

A mitózis eseményeinek részletes ismertetése a profázistól a telofázisig.

A mitózis alfázisai:

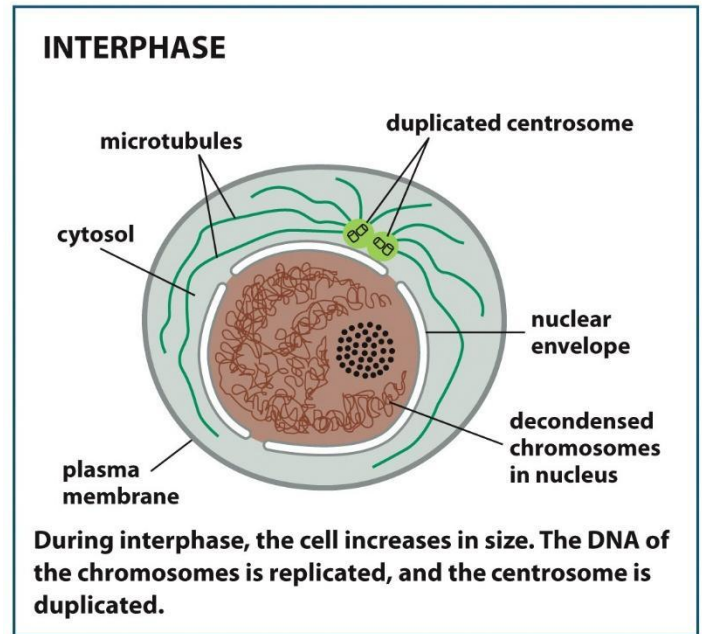
Korai szakasz:

- profázis,
- prometafázis,
- metafázis.

Késői szakasz:

- anafázis,
- telofázis.

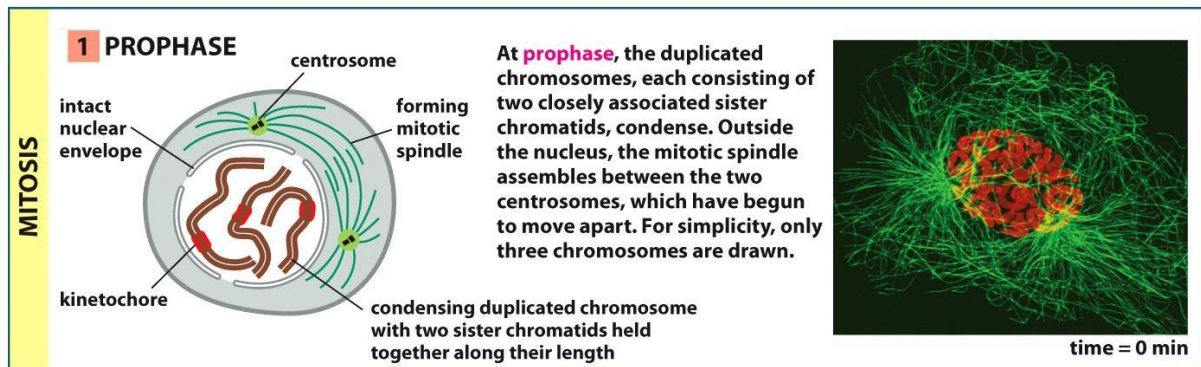
A G₂-fázis végére a kromoszómák már részben kondenzált állapotban vannak, a két centroszóma még nem vált el egymástól, és még interfázisos, de ez rövidesen megváltozik...



Panel 18-1 (part 2 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

A profázis

A **profázis** alatt indul el az **MPF aktivitás**. Ennek hatására a **H1** és a **kondenzin** fehérjék foszforileződnek, amitől elkezdi kondenzálódni a genom. A **kinetokór komplexek** már itt rácsatlakoznak a kromoszómákra. Ezenkívül a két centroszóma elválik egymástól, és mivel az MPF a tubulinokra is hatással van, megnő a MT-rendszer dinamikája, elkezdi kialakulni a **magorsórendszer**. A profázis végére az **asztrális-** és az **interpoláris MT-k** kialakulnak.



Panel 18-1 (part 3 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

A prometafázis

Nyitott mitózis esetén itt **szétesik a sejtmagburok**, mert az MPF a **lamin-** illetve a **nukleoporin** fehérjéket is foszforilezi. Ekkor képződnek a **kinetokór** MT-k, melyekhez már hozzá is csatlakoznak a kinetokór komplexek. Fejlettebb sejtekben több tucat MT kapcsolódik egy kinetokór komplexhez. A prometafázis végére minden kinetokór komplexhez elég MT kapcsolódik, tehát a testvérkromatidákat egyik oldalról az egyik, másiktól a másik centroszóma fogja maga felé húzni.

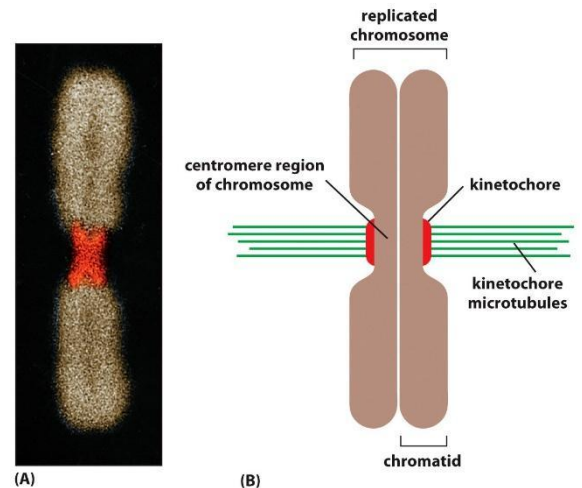


Figure 18-23 Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

2 PROMETAPHASE

spindle pole

kinetochore microtubule

fragments of nuclear envelope

chromosome in motion

Prometaphase starts abruptly with the breakdown of the nuclear envelope. Chromosomes can now attach to spindle microtubules via their kinetochores and undergo active movement.

time = 79 min

MITOSIS

Panel 18-1 (part 4 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

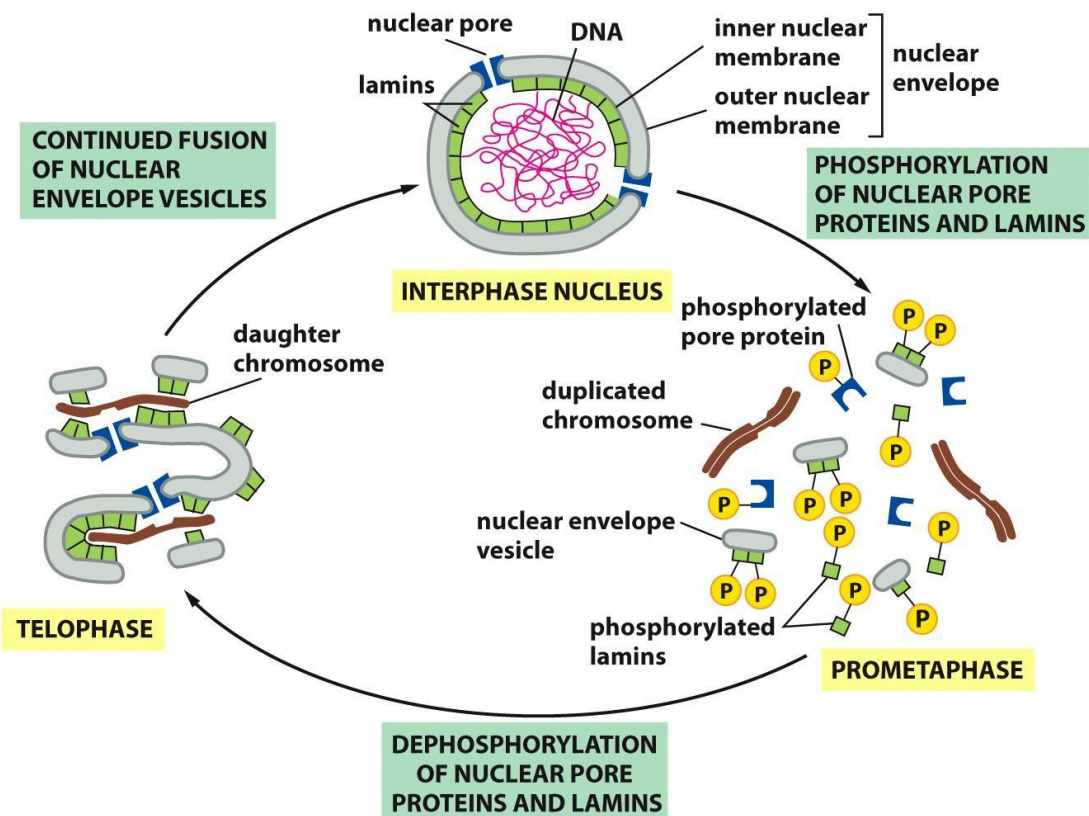


Figure 18-30 Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

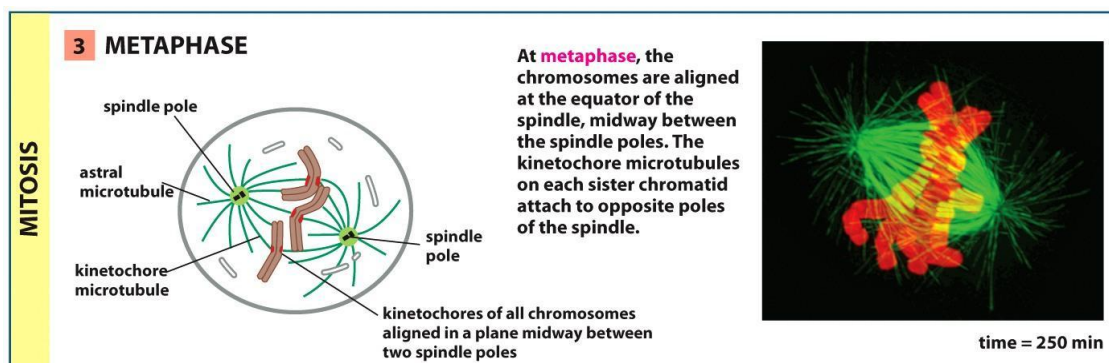
A metafázis

A metafázis alatt a testvérkromatidák a **metafázisos síkba** rendeződnek. Ez úgy történik, hogy a kinetokórokban levő dineinek a centroszómák felé húzzák a kromoszómákat. Mivel hosszabb MT nagyobb erővel húz, idővel pontosan a két centroszóma között félútra rendeződnek el. Amíg nincs minden kromoszóma a metafázisos síkban, a MT-kben fellépő mechanikai feszültség gátolja az MPF APC-kináz funkcióját.

Növényi sejtekben nincs centroszóma, de a **kinetokór komplex MTOC**-ként képes működni, úgyhogy ha lassan is, de szétválík a genom.

Amíg van jelen MPF a sejtben, a metafázisból nem képes a sejt tovább lépni.

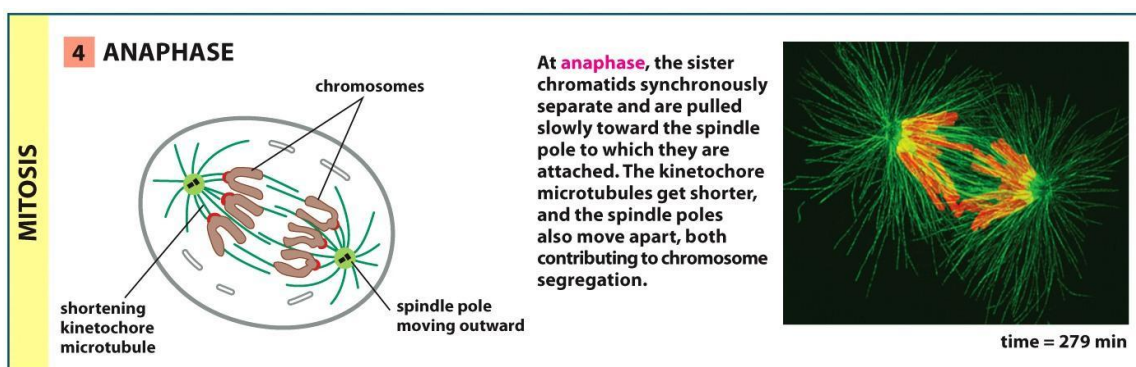
A metafázis-anafázis határon **ellenőrzési mechanizmusok** vannak, melyek ha megfelelőnek értékelnek minden körülményt, ráeresztik az MPF-et az APC-re, ami ubikvitinezi azt, hogy elbomoljon.



Panel 18-1 (part 5 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

Az anafázis

Az APC nemcsak az MPF-et ubikvitinezi, hanem egy **szeperáz-szekurin** komplex szekurin tagját is. A nevéből is kikövetkeztethető módon a **szekurin gátolja a szeperáz aktivitását**, tehát ha elbomlik, a szeperáz aktív lesz. A **szeperáz** nevéhez hűen elválaszt, még hozzá a testvérkromatidákat egymástól. Ezt úgy teszi, hogy **elvágja a kohezingyűrűket**.



Panel 18-1 (part 6 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

Az anafázis két résztörténésre bontható:

Anafázis A:

A kromoszómák szétválasztása: **megindulnak a kinetokór komplexek a centroszómák irányába**, közben a MT vége, ami a kinetokór komplextől láthatóvá válik elbomlik, mert nincsen rajta GTP sapka. A kinetokór komplex csak önmagáig engedi a MT-t szétesni, így mindenképpen eljut a centroszómához a leánykromatida.

Anafázis B:

A **sejt megnyúlik**, mert az **interpoláris MT-okat** az őket összekötő komplexekben található **kinezin**ek elkezdik **egymástól eltolni**, így végső soron a **centroszómák is távolodnak egymástól**.

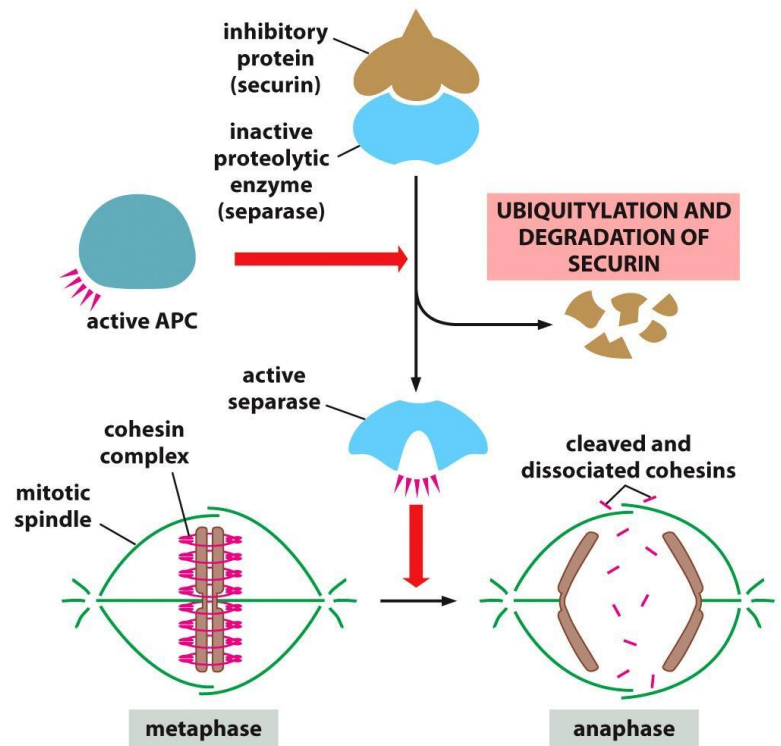


Figure 18-28 Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

A két résztörténés nem egymás után következik be, hanem **átlapolnak**, de **mindig az anafázis A kezdődik előbb**.

Általában az anafázisban kezd a **kontraktilis gyűrű** kialakulni, mégpedig pont a **metafázisos síkban**. Ez azért lényeges, mert ha nem középen van a metafázisos sík, akkor az osztódás aszimmetrikus lesz.

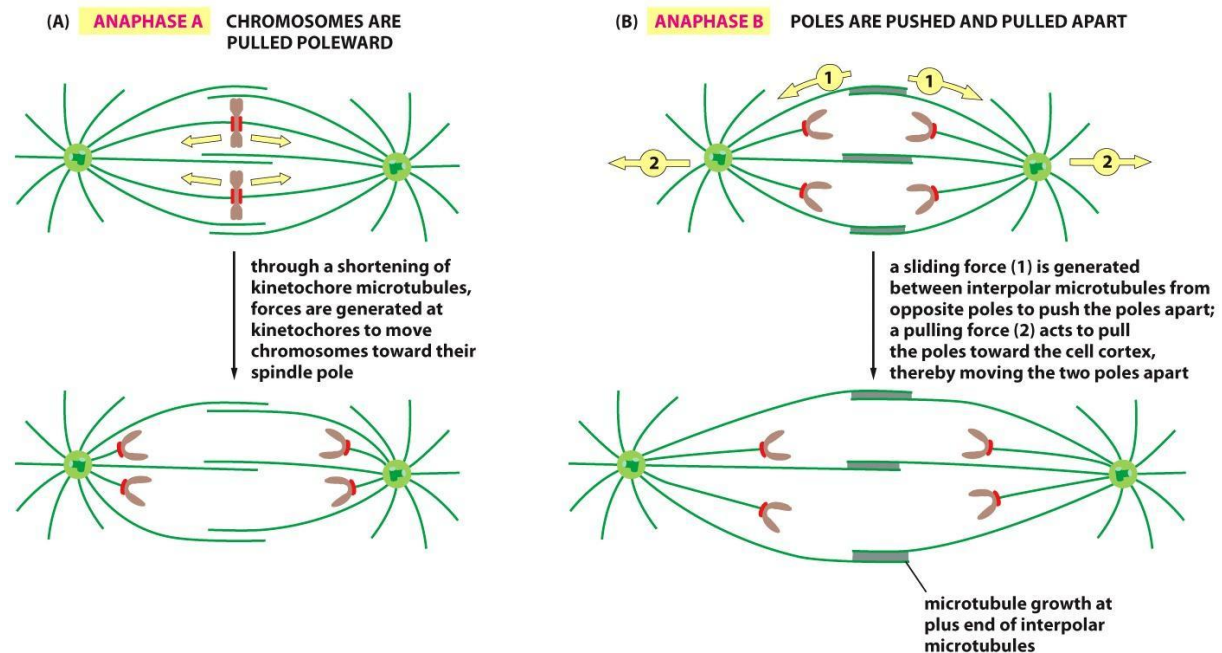
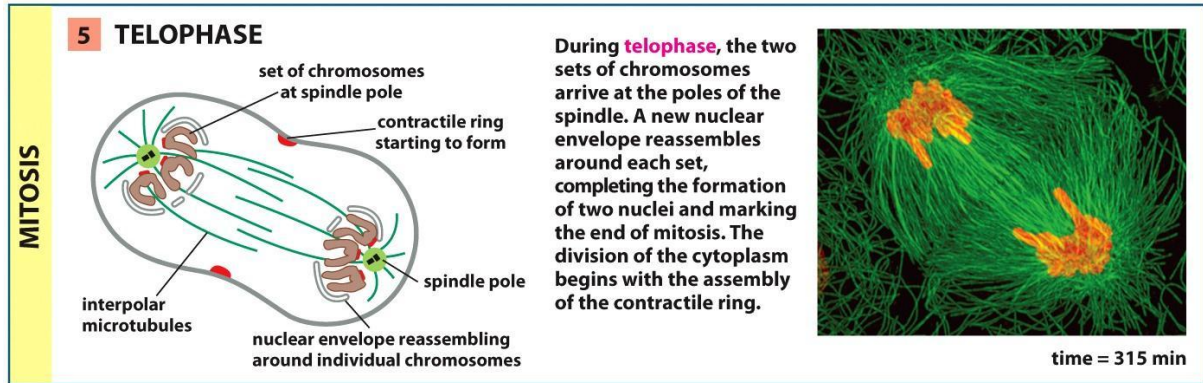


Figure 18-29 Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

A telofázis

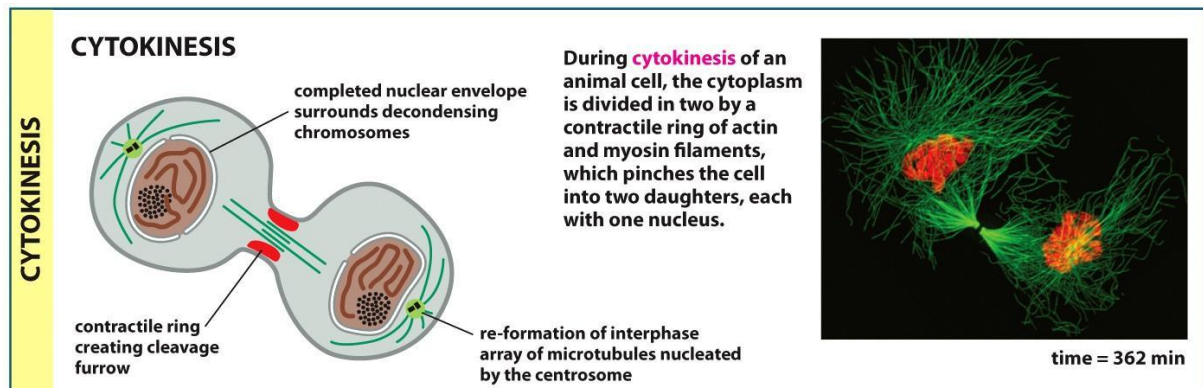
MPF és SPF hiányában a **lamin-** és **nukleoporin** fehérjék **defoszforileződnek**, aminek hatására **felépül** egy-egy **sejtmagburok** mindkét genom körül (lamin-A DNS-t köt, lamin-B a vezikulumokba ágyazódik). A sejt tovább polarizálódik (nyúlik), a **kontraktilis gyűrű felépül** és a kromoszómák elkezdnek kicsomagolódní.



Panel 18-1 (part 7 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)

A citokinézis

Ezután a citokinézis következik, de **nem feltétlenül a mitózis** alatt, bizonyos sejtekben csak a **G₁-fázis elején** indul meg.



Panel 18-1 (part 8 of 8) Essential Cell Biology, 4th ed. (© Garland Science 2014)