

# Sejtváz (cytoskeleton):

Mikrotubulusok, mikrofilamentumok,  
intermedier filamentumok és társult  
sejtorganellumok

*Dr. Röhlich Pál*  
*prof. emeritus*

ÁOK 2018/2019 I. félév:  
2018. szept. 21.

# A sejt váz a sejt fehérjetermészetű fonalakból álló vázrendszere

(formatartás és sejtmozgások)

1. Mikrotubulusok (25 nm  $\emptyset$ )

2. Mikrofilamentumok (6-8 nm  $\emptyset$ )

3. Intermediér filamentumok (10 nm  $\emptyset$ )

- globuláris fehérjékből polimerizálódnak,
- gyors fel- és leépülés (dinamikai instabilitás),
- mozgató fehérjék (molekuláris motorok) társulnak hozzájuk,
- konzervatív fehérjék az evolúcióban

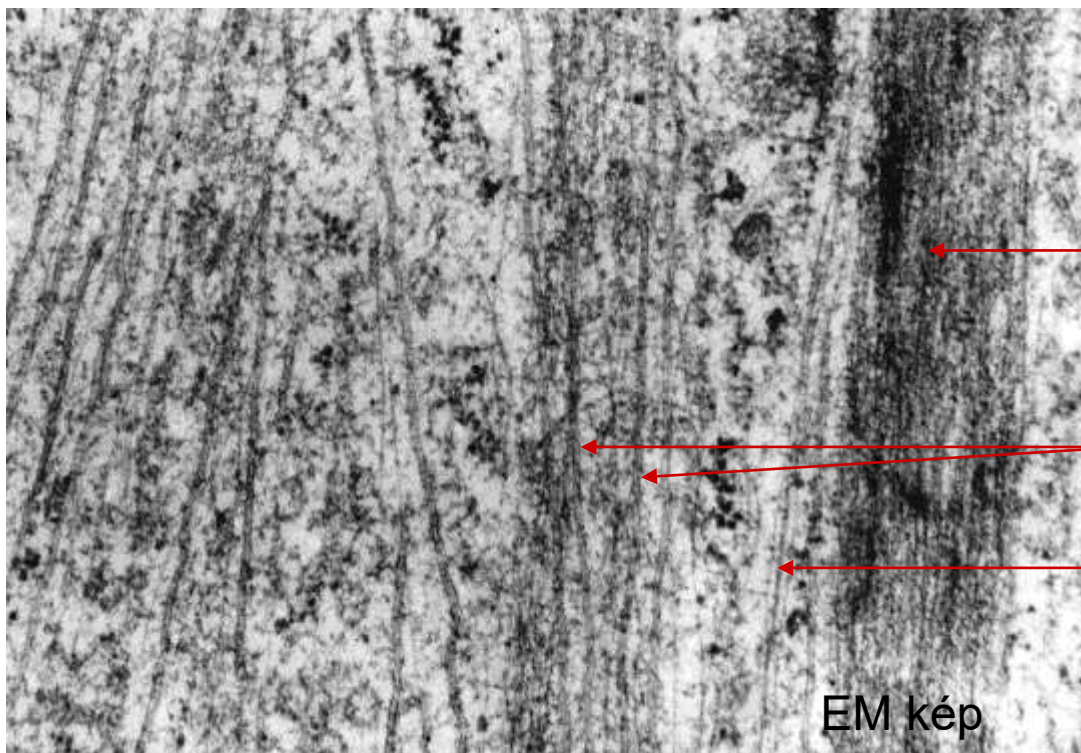
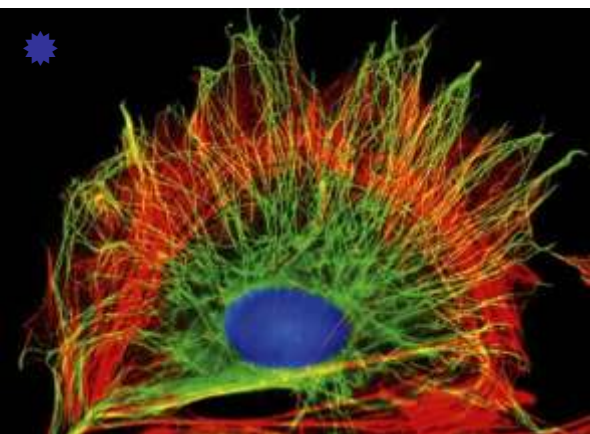
fibrilláris fehérjék, ellenállóak és nincs dinamikai instabilitás, tartós belső váz, újak az evolúcióban

Fénymikroszkópos immuncitokémia aktin és tubulin ellenes ellenanyagokkal

**zöld:** mikrotubulus,

**vörös:** mikrofilamentum

**kék:** sejtmag



mikrofilamentum-köteg

mikrotubulus

intermediér filamentum

EM kép



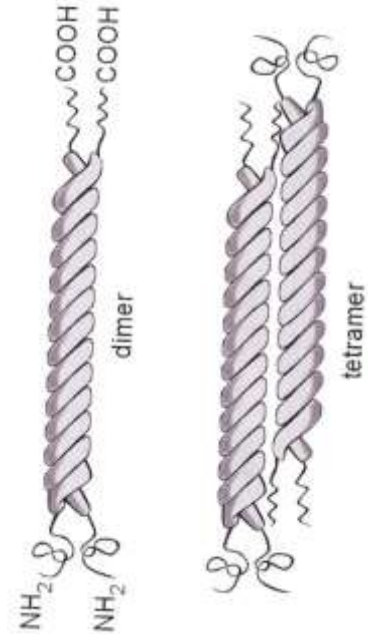
# A sejtvíz elemeinek molekuláris felépítése



**Mikrotubulus**



**Mikrofilamentum**



**Intermedier filamentum**



# Mikrotubulusok (MT)

**Molekuláris szerkezet:** tubulin dimer ( $\alpha$  és  $\beta$  tubulin globuláris fehérje, kötött GTP-vel)

dimerekből lánc: **protofilamentum**

13 db protofilamentum hengerpalást mentén: **mikrotubulus**

**Polarizáltság:** - vég (szabad  $\alpha$ -alegységek), + vég (szabad  $\beta$ -alegységek), + végen gyorsabban nő

**Növekedés:** új, GTP-t tartalmazó dimerek kötődnek a + véghez, energia nem kell (self-assembly)

**Stabilitás:** a dimer csak a GTP-t kötött  $\beta$ -alegységgel stabil,

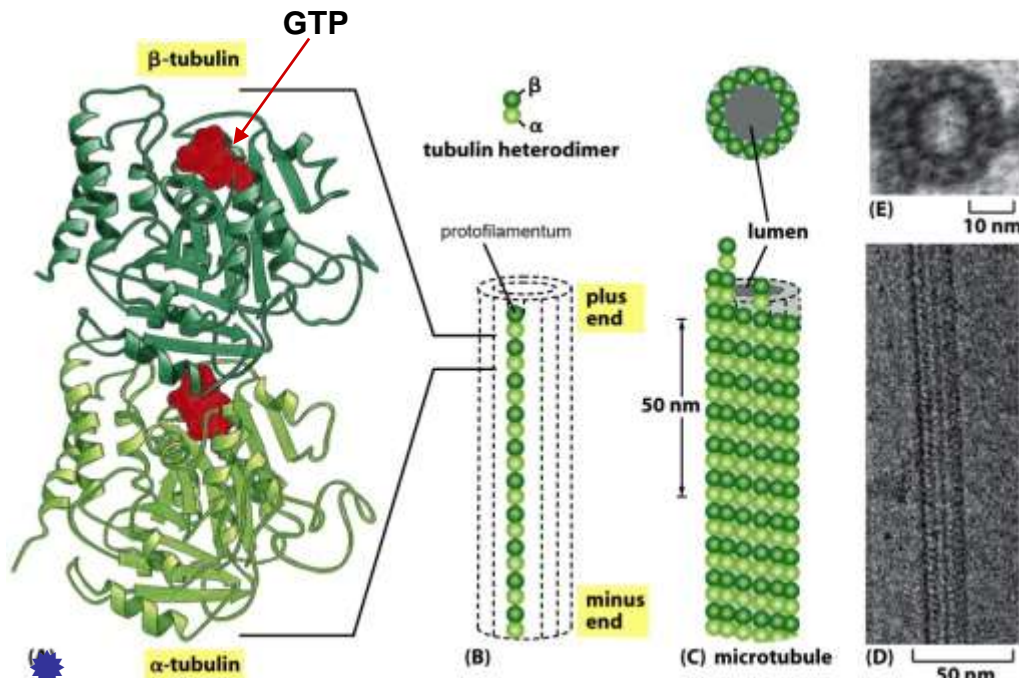


Figure 16-11 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

**Dinamikus instabilitás:** MT-ok állandó gyors fel- és leépülésben vannak. [16.1-MT instability.mov](#)

GTP lassan hidrolizál GDP-vé, ezzel a  $\beta$ -alegység nem tud új dimert kötni, a MT a + vég felől gyorsan lebomlik.

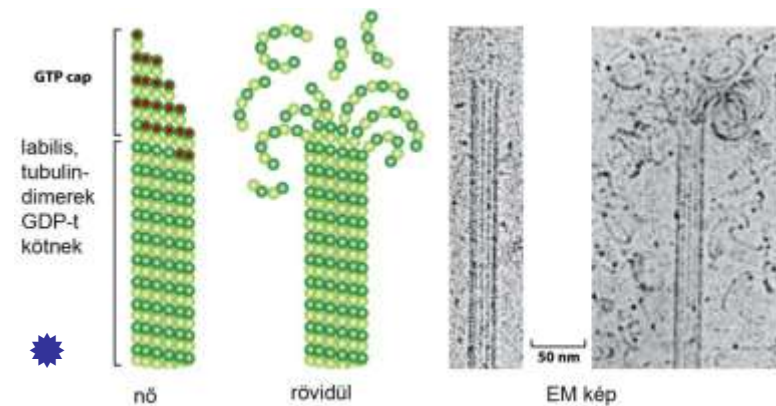


Figure 16-16c Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

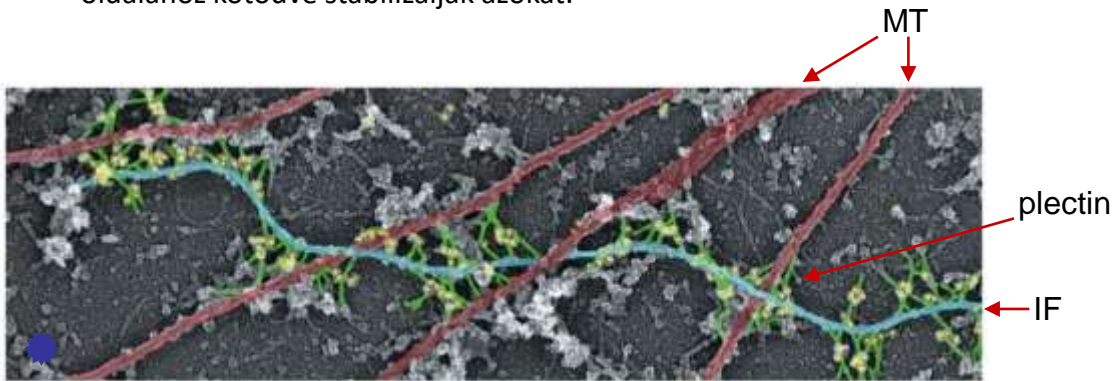
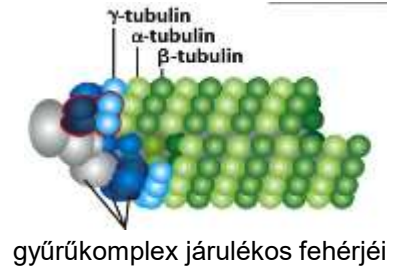
# Mikrotubulusokat szabályozó fehérjék

**$\gamma$ -tubulin gyűrűkomplex:** Nukleációs struktúra a MT-képződés megindulásához.  $\gamma$ -tubulinból álló gyűrű, melyet egy fehérjekomplex stabilizál. MT – vég.

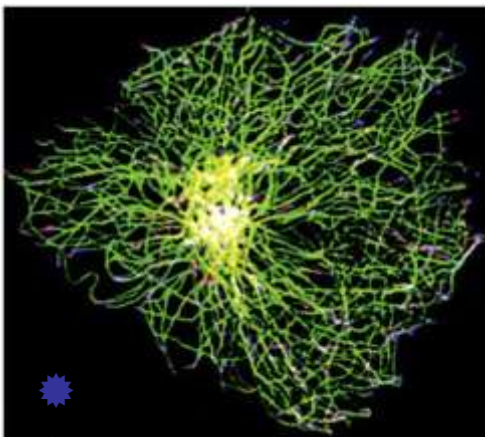
**stathmin:** tubulin alegységekhez köt, gátolja a MT-képződést

**katanin:** szétöri a MT-t

**Egyéb MAP-ok (mikrotubulushoz asszociált proteinek):** a MT-ok oldalához kötődve stabilizálják azokat.

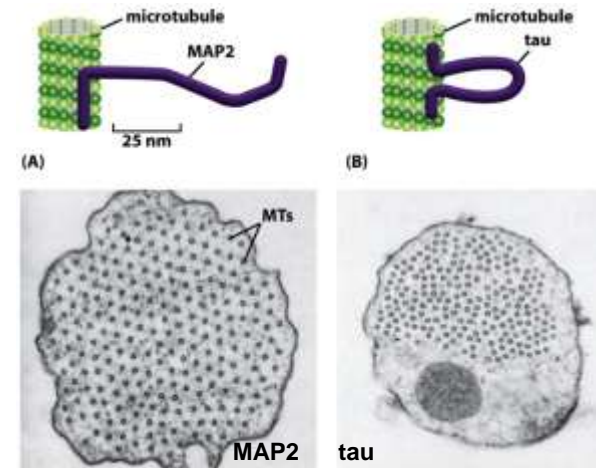


**plectin:** a MT-okat intermedier filamentumokhoz (IF) köti



**+ TIP:** a MT + végét köti egyéb struktúrákhoz (pl. membránhoz)

Immuncitokémia, + végeken vörös pontok a TIP-ek



**MAP2:** nagyobb távolság a MT-ok között

**tau:** a MT oldalához kapcsolódva keresztbeköti a MT-okat (MT-nyaláb)

**Két EM kép, b.o. MAP2 képez nyalábot a MT-ok között, j.o. a tau fehérje.**

## Mikrotubulus-mérgek



**Őszi kikerics**, *Colchicum autumnale*, hatóanyag: **colchicin**



**Rózsás meténg**, *Vinca rosea*, hatóanyag: **vinblastin, vincristin**



**Tiszafa**, *Taxus baccata*, hatóanyag: **taxol**

**Colchicin, vinblastin, vincristin:** tubulin dimerekhez kötődve gátolja a MT felépülését.

**Taxol:** MT-hoz kötődve stabilizálja azt. Gátolja a MT dinamikát.

### Kétféle felhasználás:

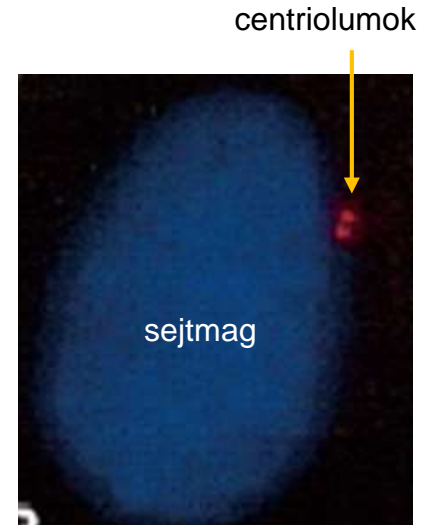
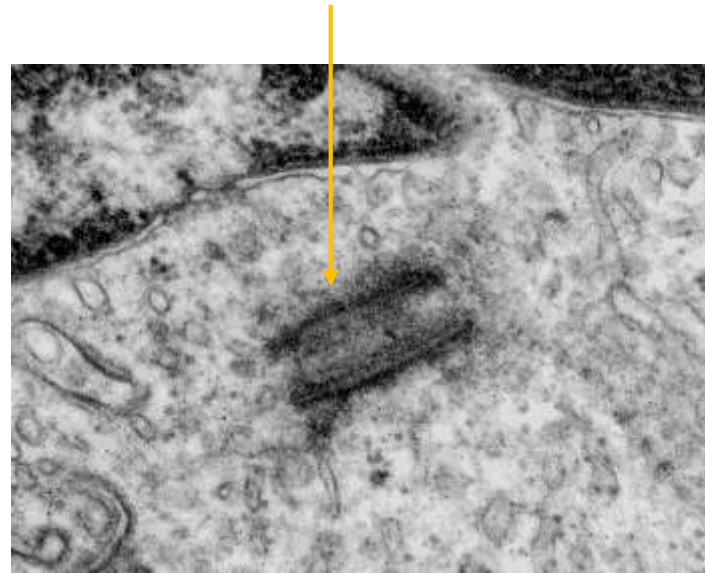
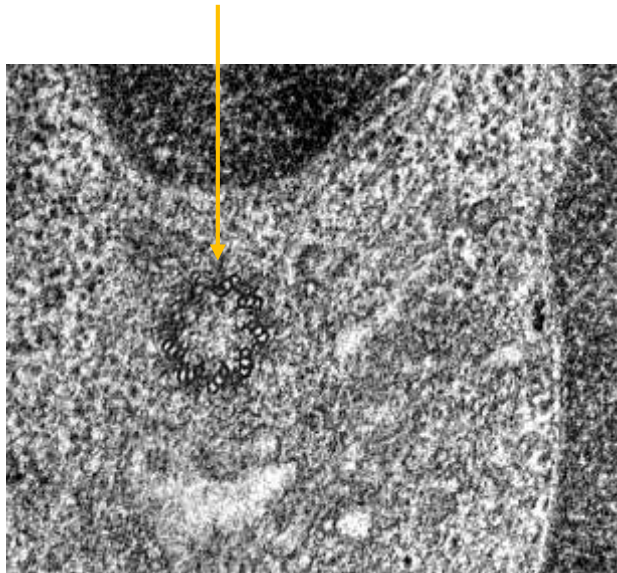
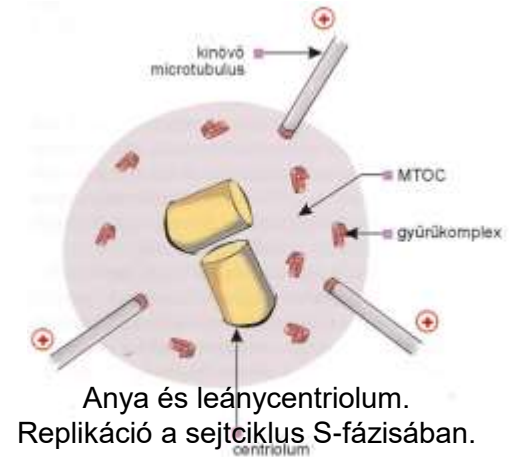
1. Mikrotubulus-funkciók sejtbiológiai tanulmányozása
2. Rákellenes szerek (gátolják a sejtosztódást a MT-gátlás révén)

# Cytocentrum (centrosoma)

Sejtorganelum a mag mellett, annak behúzóadásában. Részei:

**1. MTOC (MT-organizáló centrum)**, cytoplasmaterület (centromatrix)  $\gamma$ -tubulin gyűrűkomplexekkel (kb. 50 db.), ezekből nőnek ki a MT-ok sugárirányban, + végükkel a sejtperiféria felé.

**2. Centriolumok** (2 db.), hengerded testecskék, átmérő 0,15  $\mu\text{m}$ , hossz 0,25-0,5  $\mu\text{m}$ . Szélén 9 db MT triplet (**9x3 elv**).



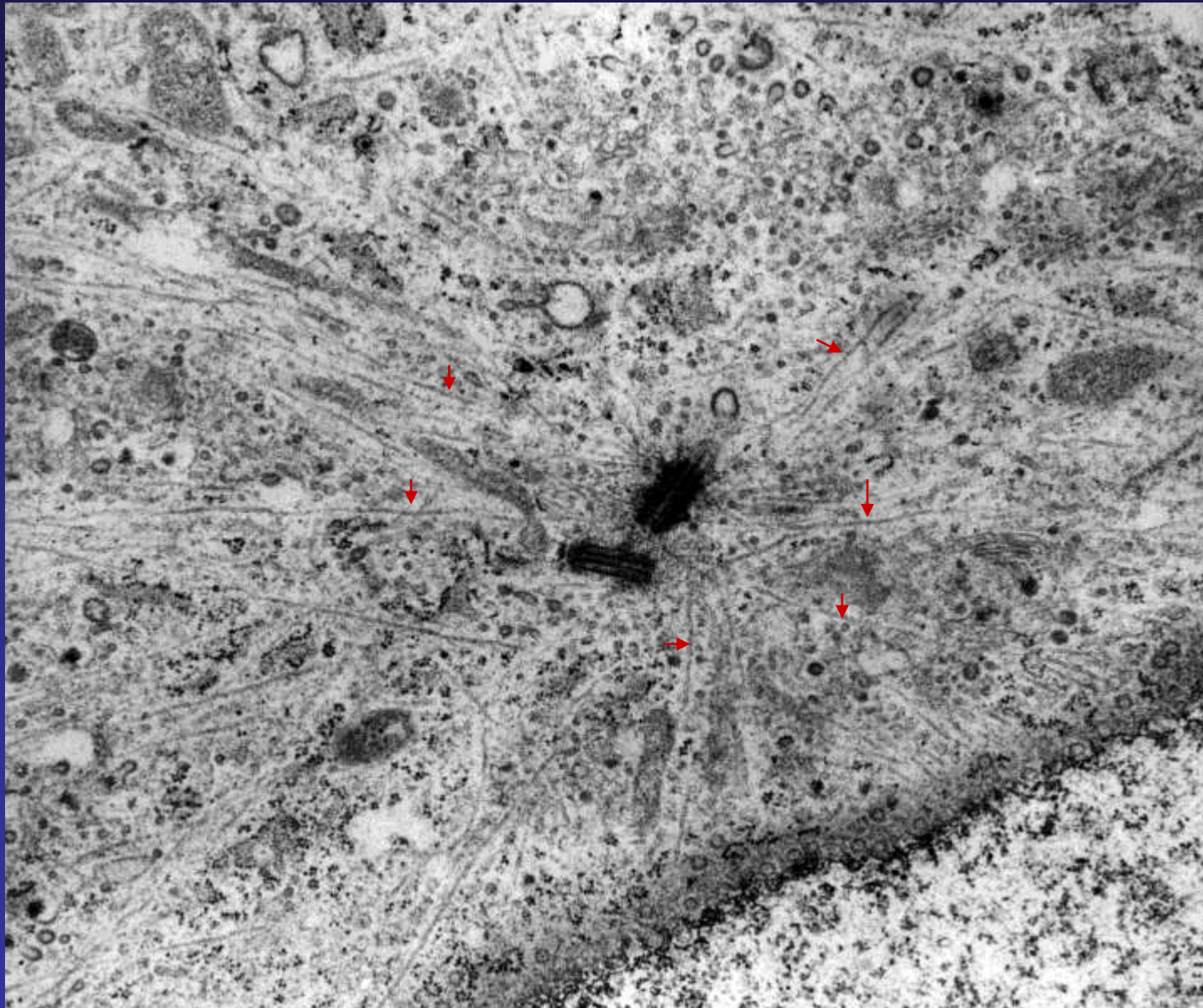
Centriolum keresztmetszet,  
EM kép



Centriolum hosszmetset,  
EM kép

Centriolumok  
fénymikroszkópban

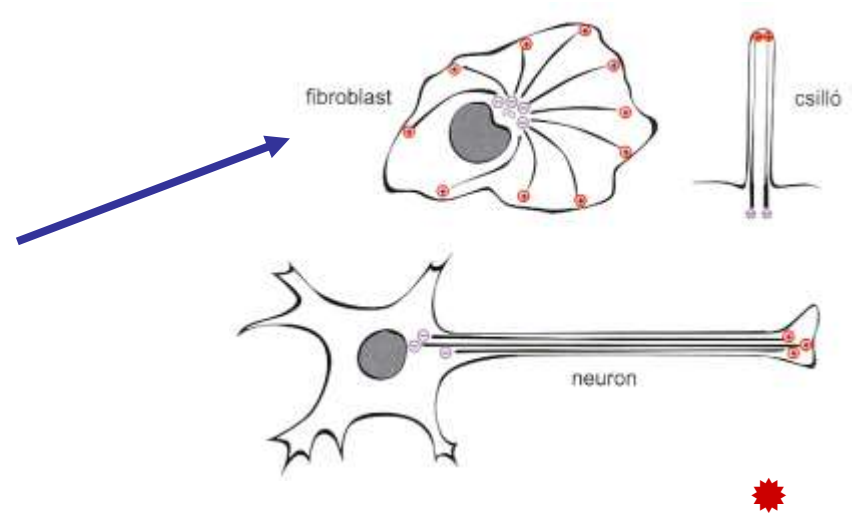
A cytocentrum EM képe a 2 centriolummal és a MTOC-ből  
kisugárzó mikrotubulusokkal



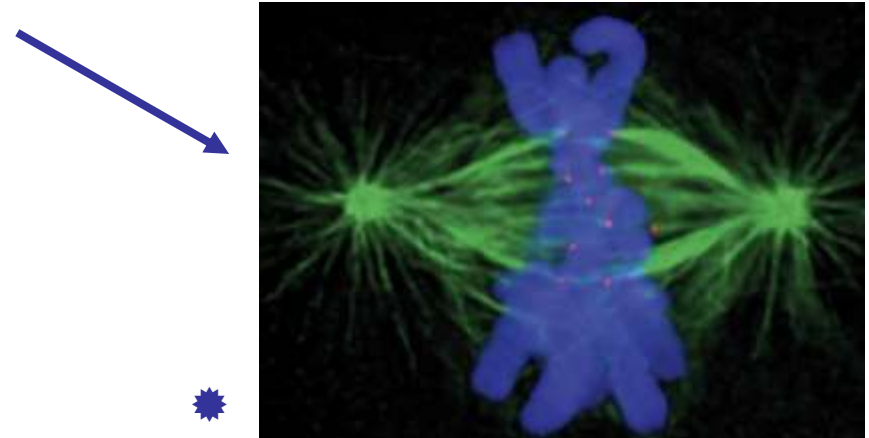


## A centrosoma (cytocentrum) funkciói:

1. Az MTOC révén kialakítja a MT rendszer irányítottságát (- végük a cytocentrumban, + végük a periféria felé)  
[16.5-microtubule dynamics.mov](#)



2. Kialakítja az osztódási orsó pólusait, és ezzel irányítja a kromoszómák mozgását.



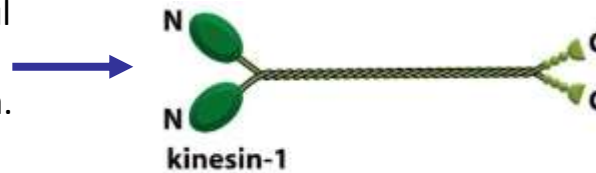
3. A centriolumok a csillók basalis testjét alkotják (osztódással és a sejtmembrán alá vándorlással)

# Mozgató fehérjék (molekuláris motorok) mikrotubulusokon

A **mozgató fehérjék**: ATP-hasításból felszabaduló energiát mozgássá alakítják át. Feji rész köti az ATP-t és MT-t és mozdul el konformációváltozással. (ciklus: ATP-kötés és hasítás, kötődés a sejtvázs filamentumához, fej elmozdulásával mozgás, leválás). Ismétlődő ciklusok. Mozgás eredménye: vagy „vándorol” a sejtvázsstruktúra mentén, és ezzel hozzá kötődő anyagokat szállít, vagy rögzített állapotban egy mobilis sejtvázelemet csúsztat el. Mikrotubuluson kétféle mozgató fehérje mozog: kinesin és dynein.

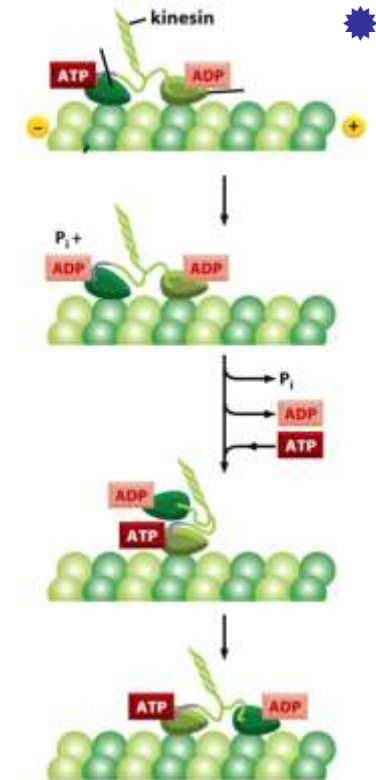
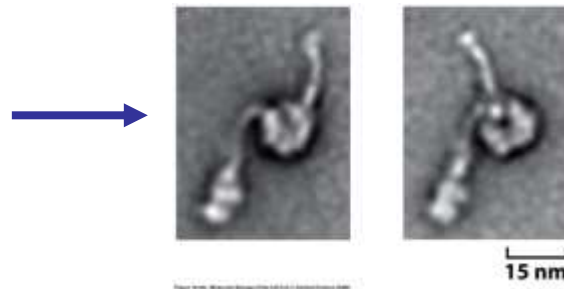
**Kinesin**: fej, nyak, fark. 2 lánc egymás körül csavarodva dimert alkot, ez a funkcionális forma. Öt nagy család, sokféle kinesinforma.

A MT + vége felé vándorol („+ vég motor”)



**Dynein**: 1 nehézlánc (500 kD!) és több könnyű lánc. Nehézláncon gyűrű egy nyéllel, ATP bontásra ez elforog.

A MT – vég felé vándorol („- vég motor”)



[16.7-kinesin.mov](#)

# A MT-rendszer funkciói

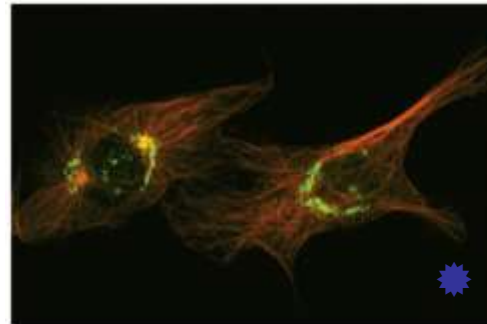
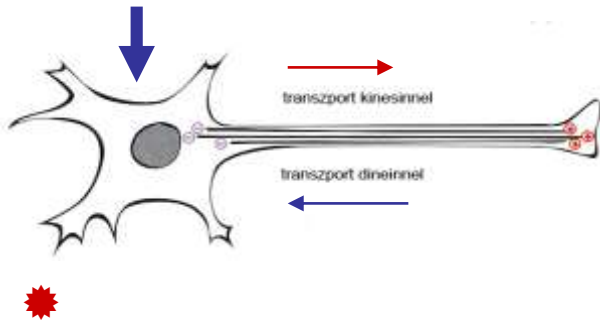
**1. Formatartás.** Merev struktúrák, belőlük képzett nyaláb erős váz. MT- mérgekre a sejt összeesik.

**2. Mozgási pálya az intracelluláris transzportban** mozgató fehérjékkel.

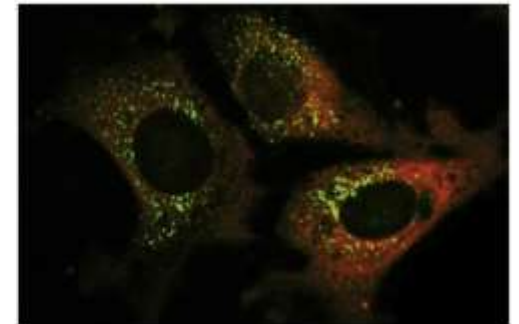
MT rögzített és a mozgató fehérje mozog (vándorol). A vándorlás felhasználható makromolekulacsomagok, vesiculák, stb. gyors szállítására. A szállítandó „árú” kiválogatása, megkötése a mozgató molekula farki végén (ez változatos).

Szállítás iránya: kinesinrel a MT-ok + vége (sejtperiféria) felé, dyneinrel – vég (a sejt központja) felé.

• **gyors axonális transzport.** Idegsejtben szintetikus apparátus a mag körül, innen szállítandók anyagok az axon végén levő synapsisba. MT-ok az axonban, + vég a synapsishoz közel. Szállítás synapsis felé kinesinrel (anterográd transzport), sejt belseje felé dyneinrel (retrográd transzport).



Ép MT-ok, Golgi-app. a mag közelében



MT-ok lebontva, Golgi-complexek szétszórva

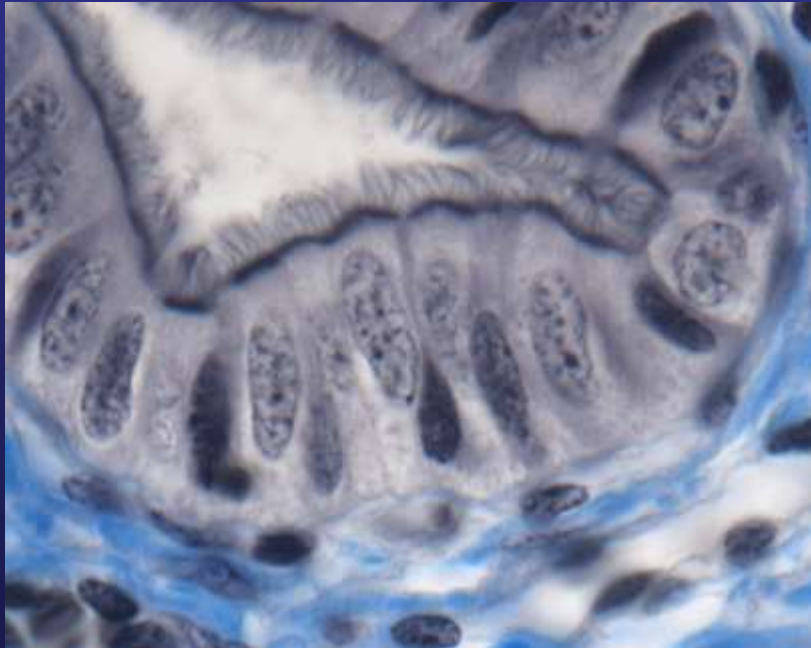
• **Sejtorganelumok helyzete.** Golgi-apparátus dyneinrel a cytocentrum közelében gyűlik össze, szekréciós vakuolumok kinesinrel a sejtmembrán felé vándorolnak.

**3. Csillómozgás,**

**4. Kromoszómák mozgatása a mitosisban, osztódási orsó megnyúlása.**

## Csilló (kinocilium)

A sejtből kinövő hosszú, hengeres, csapkodó mozgást végző nyúlvány, átmérő  $0,25\ \mu\text{m}$ , hossza  $5-10\ \mu\text{m}$ .



Csillós hám fénymikroszkópos képe



Csillók hosszmetzetben. Csillós hámsejt részlete, EM kép

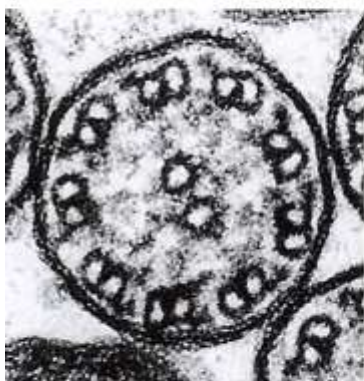
# A csilló szerkezete

## Főbb részei:

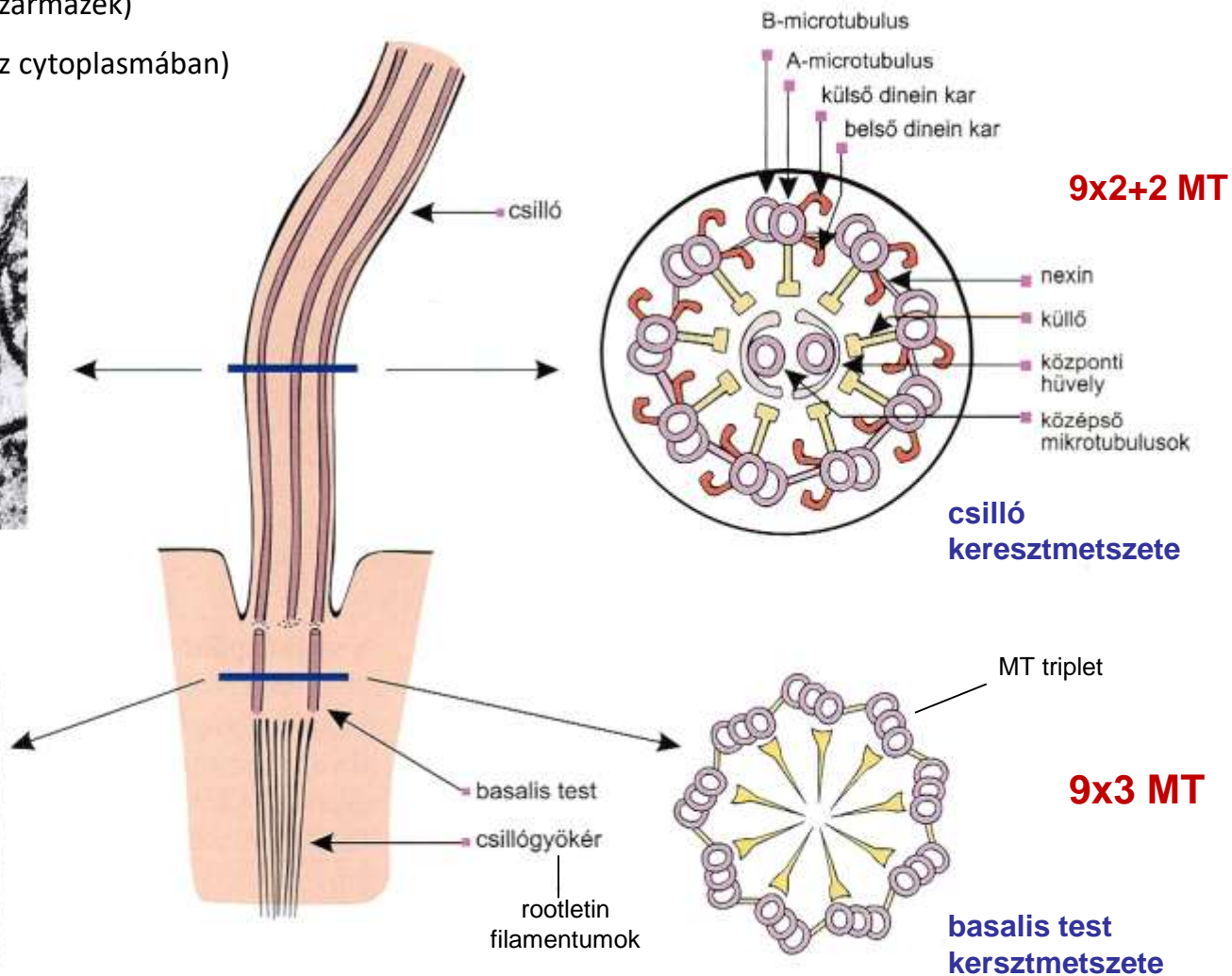
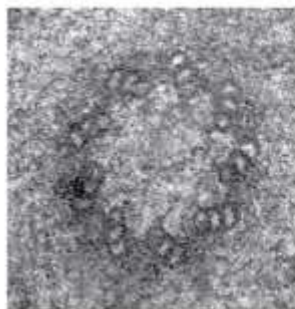
a csilló szabad, mozgó része,

a **basalis test** (centriolumszármazék)

a **csillógyökér** (kihorgonyoz cytoplasmában)



EM képek



# Csilló (kinocilium) keresztmetszeti képe

**Sejtmembrán** borítja.

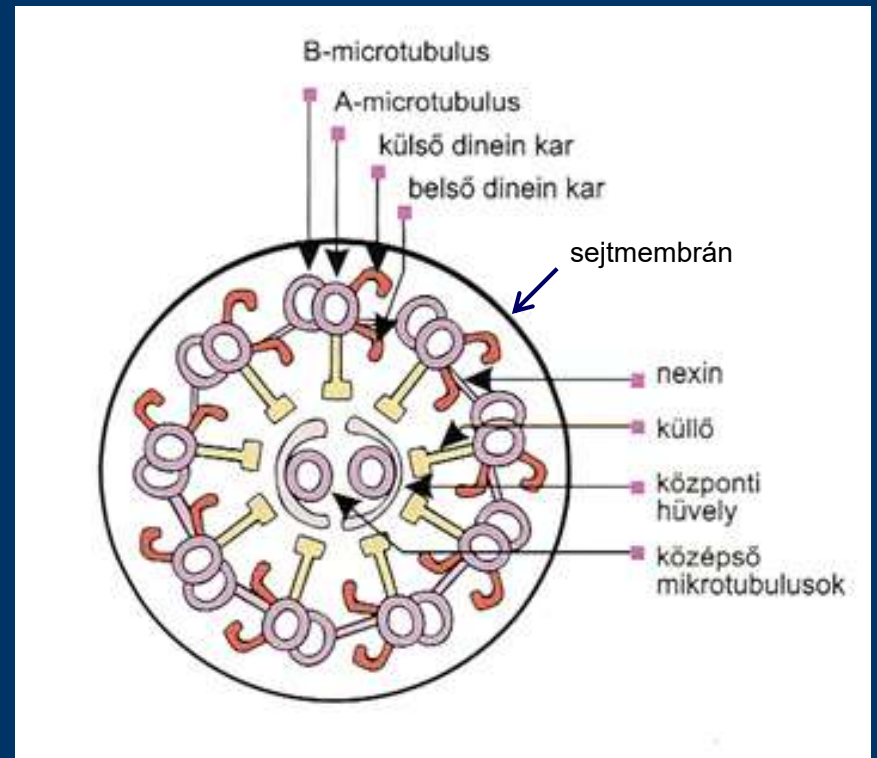
**9 db. széli MT-pár és középen 2 db. MT** (9x2 + 2 elv). A csilló MT-ok stabilak (acetilált tubulin!)

**Dynein-karok:** külső ill. belső hosszanti sorban az A MT-on. Külső sorban három, belső sorban kétféjű karok.

**Nexin filamentumok** (rugalmas fehérjék), a tubuluspárokat kötik össze

**Központi hüvely** (a két centrális MT körül)

**Küllők** (radier struktúrák a központi hüvelytől a MT-párokig)



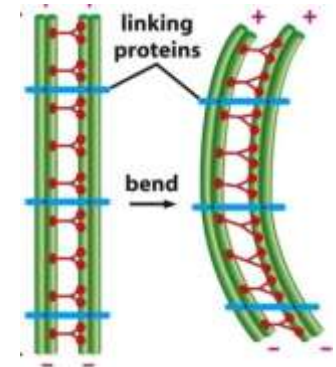
# Csillómozgás

**Mozgás jellege:** gyors csapás, lassú visszahúzódás

**Frekvencia:** 5-10 csapás/sec

**Molekuláris mechanizmus:** lényege, hogy az A-tubuluson lévő dyneinokarok a szembenlévő B-tubulushoz kötődnek, konformációváltással fejük elmozdul és elcsúsztatja a B-tubulust, majd leválik. Energia ATP-hasításból. A nexin filamentumok csak bizonyos határig engednek, eredmény: a csilló elhajlik. Bonyolult, csak részletekben ismert tér- és időbeli szabályozó mechanizmus.

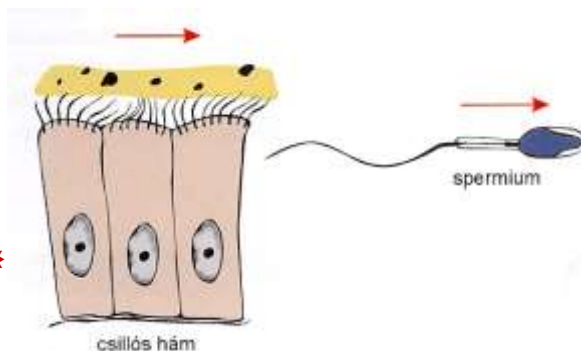
**Metachronalis mozgás:** csillókkal fedett sejteken időbeli eltolódás az egymás utáni sorok között (összkép: „búzatábla hullámokban hajladozik a szélben”)



**A csillómozgás hasznosulása az emberi szervezetben:**

**1. Csillós hámsejtekénél** a sejt rögzített, a csillómozgás fölötté folyadék- ill. nyákréteget mozgat. Példák: Légutak hámja (öntisztulás a garat irányában), petevezeték hámja (folyadékáramlás, petesejt továbbítása)

**2. Férfi hímivarsejt (spermium):** a sejt mobilis, a fejlett és kissé átalakult csilló (ostor, flagellum) segítségével kigyómozgással úszik



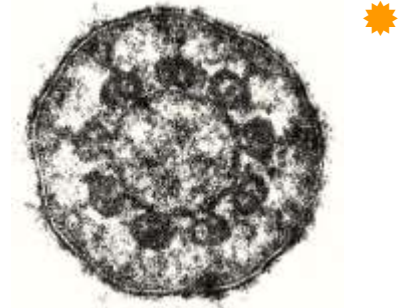
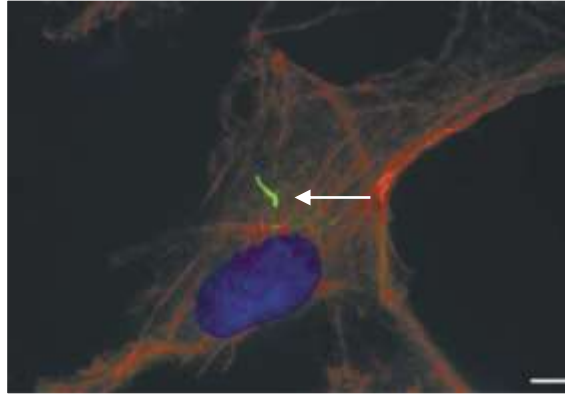
**Ostor (flagellum):** Csillójellegű, hosszú, kigyómozgásszerűen csapkodó nyúlvány, finom szerkezete hasonlít a csillóéhoz, de bonyolultabb. Egy sejten 1 v. 2 db. Előfordulás: spermium, ostoros egysejtűek.

**Dynein hiányában nincs csillómozgás. Kartagener-syndroma:** genetikai betegség, a dynein génhiba miatt hiányzik, ezért nincs öntisztulás a légutakban és nincs spermiummozgás (férfi sterilitás)

# Primer v. érző csilló

## Strukturális jellegzetességei:

- Egy darab sejtenként, az egyik centriolumból nő ki
- Hiányzik a csilló-dynein és a középső két MT (nem motilis), a sejtmembránhoz a MT-pároktól összekötő karok húzódnak.



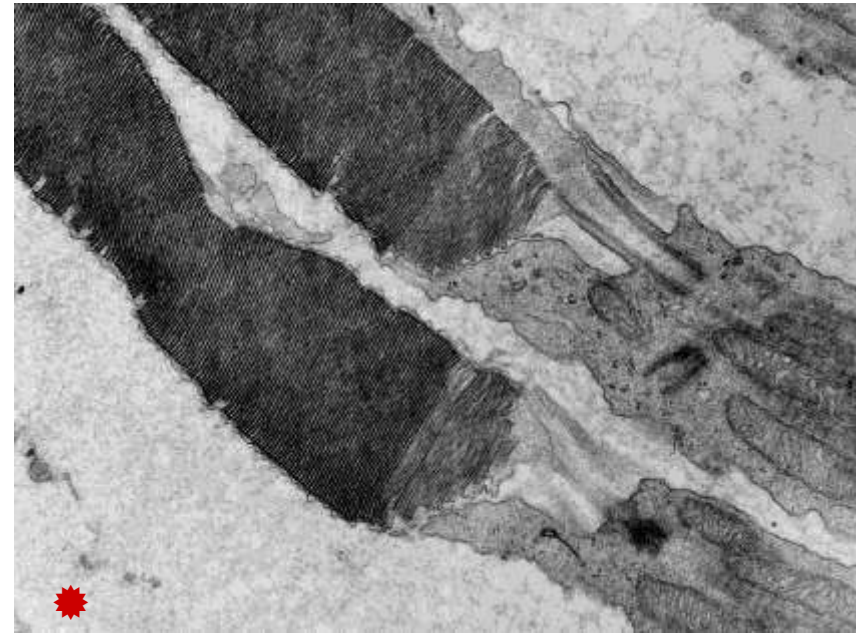
Retinális fotoreceptorsejt érző csillójának keresztmetszete (EM kép)

## Funkcionális jellegzetességei:

Membránjába (sejttípusonként eltérő) jelátviteli rendszerek receptorai v. kezdeti szakaszai épülnek be. „Antenna”.

Jellegzetes **példa**: a retina fotoreceptorsejtje (pálcika- és csapsejt).

Ha az érző csilló genetikai hiba miatt nem alakul ki, a jelátviteli rendszer sem működik, ez súlyos fejlődési rendellenességeket okoz.





# Az érző csilló hibás működéséhez kötött betegségek: ciliopátiák

Ha az érző csilló a ciliáris transzport defektusa miatt nem fejlődik ki, vagy nem marad fenn, ill. ha a jelátviteli molekulák nem épülnek be a csillóba, súlyos rendellenességek és kóros tünetegyüttesek alakulnak ki.

## Példa: a Bardet-Biedl syndroma

A **bbs** fehérjék fontos szerepet játszanak az intraciliáris transzportban és ezáltal a primer csillók kialakulásában és fennmaradásában. Ha hibásak a fehérjék génei, a primer csillók nem fejlődnek ki és emiatt bizonyos jelátviteli rendszerek kiesnek.

**Eredmény:** súlyos fejlődési rendellenességek és tünetegyüttesek:

photoreceptor degeneráció

szaglásihiány

hallásvesztés

situs inversus

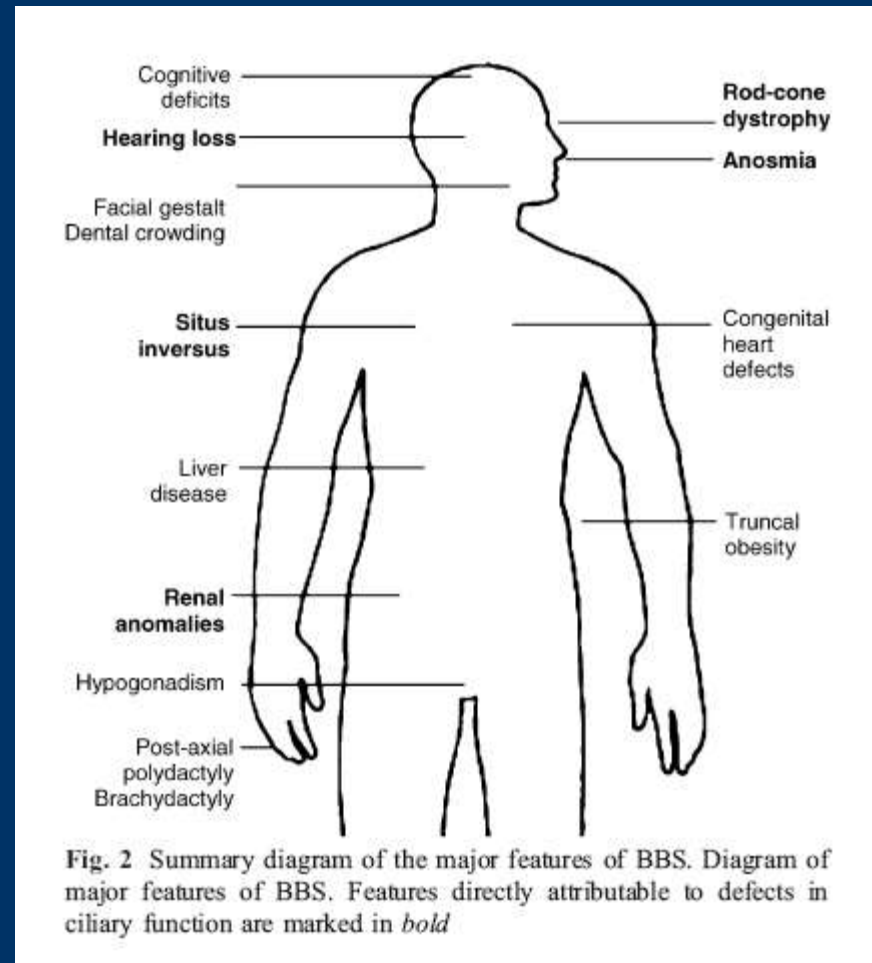
vesefejlődési hibák

kognitív funkciók károsodása

számfeletti vagy összenőtt ujjak

arcejlődési rendellenességek

egyéb: elhízás, szívfejlődési hibák ...



# Mikrofilamentumok (MF)

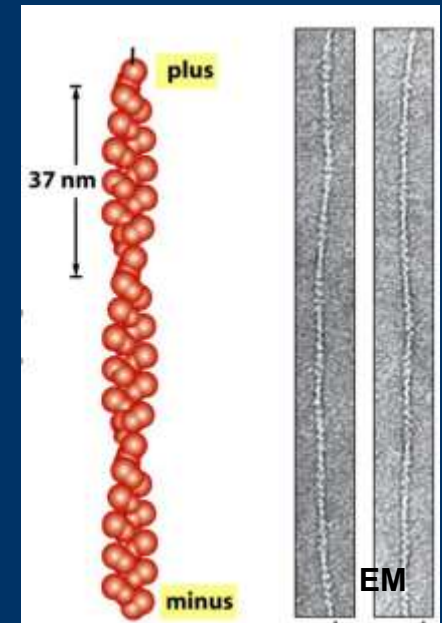
**Molekuláris szerkezet:** aktin globuláris fehérje, 42 kD, ATP-kötő tasak (G-aktin)  
aktinlánc: aktin molekulák egyirányban egymás végéhez kötődnek (F-aktin)  
mikrofilamentum: 2 aktinlánc egymás körül csavarodik

**Polarizáltság:** + vég gyorsabban nő, - vég alig

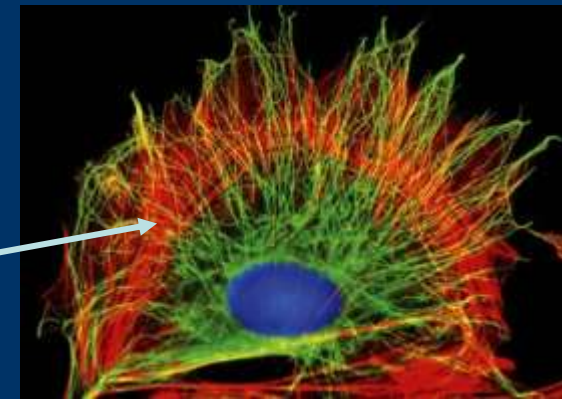
**Növekedés:** ATP-tartalmazó aktin molekula a + véghez kötődik (self-assembly)

**Stabilitás:** ATP idővel ADP-vé hidrolizál, ekkor labilisabb az aktinlánc, könnyebben szétesik. Cytosolban az aktin visszacsereéli ADP-t ATP-re, újra felhasználható növekedésre. Dinamikus egyensúly G és F aktin mennyisége között.

**Összehasonlítás MT-sal:** MF-ok vékonyabbak (6-8 nm), rövidebbek, hajlékonyabbak, gyakran társulnak szövetékké vagy kötegekké.

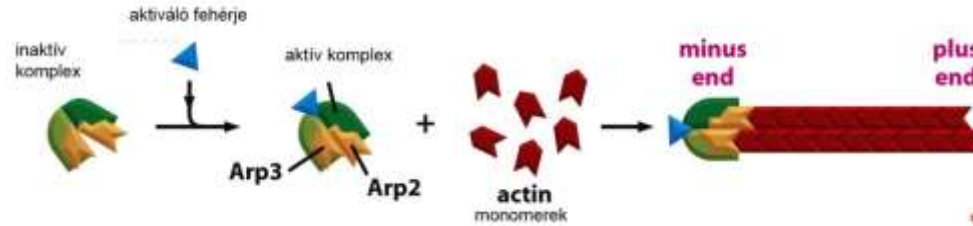


**Gyakori elhelyezkedés:** a sejtmembrán alatt szöveték (sejt-cortex), jelentősége. Piros fonalak: aktin mikrofilamentumok



# MF-hoz társuló fehérjék

**Arp komplex:** nukleációs hely új MF kinövéséhez. A minus végén marad.

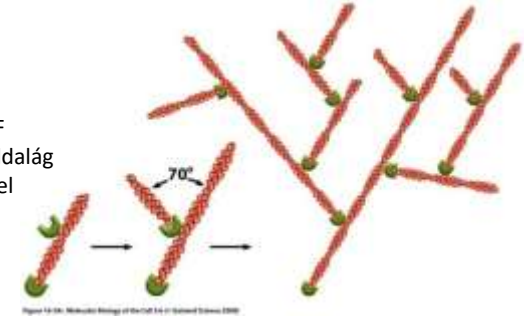


**Thymosin:** aktin monomerekhez kötve gátolja a polimerizációt

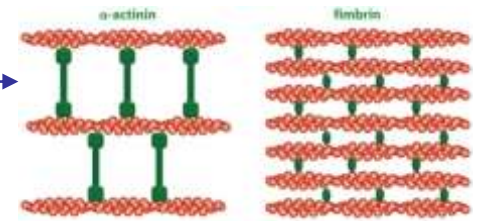
**Gelsolin:** MF-okat darabolja

**Tropomyosin:** a MF oldalához kötődve stabilizál

Az Arp komplex a MF oldalához kötődve oldalág növekedését indítja el



**Keresztkötő fehérjék:** MF kötegben keresztbe köti a MF-okat.  **$\alpha$ -aktinin, fimbrin**

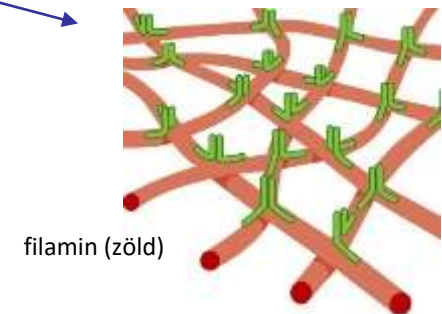


**Filamin:** a MF-ok kereszteződésében lazán összeköti a MF-okat (szövedék)

**capZ:** a MF + végére köt, leállítja mind a növekedést és a leépülést, stabilizál

**ERM** molekulacsalád: MF-okat a membránhoz köti (aktív és inaktív forma)

**Spectrin:** fibrózus fehérjéből tetramerek, MF-okkal 2D hálózatot alkot (membránváz)



# A MF-rendszer mozgató fehérjéje: a myosin

Fej, nyak, fark, dimer, nehéz- és könnyű láncok.

**Fejen:** ATP- és aktinkötő hely. A mozgás alapmozzanata: a fej elbillenése ATP-kötésre és hasításra.

A myosinfej vándorlásának iránya: a **MF + vége (+ motor)**

A **farokdarab** igen változó az egyes myosinoknál, eszerint változó a kötődési specifitásuk (pl. másik myosin, szállítandó komplex, ...)

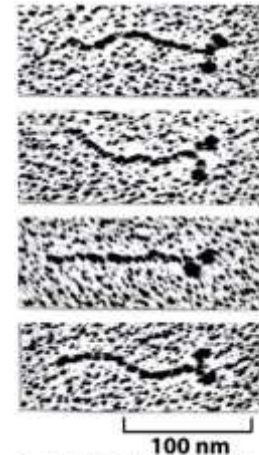


Figure 16-50b Molecular Biology of the Cell 5/e © Garland Science 2008

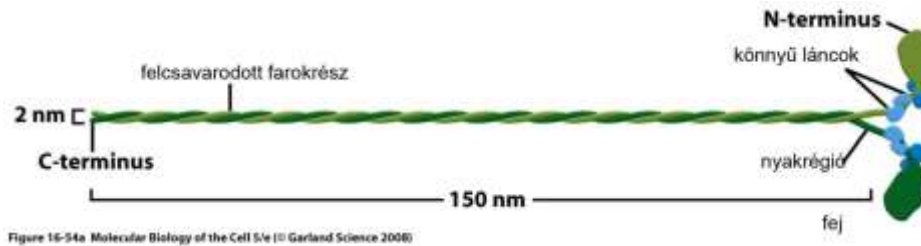
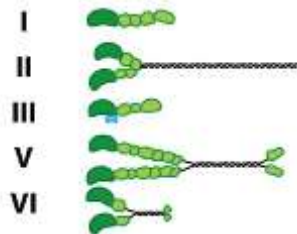


Figure 16-54a Molecular Biology of the Cell 5/e © Garland Science 2008

## Molekulacsalád.

Néhány fontosabb típus:



[16.8-myosin.mov](http://16.8-myosin.mov)

[16.9-crawling\\_actin.mov](http://16.9-crawling_actin.mov)



# A MF-ok kísérletes vizsgálatára használt toxinok



**Gyilkos galóca** (*Amanita phalloides*).  
Hatóanyag: **phalloidin**

*Drechslera dematoidea*  
**levélgomba** anyagcsere-terméke,  
hatóanyagai: **cytochalinok**

*Latrunculia* genusba tartozó  
**tengeri szivacsok**, hatóanyag:  
**latrunculin**

**Phalloidin:** MF-hoz köt és stabilizál

**Cytochalin B:** MF + végéhez köt, gátolja a növekedést

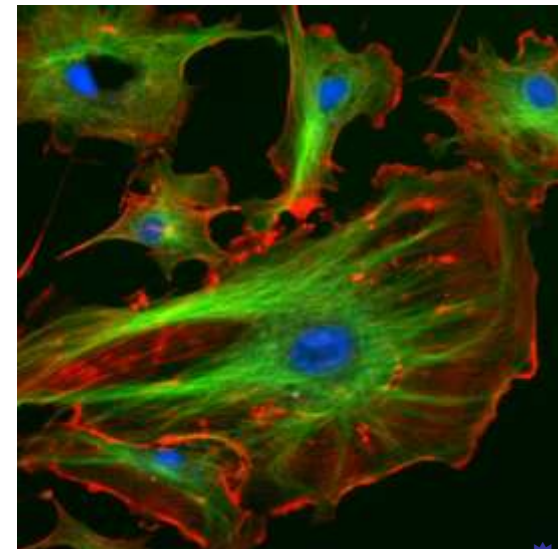
**Latrunculin:** monomer aktinhoz köt, gátolja a polimerizációt

**Felhasználás:** gátolják a MF-rendszert, ezért specifikus funkciókiesés tanulmányozható.

Phalloidin a specifikus aktinkötődés miatt az aktin citokémiai vizsgálatára is felhasználható



Citokémia tenyésztett sejteken. Vörös fluorokrómval jelölt phalloidin az aktin sejtvázat mutatja ki



# A MF-rendszer funkciói

## 1. Merevítő, támasztó funkció.

- **Sejt-cortex:** MF szövetek a sejt szélén. A MF-ok kereszteződésénél filamin stabilizál, MF-ok kihorgonyozása a membránhoz. Jelentősége: mechanikai támasz a membránnak és a sejt alakjának. A sejt-cortex külső jelek hatására receptorok és kis GTP-kötő fehérjék (rho, rac, CDC42) közvetítésével átépülhet és különböző nyúlványokat (lamellipodium, filopodium, húzórostok) bocsát ki.

- **Mikrobolyhok:** a sejt felszín merev, ujjszerű kitüremkedései. Váza: MF köteg, a párhuzamos MF-okat fimbrin és villin keresztkötő fehérjék kötik össze, a membránhoz myosin I köti. Jelentősége: a membránfelszín kb. 20x megnövelése.

**Kefeszegély:** egyetlen sejten többszáz v. ezer mikroboholy szabályos rendszerben (pl. bélhám, vesetubulushám).

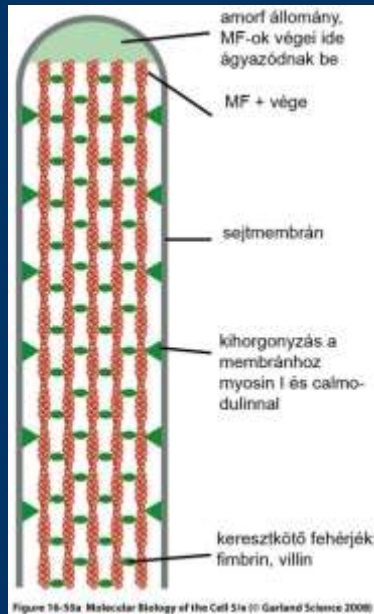
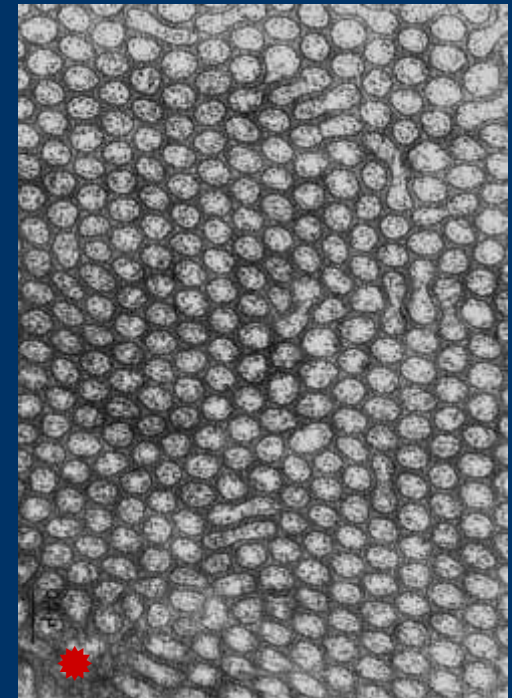
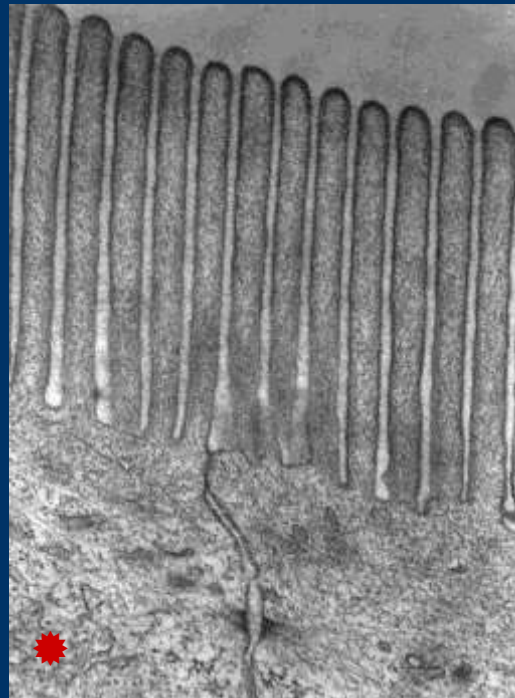


Figure 16-51a Molecular Biology of the Cell 5/e © Garland Science 2008

Mikrobolyh szerkezeti vázlata



Kefeszegély EM képe, mikrobolyhok hossz- és keresztmetszetben

- **Stereocilium:** mikroboholyhoz hasonló molekuláris felépítésű, annál nagyobb struktúra, bizonyos érzékelő sejtek felszínén. Pl. szőrsejtek stereociliumai a belső fülben (mechanoreceptorok).

Stereociliumokból álló köteg a belső fül szőrsejtjein (pásztázó EM felvétel)

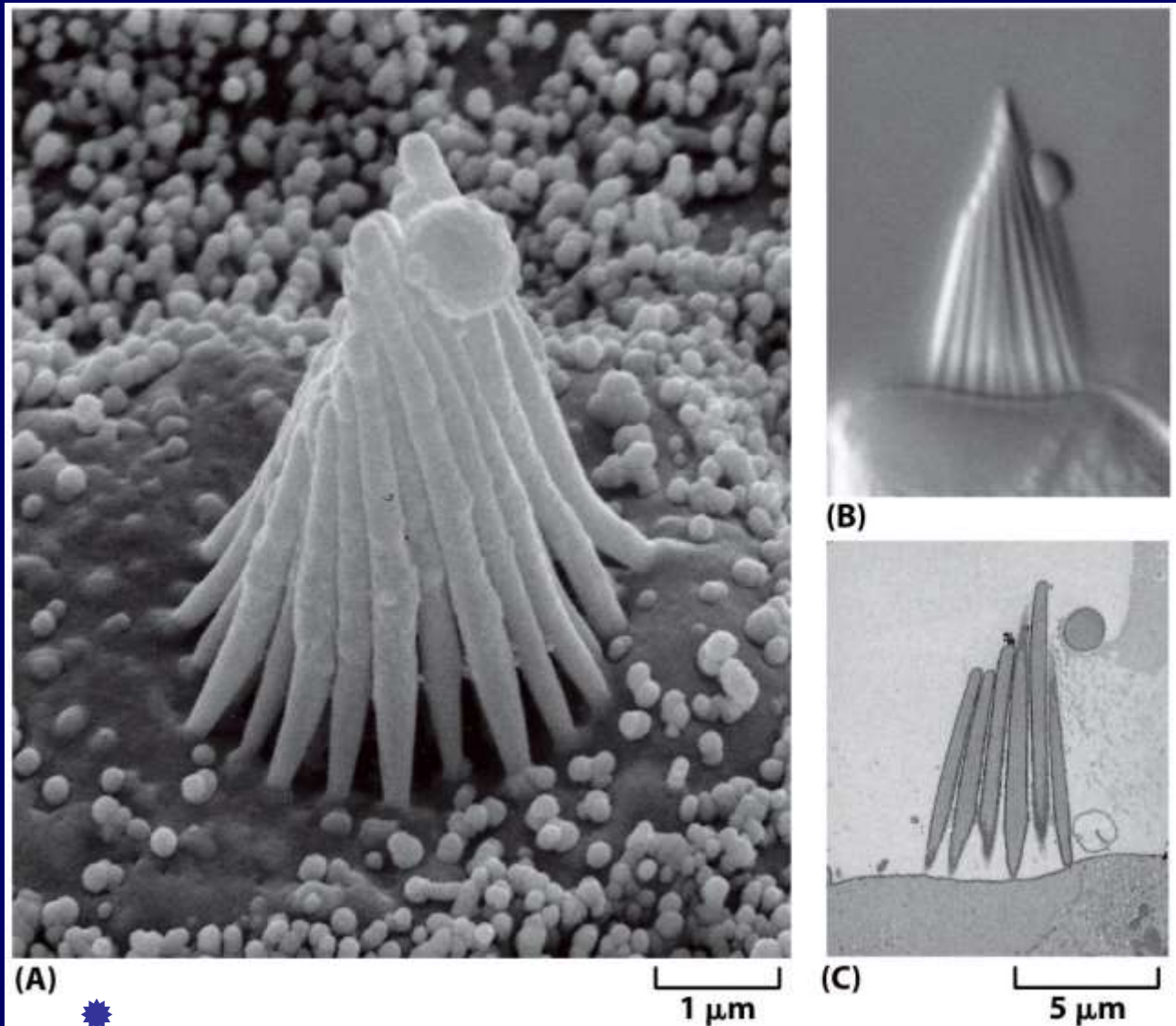


Figure 9-50 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

## 2. Részvétel mozgásfolyamatokban

**A.) A cytoplasma sol-gel átalakulása** (hígabbá vagy tömöttebbé válása MF-ok lebomlása vagy polimerizációja révén). Többnyire térben és időben szabályozott, jelek és jelátvitel révén. Jelentősége sejtváándorlásban, exocytosisban, stb.

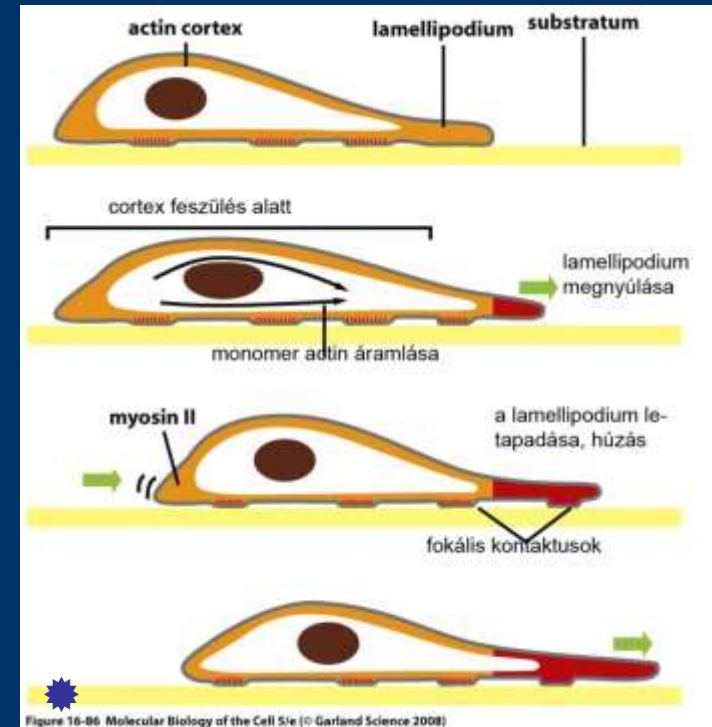
**Amöboid sejtváándorlás.** A váándorlás képe a mikroszkópban. Elnevezés amöbá-mozgásról.

**Példák:** granulocyta, makrophag, támasztószöveti sejtek, embryonalis sejtek váándorlása, idegsejt axonjának növekedési kúpja. [22.8-neur\\_pathfinding.mov](#)

**Mechanizmus:** a sejt elülső részén lamellipodium nő ki (aktin-polimerizáció!), letapad integrinekkel az alaphoz, a sejt hátsó része kontrahál myosinnal, a hátsó letapadások felszakadnak, a cytoplasma előrébb nyomódik.

**Chemotaxis.** A váándorlás irányát környezeti kémiai jelek, azok egyenlőtlen eloszlása szabja meg. Pl. baktériumból felszabaduló peptidek, az extracelluláris állomány molekuláris struktúrái. Receptorok a membránban, hozzá csatlakozó jelátvitel a sejtvez felé. [15.2-chemotaxis.mov](#)

[16.2-neutrophil\\_chase.mov](#)





## B.) Aktív mozgások myosinnal.

- **Intracelluláris transzport** MF mentén. Myosinok farki vége szabja meg, mit kötnek (vesiculák, fehérjekomplexek, stb.). A myosin a megkötött szállítmányt a MF + vége felé vándorolva szállítja. Myosin V a legfontosabb.

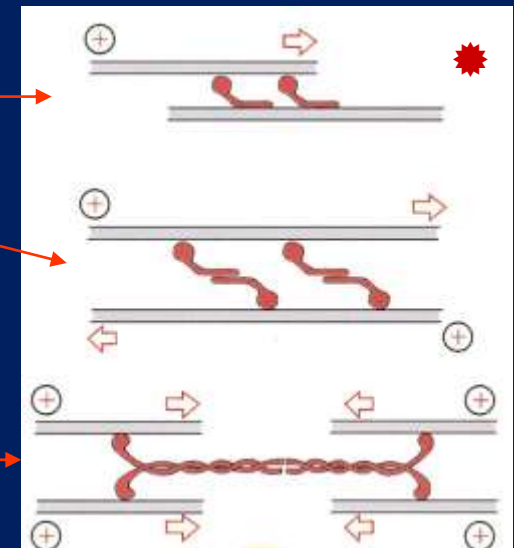


- **Kontrakció, MF-ok elcsúszása (sliding) egymás mellett:**

Aktin MF-ot továbbít egy rögzített aktin MF mellett (pl. **cytoplasma-áramlás** növényi sejtekben)

Ellenkező irányultságú aktin MF-okat csúsztat el egymás mellett, a myosin molekulák farki végükkel egymáshoz társulnak (**kontrakció simaizomsejtben**)

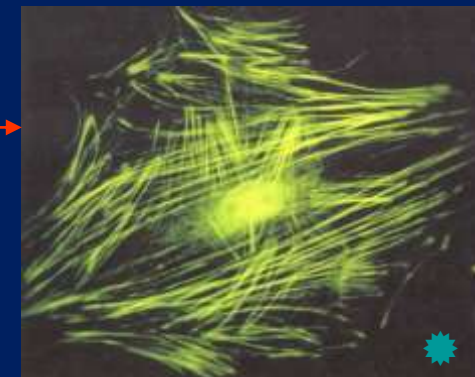
Szimmetrikus rendszer harántcsíkolt izomban. Myosin molekulák (myosin II) köteget alkotnak, két köteg vég-a-véghez összekötődik. A kötegek között MF-ok fésűszerű elrendezésben, + végek kifelé mutatnak. Myosinfejek maguk felé húzzák a MF-okat, a rendszer megrövidül (**harántcsíkolt izomrost kontrakciója**).



- **Megrövidülő MF-köteg.**

**Húzórostok.** Aktinkötegek kötőszöveti sejtekben. Myosinnal rövideknek.

**Kontrakciós gyűrű** a sejtostódásban. A membrán alá kötődve és megrövidülve kettéfűzi a cytoplasmát.



# Intermedier, 10 nm-es filamentumok (IF)

- 10 nm vastag filamentum,
- fibrózus fehérjékből épül fel,
- igen stabil, húzással szemben igen ellenálló, ritkán épül le,
- evolúcióban új,
- mindkét vége egyforma (nincs polaritás).

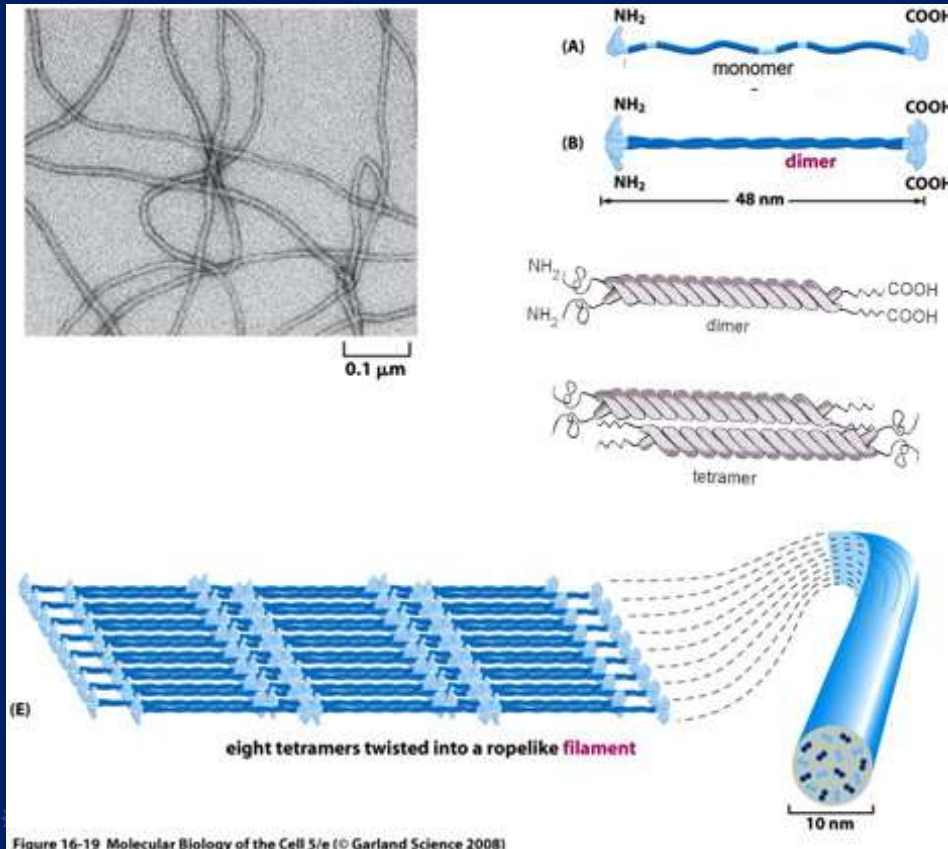
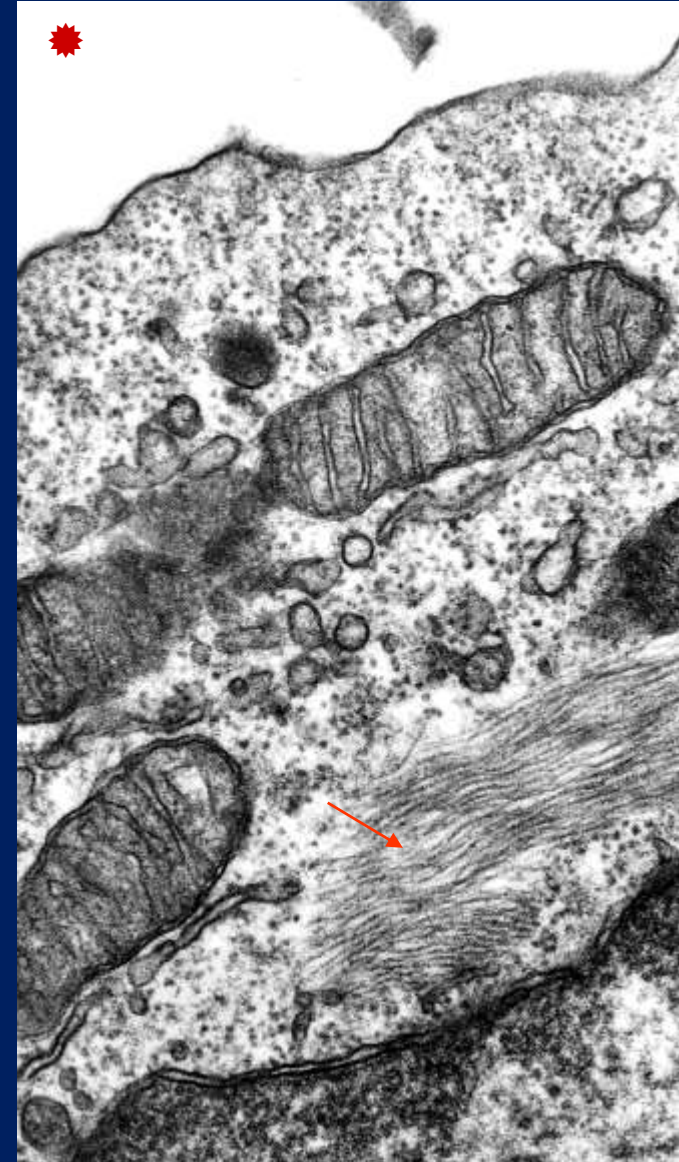


Figure 16-19 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



## IF molekulacsalád

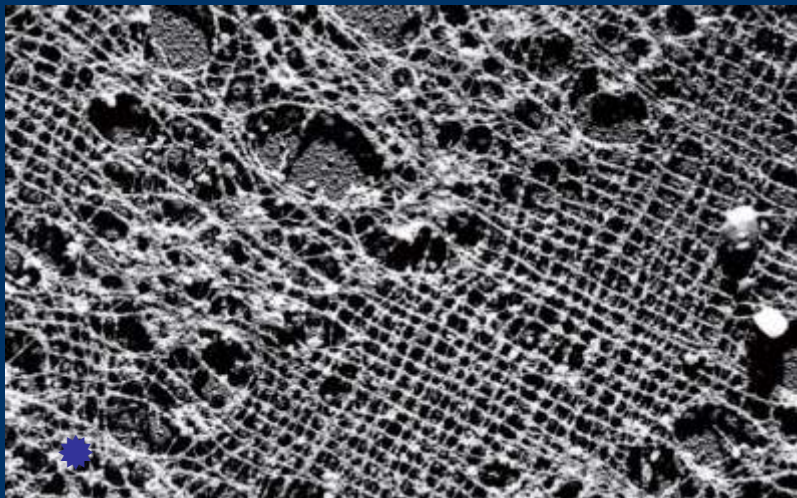
Tagjai a molekula két végén (az N- és C-terminális szakaszon) különböznek lényegesen, alfa-helikális középső szakaszuk hasonló. Különböző sejttípusokra specializálódtak.

**1. Keratinok. Hámokban.** Sejttípustól és differenciáltsági állapottól függően kül. variációk. Savanyú és bázikus keratinok. Sokféle keratin a bőrhámban és származékaiban. Kihorgonyzás kapcsoló struktúrákhoz (desmosoma, fél-desmosoma). A szaruanyag (köröm, szőr, hámpikkely) legfontosabb komponense.

**2. Vimentin és rokonai.** Vimentin főként **kötő- és támasztószöveti sejtekben**. Desmin **izomsejtekben**. GFAP (glial fibrillary acidic protein) az idegrendszer támasztósejtjeiben (**glia**).

**3. Neurofilamentum proteinek.** A **neuronok** IF fehérjéi, többféle variációban.

**4. Laminok.** Minden sejtmagban, a **magburok belső oldalán** rácsozatot alkot és stabilizálja azt. Sejtosztódásban foszforilációra leválik a magburokról, az destabilizálódik és szétesik vesiculákra. Lamin B membránfehérje a magburok belső membránján, lamin A és C a lamin B-hez kötődő perifériás fehérje.



Lamin IF-okból álló  
rácsozat a maghártya  
belső felszínén, EM kép

## Glia- és neurofilamentumok emberi retinában

Gliafilamentumok  
keresztmetszetben

Neurofilamentumok  
keresztmetszetben

Mikrotubulusok  
keresztmetszetben



Gliafilamentumok hosszmetzetben

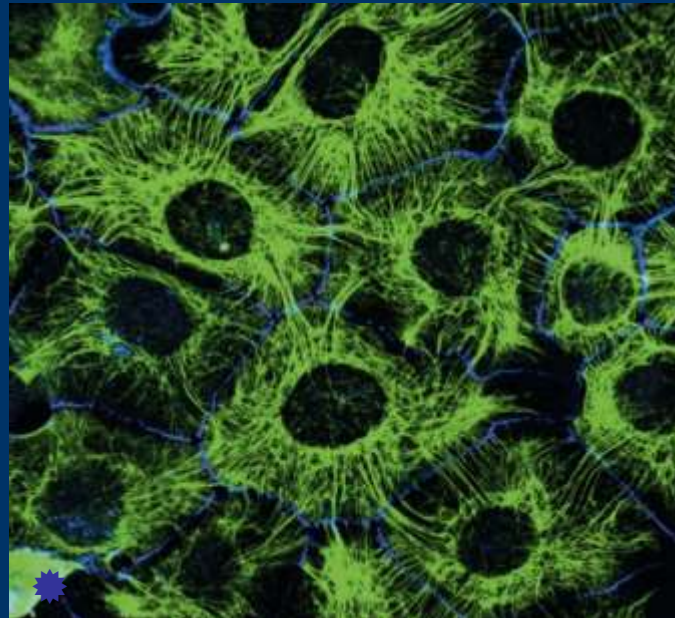
## IF-okhoz kötődő fehérjék

**Plectin:** filamentáris fehérjék, összekötik az IF-okat szomszédos IF-okkal, mikrotubulusokkal, mikrofilamentumokkal, myosin II-vel, sejtmembránnal (a sejtvezeték egységes szerkezetbe foglalása). Genetikai hiba: súlyos betegség, különböző tünetekkel. Bőrhám szétfeszlik (keratin!), izom dystrophia (desmin!), idegi degeneráció (neurofilamentum!).



**Filaggrin.** Keratinfilamentumokat keresztbekötő fehérjék, keratinkötegeket képeznek.

**Keratin-kötegek** bőrhám (epidermis) sejtjeiben, desmosomákhoz horgonyzódnak ki, igen ellenálló vázszerkezetet képeznek. További kémiai módosításokkal kompakt, hajlékony, ellenálló szaruanyagot képeznek (hám felső, elszarusodott rétege, szőr, köröm).



**Keratinfilamentum-kötegek tenyésztett epidermis-sejteken. FM immuncitokémia.**

## Felhasznált illusztrációk forrása:

- ✿ Röhlich: Szövettan, 4. kiadás, Semmelweis Kiadó Budapest, 2014
- ✿ Alberts – Johnson – Lewis – Raff – Roberts – Walter: Molecular biology of the cell. 5. kiadás, Garland Science
- ✿ Junqueira – Carneiro: Histologie, 6. kiadás, Springer
- ✿ Röhlich: Saját prep. és/vagy felvétel, ill. rajz