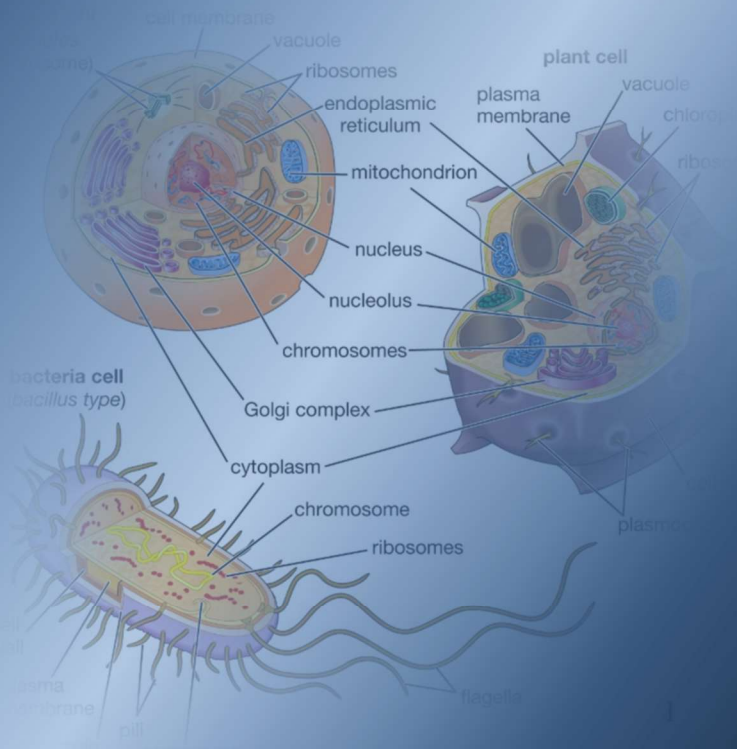
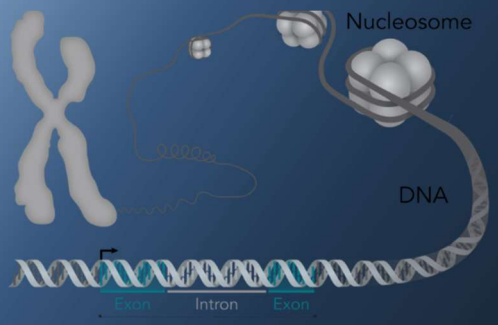
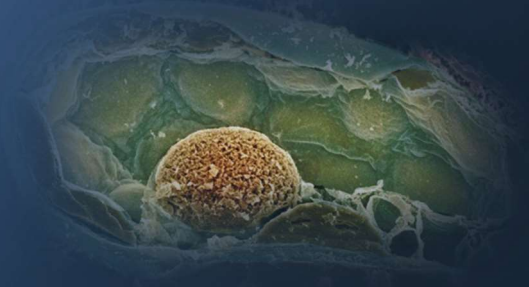
A SEJT ÉS A GENOM SZERVEZŐDÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

Készítette Vizkievicz András







A sejt és a genom szerveződése és működése

Készítette Vizkievicz András

Nem sejtes szerveződésű rendszerek
A vírusok

A vírusok felépítése

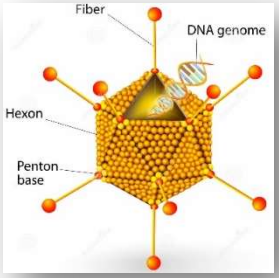
A vírusok fertőzőképes, kórokozó sejtparaziták, makromolekuláris rendszerek, melyek nem érik el a sejtes szerveződés szintjét, nem tekinthetők élőlényeknek, az élő és az élettelen világ határán állnak.

Méret

Nanométeres nagyságrendűek, 20 - néhány száz nm (1nm = 10^{-9} m), csak **elektronmikroszkóppal** láthatók néhány 10 000 x-es nagyítás mellett.

Szerkezet

Nem érik el a sejtes szerveződési szintet, csupán **kétféle anyagból** állnak.



- **A vírus belső részében található az örökítőanyag,** amely lehet **DNS** vagy **RNS**. Az **örökítőanyag** feladata a vírus felépítésére vonatkozó információ tárolása.
- **Perifériásan** egy **fehérjeburok** található, melyet **toknak** nevezünk. **Feladata az örökítőanyag védelme**, ill. lehetővé teszi a **megtapadást** a gazdasejten.

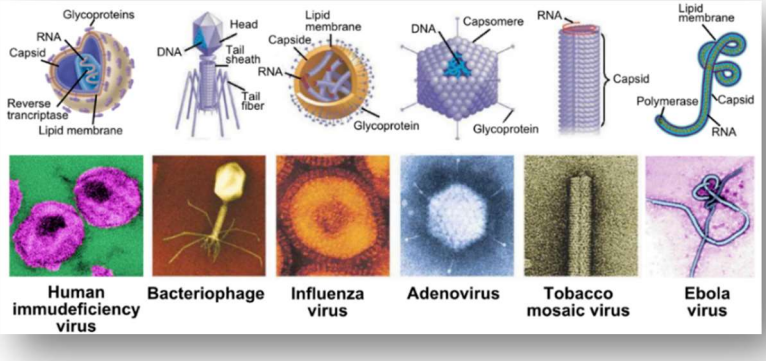
A fehérjeburok felépítése alapján a **vírusok 4 csoportba sorolhatók**.

1. **Helikális** (spirális), ahol az örökítőanyaghoz csavarvonal mentén kapcsolódnak a fehérje alegységek, pl. a **himlő vírusa,** dohánymozaik vírus.

2. **Kubikális** (köbös), ahol a fehérjeburok szabályos kristályszerkezetű ikozaéder (20 egyenlő oldalú háromszög által határolt idom), pl. a **bárányhimlő**, a gyermekbénulás vírusa.

3. **Kombinált (binális),** amelynek van helikális és kubikális része, pl. a **bakteriofágok** és egyes rákkeltő RNS vírusok.

4. **Burkos vírusok,** ahol a vírust a gazdasejt sejthártyájából származó hártya burkolja be, pl. az AIDS vírusa a **HIV**, **influenza** vírus.



A vírusok „életmódja”

A vírusok **nem tekinthetőek sem élőnek, sem élettelennek**, az **élő és az élettelen rendszerek határán állnak.**

A vírusnak **két megjelenési formája** ismert:

1. **virion** a sejten kívüli fázis, amely **élettelen**, kristályos szerkezetű.
2. A sejten belüli **vegetatív fázis**, amely a működő, **szaporodó vírus**.

A vírusok **önmagukban semmilyen életjelenséget nem mutatnak**, **nincs anyagcseréjük**. A vírusok kizárólag azáltal képesek szaporodni, hogy **megtámadnak valamilyen sejtet**, behatolnak, átszervezik a sejt működését, **arra kényszerítik**, hogy a saját anyagait felhasználva, a **bejutott vírushoz hasonló vírusokat hozzon létre**. A folyamat a sejt pusztulásához vezet. Ez a jelenség a **parazitizmus** vagy **élősködés**.

A vírus által **megtámadott sejtet gazdasejtnek** nevezzük. A gazdasejt típusától függően beszélünk:

- **emberi**: influenza, kanyaró, fertőző májgyulladás, agyvelőgyulladás, rubeola,
- **állati**: sertés és baromfi pestis, száj és körömfájás, veszettség,
- **növényi** vírusokról,
- **bakteriofágokról**.

A vírusok többsége **gazdaspecifikus**, azaz kizárólag a rá jellemző gazdaszervezetben képes szaporodni. **Kivételek is ismeretek, ilyen pl. a veszettség**, száj és körömfájás, tehénhimlő, stb. vírusa.

A vírus tehát

- **nem élő**, mert a **gazdasejt nélkül nem képes szaporodni**, **nincs önálló anyagcseréje**.
- **De nem is élettelen**, mivel a **gazdasejtbe jutva, annak anyagait felhasználva szaporodni képes**, megváltoztatja a gazdasejt működését.

Virulenciával egy konkrét kórokozó **számszerűen megadható megbetegítő képességét** adják meg. A kórokozó virulenciáját annak alapján ítélik meg,

- hogy hányan betegedtek meg,
- milyen súlyosságúak voltak a megbetegedések,
- illetve a fertőzöttek hány százaléka hal meg a fertőzés következtében.

Fertőzésről (infekció) akkor beszélünk, ha a **kórokozó behatol a szervezetbe és ott megtelepedve elszaporodik.**

Járványról (epidémia) akkor beszélünk, ha **ugyanazon betegség sokszoros, egyidejű fellépését tapasztaljuk**, bizonyos terület lakói között. (Lásd még prokarióták jegyzet.)

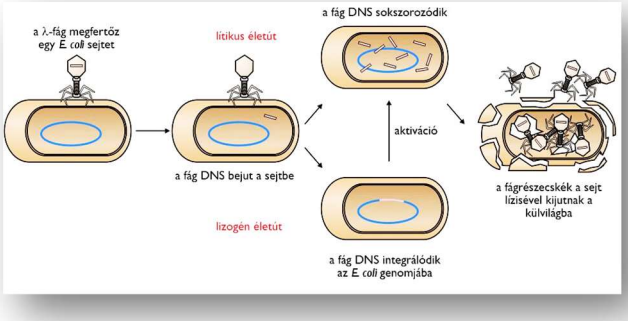
A betegség lehet

- **akut** vagy **heveny**, ha 6 héten belül véget ér, ill.
- **idült** vagy **krónikus**, ha 6 hétnél tovább tart.

A **vírusbetegség jellegzetes tünete a magas láz**. A vírusok legjobban 35-36 Celsius fokon szaporodnak, így a láz nem kedvez a szaporodásnak.

A fertőzés lefolyása

- A **virion** a közeg áramlásával jut el a gazdasejthez, mivel **önálló mozgásra képtelen**.
- A virion **megtapad a gazdasejt felületén**. A megtapadás specifikus **víruskötő helyeken** (**receptorokon**) történik. A receptorok mindig az adott sejttípusra jellemzőek, így ezért **gazdaspecifikusak** a vírusok.
- Bakteriofágok esetén a megtapadás fehérjefonalakkal történik, majd a talpon található **enzim** (lizozim) **kilyukasztja a sejtfalat**. A lyukon keresztül a **DNS a sejtbe injektálódik, a burok kívül marad**.



A **sejten belül** a vírusok kétféleképpen viselkedhetnek:

1. A **vírus DNS beépül a gazdasejt DNS-ébe**. Ilyenek pl. az RNS tumorvírusok, herpesz vírusok, a HPV, HIV. A beépülés után a vírus sokáig észrevétlen maradhat, majd még nem tisztázott okok miatt – pl. immunrendszer legyengülése - aktívvá válhat.
2. A bejutás után **azonnal megkezdődik az új vírusok képzése**. A sejt elpusztul, szétszakad.

Video

https://drive.google.com/file/d/1zz-1oR_N92YwaTJPztqU1wzJheSAMwdV/view?usp=sharing

A vírus betegségekről

A tudomány jelenleg olyan vírusellenes gyógyszert nem ismer, amely megfertőződés esetén a vírusokat maradéktalanul megsemmisíti. Ugyanakkor pl. a hepatitis-C és a HIV ellen ismertek már olyan hatóanyagok, melyeknek köszönhetően a vírus gyakorlatilag eltűnik a testnedvekből, miáltal ún. tartós vírusmentesség érhető el.

Egyrészt a virion nem élő szervezet, ezért elpusztítani nem lehet, másfelől a vírus vegetatív formája a gazdasejten belül van, így csak a sejttel együtt lehetne megsemmisíteni, azonban a gyógyszerek nem tudják a fertőzött sejteket megkülönböztetni az egészségesektől.

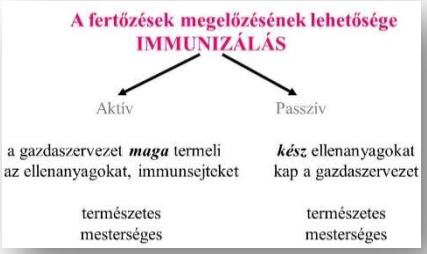
A **vírusbetegségekkel szembeni védekezés** leghatékonyabb módja a **megelőzés**. Ez többek között **immunizálással** lehetséges.

Az **immunizálás** lehet

- **mesterséges**, különféle **védőoltásokkal**,
- ill., történhet **természetes** módon,

továbbá lehet

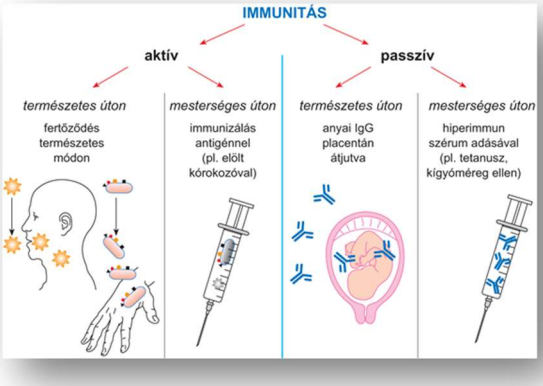
- **aktív** vagy
- **passzív, attól függően, hogy az immunizálandó szervezet immunrendszere részt vesz-e a folyamatban vagy sem.**



Mesterséges aktív immunizáláskor a **kórokozó egy ártalmatlan**, de ugyanakkor **jellemző darabját juttatjuk be a szervezetbe** oltóanyag formájában (ún. **legyengített kórokozót**), ezt az immunrendszer megjegyzi, kialakítja ellene a megfelelő immunválaszt, pl. **ellenanyagot termel** vele szemben, és amikor legközelebb a patogén megjelenik a testben, gyorsan lezajlik a kórokozót megsemmisítő immunfolyamat a kialakult **immunmemóriának** köszönhetően. Ezt a védőoltást gyakran kísérheti enyhe betegségtünet, láz, ami az immunrendszer működésének köszönhető. Ilyen pl. az influenza, hepatitis elleni oltás.

Természetes aktív immunizáláson esünk át, mikor **természetes úton megfertőződünk**, majd az immunrendszerünk leküzdi a betegséget és **kialakul az immunmemória**, ilyen pl. a bárányhimlő ellen gyerekkorban megszerzett védettség.

Passzív mesterséges immunizálásról akkor beszélünk, ha **más állatból kivont ellenanyagot juttatunk a szervezetbe**, ilyen pl. tetanus baktériumok elleni oltás, vérzéssel járó mélyebb sebek keletkezésekor. Ebben az esetben, mivel a saját immunrendszerünk nem játszik szerepet a védettség kialakításában (azaz passzív), **nem alakul ki immunmemória**, aminek következtében a **hatás csupán néhány hétre korlátozódik**, amig a beadott ellenanyagok a vérben le nem bomlanak.

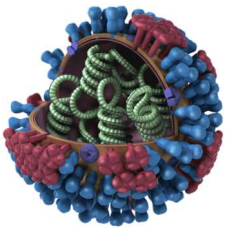


Passzív természetes immunizálás folyamata során, **természetes úton ellenanyag jut be a szervezetbe**, pl. az anyatejjel csecsemőkorban, ill. méhlepényen keresztül a magzati korban.

Fontosabb emberi vírusos betegségek, mint pl. influenza (pl. H1N1), AIDS, HPV **tünetei, ill. veszélyei**

Influenza

Az influenzát **magas láz, orrfolyás, köhögés, fejfájás, rossz közérzet, az orr és a légutak nyálkahártyájának duzzanata, végtagfájdalom** jellemezi. Az influenzavírusok az egyéb légúti fertőzések kórokozóihoz hasonlóan a köhögéskor, tüsszögéskor és beszéd közben keletkező légúti váladékcseppecskék révén, **cseppfertőzéssel terjednek**, **elsősorban a tüdő hámsejtjeit támadják meg**. A megbetegedés elsősorban a légzőrendszert és a keringési rendszert érinti. **Szövődményei lehetnek: tüdőgyulladás, szívizomgyulladás, agyvelőgyulladás.** A **beteg** leggyakrabban **magától meggyógyul**; javasolt az **ágynyugalom**, valamint a megfelelő **folyadékpótlás**.



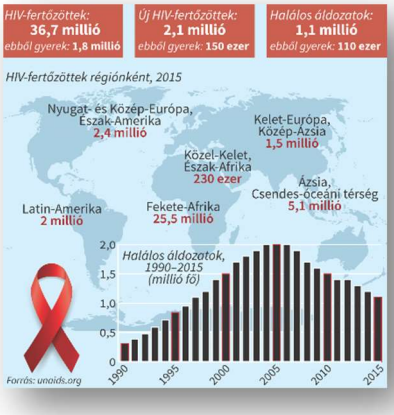
Minden évben újra és újra kialakulnak az influenzajárványok, mivel a a vírusok szerkezete gyakran megváltozik, s így az immunrendszer nem ismeri fel a korábban már leküzdött kórokozót.

A vírus állatok közvetítésével nagyobb genetikai változáson is átesik időnként, ami az ember immunrendszerét felkészületlenül érheti, ezért világméretű, igen súlyos járványok alakulhatnak ki, mint pl. 1918-ban a spanyolnátha (egyesek szerint madárinfluenza).

http://mult-kor.hu/20140430_megfejtettek_a_spanyolnatha_rejtelyet

HPV (Human Papilloma Vírus)

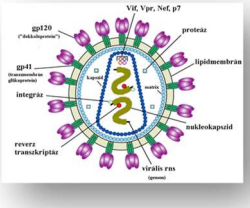
A HPV **szexuális úton terjedő kórokozó**, mely rendellenes sejtburjánzás következtében kialakuló **szemölcsöket** okozhat a szervezet külső **hámfelületein, a bőrön, a nemi szerveken és a végbélnyílás körül**. **Rendkívül elterjedt kórokozó,** a népesség mintegy fele élete során átesik HPV fertőzésen, de nagy részük a fertőzést leküzdi, így nem alakul ki benne semmilyen tünet. A HPV kórokozók eddig több mint 130 ismert típusát azonosították, melyeket **daganatkeltő képességük alapján különböző kockázatú csoportokra osztották**. A magas kockázatú vírusok olyan daganatos betegségek kialakulásában játszhatnak közre, mint a **méhnyakrák**, a hímvessző, a hüvely rákja, bizonyos szájüregi rákok, valamint a **végbél laphámrákja**. A HPV vírusok genetikai anyagukat beépítik a gazdaszervezet örökítő anyagába.



AIDS

Acquired **I**mmuno **D**eficiency **S**yndrome (Szerzett Immunhiányos Tünetegyüttes)

Az **AIDS betegség** vírusa a **HIV**, amely az **immunrendszer sejtjeit támadja meg és pusztítja el**, aminek következtében néhány év alatt a szervezet teljesen kiszolgáltatottá válik a különféle fertőző megbetegedéseknek. Igen súlyos betegség, kezelés nélkül **halállal végződik**.



A betegség 1980-as években, az USA-ban fiatal homoszexuális férfiak körében jelent meg. Később fertőzött vérkészítményekkel, közös injekciós tű használattal, prostitúcióval terjedt tovább. Mára világméretű járvánnyá vált, jelenleg kb. 37 millió vírusfertőzött ismert.

A vírus valószínűleg majmokból – SIV- került át az emberbe Afrikában.

A HIV szerkezete

- **Retrovírus**, azaz **RNS az örökítőanyag,** amely a sejtekben először DNS-é másolódik.
- **Tok** (kapszid).
- **Peplon**: kettős **membrán**.

Video

https://drive.google.com/file/d/1V7xtd6MtVYo0ZI3TSRUC4oU_v3NoXyzu/view?usp=sharing

A fertőzés terjedése

- Védekezés nélküli **szexuális úton.**
- **Fertőzött vérrel** vagy vérkészítménnyel.
- **Anyáról gyermekre (méhen belüli fertőzés, szülés** és **szoptatás** során).
- Injekciós **intravénás kábítószer által.**
- Nem megfelelően sterilizált orvosi eszközök révén.

Nem terjed…

- **kézfogással,**
- **puszival,**
- **rovarcsípéssel,**
- **közös WC használattal,**
- **együtt fürdéssel, stb.**

A tünetek

HIV-fertőzés lefolyása 3 szakaszra osztható.

1. Kezdeti fertőzés,
2. tünetmentes szakasz,
3. súlyos immunelégtelenség (=AIDS!).

- 3-6 héttel a fertőzés után influenzára emlékeztető tünetek jelentkezhetnek, esetleg nyirokcsomó megnagyobbodás tapasztalható.
- A vírus elleni antitestek a fertőzés után 1 hét - 3 hónap múlva mutathatók ki.
- A fertőzés után **akár évekig tartó lappangási szakasz** következhet (1-15 év), ekkor már **HIV pozitivitásról** beszélünk, a vírus a szervezetből nem ürül ki.
- Amikor az immunsejtek száma egy bizonyos érték alá csökken, kialakul az AIDS betegség.

Ez hajlamot jelent ún. opportunista fertőzéses betegségekre, azaz minden olyan kórokozó, ami a normál immunitású emberekre veszélytelen, az AIDS betegeknél súlyos, akár életveszélyes állapotot is elő tud idézni, pl. tüdőgyulladás, hasmenés, gombásodás, TBC, hepatitis-B, hepatitis-C stb., egyes daganatos megbetegedések kockázata sokszorosára növekszik, mint pl. a Kaposi-szarkómáé.

http://www.termeszetvilaga.hu/tv99/tv9905/aids.html

A 2020. évben azonosított új koronavírus (SARS-CoV-2) okozta fertőzések (COVID-19)

(Olvasmány) Forrás: koronavirus.gov.hu

A koronavírusok alapvetően állatok körében fordulnak elő, ugyanakkor egyes koronavírus törzsekről ismert, hogy képesek az emberben is fertőzést okozni. A koronavírusok mind állatról emberre, mind emberről emberre terjedhetnek. **A mostani járványt okozó új koronavírus 2019 végén került azonosításra Kínában**. Az új koronavírus elnevezése „súlyos akut légúti tünetegyüttest okozó koronavírus 2" (SARS-CoV-2), az általa okozott megbetegedés pedig a „koronavírus-betegség 2019" (**Co**ronav**i**rus **D**isease 2019), melynek rövidített elnevezése a COVID-19. Ez a vírustörzs a kínai Vuhanban a 2019 decemberében kitört járvány előtt ismeretlen volt.

A **koronavírusok** lipid burokkal rendelkező, egyszálú **RNS vírusok**. A koronavírus fertőzések okozta **megbetegedések változó súlyosságúak** lehetnek: a hétköznapi náthától a súlyosabb, halálos kimenetelű légúti megbetegedésekig.

Terjedés módja: az emberről-emberre történő terjedés jellemzően **cseppfertőzéssel** és a **fertőzött váladékokkal** történő direkt vagy indirekt **kontaktussal** történik.

Lappangási idő: a jelenlegi adatok szerint általában **5-6 nap** (2-14 nap).

Fertőzőképesség tartama: az eddigi adatok alapján a **fertőzőképesség a tünetek meglétekor a legnagyobb**, de jelenlegi ismereteink szerint fertőzőképesség előfordulhat a megbetegedés kezdete előtt is. A fertőzőképesség valószínűleg a tünetek súlyosságával arányos.

Jelenlegi ismereteink szerint az új koronavírussal történő fertőződés esetén a légúti mintákból a tünetek megjelenését megelőző 1-2 napban már kimutatható a vírus. Közepes súlyosságú megbetegedés esetében 7-12 napig, súlyos megbetegedés esetén akár 2 hétig is kimutatható a vírus a légúti mintákban, a fertőzőképesség feltehetően ugyanebben az időszakban áll fenn.

Az új koronavírussal történő fertőződés esetén a **legtöbb emberben kialakul a megbetegedés**. Ritkák az olyan esetek, ahol tünetmentesen zajlik le a fertőzés (becsülten 1-3%).

A WHO adatai szerint a megbetegedés jellemzően **lázzal** (a betegek 88%-ánál), **száraz köhögéssel** (68%), fáradékonysággal (38%) jár. Előfordul nehézlégzés (19%), torokfájás (14%), fejfájás (14%), **izom- vagy ízületi fájdalom** (15%), **hidegrázás** (11%). Ritkább tünet a **hányás** (5%), **hasmenés** (4%).

A betegség leggyakrabban (kb. 80%-ban) enyhe vagy közepesen súlyos formában zajlik, ekkor a klinikai kép az enyhe légúti fertőzéstől a nem súlyos tüdőgyulladásig terjedhet.

A **halálozás 2-3% között változik**, amelyet jelentősen befolyásol a vírus terjedésének intenzitása, illetve az érintett terület jellemzői (pl. demográfiai mutatók, egészségügyi ellátáshoz való hozzáférés), általában **legmagasabb az idősek körében**.

A **betegség súlyos formája leginkább a 60 évnél idősebbeket és a krónikus alapbetegségben** (pl. magas vérnyomás, cukorbetegség, szív- és érrendszeri, krónikus légúti megbetegedés, malignus megbetegedés) **szenvedőket érinti**.

A megelőzés lehetősége, hogy a **szervezet ellenállóképességét, az immunrendszert különböző vitaminok szedésével, ill. megfelelő életmóddal megerősítjük**. Vírusellenes vitamin nincsen, de pl. a C és D vitamin esetében az általános kondicionáló szerepük fontos lehet. Ezért fontos a megfelelő mennyiségű vitamin és nyomelem bevitele, amelyet a kora tavaszi hónapokban a természetes forrásokon kívül vitaminkészítmények szedésével lehet elérni.

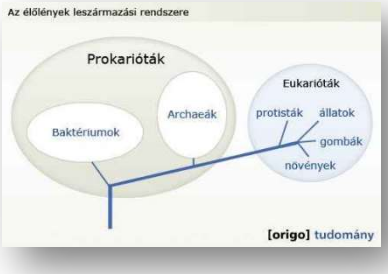
A **fizikai erőnlét és a szellemi aktivitás fenntartása** legalább ilyen fontos. A bezártság hajlamosít az inaktivitásra és régi orvosi tapasztalat, hogy a **fizikai inaktivitás**, különösen, ha az esetleg hetekre, hónapokra terjed ki, komolyan **legyengíti a szervezetet**, mely hajlamosíthat fertőzésekre is.

A **megfelelő táplálkozás** is a védekezéshez szükséges külső erőforrást biztosítja. Veszélyes, ha a mozgásszegény életmód kalóriagazdag táplálkozással párosul.

A **fertőzés ellen a leghatékonyabb védekezés az elővigyázatossági, ill. higiénés szabályok betartása**, a gyakori és alapos kézmosás, valamint az orr, száj és szem érintésének, dörzsölésének kerülése, szájmaszk megfelelő viselése nyilvános helyeken.

Sejtes szerveződés

A prokarióták



A prokarióták csoportjai

A biológia tudománya az **élők világát** két alapvető egységre – **birodalomra** - osztja:

- a **prokariótákra** és az
- **eukariótákra**.

A prokarióták a legegyszerűbb felépítésű, már sejtes szerveződést mutató élőlények.

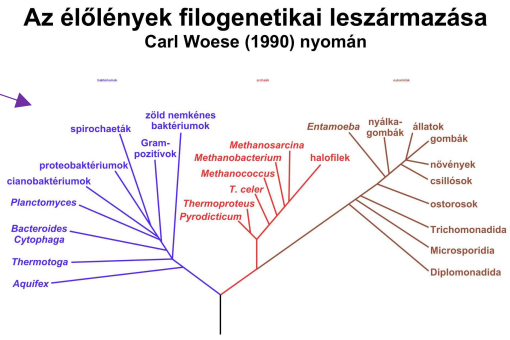
A **prokarióták** (legszembetűnőbb) közös **sajátsága**, hogy **sejtjeikben nincs** membránnal körülhatárolt **sejtmag**. (Pro=előtt, karion=mag gör.). Ezen kívül persze számos eltérés van e két birodalom között, a pro- és az eukarióták között nagyobb a különbség, mint az állatok és a növények között, a törzsfejlődés során kb. 2,5 milliárd évre volt szükség ahhoz, hogy a prokarióták kialakulását követően az első eukarióták megjelenjenek.

Földünk legrégibb ismert élőlényei. **Legkorábbi geológiai maradványaik a sztromatolitok, kb. 3,4 milliárd évesek**. A **sztromatolitok** réteges, **párnaszerű** üledékes **kőzetek**, amelyek egyes ősi kékbaktériumok sejtjei körüli mészkiválás eredményeképpen jöttek létre.

Abban az időben a **földi légkör nem tartalmazott oxigént**, tehát az **ekkor élt baktériumok anaerobok voltak**. Kb**. 2.5 milliárd évvel** ezelőtt **terjedtek el tömegesen** azok a **fotoszintetizáló aerob baktériumok**, amelyek lassan oxigénnel töltötték meg a légkört.

A prokariótákon belül 2 fő csoportot – **országot** - különítünk el:

1. **ősbaktériumok - archeák**
2. **valódi baktériumok** (eubacteria).



Újabban az élőlényeket 3 doménba sorolják, valódi baktériumok, ősbaktériumok, eukarióták.

Az **ősbaktériumok** az **élővilág korai formáit képviselő szervezetek**. A talajban, természetes vizekben, **szélsőséges körülmények között élnek**.

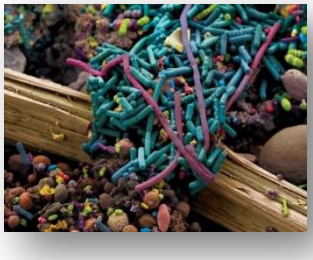
A Föld őstörténetének egy hosszú periódusában az élővilág fő tömegét valószínűleg ők alkották. Az ősi elnevezés arra utal, hogy egyes feltételezés szerint ezek a szervezetek az eubaktériumoknál előbb léteztek. Ugyanakkor genetikai anyaguk működésének (átírás, fehérjeszintézis) hasonlósága alapján az **eukarióták ősi ágának is tekinthetők.**

Bacteria vs. Archaea

Az eubaktériumok (valódi baktériumok)

Az **eubaktériumok** a hagyományos értelemben vett baktériumok. A **Föld minden élőhelyén megtalálhatóak**: vízben, szárazföldön vagy a levegőben, még mélytengeri hőforrásokban is.

Egy gramm talaj kb. 40 millió, egy ml felszíni víz egymillió baktériumsejtet tartalmaz. A Földön pedig összesen mintegy 5 kvintillió (5×10^{30}) baktérium élhet. Tízszer annyi baktérium van az emberi testben, mint emberi sejt. A **legtöbb baktérium a bőr felszínén és az emésztőrendszerben található**.



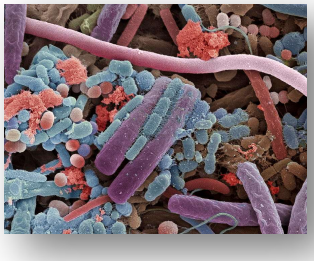
Méret

Már **fénymikroszkóppal láthatók** néhány 100 x-os nagyítás mellett. Átlagos méretük **1 -10 mikrométer** (**1µm** = 10^{-6} m).

1 mikrométer átmérőjű kokkuszokat véve, 1 mm^3-ben 10^9 sejt található, amelyek összfelülete 3.1 négyzetméter. Egy felnőtt ember testfelülete 1.9 négyzetméter.

A baktériumok szerveződése

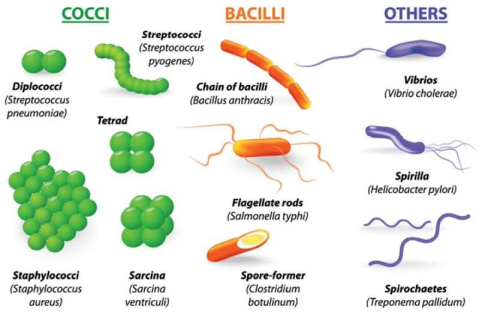
A sejtek **magányosak** vagy osztódás után együtt maradva laza kolóniákat, ún. **sejttársulást** hozhatnak létre.



Alak

3 nagyobb csoportba oszthatók:

1. **gömb** (kokkuszok)
2. **pálcika** (bacillusok)
3. **görbült pálca,** amin belül pl.
    a. **csavar** (spirillumok)
    b. **félhold** (vibrió)

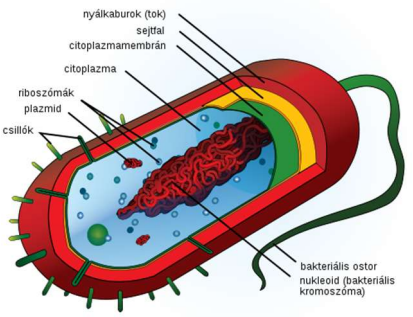


A sejtek felépítése

Sejtfal

Minden baktériumot kívülről **sejtfal borít**, amely biztosítja a sejt állandó alakját és egyben **véd** is.

Kedvezőtlen körülmények között spórát (endospórát) képeznek: a **plazma vizet veszít, összezsugorodik, újabb falat választ az örökítőanyag** és egy kis plazma **köré**. Tehát a **baktériumok spórája nem ivartalan szaporítósejt, mint a növényeknél, hanem egy** hőnek, sugárzásnak és a roncsoló hatású kémiai anyagoknak **ellenálló képződmény**. Pl. a lépfene baktérium így a 130 fokot is elviseli.

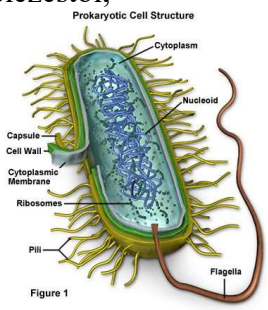


A baktériumok **penicillin** érzékenysége is a sejtfalnak köszönhető, ugyanis a penicillin a bakteriális **sejtfal képzését gátolja**.

Tok

A baktériumok egy részén a sejtfalon kívül még egy **nyálkás, kocsonyás tok** található. A tok feladata

- a **védelem az immunrendszerrel szemben**, védi a sejtet a bekebelezéstől,
- szerepet játszik a **tápanyag megkötésében.**

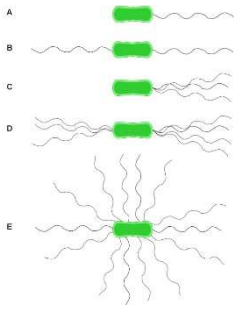


Sejthártya

Vékony hártya, mely a sejtfal alatt található, **lebonyolítja az anyagforgalmat a sejt és környezete között**.

Citoplazma (sejtplazma)

A **sejt alapállománya**, a **sejtanyagcsere színtere**. Itt található a **DNS állomány** (genom), amely egy vagy több **gyűrűs DNS**-ből áll, nem határolódik el membránnal a citoplazmától. Ezt a DNS-t **baktérium kromoszómának** is nevezzük.



Ezen kívül a sejtplazmában vannak még kisebb DNS gyűrűk, a **plazmidok, melyeken** többnyire az antibiotikumokkal szembeni ellenállóképességet lehetővé tevő **antibiotikum rezisztencia gének találhatók**.

Csillók

A **baktériumok egy része ún. csillók segítségével képes mozogni**. A bakteriális csillók vékony, rendszerint a sejt hosszát akár többszörösen is meghaladó hosszúságú, fehérjékből felépülő sejtfelszíni képződmények.

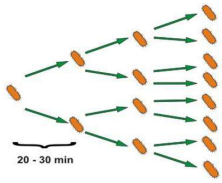
Video

https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFZTdIX25BRGl4anc/view

https://drive.google.com/file/d/1bjDvfG-mHoqur3N6uj6LmE7WQlsJ4wq5/view?usp=sharing

Szaporodás

A prokarióták **nagyon gyorsan tudnak szaporodni**. A sejtek 20 percenként kettéosztódnak, tehát számuk 20 percenként a kettő hatványainak sorozatában nő. Ha egyetlen baktériumból indulunk ki, és feltételezzük, hogy a belőle keletkező utódok minden 20-dik percben kettéosztódnak, akkor 48 óra alatt a Földnek megfelelő tömeg jönne létre (2^{144} db sejt).

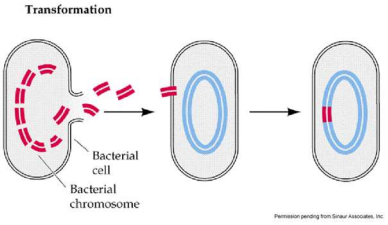


A prokarióták a legegyszerűbb módon főleg **hasadással szaporodnak**, amikor is a **sejt egyszerűen kettéfűződik**. A folyamatot **ivartalan szaporodásnak** tekintjük, mivel az osztódást nem előzi meg 2 sejt egyesülése.

Ugyanakkor **ismertek** olyan ún. **ivaros folyamatok,** melynek során a baktériumok bizonyos körülmények között **képesek más egyedekből vagy fajokból származó DNS szakaszok felvételére**, aminek következtében a sejtek **új tulajdonságokra tehetnek szert.**

A DNS-átvitel történhet ún. transzformáció útján.

A transzformáció



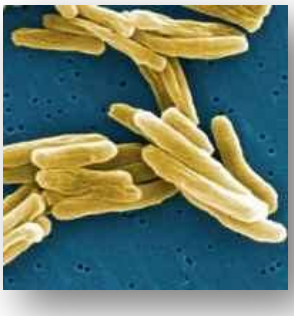
A transzformáció során a **sejt a környezetéből idegen DNS-t vesz fel** és a rajta elhelyezkedő gént vagy géneket **beépíti saját genetikai anyagába**. A DNS darabnak a sejtfalon és a sejthártyán való áthaladását specifikus fehérjék segítik elő. Így adhatja át az egyik baktérium a másiknak, pl. az **antibiotikumokkal szembeni ellenállóképességet** (rezisztenciát)**.**

Az ivaros folyamat után a megváltozott információtartalmú sejtek hasadással szaporodnak tovább.

A baktériumok okozta betegségekről

A parazita baktériumok különféle **betegségeket** okoznak. A **baktériumos fertőzés jellemző tünetei**: láz, fejfájás, hányás, hasmenés, gyulladások, melyeket a baktériumsejt által termelt **méreganyagok** váltanak ki.

Például a legerősebb ismert természetes toxin a Clostridium botulinum által termelt botulin neurotoxin (botox) **egy grammja egy millió ember halálát okozhatja**. Amennyiben botox-al meggátoljuk a ráncképződésért felelős izmok működését, elérhetjük, hogy a ráncképződés megszűnjön, az arcbőr kisimuljon. A hatás csak időleges, a kezelést 3-4 havonta meg kell ismételni.



Tbc (tuberculosis): elsődlegesen a **tüdő szövetének pusztulásával járó betegség.** A betegség jellemzően a tüdőben gyulladással kezdődik, de **később az egész szervezetre kiterjedhet.** A megelőzés elődleges eszköze Magyarországon az újszülöttek **BCG-oltása.**

Tüdőszűréssel az esetlegesen kezdődő folyamatok jól kimutathatók, és idejében, hatékonyan gyógyíthatók.

Ha a **kórokozók a vérárammal szétszóródnak és más szervekben is megtelepednek**.

A **tetanusz** egy, a talajban élő anaerob baktérium toxinja által okozott **merevgörccsel járó bénulás**, mely kezeletlen esetben **halálos**. A kórokozó a szervezetbe földdel szennyezett sérüléseken keresztül tud bejutni. A **baktérium méreganyaga az ideg-izom jelátvitelben szereplő anyag** – acetilkolin – **lebomlását gátolja**, miáltal súlyos **izomgörcsök** alakulnak ki. Az izommerevség gyorsan terjed fentről lefelé, folyamatosan egyre több izmot érint, végül a **légzőizmok görcse fulladásos halált okoz**. A lappangási idő átlagosan egy hét.

A baktériumos betegségekkel szemben **védőoltásokkal** és **antibiotikumokkal védekezhetünk**.

Az **antibiotikumok** olyan **hatóanyagok**, melyek a **baktériumokat elpusztítják vagy szaporodásukat gátolják**. Antibiotikus hatású számos különböző összetételű és szerkezetű anyag lehet. **Hagyományosan** korábban antibiotikumoknak csak a különféle **gombák által termelt** hatóanyagokat nevezték. Azóta kiderült, hogy antibiotikus hatású anyagokat nem csak gombák termelnek, hanem pl. baktériumok is, ill. már ismertek **mesterségesen előállított ún.**

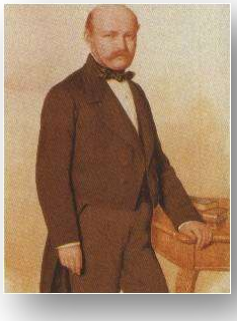
szintetikus, ill. **természetes antibiotikumok** kémiai módosításával készített **félszintetikus hatóanyagok** is.

Amennyiben egy **baktérium ellenáll az antibiotikumnak**, úgy **rezisztensnek tekintjük** a hatóanyaggal szemben. Ennek hátterében a **plazmidokon** található **antibiotikum rezisztencia gének** állnak, amelyek **olyan fehérjéket kódolnak, amelyek közömbösítik az antibiotikumok hatását**, pl. úgy, hogy lebontják azokat. Mivel a plazmidokat a baktériumok ivaros folyamataikban könnyen átadják egymásnak, ezért a rezisztenciagének a baktériumok közötti génátadással terjedhetnek. Emiatt fontos, hogy betartsuk a gyógyszerek szedésére vonatkozó szabályokat. **A nem megfelelő mennyiségben szedett, ill. a kezelés idő előtti befejezése a rezisztens baktériumok elszaporodását segíti elő**, és így a betegség nem hogy nem gyógyul, de még súlyosbodhat is. Az **antibiotikumok** a szervezetben rövid idő alatt hatástalanná válnak, ezért **szükséges meghatározott időben és a pontosan előírt adagban bevenni őket**.

A **fertőzések, járványok megelőzésének érdekében** fontos, hogy **betartsuk** az alapvető **higiénés szabályokat**:

- Fontos a rendszeres, **szappanos** vagy kézfertőtlenítő készítményekkel történő **kézmosás**.
- Soha **ne nyúljunk piszkos kézzel a szemünkhöz, a szánkhoz**.
- A **sebeket** minél előbb, megfelelően **el kell látni**.
- Csak **megbízható eredetű ételt és italt fogyasszunk**. A meleg ételeket lehetőség szerint **forraljuk** át - hőkezeléssel a kórokozók jelentős része elpusztítható.
- A **zöldségféléket** fogyasztás előtt ivóvíz minőségű **vízzel alaposan mossuk át**, hámozzuk meg.
- Az idegen területeken csak ellenőrzött, **vezetékes ivóvizet használjunk**, az ásott kutakból inni kockázatos.

A kórházakban nélkülözhetetlen higiéniára először **Semmelweis Ignác** (1818-1865) magyar orvos, az „anyák megmentője" hívta fel a figyelmet.



A lelkiismeretesség, a kötelességtudás és az önzetlenség mintaképe.

Szt. Rókus kórház szülészeti osztályának főorvosaként **kimutatta a fertőtlenítő eljárások előnyeit a szülészetben és a sebészetben**. Rájött, hogy a gyermekágyi lázat az orvosok és orvostanhallgatók okozzák azzal, hogy boncolás után mentek át a szülészeti osztályra, s ott fertőtlenítetlen kézzel vizsgálták a várandós nőket. **Fertőtlenítésként klórmeszes kézmosást** ajánlott kollégáinak.

Ezzel kezdődött szélmalomharca az akkori hivatalos, tudományos világgal. Mind gyakorlatával, mind írásaiban próbálta terjeszteni nézeteit, de sajnos az orvostársadalom nem vett róla tudomást. Élete végén magatartásában az elmezavar jelei mutatkoztak, Döblingben elmegyógyintézetbe zárták, ahol – ápolói agresszív magaviselete miatt súlyosan bántalmazták – tisztázatlan körülmények között két hét után meghalt.

Video

https://drive.google.com/file/d/1roYUiMeXPGhEHeYVD0viEAvdCkNUEVGr/view?usp=sharing

Az eukarióták

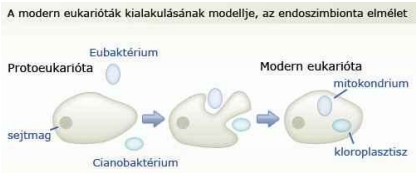
Az élővilág nagyobb szerveződési szintjei

Az élőlényeket ma 2 nagy **birodalomba** – prokarióták és az eukarióták – és ezen belül 6 **országba** soroljuk.

Az **eukarióta** élőlények közé **testszerveződésük** és **anyagcseréjük** alapján 4 ország tartozik:

- **egysejtű eukarióták,**
- **többsejtű gombák,**
- **többsejtű állatok,**
- **többsejtű növények.**

Az eukarióta sejtek kb. **1,5-2 milliárd** évvel ezelőtt jöttek létre.
Kialakulásukat ma az ún. **endoszimbióta elmélettel** magyarázzák. Ennek lényege röviden az, hogy az eukarióta sejt egyes **sejtszervecskéi,** pl. a **zöld színtest**, a **mitokondrium** különféle **prokarióta sejtekből alakultak ki**. Ez úgy történhetett, hogy egy **ősi prokarióta sejt bekebelezett pl. egy kékbaktériumot, melyet nem emésztett meg, hanem tartós szimbiózisra lépett vele, így létrejöttek a színtestek**. Bizonyítékok:

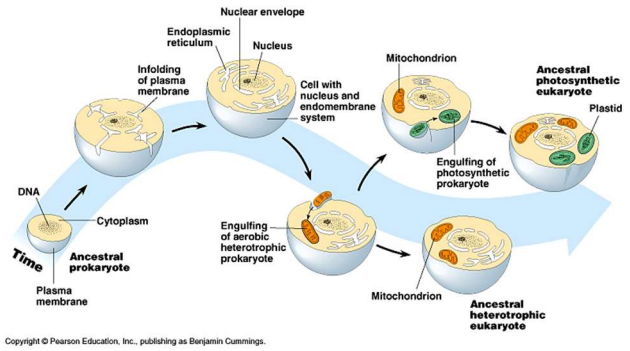


- mindkét sejtszervecskének **saját genetikai állománya van**, amely a prokariótákéhoz hasonló.
- A mitokondriumot és a színtesteket is **kettős hártya határolja**, közülük
  - a **legbelső** a prokarióták sejtmembránjához hasonló szerkezettel rendelkezik,
  - a **külső** membrán ettől eltérő szerkezetű és szerepű, a bekebelezés során alakulhatott ki.
- **Önállóan képesek osztódni**.

Az eukarióta sejtek belső membránrendszere, ill. a maghártya a sejthártya betűrődéseiből leváló membránlemezekből alakultak ki.

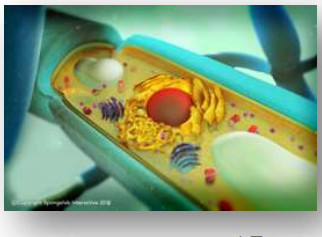
Az eukarióta sejtekre általánosan jellemző, hogy

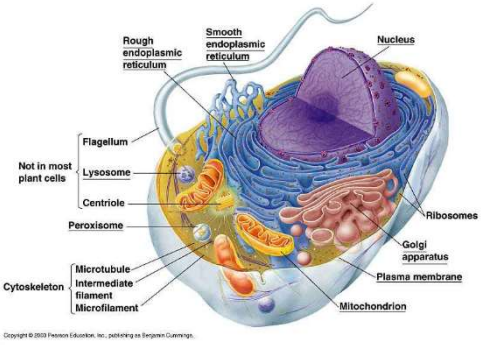
- tartalmaznak **sejtmagot**,
- különféle feladatokra specializálódott **sejtszervecskéket**,
- jól fejlett **belső hártyarendszereket,**
- méretük 10-100 x nagyobb a prokarióták méreténél.



Az eukarióta sejtek felépítésük – testszerveződésük, működésük és anyagcseréjük - alapján lehetnek:

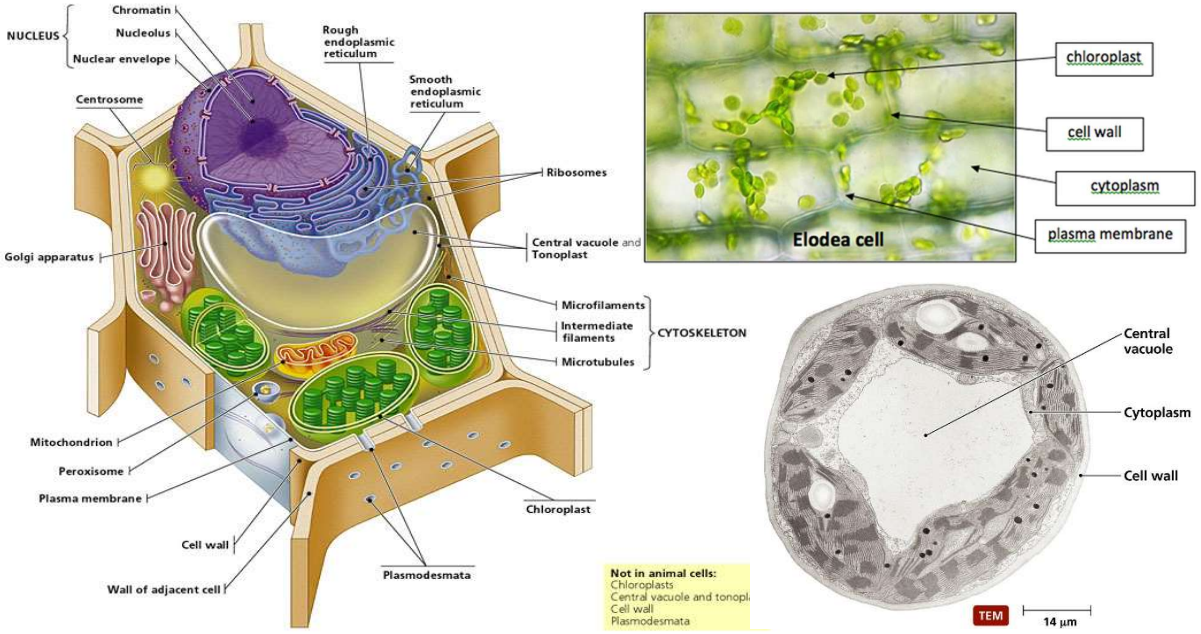
- **növényi**,
- **állati**,
- **gomba** sejtek.





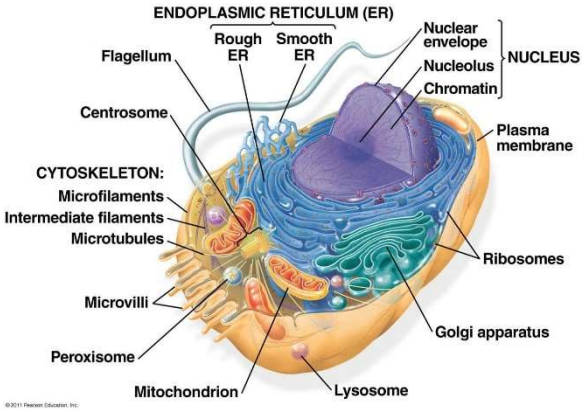
A **növényi sejtek** legfontosabb jellemzői:

- a sejtet kívülről **cellulóz sejtfal** határolja, ezért a sejtek alakja hatszöges és állandó,
- a citoplazmában membránnal határolt üregek, ún. **vakuolumok vagy sejtüregek** találhatók, melyek feladata a **tápanyagok és az egyes anyagcseretermékek raktározása**, pl. koffein, kinin, morfin, nikotin.
- **Zárványok**, élettelen alkotórészek, töményebb **anyagcsere-termékek**.
- A növényi szervezetek jellemző sejtszervecskéi a **fotoszintézist végző zöld színtestek**, bár nem minden növényi sejtben fordulnak elő, pl. nincsenek fénytől elzárt részekben.



Az eukarióta sejtek felépítése, fontosabb sejtalkotók, sejtszervecskék

Az alábbiakban az általános sejttan című fejezet olvasható, amelyben az egyes sejtalkotók tipikus felépítése és feladata kerül megtárgyalásra, függetlenül sejttípusos – lásd fent – hovatartozásától.

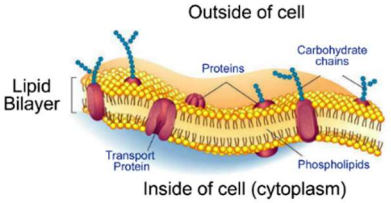


A sejthártya felépítése, a biomembránok általános szerkezete

Minden sejt – prokarióta, eukarióta sejt egyaránt - fizikailag elkülönül a környezetétől. Ez az elkülönülés nem elszigetelődést jelent, mert a sejt a környezetével igen komplikált, sokdimenziójú anyag- és energiaforgalmat tart fenn. A sejt és a környezete kapcsolatát a **sejthártya** valósítja meg, mely az általánosan előforduló biomembránok egyik - nélkülözhetetlen - megjelenési formája.

A **sejthártyának kettős feladata** van:

- egyrészt a külvilágtól való **elhatárolás**,
- másrészt a külvilággal való **összeköttetés** megteremtése, azaz a két elhatárolt tér közötti **anyag- és energiaáramlás** biztosítása.



A biomembránok – és így a sejthártya – felépítésére jellemző, hogy az alapvázat alkotó molekuláik **kettős rétegbe** rendeződnek, melybe többek között fehérje molekulák ékelődnek.

Video

https://drive.google.com/file/d/1RZJewsyGiVgEcH1Qlp8uJOqAsGoru1kV/view?usp=sharing

A biomembránok anyagtartalmának legalább 3O%-a fehérje. **Biztosítják a membránok működését**, lehetnek:

- **enzimek**,
- **transzportfehérjék** (szállítók), csatornafehérjék,
- **jelölőfehérjék**, markerek (MHC), melyek megadják a sejt egyediségét,
- **receptorok,** mint pl. hormonok megkötéséért felelős hormonreceptorok.

A membránok – és így a sejthártya - működésükkel **biztosítják** az elhatárolt egység, a sejt működéhez szükséges **belső környezet állandóságát**. A **membránok** egyrészt **fizikailag elhatárolnak**, másrészt azonban a rajtuk keresztül folyó, **szabályozott anyagmozgás** révén egyben **össze is kapcsolnak, transzport-folyamatokat bonyolítanak le**.

A membránon át történő anyagmozgás **energiaigénye szerint a transzport-folyamat lehet:**

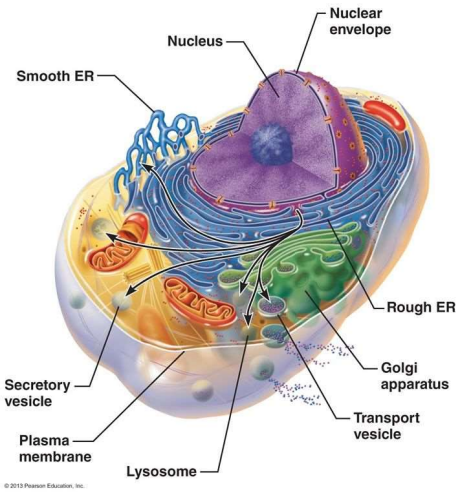
- **passzív, ahol a folyamat energiát nem igényel, a transzport a kisebb koncentrációjú hely irányába zajlik, eredményként a koncentráció-különbség kiegyenlítődik,**
- **aktív, ahol a folyamat energiát igényel, az anyagtranszport a kisebb koncentrációjú hely felől történik a nagyobb felé. Koncentráció különbséget hoz létre.**

Video

https://drive.google.com/file/d/1TecWR5Lb_U_Kmu4HBJuVqjd3DuC6Pa6E/view?usp=sharing

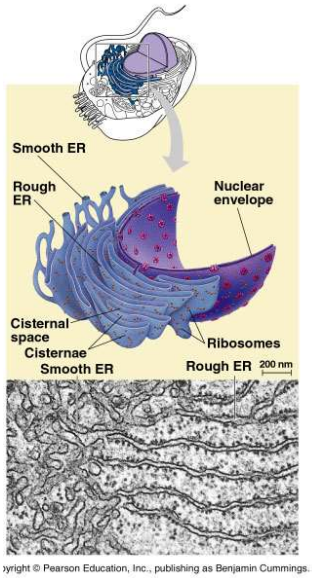
A belső membránrendszer

Az eukarióta sejtek prokarióta sejtektől megkülönböztető egyik alapvető sajátságuk az önálló **belső membránrendszerük. A belső membránrendszer alapszerkezete hasonló a sejthártyáéhoz.**



Az endomembránrendszer részei

- **Durvafelszínű endoplazmatikus retikulum - DER**
- **Golgi-készülék**
- **Lizoszómák**
- **Sejtmaghártya**



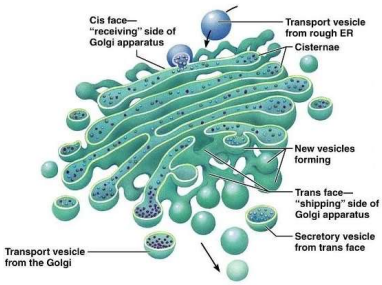
yright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

A durvafelszínű endoplazmatikus retikulum DER

Óriási felületű membránrendszer, **lapos zsákok bonyolult hálózata** építi fel, amely kiterjedt kapcsolatban áll a sejtmaghártyával. **Felületén fehérjeszintézist végző riboszómák találhatók,** amelytől felszíne szemcséssé válik – innen az elnevezés.

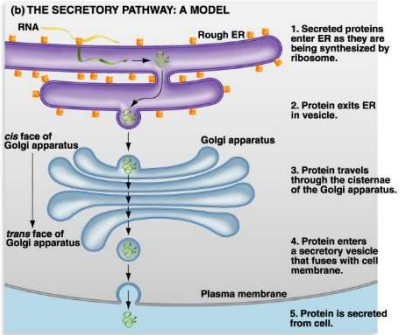
Az endoplazmatikus hálózat riboszómáin elkészült fehérje a Golgi-készülékbe jut.

A Golgi-készülék

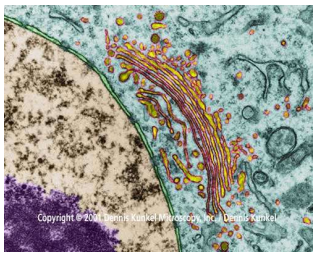


A Golgi-hálózat egymással **párhuzamosan rendeződött lapos zsákokból áll**, amelyek széléről folyamatosan apró hólyagok ún. Golgi-hólyagok (vezikulák) fűződnek le.

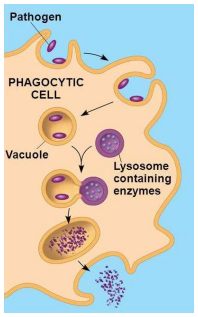
A Golgi-apparátus feladata a DER-ben szintetizálódott fehérjék fogadása, módosítása és továbbítása rendeltetési helyükre, a sejtből történő kijutásának előkészítése.



A sejten belüli emésztés


Copyright © 2004 Dennis Kunkel Microscopy, Inc. - Dennis Kunkel

A sejt belsejébe, membránhólyagokba csomagolva érkező baktériumok, makromolekulák megemésztését a **lizoszómák** végzik. A lizoszómák a Golgi-készülékből lefűződéssel keletkeznek.



- A **lizoszómák bontó enzimeket tartalmaznak**.
- A bekebelezés során létrejött, tápanyagokat tartalmazó membránhólyag összeolvad a lizoszómával, tartalmuk összekeveredik, kialakul az **emésztő űröcske** és megkezdődhet az emésztés.
- Az emésztési folyamat következtében az emésztő űröcskében már csak az emészthetetlen anyagok maradnak vissza. Ez előbb vagy utóbb a sejthártyához vándorol, és tartalmát a sejten kívüli térbe juttatja.

Video

https://drive.google.com/file/d/1yJQavLjynEfV0hi4KLP2dKYy72rFpmwr/view?usp=sharing

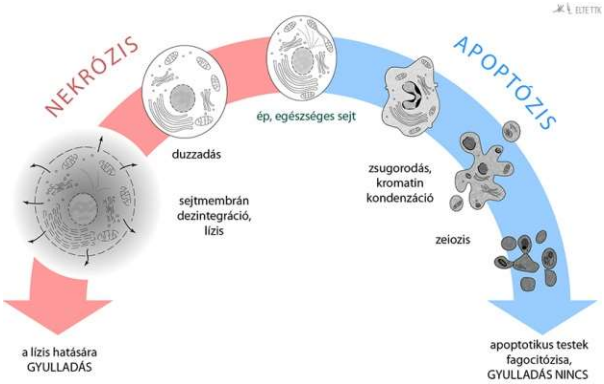
https://drive.google.com/file/d/1uOfSZx2ChlG3dDwCpzL62JVO-sE1sLFy/view?usp=sharing

Programozott és nem programozott sejthalál

Nekrózis

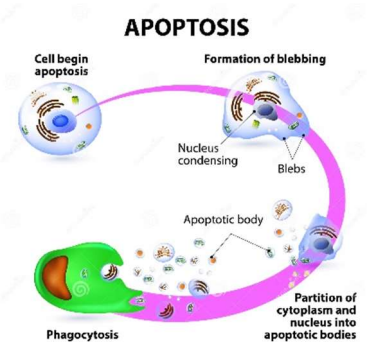
A **szövetek sejtjei,** amennyiben **káros hatás** éri, nem tudják fenntartani szerkezetüket, hirtelen **szétesnek**, **kipukkadnak**, **passzív módon elhalnak**. A **beltartalom a környezetbe áramlik,** melynek következtében a környezetbe olyan anyagok kerülnek, amelyek **gyulladásos folyamatot eredményeznek.**

Például, abban az esetben, ha a szívizomsejtek nekrózissal elhalnak, mert a szívizom vérellátása és ezzel oxigénellátása megszűnik, kialakul a **szívinfarktus.**



Apoptózis

A programozott sejthalál esetében a sejtek nem véletlenszerűen, hanem **genetikailag meghatározott program szerint halnak el**. Az apoptózis igen fontos a **nem megfelelően létrejött, vagy feleslegben lévő sejtek eltávolításában**.



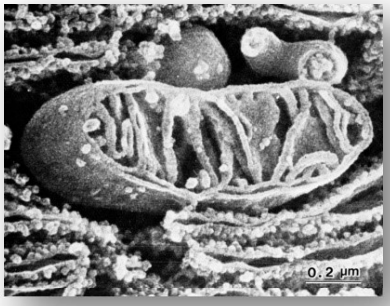
Sejtjeink a felnőtt szervezet minden szövetében folyamatosan halnak el és pótlódnak. Ennek a folyamatnak a során a sejtek zsugorodnak, a DNS lebomlik és a sejttesttel együtt feldarabolódik. A sejtdarabokat a környező sejtek igen gyorsan bekebelezik és újrahasznosítják. Szemben a nekrózissal, az **apoptózist nem kíséri gyulladás**.

Példák:

- **Vírusok által megtámadott sejtek öngyilkossága**, a fertőzés megakadályozása végett.
- A **hibásan képződött** sejtek programozott **pusztulása**.
- Az embrionális fejlődés során a **felesleges szövetrészek eltávolítása**, ilyen pl. az ujjak elkülönülése.
- Létrejött **tumorsejtek öngyilkossága**.

Az apoptózis rendkívül összetett folyamat, melyben fellépő bármilyen **zavar betegségek megjelenéséhez** vezet. Ha pl. nem hal el annyi sejt, mint amennyi születik, mert az **apoptózis valamelyik génje károsodik**, akkor az egyensúly eltolódik, az adott szövetben, szervben egyre több lesz a sejt, így **daganat**, tumor **keletkezik**. A daganatképződés hátterében legtöbbször a **sejthalál-gének** mutációja, így az apoptózis hiánya van.

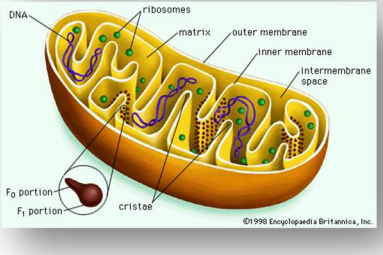
A mitokondriumok



Eukarióta sejtekben a **lebontó folyamatok** nagy része külön sejtszervecskékben, a **mitokondriumokban** zajlik.

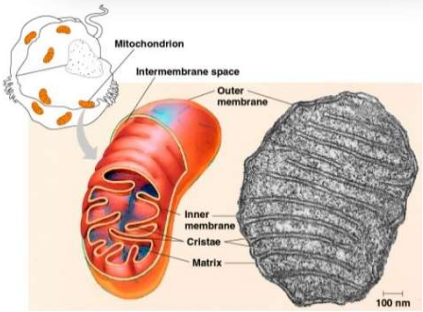
A mitokondriumok **minden eukarióta** – növényi, állati, gomba - **sejtnek alapvető sejtszervecskéi**. Mivel a **lebontó-folyamatok során energia szabadul fel,** a mitokondriumokat **a sejtek erőműveinek** tekinthetjük.

Felépítés



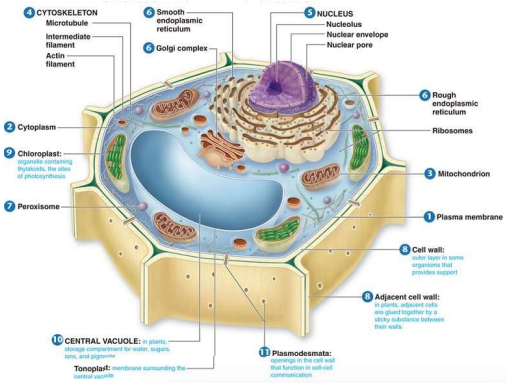
Kettős membránrendszerből épülnek fel. A citoplazmától a **külső határoló membrán** választja el, amely alatt található a változatos felépítésű **belső membrán.** (Mintha egy kisebb zsákba begyűrnénk egy nagyobb zsákot.)

A mitokondriumok **tartalmaznak mitokondriális DNS-eket,** melynek **köszönhetően képesek megkettőződni.**



A mitokondriumban a lebontó-folyamatok során felszabaduló energia ATP szintézisére fordítódik, a keletkezett **ATP kijut a mitokondriumból** és a **sejt egyéb energiaigényes folyamataihoz felhasználódik (pl. felépítőfolyamatok, aktív transzport).**

Színtestek



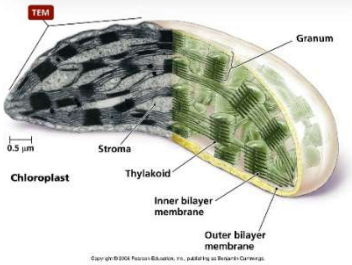
A **színtestek** a növényi sejtekre jellemző sejtszervecskék. Mindig a citoplazmában helyezkednek el, **kiemelkedő jelentőségűek** a sejtek **felépítő anyagcsere-folyamataiban**.

Egysejtű és többsejtű növényi sejtekre jellemzők, **prokariótákban, állatokban, gombákban nem találhatók meg**.

A bennük lévő színanyagok és működésük alapján több típusukat különböztetjük meg. Legfontosabbak a többnyire **zöld színű, fotoszintetizáló zöld színtestek.**

Zöld színtestek felépítése

A zöld színtesteket **kettős membrán** határolja el a citoplazmától. Belsejükben **DNS** található, amely arra utal, hogy a színtesteknek **önálló genetikai apparátusuk** van. A DNS-tartalommal hozzák összefüggésbe a színtestek **osztódóképességét**. A belső állományban egy kiterjedt **belső membránrendszer** helyezkedik el.



Az endoszimbionta elmélet

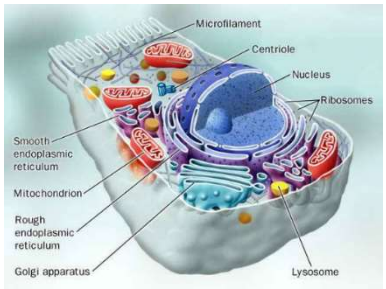
Az endoszimbionta elmélet az **eukarióta sejtek eredetét magyarázza**, miszerint bizonyos sejtszervecskék egyes **prokarióta szervezetek bekebelezésével, tartós szimbiózisával** jöttek létre:

- a **mitokondrium egy lebontó baktérium,**
- **a zöld színtest pedig egy fotoszintetizáló kékbaktérium lehetett.**

Bizonyítékok:

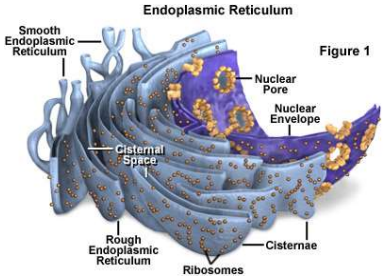
- mindkét sejtszervecskének **saját genetikai állománya van**, amely a prokariótákéhoz hasonló.
- **Önállóan képesek osztódni**.
- **Az eukarióta sejtek belső membránrendszere a sejthártya betűrődéseiből leváló membránlemezekből alakult ki.**

A sejtmag



A sejtmag (lat. nucleus, gör. karyon) az **eukarióta sejtek fő sejtszervecskéje**, nélkülözhetetlen alkotórésze. Hiányában a citoplazma egy idő múlva beszünteti a működését, és a sejt előbb-utóbb elpusztul, még akkor is, ha annak elvesztése normális sejtfejlődési folyamat eredménye, mint pl. az emlősök vörösvérsejtjeinél.

Ennek az a magyarázata, hogy a sejtmagban található a DNS-állomány, a **sejt „agya”**. A sejtmag az **anyagcsere irányításának élettani központja és a sejt öröklődő információinak hordozója.**

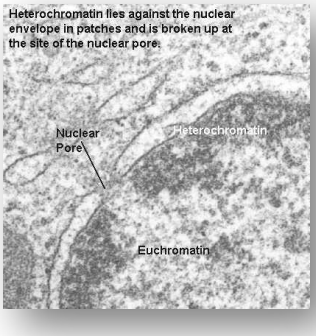


A sejtmagot egy **kettős membrán**, a **maghártya** választja el a citoplazmától. A maghártya alapvető feladata a mag belső állományának az elhatárolása, ill. transzportfolyamatai révén összekötése a citoplazmával. A transzportfolyamatok nagyrészt az ún. **magpórusokon** keresztül játszódnak le.

A kromatinállomány, a genom szerveződési szintjei

A mag belső állományát festődése miatt **kromatinállománynak** nevezték el (kroma = szín gör.).

A kromatin elektronmikroszkópos szerkezete

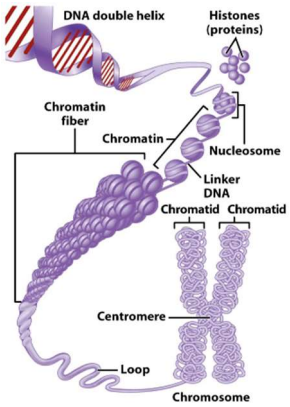


Nem osztódó sejtekben a sejtmag kromatinállománya elektronmikroszkópos felvételeken világosabb és sötétebb területekből áll. A kromatinállomány **DNS-ből és fehérjékből épül fel**.

Egy nem osztódó sejtben a **kromatinállomány többnyire laza**, a **DNS aktívan működik**.

A kromatinállomány szerkezete a sejtosztódás idejére jelentősen megváltozik:

A **kromatinállomány erősen tömörödik**, a DNS-állomány igen kis területen sűrűsödik össze. A kromatinállomány eme erősen felcsavarodott, megkettőződött formáját hívjuk **kromoszómának.**

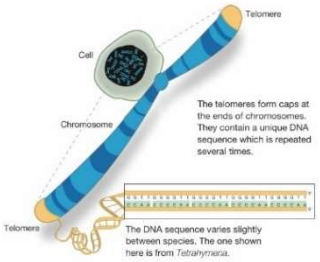


A kromoszóma szerkezete

A kromoszóma a kromatin transzport formája. A jelentős sűrűsödés teszi lehetővé az egyébként rendkívül hosszú DNS (emberben sejtenként kb. 1 méter) mozgatását a sejten belül.

A **kromoszóma** két egyforma DNS molekulából áll, amelyek **két, ún. kromatidát** alkotnak, melyek információ tartalma megegyezik. Minden kromoszómán megfigyelhető egy **elvékonyodás**, az ún. **elsődleges befűződés,** ahol a két kromatida érintkezik egymással.

A kromoszómák végeit **telomereknek** nevezzük. A telomereknek az a szerepe, hogy **védjék a kromoszómák végeit a sérülésektől** az **osztódások során**, mivel **minden egyes osztódáskor a kromoszómák megrövidülnek**. A **telomerek** minden osztódás alkalmával egyre **rövidülnek**, mígnem annyira **elfogynak**, hogy nem tudják megakadályozni a kromoszómák összetapadását. Ennek következtében a DNS-állomány a sejtosztódáskor feltöredezik, ami a sejtek öregedését, halálát, ill. **daganatos elváltozását eredményezheti**.

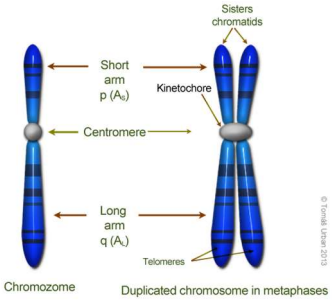


A kromoszómák száma

Fajra jellemző és mindig állandó. Általában nincs összefüggés a kromoszómaszám és az illető faj fejlettsége között.

Számuk 2-1260 között ingadozik.

- Gőte: 222 db.
- Kutya: 78 db.
- **Ember 46 db (23 pár).**



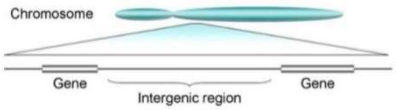
- A kromoszómaszám lehet **egyszeres**, ahol minden kromoszómából csak egy van, az ilyen sejteket **haploid** sejteknek nevezzük, jelölésük: **n.**
- **A haploid sejtek 1x–es genetikai állománya** a **genom.**
- A kromoszómaszám lehet **kétszeres**, ahol minden kromoszómából kettő van, azaz két-két kromoszóma azonos alakú, méretű és ugyanazokat a géneket hordozzák. Az ilyen sejteket **diploid** sejteknek nevezzük, jelölésük: **2n.** A kromoszómapárok egyike **apai**, a másik **anyai** eredetű. Ezeket **homológ kromoszómáknak** nevezzük.
- **Állatokban** az **ivarsejtek** - petesejt, hímivarsejt - mindig **haploidok**, a **testi sejtek** többnyire **diploidok.**
- **Emberben az ivarsejtekben 23 db. egy kromatidás kromoszóma van, nem osztódó testi sejtekben 2 x 23 = 46 db. egy kromatidás kromoszóma található.**

A genetikai információ tárolása és kifejeződése

A **DNS-molekula az élőlények örökítőanyaga**, kódolt – nukleotid-sorrend - formában tartalmazza mindazon információkat, amelyek a sejt, ill. a szervezet felépítésére és működésére vonatkoznak.

Génnek nevezzük a DNS-molekula adott szakaszát, amely valamilyen öröklődő jelleg kialakulását megszabja egy adott fehérje kódolásán keresztül.

A **haploid** – egyszeres kromoszómakészletű - **sejtek teljes genetikai állománya a genom, mely pl. ember esetén 23 kromoszómából áll (23 egy kromatidás kromoszómából, azaz 23 db. DNS molekulából).** Az eukarióta genom szerveződésére jellemző, hogy az **információ a DNS-ben nem kontinuus,** azaz az **információt kódoló gének kisebb-nagyobb távolságra találhatók egymástól** és őket nem kódoló szakaszok választják el.



Emberben ma kb. **21 000 információ tárolásáért felelős gén** létét feltételezik, aminek **mérete a teljes genom 1-2 %-a, további kb. 8 %-át a DNS-nek a gének kifejeződését szabályozó szakaszok jelentik.** A genom át nem íródó 90 %-ának a funkciója ma még pontosan nem ismert.

A genetikai információ közvetítése, az átírás

Eukariótákban az információt hordozó **DNS a sejtmagban helyezkedik el**, ugyanakkor a **fehérjék szintézise a citoplazmában folyik**. A **DNS** tehát közvetlenül **nem szolgálhat mintaként a fehérjék szintéziséhez**. Ebből az következik, hogy a **DNS az információt egy közvetítő molekulának adja át**, amely kijutva a citoplazmába irányítja a fehérjék szintézisét. Ezt a szerepet a **hírvivő**, vagyis a **messenger RNS** (mRNS) látja el.

A DNS információjának RNS-molekulára átmásolását **átírásnak, transzkripciónak** nevezzük. A sejten belül az információáramlás a következő úton halad (centrális dogma):

DNS — transzkripció — mRNS — transzláció — fehérje — tulajdonság

A genetikai információ kifejeződésének tehát első lépése az mRNS molekulák képződése.

Video

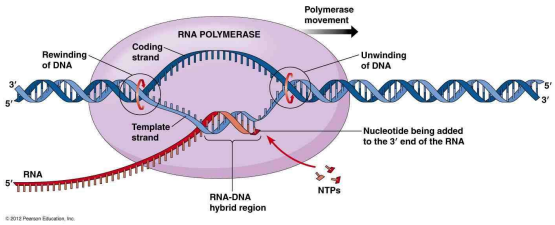
https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFNlE1TnhvYXhUNzA/view?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFNUJXRUI2NEhHejg/view?usp=sharing

Mechanizmus

Az mRNS-ek képződését az **RNS polimeráz** enzim katalizálja, melynek feladata, hogy az RNS-nukleotidokat lépésenként összekapcsolja a mintául szolgáló DNS bázissorrendjének megfelelően.

Az információ átírásának elvi alapját a **bázispárok képződésének szabályszerűsége** határozza meg, nevezetesen amennyiben a DNS-ben adenin van, vele szembe az mRNS-be uracil épül be, ill. guaninnal szemben pedig citozin, stb.. (A – U, G – C)



A genetikai információ kifejeződése, a fehérjék bioszintézise (transzláció)

Az élő szervezetek bármilyen életjelensége - anyagcsere, mozgás, stb. - fehérjék működésén keresztül valósul meg. A különböző funkciókért specifikus fehérjék felelősek. Specifitásuk az aminosav-sorrendjükben rejlik.

A genetikai információt a DNS-molekula hordozza. Az információ továbbításáért az mRNS-molekulák felelősek. A kérdés az, hogy a DNS-ben, nukleotid-sorrend formájában foglalt információ hogyan határozza meg a fehérjemolekulák aminosav-sorrendjét, keletkezését.

A választ a **genetikai kód** adja meg, amely egy olyan **szabályrendszer**, **kódolási eljárás** (nem anyagi egység), melynek segítségével a nukleinsavakban szereplő szöveg lefordítható a fehérjékben szereplő szövegre. Ennek a szabályrendszernek a feltárása a biológiai kutatások körében az egyik legnagyobb intellektuális teljesítmény volt.

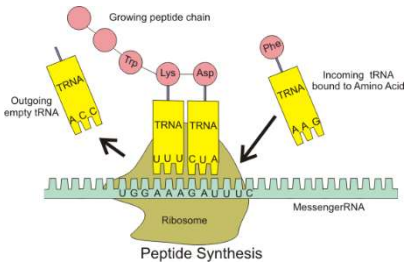
A genetikai kód

A DNS-ben, ill. az RNS-ben 4 féle nukleotid fordul elő, a fehérjékben pedig 20-féle aminosav.

- Egyetlen nukleotid tehát nem lehet **jel** – **kodon** -, mert így csupán 4 aminosav beépülését lehetne szabályozni.
- Ha két nukleotid alkotna egy-egy jelet, akkor is csak 4^2 = 16-féle kodon alakulhatna ki.
- A 3 nukleotidból álló egységek már 4^3 = **64**-féle kombinációt hoznak létre, ami bőségesen elegendő a 20-féle aminosav kódolásához.
- A genetikai információ egységeit, tehát **nukleotid hármasok**, ún. **tripletek** alkotják. Ezeket **kodonoknak** nevezzük. A kodonok jelentését a kodonszótár tartalmazza.

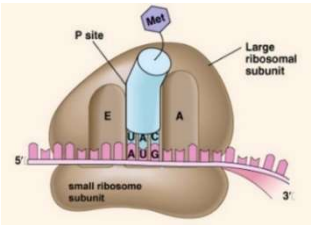
A fehérjeszintézisben résztvevő anyagok, sejtalkotók (tRNS, riboszómák)

A fehérjeszintézist megelőzően az aminosavaknak először egy közvetítő, szállítómolekulához kell kapcsolódni. **A közvetítő molekula a tRNS,** amely az adott aminosavval összekapcsolódik, s **megfelelteti egymásnak az aminosavat és az aktuális kodont**.



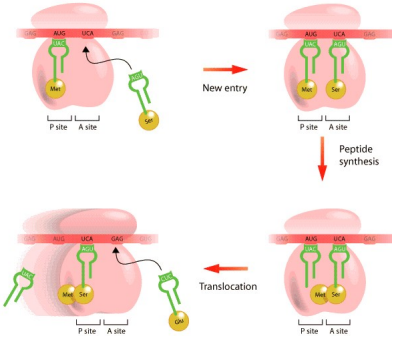
A molekulának a legfontosabb része az **mRNS kodon felismerését biztosító, ún. antikodon rész (A – U, G – C).** Az **antikodon** lehetővé teszi, hogy az **adott tRNS-molekula**, amely adott aminosavat szállít, az mRNS molekula megfelelő részéhez, a neki megfelelő **kodonhoz kapcsolódjon**.

A riboszómák



A **fehérjeszintézis helyszínei**. Működésük, hogy az mRNS nukleotid-sorrendjében foglalt információt fordítják le aminosav-sorrendre (transzláció = átfordítás).

Mechanizmus



- Az **mRNS hozzákapcsolódik a riboszómához**.
- A kodon felismerése révén a megfelelő aminosav-tRNS-ek egymást követően a riboszómához kapcsolódnak,
- az **aminosavak között kialakul a kötés**,
- majd a **riboszóma egy egységgel odébb mozdul**, újabb tRNS-aminosav érkezik, az újabb kötés jön létre, a riboszóma ismét továbbhalad.
- Amint a **riboszóma elérkezik** a **stop kodonhoz**, a folyamat **befejeződik**.

Video

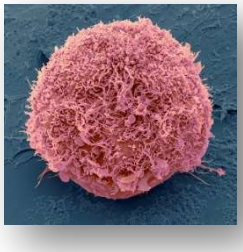
https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFYWJfOG1Mam9PZVE/view?usp=sharing

A differenciálódás, a génműködés szabályozása

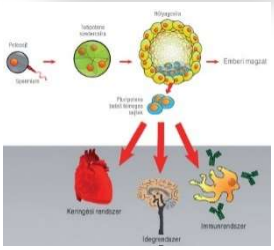
A többsejtű szervezetek egyedfejlődése a megtermékenyített petesejtből, a zigótából indul ki. A zigóta tartalmazza a petesejt és a hímivarsejt genetikai anyagának összességét, az egyed felépítéséhez és működéséhez szükséges teljes genetikai információt. A zigóta létrejötte után rövidesen – embernél kb. 24 óra múlva – osztódások – mitózisok – „végtelen" sorozatába kezd, melynek során örökítőanyaga szinte változatlan mennyiségben és minőségben adódik tovább az utódsejtekbe. Eszerint egy felnőtt ember összes testi sejtje ugyanazt a genetikai készletet tartalmazza, annak ellenére, hogy az egyedfejlődés során a sejtek rendkívüli változatosságban jönnek létre. A **zigóta** és az **embrionális sejtek** korlátlan osztódóképességgel rendelkező, ún. **differenciálatlan sejtek**. A **differenciálódás** **során az eredetileg egyforma sejtek** valamilyen sajátos feladatnak, szerepnek megfelelően átalakulnak, **különféle feladatok ellátására specializálódnak**. A differenciálódás a soksejtű élőlényekben a szövetek és a szervek kialakulási folyamata. A **differenciálódás hátterében az egyes sejtek szelektív génkifejeződése áll.**

Az emberi genom - az ivarsejtek teljes genetikai anyaga –, ami kb. 21000 gént tartalmaz, magába foglalja a szervezet felépítéséhez és működéséhez szükséges összes információt. **A differenciálódás során csak azok a géncsoportok működnek, amelyek elengedhetetlenek az adott feladat ellátására specializálódott szöveti sejt kialakulásához, működéséhez.**

Az őssejtek



Az **őssejtek** **korlátlan osztódóképességgel rendelkező differenciálatlan sejtek**. A fejlődő embrióban az őssejtek az összes magzati szövetté képesek átalakulni. A felnőtt szervezetben az őssejtek a test javító mechanizmusaként szolgálnak, ill. a folyamatosan megújuló szerveknek – mint a vér, bőr vagy az emésztőrendszer szövetei – normális regenerálódásában is közreműködnek.



Az őssejtek felhasználása a gyógyászatban

Az őssejtek haszna és orvosi felhasználása igen széleskörű. Minden olyan kórkép esetén, ahol sejtek, szövetek pusztulása okozza a tüneteket, az őssejtekből kiinduló szerv, szövet vagy sejtpótlás gyógyító hatású lehet. **Az őssejteket a károsodott területre juttatva, képesek arra, hogy a károsodott szöveteket regenerálja, újra életképessé tegye**. A saját szervezetből származó sejtek révén pedig jelentősen csökkenthető a kilökődési reakció, vagyis ily módon a beültetés jóval biztonságosabbá válik. Napjainkban az **őssejteket leggyakrabban a vérképzőrendszert vagy az immunrendszert érintő betegségek kezelésében** (csontvelő elégtelenségben), valamint egyes daganatos megbetegedések (leukémia) esetén **alkalmazzák**.

Az **őssejtterápia távlati céljai** között szerepel olyan **szövetek, szervek előállítása**, melyek segítségével akár pl. szívbillentyűk, ízületek, porckorongok hozhatók létre, hogy aztán **beültetve átvegyék a beteg szövetek, szervek funkcióját**.

Minden őssejtkezelés ugyanakkor kockázatokkal jár. Nem tudható például, hogy a beültetett őssejtek mikor indítanak el igazi szövetregenerációt, és mikor képeznek nem odavaló szöveteket (pl.csontlemezek a szívizomban vagy a gerincvelőben), ill. **nem keletkeznek-e daganatok az őssejtekből**. Más személyből származó őssejtek alkalmazása esetén ráadásul az összeférhetetlenséggel, a kilökődéssel is számolni kell.

Génműködés szabályzása a prokariótákban, lac-operon

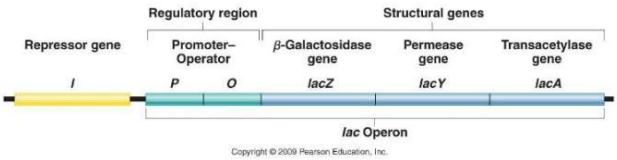
Differenciált génműködés folyamatát prokariótákban írták le először. **A génműködés szabályozását leíró modell az operon.** A **génműködés-szabályozás** a sejtek gyors és hatékony alkalmazkodását teszi lehetővé a változó környezeti feltételekhez.

A baktériumok környezetében sokféle **különböző cukor** fordulhat elő. Mindezek felvételéhez és lebontásához szükséges **enzimek egyidejű termelése sok energiába** kerülne. A baktériumok érzékelni képesek a rendelkezésre álló cukor típusát és **csak akkor termelik** a felvételhez és lebontáshoz **szükséges enzimeket, ha szükség van azokra.**

Az operon tehát a génműködés-szabályozás egysége. Megkülönböztetünk a DNS-molekulában

- **strukturális (szerkezeti) géneket**, amelyek olyan **fehérjék aminosav-sorrendjét kódolják**, amik lehetővé teszik a laktóz felvételét és lebontását,
- továbbá **régió szakaszokat**, amelyekről **nincs átíródás** – **nem kódolnak fehérjét** -, ezek a struktúrgének átíródását lehetővé tevő – szabályozó - egységek.

A lac-operon a következő elemekből áll:



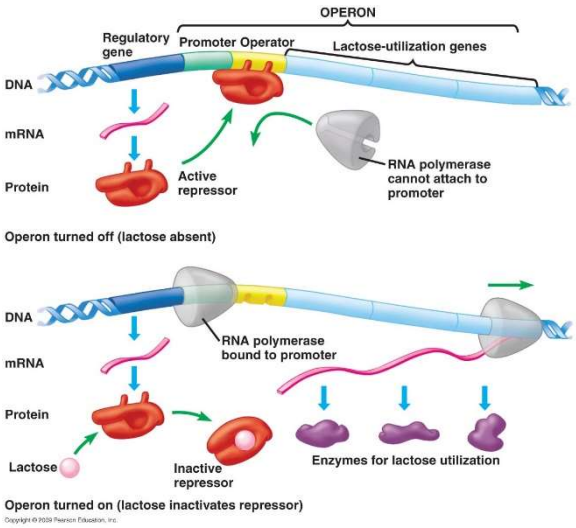
- **három strukturális gén,**
- **operátor régió**, egy olyan DNS szakasz, ahol egy **gátlófehérje** képes megkötődni, megakadályozva a fenti struktúrgének átírását, abban az esetben, ha nincs laktóz a tápanyagok között.

Laktóz hiányában

- egy **gátlófehérje az operátorhoz kapcsolódik** és megakadályozza a struktúrgének átírását.

Laktóz jelenlétében

- a **gátlófehérje megköti a laktózt, szerkezete megváltozik, leválik az operátorról** és nem képes tovább akadályozni a struktúrgének átírását.
- Eredményül **átíródnak a struktúrgének, fokozódik a laktóz felvétele, lebontása**.



Video

https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFeGpaNW5lUVhZUlk/view?usp=sharing

Epigenetikai szabályozás, a gének kifejeződésének módosítása

A környezetből számos olyan, ún. **epigenetikai hatás** (pl. táplálék, mozgás, gyógyszerek, mérgek, lelki hatások, stressz, stb.) **érheti az örökítő anyagot**, amelyek a **DNS nukleotid-sorrendjét ugyan nem változtatják meg**, viszont a **génműködésekben változásokat idéznek.**. Az epigenetikai hatások miatti változások egy része az **utódsejtekre is átadódhat**. A jelenséget **epigenetikai szabályozásnak** nevezzük.

A második világháborút követően az éhínség idején születetteknél megfigyelték, hogy hízékonyabbak voltak azoknál, akik az éhínség előtt vagy után születtek, továbbá magasabb volt a koleszterin-szintjük is. Az átlagnál jobban fenyegette őket az elhízás, a cukorbetegség, idős korukban pedig halandóbbak is lettek, 68 éves koruk felett tíz százalékkal magasabb volt a halandóságuk a hasonló korúaknál. A jelenség hátterében az állt, hogy az éhínség idején születettek szervezetében kikapcsolt a PIM3 nevű gén, amely a test anyagcseréjében játszik szerepet. A gén kikapcsolásával az éhínség idején születettek szervezete kevésbé égette el a szervezetükben felhalmozott energiatartalékokat, ez okozhatta az elhízást és az emiatti következményeket.

A genetikai anyag mesterséges módosítása, a GMO technológia

A **GMO** (**G**enetically **M**odified **O**rganisms) olyan **élő szervezet, amelynek genetikai anyagát génbevitellel módosították**.

Az **1. generációs GMO tápláléknövényekbe** a termesztők szempontjából hasznos géneket juttattak, melyek **növényt**

- **ellenállóvá teszik** a **szárazsággal, a hideggel szemben, azaz stressztűrővé válnak a növények,**
- **ill. rezisztenssé válnak különféle patogének** (rovarok, baktériumok, gombák) **ellen**.

- Például kukoricába beültették a *Bacillus thüringiensis* nevű baktérium faj rovarölő génjét (**Bt-toxin**), amely a kártevők ellen teszi rezisztensé a növényt, hiszen a kártevő elpusztításához szükséges vegyszert maga a növény termeli.

A későbbi generációs GMO-k bioreaktoroknak, ill. gyáraknak tekinthetők, mert olyan anyagokat termeltetünk velük, amelyeket hagyományosan az ipar produkál:

- kórokozók elleni vakcinákat, hormonokat (pl. inzulin), véralvadásban szerepet játszó anyagokat stb.

Genetikailag módosított haszonállatok, mint pl.

- gyorsabban növekvő lazac,
- különféle emberi transzgéneket a májában kifejező sertés, abból a célból, hogy a mája átültethető legyen emberbe.
- Argentin tudósok emberi anyatejet adó szarvasmarhát állítottak elő.

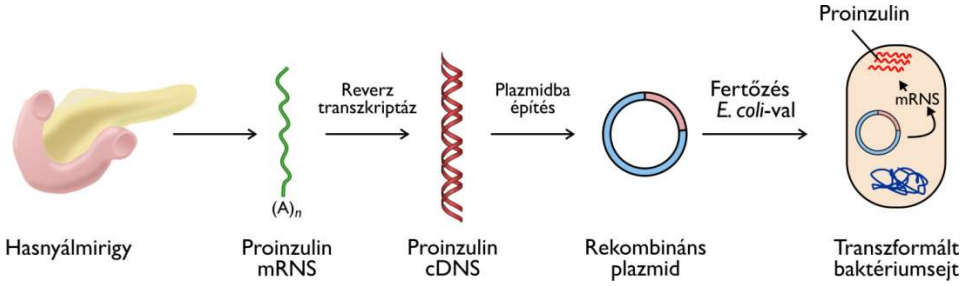
Milyen **előnyök** származtathatnak a GMO növényekből?

- **Csökkentik** a **környezet növényvédőszer terhelését**.
- **Megtakaríthatók a permetezési és vegyszerköltségek**.
- **Csökkentik az öntözővíz** és **műtrágya szükségletet**.
- Mivel a Bt-toxint a növény termeli, a nem kártevő ízeltlábúak között sokkal kevesebb kárt okoz, mint a vegyszeres rovarirtás (méhek pusztulása).
- **Bioszintetizátor élőlények: gyógyszer-, hormon-, enzim-, és szervtermelő állatok**.

Ellenérvek

- **Alig ismerjük a genetikailag módosított szervezetek hosszútávú környezeti, ökológiai, egészségügyi, társadalmi hatásait és kockázatait.**

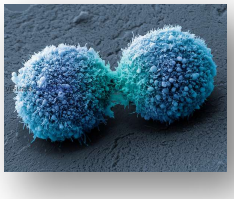
GMO szervezetnek tekinthetjük az olyan **baktériumokat** is, melyek genetikai anyagát génbevitellel megváltoztatjuk. A **mesterséges baktérium-transzformáció során** a **bejutatott DNS által kódolt fehérje termeltetése a cél**, melyet különféle módon kinyerve felhasználhatóvá válik, mint pl. az **E. coli által termelt inzulin.**



A sejtek osztódása, sejtciklus, tumorképződés

Bevezetés

A soksejtű szervezetek egyedfejlődése a megtermékenyített petesejtből - a zigótából - indul ki. E szervezetek kifejlett állapotban nagyszámú és sokféle sejtből épülnek fel, pl. egy átlagos súlyú felnőtt emberi szervezet kb. $1O^{14}$ (1OO billió) sejtből áll. Ezek részben folyamatosan elhasználódnak, pusztulnak, ezért állandóan pótlódniuk kell.



Ez utóbbi nagyságának érzékeltetésére: egy felnőtt ember ereiben 5 liter vér kering, egy köbmilliméter vérben 5 millió vörösvértest van, ez tehát 5 literre számítva összesen 2,5 x $1O^{13}$ vörösvértestet jelent.

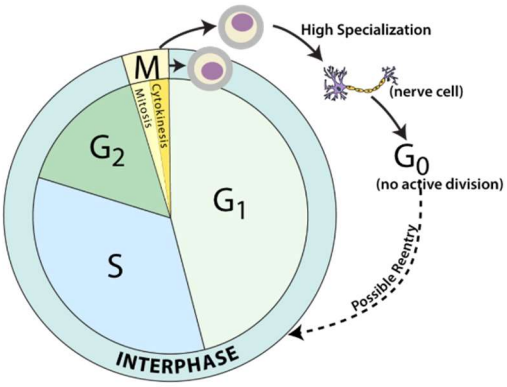
E sejtek átlagos élettartama 12O nap, azaz 12O nap alatt 2,5 x $1O^{13}$darab új vörösvértestnek kell képződnie, ami pedig minden másodpercben 2,5 millió sejtosztódást jelent.

A sejtek azonban nemcsak sokasodnak, hanem növekednek és fejlődnek is.

Egy sejt, miután létrejött, **két fejlődési út** elé nézhet:

- **Soha többé nem osztódik**, **megindul a differenciálódás útján**, **specializálódik,** valamilyen **szöveti sejtté alakul** (Go fázis). Ez jellemző sejtjeink többségére.
- A másik lehetőség szerint, a sejt rövid pihenőt követően **újra osztódik**, amikor is az osztódás és az osztódások közötti időszakok szabályosan követik egymást. Ebben az esetben **sejtciklusról** beszélünk. Ez jellemző az embrionális sejtekre, ill. az állandóan osztódó sejtekből álló szövetetekre, mint pl. vörös csontvelő, bélhám, többrétegű elszarusodó hám, ivarszervek csírahámjai, továbbá **kóros esetben ilyenek a tumorsejtek**.

A sejtciklus



A sejtciklus alapvetően két fázisra osztható:

- az **osztódás** fázisára,
- az osztódások közötti, ún. **interfázisra.**

1. Az **interfázisos** sejtben

- a **maghártya** élesen elkülöníti a mag állományát, aminek
- belsejét a **kromatinállomány** tölti ki, ahol a „kromoszómák" egy kromatidás állapotban vannak, minden DNS molekulából 1 kópia van csak.

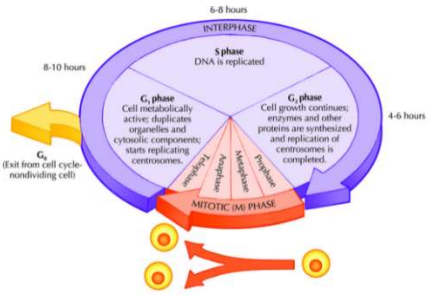
2. Az **osztódó magban**

- a **maghártya feldarabolódik**, majd eltűnik,
- az előzőleg megkettőződött **kromatinállomány kromoszómákká tömörödik**.

Az interfázis

Az interfázis a sejtmag **látszólagos** nyugalmi állapota. A nyugalmi szó pontatlan kifejezés, mert a sejt ilyenkor egyáltalán nem pihen, a sejtmagban **számos olyan folyamat zajlik, amely a sejtosztódást készíti elő**.

Az interfázist három szakaszra osztjuk:



- **G_1 szakasz,** (G, angol gap = (idő)rés)
- **S szakasz,**
- **G_2 szakasz.**

A G_1 szakasz az osztódást közvetlen követi.

A létrejött utódsejtek:

- **növekednek**, **bennük intenzív génműködés zajlik**,
- a **sejtszervecskéiket megsokszorozzák**, lemerült **energiaraktáraikat feltöltik**.

Azok a sejtek, amelyek már nem osztódnak tovább, a G_1 szakaszból a G_0 szakaszba kerülnek. A G_1 fázisnak az a pontja, ahol a sejtek e válaszút elé kerülnek, az ún. **restrikciós időpont**. Ha a **sejt a restrikciós ponton túljutott**, akkor nincs többé visszaút, a sejt **determinálódott** és valamelyik **differenciálódási** pályán indul el.

Maga a determináció azt a pillanatot jelenti, amelyben az illető sejt egy specifikus fejlődési pályára lép. Ez egy adott genetikai program, **differenciált génműködés** beindulását jelenti.

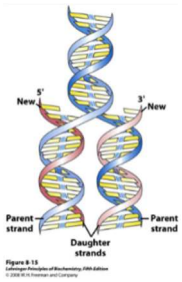
A differenciálódás a sejtek sokfélesége létrejöttének az alapja, amelynek során az eredetileg egyforma sejtek más és más speciális képességekre tesznek szert.

Az **S szakasz**

Az S fázisban történik **a DNS megkettőződése, a két kromatidás kromoszómák második kromatidáinak kialakulása.** Az osztódás során a megkétszereződött DNS állomány megoszlik az utódsejtek között.

A **G_2 fázis**

- Rövid **nyugalmi szakasz**, amelyben a sejt létrehozza azokat az anyagokat, amelyek az osztódáshoz kellenek (pl. húzófonalak fehérjéit).



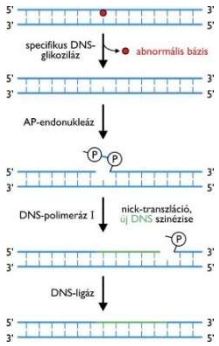
A DNS megkettőződése, a replikáció

A sejtek osztódásához szükséges a genetikai információ pontos megkettőződése és átadása az utódsejteknek, ez biztosítja ugyanis a biológiai információ lényegében változatlan megőrzését az utódnemzedékben. A DNS-megkettőződés során a DNS-molekula pontos másolata jön létre. A replikáció alatt a DNS-molekula két szála elválik egymástól és az így különváló láncok mintaként szolgálnak egy-egy újabb DNS-szál szintézisének. A DNS-molekulában észlelhető szabályosság, a **bázisok megfelelő kapcsolódása** képezi az alapját a genetikai információ egyértelműen pontos másolásának, a replikációnak (adeninnel szemben mindig timin van, citozinnal szemben pedig guanin helyezkedik el).

A replikáció pontossága, hibajavító mechanizmus

A tulajdonságok megfelelő öröklődése szempontjából rendkívül fontos, hogy az örökítő anyagot a sejtek pontosan lemásolva adják át egymásnak. Ennek biztosítéka egyrészt a másolás pontossága, másrészt a replikáció során történt hibák kijavítása. Az emberi genom 3 milliárd nukleotid egységből épül fel, replikációjakor átlagosan 3 hiba történik. A replikáció ilyen pontosságáért a **hibajavító mechanizmusok** felelősek.

A replikációban bekövetkező hibák korrigálásáért **hibajavító enzimek** felelősek. A folyamat során az **enzim felismeri a hibás szakaszt, kihasítja, majd megfelelő nukleotidokkal pótolja a kivágott részt**.

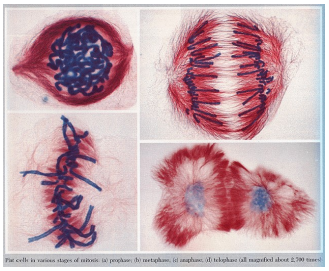


A hibás DNS kijavításának hiányával összefüggő ritka betegségek mind korai halált okoznak: mint pl. a korai öregedés a Gilford-szindróma, amelynél a gyermekkorban az aggkorra jellemző tünetek kialakulása jellemző.

Video

https://drive.google.com/file/d/0B15KJwYa2uMFeDJsQjJQZHdJUEk/view?usp=sharing

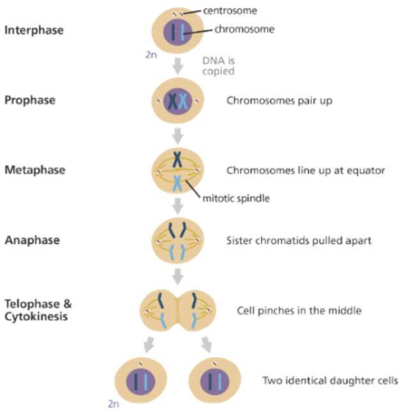
A sejtek szaporodása



Az eukarióta sejtek osztódással szaporodnak. Az osztódás lényegesebb formái:

- **mitózis,**
- **meiózis** (lásd genetika jegyzet).

A mitózis

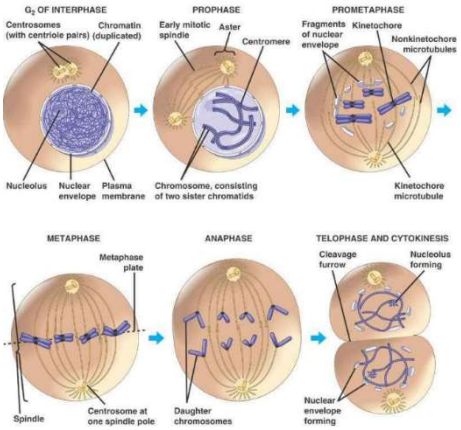


A mitózis **fonalas** sejtosztódást jelent (mitosz = fonál). A mitózis, más néven **számtartó** sejtmagosztódás **lényege**, hogy az interfázisban megkettőződött DNS - melyek a kromoszómák egyes kromatidáit alkotják – egyenlő mértékben megoszlik a két utódsejt között, két utódsejtmag jön létre, amelyekben ugyanolyan számú kromoszóma van, mint az osztódás előtti magban volt.

A számtartó sejtmagosztódás bonyolult, általában néhány óra alatt lejátszódó folyamat.

Mitózissal osztódnak a **növények és az állatok testi sejtjei.**

A mitózis folyamatán belül 4 fázist különböztetünk meg.



1. előszakasz

- A **kromatin fokozódó tömörödése** jellemzi, láthatók lesznek a kromoszómák.

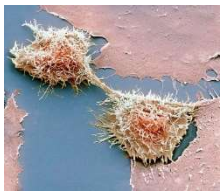
2. középszakasz

- A **kromoszómák a sejt középső síkjában rendeződnek el,**
- a kromoszómák befűződéséhez **húzófonalak** kapcsolódnak, ez a **magorsó**.

3. utószakasz

- A húzófonalak a kromatidákat a sejt két pólusára mozgatják.

4. végszakasz



- A pólusokra érkezett kromatidák fokozatosan letekerednek,
- a sejthártya befűződik, a sejt kettéválik, **az utódsejtek G_1 fázisba jutnak, a kromoszómák 1 kromatidás állapotba kerülnek**.

A sejt osztódása alatt a sejtszervecskék kb. egyenlő mértékben elosztódnak az utódsejtek között.

Video

https://drive.google.com/file/d/1eRCSE14QQINYvIDjRngMtNcxmdzsRS8y/view?usp=sharing

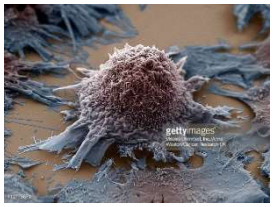
A sejtciklus szabályozása, jelforgalmi hálózatok

Az eukarióta **sejtek osztódási ciklusát szigorúan szabályozott folyamatok sorozata jellemzi**.

A soksejtűeknél a **ciklus beindításához nélkülözhetetlenek** az ún. **növekedési faktorok**, melyek **aktiválják az osztódáshoz szükséges géneket**.

A **ciklus meghatározott pontjain ellenőrző pontok működnek**, melyek a részfolyamtok pontosságáért, ill. meghatározott sorrendjéért felelősek. Mutációs eredetű hibák a sejtciklus szabályozásának felborulását eredményezhetik. A **szabályozás felfüggesztése** a sejtek kontrollálatlan osztódásához, sejtburjánzás kialakulásához, **tumor képződéséhez vezethet**.

A daganatokról, rákbetegségről általában



Az emberi test mintegy 220 különböző sejttípusból áll. A sejtek normális körülmények között szabályosan növekednek, majd osztódnak, s így újabb sejtek születnek. A felnőtt szervezet sejtjei különböző mértékben őrzik meg osztódóképességüket: egyes szervekben - például a bőr és a belek hámborítása, vagy a vérképző vörös csontvelőben– folyamatosan osztódó sejtek vannak, mivel ezeken a helyeken a sejtpusztulás mértéke is nagy. Ugyanakkor a **legtöbb sejtünk kialakulása után végérvényesen elköteleződik**, teljesen **elveszítik osztódóképességüket** és valamilyen **feladat ellátására specializálódnak**.

Rák, vagyis **rosszindulatú daganat abban az esetben alakul ki**, ha a sejtciklust szabályozó folyamatokban hiba lép fel, a normálisan zajló, kontrollált osztódás helyett **szabályozatlan sejtburjánzás indul be**. A **rákos sejtek** (ún. tumorsejtek) **szakadatlanul osztódnak**, és olyan **differenciálatlan, folyamatosan osztódó sejteket hoznak létre**, melyekre a szervezetnek semmi szüksége. Az így **képződő szövethalmazt tumornak** vagy **daganatnak nevezzük**.

A rák kialakulása és a sejtciklus zavarai

A **rák kialakulását** minden esetben az **örökítőanyagot érintő mutációk felhalmozódása okozza**. Csak azok a mutációk okoznak daganatot, amelyek a **sejtciklust szabályozó fehérjék működését érintik**.

A daganatkialakulás szempontjából **érintett gének**

- a **proto-onkogének**, melyek olyan **fehérjéket kódolnak, amik növekedési jeleket fognak fel** a sejtekben. E **géneknek mutációi eme fehérjék aktivációját idézik elő**, aminek hatására az érintett **sejt úgy érzékeli, mintha a növekedési jelzés folyamatosan jelen volna**. Az aktivált proto-onkogéneket **onkogéneknek** nevezzük.
- **Tumor-szuppresszorok**, **daganatelnyomó** gének fehérjéi működésük során **féken tartják a sejtosztódást**, a sejtciklust hiba esetén leállítják.
- A **DNS-hibajavítók** és
- az **apoptózis-szabályozók**, amelyek **olyan fehérjéket kódolnak**, melyek a **programozott sejthalált beindítják.**

A rákos elváltozások kialakulásához általában öt-hat egymást követő mutáció szükséges.

Alapvető fontosságú, hogy a **sejtciklus egyes fázisai a megfelelő sorrendben kövessék egymást**, s a sejt csak akkor tudjon átlépni egy következőbe, ha az előzőt tökéletesen befejezte. Ellenkező esetben a **genetikai anyag eloszlásában zavarok léphetnek fel**. Elveszhetnek kromoszómák vagy kromoszómarészletek, vagy egyenlőtlenül osztódnak szét az utódsejtek között. A tumorsejteknél gyakran jellemzők ilyen elváltozások.

Ezeket a **problémákat** a **sejtciklus ellenőrzési pontjai hivatottak kiküszöbölni** azáltal, hogy **leállítják a sejtciklust addig, amíg a hibák kijavításra kerülnek**, vagy ha ez nem lehetséges, programozott sejthalálra, **apoptózisra** **késztetik a sejtet**. Ha azonban **egyik sem következik be**, akkor **rákos elfajulás jöhet létre**: a sejt irányíthatatlan módon osztódni kezd. Az eredeti hibás sejtből egy **tumoros sejtvonal** alakul ki, amely **halhatatlanná** válik.

Bár a **daganatok kialakulása minden esetben az örökítőanyag meghibásodására vezethető vissza**, a daganatos betegségeket a kiváltó okok szerint alapvetően két csoportra oszthatjuk,

- egyrészt **környezeti tényezők** okozzák a **rákhoz vezető mutációk felhalmozódását**, **melyek kialakulását öröklött genetikai tényezők is növelhetik**.
- **Másrészt tisztán örökletes, genetikai okok** játszanak egyértelműen meghatározó szerepet a rák kialakulásában. A rosszindulatú daganatok nagyjából öt-tíz százaléka tartozik ebbe a csoportba.

A **rák** nem egyetlen betegség, hanem egy **gyűjtőfogalom**, amely **száznál is többféle megbetegedést foglal magába**. Megkülönböztetünk jó- és rosszindulatú daganatokat.

Az elsődleges daganatok, jó- és rosszindulatú daganatok

A daganat lehet **jóindulatú** **(benignus)**. Bár ez is kontrollálhatatlanul növekedik, de

- **nem tör be a környező szövetekbe**, és **nem pusztítja el őket,**
- **egy hártya borítja**, amely elszigeteli őket a környezetüktől,
- általában **lassan növekednek,**
- **rendszerint eltávolíthatók**, és legtöbbször **nem újulnak** ki,
- a belőlük származó sejtek **nem szóródnak szét** a szervezetben, nem képeznek áttétet,
- és ami a legfontosabb, a jóindulatú daganatok általában nem veszélyeztetik az életet.

A **rosszindulatú (malignus) vagy rákos** daganatoknál

- a daganatos sejtek kontrollálatlanul és megállíthatatlan módon osztódnak.
- A tumort szinte **soha nem borítja határoló hártya**, és ezért
- a tumorsejtek **betörve a környező szövetekbe** (orvosi kifejezéssel ezt beszűrődésnek, infiltrációnak nevezik) **áttéteket** képeznek.
- Amint a daganat növekszik, **megkezdi saját vérellátásának kiépítését**. A **tumorsejtek elveszik a táplálékot az egészséges sejtek elől**, a beteg gyengül, és fogyásnak indul.

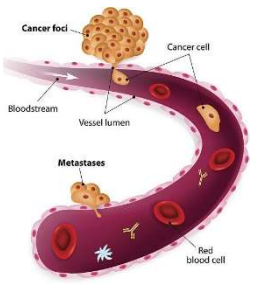
Az egyes ráktípusokat a megtámadott szerv alapján is elnevezték (például emlő-, tüdő-, gyomorrák stb.).

A rák hatása a szervezetre

A rák számos módon fenyegeti a szervezetet. Maga a daganat **fizikailag hatást gyakorolhat** a környezetében lévő szervekre, vezetékekre vagy véredényekre, **fájdalmat** és egyéb tüneteket okozva. Például az agyban lévő tumor fontos agyterületeket nyomhat (agyműködési zavarokat okozva), vagy a hasnyálmirigyben növekvő daganat elzárhatja az epevezetéket.

Amikor a rák betör a környező szövetekbe, a megsérült véredények miatt **vérzések keletkezhetnek**, a megtámadott szervek működésében pedig problémák lépnek fel.

A **tumorsejtek** bejuthatnak a vér- és a **nyirokkeringésbe**, és **távoli szervekhez is eljuthatnak**. E szervekben megtapadhatnak, s osztódásukkal megindulhat a távoli **áttétek (metasztázisok) kialakulása**.



Sajnos számos daganat esetében az elsődleges tumor sokáig anélkül növekedhet, hogy a beteg által észrevehető tüneteket okozna. Pedig a gyógyulásra sokkal nagyobb esély van, ha a kezelések idejében, az áttétek kialakulása előtt megkezdődnek. Ezért elengedhetetlenek a **rendszeres szűrővizsgálatok.**

A rák kezelése

Biztos diagnózist a tumorgyanús területről kinyert szövetrész szövettani vizsgálata adhat, amelyet patológus szakemberek végeznek el. A szövettani vizsgálattal meg lehet állapítani

- a betegség súlyossági fokozatát,
- a daganat kiterjedését,
- a betegség várható lefolyását (prognózis),
- a daganat érzékenységét a kemoterápiás szerekre, ami az optimális kezelés megtervezését segíti.

A **rák kezelésének** napjainkban három **hagyományos** módszere van.

1. Az első a **sebészeti beavatkozás.** Az operáció során **eltávolítják a daganatot** és a daganat típusától függően a környező szöveteket vagy szerveket (például nyirokcsomókat). A műtétet megelőzheti ún. **biopszia**, amelynek során **szövettani mintát vesznek** a daganatból.

2. A második módszer a **sugárkezelés** **(radioterápia).** Az eljárás során **nagy energiájú gamma vagy röntgensugárzással próbálják elpusztítani a tumorsejteket**. A sugárkezelés lokális kezelés, azaz egy körülhatárolt területre irányul. A teljes dózis egyszerre történő adása súlyos mellékhatásokkal járna, ezért a kezeléseket általában napi adagokban kapja a beteg, mert a hatás összeadódik.

3. A harmadik módszer a **kemoterápia.** Ennek során olyan **sejtmérgeket** (citosztatikumokat) alkalmaznak, amelyek különösen a **gyorsan osztódó sejtekre** (így például a tumorsejtekre) **fejtik ki hatásukat**. A kemoterápiás szereket a vérkeringésbe juttatják, így azok a szervezet minden részére eljutnak. A kemoterápiás kezelés káros mellékhatásainak alapját az képezi, hogy a **kemoterápiás szerek hatása nem csak a rákos sejteket érinti**. E szerek hasonló, tehát a sejtosztódást gátló, sejtpusztító hatást fejtenek ki a szerveinket, szöveteinket felépítő sejtek közül mindazokra, amelyek a ráksejtekhez hasonlóan gyors tempóban szaporodnak.

Célzott daganatterápiák

A **célzott kezelések** a hagyományos kezelésekkel szemben egy **meghatározott molekuláris célpontra irányulnak**. Ez a **célpont általában egy fehérje**, amely folyamatos **növekedésre** és **osztódásra készteti a sejteket**. A **célzott terápiák feladata, hogy a hibásan működő fehérje** - vagy más, a daganatsejt jelátviteli láncolatában elhelyezkedő, szintén hibásan működő molekula - **működését gátolja**, leállítva ezzel a tumorsejt növekedésének és osztódásának folyamatát. Az új és az eddig is alkalmazott rákgyógyszerek között az alapvető különbség, hogy a **célzott terápiás gyógyszerek elsősorban a daganatsejteket pusztítják**, ezért általában a **mellékhatásaik is sokkal enyhébbek**. A célzott kezelések a daganatsejtek olyan genetikai sajátosságait használják ki, amelyek a normális sejtekben nincsenek jelen.

Az **immunterápia** a **szervezet saját természetes védekező rendszerének serkentésével törekszik a rák féken tartására**, illetve leküzdésére. Ennek egyik lehetséges módja, hogy a beteget a **saját daganatából készített vakcinával oltják be**, így próbálva megtanítani az immunrendszert a rákos sejtek felismerésére

Általában a hét figyelmeztető jel

1. **Szemmel látható változások szemölcsön, anyajegyen.**
2. **Széklettel és vizelettel kapcsolatos változások.**
3. **Makacs köhögés vagy rekedtség.**
4. **Állandóan fennálló nyelési nehézségek.**
5. **Nem gyógyuló fekély vagy sérülés a bőrön.**
6. **Szokatlan vérzés, váladékfolyás.**
7. **Tapintható duzzanatok a mellben vagy a test más részén.**

A **korai tünet ritkán jár fájdalommal**. Ha ezeknek a jeleknek bármelyike több, mint két hétig észlelhető, azonnal orvoshoz kell fordulni! A tünetek természetesen nem minden esetben jelentenek rákos betegséget.

Európai Rákellenes Kódex

Alapvető tanácsok a rák megelőzéséhez és korai felismeréséhez. A malignus tumorok több, mint fele megelőzhető lenne!

- **Ne dohányozz!**
- **Ha alkoholt iszol** - akár sört, akár bort, vagy szeszt - **mérsékeld a fogyasztást**!
- Növeld a napi főzelék- és friss gyümölcsfogyasztást! **Gyakran fogyassz magas rosttartalmú növényi táplálékot!**
- **Kerüld az elhízást**, **fokozd a fizikai tevékenységedet**, és **korlátozd a zsíros ételek fogyasztását!**
- **Óvd magad a túlzott napfénytől** és kerüld a napon való leégést, különösen gyermekkorban!
- **Keress fel orvost, ha csomót észlelsz**, vagy **ha fekélyed nem gyógyul**!
- Menj orvoshoz, ha **bőrödön olyan elváltozás van, amely alakját, nagyságát vagy színét változtatja, esetleg vérzik!**
- Vizsgáltass ki minden makacsul fennálló problémát, legyen az **állandó köhögés, rekedtség, a széklet vagy a vizelés ritmusának megváltozása, magyarázat nélküli fogyás!**

  Nők számára:
- szabályos időközökben vegyél részt szervezett méhnyakrák-szűrési programban!
- Vizsgáld meg emlőidet szabályos időközökben. Ha elmúltál 50 éves, vegyél részt
- mammográfiás szűrésen!

A Nemzetközi Rákellenes Unió 2011-ben nyilvánította február 4-ét a rák világnapjának (World Cancer Day). Ezen a napon a szakemberek minden évben rendezvényekkel, kiadványokkal és sajtóanyagokkal igyekeznek tudatosítani az emberekben, hogy megfelelő életmóddal, odafigyeléssel, rendszeres szűrővizsgálatokkal a daganatos megbetegedések jelentős része megelőzhető.

Felhasznált irodalom

Falus András Epigenetika
Sass Miklós, Laskay Gábor Molekuláris sejtbiológia
Daganatok.hu