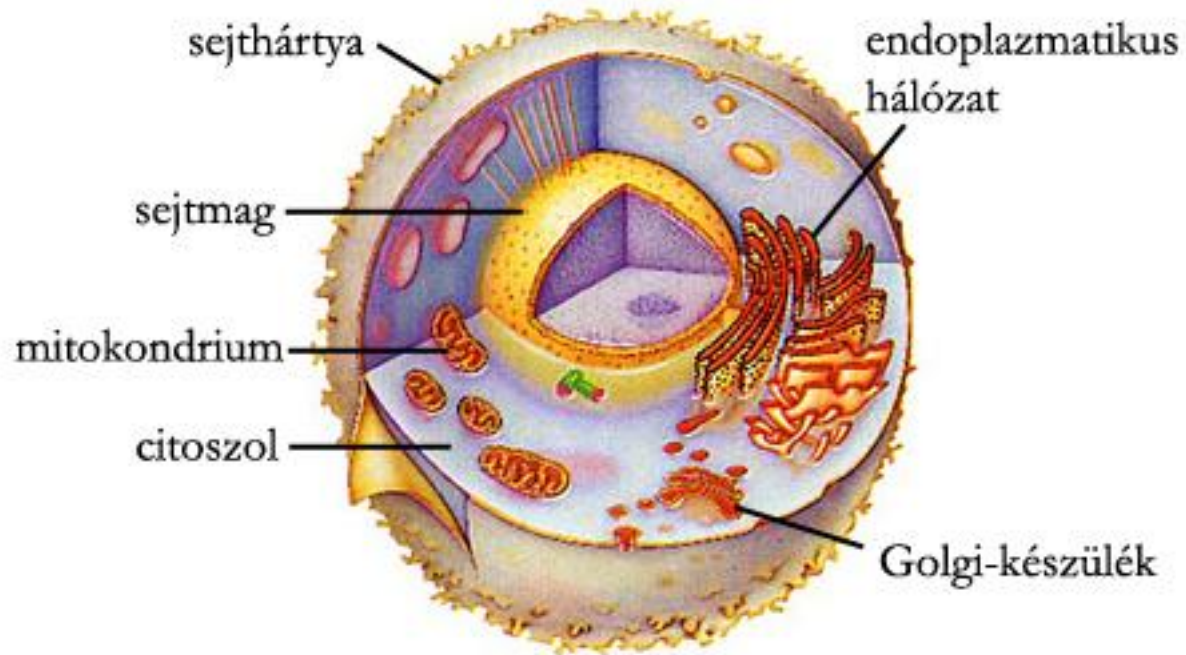
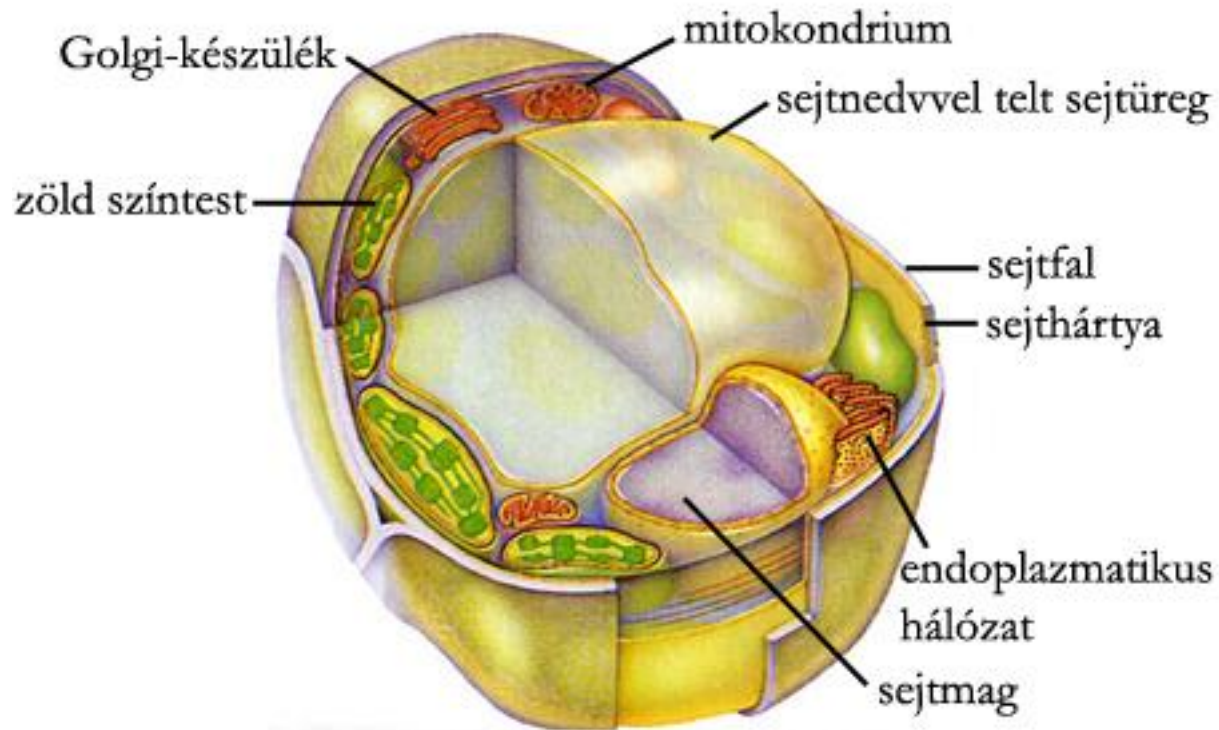


Sejtalkotók

Állati sejt

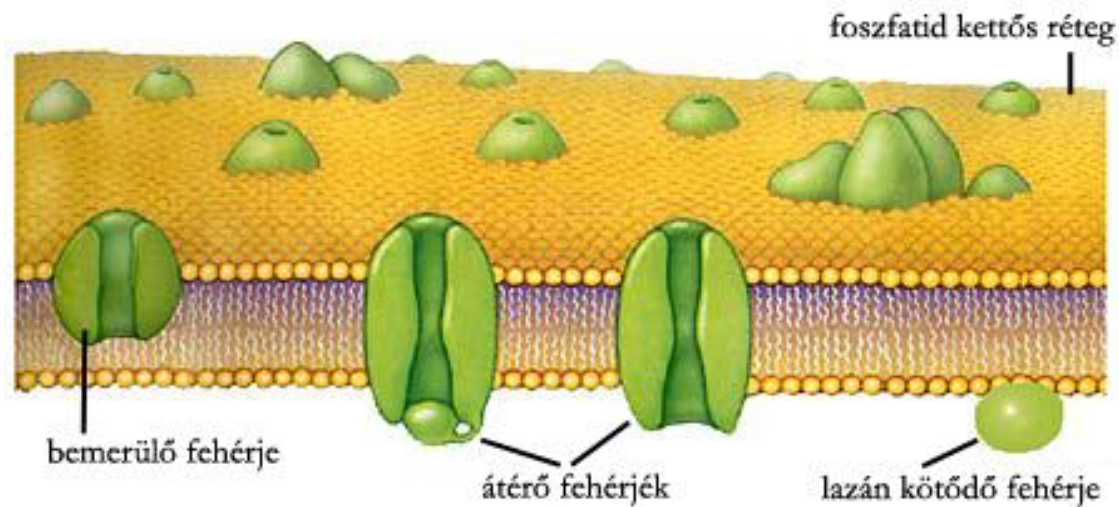


Növényi sejt

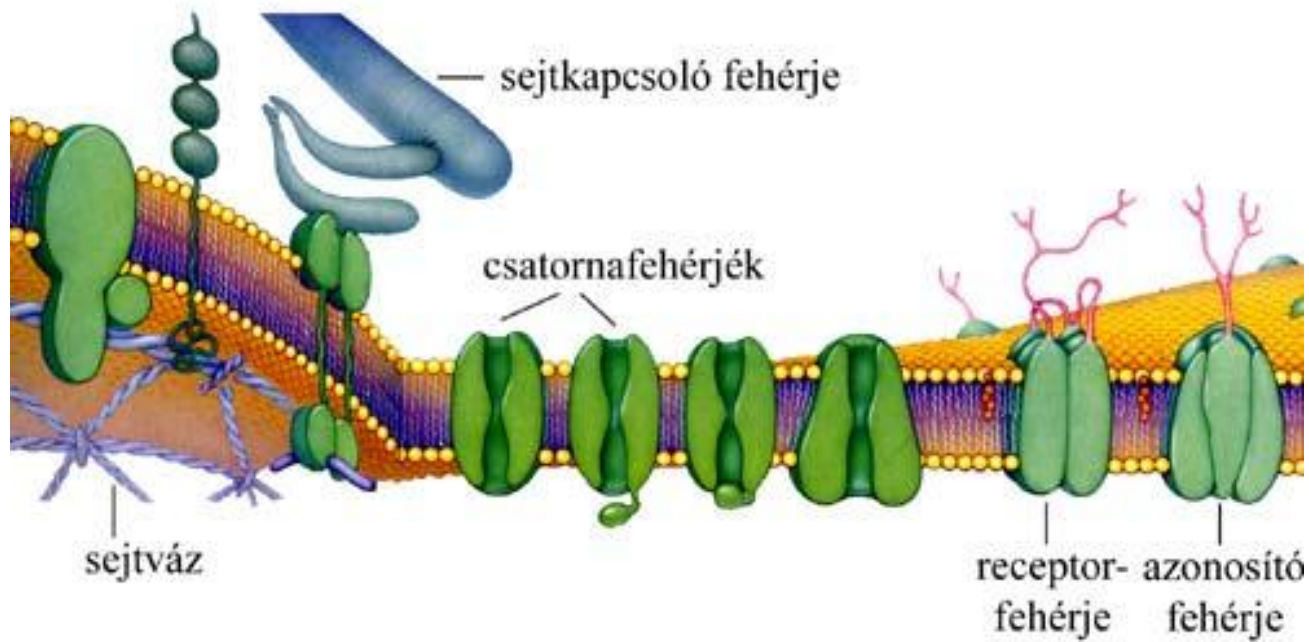


A sejthártya = sejtmembrán

- A **sejthártya** a **sejt** külső határoló **membránja**. Elválasztja a **sejtet** környezetétől, de egyben össze is köti azzal. **Membránfehérjéi** egyrészt szabályozzák a **sejtanyagfelvételt** és **anyagleadást**, másrészt megkötnék különféle, a **sejtanyagcserét** befolyásoló **kémiai anyagokat**, például **hormonokat**. Mindezek mellett tartalmaznak az adott **sejttípusra** jellemző azonosító **fehérjéket** is.



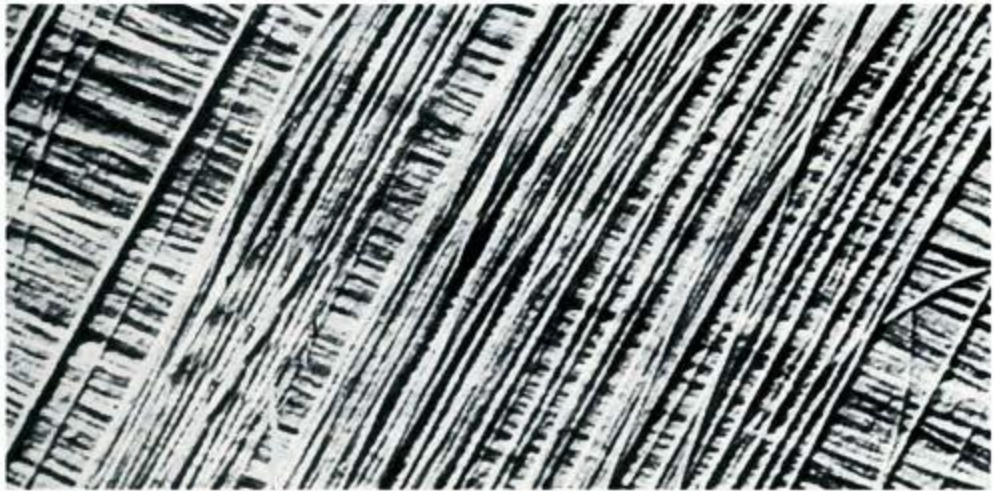
sejtmembrán



A sejtfa

A sejtfa a növények és a gombák sejtjeit szilárdító, legkülső réteg. Vizes oldatok számára szabadon átjárható, így nem jelent akadályt az oldott anyagok felvételében és leadásában. A növényekben főleg cellulóz, a gombákban pedig kitin a szilárdító összetevője. A sejtfa szilárdító anyagát a sejthártya fehérjéi hozzák létre.

Sejtfa cellulózrostjai



A citoplazma

- Az **eukarióta sejtekben** a **sejtmagot** a **maghártya** határolja el a **sejtplazmától (citoplazma)**.
- A **citoplazma** alapállományában különböző, **membránnal** határolt **sejtalkotók** vannak.
- A **citoplazma** alapállománya (szakkifejezéssel **citoszol**) kitölti a **sejtalkotók** közötti teret.
- A **vízen** kívül nagy mennyiségben tartalmaz különböző **fehérjéket**.
- A **fehérjék** egy része összekapcsolódik, és az egész **sejtet** behálózó **fonalrendszert, sejtvázat** hoz létre.
- A **sejtvázfehérjéi** irányítják a **sejten** belüli mozgásokat, kialakítják a **sejt** jellegzetes alakját.
- Ezenkívül **anyagcsere-folyamatok enzimrendszerei** kötődnek hozzájuk.
- Az **alapállományban** találhatóak többek között a **szőlőcukor** lebontását, illetve a **fehérjeszintézist katalizáló enzimek**.
-

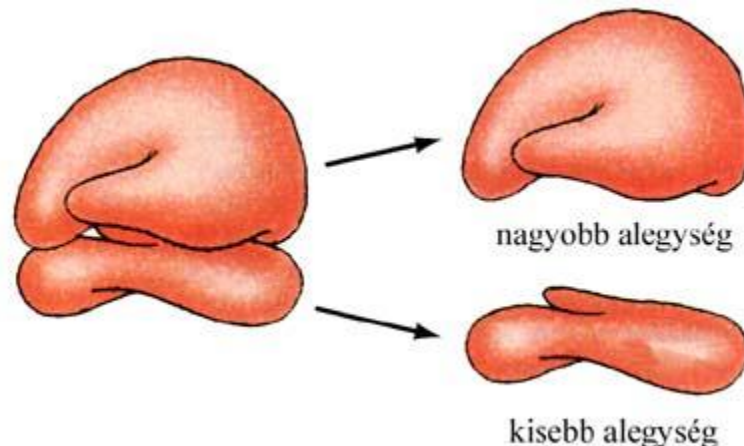
A fehérjegyár munkásai

Riboszóma, ER, Golgi

Riboszóma

Riboszóma (A munkás): Ő a gyári munkás, aki összeszereli a fehérjéket.

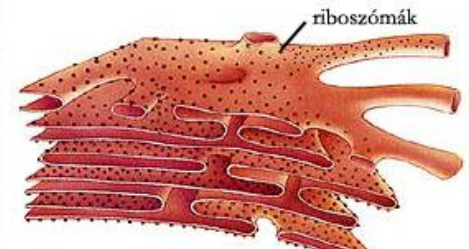
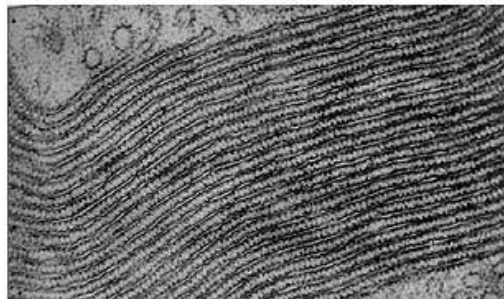
- A **riboszómák** két alegységből álló, **fehérje- és RNS-tartalmú sejtalkotók**. Felületükön történik a **polipeptidek szintézise**. Szabadon helyezkednek el a **citoplazma** alapállományában, vagy **membránokhoz** kötődnek → endoplazmatikus retikulumhoz → durva felszínű endoplazmatikus retikulum.



Endoplazmatikus retikulum (hálózat)

Endoplazmatikus retikulum / ER (A futószalag): Egy csőrendszer, ahol a munkások (riboszómák) dolgoznak. Ez a futószalag, ami egyben **szállítja** és alakítja is a készülő anyagokat.

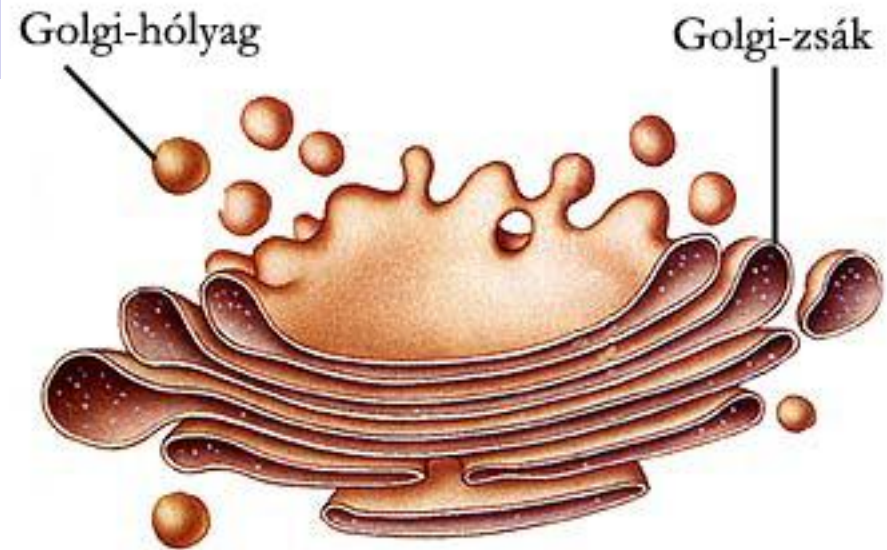
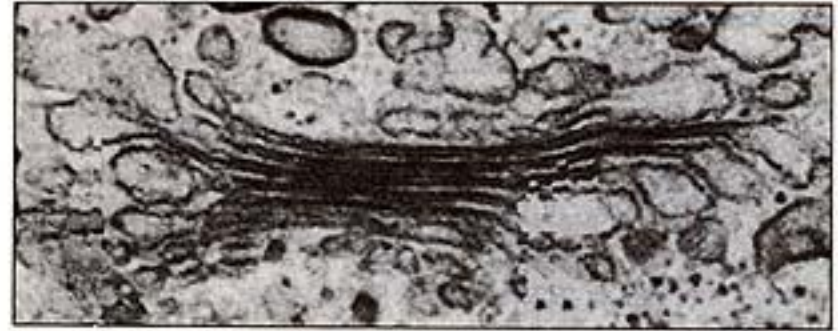
- Az **endoplazmatikus hálózat lapos zsákokból, csövekből** álló kiterjedt **membránrendszer**, amelynek belsejét **plazmaállomány** tölti ki. Külső felszínéhez **riboszómák** kapcsolódhatnak. Legfontosabb feladata a **riboszómákon** képződő **fehériék** átalakítása és szállítása.



Golgi-készülék

- **Golgi-készülék (A postázó):** Ide érkeznek a futószalagról a kész termékek. A Golgi **szétválogatja, becsomagolja** őket apró csomagokba (hólyagocskákba), és ráteszi a „címezést”, hogy hova kell szállítani őket.

•A **Golgi-készülék** általában 6-8 egymáshoz simuló, lapos **membránsákocskából** áll, amelyek felszínéről **membránnal határolt hólyagok** fűződnek le. Az összetett **fehérjék szintézisében**, egyes **sejtalkotók** határoló **membránjainak** képzésében és a **sejten belüli anyagszállításban** vesz részt.



Lizoszóma

Lizoszóma (A kukás / újrahasznosító): Lebontja és eltakarítja a sejt számára felesleges vagy előregedett anyagokat.

- **A lizoszómák membránnal határolt testecskék**, amelyek **makromolekulák hidrolízisére** képes **emésztőenzimeket** tartalmaznak. **Enzimeik lebontják** az előregedett vagy feleslegessé vált **sejtalkotókat**, a kívülről felvett **nagy molekulájú anyagokat**. A **növényi sejtekben** több **lizoszóma** összeolvadásával nagyméretű, **sejtnedvvel** telt **sejtüreg** alakulhat ki, amelyben gyakoriak a **szerv** **sókból álló kristályzárványok**.

A papucsállatka emésztő üröcskéje



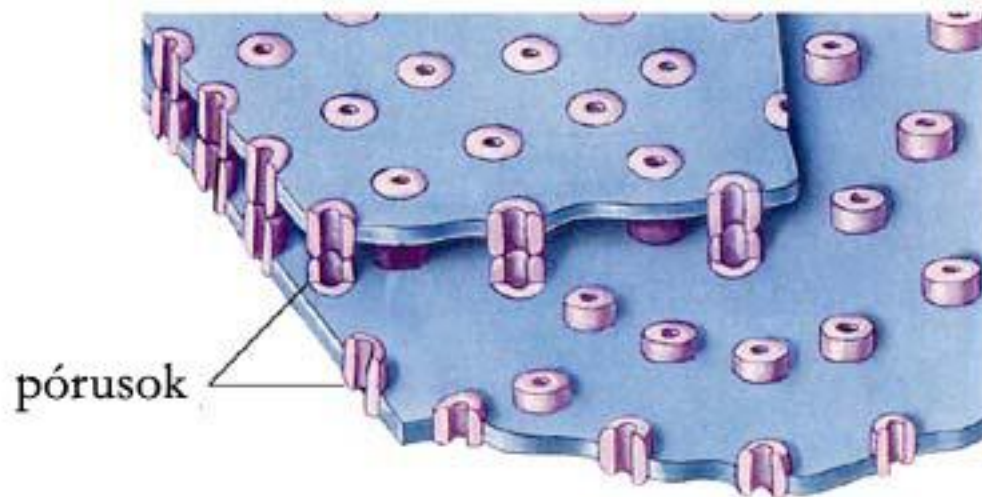
A sejtmag

Sejtmag (A igazgatói iroda): Itt őrzik a tervrajzokat (DNS). Innen **irányítják** a sejt összes feladatát.

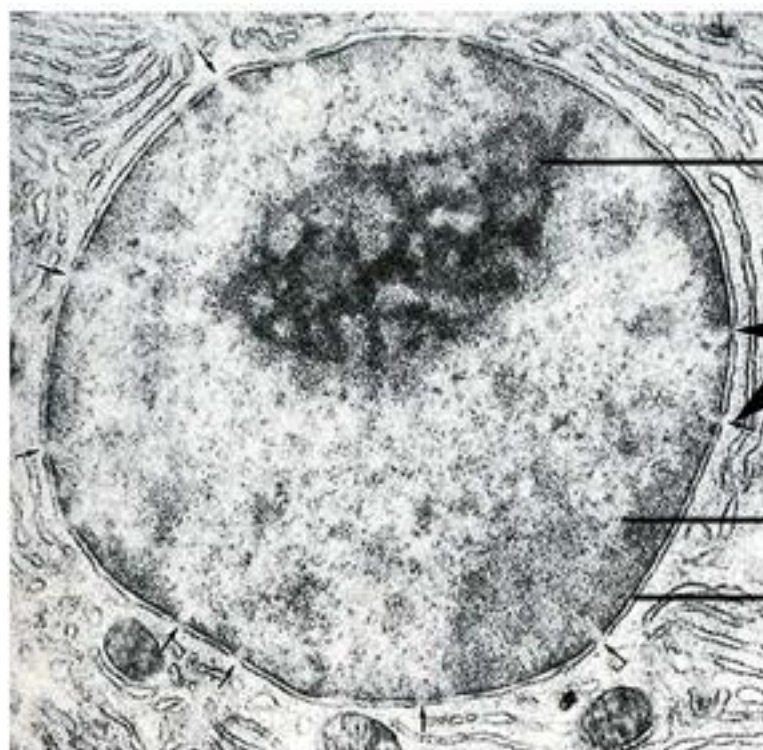
- A **sejtmagban** rendszerint nem csak egy, hanem több **kromoszóma** található. A **kromoszómaszám** fajra jellemző, állandó érték.
- A **sejtmagvacskát** főleg **RNS** alkotja, ezen a területen **szintetizálódik** a **riboszómákat** felépítő **RNS**.
- A **sejtmag** – **DNS-tartalmánál** fogva – irányítja a **sejtanyagcsere-folyamatait**, és biztosítja, hogy a **sejtosztódás** során a **sejtműködésre** vonatkozó információk átkerüljenek az utódsejtekbe.

A sejtmag

- A **sejtmag** rendszerint **fénymikroszkópban** is megfigyelhető **testecske**.
- Kívülről **maghártya** határolja, belsejét a **magplazma** tölti ki.
- A **magplazmában fénymikroszkópban** is megfigyelhető a **sejtmagvacska**.
- A két **membránból** álló **sejtmaghártyát** **pórusok** törik át. A **pórusokban fehérjékből** álló **szerkezet** szabályozza a **makromolekulák** szállítását a **sejtmag** és a **citoplazma** között.
- A **pórusokon** keresztül jutnak ki például a **sejtmagban** képződött **RNS-molekulák**, és lépnek be a **sejtplazmából** az ott kialakuló **fehérjék**.
- A **magplazma** jórészt **nukleinsavakból** és **fehérjékből** áll, benne található a **sejt DNS** tartalmának mintegy 98%-a.
- A **fonál** alakú **DNS-molekulákhoz** **fehérjék** kapcsolódnak. Az így kialakult szerkezeti egységeket nevezzük **kromoszómáknak**.



**Maghártya
szerkezete**



sejtmagvacska

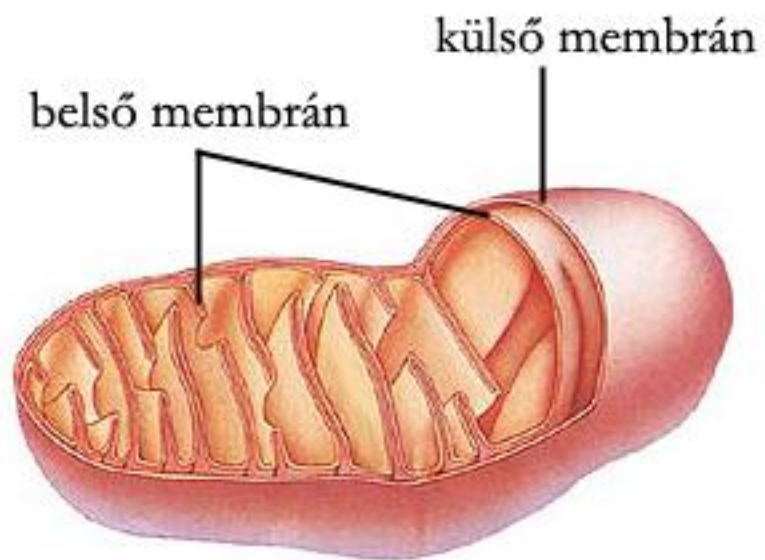
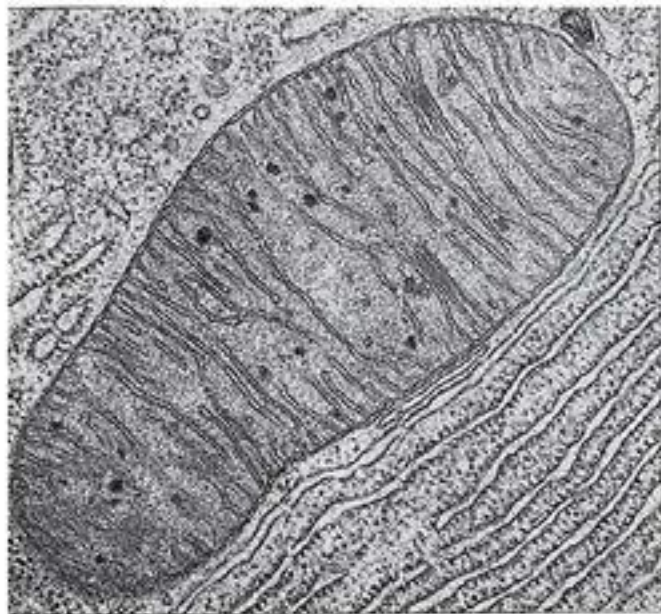
pórusok

magplazma

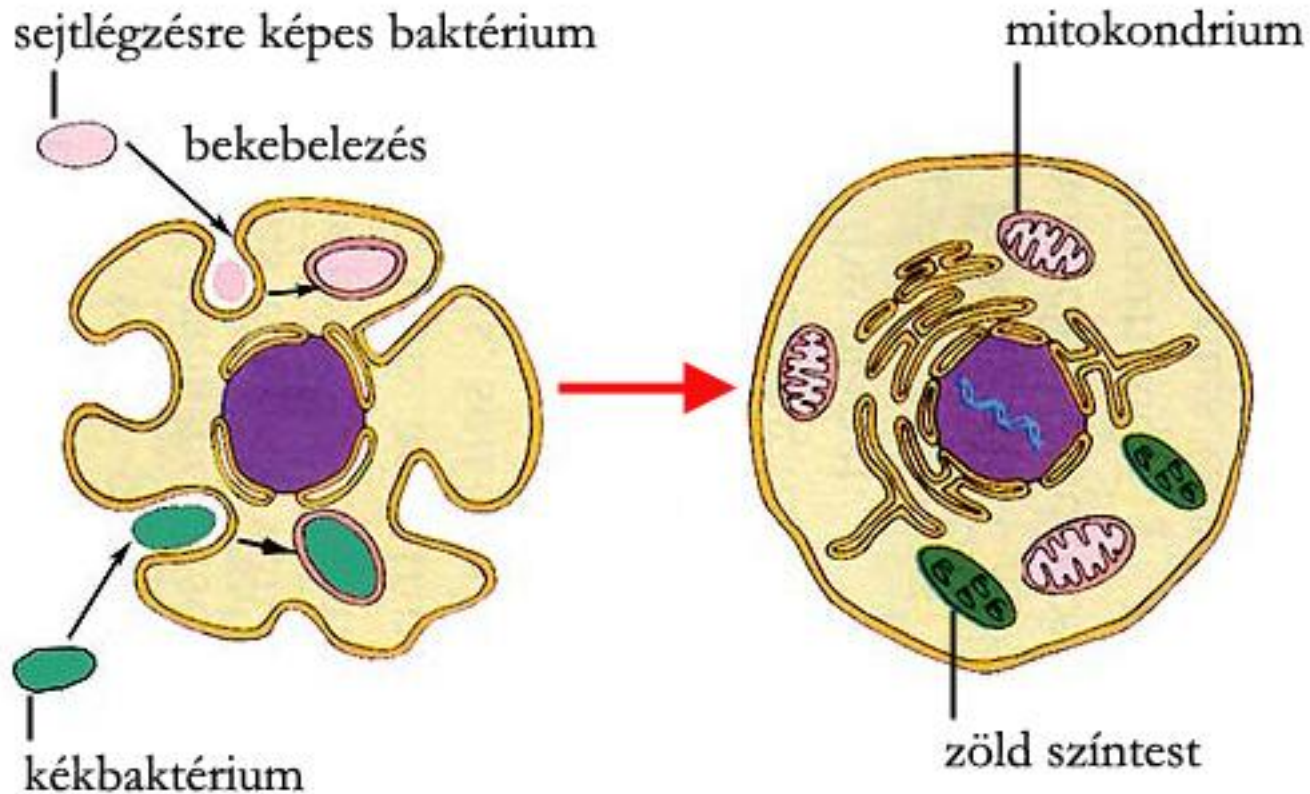
maghártya

A mitokondrium

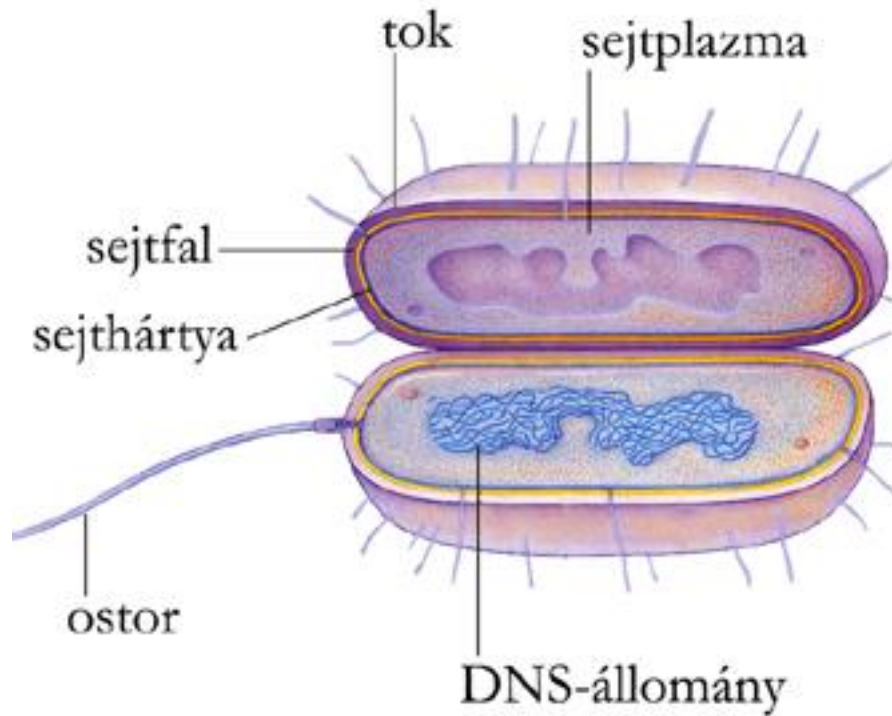
- **Mitokondrium (A erőmű):** Lebontja a tápanyagokat, és **energiát termel** a sejtnek. Nélküle leállna a gyár.
- A **mitokondrium** rendszerint hosszúkás alakú, két **membránnal** határolt **sejtalkotó**. A **belső membránján** sok betűródés található, ezért nagy a felülete. A **membránok** által határolt tereket **plazmaállomány** tölti ki.
- A **mitokondriumok** a **lebontó anyagcsere** központjai. Belsejükben játszódik le a **sejtlégzés**, és képződik a **sejt** ATP szükségletének túlnyomó része. Számuk a **sejt** típusától függően változik. Vannak olyan **sejtek**, amelyek csak egy, és olyanok is, amelyek több ezer **mitokondriumot** tartalmaznak. Az **energiaigényes** működéseket végző **sejteken** több **mitokondrium** van.
- A **mitokondriumok** a **citoplazma** többi **sejtalkotójától** eltérően **DNS-t**, **RNS-t** és **riboszómákat** is tartalmaznak. Ennek következtében önálló **fehérjeszintézisre**, sőt **osztódásra** is képesek a **sejten** belül.



Endoszimbionta-elmélet



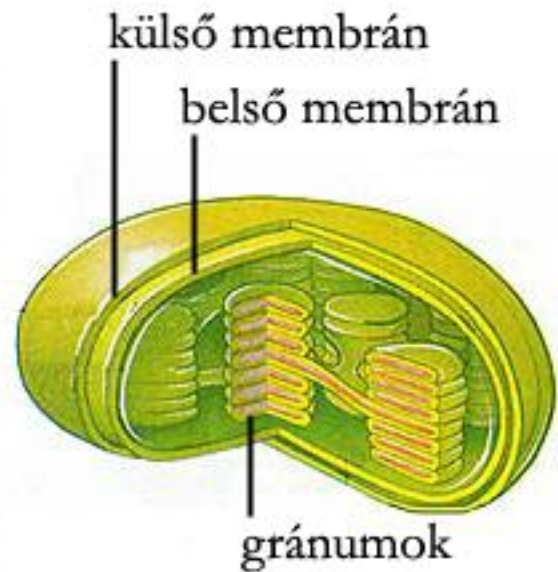
Baktérium sejt felépítése



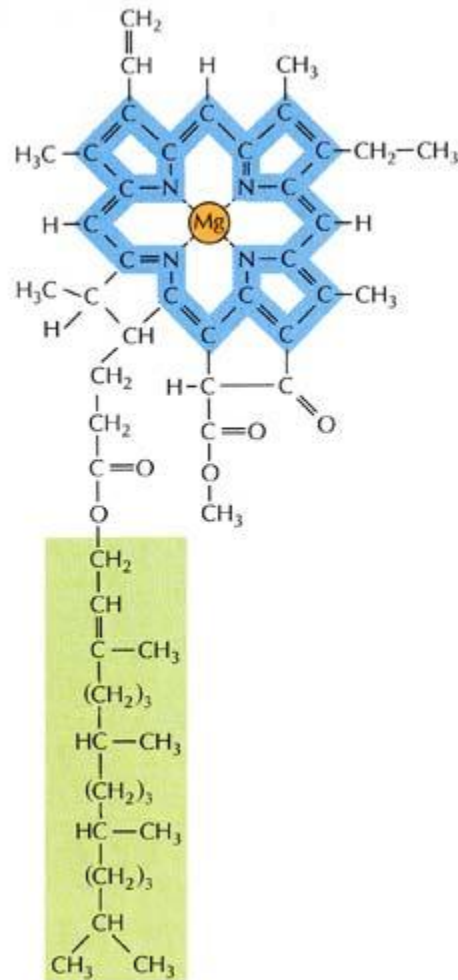
A zöld színtest

- A **zöld színtestek** a növényi sejtekre jellemző **sejtalkotók**. Bennük zajlik a **fotoszintézis**.
- **Belső membránjuk** kiterjedt **membránrendszer**t alkot. A nagyobb lemezeken lapos **membránsákokból** felépülő oszlopok, úgynevezett **gránumok** találhatók.
- A **gránumok membránjához** kapcsolódnak a fényenergiát megkötő színyanyagok (**klorofill, karotinoidok**).
- A **színtest** belső **plazmaállományában** gyakoriak a **fotoszintézis** termékét raktározó **keményítőzárványok**.
- A **színtestek** a **citoplazma** többi **sejtalkotójától** eltérően **DNS-t, RNS-t** és **riboszómákat** is tartalmaznak. Ennek következtében önálló **fehérjeszintézisre**, sőt osztódásra is képesek a **sejten** belül.
- A **klorofill molekula** **poláris** (kék) és **apoláris** (zöld) **molekularészletet** is tartalmaz, így be tud épülni a **gránumok membránjába**. **Magnéziumtartalmú poláris** része fény hatására könnyen **gerjesztődik**.

A zöld színtest



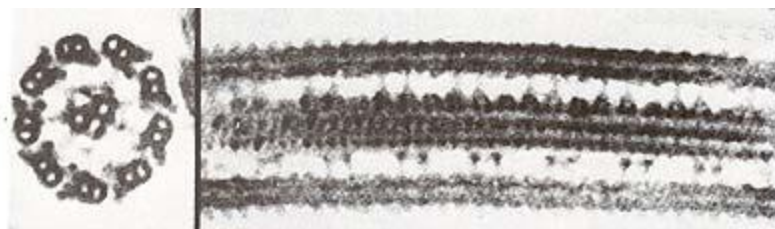
- A klorofill szerkezete



Csillók és ostorok

- A **csillók** és az **ostorok** lényegében azonos szerkezetű **sejtalkotók**.
- A **csillók** rövidek és nagy számban borítják a **sejtet**, az **ostorok** hosszúak és kevés van belőlük.
- Mind a **csillók**, mind az **ostorok** felszínét **sejthártya** borítja, belsejükben **fehérjékből** álló csövecskék húzódnak.
- A csövecskék elcsúszhatnak egymáson, ez eredményezi a **csilló** vagy az **ostor** mozgását.
- **Ostorral** vagy **csillóval** mozog számos **egysejtű élőlény** és a magasabb rendűek **hímivarsejtjei**. **Csillók** borítják egyes **hámszöveti sejtek** felszínét is.

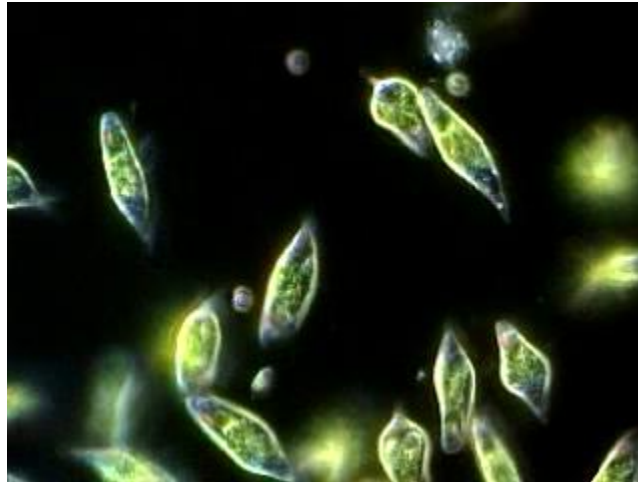
Csillók és ostorok



Papucsállatka



Ostorosmoszatok



Membrántranszport, a passzív és az aktív transzport

- A **sejtek**, illetve a **sejtek** belsejében található **sejtalkotók** határoló **membránjuk** közreműködésével veszik fel környezetükből a számukra szükséges **anyagokat**, és adják le **anyagcseréjük** termékeit. A **membránon** keresztül lejátszódó **anyagfelvételt** és – leadást **transzportfolyamatnak** nevezzük.
- A **transzportfolyamatoknak energetikai** szempontból alapvetően két típusuk van. A **passzív transzport** nem igényel **sejtműködésből** származó **energiát**, mivel a folyamat során csökken a **koncentrációkülönbség** a vizsgált **anyagra** nézve a **membrán** két oldala között. A folyamat során a vizsgált **anyagrészekéi diffúzióval** áramlanak a **membránon** keresztül a nagyobb **koncentrációjú** hely felől a kisebb **koncentrációjú** hely felé. Az **aktív transzport** ezzel szemben **energiaigényes**, mivel a szállítás során nő a **koncentrációkülönbség**. A folyamat **energiaigényét** a **sejtműködésből** származó **ATP hidrolízise** fedezi.

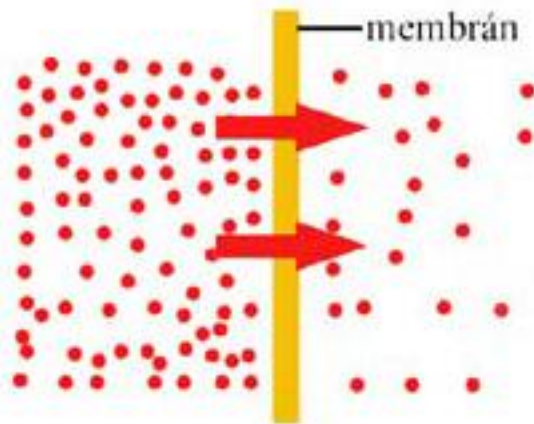
Membrántranszport, a passzív és az aktív transzport

- A membránok foszfatid rétegén egyszerű diffúzióval átjutnak a kisméretű **apoláris** (O_2 , CO_2) és gyengén **poláris molekulák** (pl. etilalkohol) és a **víz**. Nem léphetnek át rajta az **ionok**, a nagyobb **molekulájú poláris anyagok** (pl. **szőlőcukor**) és a **makromolekulák** (pl. **fehérjék**, **nukleinsavak**).
- A membránon szabadon átdiffundáló részecskék transzportja kizárólag **passzív** lehet, és irányát a **koncentrációkülönbség** határozza meg. A **sejtek** nem képesek ezeknek az **anyagoknak** a felvételét és leadását szabályozni. Ezzel magyarázható, miért lehet **szén-dioxidmérgezést** kapni, ha túlságosan magas a belélegzett levegő **szén-dioxid** tartalma. A magas külső **koncentráció** miatt a **sejtek** nem tudják leadni a **sejtlégzés** során képződő **szén-dioxidot**, éppen ellenkezőleg, **szén-dioxidot** vesznek fel környezetükből.

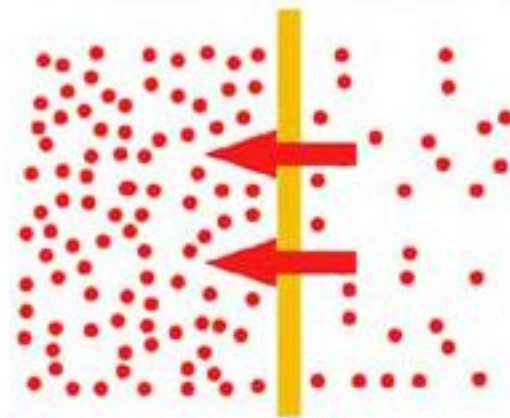
Membrántranszport, a passzív és az aktív transzport

- Az **ionok** (pl. Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , H_3O^+) és az erősen **poláris, vízben oldódó anyagok** (**szőlőcukor, aminosavak**) felvétele és leadása **membránfehérjék** közreműködésével történik. A **membránfehérjék** csak meghatározott **anyagokat** engednek át, vagyis a közreműködésükkel történő anyagszállítás szabályozott folyamat. A **koncentrációviszonyoktól** függően a **transzport passzív és aktív** is lehet.

Az aktív és a passzív transzport

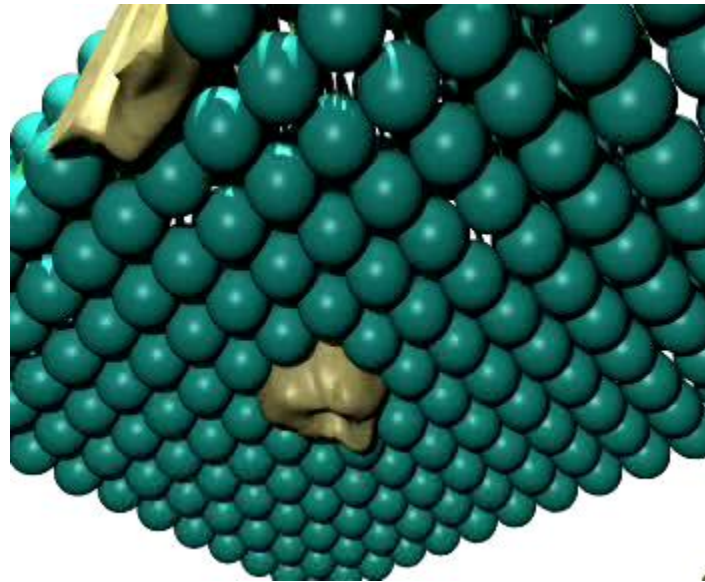


PASSZÍV TRANSZPORT



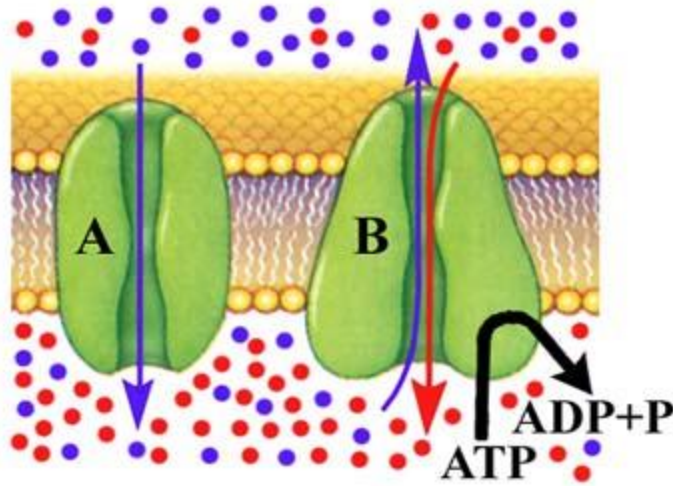
AKTÍV TRANSZPORT

Passzív transzport a membránfehérjéken át

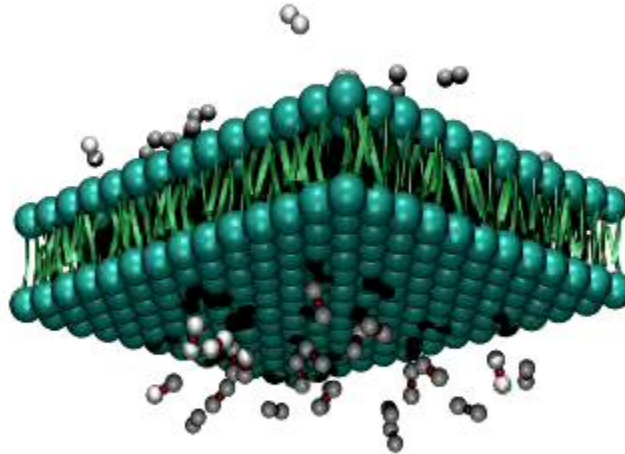


Membránfehérjék közvetítésével történő transzport

-



Passzív transzport a membrán foszfatidrétegén

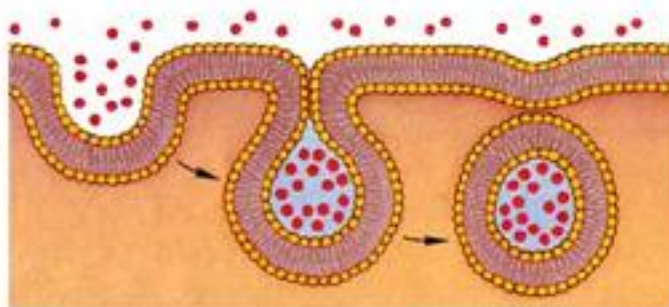


Az endo- és exocitózis

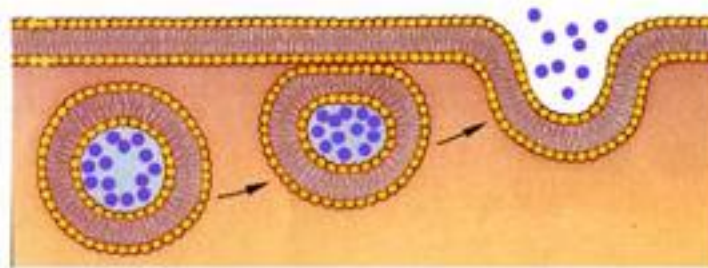
- Az eukarióta sejtek sejthártyáján vízben oldódó **makromolekulák (fehérjék, nukleinsavak)** nem juthatnak át. Az ilyen anyagok membránnal határolt hólyagocskákban kerülhetnek a **sejt** belsejébe. Ez a folyamat a **bekebelezés (endocitózis)**, amelynek során a **sejt** a környezetéből vesz fel **makromolekulákat**.
- Első lépésben a **sejthártya** egyes **fehérjei** megkötik azokat az **anyagokat**, amelyek felvételre kerülhetnek.
- Ezután a **sejthártya** egy része bemélyed a **citoplazma** felé, és végül egy **membránhólyag** fűződik le róla. Így az anyag a **sejthártya** egy részletével körülfogva a **citoplazmába** jut.
- Ezután a **hólyagocska lizoszómával** egyesül, amelynek **emésztőenzimei** lebontják a felvett **makromolekulákat**.
- A **lebontás** termékei a **lizoszóma membránján** át a **sejtplazma alapállományába** kerülnek.
- Az **emészthetetlen anyagok** ellentétes irányú folyamattal, **exocitózissal** ürülnek ki a **sejtből**.

Az endo- és exocitózis

- **Endocitózissal** történik például az **egysejtűek** táplálékfelvétele, és ily módon közömbösítik egyes **fehérvérsejtek** a szervezetbe került **kórokozókat**.



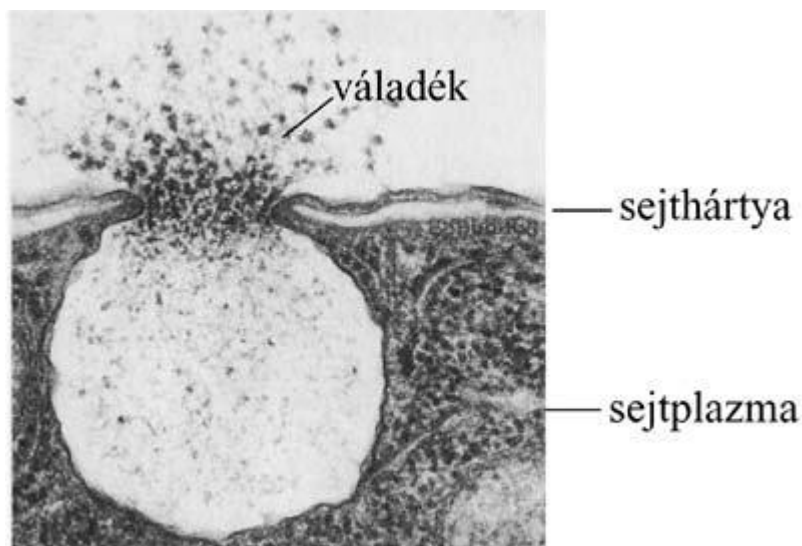
ENDOCITÓZIS



EXOCITÓZIS

Az endo- és exocitózis

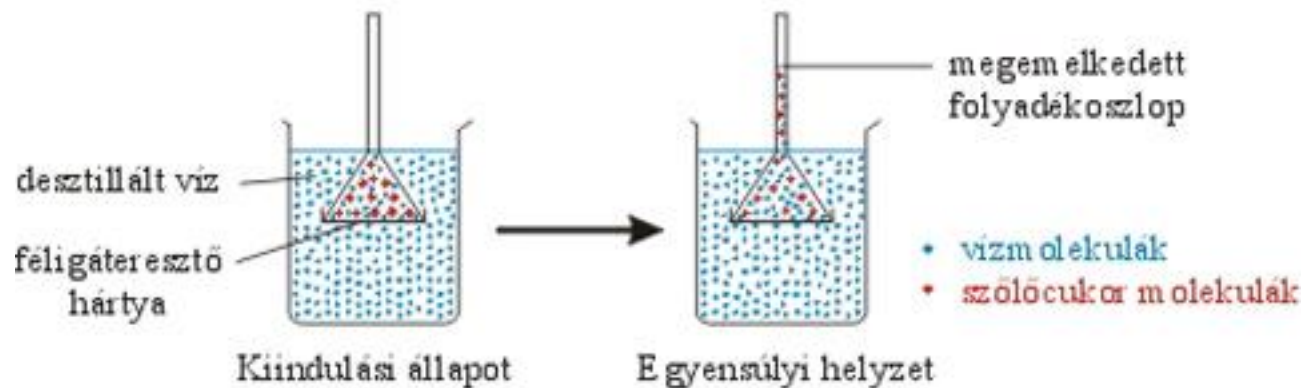
- A mirigysejtek (pl. emésztőnedveket termelő külső elválasztású mirigyek, hormonokat képző belső elválasztású mirigyek) **exocitózissal** adják le **váladékukat**.



Az ozmózis jelensége

Ozmózis

- A biológiai membránok féligáteresztők. Ez azt jelenti, hogy a transzportfolyamatok során bizonyos anyagokat átengednek, míg másokat nem.
- A sejthártya féligáteresztő sajátosságán alapul az ozmózis jelensége. Az ábrán látható kísérleti berendezésben féligáteresztő hártya választ el egymástól két folyadékteret.



Az ozmózis jelensége

- A membrán vízmolekulák számára átjárható, nem engedi át azonban az oldatban lévő szőlőcukor molekulákat.
- A hártya két oldalán különböző koncentrációjú oldatok találhatók. Ez egyúttal az oldószer koncentrációjának eltérését is jelenti: a több cukrot tartalmazó oldatban kisebb a vízkoncentrációja, a kevesebb cukrot tartalmazóban pedig magasabb. A koncentrációkülönbség miatt vízmolekulák diffundálnak a hígabb oldatból a töményebb oldat felé.
- Az oldószer diffúziója csökkenti a két oldat közötti koncentrációkülönbséget.
- Az üvegcsőben emelkedik a folyadékoszlop magassága, és ezzel együtt nő a szőlőcukor-oldatnak a hártyára gyakorolt hidrosztatikai nyomása is.
- Egy idő után dinamikus egyensúly alakul ki: időegység alatt ugyanannyi vízmolekula diffundál át a hártyán a töményebb oldat felé, mint amennyi a megnövekedett nyomás miatt kipréselődik belőle.

Az ozmózis jelensége

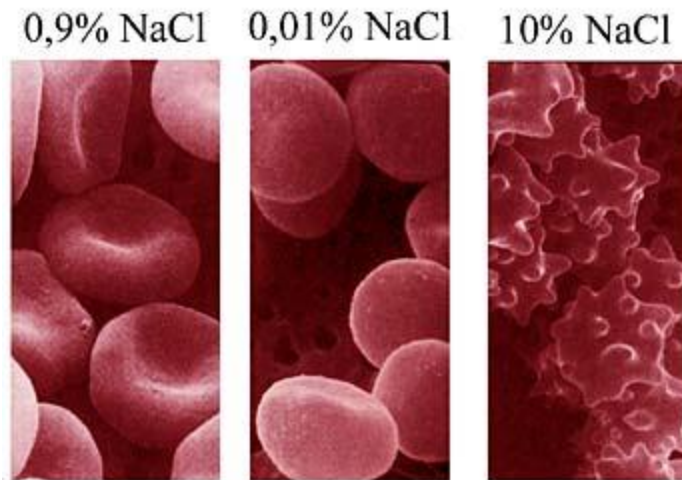
- Ekkor a folyadékoszlop magassága már nem változik. Egyensúlyban az oldatnak a hártyára gyakorolt hidrosztatikai nyomása az ozmózisnyomás, amelynek értéke a vizsgált oldatkoncentrációjával arányos.
- Minél töményebb egy oldat, annál nagyobb az ozmózisnyomása. Töményebb oldat esetén magasabbra emelkedik a folyadékoszlop a mérőberendezésben, ami azt jelenti, hogy nagyobb hidrosztatikai nyomás mellett alakul ki az egyensúly.
- Az ozmózis tehát nem más, mint az oldószer diffúziója féligáteresztőhártyán keresztül. Az ozmózisbiológiai membránokon keresztül is fellép, és alapvető szerepe van a sejtek víztartalmának alakulásában. A sejtek környezetükből vizet vesznek fel, ha sejtplazmájuk ozmózisnyomása nagyobb, mint a környező folyadékoké és fordítva.
- A növények vízfelvétele is az ozmózisnyomás-különbségen alapul. A gyökér sejtjeibe akkor juthat víz a talajból, ha a sejtplazma ozmózisnyomása nagyobb, mint a környező talajoldaté. Ez rendszerint így is van, mivel a gyökérsejtek aktív transzporttal K^+ -ionokat vesznek fel a talajból. Ennek következtében belsejükben nő az ozmózisnyomás, ami vízbeáramlást eredményez.

A sejtek vízforgalma

- Az ozmózis a féligáteresztő tulajdonságú biológiai membránokon keresztül is fellép, és alapvető szerepe van a sejtek víztartalmának alakulásában.
- A sejtek környezetükből vizet vesznek fel, ha sejtplazmájuk ozmózisnyomása nagyobb, mint a környező folyadéktereké és fordítva. A vörösvérsejtek a sejtplazmájukkal megegyező ozmózisnyomású, 0,9%-os NaCl-oldatban ugyanannyi vizet vesznek föl, mint amennyit leadnak. Alakjuk szabályos.
- A kisebb ozmózisnyomású, 0,01%-os NaCl-oldatban a vörösvértestek vizet vesznek föl, kigömbölyödnek. Egy idő után a megnövekedett hidrosztatikai nyomás miatt a sejthártya szétrepedhet, és a sejt elpusztul (ez a jelenség a hemolízis).
- A nagyobb ozmózisnyomású, 10%-os NaCl-oldatban a sejtek vizet veszítenek, összezsugorodnak. Alakjuk szabálytalanná válik.
-

A sejtek vízforgalma

- **Vörösvértestek viselkedése különböző ozmózisnyomású oldatokban**



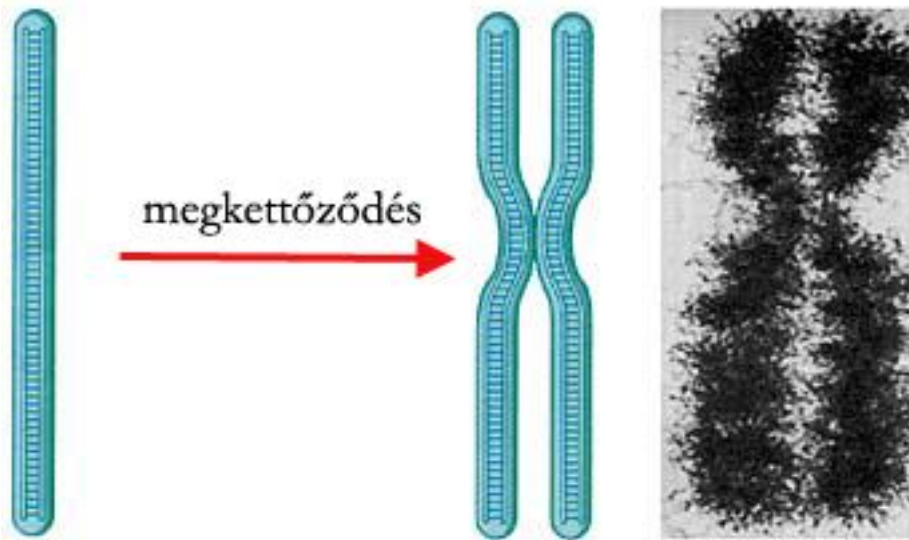
A sejtciklus

A sejtciklus és a kromoszómaszerkezet

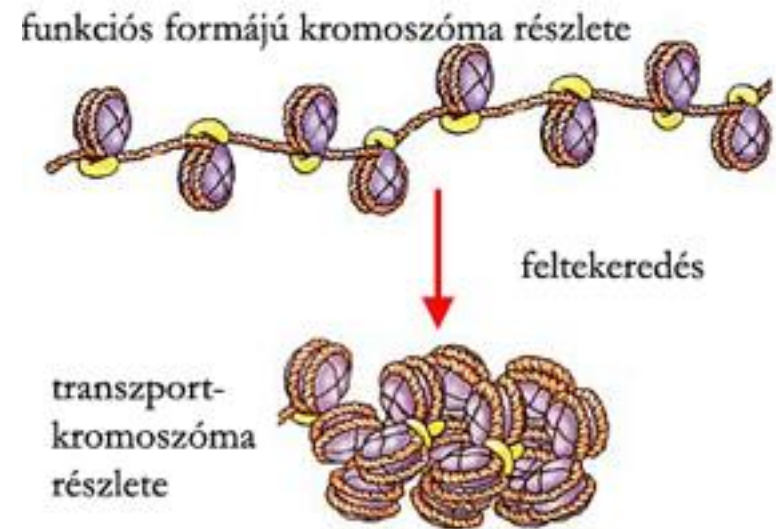
- Az **osztódóképes eukarióta sejtek** élete, a **sejtciklus** két részre, a **nyugalmi szakaszra** és az azt követő **sejtosztódásra** tagolható. A **nyugalmi szakasz** elején a sejt növekszik, tömege, térfogata gyarapodik, mert benne intenzív anyagcsere-folyamatok zajlanak. Amikor eléri a megfelelő méretet, **DNS-állománya** megkettőződik. A **nyugalmi szakasz** végén a sejt felkészül a hamarosan bekövetkező **sejtosztódásra**.
- A **sejtciklus** alatt jellegzetes változások történnek a **sejtmag DNS-állományában**. A **nyugalmi fázisban** a **magplazma** csaknem egynemű.
- A **kromoszómák** ilyenkor laza, kinyúlt állapotban vannak. **Bázissorrendjük** így íródhat át **RNS-re**, vagy szolgálhat mintaként a megkettőződéshez. Ezért az ilyen **kromoszómaszerkezetet funkciós formának** nevezzük.

A sejtciklus

Kromoszómaszerkezet



A kromoszómaszerkezet változása
a sejtciklus alatt



A sejtciklus

- A **DNS-állomány** megkettőződése után az utódmolekulák kettős hélicei nem válnak el egymástól, hanem az ún. **befűződési pontban** együtt maradnak. A **sejtosztódás** elején **fénymikroszkópban** is látható testecskék jelennek meg a magban. A **funkciós formájú kromoszómák** ugyanis **fehérjemolekulák** segítségével feltekerednek, rövidülnek, kialakulnak a szállításra alkalmas **transzportkromoszómák**.
- A **transzportkromoszómák** két **kromatidából** épülnek fel, amelyek a **befűződési pontban** kapcsolódnak egymáshoz. A **kromatidák** mindegyike egy-egy **kettős hélixből** és **fehérjékből** áll. Egy **kromoszómán** belül a két **kromatida DNS-e** azonos **bázissorrendű**, mivel egyetlen kiindulási **DNS-molekula** megkettőződésével alakultak ki.
- A **sejtciklus nyugalmi szakaszát** követően az **eukarióta sejtek** kétféleképpen oszthatnak, **mitózissal** vagy **meiózissal**. A **mitózis** számtartó osztódás, ami azt jelenti, hogy a folyamat alatt nem változik a sejtek **kromoszómaszáma**. A **meiózis** számfelező osztódás, az osztódás végén kialakult utódsejtek **kromoszómaszáma** pontosan fele a kiindulási sejtekének.

A sejtciklus

- A fajra jellemző **kromoszómaszám** a **sejtosztódás középszakaszában** állapítható meg a legkönnyebben.
- Az ember szöveteit felépítő, úgynevezett testi sejtekben 46 **kromoszóma** látható, amelyek nagyságuk és alakjuk szerint párokba rendezhetők.
- A **kromoszómák** között vannak olyanok, amelyek férfiakban és nőkben azonosak, ezek az úgynevezett **testi kromoszómák**. Az ember **szöveti sejtjeiben** 22 pár, azaz 44 **testi kromoszóma** van.
- A **testi kromoszómák** mellett még két **ivari kromoszómát** találunk. Az elnevezés arra utal, hogy ezeknek – más tulajdonságok kialakítása mellett – alapvető szerepük van az **ivar** meghatározásában. A nők sejtjeiben két egyforma (XX) **ivari kromoszóma** van. A férfiak X és Y **ivari kromoszómái** alakjukban és méretükben is jelentősen eltérnek egymástól, azaz nem azonos tulajdonságokra vonatkozó **génsorozatokból** állnak.

A sejtciklus

- A vizsgálatok kimutatták, hogy a párokba rendezhető, azonos alakú és méretű **kromoszómák** ugyanazon tulajdonságokra vonatkozó **génsorozatok**at tartalmaznak. A **kromoszómapárok** tagjait ezért **homológ kromoszómáknak** nevezik.
- Mindebből az is következik, hogy a **kromoszómapárokat** tartalmazó sejtek **genetikai állománya** kétszeres, vagyis a különböző gének két-két példányban találhatók bennük.
- A **kétszeres DNS-állományú sejtek diploidok**. Jelölésük $2n$, ahol n a **kromoszómakészlet** különböző alakú és működésű **kromoszómáinak** száma.
- Az ember **szöveti sejtjeiben** tehát $2n=46$.
- Az ember **ivarsejtjeiben**, a **hím ivarsejtben** és a **petesejtben** ezzel szemben csak 23 **kromoszómát** találunk, és ezek mindegyike különböző (jelölése: $n=23$).

A sejtciklus

- Az **ivarsejtek** tehát **egyszeres kromoszómakészletű**, azaz **haploid** sejtek, és a különböző géneket csak egy-egy példányban tartalmazzák.
- A legtöbb **eukarióta élőlény** testét – néhány gomba és az alacsonyabb rendű növények kivételével – **diploid sejtek** építik fel.
- **Haploidok** viszont az **ivarsejtek** és a növények **ivartalan szaporító sejtjei**, a **spórák**.

A sejtciklus

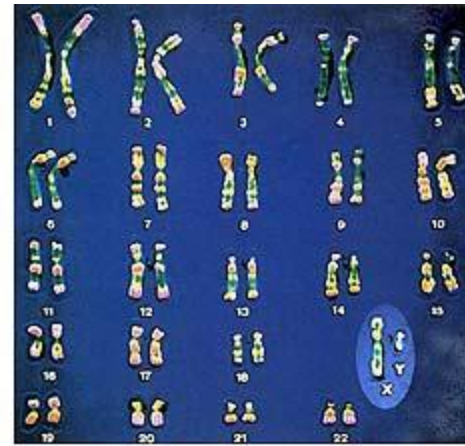
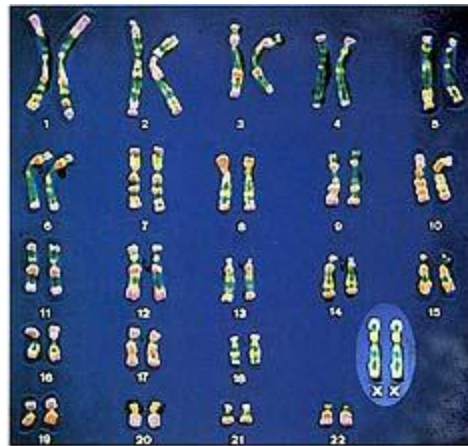
- A **homológ kromoszómapárok** ugyanazon tulajdonságokra vonatkozó **génsorozatokból** állnak.

Homológ kromoszómapár



A sejtciklus

- Nők és a férfiak kromoszómaszerelvénye



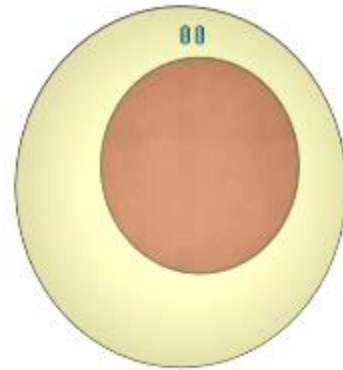
A mitózis

- A **mitózis számtartó osztódás**, azaz nem jár a **kromoszómaszám** megváltozásával. Az **osztódás** négy szakaszra bontható.
- Az **osztódás** előszakaszában a **kromoszómák fehérjemolekulák** közreműködésével feltekerednek, kialakulnak a **transzportkromoszómák**. A **citoplazmában** létrejön a **kromoszómák** mozgását irányító, **fehérjefonalakból** álló rendszer, az **osztódási orsó**. A **kromoszómák** befűződési pontjuknál kapcsolódnak az **osztódási orsó** fonalaival. Megkezdődik a **maghártya** feldarabolódása.
- A mitózis középszakaszában a **kromoszómák** az **osztódási orsók húzófonalainak** közreműködésével a sejt középső síkjába rendeződnek. A **maghártya** eltűnik.
- Az **utószakaszban** a **kromoszómák kromatidái** a **befűződési pontnál** elválnak egymástól, és a **húzófonalak** segítségével a sejt ellentétes pólusaira vándorolnak.

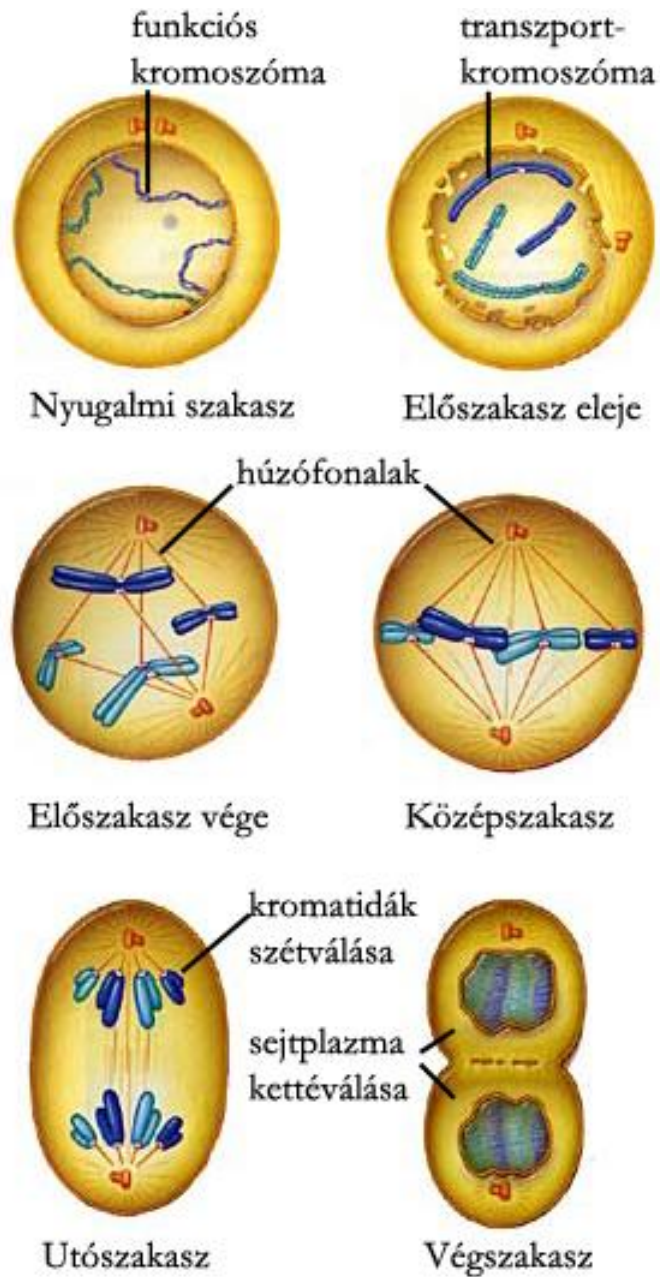
A mitózis

- A végszakaszban a két pólusra került **kromoszómák** körül kialakul a két **sejtmaghártya**, majd ezt követően megtörténik a **citoplazma** kettéválása is.
- A **mitózis** végeredménye két egyforma, a kiindulási sejttel megegyező **kromoszómaszámú** utódsejt. A folyamat lényege, hogy a **sejtciklus nyugalmi szakaszában** megkettőződött **DNS** tartalmú **kromoszómák kromatidái** elválnak egymástól, és megoszlanak a két utódsejt között.
- **Mitózissal** osztódnak például az egysejtű **eukarióta** élőlények sejtjei, a hajtásos növények osztódószövetének sejtjei és az állatok szöveti sejtjei.
- A szöveti sejtek **mitózissal** történő osztódása biztosítja a szervezet előregedett, működésképtelenné vált sejtjeinek pótlását, vagy a sejtek számának gyarapodását a növekedési, fejlődési életszakaszokban.

A mitózis



- Mitózis

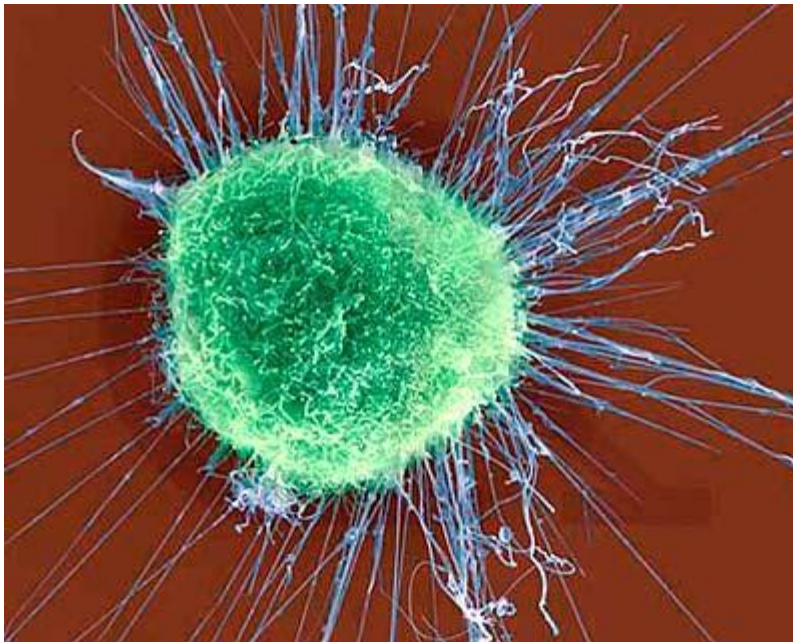


A sejtciklus zavarai

- A **sejtciklus** lefolyása szigorúan szabályozott folyamat. Bizonyos esetekben ez a szabályozás zavart szenved, és egyes **szöveti sejtek** osztódása kórosan felgyorsul. Ha a szervezet védekező rendszere nem ismeri fel ezeket a hibás, túlságosan gyorsan osztódó sejteket, akkor a folyamat **sejtburjánzáshoz, daganatok** kialakulásához vezethet. A **rosszindulatú daganatokat** képző, ún. „**rákos sejtek**” kialakulásuk helyétől távoli szervekbe, szövetekbe is eljutnak, ott megtelepednek, más szóval **áttéteket** okozhatnak. Ennek következményeként a szervezet más részein is megjelennek a **daganatok**. A **rákos sejtek** kialakulásának valószínűségét különböző **rákkeltő anyagok** (pl. kátrányos égéstermékek, különböző vegyszerek, **röntgensugárzás**) fokozzák, ezért a betegség megelőzésében fontos szerepe van az egészséges környezetnek és életmódnak.

A sejtciklus zavarai

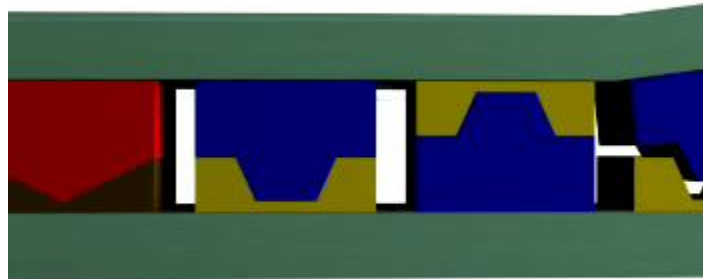
- Daganatképző, rákos sejt



A DNS megkettőződése



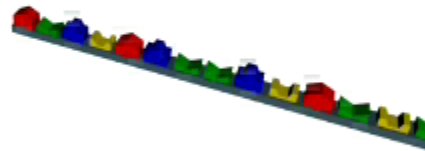
Az RNS szintézise



Aminosavak aktiválása



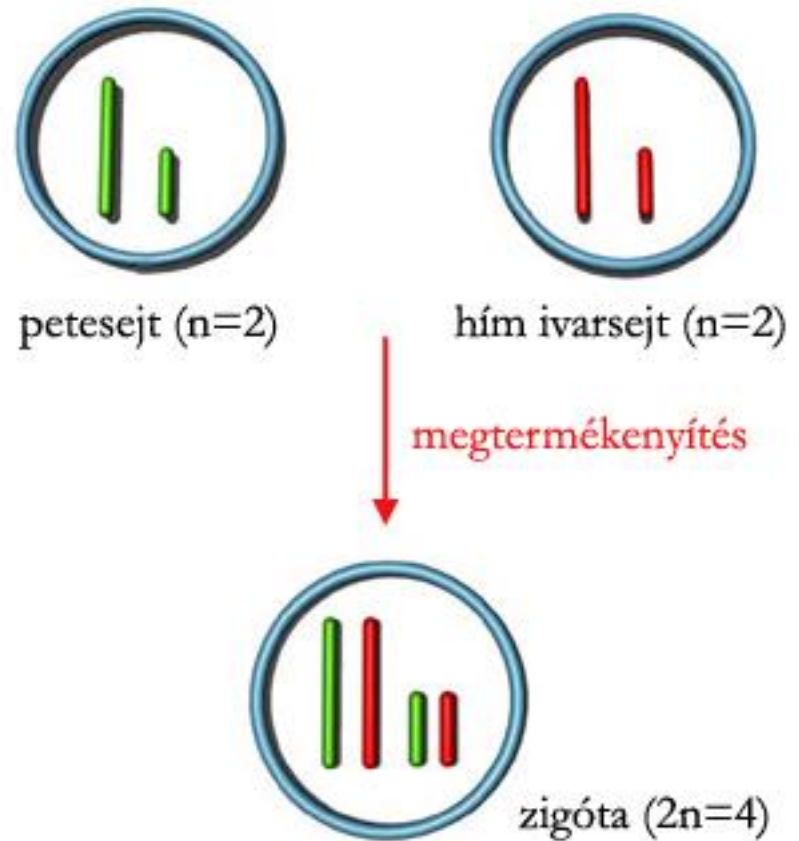
A fehérjeszintézis



Meiózis

A genetikai változatosság eredete

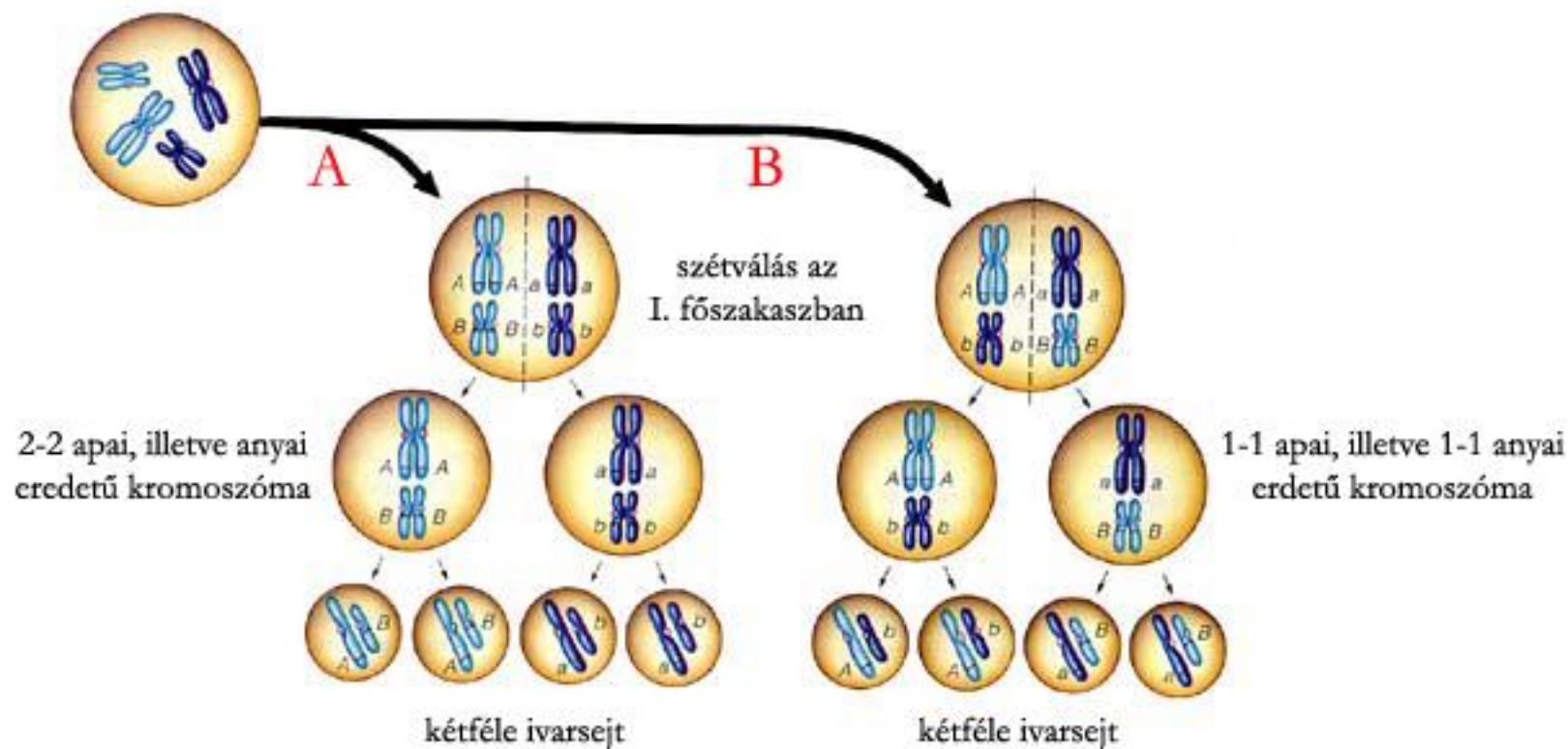
Megtermékenyítéskor a **haploid ivarsejtek** egyesülnek egymással, **sejtmagjuk** összeolvad. A megtermékenyített **petesejtben**, a **zigótában** kialakul a testi sejtekre jellemző **diploid állapot**. A **zigóta kétszeres kromoszómakészletének** egyik fele a **hím ivarsejtből** származó apai, másik fele a **petesejtből** származó anyai eredetű **kromoszómákból** áll. Az apai és anyai eredetű **kromoszómák** ugyanannak a génnek eltérő **bázissorrendű** változatait, **alléljait** tartalmazhatják.



Meiózis

- **A megtermékenyítés során kialakul a diploid állapot.**
- Az **ivaros szaporodással** létrejött utódok öröklődő tulajdonságai rendkívül változatosak. Ennek egyik magyarázata, hogy a **meiózis I. fázisában** az apai és az anyai eredetű **kromoszómák** véletlenszerűen válnak el egymástól. A véletlenszerű szétválás a 2 **kromoszómapárt** ($2n=4$) tartalmazó sejtekben 2×2 , azaz 4-féle **ivarsejt** kialakulását eredményezheti. Az ember esetében, ahol az **ivarsejtképző sejtek** 23 pár **kromoszómát** tartalmaznak, 2×23 -féle genetikai állományú **ivarsejt** jöhet létre.
- A **genetikai sokszínűséget** növeli a **meiózis** során lejátszódó **allélcserélődés**. A folyamat eredményeként a **kromoszómákban** az apai és az anyai eredetű **allélok** új kombinációi jelennek meg.
- A **genetikai változatosságot** növelik a **DNS** megkettőződése során bekövetkező **mutációk** is.

Meiózis



Meiózis

- A **meiózis** során az **allélcicserélődés** többnyire nagy pontossággal játszódik le. Ritkán azonban előfordulnak hibák az áthelyeződés során. Ilyen esetekben a **kromoszómadarabok** például megfordulhatnak, és másik végükkel forrhatnak vissza. A letört darabok áthelyeződhetnek egy másik **kromoszómára**, esetleg a letört darab önálló maradhat. Ezek a változások a **kromoszómák** szerkezetét érintik, megváltoztatják az **örökítő anyag** összetételét, ezért **kromoszóma-mutációknak** nevezzük őket. Az ilyen típusú **mutációk** rendszerint súlyos következményekkel járnak. A rendellenességek gyakoriságát növelik az **ionizáló sugárzások**, például a **röntgensugárzás**.

Meiózis

- **Kromoszóma-mutációk** bekövetkezhetnek a **szöveti sejtekben** is.

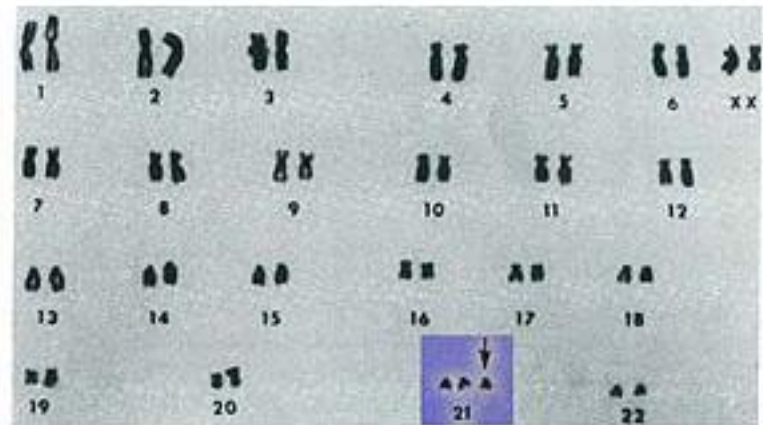


Meiózis

- **A meiózis** során a **homológ kromoszómapárok** szétválásakor történhetnek hibák. Előfordul, hogy az egyik **kromoszómapár** tagjai nem különülnek el egymástól, hanem mindkét **kromoszóma** ugyanabba az **utódsejtbe** kerül. Ennek következménye, hogy a képződő **ivarsejtek** közül kettőben eggyel több, kettőben pedig eggyel kevesebb **kromoszóma** lesz. A **rendellenes kromoszómaszámú ivarsejtekből** rendszerint nem fejlődik utód, mivel az eltérés legtöbbször életképtelenséget okoz. Vannak azonban kivételek is. Az örökletes emberi betegségek közül ilyen **kromoszómaszám-változás** áll a **Down-kór** hátterében. Az **anyagcsere-zavarokkal**, értelmi fogyatékkal küzdő **Down-kóros** betegek testi sejtjeiben 47 **kromoszóma** található 46 helyett. A 21. pár **kromoszómából** nem kettő, hanem három van sejtjeikben.

Meiózis

- Down-kóros beteg képe és kromoszómatérképe



Meiózis

- **Rendellenes kromoszóma-szétválás a meiózisban**

