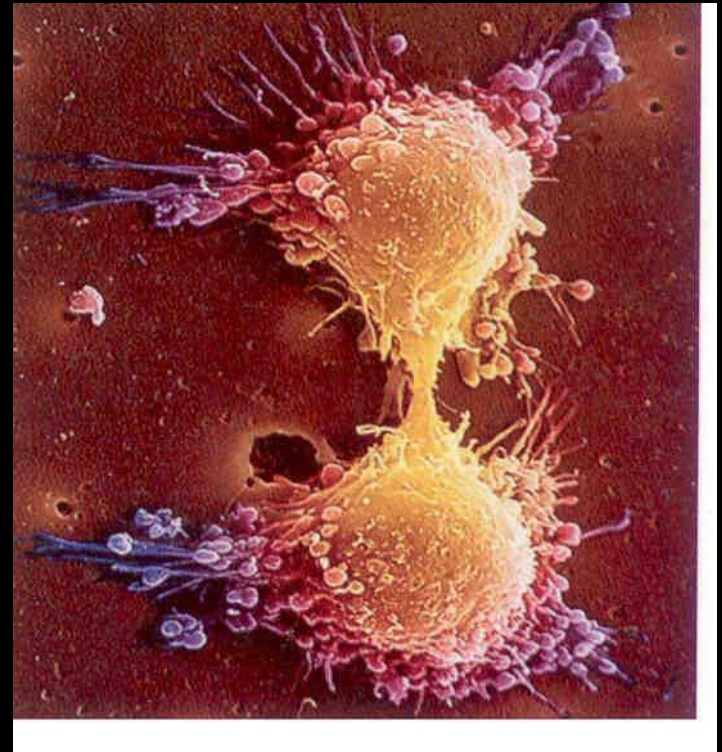
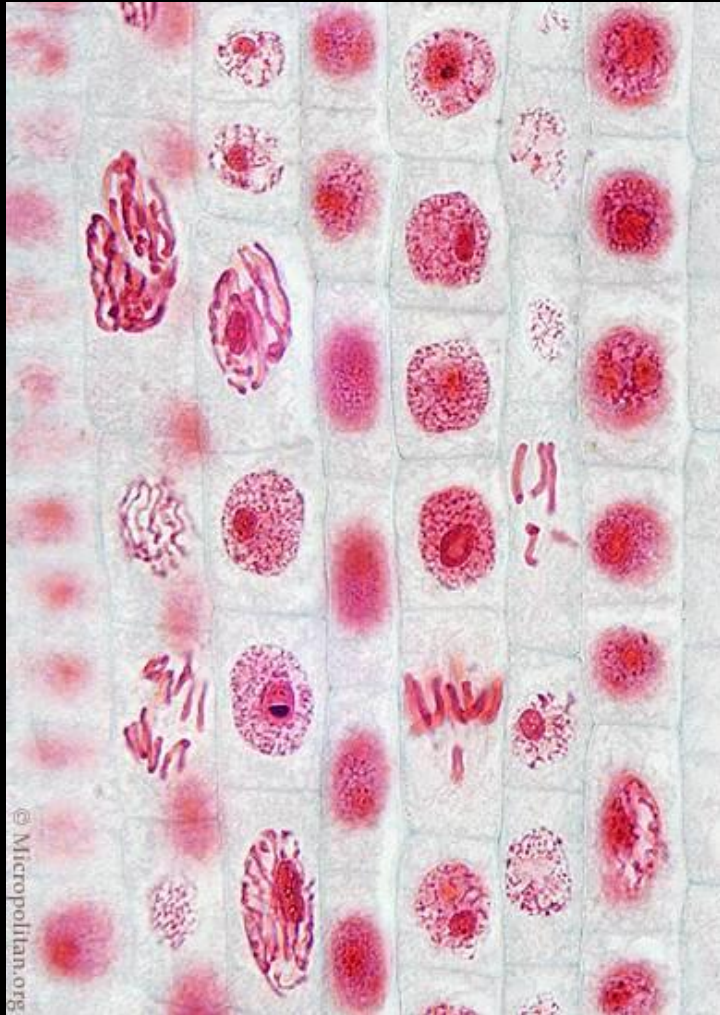


A SEJTCIKLUS ÉS A SEJTSZTÓDÁS



A SEJTCIKLUS



✘ Fogalma:

- Az eukarióta sejt élete a sejt létrejöttétől osztódásának végéig tartó folyamat.
- Az osztódással kialakult sejtek új életciklust kezdenek.

✘ Részei:

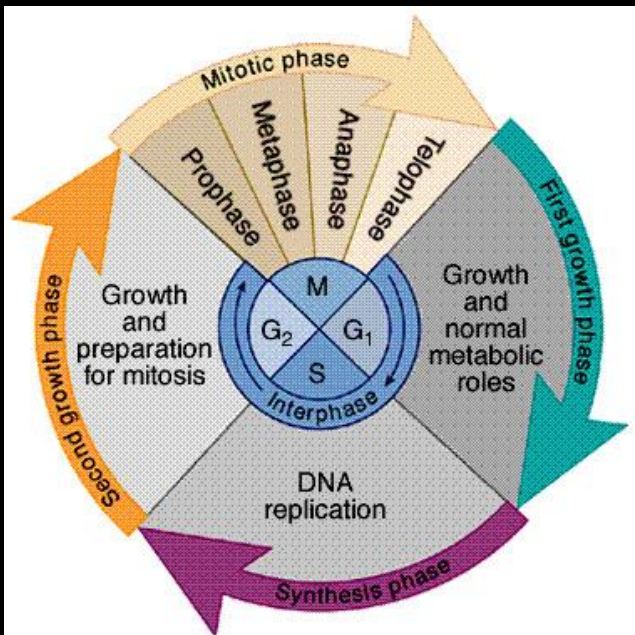
- Nyugalmi szakasz (Interfázis) - a sejtosztódást megelőző főszakasz
- Sejtosztódás - sejtosztódási főszakasz

➤ Időtartama: nagyon változó

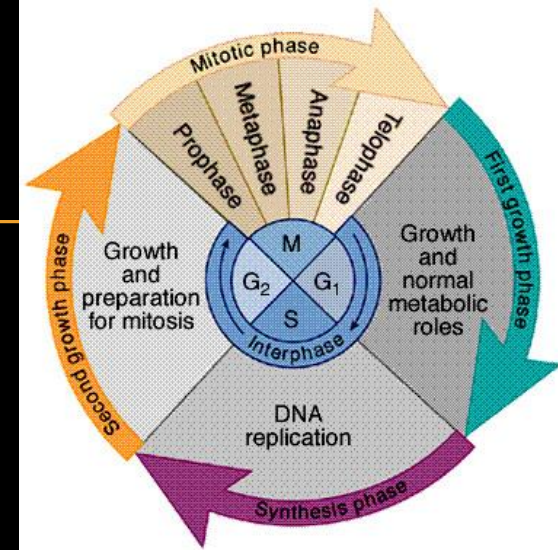
- Átlagos emberi sejtben:

- $(11+8+4)+1=24$ óra

- De! A barázdálódó embrió sejtjei: 30 perc! Oka: csak S és M szakasz, ezért nem növekedik az embrió összmérete, a zigóta sorozatos osztódásával egyre kisebb méretű sejtek keletkeznek



NYUGALMI FÁZIS / INTERFÁZIS 1



1. szakasza: G_1 - szakasz (Gap1):

+ Időtartama:

- ✗ Többször osztódó emberi sejteknél kb.11 óra
- ✗ Nem osztódó sejtek az egész életükben ebben a szakaszban vannak (G_0 szakasz), pl. növények állandósult szöveti sejtjei, ember idegsejtjei, vvs-jei

+ Sejtmag:

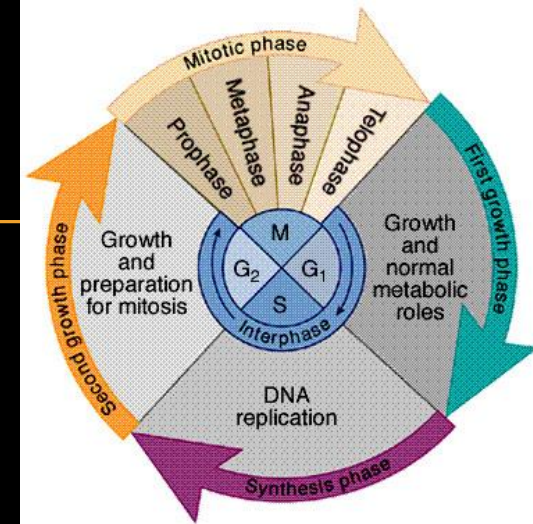
- ✗ Kromatinállományát fajra jellemző számú, laza szerkezetű, szimpla kromatida képezi
- ✗ RNS- bioszintézis zajlik

+ Sejtplazma:

- ✗ Fehérjeszintézis és egyéb anyagok szintézise

+ A sejt növekszik, tömege, térfogata gyarapodik.

NYUGALMI SZAKASZ / INTERFÁZIS 2



✘ 2. szakasza:

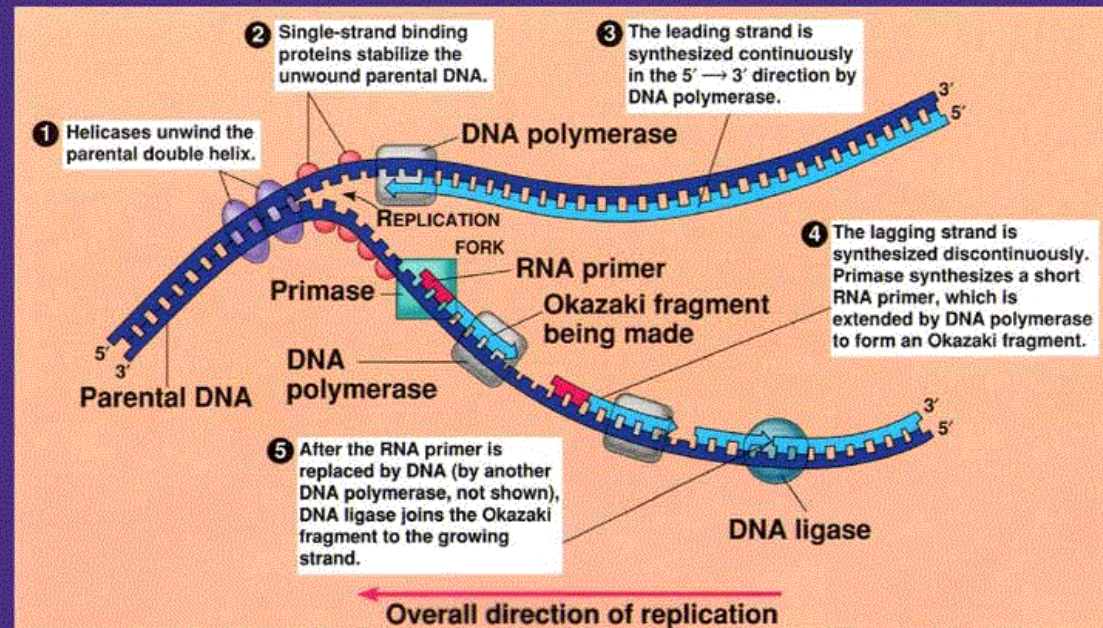
S szakasz (Synthesis):

+ Időtartama: 8 óra

+ Sejtmagban:

DNS-bioszintézis, a szimpla kromatidák DNS molekulái megkettőződnek, dupla kromatidák jönnek létre, de egy ponton kapcsolódva együtt maradnak)

A SUMMARY OF DNA REPLICATION



NYUGALMI SZAKASZ / INTERFÁZIS 3

✘ 3. szakasza: G_2 -szakasz (Gap2):

+ Időtartam: kb. 4 óra

+ Sejtmag:

✘ Kromatinállományát laza szerkezetű dupla kromatidák képezik

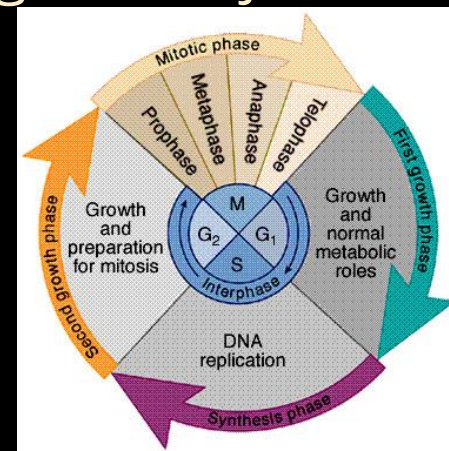
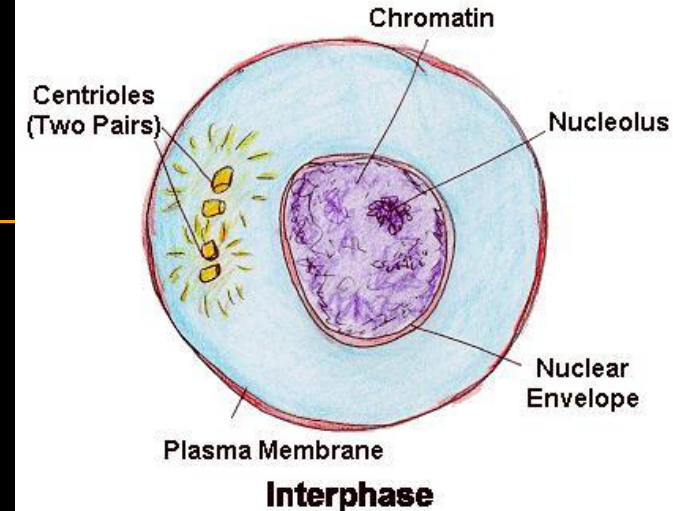
✘ RNS- szintézis

+ Sejtplazma:

✘ Fehérjeszintézis (a sejtosztódáshoz szükséges fehérjék kialakulása)

✘ Sejtközpont (centriolum) kettéosztódik

✘ Tehát **minden, ami a mitózishoz kell!**



SEJTOSZTÓDÁS / M SZAKASZ

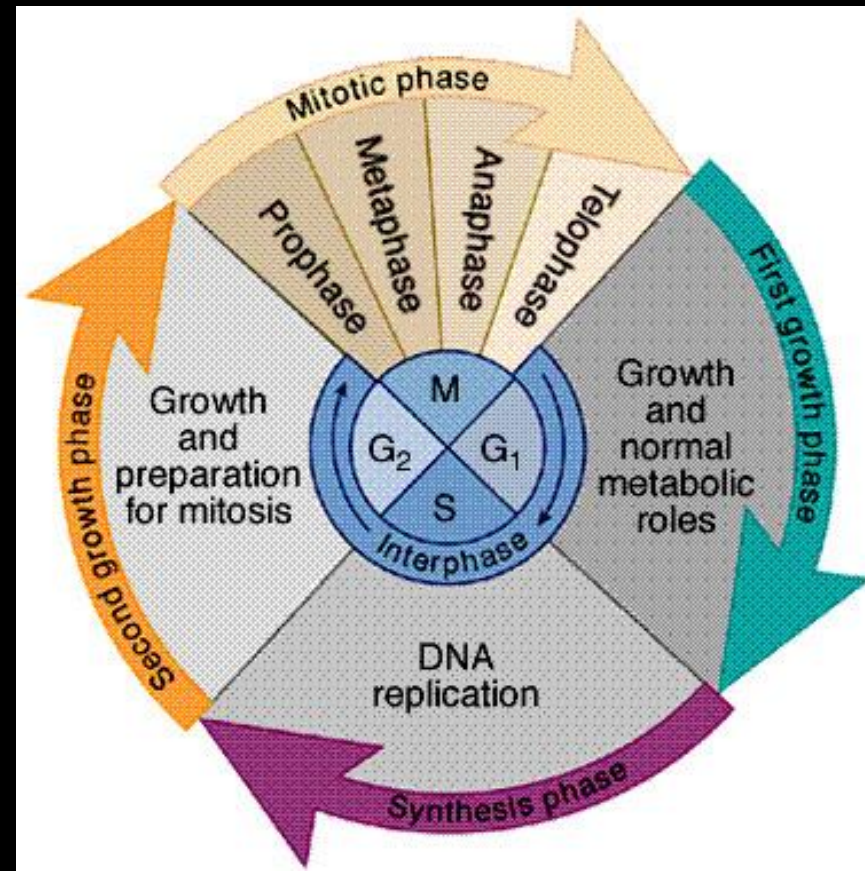
✘ Lényege:

+ Az interfázisban megduplázódott DNS molekulák (örökítő anyag, kromatidák) arányos szétosztódása az utód sejtek között

✘ Fajtái:

Mitózis: Számtartó osztódás
(testi sejtek)

Meiózis: Számfelező osztódás
(ivar sejtek)



Mitózis (számartó sejtosztódás)

○ Lényege:

- A kiindulási sejtől (anyasejtől) két utódsejt keletkezik
- Az egyes utódsejtek DNS molekuláinak (örökítő anyagának kromatidáinak) a mennyisége és genetikai információ tartalma egyforma és megegyezik a G_1 -szakaszban levő kiindulási sejtével
- Az utódsejtek kromoszómaszáma megegyezik a kiindulási sejt kromoszómaszámával

○ Biológiai jelentősége:

- Biztosítja, hogy az egyedfejlődés során az örökítő anyag pontosan továbbadódjon az utódsejteknek

● Mitózissal keletkező sejtek:

- Testi sejtek
- Növényi ivarsejtek

Haploid (n) sejt:

- Egyszeres kromoszómaszerelvényű sejt

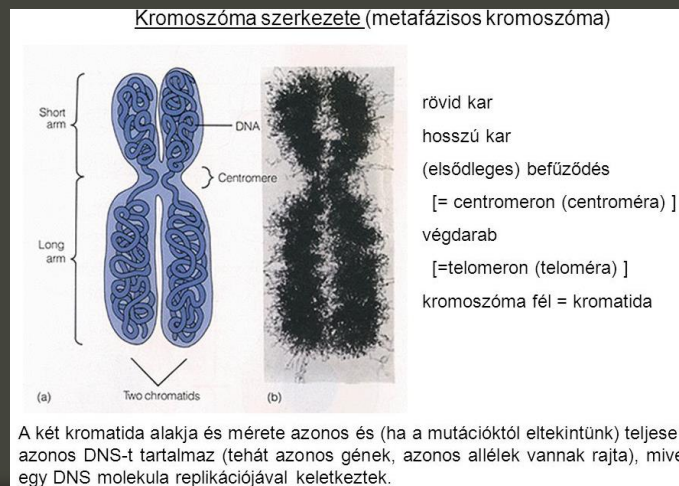
A kromoszómaszerelvényt eltérő nagyságú, alakú és géntartalmú kromoszómák **egyszeres sorozata** alkotja, a kromoszóma szám (jele: n) fajra jellemző

pl. az ember haploid ivarsejtjének 23 kromoszómája van

Diploid (2n) sejt:

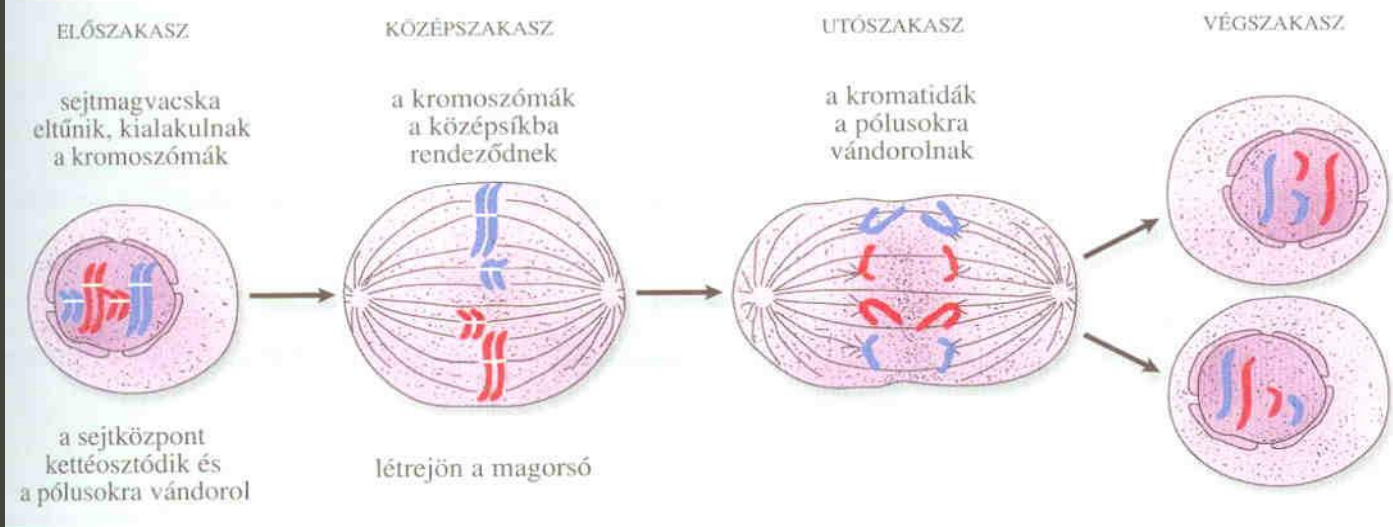
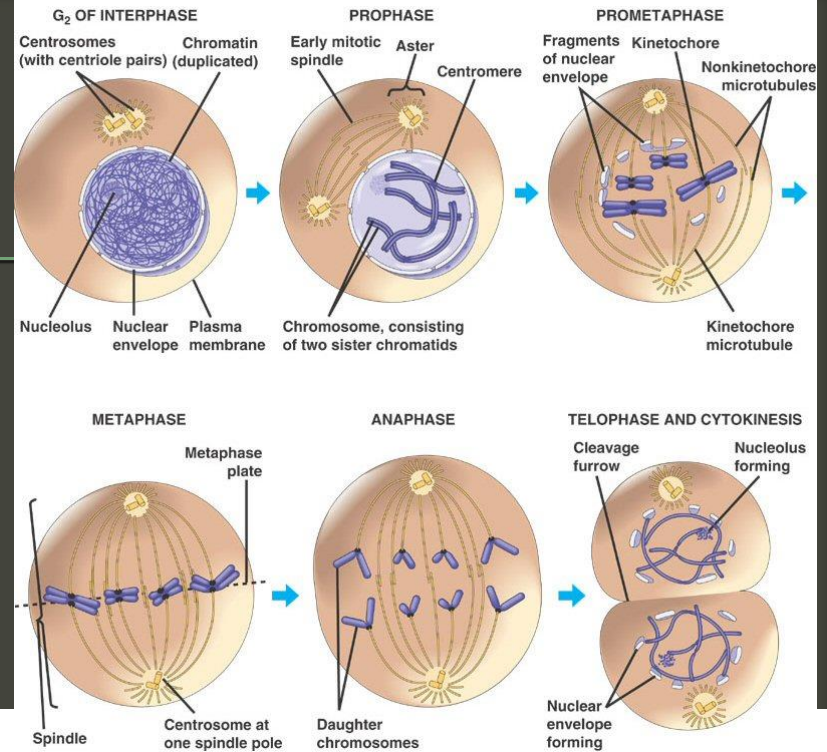
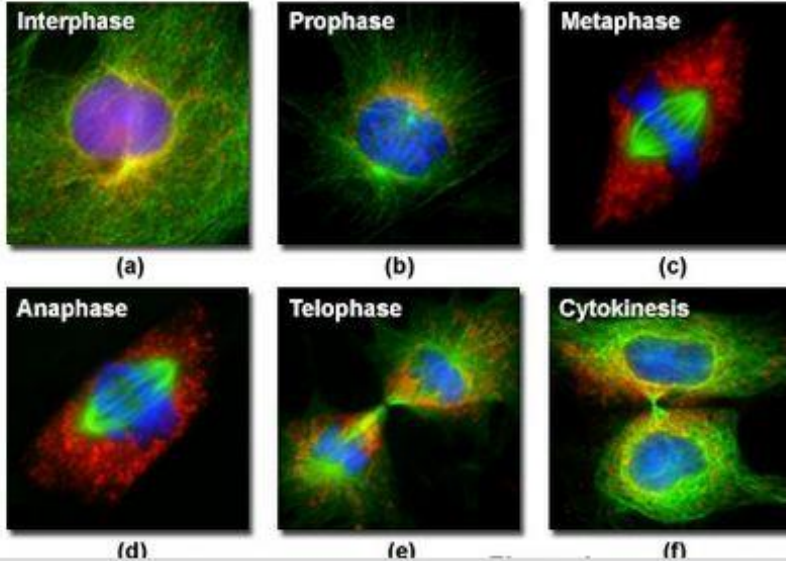
- **Kétszeres kromoszómaszerelvényű** sejt (jele: $2n$)

pl. az ember testi sejtjeinek kromoszóma száma: 46, azaz 23 pár



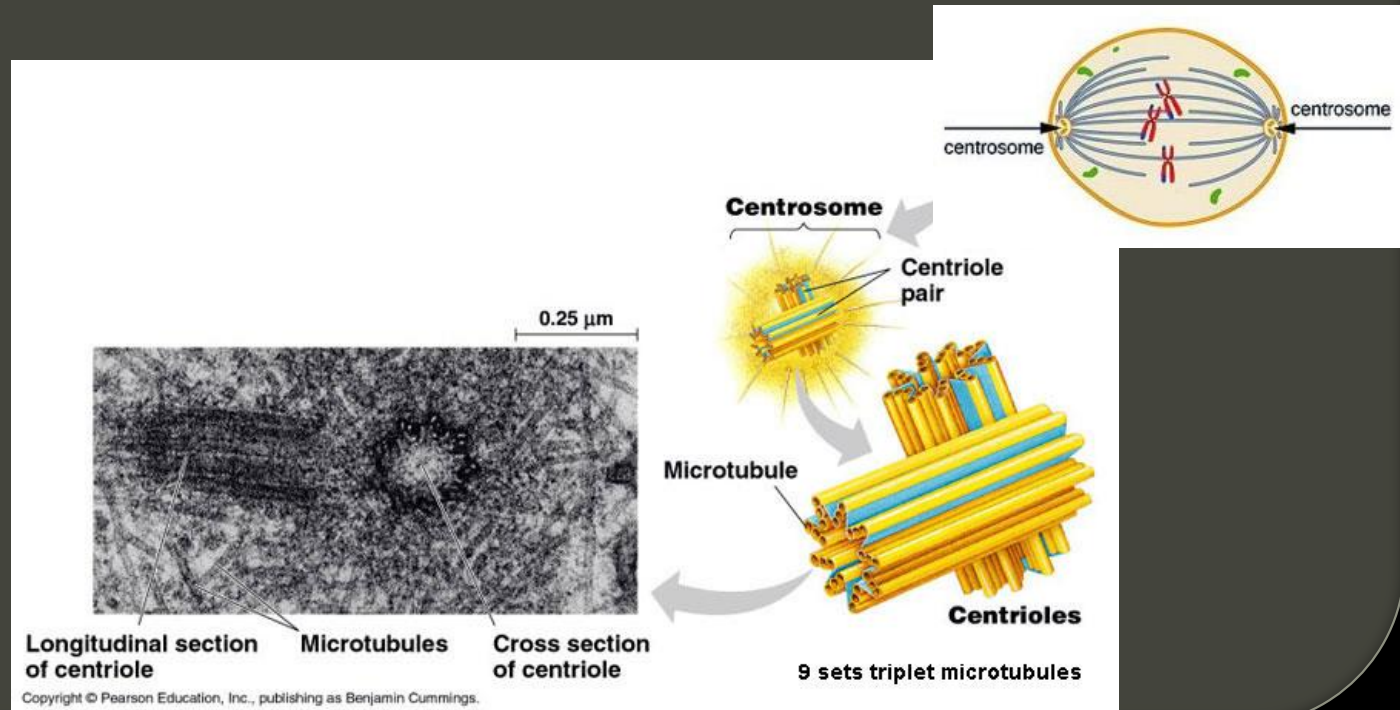
A mitózis szakaszai

Mitosis in Rat Kangaroo Epithelial Kidney Cells



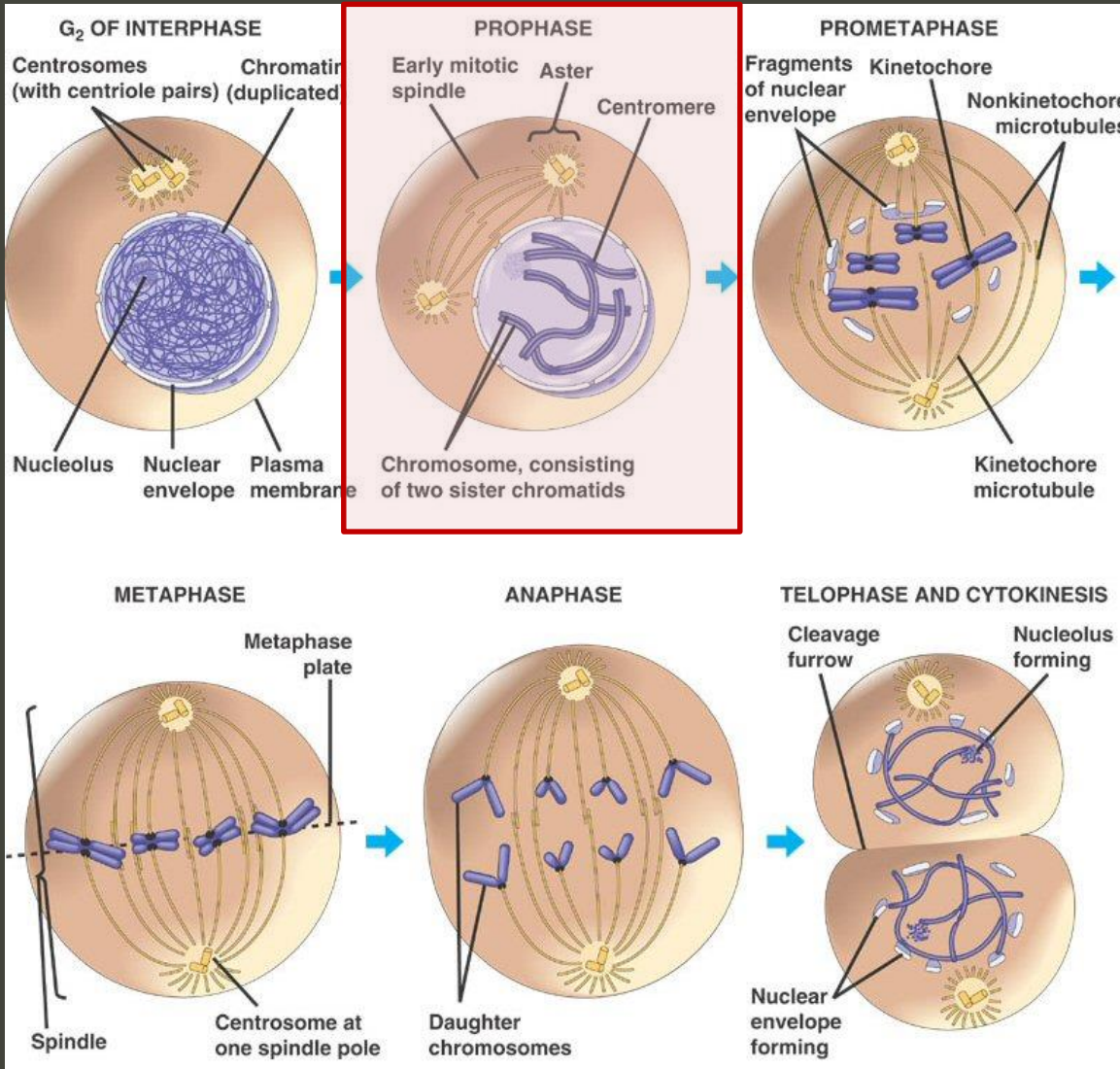
Centroszóma = sejtközpont

- A **centroszóma** egy sejtmaghoz közel elhelyezkedő sejszervecske, amely a legtöbb sejtben megtalálható. A centroszóma két, egymásra merőlegesen elhelyezkedő, hengeres, egyenként 9×3 mikrotubulusból álló képződményből (**centriólum**) és a körülötte található, szerkezet nélkülinek látszó, sűrűbb citoplazmarészből áll. Alapvető szerepe van a sejt mozgásaiért felelős sejtvázelemek koordinálásában, a csillók képzésében és a sejtek osztódásának irányításában.



A mitózis szakaszai

Előszakasz / Profázis



A már megkettőződött kromoszómák

tömörülnek, két testvérkromatidából állnak, amelyek a centromeronnál kapcsolódnak

A sejtmagvacska eltűnik.

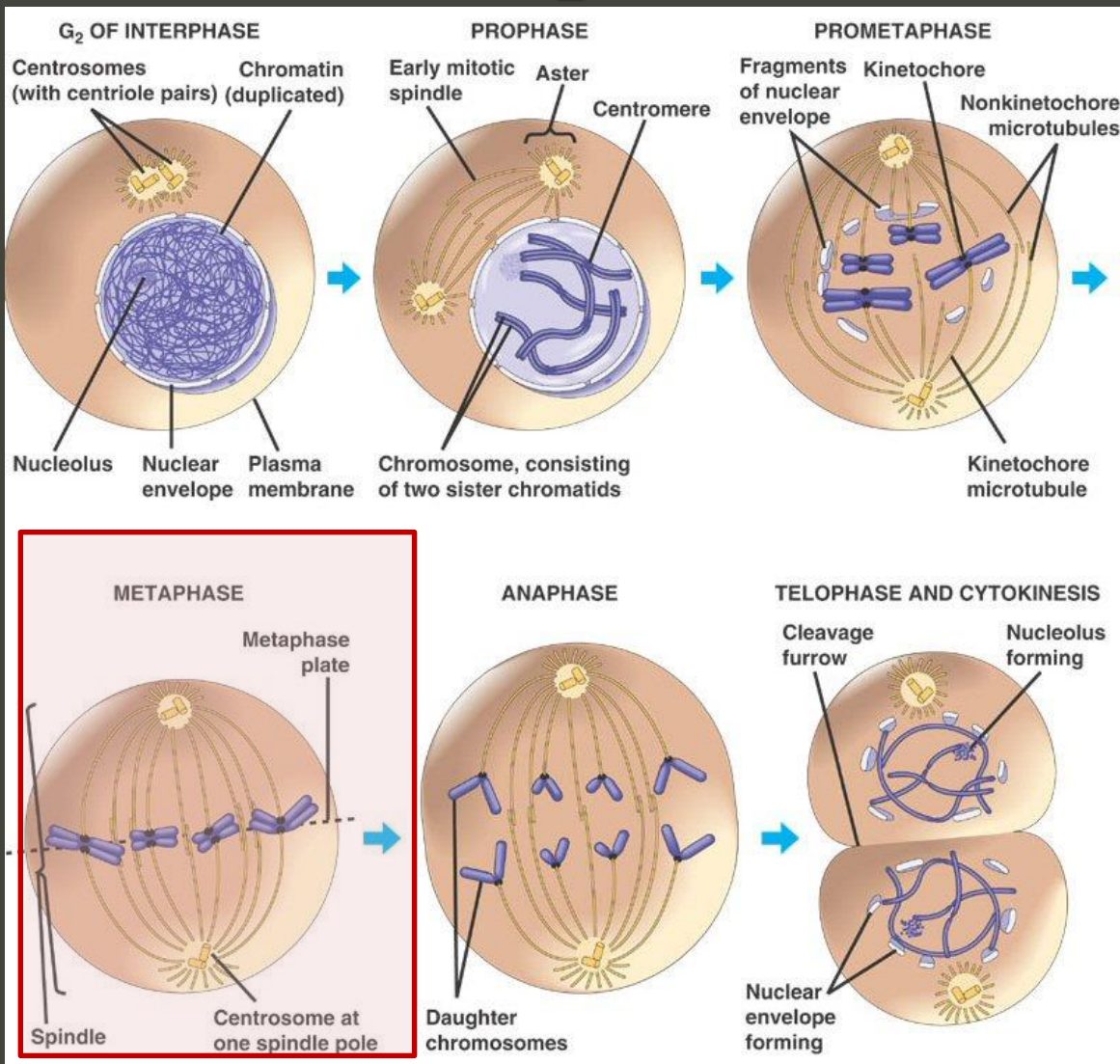
A maghártya eltűnik, (beépül a DER- be)

A 2 sejt központ (centriolum/centrosoma) a sejt két ellentétes pólusára vándorol

Kialakul az osztódási orsó (húzófonalak alkotják)

A mitózis szakaszai

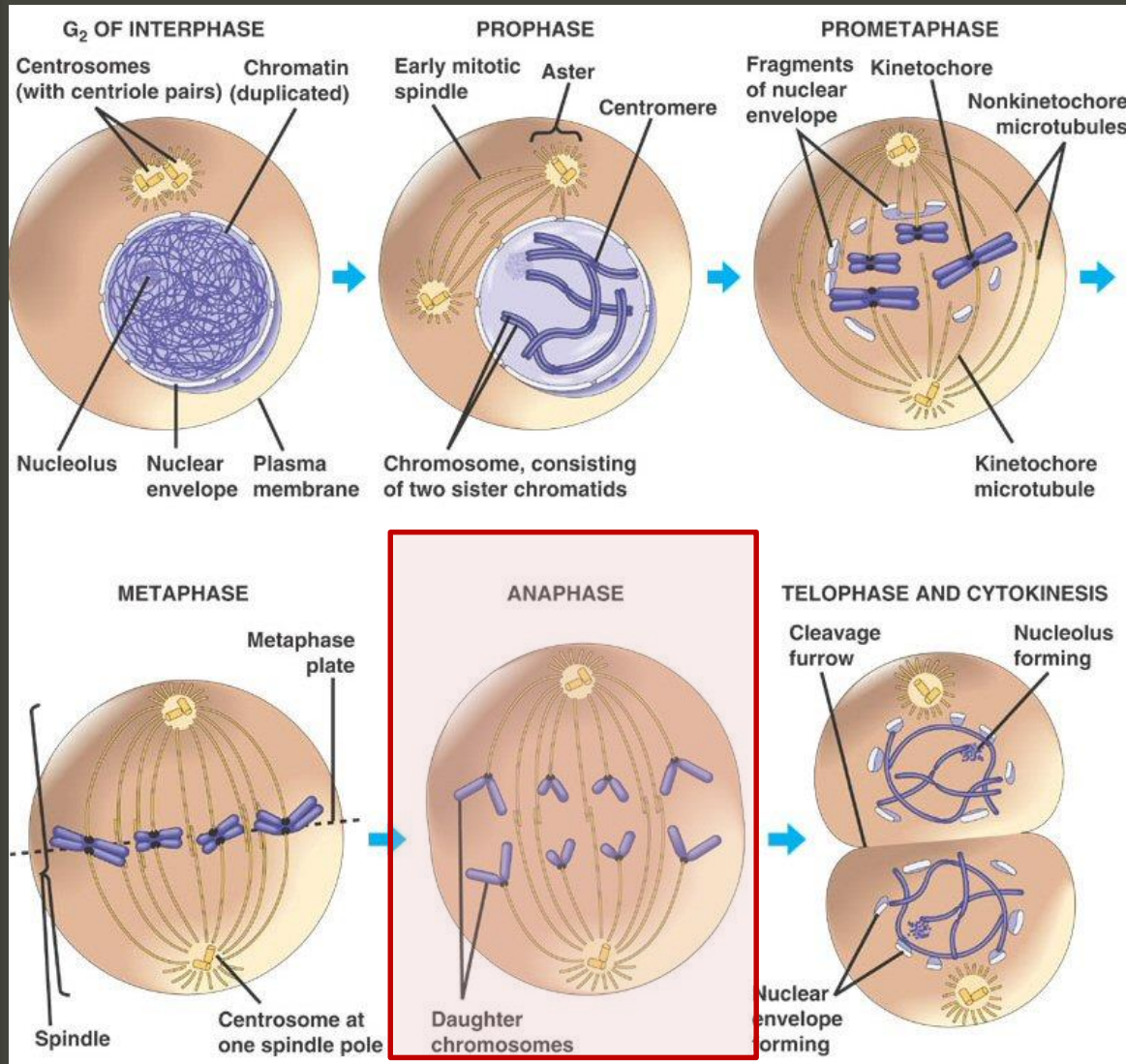
Középszakasz / **Metafázis**



- Az osztódási orsó húzófonalainak egy része a kromoszómák befűződéséhez (centromeron) kapcsolódik .
- A kromoszómák a sejt középvonalába, az egyenlítői síkba (metafázissík) vándorolnak

A mitózis szakaszai

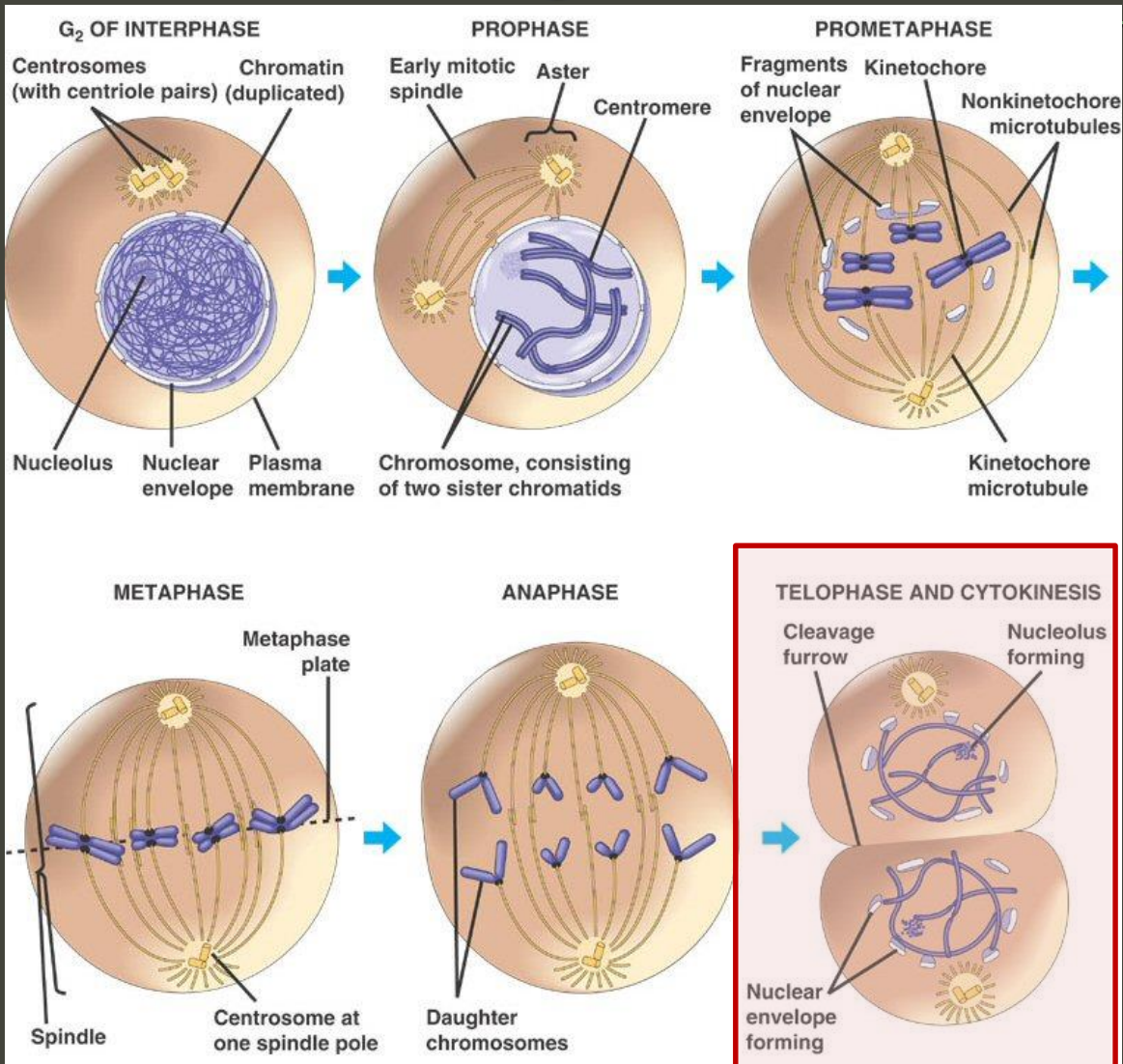
Utószakasz / Anafázis



- A centromeronok szétválásával kezdődik → a testvérkromatidák elválnak egymástól két egykromatidás leánykromoszómára
- Az osztódási orsó fonalai összehúzódnak és a leánykromoszómákat centromeronjuknál a sejt két ellentétes pólusára mozgatják.

A mitózis szakaszai

Végszakasz / **Telofázis**



- A sejt ellentétes végeire jutott kromatidák fellazulnak (despiralizáció)
- Kialakul az új maghártya
- A sejtmagvacska is láthatóvá válik.
- A sejt a közepén befűződik, majd kettéválik és két utódsejt keletkezik

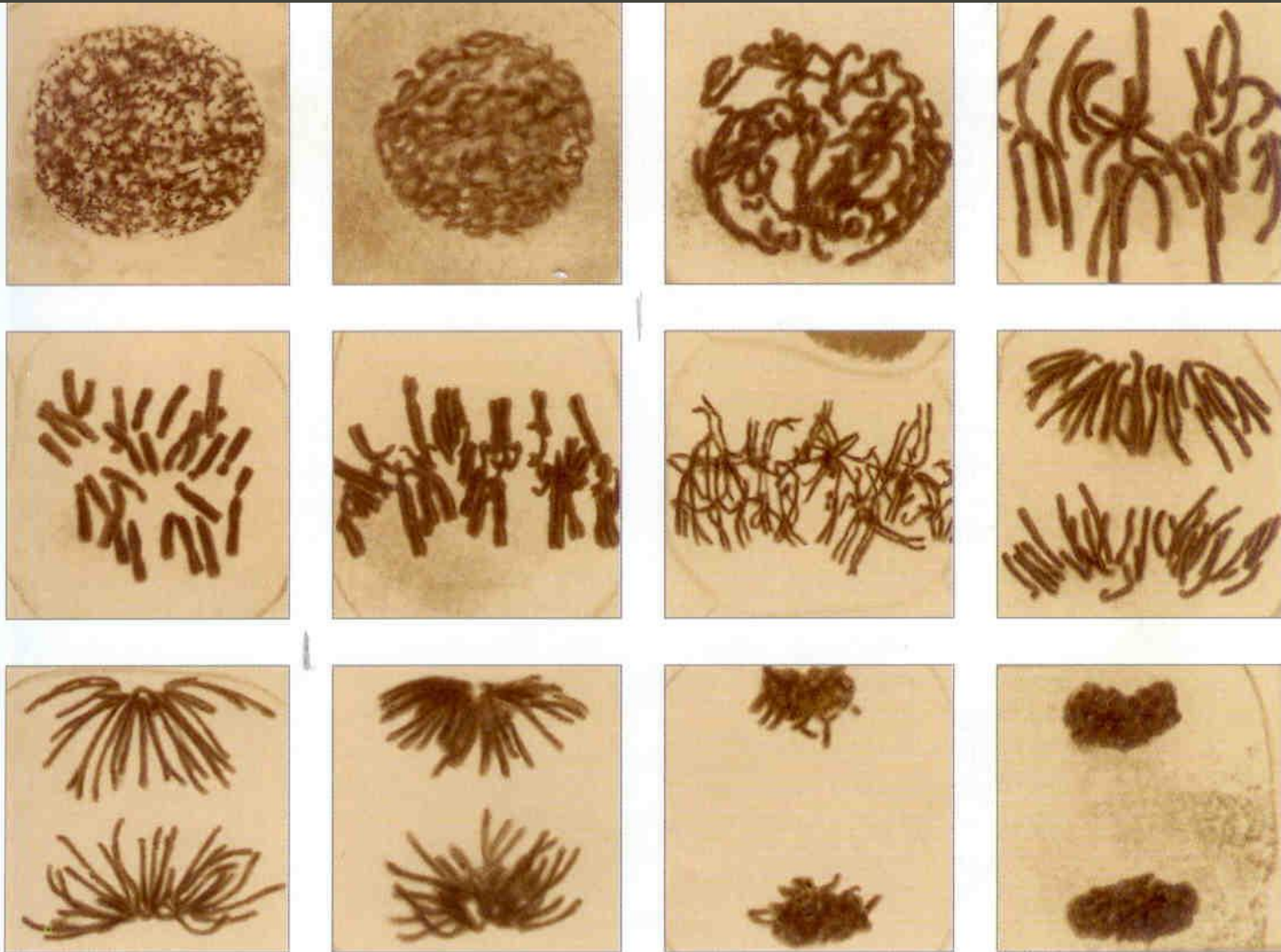
+1 = Citokinézis



IPMATC

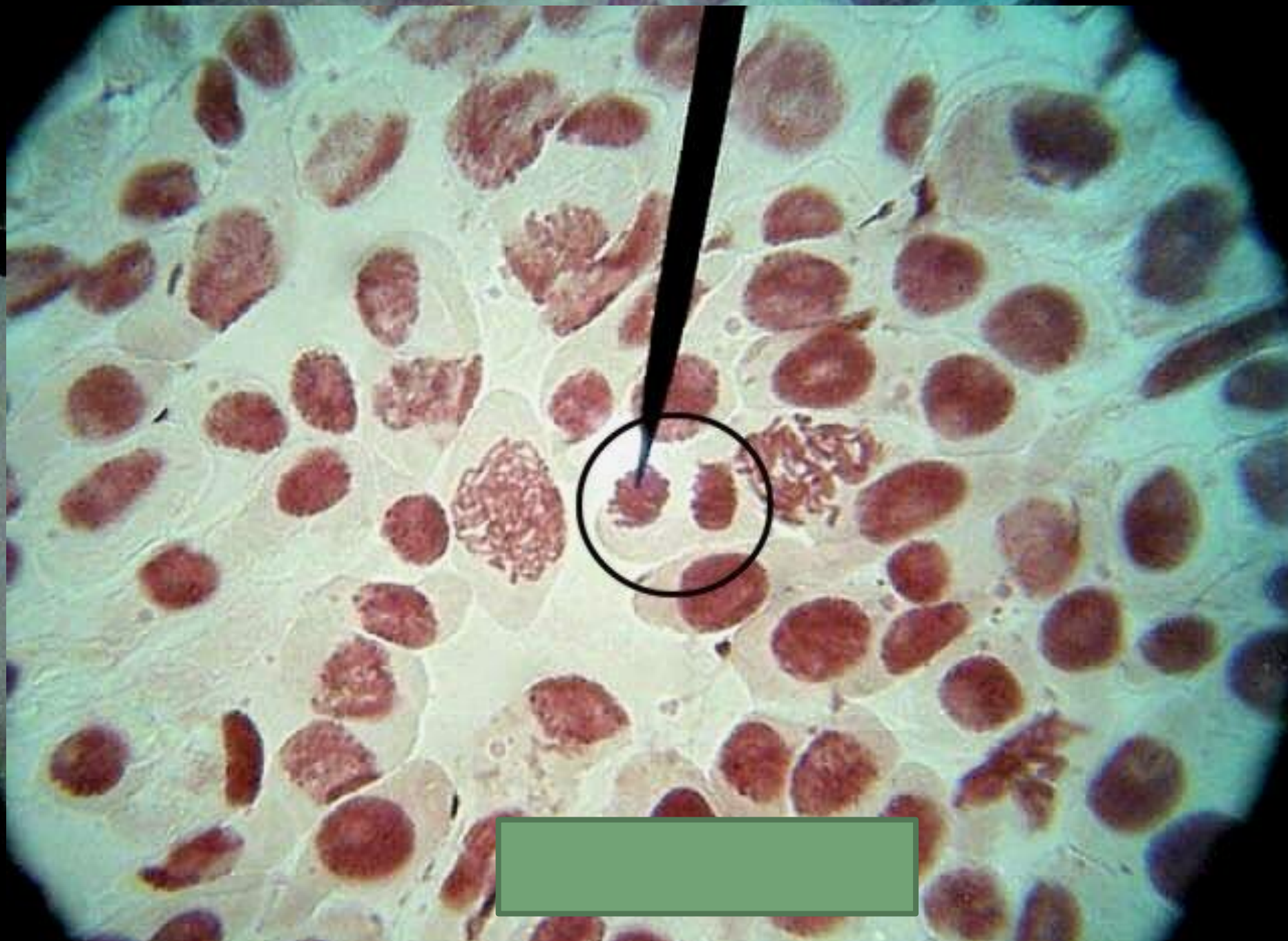
Itt **p**ókerezünk, **m**ert **a** teniszkében **c**sálnak!

Interfázis
Profázis
Metafázis
Anafázis
Telofázis
Citokinézis



91 ábra Növényi sejt osztódása mitózissal. fénymikroszkópos felvétel

Növényi sejt osztódása fénymikroszkóp alatt

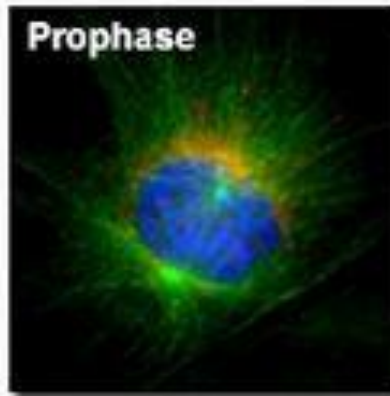


Vese hámszövet sejt osztódása (patkánykenguru)

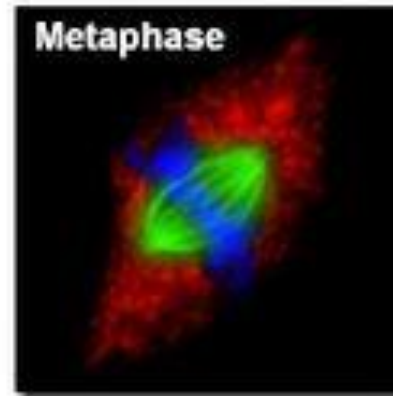
Mitosis in Rat Kangaroo Epithelial Kidney Cells



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Meiózis= számfelező osztódás

- ◉ Ha a kromoszómaszám nem feleződne meg a megtermékenyítés előtt az utódba mindig dupla annyi kromoszóma kerülne
- ◉ Biztosítja, hogy az anyai és apai kromoszómák véletlenül kombinálódjanak az ivarsejtekben
- ◉ A homológ kromoszómák közötti crossing over lehetővé teszi a genetikai információ kicserélődését az apai és az anyai eredetű kromoszómák között, ezzel a különböző gének új allélkombinációit hozza létre

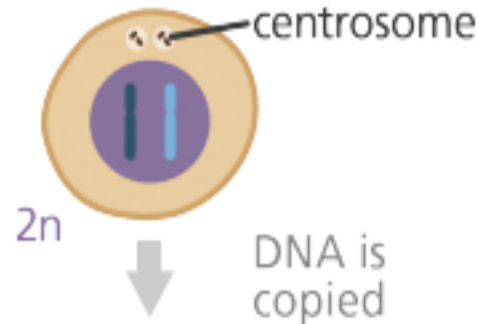
Meiózis

I. Főszakasz: számfelező, redukciós osztódási szakasz, mivel a kromoszómaszám megfeleződik a homológ kromoszómák szétválása miatt, de a kromoszómák testvérkromatidái együtt maradnak

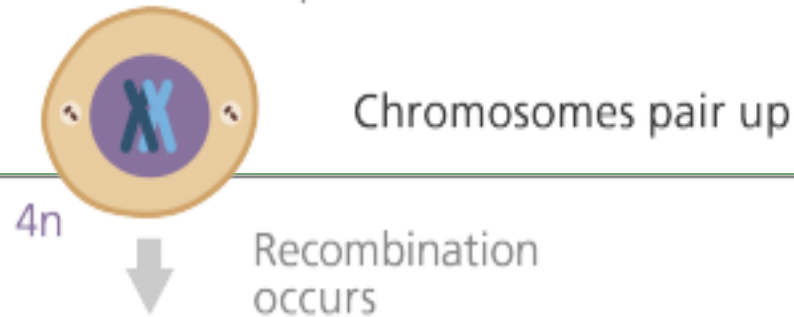
II. Főszakasz: a mitózishoz hasonló, lényege, hogy a kromoszómák testvérkromatidái a centroméernál elválnak, így a kromoszómaszám változatlan marad

I. Főszakasz

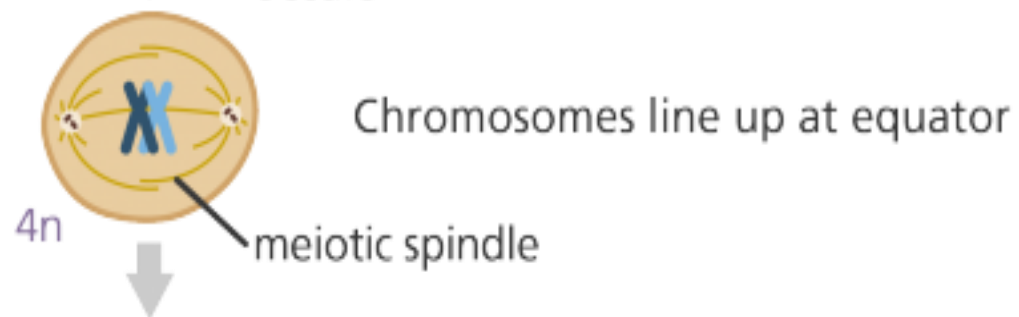
Interphase



Prophase I



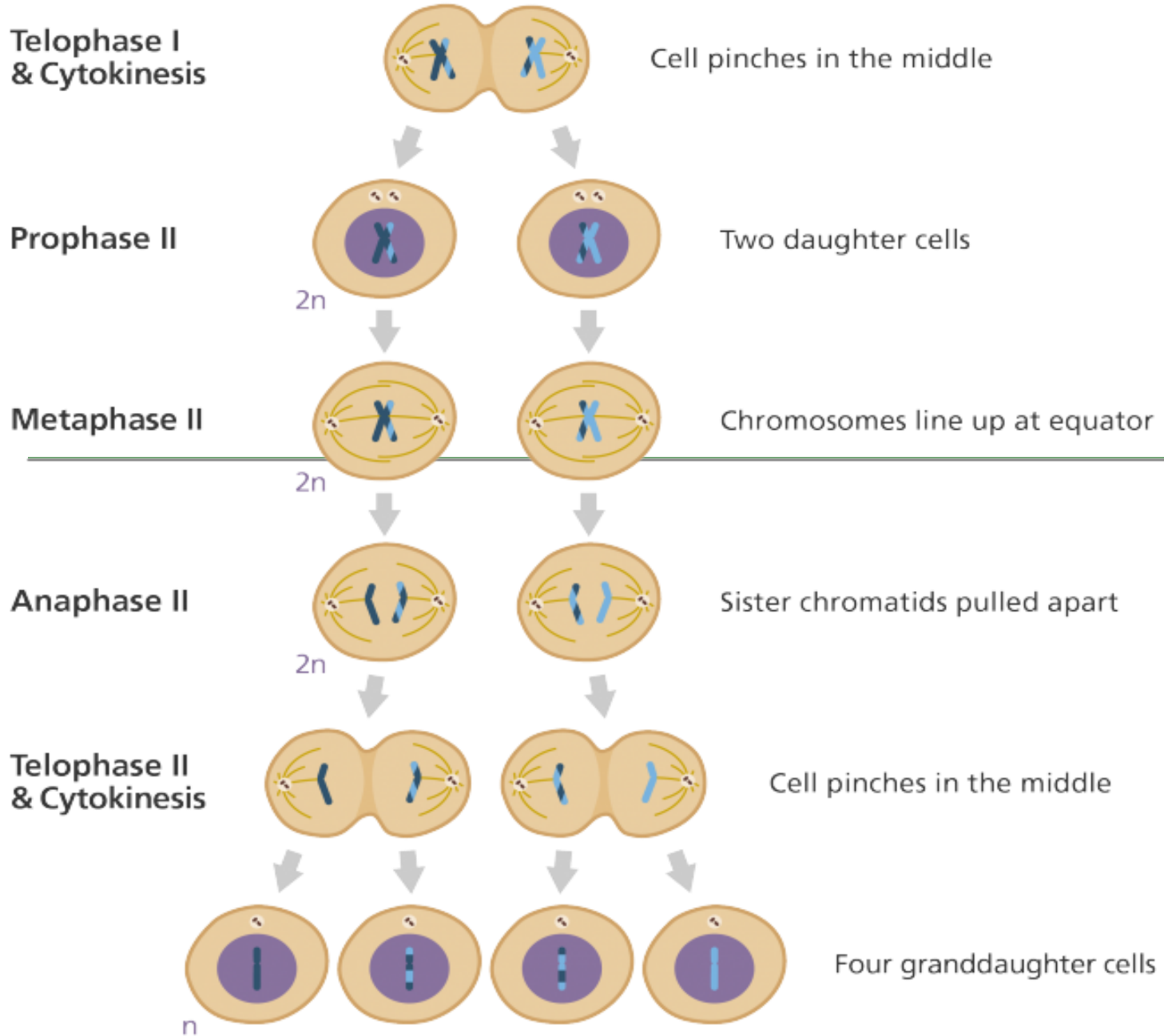
Metaphase I



Anaphase I



II. Főszakasz



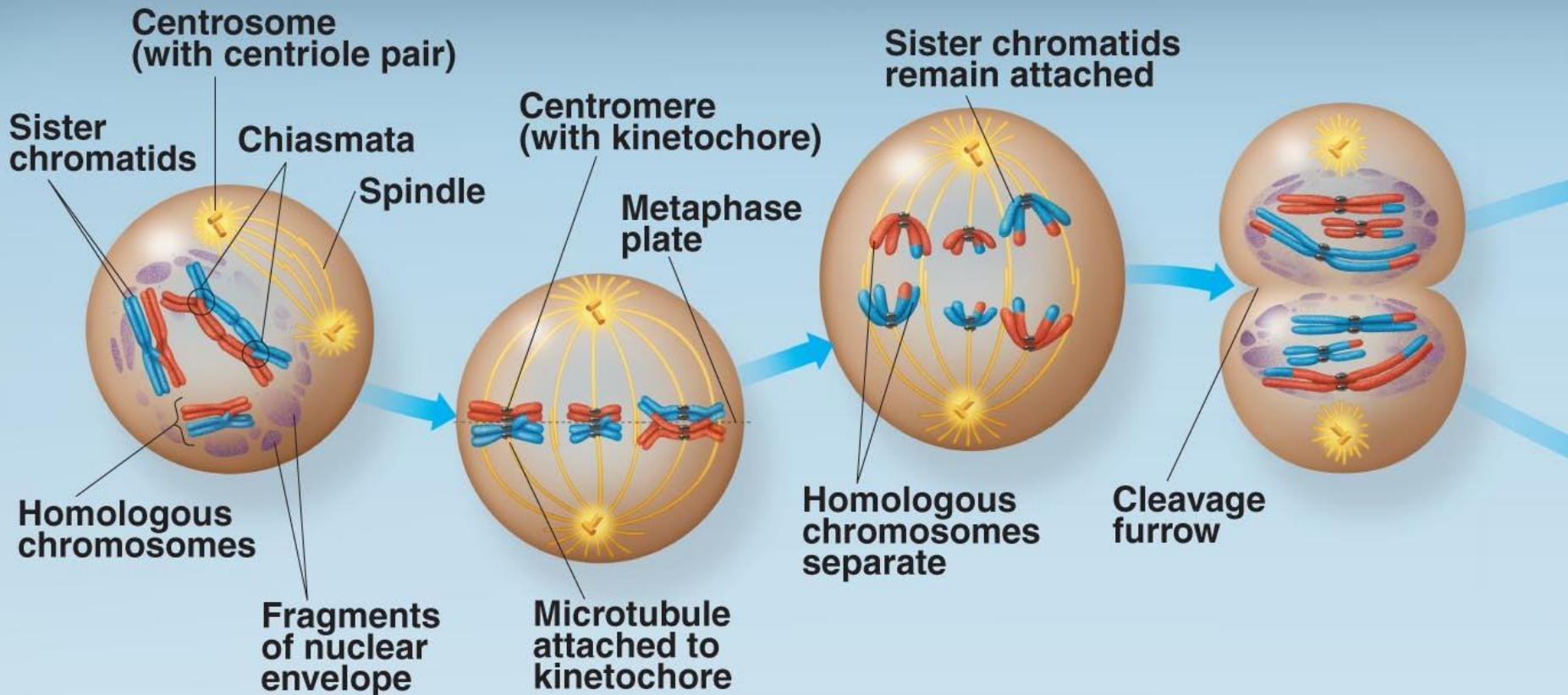
I. Főszakasz

Prophase I

Metaphase I

Anaphase I

Telophase I and
Cytokinesis



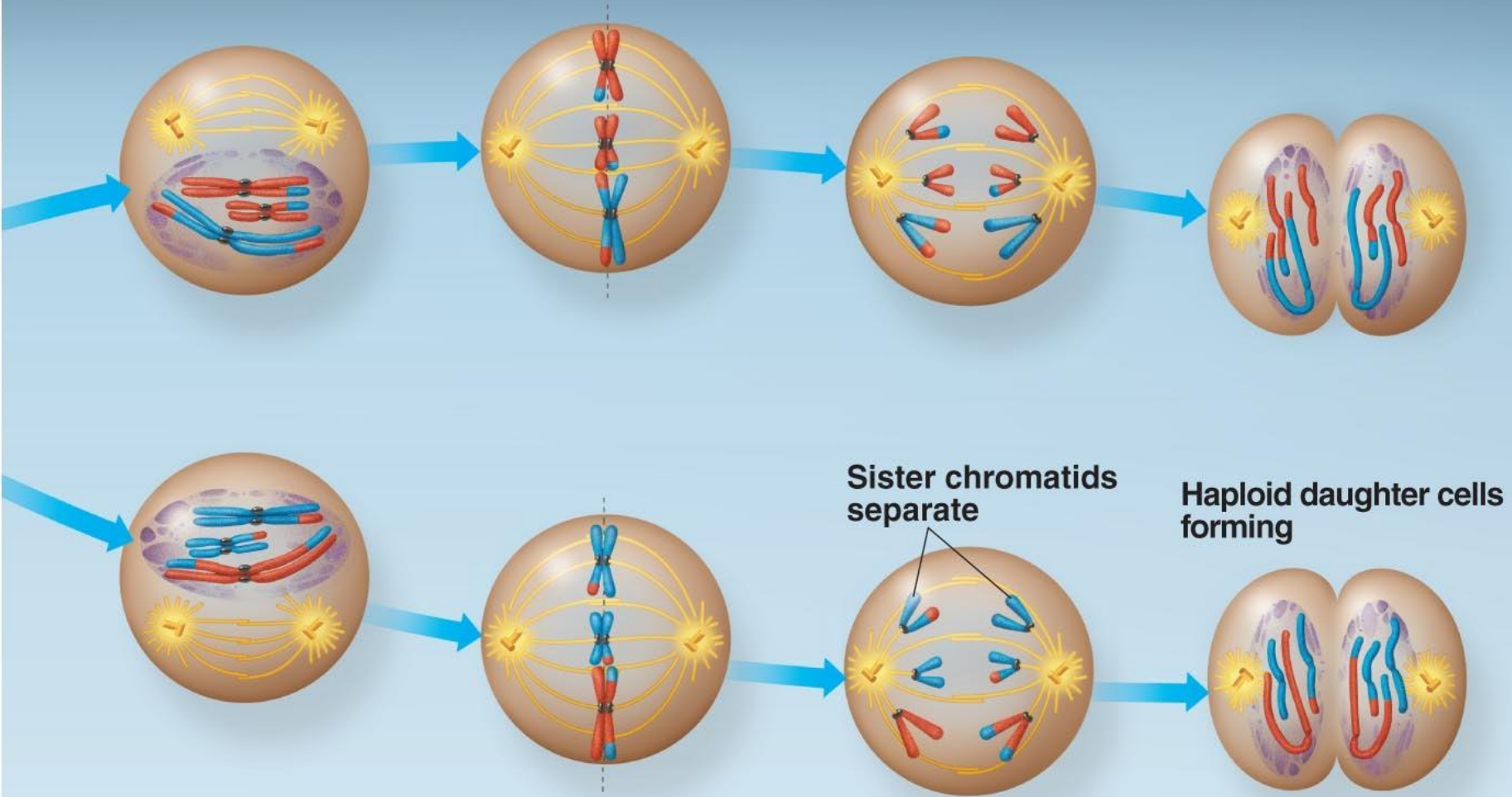
II. Főszakasz

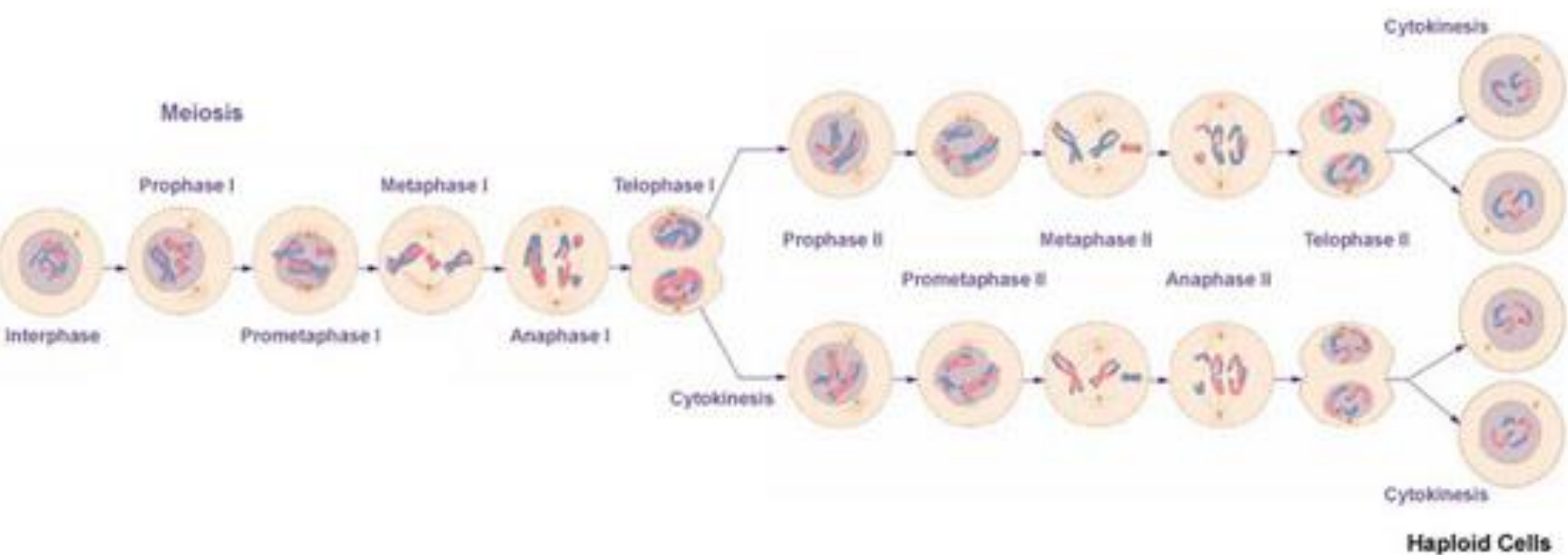
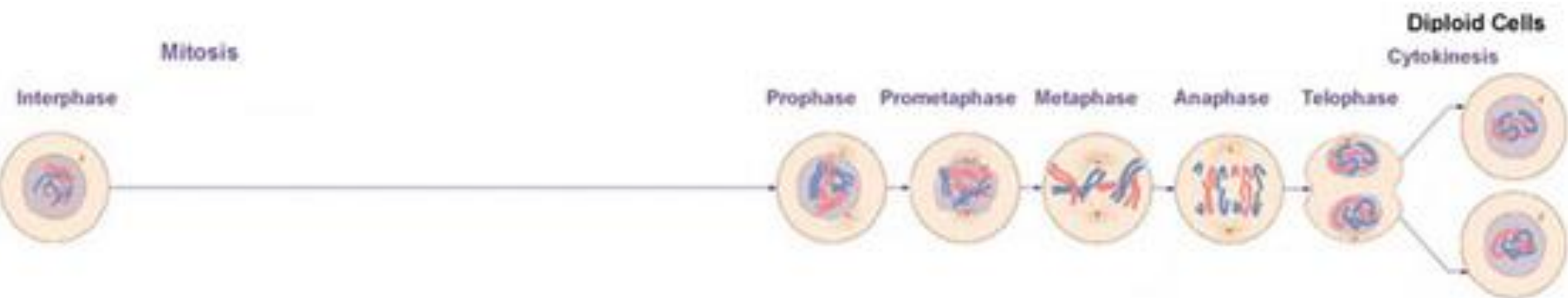
Prophase II

Metaphase II

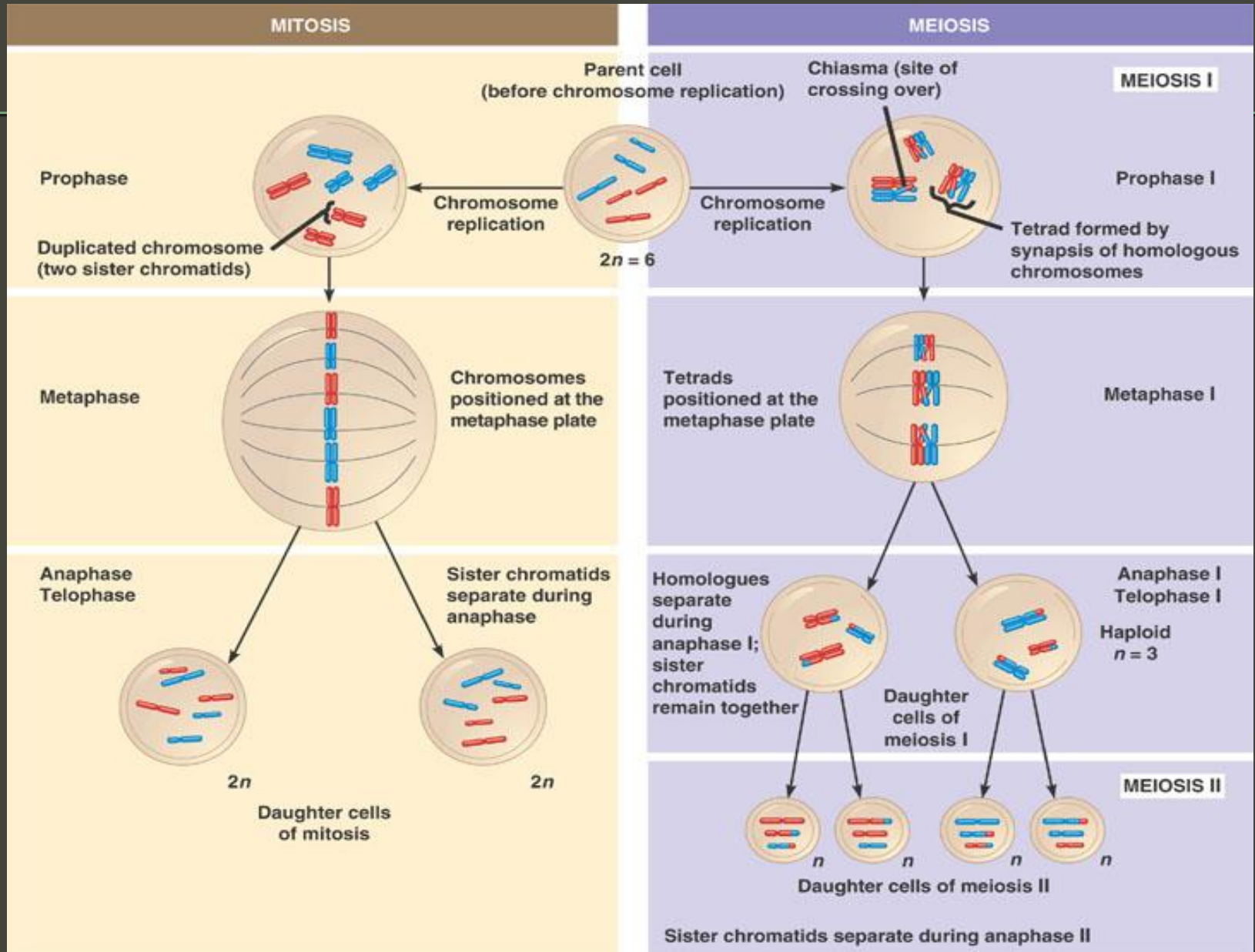
Anaphase II

Telophase II and Cytokinesis





A mitózis és meiózis összehasonlítása



Å mitózis és meiózis összehasonlítása

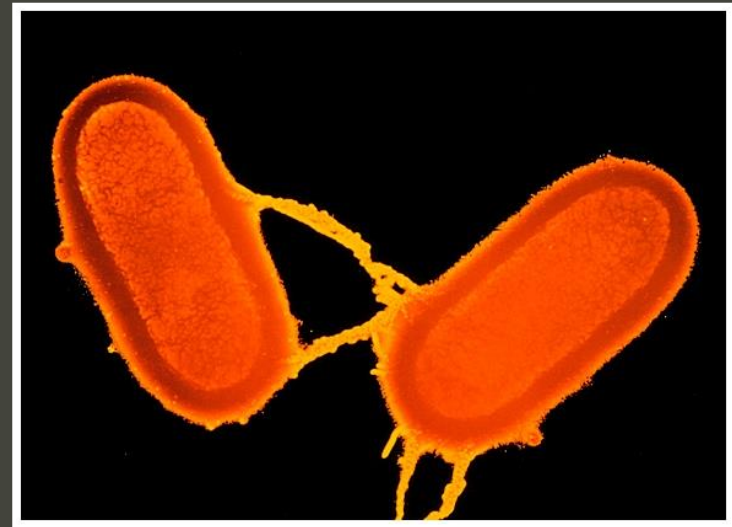
- Animáció a két sejtosztódás összehasonlítására: http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072495855/student_view0/chapter2/animation_comparison_of_meiosis_and_mitosis_quiz_1.html

	MITÓZIS	MEIÓZIS
Más néven	számtartó	számfelező sejtosztódás
Osztódó sejt	2n v. n (diploid v. haploid)	2n (csak diploid sejt)
Utódsejtek	2 db 2n vagy n utódsejt genetikailag azonosak	4 db n (haploid sejt), negyedannyi DNS-sel, feleannyi kromoszómával, melyek genetikailag különbözök
Szakaszai	pro-, meta-, ana- és telofázis	I. és II. fázis, benne pro-, meta-, ana- és telofázisok
Osztódások száma	1	2
Mik válnak szét	két testvérkromatida	I. szakasz: két kromatidás homológ kromoszómák 1 db 2n sejtéből 2 db n sejt (2 kromatidás) keletkezik II. szakasz: két testvérkromatida 2 db n sejtéből (2 kromatidás) 4 db n sejt (1 kromatidás)
Genetikai állomány	mennyisége feleződik	negyedére csökken
Kromoszómák száma Kromatidák száma	változatlan feleződik	feleződik feleződik
Jelentőség	állandóság, stabilitás	változatosság, alkalmazkodás – okai: (rekombináció: A+B) A- Crossing over /allélcseré (I. / profázis) B- Homológ kromoszómák véletlenszerű szétválása (I./anafázis) C- Ivarsejtek véletlenszerű találkozása megtermékenyítéskor
Előfordulás	Egysejtű eukarióták, testi sejtek képzése	Állatok: ivarsejtképződés Sok növény és gombafaj: haploid spóra képzés
Animáció a weben	http://www.johnkyrk.com/mitosis.html	http://s185.photobucket.com/albums/x64/webchem/?action=view&current=meiosis.mp4 - http://www.johnkyrk.com/meiosis.html

Egyéb jelenségek

○ További sejtosztódási típusok:

- **Amitózis** – direkt sejtmagosztódás, amikor a sejtmag előkészület nélkül befűződéssel két sejtmaggá osztódik. Pl. bizonyos növényi szövetelemek, vagy öregedett sejtek, öröklésbeli jelentősége nincs.
- **Hasadás** – prokarióták osztódási módja. Pl. baktérium sejtek
- **Konjugáció** – egy baktérium közvetlen érintkezéssel képes egy másik baktérium sejtbe bejuttatni a kromoszómáját, vagy annak egy darabját, így a két kromoszóma között létrejöhet rekombináció.



A sejtciklus szabályozása



Leland Hartwell



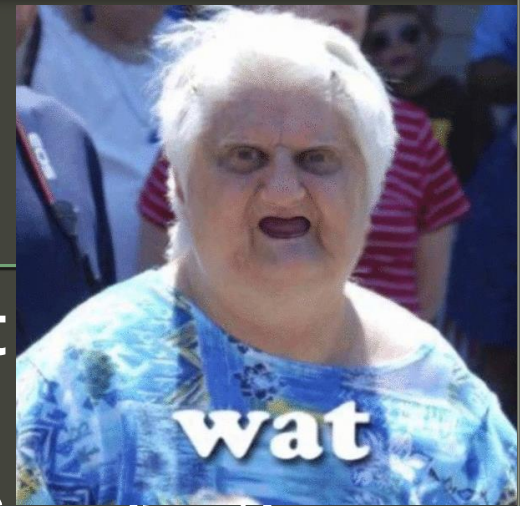
Timothy Hunt



Paul Nurse

- A 2001. évi Orvosi Nobel-díj kitüntetettjei a sejtciklus sejten belüli szabályozó molekuláinak, a ciklineknek és a ciklinfüggő kinázoknak a felfedezéséért, valamint működési mechanizmusuk tisztázásáért részesültek a legnagyobb tudományos elismerésben.

Kináz, ciklin???



● Kináz= a fehérjére egy(P) foszfort tesz → foszforiláz

● Foszfataz= a fehérjéről levágja a fosztort!

● Ciklin= a kináz enzimet aktiválja

● CDK= ciklin függő/dependens kináz

A kinázok mennyisége a sejtciklus során állandó, aktivitásuk azonban a ciklinek által szabályozott módon változik. A ciklinek és a tőlük függő kinázok együtt hajtják a sejtciklust fázisról fázisra. A ciklin-dependens kinázmolekulákat tekinthetjük a hajtóműnek, a ciklineket pedig a sebességváltónak, mely meghatározza, hogy a motor alapjáraton működjek-e, vagy inkább előre hajtsa a sejtet a ciklusban.

A sejtciklus ellenőrző pontjai

3 fő checkpoints:

- **G1/S= Restrikciós=Start**

megkezdődhet-e a DNS szintézis?

- **G2/M**

rendben befejeződött-e a DNS szintézis?

a sejt elkötelezetté válik a mitózisra

- **M - orsófonal checkpoint** minden

kromoszóma illeszkedett-e az

orsófonalakhoz?

helyesen szeparálódhatnak-e a sister

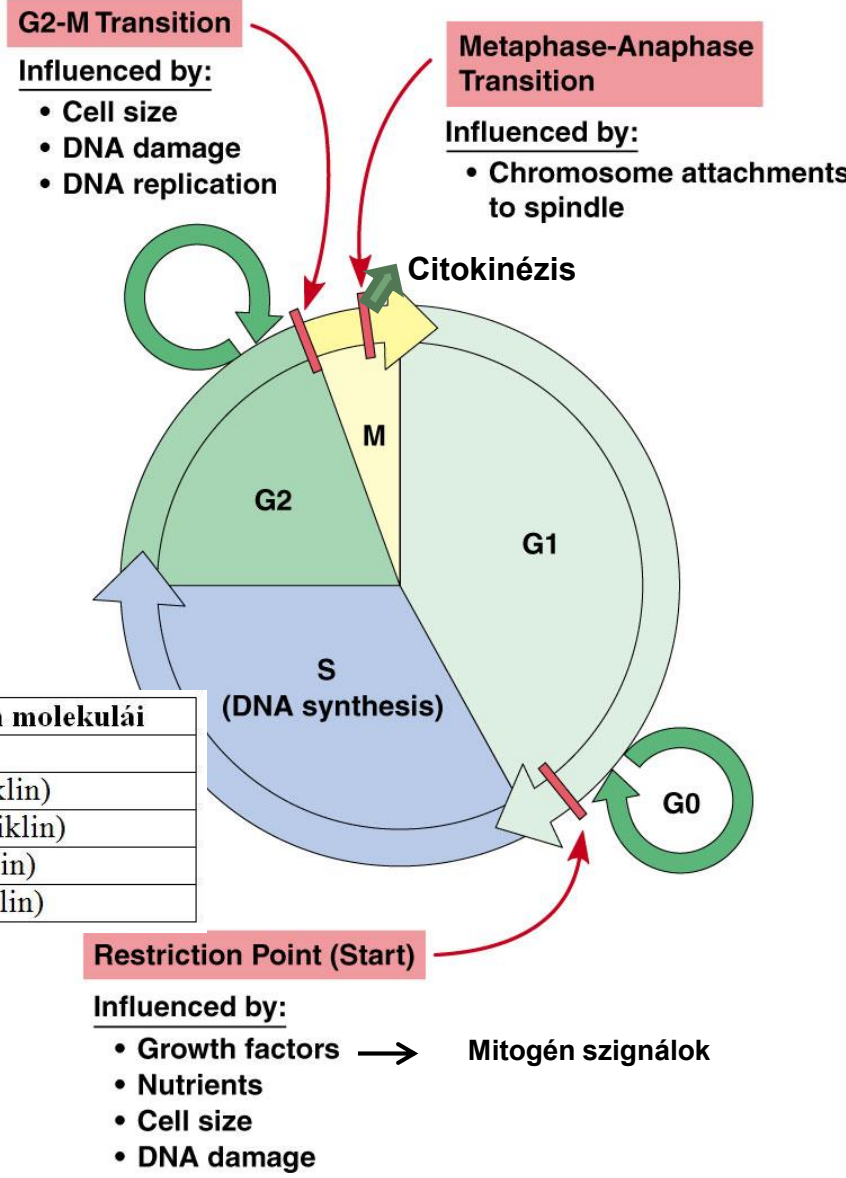
kromatidák?

A sejtciklus ellenőrző pontjai

○ Ciklin D+ CDK4/6

→ Retinoblastoma (p105) foszforilálás

→ E2F1 család elenged → ciklin E termelése.....



A magasabbrendű állatok sejtciklus-szabályozásának legfontosabb Cdk/ciklin molekulái

Cdk/ciklin komplex	Cdk	ciklin
G ₁ -Cdk	Cdk-4, 6	ciklin-D (G ₁ ciklin)
G ₁ /S-Cdk	Cdk-2	ciklin-E (G ₁ /Sciklin)
S-Cdk	Cdk-2	ciklin-A (S ciklin)
M-Cdk	Cdk-1 (emlősökben cdc2)	ciklin-B (M ciklin)

P53 (a jó zsaru)



A DNS megfelelő szerkezetét, épségét a p53 fehérje ellenőrzi. p53 folyamatosan termelődik, normális körülmények között gyorsan degradálódik is, koncentrációja ezért alacsony. Hibás DNS szakaszon tetramerizálódik és stabilizálódik, koncentrációja hirtelen emelkedik. A p53 egyben transzkripció faktor, például a **p21 kinázgátló fehérjeszintézisét** indítja be. **A p21 a Cdk4/ciklin-D komplexhez kötődve azt inaktív állapotban tartja, a sejt nem lép az S fázisba, ez lehetőséget biztosít a DNS hiba kijavítására.** Ha a DNS kijavítása sikertelen, a p53 apoptotikus fehérjék képződését is képes stimulálni, melyek sejtpusztulást (apoptózist) okoznak. Ezért a p53 a genom integritásának egyik fontos "őre", megakadályozza, hogy a sejt károsodott, hibás DNS-molekuláit replikálja és utódaiba örökítse.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/ch18s03.html#d0e7508>
http://www.agustinos-valencia.net/LABORATORIO/MITOSIS/INDEX_mitosis.html
http://www.termesztvilaga.hu/orvosi_nobeldijak/2001.html
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/ch18.html>
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/GenetikaiGyakorlatok/book.pdf>