszeri betegségek kialakulására.

A **testszőrzet** a két nem esetében eltérő: a női nemi szőrzet a szeméremcsont felett háromszög alakban, míg a férfiaké a hason folytatódva alakul ki, A férfiak arcszőrzete jóval erősebb és pigmentáltabb, ez eredményezi a bajusz és szakáll különféle formáit. A kulturális hatások, divatok elfogadottá vagy elutasítottá tehetik a testszőrzet látványát (6-7. ábra).

Ezek a nemi jellegek – sok más biológiai adottságunkhoz hasonlóan – olyan eloszlást mutatnak, amelynek a ritka szélső értékek és a jóval gyakoribb köztes értékek is részét képezik.



5. Férfi és női elhízási típusok

6. Divatos szakállt viselő férfi

7. Fiatalos női hajviselet

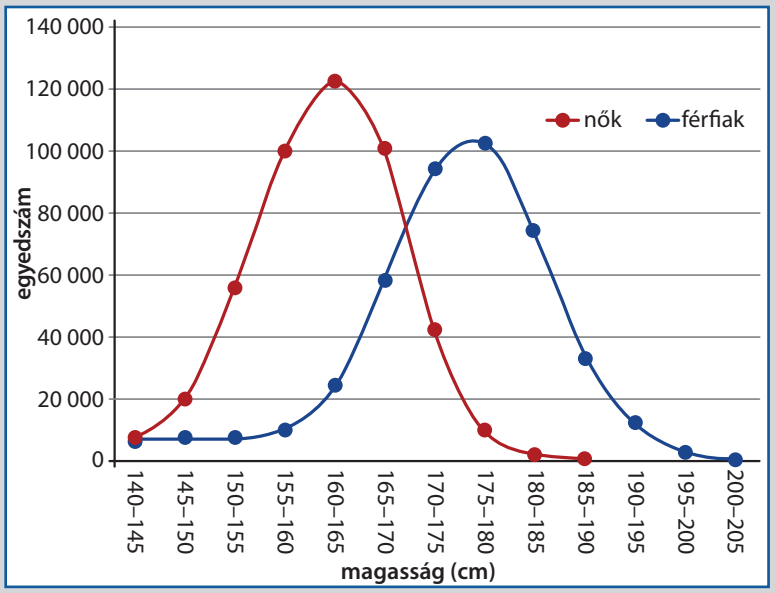
A nemek közötti különbségek egészségügyi vonatkozásai

A női és a férfi szervezet biológiai különbözősége az **anyagcsere szabályozásában** is megnyilvánul. A szervezet energia-háztartásában központi szerepet játszó inzulin befolyásolja a sejtek cukorfelvételét és a máj glikogénraktározását. A cukorbetegség különböző típusainak esetében ez a szabályozás szenved zavart. Az utóbbi évtizedek kutatásai szerint ennek lehetséges szövődményei a két nem esetében eltérők lehetnek. A nemi hormonok befolyásolják az anyagcsere-szabályozó anya-

Elemezz!

Egy vizsgálatban nagyobb mintán vizsgálták a nők és férfiak testmagasságát. A kapott adatokat az alábbi grafikonok ábrázolják:

- **Mi lehetett a kutatás kiinduló hipotézise?**
- **Fogalmazz meg következtetéseket a két grafikon összehasonlításával!**
- **A grafikonok alapján lehet-e következtetni a nemeken belüli egyéni különbségekre?**
- **A nemen kívül milyen egyéb tényezők befolyásolják a testmagasságot? Hogyan lehetett a vizsgálat során kizárni azok hatását?**



goknak a termelődését és hatását, ezzel **két különböző biológiai rendszer** alakul ki a női és a férfiszervezetben. Ennek figyelembevétele új kutatási és terápiás eljárásokat eredményezhet az olyan népbetegségek, mint a cukorbetegség, az elhízás vagy a metabolikus szindróma esetében. A férfiak és a nők **várható élettartamának** eltérése országonként változó (általában csökkenő) mértékben, de általánosan kimutatható. Egy, az Egyesült Államokban végzett vizsgálatban a férfiak mind a 15 vezető halálokban magasabb mortalitást mutattak, mint a nők. Az elemzések több mint harminc egészségkárosító vagy -veszélyeztető magatartásformát azonosítottak, amelyek növelik a megbetegedés, a sérülés, illetve a halálozás esélyét. Valamennyi önkárosító magatartásforma minden korcsoportban jellemzőbb volt a férfiakra, mint a nőkre (8. ábra). Az eredményekből leszűrhető, hogy a férfias magatartásra jellemző a gyengeség kimutatásának, a segítségkérésnek az elutasítása, ami a szívbetegségek szempontjából veszélyeztető tényező lehet. A nők általában nagyobb hajlandósággal számolnak be tünetekről és panaszokról, és gyakrabban veszik igénybe az egészségügyi intézmények szolgáltatásait, mint a férfiak.

Idézd fel!

A korábban tanultak alapján válaszolj a kérdésekre:

- **Hányféle kromoszóma található az emberi genomban?**
- **Mi a különbség az ember testi és ivarsejtjeinek kromoszómaszáma között?**
- **Mi az ivarmeghatározás kromoszomális háttere? (9. évfolyam, 35. lecke)**

A női és a férfiagy

A **térbeli tájékozódás** képességét vizsgálva összefüggést találtak a férfi (androgén) nemi hormonok szintjével. Azok a nők, akik magzati korban magas androgén szintnek vannak kitéve, a női átlagnál sokkal jobb eredményt érnek el a téri teszteken, míg a nagyon alacsony androgénszintű Turner-szindrómás nők rosszabbat. Azoknak az idős férfiaknak, akik tesztoszteron kezelésen esnek át, javul a téri feladatokban nyújtott teljesítménye. Más tanulmányok szerint a férfiak tágabb keretben kezelik a térbeli viszonyokat (pl. égtájak alapján), míg a nők inkább a közvetlen érzékelést (pl. tereptárgyakat, vizuális és más ingereket) részesítik előnyben. Az IQ (és a matematika) esetében a nők és férfiak eredményének eloszlása nem egyforma, a férfiak között nagyobb számban vannak a legrosszabb és

8. A szaporodás biológiai sajátosságaira vezethető vissza, hogy a hímek számára a gyengeség kimutatása evolúciósan hátrányos. A mai társadalmakban ezek a hatások azonban jelentéktelenebbek.

Elemezz!

– Fogalmazd meg, hogy milyen adatok alapján, milyen összefüggést mutat be az ábra!

– Milyen abszolút különbség van a magyar férfiak és nők adatai között az ezredforduló idején?

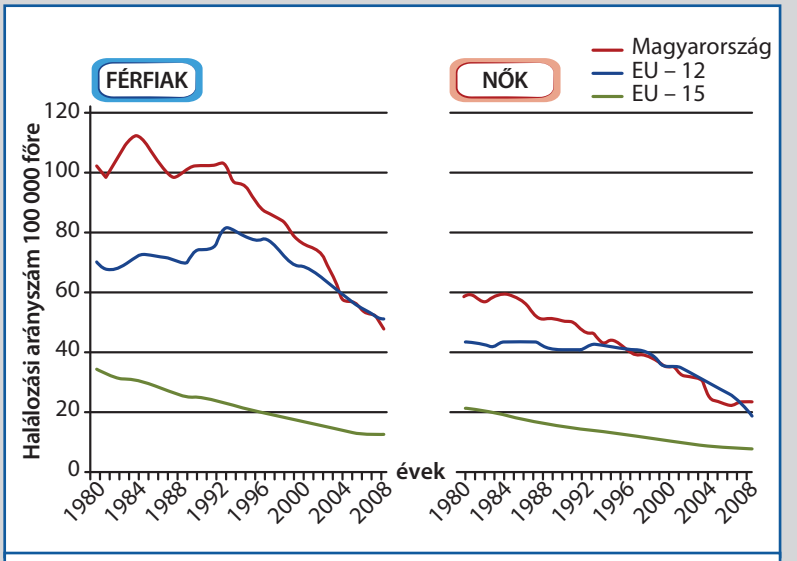
– Hogyan változott a vizsgált időszakban a magyar nők és az EU–12 közötti relatív különbség?

Alkoss véleményt!

A vonzó női és férfitest ábrázolása ma gyakori eszköze a legkülönfélébb reklámoknak.

– Keress példákat a modellekkel „influencermarketinggel" való befolyásolásra!

– Vitassátok meg a csoportban: milyen esetekben tartjátok ezt elfogadhatónak, vagy éppen elutasítandónak?



A 25–64 éves férfiak és nők agyérbetegségek miatti halálozásának alakulása Magyarországon és Európa régióiban (1980–2009)

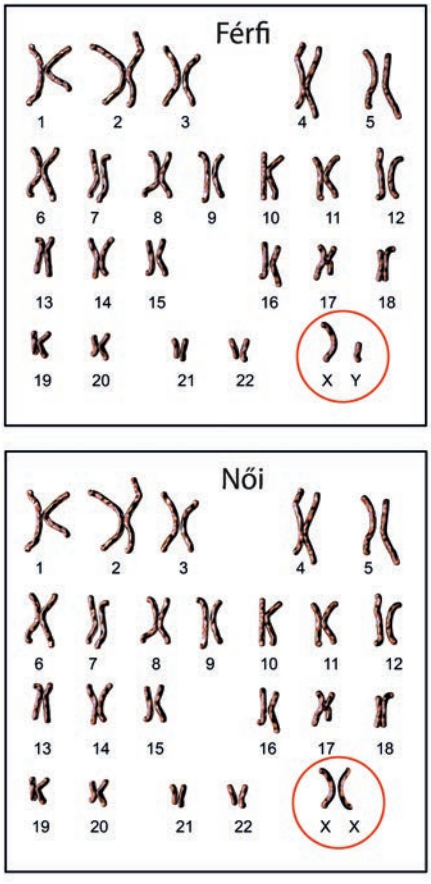
a legjobb eredményt elérők. Mivel a téri és a természettudományos képességek között összefüggés van, így lehetséges, hogy ez azt a nemek közötti eltérést is magyarázza, hogy a természettudományos és műszaki pályákat nagyobb arányban választják a férfiak

A kutatások feltárták, hogy az emberi szervezet **génhálózatai és sejtrendszerei** nemek szerinti különbségeket mutatnak. A testfelépítés, az energetikai egyensúly és más fenotípusos jellegek mögött a nemi hormonok hatására visszavezethető egyedfejlődési és élettani különbségek húzódnak meg. Ezek holisztikus, rendszerbiológiai értelmezése a **szexom**, a mely az emberi genom és fenom fogalmainak nemek szerinti differenciálását teszi lehetővé, vagy inkább szükségessé.

Az emberi nemek biológiai háttere

Kromoszómális nem

A normál emberi génkészlet 24-féle kromoszómát tartalmaz, ebből 22 a két nem esetében azonos típusú, ezek az ún. **testi kromoszómák**, más néven autoszómák. A 23. kromoszóma lehet X vagy Y típusú, ezek a **nemi kromoszómák** (gonoszómák). Az utód neme a megtermékenyítés során dől el, mivel a petesejt normál esetben egy darab X kromoszómát tartalmaz, ehhez párosul a hímivarsejt által hordozott egy darab X vagy Y kromoszóma. Így tehát a l**ányok XX**, a **fiúk XY** nemi kromoszómapárral rendelkeznek. Ezt nevezzük **kromoszomális nemnek**, amely alapjaiban meghatározza az egyedfejlődés során kialakuló elsődleges és másodlagos nemi jellegeket (9. ábra).



9. Férfi és női kariotípus (a nemi kromoszómát körök jelzik)

A nemi kromoszómák számbeli eltérései

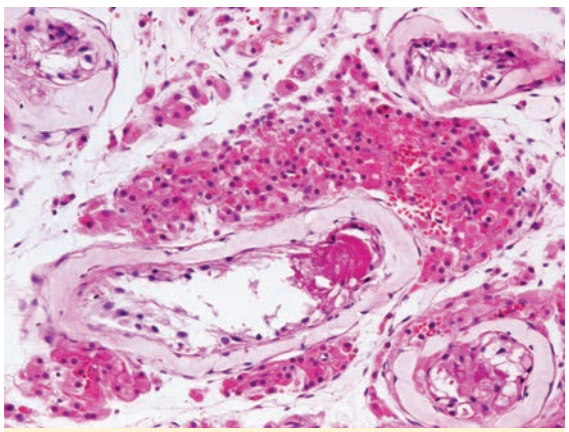
Az ivarsejtek képződése (meiózis) során zavar következhet be a kromoszómák utódsejtekbe kerülésében. Ennek következtében az embrió genomjában a normál diploid (46) számnál több (poliszómia) vagy eggyel kevesebb (monoszómia) kromoszóma található. Ezeket az egy vagy néhány kromoszómát érintő számeltéréseket **aneuploidiának** nevezik. A nemi kromoszómák esetében egy darab kromoszóma csak X lehet, mivel az Y önmagában életképtelen lenne. A 45,X (vagy 45,X0) kromoszómaszerelvénnyel rendelkező embriók nagy valószínűséggel spontán elvetélődnek, de ha elérik a felnőttkort, akkor a **Turner-szindróma** jegyeit mutatják (10. ábra).

10. A Turner-szindróma jellemzői

A normál 2X kromoszómaszámnál rendellenesen több, 3-4 vagy akár 5X is kerülhet az embrióba. A 47,XXX eset a „szupernő" vagy **tripla-X szindróma**, amely 1000 lány újszülöttből egyet érinthet. Testileg ép megjelenésűek lehetnek, de különféle mértékű tanulási zavar, lassabb beszéd- és mozgásfejlődés is előfordulhat.

Ha a fiú utód sejtjeibe egy helyett két X kromoszóma kerül, akkor 47,XXY vagy **Klinefelter-szindróma** alakul ki. 500–1000 fiú újszülöttből egy esetében fordul elő. Az érintettek többségében csökken a tesztoszterontermelődés, ami késlelteti vagy részlegessé teszi a férfi nemi jellegek kialakulását. Az emlők nőiesebb módon fejlődnek, csökken az arc- és testszőrzet. Többnyire a nemzőképtelenség is velejárója. Kisebb gyakorisággal, de a hím nemi szervek nem tipikus fejlődése is bekövetkezhet (11. ábra). A személyiségfejlődésre gyakorolt következmények változók.

Szintén férfiak lehetnek érintettek a 47,XYY aneuploidiában, ami enyhe, nem mindig jelentkező testi tünetekkel járhat (pl. nagyobb testmagasság). Tanulási, beszéd- és mozgásfejlődési zavarok is nagyobb számban jelentkezhetnek, de ezeken megfelelő segítséggel javítani lehet.



11. Egy XXY szindrómás egyén hereszöveti állományában található, rendellenesen túlszaporodott Leydig-sejtek. A herecsatornák falában csökkent a csírasejtek száma.

A nemi szervrendszer fejlődés zavarai

A kromoszomális nem által meghatározott irányba induló nemi fejlődés ritka (szülés közbeni vagy azt követően kialakult) esetben, pontosan nem beazonosítható okokból zavart szenvedhet. Ha az XX nő vagy XY férfi nem a megfelelő nemi szervekkel rendelkezik, akkor fordított nemi fejlődés következett be. Az is előfordulhat, hogy a here vagy a petefészek a kromoszomális nemnek megfelelő,

de a belső és külső nemi szervek valamilyen rendellenességet mutatnak. A valódi **hermafroditizmus** esetén egyaránt jelen lehetnek a herék, illetve a petefészek, vagy az ezeknek megfelelő szövetek.

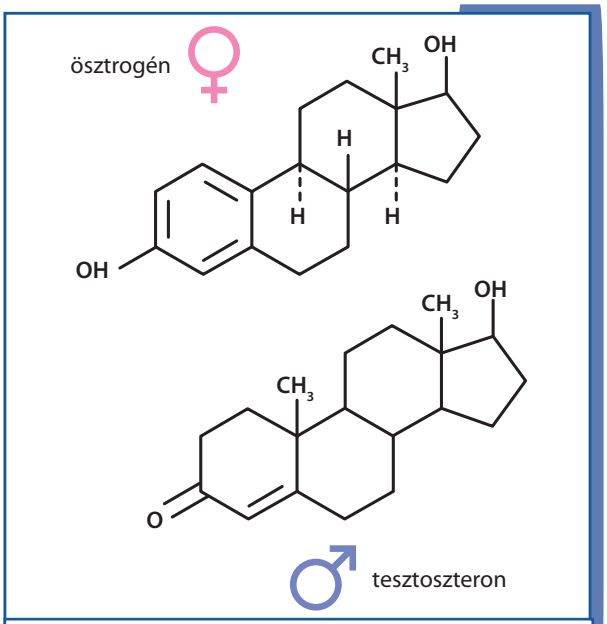
A kromoszomális hátterű szindrómák és a fejlődési rendellenességek esetében is elvégezhetők olyan molekuláris genetikai, citogenetikai vizsgálatok, amelyekkel igazolható ezek fennállása. A genetikai jelleg ellenére az átörökítésük nem valószínű, mivel nem magában a genetikai kódban, hanem annak továbbadása vagy kifejeződése során következnek be a károsodások.

Idézd fel!

- **Hogyan kapcsolódik össze az idegi és a hormonális szabályozás a hipotalamusz-hipofízis rendszerben?**
- **Melyek az agyalapi mirigy elülső lebenyének hormonjai?**
- **Mely agyalapimirigy-hormonok lehetnek hatással a női és a férfi nemi működésekre?**

Nemi hormonok

A kromoszómák által meghatározott nemi fejlődés szabályozásában a nemi hormonok játszanak szerepet. Ezek viszonylag egyszerű lipidek, amelyek közös jellemzője a négy egymásba épült (kondenzált) gyűrűből álló **szteránváz**. Ennek alapanyaga a koleszterin, amely minden sejtünkben megtalálható. A női és férfi nemi hormonok hatása közötti különbség arányaiban jóval nagyobb, mint az ösztrogén és tesztoszteron molekulák közötti néhány atomnyi eltérés. (12. ábra).



12. Az ösztrogén (ösztradiol) és a tesztoszteron molekulaszerkezete

A nemi hormonok (a többi, belső elválasztású hormonhoz hasonlóan) a vérárammal jutnak el a szövetekhez. A lipidekből álló sejthártyán átjutva ez a molekuláris jel továbbadódik és áthangolja a sejt működését. Az egyes szervekre gyakorolt jellegzetes hormonhatásért ezek a jelforgalmi rendszerek felelősek.

A férfiakra jellemző (androgén) nemi hormonok közül legismertebb a **tesztoszteron** és a **dihidro-tesztoszteron**, amelyeket a here Leydig-sejtjei állítanak elő. (Nőkben jóval kisebb mennyiségben termelődik a petefészekben a serdülést követően és a mellékvesében a menopauza kezdetétől.) A tesztoszteron szintje már a születés előtt csúcsot érhet el, ezáltal irányítva a genetikai nemnek megfelelő embrionális fejlődést. A serdülés időszakában hatásuk a férfias nemi jellegek kialakításán túl a bőr, a csontozat, a belső szervek és a központi idegrendszer fejlődésére is kiterjed. Befolyásolják a testzsír eloszlását, növelik a vázizomzat tömegét és teljesítőképességét. Utóbbi hatás miatt doppingszerként is alkalmazták. Fiatal lányokon alkalmazva élsportolókra jellemző férfias izomzat fejlődött, de mellékhatásként károsította a női nemi működést, mélyebb hangot és fokozott szőrnövekedést eredményezett (virilizáció). Csekély valószínűséggel nőkben ter-

Ítéld meg!

Az interneten ún. „tesztoszteronfokozó" táplálékkiegészítő termékek is elérhetők. Az ajánlatban a szexuális aktivitás fokozása, izomtömeg-növelés, zsírégetés szerepel.

- **Alkoss véleményt a szervezet hormonháztartásába beavatkozó szerek veszélyességéről!**
- **Hasznosnak, elfogadhatónak, vagy kockázatosnak tartod ezek egészséges emberek általi használatát?**
- **Véleményed igazold biológiai tényekre alapozott érvekkel!**

mészetes módon is előfordulhat a magasabb tesztoszteronszint. Ennek következménye lehet az arcszőrzet fokozott növekedése, valamint a férfiasabb viselkedésformák előtérbe kerülése.

A nőkre jellemző nemi hormonok a petefészekben termelődnek. Két típusuk az **ösztrogén** és a **progeszteron,** ezek egyensúlya, periodikus termelődése befolyásolja a női szervezet működését, kialakítva a női nemi ciklust (amelynek részletesebb elemzése a tankönyv későbbi fejezetében olvasható).

A férfiszervezetben kisebb mennyiségben a herékben is termelődik ösztrogén, részben a tesztoszteron átalakítása révén, de a mellékvesekéreg és a zsírszövet is forrása lehet. Szerepe van a csonttömeg megtartásában, a normál szellemi működésben és az artériák belső falának megfelelő működésében is. A herék és a mellékvese progeszteront is előállít, ez a férfiakban a további nemi hormonok képződésében vesz részt, illetve véd a prosztata megbetegedései ellen. Az ösztrogén és a progeszteron aránya a férfiak egészségi állapotát is befolyásolja (13. ábra). A túl magas ösztrogénszint hatására a hasi zsír és a mell növekedhet, csökkenhet a csontsűrűség és az arcszőrzet, valamint a nemi vágy.

13. A férfiakra jellemző hasi elhízás egyik lehetséges oka az ösztrogén túlsúly. Az ebből eredő egészségi kockázat a haskörfogat mérésével mutatható ki

Alkoss véleményt!

A női nemi hormonokhoz hasonló hatású anyagok egyes növényekben vagy gombákban is előfordulhatnak. Ezek a „fitoösztrogének" a táplálkozás során bekerülhetnek az emberi szervezetbe is.

– Keress információkat arról, hogy milyen élelmiszerekben fordulhatnak elő!

– Mi lehet a vélt vagy valós hatásuk?

– Kell-e félnünk a fitoösztrogénektől?

- **Az emberi test felépítésének és működésének általános leírása mellett fontosak a nemek vagy az életkor szerinti eltérések, illetve az egyénre jellemző sajátosságok is.**
- **A minőségi tulajdonságoknak is lehet mennyiségi jellegű biológiai háttere, ami valószínűségi eloszlásnak megfelelő átlagot és attól való eltéréseket okoz.**
- **Az emberi nemek szembetűnő, külső jegyek alapján is megítélhető különbségei a másodlagos nemi jellegek.**
- **A nemek közötti különbségek az egészséggel, a várható élettartammal összefüggésben is jelentkeznek.**
- **A nő és a férfi testi és értelmi-érzelmi felépítését az evolúció hosszú távú hatásai alakították, ezek a biológiai alapadottságaink befolyásolják a jóval gyorsabb társadalmi változásokhoz való alkalmazkodásunkat is.**
- **A biológiai nemet elsődlegesen a nemi kromoszómák (X, Y) alakítják ki, az ennek megfelelő egyedfejlődést a nemi hormonokon alapuló, összetett folyamatok szabályozzák.**

17. Összefoglalás

18. A szaporodási szervrendszer

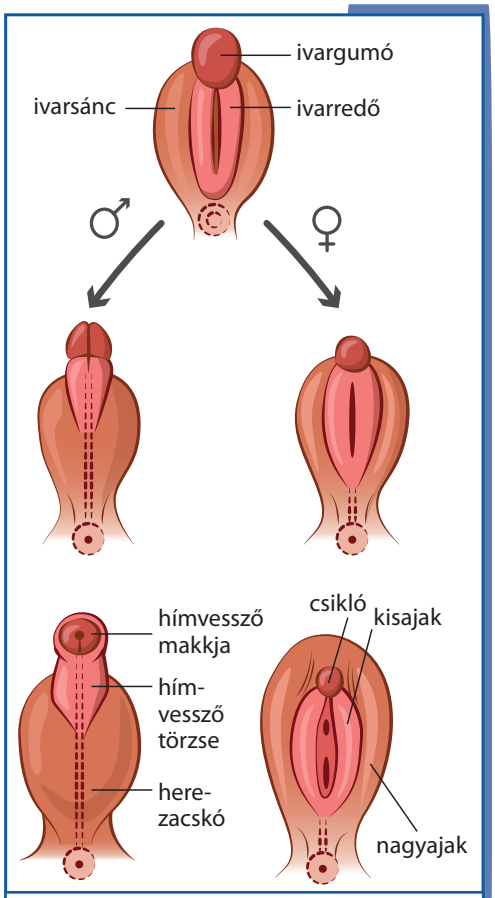
1. Melyek a női és a férfi szaporodási szervrendszer részei, hogyan szerveződnek működési egységgé?
2. Milyen szabályozás biztosítja a női termékenységet, a ciklikus nemi működést?
3. Hogyan történik a megtermékenyítés, hogyan alakul ki egy új egyed első sejtje?

Idézd fel!

– Mit jelent az ivaros szaporodás?

– Milyen molekuláris alapjai vannak az élőlények változatosságának?

A női és a férfiszervezet korábban ismertetett különbözősége már jelezte a két nem eltérő biológiai funkcióját. A lényegi különbségek azonban rejtetten, a test belsejében vagy az intim testtájakon figyelhetők meg. Ezek összessége az **elsődleges nemi jelleg**, amely az ivarsejtek termelődését, célba juttatását és az embrió fejlődését biztosító **ivarmirigyekből** és **járulékos ivarszervekből** tevődik össze. Az ivarsejteket termelő ivarmirigy a férfiak szervezetében a **here,** a nőkben a **petefészek**. A járulékos ivarszervek fejlődése a két nem esetében hasonlóan indul, később az eltérő tesztoszteronarány más irányba tereli a férfi és a női nemi szervek fejlődését (1. ábra).



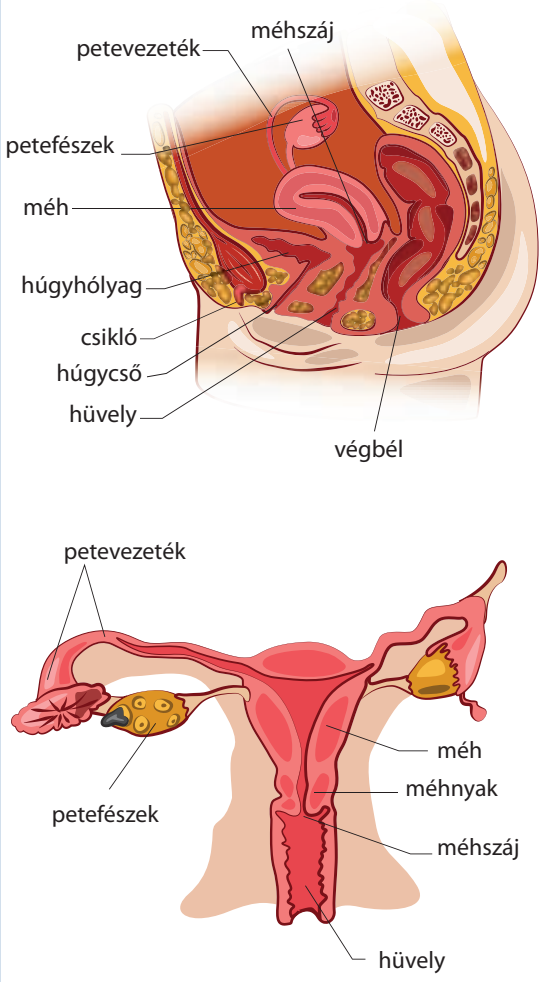
1. A külső ivarszervek egyedfejlődése – közös kezdetek, nemileg eltérő utak

A női ivarszervek

A női ivarmirigy a páros **petefészek**. A petefészekben embrionális korban alakulnak ki az őspetesejtek. Ez azt jelenti, hogy a leánymagzat szervezetében megkezdődik a petesejtek képződése, de korai szakaszában leáll a folyamat. Születéskor több százezer **tüsző** található a petefészkekben. A tüszők az éretlen petesejtből és az ezt körülvevő speciális hámszövetből állnak. A serdülőkortól kb. 50 éves korig hormonális hatásra átlagosan 28 naponként megindul egy-egy tüsző érése.

A **méh** falát vastag simaizomzat alkotja, üregét nyálkahártya béleli (2. ábra). A méh felső részébe torkollik a két petevezeték, alsó, elvékonyodó szakasza a **méhnyak**, amely a **méhszáj** nyílásán keresztül a hüvellyel áll összeköttetésben. A méhnyak csatornáját sűrű nyálka tölti ki, amely megakadályozza, hogy a külvilág felől mikroorganizmusok jussanak be a méh üregébe.

A **hüvely** (vagina) izmos, rugalmas falú szerv, bemeneti nyílása (vulva) a szeméremcsont dombja alatt helyezkedik el. Fölötte nyílik a külvilágba a húgycső, efölött a hímvesszőhöz hasonló felépítésű, de kisebb, rejtettebb **csikló** található, amely kétszer több érző idegvégződést tartalmaz, mint a férfiak makkja (3. ábra). Ezeket két pár bőrredő, a kis és a nagy szeméremajkak fedik.

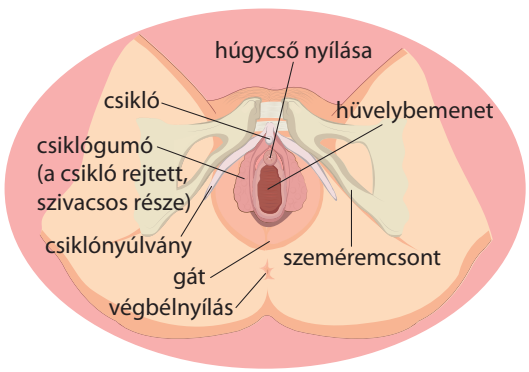


2. A női ivarszervek hosszmetszetben és szemből

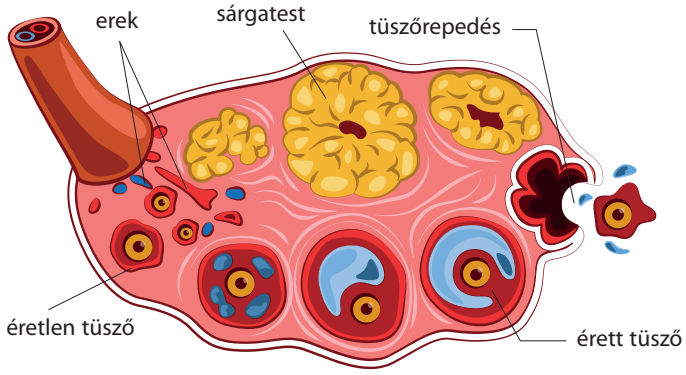
A női nemi működés

A fogamzóképesség alapját a petefészek ciklikus működése teremti meg (4. ábra). A **tüsző** érésekor a petesejtkezdeményben folytatódik az érett ivarsejt kialakulásához vezető osztódás. Körülötte a tüszőhám megvastagszik, az érett tüszőben folyadék halmozódik fel. A ciklus közepén a folyadék feszítő hatására bekövetkezik a tüszőrepedés, az **ovuláció**. A petesejt a petevezetékbe sodródik, amelynek fala perisztaltikus mozgással és a csillós hámréteg segítségével továbbítja a petesejtet a méh felé. Az ovuláció után a tüsző maradványából a petefészekben kialakuló sejtcsoport a **sárgatest**.

A 28 napos havi ciklus alatt a méhnyálkahártya szerkezete is változik. A tüsző érése idején a méh nyálkahártyája megvastagszik, vérellátása növekszik. Ha az ovuláció után nem történik megtermékenyítés, és nem ágyazódik be embrió a megvastagodott nyálkahártyába, akkor a ciklus második felében a nyálkahártya felső rétege elhal, majd leválik, és vérzés kíséretében a méhszájon és a hüvelyen keresztül távozik. Ez a **menstruáció**. A vérzést követően a petefészekben zajló újabb tüszőérésel párhuzamosan megindul a méhnyálkahártya regenerációja.



3. A női külső nemi szervek és környezetük



4. A petefészek ciklikus működése

Miért éri meg a szex?

Az ivaros folyamatban történő génátadás az élőlények számára erőforrás-igényesebb, ezért az evolúció során mérlegre került a ráfordítás és haszon aránya. Első közelítésben az ivaros szaporodás hasznaként a növekvő genetikai változatosságot említhetnénk. Ez azonban nem minden esetben igazolható, a hatás néha éppen fordított. A kép teljességéhez a természetes szelekció hatását is figyelembe kell venni.

Az sem mindig előnyös, ha az ivaros szaporodás növeli az utódok változékonyságát. A sarlósejtes vérszegénységért felelős allél a homozigóta (SS) emberekben a vér oxigénszállító képességét csökkenti, a vörösvérsejtek jellegzetes, sarló alakú elváltozását okozva. A maláriával régebb óta sújtott területeken megfigyelték, hogy a heterozigóta egyedek (Aa) kevésbé betegszenek meg ebben a fertőzésben, ez a szelekciós nyomás a heterozigóták magasabb arányát eredményezi. Az Aa genotípusú szülőpárok utódaiban viszont ismét megjelennek az alacsonyabb rátermettségű AA és az aa genotípusok.

Az ivaros szaporodás evolúciós előnyeinek mérlegeléséhez a rekombinálódás kockázatán kívül az állatvilágban a párválasztással, udvarlással járó energiaráfordítást is számításba kell venni. A szülők csak génjeik felét tudják átadni utódaiknak, szemben az ivartalanul szaporodók 100%-os átörökítésével. A legalkalmasabb partnerek kiválasztásával az ebben rejlő kockázat mérsékelhető, előnyre fordítható. A nemek egyedei korábbi sikeres párválasztások eredményeként jöttek világra, így nemzedékről nemzedékre halmozódik egyfajta „genetikai tanulás” is.

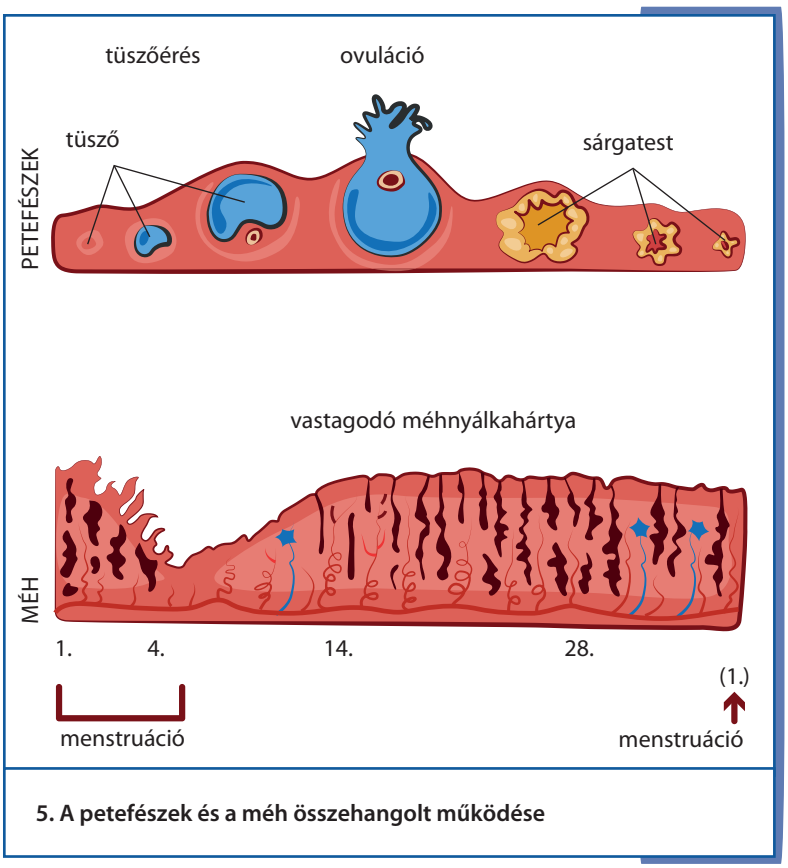
A szexuális úton történő szaporodás elterjedtsége tapasztalati tény, úgy tűnik, hogy az élőlényeknek a költségek ellenére megéri beruházni ebbe. Van néhány körülmény, ami növeli a szexuális szaporodás előnyösségét, ilyen pl.

– a szelekció időbeli változása, amely a múltban történt szelekciós hatások előnyösségét megszünteti,
– a szelekció térbeli változása, amely a vándorló fajok változó környezethez való alkalmazkodását igényli,
– kevésbé jól alkalmazkodott egyedek közötti párosodás sikeresebb utódokat eredményezhet,
– kisebb populációméret, amelyben az ivaros szaporodás véd a szelekció ritka alléleket erodáló hatásától.

A vérzés megjelenésének napját tekintik a menstruációs ciklus kezdetének, amelynek hossza nagy egyéni és életkori eltéréseket mutathat. Ezzel egyidejűleg kezdődik meg a tüsző érése, a két petefészekben ciklusonként általában váltakozva (5. ábra).

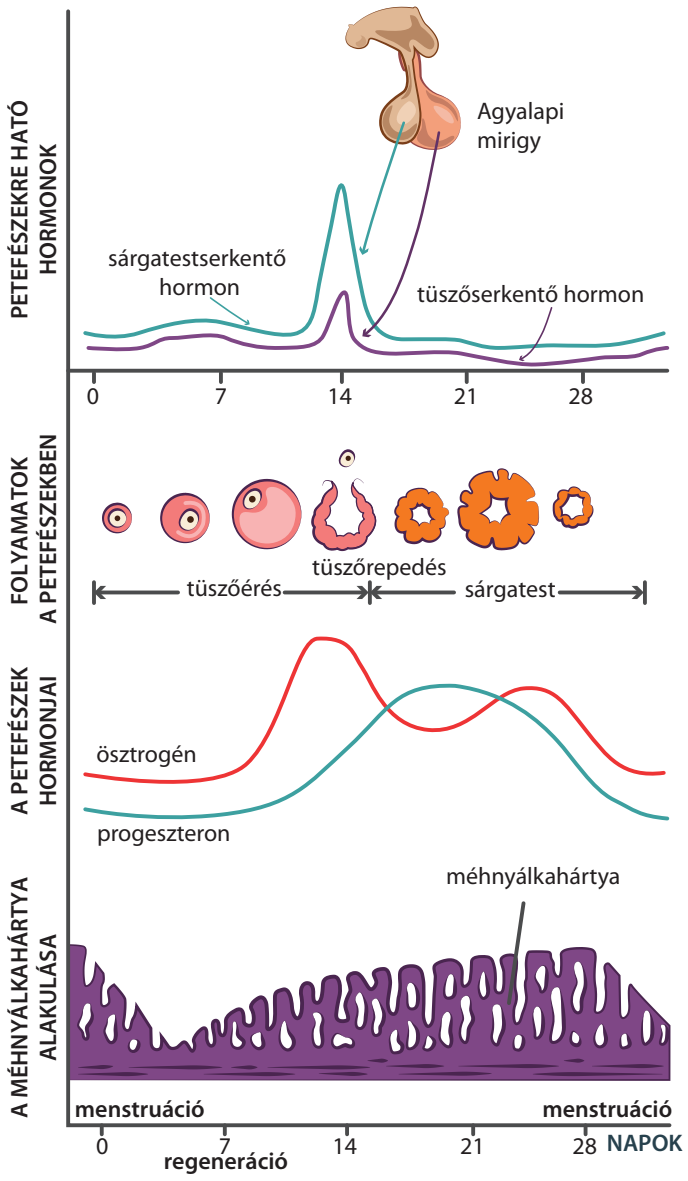
Szabályozás

A női nemi működés folyamatait szervezetszintű szabályozás hangolja össze. Legmagasabb szinten a tudati működések is szerepet játszanak, az érzelmek nemcsak a nemi szervek áthangolását, hanem a tüszőérés folyamatát is befolyásolhatják. A ciklus karmestere a **hipotalamusz**, amelynek egyes hormontermelő idegsejtjei az általuk termelt hormon révén átlagosan 28 napos ritmusban befolyásolják a **hipofízis**, azon keresztül pedig a petefészek működését. A ciklus elején az agyalapi mirigyben növekvő mennyiségben termelődő **tüszőserkentő hormon** hatására megindul a tüszőérés. A petefészekben növekvő mennyiségben képződő



5. A petefészek és a méh összehangolt működése

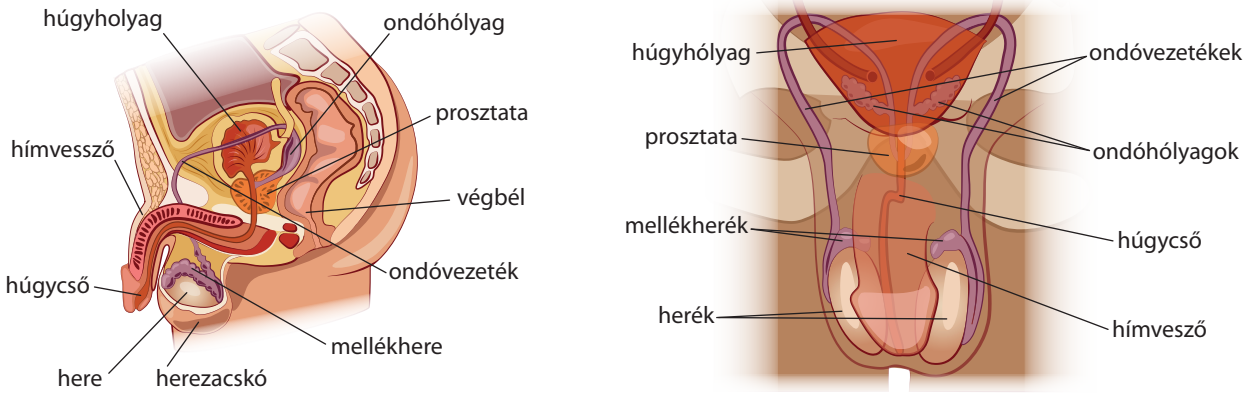
ösztrogén hormonok hatására a menstruáció után regenerálódni kezd a méh nyálkahártyája. Az ösztrogén folyamatos képződése miatt **negatív visszacsatolás** érvényesül, ami elnyomja a tüszőserkentő hormon termelését, a ciklus alatt ezért újabb tüsző nem érik meg. A ciklus közepére az ösztrogénkoncentráció elér egy bizonyos értéket, ennek hatására a hipofízisben hirtelen nagymértékben megemelkedik a **sárgatestserkentő hormon** termelése. Ennek magas szintje hatására a petesejt körüli hámsejtek **progeszteront** termelnek, amelyek enzimeket aktiválnak és így előidézik a tüszőrepedést, az ovulációt. Ez a sárgatesthormon teszi alkalmassá a méhnyálkahártyát az embrió beágyazódására, gátolja a méhizomzat összehúzódását, ezért a terhesség kialakulásában és fennmaradásában alapvető szerepe van. További hatása, hogy gátolja a sárgatestserkentő hormon termelődését a hipofízisben. Ha nem következik be megtermékenyítés, akkor a sárgatest elsorvad, ösztrogén és progeszteron hiányában létrejön a menstruáció (6. ábra).



6. Hormonális változások összefüggése a petefészekben és a méhnyálkahártyában lejátszódó átalakulásokkal

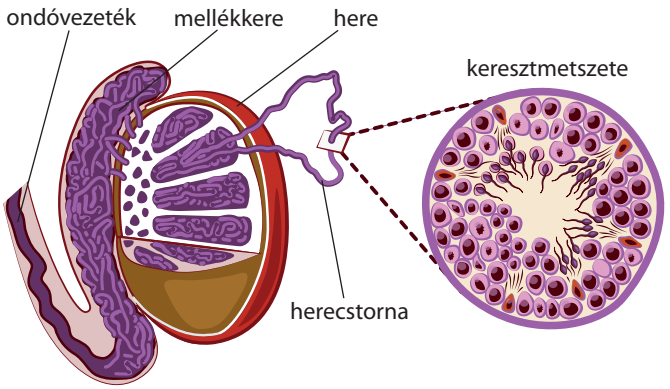
A hímivarszervek

A hímivarmirigy a **here**, páros szerv (7. ábra), a hasüregen kívül, a **herezacskóban** található, mivel normális működéséhez a maghőmérséklet néhány °C-kal alacsonyabb hőmérséklet szükséges. A herék



7. A hímivarszervek oldalról és szemből

belsejében nagyszámú **herecsatornácska** található (8. ábra). Ezek falában képződnek a **hímivarsejtek**, a spermiumok (9. ábra). A spermiumok a herékből a szintén páros **mellékherékbe** kerülnek, ott tárolódnak és érnek. A mellékherékből ered a húgycső felé nyíló két **ondóvezeték**. Az ondóvezetékekbe ömlik a páros ondóhólyagok váladéka, amelynek fruktóztartalma a spermiumok mozgásához biztosít energiaforrást. A **prosztata** (dülmirigy) páratlan szerv, az ondóvezetékek húgycsőbe torkollásánál, a húgyhólyag alatt található. Váladéka lúgos kémhatású, ami a hímivarsejtek életképességének és mozgékonyságának fontos feltétele. Az ondóhólyagok és a prosztata váladéka a spermiumokkal együtt alkotja az **ondót** (sperma). A herezacskó felett található a **hímvessző** (pénisz), amelynek csúcsát a rendkívül érzékeny bőrrel (fityma) borított **makk** alkotja. A belsejében lévő két **barlangos test** üregrendszere vérrel telítődve idézi elő a merevedést. (10. ábra).



8. A here szerkezete, a herecsatornácska keresztmetszete

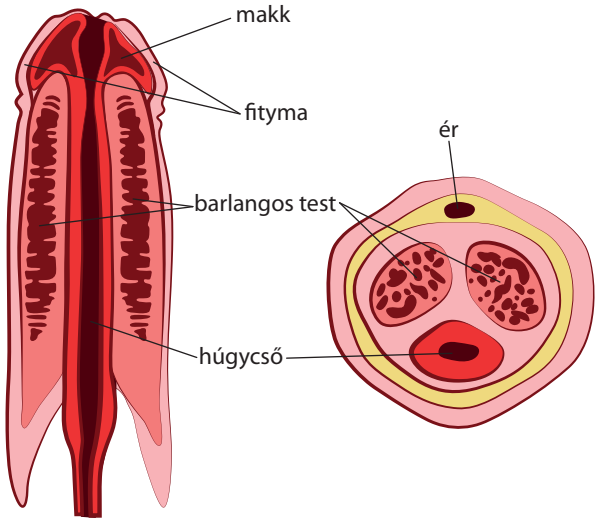
9. A hímivarsejt szerkezete

A megtermékenyítés

Felkészülés

A fiúk szervezetében 16–18 éves életkor tájékán a hipotalamusz **serkentő** hormonjának (GnRH) hatására a hipofízis elülső lebenyében **tüszőérés-serkentő hormon** (FSH) és **sárgatestképző hormon** (LH) termelődik. Ezek a hormonok a férfiszervezetben is szabályozó hatásúak, az FSH a here ún. Sertoli-sejtjeit serkenti, a herecsatornácskák külső falában beindítva a hímivarsejtek, a spermiumok képződését. Az LH a Leydig-sejtek nemihormon- (tesztoszteron-, dihidro-tesztoszteon-) termelését fokozza, kialakítva és fenntartva a férfias másodlagos nemi jellegeket.

Az ivarsejtek keletkezése meiózissal történik. Az ivarmirigyekben jelen lévő ivari őssejtekből kiinduló folyamat a női ivarú embriókban csak az első fázisig jut, a második, számfelező fázis már a felnőtt korban, a peteérés során játszódik le, ekkor a négy



10. A hímvessző felépítése hosszmetszetben és keresztmetszetben

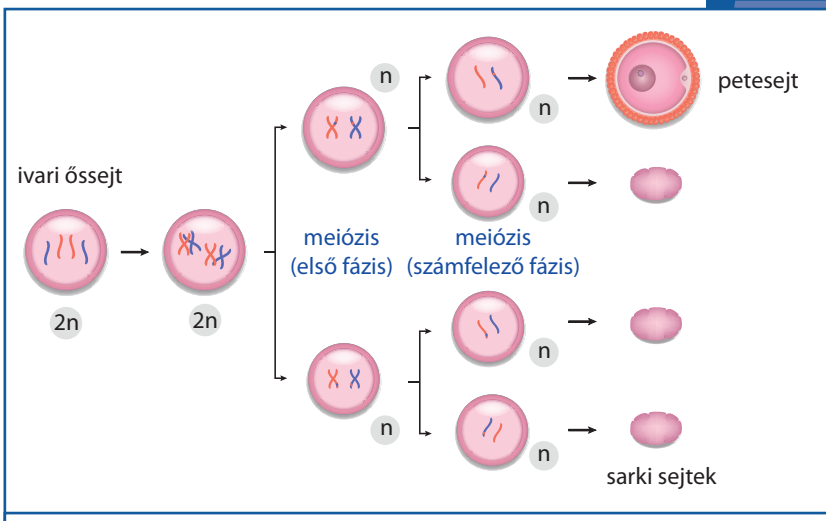
Hasonlítsd össze!

– A hím- és női ivarsejtek keletkezését bemutató ábrák alapján fogalmazd meg a két folyamat közötti hasonlóságokat és különbségeket!

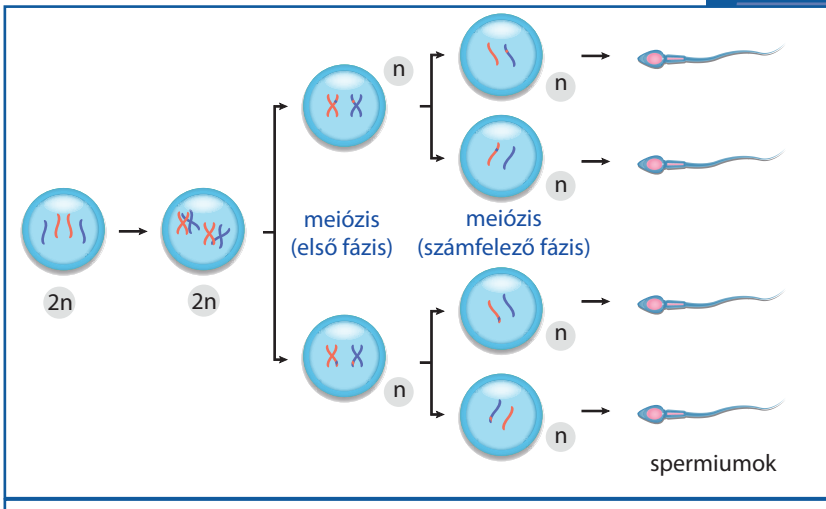
– Mivel magyarázható a két ivarsejttípus közötti nagymértékű számbeli eltérés?

utódsejt egyike lesz a petesejt, a többi három sarkisejtté alakul (11. ábra). A nők a születéskor milliós nagyságrendű ivari ősejttel rendelkeznek, ezek száma a nemi érés kezdetére kb. 400 000-re csökken. Ebből a termékeny életszakaszban mintegy 400 petesejt érhet meg.

A férfiakban a serdüléstől az időskorig folyamatosan és nagy mennyiségben termelődnek ivarsejtek. Ennek során a meiózis megszakítás nélkül játszódik le, és mindegyik utódsejt spermiummá alakul (12. ábra).



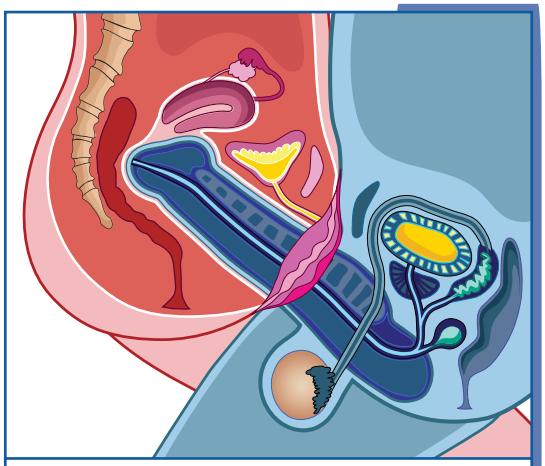
11. A petesejt érési folyamata (oogenezis)



12. A hímivarsejtek keletkezésének folyamata (spermatogenezis)

A nagy találkozás

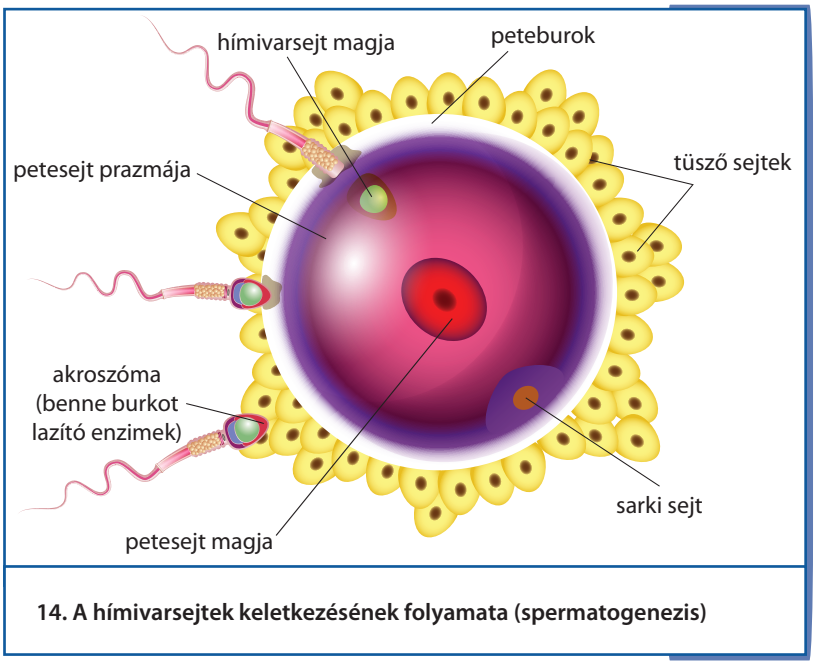
Az emberi szexualitás fajunk biológiai és kulturális evolúciója során messze jutott az állati léttől, az ivarsejtek találkozását biztosító mechanizmusok mégis igen ősiek (13. ábra). Alapját egyszerű (gerincvelői) reflexek képezik, erre épül rá mindaz, ami a párkapcsolatok értelmi, érzelmi felépítménye. A szexuális együttlétre való ráhangolódáshoz a vegetatív idegrendszer **paraszimpatikus** szabályozása szükséges. A nemi szervek érző idegvégződéseinek és egyéb testi és pszichés ingereknek köszönhetően a **hímvessző**ben lévő barlangos test megtelik vérrel, és megduzzad, bekövetkezik az **erekció**. A női szervezetben hasonló változás megy végbe a **csiklóban**. A behatolás megkönnyítésére a hímvesszőből és a hüvely mirigyeiből is **síkosító váladék** szabadul fel. Az aktus során történő mechanikai ingerlés hatására a mellékherében tárolt hímivarsejtek a dülmirigy (prosztata) és más nemi mirigyek (ondóhólyag, Cowper-mirigy) váladékával együtt **ondót** alkotva az **ejakuláció** során kilövellnek a hüvelybe. A benne lévő spermiumok ostoruk által hajtva a méh irányába mozognak, ez a hüvely savas kémhatása miatt negatív, a méhszájat lezáró nyákcsap lúgosabb pH-ja felé haladva pozitív kemotaxissal történik. A méhszájon átjutva a hímivarsejtek továbbhaladnak a petevezetékben, ha eközben találkoznak az érett petesejttel, akkor megtörténhet a **megtermékenyítés**. Az ejakulátumban több tízmillió „versenyző" indul útnak, de a petesejtbe való bejutás csak a győztes jutalma lehet. Ehhez a spermium receptora felismeri a petesejt burkát (első találkozás), majd a burkot fellazító enzimet bocsát ki. Amikor az első spermium hozzákapcsolódik a petesejt sejthártyájához (második találkozás), a petesejt enzimeket bocsát ki, ami módosítja a petesejt burkát, megakadályozva más hímivarsejtek burokhoz kapcsolódását, így a többszörös megtermékenyítést. A nemi aktus során átélhető orgazmus érzése a férfiakban az ejakulációhoz, a nők esetében a méh simaizomzatának összehúzódásához kapcsolódik. Utóbbinak szerepe lehet a hüvelybe került ondó méhbe való átjutásában is.



13. A szervek elhelyezkedése a nemi aktus során

Anya csak egy van

A 23-23 kromoszómával rendelkező (haploid) hímivarsejtek és a petesejt egyesülésével egy új genetikai állományú, 46 kromoszómás (diploid) sejt, a **zigóta** jön létre. Ez a DNS-állomány lényegében az új egyed genomja, ennek információi irányítják az embrió fejlődését. A nemek szereposztásának különbözősége azonban ezen a szerveződési szinten is megjelenik. A megtermékenyítés során a hímivarsejtek fejrészében lévő kromoszómák bejutnak a petesejtbe, míg a nyakban lévő energiatermelő mitokodriumok nem vagy csak ritkán képesek erre (14. ábra). A petesejt mérete jóval nagyobb, mint a hímivarsejtek, korábban ezt a tárolt tápanyagoknak is tulajdonították. A méhen belül fejlődő embrió esetében erre nem is lenne szükség, de az egyedfejlődés kezdeti szakaszát irányító anyagok (RNS- és fehérjemolekulák) jelenlétére annál inkább. Ez a petesejt mitokondriumaira és a citoplazmájában lévő anyagokra visszavezethető **anyai hatás**, aminek egyre több következményét tárják fel a kutatások.



14. A hímivarsejtek keletkezésének folyamata (spermatogenezis)

- **Az ivaros szaporodásba történő biológiai ráfordítás a fajoknak a kedvezőtlenebb környezethez való sikeresebb alkalmazkodásában térülhet meg.**
- **A női és a férfi szaporodási szervrendszer felépítése és működése az ivarsejtek termelését, találkozását és az utód méhen belüli, hosszabb fejlődését hivatott biztosítani.**
- **Mindkét nem esetében hormonális szabályozás biztosítja a nemi működés megfelelő kialakulását és működését, a férfiak esetében ez az életkorral lassan lecsengő képesség.**
- **A női termékenység hormonálisan szabályozott havi ciklusokhoz kapcsolódik, amelyek idősebb korban megszűnnek.**
- **A petesejt megtermékenyítését a több millióból kiválasztódó egyetlen hímivarsejt végzi.**
- **Az új egyed első sejtje a zigóta, amelynek tulajdonságait nagyobb mértékben határozzák meg az anyai hatások.**

18. Összefoglalás

19. A szexualitás

1. Milyen evolúciós gyökerei vannak az ember szexuális magatartásának?
2. Milyen összefüggés van a biológiai felépítésünk és párkapcsolataink jellemzői között?
3. Hogyan lehetünk tudatosabbak a szexuális magatartásunkban és a családtervezésben?

Az emberi szexualitás

Idézd fel!

– Melyek az élő rendszerek szerveződési szintjei?
– Hogyan illeszkednek ezek egymásba, mi jellemzi a szintek közötti átmeneteket?
– Mely fajok az ember legközelebbi rokonai az állatvilágban?

Pillantás a múltba

Különféle állatfajok esetében megfigyelhető, hogy a szaporodásuk nem folyamatosan, hanem adott időszakokban, egymást követő periódusokban történik. Ennek oka lehet pl. az ivadékgondozáshoz kedvező időjáráshoz való alkalmazkodás, vagy a csoport életének szinkronizálása. A szaporodásra alkalmas időszakban a nőstények petéket érlelnek, amit változatos módon jeleznek is a megtermékenyítésben érdekelt hímeknek. Ez történhet valamilyen vizuális jelzéssel (pl. a nemi szervek, testtájak duzzadása, színváltozása), hangadással vagy kémiai (szag)jelzésekkel. Ezen az időszakon kívül párzásra nem kerül sor. Az emberi szexualitás ezzel szemben időben nem korlátozódik, a nemi kapcsolatokban populációs szinten nem figyelhető meg „szaporodási időszak". A nők peteérése valójában ciklikus, a 28 napos menstruációs időszak közepén történik az ovuláció, de ezt nem kísérik jellegzetes testi vagy magatartásbeli változások (rejtett ovuláció). A menstruációs vérzés napjait leszámítva a nők mind testileg, mind lelkileg képesek a nemi életre. A nemi érés során kialakult másodlagos nemi jellegek egyfajta jelzőrendszerként is működnek, a csípő-derék arány változása vagy a mell méretnövekedése a felnőttség, a fogamzóképesség jele.

Alkoss véleményt!

A biológiai sajátosságok folytán egy gyermek esetében az anya személye mindig biztos, míg az apa esetében ez kevésbé nyilvánvaló (DNS teszttel lehet teljes bizonyossággal megállapítani)

Mi lehet az összefüggés a monogámia kialakulása és annak evolúciós előnye között?

Mely egyéb (nem biológiai) tényezők erősítik illetve gyengítik a monogám párkapcsolatokat?

A folyamatos szoptatás fogamzásgátló hatású lehet, ezért természetes módon a szülések között kb. 3-4 év telhetett el, egészen a nők szaporodásképes korának végéig ismétlődve. Ez esetükben korlátozta a genetikai utódok számát, míg a férfiak választhattak az apaszerep vagy újabb párkeresés és utódnemzés között, így fokozva saját génjeik reprodukcióját. A férfiak másodlagos nemi jellege, az erősebb fizikum arra utal, hogy a versengés meghatározó lehetett ennek sikerességében. A férfi és nő tartós szövetségét jelentő család fenntartása mindkét fél aktivitását, energiabefektetését igényli, amely végső soron a felnevelt gyerekek és az egész társadalom sikerében térülhet meg.

1. Apa néhány hónapos gyermekével

Hasonlítsd össze!

Keress adatokat, és hasonlítsd össze a közönséges és a törpecsimpánzok
– földrajzi elterjedési területét és annak jellegét,
– testalkatát,
– csoportméretét,
– szociális magatartásának jellemzőit!

Szexualitás a párkapcsolatban

Test és lélek

Ha visszagondolunk a nemi szervrendszerek felépítésére, akkor jól látható, hogy nem egyszerű ivarsejtcélbajuttató készülékekről van szó. Mindkét nem esetében óriási számban vannak jelen érző idegvégződések, férfiaknál a hímvessző makkján, nőknél a csikló külső és belső részein. Élettanilag ezek tesznek alkalmassá bennünket a nemi aktus során átélhető örömérzésre. A nemi érés során előbb a saját szervezetünk megismerése dominál, később a korai párkapcsolatok érintései (petting), majd a felnőttszexualitás teljes eszköztára áll ennek szolgálatában. Az egészséges nő és férfi közötti **örömteli szexuális** élet erősíti a párkapcsolatot, hosszú távon segít fenntartani a család működőképességét.

2. Illatszerpróba

A szexualitás lelki oldala a partnerek közötti szimpátia kialakulásával veszi kezdetét. A figyelem felkeltése csak részben tudatos, szerepe lehet benne pl. a rejtett illatoknak is. A verejtékmirigyek és a bőr feromon jellegű anyagi jelzések a nők számára a partner megfelelőségéről, jobb immunrendszeri adottságairól. A szépség, amely a test szimmetriáiban, tökéletes arányaiban nyilvánul meg, szintén az utódokra átörökíthető kedvező géneket jelez. A modern ember világában az illatszerek, a szépségipar és a divatos ruházat is növelheti a vonzerőt (2. ábra). Ezekben egyúttal a gazdasági sikeresség is kifejeződhet, ami szintén előnyös a gének átörökítése, az utódnevelés szempontjából is.

Testünk az életkorral is változik, legvonzóbb fiatal korban. A fiatalosság fenntartása sportolással lehetséges, melynek egyik módja a testépítés. A „kigyúrt” test üzenet a vetélkedő férfitársaknak, de a nők számára az egészséget is jelzi (3. ábra). Az emberi kultúrában a szellemi képességek hasonlóan vonzók lehetnek, mivel az IQ vagy a képzettség is növeli az utódok esélyeit. A párkeresés soktényezős jellege egyben annak izgalmasságát is fokozza.

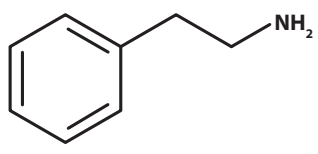
3. Ugyanaz az ember eltérő testalkattal felruházva egészen más benyomást tesz

Működik a kémia!

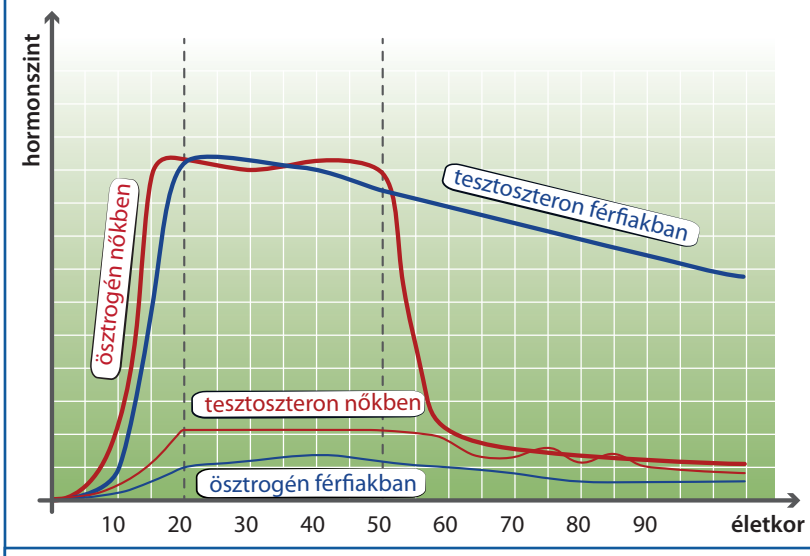
Az ember egyik legerősebb öröklött késztetése a **nemi vágy**, a libidó. Kialakításában és szabályozásában a nemi hormonok (tesztoszteron és ösztrogén), valamint egyes agyalapimirigy-hormonok (pl. prolaktin, LH) játszanak szerepet. Az egyedfejlődés során ezek szintje is változik, ami a nemi szervrendszeren túl a nemi vágyra is hatással van (4. ábra).

A szexuális reagálás a két nem esetében nagyjából hasonló **izgalmi görbével** jellemezhető. A lassú emelkedő szakasz az **előjáték**, ebben a fantázia és a párok rutinja is szerepet játszik. A „plató” egyenletes állapotot jelez, aminek a hossza a két nem esetében eltérő lehet. Az együttlét csúcspontja az **orgazmus**, ami a férfiak esetében az ejakulációval esik egybe, a nők testében ekkor ritmikus méhösszehúzódások történnek (5. ábra). Pszichés élményként átélhető a gyönyör és az összetartozás érzése, amit a vérbe kerülő oxitocin hormon is erősít.

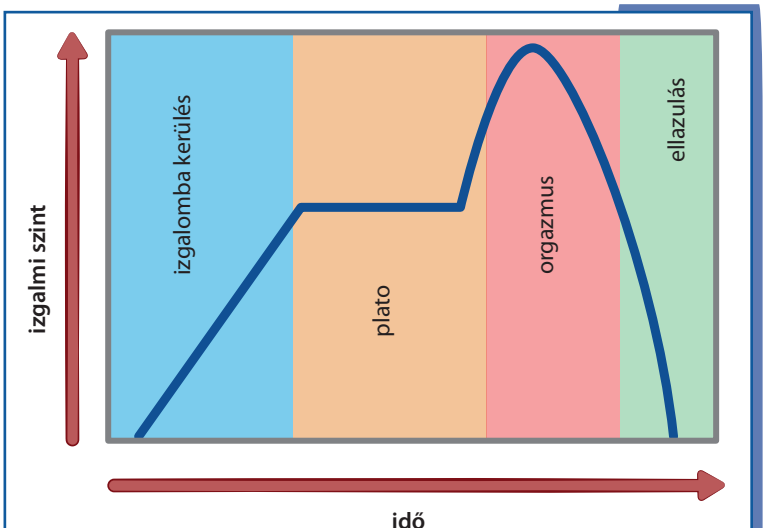
Ha „működik a kémia”, akkor a vonzalomból szerelem lehet, amelynek viharos időszakát szeretetben eltöltött, boldog párkapcsolat követheti. Az agyunkban és egész testünkben bekövetkező változások igen komplexek, de az áthangolásért egyszerűbb kémiai anyagok felelősek. Aki már átélte, tapasztalhatta, hogy a szerelem felfokozott érzelmi állapot, ami testi jelzésekkel is párosul, mint a gyorsabb szívverés vagy az elpirulás. Ezeket főként az agyban termelődő **fenil-etil-amin** (PEA) váltja ki (6. ábra).



6. A fenil-etil-amin szerkezeti képlete



4. A női és férfi nemi hormonok szintjének változása az életkorral



5. A nemi aktust jellemző izgalmi görbe

Az **oxitocint** a hipotalamusz idesejtjei termelik, és a hipofízis hátsó lebenyén keresztül kerül a véráramba. A már ismertetett élettani hatásán túl erősíti a párok összetartozását, kedvet ébreszt a testi közelséghez, gyengédséghez.

Szintén a hipofízis állítja elő az **endorfinokat**, amelyek peptid jellegű molekulák (7. ábra), és hatásuk miatt a testünkben termelődő „boldogsághormonok" egyik típusát képviselik. Az idegrendszerre kifejtett hatásuk fájdalomcsillapító és nyugtató, de a szeretet kialakulásában, a kapcsolat tartóssá tételében is fontos szerepük van.

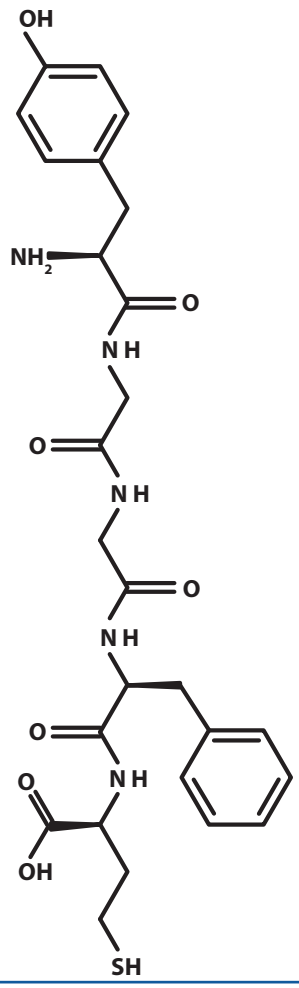
A szerelmesek gyakran élnek át heves érzelmi csúcsokat, szinte euforikus érzéseket. Ebben a **szerotonin** működik közre, amely az idegsejtek közötti jelátvitel révén képes boldogságot, gondtalanságot, az időtlenség érzését okozni.

Ugyancsak idegsejtek közötti jelátvivő (neurotranszmitter) a **dopamin** is. Funkciója igen szerteágazó, tekinthetjük egyfajta jutalmazó molekulának is, amely az agysejtek hálózatában a nemi kapcsolat és a szerelem érzését erősíti. Kémiai szerkezete hasonló a PEA-hoz, abból alakulhat ki (8. ábra).

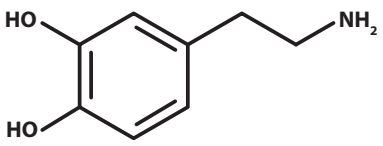
Elemezz!

A 4. ábra grafikonja alapján alapján válaszolj az alábbi kérdésekre:

- **Miért nem beszélhetünk kizárólagosan női és férfi nemi hormonokról?**
- **Miben különbözik a nők és a férfiak hormonháztartása az 50. életévet követően?**
- **Hogyan befolyásolhatja a nemi hormonok szintjének változása a nemi vágyat a két nem esetében?**
- **Mi lehet az eltérés oka?**



7. A béta-endorfin szerkezeti képlete



8. A dopamin szerkezeti képlete

Tudatos családtervezés

Babát várunk!

Ha a házaspár eldönti a baba vállalását, érdemes növelni annak esélyét azzal is, hogy a petesejt és a hímivarsejtek randevúját időben is összehangolják. Az ovulációt követően a női petesejt magányosan utazik a méh felé, de csak 24 óráig életképes. A hímivarsejtek akár 48–72 óráig is túlélnek, és többmilliós tömegben kelnek útra a petesejt felé. Ezek a körülmények azt eredményezik, hogy a **termékeny időszak** kb. 5 nap hosszúságú, ennek a közepén történik az ovuláció. A petesejt útnak indulását a szervezet enyhe hőemelkedéssel jelzi, ha ennek napján történik az együttlét, akkor a hímivarsejtek még frissen érkeznek a találkára. Ha az ovuláció időpontja csak feltételezhető, akkor az azt megelőző napon történő együttlét is kedvező lehet a megtermékenyítésre. Általánosságban elmondható, hogy a tervezett baba akkor indul a legjobb genetikai útravalóval, ha az ivarsejtek frissen, többnapos várakozás nélkül találkoznak egymással. A szülők a gyermekvállalás előtt azt is mérlegelhetik, hogy családjukban

előfordult-e valamilyen genetikai betegség, amely nagy valószínűséggel továbböröklhető az utódokra. Minden nőgyógyászati szakrendelésen felvilágosítást tudnak adni az **elérhető genetikai tanácsadásról**, ahol a szakszerű vizsgálatok után segítenek a gyermekvállalás előtti bizonytalanságok eloszlatásában és a döntésben.

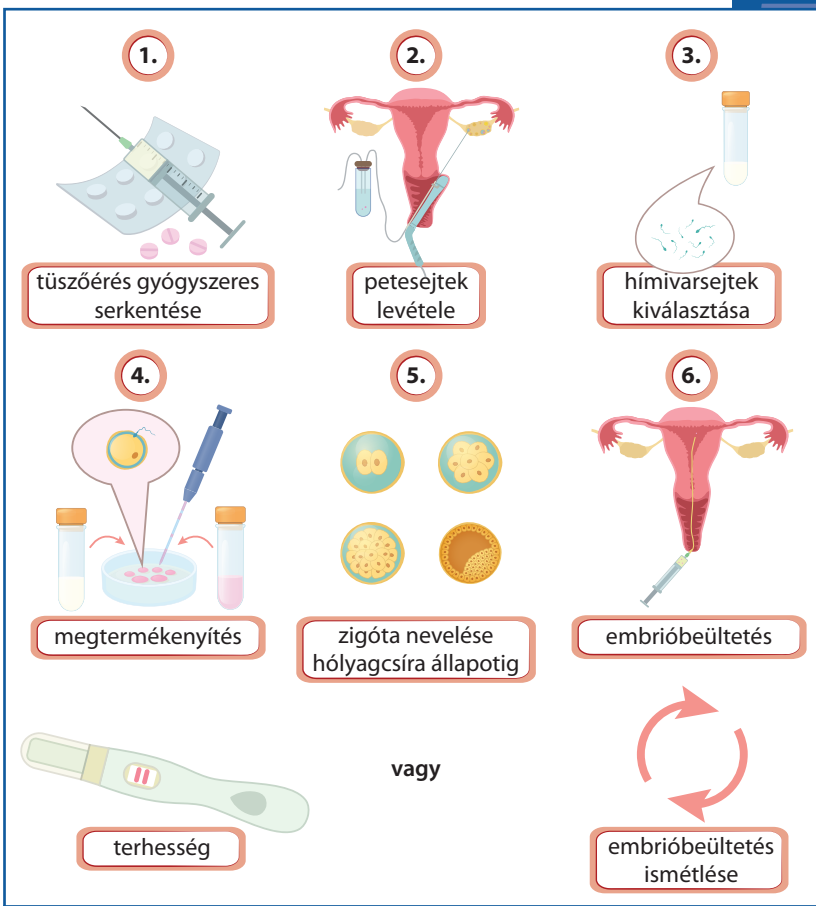
9. Mikropipettára rögzített petesejt megtermékenyítése mikroszkópos felvételen

Nem tervezett nehézségek

A babavárás örömteli időszak, de nem minden esetben könnyű az út odáig. Napjainkban Magyarországon kb. minden hatodik pár esetében adódnak **meddőségi problémák**. Míg korábban a nők voltak inkább érintettek, ma már többségbe kerültek a férfiak meddőségi gondjai. A merevedési nehézségeket nem számítva ennek oka a kevés vagy **nem megfelelő spermiumszám** lehet. Ez akkor is bekövetkezhet, ha a pár túl gyakran él nemi életet, mivel a hímivarsejt-termelés ilyenkor nem képes lépést tartani a „felhasználói" igényekkel. Ha ez nem áll fenn, akkor sok egyéb tényezőt kell megvizsgálni, így pl. lehet fertőzés, spermaürülési zavar, hormonzavar vagy a saját antitestek okozta spermaszámcsökkenés a háttérben. A kivizsgálás és a megfelelő kezelés az esetek többségében segíthet, néha elegendő a táplálkozási tanácsadás vagy a stresszkezelés. Más esetben akár a hereszövetből közvetlenül vett sejtekkel történő mesterséges megtermékenyítés is hozzásegítheti a párt a kívánt gyermekhez.

A meddőségi vizsgálatokat általában mindkét nem esetében elvégzik. A nők esetében a leggyakoribb meddőségi ok a **petevezeték elzáródása**. Ennek esélye az elszenvedett kismedence-gyulladásokkal nő, ezeket a fertőző mikrobák okozzák, de a meghűlés hozzájárulhat ezek elszaporodásához. A petevezeték mechanikus tágítása eredményes lehet a termékenység visszanyerésében. Egy másik ok lehet a méh szövetének a rendellenes megjelenése a méhen kívül. Ez az **endometriózis**, ami fájdalmassága mellett a termékenységre is veszélyt jelent. A hormonális okok miatti meddőség a **peteérés rendellenességére** vezethető vissza. Az LH sárgatestképző hormon és az FSH tüszőérés-serkentő hormon szintjének csökkenését többféle ok is előidézheti, de az LTH tejelválasztást serkentő hormon magasabb szintje is befolyásolja az ovulációt. A gyógyszeres kezelések legtöbb esetben segítenek a hormonális rendszer megfelelő működésének visszaállításában.

Ha a megtermékenyítés természetes úton nem mehet végbe, akkor is lehetséges mindkét szülőtől származó utód fogantatása. Az apai spermával **mesterséges megtermékenyítés** is történhet, vagy a női szervezetbe juttatva (inszemináció), vagy azon kívül, ún. „in vitro fertilizáció" során (9–10. ábra). A köznyelvben „lombikbébi"-programként elhíresült eljárás



10. Az in vitro fertilizációs meddőségi kezelés lépései

során előbb a peteérést serkentő gyógyszereket alkalmaznak, majd a női szervezetből mesterségesen kiemelt petesejteket speciális mikroszkóp alatt termékenyítik meg az apai hímivarsejttel. Siker esetén az embriókat néhány napig megfelelő környezetben nevelik, majd a barázdálódott sejtcsomót visszahelyezik az anya méhébe, ahol beágyazódva természetes módon fejlődhet a születéséig. A hazai egészségügyi rendszerben indokolt esetben ezt a módszert több meddőségi centrumban is elvégzik, évről évre számos családot juttatva a várt gyermekáldáshoz.

A későbbi beültetésre kerülő embriók életképessége mélyfagyasztásos eljárással őrizhető meg. A fagyasztás (vitrifikáció) az 5. vagy 6. napon, hólyagcsíra (blasztociszta) állapotban történik. Az embriókat fagyvédő oldatban kezelik, ezután folyékony nitrogénba merítik. A lehűtés sebessége olyan gyors, hogy a sejtek víztartalma nem képes tűs jégkristályokká alakulni, így a felolvasztást követően is életképesek maradnak.

Még nem, már nem…

A tudatos gyermekvállalás, a családtervezés igénye az ember tudati fejlődésével együtt jelenhetett meg. Az emberi szexualitás kettős funkcióval rendelkezik, az utódnemzés mellett a párkapcsolat fennmaradását (ezzel az utódgondozást) is szolgálja. E két funkció elválasztását teszik lehetővé a fogamzásgátlás módszerei és eszközei.

A nem kívánt terhesség elkerülése a fogamzásgátlás megbízhatóságától függ. A rendelkezésre álló módszereket a terhességi vagy **Pearl-index** teszi összehasonlíthatóvá, amely %-os valószínűséggel megadja, hogy az adott módon védekező 100 pár közül egy év alatt hány esetében sikertelen a védekezés, és jön létre mégis a terhesség. A biztonság tehát a kisebb számok esetében magasabb.

A teherbe esés elkerülésére természetes módon is van lehetőség. A **naptármódszer** azon alapszik, hogy a petesejt kilökődése a menstruációs ciklus közepén (14. nap) történik, ezt követően 3–4 napig termékenyíthető meg. Ebben az időszakban és ovulációt megelőző néhány napban kerülendő a nemi élet. Hőmérsékletméréssel pontosabban megállapítható a peteérés időpontja, ami növelné a biztonságot, de ezt rendszeresen végezni nehézkes (index: ~10–20).

A másik természetes lehetőség a **megszakított közösülés**, ami bizonytalansága ellenére régebben jóval gyakoribb módszer volt. Lényege, hogy a közelgő ejakulációt érzékelve a férfinak ki kell emelnie a hímvesszőjét a hüvelyből, így a hímivarsejtek nem kapnak esélyt a megtermékenyítésre. Ezekben a pillanatokban azonban nehezebb megfontolt döntést hozni, a túlságos késleltetéssel mégis kerülhetnek spermiumok a hüvelybe, pl. az ún. előváladékkal (index: ~30).

11. Szempontok az óvszer biztonságos használatához

A legismertebb és talán a legősibb fogamzásgátló eszköz a hímvesszőre felhelyezhető **gumióvszer**, amely ma vékony természetes gumiból készül, de erre a célra régebbi korokban a juhbél is megfelelt. Előnye, hogy viszonylag egyszerű a használata, ma már könnyen beszerezhető, és **védelmet nyújt a nemi úton terjedő fertőzések ellen is** (11. ábra). Hátránya a biztonsági aggályokon túl, hogy valamennyire csökkentheti az ingerek érzékelését (index: ~5–15).

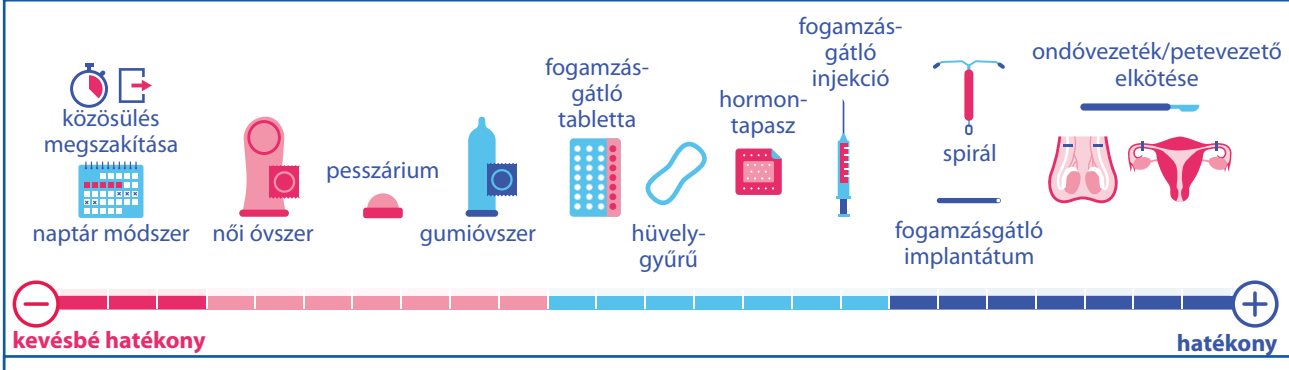
A nők is alkalmazhatnak mechanikus fogamzásgátló eszközöket, a legegyszerűbb a **pesszárium**, ami a hüvelybe helyezve elzárja a méhszájat az oda igyekvő spermiumok elől (index: ~10–15). Ennél bonyolultabb a **spirál**, amit szakorvos helyezhet be a méhbe, ahol fém- vagy hormontartalma megakadályozza a megtermékenyített petesejt beágyazódását, ezzel a terhességet. Hatása megbízható és több évig tarthat, általában a gyermeket már nem tervező nők számára ajánlott (index: ~0,1–1).

A kémiai alapú módszerek legegyszerűbb esetben valamilyen **spermaölő** hatású anyag alkalmazását jelentik, amelyek gátolják a spermiumok mozgását, és el is zárhatják az útjukat. Különféle formában, önmagukban és a mechanikai módszereket kiegészítve is alkalmazhatók (index: ~20–30).

Ma már a **hormonális módszerek** jelentik a legkorszerűbb, kényelmes és megbízható fogamzásgátlást. Elterjedésük a 20. század második felében vált tömegessé, de kezdetben még jelentős mellékhatásokkal kellett számolni pl. a túl magas hatóanyag-tartalom miatt. A szájon át szedhető **fogamzásgátló tabletták** ösztrogén- és progeszteronhormon-tartalma gátolja a tüszőérést. A forgalomban lévő különféle szerek és az egyéni hatások miatt szedésük **szakorvosi ellenőrzéssel történhet**. Ma a lányok első menstruációja 11–13 éves korban történik, a következő néhány évben rendszerint be is áll a szabályos hormonális ciklus. Ezután már nincs akadálya a hormonális fogamzásgátlók alkalmazásának, mellékhatásokra sem kell számítani. A rendszeres tablettaszedés, illetve az ennek elmulasztásával járó aggodalmak elkerülhetők a hormontartalmú **hüvelygyűrű** alkalmazásával. További előnye, hogy a közvetlen felszívódás miatt kevesebb hatóanyagra van szükség a hatás eléréséhez.

A hormonális fogamzásgátlás **hatásmechanizmusa** a hipotalamusz–agyalapi mirigy–petefészek tengely visszacsatolási rendszerén keresztül érvényesül, **alapja a negatív visszacsatolás elősegítése, a pozitív visszacsatolás gátlása** (pl. a keringő ösztrogénszint csökkentésével). A tabletta (kombinált ösztrogén-progesztogén vagy progesztogén) hatására a GnRH, az FSH és az LH gátlása történik meg, ezért gátolt a tüsző érése, nem történik ovuláció, vagy az esetleges hólyagcsíra nem tud beágyazódni illetve a méhnyaknyák állaga miatt a hímivarsejtek nem jutnak fel.

A védekezés nélküli együttlét vagy a bizonytalan védekezés esetén lehetőség van a sürgősségi jellegű, **esemény utáni tabletta** alkalmazására. Mivel ez nagyobb adag progeszteront tartalmaz, csak ambuláns vagy háziorvosi ellátásban szerezhető be. Hatásának időtartama az együttlétet követő 3–5 nap (index: megfelelő használat mellett akár ~ 0,1–0,3).



12. A különféle fogamzásgátló módszerek és hatékonyságuk

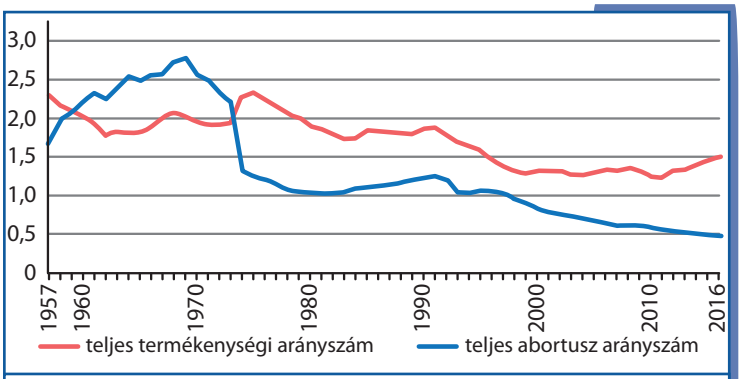
A gumi óvszert kivéve a legtöbb fogamzásgátlási eljárás a nőknek áll rendelkezésére. A **végleges** megoldás esetében kiegyenlített a helyzet, akár a férfiak is választhatják ezt a **műtéti eljárást**. Esetükben annyival is egyszerűbb a beavatkozás, hogy az ondóvezeték elkötése és átmetszése a herezacskó bőrén keresztül is lehetséges. A nők petevezetéke rejtettebb, de a hasfalon át (esetleg császármetszés alkalmával) hozzáférhető és véglegesen elzárható. Tudatos választást igényel, mivel a meddővé tétel ezekben az esetekben nem visszafordítható (index: nők esetében 0,2–1, férfiakban 0).

Keress információt! Értékelj!

- **Keress adatokat a hormonális fogamzásgátló készítmények előnyeiről és hátrányairól!**
- **Keress tanácsadó weboldalakat, és értékeld ezek érthetőségét, tudományosságát!**

A terhesség megszakítása

A legtöbb terhesség a baba megszületésével sikeresen zárul. Néha azonban a 20. hét előtt (vagy 500 g testsúly alatt) megszakad a magzati fejlődés, amit **spontán vetélésnek** neveznek. Gyakran még a fogamzást követően, a menstruációs vérzés idején megtörténik, ilyenkor a vetélés szinte észrevehetetlen. Az okok nem mindig felderíthetők; lehetnek kromoszóma-rendellenességek, hormonális problémák, vírusfertőzések vagy az anya nem megfelelő életmódja (pl. túlzott stressz, alultápláltság, alkohol-, drogfogyasztás).



13. A fogamzásgátló eljárások terjedésével az abortuszok száma folyamatosan csökken. A legrosszabb években több magzatelhajtás történt, mint szülés

A terhesség műtéttel is megszakítható, ez a **művi vetélés** vagy **abortusz**. Alkalmazását törvények szabályozzák. Biológiai szempontból a petesejt és a hímivarsejt egyesülésével már adott az új egyed genetikai állománya, egyedisége. Az önálló életre képtelen magzat személyiségi jogokkal ugyan nem rendelkezik, de az anya joga is korlátozott a művi abortusz alkalmazásában. Az államok különféle szabályozásokat alkalmaznak, ezek többféle körülmény fennállását vizsgálhatják, pl.:

– a nő egészségét súlyosan veszélyeztető ok,
– a magzat valószínűsíthető súlyos fogyatékossága vagy károsodása,
– a terhesség bűncselekmény következménye,
– az állapotos nő súlyos válsághelyzete.

A beavatkozás előtti tájékoztatás kiterjed a műtéti kockázatokra is, ami a mechanikai behatások miatti méhkárosodás, fertőzés, vagy akár meddőség is lehet. A magzati élet elvétele mégis inkább etikai kérdés, ezért mindent meg kell tenni, hogy megfelelő felvilágosítással és a tudatos családtervezés módszereinek hozzáférhetővé tételével minél kevesebb esetben kerüljön sor abortuszra (13. ábra).

Alkoss véleményt!

Az abortusz nem csak testi értelemben, hanem lelkileg is nagyon megterhelő lehet.

– Alkoss véleményt az abortusz lelki oldaláról! (Gyász oldása, férfiak szerepe a döntésben, bűntudat, poszt abortusz szindróma, társadalmi elfogadottság-elutasítottság, megbélyegzés stb...)

– Gondolataidat foglald össze néhány mondatban!

- **Az emberi szexualitást a génjeinkben kódolt nemi ösztönök alapozzák meg, de erre a társadalmi és kulturális környezet által kialakított, a történelem során változó szokás- és szabályrendszer épült rá.**
- **A párkapcsolatok során működő hormonális változások szerepet játszanak a szerelem, az összetartozás és a szeretet érzésének kialakításában.**
- **Az emberi szexualitás kettős biológiai funkcióval rendelkezik, az utódok létrehozásán túl a felnevelésüket is segíti, hozzájárul a szülőpárok, a család együtt maradásához, az egyéni élet teljességéhez.**
- **A tudatos családtervezés, a születésszabályozás eszközeinek és módszereinek alkalmazása nemcsak a nem kívánt terhesség megelőzését szolgálhatja, hanem az ideális fogamzást is segítheti.**
- **A születésszabályozás korszerű eszközeinek alkalmazásával elkerülhető a művi terhességmegszakítás egészséget is veszélyeztető, etikailag is kifogásolható alkalmazása.**

19. Összefoglalás

20. Az ember egyedfejlődése

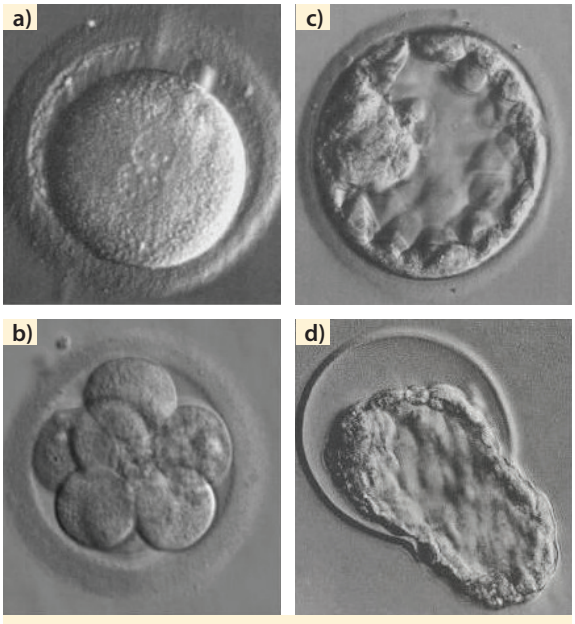
1. Milyen folyamatok történnek a megtermékenyített petesejt további fejlődésének első napjaiban?
2. Hogyan alakul ki az anyagi szervezet és a magzat kapcsolata, mi jellemzi a magzat méhen belüli fejlődését?
3. Hogyan jön világra az újszülött?
4. Melyek az emberi életút főbb szakaszai, milyen biológiai és pszichés változások jellemzik ezeket?

Embrionális fejlődés

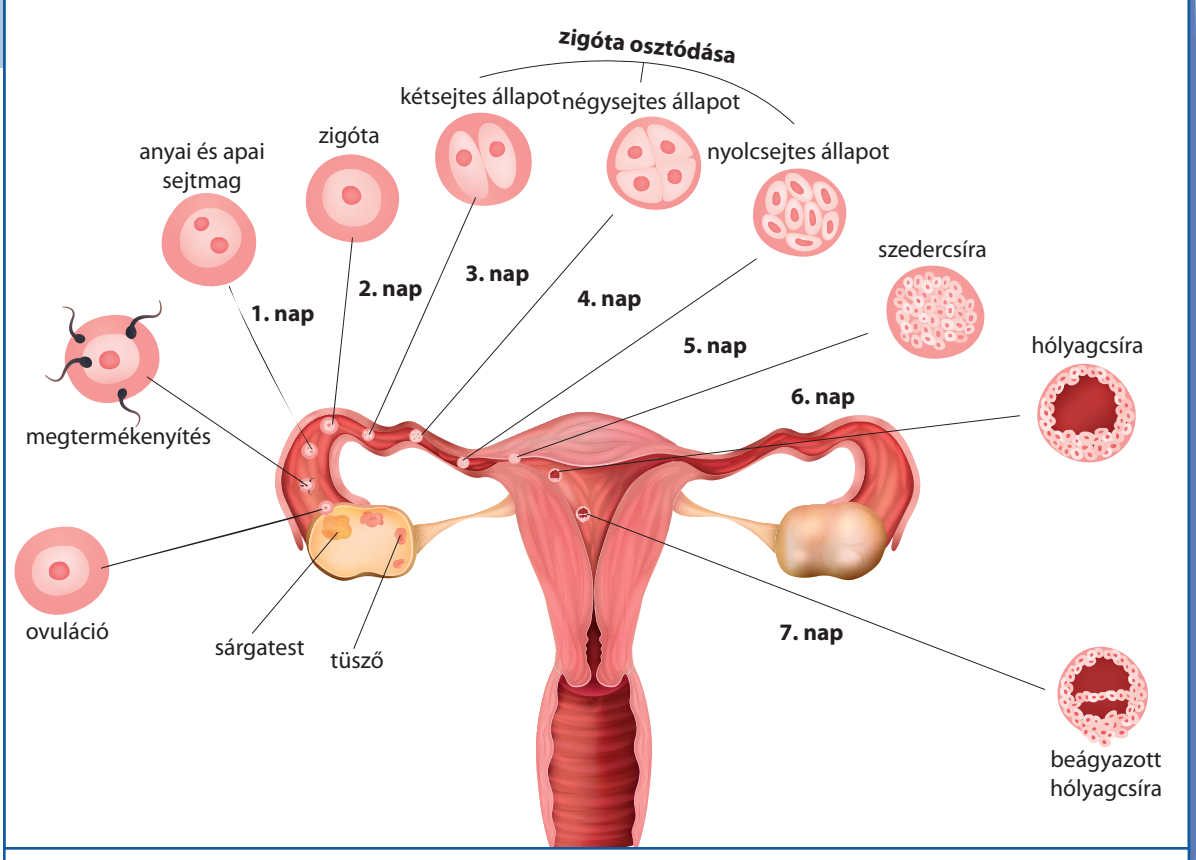
Út az anyaméhbe

A megtermékenyítést követő első héten a **zigótából** kiinduló fejlődés még a méhen kívül, a petesejtet körülvevő, szénhidrátokban gazdag burkon belül megy végbe. Az **embriót** a petevezeték perisztaltikus mozgása és a nyálkahártyájában lévő csillós hámsejtek keltette folyadékáramlás sodorja a méh irányába. A mitotikus osztódások kb. egynapos időközönként következnek be, így 2, 4, 8 sejt jön létre. Ekkor az addig lazább, szederszerű állapotból a sejtcsomó az összetapadást segítő (kadherin) molekulák hatására kompaktabbá válik. Ezután előbb a **szedercsíra** (16–32 sejt), majd további differenciálódással a **hólyagcsíra** (70–130 sejt) állapot alakul ki. Ezt a külső sejtrétegen át történő Na^+-, illetve vízbeáramlás segíti, végül egy egységes belső üreg (*blasztocöl*) jön létre. A külső, határoló sejtek később a magzatburok, a belül maradó néhány sejt az **embrió** kialakításáért lesz felelős. Útjának végére érve a „szabadúszó” embrió kibújik a peteburokból, és beágyazódik a méh nyálkahártyájába (1. ábra).

Ehhez az anyaméh és az embrió közötti kölcsönhatásra van szükség, amelyben közvetett szerepet játszik az ösztrogén hormon is. A **hCG** (human chorion gonadotropin)



1. A barázdálódás folyamata:
a) zigóta (két sejtmagvas állapot); b) szedercsíra (8 sejtes állapot); c) hólyagcsíra; d) a hólyagcsíra kibújása a peteburokból



2. A peteérés és a megtermékenyítést követő embrionális fejlődés első napjainak folyamata

hormont, amely még a beágyazódás előtt elkezd termelődni, a petefészekben a petefészekben megakadályozza a terhesség fennmaradásához nélkülözhetetlen sárgatest elsorvadását. A terhességi tesztek ennek a hormonnak a kimutatásán alapulnak (2. ábra).

Embrionális őssejtek

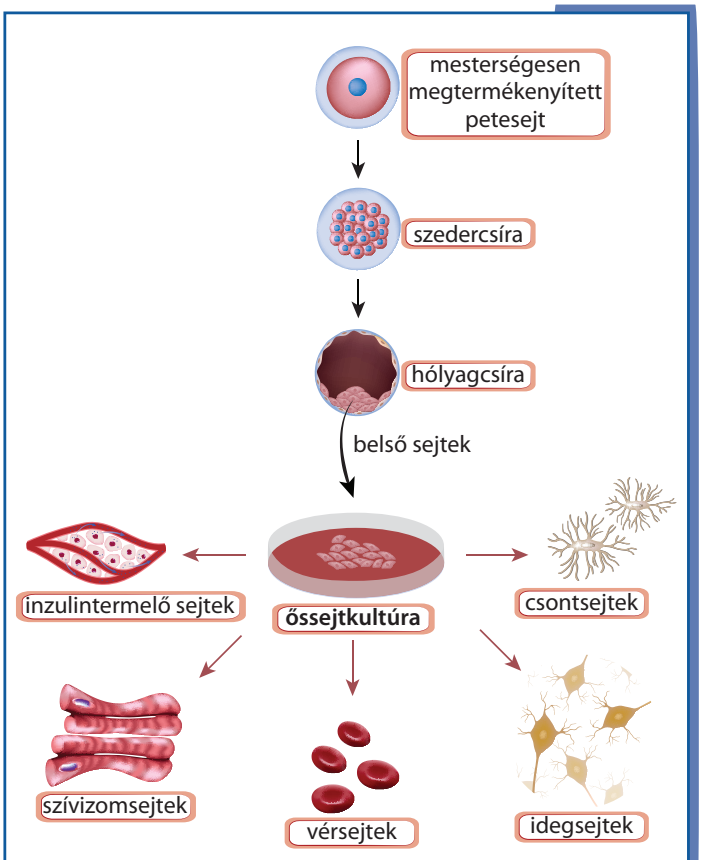
Az őssejtek az utóbbi évek, évtizedek biológiai kutatásának célpontjai. Maga az őssejt fogalom többféle sejttípust jelent, amelyek közös jellemzője az osztódás és differenciálódás képessége, de emellett másféle képességekkel jellemezhetők.

A teljes szervezet, valamennyi sejttípus létrehozására csak a megtermékenyített petesejt képes, ezért **totipotens** őssejtnek nevezhető.

A fejlődő embrió sejtjei **pluripotens** őssejtek, vagyis olyan differenciálatlan sejtek, melyek képesek mindhárom csíralemez kialakítására és ivarsejtek képzésére, de nem képesek extraembrionális szövetek létrehozására.

A szöveteket kialakító **multipotens** őssejtek csak bizonyos típusú sejtek, szövetek kialakítására képesek.

Korábban az őssejtkísérletekhez embriókból származó mintákat is felhasználtak, ami az orvostudományi kutatások esetében etikai és törvényi akadályokba ütközött. Ma már lehetőség van a differenciálódás **visszaprogramozására,** ezzel embrionális őssejtek is előállíthatók, megnyitva a további kísérletek lehetőségét (3. ábra).



3. Embrionális őssejtek kinyerése és felhasználása

Nézz utána!

A 2012-es orvosi Nobel-díjat a sejtek újraprogramozásának kutatásában elért eredményeiért kapta két kutató.

– Kik voltak a díjazottak, és miben különbözött az általuk alkalmazott kétféle eljárás?

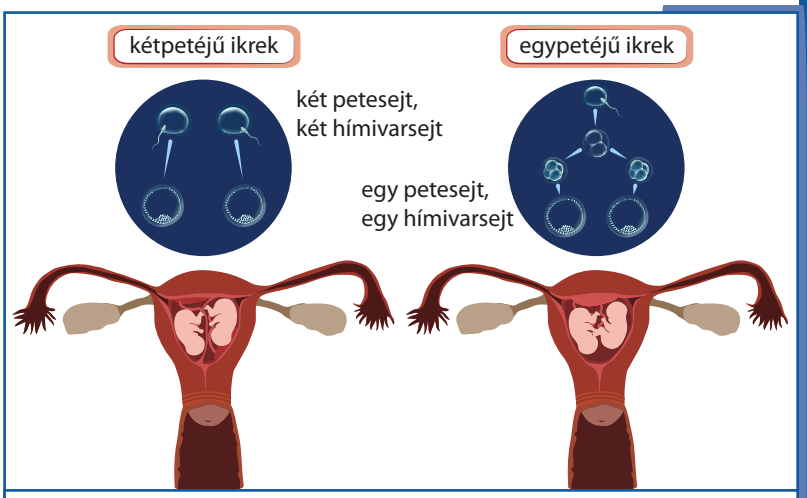
– Hogyan függ össze ez az eljárás a klónozással?

– Hogyan fogadta az európai közvélemény a klónozott állatok élelmiszeripari felhasználásának ötletét?

Lehet egy picivel több?

Korábban a szülések meglepő fordulata volt, ha az első baba születése után még egy pici jött világra. A magzati diagnosztika fejlődése, főként az ultrahangos vizsgálatok ma már időben jelzik az ikerterhességet. Ez akkor történhet meg, amikor több petesejt érik meg, amelyeket külön hímivarsejtek termékenyítenek meg. Ekkor születnek a **többpetéjű ikrek**, kettő, három (vagy jóval ritkábban négy, öt). Ők a méhen belül külön magzatburok és méhlepény segítségével fejlődnek.

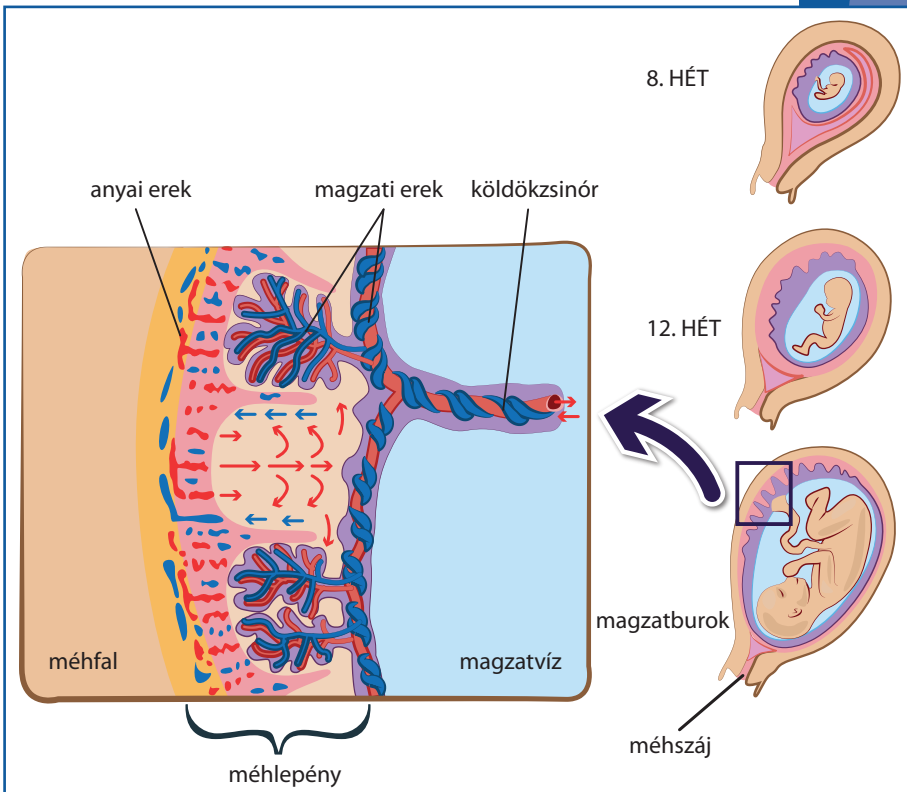
Az is megtörténhet, hogy egy petesejt termékenyül meg, amely az embrionális fejlődési szakaszban különül el két, azonos genetikai állományú, **egypetéjű ikerre**. Ők egy magzatburokban általában egy méhlepényen osztoznak (4. ábra).



4. Egypetéjű és kétpetéjű ikerterhesség kialakulása

Méhen belüli fejlődés

A beágyazódást követően az embrió körül két magzatburok alakul ki. A külső magzatburok egy része a méhnyálkahártyával összenő, és közösen létrehozzák a méhfalon tapadó **méhlepényt** (5. ábra). Ebbe az embrió irányából a kialakuló köldökzsinórban futó erek nőnek, a méhfal irányából pedig az anyai erek hatolnak bele. A magzati és az anyai vér nem keveredik, de közöttük **anyagátadás** zajlik: az embrió vérébe oxigén és tápanyagok jutnak az anyai keringésből, ezzel ellentétes irányban pedig a magzatban képződő szén-dioxid és bomlástermékek átadása folyik. A belső magzatburok termeli a magzatvíz nagy részét, amely védi az a magzatot, továbbá mozgási lehetőséget biztosít számára. A méhlepényben az anyai vér az artériákból tág üregű véröb-



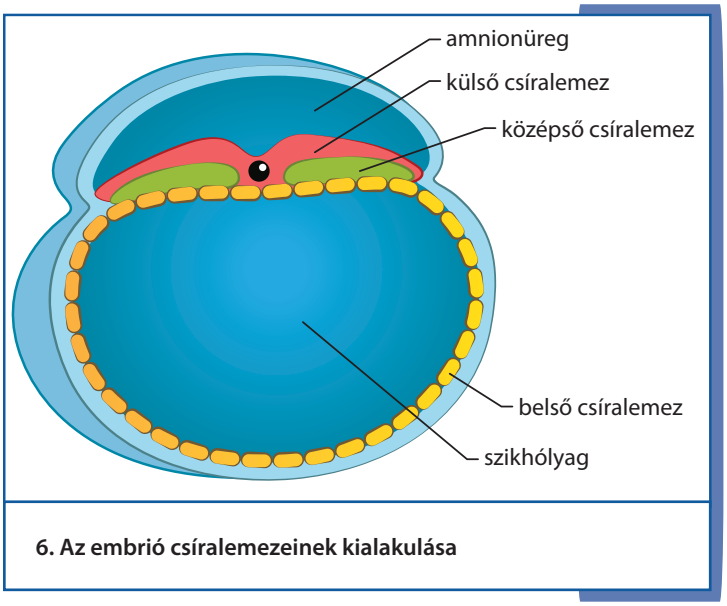
5. A magzat elhelyezkedése és a méhlepény kialakulása

lökbe kerül. Ezekbe a véröblökbe magzati kapillárisok hálózatát tartalmazó nyúlványok, ún. bolyhok nyúlnak bele. Így az anyai vér nagy felületen veszi körül a magzati ereket, ami hatékony anyagkicserélődést tesz lehetővé. A bolyhok és a kapillárisok hámszövete féligáteresztő hártyaként működik, a legtöbb makromolekula számára átjárhatatlan. Ez azért fontos, mert **az anya és az utód szervezete immunológiai szempontból egymás számára idegen**. Fontos azonban, hogy az anyai vérből **antitestek** jutnak át a magzatba, ezek biztosítják a születés után az újszülött védelmét a környezetben található kórokozókkal szemben. Az **anya életmódja** mégis hatással lehet a magzatra, mivel a méhlepényen átjuthat az alkohol, a nikotin, a drogok, egyes gyógyszerek vagy vírusok is.

Az első két hónap viharos fejlődése során már kialakulnak az embrió szervei, dobogni kezd a szíve, láthatóvá válnak a végtagok kezdeményei, testhosszúsága eléri a 2,5 centimétert. A következő hónapokban a **magzati fejlődés** lassabb, érlelődő szakasza megy végbe.

A 3. hónapban hossza kb. 8 cm-re növekszik, határozott arcvonásokkal rendelkezik, szájmozgásokat mutat.

A 4. hónapban testhossza megduplázódik, mozgása határozottá válik, nemisége felismerhető (7. ábra). Ebben az időszakban az érzékelési képességek is fejlődésnek indulnak, hallja az anyai szívhangot és a külső zajokat, zenét.



6. Az embrió csíralemezeinek kialakulása

7. Négy hónapos magzatról készült 4D-s ultrahangfelvétel

Az első három hét során az embriócsomóban két üreg alakul ki, amelyeket egy vékony sejtréteg, az embriópajzs választ el. Ennek az amnion üreg felé eső rétege a külső, (ektoderma), az alsó, a belső csíralemez (entoderma), a későbbiekben közöttük jelenik meg a középső csíralemez (mezoderma). A csíralemezek tekinthetők az egyes szervrendszerek, szövettípusok őssejtjeinek.

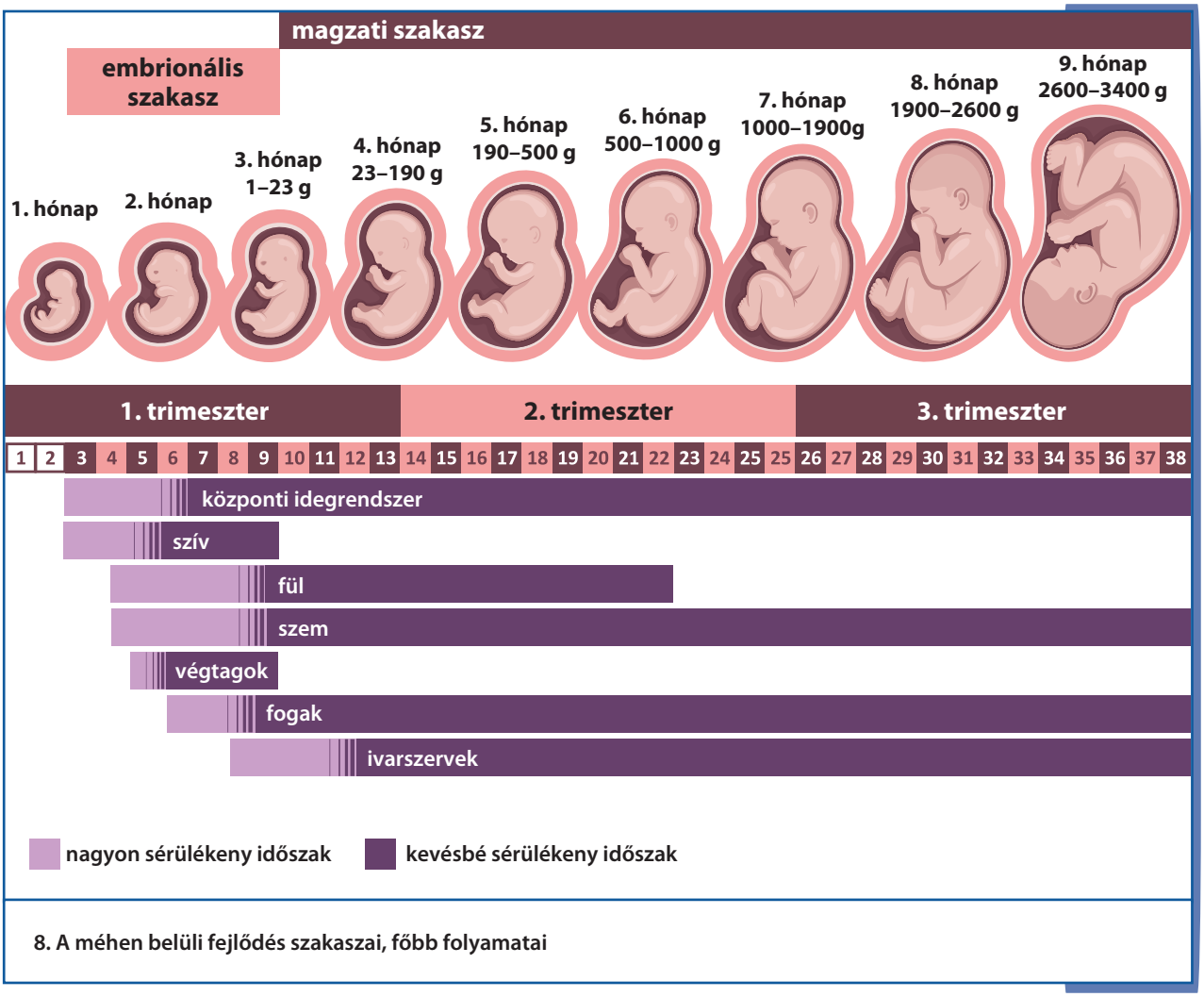
Néhány példa az egyes csíralemezek által képzett szövetekre, szervekre

Külső csíralemezből alakul ki pl.	bőr felső rétege
	szemlencse
	agy- és gerincvelő, idegek
	szaglóhám
	retina
Belső csíralemezből alakul ki pl.	bélcsatorna hámja
	máj, hasnyálmirigy
	légzőszervek hámja
Középső csíralemezből alakul ki pl.	bőr belső rétegei
	gerincoszlop
	vázizomzat
	szív, erek, vérsejtek
	ivarmirigyek

A 6. hónapban testtömege kb. 1 kg-ra nő, hossza 30 cm körüli. Felveszi a jellegzetes magzati testtartást, így helyezkedik el az egyre szűkösebb anyaméhben. A magzatvizet lenyeli és belélegzi, ezzel a tüdő és a légzőizmok fejlődését segíti.

A 7. hónapban lényegében már önálló életre is képes lenne, ha koraszülés történne.

A 8. hónapban történő koraszülések valamiért kedvezőtlenebbek, de inkubátor és egyéb újszülöttgondozási módszerek alkalmazásával ekkor is jók az életesélyek. Koraszülésnek a 28–36. hét között bekövetkezett világrajövetelt tekintik.



8. A méhen belüli fejlődés szakaszai, főbb folyamatai

Az újszülött világrajövetele

Várandósság

A várandósság jeleit felismerve gyógyszertárban beszerezhető gyorsteszt igazolhatja a terhességet. Ezt követően a kismamának a további gyógyszerszedést meg kell beszélnie orvosával, és mindenképpen fel kell hagynia az alkoholfogyasztással, dohányzással. Mind az alkohol, mind a drogok átjutnak a méhlepényen, és nagy hatással vannak a magzatra, károsíthatják a fejlődő idegrendszert. A várandósság testi és lelki változással is jár, a kismamák könnyebben fáradnak, lelkiállapotuk ingadozóbb, hajlamosabbak lehetnek a kedvetlenségre. Az első hónapokban az

étkezési szokások változhatnak (kívánósság), és hányinger is jelentkezhet. A táplálkozásban arra fontos ügyelni, hogy a magzat vérképzéséhez az anya tápláléka elegendő mennyiségben tartalmazzon **vasat**, a csontozat növekedéséhez pedig **kalciumot.** Ezek hiányában az anya vérszegénnyé válik, és fogai romlásnak indulnak. Bizonyos fejlődési rendellenességek elkerülésére ajánlott valamilyen, **folsavat** is tartalmazó „terhességi vitamin" rendszeres szedése. A terhesség közepe táján a magzat, illetve a magzatvíz mennyiségének növekedése miatt a testtömeg is nő, ennek mértékére azonban figyelni kell, mivel az ilyenkor megszerzett túlsúlyt a szülés után nehezebb leadni. A bőr tágulásával megjelenhetnek terhességi csíkok (striák) is, ennek oka a bőr alatti kötőszöveti rostok megnyúlása, ami (mértékétől és egyéni adottságoktól függően) a szülést követően visszarendeződhet. A méh méretének változása miatt a hasüregi nyomás is fokozódik, nehezítve a vér visszaáramlását a szív felé. Ennek következtében a vénákban nő a vérnyomás, ami (főleg a lábakban) vizenyő és visszértágulatok kialakulásához vezethet. Ez változatos mozgással, pihenéssel, a tartós álldogálás kerülésével, szükség esetén kompressziós harisnya viselésével megelőzhető.

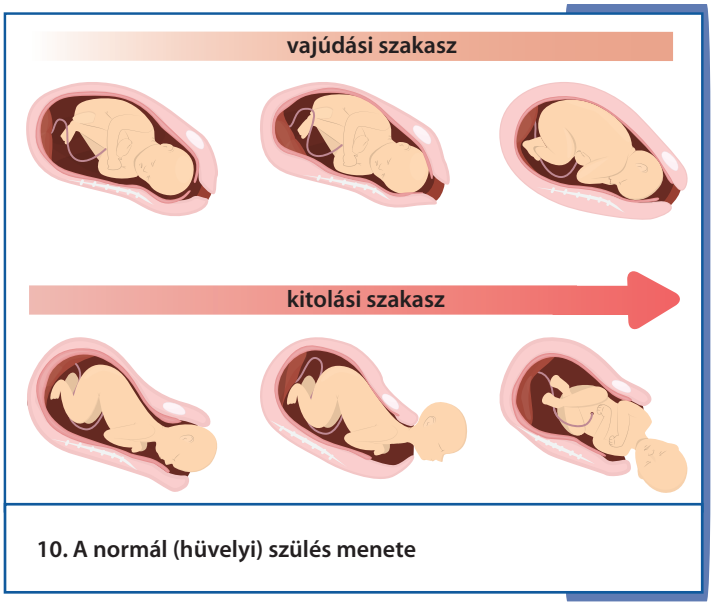
9. A szülésre speciális tornagyakorlatokkal is készülhetnek a várandós nők

A szülés folyamata

A magzati fejlődés utolsó nagy pillanata a **születés**. Ennek időpontját az orvosok az **utolsó menstruáció első napjától számított 280. napra** teszik, de a valóságban ettől többnapos eltérések lehetnek. A szülést megelőző hónapok lelki változásokat is hoznak, a várandós anya egyfajta stresszt is átél, aminek oldásában szerepet játszhat a család, a társas kapcsolatok vagy a megfelelő mozgás és a pihenés. A szülés biológiai folyamata **három szakaszra** tagolódik. Elsőként a méhszáj elsimulása és tágulása következik be. Ezt hívjuk **vajúdásnak** is, mivel a méhösszehúzódásokat fájdalom kíséri, ami a szülő nő környezete számára is nyilvánvalóvá válik. Az első esemény a méhnyakat elzáró nyákdugó távozása, ezt követi a **magzatburok megrepedése** és a **magzatvíz elfolyása**, ami már egyértelmű jele a szülés beindulásának.

Kezdetben a méhösszehúzódást kísérő **szülési fájások** 15–20 percenként jelentkeznek, később a gyakoriságuk és erősségük is megemelkedik. Eközben a méhszáj is tágul, eléri a babafejnek megfelelő kb. 10 cm-es átmérőt. A méh simaizomzatának összehúzódása természetes módon oxitocin nélkül indul meg, de a szülés második szakaszában ez a hormon hullámokban termelődve erős összehúzódásokat vált ki.

A **kitolás** során percenkénti fájások kíséretében előbb a baba feje, majd a válla halad át a szülőcsatornán (10. ábra), míg végül újszülöttként már csak a köldökzsinór kapcsolja össze az édesanyjával. Fontos, a hüvelyi szülés



10. A normál (hüvelyi) szülés menete

mellett szóló körülmény, hogy az addig steril anyaméhben fejlődő magzat a kitolás során találkozik először mikrobákkal. A hüvely jóindulatú mikrobái a szájon át bekerülnek a magzatba, és elindítják az egészséges **mikrobiom** kialakulását.

A szülés befejező szakasza a **méhlepény leválása** és hüvelyen át történő távozása, amit viszonylag erősebb vérzés is kísér.

Az esetleges szövődmények gyors kezelése céljából még kb. 2 óráig a szülőszobában megfigyelik a kismamát és az újszülöttet; ha minden rendben van, akkor kerülhetnek át a gyermekágyi osztályra.

11. Császármetszéssel világra hozott újszülött

12. A császármetszés szükségességének lehetséges okai

Ha a természetes úton történő szülés elakad, vagy már előre látható akadály merül fel, a magzatot az ún. **császármetszés** műtéttel segítik világra (11. ábra). Ennek alkalmazásáról megfelelő indikációk és protokollok alapján döntenek az orvosok (12. ábra). Az édesanya akkor is kérheti a műtétet, ha ilyen okok nem állnak fenn. Az utóbbi években nagyon megemelkedett a tervezett császármetszések aránya (kb. minden harmadik szülés). Tény, hogy az altatásban elvégzett beavat-

Gondold át!

A császármetszés életmentő lehet olyan esetekben, amikor a magzat és az anyai szülőcsatorna mérete között viszonylagos „téraránytalanság" van, azaz a túl nagy baba nem képes átjutni a szűkebb medencén. Az emberi evolúció során viszont az újszülöttek fejméretének növekedése figyelhető meg, ami az agyfejlődés velejárója volt.

– Milyen szelekciós hatások hangolták össze a magzat, illetve az anya szervezetének felépítését?

– Milyen evolúciós szintű következményei lehetnek a császármetszés elterjedésének?

– Keress adatokat, kutatásokat erről a problémáról!

kozás fájdalommentes, és a babát sem éri olyan mértékű fizikai behatás, mint a hüvelyi szülés esetében, de számos kockázatot is figyelembe kell venni. A műtét a hasfal és a méh átmetszésével jár, eközben fennáll a fertőződés kockázata, de a szövetek regenerációja sem állítja vissza teljesen a méh korábbi állapotát. Az anyának hosszabb ideig kell kórházban tartózkodni, ami nehezítheti az első napoknak a babával és a családdal való eltöltését.

13. Egy apás szülés örömteli pillanatai

A szülés módja

A 19. század végi Magyarországon orvosok alig vezettek szülést (2-3%), leggyakrabban bábák segítették az otthoni környezetben történő szüléseket. A koraszülések és más komplikációk miatt magas volt a csecsemőhalandóság és az anyák elhalálozása (a gyermekágyi lázról az I. fejezetben volt szó A Semmelweis-reflex címmel). A 20. század második felétől vált általánossá a kórházban történő szülés, amihez szülész–nőgyógyász végzettségű szakorvosokra és szülésznőkre volt szükség. A szülés körülményeit és a beavatkozások javallatait szigorú előírások (protokollok) foglalták keretbe. Egyre elterjedtebb az **apás szülés**(13. ábra), vagy a vajúdás során a különféle testhelyzetek szabadabb alkalmazása (pl. szülőszék, vízben szülés). A születést követő első óráknak fontos szerepe van az anya és az újszülött közötti testi és lelki kapcsolat kialakulása szempontjából is. Az összetartozás érzését erősítheti a közvetlen testi kontaktus, pl. ha a babát az anya hasára fektetik. Az apa jelenléte mind a szülés során, mind az azt követő órákban támogató lehet az anya számára, és elősegíti a családba érkező gyermek érzelmi befogadását.

Értékelj! Érvelj!

A kórházban történő szülés mellett mindenekelőtt az élet védelme, a biztonság szól. Az alternatívaként állított otthon szülés a személyesség, a családiasság érzését biztosíthatja. A törvényi szabályozás (2011) az anya döntésévé teszi ennek választását, az alábbi feltételekkel:

- **szövődménymentes terhesség,**
- **az otthon szülés választásakor betöltött 18. életév,**
- **első szülés esetén a várandós az otthon szülés választásakor a 40. életévét nem töltötte be,**
- **a terhességi kor a betöltött 37. és 41. hét között van,**
- **a magzat koponyavégű fekvésű,**
- **a háttérkórháznak 20 percen belül elérhető távolságra kell lennie.**

– Értékeld a kórházban, illetve az otthon szülés melletti/elleni érveket, fogalmazz meg saját véleményt a kérdésben!

– Fogalmazz meg indoklást, hogy miért szükségesek a kötelező feltételek!

– Gondolataidat foglald össze néhány mondatban!

Az emberi életút

Újszülött

A születés utáni első életszakasz kb. **10 napos korig tart**. Az újszülöttnek alkalmazkodnia kell a rendkívüli mértékben megváltozott külső körülményekhez. Anyagcseréje, szívverése élénk, légzése még nem teljesen szabályos. Hőszabályozása fejletlen, ezért melegen kell tartani. Sokat alszik, szinte csak a szoptatás idején ébred fel. Születési súlyához képest valamelyest csökken a testsúlya.

A **szoptatás** a testi kapcsolat, a tapintás és az illatok révén is erősíti az anya-gyermek kapcsolatot. Az újszülött és az apa közötti testi és lelki kapcsolat ezekben a napokban is nagyon fontos, az apai gondoskodás pillanatai tovább erősítik a családi köteléket (14. ábra).

14. Néhány napos újszülött

Kutass!

Az autofágia vizsgálatában elért eredményéért 2016-ban kapott orvosi Nobel-díjat egy japán kutató.

– Foglald össze néhány mondatban az autofágia biológiai hátterét és jelentőségét!

– Keress tudományos, de a lényeget érthetően leíró információkat a kutatással kapcsolatban!

– Nézz utána, milyen egyéb biológiai tényezők befolyásolják az öregedési folyamatokat!

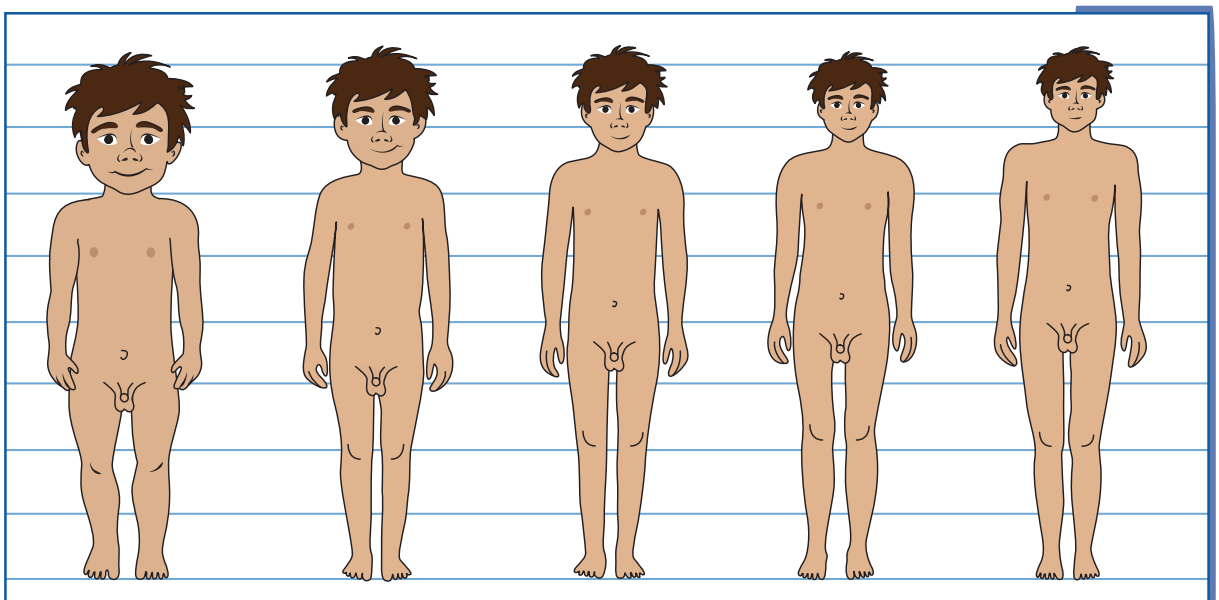
Csecsemő

Ez az időszak az **első életév végéig tart**, ilyenkor a leggyorsabb a csecsemő növekedése és fejlődése. A mozgása egyre irányítottabb, tárgyakat fog, hasra fordul, felül, mászik, tanulja a járást. Arcfelismerése és kommunikációja is fejlődik, mosolyog, nevet. Kezdi megérteni a beszédet, és maga is elkezd gagyogni. Alvásigénye a hónapok előrehaladtával fokozatosan csökken, de még így is eléri a napi 15–20 órát. Ebben az időszakban a lehető legtovább tarthat a szoptatás. Az **anyatej** ideális táplálék az újszülött és a csecsemő számára, összetétele és mennyisége is a gyermek élettani szükségleteinek megfelelően változik (15. ábra). Az anyatej jelentős mennyiségben tartalmaz antitesteket, amelyek a csecsemő bélcsatornájából felszívódva biztosítják a kórokozók elleni védelmét. Ez a **passzív immunizálás** igen fontos, mivel a gyermek immunrendszere csak fokozatosan fejlődik ki a születés után.

15. Csecsemőt szoptató anya

Kisgyermek

1–6 éves kor közötti időszak, ők lehetnek a bölcsődések, óvodások. A fej növekedése elmarad a törzshöz és a végtagokhoz viszonyítva, emiatt a testarányok megváltoznak (16. ábra).



16. A test arányainak változása a növekvő életkorral

A légzés- és pulzusszám valamelyest csökken, de még mindig meghaladja a felnőttekét. Az alvásigény napi 12 órára csökken. 2 éves korig megjelenik az összes **tejfog**, és a korszak végén megindul a **fogváltás** is. Elsőként többnyire a felső metszőfogak cserélődnek maradandó fogakra (17. ábra).

Ez életünk **legfogékonyabb korszaka**, amely a genetikai adottságokon túl döntően meghatározza a későbbi értelmi és érzelmi képességeket, intelligenciát is. A sokféle játék a környezet megismerését, egyéni és társas szerepek gyakorlását szolgálja. A nyelvi környezetnek megfelelően a kisgyermek elsajátítja az anyanyelvét, de akár többnyelvű is lehet. Ingerekben gazdag, támogató környezetben ebben az időszakban érik meg arra, hogy iskolába kerüljön (18. ábra).

17. Tejfogát éppen elvesztő kislány

18. Ugye ügyes vagyok?

Gyermek

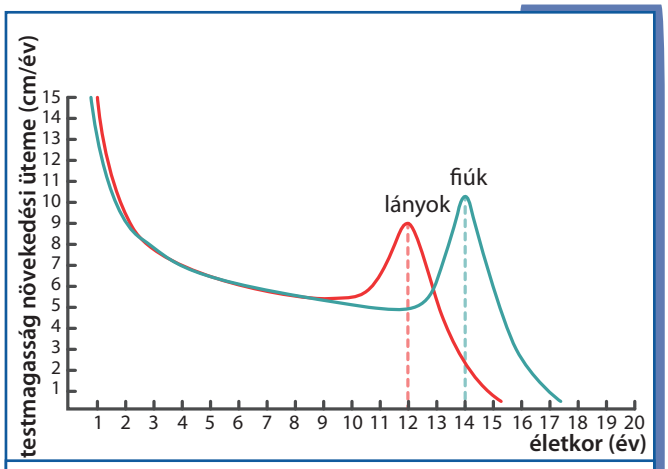
A kölyökkornak is nevezhető időszak az iskolába lépéssel kezdődik, és a serdülésig tart. A lányoknál korábban fejeződik be, mint a fiúknál. A korszak közepétől ismét gyorsul a növekedés üteme, és ezzel együtt nő a szervezet **energiaigénye**. A testtömegre vonatkoztatott energiaszükséglet jóval meghaladja a felnőttekét, tehát nagyon fontos a megfelelő mennyiségű és minőségű, fehérjékben és szénhidrátokban gazdag táplálkozás. A kölyökkort **felfokozott mozgásigény** jellemzi. Az alvással töltött órák száma átlagosan 10 órára csökken. Az iskolában töltött első években felgyorsul a **gondolkodási képességek és az emlékezet fejlődése** (19. ábra). Ebben az alapfokú oktatás minősége mellett nagy szerepe van a családi környezetnek is. Más tényezőkkel együtt ez is hozzájárul a képességfejlődés ütemében mutatkozó különbségeknek.

19. Iskolás gyerekek

Serdülő, kamasz

A **lányoknál 11-12**, a **fiúknál 13-14** éves korban kezdődő időszak, a tinédzserévek. A serdülőkor (pubertás) hozza az ember életében a legviharosabb változásokat. A hormonális szabályozás átalakulásának köszönhetően megkezdődik a **másodlagos nemi jellegek** kifejlődése, a férfias, illetve a nőies testalkat kialakulása. Ezek a testi változások az énképre is hatással vannak, gyakran okoznak türelmetlenséget, elégedetlenséget, vagy akár komolyabb testképzavarokat is.

A testmagasság hirtelen megnövekszik, de ezzel nem tart lépést a mozgásfejlődés, ezért nehezebb a kéz és a láb irányítása. A testi és a szellemi fejlődésben is segítséget jelenthet az alkatilag és pszichésen megfelelő sport választása (20. ábra).

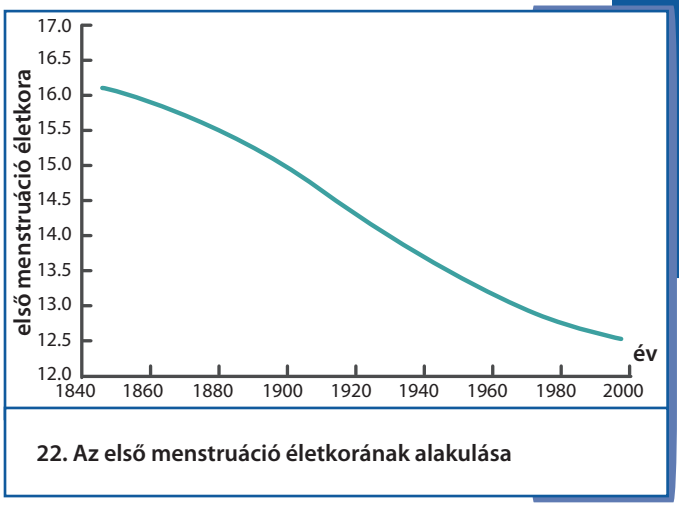


20. A testmagasság növekedésének üteme

A felnőttkor felé átmenetet jelentő kamaszkorban az agy felépítésében és működésében jelentős átalakulás megy végbe, emiatt **viharos a személyiségfejlődés**. Vágynak a szabadságra és az önállóságra, erősödik az öntudatuk. Kritikusan szemlélik környezetüket, kevésbé fogadják el szüleik és a felnőtt társadalom véleményét. Kialakulóban van a fogalmi gondolkodás, igénylik az ok-okozati összefüggések feltárását. Érzelmi életük gyakran kiegyensúlyozatlan, hangulatuk, kedélyállapotuk gyorsan változik. Szorosan kötődnek társaikhoz, és erős az igényük a velük való azonosulásra (21. ábra). Ennek hiánya önértékelési zavarokat, időszakos vagy tartósabb magatartási problémákat okozhat. A kamaszok hajlamosak a szélsőséges magatartásra, a felnőttekkel való szembefordulásra. Éppen ezért ez a kor sok veszélyt is rejt magában, sokan ekkor szoknak rá a dohányzásra, próbálják ki a kábítószert.

Az utóbbi évszázadban a testi fejlődés és növekedés felgyorsulása tapasztalható, ez a jelenség az **akceleráció**. Oka nem pontosan ismert, szerepe lehet benne a jobb táplálkozásnak, az ingerekben gazdagabb szociális és technológiai környezetnek is. Az egymást követő nemzedékek egyre fiatalabb életkorban érik el felnőttkori fejlettségüket és testmagasságukat. A tejfogak hamarabb jelennek meg, és a fogváltás korábban történik. A nemi érés is fiatalabb életkorban kezdődik, mint a szülőknél (22. ábra). Ráadásul a végleges testmagasság is nemzedékről nemzedékre egyre nagyobb (23. ábra). Mindez valószínűleg a javuló életszínvonallal, a jobb, fehérjében gazdagabb táplálkozással függ össze, aminek következtében az életkörülmények egyre kevésbé korlátozzák a genetikai adottságokból adódó fejlődési lehetőségeket. A mérések arra utalnak, hogy az utóbbi években az akceleráció lassul és a testméret sem növekszik tovább.

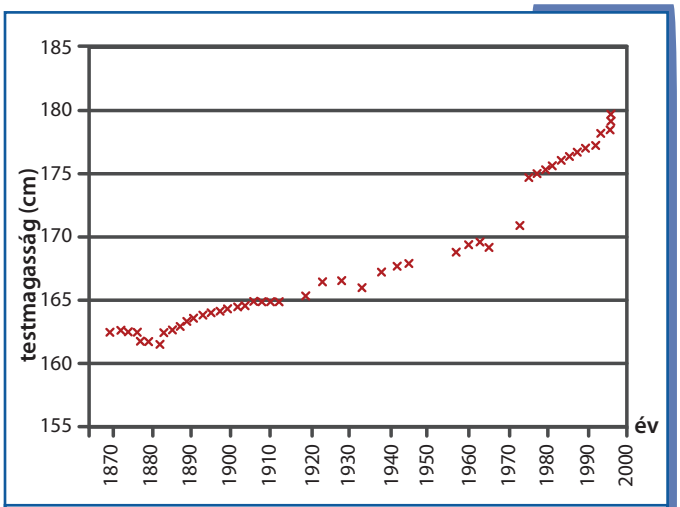
21. Kamaszok kortárs csoportjukban



22. Az első menstruáció életkorának alakulása

Ifjúkor

Az ifjúkor a kamaszkor végétől a 25. életévig tart. Ekkor alakulnak ki a felnőttekre jellemző **végleges testmagasság**, befejeződik a növekedés. A fejlett társadalmakban megfigyelhető egy, az akcelerációval ellentétes irányú folyamat is, a **felnőtté válás későbbre tolódása**. A felsőoktatásban egyre többen és egyre hosszabb ideig vesznek részt a fiatalok, később kapcsolódnak be a munka világába is. Az anyagi önállóság feltételei sem mindig állnak rendelkezésre, ezért sokan a szülői házban maradnak, ahol nehezebb kialakítani valamiféle önálló életmódot. Kitolódik a családalapítás időszaka is, ami egyik tényezője lehet a kevesebb gyermek vállalásának. A felnőtt személyiséggel járó **felelősség és tudatos életvitel** szükséges ahhoz, hogy az ember nemcsak testileg, hanem lelkileg is alkalmassá váljon a családalapításra, gyermeknevelésre.



23. Fiatal felnőtt férfiak testmagasságának változása Magyarországon

Felnőtt

A felnőttkor felső határát ma nehéz megállapítani, korábban a 65. életévig számították. A jelentős egyéni eltérések és az akcelerációs hatások miatt a fejlett társadalmakban az idősebbek közül is sokan egészségesek, aktívak. Részben ehhez is igazodik a nyugdíjkorhatár fokozatos későbbre tolódása. Ebben az időszakban éri el az ember legnagyobb teljesítőképességét, mind fizikai, mind pedig szellemi téren (24. ábra).

A felnőttkor vége felé bekövetkező **hormonális átalakulás** mindkét nemben testi és lelki változásokat is okoz. A fizikai erő és állóképesség hanyatlása rendszeres testmozgással jelentősen lassítható. A szellemi leépülést bizonyos betegségek is okozhatják, de egyáltalán nem törvényszerű: az **aktív szellemi tevékenység** és a **szociális kapcsolatok** ápolása segít megtartani a gondolkodás frissességét.

24. Munkadarabot ellenőrző szakemberek

Idős

Ahogy a felnőttkor határa is elmosódottabb, ma az időseket sem lehet egységes csoportként kezelni. A **65 éven felüliek** között nagyon sokféle fizikai- és mentális állapotú embert találunk. Vannak, akik el sem érik ezt a kort, ebben jelentős a nemek közötti eltérés is. Mások több **krónikus betegséggel** rendelkeznek, ami többé-kevésbé nyomot hagy az életminőségükön. De azok száma is jelentős, akik szellemileg fiatalosak, **aktívan tevékenykednek** és ennek a fizikális alapjai is szilárdak. A különbségek oka részben a **genetikai adottságokban** keresendő, jelentős a társadalmi-, gazdasági környezet és az **egyéni életmód** hatása is. Az idősödő ember számára különösen fontos a szociális kapcsolatok fenntartása, a családon, k**özösségen belüli szerep**, a hovatartozás érzése (25. ábra).

25. Idős pár

Az emberi életkor meghosszabbodása evolúciós fejlemény, annak köszönhető, hogy a csoportok sikerességéhez az idősebbek is hozzájárultak, pl. a gyerekek nevelésével, a munkatapasztalatok és hagyományok átadásával. A modern kor gyors változásai némiképp csökkentették ennek jelentőségét, de a generációk közötti kapcsolatok ma is a családok legfőbb értékei közé tartoznak.

26. Nyolcvan év körüli női arc

Öreg

Az idősödés a **75. életév** tájékán felgyorsul, nagyjából innen számítható az öregkor. A bőrráncosodik, a csontok törékenyebbé válnak, az izmok tömege és ezzel együtt a testi erő csökken. A haj teljesen megőszül, romlik a látás és a hallás, gyengül az ellenálló képesség a kórokozókkal szemben. A bőr vízmegkötő képessége és rugalmassága csökken, ennek következménye a ráncok megjelenése (26. ábra).

A szív is veszít súlyából, és ha érelmeszesedés szűkíti a koszorúereket, akkor teljesítménye csökken. Ez pedig kedvezőtlenül befolyásolja más szervek, különösen a legbőségesebb vérellátású szervek működését: a májat, a vesét és a mozgásszerveket. Emiatt a káros anyagok lebontása és kiválasztása is lassul (27. ábra). A porcok kopása és elmeszesedése a mozgást nehezíti, a bordaporcok elmeszesedése miatt pedig a mellkas rugalmassága csökken, ami a légzést befolyásolja kedvezőtlenül. A hanyatlás lassítható a **tudatos, egészséges táplálkozással**,

27. Öregkorú pár

az észszerű **testedzéssel**. Az érzékszervi problémák közül legzavaróbb a látás és a hallás gyengülése. Az életkor előrehaladtával az emlékezet gyengülését sokáig kompenzálja a **tapasztalat** és a **megfontoltság**. A memóriaromlás rendszeres tanulással, gondolkodtató feladatok, problémák megoldásával jelentősen lassítható.

Elemezz! Alkoss véleményt!

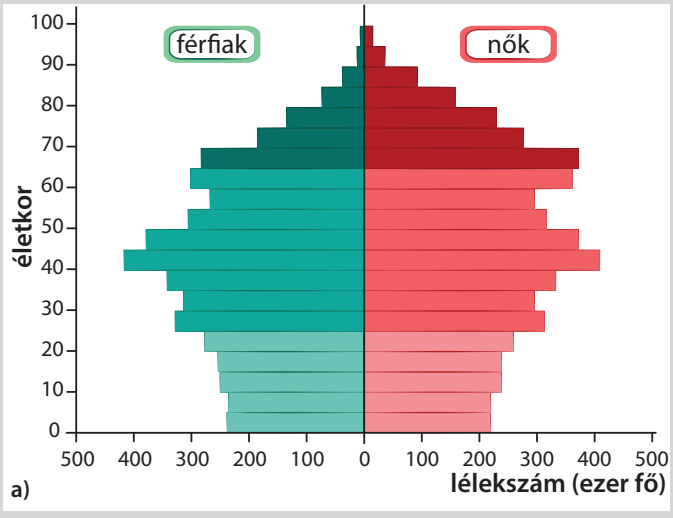
A népesség korösszetételét az ún. korfa segítségével ábrázolhatjuk. Az ábrák Magyarország 2019-es népességét, illetve ennek 2050-re és 2100-ra előrejelzett alakulását mutatja be. A diagrammok elemzése alapján válaszolj a kérdésekre!

a) diagramm:

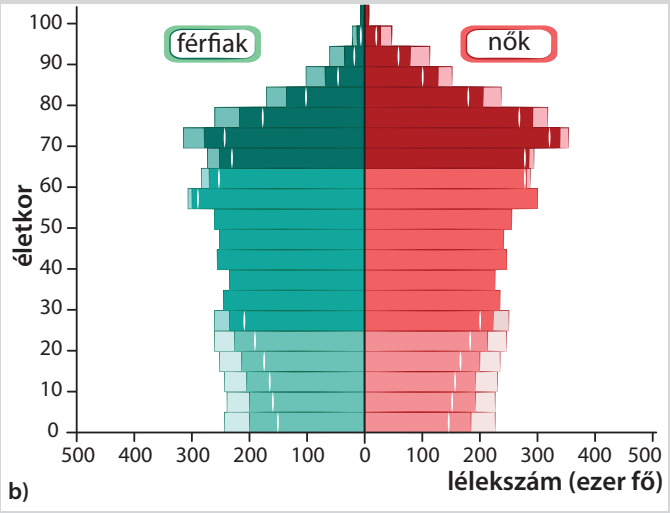
- **Milyen adatokat szerepelnek a vízszintes és a függőleges tengelyeken?**
- **A legfiatalabb korcsoportban melyik nem van létszámfölényben?**
- **Mely életkorban fordul meg a nemek létszáma?**
- **Hogy viszonyult egymáshoz a 80 év feletti nők és férfiak száma 2019-ben?**
- **Nézz utána, hogy mely korcsoportokban és mi okozza a korfa két jellegzetes kiszélesedését!**

b) és c) diagramm:

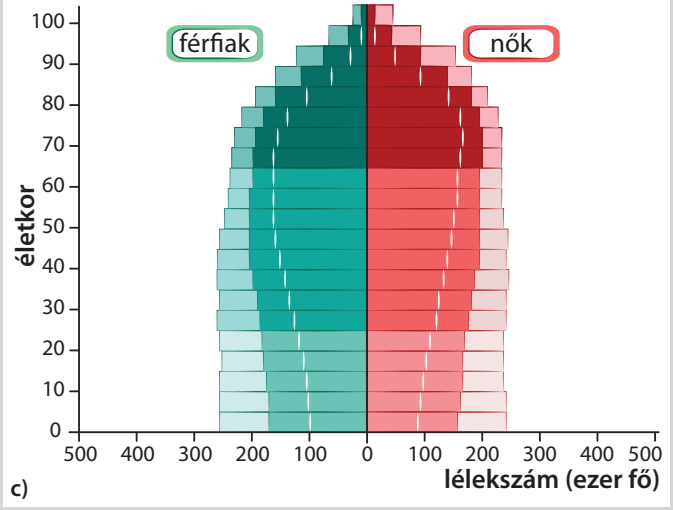
- **A modell szerint hogyan alakul 2050-re a 90 év feletti férfiak és nők száma?**
- **Az előrejelzés szerint hogyan változik a kisgyermekek száma 2100-ig?**
- **Milyen hatások okozhatnának a jövőben a korosztályok között a maihoz hasonló nagy számbeli eltéréseket?**



a)



b)



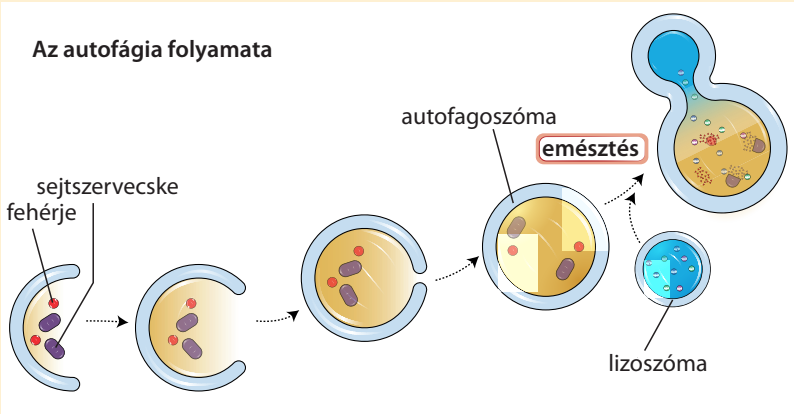
c)

Az élet vége

A **halál** biológiai folyamat, ami az egyes szervek, szövetek esetében nem egyidőben következik be. Ezért sem könnyű a halál beálltának megállapítása, ami minden esetben orvos feladata. A szív megállása után megszűnik a szövetek vérellátása, oxigén hiányában a sejtek pusztulni kezdenek. Elsőként az idegsejtek károsodnak,

ilyen körülmények közt mindössze néhány percig maradnak életképesek. Ebben a néhány percben, a **klinikai halál** állapotában még lehetséges az **újraélesztés**. Előfordul, hogy baleset vagy ún. hirtelen szívhalál miatt az egyébként működőképes szervezetben a szív pumpafunkciója leáll. Ilyenkor az élet-halál kérdését az dönti el, hogy a szívet sikerül-e újraindítani, vagy legalábbis külső szívmasszázzsal (a mellkas rendszeres, szakszerű összenyomásával) és mesterséges lélegeztetéssel a vér keringését és oxigéntartalmát fenntartani addig, míg a szívműködés helyreáll. Ha a vérkeringés nem indul újra, akkor az idegrendszer megfordíthatatlanul károsodik, és ezzel bekövetkezik a **biológiai halál**.

Az időben előrehaladó, nem visszafordítható öregedési folyamat mögött többszintű molekuláris, sejtbiológiai és élettani változások fedezhetők fel. Molekuláink kémiai öregedését pl. oxidációs folyamatok, sugárzások okozhatják. Az öregedés során növekvő sejten belüli károsodások olyan, degeneratív jellegű betegségek megjelenéséhez vezethetnek, mint pl. a rák, a 2-es típusú cukorbetegség, mozgásszervi problémák, vagy az Alzhemer- és a Parkinson kór. A hibás fehérjék esetében ezt ellensúlyozza a lebontásukat végző sejten belüli enzimrendszer. A nagyobb „falatok", akár sejtszervek is a sejtes önemésztés (autofágia) folyamataiban hasznosíthatók újra. A felismeréstől az elhárításig tartó hibajavítás többféle módon történhet, de az életkorral együtt csökken a hatékonysága. A kutatások célja az, hogy az autofágia célzott javításával lassítsák az öregedést, késleltessék vagy megelőzzék az időskori degeneratív betegségeket.



- **A megtermékenyítést követő napokban a sejtek osztódása és differenciálódása kialakítja az embriókezdeményt, amely a petevezetéken át a méhbe vándorol.**
- **Az embriókezdemény a méh falával együtt kialakítja a méhlepényt, ami összekapcsolat az anyai szervezet vérkeringésével.**
- **Az embrió első sejtjei csíralemezeket alkotnak, ezekből indul ki a szövetek és szervek további fejlődése.**
- **A magzati fejlődés időszaka a várandósság, amely az anya élettani működéseit és életmódját is befolyásolja, ebben az időszakban ügyelnie kell a magzatot veszélyeztető tényezők kerülésére.**
- **Az újszülött világrajövetele természetes módon, hüvelyi úton történik, de indokolt esetben műtéti beavatkozásra is sor kerülhet.**
- **Az emberi egyedfejlődést genetikai program szabályozza, amelynek kifejeződésére a környezet és az egyéni életmód döntő hatással van.**
- **Az emberi életút szakaszai jellegzetes testi- és pszichés változásokkal jellemezhetők, de a folyamat időbeli alakulása jelentős egyéni eltéréseket mutathat.**

20. Összefoglalás

EGÉSZSÉGÜGY IV.

21. Orvosi diagnosztika
22. Betegek orvosi ellátása
23. Fertőző betegségek és népbetegségek
24. Elsősegélynyújtás

21. Orvosi diagnosztika

1. **Miért végeznek az orvosok különböző vizsgálatokat?**
2. **Mely eszközökkel mérik fel az orvosok egészségi állapotunkat?**
3. **Mely tényezők alapján dönti el az orvos, hogy melyik vizsgálatot végezze/végeztesse el?**

Mi az orvosi diagnosztika?

Az orvosi diagnosztika az orvos által végzett eljárásrend, amely során feltárja a panaszunk okát, tisztázza az állapotunkat, és igazolja vagy kizárja a betegség fennállását. Ennek során az orvos a következő lépéseket végzi el:

1. **Felveszi a kórtörténetünket** (anamnézis): kikérdez minket az aktuális panaszainkról, megnézi az Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Térben (EESZT) nyilvántartott adatainkat, az e-kórelőzményünket.
2. **Vizsgálatot végez** rajtunk érzékszerveivel és pár egyszerű eszközzel (pl. pulzus, vérnyomás, EKG, ezeket egy okosórával mi akár magunk is nyomon követhetjük).
3. **Laboratóriumi vizsgálatot végez.** Az általunk adott mintákból (vér, vizelet, széklet) a szervezetünkben jelen lévő anyagok jelenlétét és mennyiségét határozza meg.
4. **Képalkotó vizsgálatot végez.** Ennek során a test egészéről vagy egy részéről felvételt készít különböző berendezések segítségével.
5. **Diagnózis (kórismeret) felállítása.** A begyűjtött adatok alapján megállapítja a megromlott egészségügyi állapotunk okát.

A diagnosztika során ezek a lépések nem feltétlenül követik a leírt sorrendet. A kórtörténet felvétele és a fizikális vizsgálat minden esetben megtörténik, és a laboratóriumi és képalkotó vizsgálatok már a feltételezett probléma alapján zajlanak.

Mi az EESZT? Felhőalapú kommunikációs felület, ami összekapcsolja egymással az egészségügyi ellátókat (háziorvosokat, szakorvosokat), gyógyszertárakat és a lakosságot. Mit találunk az eKórtörténetben?

A rólunk készült ellátási adatokat dokumentációkat pl. röntgenfelvételeket vizsgálati eredményeket pl. laboreredményeket, ambuláns lapokat, zárójelentéseket. Ezekhez a dokumentumokhoz mi is és a minket ellátó orvos is hozzáfér.
https://e-egeszsegugy.gov.hu/

Idézd fel!

Mit kérdezett pontosan az orvos a kórtörténet felvételénél?

Mit vizsgált az orvos érzékszerveivel és segédeszközeivel a testeden?

Mik az orvosi diagnosztika módszerei?

Az orvosi diagnosztika módszerei közül sok ismerős lehet, leginkább a háziorvosi ellátásból a kórtörténet-felvétel és a fizikális vizsgálatok azok, amiken már szinte mindenki átesett.

A következő, leggyakoribb diagnosztikai módszerek felhasználhatósága és működése kevésbé közismert. Közös bennük, hogy a páciensnek egyáltalán nem vagy csak minimálisan okoznak fájdalmat.

1. Vizelet gyors vizsgálata tesztcsíkkal

2. Vérvétel

Laboratóriumi vizsgálatok

Vizeletvizsgálat során a pácienstől begyűjtött reggeli vizelet 0,5-1 dl-ét vizsgálják. Vizsgálható anyagok pl.: glükóz, ionok, fehérjék, vér alakos elemei, kristályos anyagok. Vizsgálható paraméterek pl.: pH, sűrűség. A vizsgálat többek között akkor indokolt, ha a beteg alhasi görcsös fájdalmat tapasztal, nem megfelelő a vizelet napi mennyisége, szemmel láthatóan nem normális a vizelet színe, átlátszósága. A felsorolt panaszok okai különbözők lehetnek; a háttérben állhat egy hólyaghurut, ilyenkor a vizeletből baktériumok és a vér alakos elemei mutathatók ki. Lehet kezdődő vesekő, ennek kis darabjai szintén megfigyelhetők mikroszkóppal a vizeletben. A nem megfelelő vizeletmennyiség pedig hormonális zavar vagy kezdődő cukorbetegség jele is lehet. Az orvosnak további diagnosztikai vizsgálatokat kell végeznie a pontos kórismeret felállításához. A minta begyűjtése egyszerű, fájdalommentes, a laborvizsgálat gyors és alacsony költségű (1. ábra).

Vérvizsgálat során a pácienstől egy szakember (szakápoló, szakorvos) veszi le a vérmintát. A levett vér mennyisége kicsi, de változhat az orvos által kért tesztek mennyiségének függvényében Ezt a vizsgálatot nagyon különböző betegpanaszok esetén is elvégezteti az orvos (általános fáradtság, étvágytalanság, emésztési zavar, ízületi vagy izomfájdalom stb.), a mérhető anyagok és jellemzők skálája is igen széles (2. ábra). A minta begyűjtése bonyolultabb, mint a vizeletvizsgálat esetén, és kellemetlenséggel jár a páciens szemszögéből. A laborvizsgálat gyors és alacsony költségű.

A vérvizsgálat és a vizeletvizsgálat eredményét általában egy táblázat formájában kapjuk meg (3. ábra). A normális értéktartománytól való eltérést csillag jelöli.

Nincs Panasz Központi Laboratórium

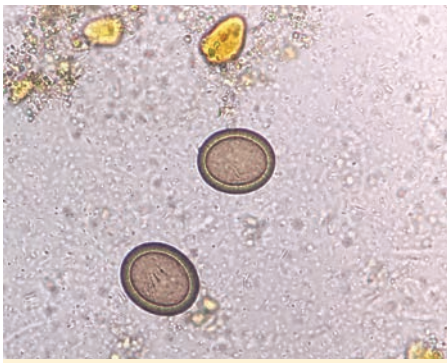
TAJ szám:	088 012 345	**Típus:** 1		**Térítési kategória:** 1	
Név:	Beteg Aranka			**Nem:** Nő	
Született:	1991-01-02			**Sorszám:** 4567	
Lakáscím:	1234 Otthon utca 12.				
Beküldő:	Háziorvosi rendelő				
Orvos:	Dr. Orvos Ádám				
Laborbaérkezés ideje:	2021-02-25 09:43				
Mintavétel ideje:	2021-02-25 07:27				
Jogviszony:	van				

Tesztnév	Eredmény	F	Referncia	Tesztnév	Eredmény	F	Referncia
Vörösvérsejt-süllyedés	4 mm/h		0-20	Neutrofil	4,77 Giga/L		1,80 - 7,70
GOT	22 U/L		0-50	Limfocita	4,17 Giga/L		1,00 - 5,00
GPT	30 U/L		0-50	Monocita	1,10 Giga/L	*	0,00 - 0,80
Gamma GT	69 U/L	*	-55	Eozinofil	0,40 Giga/L		0,00 - 0,45
Alkalikus foszfatáz	131 U/L	*	30 - 120	Bazof il	0,08 Giga/L		0,00 - 0,20
Össz.bilirubin	3,8 pmol/L	*	5,0 - 21,0	Neutrofil	45,30%		45,00 - 70,00
LDH	368 U/L		240 - 480	Limfocita	39, 60 %		20,00 - 45,00
Kreatin-kináz	224 U/L	*	-171	Monocita	10,50%	*	0,00 - 10,00
Amiláz	81 U/L		28 - 100	Eozinofil	3,80%		0,00 - 4,00
Karbamid	6,5 mmol/L		2,8 - 7,2	Bazofil	0,80%		0,00 - 1,00
Kreatinin	70,0 pmol/L		53,0 - 100,0	Vörösvérsejt	5,6 Tera/L		4,5 - 5,9
eGFR	>60		-60	Hemoglobin	158 g/L		135 - 170
Húgysav	325 pmol/L		208 - 428	Hematokrit	0,51 L/L		0,41 - 0,51
Glükóz	4,4 mmol/L		3,5 - 6,1	MCV	90,3 fl		81,0 - 100,0
Nátrium	143 mmol/L		135 - 145	MCH	28,3 pg		26,0 - 34,0
Kálium	4,3 mmol/L		3,2 - 5,1	MCHC	313 g/L		310 - 360
Kalcium	2,31 mmol/L		2,20 - 2,65	Trombocita	294 Giga/L		150 - 400
Magnézium	0,91 mmol/L		0,73 - 1,06	MPV	11,6 fl		9,0 - 13,0
Foszfát	1,23 mmol/L		0,81 - 1,45	RDW-SD	47,4 fl		37,0 - 54,0
Összfehérje	69,0 g/L		66,0 - 83,0	Vizelet fajsúly	1016 g/L		1005 - 1035
Albumin	46,1 g/L		35,0 - 52,0	pH	5, 0		4,8 - 7,5
C-reaktív protein	1,53 mg/L		0,00 - 5,00	Fehérje	Negatív		
Koleszterin	6,50 mmol/L	*	-5,2	Nitrit	Negatív		
Trigliceridek	3,71 mmol/L	*	-1,7	Keton	Negatív		
HDL koleszterin	1,27 mmol/L		-1,03	Urobilinogén	Normál		
LDL koleszterin	4,09 mmol/L	*	0,00 - 3,30	Bilirubin	Negatív		
Vas	18,9 pmol/L		12,5 - 32,2	Vörösvérsejt	Negatív		
TSH	3,895 mIU/L		0,400 - 4,000	Fehérvérsejt	Negatív		
Fehérvérsejt	10,5 Giga/L		4,5 - 11,5	Cukor	Negatív		

Validálta: Doki Katalin Dr.

3. Vér- és vizeletvizsgálat eredménye

Székletvizsgálat során a páciens egy széklettartályba gyűjti székletének egy részét. Ezután a laboratóriumban makroszkópos (szín, szag, állag, kémhatás), mikroszkópos (keményítő, zsír, izomrostok, rugalmas rostok, egysejtűek, féregpeték), mikrobiológiai (paraziták) és immunológiai (toxinok, antigének) teszteket végeznek a mintán (4. ábra). A vizsgálatot szűrés céljából, vagy akkor kéri az orvos, ha hosszabb ideje fennálló bélpanaszaink (hasi görcsök, puffadás, hasmenés) vannak, és krónikus kimerültség tüneteit mutatjuk, vagy ha látható módon véres a széklet. A panaszok mögött állhat valamilyen bélben élő parazitaszervezet, fekély, bélgyulladás vagy bélrendszeri rákos daganat. A parazitaszervezetek kimutatása egyértelmű, de a székletben megjelenő vérnek több oka is lehet, így további vizsgálatok szükségesek a probléma biztos megállapításához. A minta begyűjtése egyszerű, fájdalommentes, a laborvizsgálat alacsony költségű, viszont bizonyos elemei akár több napot is igénybe vehetnek.



4. Galandféreg petéi székletminta fénymikroszkópos felvételén

Válj szakértővé!

Az alábbi esetekben dönts, melyik laborvizsgálatot végeznéd el, ha te lennél a kezelőorvos!

1. páciens:

A páciens általános fáradtságra panaszkodik, betegnek nem érezte magát az elmúlt hetekben, vizelete elmondása szerint normális. Fizikai vizsgálata során a mandulák nem duzzadtak, a tüdőhang normális, vérnyomása normális. A szemfehérje kicsit sárgás.

Melyik laborvizsgálatot végeznéd el a betegen? Miért tartod ezt a vizsgálatot indokoltnak?

2. páciens:

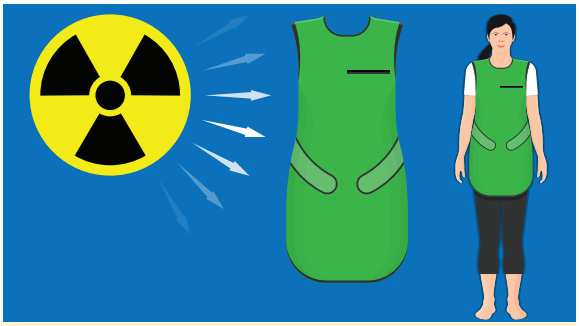
A beteg időről időre visszatérő csípőtájéki görcsökre panaszkodik. Betegnek nem érezte magát. Vizelete elmondása szerint normális, de a vizelés néha fájdalommal jár. Fizikai vizsgálata során a mandulák nem duzzadtak, a tüdőhang normális, vérnyomása normális, a hasfal nem kemény.

Melyik laborvizsgálatot végeznéd el a betegen? Miért tartod ezt a vizsgálatot indokoltnak?

Képalkotó vizsgálatok

A leggyakoribb képalkotó vizsgálatok az ultrahang (UH), a mágnesesrezonancia-képalkotás (MR), a röntgen (RTG) és a komputertomográfia (CT). Ezek közül az RTG és a CT során a nagyenergiájú röntgenfotonokkal világítják át a beteget (5. ábra). Az orvosnak ezért mérlegelni kell, hogy a pontos diagnózis felállításához szükséges-e olyan vizsgálat, ami sugárterheléssel jár (6. ábra).

Az ultrahang- (UH-) vizsgálat mindenki számára ismerősen cseng, ha egy várandós kismamára gondol. A magzat normális fejlődését ezzel követik nyomon hétről



5. Sugárforrásra figyelmeztető jelzés, és a vizsgálatot végző személy ólom védőöltözete

	Testet ért radioaktív sugárzás mennyisége (mSv)
Egy év alatt normál körülmények között	6,2
Egy transzatlanti repülőút során	0,025
Egy fogröntgen	0,015
Egy mellkasröntgen	0,7
Egy teljes test-komputertomográfia	10
Egy év alatt az atomerőmű dolgozóját érhető maximum	50

6. Különböző forrásból származó sugárterhelések összehasonlítása

Alkoss véleményt!

Az 5. ábra adatai alapján jelent-e veszélyt egy ember szervezetére évente elvégzett egy-két röntgen- vagy komputertomográf-vizsgálat?

Miért csak indokolt esetben végezzük az előbb említett két vizsgálatot?

Értelmezd!

Olvasd el a következő rövid leírásokat az egyes módszerekhez kapcsolódóan!

Készíts egy táblázatot a füzetedbe a képalkotó vizsgálatok módszereiről, ami a következő szempontokat tartalmazza: van-e sugárterhelés, mennyire részletgazdag a kép, mely panaszok esetén indokolt a vizsgálat, mik lehetnek a lehetséges betegségek.

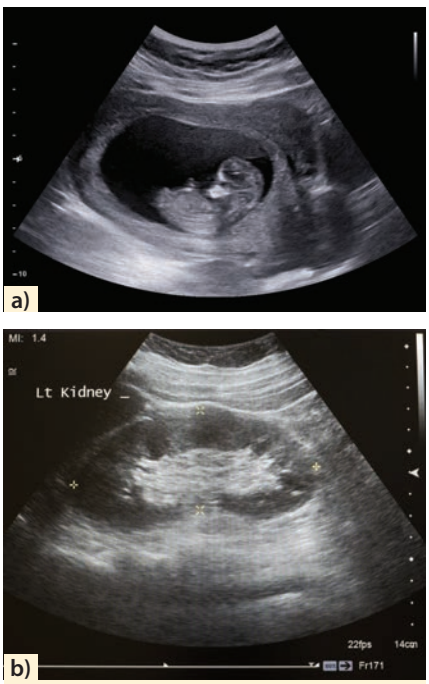
Válj szakértővé!

A leírások után szereplő esetekben dönts, melyik képalkotó vizsgálatot végeznéd (végeztetnéd) el, ha te lennél a kezelőorvos!

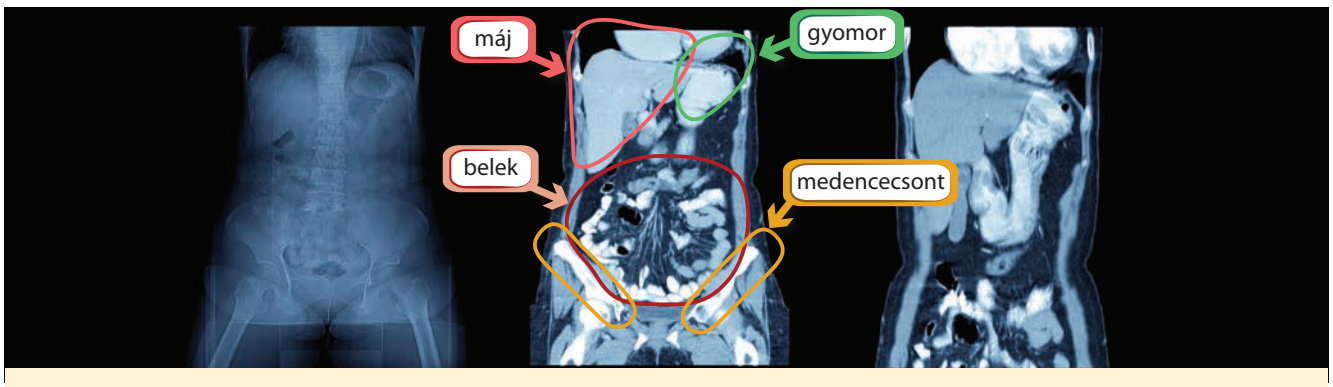
hétre. Az ultrahangos vizsgálattal a hasüreg és a mellüreg valamennyi szervét és ereit, valamint az ízületek épségét is vizsgálhatjuk. Előnye, hogy gyors, a szervezetet nem éri ionizáló sugárzás, így a vizsgálat tetszőleges számban ismételhető, és időben vizsgálható az adott testrész (magzat). Továbbá nem egy nagy költségű eszköz, így kisebb kórházakban is elérhető. Hátránya, hogy a kép részletgazdagsága nem elég nagy, így kis méretű elváltozások észlelésére nem alkalmas (7. ábra).

Röntgen- (RTG-) vizsgálat során a beteget röntgenfotonokkal világítják át, ezek a testen átjutva a detektorba csapódnak, és képet adnak. Ezek a fotonok a testünk nagyobb rendszámú elemeiben – például csontok kalciumionjai – jobban elnyelődnek, így alakulnak ki a sötétebb és világosabb területek a képen. Leginkább csontok, ízületek és a belek gyors vizsgálatára alkalmas. Részletgazdagabb, mint az ultrahang. A berendezés viszont drágább, és a pácienst sugárterhelésnek teszik ki a felvétel készítése során, így csak indokolt esetben kisszámú felvételt készítenek.

A komputertomográfia (CT) a röntgen továbbfejlesztett változata. Itt is röntgenfotonokkal világítják át a pácienst, de itt a sugárforrás és a detektor folyamatosan egy kör mentén elforog, és több kép készül. Ezeket egy számítógép dolgozza fel, és szeleteket készít belőle, így részletgazdagabb képekhez jutunk, mint a hagyományos röntgen esetén (8. ábra). A csontok és ízületek mellett a lágy részek is jobban látha-



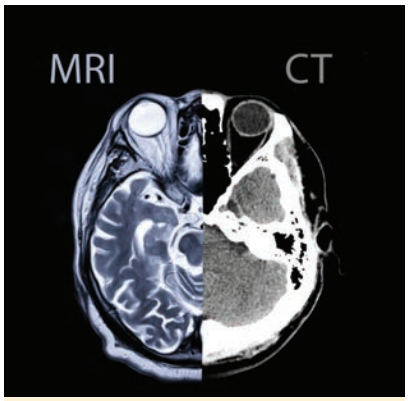
7. Ultrahangkép 12 hetes magzatról (a) és egészséges veséről (b)



8. Röntgen- (első) és CT- (második, harmadik) kép összehasonlítása

tóvá válnak, bár a részletekben még mindig nem a leggazdagabb a kép. Hogy növeljék a részletgazdagságot, a beteggel úgynevezett kontrasztanyagot itatnak vagy adnak be injekció formájában, de ez kellemetlen, és sok esetben émelygést és hányingert okoz. A berendezés költségei még nagyobbak, mint az előző esetben, és szintén sugárterhelést okoznak.

Mágnesesrezonancia-képalkotás (MRI) során a pácienst egy vagy több nagyon erős, fánk alakú elektromágnesből álló berendezésbe helyezik, és ezek segítségével megrezegtetik a testében lévő hidrogénatomokat. A rezgés függ a hidrogénatom környezetétől, így szinte minden szövetben más jelet kapunk. Ebből egy számítógép alkot képet, amit szintén szeletek formájában jelenít meg. Ennek a módszernek a legnagyobb a részletgazdagsága (9. ábra), akár egy-egy abnormális sejt kimutatására is alkalmas lágy szövetekben. A bemutatott módszerek közül ez a legdrágább, és időigényes is, egy vizsgálat 20–30 perces is lehet, viszont nincs sugárterhelés.



9. Koponya MRI- és CT-felvételen

Érvelj!

1. páciens:

A páciens 13 éves lány, testmagassága viszont elmarad a korcsoport minimumától (alsó percentilisétől). A testarányok rendben vannak. Egy az agyban található kis méretű daganatot feltételezve melyik vizsgálatot végeztetnéd el? Miért ezt a vizsgálatot tartod indokoltnak?

2. páciens:

A páciens 16 éves fiú, duzzadt, nyomásra érzékeny könyökkel érkezett, leesett egy fáról. Gyorsan kell információt kapni az ízület és a csontok állapotáról. Melyik vizsgálatot végeztetnéd el? Miért ezt a vizsgálatot tartod indokoltnak?

3. páciens:

A páciens 24 éves várandós nő, otthon a lépcsőn lefelé menet kifordult a bokája, azóta fáj és bedagadt az ízület. A szalagok állapotának (elszakadtak-e, vagy nem) megállapításához melyik módszert alkalmaznád? Miért ezt a vizsgálatot tartod indokoltnak?

4. páciens:

18 éves férfi erős, görcsös alhasi fájdalomra panaszkodik. A hasfala kemény. Széklete a fájdalom megjelenése óta nincs. Melyik vizsgálatot végeznéd el? Miért ezt a vizsgálatot tartod indokoltnak?

Nézz utána!

Milyen további laboratóriumi és képalkotó vizsgálatok léteznek? Mely panaszok esetén végzik ezeket a vizsgálatokat?

Milyen képalkotó eljáráson alapuló szűrővizsgálatok léteznek? Mely vizsgálatokat szükséges/érdemes már 16 éves korban elvégeztetni?

Sugárzás okozta megbetegedések

Ha a testünket valamilyen sugárzás (radioaktív, kozmikus, UV-sugárzás) nagyobb dózisban éri, az változásokat indít el a szervezetben. Különbség van viszont abban, hogy a sugárzás hirtelen nagyon nagy mennyiségben ér minket, vagy hosszú távon a háttérsugárzásnál nem sokkal nagyobb dózisnak vagyunk kitéve. Az előbbi esetben úgynevezett sugárbetegség alakul ki, ilyenkor a tünet lehet fejfájás, hányinger, súlyosabb esetben véres hányás, hajhullás, véralvadási zavar. A betegek halálozási aránya a dózis növekedésével eléri a 100%-ot. Ilyen megbete-

10. A csernobili atomerőmű szarkofágja

Nézz utána!

Azokon a munkahelyeken, ahol radioaktív sugárzás érheti a dolgozókat, hogyan ellenőrzik, mekkora sugárzás érte a munkavállalót? Mi a teendő, ha egy ilyen munkahelyen egy hölgy alkalmazott várandós lesz? Hogyan kell eljárni ebben az esetben?

Az UV-sugárzás hatására kialakuló bőrrák esetén mi a halálozás fő oka?

gedések atomtámadások és atomerőművi balesetek során alakulnak ki. A Magyarországhoz legközelebbi baleset 1986-ban a csernobili atomerőműben történt (10. ábra). Hosszú távú, de kis dózisú sugárterhelés esetén a DNS-ben létrejövő változások (mutációk) rákos elváltozások kiindulópontjai lehetnek. Ebben az esetben nem is a radioaktív sugárzás a legnagyobb veszélyforrás, hanem az UV-sugárzás, ami a bőrrák kialakulásához járul hozzá. A bemutatott sugárzásokkal szemben a legjobb védekezés, ha a sugárforrásokat kerüljük. Ezt a radioaktív sugárzások esetében nem tudjuk megtenni, legfeljebb véleményünket tudjuk kinyilvánítani egy újabb atomerőmű megépítése ellen vagy az atomtöltetek leszerelése mellett. Az UV-sugárzással szemben viszont tudunk védekezni, ha nem tartózkodunk túlságosan sokat a napon, és helyesen alkalmazzuk a napvédő krémeket.

A daganatos kockázatú bőrelváltozások jellemzői, felismerésük:

– szabálytalan körvonal
– nem osztható szimmetrikusan tükrözhető részekre
– sokféle színű
– dudor figyelhető meg rajta

Ha a bőrelváltozáson ezek közül egy vagy több jellemző felismerhető, akkor mindenképpen orvoshoz kell fordulni!

melanoma

Gondold át!

A 20. század elején még egészségesnek gondolták a radioaktív sugárzást, drága termékekbe kevertek rádiumot, ami így évtizedeken át számos tragédiát okozott. Hol néznél utána, kit kérdeznél meg egy ma divatos high tech egészségügyi termék kockázatairól?

Az orvosi diagnosztika célja, hogy a beteg állapotára magyarázatot adjon, ennek során különböző módszerekkel vizsgálja a beteget, és a feltételezett okot igazolja. Közös jellemzője a vizsgálatoknak, hogy a páciens számára semmilyen vagy csak minimális kellemetlenséget okoznak. Legismertebbek a fizikai vizsgálatok, amiket minden háziorvos rutinszerűen végez. Bonyolultabbak a laboratóriumi vizsgálatok (vér-, vizelet-, székletvizsgálat) és a legnagyobb eszközigényűek a képalkotó vizsgálatok (UH, RTG, CT, MRI). Itt mérlegelni kell, hogy a beteget szabad-e sugárzással terhelni, illetve hogy indokolt-e a vizsgálat. Az orvos a kórtörténet, az előzetes vizsgálatok és hipotézise alapján dönt a további szükséges vizsgálatokról. A testet különböző forrásokból érő sugárzás rövid távon (sugárbetegség) és hosszú távon (rákos elváltozás) előidézhet változásokat, ezért megfelelő módon védekeznünk kell ezekkel szemben.

21. Összefoglalás

22. Betegek orvosi ellátása

1. Hova forduljak, ha lakhelyemtől távol beteg vagyok?
2. Mi az orvosi beutaló? Hova menjek vele? Miért kaptam a háziorvosomtól?
3. Melyek a jogaim ha orvosi ellátásra szorulok és hogyan tudom ezeket érvényesíteni?

Orvosi ellátást veszünk igénybe, ha betegnek érezzük magunkat, vagy ha korunkból, egészségügyi hátterünkből kifolyólag valamilyen szűrővizsgálatra van szükségünk. Panaszainkkal alapvetően a **háziorvost** keressük fel, aki a probléma függvényében kezelést javasol, vagy **szakorvoshoz** utal be minket. A magyarországi egészségügyi ellátórendszer háziorvosi (alapellátás) és szakorvosi ellátásból áll, amelyek egymással együttműködve, egymást kiegészítve látják el a pácienseket. Az ellátás a kezelőorvosok részéről döntési helyzetek sorozata, melyek során a vizsgálati eredmények határozzák meg a következő lépést. Ezért a beteg útja az egészségügyi rendszerben különböző. A háziorvos lehet, hogy diagnosztizálja a problémát, és kezelést ír elő, amelynek a végére a beteg felépül. Az is előfordulhat, hogy a beteg problémájára a háziorvostól indulva több szakorvoshoz való beutalást követően derül csak fény, és ezt követően kezdődhet meg a kezelés. Az utak különbözőek a rendszerben, de a cél ugyanaz: a beteg problémájának felderítése és kezelése.

1. Gyermekháziorvos a rendelőjében

Háziorvosi ellátás (alapellátás)

Annak érdekében, hogy mindenki a lakóhelyéhez közel orvosi ellátásban részesülhessen, szervezett **háziorvosi és házi gyermekorvosi** szolgálat – **alapellátás** – működik (1. ábra). Mindenkinek a lakóhelye által (körzet) meghatározott háziorvosa van, aki köteles ellátni, ha biztosítottak vagyunk. A körzetileg illetékes háziorvos helyett választhatunk másik háziorvost (szabad orvosválasztáshoz való jog), ha az vállalja az ellátásunkat. 19 éves korunk alatt házi gyermekorvos is fo-

gadhat minket, de 14 éves korunk felett már dönthetnek úgy a szüleink, hogy háziorvoshoz visznek minket. Ha elutaztunk, és egészségügyi panaszaink vannak, akkor az adott körzet háziorvosát kereshetjük meg. A háziorvos feladatai sokrétűek. A teljesség igénye nélkül nézzük a legfontosabbakat:

- egészséges ember számára tanácsadás,
- szűrővizsgálatok elvégzése (közreműködés a népegészségügyi célú, célzott szűrővizsgálatokban),
- a beteg ember vizsgálata, gyógykezelése,
- házi gyógyszertár kezelése,
- a beteg ember egészségi állapotának ellenőrzése,
- rehabilitáció,
- gondozás,
- ha szükséges, beutalás az ellátórendszer magasabb szintjére (szakrendelések, gondozóintézetek, kórházak, klinikák),
- a beteg keresőképtelenségének igazolása,
- védőoltással kapcsolatos teendők,
- fertőző betegségek bejelentése és gyógykezelése,
- kórokozó-hordozókkal, ételmérgezéssel kapcsolatos teendők,
- közreműködés terhesgondozásban.

Idézd fel!

Mik voltak a panaszaid, amikor háziorvoshoz fordultál?

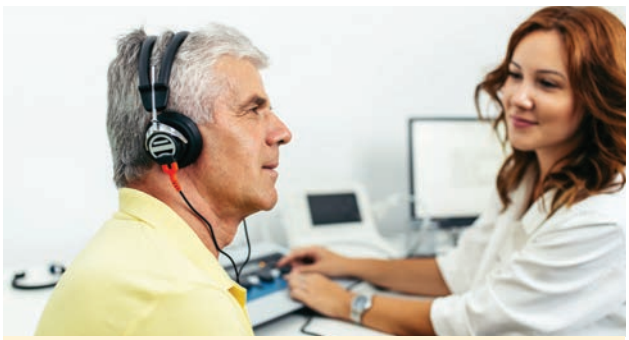
Volt-e olyan eset, hogy a háziorvos továbbküldött másik orvoshoz?

Mely panaszok esetén vittek a szüleid más orvoshoz?

Szakorvosi ellátás (járóbeteg-szakellátás)

A **szakorvosi ellátás** az egészségügyi rendszer egy magasabb foka. Mivel a beteg panaszai alapján az esetek többségében nem tudja eldönteni, hogy melyik szakorvosi ellátásra van szüksége, ezért ezekre a szakrendelésekre a háziorvos utalja be a beteget, ha azt indokoltnak tartja. Meg kell jegyezni, hogy vannak olyan szakorvosi ellátások, melyekre a beteg maga jelentkezik háziorvosi beutaló nélkül (bőrgyógyászat, nőgyógyászat, urológia, fül-orr-gégészet, szemészet). Ebben az esetben az első vizsgálat alapján a szakorvos dönt, hogy további kontrollvizsgálat szükséges-e (2. ábra).

A **beutalóval** tudja a beteg igénybe venni a szakorvosi ellátást a dokumentumon szereplő intézményben. Ez lehet a legközelebbi kórház, de speciális szakrendelés esetén megyei, regionális vagy fővárosi intézmény is. A szakrendelésre való jelentkezéskor a **betegfogadási listán** időpontot kap a beteg, ekkor kell a szakorvosnál megjelennie, és elvégzik a beutalón kért vizsgálatot. Az eredmények alapján egy **diagnózist** állít fel a szakorvos, ami után tanácsot ad, hogy mi legyen a következő lépés. Lehetséges, hogy kezelést ír elő, további vizsgálatot kér, másik szakorvoshoz utal tovább, vagy a háziorvoshoz irányít vissza bennünket.



2. Hallásvizsgálat egy fül-orr-gégészeten

Kórházi ellátás (fekvőbeteg-szakellátás)

Az eddig bemutatott ellátási formák során a beteg általános fizikai állapota lehetővé teszi, hogy a vizsgálatokat vagy kezeléseket követően távozzon, és közöttük otthonában tartózkodjon. Ha ez nem lehetséges, akkor **fekvőbeteg-ellátásra** szorul a páciens. Ebben az esetben a vizsgálatok és kezelések között az egészségügyi intézmény biztosítja az étkezést és a tisztálkodási lehetőséget, valamint folyamato-

san figyelik a beteg állapotát. A fekvőbeteg-ellátásba való bekerülés nem egyenlő az egészségi állapot súlyosságával, emiatt több típusát kell elkülöníteni. Az **akut ellátás** célja az egészségi állapot stabilizálása, fenntartása, illetve helyreállítása. Az ellátás időtartama a problémától függ (pl.: egy autóbalesetből súlyos sérüléssel mentővel beérkező beteg). Az **aktív fekvőbeteg-ellátás** gyógyító, megelőző, rehabilitáló tevékenység, többnyire rövid időtartamú (3. ábra). Az ellátás célja az egészségi állapot mielőbbi helyreállítása, vagy ha ez nem lehetséges, az állapot stabilizálása, szövődmények kialakulásának megakadályozása (pl.: mandulaeltávolító műtét). Nem sürgős esetekben a páciens jelentkezését követően **várólistára** kerül. A **rehabilitációs fekvőbeteg-szakellátás** az egészségi (testi vagy szellemi) állapot helyreállításához szükséges utókezelés. Az ellátást gyógyintézetek végzik (pl.: végtagsérülésből való felépülést célzó kezelés). Az **ápolási célú fekvőbeteg-szakellátás** célja, hogy orvosi ellátásra nem szoruló és a családi gondozást átmenetileg nélkülözők számára nyújtson ellátást.

3. Aktív fekvőbeteg-ellátás keretében térdprotézisműtét zajlik

Sürgősségi betegellátás

Sürgősségi betegellátásra hirtelen kezdődő, gyors lefolyású tünetek esetén van szükség. Ezek lehetnek: nagy fájdalom, bő vérzés, csillapíthatatlan magas láz, nagyfokú sápadtság vagy szederjesség, igen gyér vagy igen szapora, illetve szabálytalan pulzus, eszmélet- vagy tudatzavar, makacs hányás, nehéz légzés, légszomj, görcsroham, terjedő bénulás. Ebben az esetben a betegnek minél előbb ellátáshoz kell jutnia. Baleset esetén ez **helyszíni ellátással**, elsősegélynyújtással kezdődik, majd **mentőszolgálat** stabilizálja a beteg állapotát, ezután szállítják a legközelebbi **kórház sürgősségi osztályára**, ahol folytatódik az ellátása (4. ábra).

Ha a beteg tünetei nem tűrnek halasztást, de nem életveszélyesek, a **központi ügyeleten** kap ellátást. Ez a háziorvosok rendelési idején túli sürgősségi alapellátás.

4. A stabilizált állapotú beteget mentővel szállítják a sürgősségi osztályra

Betegjogi képviselet

Az egészségügyi ellátással kapcsolatos panasz esetén a páciens **betegjogi képviselőhöz** fordulhat, aki segít jogainak megismerésében, panasza megfogalmazásában és az egészségügyi dokumentációjához való hozzáférésben. A feladata nem egy pereskedéssel járó helyzet kialakítása, hanem a felek közötti vita békés megoldása, egyezségre törekszik, amit mediációval segít. Minden megyében dolgoznak betegjogi képviselők, akik segítik a beteg és a szolgáltató közötti gördülékeny kommunikációt.

Értelmezd!

Olvasd el a következő esetleírásokat, és döntsd el, melyik ellátási típusokat vette igénybe az adott személy!

Ha hibásan járt el a beteg, adj javaslatot, mi lett volna a helyes út!

1. páciens

A beteg nem szűnő láb, és derékfájdalommal jelentkezett háziorvosánál, aki reumatológus szakorvoshoz küldte. A rendelésre telefonos bejelentkezés után időpontot kapott. A szakorvosi vizsgálat után radiológiára utalták, ahol röntgenfelvételt készítettek a gerincoszlop ágyéki tájékáról. A vizsgálat után újból jelentkezett a reumatológusnál, aki diagnózist állított fel, és fizikoterápiás kezelést írt elő, valamint diétát a testsúly csökkentéséhez.

2. páciens

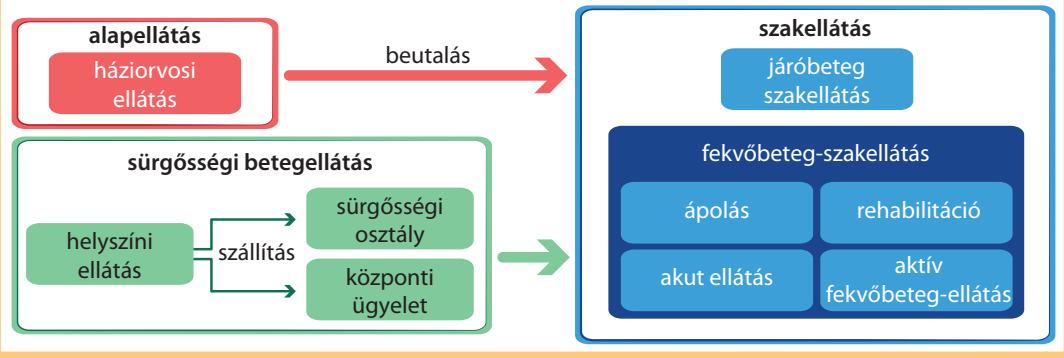
A betegnek erős alhasi fájdalma volt, ami a jobb oldalra összpontosult Felkereste háziorvosát, aki vizsgálat után beutalta a kórház radiológiai szakrendelésére. Ott ultrahangvizsgálatot követően vakbélgyulladást állapítottak meg, ami miatt a kórházban tartották, és másnap, a sebészeti osztályon vakbélműtétet végeztek rajta. Ezután 5 napot a kórházban lábadozott, majd hazaengedték, háziorvosánál jelentkeznie kellett, ha a műtétet követően bármilyen tünetet észlelt magán (láz, hasi fájdalom).

3. páciens

A beteg biciklizés közben elesett, és érzékeny a bokája. Nem tudta rendesen terhelni, és nyomásra érzékeny volt a terület. A balesetet követő napon szülei bevitték a kórház sürgősségi betegellátási osztályára, ahol hosszas várakozást követően egy szakorvos megvizsgálta, majd a radiológián röntgen felvételt készítettek a sérült területről. A szakorvoshoz visszatérve a felvétel alapján rándulást állapított meg. A páciensnek bokarögzítő hordását javasolta, legalább egyhetes pihenést, a fájdalom mértékétől függően pedig fájdalomcsillapítót javasolt.

Gondold újra!

Az eddigiek alapján készíts egy vázlatot, hogy a különböző ellátási módok hogyan viszonyulnak egymáshoz. Melyik esetben van alá- és fölérendeltség, és melyik esetben van mellérendeltség?



Az egészségügyi rendszer alapját a háziorvosi ellátás képezi, ide fordulhatunk alapvető problémáinkkal, és innen irányítanak minket tovább az ellátás magasabb szintjére. A háziorvos által nem diagnosztizálható probléma esetén szakorvosi ellátásra utalnak be, ahol további kivizsgálást végeznek, és az eredmények alapján kezelést kapunk. Állapotunktól függően járóbeteg-ellátást, illetve fekvőbeteg-ellátást vehetünk igénybe. Sürgősségi ellátásban akkor részesülünk, ha állapotunk gyorsan romlik, és azt mielőbb stabilizálni kell, hogy életben maradjunk. Ha bármelyik ellátási forma során véleményünk szerint nem megfelelően járt el a kezelőorvos, betegjogi képviselőhöz fordulhatunk, aki tisztázza helyzetünket, és segít a jogi lépésekben.

22. Összefoglalás

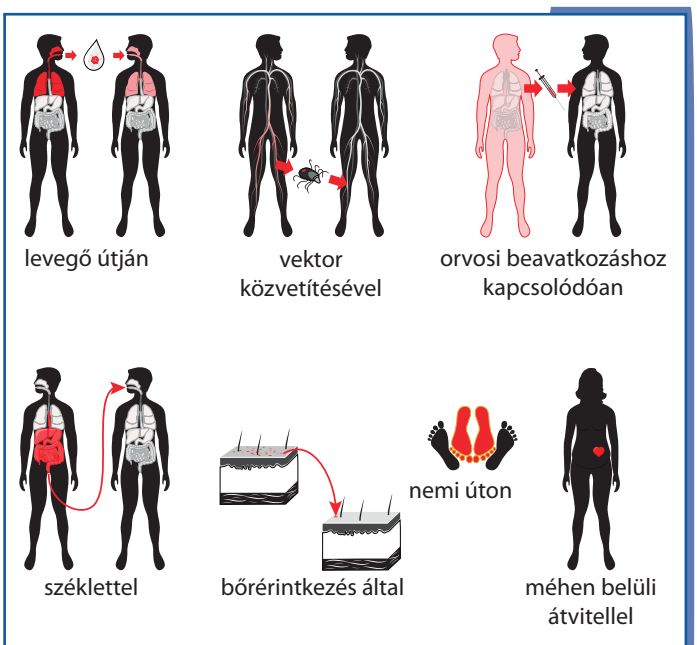
23. Fertőző betegségek és népbetegségek

1. Melyek ma az emberiség leggyakoribb járványokozó fertőző betegségei?
2. Hogyan képesek a védőoltások megelőzni a járványok kialakulását?
3. Miért kötelezőek bizonyos védőoltások?
4. Az életmódból fakadó betegségeknél miért kell a megelőzésre koncentrálni?
5. Mely eszközökkel tudom nyomon követni egyszerűen egészségi állapotomat?

Fertőző betegségek

Azokat a betegségeket nevezzük fertőző betegségeknek, amelyeket egy jól meghatározható fertőző ágens okoz. Ez lehet vírus, baktérium, gomba vagy más egysejtű vagy többsejtű eukarióta. Közös jellemzőjük, hogy képesek egyedről egyedre terjedni; általában gazdafajon belül hatékony, de előfordul fajok közötti átadás.

A kórokozó terjedése történhet cseppfertőzéssel, a levegőn keresztül. Köhögés vagy tüsszentés során a fertőzött személyből távozó nyál, illetve orrváladék kis cseppjei tartalmazzák a kórokozót, ezek méterekre is eljuthatnak, és órákon keresztül lebeghetnek a levegőben. Történhet az átadás közvetlen érintkezéssel, ekkor valamilyen egyéb testfolyadék (vér, ondó, hüvelynedv) tartalmazza a kórokozót, és a testfelszín mikrosérülésein keresztül jut át a másik személy szervezetébe. Továbbá a terjedés történhet széklettel (széklettel szennyezett víz) és terjesztő állati szervezet (vektor) segítségével (pl.: szúnyog, légy) (1. ábra).



1. A fertőzések terjedésének módjai

A leggyakoribb kórokozók és általuk okozott betegségek jellemzése:

Sajátítsd el!

Párosítsd a kórokozót az általa okozott betegség rövid leírásával! A megoldáshoz használj megbízható forrásokat!

Kórokozó neve	Betegség rövid leírása
A) Influenza vírus	Kullancsok által terjesztett baktérium. Többféle vadállat vagy háziállat lehet a forrása. A kialakuló tünetegyüttest Lyme-kórnak nevezzük. A korai tünetei a Lyme-folt, fejfájás, láz, hidegrázás, izomfájdalom és nyirokcsomó-megnagyobbodás. Kezelés nélkül évek múlva izom-, ízület-, ér- és agyhártyagyulladást okozhat. A kullancscsípés elkerülésével lehet megelőzni a fertőzést.
B) Rota-vírus	Széklettel vagy érintkezéssel terjedő vírus. A tünetek kezdetén láz, hasi panaszok és sárgaság alakul ki, majd máj- és lépmegnagyobbodás jelentkezik. Megelőzése higiénés szabályok betartásával és a fertőzöttek elkülönítésével lehetséges.
C) Hepatitis A-vírus	Cseppfertőzéssel terjedő, változó szerkezetű vírus. A vírusfertőzés tünetei a csillapíthatatlan láz, hidegrázás, fej-, izom- és torokfájdalom, orrnyálkahártya-gyulladás és köhögés. Évente ismétlendő védőoltással védekezhetünk ellene.
D) Szalmonellabaktérium	Cseppfertőzéssel terjedő, egészségügyi intézményekben megtalálható kórokozó. Makacs, nehezen gyógyuló tüdőgyulladást okoz, amit az amúgy is beteg személy immunrendszere nem képes legyőzni. A kórokozó a legtöbb antibiotikummal szemben ellenálló. A higiénés szabályok betartásával lehet védekezni ellene.
E) Borrelia burgdorferi baktérium	Szoros testi kontaktussal, emberről emberre terjedő baktérium. A kialakuló betegséget syphilisnek nevezik. Kezdetben bőrelváltozásokkal, később ér- és idegrendszeri tünetekkel jár. Hosszú lefolyású, és a beteg éveken keresztül fertőzőképes. A fertőzött személlyel való kontaktust kell megelőzni.
F) Treponema pallidum baktérium	Leggyakrabban fertőzött állati eredetű élelmiszerrel terjed. Enyhe esetben rossz közérzet, fejfájás, hányinger, bizonytalan hasi panaszok jelentkeznek. Súlyosabb fertőzésénél láz, hányás, hasmenés, hasi görcsök lépnek fel, gyermekekben a fokozott vízvesztés miatt kiszáradással is számolni kell.
G) HIV-vírus	Szoros testi kontaktussal terjedő vírus. A fertőzést követően néhány héttel influenzához hasonló tünetek jelentkeznek. Ezt követően tünetmentes a beteg, majd több év múlva egyre gyakoribbak lesznek az alkalmi fertőzések, amik a hanyatló immunrendszert jelzik. Késői stádiumban a beteg valamilyen alkalmi fertőzésbe hal bele. A betegségre nem létezik gyógymód, megelőzni csak a fertőzöttek azonosításával és a velük való kontaktus elkerülésével lehet.
H) Methicillin rezisztens staphylococcus aureus (MRSA-) baktérium	Széklettel vagy érintkezéssel (beteg személlyel, fertőzött élelmiszerrel) terjedő vírus. A fertőzés tünetei láz, hányás, vizes hasmenés, amely súlyos esetben kiszáradáshoz vezethet. Megelőzése személyi és élelmiszer-higiénés szabályok betartásával és védőoltással lehetséges.

Fertőző betegség gyanúja esetén a háziorvost értesíteni kell, aki vizsgálat után megerősíti a diagnózist, szükség esetén jelenti a járványügyi szervek felé a megbetegedést. Továbbá a fertőzőképesség idejére kérheti a beteg elkülönítését, valamint a vele kontaktusba került személyek neveit és elérhetőségeit azok értesítése érdekében. Az intézkedések célja egy lehetséges járvány kialakulásának az elkerülése. **Járványról (epidemiáról)** akkor beszélünk, ha egy kórokozó adott idő alatt adott területen az átlagosnál sokkal több embert fertőz meg. A járvány súlyosságát a betegség terjedési sebessége, lappangási időszaka, fertőzőképessége és kezelhetősége határozza meg. A történelem során több világjárvány (pandémia) sújtotta az emberiséget pestis-, feketehimlő-, vagy a spanyolnáthaként elhíresült influenzajárvány (2. ábra).

2. A pestis megfékezése érdekében a középkori Velencében kikötés előtt negyven napig (quaranta giorni) várakoznia kellett a hajóknak, innen ered a karantén kifejezésünk

Gondold újra!

Egy fertőző betegség járvánnyá alakulásához és a járvány fennmaradáshoz fontos, hogy a terjedés sebessége és a kórokozó fertőzőképessége nagy legyen. Ezt a két jellemzőt jól szemlélteti a reprodukciós ráta, ami megadja, hogy egy fertőzés hány további fertőzést eredményez. A malária esetén 1000–1600, kanyarónál 15–18, járványos gyermekbénulás esetén 6–8. A reprodukciós rátát viszont korrigálják, és egy nettó reprodukciós rátát számolnak. A következő egyenlet írja le a nettó reprodukciós rátát:

$$N = \frac{R(100-n)}{100}$$

R = reprodukciós ráta, N = nettó reprodukciós ráta

Mit takarhat a korrekcióhoz használt n érték?

Védőoltás

A védőoltás a legyengített, vagy elölt kórokozókat (vírus, baktérium), azok valamelyik részét (fehérje, mRNS) tartalmazza. Célja a szervezet ellenállásának fokozása, a betegséggel szembeni ellenálló képesség (immunitás) kialakítása. Így ha egy beoltott személy megfertőződik, akkor immunrendszere gyorsan és nagy hatékonysággal pusztítja el a kórokozót, és nem tapasztal magán tüneteket. A védőoltások segítségével több járványt okozó megbetegedést sikerült a népességnél minimálisra csökkenteni. A védőoltások története a 18. századig nyúlik vissza, amikor még az orvosok nem tudtak a mikroszkopikus kórokozókról, és csak a betegség megjelenésével kapcsolatos ismereteik voltak.

A mai oltások létrehozása sokkal hosszadalmasabb és körültekintőbb folyamat, ezzel nagyban csökkent az oltás hatására kialakuló oltási reakciók és szövődmények száma. Az átoltottság széles körű lett, így több betegség megjelenését sikerült teljesen megakadályozni (eradikálni) vag minimálisra csökkenteni (pl.: fekete himlő, járványos gyermekbénulás). Fontos megjegyezni, hogy a kórokozó nem tűnt el, csak a gyors immunválasz miatt tünetmentes a fertőzés, és rövid a fertőzőképes időszak! A megbetegedések száma az oltással rendelkező betegségek esetén minimális, de ha az **átoltottsági arány csökken**, a betegség felütheti a fejét egy-egy gócpontban (3-4 ábra)!

Gondold újra!

Miért okozott a tehénhimlő enyhébb tüneteket emberen, mint a fekete himlő?

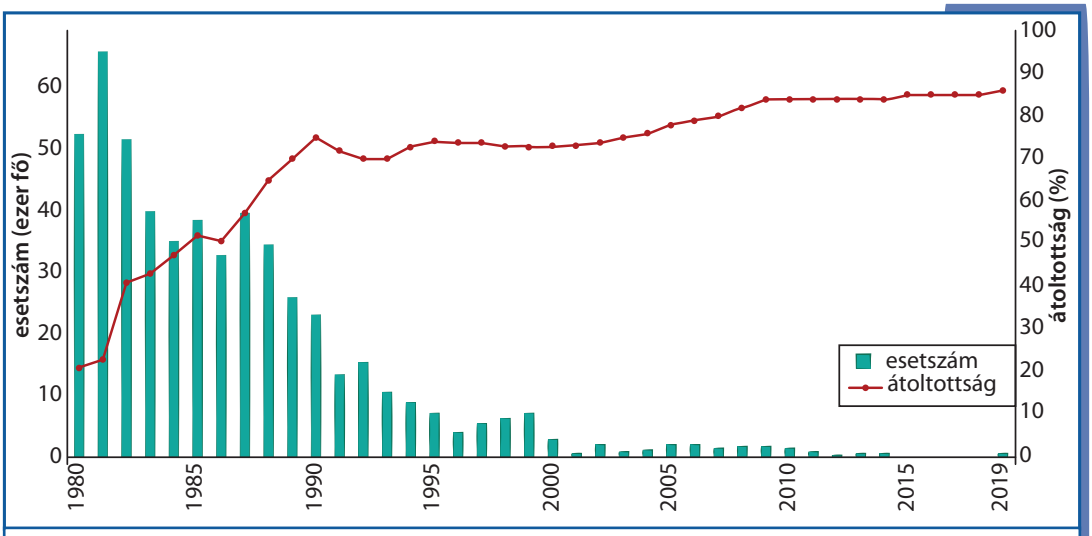
Miért adott védettséget a tehénhimlővel való fertőzés a fekete himlővel szemben?

Miért járt ez módszer kevesebb halálesettel, mint a fekete himlővel való varioláció?

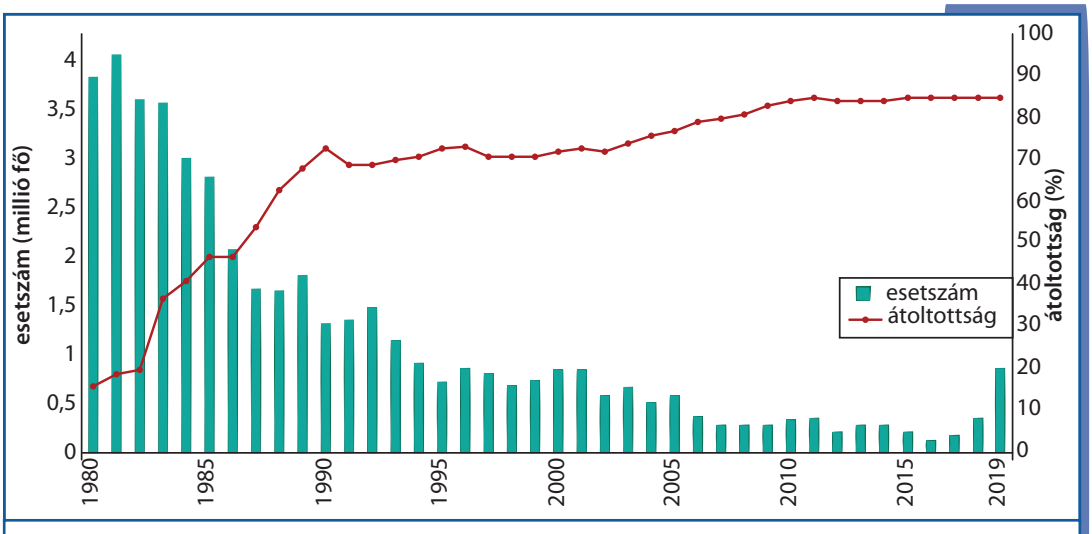
Edward Jenner és az első védőoltás

Edward Jenner himlővel fertőzi a tesztalanyát

Az 18. században Európában a fekete himlő elterjedt volt. A fertőzéssel szembeni védekezésként az enyhe tüneteket mutató beteg himlőhólyagjaiból vett anyaggal fertőztek meg egészséges embereket (varioláció). A módszer törölni nem volt tökéletes, a betegség tünetei túl erősek voltak az oltott páciensek egy részénél, és volt, aki belehalt fertőzésbe. Edward Jenner angol sebész tökéletesítette a módszert. Tehenészlányok mesélték neki, hogy ők már átestek a tehénhimlőn, így már nem kaphatják el a fekete himlőt. Az elbeszélések igazságtartalmát Jenner úgy ellenőrizte, hogy tehenészlányok tehénhimlőhólyagjából vett mintával fertőzte meg kertészének nyolcéves fiát. A fiú a beavatkozást követően kissé beteg lett, de az érintkezést követő 10. napra felgyógyult. Ezután ha fekete himlőben szenvedő beteg hólyagjaiból vett mintával fertőzte meg a fiút, az nem lett beteg (3. ábra). A módszer sikerességének záloga volt, hogy a tehénhimlő sokkal enyhébb lefolyású emberben, mint a fekete himlő. Jenner eredményei saját korában nem arattak osztatlan sikert, de munkája inspirálta Louis Pasteurt.



3. Poliovírus okozta járványos gyermekbénulás esetszámai és az átoltottsági arányok 1980-tól. Az oszlopok az esetszámokat, a folyamatos vonalak az átoltottsági arányt szimbolizálják.



4. Kanyaróvírus okozta megbetegedések esetszáma és az átoltottsági arányok 1980-tól. Az oszlopok az esetszámokat, a folyamatos vonalak az átoltottsági arányt szimbolizálják.

A védőoltások hatékonyságának alapja a magas átoltottsági arány, ami azt jelenti, hogy a népességet nagy százalékban mesterségesen immunizálják, így átesnek a betegségen, és védettségük megnő a kórokozóval szemben. A kórokozó viszont csökkent számban továbbra is fennmarad a népességben. A nem beoltott vagy csökkent immunitású személyek (nem kaphatnak oltást) viszonylagos biztonságban vannak, ugyanis az oltottak csak rövid ideig fertőznek. A fertőzött, nem oltott személyek száma elenyésző, a velük való találkozás pedig még valószínűtlenebb. A betegséget így kis esetszám mellett kordában lehet tartani, a kialakult állapotot nyájimmunitásnak nevezzük.

Gondold újra! Nézz utána!

Az elmúlt két évtizedben hol és melyik eradikált betegség tért vissza járvány formájában?

Mi volt az oka a járvány kialakulásának?

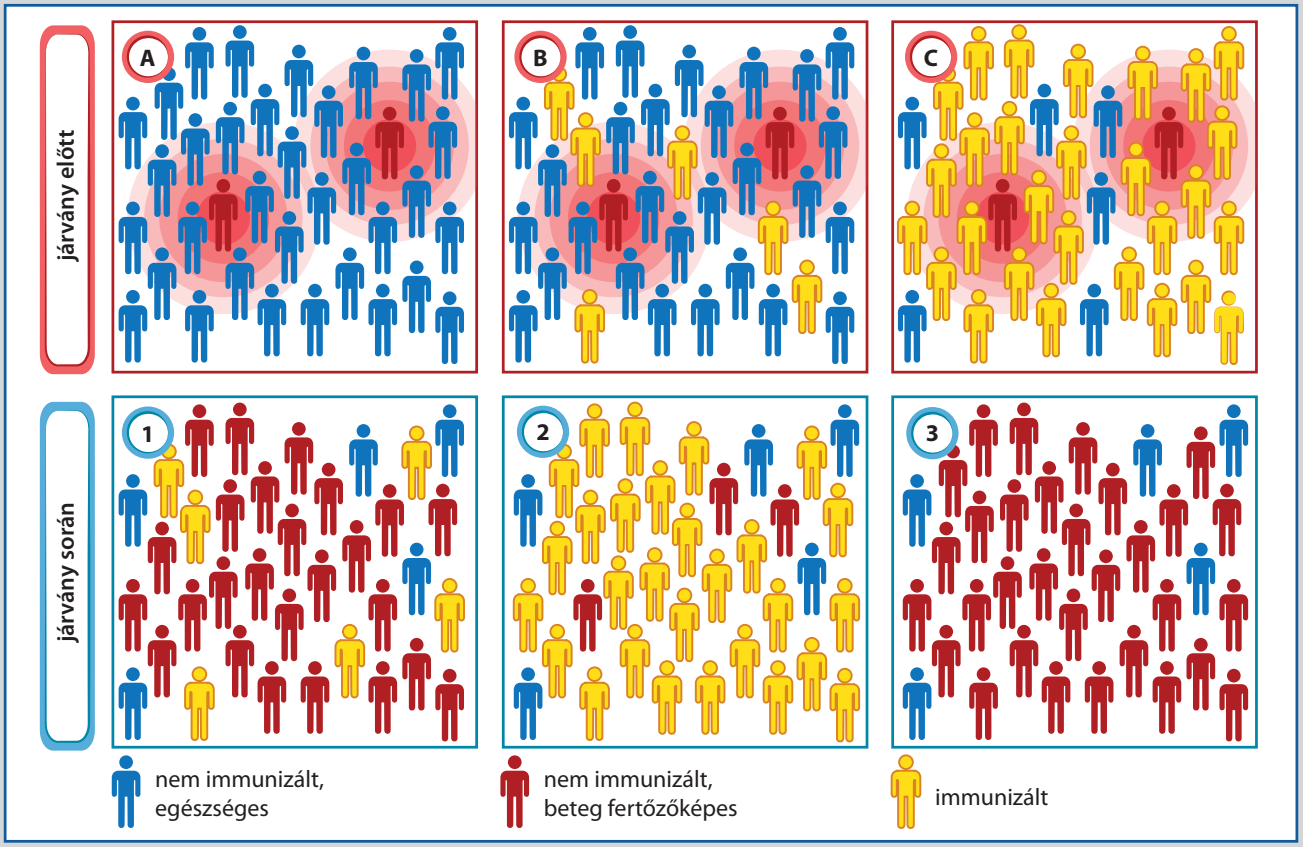
Miért nem tűnik fel egy ilyen járvány a grafikonok adatain?

Számítsd ki!

Egy járványt akkor lehet kordában tartani, ha a nettó reprodukciós ráta 1 körül van. A korábbi egyenlet és reprodukciós ráták segítségével határozd meg, mekkora átoltottsági arányra van szükség a járvány megfékezéséhez!

Gondold újra!

Hogyan változik a fertőzöttek száma eltérő átoltottsági arányok esetén egy járvány során? Párosítsd a betűkkel és a számokkal jelölt képeket!



Magyarországon a védőoltások egy része **kötelező védőoltás** (5. ábra). Ezeket a gyermek a megszületést követően a kórházban, vagy folyamatos oltási programok keretében a gyermekorvostól kapja meg, vagy kampányoltások során az iskolában. A megkapott oltásokról oltási könyvet vezetnek, a hiányzó oltást pedig ez alapján pótolják. Vannak **választható oltások**, amiket térítés ellenében lehet kérni (pl.: kullancs által okozott agyhártyagyulladás elleni védőoltás, sárgaláz elleni védőoltás). Akkor érdemes ezeket kérni, ha életmódunkból adódóan ki vagyunk téve a kórokozóval való találkozásnak (pl. sokat járunk erdőben), vagy ha fertőzéssel sújtott célországba utazunk. A választható oltások szükségességéről a háziorvossal kell konzultálni. Egy adott kórokozóval szembeni oltás első beadáskor nem váltja ki mindig az immunrendszer megfelelő aktivációját, ezért a megfelelő védettség kialakításához **ismétlő oltásokra** van szükség. Ez általában azt jelenti, hogy három alkalommal egy hónapos különbséggel megkapjuk ugyanazt az oltást. Fontos a protokoll betartása, különben nem alakul ki megfelelő védettség. Ugyanez a helyzet az **emlékeztető oltásokkal**, amiket évekkel az első oltást követően kapunk; ha ez elmarad, az immunitás megszűnik, és az oltási folyamatot elölről kell kezdeni az ismétlő oltásokkal.

Oltás neve	Betegség, amivel szemben immunizál
BCG	tuberkulózis
DTPa (dTap)	torokgyík, tetanusz, szamárköhögés
IPV	járványos gyermekbénulás
HiB	agyhártyagyulladás
PCV13	tüdőgyulladás
MMR	kanyaró, fültőmirigy-gyulladás, rózsahimlő
Hepatitis B	hepatitis B
Varilrix	bárányhimlő

5. Magyarországon kötelező védőoltások (2019)

Mint minden orvosi beavatkozásnak, így az oltásoknak is van kockázatuk, és nagyon ritka esetben vannak mellékhatások. Ezek leggyakrabban a betegséggel megegyező, de jóval enyhébb tünetek. Viszont a kedvezőtlen tapasztalatoknak nagy híre kerekedik, és ismertté válnak, így több országban találunk **oltásellenes** csoportokat, amelyek megalapozatlan, nem bizonyítható és veszélyes nézeteket vagy éppen összeesküvés elméleteket terjesztenek. Fontos megjegyezni, hogy ha az oltottak aránya csökken, az elfeledett betegségek visszatérhetnek, és akár járványokat okozhatnak.

Ítéld meg!

Alakítsatok három csoportot az osztályban! Az egyik csoport fogalmazza meg a védőoltások melletti tudományos érveket, a másik sorakoztasson fel oltásellenes nézeteket. A harmadik csoport kritikusan gondolja át az elhangzottakat, igazolja vagy cáfolja azok megbízhatóságát, tényszerűségét!

Népbetegségek és preventív egészségszemlélet

A népbetegségek folyamatosan és magas arányban vannak jelen a népességben. Minden országban küzdenek olyan betegségekkel, egészségügyi ártalmakkal, amelyek az ország lakosságának jelentős részét érintik. Általánosságban a modern társadalmakban a **civilizációs betegségek** jelennek meg nagy arányban, míg a fejlődő országokban inkább a fertőző betegségek okoznak problémát. Magyarországon népbetegségnek tekintettek: magas vérnyomás, cukorbetegség, magas koleszterinszint, köszvény, reuma, csontritkulás, allergia, daganatos betegségek, étkezési zavar, depresszió, alvászavar. Növekvő arányban fordul elő a túlsúly és az elhízás, ami számos betegség kockázatát fokozza.

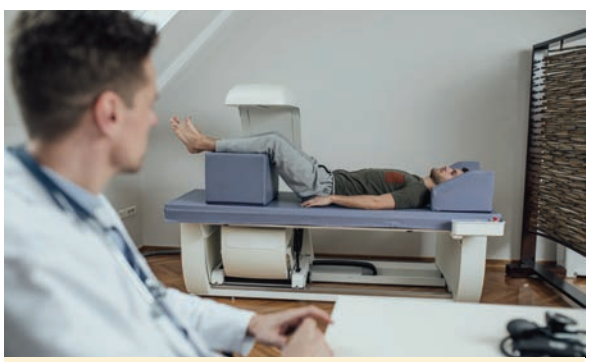
6. Allergiateszt

Ezek a betegségek a helytelen életmódból (helytelen táplálkozási szokások, aktív mozgás hiánya, munkaterhelés, stressz) adódnak. Megelőzésük egyéni és társadalmi érdek. Az egyén számára hosszabb lelki és testi egészségben eltöltött életet ad. A társadalom szempontjából pedig az egészségügyi rendszer felesleges túlterhelése kerülhető el (6–7. ábra).

A **preventív (megelőző) egészségszemlélet** célja egy olyan, a mindennapokat átölelő viselkedés kialakítása, amivel az egyén megelőzi testi és szellemi egészségének hanyatlását. Ez a tudatos étrendtől a mindennapi aktivitáson keresztül az adott életkorhoz tartozó egészségügyi szűrővizsgálatokon való részvételig különböző tevékenységeket foglal magában.

21. század és az egészségmonitorozás

Az egészségi és edzettségi állapot mérése egyszerűsödött az elmúlt időszakban. Alapvetőnek számítanak a **vérnyomás-**, **pulzusmérő** eszközök; amelyeket vérnyomásproblémákkal küzdők használnak, leginkább saját maguk monitorozására, illetve a mindennapi mérésekből származó adatokkal orvosaik pontosabban tudják



7. Csontsűrűség mérése

beállítani gyógyszeradagjaikat. Hasonló felhasználásúak a **vércukorszintmérők**, ezeket cukorbetegek használják vércukorszintjük monitorozására, és segítségükkel szintén a gyógyszeradagolás pontossága fokozható. Így a betegek mindennapjait kevésbé befolyásolja az egészségügyi problémájuk.

Az elmúlt tíz években rohamos fejlődésnek indultak az okoseszközök, és mára az **okostelefonok** képesek több fontos paraméter mérésére. Az **okosórák** és aktivitásmérők pedig tovább bővítették a mérhető paramétereket, és fokozták a mérések pontosságát. Ezekkel képesek vagyunk lépésszámot, aktív mozgással eltöltött perceket, pulzust és véroxigénszintet mérni. Az adatokból az eszköz képes elégetett kalóriát számolni, valamint sporttevékenység során nyújtott teljesítmény változását is képes naplózni. Ezek mellett a szenzorok gyors fejlődése miatt szinte évente változnak a mérhető paraméterek. Fontos, hogy az eszközök a **WHO** (World Health Organisation) ajánlásai alapján értékelik „teljesítményünket", és javaslatot tesznek aktivitásunk fokozására, ha az szükséges, értesít minket, hogy végezzünk a sok ülés után egy kis mozgást. Ezzel egy aktívabb életmód felé terel minket.

Az okoseszközök segítségével az alvásmonitorozás is lehetővé vált. Az alvásidő monitorozásán túl hipnogramot készít az alkalmazás. Beállítható, hogy reggel a REM-fázis végén ébresszen az óra, hogy a lehető legkipihentebben ébredjünk.

Rengeteg további alkalmazás segíti még a tudatos és egészséges életmód kialakítását. Nyomon tudjuk követni a naponta elfogyasztott folyadékmennyiséget és kalóriamennyiséget, ezekhez értesítéseket rendelhetünk, hogy ne felejtsünk el enni és inni. Különböző fitnesz alkalmazásokkal edzésterveket készíthetünk, és értékelhetjük a teljesítményünket, közben monitorozva vitális paramétereinket (8. ábra). A lehetőségek kifogyhatatlanok, folyamatosan fejlődnek és bővülnek, csak meg kell tanulnunk őket használni.

8. Szívfrekvencia grafikonja

Fedezd fel!

Okostelefonodon vagy okosórádon keress lehetőségeket, amelyekkel az előzőekben leírt paraméterek valamelyike vizsgálható. Állíts fel magadnak egy kihívást az alkalmazásban (pl.: tízezer lépés per nap, a napi szükséges folyadék bevitele, nyolc óra alvás), és egy hétig tartsd meg a kihívást! Röviden foglald össze a kihívás tapasztalatait!

Elemezd ki okosórád adatait! A legtöbb okosóra bármiféle pluszbeállítás nélkül méri a lépésszámot, pulzust és véroxigént. Keresd elő a rögzített adatokat, nézz utána, hogy normálisnak-e a pulzusszámok és a véroxigénszintek. Gondold végig, hogy adott napokon miért adódott az a lépésszám, amit az eszköz mért!

Kórokozóink fertőzőképességük révén tudnak emberről emberre terjedni. Hirtelen elszaporodva járványokat okoznak, amelyekkel szemben védőoltásokkal tudunk védekezni. Az átoltottsági arány növelésével a megbetegedések száma drámaian csökkenthető. Az arány fenntartásához kötelező oltásokat kapnak a kisgyermekek, amiket az iskolában a kampányoltások során ismételnek, így megfelelő védettséget adnak a leggyakoribb kórokozókkal szemben. Az oltásokkal együtt megjelent egy oltásellenes szemlélet, ami társadalmi szinten nagy problémát okoz. Magyarországon népbetegségnek számít a legtöbb civilizációs betegség. Ezek kialakulása ellen leginkább életmódunk és táplálkozásunk helyes megválasztásával tudunk tenni. Egészségi állapotunk monitorozására pedig a hagyományos eszközök mellett már elérhetők számunkra az okoseszközök, amelyek sporttevékenységünket, aktivitásunkat, szívműködésünket és elégetett kalóriáinkat nyomon követve szintén az egészséges és aktív életmód kialakítását segítik.

23. Összefoglalás

24. Elsősegélynyújtás

1. Mit tegyünk egy eszméletlen sérülttel?
2. Hogyan lássunk el egy égési sérülést?
3. Mi a teendő, ha valakit áramütés ér?
4. Mely tünetekről ismerek fel egy mérgezést (koffeinmérgezés)?

Egészségkárosodás szinte bármikor bekövetkezhet, és ha az ellátásához egészségügyi szakemberre van szükség, az esetek döntő többségében nincs a helyszínen. A megfelelő elsősegélynyújtással a sérült túlélési esélyeit nagyban megnövelhetjük a segítség (mentő/orvos) megérkezéséig. Az elsősegélynyújtónak nem kell képzett egészségügyi szakembernek lennie, egy laikusnak is kötelessége, hogy rendelkezzen az elsősegélynyújtás elméleti és gyakorlati ismereteivel, ezeket frissítse, újratanulja, hogy szükség esetén gyors, szabályos segítségnyújtást tudjon végezni. Az elsősegélynyújtáshoz aktuális és hiteles információk a *www.elsosegely.hu* honlapon érhetőek el. Az elméleti ismeretek elsajátítását **Elsősegély – Mit kell tennem?**, a mentőhívást és éles helyzetben támogatást az **ÉletMentő**, a közeledben lévő defibrillátorok megtalálását pedig a **Szív City** applikáció segíti. Ezeket érdemes megismerni, a következőkben segíteni fogják tanulmányainkat!

„Az elsősegélynyújtás nemcsak készség vagy képesség, hanem szándék, tudás és cselekvés egysége és összhangja is egyben." *Dr. Almási Róbert*

Fedezd fel!

Az Elsősegély – Mit kell tennem? applikációval nézd meg, hogyan kell stabil oldalfektetést végezni!

Az ÉletMentő applikációval lépésről lépésre vedd át, mi a teendő egy eszméletlen sérülttel!

A SzívCity applikációval keresd meg lakóhelyedhez és iskoládhoz legközelebbi defibrillátort!

Az elsősegélynyújtás alapszabályai

Egy baleset vagy váratlan esemény esetén az azonnali ellátás nem előbbre való, mint a segítségnyújtó és a rászoruló személy biztonsága. Ezért az első feladat a **helyszín biztosítása**. A feladatok eltérők lehetnek. Például közúti balesetnél a láthatóságot kell biztosítani, egy elektromos baleset esetén áramtalanítani kell, a kifolyt maró anyagot fel kell törölni, törött üvegcserepeket össze kell szedni. Miután biztosítottuk a helyszínt, **megszólítjuk** a beteget, és **felmérjük az állapotát** (eszméletlenség, légzés, panaszok).

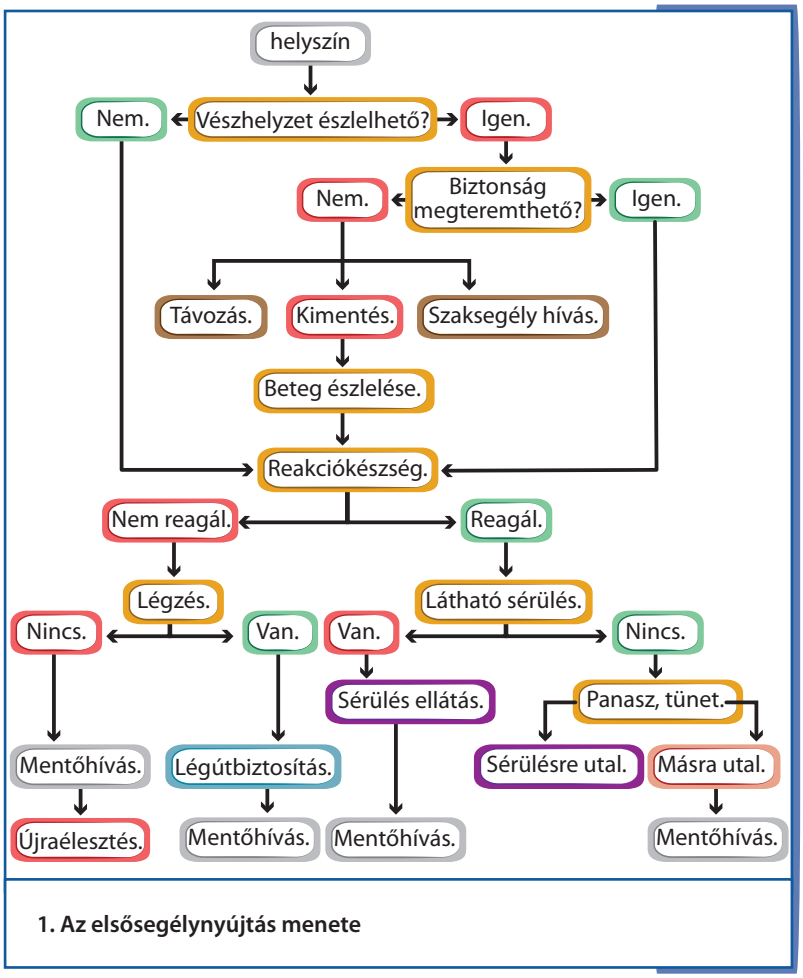
Ha éber, és súlyos az életben maradást veszélyeztető sérülése (pl.: erős vérzés, égés), akkor **elsődleges ellátást** végzünk (pl.: nyomókötés, hűtés), és ezt követően **hívunk segítséget** (mentőket), majd folytatjuk az elsősegélynyújtást.

Ha eszméletlen, de lélegzik, akkor akkor szabad légutat kell biztosítanunk stabil oldalfektetéssel, és ezt követően hívunk segítséget.

Ha eszméletlen, és nem lélegzik, akkor az újraélesztés megkezdése előtt hívjuk a mentőket.

Ha a beteg sérülési nem súlyosak, akkor előbb **hívjuk a segítséget**, majd ezt követően végezzük el az elsősegélynyújtást.

A sérült állapotának felméréshez az első feladat, hogy megállapítsuk, eszméleténél van-e. Mellétérdelünk, és megszólítjuk, ha nem kapunk választ, vállát határozottan, de nem durván megrázzuk, ha ekkor sincs válasz, a beteget eszméletlennek tekintjük. Ha vannak velünk mások, akkor segítségüket kérjük, kezdjék meg a mentő hívását. Ha nincsenek, tovább folytatjuk a vizsgálódást; meg kell állapítanunk, hogy a beteg **lélegzik-e**. Ehhez a hátán fekvő sérült mellé térdelünk, és egyik kezünket a hajas fejbőrre, míg másik kezünket az állcsúcsra helyezzük, és a fejet enyhén hátrahajtjuk. Fülünkkel a légzőnyílásokhoz hajolunk, miközben a mellkast nézzük. 10 másodpercig figyeljük, hogy a légzéshangok vagy a mellkas mozgása alapján tapasztalunk-e két légvételt, ha ez hiányzik, a beteget klinikai halottként kezeljük. A mentőhívást követően pedig megkezdjük az **újraélesztést.** Ha több ember is van a helyszínen, akkor induljon el az újraélesztés miközben valaki beszél a mentőkkel (1. ábra).



1. Az elsősegélynyújtás menete

Betegvizsgálat

Az elsősegélynyújtás során minimálisra kell csökkentenünk annak az esélyét, hogy a beteg állapotán tovább rontsunk, ezért szükséges a beteg vizsgálata. A súlyos sérülés észlelése gyorsan megtörténik (pl. rendellenes helyzetű végtag, járműből kizuhant, nyílt hasi sérülés). Ha nincsenek jól szembetűnő sérülések, éber betegnél **kikérdezzük** a panaszairól. Függetlenül attól, hogy a beteg eszméleténél van-e, szükséges lehet a **tapintásos betegvizsgálat**, aminek során további sérüléseket, töréseket keresünk, éber betegnél a fájdalom meglétét és hiányát is vizsgálhatjuk. A vizsgálat során ujjbegyeinkkel tapintsuk át a koponyát, a nyaki gerincszakaszt (ha hozzáférhető), a két kulcscsontot. Óvatosan nyomkodjuk végig a szegycsontot. Két oldalról 2–3 helyen nyomjuk a mellkast a test középvonala felé. A végtagokat is nyomkodjuk végig óvatosan. **Gerincsérülés** gyanúja esetén azonban **ne mozgassuk** a sérültet.

Kommunikáció és mentőhívás

Az elsősegélynyújtótól türelmes, empatikus, ha szükséges, határozott és lényegre törő kommunikációt várnak el. Éber beteg esetén a megszólítást követően nyugtassuk meg a beteget, és ezután kérdezzük a történtekről. Az ellátás során pedig **folyamatosan kommunikáljunk** vele, hogy mi fog történni. Kisgyerekekkel és

idősekkel is viselkedjünk partnerként. Zavart betegnél pedig legyünk türelmesek és empatikusak.

Mentőt kell hívni, ha egy személy azonnali egészségügyi ellátásra szorul, ennek oka lehet életveszélyes sérülés (súlyos vérzés, csonttörés), klinikai halál állapota, mérgezés, szülés megindulása, erős fájdalom, környezetet veszélyeztető magatartászavar vagy más riasztó panasz (bénulás, beszédzavar, nehéz légzés).

A **mentőhívás** során röviden, tárgyilagosan megadjuk a **nevünket, telefonszámunkat,** a baleset lehető legpontosabb **címét,** a **sérültek számát**, a sérültek **állapotát** (eszméletlenség, légzés, vérzés, törés), és hogy **szükséges-e műszaki mentés** (kocsiba szorult sérült, épület romjai alá szorult sérült).

Klinikai halál és biológiai halál

Amikor egy eszméletlen embernél nem tapasztalunk légzést, akkor az elsősegélynyújtás során **klinikai halottnak** tekintjük. A klinikai halál nem egy állapot, hanem egy folyamatot jelöl, aminek során a légzés és keringés hiánya miatt a szervezet oxigénszintje vészesen csökken, a sejtek oxigénellátása pedig egy idő után megszűnik. Az időablak a keringés leállása és a sejtek pusztulásának kezdete között a sejttípustól függ. Az idegsejtek esetében például a leggyorsabb, és a keringés leállást követően 3-5 perccel már nincs számukra elérhető oxigén, így pusztulni kezdenek. Az elsősegélynyújtó ezt a sejtpusztulási folyamatot tudja visszafordítani az **újraélesztéssel** – a keringés újraindításával. Sikeres újraélesztés esetén a keringés és a légzés újraindul, és a szervezet oxigénszintje emelkedni kezd; a sejtek életben maradnak. Ha az újraélesztés nem sikeres, akkor beáll a **biológiai halál** állapota, ekkor a sejtek a huzamos oxigénhiány miatt elpusztultak, és nincs remény a folyamat megfordítására. Biológiai halál állapotáról beszélünk továbbá, ha a sérültnek élettel összeegyeztethetetlen sérülése van, a test bomlásnak indult, hullamerevség állapotában van, vagy a testen hullafoltokat tapasztalunk.

Újraélesztés

Légzésleállás esetén a mentőhívást követően az elsősegélynyújtónak újraélesztést kell végeznie. A sérült mellé térdelünk, és kézfejeinket az ujjainknál átkulcsoljuk. Az alsó tenyér párnás részét a sérült mellkasának középvonalába, a szegycsont alsó felére helyezzük. Egyenes háttal és a karok behajlítása nélkül elkezdhetjük a 30 **mellkaskompressziót,** aminek során 5-6 centiméterrel nyomjuk be a szegycsontot. Ezután egyik kézzel a beteg orrát befogjuk, másik kézzel az állcsúcsnál fogva a fejet hátrahajtjuk, és két **befúvást** végzünk. A befúvásokat követően fejünk oldalra hajtásával figyeljük a mellkas süllyedését. A kompressziót és befúvásokat 30:2 arányban folytatjuk. Az ütem kialakításában segít az ÉletMentő applikáció! Ha valakinek problémát okoz a befúvás, **a jól kivitelezett kompresszió prioritás**, azt végezze folyamatosan.

Mozdulj!

Figyelem! Az újraélesztés nem gyakorolható élő emberen, csak embert modellező eszközön!

Az újraélesztés gyakorlásához használjunk egy levegővel telt lezárt PET-palackot, és az Élet Mentő segítségével adjuk meg a ritmust a mellkaskompresszióhoz! Legalább 3 percen keresztül végezzük szabályosan a mellkaskompressziót!

Újraélesztés gyakorlása modellbábu segítségével

Defibrillátor használata

A félautomata és automata defibrillátorok az újraélesztés sikerességét növelik. A Szív City app segít megtalálni a legközelebbi eszközt. Ha van segítségünk, és a közelben van eszköz, akkor küldjük el érte a segítőt, amíg mi elkezdjük az újraélesztést. Ha egyedül vagyunk, és az eszköz messze van, akkor kezdjük meg a mentőhívást és az újraélesztést. Az eszköz nagy teljesítményű elektromos impulzust ad le, ami a szív ingerképző rendszerét újra beindítja/helyreállítja. Működési elve miatt a nem megfelelő használata a sérültre és az elsősegélynyújtóra nézve is veszélyes lehet. Ezért **az eszköz folyamatosan szóban tájékoztat** a helyes használat lépéseiről. A főbb lépések a tappancsok felhelyezése a csupasz bőrfelületre a jobb kulcscsont alatt és a bal oldali bordák alsó részére. Eltávolodás a betegtől, majd a sokkolás (2. ábra). Ezután nem szükséges levenni a tappancsokat, folytatódhat az újraélesztés, újbóli sokk elvégzésére a berendezés utasítást ad.

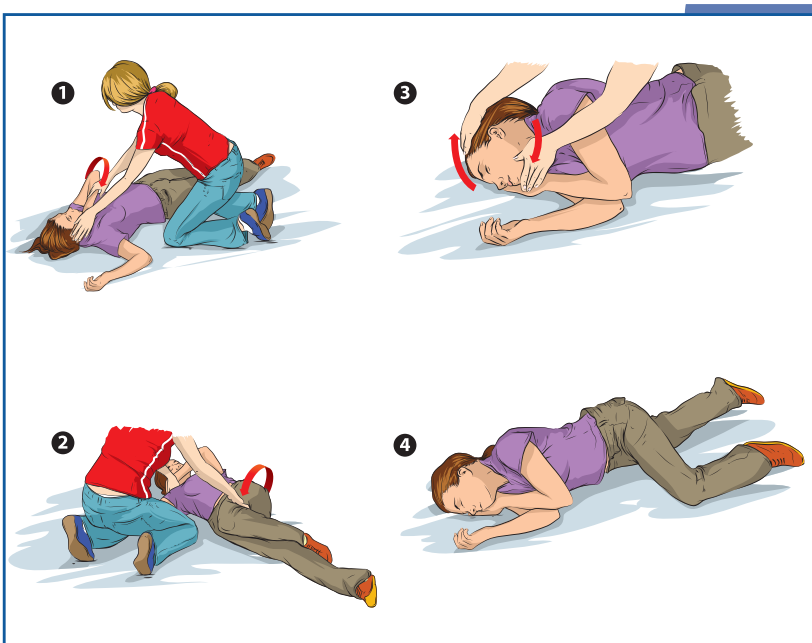
2. Automata defibrillátor használata – sokkolás előtti pillanat

Fedezd fel!

Az Elsősegély – Mit kell tennem applikációval nézd meg, hogyan kell a félautomata defibrillátort szakszerűen használni!

Stabil oldalfektetés

Eszméletlen, légútbiztosított sérült esetén, oldalfektetést kell végezzünk. Ha **gerincsérülés** gyanúja merül fel, pl. magasról esés, motorbaleset stb. akkor **ne alkalmazzunk** oldalfektetést! A sérült feküdjön a hátán és lábai legyenek összezárva. Térdeljünk a beteg csípőjével egy vonalba. A közelebbi felkar legyen merőleges a törzsre, és könyöknél szintén fordítsuk derékszögbe. A másik kart tenyérrel kifelé fordítva helyezzük a sérült arcának hozzánk közelebbi részére, és tartsuk ott tenyerünkkel. A másik kezünkkel fogjuk meg a távolabbi lábat, és térdnél hajlítsuk be, majd a térdnél fogjuk meg, és óvatosan billentsük magunk felé. A fejet hajtsuk kissé hátra. A felül lévő lábat a csípőnél és térdnél hajlítsuk derékszögbe (3. ábra). Ebben a pozícióban a légutak átjárhatósága biztosított, de fontos, hogy **ellenőrizzük a beteg légzését** időről időre. Az oldalfektetést követően hívhatjuk a mentőket.



3. Stabil oldalfekvés

Mozdulj!

Alkossatok hármas csoportokat, egy ember legyen a sérült, egy ember az elsősegélynyújtó, és egy megfigyelő. A következő esetekből válasszon egyet a „sérült”, és szimuláljátok a helyzetet. A megfigyelő egy értékelőlapon vezesse az elsősegélynyújtó munkáját! A szimuláció végével cseréljetek szerepeket!

(Ha újraélesztést kell szimulálni, akkor használjátok a PET-palackot.)

Esetek:

	Elsősegélynyújtónak	Sérültnek
1.	Napközben az utcán talál rá a személyre, az a földön fekszik a hátán, és mozdulatlan.	Eszméletlen, és nincs légzése
2.	Egy járókelőt egy kis sebességgel közlekedő autó ütött el, két métert repült a levegőben, majd a járdára esett.	Eszméleténél van, kissé szédül, és hányingere van. Külső sérülés nincs.
3.	Egy kis boltba belépve az eladó a hasán fekszik, mozdulatlan. Sérülést okozó tárgy nincs a környezetében.	Eszméletlen, és van légzése.

Vérzéstípusok, sebtípusok és ellátásuk

A vérzéssel járó sérülések okai igen különbözők lehetnek: csonttöréshez kapcsolódó, sebzés okozta (4. ábra), a testet ért nagy erőhatás okozta (belső) vérzés, de előfordul olykor, hogy egy kisebb ér elpattanása okozza (orrvérzés).

Hatások	Sebtípus
éles tárgy végighúzva testfelszínen	metszett seb
éles tárgy merőlegesen a testbe fúrva	vágott seb
tompa tárggyal való ütődés	horzsolt vagy roncsolt seb
hegyes tárgy merőlegesen a testbe fúrva	szúrt seb
állati vagy emberi harapás okozta	harapott seb
lőfegyver okozta	lőtt seb

4. A különböző hatások esetén kialakuló sebtípusok

A vérzéseket különböző szempontok szerint csoportosítjuk. **Értípus szerint** beszélünk hajszáleres vérzésről, aminél általában gyenge a vérzés, ellátása fedőkötéssel történik. A vénás vérzésnél a kifolyó vér sötétpiros, folyamatosan folyik, artériás vérzésnél élénkpiros, és lüktetve, sugárban távozik, mindkét esetben nyomókötést és direkt nyomást kell alkalmazni az ellátás során. A **vérzés erőssége** alapján beszélünk gyenge és erős vérzésről. Ez a csoportosítás segíti az ellátás egyszerűbb eldöntését. Gyenge vérzésnél fedőkötést alkalmazunk, erős vérzésnél direkt nyomást és nyomókötést. A vérzéseket továbbá el kell különíteni aszerint, hova távozik a vér. Az esetek többségében **külső vérzéssel** találkozunk, ekkor a testen kívülre ürül. Ha az érpályát elhagyó vér a testbe folyik, **belső vérzésről** beszélünk. A **sérülés helye szerint** ki kell emelni az orr-, fül- és szájüregi vérzést, ugyanis ezek speciális ellátást igényelnek.

Vérzéssel járó sérüléseknél fennáll a **kivérzéses sokk** kialakulása. A vérveszteség miatt a szervezet keringése zavart szenved; először a kis vértérfogat káros hatásait próbálja ellensúlyozni, de ha vértérfogat tovább fogy, akkor így sem tudja fenntartani a szervek oxigénellátását, és bekövetkezik azok károsodása. A sérülten tapasztalható tünetek a sápadtság, gyengeség, hideg verejtékezés, szomjúság és szédülés. Ha vérzéses sérültön ezeket a tüneteket tapasztaljuk, akkor, ha lehetséges, alkalmazzunk **sokkfektetést.** Ennek során a hátán fekvő sérült lábát 45–60 fokos szögben emeljük fel.

A vérzéses sérültnél az elsősegélynyújtó feladata, hogy a vérzést csökkentse, megszüntesse, és a fertőzés lehetőségét minimalizálja; ehhez különböző kötéseket alkalmazunk.

Fedőkötést gyenge vérzéseknél végzünk (5. ábra). Ha szükséges, elsőként tisztítsuk meg a sebet hideg vízzel vagy fertőtlenítőszerrel átitatott steril kötszerrel, a sebtől távolodva. Ezt követően fertőtlenítsük a sebet (Betadine-oldat). A fedőkötéshez steril mull-lapot helyezzünk a sebre, majd mullpólyával a végtag vékonyabb felénél kezdjük el több, egymást fedő menettel. A menetek a végtag belső oldalától kifelé haladjanak, és részben fedjenek át. A kötés végén szintén legyen több teljesen átfedő menet, majd rögzítsük a kötést.

Nyomókötést erősebb vérzéseknél alkalmazunk. Tisztítást és fertőtlenítést végezzünk először, majd tegyünk mull-lapot a sérülésre, és kezdjük el mullpólyával a betekerést. A sérülés fölé érve helyezzünk egy feltekert pólyatekercset a mull-lapra, és a mullpólyával írjunk le nyolcasokat felette (6. ábra). A pólyálás végén rögzítsük a kötést. A fedő- és nyomókötésnél, ha a sérült átvérzi a kötést, készítsünk újabb kötést a meglévő fölé.

Sapkakötést fejsérülésnél alkalmazunk. Fertőtlenítést követően a sebre mull-lapot helyezünk, majd két pólyatekerccsel rögzítjük. Először vízszintesen tekert mullpólyát rögzítsük és közbe elölről indulva kezdjük el függőleges meneteket, amíg be nem fedi az egész fejtetőt (7. ábra).

5. Fedőkötés előkészítése

6. Nyomókötés gyakorlása ép végtagon

7. Sapkakötés

Mozdulj!

Alkossatok háromfős csoportokat, és gyakoroljátok a fedőkötés elkészítését! Az egyikőtök mindig a megfigyelő szerepét töltse be, hogy megfelelő-e az elkészült kötés! Ha készen vagytok, egy emberrel tekerjétek újra a mullpólyát, és cseréljetek szerepeket!

Égési sérülések és ellátásuk

A kültakarót ért hőhatás során kialakuló sérülés. Osztályozása a sérülés mélysége alapján történik. Az **elsőfokú** égés csak a hámréteget érinti; a bőr piros, duzzadt és fájdalmas. **Másodfokú** égésnél az irha is sérül, és folyadékkal telt hólyagok jelennek meg a bőrön. **Harmadfokú** égésnél a bőralját is érinti az égés; a bőrfelszín ilyenkor piszkosszürke, és érzéketlen. Negyedfokú égésnél pedig a bőr elszenesedik, fekete.

Az égési sérülések ellátása során a cél, hogy **hűtsük** a sérülést, ha lehetséges, ezzel csökkentve a továbbterjedését. Továbbá a sérülés **fertőtlenítésével** és letakarásával a fertőzés- és a kiszáradásveszélyt csökkentjük. Kis testfelületet érintő (<10%) első- és másodfokú égési sérülésnél 10–15 perc hűtés javasolt, nagyobb testfelületet érintő égésnél csak 1-2 percig hűtsük. **Harmad- és negyedfokú** égési sérüléseknél **ne végezzünk hűtést**. A hűtés időtartama módosul kisgyermekeknél és időseknél, mindig figyeljük a kihűlés jeleit. A hűtéshez csapvizet használjunk! A seb körül végezzünk ezután fertőtlenítést, majd fedjük le a sérülést fedőkötéssel. Égés érheti a tüdőt is, ha a sérült meleg gázt lélegzett be. Nagyobb fokú és nagyobb területet érintő vagy belső szervet ért égés esetén hívjunk mentőt!

Számold ki!

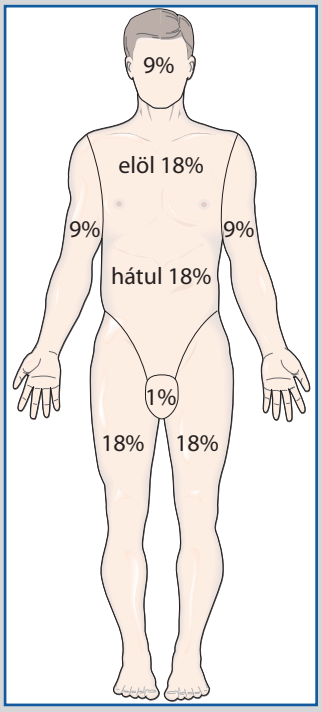
Az égés típusának megállapítása mellett fontos az égés területének a megállapítása, ehhez a 9-es szabályt alkalmazzuk. A testfelületet 9%-os részekre osztjuk:

Testrész	Százalékos értéke
fej	9%
törzs elülső része (mellkas és has)	2×9%
törzs hátulsó része	2×9%
két kar	2×9%
két comb	2×9%
két lábszár	2×9%
nyak és nemi szervek	1%

Ha egy testrész a felsoroltakból nincs teljesen megégve, akkor egy tenyérnyi terület 1%-nak számít!

Mekkora az égett testfelület százalékban,

- **ha megégett a beteg törzsének teljes elülső felszíne, mindkét karja és mindkét combja?**
- **ha a fej és a mellkas teljes hátsó felszíne és a has hátsó felszíne megégett egy háromtenyérnyi területen?**



Csont- és ízületi sérülések típusai és ellátása

A csontsérülés általános tünete, hogy a törés területén duzzadt a testrész, nyomásra és mozgatásra érzékeny, az éber sérült fájdalmat érez az adott testtájon. Az ellátás során törekednünk kell, hogy a sérült végtagot a lehető legkevésbé mozgassuk.

Zárt törés, amikor a törött csontvég nem látható. **Nyílt törés**, amikor a törött csontvég átszúrja a kültakarót.

Mozdulj!

Alakítsatok 5 fős csoportokat, és az Elsősegély – Mit kell tennem? applikáció útmutatása alapján végezzetek az eszméletlen gerincsérültnél alkalmazható farönkgörgető technikát!

Alakítsatok 2 fős csoportokat, és gyakoroljátok a karsérüléseknél leírt rögzítési technikákat!

Alkarsérülés esetén a feladat a kar felfüggesztése, ezzel tehermentesítjük a végtagot, és az ellátásig csökkentjük a beteg fájdalmát. A beteget megkérjük, hogy hajlítsa derékszögbe be alkarját, és az ép karral tartsa meg a másikat. Egy háromszögletű kendő leghosszabb oldalával szembeni végére csomót kötünk, a csomózott csúcsot a sérült kar könyökéhez illesztjük, majd a nyak mögött megkötjük. **Felkarsérülés** esetén az előzőket az egészíti ki, hogy a felkart egy másik háromszögletű kendővel a törzshöz rögzítjük.

Lábsérülés esetén éber sérültnél sem tudjuk a végtagot tehermentesíteni semmilyen módon, ezért nyugalomban hagyjuk, a végtagot nem mozgatjuk, és segítséget hívunk.

Koponyasérülést kell feltételezzünk a fejen lévő sérülés esetén, valamint ha a beteg szeme körül bevérzés található, illetve ha bármilyen külsérelmi nyom nélkül fejfájásra, szédülésre, hányingerre panaszkodik, vérzik az orra vagy a füle. Ebben az esetben éber betegnél enyhén emeljük meg a felsőtestet, eszméletlen sérültnél tartsuk meg a fejet, mert nem zárható ki a gerincsérülés. Állítsuk el a járulékos fül- és orrvérzést, ha van.

8. Alkartörés ellátása gipszeléssel, és a kar nyugalomba helyezésével

Mellkassérülésnél a legnagyobb veszély, hogy a törés során keletkezett csontvégek kilyukasztják a mellkasfalat vagy a tüdőt. Fő feladat a beteg nyugalomba helyezése, így a további sérülést minimalizálhatjuk, ehhez a félülő testhelyzet a legmegfelelőbb, amikor a beteg háta a földdel 45°-os szöget zár be. Eszméletlen betegnél stabil oldalfektetést alkalmazunk, úgy, hogy a sérült mellkasfél van alul.

Gerincsérülés esetén csak megfelelő szaksegítség tudja ellátni a beteget beteget, mozgatni nem szabad, oldalfektetés sem alkalmazható. Éber és eszméletlen betegnél is tartsuk meg a nyakat, hogy a további sérülést elkerüljük.

Nyílt végtagsérülés esetén a végtagot ne mozgassuk, a sérült területen alkalmazzunk fedőkötést.

Rándulásról akkor beszélünk, ha két ízületi felszín eltávolodik egymástól, az ízületi szalagok megnyúlnak, esetleg elszakadnak, de a felszínek visszatérnek eredeti helyükre (9. ábra). A **ficam** ettől abban tér el, hogy a két felszín nem tér vissza egymáshoz, hanem abnormális pozíciót vesz fel. Mindegyik esetben az ízület duzzadt, a terület elszíneződött (kékes-lilás), a sérült testrész mozgatása, nyomása fájdalmas. Egy elsősegélynyújtónak nem feladata megállapítani, hogy melyik állapot áll fenn. Cél viszont a beteg nyugalomba helyezése és fájdalmának csökkentése. Csukló-, könyök- vagy vállsérülés esetén háromszögletű kendővel rögzítjük a sérült végtagot. Boka- vagy térdsérülés esetén rugalmas pólyával rögzíthetjük az ízületet. Majd a beteg állapotától függően mentőt hívunk, vagy bevisszük a legközelebbi kórház sürgősségi osztályára.

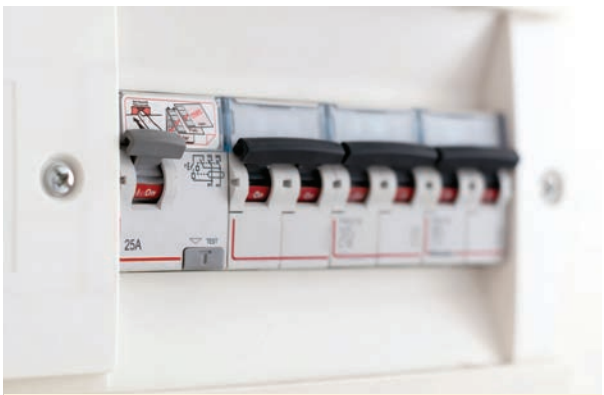
9. Boka rádulás vagy ficam esetén elvégezhető segélynyújtás lépései.

Áramütés és mérgezés

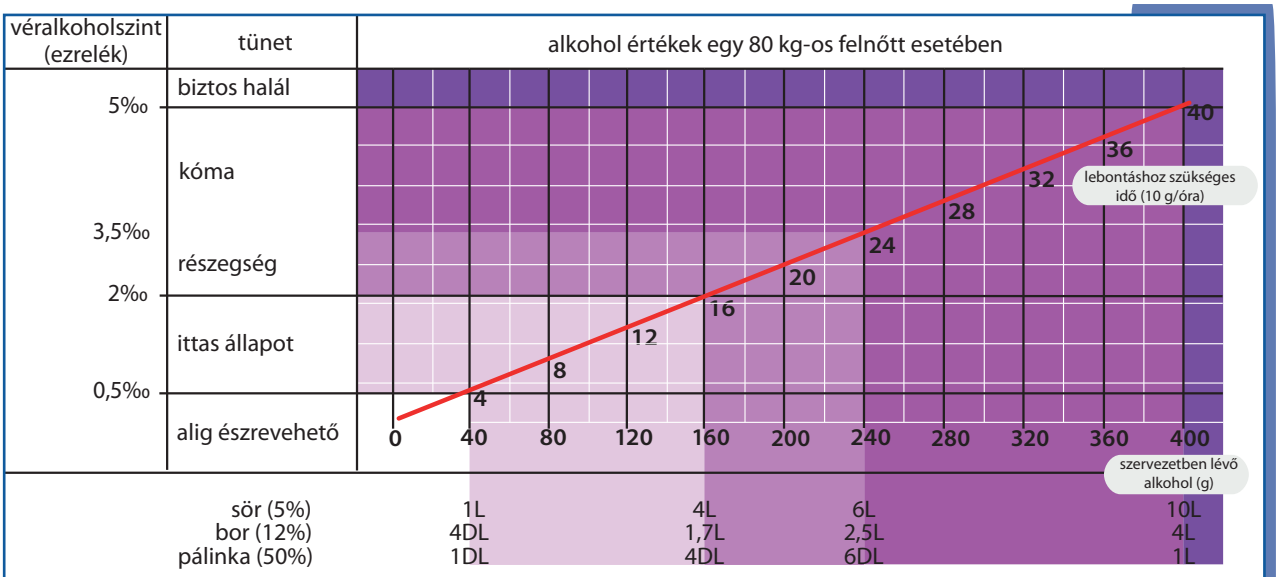
Áramütés érhet minket az otthonunkban (10. ábra), az utcán egy nagyfeszültségű vezeték leszakadása esetén vagy villámcsapáskor. A testen áthaladó áram felhevíti a testet, főleg a belépési és kilépési ponton, és a szervek működését megzavarja, leállíthatja. Az áramütést elszenvedő személy nem képes megszüntetni a kapcsolatot az áramforrással. Az elsősegélynyújtónak ezért ez az első feladata, vagy áramtalanítja a helyiséget a biztosíték lekapcsolásával, vagy egy nem vezető tárggyal megszünteti a kapcsolatot a sérült és az áramforrás között. Ezek után történik a beteg ellátása: elsőként megnézzük, eszméleténé van-e, és hogy van-e légzése. A tapasztaltaknak megfelelően járunk el. Ha a beteg lélegzik, akkor az áram belépési és kilépési pontját hűteni, fertőtleníteni kell, és fedőkötéssel be kell takarni.

Mérgezések során a szervezet normál működése megváltozik, a zavar gyakran életveszélyes állapotot idéz elő, ezért ha lehetséges, a mérgezés miatt fellépő tüneteket csillapítani kell, és szükség esetén mentőt kell hívni. A mentőriasztások egyötödét mérgezéses esetek adják. Általánosan elmondható, hogy a beteget helyezzük nyugalomba, és a mentők megérkezéséig maradjunk vele. Fontos, hogy a beteget ne hánytassuk semmilyen esetben sem, ugyanis ha már a mérgezés tüneteit tapasztaljuk, ezzel nem tudunk segíteni az állapotán, csak rontunk vele.

Ételmérgezésnél hasfájást, hányást, émelygést és verejtékezést tapasztalhatunk. A beteget helyezzük nyugalomba, kérdezzük ki, mi okozhatta a mérgezést. Végezzünk folyadékpótlást, és ha a tünetek nem múlnak, hívjunk mentőt.



10. Ma már kötelező a biztosítékok mellett érintésvédelmi kapcsolót, úgynevezett FI- relét is beüzemelni, ami akkor kapcsol le, ha áramszivárgást észlel



Egy felnőtt személy mája kb. 10 g alkoholt képes lebontani óránként.

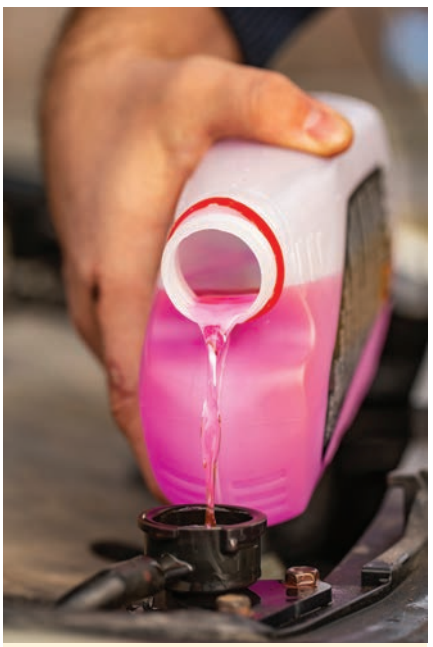
11. Véralkoholszint és tünetei

Gázmérgezést a háztartásban leginkább szén-dioxid, szén-monoxid vagy klórgáz okozhat. **A szén-dioxid és a szén-monoxid** koncentrációjának növekedését egy helyiségben leginkább a rosszul működő fűtőberendezés (gázkonvektor, cserépkályha, kandalló, gázbojler) okozza, illetve a szén-dioxid esetén a must forrása során is nagy mennyiségben keletkezik. Mindkét gáz esetén a személy émelygést, fejfájást érzékel, további kitettség esetén pedig eszméletvesztés következik be. Az elsősegélynyújtóra a legnagyobb veszélyt a még jelen lévő színtelen, szagtalan gáz jelenti. Ezért ha feltételezhető a gázmérgezés, a beteg ellátását meg kell előzze a szellőztetés, így biztosítva a helyszínt. Eszméletlen beteg légzését megvizsgáljuk, légutat biztosítunk. Eszméleténél lévő mérgezettet szabad levegőre visszük, és nyugodt, mély légzésre kérjük.

Klórgázmérgezés is előállhat egy háztartásban a tisztítószerek nem megfelelő használatával. Nátrium-hipoklorit és sósav összeöntésével előállítható a gáz, ami megül a helyiségben, mert nagyobb sűrűségű, mint a levegő. A mérgezett kis mennyiségű klórgáz belélegzése esetén köhög és könnyezik, nagyobb mennyiség esetén nehéz légzése van, még nagyobb mennyiség esetén légzésbénulás és eszméletvesztés lép fel. Az elsősegélynyújtó ebben az esetben megérzi a gáz szagát, és így a helyiség szellőztetésével helyszínbiztosítást végez. Eszméletlen beteg légzését megvizsgáljuk, légutat biztosítunk, légzésbénulás esetén újraélesztést kezdünk. Az eszméleténél lévő mérgezettet szabad levegőre visszük, és nyugodt, mély légzésre kérjük.

Alkoholmérgezés akkor alakul ki, ha a véralkoholszint már magasabb, mint erős részegség esetén (11. ábra). A probléma, hogy a mérgezett elveszti eszméletét, vérnyomása és testhőmérséklete csökken, és leállhat a légzése. Ezért nyugalomba kell helyezzük, és nem szabad hagynunk, hogy kihűljön. Eszméletlen személynél légútbiztosítás szükséges. Mielőbb értesítsük a mentőket.

Az etilénglikol-mérgezés (pl. gépkocsi fagyálló folyadék) nagyon hasonló az alkoholmérgezéshez, de hosszabb távon leállítja veséket, ezért feltétlenül szakellátást kell kapnia a betegnek! A mérgezettnél lévő folyadékból következtethetünk a problémára. Ellátása az alkoholmérgezéssel megegyező (12. ábra).



12. A fagyálló folyadék édeskés íze miatt gyakran gyerekek, vagy a házi kedvencek is mérgezést szenvednek. Mindig tartsuk elzárva!

Számold ki!

Hány doboz energiaital elfogyasztása okoz koffeinmérgezéses tüneteket? Vedd figyelembe a különböző térfogatú kiszereléseket!

Ital	Koffeintartalom (mg/100 ml)
presszókávé	50–180
koffeinmentes kávé	1–2
fekete tea	40–70
energiaital	15–50
kóla	9–11

Fedezd fel!

Vizsgáld meg az otthoni fűtésrendszert és melegvíz-rendszert! Előfordulhat-e szén-dioxid, szén-monoxid koncentrációnövekedése a lakásban? Mit kell tenni, hogy a berendezés megfelelően működjön, és ne legyen a használata veszélyes? Nézz utána a szén-monoxid érzékelők alkalmazási lehetőségének!

Vizsgáld meg az otthoni tisztítószereket! Melyek összeöntésével lehetséges klórgáz előállítása?

Mozdulj!

Alkossatok 3 fős csoportokat! Két fő beszéljen meg egy mérgezéses szituációt. Az egyik tag legyen a mérgezett, a másik a narráló (nem szimulálható körülmény, tényező), a harmadik személy legyen az elsősegélynyújtó. A narráló figyelje, hogy az elsősegélynyújtás minden eleme megfelelő sorrendben megtörténik-e! A kész szituációt mutassátok be tanárotoknak!

Koffeinmérgezést általában csak enyhe formában szenvedünk (600 mg-tól). A halálos adag ugyanis 5–10 gramm. A mérgezések viszont gyakoribbak, ahogyan egyre divatosabbak és könnyebben hozzáférhetők a koffeines italok, tabletták (13. ábra). A mérgezés tünetei: hányinger, szédülés, hasmenés, gyakori vizelés, szapora szívdobogás és ideges, nyugtalan viselkedés. A mérgezettet helyezzük nyugalomba, és itassunk vele vizet. Ha a tünetei nem enyhülnek néhány órán belül, hívjunk mentőt.

13. Megtévesztő, hogy az energiaitalokat az üdítőkkel egy polcon árusítják

Az elsősegélynyújtás célja, hogy a sérült túlélési esélyeit növeljük az egészségügyi szakemberek megérkezéséig. Az elsősegélynyújtás kötelességünk bajba jutott embertársunk számára. Eszméletlen sérültnél a legfontosabb a légútbiztosítás, és klinikai halál állapota esetén az újraélesztés megkezdése. Az újraélesztéshez segítségként az ország egész területén rendelkezésünkre állnak defibrillátorok. Stabil állapotú sérült esetén a légzés biztosításához használjunk stabil oldalfektetést. Vérzések csillapításához használjunk fedő- vagy nyomókötést. Égési sérüléseknél hűtés, fertőtlenítés és fedés hármasával tudunk a legtöbbet segíteni a sérülten. Csont- és ízületi sérüléseknél ne mozgassuk feleslegesen a végtagot, bízzuk az ellátást mentőkre. Áramütésnél mindig az áramforrás kiiktatása legyen az elsődleges cél, és ezután az ellátás. Mérgezéseknél ne végezzünk hánytatást, és távolítsuk el a sérültet a méreg forrásától. Az elsősegély során mindig időben és pontosan értesítsük a mentőket, a sérülttel pedig legyünk megértőek és támogatók.

24. Összefoglalás

V. AZ ÉLŐHELYEK ÉS A BIOLÓGIAI SOKFÉLESÉG

25. A populációk tűrőképessége, és időbeli változásai
26. A populációk közötti kölcsönhatások
27. Fény-, hőmérsékleti és vízellátási viszonyok
28. A levegő
29. A talaj
30. Környezetvédelem, természetvédelem
31. A légszennyezés hatásai az élővilágra
32. Ciklikus változások az életközösségek életében
33. A biológiai sokféleség

25. A populációk tűrőképessége, és időbeli változásai

1. Mi az ökológiai környezet és a tűrőképesség? Miben különbözik az élettani és az ökológiai tűrőképesség?
2. Hogyan határozza meg a fajok elterjedését a Földön az egyes környezeti tényezőkkel szembeni tűrőképességük?
3. Mitől függ, hogy egy populáció korlátlanul vagy korlátozottan növekszik?
4. Meddig növekedhet az emberiség létszáma?

Idézd fel!

Ismételd át a 9. évfolyamon már tanult fogalmakat!

Populáció (ökológiai): valamilyen vizsgálati szempont alapján azonosnak tekintett élőlények csoportja.

Populáció (genetikai): az egy fajhoz tartozó, egymással szaporodni képes egyedek csoportja, szaporodási közösség.

Életközösség (társulás): egy időben, egy helyen élő, különböző fajokhoz tartozó, egymással kölcsönhatásban lévő populációk együttese. A társulások faji összetétele többé-kevésbé állandó, megjelenésüket az uralkodó növényfajok határozzák meg.

Biom: Az éghajlati öveknek megfelelően kialakult nagy kiterjedésű, hasonló arculatú növényzeti zónák a Földön.

Ökoszisztéma: olyan ökológiai rendszer, melyben a populációkat és a belőlük felépülő életközösségeket az élettelen környezetükkel együtt értelmezzük.

Bioszféra: a biológiai szerveződés legmagasabb szintje, amely magában foglalja az egész földi élővilágot.

Egyed feletti szerveződési szintek

A természetben az egyedek közös sajátságokkal jellemezhető, összehangoltan működő **egyed feletti szerveződési szinteket:** populációkat, életközösségeket (társulásokat), biomokat, bioszférát alkotnak. Az **ökológia** tudománya ezeknek a szerveződési szinteknek a kialakulását, fennmaradását, változásait, valamint az ezeken a szinteken lejátszódó jelenségeket és azok okait vizsgálja. Az élőlények közösségei környezetükkel szoros kölcsönhatásban élnek, fennmaradásukat, fejlődésüket, elterjedésüket jórészt az határozza meg, mennyire sikeresen alkalmazkodnak környezetük állandó és változó elemeihez. Az állatvilág tagjainak többsége ebből a szempontból különleges helyzetben van, mert viselkedésükkel is képesek alkalmazkodni.

Gondold át!

Egy dombvidék tölgyerdeiben, a kocsányos tölgy törzsében él a nagy hőscincér lárvája. Olyan sérült, de még élő fák belsejében táplálkozik és fejlődik, melyeket a napfény legalább a nap egy részében erősen megvilágít. Az erdőszélen emberi zavarás hatására megtelepedett nagy csalánon él a bogáncslepke hernyója, a kifejlett lepke röpködése közben olykor rászáll azokra a tölgyfákra is, melyekben a nagy hőscincér lárvái növekednek. Az erdő lakója a fekete harkály is, mely erős csőrével a fák kérge alól szedi ki a különböző rovarok lárváit. A kidőlt holt fák lebontásában szaprofita gombák (pl. lepketapló) és rovarlárvák (pl. nagy bíborbogár) is részt vesznek.

Mi számít a fent említett gomba-, növény- és állatfajok élőhelyéül?

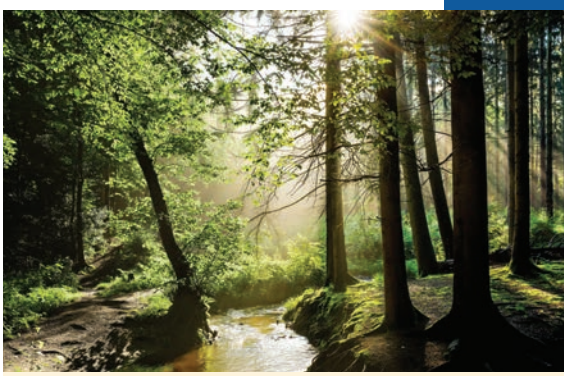
Mik lehetnek azok az élő és élettelen tényezők, amik az egyes fajok környezetét kialakítják? Ugyanazok a tényezők hatnak mindegyik fajra? A tölgyerdő említett fajainak egyforma a környezete?

Az élőlények környezete

Az **ökológiai környezet** a külvilág ténylegesen és közvetlenül ható tényezőinek összessége egy adott populációra (vagy más, egyed feletti szerveződési szintre, pl. életközösségre). Az ökológiai környezet nem azonos sem a külvilággal (mindaz, ami a populációt körülveszi és lehetségesen hathat), sem az élőhellyel (az a terület, ahol az adott populáció előfordul).

A fenti példa végiggondolásából is látszik, hogy ahányféle populáció, többé-kevésbe annyiféle környezet létezik. **Élettelen környezeti tényezők** lehetnek például a víz mennyisége vagy kémiai összetétele, a levegő minősége és páratartalma, a fényerősség, a fény színképi összetétele, a hőmérséklet, a talaj szerkezete, ásványianyag-tartalma stb. (1. ábra). Az **élő környezetet** a társulásban együtt élő populációk közötti kapcsolatok, kölcsönhatások jelentik.

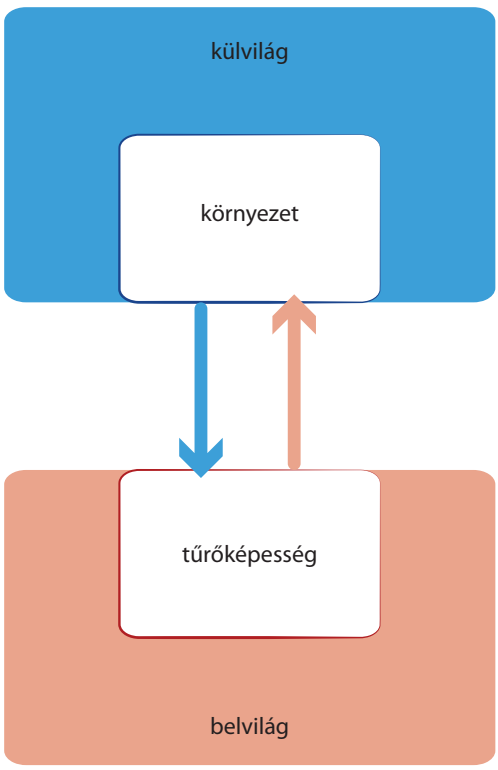
A populációk (vagy életközösségek) környezete nem **állandó, térben és időben egyaránt változhat**. Az ökológusok a környezeti tényezők közül elsősorban azokat keresik, amelyek alapvetően meghatározzák egy-egy faj fennmaradását, szaporodását, elterjedését, vagy egy életközösség kialakulását, szerkezetét, előfordulását. A szárazföldi fajok és életközösségek többségében például nem érdemes vizsgálniuk a levegő oxigéntartalmának a hatását, mert akkora mennyiségben van jelen, hogy nem korlátozza az élőlények megtelepedését. Ugyanakkor a vízi életközösségekben a vízben oldott oxigén mennyisége gyakran olyan alacsony, ami már gátolja igen sok populáció anyagcseréjét. A trópusi esőerdők területén egyenletesen magas a hőmérséklet, és a mindennap hulló csapadéknak köszönhetően a víz hiánya sem korlátozza az élőlények elterjedését, míg a trópusi sivatagokban a nagy hőingadozás és a vízhiány korlátozó tényezők, ugyanis akadályozzák a legtöbb élőlény megjelenését.



1. Élettelen és élő környezet egy társulásban

Tűrőképesség

A populációk fontos sajátossága, hogy mely környezeti feltételek mellett fordulnak elő, mely élőhelyek alkalmasak számukra a megtelepedésre, fennmaradásra. A populációk egyedeinek egyes környezeti tényezők változásaihoz történő **öröklődő alkalmazkodóképességét** nevezzük **tűrőképességnek** vagy más néven toleranciának. A környezet és a tűrőképesség egymást kiegészítő kapcsolatban állnak, egymás nélkül nem értelmezhetők (2. ábra).



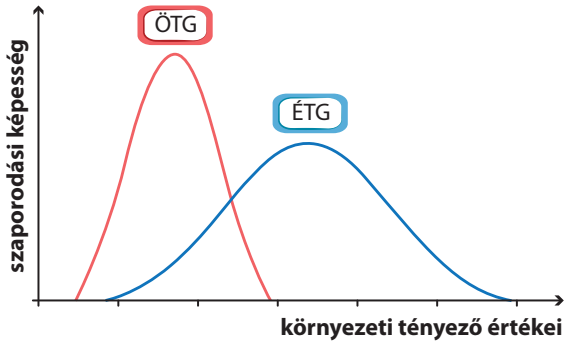
2. A környezet és a tűrőképesség viszonya

A populációk **tűrőképességi görbéi** mutatják meg, hogy egy faj populációja milyen mértékben alkalmazkodott egy adott környezeti tényező értékeihez és annak változásaihoz.

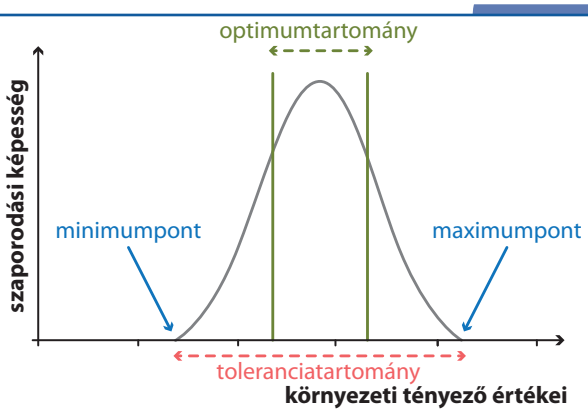
Ha az adott élettelen környezeti tényezővel szembeni tűrőképességet kontrollált laboratóriumi környezetben, más fajok kizárásával határozzák meg, akkor a faj/populáció **élettani tűrőképességi görbéjét** kapjuk meg, ami a fajoknak egy genetikailag kódolt biológiai sajátossága. A legtöbb tényező az életközösségekben korlátozottabb mennyiségben van jelen, mint amennyit az életközösségeket alkotó összes faj az élettani tűrőképességük alapján igényelne. Ezért a fajok populációi versengenek ezekért a forrásokért. A **versengés** eredményeképp alakulnak ki a fajokra ténylegesen jellemző előfordulások körülményei, amit az **ökológiai tűrőképességi görbékkel** szoktak jellemezni (3. ábra).

A tűrőképességi görbék sarkalatos pontjai a minimum- és a maximumpont. A **minimumpont** az a legkisebb érték, amely alatt, a **maximumpont** pedig az, amely felett az élőlény nem bírja tovább elviselni a környezeti tényezők megváltozását, ezért elpusztul, vagy ha lehetősége van rá, elvándorol. A minimum- és a maximumpont közötti értéktartományt nevezzük a populáció **ökológiai tűrőképességi tartományának** (toleranciatartományának). Ebben az értéktartományban képes az adott faj populációja – versenytársak nélkül – túlélni és szaporodni, itt a populáció szaporodási rátája nagyobb, mint nulla. Az értéktartománynak azt a részét, ahol a túlélési/szaporodási ráta a legmagasabb, **optimumtartománynak** hívhatjuk (4. ábra).

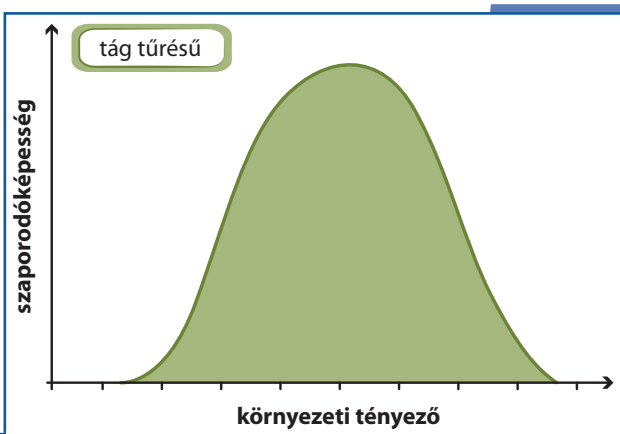
Egy adott környezeti tényezőre, a tűrőképességi tartomány szélességétől függően, egy populáció lehet **szűk, átlagos,** illetve **tág tűrésű** (5. ábra).

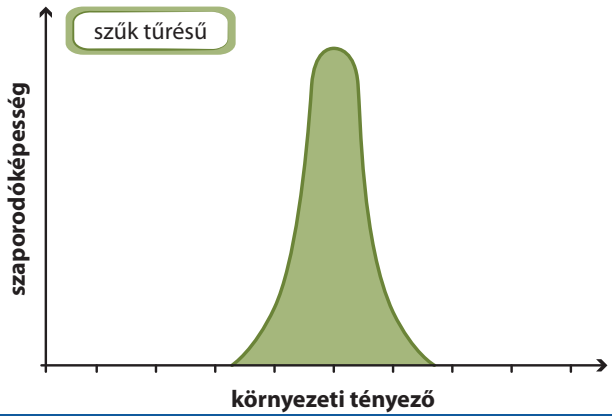


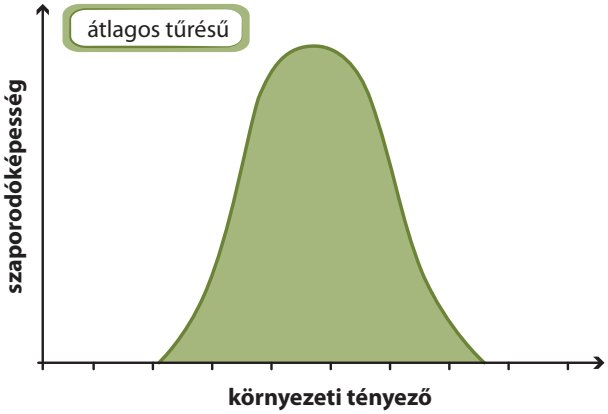
3. Élettani (ÉTG) és ökológiai (ÖTG) tűrőképességi görbe



4. Tűrőképességi görbe



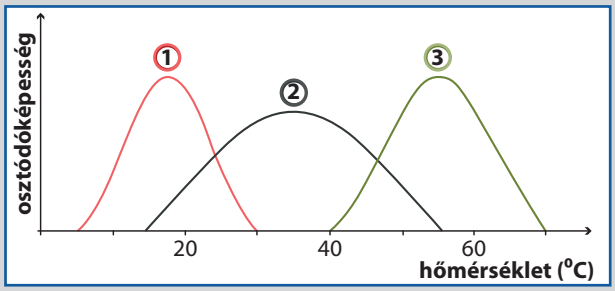


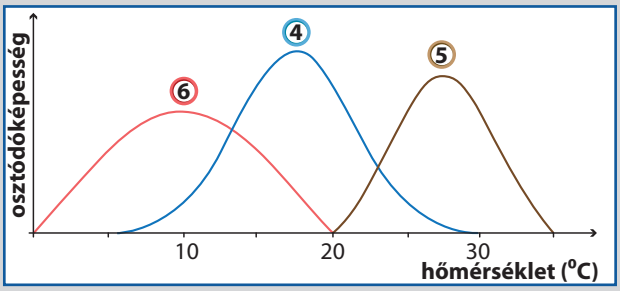


5. A tűrőképességi görbék típusai

Vesd össze!

A két ábrán hat baktériumfaj hőmérséklettel szembeni toleranciagörbéje látható.





Mely baktériumfajok tűrőképességi tartománya egyezik meg? Vannak-e olyan baktériumfajok, melyeknek egybeesik az optimum- vagy a tűrőképességi tartománya? Állítsd sorrendbe a baktériumfajokat a toleranciatartományuk szélessége szerint!

Egy populáció elterjedését alapvetően az a környezeti tényező határozza meg, amelyre nézve szűk tűrésű, vagyis amelyik korlátozó tényező. Azokat az egy vagy néhány környezeti tényezővel szemben szűk tűrésű fajokat, melyek populációi felhasználhatók adott környezeti változók értékeinek jelzésére, **indikátorszervezeteknek** is nevezik. Populációik megjelenésükkel vagy éppen hiányukkal jelzik az élőhely sajátosságait. A sok környezeti feltétellel szemben szűk tűrésű élőlények csak néhány speciális élőhelyen fordulhatnak elő, ezeket szokták **specialistáknak** tekinteni. Specialisták például a korallok vagy a hazai barlangi vakrák, de a kizárólag emberen élősködő fejtetű is (6. ábra). **Generalisták** azok a fajok, amelyek számos alapvető környezeti tényezőre tág tűrésűek. Nagy az elterjedési területük, akár az egész Földön elterjedhetnek. Ilyen széles elterjedésű **kozmopolita faj** például a vándorsólyom (7. ábra), a saspáfrány (8. ábra) vagy az ember.

6. A fejtetű igen szűk tűrésű: a teljes életciklusát az ember testén éli le, más élőlényre nem is jelent veszélyt

7. Vándorsólyom

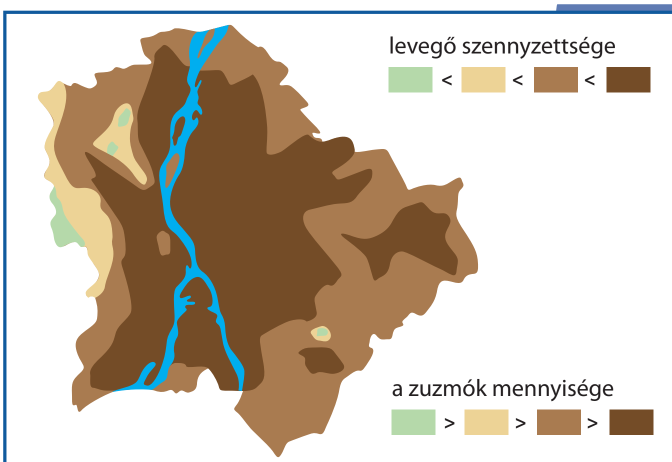
8. Saspáfrány

Gondolkozz!

A foltos maláriaszúnyog a 0 °C és +30 °C fokos hőmérsékletet is elviseli, viszont a levegő páratartalmának ingadozását nehezen tűri, az optimális számára a 90%-os páratartalom.

Rajzold fel a füzetedbe az adatok alapján a maláriaszúnyog hő- és páratartalom-tűrőképességi görbéjét! Mit gondolsz, annak ellenére, hogy a Kárpát-medencei hőmérsékleti viszonyok megfelelnének a maláriaszúnyog számára, mégis miért csak viszonylag ritkán fordul elő hazánkban? Specialista, generalista, vagy indikátor fajnak tekinthető-e inkább?

A városi légszennyezettség mérésére használt biológiai indikátorok a zuzmók. Sok szempontból tág tűrésű populációik azokról az élőhelyekről hiányoznak, ahol a levegőben magas a kén- és a nitrogén-oxidjainak koncentrációja (9. ábra).



9. Budapest zuzmótérképéről leolvasható, hogy a belső városrészekben elsősorban a nagyobb gépjárműforgalom miatt szennyezettebb a levegő. Ezeket a helyeket a zuzmók hiánya („zuzmósivatag") jelzi. A tiszta levegőjű, párás helyeken a zuzmók megtelepednek a fák ágain (normális zóna)

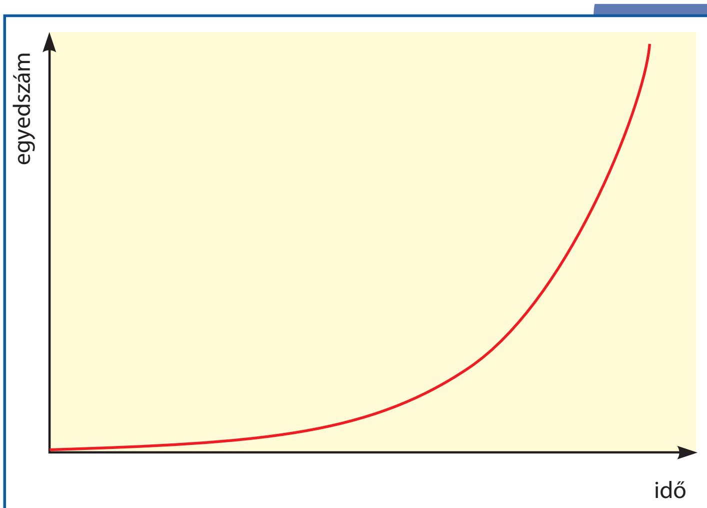
Eltartóképesség

A populációk egyedszáma nem állandó, az idővel folyamatosan változik. Ha egy csészében langyos tejhez cukrot keverünk, és kis mennyiségű élesztőt adunk hozzá, a gomba sejtjei gyors osztódásnak indulnak, amit jelez az élénk anyagcsere során egyre növekvő mennyiségben képződő szén-dioxid. Egy idő után azonban az élesztő anyagcseréje, osztódásának üteme lassul, egyre kevesebb szén-dioxid képződik. Mivel magyarázható a jelenség?

Fedezd fel! Alkoss!

Járjátok be iskolátok vagy lakóhelyetek környékét, és készítsétek el a terület zuzmótérképét! A térképeket mutassátok be osztálytársaitoknak is!
Mit lehet elmondani ezek alapján a levegő kén-dioxid-szennyezettségéről?

Kezdetben az élesztőgomba sejtjei a bőséges tápanyagellátásnak köszönhetően szakadatlanul osztódnak, az egyedszám változására az exponenciális egyenlettel leírható **korlátlan növekedés** jellemző (10. ábra). Egy idő után azonban, ha a tápanyagforrások kimerülnek, és a káros anyagcseretermékek (etil-alkohol) felhalmozódnak az edényben, az osztódások üteme csökkenni fog, az egyedszám növekedése mérséklődik, majd egy idő után meg is szűnik, végül az élesztősejtek nagy része el fog pusztulni. Ha a megmaradt kevés élesztősejtet újra kedvező körülmények közé tudjuk helyezni (langyos tej, cukor), akkor populációjuk újra exponenciális növekedésnek indul. Hasonló populációdinamikai jelenség játszódik le a természetben a gyötrő szúnyogok populációival is (11. ábra). Az élesztők és a gyötrő szúnyog esetében a populáció szaporodási



10. A populációk korlátlan növekedése. Egy új élőhelyen megjelenő populáció egyedszámának növekedését a környezeti erőforrások kezdetben nem korlátozzák. Az egyedszám meredeken emelkedik

Gondolkozz!

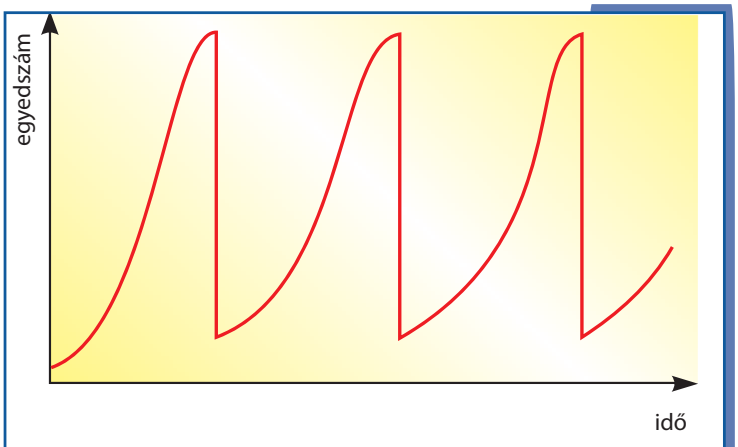
Melyik matematikai modellel írható le a rágcsálók gradációja, a gyapjaslepke elszaporodása, a tölgyfák száma egy tölgyeseknek alkalmas területen, a gyomnövények térhódítása szabad talajfelszínen és a farkaspopuláció egyedszámának várható alakulása a hazai középhegységekben?

rátája állandó, nem függ a populáció sűrűségétől (a szaporodási ráta jele: r, jelentése: megmutatja, hogy egy egyedre vetítve mekkora a populáció nettó növekedése kis időegység alatt). Ameddig a környezeti feltételek kedvezőek, addig a populáció egyedei r értékkel szaporodnak, majd a hirtelen bekövetkező készlethiány miatt a populáció jelentős része elpusztul.

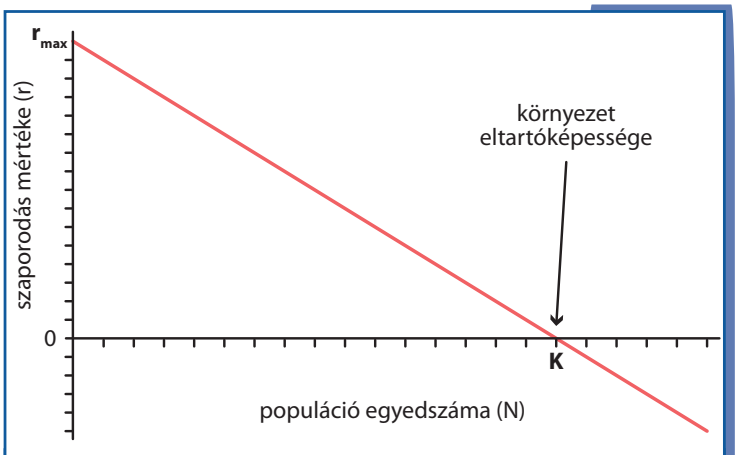
Amennyiben egy populáció szaporodási rátája függ a populáció egyedsűrűségétől (12. ábra), úgy **korlátozott növekedés** fog megvalósulni. Az ilyen görbék S alakúak, szigmoid görbéknek is nevezik őket (13. ábra). Amíg a populáció egyedszáma alacsony, és a sűrűsége kicsi, addig a populáció növekedése egy darabig exponenciális jellegű. Azonban az egyedszám s ezzel az egyedsűrűség növekedésével r értéke csökken, ami miatt a populáció növekedési görbéje ellaposodik, majd az egyedszám egy K érték körül állandósul. Ezt a K értéket hívjuk a **környezet eltartóképességének**. A környezet eltartóképessége a populációnak az az egyedszáma, amely az adott életközösségben tartósan fennmaradhat.

Nézz utána!

Hol voltak Magyarországon egykés falvak? Miért alakultak ki, mi lett a sorsuk?

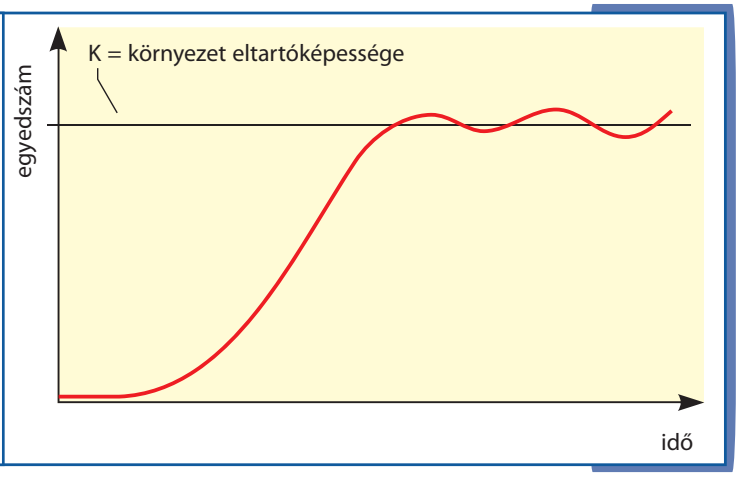


11. A gyötrő szúnyog egy populációjának egyedszámváltozása. Meleg, párás, csapadékos időben a gyötrő szúnyog egyedszáma hirtelen emelkedik, mert nagyon sok utód kel ki a petékből. Amikor az idő hidegebbre fordul, és a csapadék is kevés, az egyedszám hirtelen csökken



12. A populációméret és a növekedésének üteme közötti összefüggés. Ha a populáció egyedszáma (N) alacsony, akkor a növekedési üteme maximális (R_{max}). Ahogy nő az egyedszám, a populáció egyre kisebb mértékben növekszik. Ha N = K, a populáció nem növekszik tovább (r = 0). N > K esetben a populáció egyedszáma csökken (r < 0)

13. Egy gímszarvas-populáció egyedszámának változása.
A gímszarvas-populáció egyedszáma az életközösségben többé-kevésbé állandó. Táplálékbőség idején az utódok túlélési esélye nagyobb, a születések száma kissé meghaladja a halálozásokét, az egyedszám valamivel magasabb K-nál. A populáció egyedei között nő a versengés a táplálékért, a területért, emiatt a túlélési esély csökken.
A születések száma alacsonyabb lesz a halálozások számánál, az egyedszám K alá csökken.



Az életközösség és védelme

Egy populáció története 1944-ben az alaszkai partoktól 300 km-re fekvő, mindössze 350 km² területű Szent Máté-szigetre az amerikai parti őrség betelepített egy 29 egyedből álló rénszarvascsordát, hogy az állatok szükség esetén táplálékul szolgáljanak az arra hajózó katonáknak. A szigeten azelőtt nem éltek rénszarvasok és nagy testű ragadozók, farkasok sem. A talajt tíz centiméter vastagon zuzmó borította. A bőséges tápláléknak és a ragadozók hiányának köszönhetően a csorda létszáma nagyon gyorsan nőtt, 1957-ben már 1350, 1962-ben 4500, 1963-ban pedig 6000 egyed élt a kis szigeten. Ebben az évben a kutatók már azt tapasztalták, hogy az egyedek soványak, betegek. 1963–1964-ben nagyon kemény volt a tél, a hó teljesen belepte a gyér zuzmótakarót.

1964 tavaszán a kutatók mindössze 41 tehenet és egy terméketlen bikát találtak a szigeten. Ezzel a populáció sorsa végleg megpecsételődött. A kipusztulás okai: a túllegelés miatt a zuzmótakaró nem tudott megújulni, a ragadozók nem szabályozták természetes módon a populáció egyedszámát, a kis szigetről az állatok nem tudtak elvándorolni újabb legelők felé.

Alkoss!

Ábrázold grafikonon a rénszarvas-populáció egyedszámának változását!

Az ökológia az egyed feletti szerveződési szinteken lejátszódó jelenségekkel és azok okaival foglalkozó tudomány. Egyed feletti szerveződési szintek: populáció, életközösség, biom, bioszféra. Az ökológiai környezet a külvilág ténylegesen és közvetlenül ható tényezőinek összessége egy adott populációra vagy életközösségre. Élettelen környezeti tényezőnek számít például a vízmennyiség, a víz kémiai összetétele, a levegő minősége, a páratartalom, a fényerősség, a fény színképi összetétele, a hőmérséklet, a talaj szerkezete, ásványianyag-tartalma. Az élő környezetet az életközösségben együtt élő populációk közötti kapcsolatok, kölcsönhatások jelentik.

A tűrőképesség vagy tolerancia a populációk egyedeinek egyes környezeti tényezők változásaihoz történő öröklődő alkalmazkodóképessége. Az alkalmazkodás mértéke tűrőképességi görbékkel írható le. Tűrőképességi jellemzők alapján egyes fajok indikátorszervezeteknek, specialistának vagy generalistának számítanak.

A populációk egyedszáma folyamatosan változik. Attól függően, hogy a szaporodás mértéke függ-e a populáció egyedsűrűségétől, korlátlan növekedésű, illetve korlátozott növekedésű populációkról beszélhetünk. Előbbi egyedszámváltozását exponenciális görbe, az utóbbiét szigmoid görbe írja le. A szaporodási rátát r-rel, a környezet eltartóképességét K-val, a populáció egyedszámát N-nel szoktuk jelölni.

25. Összefoglalás

26. Populációk közötti kölcsönhatások

1. **Hogyan befolyásolhatják a populációk egymás egyedszám-változásait az életközösségekben?**
2. **Mit jelent a versengés, a zsákmányszerzés, a mutualizmus, az asztalközösség és az amenzalizmus kifejezés?**
3. **Hogyan befolyásolják ezek a kapcsolatok egy életközösség stabilitását?**

Az életközösségek szerkezetének alakulásában, változásaiban az élettelen (abiotikus) környezeti tényezők mellett a **populációk egymásra gyakorolt hatásai** mint élő (biotikus) környezeti tényezők is meghatározó jelentőségűek.

Egy életközösségben a fajok populációi különböző képpen hathatnak egymásra. Egy faj populációjának jelenléte befolyásolhatja egy másik faj populációjának egyedszámváltozását pozitívan (+), negatívan (–), de lehet közömbös is a másik populáció számára (0). Természetesen a másik faj is hasonló módokon befolyásolhatja az egyik populáció életét. Az így kialakuló populációk közötti kölcsönhatástípusokat az alábbi táblázat foglalja össze.

		Egyik faj hatása a másikra		
		–	**+**	**0**
Másik faj hatása az egyikre	**–**	versengés (kompetíció)	*táplálkozási kapcsolat:* – ragadozás (predáció) – növényevés – élősködés (parazitizmus)	*amenzalizmus:* – allelopátia – antibiózis
	+	*táplálkozási kapcsolat:* – ragadozás (predáció) – növényevés – élősködés (parazitizmus)	*mutualizmus:* – együttélés (szimbiózis) – szimfília – alliancia	*asztalközösség* (kommenzalizmus)

Versengés (kompetíció) (–, –) akkor alakul ki két populáció között, ha környezeti igényük hasonló, vagy éppen megegyezik. A versengés mindkét populáció számára kedvezőtlen, hiszen kölcsönösen korlátozzák a másik fél készletekhez való hozzáférését, ezáltal pedig az életben maradási esélyeit vagy a szaporodó-

Gondolkozz!

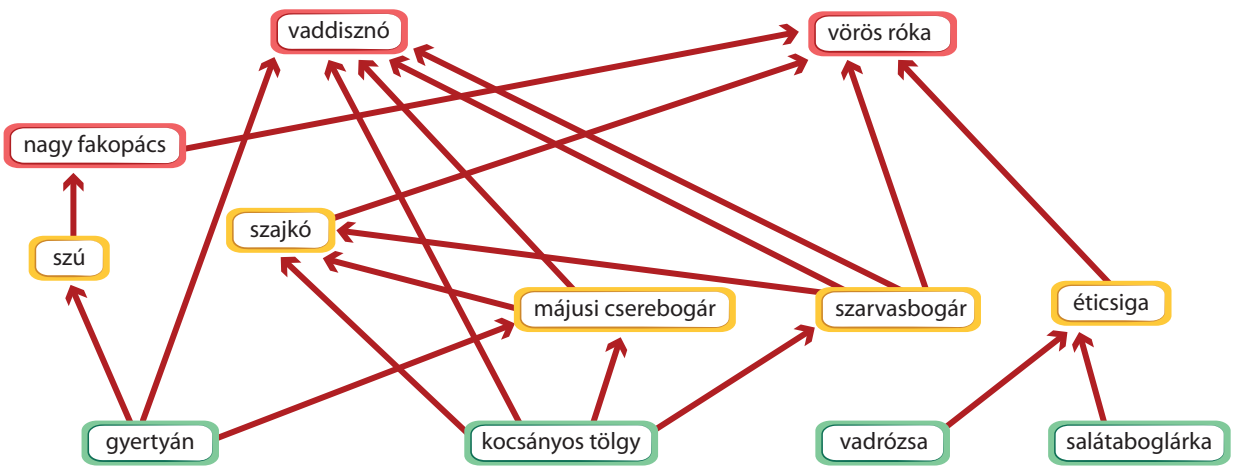
A táblázatban szereplő populációk közötti kölcsönhatások közül melyek jellemzőek az emberre? Mely fajokkal, élőlénycsoportokkal létesít kapcsolatot? Keress minél több kölcsönhatást!

képességét. Egy élőhelyen a növények például versengenek a fényért, a talaj víz- és tápanyagtartalmáért, a rovarevő énekesmadarak pedig a zsákmányért és a fészkelőhelyekért. A vizsgálatok azt mutatják, hogy egy életközösségben nem élhet tartósan egymás mellett két olyan populáció, amelyeknek környezeti igényei azonosak. Az egyik populáció előbb vagy utóbb kiszorítja a közös élőhelyről a másikat (Gause-elv vagy kompetitív kizárás elve). Ha két populáció környezeti igénye legalább egy fontos tényezőben eltér egymástól, akkor tartósan élhetnek egymás mellett a közös élőhelyen. A cinegék körében például a kék cinegének és a fenyvescinegének igen hasonló a táplálékigénye, mindkét faj étlapján a 0–4 mm méretű zsákmányállatok szerepelnek 85-90% arányban. Emiatt erős versengés lenne közöttük azon az élőhelyen, ahol mindkét cinegefaj megtalálható. Mégis együtt tudnak élni egy élőhelyen, mert a kék cinegék nagyobb arányban táplálkoznak a rügyeken és a gallyakon, míg a fenyvescinegék a fák vastagabb ágain és a faleveleken, így csökken a köztük lévő versengés (1. ábra). Az erdőtársulások hasonló hő- és vízigényű növénypopulációi fényigényükben térhetnek el egymástól. A fénykedvelők a lombkoronaszint, az árnyékkedvelők a gyepszint tagjai.

1. Versengünk, vagy nem versengünk? Fenyvescinege (balra) és kék cinege (jobbra) azonos élőhelyen

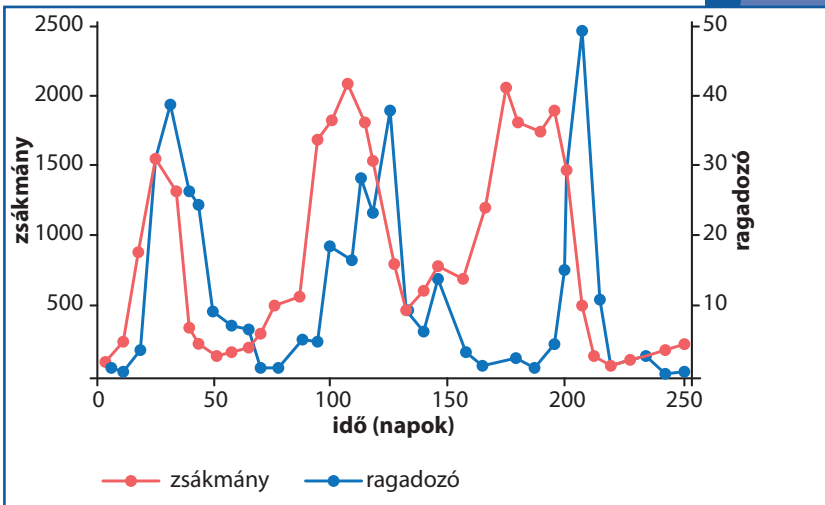
3. Kényes egyensúly: a mókus begyűjti és elfogyasztja a tölgy termését, de nem maradéktalanul, ezzel segíti a tölgy terjedését

A **táplálkozási kapcsolat** (+, –) alapvető kölcsönhatás a társulások kapcsolatrendszerében. A zsákmányoló élőlények az állatok közé tartoznak, a zsákmányszerzés során elfogyasztják a prédát vagy annak egy részét. A zsákmányolók lehetnek növényevők, húsevők, dögevők vagy mindenevők. A táplálkozási kapcsolatok alapján állíthatók össze a **táplálékláncok**. A legtöbb élőlény nem csak egy populáció egyedeivel táplálkozik, így az életközösségekben a táplálékláncok **táplálékhálózatot** alkotnak (2. ábra). Bármilyen furcsán hangzik, a zsákmányszerzés előnyökkel is járhat a zsákmánypopuláció számára (3. ábra). A ragadozók többnyire a gyengébb, biológiailag kevésbé értékes egyedeket ejtik el, ezzel növelik a biológiailag értékesebb egyedek szaporodási esélyeit.

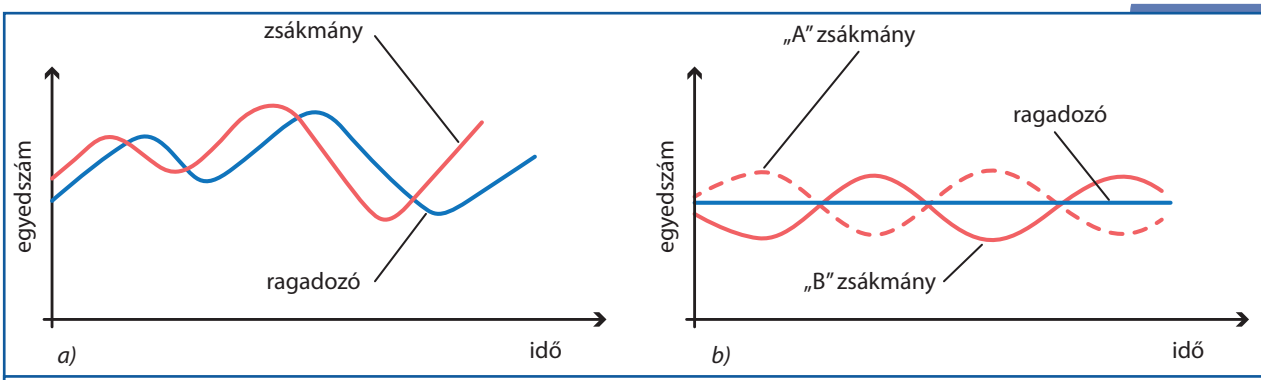


2. Gyertyános-tölgyes táplálékhálózatának részlete. Melyik zsákmányszerző populáció helyzete a legkedvezőbb az ábrán láthatók közül? Indokold a választ!

A zsákmányszerzés alapvető mind a zsákmányoló-, mind a zsákmánypopulációk egyedszámának szabályozásában. Egy atkákon végzett kísérlet eredménye mutatja be, hogy miként változik a zsákmányszerző és a zsákmányállat egyedszáma (4. ábra). Kétpopulációs modellben, ahol a ragadozónak csak egy zsákmányát vesszük figyelembe, táplálékbőség idején a zsákmányolók nagyobb mértékben szaporodnak, aminek hatására a zsákmánypopuláció egyedszáma csökken, majd ennek következtében a zsákmányolópopulációk szaporodási üteme mérséklődik. A természetben azonban egy zsákmányszerző állatnak nemcsak egy zsákmánya van, hanem több is, így ha az egyik zsákmány mennyisége csökken, akkor át tud váltani a másik zsákmány fogyasztására, ezáltal egyedszámának ingadozása kisebb mértékű lesz (5. ábra).



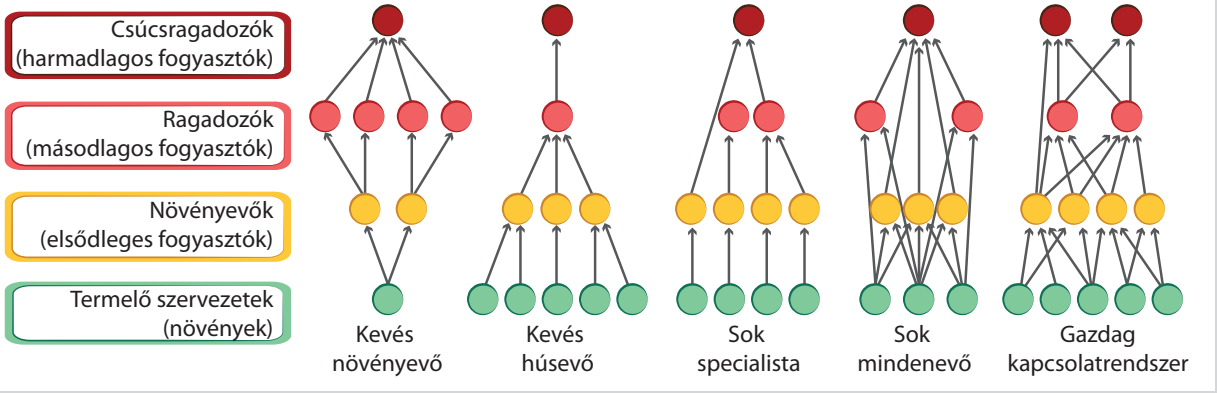
4. A narancson táplálkozó Eotetranychus sexmaculatus atkának és ragadozójának, a Typhlodromus occidentalis atkának egyedszámváltozása Huffaker kísérletében (1958).



5. A ragadozó- és a zsákmánypopuláció egyedszámának változása.
a) Az egyedszám változása, ha a ragadozónak egyféle zsákmánya van.
b) Az egyedszám változása, ha a ragadozónak kétféle zsákmánya van.
Melyik esetben van előnyösebb helyzetben a ragadozópopuláció? Miért?

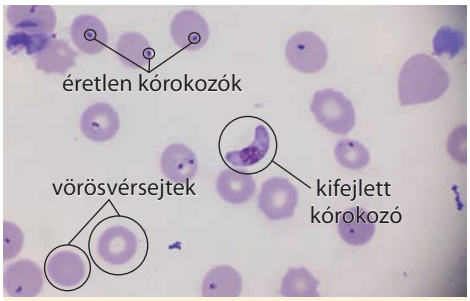
Gondolkozz! Hozz döntést!

Állapítsd meg az ábrán bemutatott néhány modellezett közösség táplálékhálózatáról, melyek lehetnek stabilabbak, és melyek kevésbé stabilak. Próbálj meg általános szabályt alkotni arról, hogy mi az, ami inkább stabilizál egy közösséget, és mi az, ami inkább csökkenti a stabilitást!



Az **élősködés** (parazitizmus) (+, –) lényegében a zsákmányszerzési kapcsolat szélsőséges formája. A parazita a gazdaszervezet anyagaival táplálkozik, de nem pusztítja el azt azonnal. Az élősködő megtelepedhet a gazdaszervezet sejtjeiben (pl. malária kórokozója, (6. ábra), a gazdaszervezet testének külső felszínén (pl. halpióca, kullancs, 7. ábra) vagy annak belső szerveiben (pl. baktériumok, horgasfejű galandféreg) (8. ábra). A kapcsolat gyakran specifikus, azaz csak meghatározott fajok között alakulhat ki.

A **mutualizmus** (+, +) a populációk közötti kölcsönösen pozitív kapcsolatok összefoglaló neve, melyben a részt vevő populációk előnyösen hatnak egymás egyedszámának növekedésére. Egyik legismertebb példája a zárvatermő növények és a beporzó rovarok közötti kapcsolat (9. ábra). A **szimbiózis** a mutualizmusnak az a fajtája, amikor a két populáció egyedei között folyamatos és szoros fizikai kapcsolat áll fenn. A szimbiózisra eddig is sok példát láttunk már: gyökérkapcsolt gombák és társnövényeik, cellulózbontó baktériumok és növényevő állatok, ember és közönséges bélbaktérium, gyökérgümők nitrogénkötő baktériumai, zuzmók stb. Társszervezetüknek köszönhetően a szimbionta élőlények olyan élőhelyeken is előfordulhatnak, amelyek nem vagy csak részben felelnek meg környezeti igényeiknek. A trópusi tengerek meleg vizében az oldott oxigén mennyisége alacsony, ennek ellenére a korallzátonyok a legnagyobb fajgazdagságú tengeri életközösségek. Ez azért lehetséges, mert a korallok fotoszintetizáló moszatokkal élnek szimbiózisban. A szimbiózis jelenségét először a remeterákok és a tengerirózsák kapcsolatában írták le (10. ábra).



6. A malária kórokozójával fertőződött emberi vér

7. Emberi bőrbe fúródott kullancs

8. Macska bélcsatornájában élősködő galandféreg

9. Mutualizmus. A méhek nektár révén táplálékhoz jutnak, a növények virágai pedig beporzódnak

10. Szimbiózis. Ez a remeterák a csigaházára két tengerirózsát is telepített magának. A remeteráktól a tengerirózsák csalánsejtjeikkel távol tartják a ragadozókat. A tengerirózsa részesedik a rák táplálékából, és társa szállítja is táplálékban és oxigénben gazdagabb vizekbe a helyváltoztatásra egyébként képtelen tengeri rózsát

Nézz utána!

A szimfília olyan mutualizmus, amikor az egyik populáció egyedei a másik populáció egyedeinek a testnedvével táplálkoznak, cserébe védelemben részesítik a másik populáció tagjait pl. a ragadozóktól vagy a kártevőktől. Az alliancia laza, alkalomszerű, mindkét populáció részére nélkülözhető mutualizmus (típusai: tisztogató, riasztó, rejtegető kölcsönösség).

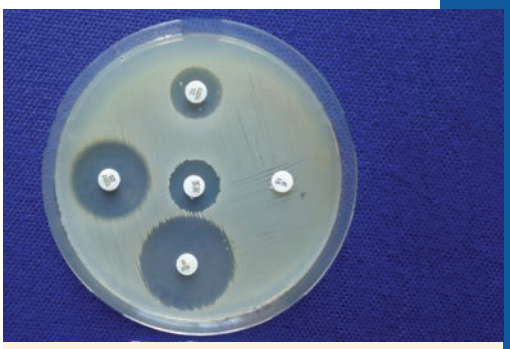
Keress konkrét példákat a mutualizmusnak erre a két típusára!

Az **asztalközösség** (kommenzalizmus) (0, +) csak az egyik populáció számára jár előnyökkel, a másik számára közömbös a kapcsolat. A fák törzsén megtelepedő mohák például több fényhez jutnak, ugyanakkor a fák számára nem jelent sem előnyt, sem hátrányt a mohák megtelepedése. A gólyák által épített fészekben verebek is fészkelnek, de ez nem befolyásolja a gólyák költési sikerét (11. ábra).

Az **amenzalizmus** (0, –): az egyik populáció jelenléte anélkül káros a másikra nézve, hogy az első számára előnyt jelentene, pl. az egyik populáció által kiválasztott kémiai anyag hat a másik populációra. Egyik típusa az **antibiózis**, amikor bizonyos gombák olyan anyagcseretermékeket, ún. **antibiotikumokat** adnak le a környezetükbe, amelyek gátolják más élőlények anyagcseréjét, osztódását. A legismertebb ilyen szervezet a penicillint termelő ecsetpenész. A penicillin gátolja az ecsetpenész környezetében egyes baktériumsejtek osztódását, így a baktériumsejtek pusztulása miatt nem alakul ki versengés a tápanyagokért az ecsetpenész és a baktérium között. Ezzel szemben a penicillinre nem érzékeny (ún. rezisztens) baktériumok és az ecsetpenész versengenek egymással a tápanyagokért. Ily módon kölcsönösen gátolják egymás elterjedését. Az antibiotikumokat a gyógyászatban széles körben használják a kórokozó mikroorganizmusok által okozott fertőző betegségek gyógykezelésére (12. ábra).

Ha növények által termelt másodlagos anyagcseretermékek gátolják más növények csírázóképességét vagy növekedését, allelopátiáról beszélünk. Az allelopátia közismert példája, amikor a diófa lehulló leveléből a talajba kerülő juglon nevű anyag gátolja más növények, elsősorban kétszikűek csírázását (13. ábra). Allelopátiás hatásra utal az a kísérlet is, amelyben kimutatták, hogy a fehér libatopból és a szőrös disznóparéjból készített kivonatok hatására a kukorica és a napraforgó vegetatív szerveinek fejlődése elmaradt a kontrollcsoportétól.

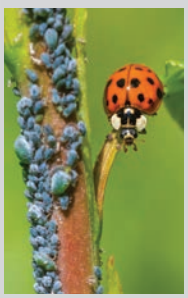
11. Társasház. A verebek a gólyák albérlői



12. Baktériumtenyészet rezisztenciavizsgálata. Melyik antibiotikum a leghatásosabb, és melyikkel szemben ellenálló a vizsgált baktériumfaj?

13. A dió és allelopatikus hatóanyaga

Gondolkozz!



Az ázsiai származású harlekinkatica a hazánkban honos katicabogarakhoz hasonlóan levéltetvekkel táplálkozó ragadozó. Jóval falánkabb és szaporább európai rokonainál, ezért a levéltetvek elleni védekezés céljából az Egyesült Államokba és Európa több országába is betelepítették a mezőgazdasági területekre. Napjainkban már Magyarországon is védekezni kell túlszaporodása ellen, és megfigyelhető az őshonos katicabogarak egyedszámának jelentős csökkenése.

A szöveg és a kép alapján sorolj fel minél több, a jelenséggel kapcsolatban érintett populációt! Állapítsd meg, milyen kapcsolat van közöttük!

Az életközösségek szerkezetének alakulásában, változásaiban a populációk egymásra gyakorolt hatásai meghatározó jelentőségűek. A kölcsönhatások a populációk egymásra gyakorolt hatásai szerint lehetnek: versengés (–, –), predáció (+, –), élősködés (+, –), mutualizmus (+, +), asztalközösség (0, +) és amenzalizmus (0, –). Az életközösségben kialakuló kapcsolati hálók nagyban befolyásolják az életközösség stabilitását.

26. Összefoglalás

27. Fény-, hőmérsékleti és vízellátási viszonyok

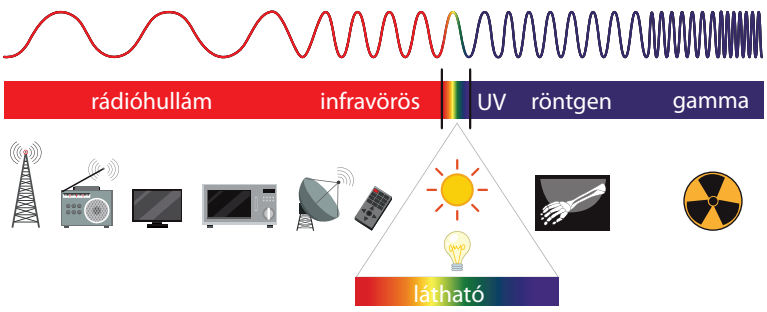
1. Mi határozza meg a földfelszín fény-, hőmérséklet- és víz-viszonyait?
2. Hogyan alkalmazkodnak a növények a gyenge és az erősebb megvilágításhoz?
3. Befolyásolja-e az állatok életét a fény?
4. Hogyan tudnak védekezni a növények a magas és az alacsony hőmérséklettel szemben?

A fény

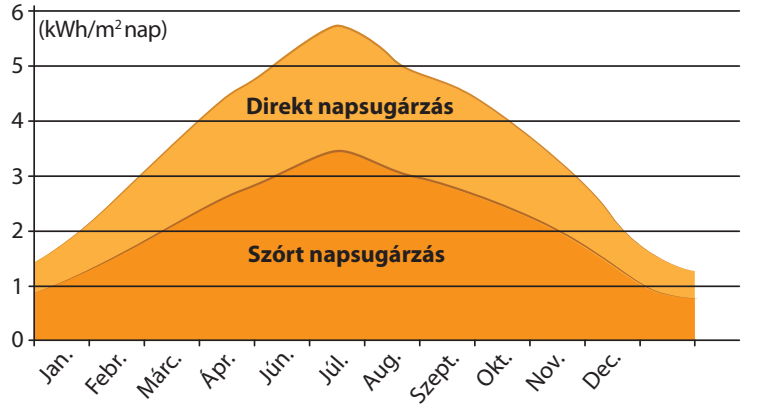
A Napból a földfelszínre érkező elektromágneses sugárzások (1. ábra) legnagyobb része a látható fény tartományába esik (380–780 nm). A látható fény egy része közvetlenül eléri a felszínt (**közvetlen fény**), más része a felhőkön vagy a levegő részecskéin szóródik (**szórt fény**) (2. ábra). Utóbbiban, mivel legfőképp a kék és ibolyaszínű fény szóródik, nagyobb az alacsonyabb energiájú, magasabb hullámhosszú vörös fényhullámok mennyisége, így kedvezőbben hat a fotoszintézisre (kisebb a melegítő hatása).

Egy terület fényviszonyait nemcsak a közvetlen és szórt fény aránya jellemzi, hanem a megvilágítás erőssége és a megvilágítás időtartama is. A fényviszonyokat legnagyobbrészt a napsugarak földfelszínnel bezárt szöge (hajlásszöge) határozza meg, ezért az változik a földrajzi szélességgel vagy adott földrajzi szélességen az évszakokkal és a napszakokkal is. A fényviszonyokat módosíthatja a domborzat és a növényzet hatása vagy a tengerszint feletti magasság (légréteg vastagsága) is.

A látható fénynél nagyobb energiájú ultraibolya (UV-) sugárzás nagy részét az ózonréteg kiszűri. A felszínre érkező UV-t mi, emberek



1. Az elektromágneses sugárzás fajtái



2. Az elektromágneses sugárzás fajtái

nem érzékeljük, ám vannak olyan élőlények (rovarok, rákok, halak, madarak egyes fajai), melyek fotoreceptoraikkal képesek látni ezeket a sugarakat is, és így szerepet játszik a tájékozódásukban, táplálékszerzésükben.

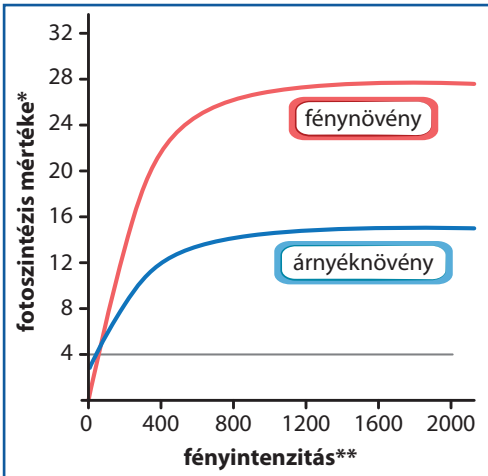
A növényfajok az evolúció során alkalmazkodtak élőhelyük fényviszonyaihoz, így megkülönböztethetünk fény- és árnyéknövényeket. Az **árnyéktűrő** növények úgy tudnak túlélni alacsonyabb fényintenzitás mellett is, hogy már kisebb fénymennyiség esetén is képesek több szén-dioxidot megkötni, mint amennyit a mitokondriumaikban a légzés során megtermelnek. Leveleikben több fotoszintetikus pigmentet találunk (főként klorofill-b-t és xantofillt), ez hatékonyabb fénybegyűjtést tesz lehetővé. Számukra az optimálisnál erősebb megvilágítás fénystresszt okot, aminek következtében leveleik kifakulhatnak, elhalhatnak. A **fénykedvelő** növények az **árnyéktűrőkhöz** képest magasabb fényintenzitás mellett kezdenek el több szén-dioxidot megkötni, mint termelni (3. ábra).

A nap sötét és világos időszakainak hossza, váltakozása is befolyásoló tényező lehet a növények fejlődésére, szaporodására. Az ún. **rövid nappalos** növények akkor virágoznak, ha a sötét periódus (éjszakák) hossza meghalad egy kritikus értéket, és ezt a sötét periódust nem szakítja meg fényhatás. **A hosszú nappalos** növények akkor képesek virágozni, ha az éjszakák hossza nem halad meg egy kritikus értéket (4. ábra).

A sötét és világos periódusok váltakozása az állatvilágban is **bioritmus-szabályozóként** hat, hiszen meghatározza aktivitásuk időszakát. Léteznek éjjel (éjjeli lepkék, denevérek, baglyok), szürkületkor (vörösbegy, bakcsó) és nappal aktív állatok. Míg a növények (kevés élősködő és szaprofita kivételével) képtelenek fény nélkül élni, addig az állatok között szép számmal találunk olyanokat, amelyek teljes sötétségben élnek (például vakondok, földikutya, barlangi vak bolharák).

Gondolkozz!

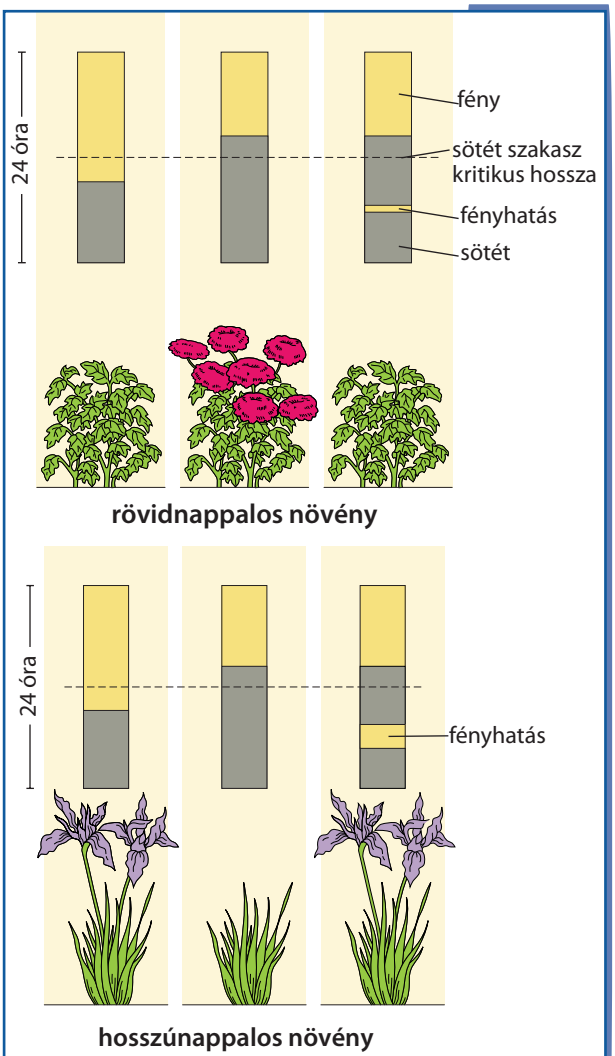
Mely földrajzi területen, mely szélességi körök mentén élnek a rövid, illetve hosszú nappalos növények?



* másodpercenként, négyzetméterenként megkötött szén-dioxid mikromolban mérve (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)

** másodpercenként, négyzetméterenként beérkező fotonok mennyisége mikromolban mérve (µmol foton $m^{-2}s^{-1}$)

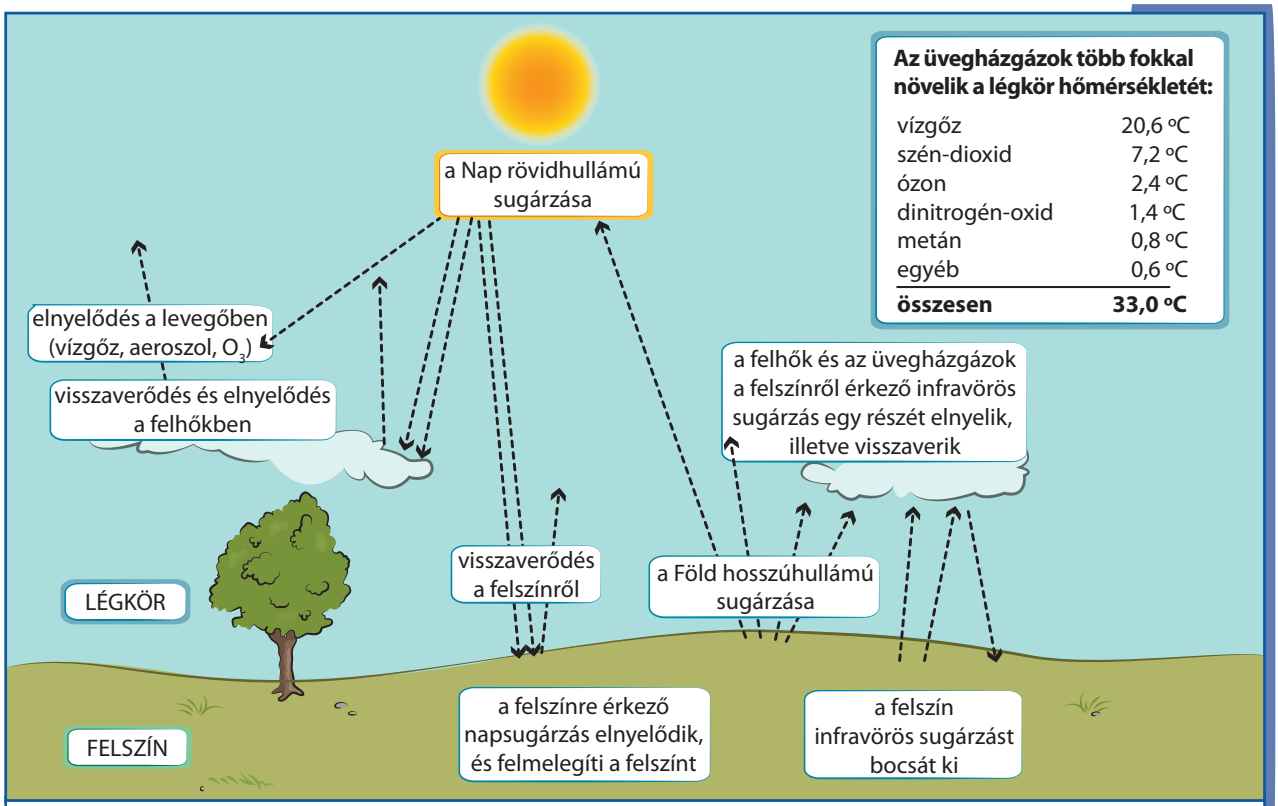
3. Két eltérő fényhasznosítási görbe



4. Rövid és hosszú nappalos növények virágzása a sötét és világos periódusok függvényében

A hőmérséklet

A Föld hőmérsékleti viszonyait alapvetően a napsugárzás határozza meg. A vizeket és a talajt közvetlenül melegíti fel, a levegőt azonban közvetlenül csak nagyon kis mértékben képes felmelegíteni. A légkörön áthatoló napsugárzást a felszín elnyeli, és ezáltal felmelegszik. A felmelegedett földfelszín az energiát a felette lévő



5. Az egyes üvegházgázok szerepe a Föld hőháztartásában

légrétegnek vagy hőátadással, vagy infravörös kisugárzással (a látható fénynél nagyobb hullámhosszú sugárzás) adja át. Az infravörös sugarakat a levegő bizonyos gázai (pl. vízgőz, szén-dioxid, metán, ózon) nem engedik át a világűr felé, hanem elnyelik vagy visszaverik (5. ábra). Ez az **üvegházhatás** jelensége, ami lehetővé teszi, hogy a Földön a levegő átlaghőmérséklete ne mínusz 15–20 °C legyen, hanem kb. +15 °C, megadva a lehetőséget így egykor az élet kialakulásának, majd fennmaradásának.

A hőmérsékleti viszonyokat – a fényviszonyokhoz hasonlóan – számos tényező módosítja, alakítja. Számít a földrajzi szélesség (az Egyenlítőtől a sarkok felé csökken az átlaghőmérséklet), a tengerszint feletti magasság (100 méterenként körülbelül 0,5 °C-kal csökken az átlaghőmérséklet), a kitettség (napsütötte domb- és hegyoldalak melegebbek, mint az árnyékos oldaliak), a felhőzet, a hóborítás, a növényzet.

Kísérletezz!

Építs talajból (vagy akár kartondobozokból) egy kisebb dombot déli és északi kitettségű oldalakkal! Tegyél a déli és az északi oldalára is egy-egy hőmérőt, és egy napsütéses napon olvasd le óránként a hőmérsékletet! Ábrázold grafikusan a mért eredményt! Mi a különbség a déli és az északi oldalon mért hőmérsékletgörbék között? Ismételd meg a mérést felhős napon is!

Nézz utána, magyarázd el!

Egymással rokon állatfajok külső megjelenésében többféle trend is megfigyelhető az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva. Ezeket a jelenségeket fogalmazza meg az Allen-, a Bergmann- és a Gloger-szabály. Mit állapítanak meg ezek a szabályok?

Barna medve
testhossz: 140–280 cm, tömeg: 130–180 kg

Jegesmedve
testhossz: 200–300 cm, tömeg: 250–450 kg

A nagy kiterjedésű vízfelületeknek pedig, a víz nagy hőkapacitása miatt, például az óceáni éghajlaton hőmérséklet-ingadozást csökkentő hatásuk van.

Az élő sejtek anyagcseréje a legtöbb esetben hőérzékeny, az enzimek, az ATP, a nukleinsavak magasabb hőmérsékleten nem stabilak, elveszíthetik működőképességüket. A hőhatás ellen az élővilág képviselői testfelépítésükkel, élettani folyamataikkal is védekeznek. Alkalmazkodóképességük és hőigényük meghatározza földrajzi elterjedésüket is.

A magasabb hőmérsékleten élő **növények** visszatükröző felületekkel (viaszréteg) csökkenthetik a hőelnyelést, párologtatással hűthetik vegetatív szerveiket, vagy a melegebb időszakokat átvészelendő hőtűrő magvakat, terméseket fejleszthetnek. A párologtatást viszont nem mindig tudják alkalmazni, hiszen esetükben a hőhatást gyakran szárazság is kíséri, így a párologtatásból fakadó vízvesztés végzetes lenne számukra.

A hideg időszakhoz, a fagypont alatti hőmérséklethez a növények úgy tudnak alkalmazkodni, ha megakadályozzák a szöveteikben a jégképződést. A növényi sejtekben a jégkristályok képződéséhez ún. jégképződési pontokra van szükség, amiken az első jégkristályok kialakulhatnak, majd növekedhetnek. A hideg éghajlaton élő növényfajok egy része képes arra, hogy a jégképződési pont hőmérsékletét alacsony értékre, akár –40 °C-ra szállítsa le.

Az állatok hőszabályozásuk fejlettségétől függően képesek alkalmazkodni a hőmérsékleti viszonyokhoz. A **változó testhőmérsékletű állatok** (gerinctelenek, illetve a gerincesek közül a halak, a kétéltűek, és a hüllők) hőszabályozása fejletlen, testhőmérsékletük és tevékenységük időszaka a környezet hőmérsékletétől függ. Elterjedésüket ezért nagyban behatárolja az egyes területek hőmérséklete (6. ábra). Európában is megfigyelhető, hogy mediterrán vidékeken jóval magasabb a hüllőfauna sokfélesége, mint az északi sarkkör környékén. A változó testhőmérsékletű állatok hosszan tartó hidegebb időszakban gyakran kényszernyugalmi állapotba (téli álom) kerülnek. Az **állandó testhőmérsékletű állatok** (madarak, emlősök) szélesebb körben képesek elterjedni, mivel fejlett hőszabályozással rendelkeznek, így az aktivitásukat nem befolyásolja közvetlenül a külvilág hőmérséklete.

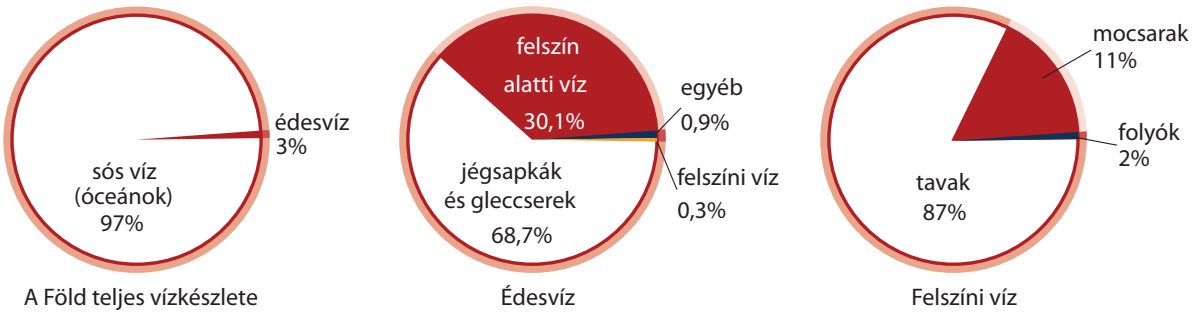
6. A mérsékelt övezetben elterjedt nagy rókalepke melegszik egy kő napos oldalán

A víz

A víz az összes élőlény életjelenségeihez elengedhetetlen. Szükséges minden sejt életfolyamatához, a fotoszintézishez, az anyagszállításhoz, a hőszabályozáshoz. Jelentősen befolyásolja, meghatározza a fajok elterjedését.

A felszíni és felszín alatti vizek, a hegyvidékek és sarkvidékek állandó hó- és jégtakarója hozza létre a hidroszférát, a Föld vízburkát. A vízkészletek csaknem 3%-a édesvíz (7. ábra), a többi része tenger és óceán (8. ábra), melyek vize átlagosan kb. 3,5%-os sótartalmú. Ezen kívül a víz jelen van talajoldatként a talajban és vízgőzként a levegőben is.

7. A földi édesvíz nagy része fagyott állapotban található



8. Földünk vízkészletének eloszlása a szakértők becslése szerint

A felszíni vizekben otthonra lelő élőlények számára mind a víz fizikai, mind kémiai tulajdonságai környezeti tényezőként hathatnak. Fizikai tulajdonság a víz átlátszósága, hőmérséklete, sűrűsége, s főként a mélyebb vizekben nem elhanyagolható hatás a vízoszlop által kifejtett nyomás. A kémiai tulajdonságok közül meghatározó lehet a víz ásványianyag-tartalma, a vízkeménység, a vízhőmérséklettől függő oldottoxigén- és szén-dioxid-tartalom, a kémhatás és a szennyező anyagok jelenléte.

A szárazföldön a vízviszonyok kialakításában szerepet kapnak a terület hőmérsékleti viszonyai, a csapadékmennyiség, a szeles időszakok időtartama és intenzitása, a növénytakaró minősége és mennyisége.

Következtess!

Hogyan alkalmazkodnak a vízi, a mocsári, a közepes vízellátottságú és a szárazságtűrő növények szöveti felépítésükben a vízbőséghez, illetve a vízhiányhoz? Mely szöveti struktúrák (pl. kutikula, gázcserenyílás) vagy szövettípusok (pl. víztartó és levegőztető alapszövet) hiányozhatnak vagy lehetnek jellemzőek az egyes típusokban?

A sulyom levélnyelein lévő duzzanatok a növény lebegését biztosítják

A növények alkalmazkodóképesség szempontjából lehetnek változó és állandó vízállapotú növények (9. ábra). A **változó vízállapotú növények** nem tudják szabályozni vízfelvételüket és -leadásukat, testük víztartalma környezetük vízállapotától függ. Egyes fajaik jól tűrik a kiszáradást, ilyenkor anyagcseréjük lelassul, majd kellő csapadék esetén újra gyorsan és elegendő mennyiségű vizet vesznek fel életműködésük helyreállításához. Ebbe a csoportba főleg a szövetes szerveződéssel még nem rendelkező növények tartoznak (algák, mohák). A szövetes növények **állandó vízállapotúak**, az élőhelyük ingadozó víztartalma ellenére állandó értéken tudják tartani víztartalmukat, mivel vízfelvételük, vízraktározásuk, vízszállításuk és párologtatásuk szabályozható (harasztok, nyitvatermők, zárvatermők). Vízigény szempontjából további csoportokba sorolhatók. Lehetnek vízi, mocsári, közepes vízellátottságú és szárazságtűrő növények.

A víz az állatok elterjedéséhez és életműködéseihez is nélkülözhetetlen. Az állatok általában vagy édesvíziek, vagy tengeriek, ritka, hogy valamely állatfaj mindkétféle vízben meg tudjon élni (10. ábra). A szárazföldi állatok elterjedése függ egyrészt a kültakarójuk felépítésétől, annak vízmegtartó képességétől (pl. kutikula, szaruréteg), másrészt a víztől függő vagy független szaporodásmódjuktól (11. ábra).

Az állatok eltérő módon viselik el a vízveszteséget. A gerinctelen állatok, mint a csigák, rovarok testük akár 60%-os vízvesztését is tolerálják, míg az emlősök életét már a 15-20%-os vízveszteség is veszélyezteti.

Nézz utána!

Két jól ismert halfaj, az angolna és a lazac édesvízben és tengervízben is előfordul. Életük mely szakaszát töltik az édes-, illetve a sós vízben? Van-e különbség ezen a téren a két halfaj között?

9. Zuzmók (változó vízállapotúak) és kaktuszok (állandó vízállapotúak) Tenerife szigetén

10. A rücskösfarkú disznódelfin édesvizű tavakban, folyókban és a tengerek partmenti vizeiben is otthon érzi magát

11. A Namib-sivatagban élő ködivó bogár extrém módon alkalmazkodott a szárazsághoz: Szárnyai összenőttek, kitinpáncélját viaszos réteg fedi. Páncélja mintázata a lecsapódó harmatot a szájához vezeti.

A fény az egyik legfontosabb környezeti tényező, hiszen energiát szolgáltat a növények fotoszintéziséhez, illetve meghatározza számos állat aktivitási időszakát is. A növények különböző módokon képesek alkalmazkodni a fény hiányához vagy éppen az erősebb/hosszabb megvilágítású helyekhez. Megkülönböztethetünk árnyéktípusú és fénytípusú növényeket, rövid és hosszú nappalos növényeket.

A fény szerepet kap a Föld hőmérsékleti viszonyainak a kialakításában is, hiszen a fény energiájával felmelegített földfelszín hőkisugárzása, illetve infravörös kisugárzása által kialakuló üvegházhatás alakítja ki bolygónk élhető hőmérsékleti körülményeit.

A víz az összes élőlény életjelenségeihez nélkülözhetetlen. Mivel a földi vízkészleteknek csak nagyon kis hányada hasznosítható az élővilág számára, ezért sokszor erőteljes versengés figyelhető meg a fajok között a vízkészletekért.

27. Összefoglalás

28. A levegő

1. Mely gázok alkotják a levegőt? Közülük melyek korlátozhatják leginkább az egyes fajok populációinak a szaporodását vagy az életközösségeknek a kialakulását?
2. Mitől alakulnak ki a savas esők?
3. Mely légköri feltételek vezetnek szmogképződéshez?
4. Mi az ózonpajzs és az ózonlyuk?

Hangolódj rá!

A levegő mint gázkeverék összetételét foglalja össze az alábbi táblázat.

Az élőlények mely élettevékenységéhez van szükség az oxigénre? A bioszféra minden részén azonos mennyiségben áll rendelkezésre? Mely élőlények nem igénylik az oxigént élettevékenységükhöz?

Mi lehet a levegő szén-dioxid-tartalmának a forrása? Az élőlények mely élettevékenysége növeli, illetve csökkenti a levegő szén-dioxid-mennyiségét?

Gáz	Térfogatszázaléka a levegőben
nitrogén	78%
oxigén	21%
argon	0,9%
szén-dioxid	0,03%
egyéb gázok (pl, neon, hélium, kripton, metán)	0,07%

A levegő fizikai hatásainak és összetételének köszönhetően az alapvető környezeti tényezők közé tartozik. A levegő gázösszetétele évmilliók alatt alakult ki, és ma is változik.

A levegő összetétele

A levegő **nitrogéntartalma** (78%) a legtöbb élőlény számára nem számít környezeti tényezőnek, mivel közvetlenül nem hasznosítják, a térfogatarány megváltozása nem befolyásolja életkörülményeiket. Ugyanakkor nagyon fontosak azok a mikroorganizmusok, melyek képesek a levegő nitrogénjét megkötni (nitrogénkötő baktériumok és egyes kékbaktériumok), és a növények számára felvehető szervetlen nitrogénvegyületté, ammóniává alakítani.

1. A csupasz turkálók sok szempontból különleges rágcsálók, többek között olyan magas szén-dioxid koncentrációt is elviselnek, ami más emlős számára már halálos

Kísérletezz!

Átokhínárból vágj le öt azonos tömegű, nagyjából azonos levélszámú darabot, és helyezd őket egy-egy kémcsőbe! Az egyik kémcsőbe tölts desztillált vizet, a többibe különböző koncentrációjú (0,1%, 1%, 2% és 5%-os) nátrium-hidrogénkarbonát oldatot! A víz és az oldatok fedjék el a növényi részeket, és legyenek azonos térfogatúak! A kémcsöveket helyezd fényforrás elé, mindegyiket azonos távolságra. Tíz perc elteltével számold meg az egy perc alatt keletkező buborékokat! Minden kémcső esetén legalább háromszor mérj, majd a buborékszámátlagokat (a fotoszintézis mértékét) ábrázold a CO_2-koncentráció függvényében grafikonon!

Magyarázd el!

Mi volt a vizsgálatban a független, a függő és a rögzített változó? Mi az összefüggés a CO_2-koncentráció és a fotoszintézis között? Mit gondolsz, van-e olyan CO_2-koncentráció, ami felett már hiába növelnénk a koncentráció mértékét, nem fokozódna a fotoszintézis mértéke? Mi lehet ennek az oka?

A légköri **oxigén** (21%) a biológiai evolúció eredményeképp érte el mai szintjét, az élet megjelenése előtt nem volt jelen a légkörben. A fotoszintézis oxigéntermelése viszont lehetővé tette az élővilágban a biológiai oxidáció kialakulását, s ezáltal a hatékonyabb energiatermelést az élőlények számára. A szárazföldön a tengerszint körüli magasságokban bőségesen áll rendelkezésre, így nem számít korlátozó tényezőnek, ellenben a magashegységekben az alacsonyabb oxigénkoncentráció és oxigénnyomás már megnehezíti az élőlények életben maradását. Vízben az oxigén rosszul oldódik, oldódását a hőmérséklet is befolyásolja. Így a vízi életközösségekben (tavak, folyók, patakok, tengerek) az oxigén limitáló tényezőnek számít.

A **szén-dioxid** elengedhetetlen a fotoszintézishez. Korábban a levegő CO_2-tartalma jóval magasabb volt, de a fotoszintetizáló élőlények megjelenése és elterjedése után mennyisége lecsökkent. Jelenléte fontos még az üvegházhatás miatt is, ami nélkül nehezen lehetne elképzelhető a földi élet. Bár százalékos aránya (0,03–0,04%) alacsony, mégsem tekinthető korlátozó tényezőnek, mivel nagyon sokféle forrásból (légzés, vulkáni tevékenység, erdőégetés, fosszilis energiahordozók hasznosítása) nőhet a mennyisége a levegőben, és csak a fotoszintézis csökkenti (2. ábra). A szén-dioxid a vízben oldódva hidrogén-karbonát-ion (HCO_3^-) formájában a vízinövények számára jelent szénforrást a fotoszintézishez.

A **vízgőz** szintén üvegházhatású, ezenkívül pedig alapvető szerepet játszik a víz körforgásában, az időjárási jelenségek, csapadékok létrehozásában. A levegő páratartalma számos élőlény számára környezeti tényező (ld. foltos maláriaszúnyog).

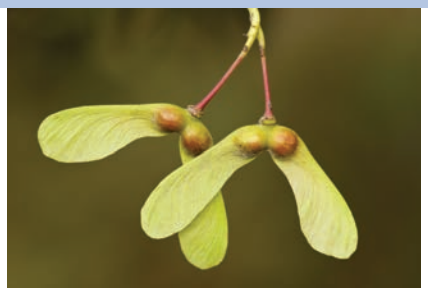
2. A hőerőművekben keletkező szén-dioxidot üvegházakba vezetve jelentősen növelhető a terméshozam

Idézd fel!

Az ökoszisztémák szénkörforgásában mely folyamatok növelik, illetve csökkentik a levegő szén-dioxid-tartalmát? Mi a feltétele annak, hogy a levegő szén-dioxid-tartalma hosszú távon állandó maradjon?

A levegő fizikai tulajdonságai

A levegő fizikai tulajdonságai közül a hőmérséklet és a légáramlás, vagyis a szél a legfontosabb környezeti tényező. A légkör helyi nyomáskülönbségei hozzák létre a levegő vízszintes irányú áramlását, vagyis a szelet. A szél fokozza a párologtatást, ezáltal befolyásolja a növények vízháztartását, a virágpor, a magok, és a termések szállításával szerepe lehet a szaporodásukban (3. ábra). A szél hat az állatok mozgására és elterjedésére is, segítheti vagy nehezítheti a madarak repülését, a repülő rovarokat pedig messzebb sodorhatja eredeti élőhelyüktől. Az erős, orkánerejű szelek és a tornádók nagy károkat is okozhatnak a növényzetben, akár élőhelyek is megszűnhetnek hatásukra (4. ábra). A levegő függőleges irányú áramlása a vitorlázó madarak energiahatékony helyváltoztatását segíti elő (5. ábra).



3. A juhar és a gyermekláncfű repítőkészüléke mindenki számára ismerős

4. A szél pusztító hatása a Tátra hegységben

5. Dolmányos albatrosz. Rokonaihoz hasonlóan naponta akár ezer kilométert is megtesz egyetlen szárnycsapás nélkül, pusztán a legáramlatokat kihasználva

A levegőben található gázok közül a nitrogén a legtöbb élőlény számára nem hasznosítható. A légkör nitrogénjét a nitrogénkötő baktériumok és kékbaktériumok alakítják át ammóniává, és így hasznosítható nitrogénforrássá az élővilág számára.

Az oxigén a fotoszintézis révén dúsult fel a levegőben. A tengerszint körüli magasságokban általában nagy és elegendő mennyiségben van jelen, lehetővé teszi légzést, vagyis a biológiai oxidációt, amely révén az élőlények az erjedéshez képest nagy mennyiségű energiát (ATP) képesek maguknak előállítani.

A szén-dioxid mennyisége befolyásolja a fotoszintézis intenzitását, a levegő szén-dioxid-koncentrációjára pedig kihat a növényzet kiterjedtsége.

A levegő vízgőztartalma erősen változó, ezáltal vesz részt a víz körforgásában. A vízgőz és a szén-dioxid okozza az üvegházhatás nagy részét, az ózonnal, a metánnal és a dinitrogén-oxiddal együtt felelős az üvegház jelenség csaknem teljes egészéért.

28. Összefoglalás

29. A talaj

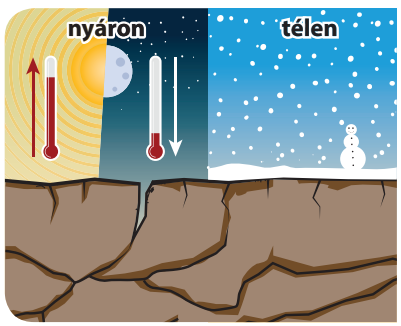
1. Mi a talaj? Hogyan lesz a felszíni kőzetekből talaj?
2. Miért alkalmasak vagy alkalmatlanok egyes talajtípusok a talajművelésre, a mezőgazdasági termelésre?
3. Hogyan befolyásolhatja, károsíthatja az emberi tevékenység a talaj tulajdonságait?

Hangolódj rá!

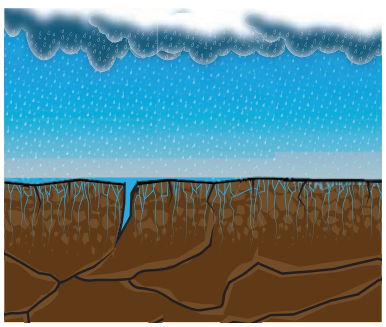
Tavasszal a virágládákba családoddal muskátlit ültettek. A kertészetben többféle virágföldet is árulnak (A – savanyú föld, B – semleges föld, C – enyhén meszes, lúgos föld). Mi alapján és melyiket ajánlja számotokra az eladó? Ahhoz, hogy a muskátli gazdagon virágozzon, tápoldatot is javasolnak. Mely tápanyagokat kell tartalmaznia a tápoldatnak? Miért elég kéthetente csak egyszer öntözni vele, és nem szabad minden locsolást a felhígított tápoldattal végezni?

A **talaj** a földkéreg legfelső, termékeny rétege. Termékenynek nevezzük, mivel a talaj látja el a növekedéshez és szaporodáshoz szükséges tápanyagokkal és vízzel a növényeket. Vastagsága a néhány centimétertől (sziklagyepek talajai) a több méterig (agyagos talajok) változhat.

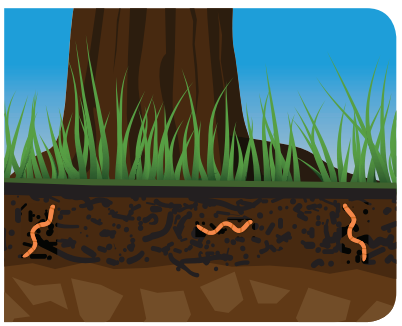
A **talajkialakulás** (1. ábra) folyamatára a kőzettani, éghajlati és biológiai folyamatok együttesen hatnak. Először az alapkőzet **fizikai aprózódása** indul meg. A kőzetekben a különböző ásványok hőtágulása nem egyforma, hőmérséklet-



Aprózódás
A hőingás és a fagy hatására a kőzet megrepedezik, szemcsék töredeznek le róla.



Mállás
Az apró kőzetszemcsék ásványai víz jelenlétében átalakulnak, megváltozik az összetételük.

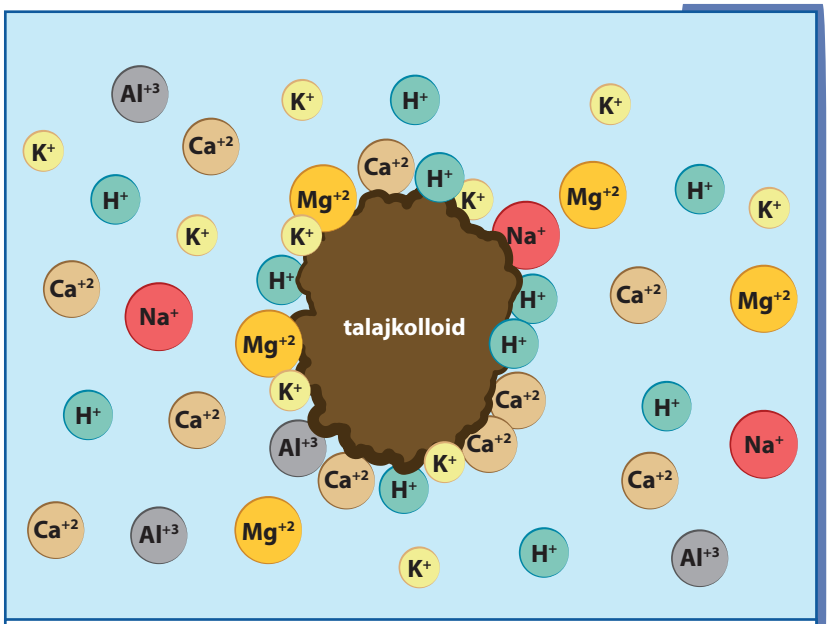


Humuszosodás
A megtelepedő élőlények szerves anyagait a talajlakó élőlények részben lebontják, átalakítják. Ebből jön létre a humusz, ami sokféle, hosszú molekulájú széntartalmú vegyületből áll.

1. A talaj kialakulásának folyamata

ingadozás hatására ezek az ásványok eltérő módon terjednek ki és húzódnak össze. A különböző ásványianyag-szemcsék között ez feszültséget idéz elő, ami repedések kialakulásához vezet. A repedésekben aztán a víz fagyása és térfogat-növekedése is olyan nagy erővel hat, hogy a kőzetek tovább aprózódnak. A fizikai aprózódás körülbelül 0,01 mm-es szemcseátmérőig mehet végbe, az ennél kisebb részecskék már **kémiai mállás** során keletkeznek. A kémiai mállás során már nemcsak a szemcseméret változik, hanem annak kémiai összetétele is. Fő folyamata az oldódás, melyben a víznek, illetve a szén-dioxiddal szénsavat képző víznek van nagy szerepe. Mészkőhegységekben az oldási folyamatok vezetnek a karsztjelenségekhez. A levegővel érintkezve pedig redoxireakciók játszódnak le. A kémiai mállás végeredménye az agyag. A **biológiai mállás** során további fizikai és kémiai változások történnek, az eddigiekhez képest a fő különbség az, hogy a mállást okozó szénsav és egyéb savak biológiai tevékenység révén jönnek létre (2. ábra). A biológiai mállásban elsősorban baktériumok, zuzmók, mohák, gombák és egyéves lágyszárúak játszák a fő szerepet. A megtelepedő élőlények elhalt anyagaiból humuszsavak képződnek, melyek összessége a sötét színű **humusz.** A humusz szerves anyagai kolloid méretűek (1–500 nm), mérsékelt éghajlati övön általában negatív töltésűek. Fajlagos felületük nagy, ezért **vizet és ionokat, ásványi anyagokat kötnek meg** (3. ábra). A humusztartalom javítja a talaj szerkezetét, levegőssé teszi, fokozza a vízmegkötő képességét, nehezíti a tápanyagok kimosódását. Az elhullott élőlények maradványai fokozatosan növelik, a humusztartalom ásványosításában szerepet játszó mikroorganizmusok pedig folyamatosan csökkentik talaj humusztartalmát, kialakítva ezzel a humuszképződés és -bontás dinamikus egyensúlyát.

2. Biológiai hatás a talajképződésben. A gyökér növekedése aprózza, a gyökérsavak mállasztják az alapkőzetet



3. A talajkolloid és a felületén megkötött ionok

A talaj tulajdonságai

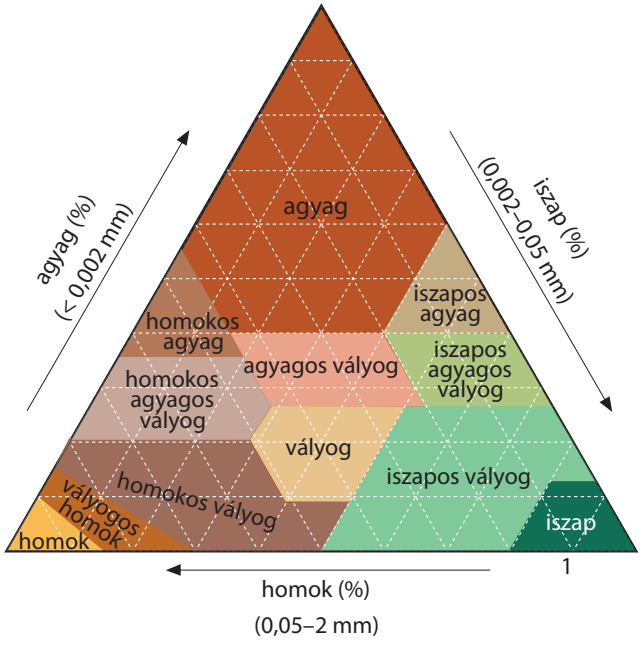
Az aprózódás és a mállás folyamatainak következményeként a talajban különböző méretű szemcsék vannak jelen. A szemcseösszetétel a talajok számos tulajdonságát meghatározza (4. ábra).

Szemcseméret neve	Szemcseméret	Vízáteresztő képesség	Víztartó képesség
durva homok	0,5–2 mm	nagyon jó	nagyon gyenge
finom homok	0,05 –0,5 mm	jó	gyenge
iszap	0,002–0,05 mm	rossz	erős
agyag	0,002 mm >	nagyon rossz	nagyon erős

4. A talajszemcsék tulajdonságai

Az egyes **szemcseméretek arányai** alapján történik a talajok fizikai osztályozása (5. ábra). A talajkolloid-részecskék felületén erősen megkötődő víz nem hasznosítható a növények számára. A kolloidok felületén kötődő kationok viszont meghatározzák, hogy a talajszemcsék össze tudnak-e tapadni vagy sem, s ezáltal létre tudnak-e hozni olyan kapillárishálózatot, ahonnan az ún. kapilláris víz már jól felvehető a növényeknek. A talajkolloidokhoz kötődő Na^+- és K^+-ionok nem engedik a kolloidok összetapadását, a Ca^{2+}- és Mg^{2+}-ionok viszont igen, s ezáltal morzsalékossá és kapillárisokban gazdaggá teszik a talajt.

Fontos tényező a növényvilág és a talajban élő állatok részére a talaj kémhatása (6. ábra). A **kémhatás** függ az alapkőzettől (pl. vulkanikus kőzeten általában savas, mészkövön és dolomiton bázikus talaj alakul ki), de befolyásolhatja a talaj pH-ját a növényzet is, például a fenyőerdők lehulló tűlevelei lebomlásuk során savanyítják a talajt. A kémhatás nagy hatással van a növények életére; egyes fajok a savanyú talajokat kedvelik/tűrik, mások a bázikus talajokat. A növények pH-toleranciájáról az ökológiai mutatók közül az R érték ad információt számunkra (ld. Növényismeret könyv adatbázisa).



5. A talajok fizikai osztályozása

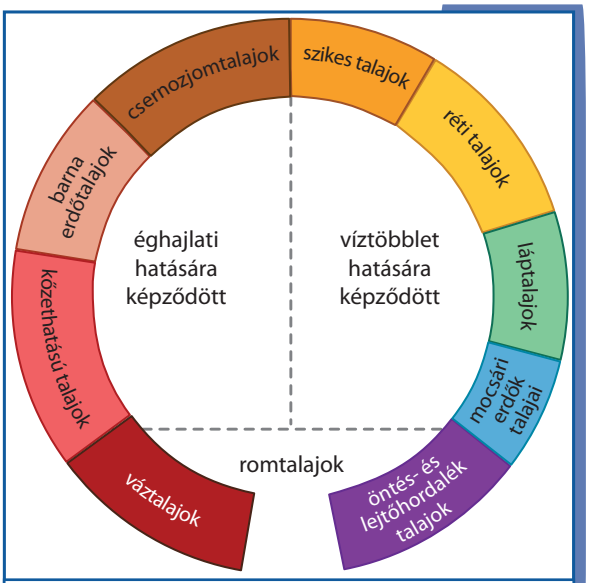
savanyú (savas)	erősen savanyú	pH < 4,5
	savanyú	pH = 4,5 – 5,5
	gyengén savanyú	pH = 5,5 – 6,8
semleges	semleges	pH = 6,8 – 7,2
lúgos (bázikus)	gyengén lúgos	pH = 7,2 – 8,5
	lúgos	pH = 8,5 – 9,0
	erősen lúgos	9,0 < pH

6. A talajok kémhatása

Magyarország főbb talajtípusai

A talajokat a különböző szemcseméretarányokon kívül (fizikai osztályozás) fejlődési típusaik szerint is osztályozhatjuk (genetikai osztályozás). Ez alapján megkülönböztetünk romtalajokat (a talajfejlődést külső vagy belső tényezők akadályozzák), éghajlati hatásra képződött zonális és a víztöbblet hatására képződött azonális talajokat (7. ábra).

Középhegységeink és dombvidékeink erdeinek leggyakoribb talajtípusa a **barna erdőtalaj**. Kialakulásában szerepe van az éghajlati tényezőknek (csapadékmennyiség), az erdő növényzete által teremtett mikroklímának és az elhalt szerves anyagokat lebontó gombáknak. Humuszban gazdag, jó vízgazdálkodású, savanyú kémhatású talaj, az erdők kiirtása után mezőgazdasági művelésre alkalmas. Az alföldi **mezőségi (csernozjom) talajok** a legalkalmasabbak a szántóföldi művelésre, mivel kellően morzsalékosak, humusztartalmuk magas, termőrétegük vastag, vízgazdálkodásuk és tápanyag-szolgáltató képességük kiváló, semleges vagy gyengén lúgos kémhatásúak. A Kiskunságban, a Nagykun-



7. A talajok genetikai osztályozása

ságban és a Kisalföldön előforduló **szikes talajok** kialakulásában a talajvíz talajfelszínhez való közelsége, sótartalma (Na_2CO_3) és a talaj víztartalmának erőteljes párolgása játssza a fő szerepet (8. ábra). A szikesedést okozó Na^+-ionok miatt a talajkolloidok nem tapadnak össze, a talaj nem lesz morzsalékos, és minimális a talajkapillárisok mennyisége. Ezért a szikes talajok termékenysége alacsony, növénytermesztésre nem alkalmasak.

Ha a talajok az év egészében állandó vízborítás alatt képződtek vagy a vízmentes időszakokban is vízzel telítettek voltak, **láptalajokról** beszélünk. Az állandó vízhatás miatt az elhalt növényi maradványok anaerob körülmények között bomlanak le. Ilyenkor a humuszképződést tőzegkeletkezés kíséri. A tőzeg a részlegesen elbomlott növényi szervesanyag felhalmozódását jelenti, amelyben sokszor a növényi maradványoknak még a sejtszerkezete is megőrződött. A láptalajok kémhatása savanyú, az állandó nedvesedés miatt a szerves nitrogénvegyületekből nem szabadul fel mindig elegendő, a növények számára hasznosítható szervetlennitrogén-forrás. A rovaremésztő növények éppen ezért a rovarok kitinpáncéljából pótolják nitrogénszükségletüket (9. ábra).

Következtess!

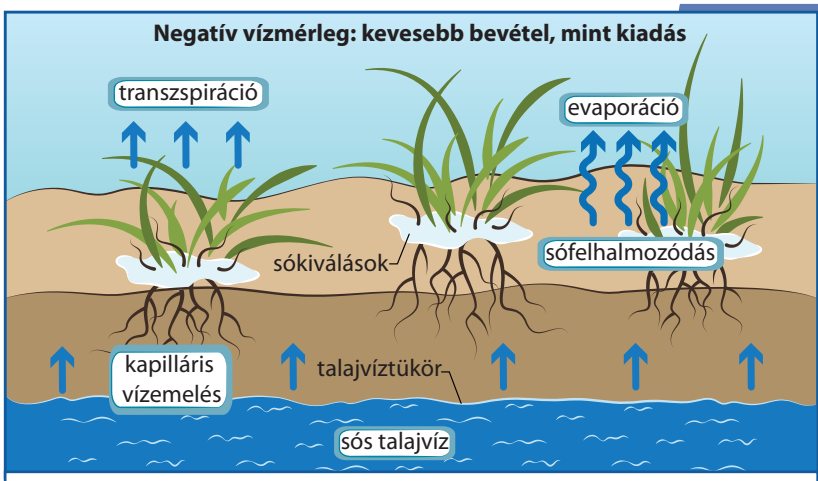
A szikes talajok felső rétegei agyagszemcsékben gazdagok. Hogyan befolyásolja ez a szikesek vízgazdálkodását? A szikes talajokban magas a Na_2CO_3-koncentráció. Savas, semleges, vagy lúgos kémhatású lesz ettől a talaj?

Nézz utána!

Mit jelent a szolonyec és a szoloncsák típusú sófelhalmozódás?

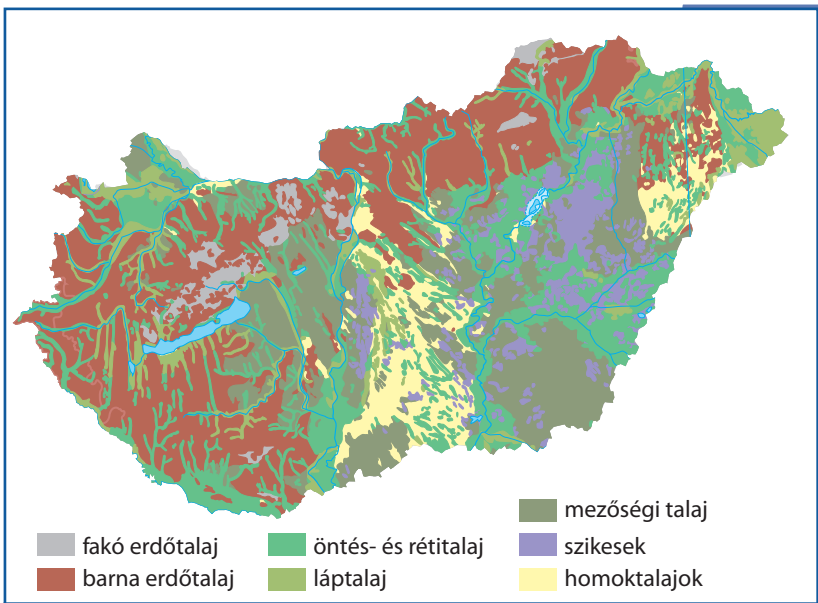
Mely nemzeti parkjaink fő értékei a szikes tavak és a szikes puszták?

Mely madárfajok kötődnek erősen a szikesek életközösségeihez?



8. A szikesedés folyamata (transzspiráció = növényi párologtatás, evaporáció = párolgás a talajból)

9. Kereklevelű harmatfű szitakötő zsákmányával



10. Magyarország főbb talajtípusai

Kísérletezz!

1. A talaj kémhatásának vizsgálata:

Mérj zárható üveg- vagy műanyag edénybe 6 g talajt, és adj hozzá 15 ml kiforralt desztillált vizet. Lezárás után erőteljesen rázd 5 percig a palackot, majd 5 percig hagyd ülepedni a szuszpenziót.

Az 5 perces várakozás után műszeres pH-mérővel vagy univerzális indikátorpapírral mérd meg az oldat kémhatását!

Az oldat tisztájából tegyél egy-egy cm^3 mennyiséget egy-egy kémcsőbe. Az egyikhez adj egy csepp 0,02 m/m%-os metilvörös, a másikhoz egy csepp 0,04 m/m% brómtimolkék indikátoroldatot!

Az eredményeket az alábbi szempontok szerint rögzítsd a füzetedben:

a talajminta származási helye; pH-mérő műszerrel/indikátorpapírral mért érték; a metilvörös indikátor színe a talajkivonatban; a brómtimolkék indikátor színe a talajkivonatban;

2. Talajok mésztartalmának mennyiségi meghatározása:

A mésztartalomnak ($CaCO_3$) fontos szerepe van a talajban. Szabályozza a talaj kémhatását, talajszerkezet-javító anyag, képes megkötni egyes toxikus anyagokat.

A $CaCO_3$-t sósavval reagáltatva a következő kémiai reakció játszódik le:

$$CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$$

Mérd meg egy 100 cm^3-es főzőpohár tömegét, majd mérj bele pontosan 10,0 g talajmintát.

Mérd le egy másik, üres főzőpohárba állított üres kémcső tömegét is, majd a kémcsövet töltsd meg 20 cm^3 10%-os sósavval, és beleállítva a főzőpohárba, mérd meg újra a tömegüket.

Ezután a talajmintára öntjük a sósavat; a talaj mésztartalmától függően pezsgést, habzást fogsz tapasztalni, miközben CO_2 képződik a fenti egyenlet szerint. A reakció lejátszódása után (ha a pezsgés befejeződött) mérd meg a főzőpohár és a benne lévő anyag együttes tömegét. A tapasztalható tömegcsökkenés a távozó CO_2 tömegével lesz egyenlő. Ebből kiszámítható talaj $CaCO_3$-tartalma %-ban megadva.

Elemezz! Meséld el!

Elemezd és értelmezd a szikesedés ábráján a folyamatokat, majd meséld el társaidnak is a természetes (elsődleges) szikesedés menetét!

Válj szakértővé!

A talajokban emberi hatásra is beindulhat a szikesedés folyamata (másodlagos szikesedés). Miért okozhat szikesedést a helytelen öntözés, a folyószabályozás, a helytelen műtrágyázás és a túllegeltetés?

A talaj a földkéreg legfelső, termékeny rétege. Kialakulásának lépései: fizikai aprózódás, kémiai és biológiai mállás. A talaj tulajdonságait meghatározza a különböző mérettartományba eső talajszemcsetípusok aránya, a víztartalom, a képződő humusz mennyisége, az ásványianyag-tartalom, a kémhatás. A talajok osztályozhatók a különböző szemcseméretarányok és a kifejlődésük alapján is. A talaj tulajdonságai nagyban meghatározzák a rajtuk kialakuló növényzet típusát, ami természetesen kihat az állatvilágra.

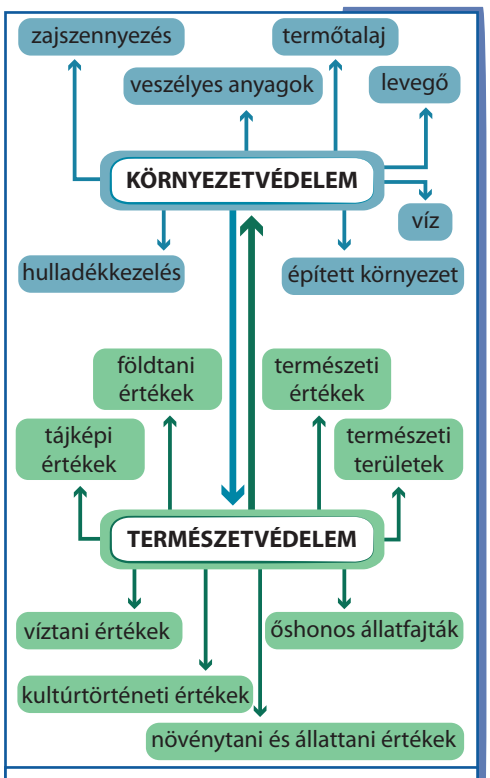
29. Összefoglalás

30. Környezetvédelem, természetvédelem

1. Hogyan befolyásolja az emberi tevékenység a saját és az élővilág tagjainak a megélhetési körülményeit, környezetét?
2. Mit tud tenni az emberi károkozás ellen a környezet- és a természetvédelem? Mi a különbség a két tevékenység között?
3. Mely emberi tevékenységek hatnak károsan a vízi ökoszisztémákra?

Az emberi tevékenységek egy része átalakítja a bioszféra kisebb vagy nagyobb körzetét. Ennek következtében **környezeti károk** jelenhetnek meg, vagyis a talaj, a vizek, a levegő, az élővilág károsodhat.

Környezeti terhelés akkor következik be, amikor az emberi tevékenységek szennyező anyagokat vagy energiát bocsátanak ki a környezetbe. A szennyeződések kibocsátását **emissziónak** nevezik. A különböző környezetterhelő hatások veszélyessége eltérő, szakértői vélemények alapján jogszabályok rögzítik az egyes tényezők **határértékeit**, amelyek még megengedhetők. A határértéket meghaladó terhelést nevezzük **környezetszennyezésnek**. Egyes emberi tevékenységek hatása nem terjed nagy távolságra, a következmény csupán helyi, **lokális** jelenség marad. A **globális** problémák, mint a légkör és az óceánok szennyezése, a 20. században tűntek fel, és az ezredfordulóra olyan súlyúvá váltak, hogy a bioszférát – és benne az emberiséget is – súlyosan veszélyeztetik. A **környezetvédelem** olyan intézkedési tevékenység, amely az emberi populációk védelmére irányul az ember ökológiai környezeti tényezőinek optimumon tartására révén. A **természetvédelem** pedig a természet értékeinek védelmére, megőrzésére, helyreállítására irányuló tevékenység. A környezet- és a természetvédelem egymást kiegészítő tevékenységek (1. ábra). Mivel az ember is a természet része, és léte függ a természettől, ezért természetesen a környezetvédelmi tevékenységeknek van előnyös hatása az élővilág többi részére is.



1. A környezet és természetvédelem kapcsolatrendszere

Az édesvízi és tengeri élőhelyek vízminősége

A környezeti károk közé tartoznak a vizekben okozott károk is, amelyek kedvezőtlen hatást gyakorolnak az élővizek összetételére, mennyiségére vagy ökológiai állapotára, élővilágára.

Vízkészletek

Az állandó édesvízkészlet mellett az emberiség vízfogyasztása meredeken nő. Földünk népessége rohamosan gyarapodik, és a **vízfelhasználás növekedése** jóval gyorsabb, mint a lélekszám emelkedése, emiatt a fogyasztásra alkalmas vízkészletek kimerülhetnek. Egyes területeken ez a probléma már drámai módon megmutatkozik. Számos nagyváros vízellátásához több száz kilométeres csővezetékeket építettek, az igényeket azonban még így is egyre kevésbé lehet kielégíteni. Szakértők szerint a 21. század egyik legnagyobb kihívása az édesvízhiány lesz.

A települések és az ipar vízszennyezése

A rendelkezésre álló édesvízkészletek korlátozott mennyisége mellett további gond, hogy ezeknek jelentős részét is az elszennyeződés veszélyezteti. A hiányos csatornahálózatú településeken és környékükön a **szennyvíz** legnagyobb része a talajba szivárog, azon keresztül pedig a folyókba, tavakba, az ivóvízkészletekbe juthat. A települések és az ipari létesítmények csatornahálózatai megvédik a helyi környezetet, de az elszállított szennyvíz egy része tisztítatlanul ömlik a természetes vizekbe (2. ábra). Mi ennek a jelentősége? A szennyvizekben lévő anyagok egy része közvetlenül méreg, de további összetevők is kedvezőtlenül befolyásolhatják a vízi életközösségeket. Ilyenek például a **mosószerek** vízlágyító és felületaktív anyagai. Számolni kell azzal is, hogy a **szerves anyagokkal** szennyezett vizekben kórokozó mikroorganizmusok szaporodhatnak el, ami fertőzésveszélyhez vezethet. Az is előfordul, hogy a **mérgező anyagok** éppen az öntisztulásban szerepet játszó szervezetek populációit pusztítják.

2. A szennyvizek egy része még napjainkban is tisztítatlanul kerül a természetes vizekbe

A szennyvíz tisztulása és tisztítása

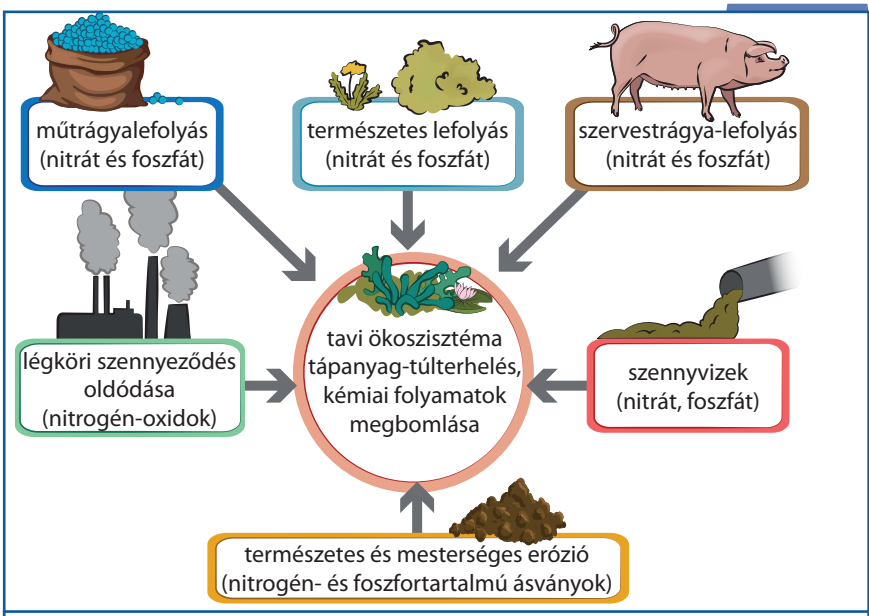
Az élővizeknek szerencsére jelentős – de nem korlátlan – az öntisztuló képessége. A szennyező anyagok egy része lassan magától is lebomlik vagy oxidálódik a vízben, más szennyeződéseket az élőlények, főként baktériumok és moszatok tápanyagként használnak. Ezek a szervezetek a fölvett anyagokat egyrészt beépítik saját sejtjeikbe, másrészt anyagcseréjük során oxidálják azokat. Az **öntisztulás** folyamatai azonban csak korlátozott mennyiségű szennyező anyagot képesek eltávolítani. Az ipari társadalmakban képződő óriási mennyiségű szennyvízben levő szennyezések túlnyomó része megmarad. Az ipari és települési szennyvizekkel kapcsolatos nehézségek megoldása: a **csatornahálózat teljes körű kiépítése** és az összegyűjtött **szennyvíz tisztítása.** Magyarországon az elvezetett szennyvíz nagy része és egyre növekvő hányada már tisztítóművekbe kerül, s onnan tisztítva jut az élővizekbe (3. ábra).

3. Szennyvíztisztító telep. A nagy méretű medencékben baktériumok tömege távolítja el a vízből a szennyező anyagokat

A mezőgazdaság vízszennyezése

A megművelt területekre kiszórt **műtrágyák** egy részét a növények nem veszik fel. Ez a többlet a talajvízbe, majd azzal a felszíni vizekbe kerül (4. ábra). Súlyos egészségkárosodást okozhat, ha a műtrágyázásból származó **nitrátok az ivóvízbe jutnak**. A nitrátionok ugyanis gátolhatják a vérben a hemoglobinhoz kötődve az oxigénszállítást (methaemoglobinemia). A magas nitráttartalmú ivóvíz vagy nitrátdús zöldségek fogyasztása különösen a csecsemőkre jelent nagy veszélyt. Azokon a településeken, ahol magas a vezetékes ivóvíz nitráttartalma, ellenőrzött tisztaságú zacskós vizet vagy ásványvizet kapnak a terhes anyák és a kisgyermekek. Ezen túlmutató probléma, hogy az élővizekbe az állattartó telepekről **hígtrágya**, a szántóföldekről pedig műtrágya juthat be (5. ábra). Ezek a szennyezések az élővizekben tápanyagfelesleget biztosítanak a növényi szervezeteknek, ami **eutrofizációhoz** vezethet.

4. Nagyobb esők alkalmával a kiszórt műtrágya a talaj-, majd a felszíni vizeket szennyezheti

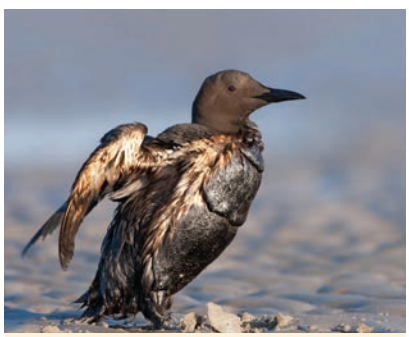


5. Eutrofizációt kiváltó hatások

A tengerek szennyeződése

Az óceánokról a legutóbbi időkig úgy tartották, hogy óriási víztömegük miatt a beléjük kerülő szennyeződés „eltűnik", felhígul, ezért végtelen sok szemét és szennyvíz befogadására alkalmasak. Azonban a folyók által szállított szennyvizek, a hajókról, tengerparti településekről és ipartelepekről a vizekbe jutó szennyeződés hatása ma már szinte mindenütt jelentkezik. Különösen veszélyes az o**lajszennyezés**, amely a hajók tartályainak sérülésekor, illetve tisztításakor jut a vízbe. A kőolaj összefüggő rétegben úszik a víz felszínén, **gátolja a napsugarak behatolását a mélybe, és megakadályozza az oxigén vízbe jutását is.** A fény és az oldott oxigén hiánya a vizek élővilága számára kedvezőtlen, sőt helyenként végzetes lehet. Az olajszennyeződés a tengeri madarak tollába, az emlősök bundájába tapadva közvetlenül is az állatok pusztulását okozza (6. ábra).

Óriási gondot okoz a tengerekbe kerülő, nem lebomló műanyag hulladék is (7. ábra). A Csendes-óceánon mára mára hatalmas sze-

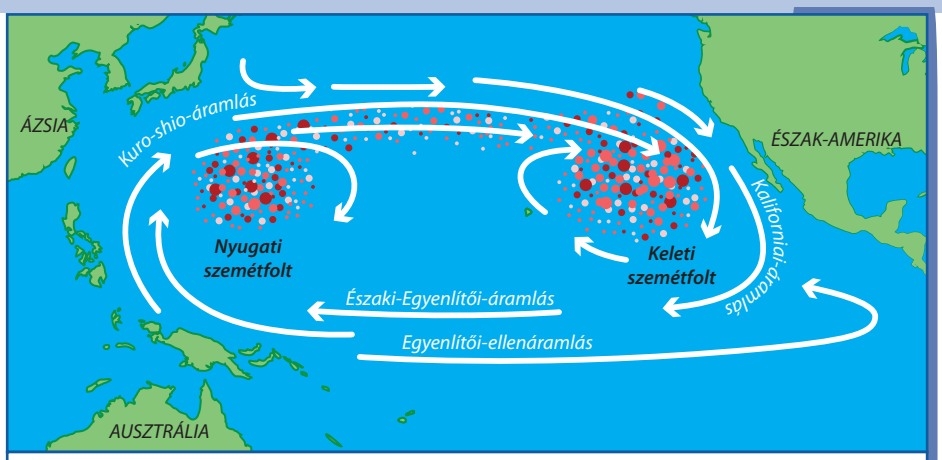


6. A víz felszínét borító olaj végzetes a vízimadarakra nézve

7. Műanyagszeméttől elpusztult szula

Mutasd be!

Készítsetek prezentációt vagy posztert az eutrofizáció folyamatáról! Helyezzetek hangsúlyt arra, hogy mely szervetlen tápanyagok indítják be a folyamatot, mely élőlények szaporodnak túl emiatt, miért következik be később oxigénhiány a tavakban, és mi lesz végső soron az vizes élőhely sorsa!



8. Tengeráramlatok és szemétfoltok a Csendes-óceánban

métfoltok alakultak ki, annak köszönhetően, hogy a folyókba és az óceánba dobált hulladékot az áramlatok összeterelik (8. ábra). A folt kiterjedése 1,6 millió km², tömege 80 ezer tonna körül mozog. Becslések szerint amennyiben az emberiség nem tesz ellene semmit, 2050-re az óceáni szemét össztömege meghaladhatja az óceánokban élő halak össztömegét. A gondot súlyosbítja, hogy a műanyagszemét apró darabokra szétesve bekerülhet a táplálékláncba, az állatok tápcsatornájában rekedve az állatok pusztulását is okozhatja.

Az Aral-tó és a Holt-tenger története

Közismert és rendkívül tanulságos a közép-ázsiai Aral-tó története. A 20. század közepe óta a tavat tápláló Amu-Darja és Szir-Darja folyók vizének nagy részét több ezer kilométeres csatornarendszer építésével a száraz közép-ázsiai területek öntözésére használják. A tóba jutó víz mennyisége rohamosan csökkent, már nem pótolta a párolgást. Ezért a vízszint az elmúlt néhány évtizedben métereket süllyedt, felülete az egykori töredékére zsugorodott. A néhány évtizede még a vízparton fekvő települések egy része ma már több száz kilométernyire került a tó vizétől.

Az Aral-tóhoz hasonló a közel-keleti Holt-tenger állapota. Nevével ellentétben ez valójában egy lefolyástalan tó, amelynek vizében a só koncentrációja rendkívül magas. A történelmi időkben a tóba ömlő Jordán folyó a párolgással azonos mennyiségű vizet szállított. Az utóbbi évtizedekben azonban folyamatosan csökken a tó szintje, ugyanis a Jordán vizének jelentős részét öntözésre használják. A csökkenő vízutánpótlás miatt a tó sekélyebb déli része fokozatosan kiszárad.

Az emberiség a saját környezetét terhelő és a természetet pusztító tevékenységét igyekszik mérsékelni, helyrehozni a környezetvédelmi és természetvédelmi tevékenységével.

A vízkészletek szempontjából a legfőbb gondot az exponenciálisan növekvő emberi populáció fokozott vízfelhasználása és ezzel egy időben a vízkészletek kémiai szennyezése okozza akár a lakossági, akár az ipari és mezőgazdasági vízszennyezés révén. A tengerekben kifejezetten súlyos problémát okoz az olajszennyezés és a tengerekbe kerülő nem lebomló műanyagszemét.

30. Összefoglalás

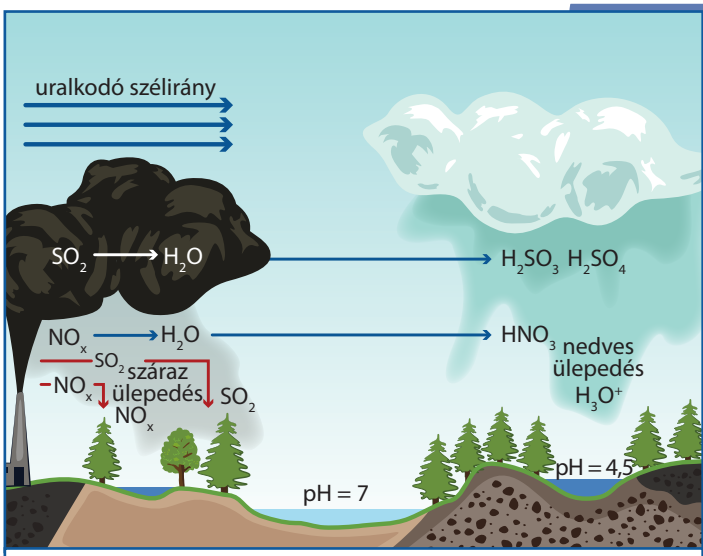
31. A légszennyezés és hatásai az élővilágra

1. Melyek a legfőbb légszennyező anyagok?
2. A légszennyezés miért jelent általában globális problémát, és nem csak lokális gondot?
3. Mely szennyező anyagok vezetnek savas esőhöz, az ózonréteg pusztulásához, szmog kialakulásához és éghajlatváltozáshoz?
4. Hogyan tudjuk csökkenteni a kibocsátott légszennyező anyagok mennyiségét?

A levegő szennyeződése jelentős környezeti károkat okozhat, hiszen a légkörbe kerülő anyagok, a benne lebegő részecskék károsíthatják a vizeket, a talajt, az élőlényeket és a természetes élőhelyeket. Külön kiemelendő, hogy a szennyezett levegő hatására az emberi egészség is kárt szenvedhet.

A légszennyezés alapfogalmai

A levegőszennyezés a Föld és az emberiség **globális problémája**, hiszen bolygónk légköre közös. A szennyező anyagok nemcsak gázok lehetnek, hanem ködöt alkotó apró folyadékcseppek vagy finom eloszlású porszemcsék is. A levegő anyagai egymással kémiai reakcióba léphetnek, egyes gázok molekulái a szilárd szemcsék felületén megkötődhetnek, és az sem ritka, hogy bizonyos anyagok a csapadékvízben feloldódnak. A gáz halmazállapotú, kevéssé reakcióképes, vízben nem oldódó és a szilárd szemcsék felületére sem kötődő szennyező anyagok tartósan a levegőben maradhatnak. Ilyen például a szén-dioxid és minden freon. A légszennyező anyagok másik csoportja rövidebb-hosszabb idő elteltével távozik a légkörből, ezt a folyamatot **ülepedésnek** nevezzük. Az úgynevezett **száraz ülepedés** során a por és a korom egyszerűen súlyánál fogva lassan süllyed a földfelszínre, a vízben oldható gázok (pl. kén-dioxid, nitrogén-oxidok) pedig oldott állapotban, a csapadékvízzel érik el a felszínt. Ez utóbbit **nedves ülepedésnek** nevezik (1. ábra).



1. A savas esők terjedése

Kutass és mutasd be!

Keress olyan sajtócikkeket, melyek ember által előidézett környezeti katasztrófákról, azok okairól, az élővilágra és az emberi egészségre kifejtett hatásairól szólnak! Hogyan regenerálódott a kár után a természet, miként lehetett helyrehozni az okozott károkat? Mire kellene figyelni, hogy a hasonló katasztrófák elkerülhetők, megelőzhetők legyenek? Gyűjtőmunkád eredményeit mutasd be kiselőadás formájában!

A savas esők

Kéntartalmú tüzelőanyagok, főleg kőszén elégetése során **kén-dioxid** (SO_2) jut a levegőbe az erőművekből, ipari létesítményekből és háztartásokból (2. ábra). A kén-dioxid egyesül a levegő víztartalmával ($SO_2 + H_2O = H_2SO_3$), s az így keletkező **kénessav** a csapadékvízzel savas esőt képez. Ennek következménye, hogy **a talaj és az élővizek kémhatása savas irányba tolódik el**, ami sok élőlény számára elviselhetetlen. Az erdőalkotó fák közül különösen a fenyők reagálnak érzékenyen a savas esőkre (3. ábra). A savas csapadék kialakulásában a kén-dioxid mellett a **nitrogén-oxidoknak** is szerepük van. Ezek a gázok kisebb részben a műtrágyákból, nagyobb részben a **gépjárművek kipufogógázaival** jutnak a levegőbe. A nitrogén-oxidok a vízzel **salétromossavat** (HNO_2) és **salétromsavat** (HNO_3) alkotnak. A savas kémhatású vagy más anyagokkal szennyezett levegő a széllel messzire juthat, így hatása a kibocsátás helyétől messze, több száz vagy ezer kilométernyire is jelentkezhet. A savas esők nem csak közvetlenül károsítják az élővilágot. A savas csapadék hatására a talajból kioldódnak az alumínium és számos nehézfém (pl. ólom, higany) mérgező vegyületei, és a vizekbe jutnak. A vízi életközösségekben megmérgezik a planktont, majd a táplálékláncon végighaladva a terület egész élővilágát. A károsító anyagok az élelmiszerekbe is bekerülhetnek, és így az emberek egészségét is veszélyeztetik. A savas esők az **épített környezetet is pusztítják**. Oldják a mészkőből, fémből készült tárgyakat, építményeket. Pótolhatatlan veszteségeket okoznak a műemlék épületekben és a köztéri szobrokban is (4. ábra). A vasutak, a hidak gyors rozsdásodása, korrózió ja, a felüljárók és az utak károsodása pedig óriási gazdasági károkat okoz.

2. A kőszén égetése a legnagyobb probléma

3. Savas esők hatására pusztuló fenyőerdő

4. Az athéni akropolisz mára súlyosan károsodott a savas esőktől. Egyre több szobrát őrzik múzeumban, helyükre másolatokat tesznek

Légszennyező közlekedés

A légszennyező anyagok az ember egészségét közvetlenül veszélyeztetik. A gépjárművek a szén-dioxidon kívül nitrogén-oxidokat, valamint a benzinüzemű

motorok szénhidrogéneket és szén-monoxidot, a dízelmotorok pedig kormot bocsátanak ki (5. ábra). A szén-monoxid a vörösvérsejtek hemoglobinjához kötődve gátolja a vér oxigénszállítását, és így a szövetek oxigénellátását is korlátozza, a nitrogén-oxidok pedig károsítják a légzőszerveket. A korom szövetkárosító és rákkeltő anyagokat tartalmaz, mikroszkopikus szemcséi a légutakban megtapadva csökkentik a légzőfelületet. A városok és iparvidékek lebegő pora (PM10) mérgező nehézfémeket is tartalmaz, és a porszemcsék felületéhez kötődő mikroorganizmusok révén további betegségeket okozhat. A gépjárművekből távozó égéstermékek hatására napsütéses időben a talaj közelében ózon is képződik, ami roncsolja a növényi sejteket, a fotoszintézis csökkentésén keresztül levélelhalást okoz, valamint az emberi nyálkahártyát és a légutakat is károsítja.

5. Fontos eszköz a kibocsátási határértékek szigorítása, a valódi megoldást azonban a belsőégésű motorok betiltása jelenti majd

Szmog és szmogriadó

A városi levegőben felhalmozódó szennyező gázokból kedvezőtlen meteorológiai körülmények és domborzati viszonyok között **füstköd,** szmog alakulhat ki. Télen főleg a szénfűtésből származó gázok, nyáron pedig a közlekedő autók által kibocsátott anyagok okozhatnak füstködöt (6. ábra). A fűtésre használt kőszén szerepét Európa jelentős részén átvette a földgáz, ezért a téli szmogok itt megritkultak. A gépjárműforgalom növekedése következtében azonban a nyári szmog gyakorisága növekszik – a gyakori szélcsendes és napos időjárás miatt –, elsősorban a fejlődő világ egyes területein. A károsító anyagokra a kisgyerekek, a várandós anyák, a légúti betegségekben szenvedők és az idős emberek a legérzékenyebbek. Ha a szmogot okozó anyagok mennyisége tartósan magas, elrendelik a **szmogriadót**. A szmogriadó olyan intézkedési terv, amely előírja a szennyező anyagokat kibocsátó gyárak, illetve a közlekedési eszközök korlátozását. A lakosságot felkérik, hogy a betegek, öregek és a gyerekek lehetőleg ne menjenek az utcára, a lakásokban pedig az ablakokat zárva kell tartani, és tartózkodni kell a belső tér levegőszennyezésétől, például a dohányzástól, a gyertyagyújtástól, a füstölő használatától.

6. Száraz, napos időben kialakuló Los Angeles típusú szmog a névadó város levegőjében

Nézz utána!

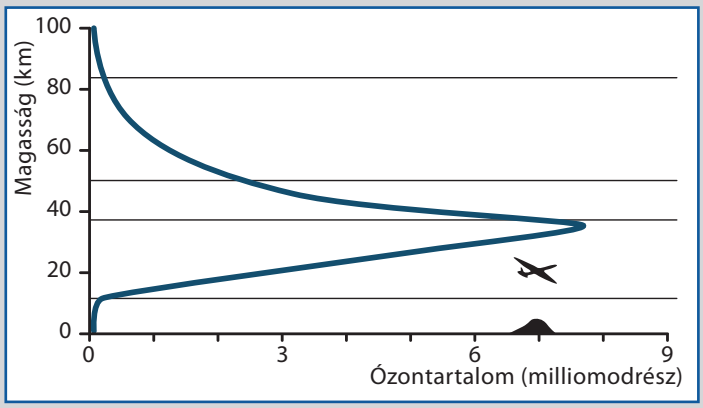
Magyarország mely nagyvárosaiban alakulhat ki szmog? A nyári (oxidáló vagy Los Angeles típusú), vagy inkább a téli (redukáló vagy London típusú) szmog előfordulása valószínűbb? Van-e különbség a rendszerváltás (1989) előtti és utáni időszakban megfigyelt szmogok kialakulásában?

Az ózonréteg

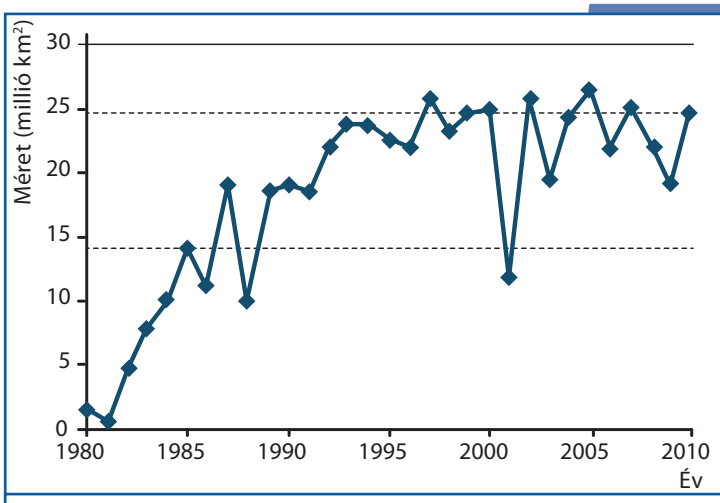
Az ózon (O_3) oxigénből képződik a Napból érkező ultraibolya sugárzás hatására a légkör magasabb régióiban. Az ózonmolekulák elnyelik a súlyosan károsító, mutagén hatású ultraibolya sugárzás jelentős részét. Az ózonréteg ezért az élővilág szempontjából alapvető jelentőségű védelmet nyújt.

Elemezz!

Az ábra segítségével állapítsd meg, hogy hozzávetőleg milyen magasságban helyezkedik el az ózonpajzs! Veszélyezteti-e az ózonpajzs épségét a légi közlekedés?



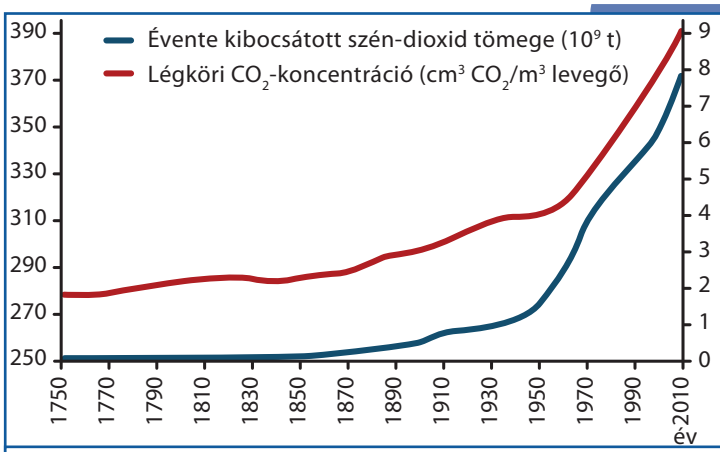
A **magaslégköri ózonréteg pusztulása** globális hatású katasztrófával fenyeget. A légkörbe kerülő klór- és fluortartalmú szerves vegyületek, például a **freonok** katalizálják az ózon bomlását. Emiatt az ózonréteg nagy foltokban jelentősen ritkul. Ezeket a foltokat „**ózonlyuk**” néven szokás említeni (7. ábra). A **káros ultraibolya sugárzás** erőssége a földfelszínen ennek megfelelően növekszik. A freonokat az iparban évtizedekig nagy tömegben használták hűtőgépek, klímaberendezések gyártásához és a spraypalackok hajtógázaként. A gáz a hulladéktelepekre került tárgyakból akadálytalanul jutott a légkörbe. A freonmolekulák rendkívül stabilak, sokáig nem bomlanak le, akár 100 évig is megmaradhatnak az atmoszférában. Ezért – bár alkalmazásukat a nemzetközi megállapodások már régóta szigorúan korlátozzák – még sokáig számolni kell károsító hatásukkal. A fokozódó ultraibolya sugárzás miatt például növekszik a szembetegségek és a bőr daganatos megbetegedéseinek gyakorisága. Emlékezzünk rá, hogy ha napon tartózkodunk, ezek kialakulása ellen napszemüveggel, illetve megfelelő napvédő krémmel védekezhetünk.



7. A déli-sarkvidéki ózonlyuk méretének változása

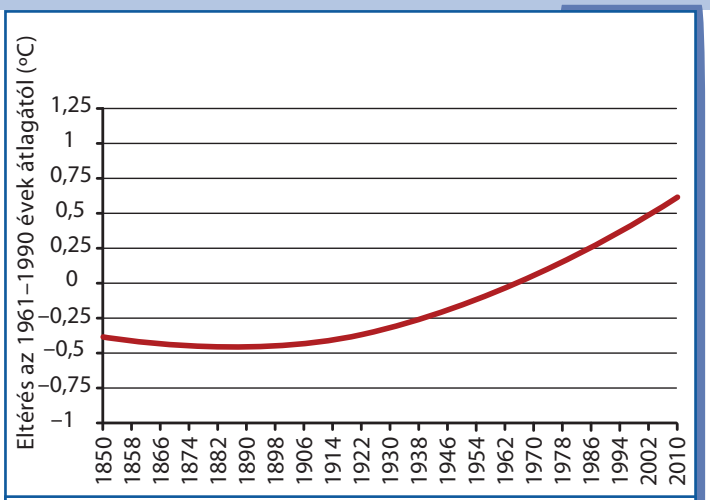
A szén-dioxid csapdája: globális fölmelegedés

A légköri változások közül talán a legszembetűnőbb a szén-dioxid koncentrációjának növekedése. Az atmoszférába a széntartalmú anyagok égése és az élőlények légzése juttat szén-dioxidot, a növények fotoszintézise pedig fogyasztja ezt az anyagot. E folyamatok egyensúlya révén maradhatott hosszú ideig állandó, 0,028%-os értéken a CO_2 koncentrációja az iparosodás előtt (1 m^3 levegőben 280 cm^3 CO_2). Ez az érték azonban az utóbbi évszázadban rohamosan nőtt, a 2010-es években elérte a 0,039%-ot (8. ábra). Az emelkedés két fő okra vezethető vissza. Egyrészt a fosz-



8. Az emberiség szén-dioxid-kibocsátása és a légköri szén-dioxid-koncentráció változása. Nézz utána, mivel magyarázható, hogy a légkör CO_2-koncentrációja nem követi a kibocsátás növekedését!

szilis energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz) fokozódó felhasználásával az emberiség egyre több szén-dioxidot juttat a légkörbe, másrészt a fotoszintézist végző növényzet károsításával, az erdők kivágásával, továbbá a tengerek szennyezése révén a moszatok pusztításával a légkörből a szén-dioxid kivonását korlátozzuk. Különösen aggasztó a trópusi esőerdők területének és a tengeri plankton mennyiségének rohamos fogyása. A szén-dioxid **üvegházhatású** gáz, vagyis a földfelület hőkisugárzását visszatartja, ezáltal növekszik a felszín és az alsó légrétegek hőmérséklete. A 20. században a Föld felszínének hőmérséklete az üvegházhatás fokozódása miatt 0,5–0,7 °C-kal nőtt (9. ábra). A 21. századi előrejelzések további, 1,4 °C-ot meghaladó emelkedéssel számolnak. Ez a jelenség a **globális felmelegedés**. A felmelegedés a Földön nem egyenletes, az Egyenlítő közelében kisebb, a sarkok közelében nagyobb mértékű (10. ábra). Az is lehetséges, hogy egyes területeken lehűléssel jár majd a klímaváltozás. A hőmérséklet növekedése esetén a sarki jég megolvadása miatt e**melkedik a világtengerek szintje**. Ez a becslések szerint a következő évtizedekben akár több métert is elérhet, ami az alacsony tengerpartok és szigetek lakói számára tragikus lehet. Ezen túl a melegebb levegő több vízgőzt tárol, ezért sok helyütt a **csapadékmennyiség jelentős csökkenésére** kell számítani. A sivatagok további terjedését és a mérsékelt övezetben az éghajlat szélsőségesebbé válását jelzik a számítások. A nagy szárazságokat időnként megszakító felhőszakadások vagy a téli hótömegek gyors olvadását követő tavaszi áradások rengeteg gazdasági kárt és emberi tragédiát okozhatnak.



9. A légkör középhőmérsékletének változása

10. A felmelegedés súlyosan érinti a sarkvidéki élővilágot

A légszennyezés mérséklése

A levegő- és általában a környezetszennyezés mérséklése az emberiség közös ügye. A nemzetközi megállapodásoknak köszönhetően egyes környezetkárosító gázok, például a freonok kibocsátása csökkent, mások növekedési üteme lassult, de a szén-dioxid-koncentráció növekedésének mértéke alig változott. A legfontosabb, hogy olyan ipari eljárásokat kell kidolgozni és alkalmazni, amelyek kevesebb szennyező anyag képződésével járnak. Az üzemekben olyan környezetvédelmi berendezéseket kell felszerelni, amelyek megakadályozzák a szennyező anyagok kijutását a légkörbe. Az egyes emberek is sokat tehetnek a levegő tisztaságáért. Vegyük figyelembe, hogy a légszennyezés legfontosabb forrása a tüzelés és a közlekedés! Takarékoskodni kell az energiával: javítani a lakások hőszigetelését, korszerűbb fűtőberendezéseket használni, az autó helyett tömegközlekedési eszközöket igénybe venni (11. ábra). Sokat segít, ha vásárláskor tudatosan olyan termékeket választunk, amelyek nem tartalmaznak légkört szennyező és károsító anyagokat, illetve amelyek készítése és használata nem jár ilyen anyagok kibocsátásával.

11. Egy autóbusz sokkal kevesebb légszennyező anyagot bocsát ki, mint ha harminc utasa külön-külön gépkocsival közlekedne

Talajszennyezés

A talaj károsodása általában helyi, nem globális probléma. A talajréteg károsodása vagy elvesztése a növények és az egész életközösség leromlásához vagy eltűnéséhez vezethet. A legnagyobb veszélyt a **talaj szennyeződése, eróziója, szikesedése,** továbbá a s**ivatagosodás** jelenti. A talajszennyezés gyakori formája a **műtrágyázásból** ered. A természetes életközösségekben az anyagok körforgásban vannak, a művelésbe vont területeken viszont a termesztett növényeket betakarítják, ezért anyagaik nem jutnak vissza az adott élőhely anyagforgalmába. A talaj tápanyagtartalma trágyázás nélkül így folyamatosan csökkenne, ami a terméshozam visszaesésével járna. Különösen veszélyes ebben a tekintetben a monokultúrák hatása. Ilyen esetben a termesztett növények folyamatosan a saját igényeik szerinti arányban veszik föl a tápanyagokat, így egyes tápanyagok jelentősen lecsökkenhetnek az adott területen a talajból. A növénytermesztés miatt bekövetkező tápanyagszint-csökkenés elkerülésére a talajok tápanyagtartalmát pótolni kell. Évezredeken át a trágyázás szolgált erre a célra, a 20. századtól kezdve pedig a vegyipar által előállított **műtrágyákat** használ a mezőgazdaság. A növénytermesztés szempontjából a műtrágyázást szükségesnek tartják, ám túlzott mértéke veszélyekkel jár. A növények által föl nem vett műtrágya a talaj mélyebb rétegeibe mosódik, az élővizekbe kerülve pedig károsíthatja azok élővilágát, és eutrofizációt idézhet elő. A talajokba **mérgező anyagok** is kerülhetnek, például veszélyes hulladékok gondatlan elhelyezése miatt (12. ábra). A káros anyagokat a növények felszívhatják, majd a **méreg továbbjuthat a táplálékláncon**, s a ragadozókban, illetve az emberi szervezetben is felhalmozódhat. Azzal is számolni kell, hogy a nem kellően körültekintő mezőgazdasági tevékenység révén **növényvédő szerek** kerülhetnek a talajba, amelyek károsíthatják a talaj élővilágát. A szennyező anyagok a talajvízzel az élővizekbe is eljuthatnak, és így hatásuk távolabbi területekre is terjedhet.

12. A veszélyes hulladék tárolása szervezést és infrastruktúrát igényel

Erózió, defláció

Erózió során a víz, **defláció** során a szél hordja el a talaj felső rétegeit. A folyamat következtében a **termőréteg vékonyodik**, és csökken a termőképessége. A talaj ugyanis viszonylag hosszú idő alatt, az életközösséggel együtt fejlődik és vastagodik. A természetes növényzet gátolja, hogy az esővíz, illetve a szél lesodorja a talajréteget. Az eredeti növényzet eltávolítása után a csapadék és a szél romboló hatása szabadon érvényesülhet, ezért a talajréteg az erózió és a defláció áldozatává válhat.

A **trópusi esőerdőket** az utóbbi évtizedekben széles körben **irtják**, ennek helyi és globális következményei is súlyosak (13. ábra). Lokális károsodásként fogható fel, hogy az amúgy is rossz minőségű talajt a nagy mennyiségű csapadék gyorsan lemossa, így néhány év alatt a **növény-**

13. Trópusi esőerdő nagyüzemi kivágása

termesztés lehetősége is megszűnik. Ilyen körülmények között természetesen az eredeti társulás felújulása is lehetetlen. Az esőerdők a legnagyobb fajgazdagságú életközösségek, így irtásuk globális következménye egyrészt a Földön élő **fajok számának gyors csökkenése**, másrészt a fotoszintetizáló növényzet fogyása miatt a földi légkör szén-dioxid-koncentrációjának fokozott növekedése.

A **szárazabb területeken a sivatagosodás** jelenti a legnagyobb veszélyt. Az amerikai prérin egykor beszántották a szárazságtűrő gyeptársulásokat, helyükön növénytermesztő gazdaságok létesültek. A csupaszon maradt, kiszáradt, porrá vált talajt a szél akadálytalanul széthordta (14. ábra). A megoldást szélfogó erdősávok telepítése és a növénytermesztés szüneteltetése jelentette. Számos más példa mellett ez is jól szemlélteti, hogy az ember – kellő körültekintés, szaktudományos tervezés nélküli – nagyszabású beavatkozásai gyakran saját maga számára is súlyos károkat vonnak maguk után.

A mérsékelt övezetben elsősorban a meredek hegyoldalakon végzett egyidejű fakitermelés, az úgynevezett **tarvágás** vezethet erózióhoz, mivel a növénytakaró védő hatásának megszűnése után a csapadék lemoshatja a talajt. Az erdővel borított hegyoldalon a csapadékvíz lassan szivárog lefelé, a csupasz hegyoldalakon lezúdulva azonban gyorsan eléri a vízfolyásokat, és pusztító áradásokat okozhat (15. ábra). A fa természetesen nélkülözhetetlen nyersanyag, ezért a fák kivágásával járó erdőgazdálkodásra szükség van. Lényeges azonban, hogy a helyi adottságokhoz, például a terepviszonyokhoz alkalmazkodva, tervszerűen történjen a fakitermelés, hogy az erdei életközösség mielőbb regenerálódjon.

14. Kellő körültekintés nélkül végzett talajművelés esetén a szél a talaj termékeny rétegét elhordhatja

15. Erdőirtást követően lemosott talaj az Amazonas mentén

A levegőszennyezés a Föld és az emberiség globális problémája, hiszen bolygónk légköre közös. A levegőbe kerülő szennyező anyagok nemcsak a levegő minőségét rontják, hanem a száraz és nedves ülepedéssel a talajt és a természetes vizeket is szennyezhetik. A légszennyező anyagok hatása összetett; mérgezhetik közvetlenül is az élőlényeket, beleértve az embert is, de közvetett hatásuk is lehet.

Az élővilág veszélyeztetésén kívül az emberiség kulturális értékeit is károsíthatják.

Korunk egyik legnagyobb kihívása az emberi hatásra is fokozódó globális hőmérséklet-emelkedés és éghajlatváltozás.

A talaj károsodása általában helyi okokra visszavezethető probléma.

A legnagyobb veszélyt a talajra annak szennyeződése, eróziója, szikesedése, valamint a sivatagosodás jelenti. A talajszennyezés gyakori formája a műtrágyázásból és a növényvédő szerek használatából ered.

Az erózió és a defláció a termőréteg elvékonyodását okozza.

31. Összefoglalás

32. Ciklikus változások az életközösségek életében

1. Mi a bioritmus, és mi szabályozza ezeket a ritmusokat?
2. A szerveződési szintek mely részein találkozhatunk ciklikus, periodikusan visszatérő jelenségekkel?
3. Hogyan játszódnak le az életközösségek szintjén a ciklusos és a nem ciklusos változások? Mely tényezők szabályozzák vagy vezérlik ezeket a folyamatokat?

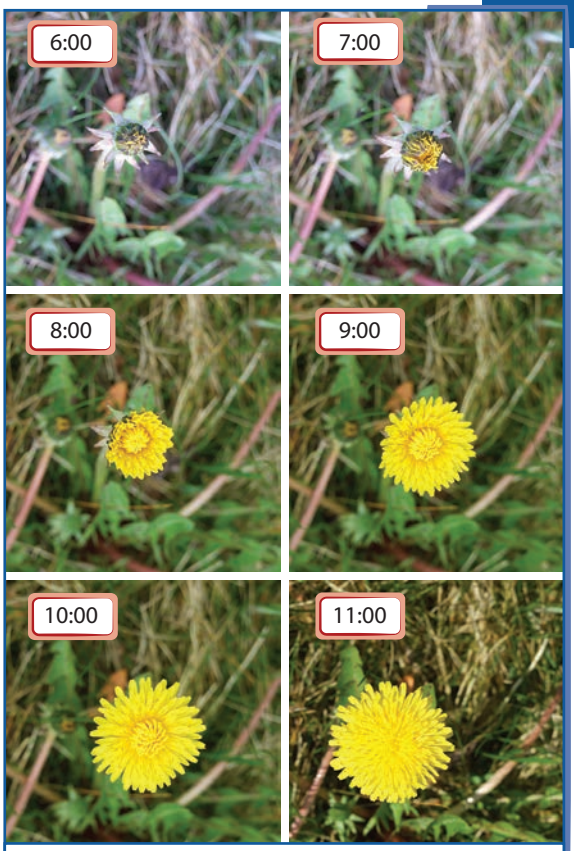
Hangolódj rá!

Az év során a nappalok hosszabbodásának és rövidülésének ritmusát tapasztaljuk. Hogy látod, megváltoztatja ez körülötted az élővilág életét, pl. a madarak napi tevékenységét? Változik-e az ember aktivitása a nap során a sötét/világos szakaszok hosszának változásával?

Napi ritmusok

A fajok egyedeinek, a populációknak és az életközösségeknek az életében megfigyelhetünk olyan tevékenységeket, jelenségeket, melyek bizonyos ritmus szerint történnek. Az élőlények ritmusos tevékenysége bizonyos élettelen környezeti tényezők ritmusához igazodik, alkalmazkodik, vagyis az élőlény és a környezete közötti kölcsönhatásból fakad.

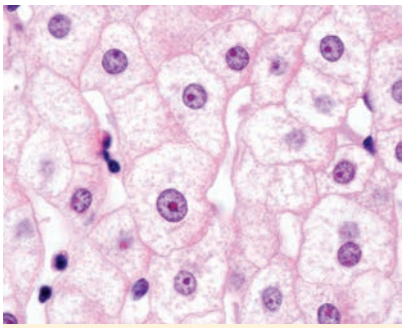
A környezet azon rezgési folyamatait, melyek meghatározzák az élőlények életfolyamatainak a ritmusát (**a bioritmusát**), ritmusadóknak nevezzük. A fő **ritmusadó** a világosság és a sötétség napi és éves szintű váltakozása (ld. rövid nappalos és hosszú nappalos növények). Emellett kisebb hatással, de ritmusadó lehet a hőmérséklet (ld. változó és állandó testhőmérsékletű állatok eltérő napi és éves ritmusa) is. A tengerpartokon a nappal és éjszaka váltakozásával szemben a legfőbb ritmusadó pedig az árapály (apály/dagály) jelensége. De miről is van szó? Az egyedek bizonyos szöveteinek a sejtjei, az egyedek és az egyedekből álló populációk vagy a populációkból álló életközösségek életében találunk olyan folyamatokat, amik meghatározott ritmusban



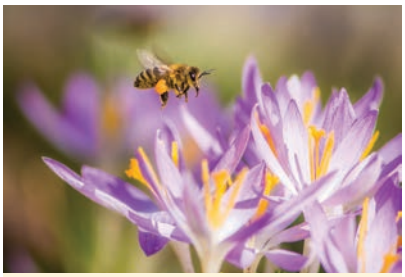
1. A gyermekláncfű virágzata csak nappalra nyílik ki, éjszakára összecsukódik

zajlanak. A patkányok májsejtjeiben (2. ábra) a sejtmagok mérete 17 óra körül a legkisebb, 23 óra körül viszont ennek körülbelül másfélszerese. A sejtmag napi ritmusú méretváltozásához kis időeltolódással ugyan, de igazodik a sejtmag RNS-tartalma és a sejt fehérjeszintézisének a ritmusa is. Különösen a pillangós virágú növények körében jellemző (pl. bab, távírónövény, lóhere), hogy leveleik nappal kiterülnek, éjszakára összecsukódnak. A ritmusos levélmozgásnak természetesen szerepe van a túlélésben, a lekonyult leveleknek az éjszakai hideg sokkal kevésbé árt, mint a kiterülteknek. A virágok illata is gyakran csak a nap bizonyos időszakaszaiban érezhető erőteljesen, s e ritmushoz igazodik a beporzó rovarok napi aktivitása is (3. ábra).

A példákból láthatjuk, hogy a napi ritmusok a faj, a populáció egyedeire hasonlóan jellemzőek és hosszú alkalmazkodás eredménye, vagyis az evolúciós folyamatok részeként alakultak ki. Ebből az is következik, hogy a napi ritmusoknak rendszerint öröklött, vagyis endogén alapja is van. Az emberi újszülöttek például mintegy négyóránként kérnek enni. A két étkezési időszak hossza nem függ attól, hogy nappal van-e vagy éjszaka, illetve attól sem függ, hogy a csecsemő előzőleg mennyit táplálkozott. A négyórás ritmus öröklött, ami persze a szülők számára a náluk már kialakult, a világossághoz és sötétséghez igazodó napi ritmusa miatt – különösen éjszaka – kellemetlen lehet. Azonban körülbelül két hónap alatt, az éjszakai nyugalmi periódusok hosszának megnövekedésével a csecsemőknél is kialakul az alvás és ébrenlét nappali-éjszakai ciklusa.



2. Patkányok májsejtjei



3. Nektáradó virágok és beporzó házi méh

Nézz utána!

A napi ritmusokon kívül más ritmusok is léteznek. Említettük például az árapályzónákban az apály és a dagály által kialakított ciklusokat. Hogyan befolyásolja ez a ritmus a tengerparti élőhelyeken az élőlények (pl. algák, rákok, sirályok) életét?

Partfutók keresgélnek táplálékot a tengerparton, apály idején

Éves ritmusok

A bioszférában nemcsak napi, hanem éves ritmusokkal is találkozunk. Az éves ritmusok is megfigyelhetők akár az egyedek, akár a populációk vagy az életközösségek szintjein. Az élőlények endogén, öröklött éves ritmusa a fajok fennmaradásának fontos feltétele. Az elsődleges ritmusadó ebben az esetben is a fény. A világosság időtartamának az évszakoktól függő változása az élővilág életében is periodikus változásokat, ritmusokat alakított ki az évmilliók során. Mindenki hallott már a tavasszal és ősszel ismétlődő madárvonulás jelenségéről (4. ábra), emlősfajok téli álomra történő elrejtőzködéséről, vagy arról, hogy számos állatfaj az évnek mindig azonos időszakában szaporodik. Arra is találunk példát, hogy a napi ritmus változik az évszakokkal, azaz a napi ritmusnak is van egy éves ritmusa. Az ember testhőmérsékletének napi maximuma télen inkább kora délután mérhető, míg nyáron a késő délutáni órákban.

4. Több ezer példányos vándorló seregély csapatok Magyarországon is megfigyelhetők

Nagyon fontosak és jellegzetesek az életközösségekre jellemző **időbeli változások**. Az évszakok váltakozása miatt szabályosan bekövetkező, visszatérő állapotai az életközösségeknek az **aszpektusok** (5. ábra). A hazai erdőkben tavasszal, lombfakadás előtt fénykedvelő növények uralják a gyepszintet. Mire a fák rügyei kihajtanak, ezek a lágy szárú virágos növények termést és magot érlelnek, majd föld feletti részeik elszáradnak. Lombfakadás után vagy az árnyéktűrő fajok kezdenek dominálni (tölgyesek), vagy a minimális fényt átengedő zártabb lombkoronájú erdőkben (bükkösök) a gyepszint a nyári időszakra kicsupaszodik. Őszre a fák és a cserjék termést érlelnek, majd a hideg elleni védekezésül lehullatják leveleiket. A költöző madarak pedig ősszel elhagyják itteni életközösségeiket, s helyükre északabbról érkező fajok kerülnek. A rovarvilág is elrejtőzik télre, hogy aztán tavasszal újra aktívvá váljon. Természetesen az aszpektusok minden olyan életközösségre, biomra jellemzők, ahol évszakok váltják egymást. Összességében az aszpektusok változásai a populációk eltérő aktivitásával, élettevékenységével magyarázhatók.

Az életközösségek nem ciklusos változásai

Ha egy területen új életközösségek alakulnak ki, majd ezek tovább alakulnak más életközösségeké, s az egymásba alakuló életközösségek jól felírható sorrendben követik egymást, szukcesszióról beszélünk. A **szukcesszió** tehát egy önszerveződő, határozott irányt mutató életközösségszerveződési folyamat. Miközben az élőhelyen az egyik életközösséget váltja a másik, változik azok fajösszetétele, szerkezete, működése.

A szukcessziót lehet földtörténeti léptékben is értelmezni, ez esetben egy területen az éghajlatváltozások miatt alakulnak át az életközösségek (6. ábra) (**szekuláris szukcesszió**). Erre utalnak az utolsó jégkorszakot követő elmúlt tízezer év korszakainak elnevezései is: fenyő-nyír kor (kr. e. 8000 – kr. e. 7000), mogyorókor (kr. e. 7000 – kr. e. 5500), tölgykor (kr. e. 5500 – kr. e. 2500), bükk-kor (kr. e. 2500 – napjainkig).

Változatlan makroklíma esetén **biotikus szukcesszió** zajlik, ami kialakulása szerint lehet elsődleges vagy másodlagos.

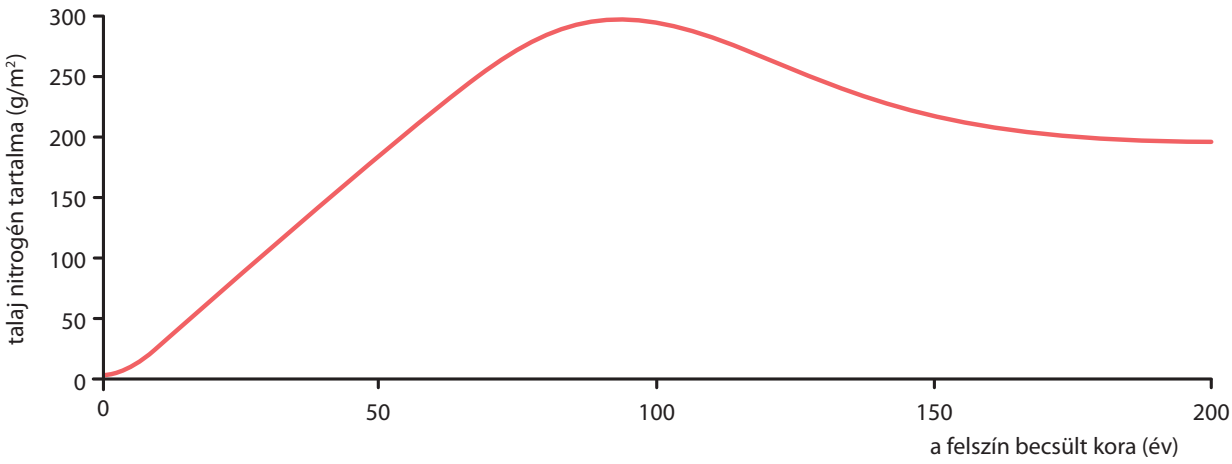
Elsődleges szukcesszióról akkor beszélünk, ha olyan helyen indul be az élőlények betelepedése, ahol korábban még nem volt növényzet, nem alakult ki életközösség. Elsődleges szukcesszió játszódhat így le a morénákon, vulkánkitörések után a megszilárdult láván, meddőhányókon, futóhomokon vagy akár folyó által épített zátonyokon.

5. Hazai növényzet aszpektusai

6. Míg az enyhülés a mérsékelt övezetben gazdagabb élővilágot eredményezett, a Szaharában a sziklarajzok egy csapadékosabb és bőségesebb korszakról tanúskodnak

Alaszkában például a Gleccser-öbölben (7. ábra) a gleccserek visszahúzódása miatt morénaanyag-hordalék marad vissza. A keletkező szabad felszín tápanyagszegény, ezért a kialakuló első növényzet, **a pionírtársulás** itt olyan növényekből formálódik, amelyek nitrogénkötő baktériumokkal állnak szimbiózisban. Ilyenek a magcsákófajok, a szukcesszió első 20-40 évében ők adják a növényzet fő tömegét. A magcsákós növényzetet váltja a kanadai és szitkaéger által uralt égeres stádium. Ezek az égerfajok szintén nitrogénkötő szimbiózisban élnek, viszont a növények magassága ebben az

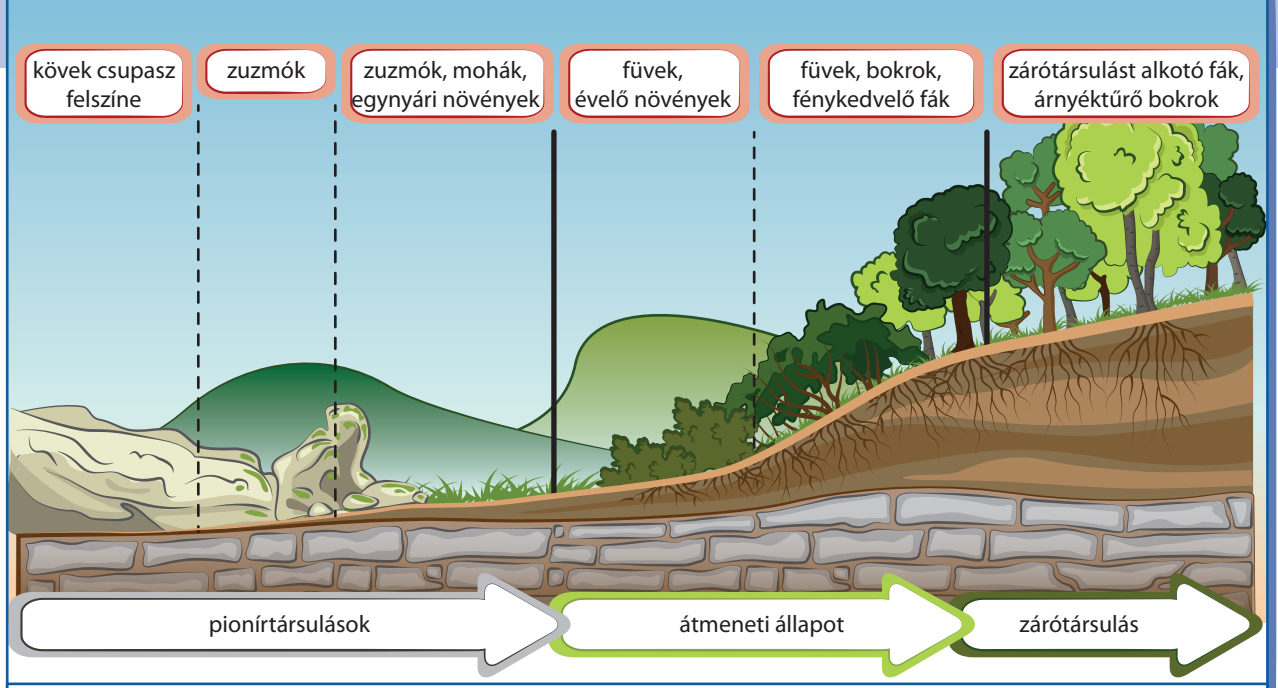
7. Alaszka, Gleccser-öböl



8. Gleccsermorénán kialakuló szukcessziós változások

életközösségben már eléri a 10 métert. Az éger helyét fokozatosan fenyőfajok veszik át (nekik már nincsenek nitrogénfixáló baktériumaik, mivel a megtelepedésük idejére már elég nitrogén halmozódik fel a talajban), a szukcesszió sor utoljára kialakuló életközössége, **zárótársulása** a szitkafenyő-hemlokfenyő társulás (8. ábra).

Hasonlóan jól meghatározott irányú szukcesszió játszódik le hazánkban lösz területen. A lösz ásványi anyagokban gazdag, és agyagásványai jó víztartó képességűek. A szukcesszió lépései: löszfalnövényzet (pionírtársulás, nyitott, fajszegény, félsivatagos jellegű növényzet) → löszpusztarét (csaknem teljesen zárt sztyeppnövényzet, kétszikűekben gazdag, néhány erdei faj is elegyedik) → törpemandulás (a növényzet 40%-a sztyeppfaj, 40%-a erdei faj) → tatárjuharos lösztölgyes (klímazonális zárótársulás, gazdag gyep- és cserjeszint).



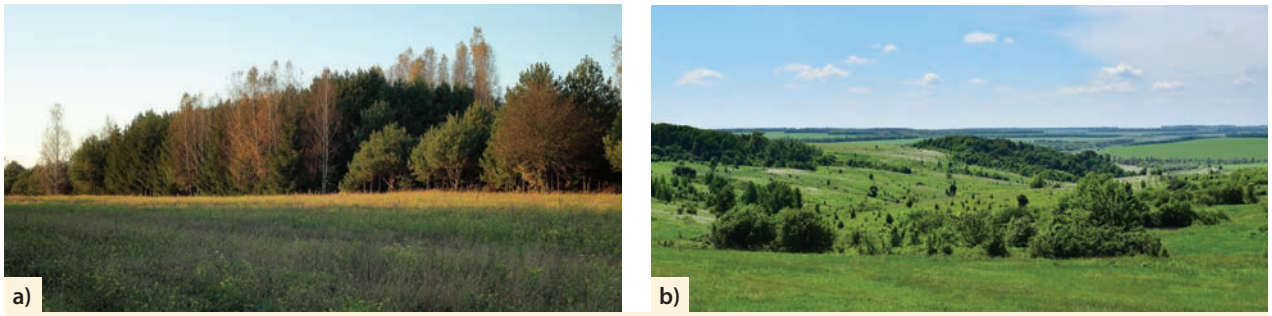
9. A csupasz szikla felszínén kialakuló kezdetleges életközösség előkészíti a talajt a nagyobb termetű növények számára

A középhegységeink sziklás területeiről induló szukcessziót a (9. ábrán) mutatja be. A **másodlagos szukcesszió** olyan területeken játszódik le, ahol az élőhelyet előzőleg már borította növényzet, csak valamilyen zavaró természetes vagy emberi hatásra eltűnt. Másodlagos szukcesszió indulhat be tehát egy árvíz, erdőtűz, tarvágás, szélvihar, vagy egy terület felszántása, majd a művelés alól történő kivonása után. Az elsődleges szukcesszióval szemben ezeken az élőhelyeken már van talaj, aminek a kialakulása viszont az elsődleges szukcesszió esetén hosszú időt vesz igénybe. Ráadásul a talaj már rendelkezik magbank vagy néhány túlélő növényegyed formájában emléknyomokkal az eredeti növényzetről.

Sokat és hosszan tanulmányozták a parlagok szukcesszióját. A felhagyott szántókon (10. ábra) először egyéves növények lesznek tömegesek, melyek hatalmas magkészlettel bírnak a talajban. Az egyéves növények tömegessége hamar lecsökken, mivel nem jó kompetitorok, helyüket átveszik a magvakkal és vegetatív szervekkel is jól szaporodó kétéves és évelő fajok. Néhány évig ezután a tarackokkal terjedő fajok terjednek el, majd a növényzet zárulása után (10–15 év) megjelennek a cserjék és a pionír fafajok. A területre jellemző zárótársulás (tölgyerdő) kialakulásához még a kedvező éghajlat és a közelben lévő erdők megléte esetén is legalább 60–100 évre van szükség.

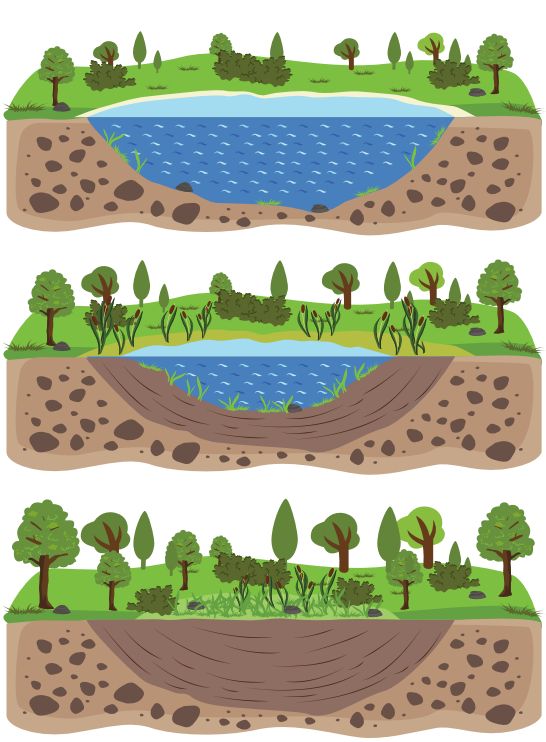
Kísérletezz!

Áss fel a kertben, vagy máshol, ahol megengedik neked, egy 1m²-es területet, szed ki belőle a növényeket, majd gereblyézd el a területet! Készíts róla fényképet a felásás előtt, és az elgereblyézés után is! Ezután kéthetente készíts újabb fényképfelvételt!

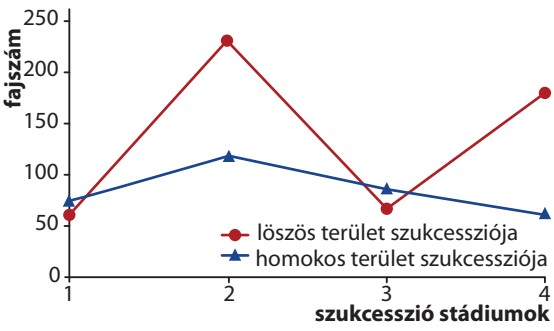


10. A szukcesszió kezdeti stádiumában (a) és 10-15 éves állapotában (b) lévő korábbi mezőgazdasági területek

Másodlagos szukcessziónak nevezzük azt is, amikor egy meglévő ökoszisztéma továbbfejlődik, például egy tó feltöltődik vagy egy irtásrét beerdősül (11. ábra). Általánosságban elmondhatjuk, hogy a biotikus szukcesszió folyamatában az életközösségek egymásra következésében a következő trendek figyelhetők meg. A szukcesszió elején a jól terjedő, könnyen megtelepedő és gyors szaporodóképességű, ugyanakkor a kompetícióban nem erős növényfajok jelennek meg (zavarástűrő fajok). A pionírökoszisztémáknak még kicsi a felhalmozott biomasszája, de nagy a biológiai produkciója. Ilyen körülmények között az ökoszisztéma kevéssé képes az önszabályozásra. A szukcesszió későbbi stádiumaira a kisebb terjedési sebességű, gyengébb megtelepedési képességű, lassabb szaporodású fajok jellemzők (kompetíció- és stressztűrő fajok). A társulás elviseli a kisebb, időszakos külső hatásokat, beavatkozásokat, és a beavatkozás után rövidebb-hosszabb idő alatt visszaáll az eredeti állapota. A szukcesszió előrehaladtával nő az életközösségek szintezettsége, nagyobb lesz a K stratégiájú fajok aránya, gazdagabbá válik a kölcsönhatásrendszer, nő az ökoszisztéma stabilitása. A zárótársulás fajszáma és diverzitása nagyobb a pionírtársulásénál, de az nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a pionírtársulástól kezdődően fokozatosan, társulásról társulásra emelkedne a fajszám és a diverzitás. Például egy lágyszárúak alkotta zárt gyepnek lehet magas a diverzitása, de a rá következő cserjés életközösségnek alacsonyabb. Majd a cserjést váltó fiatal erdő diverzitása megint nő, de az öregedő erdő sokfélesége újra csökkenhet (12. ábra).



11. Egy tó feltöltődését kísérő szukcesszió. A tavi üledék felhalmozódása lehetővé teszi a part menti életközösségek behatolását a tó területére, ezért a tó felülete egyre csökken, végül teljesen eltűnhet.



12. A fajszám változása magyarországi löszös és homokos területek szukcessziója során. Löszön: 1. löszfalnövényzet, 2. löszpusztarét, 3. törpemandulás, 4. tatárjuharos lösztölgyes. Homokon: 1. nyílt évelő homokpusztagyep, 2. homoki sztyepprét, 3. nyaras-borókás, 4. homoki tölgyes.

Gondolkozz!

Hogyan befolyásolhatják az életközösségégek fajszámát és összetételét a szukcesszió során az alábbi adottságok?

- **az élőhely mérete**
- **a táj fajkészletének mérete**
- **a „fajpool" távolsága**
- **a populációk közötti kölcsönhatások**
- **a területen meglévő készletek sokfélesége és mennyisége**

Az élőlények életében megfigyelhetők rövidebb vagy hosszabb ritmusok szerinti tevékenységek. Ezek a ritmusok jelentkezhetnek a szövetek sejtjei, az egyedek, a populációk vagy az életközösségek szintjén is. Az egyedek bioritmusa meghatározza az élőlények napi vagy éves aktivitását, viselkedését, szaporodási szokásait. A napi ritmusoknak rendszerint öröklött alapja is van. Az életközösségek szerveződésében alapvetők az évenként visszatérő változások, az aszpektusok. Ezzel szemben a szukcesszió egy határozott irányt mutató életközösség-szerveződési folyamat.

32. Összefoglalás

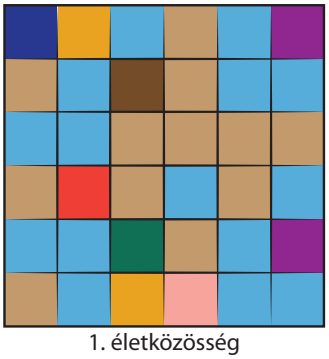
33. A biológiai sokféleség

1. Mennyire fontos mérőszám a fajszám?
2. Mit jelent a biodiverzitás, és mely szerveződési szinteken értelmezzük?
3. Minek köszönhető a fajok pusztulása Földünkön?
4. Mi a természetvédelem célja? Melyek a természetvédelem módszerei céljainak elérése érdekében?

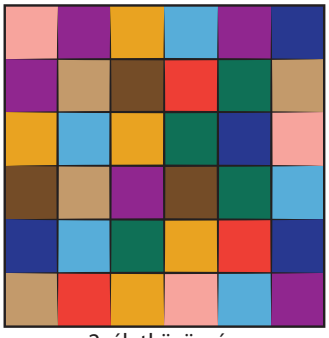
A fajszám és a diverzitás

Ahogy a populációk leírására, viselkedésére is számos paramétert alkalmaznak (pl. egyedszám, egyedsűrűség, koreloszlás, térbeli eloszlás, szaporodási ráta), úgy az életközösségek szerkezete, felépítése, működése is leírható különböző mérőszámokkal, jellemzőkkel. Az életközösségek egyik fontos mérőszáma a **fajszám (S)**, ami megmutatja, hány faj populációja él együtt egy adott életközösségben. A hazai tölgyesekben például a kedvezőbb fényviszonyok miatt sokkal több növénypopuláció található, mint a bükkösökben. A viszonylag homogén nádasok növényfajszámánál a mocsárrétek vagy a löszpusztarétek flórája gazdagabb, valamint egy rét madárfaunája szegényesebb egy tölgyerdő madárközösségénél (flóra: egy terület növényfajainak az összessége, fauna: egy terület állatfajainak az összessége).

A fajszám viszont önmagában nem nyújt elegendően pontos képet egy társulás valamely állományáról, hiszen a fajok puszta felsorolásából nem derül ki, hogy a társulások állományaiban az egyes populációk egyedei milyen arányban vannak jelen. Pedig az arányok is fontosak, mivel azon is múlik az élőhely sokfélesége, más szóval a diverzitása. Tekintsünk egy példát! Két életközösségben a fajok száma egyaránt 9, viszont az egyik életközösségben egy vagy két faj uralja nagy egyedszámmal az élőhelyet, míg a másik életközösségben a fajok közel hasonló egyedszámmal, illetve relatív gyakorisággal képviselik magukat (1. ábra). Melyik életközösség számít sokfélébbnek? (Relatív gyakoriság: az egyes populációk egyedszámának és valamennyi populáció összegyedszámának az aránya).



1. életközösség



2. életközösség

1. A két nagy négyzet egy-egy életközösség, a különböző színű kis négyzetek pedig egy-egy faj egyedei. Az azonos színű kis négyzetek azonos fajú egyedek

Számítsd ki!

A 21. század elejére kb. 1,75 millió élő és 300 000 kihalt fajt írtak le a tudósok. Azonban még mindig nem tudjuk pontosan, hogy valójában hány faj is él a Földünkön. A teljes fajkészletre nagyon eltérő és csak nagyon durva becslések léteznek.

Az egyik becslést Terry L. Erwin amerikai kutató végezte. Összegyűjtötte a Luehea seemannii trópusi fafaj lombkoronájából a bogarakat, és 19 faegyedről 1100 bogárfajt határozott meg. Szakirodalmi adatok alapján kiszámolta, hogy a talált bogárfajok közül 163 kizárólag az említett fafajhoz kötődik, csak azon él. Mivel az ízeltlábúak 40%-a bogár, ezért kb. 400, kizárólag ennek a fafajnak a lombkoronájában élő ízeltlábúról lehet szó. Ráadásul az esőerdőkben a lombkoronaszinten csak az ízeltlábúak kétharmada található.

A trópusi fafajok száma 50 000-re tehető. Ezen adat és a fentiek ismeretében Erwin szerint hány ízeltlábúfaj él a trópusi őserdőkben?

Mind a két nagy négyzetben kilencféle színű kis négyzet (= faj) van, mégis a 2. életközösség szemre is tarkábbnak, azaz sokfélébbnek tűnik, mivel ott a 9 faj populációi azonos egyedszámmal vannak jelen. Megállapíthatjuk tehát, hogy a **sokféleség** (diverzitás) a társulást alkotó populációk számán túl az egyes populációk egyedeinek számáról és egymáshoz viszonyított gyakoriságáról is információt ad. A sokféleség értékének kiszámításához többféle matematikai képlet létezik, de mindegyikben közös, hogy szerepel bennük a fajok aránya, szakszóval a relatív gyakorisága. A diverzitást megadó képleteknek meg kell felelniük annak a követelménynek, hogy a fajszám növekedésével és a relatív gyakoriságok egyenletesebbé válásával a sokféleség értékének nőnie kell. A sokféleség értéke akkor lesz minimális, ha egy életközösségben minden egyed ugyanabba a fajba tartozik (ilyen a természetben természetesen nem létezik), és akkor maximális, ha minden egyed más fajba tartozik (természetesen ilyen sem létezik, ezek elméleti szélsőértékek).

A fenti példákban a **biodiverzitást** egy életközösség fajainak, populációinak a sokféleségén értelmeztük (taxondiverzitás). Egy életközösségen belül azonban nemcsak az életközösséget alkotó populációk sokféleségéről beszélhetünk, hanem a populációk közötti kölcsönhatásoknak, vagy a populációk életformáinak, a táplálkozási szinteknek, a korcsoportoknak, vagy akár a populációk térbeli elrendeződésének a sokféleségéről is, ez az **ökológiai diverzitás**. A biodiverzitás értelmezhető magasabb szerveződési szinteken is. Vizsgálhatjuk például egy régió **élőhely-diverzitását** (2. ábra), amikor egy nagyobb területen előforduló életközösségek, élőhelyek számát és azok egymáshoz viszonyított arányát vesszük számba. Ugyanakkor a biodiverzitásnak szintén fontos része az ún. **genetikai diverzitás**, ami jelentheti a fajok közötti genetikai sokféleséget, de jelenti a populáción belüli, egy génhez tartozó allélok számát és gyakoriságát is.

Összefoglalva, a biodiverzitás: „Bármilyen eredetű élőlények változatossága, beleértve a szárazföldi, tengeri és más vízi-ökológiai rendszereket magukban foglaló ökológiai komplexumokat. Magába foglalja a fajon belüli, a fajok közötti sokféleséget és maguknak az ökológiai rendszereknek a sokféleségét.” (ENSZ-egyezmény a biológiai sokféleségről)

2. Élőhelyek sokfélesége. Ha jelentős az élőhely-diverzitás, a taxondiverzitás is magasabb lesz

Gondolkozz! Idézd fel!

Mely korábban már tanult folyamatok, jelenségek vezethetnek egy populációban a génekhez tartozó allélok sokféleségének növekedéséhez?

Miért lehet probléma egy faj/populáció életében a genetikai sokféleség csökkenése, megszűnése?

A fajok pusztulása, a biodiverzitás csökkenése

Az életközösségek taxondiverzitása vagy a tájak élőhely-diverzitása nem állandó értékek, hanem időben változhatnak. A diverzitás változásának lehetnek természetes okai, de az emberi tevékenység is előidézheti.

A kihalás időszaka	A kihalással leginkább érintett rendszertani kategóriák	A kihalások okai
ordovícium–szilur határán (445 millió éve)	– trilobiták – pörgekarúak – tüskésbőrűek – korallfélék	– eljegesedés – tengerfenék vizének oxigénszegénnyé válása – zátonypusztulás
devon–karbon határán (376 millió éve)	– páncélos halak – trilobiták – harasztok	– eljegesedés – tengerfenék vizének oxigénszegénnyé válása – zátonypusztulás
perm–triász határon (251 millió éve)	– sugárállatkák – négysugaras korallok – mohaállatok – csigák – kétéltűek	– hegységképződés – vulkánkitörések – faunakiegyenlítődés – meteorit becsapódás
triász–jura határán (200 millió éve)	– Ammoniták – Placodonta őshüllők – Therapsidák (emlősök ősei)	– éghajlatváltozás – tengerszint-ingadozás – vulkánkitörések
kréta–tercier határ (65,5 millió éve)	– kőkorallok – fejlábúak (kivéve csigaházas polipok) – dinoszauruszok	– aszteroideabecsapódás – vulkánkitörések – fotoszintézis visszaesése – éghajlatváltozások: éghajlati övek kialakulása – tengerszint csökkenése

3. A Föld nagy kihalási időszakai

A Föld története során öt nagy fajkihalási időszakot tartanak nyilván (3. ábra). A legutolsó nagy kihalási időszak a kréta időszak végére esett (65 millió évvel ezelőtt), aminek a dinoszauruszok is áldozatul estek. Ugyanakkor bizonyos élőlénycsoportok robbanásszerű fejlődése annak köszönhető, hogy a szaporodásukat, megélhetésüket korlátozó más élőlénycsoportok kipusztulnak. Elképzelhető, hogy az ember kialakulását is az tette lehetővé, hogy a valaha élt legnagyobb testméretű szárazföldi lények kihaltak. A dinoszauruszok mellett már akkor is ott éltek azok az éjszakai ősi emlősök, melyekből az összes ma élő emlősfajt eredeztetjük. Ahhoz, hogy meghódíthassák a szárazföldi ökoszisztémákat, kellett az is, hogy az őshüllők kihalásával számos élettér szabaddá váljon.

Az élővilág evolúcióját érintő kipusztulások sebessége évmilliókban mérhető. Az ősmaradványok vizsgálatából megállapítható, hogy egy-egy faj élettartama átlagosan 5–15 millió év. Ezt a kipusztulási sebességet figyelembe véve évente 1–3 faj pusztulna ki. Egy emlősfaj kipusztulására átlagosan 200 évente lehetne számítani.

Napjainkban a hatodik kipusztulási hullámnak lehetünk tanúi, ráadásul ennek elsősorban az emberiség különböző természetpusztító hatása az oka. Az emberi tevékenység okozta fajpusztulás ütemét körülbelül négyszáz éve tudjuk követni. Eszerint az elmúlt 400 évben közel 500 gerinces, elsősorban madár és emlős, valamint több mint 650 virágos növény halt ki. Ez jelentősen nagyobb kipusztulási sebesség, mint a természetes okokból történő kihalásé.

4. A farkas az 1990-ben megjelent Vörös Könyvben kipusztult fajként szerepel, azóta újra megtelepedett Magyarországon

Az emberi civilizáció sajnos sokféle módon járul hozzá a fajok eltűnéséhez. A leglátványosabb esetekben egyszerűen irtás, például a korlátlan vadászat vezetett fajok eltűnéséhez. Az emberiség létszámának robbanásszerű növekedése egyre gyorsabb ütemben foglalja el a teret más fajok elől, megszüntetve vagy feldarabolva és átalakítva az élőhelyeiket. Könnyen belátható, hogy az **élőhelyek méretének beszűkítésekor** a populációk egyedszáma olyan mértékben csökkenhet, ami egyes fajok fennmaradását veszélyezteti. Ugyanezzel a következménnyel járhat, ha az eredeti élőhelyet részekre daraboljak, például utak építésével, csatornák létesítésével. Ilyenkor ugyanis az élőhely egyes részletei már nem feltétlenül biztosítanak elegendő területet egy-egy populáció fennmaradásához. Az élőhely megszűnhet egyszerűen azért, mert az emberek saját használatba veszik, például mezőgazdasági művelés alá vonják vagy beépítik (5. ábra).

Gyakori az is, hogy az élőhely valamely környezeti tényezőjét változtatják meg, többnyire gazdasági megfontolásból. Ilyen az, amikor a bányaművelés érdekében lecsapolják a fajokban gazdag mocsaras vagy lápos területet, ami az ottani életközösségek eltűnését vonja maga után. A taposásra érzékeny életközösségek a turisták látogatásától is komoly kárt szenvedhetnek. Az sem ritka, hogy az emberi beavatkozások közvetve okozzák egy-egy faj egyedszámának csökkenését, esetleg eltűnését. Az **élőhelyre kerülő szennyező anyagok** például bizonyos populációk számára mérgezők lehetnek. Egyes populációk ennek hatására kipusztulhatnak, ezek fogyasztói pedig táplálék nélkül maradnak. Az is előfordulhat, hogy a szennyező anyag a táplálékláncban továbbjut, így a fogyasztó populációkat is károsíthatja. A 20. század közepe táján használt DDT igen hatékony és olcsó rovarirtó szer volt. A természetben azonban alig bomlott le, és a rovarevők útján a csúcsragadozók szervezetébe jutott. A DDT hatására számos ragadozó madár, köztük a vándorsólyom szaporodási üteme csökkent a tojások héjának károsodása miatt. A madárfaj emiatt sok helyütt majdnem teljesen eltűnt. Egy rét életközösségének állapotát például jól jellemzi a lágy szárú növények sokfélesége. Ha a rétre – a fűhozam növelése érdekében – műtrágyát szórnak, akkor a sokféleség csökkenni kezd (6. ábra). A nitrogénigényes fajok populációi versenyképesebbé válnak és gyorsabban terjednek, lassanként kiszorítják a magasabb nitrogénszintet nehezen tűrő fajok populációit. Sokszor előfordult már az is, hogy egy területre szándékosan betelepített vagy véletlenül **behurcolt idegen faj** okozta az őshonos faj pusztulását (7. ábra).

A Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUCN) által kiadott Vörös könyv legújabb, 2020-as kiadása szerint a világban veszélyeztetett növény- és állatfajok száma 35 500. Az IUCN listáján kb. 130 000 faj szerepel, melyek közül a zátonykorallok 33, a kétéltűek 40, a madarak 14, az emlősök 26%-a számít veszélyeztetettnek.

5. Mezőgazdasági művelés alá vont terület

6. Eltérő diverzitású rétek

7. Az Ausztráliába betelepített tevék annyira elszaporodtak, hogy külön programot kellett indítani a vadászatukra

Házi macskák és a fajpusztulás

Házi macska zsákmányával

Látott ma már cuki cicás videót? Na és olyat, amelyikben a kedves kis bundás állat tucatszámra mészárol le más fajokat? A macskák vérszomjasabb ragadozók, mint gondolnánk: a hatodik kihalási hullám beindításában az ember játssza a legtevékenyebb szerepet, de azért a macska se kutya.

Egy tavaly ősszel megjelent globális elemzés szerint a macska kész ökológiai katasztrófa, az elvadult vagy kóbor macskák már legalább 63 faj – madarak, emlősök, hüllők – kihalásában működtek aktívan közre az utóbbi ötszáz évben.

Az invazív ragadozók összesen 87 madár-, 45 emlős- és 10 hüllőfaj eltűnéséért felelősek – ami a három osztály esetében az összes ismert kihalás 58 százaléka ebben a félezer évben. És a 30 betolakodó faj további 596 gerinces fajt fenyeget elég komolyan.

Különösen azok a fajok vannak veszélyben, amelyek kis szigeteken elzárva élnek. Az egyik legszomorúbb példa erre a Stephens-szigeti álfakusz esete. Ez a madárfaj, ahogy a neve is mutatja, az Új-Zélandhoz tartozó Stephens-szigeten élt, és nagyrészt csak a szigetre hurcolt macskák által összehordott tetemei alapján ismerhettük meg, mielőtt rövid úton ki is halt.

Nem csoda, hogy a világon először éppen a kihalásoktól egyik leginkább sújtott ország, Új-Zéland jelentette be tavaly nyáron, hogy 2050-ig minden invazív ragadozófajt fel fog számolni a területén. Ez a vadon élő macskák mellett a patkányokat, oposszumokat, hermelineket és vadászgörényeket érinti még.

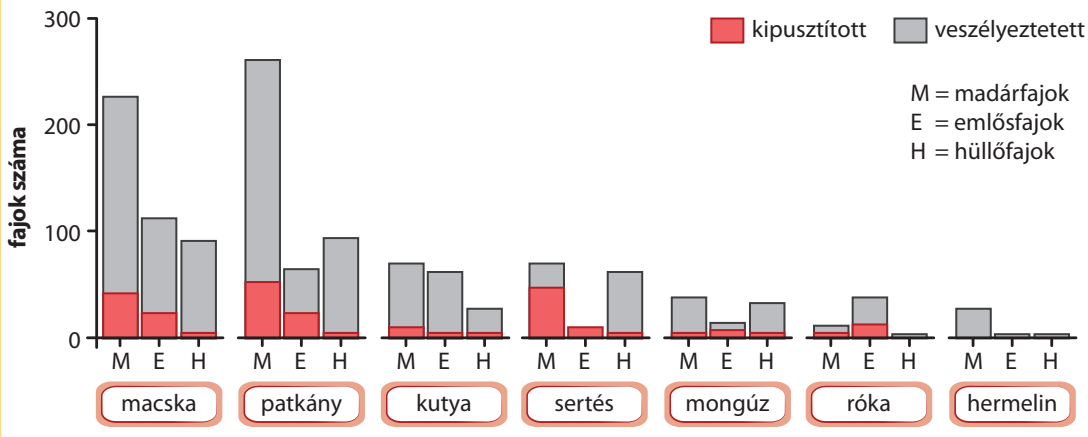
De nem csak ilyen egzotikus helyeken jelentenek óriási problémát a macskák. Egy 2013-as tanulmány szerint a szabadon mászkáló házi macskák jelentik az egyik legnagyobb veszélyforrást az Egyesült Államok fajaira nézve: a kutatók becslése szerint a cicák évente 1,4–3,7 milliárd madarat és 6,9–20,7 milliárd emlőst pusztítanak el.

Forrás: index.hu

Értékelj! Reflektálj!

Becslések szerint a házi macskák Nagy-Britanniában is évente mintegy 55 millió madarat pusztítanak el. Egy brit madarász szerint ezért minden egyes kóborló macskát ki kellene irtani.

Szükség van-e ilyen drasztikus intézkedésre a vadon élő állatok védelme érdekében? Hogyan lehetne megakadályozni finomabb módszerekkel a házi macskák okozta pusztítást? Ha van otthon házi macskád, hogyan véditek meg ellene a kertetek hüllőit, madarait?



Különböző állatfajok által kipusztított és veszélyeztetett madár-, emlős- és hüllőfajok száma

Természetvédelem

Ahogy láttuk, az emberi tevékenység élővilágra gyakorolt kedvezőtlen hatása leginkább a fajszám s ezáltal a biodiverzitás változásában érhető tetten, ezen a jellemzőn keresztül mérhető. A zavaró, környezetszennyező emberi tevékenységek miatt a természetes életközösségeknek csökken a sokfélesége: egyes fajok populációi megritkulnak, el is tűnhetnek, így a társulások gyakran elszegényednek fajokban.

A **természetvédelem feladata**, hogy megőrizze az élővilág biodiverzitását annak minden szintjén. A természetvédelem tárgyát képezik fajok és élőhelyeik, társulások, földtani képződmények (pl. barlangok, sziklaalakzatok), őslénytani vagy ősrégészeti lelőhelyek, jellegzetes tájak vagy tájrészletek. Olyan intézkedési tevékenység, amely a természet értékeinek fenntartására, védelmére és helyreállítására irányul.

A természeti értékek megóvására többféle út kínálkozik: a jogszabályok által biztosított védelem, az őrzés, a károk megelőzése és a károsodott természeti értékek helyreállítása. A jogi védelem kiterjedhet területi megjelölés nélkül bizonyos természeti értékekre (pl. az összes barlang vagy egyes fajok minden egyede), és vonatkozhat meghatározott területekre.

Védett és fokozottan védett fajok. A természet védelméről szóló törvény rendelkezik az arra érdemes vadon élő szervezeteket védetté, illetve fokozottan védetté nyilvánításáról. Ma Magyarországon 58 gombafaj, 17 zuzmófaj, 77 mohafaj, 44 haraszt, 1 nyitva termő és 611 zárva termő növény áll természetvédelmi oltalom alatt. A védett és fokozottan védett állatfajok száma együttesen 1178, közülük jelentős hányad esik a rovarokra és a madarakra. Hazánkban minden orchidea, az összes kétéltű- és hüllőfaj védettség alatt áll (8. ábra).

Védett területek. Magyarországon a védett területeknek négy típusát különböztetjük meg: természeti emlékeket, természetvédelmi területeket, tájvédelmi körzeteket és nemzeti parkokat (9. ábra). A védett területeken belül a leginkább veszélyeztetett természeti értékek megóvására fokozott védelmet biztosítanak, ahol szigorúan korlátoznak csaknem mindenféle emberi tevékenységet.

Hazánkban „**ex lege**”, vagyis a törvény erejénél fogva védett természeti terület valamennyi láp és szikes tó, védett természeti emlék az összes forrás, földvár, kunhalom, illetve védett természeti érték valamennyi barlang.

a)

b)

c)

8. zöld levelibéka(a), Mocsári kosbor (b) és kockás sikló (c)

9. Belépni szabad, de virágot szedni, termést gyűjteni, gépjárművel behajtani, sátorozni tilos

Nézz utána! Válj szakértővé!

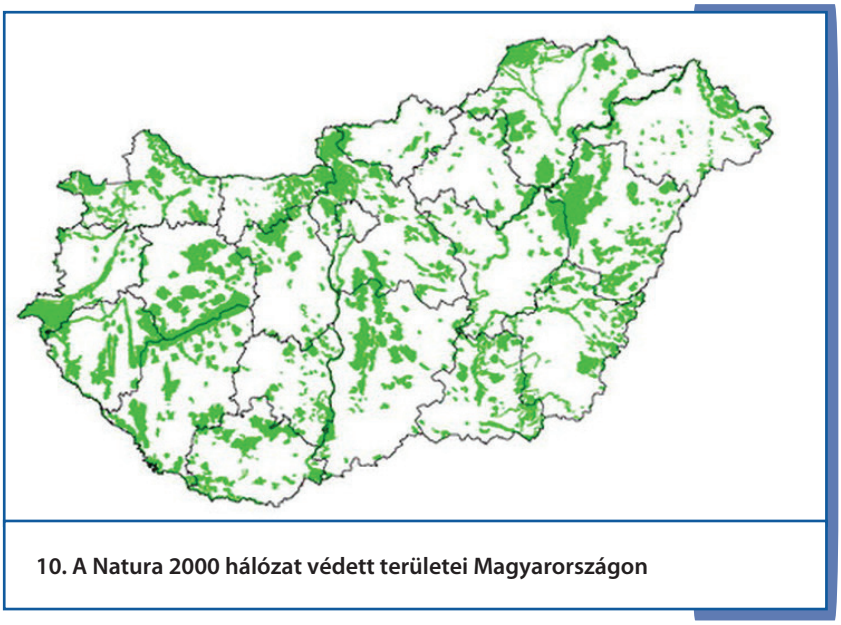
Mikor született Magyarországon az első, fajokat védetté nyilvánító jogszabály? Mely fajokra vonatkozott? Melyik nemzeti parkunk alakult meg elsőként, és mikor?

Mi a különbég a nemzeti park, a tájvédelmi körzet és a természetvédelmi terület között?

Mi alapján alakítják ki a nemzeti parkok övezeteit, mely tevékenységek engedélyezettek ezekben az övezetekben (természeti övezet, természetkímélő hasznosítás övezete, szolgáltatóövezet)? Mutasd be ennek egy tényleges megvalósulását egy általad választott hazai nemzeti park példáján!

Hogyan definiálja a törvény a lápot és a szikes tavat? Miért fontos a források, földvárak, kunhalmok védelme?

A **Natura 2000 területek hálózatát** (10. ábra) az Európai Unió hozta létre a tagországaiban található legértékesebb természeti területek összefüggő rendszereként. A Natura 2000 egy ökológiai hálózat, amit azzal a céllal létesítettek, hogy biztosítsák a vadon élő európai állat- és növényfajok, valamint természetes élőhelyeinek hosszú távú fennmaradását. A Natura 2000 hálózatba két természetvédelmi irányelv alapján sorolnak be területeket. A madárvédelmi irányelv alapján különleges madárvédelmi területeket, az élőhelyvédelmi irányelv alapján pedig különleges természetmegőrzési területeket jelölnek ki. A hazai különleges madárvédelmi területek és a különleges természetmegőrzési területek csaknem 2 millió hektárt fednek le, ami az ország területének körülbelül egyötöde. A Natura 2000 hálózat területei részben a védett területek már meglévő hálózatával esnek egybe, de korábban még nem védett területek is a részévé váltak.



10. A Natura 2000 hálózat védett területei Magyarországon

Mutasd be!

Keressétek ki a https://natura.2000.hu honlap területkeresőjében a lakóhelyetekhez vagy az iskolátokhoz közel eső Natura 2000-területeket! Vegyétek fel a kapcsolatot a területileg illetékes természetvédelmi őrrel, s próbáljátok rávenni, hogy mutassa be nektek a terület értékeit! A kirándulás tapasztalataid osszátok meg egymás között!

Monitoringtevékenységek és fajvédelmi programok a természetvédelem szolgálatában

Ahhoz, hogy a természetvédelem hatékonyan tudja ellátni feladatait és megvalósítani céljait, ismerni kell a védendő életközösségek felépítését, állapotát, a bennük lejátszódó folyamatokat, valamint a védendő fajok állománynagyságát, viselkedését, környezeti igényeit. Ezeket a célokat szolgálják a különböző kutatótevékenységek, melyek közül az egyik legfontosabb tevékenység a **monitorozás**. A biodiverzitás monitorozása a fajok/populációk, életközösségek, élőhelyek sajátosságainak, állapotainak hosszú távú, rendszeres megfigyelése vagy mintavételezéssel történő feltérképezése. Magyarországon több mint 20 éve működik a **nemzeti biodiverzitás-monitorozó rendszer**, aminek keretében kidolgozták az élőhelyek és számos élőlénycsoport monitorozásának a módszertanát. A program segítségével időben jelezhető, ha valamely élőhelyen vagy növény- és állatállományban olyan káros változás következik be, ami természetvédelmi beavatkozást igényel.

A **MÉTA program** (Magyarország élőhelyeinek térképi adatbázisa) célkitűzése a természetközeli növényzet állapotának megismerése, felmérése, növényzeti örökségünk tudományos értékelése volt. A MÉTA térképezés 2003–2006 között az ország teljes területét felmérte. A térképezés során az ország teljes terü-

Kutass!

Melyek voltak az említett fajokkal kapcsolatos LIFE-programok fő célkitűzései? Milyen sikereket értek el ezek a programok a kérdéses fajok védelmében? Hogyan tájékoztatják minderről a nagyközönséget?

letéről készült dokumentáció. A MÉTA adatbázisban minden táj, minden egyes község határának növényzeti értékei fel vannak tüntetve.

Önkéntesek bevonásával zajlik számos madárfaj monitorozása a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME) szervezésében, úgymint a mindennapi madaraink monitoringja (MMM), a ritka és telepesen fészkelő madarak monitoringja (RTM), a vonuló vízimadarak monitoring (VVM) program és a madáratlaszprogram (MAP).

Részben kutatási tevékenységet, részben természetvédelmi intézkedéseket lehet megvalósítani az Európai Unió **LIFE programjainak** segítségével. A LIFE az EU környezetvédelmi politikáját támogató pénzügyi eszköz. A LIFE-pályázatok segítségével lehetett például Magyarországon, illetve a Kárpát-medencében sikeresen megvalósítani a kerecsensólyom, a parlagi sas, a kék vércse, a túzok, a szalakóta, a rákosi vipera fajvédelmi programjait (11–15. ábra).

A kihalással veszélyeztetett állatfajok védelme érdekében fajmegőrző tenyészprogramokat is folytatnak. Ezen programok színterei közé tartoznak az állatkertek, ahol tenyészállományok fenntartásával szaporítják az állatokat (European Endangered Species Programme). A Fővárosi Állat- és Növénykert 69 különleges állatfaj nemzetközi fajmegmentő munkájában vesz részt (pl. ázsiai elefánt, csuklyás cerkóf, mexikói viperagyík, pápaszemes pingvin, sörényes hangyász, szibériai tigris, tarvarjú, vörösfülű ara). Az állatok szaporítása az állatkertekben lehetséges természetes úton vagy mesterséges termékenyítéssel, mint például a déli szélesszájú orrszarvú esetében.

11. Kerecsensólyom

12. Fiatal parlagi sas

13. Szalakóta a Kiskunsági Nemzeti Parkban

14. Túzokkakas

15. Kék vércse hím és tojó

Az életközösségek egyik fontos mérőszáma a fajszám. A sokféleség információt ad a társulást alkotó populációk számáról és az egyes populációk egyedeinek egymáshoz viszonyított gyakoriságáról is. A biodiverzitást különböző szinteken értelmezhetjük. Létezik taxondiverzitás, ökológiai diverzitás, élőhely-diverzitás és genetikai diverzitás. A természetvédelem feladata, hogy az élővilág biodiverzitását annak minden szintjén megőrizze. Ehhez részben különböző jogi eszközöket használ (fajok, élőhelyek védelme, nemzetközi egyezmények), illetve kutatásokon alapuló aktív természetmegőrző tevékenységet is folytat.

33. Összefoglalás

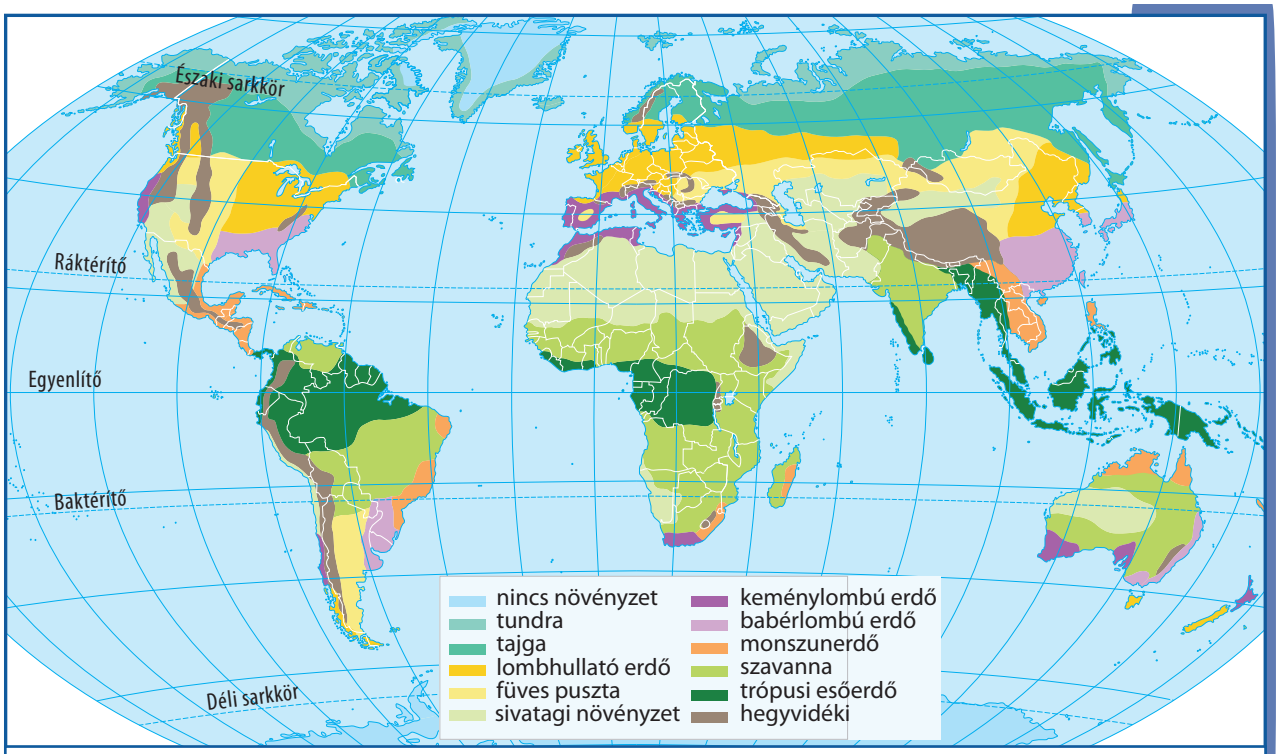
VI. A FÖLD ÉS A KÁRPÁT–MEDENCE ÉRTÉKEI

34. A szárazföldi életközösségek
35. A magashegységek és a tengerek életközösségei
36. A Kárpátok ölelésében
37. A Kárpát-medence fás társulásai
38. A Kárpát-medence fátlan társulásai

34. A szárazföldi életközösségek

1. **Mely tényezők veszélyeztetik a természetes életközösségeket?**
2. **Miért fontos az ember egyéni felelőssége a globális folyamatok szabályozásában?**
3. **Hogyan befolyásolja az éghajlat a növényzet megjelenését?**
4. **Hogyan változik az életközösségek összetétele a szélességi körök változásával?**

A Földre érkező energia bolygónk gömb szerű alakjának következtében nem egyenletesen oszlik el, ezért éghajlati övek jöttek létre, sajátos élővilággal. Az élővilág éghajlati öveknek megfelelően egész kontinensekre kiterjedő, zonálisan elhelyezkedő egységeit **biomoknak** nevezzük (1. ábra).



1. A biomok elhelyezkedése a Földön

Az életközösség és védelme

Az ökológiában életközösségnek a térben és időben együtt előforduló, egymással kölcsönhatásban lévő, különböző faji minősítésű állat- és növénypopulációk együttesét tekintik, amely más, illetve több, mint az alkotó populációk egyszerű összege. Az ökoszisztéma pedig – Juhász-Nagy Pál után – valamely ökológiai objektum rendszerként értelmezett absztrakciója a magyar szakirodalomban. A külföldi szakirodalom a két fogalmat gyakran összemossa, így az ecosystem kifejezést általában biogeocönózisnak lehet lefordítani…

…A megőrzés a közösségek ökológiai integritásának fennmaradását jelenti, ami magában foglalja a közösségek diverzitását, valamint kompozícióját és struktúráját. Ezenfelül megőrzendő a közösség természetes működése, funkciója és stabilitása (rezilienciája és rezisztenciája) is. A közösség integritásának és stabilitásának megőrzése azonban általában nem vonatkoztatható egyetlen konkrét életközösségre, mivel ez azt jelentené, hogy meg kell akadályozni mindennemű megváltozását, és ezzel természetes, hosszú távú dinamikáját is. Helyesebb arra törekedni, hogy a közösségtípus maradjon fenn, vagyis az adott területen egyidejűleg legyen jelen valamennyi fejlődési stádiumra jellemző közösségtípus, és ezek egymásba alakulása foltdinamika formájában érvényesüljön.

Forrás: Magyar Tudomány

Idézd fel!

Korábbi tanulmányaid alapján idézd fel, hogy melyek voltak a legfontosabb egyed feletti szerveződési szintek!

Légy kreatív!

Az olvasmány egy tudományos szöveg. Kis csoportokban gyűjtsétek össze az idegen szavakat, és magyarázzátok meg azokat! Próbáljátok meg átírni a szöveget úgy, hogy bárki megértse a lényegét!

A forró övezet biomjai

A forró övezet az északi és a **déli szélesség 30°-a között** húzódik. A napsugarak hajlásszöge nagy, emiatt nagy a **felmelegedés,** az évi középhőmérséklet 20 °C felett van. Az övezet éghajlatát a **passzátszelek** határozzák meg. Az öveket a csapadék mennyisége és eloszlás alapján lehet elkülöníteni.

Trópusi esőerdők

A trópusi esőerdők biomja az **Egyenlítő mentén** húzódik, Dél-Amerikában, Afrikában és Ázsiában hatalmas területre terjed ki. Éghajlatát a **bőséges csapadék** és az egész évben **kiegyenlített magas hőmérséklet** jellemzi. A jelentős mennyiségű napi eső okozta kimosódás miatt **talaja tápanyagban szegény**. Ugyanakkor rendkívül gazdag növényvilága jelentős mennyiségű szerves anyagot termel. Fái örökzöldek, sok növény levele a vízlepergetés növelése miatt erősen viaszos és csúcsos. Az erdő lombkoronaszintje akár hét szintre is elkülönülhet (2. ábra). Jellemző óriásfák a mahagóni és az ébenfa. Az

2. Trópusi esőerdő

óriásfák kivágásával az alsóbb szintek árnyékkedvelő fajai túl sok fényt kapnak, és károsodnak. Emiatt az állatok táplálékforrása és élettere is csökken. A kiirtott esőerdők területét mezőgazdasági művelés alá vont területén az élővilág sokfélesége folyamatosan átalakul, eltűnik. Különösen nagy területvesztést szenvedett el a dél-amerikai Amazonas-medence esőerdeje.

3. Kaucsukfa-ültetvény

4. Fán lakó broméliafaj

5. Kancsókafaj

A trópusi esőerdők növényeit számos szempont alapján lehet csoportosítani. Jelentős gazdasági haszonnövényük többek között a gumi alapanyagát adó kaucsukfa (3. ábra), a kámforfa, a fahéjfa, a kakaófa, a bors és a banán.

Számos **fán lakó** (epifiton) növény jelenik meg, például a broméliák 4. ábra) és orchideák. Gyökereik a fák ágai között telepednek meg, és leveleik alkalmasak a víz felfogására. Ugyancsak a fákon jelennek meg, de a talajban gyökereznek a **kúszónövények,** mint például a liánok.

A **rovaremésztő növények**, például a kancsókák (5. ábra) a tápanyagszegény talaj helyett a rovarok kültakarójából fedezik nitrogénszükségletüket.

Állatviláguk hasonlóan nagy változatosságot mutat. Dél-Amerika esőerdeinek legjellemzőbb állatai a bőgőmajmok (6. ábra), a csuklyásmajmok, a jaguár (7. ábra), a tapír, a papagájok, a kolibrik (8. ábra) és a tukánfélék. Afrikában és Ázsiában a cerkófmajmok, a gorillák, a leopárd a jellemző állatfajok.

6. Vörös bőgőmajom

8. Zöld füleskolibri

7. Jaguár

A trópusi lombhullató erdők és szavannák élővilága

A trópusi esőerdőket észak és dél felé haladva a trópusi lombhullató erdők, más néven monszunerdők váltják fel. Itt **egy szárazabb és egy csapadékosabb** évszak jellemző. Az évszakos váltakozást a növények is jelzik. Az erdők lombkoronaszintje jóval alacsonyabb, és megjelennek a **lombhullató fák**. Ebben az életközösségben kevesebb a fán lakó növény, viszont **gazdagabb a cserjeszint**. Élővilágúk változatos, ide tartoznak Ázsia dzsungelei és Ausztrália eukaliptuszerdei (9. ábra). Állatok közül jellegzetes a tigris és az ajakos medve (10. ábra).

9. Ausztráliai eukaliptuszerdő

10. Ajakos medve

Az Egyenlítőtől távolodva a száraz periódusok hosszának növekedését figyelhetjük meg, itt jelenik meg a **szavanna** (11. ábra). Szerkezetét alapvetően a csapadék mennyisége határozza meg. Ahol még van elegendő csapadék, ott **erdős, ligetes társulások** alakultak ki. Ahol már nagyon kevés és ritka az eső, ott **füves társulások** figyelhetők meg. Ezek a társulások Dél-Amerikában, Afrikában és Ausztráliában is megtalálhatók. Nagy területen borítják a talajt a **pázsitfűfélék**, amelyek az igen sokféle növényevő állat legelését jól tűrik, és az évente bekövetkező tüzeket is sikeresen átvészelik. Legtipikusabb formáit Afrikában figyelhetjük meg, ezeken a területeken él számos antilop- és gazellaféle, a kafferbivaly (12. ábra) és az afrikai elefánt is. A ragadozók közül itt élnek az oroszlánok, a hiénák és a sakálok is. Jellemző fái az akáciák és a majomkenyérfa (13. ábra). A fák távol állnak egymástól, apró leveleiket vastag viaszréteg védi a kiszáradástól, gyökerük szerteágazó.

11. Afrikai szavanna Thomson-gazellákkal

13. Majomkenyérfa

12. Kafferbivaly

Sajnos az emberi tevékenység ezeket a területeket sem kíméli. Az **orvvadászat** (14. ábra) jelentős problémát jelent, emellett az **erdőirtás** is komoly károkat okoz. Az eredeti növényzet emberi hatásra jelentősen változik, a **talajerózió** fokozódásával a talaj egyre terméketlenebbé válik.

14. Orrszarvú orvvadászok által levágott tülökkel

A térítői öv

A trópusi és szubtrópusi területek határán jöttek létre a **sivatagok** (15. ábra). Kialakulásukban meghatározóak az Egyenlítő felől érkező passzátszelek. Éghajlatuk szélsőséges, a **napi hőingás jelentős, a csapadék mennyisége minimális**. Ezekhez a körülményekhez a pozsgások és **törpecserjék** alkalmazkodtak legjobban. A **pozsgások** levelükben vagy szárukban sok vizet raktároznak. Közéjük tartoznak a szavannákon megismert kutyatejfélék vagy a Namib-sivatag különleges növénye, a kavicsvirág (16. ábra). Állatviláguk nem túl gazdag, a szélsőséges viszonyokhoz elsősorban a rágcsálók és a hüllők alkalmazkodtak jól. Mellettük érdekes színfoltokként megtaláljuk a sivatagi rókát (17. ábra) és az egypúpú tevét.

15. A Namib-sivatag

16. Kavicsvirág

17. Sivatagi róka

A mérsékelt övezet biomjai

A meleg mérsékelt öv

A **szubtrópusi** éghajlati öv meleg nyarú és csapadékos, enyhe telű területein alakultak ki a **keménylombú** erdők. A mediterrán vidék szárazságtűrő, örökzöld növényzete nagy változatosságot mutat. Többek között itt találjuk a paratölgyet (18. ábra), számos citrusfélét és az olajfát, valamint fűszernövényeink nagy részét (rozmaring, bazsalikom stb.). A kemény, bőrnemű levélzetű, gazdag cserjeszintű erdőket sok helyen kiirtották. Helyüket a macchiá-

18. Paratölgy

nak (19. ábra) nevezett bozótos növényzet vette át. A mediterrán terület állatvilága az emberi tevékenység miatt megritkult, ennek ellenére számos melegkedvelő hüllőfajt találunk itt. A gekkók és kaméleonok mellett őshonos a muflon és a dámszarvas. Erősen veszélyeztetett macskafaja a párduchiúz (20. ábra).

A keménylombú erdőket az egész évben meleg és csapadékos területeken **babérlombú** erdők váltják fel. Növényzetük nem viseli el a kiszáradást, névadó fafajuk a nemes babér (21. ábra). A babérlombú erdők Délkelet-Ázsia keleti partvidékein foglalnak el nagyobb területeket, ahol monszunéghajlat uralkodik. Igen gazdag növényzetének jellemző faja a liliomfa (22. ábra) és a bambusz. Állatfajai közül jól ismert az óriáspanda (23. ábra).

21. Nemes babér

Alkoss!

Készíts egy prezentációt a kedvenc biomodról! Figyelj arra, hogy olyan élőlényeket mutass be, amelyek nem szerepelnek a tankönyvben! Ne felejts el az adott biom környezet- és természetvédelmi problémáira kitérni!

Játssz!

Az elkészült prezentációkból csoportban dolgozva gyűjtsétek össze a növény- és állatfajokat, a nevekből készítsetek színes kártyákat! A táblára kivetített térképen helyezzétek el őket az élőhelyeiknek megfelelően!

A valódi mérsékelt öv

A mérsékelt éghajlati övben a **négy évszak** váltakozása általánosan jellemző, társulásai többnyire a kontinensek belsejében találhatók. Azonban érdemes megemlíteni az óceáni éghajlatú mérsékelt övi területeket, amelyek a kontinensek nyugati partját szegélyezik.

A **füves puszták** (24. ábra) növényvilágára a hideg tél és a száraz nyár miatt két nyugalmi állapot jellemző. Számos pázsitfű, sásfaj és liliomféle otthona. A füves pusztákat Ázsiában sztyeppnek, Észak-Amerikában prérinek, Dél-Amerikában pampának nevezzük. Magas tápanyagtartalmú talajuk mezőgazdasági művelésre kiválóan alkalmas. A csapadék mennyiségétől függően törpe fűvű

19. Macchiavegetáció

20. Párduchiúz, vagy másnéven Ibériai hiúz

22. Liliomfa

23. Óriás panda

24. Füves puszta Kazahsztánban

25. Európai bölény

puszták, magas füvű puszták és erdős puszták jöhetnek létre. Az emberi tevékenység miatt a korábban elterjedt patások jelentős része eltűnt vagy csak nyomokban találhatók meg, jellemző fajok a vadlovak és a bölények (25. ábra). Európában az európai bölények éltek nagy számban, de ma már csak visszatelepített állományaik találhatóak meg Kelet-Európa különböző országaiban.

A **lombos erdők** a mediterrán területekkel határosak, hazánk erdei is ide tartoznak. A mérsékelt övi lombos erdőkben csak kevés fafaj fordul elő, a lombkorona csak két szintből áll. A nedvesebb, hűvösebb területeken a **bükkerdők** (26. ábra), a szárazabb, melegebb területeken pedig a **tölgyerdők** uralkodnak. A lombhullató erdők növényei védett rügyekkel rendelkeznek, leveleik nagy felületűek, vékony levéllemezűek. Hazánk legkiterjedtebb erdőállománya a **cseres-tölgyes** (27. ábra). Sajnos az emberi tevékenység és az éghajlati tényezők változása miatt területe erősen lecsökkent. Gyakori fajai a közönséges fagyal, az egybibés galagonya, a húsos som (28. ábra). A hűvösebb területeken a gyertyános-tölgyesek jellemzők. Lombkoronájuk zártabb, hagymás-gumós növényzetük jelentős (29. ábra). A leghűvösebb és legcsapadékosabb területeken a zárt lombkoronájú bükkösök találhatók. Aljnövényzetben a mohák, páfrányok és tavaszi gumós növények jellemzők. A lomberdők énekesmadarak, őzek, szarvasok, vaddisznók élőhelyei.

26. Bükkerdő

27. Tölgyerdő

29. Gyertyános-tölgyes erdő tavasszal

28. Húsos som

A hideg mérsékelt öv

A sarkkörök felé haladva a négy évszak hossza fokozatosan megváltozik. A nyár egyre rövidebb és hűvösebb lesz, a tél pedig hosszabb és hidegebb. A talaj tápanyagtartalma szegényes, a lombos erdőket a **tűlevelű erdők** váltják. A **tajga** fenyői (30. ábra) kiterjedt erdőségeket alkotnak Észak-Amerikában és Szibériában. Jellemző fajok a lucfenyő (31. ábra) és az erdeifenyő. A fakitermelés és a savas esők hatalmas, visszafordíthatatlan károkat okoznak a tajgaerdőkben. A fényhiány és a rossz minőségű talaj miatt a fenyvesek aljnövényzete rendkívül gyér, moha-, gomba- és zuzmófajokban viszont igen gazdag (32. ábra). A lombhullató fák közül főként a **nyír** jellemző. Számos **örökzöld törpecserje** kedveli a savanyú talajt, több áfonyafaj fordul elő tömegesen. Állatai közül az eurázsiai hiúz (33. ábra), az európai mókus, a jávorszarvas (34. ábra), a barna medve, a siketfajd (32. ábra), a szürke farkas emelhető ki. A tajga jellegzetes és különleges életközösségei a **tőzegmohalápok** (35. ábra). A lefolyástalan területeken alakulnak ki, ahol a víz nem tud elszivárogni. A víz télen megfagy, de tavasszal kiolvad, és átitatja, elborítja a talajt.

30. Tajgaerdő

31. Lucfenyő

32. Siketfajd tojó és kakas zuzmós talajú fenyőerdőben

33. Eurázsiai hiúz

34. Jávorszarvas

35. Tőzegmohaláp

Kutass!

Hogyan keletkezik a tőzeg, és melyek a felhasználási területei?

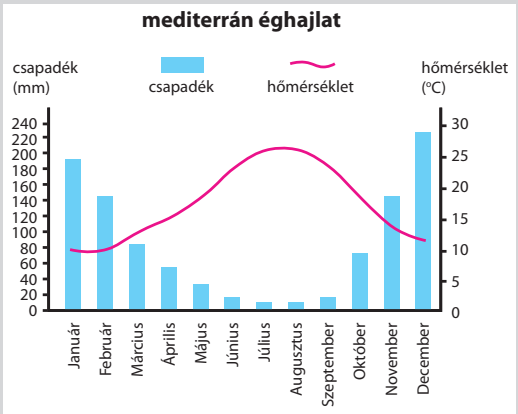
A hideg éghajlati övezet

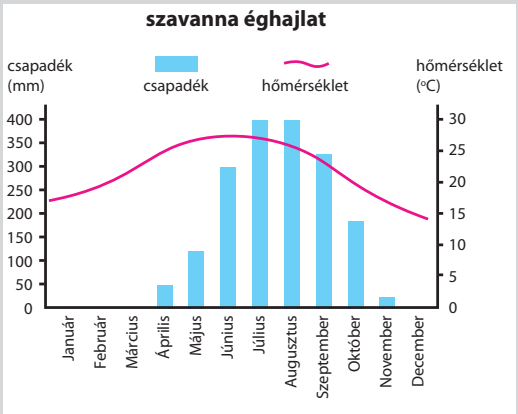
Az északi sarkkörhöz közeledve az évi középhőmérséklet már fagypont alatt marad. A **tundrák** (36. ábra) területén már csak két évszak váltja egymást. A tél több mint fél éven át tart, és rendkívül hideg. Az éjszakák hosszúak, sőt egyes időszakokban fel sem kel a nap. Ez a vidék már a fenyők számára sem élhető, jellemző a tundranövényzet. A tűlevelű erdőkhöz közel a törpe-

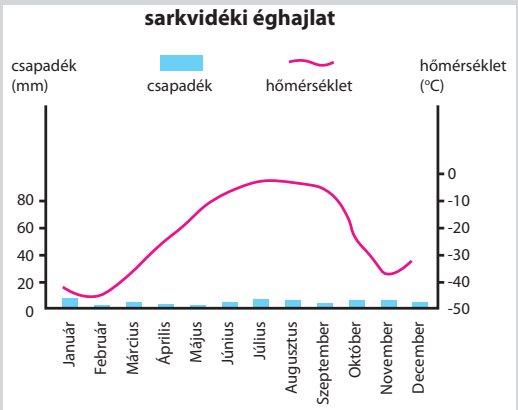
36. Észak-amerikai tundra rénszarvassal

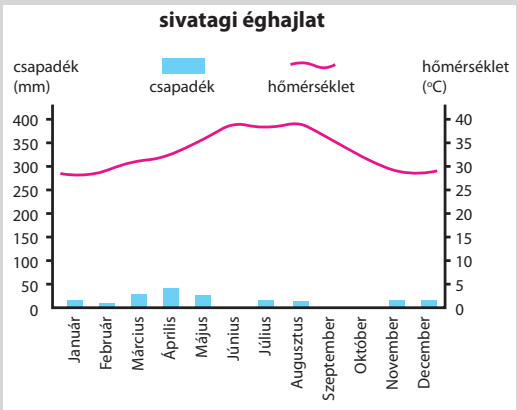
Idézd fel! Elemezz!

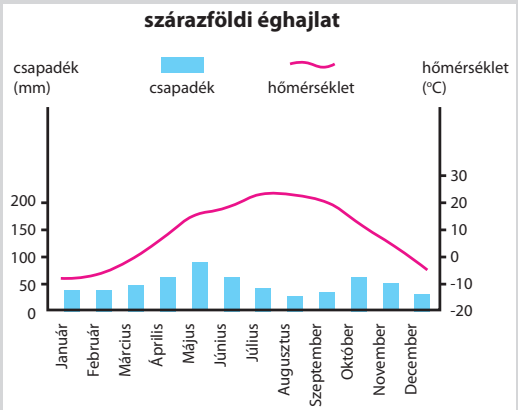
Földrajzi tanulmányaidra alapozva elemezd az alábbi éghajlati diagramokat! Mi az összefüggés a csapadékmennyiség és a hőmérséklet értékei között? Hogyan befolyásolják az éghajlati tényezők az élőlények megjelenését és sokféleségét?!

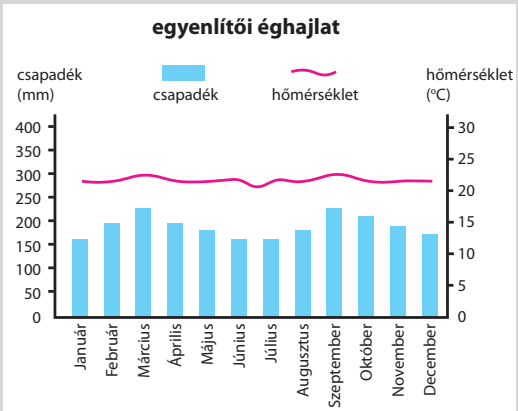












fenyők mellett sarki fűz (37. ábra) és törpefűz jelenik meg, jellemzően sok moha- és zuzmófaj fordul elő. A virágos növények közül az erikafélék és a körtikék fordulnak elő. Állatai közül a rénszarvas (36. ábra), a lemming, a hóbagoly és a sarki róka (38. ábra) emelhető ki.

A tundra szegényes élővilága után a sarkvidék az örök hó és jég birodalma. A hidegtűrő algafajokon kívül számos halfaj, néhány fókafaj található. Az északi félteke jellegzetes állata a rozmár (39. ábra) és a jegesmedve, a déli féltekéé pedig a pingvinek (40. ábra).

37. Sarki fűz

40. Császárpingvinek

39. Rozmár

38. Sarki róka

Az élővilág éghajlati öveknek megfelelően egész kontinensekre kiterjedő, zonálisan elhelyezkedő egységeit biomoknak nevezzük.

A biomok környezeti állapotát sok emberi eredetű hatás befolyásolja, például a mezőgazdasági művelés, fakitermelés, legeltetés, a vizek lecsapolása, a folyók átgondolatlan szabályozása.

A Föld nagyobb éghajlati övezetei és biomjai:

Forró övezet:

- **egyenlítői öv, trópusi esőerdők**
- **átmeneti öv, trópusi lombhullató erdők, szavanna**
- **térítői öv, sivatagok**

Mérsékelt övezet:

- **meleg mérsékelt öv, szubtrópusi mediterrán és monszunterületek**
- **valódi mérsékelt öv**
  - **nedves kontinentális éghajlat, lombhullató erdők**
  - **száraz kontinentális éghajlat, füves puszták**
- **hideg mérsékelt öv, tajgaéghajlat**

Hideg övezet:

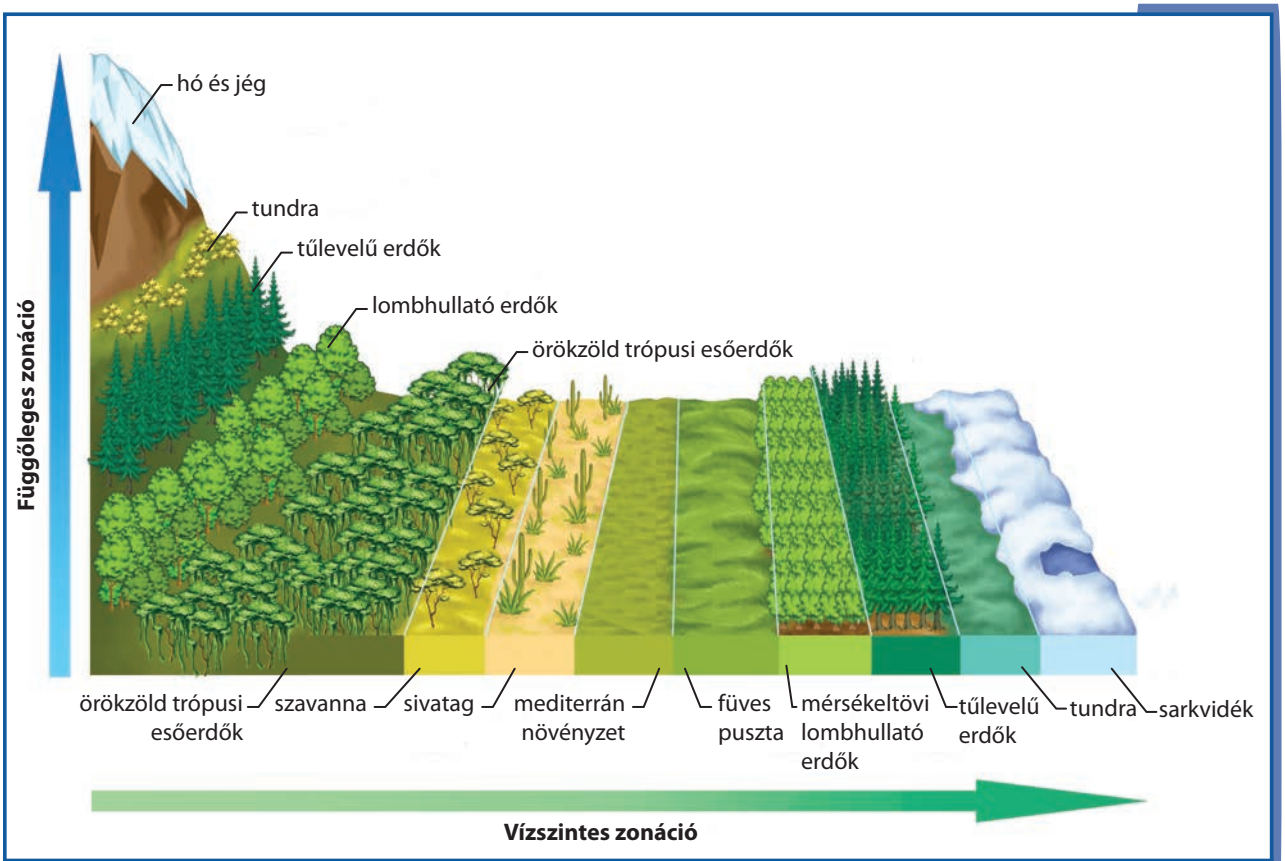
- **sarkköri öv, tundraéghajlat**
- **sarkvidéki öv, állandóan fagyos éghajlat**

34. Összefoglalás

35. A magashegységek és tengerek életközösségei

1. **Milyen típusai vannak a szárazföldi és a vízi életközösségeknek?**
2. **Hogyan változik a magashegységek élővilága a tengerszint feletti magassággal?**
3. **Mely tényezők veszélyeztetik a magashegységek és tengerek élővilágát?**

Az eddigiekben a szélességi köröknek megfelelően vizsgáltuk az életközösségeket. Tudjuk azonban, hogy az éghajlati tényezők nemcsak az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva változnak, hanem a tengerszint feletti magassággal is (1. ábra).



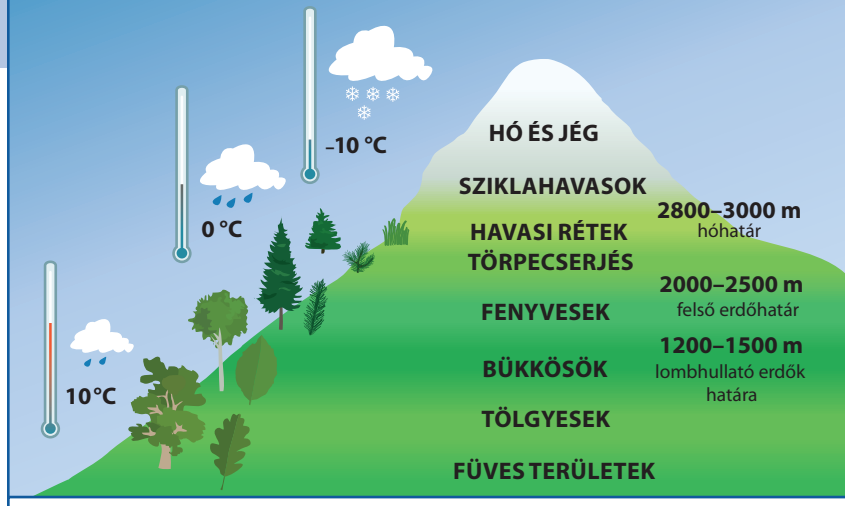
1. Vízszintes és függőleges zonalitás

A magashegységek élővilága

A hegyoldalon felfelé haladva a hőmérséklet 100 méterenként átlagosan 0,5 Celsius-fokkal csökken. A hegy lábától a csúcsig fokozatosan az egyre hűvösebb átlaghőmérsékletet kedvelő életközösségek jelennek meg.

A **mérsékelt övezeti magashegységekben** (2. ábra) a csúcs felé haladva a lombhullató erdőket fenyvesek, majd törpefenyvesek váltják fel. Európában a legalsó növényzeti övet a tölgyesek alkotják, amelyeket a bükkösök váltanak fel. A bükkösök zónáját követően fokozatosan megjelenik a jegenyefenyő, majd a lucfenyők alkotta fenyvesek zónája következik. Ezt követően a hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan törpefenyőkkel és törpecserjékkel találkozhatunk. A havasi rétekről a sziklahavasokon át a csúcs felé tovább haladva elérkezünk a tartós hó és jég birodalmába (3. ábra).

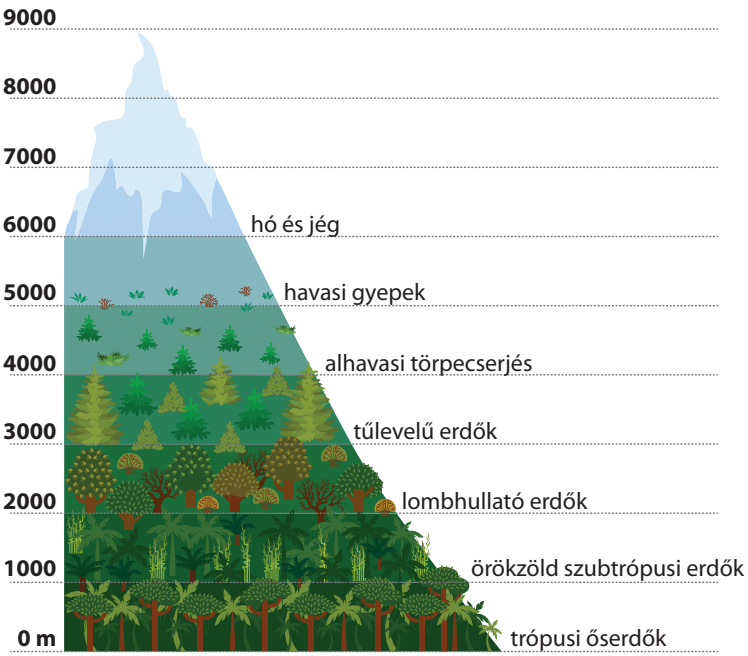
A **forró övezet magashegységeinek** övei (4. ábra) több szempontból is különböznek a mérsékelt övezet hegységeinek öveitől. A legalsó szintet itt a trópusi esőerdők jelentik, ezt ezer méter feletti magasságnál a hegyi esőerdők váltják fel. Jellemzőek az örökzöld tölgyek, páfrányfák, babérlombú fák és cserjék. 2000 méter felett jelennek meg a lombhullató fák és a tűlevelű erdők. A levegő magas páratartalma miatt ezeket az erdőket nevezik köderdőknek (5. ábra). 4000 méter felett alhavasi törpecserjések, majd havasi gyepek és párnavegetációs öv jelenik meg. Az örök hó birodalma 5500 méter magasság felett kezdődik.



2. A mérsékelt övezeti magashegységek növényzeti övei

3. Mérsékelt övezeti magashegység (Alpok)

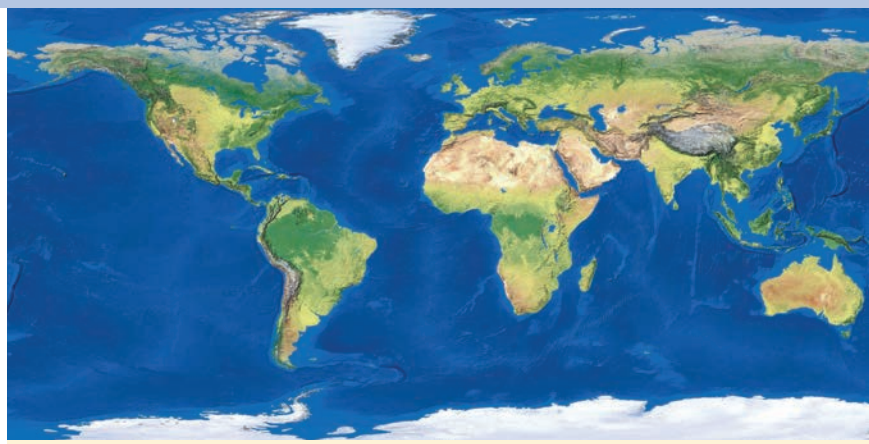
5. Köderdő (Costa-Rica)



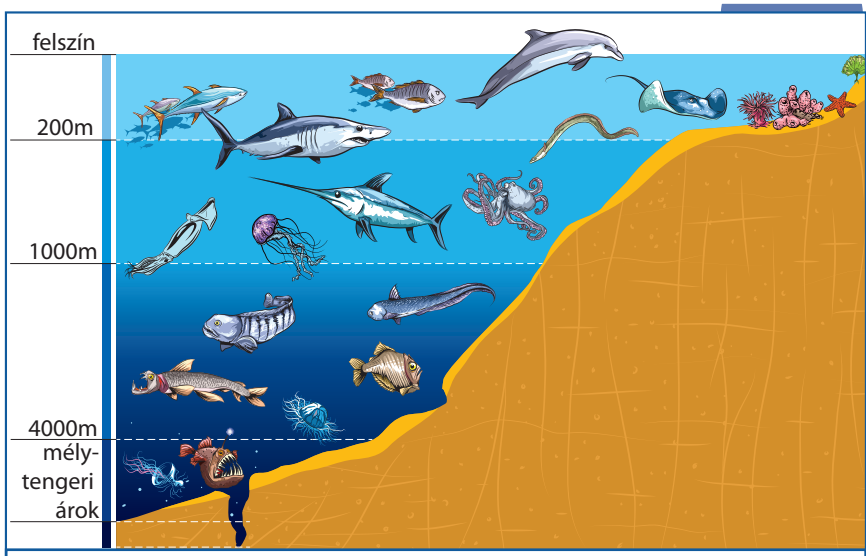
4. Trópusi magashegység övezetei

A tengerek életközösségei

A Föld felszínének több mint kétharmadát óceánok és tengerek borítják (6. ábra). Korábban megismertük a szárazföldi társulásokat, amelyek kialakulásában elsősorban a hőmérséklet, a fény, a csapadék és a talaj meghatározók. A vizekben viszont más feltételek befolyásolják az élőlényeket. Az élővilágot leginkább a víz **oxigén- és tápanyagtartalma**, a **hőmérséklet** és a **fényviszonyok,** valamint a **nyomás** befolyásolja. A vizekre **kis hőingás** jellemző, amely kedvezően befolyásolja az élőlények fennmaradását. A tengerekben három, egymástól jelentősen eltérő élőhelytípus alakult ki (7. ábra).



6. A Föld vizei



7. A tenger élőlényei

A partközeli vizek élővilága átlagosan a 200 méter mély kontinenstalapzatig terjed. A szárazföld folyói ide torkollanak, nagy mennyiségű szerves és szervetlen tápanyagot magukkal hozva (8. ábra). Élővilágúk emiatt rendkívül gazdag, 200 méteres mélységig még a napfény is lehatol, optimális környezetet teremtve ezzel a termelőknek és fogyasztóknak. A termelői szintet a sekély vizek fenekén egyszikű virágos növények és különböző **hínárfélék** alkotják, ehhez járulnak hozzá a **planktonszervezetek** és a különböző **moszatok.** A felső vízrétegekben a zöldmoszatok, mélyebben a barnamoszatok, legmélyebben a vörösmoszatok fotoszintetizáló tevékenysége meghatározó (9. ábra). A tengerifüvek nagy területen alkothatnak zöld gyepszőnyeget. Az **elsődleges fogyasztók** között apró csigák, rákok és növényevő halak találhatók. A **másodlagos fogyasztói** szint ragadozói elsősorban a csalánozók, tüskésbőrűek, puhatestűek és halak köréből kerülnek ki. A **csúcsragadozókat** a nagy termetű halak, a tengerparti madarak és a part mentén élő tengeri emlősök alkotják. A lebontó élőlények, például a szivacsok, féregfajok, csigák, kagylók, zsákállatok és a baktériumok igen nagy számban fordulnak elő.

8. A Duna látványos hordalékszállítása a Fekete-tengeri torkolatánál

9. Partközeli moszaterdő

A partközeli vizekhez tartoznak a korallpolipok alkotta **korallzátonyok** is (10. ábra). A fajgazdag telepekben rengeteg állat él együtt. Ezek a társulások nagyon érzékeny képződmények, csak ott alakulnak ki, ahol a tengervíz hőmérséklete soha nem süllyed 20 °C alá, és nem túl mély a víz. A korallok a testük köré szilárd **meszes vázat** építenek. Több környezeti tényezővel szemben **szűktűrésűek.** Érzékenyek a víz tisztaságára, átlátszóságára, hőmérsékletének állandóságára és magas sótartalmára, ráadásul oxigénigényesek is. A korallzátonyokon feltűnő színekben pompázó tengericsillagok, kagylók, csigák, szivacsok, sokféle hal és rák él. A legnagyobb korallzátony Ausztrália partjainál található, ez a Nagy-korallzátony. A legtöbb korall moszatokkal él együtt. A korall védelmet

Számolj!

A fotoszintetizáló növények fontos szerepet töltenek be a vízterek oxigénszintjének beállításában. Korábbi ismereteid alapján számítsd ki, hogy hány dm³ oxigént termel az a növény, amelyik adott idő alatt 3,5 g CO_2-ot köt meg! Ennek eredményeként hány gramm glükózt állít elő a növény a megkötött CO_2-ból?

Idézd fel, és nézz utána!

Korábbi tanulmányaid alapján ismételd át, hogy milyen növényi színanyagokat ismersz! Mit jelent a kromatikus adaptáció kifejezés?

10. Korallzátony

és a fotoszintézishez szükséges vegyületeket biztosít az algáknak, amelyek cserébe ellátják a korallokat szerves tápanyagokkal, többek között glükózzal és aminosavakkal. Élettevékenységükkel a trópusi tengerek alacsony oxigéntartalmát is növelik. Sajnos ezek az algák stressz hatására kilökődnek a korallpolipokból, így azok kifehérednek, és elpusztulnak (11. ábra). Ilyen stresszt okoz a vizek melegedése, a vizek savasodása és a vízszennyező anyagok mennyiségének növekedése.

A **nyílt tengerek** élővilága a partoktól távolabb eső vizek felső 200 méteres vízrétegét foglalja magában. A termelők szintjét a lebegő életmódot folytató planktonikus moszatok, zöld- és barnamoszatok tömege adja. A legnagyobb planktonsűrűség a sarkvidéki hideg tengerekben és a hideg áramlatok területén található, ez a vízben oldott oxigén mennyiségével mutat szoros összefüggést. A planktonok a tengerek színét zöldesszürkére festik. Ahol kevés a plankton, ott a víz színe kék. Az elsődleges

11. Korallfehéredés

Gondolkodj!

A korallok mészvázát a savasodó tengervíz károsítja. Melyik kémiai folyamat áll a jelenség hátterében? Hogyan befolyásolja a savasodás a növények fotoszintetikus teljesítményét?

fogyasztók elsősorban apró rákfajok, csalánozók, a heringfélék és szardíniafajok (12. ábra). A legnagyobb planktonfogyasztók a szilászcetek. A ragadozók elsősorban a halak és az emlősök közül kerülnek ki, ilyenek a tonhal (13. ábra), a cápák, a fókák és a delfinek.

A **mélytengerek** élővilága a több ezer méteres mélységet jelenti, ahol **teljes a sötétség, alacsony a hőmérséklet**, és rendkívül nagy az élőlényekre ható vízynomás. A termelői szint teljes mértékben hiányzik, a fogyasztók és a lebontók a felső rétegből aláhulló maradványokkal táplálkoznak. Az aljzaton mélytengeri szivacsok, csalánozók, tüskésbőrűek és különleges alakú mélytengeri halak élnek.

Az óceánok egyes vidékein a mélyből feltörő kénes hőforrások, a **fekete füstölgőnek** is nevezett képződmények környékén sajátos életközösségek alakultak ki. Ezekben **kemoautróf baktériumok és ősbaktériumok** alkotják a termelői szintet, amelyre puhatestűek, csigák, csőférgek, kagylók, rákok alkotta életközösség épül (lásd: 9. évfolyam, VI. fejezet).

12. Szardíniák

13. Tonhal

Az éghajlati tényezők a tengerszint feletti magassággal is változnak.

A mérsékelt övezeti magashegységek zónái:

- **lombhullató erdők**
- **fenyvesek**
- **törpefenyvesek**
- **törpecserjék**
- **havasi rétek**
- **párnavegetáció**
- **a tartós hó és jég birodalma**

A forró övezet magashegységeinek övezetei:

- **trópusi esőerdők**
- **hegyi esőerdők**
- **lombhullató fák és tűlevelű erdők**
- **alhavasi törpecserjések**
- **havasi gyepek és párnavegetációs öv**
- **a tartós hó és jég birodalma**

A Föld felszínének több mint kétharmadát óceánok és tengerek borítják. A víz hőmérséklete és fényviszonya, oxigén- és tápanyagtartalma meghatározó az élővilág szempontjából.

A tengerekben három, egymástól jelentősen eltérő élőhelytípus alakult ki:

- **partközeli, sekély vizek**
- **nyílt vizek**
- **mélytengerek**

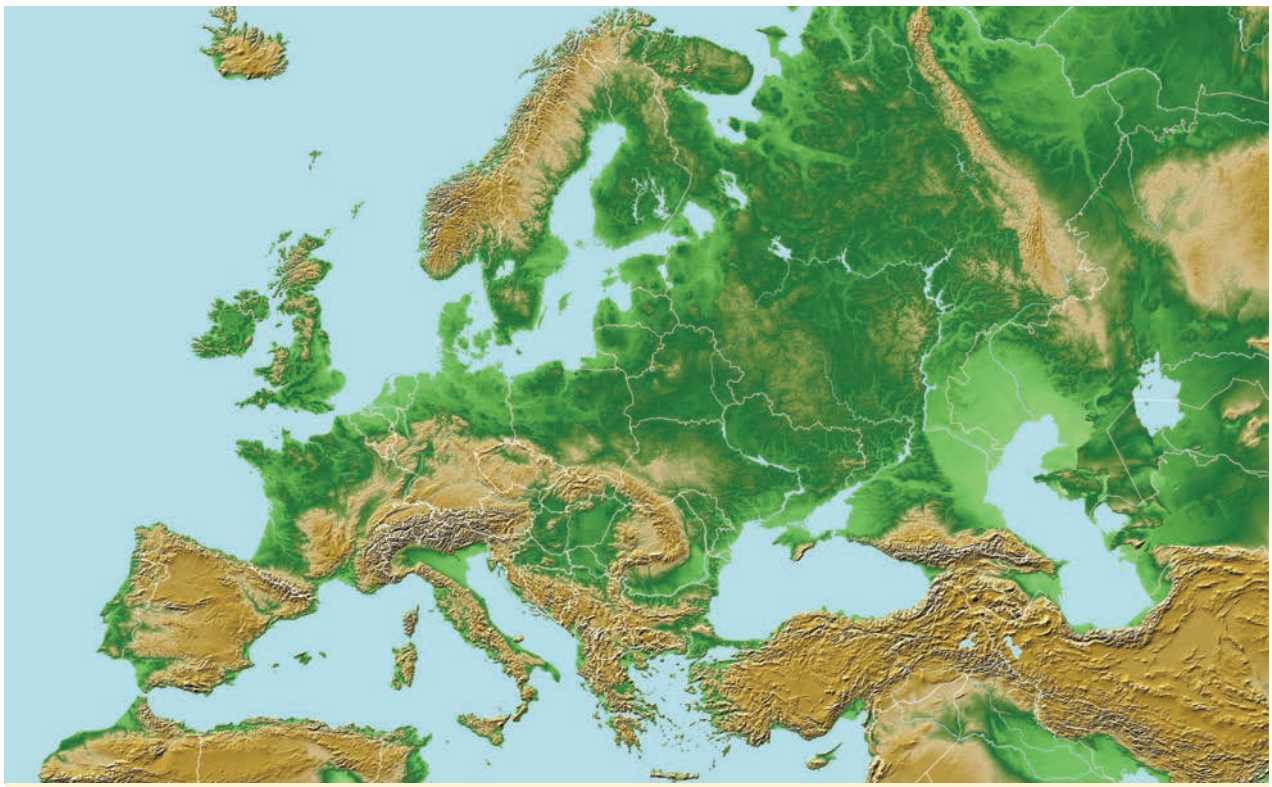
35. Összefoglalás

36. A Kárpátok ölelésében

1. Hogyan befolyásolták a földtörténeti változások a Kárpát-medence földrajzi viszonyait?
2. Mivel magyarázható, hogy a Kárpát-medencében egyaránt előfordulnak a füves puszták és a mediterrán területek élőlényei is?
3. Mi a jelentősége a bennszülött és maradványfajoknak?

Magyarország a Kárpát-medencében

Magyarország Közép-Európában, a Kárpát-medencében helyezkedik el. Megközelítőleg egyenlő távolságra fekszik az Egyenlítőtől és az Északi-sarktól, Portugália nyugati partjától és az Európa keleti határának tekintett Uráltól (1. ábra).



1. Magyarország földrajzi helyzete Európában

Hangolódj rá!

A Kárpát-medence élővilága nagyon változatos. Ennek a változatosságnak a védelme az emberen múlik. A fajok ismerete és védelme, a felelős magatartás kiemelt fontosságú. Az emberi tevékenység következtében halt ki a magyar mézpázsit, amely a világon csak a Kárpát-medencében élő bennszülött faj volt.

Nézz utána!

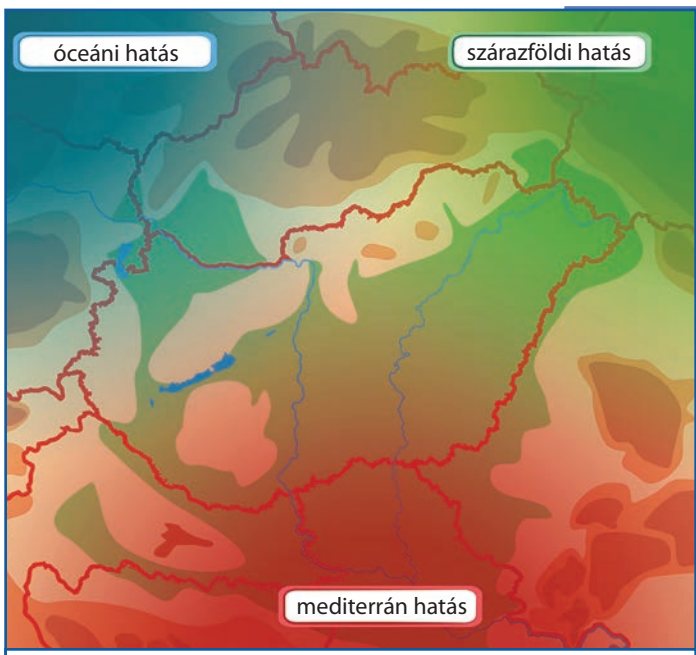
Melyik élőlény a magyar természetvédelem szimbóluma?

A Kápát-medence élővilágának megismerése előtt érdemes megismerkedni a medence kialakulásának történetével, éghajlatával és jelenlegi adottságaival. A földtörténeti harmadidőszakban az **Eurázsiai- és az Afrikai-kőzetlemez összeütközött**, és a köztük lévő óceáni üledék felgyűrődött. Ennek eredményeként emelkedett ki a Kárpátok koszorúja, amely ma is övezi ezt a különleges földrajzi adottságú területet (2. ábra).

A lemezek préselődése közben kialakult Kárpát-medencében korábban a **Pannon-tenger** hullámzott, amely fokozatosan visszaszorult. Az elmocsarasodó medencében az évmilliók során értékes kőszén-, kőolaj- és földgázkincs halmozódott fel. A medencét a folyók hordaléka lassan feltöltötte, a keletkezett üledék alatt ma például a jelentős felszín alatti vízkészletünk rejtőzik.

A Kárpát-medence (3. ábra) éghajlata északnyugaton **nedves kontinentális**, ez kelet felé haladva fokozatosan **száraz kontinentálissá** válik. Éghajlatát jelentősen befolyásolja az Észak-atlanti-áramlat, melynek következtében nyugatról óceáni, délről pedig **mediterrán hatás** érződik. Láthatjuk, hogy a Kárpát-medence területén többféle hatás összegződik, emiatt éghajlata sokszor szélsőséges. Négy évszakot figyelhetünk meg, a tél általában hideg, a nyár meleg. A klímaváltozás következtében a négy évszak egyre kiegyenlítettebb. A történelmi korok során gazdasága a medencejellegen alapult. A domborzati akadályok hiánya és a központi fekvés miatt jól megközelíthető, bőtermő vidék (4. ábra).

2. Hagymás-hegység a Keleti-Kárpátokban



3. A Kárpát-medencén belül érvényesülő éghajlati hatások

4. Az alföldi táj

A mezőgazdaság alapját a kiváló minőségű és termékeny talaj adja. Legfőbb talajfajtáink a magas humusztartalmú **barna erdőtalaj** és a **mezőségi talaj**. A legjobb minőségű **feketeföld** a löszvidékeken alakult ki (5. ábra). A folyókat, az ártereket gyenge minőségű **öntéstalajok** kísérik. Szintén a medencehelyzetnek köszönhető, hogy a terület **folyóvizekben bővelkedik** (6. ábra). Ez a fekvés viszont kiszolgáltatja az áradásoknak és a szomszédos országokból érkező vízszennyezésnek is. A védett fekvés miatt télen könnyebben megreked a szennyezett levegő a medencében.

5. Fekete mezőségi talaj előkészítése

6. A Dunakanyar

„Ahol a Balatonból csordogáló Sióhoz hirtelen társul szegődik északról a Sárvíz, de mégsem ömlik bele, hanem egy vármegye hosszán két-három kilométernyi távolságban mellette ballag, szinte kar karban, kacérkodón át-átkacsintva, mint az andalgó szerelmesek – én ott vagyok honn, az az én világom. A két folyónak egy ágya van, hatalmas, termékeny, széles, mondhatnám családi kettős ágya. Kétoldalt enyhe lankák és szelíd dombok díszével, melynek látképe, mintha festve volna, ugyancsak egy békés, derűs otthon falára. Fent Sárrét, lent Sárköz – ahol majdnem minden falu neve Sár-ral kezdődik –, ez az én vidékem. Hátam mögött, de csak karnyújtásnyira az édes Völgységgel, ahol »az ifjúság képét öltözve magára, ábrándozva bolyong« – bolyongott egy életen át Vörösmarty lelke, »hordva szelíd kötelét az elomló szőke hajaknak«. Ha kenderföldjeink sárréti talajon terültek, óljaink, a ház mögötti dombon már a Völgységben feküdtek."

Forrás: Illyés Gyula: Puszták népe (részlet)

Nézz utána!

Illyés Gyula Puszták népe című műve szépen leírja a szerző lakóhelyét. A részlet alapján mondd meg, hogy Magyarország mely területén született az író! Nézz utána, hogy milyen természeti értékekkel rendelkezik ma ez a terület!

A Kárpát-medence élővilága

A Kárpát-medence élővilága hosszú fejlődés eredményeként ma igen gazdag, állat- és növényföldrajzilag a **pannon régióhoz** tartozik. A korábbi klímaváltozások és a jelenlegi klimatikus és egyéb környezeti hatások színes élővilág kialakulását és fennmaradását tették lehetővé. A Kárpát-medence területén nyugat felől az atlanti, délről mediterrán, keletről hideg pusztai hatás érezteti hatását. Az utolsó jégkorszak előtt a Kárpát-medence területén meleg (trópusi, szubtrópusi) éghajlat uralkodott. Bár a jégkorszakban a medencét jég sohasem borította, a hideg miatt élővilága átalakult, az élőlények nagy része délebbre húzódott. A jelenlegi élővilág a **klímaingadozások után kb. 15 ezer éve formálódik,** a jégkorszak vége tette lehetővé a mai növényzet fejlődését és az állatvilág átalakulását.

A medencejelleg nemcsak ütközőpontja volt a különböző hatásoknak, hanem bizonyos mértékben védettséget is biztosított a megtelepedő fajok számára. Több faj elszigetelten fejlődhetett, ennek az eredményeként számos **bennszülött** (endemikus) faj alakult ki. Ilyen endemikus faj a világon csak a Pilisben, nagyjából 10 hektáron előforduló pilisi len vagy dolomitlen (7. ábra). A 10-20 cm nagyságú, sárga virágú évelő törpecserje igazi különlegesség. A kőtörmelékes dolomit sziklagyepek adják a kb. 1000 példányból álló, fokozottan védett növény otthonát. Állománya a szigorú természetvédelmi oltalomnak köszönhetően máig stabilan fennmaradt. A számos endemikus állatfaj közül a magyar bucót emeljük ki (8. ábra). A faj elterjedése csak a Duna és a Dnyeszter vízgyűjtő területére korlátozódik. Egyre kevesebb helyen találjuk meg a vízlépcsők megépülése miatt, mivel a lassú áramlású vizeket nem kedveli. Úszóhólyag nélküli, 20-30 cm hosszúra megnövő hal.

A **maradványfajok** (reliktumfajok) olyan élőlények, amelyek korábban nagy területet népesítettek be, és egy letűnt kor emlékét őrzik. A földtörténeti klímaváltozások során azonban élőhelyükön nagymértékben megváltoztak a környezeti körülmények. Emiatt elterjedési területük leszűkült, és egyre csökkenő egyedszámban fordulnak elő. Gyakran találkozunk különböző húgyúti fertőzések elleni készítményeken a tőzegáfonya nevével (9. ábra), ami egy a tőzegmohalápokon előforduló, kiemelten fontos reliktumfaj.

7. Pilisi len

8. Magyar bucó

9. Tőzegáfonya

Fedezd fel!

Készíts kiselőadást néhány, a Kárpát-medencében előforduló endemikus és reliktumfajról. Az Endemica Hungarica című film segítséget jelenthet a felkészüléshez!

A reliktum állatfajok közül a lápi póc (10. ábra) védelme kiemelten fontos. Az apró termetű hal csak a Duna vízrendszerében fordul elő; jól jellemzi elszigetelt fejlődését, hogy legközelebbi rokona Észak-Amerikában él. Elszigeteltsége miatt endemikus faj is. A hűvös, vízi növényzettel sűrűn benőtt lápokat, tavakat és mocsarakat kedveli. Állományuk az emberi tevékenység, valamint az **adventív** amurgéb miatt zsugorodik. Adventívnak olyan fajokat tekintünk, amelyek nem őshonosak egy terület élővilágában, valahonnan behurcolták őket. Sajnos sok esetben az ilyen behurcolt fajok intenzíven szaporodnak a számukra megfelelő élőhelyen, ezáltal kiszorítják az őshonos élőlényeket.

10. Lápi póc

11. A Balaton partján teljesen megszokott látványt nyújtanak az apró kagylókkal borított kövek. Pedig ezek az invazív vándorkagyló példányai, amelyek a 19. században terjedtek el Európa tavaiban

Gondoltad volna?

A lápi póc úszóhólyagja kiegészítő légzőszervvé módosult, így száján keresztül a légköri oxigénből is tudja pótolni a mocsaras élőhelyén gyakran kialakuló oxigénhiányt.

Idézd fel!

Korábbi tanulmányaid alapján ismertesd a halak légzése és keringése közötti összefüggéseket! Miért játszik fontos szerepet a halak légzésében a bőrlégzés, és ezt hogyan befolyásolja a vízszennyezés?

Nézz utána!

Mit jelent az ereklyefaj elnevezés?

A Kárpát-medence éghajlata északnyugaton nedves kontinentális, kelet felé haladva száraz kontinentálissá válik.

A földtörténeti harmadidőszakban az Eurázsiai- és az Afrikai-kőzetlemez összeütközésének eredményeként emelkedett ki a Kárpátok koszorúja.

Négy évszakot figyelhetünk meg, a tél általában hideg, a nyár meleg.

A Kárpát-medence állat- és növényföldrajzilag a pannon régióhoz tartozik.

Az endemikus faj olyan faj, amely csak az adott területen fordul elő.

A maradványfajok (reliktumfajok) olyan élőlények, melyek korábban nagy területet népesítettek be, és egy letűnt kor emlékét őrzik.

Adventívnak olyan fajokat tekintünk, amelyek nem őshonosak egy terület élővilágában, valahonnan behurcolták őket.

36. Összefoglalás

37. A Kárpát-medence fás társulásai

1. Mely szempontok alapján csoportosíthatjuk a Kárpát-medence társulásait?
2. Hogyan vesznek részt a nemzeti parkok az életközösségek védelmében?
3. Melyek a főbb klímazonális és intrazonális erdőtársulások Magyarországon?
4. Melyek a karakterisztikus fajok az egyes társulásokban?

Gondoltad volna?

Csak 1971-ben nyilvánították védetté az első növényfajt Magyarországon, ami az erdélyi hérics volt.

A Kárpát-medence területén több klímatípus érvényesül, ennek megfelelően a terület életközösségei sokszínűek. Eredetileg zömében lomberdő és erdőssztyepp borította tájat. Az ember erőteljes természetátalakító tevékenysége miatt az eredeti növénytakaró erősen visszaszorult; egykor hazánk területének 85%-át erdők borították, ma ez 20% körül van.

A klímazonális erdők kialakulásában a legfontosabb környezeti tényezők a terület éghajlati adottságai, a csapadékosság és a hőmérsékleti jellemzők (1. ábra). A hazánk területén megtalálható életközösségeket úgy mutatjuk be, hogy a társulás karakterfajait és leggyakoribb (domináns) fajait emeljük ki. A karakterfajok általában csak az adott életközösségre jellemzők nagyobb egyedszámban, más társulásokban vagy nem fordulnak elő, vagy szerepük alárendelt. Mivel egy társulás arculatát a növények határozzák meg, ezért elsődlegesen a növényzetük alapján írhatók le (2. ábra).

Idézd fel!

Hogyan csoportosíthatjuk az élőlényeket a tűrőképesség szempontjából?

Mit jelent a specialista és generalista kifejezés?

1. Meteorológiai állomás egy erdőben

2. Növényzeti felmérés

Tatárjuharos lösztölgyes

Az Alföldön, a dombságokban, a hegylábakon foltokban megmaradt **erdőssztyepp** maradványainak ép állománya a Kerecsendi-erdő. Kettős lombkoronaszintje ritkás, alatta **gazdag cserjeszinttel és fajgazdag lágy szárú növényzettel.** A felső lombkoronaszintet elsősorban a kocsányos tölgy alkotja. Alatta a tatárjuhar (3. ábra), mezei juhar, mezei szil és vadkörte alkot második lombkoronaszintet. Jellemző cserjéi a kökény, a galagonyák és kecskerágók. Lágy szárú növényei közül az erdei gyöngyköles, a hólyagos habszegfű, a bársonyos tüdőfű (4. ábra) emelendő ki.

3. Tatárjuhar

4. Bársonyos tüdőfű

Cseres-tölgyes

A legelterjedtebb hazai klímazonális erdőtársulás a **250–450 méter** tengerszint feletti magasságon található cseres-tölgyes. Laza lombkoronaszintje a fényt jól átengedi, **cserje- és lágyszárúszintje fejlett**. Uralkodó fái a csertölgy (5. ábra) és a kocsánytalan tölgy. Jellemző cserjéi a húsos som, az egybibés galagonya és a fagyal. A lágyszárúak közül a fehér pimpó, a baracklevelű harangvirág (6. ábra), a tavaszi lednek és az egyvirágú gyöngyperje emelhető ki.

5. Csertölgy

Gyertyános-tölgyes

Középhegységeinkben **400–600 méter** magasságban uralkodó fás társulás. Lombkoronájának felsőbb szintjét a kocsányos és a kocsánytalan tölgy alkotja. Az alsóbb szintet a közönséges gyertyán (7. ábra) alkotja. Mivel a lombkoronaszint jól záródik, ezért a **cserjeszint és a lágyszárúszint gyér**. Kora tavasszal aljnövényzete gazdag a hagymás-gumós (geofiton) növények virágzása miatt. Fontosabb fajai az odvas keltike (8. ábra), a medvehagyma, a bogláros szellőrózsa (9. ábra), a salátaboglárka.

7. Közönséges gyertyán

6. Baracklevelű harangvirág

8. Odvas keltike

9. Bogláros szellőrózsa

Bükkös

A hegyvidékeken mintegy **600 métertől** váltják fel a gyertyános tölgyeseket. Uralkodó fafajuk a bükk, amely magasra nő, koronája zárt, teljes kilombosodás után a fénynek csak elenyésző töredéke jut el a talajra, ezért **cserjeszintje nincs, és gyepszintje is fajokban szegény.** Lágyszárú növényei közül a szagos müge (10. ábra), a pettyegetett tüdőfű, az ikrás fogasír (11. ábra) és a bükksás emelhető ki. Jellegzetes állata a védett havasi cincér (12. ábra), a T-betűs pávaszem. A Bükk hegységben találjuk a Bükki Nemzeti Park védelme alatt álló Őserdőt.

Magyarország éghajlatát is jelentősen befolyásolták az utóbbi évszázadok, ennek eredményeként az egyes növényzeti övek magassági zónái egyre inkább eltérnek a várttól. Egyre kisebb helyre zsugorodik a bükkös vegetáció, mivel érzékenyen reagál a hőmérséklet emelkedésére, helyét inkább tölgyesek veszik át.

10. Szagos müge

11. Ikrás fogasír

Fenyvesek

Hazánkban az Alpokalján találhatók természetes kialakulású, őshonos lucfenyvesek. Emellett az Őrségben néhány őshonos erdeifenyves-állomány (13. ábra) is előfordul. A sűrű fenyőerdő belsejébe nagyon kevés fény jut. A lassan lebomló fenyőtűk alatt **gyenge minőségű, savas kémhatású talaj** alakul ki. A szélsőséges körülményeket kevés növény tűri, ezért **fajokban szegény társulás** alakul ki. A fenyvesek gyepszintjében páfrányok, mohák, áfonyák, gombák és zuzmók fejlődnek.

12. Havasi cincér

Alkoss!

Csoportban dolgozva készítsetek térképet a fenti társulások előfordulási helyeit megjelölve! A növényfajok nevéből készített és összekevert színes kártyákat helyezzétek el a megfelelő társuláshoz!

Fedezd fel!

Az ökológusok, természetvédők sokat dolgoznak azon, hogy az emberi tevékenység következtében sérült társulások eredeti állapotát visszaállítsák. Ehhez nagy segítséget nyújtanak a magbankvizsgálatok. Nézz utána, hogy miért hasznosak a magkészletvizsgálatok!

Hogyan segíthetik egy állomány természetes megújulását?

Intrazonális társulások

A fás társulások egy része nemcsak az éghajlati tényezők alapján alakult ki, hanem a terület **talaja, vízellátottsága és domborzata** is befolyásolta létrejöttüket. Ezeket az életközösségeket intrazonális társulásoknak hívjuk. Elsőként a víz által befolyásolt társulásokat vizsgáljuk meg.

Bokorfüzes-társulások

A bokorfüzesek rendszeresen minimális humusztartalmú, nyers öntéstalajon alakulnak ki. A **folyókat közvetlenül ez a társulás szegélyezi**. Állományaikat a hevesebb áradások könnyen tönkreteszik, de

13. Erdeifenyő

hamar megújulnak. Az időszakos elöntések meggátolják a szerves anyag felhalmozódását. Az itt megtelepedő növények rendkívül sűrű gyökérzetükkel képesek arra is, hogy a periodikusan kiülepedő hordalékot folyamatosan megkössék. A bokorfüzes-társulások **fajszegények,** és az ökológiai tényezők változására igen érzékenyek. A társulások domináns növényfaja a mandulalevelű fűz (14. ábra) és a csigolyafűz. A bokrokra gyakran süntök (15. ábra), sövényszulák és felfutó komló kapaszkodik fel. Sajnos egyre nagyobb probléma az Észak-Amerikából behurcolt gyalogakác vagy más néven ámorakác intenzív terjedése. Gyökérzete súlyosan károsítja a talajt, a talajt megkötő füveket kiszorítja. Sűrű állománya jelentősen lassíthatja az árhullámok levonulását.

14. Mandulalevelű fűz

15. Süntök

Fűz-nyár ligeterdők

A vízhatás következtében kifejlődő ártéri erdőkön belül a fűz-nyár vagy **puhafás ligeterdők** a leggyakoribb kísérői folyóinknak. Ez a társulástípus követi a bokorfüzes-társulásokat. A szabályozások előtt sokkal nagyobb területeket foglaltak el. Oxigénben dús, friss vízzel ellátott területeken, alacsony ártereken, folyók mentén alakul ki. Talaja **öntéstalaj,** amely gazdag nitrogénben. Főbb növényfaja a fekete nyár (16. ábra), a fehér fűz, a nemes nyár, a törékeny fűz, a szeder, a komló, az erdei iszalag (17. ábra). A Tisza és mellékfolyói nagy kiterjedésű fűz-nyár ligeterdőknek adnak otthont.

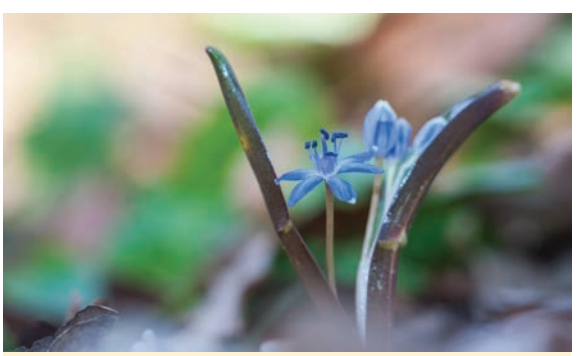
16. Fekete nyár

Keményfa-ligeterdők

Elöntéstől mentes, hordalékos talajon alakulnak ki ártereink zárótársulásai, a tölgy-kőris-szil vagy keményfa-ligeterdők. Hazánk egyik legszebb ilyen erdeje a Gemenci-erdő. Lombkoronaszintjüket kocsányos tölgy, magyar kőris és vénicfa alkotja. Dús cserjeszintjében kányabangita (18. ábra), tatár juhar, kutyabenge és veresgyűrű som is előfordul. A gyepszintben igen gyakori a hamvas szeder, az erdei lórum és az óriás csenkesz, a ligeti csillagvirág (19. ábra) és a hóvirág. A Duna–Dráva Nemzeti Park területén számos szép állományát találjuk a ligeterdőknek.

17. Erdei iszalag

18. Kányabangita



19. Ligeti csillagvirág

Láperdők

A **lefolyástalan, oxigénszegény talajú területeken** jönnek létre a láperdők. Hazánkban egyre kevesebb ilyen erdőt találunk; egyik legszebb, épen maradt állománya a dabasi égerláp. Az egész éves vízborítás miatt a fák gyökérfői kiemelkednek, és jellegzetes képet adnak a társulásnak. Jellemző fafajaik az enyves éger (20. ábra), a magyar kőris és a közönséges nyír. Aljnövényzetükben megtalálható a sárga nőszirom (21. ábra), a szálkás pajzsika, a ritkás sás és a tőzegpáfrány.

Az égeres láperdők szegélyein találjuk a **fűzlápokat.** Növényzetük szegényesebb, jellemző fajuk a hamvas fűz. Fontos jégkorszaki reliktumfajuk a tőzegeper (22. ábra) és a szibériai hamuvirág (23. ábra). Intrazonális társulások az alapkőzet és a domborzat hatására is létrejöhetnek. A következő részben nézzük meg ezeknek a társulásoknak a jellegzetességeit!

20. Enyves éger

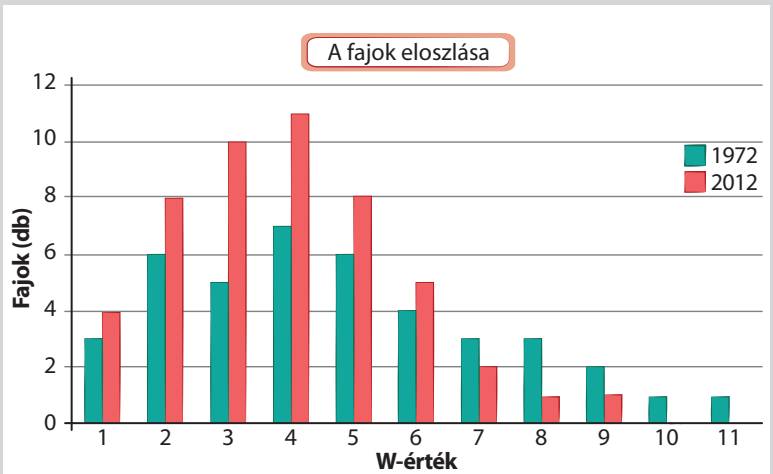
21. Sárga nőszirom

22. Tőzegeper

23. Szibériai hamuvirág

Elemezz!

A fajok környezeti igényei fontosak egy területen bekövetkező változások monitorozásában, elemzésében. Egy élőhely W-értékeinek (vízigény) változását szemlélteti az alábbi diagram. Elemezd az ábrát, és alkoss véleményt! Milyen változások következtek be a vizsgált 40 év alatt, mi lehet a változások hátterében? Igyekezz a válaszodat tudományos ismeretterjesztő stílusban megfogalmazni!



0. extrém száraz élőhelynek megfelelő faj
1. igen száraz élőhelynek megfelelő faj
2. száraz élőhelynek megfelelő faj
3. mérsékelten száraz élőhelynek megfelelő faj
4. mérsékelten üde élőhelynek megfelelő faj
5. üde élőhelynek megfelelő faj
6. mérsékelten nedves élőhelynek megfelelő faj
7. nedves élőhelynek megfelelő faj
8. nedves-vizes élőhelynek megfelelő faj
9. vizes élőhelynek megfelelő faj
10. igen vizes élőhelynek megfelelő faj
11. vízi élőhelynek megfelelő faj

Homoki társulások

Homok alapkőzeten képződött talajon alakultak ki a homoki tölgyesek. Több típusukat különbözetjük meg, legismertebb társulásai a nyílt homoki tölgyes és a zárt gyöngyvirágos-tölgyes.

A **nyílt homoki tölgyes** az Alföldön száraz és meleg buckatetőkön és lejtőkön jött létre. Jellemző fafaja a kocsányos tölgy (24. ábra) mellett a fehér nyár, a rezgő nyár, a közönséges nyír, a mezei juhar és az ezüst hárs. Cserjeszintjében

24. Kocsányos tölgy

25. Közönséges boróka

26. Magyar kökörcsin

elsősorban közönséges boróka (25. ábra), közönséges fagyal és közönséges mogyoró fordul elő. A gyepszintet a pusztai csenkesz alkotja, amelyben igazi különlegesség és ritkaság a magyar kökörcsin (26. ábra). A **zárt gyöngyvirágos-tölgyesek** magasabb talajvízszintű, hűvösebb, nedvesebb területeken jöttek létre. A sokszínű Kiskunsági Nemzeti Park területén találunk még gyöngyvirágos-tölgyes állományokat. Megtaláljuk itt többek között a kocsányos tölgyet, a találjuk a kora tavasszal virágzó hagymás-gumós növényeket, így például az egyhajúvirágot, a gyöngyvirágot (27. ábra), az odvas keltikét és a tarka sáfrányt (28. ábra).

A Duna–Tisza közén a nyílt homoki tölgyesek termőhelyén **nyáras-borókás** társulások terjedtek el. Jellemző fajuk a közönséges boróka és a fehér nyár. Tisztásaikon homoki nőszirom (29. ábra) és homoki kikerics (30. ábra) is előfordul. Hazánk egyik különleges élőhelye a Bugac melletti ősborókás. A fokozottan védett természetvédelmi terület a Kiskunsági Nemzeti Park védelme alatt áll.

27. Gyöngyvirág

28. Tarka sáfrány

29. Homoki nőszirom

30. Homoki kikerics

A bugaci ősborókás 2012 tavaszán égett le mintegy 900 hektáron. A tűztől érintett élőhelyek, fajok eltérő mértékben károsultak vagy semmisültek meg a tűzben, és túlélésük is igen változó. A tűz legnagyobb arányban a borókás nyílt homoki gyepeket, valamint elsősorban a buckaközökben létrejött, változó sűrűségű cserjeszinttel jellemezhető fehér és szürke nyaras facsoportokat érintette. Kisebb kiterjedésben fekete- és erdeifenyvesek, akácültetvények is sérültek. Az erdőtelepítési kötelezettséggel érintett területek, elsősorban a fenyvesültetvények újratelepítése, ezúttal hazai fafajokkal, 2014-ben megtörtént, jelenleg az erdőápolási munkák, valamint további erdőterületek telepítése, csemetepótlása zajlik. A fokozottan védett bioszféra-erdőrezervátumban semmilyen mesterséges beavatkozás nem történik, a természetes folyamatok zajlanak. A terület egy részén pályázati forrásból a tájidegen növények irtása 2012-ben megkezdődött, a munkák 2015-ben is folytatódtak. A tűz a természet része, mindazonáltal a leégett terület az égés előtti képét nem fogja visszanyerni többé. Az évelő nyílt homokpusztagyepek, valamint a nyaras foltok regenerációja, ha lassan is, de viszonylag nagy eséllyel végbemehet. A területen egyrészt a tűz, valamint a bolygatás hatására megjelenő tájidegen növényeket folyamatosan kezelni kell a visszaszorítás érdekében, ami kissé szélmalomharcnak tűnhet. A borókásfoltok regenerációja azonban a legjobb esetben is több évtizedes, akár évszázados léptékű lehet. A területen több botanikai, zoológiai kutatás is zajlik, ami a tűz hatását, valamint a regenerációt hivatott kutatni, monitorozni. A leégett terület az ott folyó munkák miatt jelenleg nem látogatható. Az épségben maradt területek azonban megőrizték a tűzkár előtti természeti környezet értékeiket az utókor számára.

Forrás: Bács-Kiskun Megyei Értéktár

Nézz utána, és érvelj!

Csoportban dolgozva nézzetek utána, hogy Magyarországon mely invazív növényfajok okoznak természetvédelmi gondot! Érveljetek ezen növényfajok mellett és ellen! Mit jelent az erdőrezervátum kifejezés?

Nézz utána, és érvelj!

Eddigi ismereteid alapján fogalmazd meg, hogy miért lesz nehéz a védett terület növényzetének regenerálódása! Hogyan tudja a természetvédelem ezt a folyamatot segíteni?

Elszikesedett talajokon **szikitölgyes-társulás** alakult ki. Fő fafajuk a kocsányos tölgy, a tatár juhar és a mezei juhar. Gyepszintjükben gazdag a tavaszi hagymás-gumós aszpektus, az odvas keltike és a salátaboglárka mellett a magyar zergevirág (31. ábra) is megtalálható.

Az alapkőzet által befolyásolt társulásoknál említést érdemelnek a különleges **mészkerülő bükkösök és tölgyesek**. Jellemző fajuk a fehér perjeszittyó (32. ábra) és az orvosi veronika. Ritka növényei az áfonyák, a körtikefélék és a korpafüvek.

31. Magyar zergevirág

32. Fehér perjeszittyó

Karsztbokorerdők

A társulások megjelenését a domborzat is befolyásolja. A karsztbokorerdők klímája rendkívül meleg és száraz, fái alacsony termetűek. A molyhos tölgy (33. ábra) mellett elsősorban a virágos kőris és berkenyefajok alkotják a fákat. A cserjeszint fajokban gazdag, legszínesebb faja a cserszömörce (34. ábra). A **cserszömörcés-molyhos tölgyes** elsősorban a Dunántúlon előforduló társulás. Nagyon hasonlít hozzá az Északi-Középhegység **sajmeggyes-molyhos tölgyes** bokorerdeje, amelynek fontos ereklyenövénye a tornai vértő. Cserjeszintjében gyakori a sajmeggy. Értékes reliktumnövénye a magyarföldi husáng, fontos endemizmusa pedig a magyar bogáncs (35. ábra). Az Aggteleki Nemzeti Park területén a karsztbokorerdők mellett elsősorban gyertyános-tölgyeseket, cseres-tölgyeseket, sziklagyepeket és sztyeppréteket találunk.

33. Molyhos tölgy

Sziklai és törmeléklejtő-erdők

Többnyire a bükkerdők övében alakulnak ki. A **hársas-kőrises erdők** sziklás tetőkön, erős napsütésnek és szélnek kitett helyeken találhatók meg. Jellemző fafajai a nagylevelű hárs és a magas kőris. Fajai között megtaláljuk a köszmétét, a mérges sást és a Waldstein-pimpót (36. ábra).

A **szurdokerdők** magas páratartalmú, nedves, hűvös völgyek mélyén, mészkőtörmeléken alakultak ki. Hegyi, magas kőris, bükk, korai juhar és hegyi szil alkotja lombkoronaszintjüket. Jellemző a gímpáfrány (37. ábra), a szagos müge, az erdei holdviola (38. ábra) és a havasi iszalag.

Az északi kitettségű mészkő- és dolomitszikla-lejtőkön előforduló **sziklai bükkösök** jégkorszakból itt maradt, kárpáti fajokban gazdag társulások. Alacsony növésű fafajai között találjuk a bükköt és a lisztes berkenyét. Gyepszintjének fontos faja az erdélyi nyúlfarkfű, a szirti imola és a havasi ikravirág (39. ábra).

34. Cserszömörce

35. Magyar bogáncs

36. Waldstein-pimpó

37. Gímpáfrány

38. Erdei holdviola

39. Havasi ikravirág

40. Telepített nyárfás

41. Fakitermelés utáni terület

Telepített erdeink

Az elmúlt évszázadok alatt kivágott erdők helyére az ember igyekezett olyan fafajokat telepíteni, amelyek gazdasági haszonnal kecsegtetnek (40. ábra). Így került az értékes növénytársulások helyére erdeifenyő és feketefenyő, fehér akácfa és nemesnyár. Ezek az erdők jelentős mennyiségű faanyagot termelnek, viszont a **talajt kizsigerelik**, kémhatását megváltoztatják, a **tájképet erősen rombolják**. Eltüntetik a természetes életközösséget, **monokultúráknak** tekinthetők, a fák közel egykorúak, diverzitásuk kicsi, fennmaradásuk csak folyamatos beavatkozással biztosítható (41. ábra).

A Kárpát-medence területén a kontinentális éghajlat hatása, az óceáni-közép-európai hatás és a szubmediterrán éghajlat hatása is érvényesül.

Az ember erőteljes természetátalakító tevékenysége miatt az eredeti növénytakaró már erősen visszaszorult.

A klímazonális erdők kialakulásában a legfontosabb környezeti tényezők a terület éghajlati adottságai, a csapadék- és hőmérsékletértékek.

Az intrazonális társulások megjelenését elsősorban az alapkőzet és domborzat, valamint a víz mennyisége befolyásolja.

A karakterfajok elsősorban az adott társulás jellemző fajai, más társulásban nem vagy csak kis egyedszámmal fordulnak elő.

A főbb hazai klímazonális erdőtársulások:

- **Tatárjuharos lösztölgyes**
- **Cseres-tölgyes**
- **Gyertyános-tölgyes**
- **Bükkös**
- **Fenyves**

A főbb hazai intrazonális erdőtársulások:

- **Bokorfüzes társulások**
- **Puhafa-ligeterdők**
- **Keményfa-ligeterdők**
- **Láperdők**
- **Homoki társulások**
- **Karsztbokorerdők**
- **Sziklai és a törmeléklejtő-erdők**

37. Összefoglalás

38. A Kárpát-medence fátlan társulásai

1. Hogyan befolyásolja a társulások megjelenését a termőtalaj rétegvastagsága?
2. Az emberi beavatkozás hogyan befolyásolja a fátlan társulások fennmaradását?
3. Mi a szerepe a nemzeti parkoknak a fátlan társulások védelmében?

Gondoltad volna?

A világ első nemzeti parkja a Yellowstone Nemzeti Park, 1872-ben alapították. Bő száz év múlva, 1973-ban hozták létre Magyarország első nemzeti parkját, a Hortobágyi Nemzeti Parkot.

1. Löszpusztarét

A klimatikus változások után hazánk területének jelentős részén nem voltak meg a feltételek fás társulások kialakulására. Így ezeken a területek elsősorban a lágy szárú növényzet jelent meg. Ezeket az életközösségeket több szempont alapján kategorizálhatjuk.

A hazai pusztai növényzetből csak a löszpusztagyepek klímazonális fátlan társulások. Az elmúlt évszázadok mezőgazdasági termelése következtében hazánk egyik legveszélyeztetettebb társulásaivá váltak. A szántóföldi művelés miatt ezek a gyepek teljesen visszaszorultak, már csak néhány maradványuk lelhető fel, megye- és településhatárok menti mezsgyéken, esetenként kunhalmokon, földvárakon, löszfalak peremén maradványfoltokban találkozhatunk még velük.

A nagy közép-ázsiai sztyeppek nyugati maradványaiként fordulnak elő nálunk a löszpusztarétek (1. ábra), amelyek védett fajokban gazdag állományok. Jellemző fajai a bókoló árvalányhaj, a tavaszi hérics (2. ábra), a bókoló zsálya. Itt él az endemikus erdélyi hérics is, az állatfajok közül a védett macskaherecincér, a túzok (3. ábra) és a földikutya kiemelendő. A Körös–Maros Nemzeti Park jelentős szerepet játszik a löszgyepek védelmében.

2. Tavaszi hérics

3. Túzok

Nézz utána!

Mit jelent a kunhalom kifejezés? Miért állnak a kunhalmok természetvédelmi oltalom alatt?

Alapkőzet és talajtípus által befolyásolt társulások

A homoki gyepek a szukcesszió különböző állomásait képviselik. Nyílt és zárt gyeptársulásai egyaránt előfordulnak a Kárpát-medencében. A homokterületek szélsőséges klimatikus viszonyai miatt élővilágukra különleges. A **szárazság,** a mélyen fekvő talajvízszint és a szél állandó munkája rányomja bélyegét a táj arculatára. Általában az egyéves, illetve hagymás és gumós növényfajok jelennek meg nagy számban. Több növényük is endemikus, ilyen például a kései szegfű is (4. ábra). A **nyílt homoki gyepek** jellemző növénye többek között a homoki csenkesz és az endemikus homoki báránypirosító (5. ábra), valamint a királydinnye és a csikófark. A **zárt homoki gyepek** már nagyobb szervesanyag-tartalmú területeken jönnek létre. Itt található a szártalan csüdfű (6. ábra) és a homoki nőszirom. Legeltetés hatására szegényesebb fajkészletű homoki legelők alakulnak ki. A homoki társulások is sok állatfajnak adnak otthont, itt él a védett buckabagoly lepke és az ugartyúk (7. ábra) is.

A talaj tulajdonságai határozzák meg a **szikes gyeptársulások** összetételét is. Mivel a szikeseken a talaj felső rétegeiben erős a párolgás, a vízben oldódó alkálifémionok, elsősorban a nátriumionok a felszíni rétegekben halmozódnak fel. Az így kialakuló magas sótartalmú tömött talaj csak a sótűrő fajok számára biztosít életteret. Ezt a környezetet csak a nagy szívóerejű gyökérzettel és a felszínen szétterülő hajtással rendelkező növények viselik el. A tavaszi vízborítás után nyáron kiszáradó szikesek sótartalma kisebb, az ilyen talajokra a szikes pusztarétek jellemzők. Ezeken a területeken ma elsősorban legeltetés folyik. Az állandó taposás miatt a szukcesszió nem

6. Szártalan csüdfű

4. Kései szegű

5. Homoki báránypirosító

7. Ugartyúk

Alkoss!

Készíts kiselőadást a magyarországi nemzeti parkok címeréről! Mutasd be a címereken lévő élőlényeket!

halad előre. Jellemző növényei a sovány csenkesz és a sziki üröm. Ennek a társulásnak a része a vakszik. Itt a sófelhalmozódás már a talaj felszínén is látszik. Jellemző fajai az orvosi székfű (8. ábra) és a bárányparéj. A **nedves szikesek** talaja hosszabb ideig áll vízborítás alatt, az állandóan nedves talajokra a szikes rétek jellemzők. Pázsitfűfajokban gazdag társulás, jellemző faja a sziki őszirózsa (9. ábra) és a sziki boglárka. Szikeseket többek között a Hortobágyi Nemzeti Park területén találunk nagyobb kiterjedésben. A folyószabályozások, erdőirtások következtében sztyeppei jellegű táj alakult ki, melynek kunhalmai jelentős természetvédelmi értékek. Magyarország első nemzeti parkjában él a szalagos hólyaghúzó bogár, a szongáriai cselőpók, a széki lile, a gólyatöcs és a gulipán. (10. ábra)

A sziklagyepek a középhegység csekély talajborítású területeinek társulásai. Faji összetételüket a sok helyen felszínre bukkanó alapkőzet befolyásolja. Növényzetére jelentős hatással van a kitettség és a felszín vízháztartása is. A sziklás felszín miatt a növényzet csak foltokban fordul elő.

A **szilikát sziklagyepek** vulkáni eredetű, szilikátos kőzeten alakultak ki. Tipikus formáit meredek hegyoldalakon találjuk, mivel a szilikátos kőzetek jó talajképzők, a szukcessziójuk gyors. Ennek a társulásnak a növénye a sziklai csenkesz, a hegyi kövirózsa, szirtipáfrány és az aranyos fodorka (11. ábra). Hazánkban többek között a Mátrában, a Börzsönyben, a Zempléni-hegységben találjuk jellemző formáit. A **mészkő sziklagyepek** mészköves alapkőzeten jöttek létre. Jellemző fajaik a nyúlfarkfüvek, kőtörőfüvek, a borsos varjúháj és a kövirózsák. A Bükki Nemzeti Park területén változatos üledékes és vulkanikus alapkőzet fordul elő. Emiatt növényvilága gazdag kárpáti jellegű fajokban, itt él az endemikus magyarföldi husáng és a szirti pereszlény (12. ábra).

8. Orvosi székfű

9. Sziki őszirózsa

10. Gulipán

12. Szirti pereszlény

11. Aranyos fodorka

A dolomit sziklagyepek talajképződése lassú; a dolomit nehezen mállik, az aprózódás miatt felszíne köves, görgeteges. Jellemző formáit a Budai-hegységben találjuk. A dolomit sziklagyepek kiemelendő maradványfaja a cifra kankalin (13. ábra), a magyar gurgolya és a pilisi len. Ezeknek a kiemelten fontos természeti értékeknek a Duna–Ipoly Nemzeti Park ad védelmet. A sziklagyepek állatvilága gazdag. Itt él a szürke sziklaaraszoló, a pannon gyík (14. ábra), a haragos sikló, a bajszos sármány is. Kiemelten fontos természetvédelmi jelentőségű területek ezek, mivel a letűnt korok emléknyomait őrzik még ma is, erről tanúskodnak reliktumfajaik. Hazánk védett növényfajainak több mint a fele megtalálható itt.

A **lejtősztyepprétek** a nyílt sziklagyepek záródása után keletkeznek. A középhegységek meleg, száraz déli lejtőin terjedtek el. Társulásaik összetételét leginkább a kitettség és a talajviszonyok befolyásolják. Mészkő, dolomit vagy szilikátos alapkőzeten fordulnak elő, viszont az alapkőzet közvetlen hatását itt már mérsékli a **vastagabb, humuszban gazdagabb talajréteg**. Fajkészletükben jellemzők a pusztagyepekkel közös növényfajok, virágzásuk a száraz nyár miatt tavasszal és ősszel jellemző. Fontosabb növényfajai a tavaszi hérics, a leánykökörcsin (15. ábra), a sziklai csenkesz, a homoki pimpó, a fürtös gyöngyike, a vetővirág. Számos ritka ízeltlábú élőhelye, megtaláljuk itt a fűrészlábú szöcskét, a kardoslepkét (16. ábra), a karsztcincért és a rézsiklót is.

A víz által meghatározott társulások

A vízi társulások álló- és folyóvizekben alakulnak ki. A **lebegő hínártársulások** a nyílt vizek életközösségei, melyekre leginkább a víz felszínén úszó és alámerült fajok jellemzők. Nagy tömegben előforduló fajaik a békalencsefajok, a rucaöröm, a rence, a békatutaj. A **gyökerező hínártársulásokat** a sekély vízben gyökerező növények alkotják, ilyen a fehér tündérrózsa (17. ábra), a vízitök (18. ábra), a hínáros békaszőlő és a békaliliom. A hínártársulások sok állatnak adnak otthont. A planktont alkotó szervezetek, pl. a vízibolhák, előfordulnak az édesvízi hidrák. Itt él a közönséges óriáscsibor (19. ábra), a nagy búvárbogár, számos hal- és békafaj. A vízi életközösségek széles köre megtalálható a Balatonban és környékén, amelynek védelmét a Balaton-felvidéki Nemzeti Park látja el.

13. Cifra kankalin

14. Pannon gyík

15. Leánykökörcsin

16. Kardoslepke

17. Fehér tündérrózsa

18. Vízitök

19. Óriáscsibor

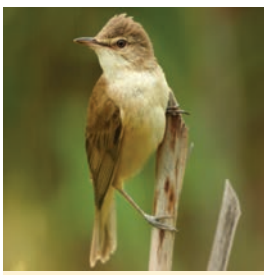
A magas talajvízszint kedvez a **nádasok** kialakulásának. Ezek a társulások jelentős szerepet játszanak a part felől érkező szennyező anyagok kiszűrésében, a sekély vizeket szegélyezik. Fajszegény társulások, a közönséges nád (20. ábra) mellett a tavi káka és a gyékény jelentős. Bár növényzetük kissé egyhangú, de számos állatnak adnak otthont. A halaknak ívóhelyet, a vízimadaraknak fészkelő- és táplálékszerző helyet nyújtanak. Itt fészkel többek között a nádirigó (21. ábra) és a barkóscinege, és ez a mocsári teknős egyik élőhelye is. Nemzetközileg elismert gazdag madárvilága van a Fertő–Hanság Nemzeti Parknak, amely a Fertő tó sós vizének és a környék élőhelyeinek védelméről gondoskodik.

A **magassásosokat** a nádasoknál sekélyebb víz borítja. Eltűrik a nyári, időszakos kiszáradást is. A kisebb mennyiségű víz miatt talajuk jobban szellőzik, több levegőhöz jut. Társulásaikban rendszerint valamelyik sásfaj, például a zsombéksás, élessás uralkodik. Itt él a ritka vidrafű (22. ábra), a közönséges lizinka, és számos kétéltű- és hüllőfaj szaporodóhelye ez.

A **mocsárrétek** friss vízellátású, üde talajú, nyáron kiszáradó területeken fordulnak elő. Levegőellátottságuk a lápréteknél jobb, emiatt nem képződik bennük tőzeg. A láprétekkel ellentétben kevés moha fordul elő bennük. Az Alföldön és a nagyobb folyók mentén, legtöbbször az ártéri ligeterdők helyén jöttek létre fakitermelés, a rendszeres kaszálás vagy legeltetés hatására. Jellemző fajaik a réti ecsetpázsit, a mocsári kosbor (23. ábra), a csetkáka. Számos madárfaj él itt, gyakori a nagy goda (24. ábra) és a bíbic.

A **lápréteket** lefolyástalan, pangó vizes területeken, az egykori láperdők helyén találjuk meg. Az elpusztuló növényzetből anaerob körülmények között **tőzeg** képződik. A tőzeges talaj felszínét tőzegmohák borítják. Több típusukat különböztetik meg. A forráslápok források mentén, az átmeneti lápok savanyú talajokon alakulnak ki. A dagadólápok tőzegmohalápok, egyik legszebb állományuk Csaroda mellett található. A láprétek számos növényfajnak adnak otthont, köztük a védett lápi hízókának (25. ábra), a réti kakukktormának,

20. Közönséges nád



21. Nádirigó

22. Vidrafű

23. Mocsári kosbor

24. Nagy goda

25. Lápi hízóka

26. Szibériai nőszirom

27. Erdei angyalgyökér

28. Csörgő kakascímer

a szibériai nősziromnak (26. ábra) és a buglyos szegfűnek. A lápok vizében él a védett lápi póc, de számos más, láphoz kötődő állatfaj is előfordul ezekben a társulásokban. Erdőtársulásai mellett lápi életközösségekben gazdag az Őrségi Nemzeti Park, amely hazánk legfiatalabb nemzeti parkja.

A hegyvidéki patakok mentén és a talajvízhez közeli felszíneken találjuk a **magaskórós társulásokat**. Talajuk tápanyagban dús, növényzetük sokszínű. Jellemző fajok az erdei angyalgyökér (27. ábra), a vörös acsalapu, a halovány aszat. Változatos állatvilágából a vízirigót emeljük ki.

Emberi tevékenység következtében kialakuló fátlan társulások

A **hegyi kaszálórétek** középhegységeinkben és dombvidékeinken az erdőirtások hatására jöttek létre mint kaszálással fenntartott kezelt gyeptársulások. Növényzetük és állatvilágúk fajgazdag. A dús pázsitfűben megtaláljuk a csörgő kakascímert (28. ábra), a fehér margitvirágot, a boglárkalepkéket, a tarkalepkéket és még számos állatfajt.

A **gyomtársulásokat** több kategóriára oszthatjuk fel. Általánosságban elmondható, hogy a gyomtársulások zsugorítják a termőhelyeket, felhasználják a talaj víz- és tápanyagkészletét. Emellett számos kártevőnek adnak élőhelyet, és a mezőgazdasági termelést is jelentősen megnehezítik. A vetési gyomtársulások mezőgazdasági művelés alatt álló területeken jönnek létre. Jellemző fajuk a pipacs (29. ábra), a közönséges betyárkóró (30. ábra), a mezei aszat, a mezei szarkaláb és a védett konkoly. A vágási gyomtársulások erdőirtások helyén keletkeznek, jellemzően nitrogénkedvelő gyomok alkotják. Itt jelenik meg a siskanád és a nadragulya. A ruderális gyomtársulások utak mentén, taposott területek, parlagon hagyott helyeken, törmeléklerakó romtalajokon alakulnak ki. Ezek a társulások igénylik és jól elviselik a bolygatást, a szennyezést. Jellemző faja a parlagfű, a csattanó maszlag (31. ábra), a porcsin, a madárkeserűfű.

30. Betyárkóró

29. Pipacs

31. Csattanó maszlag

Elemezz!

Egy társulás különböző állományainak faji összetétele a terület emberi érintettségétől, a helyi időjárási viszonyoktól függően erősen változhat. Például egy cseres-tölgyes erdő állománya más fajokat tartalmazhat a Vár-hegy erdőrezervátum területén, mint a Budai-hegységben. Ettől még a két állomány a cseres-tölgyesekhez tartozik, de valamelyik a kettő közül közelebb áll a természeteshez. Az ökológiai vizsgálatok egyik célja az, hogy megvizsgálja az adott állományok természetközeliségét, és az eredmények alapján célzott természetvédelmi beavatkozásokat hajtson végre. Több állomány összehasonlítását megtehetjük úgy is, hogy összevetjük az állomány növényfajait. Ehhez használhatjuk a Jaccard-indexet is. Minél nagyobb az érték, annál hasonlóbb a két állomány.

Jaccard index = C / (A + B – C)

A = egyik állomány összesített fajszáma

B = másik állomány összesített fajszáma

C = a két állomány közös fajainak száma

A megadott fajlisták alapján számold ki a Jaccard-indexet! 1 – jelen van, 0 – nincs jelen

Fajok	1. állomány	2.állomány
Quercus cerris	1	1
Quercus petraea	1	1
Acer campestre	1	1
Acer tataricum	1	0
Crataegus monogyna	1	1
Cornus mas	1	1
Ligustrum vulgare	1	1
Rosa canina	1	0
Melica uniflora	1	1
Poa nemoralis	0	1
Festuca heterophylla	1	1
Carex montana	0	1
Carex michelii	1	1
Dactylis glomerata	0	0
Brachypodium pinnatum	0	1
Lathyrus niger	1	1
Campanula persicifolia	1	1
Digitalis grandiflora	0	0
Galium schultesii	0	1
Lathyrus vernus	0	1
Veronica officinalis	1	1
Geum urbanum	1	1

Tájékozódj!

Keress az interneten olyan ismeretterjesztő filmeket, amelyek a Kárpát-medence életközösségeit mutatják be! A filmek segítségével mélyítsd a tudásod!

Idézd fel, és alkoss!

Csoportban dolgozva készítsetek térképet, amelyen megjelölitek a Kárpát-medence jellemző társulásainak előfordulási helyeit! A növény- és állatfajok nevéből készített és összekevert színes kártyákat helyezzétek el a megfelelő társuláshoz!

Magyarország területének jelentős részén fátlan társulások alakultak ki.

Klímazonális fátlan társulás:

- löszpusztagyepek: a szántóföldi művelés miatt teljesen visszaszorultak, veszélyeztetett társulások

Fátlan társulások alapkőzet és a talajtípus alapján:

- homoki gyepek: nyílt és zárt gyeptársulásai egyaránt előfordulnak, szélsőséges klíma jellemzi
- szikesek: a talaj felső rétegeiben erős a párolgás, a felszíni rétegekben különböző ionok halmozódnak fel, így csak a sótűrő fajok számára biztosít életteret
- sziklagyepek: a középhegység csekély talajborítású területeinek társulásai; mészkő, szilikát és dolomit kőzeten jellemzőek
- lejtősztyepprétek: a nyílt sziklagyepek záródása után keletkeznek, a hegységek meleg, száraz déli lejtőin terjedtek el

Fátlan társulások a terület vízháztartása alapján:

- lebegő hínártársulások: a nyílt vizek életközösségei, leginkább a víz felszínén úszó és alámerült fajok jellemzőek
- gyökerező hínártársulások: sekély vízben gyökerező növények alkotják

Nádasok: jelentős szerepet játszanak a part felől érkező szennyező anyagok kiszűrésében, a sekély vizeket szegélyezik

- magassásosok: sekélyebb víz borítja, eltűrik a nyári, időszakos kiszáradást is, talajuk jobban szellőzik
- mocsárrétek: friss vízellátású, üde talajú, nyáron kiszáradó területeken fordulnak elő, nem képződik bennük tőzeg
- láprétek: lefolyástalan, pangóvizes területeken, az egykori láperdők helyén fordulnak elő, az elpusztuló növényzetből anaerob körülmények között tőzeg képződik
- magaskórós társulások: a hegyvidéki patakok mentén és a talajvízhez közeli felszíneken találjuk, dús növényzetű és fajgazdag társulások

Emberi tevékenység következtében kialakult fátlan társulások:

- hegyi kaszálórét: középhegységeinkben és dombvidékeinken az erdőirtások hatására jöttek létre, mint kaszálással fenntartott kezelt gyeptársulások
- vetési gyomtársulás: mezőgazdasági művelés alatt álló területeken jönnek létre
- vágási gyomtársulás: erdőirtások helyén keletkeznek, jellemzően nitrogénkedvelő gyomok alkotják
- ruderális gyomtársulás: utak mentén, taposott területek, parlagon hagyott helyeken, törmeléklerakó romtalajokon alakulnak ki

38. Összefoglalás

EMBER ÉS BIOSZFÉRA VII.

39. A bioszféra mint rendszer
40. A globális környezet állapota
41. Változó környezet – változó bioszféra
42. Következtetések, előrejelzések
43. A bioszféra védelme – fenntarthatóság

39. A bioszféra mint rendszer

1. Hogyan befolyásolja a bioszféra állapotát a Föld kozmikus környezete?
2. Mely elemek és kölcsönhatások azonosíthatók a bioszférát magában foglaló komplex környezetirendszer-modellben?
3. Melyek a globális környezeti rendszerben működő legfontosabb anyag- és energiaáramlások?

Kozmikus környezetünk

Egy rendszer működésének megértéséhez meg kell vizsgálnunk a környezetével való kapcsolatát is. Az élet kialakulását és fennmaradását bolygónk kozmikus környezete tette lehetővé. Az anyagok választéka és az életműködések energiafedezete is innen származik. A kozmikus hatások szerepet játszottak a múltban történt kihalási eseményekben is.

Csillagpor

Az univerzum leggyakoribb és egyben a legegyszerűbb eleme a hidrogén. A csillagokban egyetlen protonból álló atommagok további egyesülésével jönnek létre az egyéb elemek. A vasnál nehezebb elemek (pl. Cu, Zn, Mo, I, Se) keletkezése azonban csak rendkívüli körülmények között megy végbe. A szupernóvaként felrobbanó csillagokból szétszóródó anyagfelhők gazdagok **az élet kialakulásához szükséges elemekben** (1. ábra). Belőlük formálódnak az olyan, bolygórendszerrel rendelkező csillagok, mint a Nap.

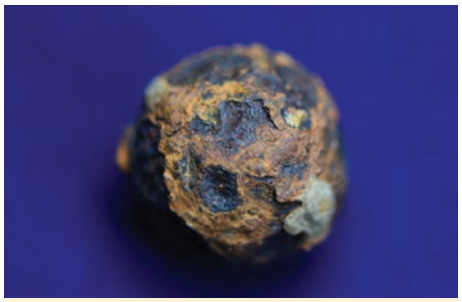
1. A Bika csillagképben található Rák-köd egy felrobbant szupernóva szétterjedő anyagfelhője

Üstökösök, meteoritok

A bolygók kialakulását követő időszak igen viharos volt Földünk életében. Több száz millió évig bombázták kisebb-nagyobb kóbor égitestek. A becsapódó üstökösök és meteoritok hatalmas mennyiségű **vizet, szén-dioxidot** és egyszerűbb **szerves anyagokat** szállítottak a Földre (2. ábra).

A becsapódások kora mintegy 3,8 milliárd évvel ezelőtt véget ért, és a kedvező környezetben szinte azonnal megjelent az élet. A továbbiakban jelentősebb mennyiségű anyag már nem érkezett a Földre, de a kozmikus por mikrometeoritok formájában ma is naponta több tonna mennyiségben hullik a felszínre (3. ábra).

2. A 2020 nyarán megfigyelt Neowise üstökös



3. Mikrometeorit-szemcse (kb. 0,3 mm)

Ritkán, de az is előfordul, hogy hatalmas méretű szikladarabok jutnak el a felszínig. A legnagyobbak hatása a bioszféra szintjén is jelentkezik, ilyen volt 65 millió évvel ezelőtt a dinoszauruszok kihalását okozó, legalább 10 km-es átmérőjű óriásmeteorit is.

Kutass! Értékelj!

Az üstökösök és aszteroidok vizsgálatával fontos információkhoz juthatunk az élet kialakulásáról. Néhány űrszonda el is jutott ezekhez az objektumokhoz, ilyen volt pl. a Giotto, a Stardust, a Deep Impact, a Rosetta, a Hayabusa, az Osiris-Rex. Keress információkat egy vagy néhány szondáról, és az alábbi szempontok alapján készíts összefoglalót a küldetésekről!

– Mikor történtek ezek a vizsgálatok?

– Mi volt a kutatási cél?

– Milyen eredményeket kaptak a kutatók?

– Segítették-e ezek a küldetések valamely hipotézis, kutatási kérdés megválaszolását?

Hold

A Föld – Hold rendszer a Naprendszerben egyedülálló. A két égitest tömegaránya nem tér el szélsőségesen (mint pl. a Mars holdjai esetében), így a Hold gravitációs vonzása jelentős erő. Az ősi óceánok part menti területein jelentkező **ár-apály,** a nedves-száraz környezet napi váltakozása szerepet játszhatott az élet kialakulásához vezető kémiai evolúcióban. A Hold mérete és Föld-közeli keringése folytán a becsapódások ellen is védelmet jelentett, ezt bizonyítja a kráterekkel borított holdfelszín is. A Hold ma is hatással van a földi élővilágra, a **28 napos holdciklus** egyfajta kozmikus órajel, amihez számos faj igazítja életciklusát (4. ábra).

4. A Föld és a Hold méretaránya (a távolságuk nem arányos a képen)

Kutass! Gondolkodj!

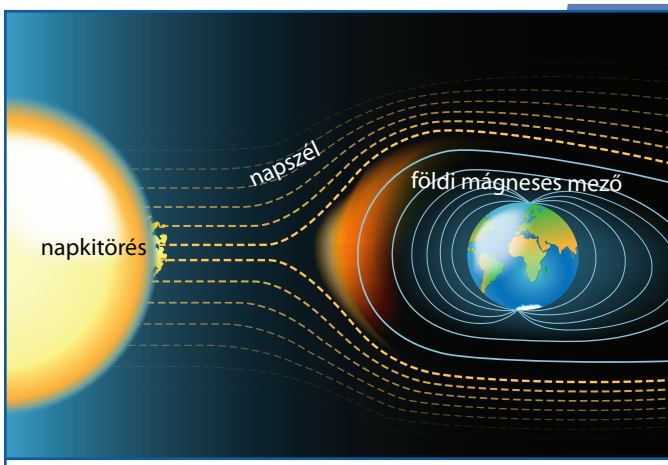
Keress információkat, és válaszolj a kérdésekre!

– Hogyan hat a Hold az állatokra?

– Hogyan változtathatja meg ezt a mesterséges fényszennyezés?

Nap

Az élet lehetőségének beteljesülését a Föld aktív szerepvállalása is segítette. A **napszél** nagy energiájú, töltött részecskéi elé bolygónk mágneses tere tart védőpajzsot (5. ábra). A bioszféra fő energiaforrása mégsem ez, hanem a Nap elektromágneses sugárzása, azon belül is az emberi szem számára is látható fény (380–720nm, valamint közvetve az infravörös hősugárzás (780 nm–1mm).

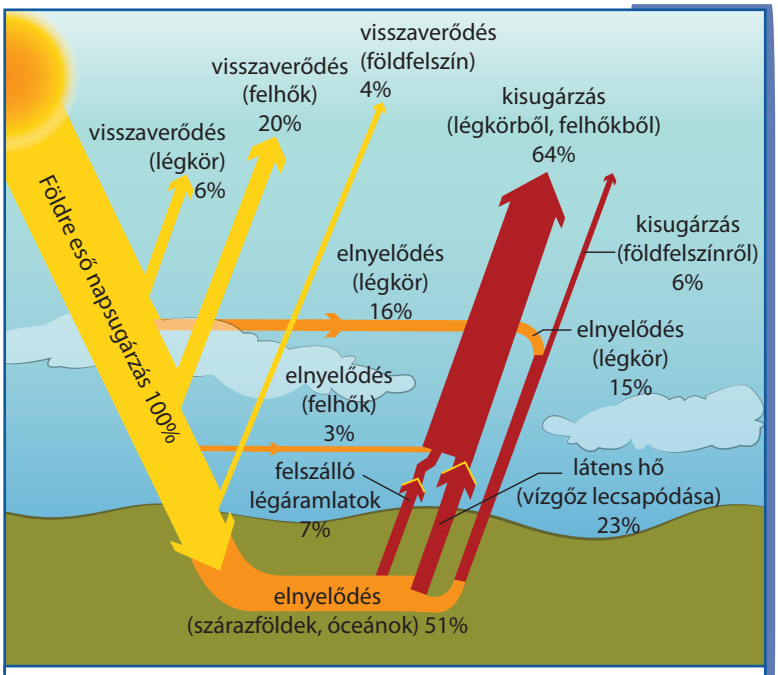


5. A Föld mágneses erőtere védőpajzsként téríti el a napszél részecskéit

Energiaátáramlás

A Föld a kozmikus eredetű energia átáramlásának következtében válhatott az élet bolygójává. A Nap bőséges energiaforrás, a fotoszintézis hatásfoka viszont alig 2-3%, de ez is elegendő a bioszféra életközösségeinek működtetéséhez. A napenergia legnagyobb része a Föld **globális hőháztartásában** oszlik el, majd szinte teljes egészében visszasugárzódik a világűrbe. A be-

és kilépő energia egyensúlya alakítja ki a Föld globális felszíni átlaghőmérsékletét, ami a 20. század végéig +14 °C volt (6. ábra). A globális éghajlatváltozás egyik következménye ennek az egyensúlynak a kibillenése. A jelenlegi folyamatok egy jövőben várható új egyensúly felé mutatnak. A bioszféra változása követi majd az éghajlat alakulását. Az emberiség számára ez a gyors és nagymértékű változás globális szintű problémát jelent. Megoldásához a megelőzés mellett az alkalmazkodásra és a károk csökkentésére is figyelmet kell fordítanunk.



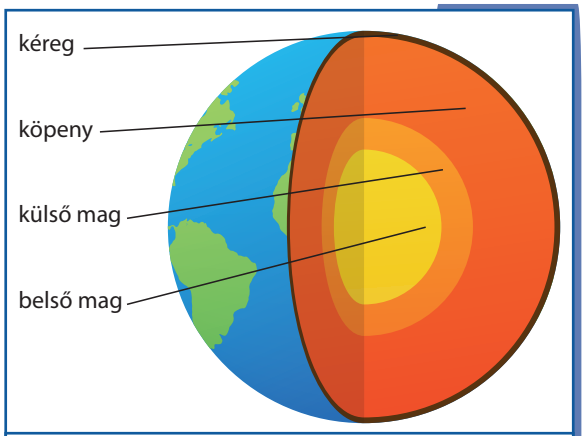
6. A Föld kozmikus energetikai kapcsolata – megoszlások a Föld környezeti rendszerében, a be- és kisugárzás mérlege

A Föld környezeti rendszere

A Föld gömbhéjas modelljében (7. ábra) az élővilág is szinte folyamatos rétegként képzelhető el. Az élet mélyen a kőzetekbe ágyazódva és a légkör több ezer méteres magasságában is jelen van. A legellenállóbb, legsokoldalúbb anyagcserét folytató baktériumok az olyan, extrém élőhelyeken is megélnek, mint a hőforrások vagy a kénsavas környezet. A gombák, a növények és az állatok benépesítik a szárazföldi és a vízi élőhelyeket. A **bioszféra** fogalma ezt a teljességet fejezi ki, egyben el is helyezi az élővilágot a Föld élettelen környezeti szféráival fennálló kapcsolatrendszerben.

A Föld belső magja mágneses mezőt gerjeszt, de időnként (átlagosan 250 ezer évenként) az északi és a déli pólus felcserélődik. A **pólusfordulás** időszakában meggyengül a mágneses védőpajzs, ennek következtében növekszik a Napból érkező részecskesugárzás erőssége. A tengeri üledékekből kimutatható, hogy a földtörténet során eddig bekövetkezett pólusfordulások az evolúciós folyamatokra is hatással voltak.

A **külső magot** körülvevő **köpeny** szilárd halmazállapotú, de a kőzetburokkal határos része képlékeny. Ez az **asztenoszféra,** amelyben a belső hő áramlási cellákat alakít ki. Felső része intenzív kapcsolatban van a Föld szilárd kérgével. Hatása a **kőzetlemezek mozgásában** és a **vulkáni működésekben** jelenik meg. Az asztenoszférába alábukó karbonátos kőzetek hatalmas mennyiségű szenet szállítanak, amelynek egy része a beolvadást követően a vulkánok szén-dioxid-kibocsátásával kerül vissza a légkörbe. Egy-egy szupervulkán (pl. az afrikai Toba-tó (8. ábra) vagy az észak-amerikai Yellowstone-kaldera) kitörését követő időszakban az éghajlat is megváltozik. A lebegő hamu árnyékoló hatása rövidebb hideg időszakot eredményez, a szén-dioxid légköri és vizekben mérhető koncentrációjának emelkedése viszont tartósabb melegedést okoz. Mindkét esetben az evolúciós folyamatok is átrendeződnek és akár tömeges kihalás is bekövetkezhet.



7. A Föld gömbhéjas szerkezete

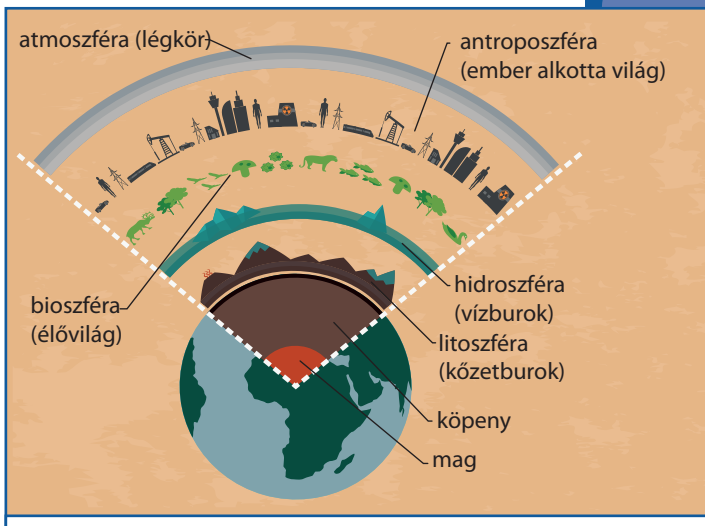
8. A Szumátra szigetén található Toba-tó a 75 ezer évvel ezelőtt kitört szupervulkán kalderájából alakult ki.

Az Atlanti-óceáni-hátság két távolodó kőzetlemez határán húzódik, több ezer kilométer hosszúságban és több kilométeres mélységben. A **hidrotermális kürtő** néven ismert forró vizes feltörések gyakoriak ezen a területen. A kutatók csak néhány évtizeddel ezelőtt fedezték fel a környezetükben virágzó életközösségeket (9. ábra). A **kemoautotróf ősbaktériumok** a szulfidokat tartalmazó vízben élnek, erre a termelői szintre sokféle fogyasztó szervezet települt. Ez a felfedezés megváltoztatta a bioszféráról kialakult képünket, és új célpontokat jelölt ki a földön kívüli élet utáni kutatás számára is.

9. Az Atlanti-hátság élővilágát felfedező Alvin tengeralattjáró a cherbourgi La Cite de La Mer múzeumban

A földkéreg, a **litoszféra** a már említett lemeztektonikai folyamatokkal befolyásolja a bioszférát. A szárazföldi kéreglemezek legfelső rétege közvetlen kölcsönhatásban van a bioszférával (10. ábra). A kémiai mállás és a biológiai folyamatok eredményezik a különféle talajtípusok kialakulását.

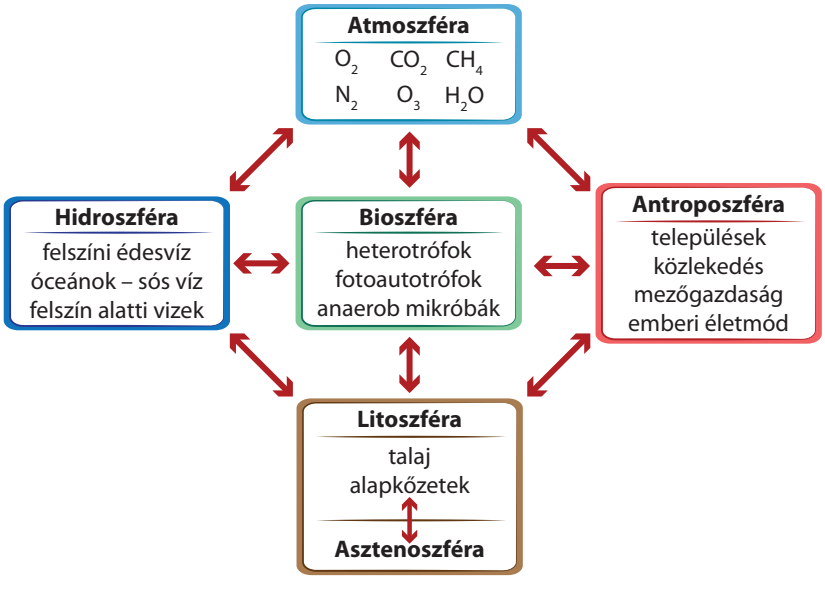
A talajban már jelen van a víz is, amely többféle úton érkezhet ide. A **hidroszféra** a Föld vízkészletét foglalja magában, ennek azonban csak 3%-a édesvíz, amely legnagyobb részben fagyott állapotú. Az élőlények így csupán a víz 0,5%-át tudják hasznosítani, de ez a mennyiség is aránytalanul oszlik el a felszínen. Az óceánok párolgása a légkörbe emeli a vízpárát, amelyből a lebegő szilárd szemcséken csapódik ki a felhőket alkotó víz. A lehulló csapadék közvetlenül vagy a talajon át jut el a növényekhez. A növényekben a fotoszintézis során felbomlik, hidrogénatomjai a szerves anyagok felépítésében vesznek részt, oxigéntartalma pedig a légkörbe kerül.



10. A bioszféra és a geoszférák kapcsolata

Az elemi állapotú oxigén nem volt mindig jelen a Földön. A mai légkör, az **atmoszféra** alsó rétegében, a **troposzférában** 21%-os arányban található. A bioszférában működő körfolyamat eredményeképpen szintje lényegében állandó. Az ősi légkörben viszont jóval több szén-dioxid volt, amit részben az óceánokban zajló kémiai folyamatok, részben a meszes vázat képző élőlények nagy tömegei vontak ki. A földtörténeti jelenkor elmúlt kb. 800 ezer évében a szén-dioxid légköri szintje sosem haladta meg a 0,03%-ot. A jégkorszakok ingadozásait is figyelembe véve ez egy klimatikusan stabilnak tekinthető időszak, amely hozzájárult a közelmúlt bioszférájának fajgazdagságához.

Napjainkban a környezeti rendszer meghatározó alrendszere az **antroposzféra.** Az emberi populáció növekedése és az életmódunk gyors változása tett minket a Föld új „szférájává". A környezeti erőforrások kiaknázása, a mesterséges környezeti rendszerek térnyerése hatással van a bioszférára is (11. ábra). A kör-

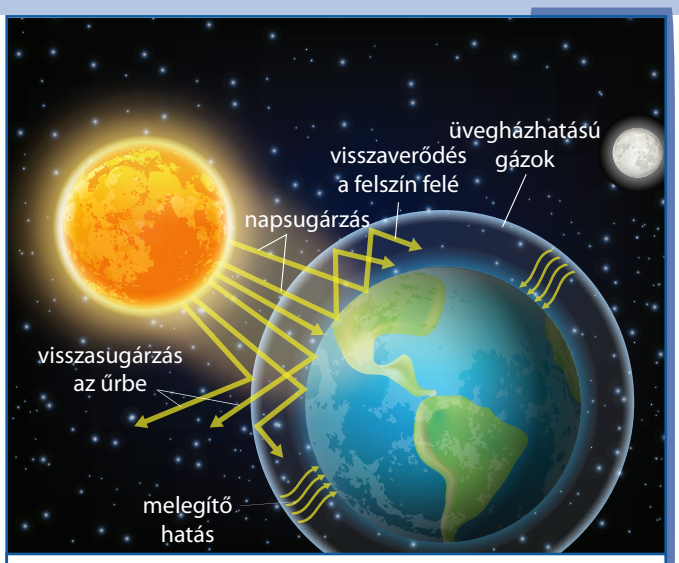


11. A bioszféra és a Föld egyéb szféráinak kapcsolatrendszere

nyezeti rendszerek állapotának átfogó elemzésével, az adatokból levont következtetések és a modellek előrejelzései alapján módosíthatjuk a saját magunk által létrehozott kedvezőtlen folyamatokat.

Globális környezeti folyamatok

A Földön uralkodó viszonyok a tengerszinthez közel 0 és 100 °C között teszik lehetővé a víz folyadék állapotát. A vízpára változó mértékben mindenhol jelen van a levegőben. Megfelelő körülmények mellett a felszálló és kicsapódó vízpára felhőket képez. Ezek a folyamatok hatással vannak a Földre érkező napenergia visszatartására. A beérkező rövidebb hullámhosszú fénysugarak a felszínről hősugárzásként verődnek vissza. A víz és az üvegházhatású gázok (szén-dioxid, metán, nitrogén-oxidok) molekulái ezeket a hosszabb hullámokat részben elnyelik, illetve visszasugározzák a felszín felé. Az **üvegházhatásként** ismert jelenség emeli a Föld felszíni átlaghőmérsékletét a jelenlegi +14 °C körüli értékre. A bioszféra a vízforgalomban játszott szerepe, a szén-dioxid termelése és elnyelése, valamint a metán múltbeli és jelenlegi felszabadítása révén aktív részese ezeknek a folyamatoknak (12. ábra).



12. Az üvegházhatás elve

Idézd fel! Keress kapcsolatot!

A légkör állapotával, áramlási rendszereivel a földrajz tantárgy foglalkozik bővebben. Idézd fel a tanultakat, és válaszolj a kérdésekre:

Foglald össze néhány mondatban a légköri áramlások és az élővilág nagy biomjai közötti összefüggést!

Idézd fel!

Korábbi tanulmányaid alapján idézd fel a vízkörforgásról meglévő tudásod!

Ismereteid és az ábra alapján válaszolj az alábbi kérdésekre!

- **Mi biztosítja a vízkörforgáshoz szükséges energiát?**
- **Hogyan képződnek a felhők?**
- **Mely csapadékformákat ismersz?**
- **Miért hullik több csapadék az Egyenlítő vidékén?**
- **Hogyan jut vissza a földfelszínre hulló csapadék az óceánokba?**

Légköri áramlások

A Földre érkező napsugárzás energiájának nemcsak a globális mennyisége, hanem az eloszlása is hatással van a környezet állapotára. A légkör nagy **áramlási rendszerei** globális léptékű anyagszállítást is végeznek, befolyásolva az ásványi anyagok és a szennyezők eloszlását.

Anyagok

Földünk az anyagok szempontjából **zárt rendszer**, anyagkészlete állandó, sem be, sem ki nem áramlik jelentősebb anyagmennyiség. A bioszféra meghatározó folyamatai az anyagok **körfolyamatokban** történő hasznosításával működnek.

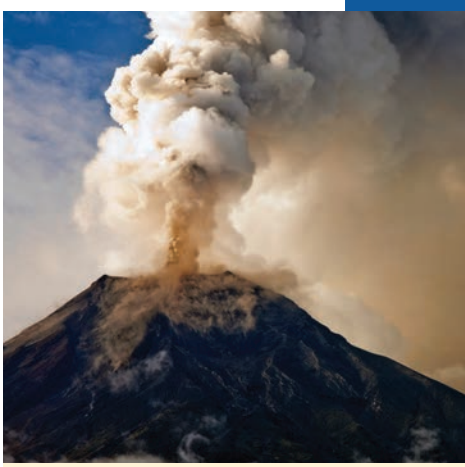
Az élővilág anyagcseréje és a környezeti rendszerek kölcsönhatásának eredményeként **biogeokémiai ciklusok** alakultak ki. Egyesekben több, másokban kevesebb a biológiai folyamatok szerepe. A kémiai elemek közül jelentős a szén (C), a hidrogén (H), a nitrogén (N), az oxigén (O), a foszfor (P) és a kén (S) biogeokémiai ciklusa. A következőkben a víz, a szén és a nitrogén körforgását mutatjuk be.

A víz körforgása

A szárazföldi növényzet, az erdőségek, füves területek fontos szerepet játszanak a víz megtartásában és a párologtatásban. Hatással vannak az éghajlatra, a hőmérsékleti és csapadékviszonyokra, de az éghajlat is visszahat a növényzet alakulására. Napjainkig a szárazföldek jéggel nem borított felszínének kb. egyharmadát vontuk be az antroposzférába mezőgazdasági, erdőművelési, ipari vagy települési és infrastrukturális felhasználásra. Az erdőborítás mértéke és minősége befolyásolja a párologtatást és a felszín hővisszaverő képességét. A jéggel borított területek kiolvadó édesvize a folyók vidékének életközösségeit tartja fenn. A folyóvizek által az óceánokba szállított ásványi anyagok a torkolatvidékeken hatalmas algamezőket táplálnak. A talaj víztartalma a növényekbe kerülve a fotoszintézis egyik alapanyagát képezi.

A szén körforgása

Az őslégkörben a mainál sokszorosan nagyobb mennyiségben fordult elő a szén-dioxid. Az óceánok vizében oldódva kémiai úton különféle **karbonátos kőzetek** keletkeztek belőle. Az élet megjelenésével a mészvázas egysejtűek és állatok is hozzájárultak a mészkőképződéshez. A szén-dioxid a **bakteriális fotoszintézis-nek** is alapanyagául szolgált, ezen az úton is jelentős mennyiségű szén került át a légkörből a bioszférába. Az elnyeléssel ellentétes szén-dioxid-termelő folyamat a **lebontó anyagcsere** (az erjedés és a légzés), amely közvetlen visszacsatolást jelent a légkör felé. A szén-dioxid visszaforgatását a Föld lemeztektonikai folyamatai is előidézik. Az óceáni és szárazföldi kéreglemezek ütközése során az alábukó és felolvadó karbonátos ásványokból felszabaduló gázok a vulkáni kürtőkön jutnak a légkörbe (13. ábra).

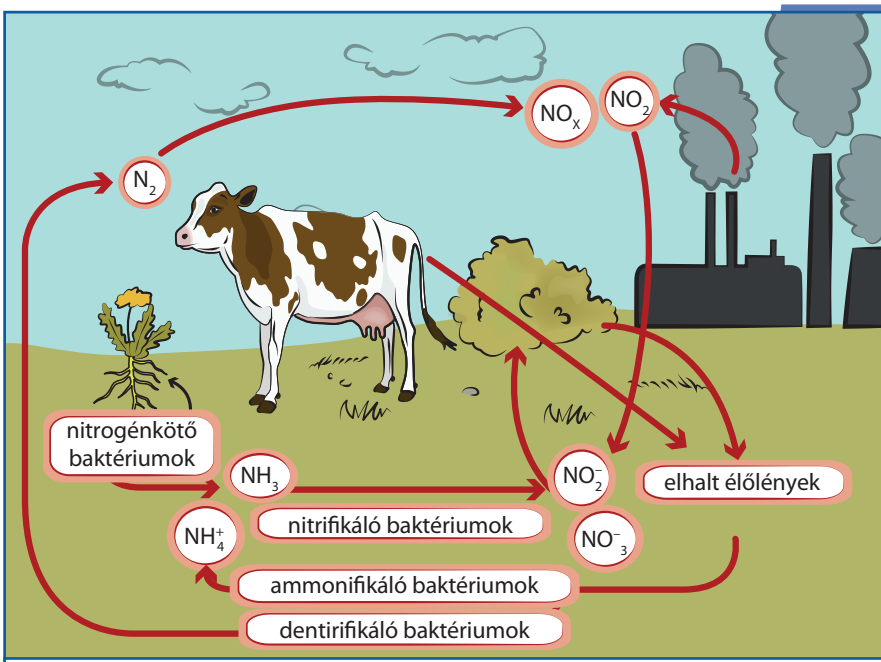


13. Az ecuadori Tungurahua egy ma is aktív rétegvulkán

A nagyobb kitörések után vagy a tektonikusan aktívabb földtörténeti időszakokban megemelkedett a légkör szén-dioxid-szintje, ezzel együtt az éghajlat melegebbre fordult. Mindez hatással volt az élővilág evolúciós folyamataira is. Az ipari forradalom óta az antroposzféra is fontos szereplőjévé vált a globális szénkörforgalomnak. A **fosszilis tüzelőanyagok** elégetése közvetlenül növeli a szén-dioxid-szintet, míg az **erdőirtás** közvetett módon, a szénraktározás csökkenése révén járul hozzá ehhez.

A nitrogén körforgása

A Föld nitrogénkészletének túlnyomó része az alsó légkörben található. A levegő 78%-át kitevő **N_2-molekulák** rendkívül stabilak, a molekulát összetartó többszörös kötést csak bizonyos mikrobák enzimrendszerei képesek felbontani. Ezek a **cianobaktériumok**, valamint a talajban és a vizekben előforduló **nitrogénkötő baktériumok**. A pillangósvirágú növények gyökérgümőiben is ilyen baktériumok élnek a gazdanövénnyel szimbiózisban. A nitrogén megkötése során is **ammóniumionok** (NH_4^+) keletkeznek, ennek csak kisebb részét képesek a növények



14. A nitrogén körforgása

felvenni. A talajban a holt szerves anyagok nitrogéntartalma **ammónia** (NH_3) formában szabadul fel (ammonifikáció). Ezeket a redukált állapotú nitrogénvegyületeket a talaj aerob zónájában élő **nitrifikáló baktériumok** alakítják át **nitrit-** (NO_2^-) és **nitrát-** (NO_3^-) ionokká. A növények a nitrátionokat veszik fel, és a felépítő anyagcseréjükben összetett szerves anyagokká alakíthatják. A nitrogén a táplálékláncban jut tovább az állatok szervezetébe, onnan az ürülékkel a vizek és a talaj befogadó rendszereibe kerül. A nitrátionokból a talaj anaerob zónájában élő **denitrifikáló baktériumok** redukáltabb N_2- és N_2O-gázt állítanak elő, amely visszajut a légkörbe (14–15. ábra. ábra).

Az ember szerepe ebben a körfolyamatban ma már nem korlátozódik a biológiai működésünkre. Az ammóniaszintézis eljárása ipari méretekben teszi lehetővé a levegő nitrogéntartalmának ammóniává alakítását. Az **ammónium-nitrát műtrágyák** (NH_4NO_3) a mezőgazdaság zöld forradalmához is hozzájárultak.

15. Talajbaktériumok tenyészete Petri-csészében (Nutrient-agar táptalaj) rétegvulkán

A Gaia-elmélet

Gaia a Föld istennője a görög mitológiában. A nevét viselő elméletet James Lovelock alkotta meg a 20. század második felében. Más tudósokkal együtt arra a kérdésre kereste a választ: mi teszi lehetővé, hogy egy idegen bolygón lévő életet észrevehessünk? Az elmélet alapját az oxigén (és a kisebb mennyiségű metán) légköri arányának stabilitása adta, amely az élővilág közreműködésével folyamatosan megújul. A bioszféra egyéb környezeti jellemzői is dinamikusan változó stabilitást mutatnak, és ezt az egyensúlyt az élővilág tartja fenn. Ha a légkör összetétele, hőmérséklete valamilyen zavaró hatás következtében módosul, az élőlények növekedésük és anyagcseréjük megváltoztatásával reagálnak rá. A biológiai válaszreakciók eredményeként az élet fennmaradásához és további fejlődéséhez szükséges állapotok helyreállnak. A bioszféra tehát, akárcsak egyetlen hatalmas élő szervezet, önszabályozásra képes, úgy is mondhatjuk, hogy homeosztázisa van. Az élővilágnak ezt az egyensúlyt fenntartó egységét nevezte el Lovelock Gaiának. A kutatásokból azóta kirajzolódó kép részben igazolta Lovelock elméletét, de az éghajlati modellek növekvő bonyolultsága árnyalja is a képet.

A Föld kozmikus környezete összetett módon befolyásolja a földi életet. A hatások között a Naprendszert kialakító anyagfelhő összetétele, a napsugárzás, a napszél, valamint a kisebb égitestek (üstökösök, meteoritok, aszteroidok) becsapódása említhető.

- **A Föld környezeti rendszere a bolygó gömbhéjas szerkezete szerinti szférák (litoszféra, hidroszféra, atmoszféra) mellett ma már az ember alkotta világot (antroposzféra) is magában foglalja.**
- **A környezeti rendszer bioszférát érintő folyamataiban az energia átáramlása és az anyagok körforgalma megy végbe.**
- **A biogeokémiai ciklusokban az élőlények részvételével történik a szén, a nitrogén és egyéb anyagok körforgalma.**
- **A Föld jelenlegi átlaghőmérsékletének kialakításában az üvegházhatásnak alapvető szerepe van.**
- **A Föld környezeti rendszere bizonyos határokon belül önszabályozó, a zavaró hatásokra a stabilitást segítő válaszokat képes adni.**
- **A Gaia-elmélet szerint a bioszféra komplex rendszerként, dinamikus módon járul hozzá a Föld élhető környezeti állapotának fenntartásához.**

39. Összefoglalás

40. A globális környezet állapota

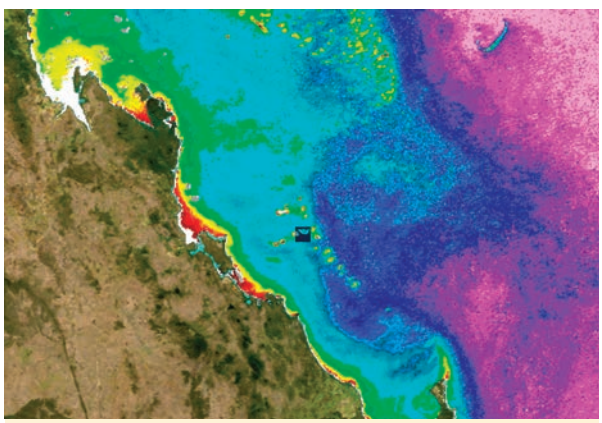
1. Miért van szükség a természeti környezet globális szintű vizsgálatára?
2. Mely jellemzők megfigyelése és mérése adhat információt a környezeti rendszer állapotáról?
3. Mely eszközök és módszerek alkalmasak a globális szintű vizsgálatokra?

Az adatok jelentősége

A 20. század második felében a termelés és fogyasztás növekedése, a népességrobbanás és a háborús konfliktusok egyre erősebb nyomást helyeztek a környezeti rendszerekre. A folyamatok fenntarthatóságát több tudós is kétségbe vonta, de ezt a véleményt valahogyan bizonyítani is kellett. Ezért a tudósok **számítógépes modelleket** állítottak fel, amelyeket az akkor elérhető adatok alapján programoztak be. Az eredményeket *A növekedés határai* címmel tették közzé (Római Klub, 1972).

Mit mérjünk?

A környezeti folyamatok soktényezős jellege miatt az együttes hatások megértése kihívást jelent a kutatók számára. A tudomány és technológia fejlődésével ezért a modellek is egyre több **környezeti elem adatait** veszik figyelembe. Egyes mennyiségeket, mint például a hőmérséklet vagy a légköri gázok koncentrációja, közvetlenül is mérhetünk. Más jellemzőkre könnyebben következtethetünk valamilyen egyéb mennyiség mérésével, ilyen például a talaj sótartalmát jelző elektromos vezetőképesség. A **biológiai típusú adatok** között is vannak közvetlenül mérhetők, mint például egy populáció egyedeinek testméret- és testtömegadatai. Más esetben például a vízben lévő klorofill mennyiségének spektroszkópos mérése alapján következtetünk az algák szaporodásának mértékére (1. ábra).



1. Klorofilltartalom a Nagy-korallzátony partjainál (lila: alacsony, kék: közepes, piros: magas)

Hol mérjünk?

A bioszféraszintű környezeti vizsgálatok gyakran összegző jellegűek, a **helyi adatok sokaságának** feldolgozásából vonnak le globális szintű következtetéseket. Ezek általában statisztikai jellegűek, azaz gyakoriságokat, valószínűségeket állapítanak meg. Fontos az eltérő eredetű adatok megbízhatósága is, amit a mérési módszerek és mértékegységek szabványosításával, az adatok szűrésével lehet javítani. Egy nagyobb területre kiterjedő, rendszeresen elvégzett és azonos módszerrel működő **méréssorozat** alkalmas lehet a globális folyamatok követésére. A helyi adatok nemzetközi kutatási programok keretében összegezhetők, így képet alkothatunk például az erdőállomány globális állapotáról.

Műholdas mérések, távérzékelés

A Föld körül keringő műholdak a katonai és kommunikációs célokon túl a környezeti rendszerek megfigyelésében is hasznosak. Előnyük a „globális látásmód", ami a világűrből tárul a műszerek elé (2. ábra). A műholdas megfigyelőeszközök eddig nem vagy nehezen mérhető jellemzőkre is ráirányították a figyelmet (pl. a magaslégköri ózonkoncentráció, az erdőtüzek vagy a sarkvidéki jégmezők kiterjedésében történő változások).

2. Meteorológiai műhold felkészítése a kilövésre

Adatfeldolgozás és -megjelenítés

A napjainkban keletkező hatalmas mennyiségű adat, a „**big data**" korszak új eszközöket ad az ökológiai hálózatok vizsgálatához is (pl. statisztikai elemzések, hálózattudományi kutatások). A tudományosan bizonyított tények közlésén túl szükség van a döntéshozók meggyőzésére, a közvélemény támogatásának megszerzésére is. A bioszféra változásának bemutatása természetfilmek mellett az adatok látványos bemutatásával, **vizualizációjával** is történhet. A térképek, fotók, adatbázisok és szimulációk az interneten elérhetők, felkínálva a hiteles tájékozódás lehetőségét.

A globális környezeti állapotjelzők mérése

Szén-dioxid

A légköri szén-dioxid hosszabb időtávú mérése a hawaii Mauna Loa hegy csúcsán kezdődött az 1950-es években. A mérések 2000-ig folytatódtak, és több évtizedet átfogó adatsorokat eredményeztek.

A távolabbi múlt környezeti állapotának megismeréséhez a tudósok a Grönland felszínét borító **jégtakaróból** vettek mintákat. A lerakódó hó jéggé kristályosodása során magába zárta az adott időszak levegőbuborékait. A rétegek kora is megállapítható: a legrégebbi minták 110 ezer évvel ezelőttről származtak. Később az Antarktiszon végzett fúrásokkal a 750 ezer évvel ezelőtti levegő összetételét is megmérték a kutatók (3. ábra).

A szén-dioxid globális szintű elemzésében magyarországi mérőállomások is részt vettek. A **felszíni mérések** mellett **magas mérőtornyos** koncentrációprofil-vizsgálatok és **repülőgépes mérések** is folytak.

3. Antarktiszi jégminták

A szén-dioxid bizonyos mértékig oldódik a vízben, amelynek kémhatását enyhén savassá változtatja. A nagyobb légköri szén-dioxid-szint ezt a hatást erősítheti, a felmelegedés viszont ellene hat. A kutatók vizsgálják az óceánok vizének **savasodását,** amely hatással lehet a korallzátonyok életközösségeire (4. ábra). A világtengereken működő automatizált mérőhálózat és kutatóhajók is folyamatosan szolgáltatnak adatokat a kémhatás és a vízhőmérséklet alakulásáról.

4. Egy korallzátony élővilágát vizsgáló búvár

Metán

A metán globális légköri átlagmérése mellett a kibocsátó források vizsgálata is fontos. Ilyenek lehetnek a **mocsaras élőhelyek** (5. ábra), a **rizsföldek,** a felolvadó **fagyott (permafroszt) talajok** vagy az **óceáni metánhidrátok**. A helyi mérőállomások mellett a nemzetközi mérőhálózatok is végeznek üvegházgáz-elemzéseket.

5. Metángáz-kibocsátás mérése Ausztrália egyik mocsárvidékén

Aeroszolok

A légkörben lebegő **szilárd részecskék** vagy **folyadékcseppek** is lehetnek. Ezek a méretüktől függően több-kevesebb ideig tartózkodnak a levegőben. A szélrendszerek nagy távolságra is elszállíthatják ezeket az aeroszolokat, így hatásuk befolyásolja a globális környezeti rendszereket (6. ábra). A vulkánkitörésekből származó **hamu** árnyékoló hatása tartós lehűlést okozhat. A **szaharai por** áramlása ásványi anyagokat szállít Afrika és Amerika között. A folyamatot a világűrből is megfigyelik, ilyen pl. a NASA és a francia űrügynökség CALIPSO műholdja.

6. A szaharai por kontinensek közötti áramlási rendszere

Értelmezd!

A Calipso műhold egyik műszere a felhőzet és a légköri aeroszol mérését végző lidar.

- **Keress információkat a lidar működési elvéről és alkalmazási lehetőségeiről!**
- **Foglald össze néhány mondatban, amit megtudtál!**
- **Keress további tematikus térképeket a témával kapcsolatban a NASA honlapjának a Földdel foglalkozó oldalain!**

Vegyi anyagok

A levegő, a talaj és a vizek természetes állapotukban sokféle elemet és vegyületet tartalmaznak. Ma már számos további összetevő is kimutatható, amelyek az emberi tevékenység következtében tervezetten vagy véletlenül kerültek a környezetünkbe. A kibocsátott anyagok nem mindegyike veszélyes közvetlenül, de a **hosszú távú és összegződő hatásaikról** nem rendelkezünk még elegendő adattal.

Egyes vegyi anyagok a környezeti rendszer állapotát befolyásolják (pl. az ózonbontó gázok), mások az emberi egészséget károsítják (pl. felszínközeli ózon, dioxin). A szennyező anyagokról az érzékeny mérési technológiákkal (pl. gáz- és folyadékkromatográfia) megbízható adatokhoz juthatunk (7. ábra).

7. Nagynyomású folyadékkromatográfiás (HPLC) elemzés egy laboratóriumban

Óceánok

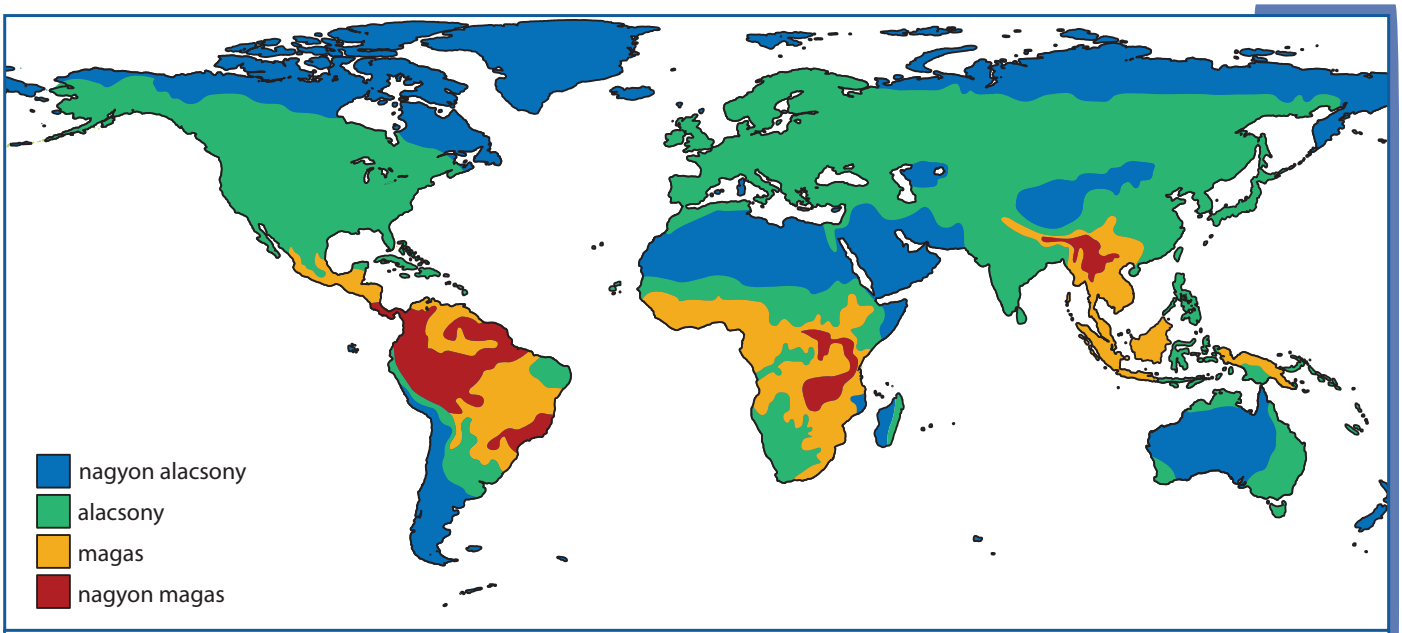
Az óceánok átlagos vízszintjét a hullámzó felszín miatt látszólag lehetetlen pontosan mérni, de a műholdak ebben is segíthetnek. A Copernicus Sentinel–6 szondát az Európai Unió Föld-megfigyelési programjának keretében bocsátották fel 2020 novemberében. Mikrohullámok segítségével tapogatja le a világóceánok felszínét. Az adatokból következtetni lehet a **vízszint** változására, ami érzékenyen érinti a part menti **életközösségeket** és a korallzátonyok élővilágát is (8. ábra).

8. A Föld körül keringő, távérzékelést végző műhold

Élővilág

A Föld élővilágának globális szintű vizsgálata olyan változásokat jelezhet, amelyek a részleteket vizsgáló kutatók előtt rejtve maradnak. Az egyik lehetőség a **terepen szerzett adatok** számítógépes feldolgozása és megjelenítése. Ezzel a módszerrel olyan **tematikus térképek** szerkeszthetők, amelyek valamilyen globális problémára fókuszálnak, annak valamelyik tényezőjét mutatják be. Ha például a biodiverzitás állapotát akarjuk nyomon követni, akkor egy-egy élőlénycsoport fajszáma színezéssel látványosan megjeleníthető (9. ábra).

A kutatásokhoz felhasznált információk nagyságrendjét jelzi, hogy egy nemzetközi vizsgálat során a részt vevő 5000 tudós 21 000 helyszínen, 39 000 fajjal kapcsolatosan 2,5 millió adatfelvételt végzett.



9. A gerinces fajok számának területi eloszlása

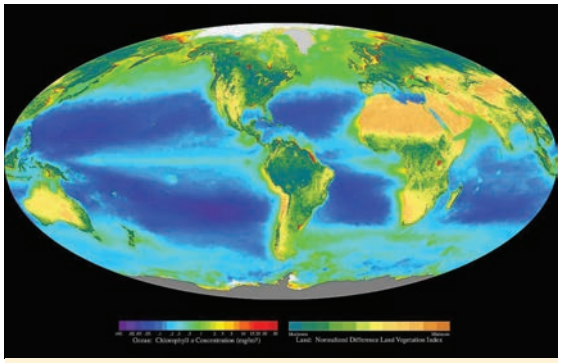
A bioszféra megfigyelésébe a Nemzetközi Űrállomás (ISS) is bekapcsolódott (10. ábra). A kutatók egy vizsgálat során globális szinten mérik a növényzet hőmérsékletét. Az adatok alapján következtetni lehet a természetes növényzet és a mezőgazdasági kultúrák vízellátására, az öntözési szükségletekre.

Egy másik berendezés lézersugarak segítségével vizsgálja a trópusi és mérsékelt övi erdők térbeli szerkezetét.

A NASA 1998 és 2010 között műholdas **távérzékelés** segítségével követte nyomon a növényvilág állapotát. Mérték a klorofill-a mennyiségét az óceánokban, ami arányos a fotoszintetizáló algák mennyiségével. Az adatok alapján következtetni lehet a bioszféra legjelentősebb szén-dioxid-elnyelő és szervesanyag-termelő folyamatainak alakulására.

A távérzékelés technológiái új típusú környezeti állapotjelzők mérését is lehetővé teszik. Ilyen a napsugárzás által a klorofillmolekulákban kiváltott fluoreszcencia. Egy távközlési műholdon elhelyezett (GeoCarb) rendszer adatai alapján globális skálán lehet következtetni a földi növényzet állapotára (11. ábra).

10. Kilátás a Földre a Nemzetközi Űrállomás megfigyelőablakából



11. A földi növényvilág fotoszintézis-aktivitása (az óceánokban a legalacsonyabb a kék, legmagasabb a zöldessárga színnel jelzett területek algakoncentrációja – NASA, SeaWiFS projekt)

Kutass!

Keress az interneten a biodiverzitást térképeken ábrázoló honlapokatZ (ajánlott: biodiversity.org).

A képi és szöveges információk alapján készíts összefoglalót az alábbi szempontok szerint:

- **Milyen élőlénycsoportokat ábrázolnak a térképek?**
- **Mely adatok alapján készülnek ezek a térképek?**
- **Van-e utalás a felhasznált adatok forrására?**
- **Mely időpontok vagy időszakok állapotát ábrázolják a térképek?**

- **A környezeti rendszer állapotáról a különféle állapotjelzők (átlaghőmérséklet, légkör-összetétel, sugárzások, életközösségek stb.) megfigyelésével, mérésével szerezhetünk adatokat.**
- **A globális rendszerek vizsgálatát hatékonyan segítik a műholdas távérzékelési technológiák.**
- **A bioszféra állapotára a tudományos közösség által végzett terepi (helyszíni) vizsgálatok elemzésével, összegzésével is következtethetünk.**
- **A fontosabb állapotjelzők között hőmérsékleti adatok (szárazföld, óceánok), üvegházhatású gázok koncentrációi (pl. szén-dioxid, metán), aeroszolok (pl. szulfátok, sivatagi por), vegyi anyagok, fotoszintézis-aktivitás, területhasználat szerepelnek.**
- **A környezet változása a tudomány által gyűjtött adatok, bizonyítékok alapján vizsgálható.**
- **A környezeti folyamatok kutatása társadalmi költség, amely a kedvezőtlen változások elkerülésével, csökkentésével megtérülő beruházás lehet.**

40. Összefoglalás

41. Változó környezet – változó bioszféra

1. Melyek az adatok alapján bizonyított, a globális környezeti rendszer állapotában a legutóbbi évtizedekben bekövetkezett változások?
2. Hogyan függenek össze az emberi tevékenység egyes területei a bioszféra változásaival?

Adatok alapján bizonyított változások

Egy adott rendszer vagy környezeti elem térben és/vagy időben eltérő állapotainak összehasonlításával feltárhatjuk a bekövetkezett **változásokat.** Az egymással összefüggő változások **folyamatokat** alakítanak ki. A mérések időskáláját hozzá kell igazítani a vizsgált folyamat dinamikájához.

A szén-dioxid-koncentráció növekedése

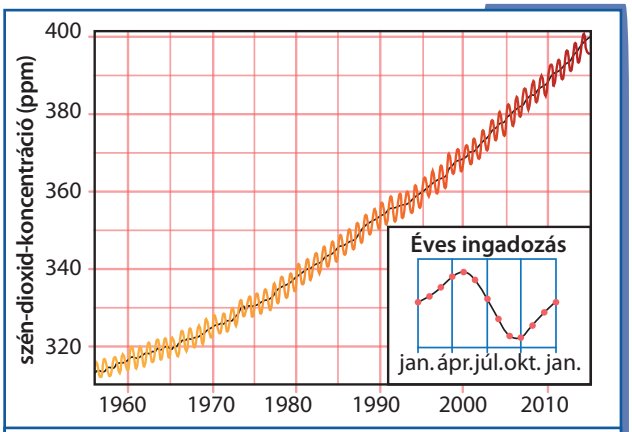
A mérési adatok alapján felrajzolt grafikon a légköri szén-dioxid-szint egyértelmű és gyorsuló növekedését mutatta. Ennek a folyamatnak a felismerése a 20. század végének egyik szemléletformáló felismerése volt (1. ábra).

A globális felszíni átlaghőmérséklet növekedése

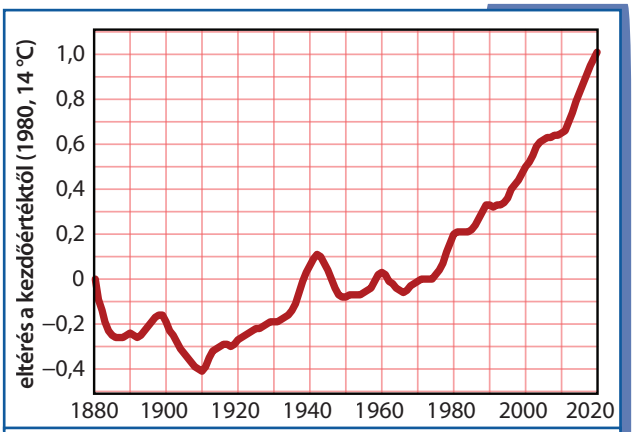
A földfelszíni meteorológiai mérőhálózat a 19. századtól kezdett kiépülni. Az levegő-hőmérséklet mérési adatai alapján a kutatók meg tudták szerkeszteni a globális felszíni átlag napjainkig bekövetkezett változását. A jól látható hőmérséklet-emelkedés alapján írták le a globális felmelegedés (global warming) jelenségét (2. ábra). Később a félreértelmezhető kifejezést felváltotta a pontosabb **globális éghajlatváltozás** (climate change) elnevezés.

Alkoss véleményt! Vitázz!

A fejlődő országok kibocsátása intenzíven növekszik. A korlátozásokat arra hivatkozva utasítják el, hogy a fejlett országok a korábbi kibocsátásuk árán váltak fejletté, ezért most a szegényebbeknek is jár pár évtizednyi szennyezés. Igazuk van? Mi lehetne a megoldás? Vitassátok meg egymás ötleteit minél több szempont figyelembe vételével!



1. A szén-dioxid légköri koncentrációjának alakulása (1955–2015)



2. A Föld légkörének hőmérséklet-változása

A szárazföldi és tengeri jégborítás csökkenése

A környezeti rendszer egyik legérzékenyebb eleme a **krioszféra.** Ez a sarkvidékek szárazföldi és tengeri jégtakaróját, valamint a gleccsereket foglalja magában. Kiterjedésének és vastagságának csökkenését felszíni és műholdas vizsgálatokkal is nyomon követik (3. ábra).

A világ népességének növekedése

A Földön egy időben élő emberek együttes száma a globális népesség. Ennek alakulásáról kevés történeti adat áll rendelkezésre, de a becslések nagyságrendileg helyesek (4. ábra). A közelebbi múltból és a Föld fejlettebb régióiból népességszámlálási adatok is vannak.

A globális emberi populáció növekedése az ipari forradalom kezdetén felgyorsult. A 20. század második felétől már **népességrobbanásról** beszélhetünk. A kontinensek szerinti megoszlásban előbb Ázsia, később Afrika vált jelentős tényezővé (5. ábra).

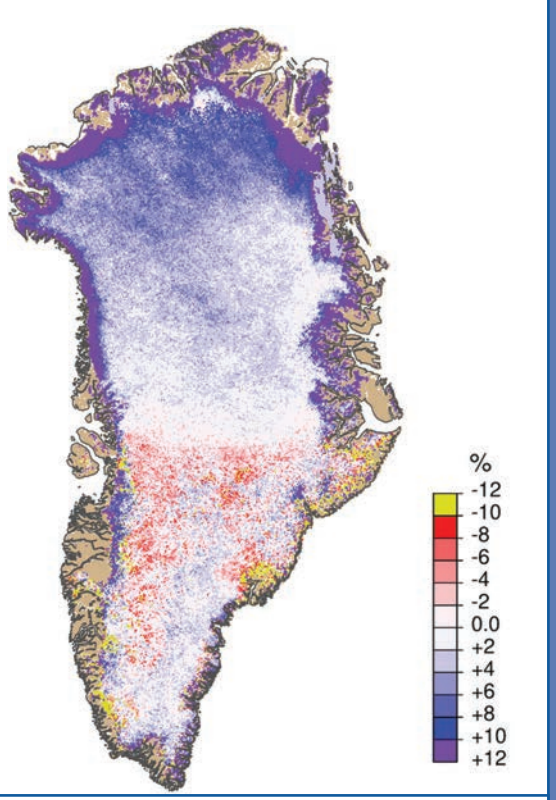
Értékelj!

Keress az interneten a globális populáció nagyságát valós időben mutató oldalt (ajánlat: worldometers.info)! Az adatok alapján válaszolj a kérdésekre!

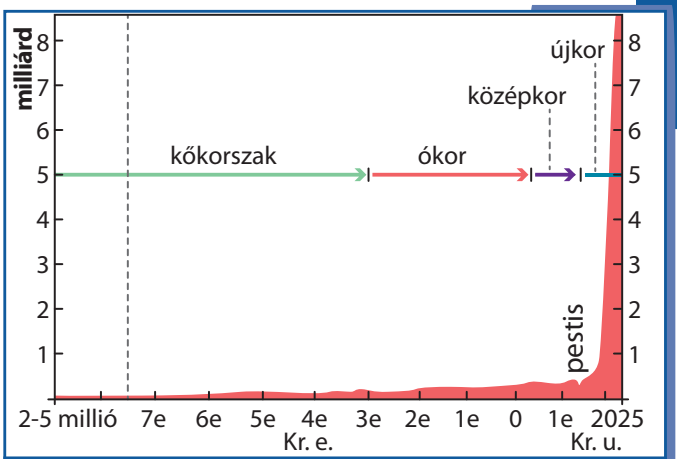
- **Átlagosan mennyi idő kell a népesség 10 fővel történő növekedéséhez?**
- **Mennyivel nőtt az adott napon a világ népessége?**
- **Honnan származhatnak a szimuláció adatai?**

A területhasználat változása

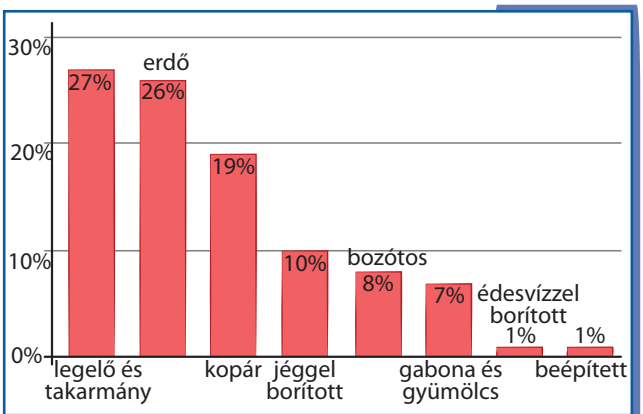
A szárazföldek felszíne véges természeti erőforrás. Az ember megjelenése előtt a természetes életközösségek uralták a tájakat. Ma a különféle gazdálkodási módok teszik majdnem ugyanezt (6. ábra).



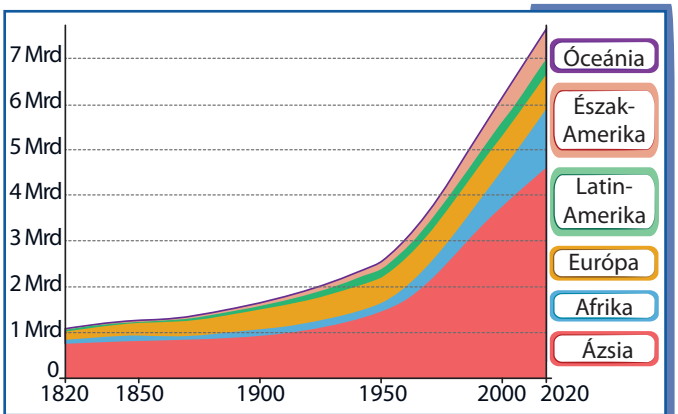
3. Grönland fényvisszaverő képessége 2020-ban a 2000–2009 közötti átlaghoz viszonyítva



4. A világ népességszámának alakulása az őskortól napjainkig

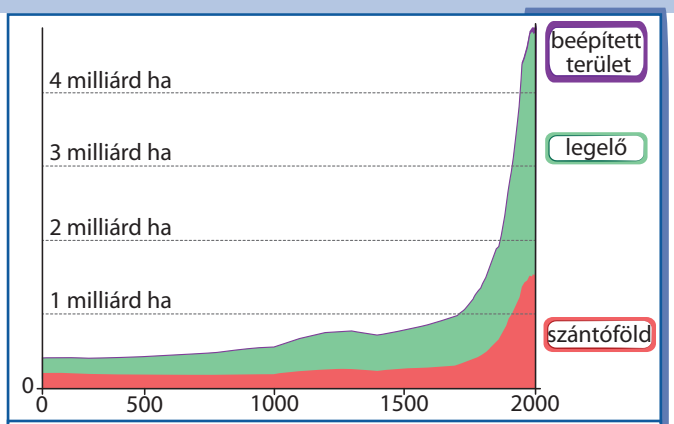


6. A területhasználat megoszlása a Föld szárazföldi felszínén



5. A világnépesség növekedése az ipari forradalom kezdetétől napjainkig, kontinensekre lebontva

Ha az utóbbi 2000 évben a területhasználatban történt változást vizsgáljuk, akkor a 18. századtól egyre gyorsuló ütemben növekszik a mezőgazdasági területek nagysága. Ezen belül arányaiban a legeltetés, takarmánytermelés nőtt a legjobban (7. ábra).



7. A szárazföld hasznosítása az elmúlt kétezer évben

Erdőtüzek

Az öngyulladás vagy villámlás hatására kialakuló erdőtüzek a Föld trópusi és mediterrán vidékein természetes jelenségnek számítanak. Bizonyos életközösségek (pl. az ausztráliai eukaliptuszerdők) megújulásában is szerepük van, egyebek mellett hozzájárulnak a ritkább, kevésbé versenyképes növény- és állatfajok fennmaradásához.

Az éghajlatváltozás olyan területeken is növeli az erdő- és bozóttüzek valószínűségét, ahol korábban csak ritkán fordultak elő. Az elmúlt években **Szibériában** a nyári hőhullámok több tíz millió hektár erdő leégését okozták. Az erdőtüzek gyakoribbá és hevesebbé válása figyelhető meg Ausztráliában, **Kaliforniában** vagy az **Amazonas** vidékén is.

A növényzet által korábban megkötött szén-dioxid az égés során jóval gyorsabban visszakerül a szénkörforgásba, mint ha az erdő természetes lebomlási folyamatai során szabadulna fel. A tüzeket követően az erdő biomasszájának mennyisége tartósan lecsökken, ami a **szén tárolását is csökkenti**. Mindkét folyamat erősíti a globális éghajlatváltozást. Az égés során mérgező gázok, **korom és pernye** is képződik, amely a légkörben nagy magasságban terül szét, az erdőségektől távolabbi városokban is egészségtelenné téve a levegőt (8. ábra). A tűzesetek gyakoriságának és erősségének változása az állatfajokat is fenyegeti, a veszélyeztetettek között van például az indonéziai orangután vagy az ausztráliai koala.

Gondolkodj!

Legnagyobb arányban az állattenyésztés és takarmánytermelés veszi igénybe a földterületeket.

- **Hogyan lehetne csökkenteni ezt az arányt?**
- **Milyen mértékben tekinthető természetközeli életközösségnek egy legeltetett gyepterület?**
- **Mely ökológiai folyamatokat akadályozhatja a legeltetés?**
- **Hol találhatók a legnagyobb legeltetett területek, mely természetes életközösségek rovására terjeszkedtek?**

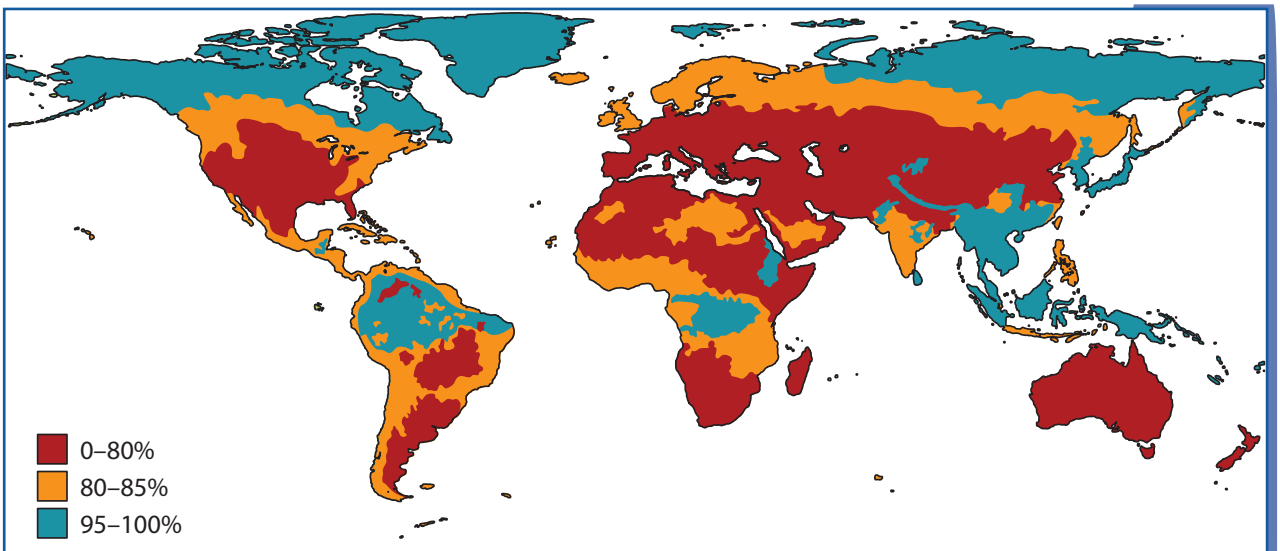
8. Az ausztráliai erdőtüzek füstjének terjedése a magaslégkörben

A biológiai sokféleség csökkenése

Globális szinten meghatározó folyamat a fajok tömeges kihalása, a biodiverzitás gyors csökkenése. Ennek a globális problémának a további tüneteit más (2020-as) adatok is jelzik:

- A Föld ipari forradalom előtti erdőségeinek ma már csak 70%-a található meg.
- Közel egymillió faj áll a kihalás szélén.
- Nagy területekről szinte teljesen eltűntek a beporzást végző rovarok.
- A vadon élő emlősök biomasszája 80%-kal csökkent.
- 1970 és 2014 között az emlősök, madarak, halak, kétéltűek és hüllők populációinak száma átlagosan 60%-kal csökkent.
- Az elmúlt 30 évben a sekély tengeri korallok 50%-a elpusztult.
- Az utóbbi 50 évben az Amazonas-térség esőerdeinek 20%-át kiirtották.

A biodiverzitás csökkenése a gyepes területeket, szavannákat és cserjéseket érinti a leginkább, de az erdők és fás térségek szorosan követik őket (9. ábra). A csapadékváltozás, illetve a hó és jég olvadása befolyásolja a vízkészletek mennyiségét és minőségét is. Mindezek következtében megváltozott számos szárazföldi, édes- és tengervízi faj **elterjedési területe**, évszakos tevékenysége, **vándorlási szokása, populációsűrűsége** és más fajokkal való kapcsolatrendszere.



9. Az adott terület háborítatlan életközösségéhez viszonyított biodiverzitása 2020-ban

Technológia és környezet

Az emberi tevékenység hatása ma már a bioszféra meghatározó alakító tényezője. Korszakhatárhoz érkeztünk, a legújabb földtani kort, a holocént követően elérkeztünk az ember által uralt Föld, az **antropocén** idejébe.

Anyagok

Az írott történelem előtti elődeink az élelmen kívül az akkori bioszféra egyéb anyagait is hasznosították, annyit elvéve, amennyire az akkori életmódjukhoz szükségük volt. A **réz** és az **ón,** később a **vas** érceinek bányászata és kereskedelme ókori civilizációkat emelt fel. A növekvő települések körül a **fakitermelés** is beindult. Az építkezések, a mészégetés, a hamuzsírkészítés, a hajóépítés szükségletei miatt egész erdők tűntek el. A fémek és a fa hasznosításának technológiái azóta sokat fejlődtek. Az érceket olyan külszíni bányákban termelik ki, amelyek óriási **tájsebeket** okoznak, és az úthálózatukkal feldarabolják a környező élőhelyeket (10. ábra).

Az ipari forradalom az anyagok feldolgozását is új szintre emelte. A gőzgépek működtetéséhez szükséges kőszén elégetése savas gázokkal és porral szennyezte a környezetet.

A 20. század meghatározó nyersanyaga a **kőolaj** volt. A finomítókból kikerülő vegyi anyagok részben a gépkocsik **üzemanyagai,** részben az alattuk kígyózó aszfaltutakba épülnek be, de a **műanyagok** előállításához is nélkülözhetetlenek (11. ábra).

10. Egy külszíni bánya óriási mesterséges krátere

11. Kőolaj-finomító üzem

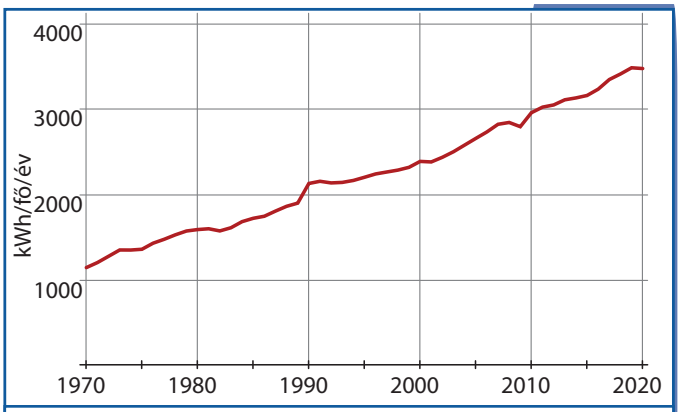
A fakitermelés mai mértéke és módja egész ökoszisztémákat tehet tönkre. Nemcsak a **tarvágás,** hanem a mélyebb erdőségekbe vezető **úthálózat** is az élőhelyek, feldarabolódását, pusztulását okozhatja (12. ábra).

12. Fakitermelés Borneó Indonéziához tartozó részén

Energia

A városok éjszakai világítása a világűrből nézve jól szemlélteti, hogyan hálózza be a Földet az emberiség (13. ábra). A 20. század elején még csak néhány nagyvárosban jelent meg az elektromos közvilágítás, elterjedésére a váltakozó áramú hálózatok kiépüléséig várni kellett. Ez az energiaforma hamar népszerű lett, de a forrását is meg kellett találni (14. ábra). Ezt legnagyobbrészt széntüzelésű erőművekkel oldották meg, később bekapcsolódott néhány nagyobb vízerőmű is.

13. A Föld éjszakai oldala – városok villanyfényben



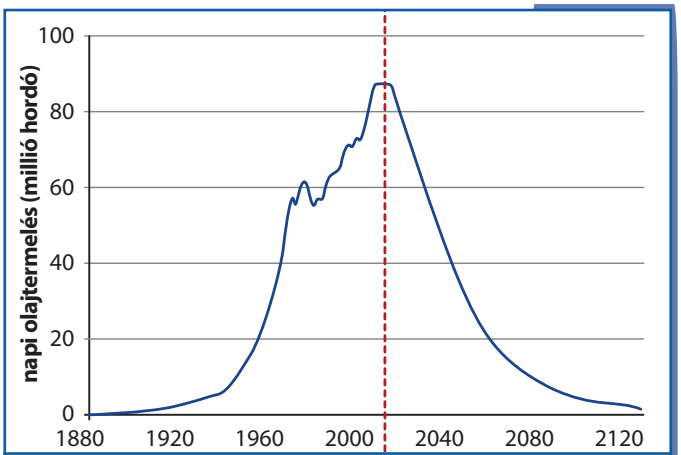
14. A világ egy főre eső áramfogyasztásának alakulása

15. A dél-amerikai Itaipu-gát és vízerőműerőmű a teljes magyar áramfogyasztás kétszeresét termeli

A kőolaj-kitermelés és -finomítás technológiájának fejlődése új korszakot hozott az energiahasználatban (16. ábra). A korlátlannak tűnő készletek, a könnyebb szállítás és a kőolajszármazékok kedvező energiahordozó jellemzői miatt a közlekedésben is használni kezdték. A nehéz és kevéssé hatékony gőzgépeket felváltó belsőégésű motor a 19. század végén jelent meg.

A kőolaj nagy mennyiségben történő szállítása **csővezetéken** vagy **tankhajókkal** történhet. A bányászat és a vezetékek sérülékeny ökoszisztémákat károsíthatnak (17. ábra).

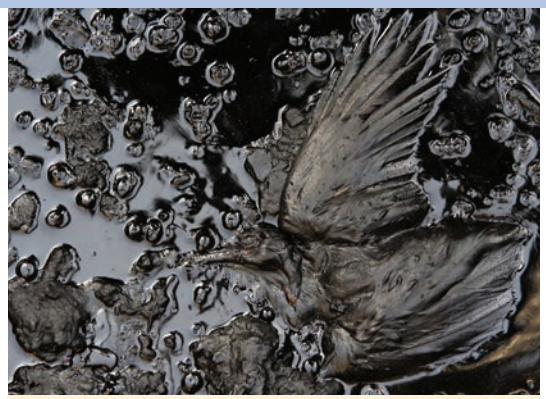
17. A Trans-Alaska kőolajvezeték



16. A világ kőolaj-kitermelésének alakulása

Az olajat szállító tankhajók kapacitása az ezredforduló utáni két évtizedben megkétszereződött. Néhány tankhajó baleset súlyos ökológiai katasztrófát idézett elő. Az Amoco Cadiz 1978-as, Bretagne partjainál bekövetkezett balesete során 223 ezer tonna ömlött a tengerbe. Ennél is súlyosabb volt 1989-ben az Exxon Valdez zátonyra futását követő **ökológiai katasztrófa**. A tengerbe ömlő 42 millió liter olaj 28 állatfaj, közük tengeri madarak, vidrák, fókák, kardszárnyú delfinek több százezer egyedének pusztulását okozta (18. ábra). 25 évvel később a kutatók a természet öngyógyító képességéről számoltak be, a fajok nagy része visszatért az érintett part menti területekre.

A 20. században az atommag kutatása elvezetett a nukleáris energia felszabadításához. A kis tömegben rejlő nagy energiasűrűség kedvezővé tette az **atomerőművek** építését (19. ábra). Néhány nagyobb baleset és üzemzavar után megkérdőjeleződött az atomerőművek biztonsága is. Az 1986-ban bekövetkezett csernobili baleset során 200 ezer km^2 terület vált valamilyen mértékben **sugárszennyezetté** a jód-131, a cézium-137 és a plutónium és egyéb radioaktív izotópok kiszóródása következtében. Ezek az anyagok közvetlenül (jód) vagy a talaj és a növények közvetítésével (cézium, stroncium) bejutottak a táplálékláncba is (20. ábra). A Csernobilban alkalmazott erőművi technológia ma már elavult, a korszerű típusok biztonságosabbnak számítanak. A 2011-es fukusimai erőmű esetében egy erős földrengést követő szökőár okozott károkat.



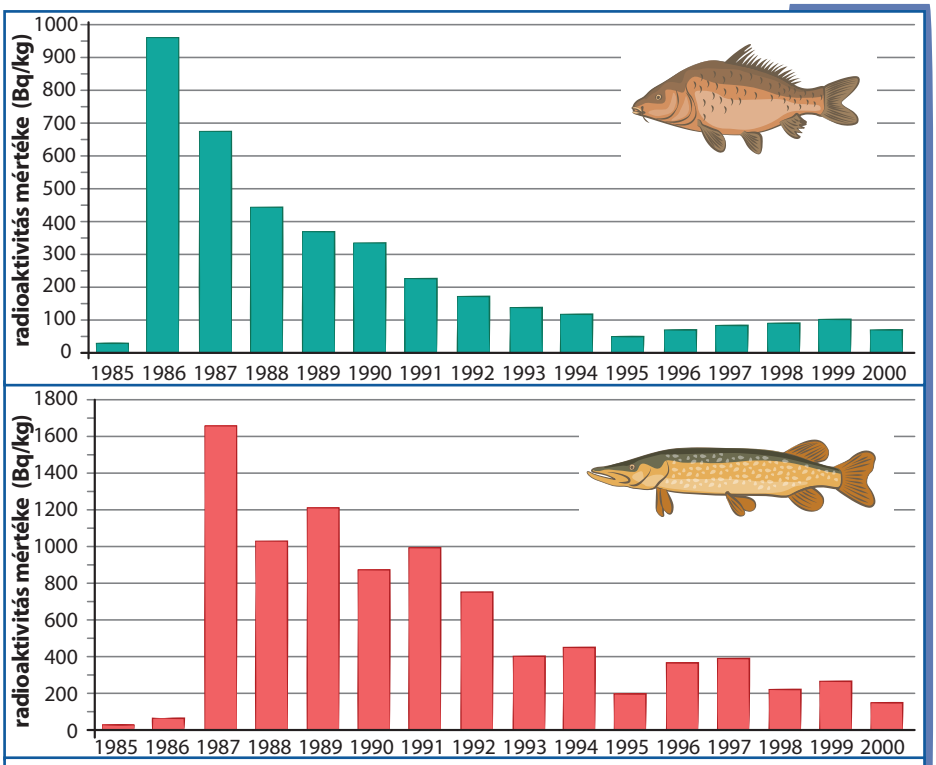
18. Olajszennyezés miatt elpusztult tengeri madár

19. A paksi atomerőmű

Elemezz!

A grafikonok alapján válaszolj a kérdésekre!

- **Hányszoros volt a növényevő halak szervezetében az izotóp szintjének emelkedése a baleset előttihez viszonyítva?**
- **A növényevők szervezetében a baleset évében, a ragadozókban egy évvel később jelentkezett a sugárszennyezettség csúcsa. Mi okozhatta ezt a különbséget?**
- **Mi lehet a magyarázata a '90-es évek végén megfigyelhető kisebb növekedésnek?**



20. Kijev melletti víztározó halaiból vett minta sugáraktivitása (Cs-137)

A **szélenergia** újrafelfedezését a modern technológia tette lehetővé. A kompoziteljárással készült lapátok hatékony villamosenergia-termelést tesznek lehetővé (21. ábra). Szárazföldi környezetben is létesültek szélfarmok, amelyek eleinte megosztották a közvéleményt; egyesek a tájba nem illőnek és a madarakra is veszélyesnek tartották ezeket.

A **napenergia** hasznosításának kezdeti formái a szárítással függtek össze, az agyagtéglák készítése vagy az aszalással tartósított élelmiszerek jellemzők voltak a korai civilizációkra. Ma a vízmelegítésre használható napkollektorok és a villamos energiát előállító **napelemek** kínálnak korszerű technológiai megoldásokat. A nagyobb napelemfarmok vagy erőművek jelentős területet foglalnak el, ezért inkább sivatagos vagy gyengébb talajú területeken célszerű létesíteni ilyeneket (22. ábra). Az épített környezetben is helyet találnak a tetőkön megjelenő napelemtáblák, akár olyan mértékben is, hogy egy épület energiamérlege pozitívvá válik (23. ábra).

A bioszféra működése során keletkező **biomassza** egy része viszont megújuló energiaforrásként is hasznosítható. Legnagyobb mennyiségben a fa szolgál erre a célra, de régebben egyéb növényi anyagok, pl. kukorica-, napraforgószár, szalma is került a falusi kemencékbe. A tűzifa hőerőművekben elégetve is felhasználható villamos áram termelésére. Az erre a célra telepített energianövényeken kívül az erdőművelésből származó fa felhasználása már vitatható megoldás.

A **biogáz**-előállítás állati eredetű melléktermékek vagy a szennyvizek kezeléséhez kapcsolódhat. A metántermelő baktériumokat használó technológia alkalmas hő- és elektromos áram együttes előállítására (24. ábra).

A biomassza energetikai célú felhasználására további lehetőség az üzemanyaggyártás. A **bioetanol**-előállítás valamilyen magas szénhidráttatalmú növényi alapanyagból történik, például kukoricából vagy cukornádból. Az üzemanyagkutakon tankolható E85 jelzésű keverékben 85% etanol van. Az energiaforrás megújuló jellege és a kisebb légszennyezés ellenére a szükséges alapanyagok előállítása földterületeket foglal el. Ez növelheti egyes élelmiszerek árát, ami etikailag is kifogásolható.

Információ

Ma már a mobiltelefonjaink komplex információs központként működnek. Bekapcsolnak minket a közösségi hálózatokba, irányítanak közlekedés közben, de akár a lakásunk gépeivel is kommunikálhatunk. A **negyedik ipari forradalom** a gépek közötti információs (újabban 5G-) hálózatok kiépülését jelenti. Mindez rendkívüli

21. Sekély vizű part menti tengerre telepített szélfarm

22. Napelemek ezreiből épített erőmű a chilei Atacama-sivatagban

23. Családi ház tetőzetére telepített napelemrendszer

24. Korszerű farmgazdaságban működő, állati és növényi melléktermékeket hasznosító biogáztelep

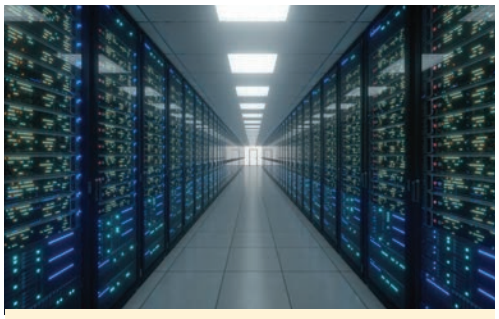
25. Önvezető autó és utasa

26. Látogatók tömege a brazíliai Iguacu-vízesésnél

mértékben változtatja meg a társadalmak szerkezetét és működését. A termelés és a szállítás automatizálása (25. ábra), az e-kereskedelem, az otthoni munkavégzés lehetősége, a szolgáltatások előtérbe kerülése csökkentheti a gazdaság környezetterhelését.

Ezzel ellentétes lehet az olcsó repülés és a webes szolgáltatások által is segített tömegturizmus globális hatása (26. ábra). Az utazási célpontok között több sérülékeny ökoszisztéma is van, ezért fontos a fenntarthatóság szempontjainak érvényesítése.

Az információ előállításához és kezeléséhez (ahogyan a bioszférában is) energiára van szükség. A felhőalapú technológiák vagy a streamingszolgáltatások mögött hatalmas szerverparkok állnak, amelyek áramfogyasztása is óriási (27. ábra).



27. Egy adatközpont szerverfarmja

A Google kaliforniai szerverparkja naponta 5,7 millió liter vizet is felhasznál, ami kimerítheti a környező ivóvízbázisokat. Ez a technológiai óriás 2018-ban világszerte 14 szerverparkot üzemeltetett.

Élelmiszer-termelés, erdőgazdálkodás

A bioszféra szolgáltatásai közül is kiemelkedik az emberiség élelemmel való ellátása. Az őskori emberek még azokat a forrásokat használták, amiket találtak. A **gyűjtögetés, vadászat, halászat** eltartóképessége szabályozta a népesség mértékét. A vándorló csoportok nem hagytak maguk után maradandó változásokat, a természet hamar pótolta, amit az emberek elvettek. A fordulat a vadon élő fajokból kialakított haszonnövények termesztésével következett be, nagyjából tízezer évvel ezelőtt. A kedvező talaj- és éghajlati adottságú területeken kialakult a **földművelés,** nem sokkal később megjelentek a háziasított **haszonállatok** is (28. ábra).

28. Növénytermesztés és állattartás az ókori Egyiptomi Birodalomban (festett falikép)

Beindult egy önerősítő (pozitív) visszacsatolási folyamat: a több élelmiszer több ember ellátását tette lehetővé, ez növelte a gazdálkodásba visszaforgatható munkaerő nagyságát is. Akik nem a földeken vagy az állatok körül dolgoztak, azok városokat építhettek, kézműves termékeket állítottak elő. Az ókori, középkori nagy kultúrák (Közép-Amerika, Délkelet-Ázsia, Európa) virágzásának alapját mindenhol a mezőgazdaság jelentette. A fenntarthatóság problémája már akkor is jelentkezett, az éghajlat változása vagy a talajok leromlása visszavethette a fejlődést.

A Khmer Birodalom egykori központja, Angkor Vat virágzása az **öntözéses gazdálkodás** fejlettségének is köszönhető (29. ábra). Az esős évszakban csatornák gyűjtötték össze a vizet, ezzel megakadályozták az áradásokat. Az aszályos hónapokban öntözésre használták a víztározókban felgyűlt vizet. Ennek köszönhetően a rizsföldeken évente háromszor arathattak, és óriási terméshozamokat értek el. A birodalom hanyatlása és eltűnése több okra vezethető vissza. Valószínű, hogy a még több termőföld birtokbavétele miatt túl sok erdőt irtottak ki, és a talaj termőképességét sem tudták fenntartani.

A földterületek művelésbe vonása általában a természetes életközösségek feldarabolódásához, megszűnéséhez vezetett. Ennek mértéke globális mértékben hosszú ideig nem volt túl jelentős. A városok körüli termőföldeket legtöbb esetben természetes **ökológiai folyosók** kötötték össze, amelyeken a populációk kapcsolatban maradhattak egymással. A talaj termőképességét növényi és állati eredetű anyagokkal (komposzt, istállótrágya) igyekeztek pótolni, de ez csak korlátozott mértékben állt rendelkezésre. A 19. század végére a növekvő népesség élelmiszer-ellátása egyre nagyobb gondot jelentett. A terméshozamok növelésének korlátját a talaj csökkenő nitrogéntartalma jelentette. Ennek pótlása ugyan lehetséges volt a Chilében bányászott nátrium-nitrát (chilei salétrom) segítségével, de ez drága és korlátozottan elérhető árucikk volt. A probléma megoldását a levegő nitrogénjéből és hidrogénből vegyi úton előállított ammónia jelentette. A hamarosan felfutó **műtrágyagyártás,** a **fajtanemesítések,** az iparszerű termelési rendszerek és a **vegyszeres növényvédelem** együttes hatása világszerte elhozta a mezőgazdaság „zöld forradalmát" (30. ábra).

A Föld mérsékelt övi erdőállományának helyét jelentős területeken szántóföldek vették át, vagy az erdőirtást követő **talajerózió** miatt kopár területekké váltak. Az újratelepített faállományok gyakran egy faj azonos korú egyedeiből állnak (31. ábra), ezek biológiai értéke, fajgazdagsága kicsi. De vannak példák arra is, hogy ritka és védett fajok találnak otthonra bennük.

A szálaló fakitermelés során a vegyes életkorú erdőből csak a vágásra érett idősebb egyedeket emelik ki. Így a folyamatos erdőborítás biztosítható, és a szabadon maradt tisztások hamar újra benépesülnek (32. ábra).

Globális méretekben a legnagyobb erdőirtás az esőerdőket sújtja. A trópusi esőerdők területe Afrikában, Dél-Amerikában és Ázsiában is rohamosan csökken. A szubtrópusi esőerdők Dél-

29. Angkor Vat templomegyüttese és a körülötte fennmaradt víztározó részlete (Kambodzsa)

30. Monokultúrás szójaültetvény vegyszeres növényvédelme

31. Monokultúrás fenyőerdő Németországban

32. Ökológiai módszerekkel fenntartott erdő

kelet-Ázsiában vagy Ausztráliában a sűrűn lakott vidéken jellemzők. Az erdőirtás fejlett technológiával, általában valamilyen ültetvény létrehozása céljából történik (33. ábra).

A növekvő létszámú helyi lakosság sok helyen az egyszerűbb **égetéses irtásos gazdálkodással** elégíti ki a földszükségletét (34. ábra). A szándékosan gyújtott tüzek gyakran továbbterjednek, nehezen megfékezhető pusztítást okoznak.

Halászat, tengergazdálkodás

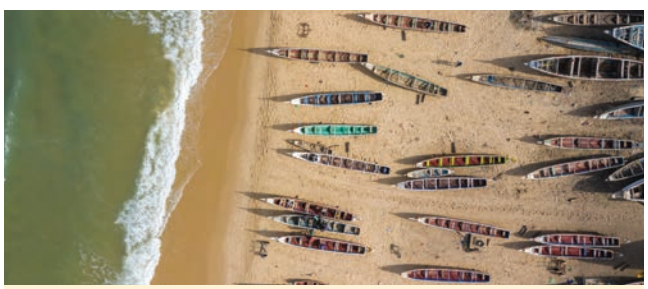
A halak és a tenger gyümölcsei kedvelt és egészséges ételek. Az édesvízből és a tengerből fogható állatok az ősidőktől részei az emberi táplálkozásnak. A halfogás módszerei azonban sokat változtak. A kezdeti szigonyos vagy kisebb hálókkal történő halászat nem borította fel a vízi életközösségek stabilitását (35. ábra). A túlnépesedő vidékek élelmiszer-ellátását sok helyen igyekeznek ilyen halászati módszerekkel kielégíteni. A túlhalászott vizekben azonban csökken a halállomány, egyes fajok el is tűnnek ezekből a vizekből. A kereskedelmi célú halászat a nagy méretű, feldolgozást is végző halászhajók és -flották elterjedésével vált globális ökológiai tényezővé (36. ábra).

A műanyag szálakból szőtt hálók nagy méretűek és erősek, alkalmazhatók a feneken húzva vagy a vízfelszín közelében. A hatékony technológia kezdetben nagy hasznot hozott, de a **túlhalászás** miatt egyes területeken már nincs megfelelő fogási lehetőség. A leszakadt műanyag hálók nem bomlanak le, a vízben sodródva számos tengeri lény gabalyodik beléjük (37. ábra).

A tengerekben élő cetfélék egyes populációi különösen veszélyeztetettek. A **bálnavadászat** a 17. századtól kezdve tömegesen pusztította ezeket az állatokat. A 20. század elején évente akár 50 ezer egyedet

33. Erdőirtás utáni táj Borneón

34. Égő erdőterület az Amazonas vidékén



35. Halászcsónakok Szenegál tengerpartján

37. Halászháló maradványában elpusztult tengeri teknős

36. Kereskedelmi célú merítőhálós tintahalhalászat a kaliforniai Monterey-öbölben

38. Gömbfejű delfinek tetemei, a Feröer-szigeteken rendezett hagyományos bálnavadászat zsákmánya

is elejtettek. Az életbe léptetett tilalmak következtében az állományok növekedni kezdtek, de néhány állam éppen erre hivatkozva tovább folytatja a tömeges bálnavadászatot (38. ábra).

A folyókon, tavakon szabadidős elfoglaltságként sokan hódolnak a horgászatnak. A horgászvizeken telepítenek is halivadékokat, ami egyfajta művelése az adott vízterületnek. Korábban több idegenhonos, invazív faj terjedt el (pl. busa, törpeharcsa), ma már inkább igyekeznek visszaállítani a halállomány korábbi fajösszetételét.

Vadászat, vadgazdálkodás

Az emberi faj történetének nagyobb részében vadászó, gyűjtögető életmódot folytatott. A kőkorszaki eszközök mellett egy nagyobb zsákmány elejtéséhez a közösség összefogására is szükség volt (39. ábra). A csoport szükségletei egy-egy területen általában nem haladták meg a vadállomány megújulásához szükséges mértéket. A vadállomány élelmet, bőrt, prémeket, csontokat is szolgáltatott. A hatékonyabb eszközök, pl. íjak, hajítólándzsák növelték a vadászatok eredményességét, ez idővel egyes zsákmányfajok állományát is lecsökkentette. A letelepedés, a földművelés és állattenyésztés kialakulása, valamint a népesség növekedése megváltoztatta a vadászat célját és módszereit. A húsválaszték növelése mellett a kedvtelés és versengés is fontos cél lett (40. ábra). A vadállomány birtoklása hatalmi kérdéssé vált, a vadászati jogot törvények védték.

Ezek a változások nem egyformán mentek végbe a Föld különböző területein, Afrikában vagy Dél-Amerikában a fennmaradt törzsi társadalmakban ma is inkább az évezredekkel ezelőtti szokások jellemzik a vadállományhoz való viszonyt. Afrika és Ázsia egyes területein a legkülönfélébb elejtett vagy csapdázott vadakat piacokon árulják, ez a „bozóthús" sokak fehérjeforrása (41. ábra), ugyanakkor hatalmas közegészségügyi veszélyeket is hordoz magában. Különösen az állatról emberre terjedő fertőző betegségek, a **zoonózisok** jelentenek nagy kockázatot.

39. Még ma is léteznek olyan természeti népet (pl. busmanok), akik kőkorszaki módon tartják fenn magukat

40. Agancstrófeáért vadászott szarvasbika

41. Emberi fogyasztásra árusított denevérek

A vadászat célja nemcsak az élelemforrások biztosítása lehet, hanem a termény és a haszonállatok védelmét is biztosíthatja. A nyájakat tizedelő farkasokat évszázadok óta irtották, ezzel a természetes életközösségekben játszott csúcsragadozó, szabályozó szerepük is lecsökkent. Ma egyre több védett terület és állomány segíti a farkasok egyedszámának növekedését, ami egyes zsákmányállatok túlszaporodását is megakadályozhatja (42. ábra).

A fejlett világban a vadállományokat véges készletű, megújítható természeti forrásként kezelik, ezzel együtt a **vadgazdálkodás** is jelentősen átalakul. A vadat az ökoszisztémák részének tekintik, amit védeni, fenntartani, illetve az ökológiai ismereteinkkel összhangban hasznosítani kell. A vadgazdálkodás része a vad érdekében történő élőhely-szabályozás, -fenntartás is. A vadászható fajok köre az elmúlt évszázadban sokat változott, egyes fajok elszaporodtak, mások populációi vészesen megfogyatkoztak.

42. Szürkefarkas-falka

41. Összefoglalás

- **A mérések szerint a Föld környezeti rendszerében a közelmúltban jelentős mértékű és gyors változások kezdődtek, amelyek jelenleg is folyamatban vannak. A fontosabb változások:**
  - **a légköri szén-dioxid-koncentráció növekedése**
  - **a globális felszíni átlaghőmérséklet növekedése**
  - **a globális népesség növekedése**
  - **a területhasználat arányának változása**
  - **a jéggel borított területek csökkenése**
  - **a vegyi szennyezettség területi, minőségi és mennyiségi növekedése**
  - **a biológiai sokféleség globális szintű csökkenése**
- **Az emberi tevékenység, a technológiahasználat az anyagok, az energia és az információ használatával, átalakításával befolyásolja a környezeti rendszer állapotát is.**
- **Az anyagok használatában a kimerülő nyersanyagkészletek, a bányászat és a hulladékok kezelése jelent környezeti problémát.**
- **Az energiagazdálkodásban a fosszilis energiahordozók kimerülése és az éghajlatváltozást okozó üvegházgázok kibocsátása jelent problémát, ami a megújuló energiaforrások használatával és az energetikai hatékonyság növelésével csökkenthető.**
- **Az információs technológiák átalakítják az emberi életmódot, a gazdálkodást és a társadalmat, aminek környezeti hatása egyelőre nem belátható.**
- **A természetes életközösségekre az élelmiszer-termelés, erdőgazdálkodás, hal- és vadgazdálkodás is nagy hatással van, részben a területhasználat, részben az élőhelyek átalakítása révén.**

42. Következtetések, előrejelzések

1. Melyek a bioszférában azonosított globális szintű folyamatok?
2. Mely hatásrendszerek alakítják ezeket a folyamatokat?
3. Hogyan lehet bizonyítani a folyamatokat magyarázó elméleteket?
4. Milyen módszerrel lehet tudományosan megalapozott előrejelzéseket tenni a környezeti rendszer jövőbeli állapotára?
5. Mely alternatív jövőmodellek, fejlődési pályák között választhat az emberiség?

A folyamatok sebessége

A bioszférában jelenleg megfigyelhető változások a földtörténeti időskálán mérve pillanatszerű gyorsasággal mennek végbe. Hogyan befolyásolja a folyamatok sebessége a várható következményeket?

Evolúciós folyamatok

Keress összefüggést! Alkoss!

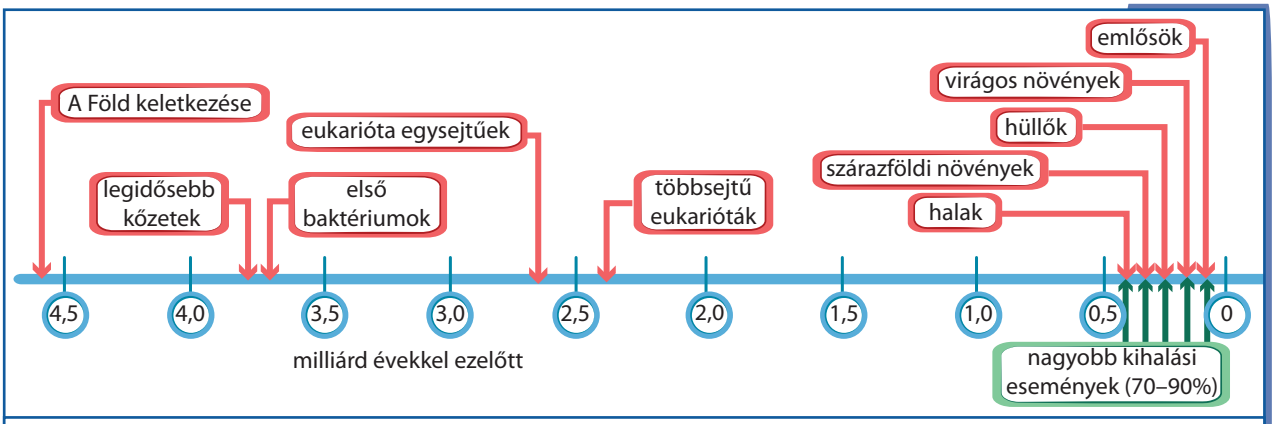
A milliárd és millió évekkel számoló földtörténeti skála nehezen elképzelhető, különösen, ha az emberi tevékenység által okozott változásokat szeretnénk elhelyezni az időben. Az arányokat szemléltethetjük egy hasonlattal:

A Budapest–Szob távolság légvonalban 38 kilométer. Ha minden méter százezerévnek felel meg, akkor ez a távolság az élet kialakulásától máig eltelt időnek felel meg. Minden méter 100 000 évet, minden milliméter 100 évet jelképez. A Homo sapiens faj kialakulásához csak 3 méterrel kell visszalépnünk, a dinoszauruszokkal 650 méteren túl már találkozhatunk. 2,5 kilométerre találnánk nyomát az eddigi legnagyobb kihalási katasztrófának, de 4 kilométeren túl a szárazföldeken nem találnánk életnyomokat. Visszalépve az idő/út elejére, csupán 1 milliméter az a távolság, amely az emberiség legutóbbi 100 évét jelzi. Ennyi idő alatt megtöbbszöröztük a Föld lakosságát, elindítottuk az éghajlatváltozást és a legújabb kori kihalási hullámot.

– Mely okokkal magyarázható, hogy a jelenhez közelebbi időszakokból több evolúciós változásról szereztek bizonyítékot a kutatók, mint a távoli múlt esetében?

– Alkoss a szövegben szereplőhöz hasonló, szemléletes időskálát! Készítsd el ábra formájában is!

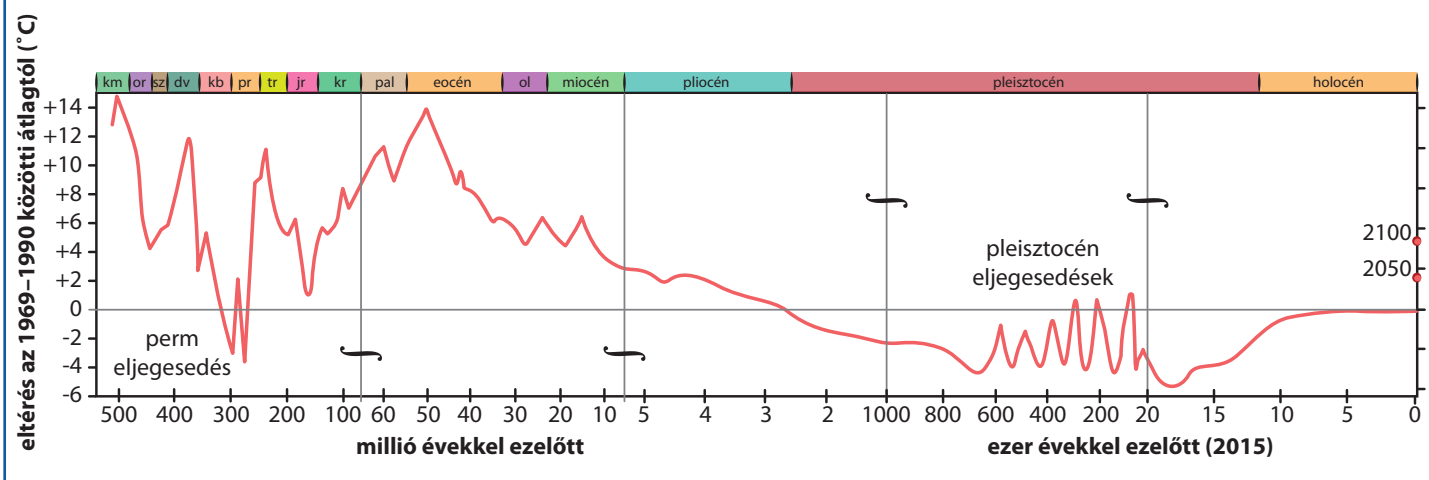
Földünk 4,6 milliárd éves, kb. 3,8 milliárd évvel ezelőtt megjelent rajta az élet, a bioszférát több, mint 1,5 milliárd évig csak prokarióta baktériumokból álló életközösségek alkották. A többsejtű szervezetek kialakulása 2 milliárd évet váratott magára, további 1 milliárd év kellett az első állatok megjelenéséhez. Ahogy az üledékrétegek mutatják, kb. félmilliárd évvel ezelőtt gazdagodni kezdett a tengerek állatvilága. 100 millió évvel később az oxigénszint emelkedése és az ózonburok kialakulása utat nyitott a szárazföld meghódításához. Az evolúciós változások üteme ezt követően felgyorsult, 300 millió évvel ezelőtt már kétéltű állatok, további 100 millió év múlva az őshüllők korszaka köszöntött be. Kihalásukat követően néhány tízmillió év alatt alakult ki a Föld ma – vagy inkább a közelmúltban – ismert élővilága (1. ábra).



1. Az élővilág fejlődésének idővonala

Az éghajlat változása

A 21. század talán legfontosabb kérdése, hogy az emberiség hogyan tudja kezelni az éghajlatváltozás problémáját. A Föld éghajlata a régmúltban is gyakran változott, voltak jóval melegebb és hidegebb időszakok is. A korai civilizációk felemelkedése, a társadalmi és gazdasági fejlődés felgyorsulása nagymértékben köszönhető a neolitikum óta tartó stabil éghajlatnak (2. ábra).



2. A Föld éghajlatának változása –500 millió évtől 2100-ig előre jelezve

A biológiai sokféleség csökkenése

A biológiai sokféleség – a biodiverzitás – csökkenése ma már nem csak a szakembereket foglalkoztató jelenség. De mit jelent ez a mindennapokban? Valóban veszélyes, vagy csupán a természetes változást látjuk? Egyes élőlénycsoportok eltűnése, mások előtérbe kerülése az evolúció működését jelzi. Akkor mégis mire alapozzák a tudósok a vészjelzések leadását?

A csökkenés főbb okai:

- A földhasználat változásai (pl. erdőirtás, intenzív monokultúra, urbanizáció)
- Közvetlen hasznosítás, például vadászat és túlhalászás
- Éghajlatváltozás
- Szennyezés
- Idegenhonos inváziós fajok

Gondolkodj! Keress magyarázatot!

A Föld átlaghőmérséklete a –400 ezer és –100 ezer év közötti időszakban jelentős kilengéseket mutatott. Ezek voltak a jégkorszakok és a közöttük lévő felmelegedések.

– Nézz utána, mi jellemezte a legutóbbi jégkorszak élővilágát!

– Milyen változásokat hozott a felmelegedés?

– Mennyi idő alatt mentek végbe ezek a változások?

Az ábra előrejelzése szerint a 21. század folyamán többfokos átlaghőmérséklet-emelkedés következhet be.

– Hasonlítsd össze ennek a változásnak a sebességét és nagyságát a jégkorszakok és felmelegedések jellemzőivel!

– Megállapításaidat hozd összefüggésbe a bioszférában várható változásokkal!

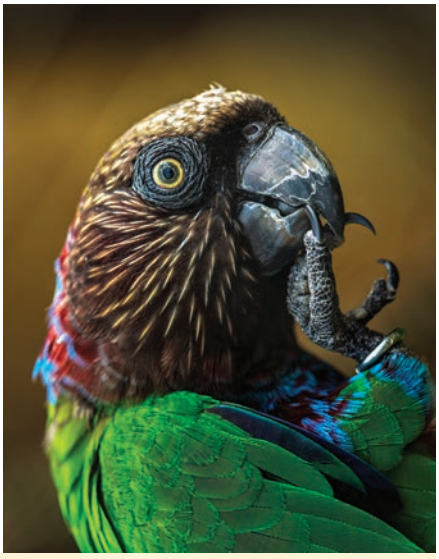
A veszteség mértéke

Az ENSZ 2019-ben közzétett jelentése szerint a Földön jelenleg élő fajok becsült száma kb. 9 millió, ebből egymilliót veszélyeztet a kihalás, akár néhány évtizeden belül. Ez a gyors és jelentős biodiverzitás-csökkenés lehet a **6. kihalási hullám,** amelyet azonban nem a környezeti változások, hanem az emberi tevékenység okozhat. A korábbi kihalási események után több millió évre volt szüksége a bioszférának egy újabb stabilitás eléréséhez.

Egy tanulmány szerint 4400 állat- és növényfaj van veszélyben, közülük 19% madár, 16% emlős, 17% szitakötő, 19% pedig hüvelyes növény. 1970–2020 között összességében 68%-kal csökkent az állatfajok száma. A fajok számának csökkenésével elveszítjük a közöttük lévő kölcsönhatásokat is.

A változás követésére alkalmas lehet egy adott élőlénycsoport biomasszájának mérése is. Az adatok alapján globális szintű becslések is tehetők. A gerinces állatok (madarak, halak, kétéltűek, hüllők, emlősök) esetében az utóbbi 50 év alatt több mint 50%-os csökkenés történt. A rovarok összessége **évente kb. 2,5%-kal csökken**, ezen belül egyes csoportok jóval nagyobb veszteséget szenvednek el (3. ábra).

Élőhelyekre lebontva a változások legsúlyosabban az édesvizekhez kötődő állatfajokat érintik, itt a csökkenés 84%-os. Az erdei állatfajok esetében ez 53%, míg az európai gyepeken élő lepkék fajainak közel fele tűnt el (49%). Mindhárom élőhelytípus hazánkban is jellegzetes, így a biodiverzitás-csökkenés fokozottan veszélyezteti a Kárpát-medence természeti értékeit is.



3. A Dél-Amerika északi részén élő legyezőpapagáj (Deroptyus accipitrinus) veszélyeztetett faj. A képen egy kutatók által meggyűrűzött példány látható

Inváziós fajok

Miközben a fajok jelentős része kihal vagy veszélybe kerül, néhány faj az eredeti élőhelyétől távol is rohamosan terjed. Ezek az inváziós vagy **özönfajok.** A jelenség ma már a természetes és természetközeli életközösségeket veszélyeztető egyik legjelentősebb tényező. Okainak, mértékének és hatásainak feltárása, a folyamat nyomon követése a biológiai kutatások fontos feladata. Az esetek többségében szándékos **betelepítés** vagy véletlen **behurcolás** indítja el a terjedést. A megte-

„Az aranysakál a 19. századig Magyarországon az ártéri ligeterdők, nádasok lakója volt. Eredeti élőhelyeit a nagy folyószabályozások és a nagy táblás mezőgazdaság tüntette el. Az 1940-es évekre csak elszigetelt populációi maradtak Délkelet- és Kelet-Európában. Az aranysakál kezdetben védett volt, sokan úgy vélték, hogy ez a rókánál erőteljesebb, a farkaséhoz hasonló intelligenciával rendelkező, óvatos ragadozó állomány-szabályozó hatásával jótékony hatással lesz a természetes állatvilágra. Mára kiderült, hogy egy inváziószerű jelenségről van szó, mely már veszélyezteti az őz, a dám, a muflon és a vaddisznó szaporulatát, de védett állatfajokat is. Alkalmazkodott a nagy táblás mezőgazdasághoz, az emberi tevékenységhez. Ha sok a rágcsáló, főleg azt eszi. A sakál számára a nagy létszámú csülkösvad-fajaink szaporodási időszaka az igazi lakoma."

Forrás: vaol.hu

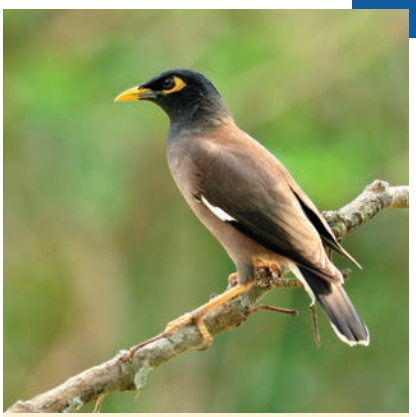
Elemezz! Gondolkodj!

Az élőhelyek, életközösségek változása miatt néha rövid idő alatt is eltérő szerepbe kerülhet egy-egy faj. A fenti példa egy hazánkból eltűnő, majd újra elszaporodó állatfaj esete, amely veszélyeztetettből néhány évtized múlva veszélyessé minősült át.

- **Magyarázd el néhány mondatban, hogy a cikkben jelzett élőhelyváltozás miért okozta a faj teljes hazai állományának eltűnését!**
- **Történt-e valamilyen változás az eltűnés és a visszatelepülés közötti időben a faj korábbi élőhelyein?**
- **A cikkben is említetten kívül milyen biológiai okok magyarázhatják a faj sikerességét?**
- **Miért válhatott napjainkra már invazív fajjá a korábban kihalás küszöbére került aranysakál?**

lepedést segítheti a **klímaváltozás** is, mivel az őshonos növények a változó környezeti feltételek mellett kevésbé lesznek versenyképesek, de akár el is tűnhetnek korábbi élőhelyükről. Az állatok esetében az összetett táplálkozási hálózatok és populációs kölcsönhatások miatt jóval nehezebb a problémák azonosítása és a várható következmények előrejelzése.

Európában az egyik ilyen kiemelt figyelmet igénylő invazív faj a seregélyfélék családjába tartozó, Délkelet-Ázsiában őshonos pásztormejnó (4. ábra), amely agresszív territoriális viselkedésének és alkalmazkodóképességének köszönhetően kisebb kolóniákat alakított ki Spanyolországban és Portugáliában. Ez a madár elterjedhet nagyobb területekre is, és átveheti a helyi fajok helyét.



4. Pásztormejnó

Az Egyesült Államok északi részén és Kanadában nagyobb figyelmet kell szentelni egy édesvízi rákfajnak *(Faxonius rusticus)*, amely kormoly problémákat okoz az édesvizekben. Szintén veszélyes a kígyófejű hal, amely amerikai gyűjtőkön keresztül került ki Ázsiából. Ezek a fajok még nem jelentek meg Európában, de felbukkanásukra számítani lehet.

Az invazív fajok nemcsak megváltoztatják más fajok élőhelyét, de közvetlen hatással lehetnek a gazdaságra is. Bizonyos fajok már most nagy pusztítást okoztak, mások a jövőben okozhatnak és mind környezeti, mind gazdasági hatásuk is lehet. Az óriás almacsiga például nagy gondot okoz az Ebro folyó vízgyűjtő területének mezőgazdaságában, az Ibériai-félsziget déli részén pedig a közönséges vízijácint jelenléte fenyegeti pusztulással a Guadiana folyó természetes ökoszisztémáját.

Egy idegenhonos invazív kártevő faj elterjedését példázza a nyugati dióburok-fúrólégy (5. ábra), amely az USA és Mexikó területéről származik, Európában a '80-as évek elején Svájcban jelent meg először. Erős fertőzésnél akár a diótermés felét is elpusztíthatja, a kiskertekben a védekezés is nehéz ellene. Az európai

5. A nyugati dióburok-fúrólégy lárvái egy károsodott termésen

terjedése ismert: Szlovénia (1997), Észak-Olaszország (1998), Németország (1993), Horvátország (2003), Franciaország (2007) és Ausztria (2009) útvonalon érkezett el hozzánk. Európa éghajlati adottságai és tápnövényének széles körű előfordulása elősegíti a gyors terjedését és felszaporodását.

A hazánkban 2008 óta terjedő harlekinkatica esete azért is érdekes, mert ezt a fajt a levéltetvek elleni biológiai védekezés céljából telepítették be kelet-ázsiai élőhelyéről az Egyesült államokba, később Európába. Falánksága és mozgékonysága miatt kiszorítja az őshonos katicafajokat, főként a hozzá hasonlóan a lombkoronában élő kétpettyes katicát (6–7. ábra).

6. Hazánkban az egyik legismertebb inváziós rovarfaj a harlekinkatica

Mit veszíthetünk?

A biológiai sokféleség globális szintű csökkenését a kutatások és megfigyelések adatai bizonyítják. A változás mögött álló közvetlen okok is többé-kevésbé tisztázottak. A problémával kapcsolatos emberi nézőpontok azonban eltérőek, emiatt a veszteség és a következmények megítélése is különböző. A többféle szempont összehangolása a szereplők értékeinek és érdekeinek eltérése miatt sem könnyű.

Alkoss véleményt! Vitasd meg!

Az előzőekben bemutatott nézőpontok a biológiai sokféleség lehetséges értelmezéseit mutatják be.

Társaiddal gondoljátok át ezeket a szempontokat, majd válasszatok egy-egy nézőpontot, amelyet vitában képviselni tudtok.

Gyűjtsetek további információkat, amelyek alapján további nézetek, érvek fogalmazhatók meg a problémával kapcsolatban!

Rendezzetek kerekasztal vitát, amelyen a különféle nézőpontokat ismertetitek és érveltek mellettük, ellenük!

A fontos az, hogy járjátok körül a problémát, de nem kell döntést hoznotok arról, hogy kinek van igaza ezekben a kérdésekben!

7. Kétpettyes katica

Az egyik lehetséges nézőpont a **természet megőrzése** mellett elkötelezett. A változások gyorsasága miatt akár egy generáció is szembesülhet a környezetében élő, kedvelt növény- és állatfajok, életközösségek eltűnésével. A környezetünket a média által bemutatva is láthatjuk, a képek és filmek jóvoltából átélhetjük a jegesmedvék, a tigrisek vagy az orangutánok fennmaradásért folytatott küzdelmét (8. ábra). Hogyan képzelhető el a Földünk nélkülük? Lehet, hogy hamarosan a legnagyobb testű szárazföldi emlős az ember által tenyésztett szarvasmarha lesz?

A **haszonelvű nézőpont** szerint a természet erőforrásainak az emberi jólétet kell szolgálni. Történetileg akár igazolható is, ha akár csak az élelmiszer-alapanyagok, faanyagok, gyógyszeralapanyagok beszerzésére vagy a haszonnövényeket beporzó rovarokra gondolunk. A napjainkra megnövekedett globális gazdaság azonban más nagyságrendben meríti ki a természeti erőforrásokat, mint azt a néhány nemzedékkel előttünk élt emberek tették. A bioszféra természetes szolgáltatásai helyett ma **biológiai alapú mesterséges rendszerekre**, ültetvényekre, szántóföldekre és kertészetekre, állattartó telepekre alapozzuk a túlélésünket.

8. Édesvízi gyűrűsfókák visszatelepítése az eredeti élőhelyükre

A veszteség megítélésével kapcsolatban **etikai szempontú** érvelés is megfogalmazható. Ha a környezetünket teremtett világként értelmezzük, akkor a haszonelvű vagy elővigyázatlan emberi tevékenység általi megváltoztatása nehezen elfogadható. De az **evolúciós szempont** is ide sorolható: az ember a velünk élő több millió kor- és sorstárs faj egyike, őket sem pusztíthatjuk el önző módon. Sokkal inkább a védelmükért kellene mindent megtennünk (9. ábra).

Talán **szkeptikus vagy realista nézőpontnak** nevezhető az, amelyet több tudós is megfogalmaz. Eszerint a bioszférában jelenleg végbemenő változások legfőbb oka mi vagyunk, a személyes fogyasztásunktól a globális gazdaság működéséig terjedő emberi tevékenység. Mivel a kialakult gazdasági és társadalmi rend csak lassan és jelentős konfliktusok, károk árán változtatható meg, számítanunk kell arra, hogy a Föld megszokott természeti képét elveszítjük. A kihaló vagy visszaszoruló fajok helyét mások veszik át, de a beszűkülő természetes élettér miatt ezek száma lecsökken. A természetes életközösségek zavarai továbbterjedhetnek az emberi közösségekre is, például a mezőgazdasági termelés sérülése vagy akár összeomlása miatt. A nagyvárosok ellátása nehézséget okozhat, ami növelheti a társadalmi feszültséget (10. ábra).

Ahogyan más globális környezeti problémákkal kapcsolatban, a bioszféra sérülésével kapcsolatban is létezik a **technológiai alapú szemlélet**. A mesterséges termelési rendszerekhez hasonlóan elképzelhető, hogy valamilyen **mérés-visszacsatolás-beavatkozás** jellegű szabályozással akár fenntarthatóvá tehetők a ma még veszélyeztetett életközösségek. Ilyen beavatkozás lehet például a génmegőrzés, visszatelepítés, élőhely-rekonstrukció. A gond csak az, hogy a valóban természetes életközösségek rendkívül bonyolult hálózatokba szerveződnek, amelynek sem a megismerése, sem a beavatkozások következményeinek előrejelzése nem lehetséges teljes mértékben.

9. Állatvédő aktivisták a húsfogyasztás sötétebb oldalára hívják fel a járókelők figyelmét

10. Az élelmiszer-termelés és a beszállítás összeomlása miatt üresen álló venezuelai szupermarket

Modellek, előrejelzések

A várható jövő tudományos vizsgálatának egyik hatékony eszköze a számítógépes rendszermodellek alkotása és ezek segítségével különféle **szimulációk** futtatása.

Az éghajlatváltozás életünk minden területére hatással van, és ez a jövőben még inkább így lesz. Ezért is létfontosságú, hogy a tudomány megbízható, **tényekre alapozott előrejelzésekkel** segítse a káros következmények megelőzését, a hatások csökkentését és az alkalmazkodást.

Az éghajlati rendszer elemei a légkör, az óceán, a talajfelszín, a krioszféra (a tengeri és a szárazföldi jég és hó összessége), valamint a bioszféra. A modellek kiszámítják a légkör és az óceánok mozgásait, becslést adnak a hőmérséklet, sűrűség, légnyomás várható alakulására. Leírják a vízrajzi ciklus elemeit, a sarki jégsapkák, gleccserek terjeszkedését, olvadását. Figyelembe veszik a felhő- és csapadékképződési folyamatokat. A számítógépes modellek bemenő adatai a mérési hálózatokból kapott hőmérséklet-, csapadék-

Alkoss véleményt! Vitasd meg!

Az előzőekben bemutatott nézőpontok a biológiai sokféleség lehetséges értelmezéseit mutatják be.

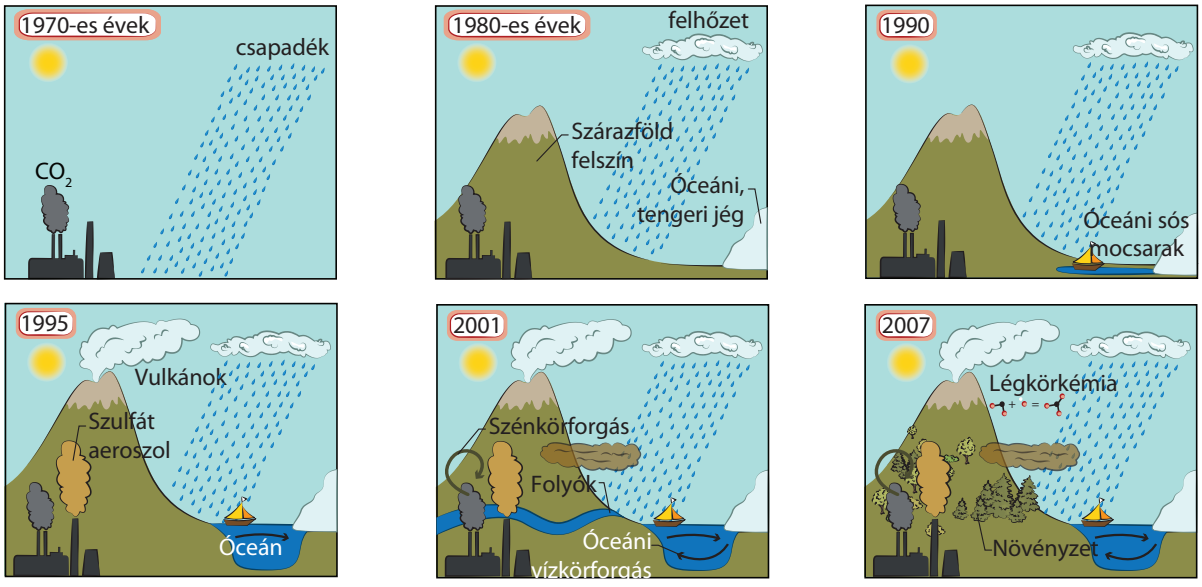
- **Társaiddal gondoljátok át ezeket a szempontokat, majd válasszatok egy-egy nézőpontot, amelyet vita során képviselni tudtok.**
- **Gyűjtsetek további információkat, amelyek alapján további nézetek, érvek fogalmazhatók meg a problémával kapcsolatban!**
- **Rendezzetek kerekasztalvitát, amelyen a különféle nézőpontokat ismertetitek, és érveltek mellettük, illetve ellenük!**

A fontos az, hogy járjátok körül a problémát, de nem kell döntést hoznotok arról, hogy kinek van igaza ezekben a kérdésekben!

adatok, légköri és óceáni áramlási jellemzők. Ezeket a rendszerelemeket, például a globális légkörzést, a szén körforgását leíró matematikai egyenletek segítségével dolgozzák fel. A modellek kísérleti eszközként is alkalmazhatók, segítségükkel a kutatók különféle hipotéziseket vizsgálhatnak.

Az éghajlati modellek fejlődése

Az 1970-es években még csak a légköri szén-dioxid- és a csapadékképződés elemei kerültek a modellekbe, a '80-as években ez kiegészült a szárazföldi felszín és a tengeri jégtakaró adataival. Egy 1990-ben kiadott jelentésben a kutatók az óceánokat még csak síklapként vették figyelembe. Öt évvel később már az óceánok áramlási rendszerei is bekerültek a modellekbe. A bioszférát magában foglaló modellek eredményei először 2001-ben, majd 2007-ben jelentek meg. A számítások figyelembe vették a globális szénkörforgást, amely hatással van a légkörben lévő üvegházhatású gázok koncentrációjára. A növényzet befolyásolja a vízkörforgalmat is, részben tárolja a csapadékot, részben a párologtatással növeli is a csapadékhajlamot.



Az éghajlati modellek fejlődése

Bizonytalanság vagy valószínűség?

A komplex rendszerek esetében az előrejelzések csak bizonyos **valószínűséggel** adják meg a várható állapotokat. Minél távolabb kerülünk időben a jelentől, annál inkább szélesedik az a tartomány, amelyen belül várható valamely állapotjelző alakulása.

Miért beszélünk éghajlati **forgatókönyvekről** előrejelzések helyett? Ahhoz, hogy a modellek számításához megadhassuk 50–100 évre előre az üvegházgázok kibocsátásának, illetve koncentrációjának értékeit, ismernünk kellene a gazdasági és társadalmi folyamatok jövőbeni alakulását (12. ábra) (Például a népesség változása; a globalizáció sebessége; a megújuló energiahordozók, környezetkímélő technológiák elterjedése; a globális és regionális gazdaságpolitika iránya, területi és elemenkénti kibocsátásértékek). Ám ilyen nagy időtávra előre ezeket a folyamatokat nem ismerhetjük. Ezért csak éghajlati forgatókönyvekben (szcenáriókban), azaz „ha…, akkor…" jellegű folyamatokban gondolkodhatunk.

11. Van olyan forgatókönyv, ami alapján az éghajlatváltozás visszafordítható. Az eléréséhez azonban az emberiség sokkal nagyobb erőfeszítésére van szükség

Az alábbi négy alapforgatókönyvet a 2000-es évek elején dolgozták ki:

A1:
- nagyon gyors gazdasági növekedés
- a népesség a 21. század közepéig növekszik, utána csökken
- új, hatékony technológiák megjelenése
- a régiók közötti különbségek kiegyenlítődése
- kulturális és társadalmi hatások erősödése
- a regionális jövedelemkülönbségek csökkenése

B1:
- kiegyenlítődő gazdasági fejlődés az A1-hez hasonló népességalakulással
- a szolgáltatások és az információs ágazatok gyors fejlődése
- környezetkímélő és energiahatékony technológiák bevezetése
- a globális problémákra globális szintű megoldások kidolgozása

A2:
- heterogén fejlődés
- helyi és civil társadalom önszerveződése
- folyamatosan növekvő népesség
- növekvő regionális fejlődési különbségek
- lassú és területileg eltérő technológiai fejlődés

B2:
- a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális (nemzeti, helyi) szintű kezelése
- folyamatosan növekvő globális népesség
- közepes mértékű gazdasági fejlődés
- az A1- és B1-hez képest lassabb és egyenetlenebb gazdasági fejlődés

Később ezek a forgatókönyvek kiegészültek (pl. a területhasználat változásával), pontosabbá váltak. Fő céljuk az üvegházhatású gázok koncentrációváltozásának időbeli leírása, a folyamat követése. A mai számítógépes éghajlati modellek négyféle alap-folyamattípussal számolnak (RCP-k).

A globális **éghajlati modellek** általában 2050-ig, illetve 2100-ig becsülik meg az éghajlati paraméterek globálisan várható alakulását. Valamennyi forgatókönyv a bemeneti (adatok) és a kimeneti oldalon (előrejelzések) is számol a bioszféra folyamataival.

Gondolkodj!
- **Elemezd az éghajlati modellek alapforgatókönyveiben szereplő feltételezéseket!**
- **Melyeket tartod valószínűnek, és melyek bekövetkezését zárnád ki?**
- **Állítsd össze a saját forgatókönyvedet a 2050-ig várható változásokról!**
- **Indokold a véleményed!**

A bioszférát érintő előrejelzések

A számítások szerint a 21. század végéig az óceánok felszíne fokozott mértékben melegszik (+4-5 °C). Ez hatással lesz a halászatra is, a fogás csökkenése egyes régiókban **élelmezési válságot** okozhat.

A csapadék mennyisége a 21. század végére a Föld több régiójában (pl. a mediterrán térségben vagy Közép-Amerikában, Dél-Afrikában) is jelentősen csökken. Ezzel együtt a talajnedvesség is kisebb lesz, ami hatással lehet az erdőállomány állapotára, tovább növelve az erdőtüzek előfordulását is. Az élőhelyek szárazabbá válása fajok kihalását, vándorlását, invazív fajok terjedését okozhatja.

Keress információkat! Következtess!
- **Keress az interneten a Föld globális felszíni átlaghőmérsékletének, illetve a csapadékosság és a talajnedvesség várható változását előrejelző tematikus térképeket!**
- **A térképek alapján fogalmazd meg, hogy a bioszféra várható változása mely területeken és életközösségekben lehet a legjelentősebb!**

A modellek a felszíni átlaghőmérséklet 2 °C-fokot meghaladó emelkedésének valószínűségét is előre jelzik. Nyári időszakban a nagyobb átlagon belül növekszik a hőhullámok gyakorisága és hossza, ami a szárazabb időjárással együtt megváltoztatja a növénytársulások összetételét, területi elterjedését. A téli időszakban a fagyos napok számának csökkenése miatt a kevésbé hidegtűrő fajok elterjedési területe növekedhet.

A modellek megbízhatóságát az alábbi érvek támasztják alá:

1. Természeti törvényeken alapulnak (a tömeg-, az energia-, a mozgásmennyiség megmaradása). A modellek mérések és megfigyelések tényeit, adatait használják fel az előrejelzés érdekében.
2. Képesek az éghajlat jelenlegi alakulását is jelezni. Az előrejelzéseket rendszeresen összehasonlítják a légkör, az óceánok, a szárazföldek és a jégtakaró állapotának adataival. A modellek képesek jelezni az éghajlat főbb jellemzőit, a hőmérséklet, a csapadékeloszlás, a széljárás, az óceáni áramlások vagy a jégtakaró nagy léptékű változását.
3. Képesek az éghajlat múltbéli alakulását is megjeleníteni. Jól mutatják a 6000 évvel ezelőtti felmelegedést vagy az utolsó jégkorszak 21 000 évvel ezelőtti lehűlését, beleértve az óceánok vizének hőmérséklet-változását is. A 20. század átlaghőmérsékletének modellezése is jól egyezik a mérési eredményekkel. Olyan részleteket is jeleznek, mint az éjszakai hőmérsékletek (nappalinál) gyorsabb emelkedése, a Déli-sark erősebb melegedése vagy a vulkánkitörések rövid távú hőmérséklet-csökkentő hatása.

Értékelj!

A fenti érvek alapján mennyire tartod megbízhatónak a számítógépes éghajlati modelleket, bízol-e az előrejelzésükben? Értékeld 10-es skálán (0: semennyire sem bízol benne, 10: maximálisan megbízol bennük, elfogadod a közzétett előrejelzésüket.)

- **A Föld környezeti rendszerében jelenleg végbemenő változások sebessége a földtörténeti időskálán mérve pillanatszerű.**
- **A gyors környezeti változásokat az élővilág evolúciója jelentősen lassabban képes követni.**
- **Jelenleg a környezeti változások közül meghatározó jelentőségű az éghajlatváltozás, amit a globális felszíni hőmérséklet gyors emelkedése is jelez.**
- **A biológiai sokféleség globális szintű csökkenése is kimutatható, okai visszavezethetők az emberi tevékenységre.**
- **A biológiai sokféleség gyors és jelentős mértékű csökkenése egy újabb (6.) kihalási katasztrófaként is értelmezhető.**
- **A környezeti rendszerekben a múltban és a jelenben kimutatott egyes változások jövőbeli alakulását számítógépes modellekkel is vizsgálhatjuk.**
- **Az éghajlatváltozás modellezése hatalmas bemenő adatmennyiség, matematikai összefüggések és különféle társadalmi, gazdasági forgatókönyvek alapján történik.**
- **A modellek előrejelzései valószínűségi jellegűek, bekövetkezésük attól is függ, hogy az emberiség milyen fejlődési pályán halad tovább.**

42. Összefoglalás

43. A bioszféra védelme – fenntarthatóság

1. Melyek a bioszféra védelmében megtehető egyéni, nemzeti és globális szintű cselekvési lehetőségek?
2. Melyek a fenntarthatóság legfontosabb környezeti, gazdasági és társadalmi feltételei?

Nemzetközi konferenciák, egyezmények

A legfontosabb fenntarthatósági konferenciák, Föld-csúcstalálkozók:

1. 1972: Az ENSZ emberi környezetről szóló konferenciája Stockholmban
2. 1982: Föld-csúcstalálkozó a kenyai Nairobiban (Ez az esemény egybeesett a hidegháború egy nehezebb időszakával, főleg az USA érdektelensége miatt nem volt eredményes)
3. 1992: Az Egyesült Nemzetek környezetvédelmi és -fejlesztési konferenciája, az 1. Föld-csúcstalálkozó a brazíliai Rio de Janeiróban
4. 2002: A fenntartható fejlődésről szóló csúcstalálkozó a dél-afrikai Johannesburgban
5. 2009: Az ENSZ éghajlatváltozási konferenciája vagy koppenhágai csúcstalálkozó, Koppenhága (Dánia)
6. 2012: Az ENSZ konferenciája a fenntartható fejlődésről, Rio de Janeiro
7. 2018: A fenntartható fejlődésért Afrikában, 7. digitális földi csúcstalálkozó a marokkói El Jadidában
8. 2019: Az ENSZ klímaváltozási konferenciája a chilei Santiagóban

Keress információkat!

A Ramsari Egyezmény a legrégebbi természetvédelmi államközi megállapodások egyike. Keress információkat az interneten, és azok alapján válaszolj a kérdésekre!

- **Mikor lépett hatályba az egyezmény?**
- **Mely élőhelytípusokra, életközösségekre terjed ki az egyezmény által biztosított védelem?**
- **Hazánk mely élőhelyeit érinti az egyezmény?**

Alkoss véleményt!

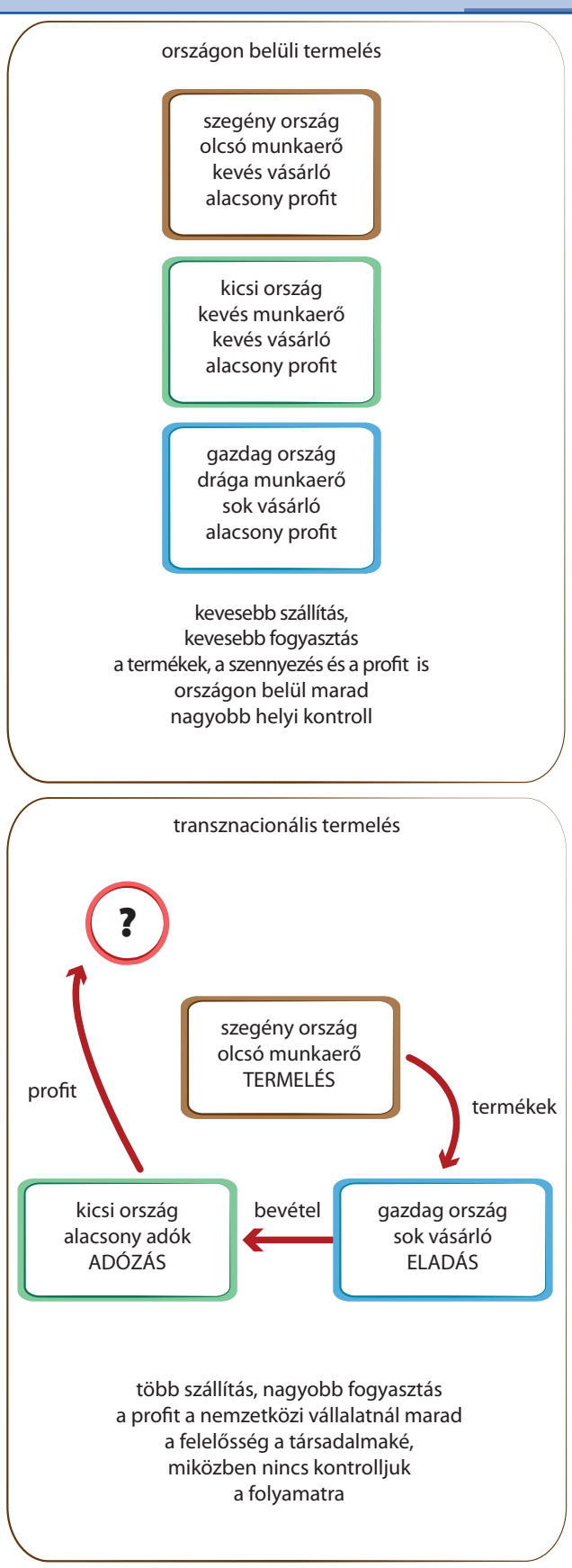
- **Mennyire sikerült elérni az egyezményekben kitűzött célokat?**
- **Milyen akadályok merülhettek fel a teljesítésük előtt?**

A nemzetközi tudományos közösség képes a döntéshozók elé tárni a jövőben várható veszélyes folyamatokat és irányt mutathat a cselekvés felé is. A kezdeményezések nyomán az Egyesült Nemzetek Szervezete, az ENSZ fenntarthatósági kérdéseket tárgyaló **világtalálkozókat** szervezett, amelyeken a részt vevő államok képviselői megvitatták a globális problémákat, és a helyzet kezelését szolgáló megállapodásokat is elfogadtak.

Gazdasági és társadalmi alternatívák

A gazdaság szabályozása

A bioszféra állapotát befolyásoló emberi tevékenység legnagyobb részben gazdasági folyamatokkal kapcsolatos. Ebben ugyanúgy felismerhetők az egymásba ágyazódó rendszerszintek, mint a természet esetében. A 21. század elejére meghatározóvá vált a **globális gazdaság**, amely az áruk, szolgáltatások és a munkaerő szabadpiacára épül. Ezen belül összefüggő régiókat lehet megkülönböztetni, ilyen például az Európai Unió vagy Délkelet-Ázsia. Ezeket **nemzetállamok** alkotják, de szerepük a **transznacionális vállalkozások** térnyerése miatt jelentősen csökkent. Míg az egyes nemzetek törvényi szabályozása a határaikon belül érvényes, addig a több országban vagy a globális gazdaság szintjén működő vállalkozásokkal szemben ezek nehezebben érvényesíthetők (1. ábra).



1. A nemzetközi munkamegosztás a gazdaságot ugyan élénkíti, de könnyebben vezet a Föld kizsákmányolásához

Keress információkat! Elemezz!

1) Az 1992-es Környezet és Fejlődés Konferencián született meg a Biológiai Sokféleség Egyezmény, az Éghajlatváltozási Keretegyezmény, elfogadták a fenntartható erdőgazdálkodás alapelveit és foglalkoztak a sivatagosodás problémájával is. Ezek közös alapelveit a Riói nyilatkozatban rögzítették. Keress információkat és válaszolj a kérdésekre!

- **Melyek a nyilatkozat aláíróinak legfontosabb céljai?**
- **Hogyan határozza meg az Egyezmény a fenntarthatóság fogalmát?**
- **Melyek a természeti rendszerek fenntarthatóságát szolgáló legfontosabb elvek és cselekvési lehetőségek?**

2) Az európai, vadon élő élővilág és a természetes élőhelyek védelméről az egyik első regionális egyezményt Európában fogadták el 1979-ben, Bernben.

- **Mi volt a Berni Egyezmény alapvető célkitűzése?**
- **Az egyezmény függeléke konkrét intézkedéseket is felsorol, melyek a legfontosabbak?**

A fenntarthatósággal összefüggő probléma, hogy a természeti erőforrások nem a valós értékükön kerülnek be a gazdasági modellekbe. Ezek a közvetlen gazdálkodáson kívüli **externáliák,** mint például a levegő, a víz vagy a talaj és a természetes életközösségek. Az általuk elérhető haszon (pl. a talaj termőképessége vagy a vízkészletek használata) a vállalkozások számára pozitív, nyereséget termel. Ezzel szemben ennek negatív oldala **társadalmi költségként** jelentkezik. Ilyen például a hulladékkezelés, a környezetszennyezés egészségügyi következményeinek költsége vagy a természetes életközösségek védelméhez szükséges ráfordítások.

A fenntartható fejlődés érdekében ezeket a külső hatásokat a gazdasági szereplők számára érzékelhetővé kell tenni. Ezzel elérhető lenne, hogy a társadalmi és egyéni hasznok és költségek megegyezzenek. Nehezíti a számításokat, hogy a természeti szolgáltatások értékének meghatározása nem egyértelmű. A nézőpontok szerint léteznek magasabb és alacsonyabb becslések (például a WWF ennek globális mértékét 10 billió /10^{12}/ dollárra teszi 2050-ig, ami több tízszer nagyobb, mint ebben az időszakban az USA teljes gazdasági teljesítménye). Jó megoldás lehetne az érdekeltek közötti **kompromisszum,** tehát ha a gazdasági szereplők részben vagy egészében felvállalnák ezeket a költségeket. A másik lehetőség a törvényi szabályozás, például környezetvédelmi termékdíjak, adók kivetése (üzemanyagokra, gumiabroncsokra stb.). Ezzel az újrahasznosítás, a **körkörös gazdaság** is erősíthető (2. ábra).

2. Újrahasznosítás előtt összegyűjtött használt gumiabroncsok

3. Részben vízzel borított Duna menti ártér

Ökológiai gazdálkodás

Az erdők, füves területek és vizes élőhelyek helyére a Föld jelentős részén szántóföldek, művelt területek léptek. Jókora részük nem szolgálja közvetlenül fogyasztható élelmiszerek termelését, hanem állati takarmányt vagy ipari nyersanyagot állítanak elő rajtuk.

Az állattenyésztés intenzív technológiái nemcsak a talajt, hanem a vizeket is jobban terhelik, mint például a **hagyományos legeltető gazdálkodás**. A hajdani pásztorok, gulyások tudása hazánkban is hozzájárulhat például a gyepterületek természetközeli életközösségének fenntartásához.

A vizes élőhelyek védelme a klímaváltozással egyre inkább előtérbe kerül. Hazánkban ennek azért is nagyobb a jelentősége, mert a Kárpát-medence folyói a vízgyűjtő területekről hozott csapadék jóvoltából jelentős vízmennyiséget szállítanak. A korábbi árterületek hiányában ma gyorsan átfolyik az országon az összegyűjtött csapadék. Az éghajlatváltozás következtében várhatóan ennek mennyisége csökken, gyakrabban lesznek aszályos, illetve árvizes időszakok. Az ökológiai gazdálkodás azt jelentené, hogy törekedni kellene a folyóvizek visszatartására, amit nemcsak gátakkal, hanem az **ártéri (fok-) gazdálkodással** lehetne elérni. Az időszakosan elöntött területeken a folyók hordaléka a talaj tápanyag-utánpótlását is biztosíthatná, de lehetőséget adna hagyományos gyümölcsfajták vagy zöldségfélék termesztésére is (3. ábra).

A **biogazdálkodás** célja a természetes talajerő-utánpótlás és növényvédelem biztosítása, Ennek érdekében a legtöbb mesterséges vegyi anyagot mellőzik, előnyben részesítve a komposztálás, a többféle növényből álló kultúrák vagy a biológiai védekezés eszközeit. A biotermékek ára valamivel magasabb, de az egészség- és környezettudatos vásárlók világszerte keresik ezeket (4. ábra).

4. A lakás környezetében, virágládában termelt biozöldség

A **genetikailag módosított élőlények** (GMO-k) használatának alapelve a maximális óvatosság. Ha lehetségesek káros hatások, akkor addig is, amíg ennek ellenkezőjét sikerül bizonyítani, járjunk el úgy, mint a valós veszélyek esetében. Hazánkban a génmódosított növények termesztését törvény tiltja. A másik alapelv a **fogyasztók tájékoztatása**, ami nemcsak a génmódosított összetevőkre, hanem a vegyi anyagokra is vonatkozna. Az élelmiszerek esetében az alapanyagokat feltüntetik a csomagoláson, míg a vegyi szennyezőket esetenként vizsgálják. Ez a nemzeti szakhatóságok (pl. hazánkban a Nébih) feladata, de nemzetközi civil szervezetek (pl. Greenpeace) is végeznek időnként méréseket.

A természetközeli erdők esetében a korábban alkalmazott tarvágás helyett fontos lenne az állandó erdőborítást biztosító művelési módok alkalmazása. Valamennyi fa kivágása helyett a vegyes életkorú faállományból csak a vágásra éretteket emelik ki. A helyükön megnövekvő fénymennyiség segíti az újulat és az aljnövényzet fejlődését, és az állatok élőhelyei sem károsodnak nagyobb mértékben. A természetes állapotú **őserdőkben** semmilyen emberi beavatkozás nem történik, ez szolgálná legnagyobb mértékben a biodiverzitás megőrzését. Miközben például Dél-Amerikában vagy Délkelet-Ázsiában csökken az őserdők területe, Európában van példa ilyen fokú természetvédelmi oltalom alá helyezésre.

A média szerepe

A fenntarthatóság fontos szemponttá vált a vállalkozások önmagukról kialakított képében is. A természetfilmek, a civil környezet- és természetvédő szervezetek honlapjai mindennapi döntéseink, életvitelünk következményeire hívhatják fel a figyelmünket. Ezek a témák a napi hírek között is helyet kapnak, elsősorban negatív előjellel, mint például a veszélyben lévő vagy éppen invazív fajokról szóló beszámolók. Találhatunk azonban pozitív híreket is, például egy sérült életközösség helyreállításával kapcsolatban. A reklámokban is terjed a környezettudatos szemlélet, bizonyos termékek esetében a „zöld címke” ténylegesen hordoz valós jelentést.

Személyes szerepvállalás

A környezeti rendszerekben végbemenő folyamatok előidézőiként a következményekért mi magunk is felelősek vagyunk. A **szokások, viselkedésmódok** és helytelen gyakorlatok megváltoztatása nem könnyű, gyakran csak több nemzedék alatt lehet eredményes. A változás első lépése az a felismerés lehet, hogy ezek a hétköznapi cselekedetek globális szinten összeadódva mekkora károkat okozhatnak. A második lépés nemcsak értelmi, hanem érzelmi jellegű is. Elhatározásra kell jutnunk, hogy ezeket a károkat csökkenteni kell, ahhoz pedig a **személyes döntéseink** is hozzájárulhatnak. Ha tudatosan megtervezzük a magunk vagy a családunk vásárlásait, ha eldobás helyett javítjuk az elromlott berendezéseket, ha nem vásárolunk mindenből újat, máris csökkentettük a környezet terhelését. A húsfogyasztás csökkentése a földhasználatban hozna kedvező változást, a helyi termelőkkel való kapcsolattartással egészségesebb élelmiszerekhez is juthatnánk. A tömegturizmus okozta problémák a koronavírus világjárvány miatt csökkentek, de később sem felelős magatartás olcsó repülőjáratok választása (7. ábra). Az éghajlatváltozás növekvő kockázatai miatt fontos lenne az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, amihez a lakóházak megfelelő energetikai kialakítása és a gépkocsihasználat csökkentése is hozzájárulhat.

5. Európai bölény a Białowieżai-erdőben

Keress információkat!

Európa legnagyobb őserdeje a Lengyelország és Fehéroroszország határán található Białowieżai-erdő. Keress információkat az interneten, és válaszolj a kérdésekre!

- **Mekkora területen helyezkedik el ez az erdőség?**
- **Mely típusú természetvédelmi oltalom alatt áll?**

Alkoss!

- **A talált szöveges és képes információk alapján állíts össze egy rövid, az erdei látogatáshoz kedvcsináló összefoglalót!**

6. A környezet- és természetvédelmet jelképező társadalmi célú reklám

7. Mindent ismersz már a környékeden? Van, aki azért kel útra messziről, hogy megnézhesse.

Gondolkodj!

Keress a televíziós, internetes vagy közterületi reklámokban olyan hirdetéseket, amelyek valamilyen formában „zöld” jelszavakat, jelképeket hordoznak!

– Hogyan tudnád ellenőrizni a hirdetett termékkel vagy szolgáltatással kapcsolatos információk valóságtartalmát?

– Keress példát az úgynevezett greenwashing jelenségre, amikor egy szervezet látványos fenntarthatósági lépésekkel tereli el a súlyosabb problémáról a figyelmet!

Alkoss véleményt!

– Mennyire tartod hitelesnek és meggyőzőnek a reklám környezeti hivatkozását?

Elemezz! Gondolkodj!

Keress az interneten ökológiailábnyom-kalkulátort! Végezz számításokat a kalkulátor segítségével különféle beállításokban!

– Milyen értéket kapsz a tényleges (személyes és családi) adataiddal?

– Hogyan tudnád csökkenteni a lábnyomod nagyságát a háztartás, az étkezés vagy az utazási szokások alakításával?

– Állíts össze személyes teendőkkel kapcsolatos listát, amivel hozzá tudnál járulni a természet megóvásához!

- A bioszféra globális szintű védelméhez a nemzetek közötti együttműködés is nélkülözhetetlen.
- A biodiverzitás védelmét nemzetközi egyezmények szolgálják, ilyen például a biológiai sokféleség egyezmény, a berni egyezmény vagy a rámszari egyezmény.
- A környezet- és természetvédelem érdekében az ENSZ is megfogalmaz ajánlásokat, amelyek a tagállamok számára irányadók.
- Az emberiség a gazdaság és a társadalom területén is környezeti kényszerekkel néz szembe, de rendelkezésre állnak a fenntarthatóságot szolgáló cselekvési lehetőségek, alternatívák is.
- Az alternatívák között kedvező hatású lehet az újrahasznosítás, a körkörös gazdaság, az ökológiai gazdálkodással történő élelmiszer-termelés, a klímaváltozáshoz igazodó erdő- és vízgazdálkodás.
- A globális környezeti problémák minden embert érintenek, felelősségünk közös, ezért a személyes cselekvésünkkel sokat tehetünk a megoldás, a veszélyek és károk csökkentése érdekében.

43. Összefoglalás

Ábrajegyzék

(rövidítések: b = bal, j = jobb, f = felső, a = alsó)

Fotók:

Shutterstock, ebből szerkesztői: 57 (yakub88), 61/16 (Carolyn Hutchins), 80/7 (Andrew Makedonski), 82/2 (imagestockdesign), 82/3 (joserpizarro), 89/5 (Petr Bonek), 190/13 (Peter Leee), 223/4 (Theastock), 226/11 (i viewfinder), 285/9 (kateafter), 292/7 (smereka), 301/26 (Thiago B Trevisan), 303/36 (David A Litman), 304/39 (franco lucato), 310/6 (Goode photography), 310/8 (StockphotoVideo), 311/9 (nrqemi), 311/10 (sunsinger), 315 (G-Stock Studio)

kivéve –

Cultiris: 35/2, 38/8, 45/4, 169/ja, 289/1, 290

Digitaljournal: 149/1

iStock: 15/bf, 25/bf, 35/bf, 44/bf, 149/bf, 224/6

NASA: 86

Országalbum: 216/ba (zeketomi/CC BY 4.0), 318/7 (sherad/CC BY 4.0)

Thinkstock: 5, 19/2, 92/bf, 219/2

Wellcome Collection: 176 (CC BY 4.0)

Wikimedia: 25/2 (CC0), 262/7 (Bouba/CC BY-SA 3.0), 308/3 (Jonathan Wilkins/CC BY-SA 3.0)

Grafikák:

Baróthy Andrea

kivéve –

NASA: 293/11

Natura.2000.hu: 241/10

Polarportal.dk: 295/3

Shutterstock: 9/2, 9/4, 11/8, 13/12, 14/13, 16/17, 21/5, 24/10, 26/4, 29/9, 30/10, 33/16, 36/bf, 37/4, 40/13, 41/16, 42/17, 46/5, 51/ja, 52, 53/jf, 56/1, 56/2, 57/5, 58, 62/18, 63/1, 64/2, 69, 70/15, 72/3, 75/bf, 75/8, 77/1, 84/6, 85, 86/1, 87/2, 88, 93/3, 94/5, 95/7, 97/ja, 102/19, 103, 105/2, 107/12, 109, 112, 114–117, 118/13, 121–123, 127, 128/5, 130/9, 131/10, 135/3, 139–140, 145–147, 150, 151/4, 153–155, 162, 166/5, 174/1, 184/3, 187–188, 195/ba, 203/ja, 204/1, 205/4, 252, 254/1, 255/4, 256, 259/1, 283/5, 284/7, 285/10, 286, 291/6,

Stiefel: 216/10

Wikimedia: 97/bf (CC0)

Oktatasi Hivatal
1055 Budapest, Szalay utca 10–14.
Telefon: (+36-1) 374-2100
E-mail: tankonyv@oh.gov.hu

Raktári szám: OH-BIO910TA/II

A kiadásért felel: Brassói Sándor mb. elnök
Tankönyvkiadási osztályvezető: Horváth Zoltán Ákos
Műszaki szerkesztő: Knausz Valéria
Grafikai szerkesztő: Nagy Áron
Nyomdai előkészítés: Visnyei Ottó László

Terjedelem: 41,2 (A/5) ív, tömeg: 883,5 gramm
1. kiadás, 2022

Gyártás: Könyvtárellátó Nonprofit Kft.
Nyomta és kötötte:
Felelős vezető:
A nyomdai megrendelés törzsszáma:

magyar nyomdatermék
NYOMDA- ÉS PAPÍRIPARI SZÖVETSÉG