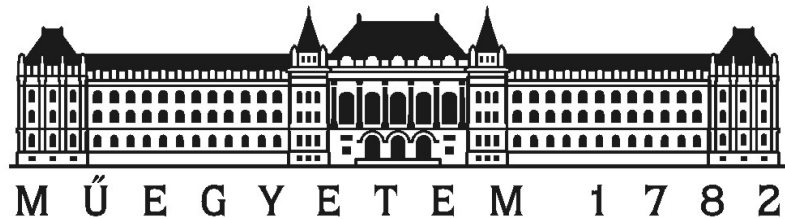


Sejtszintű biológiai szabályozás

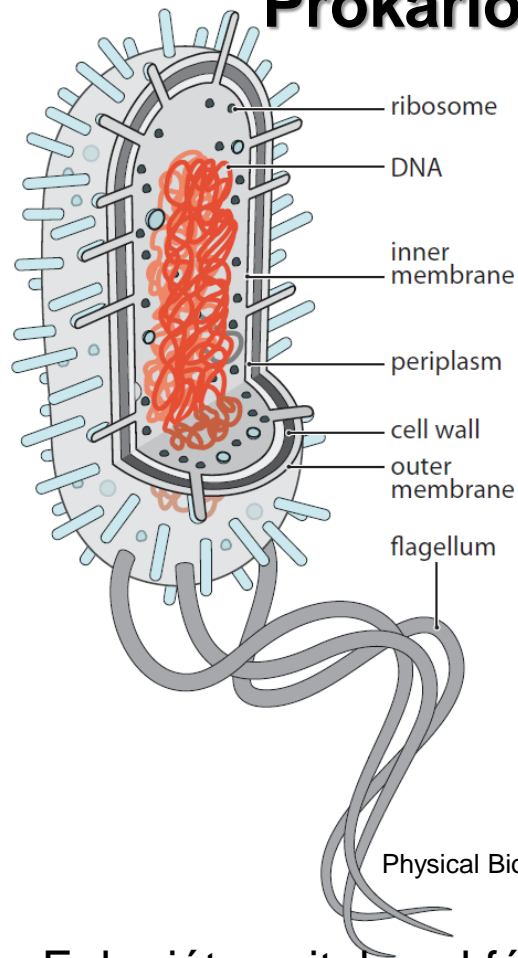
Sejten belüli transzport



2018 ősz

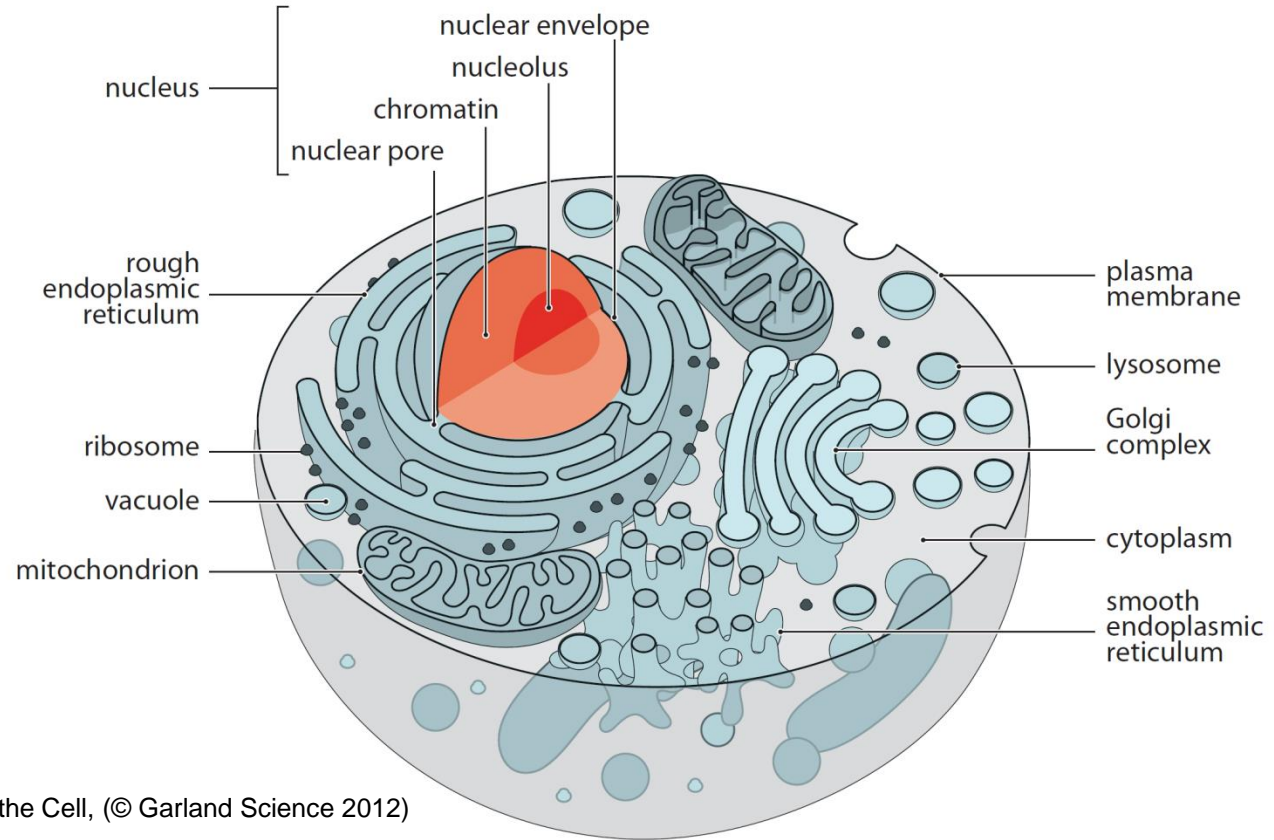
EUKARIÓTA ÚJÍTÁS: A KOMPARTMENTALIZÁCIÓ

Prokarióták



Physical Biology of the Cell, (© Garland Science 2012)

Eukarióták

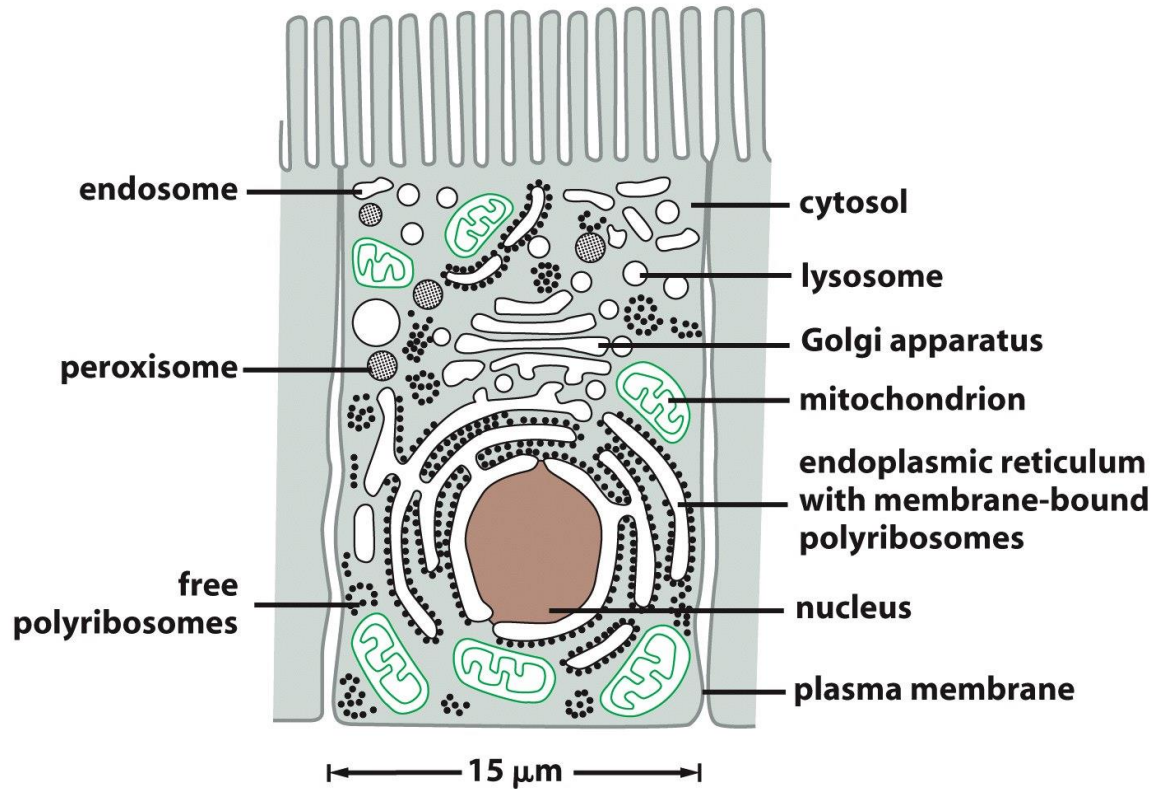


Eukarióta sejtek: sokféle, különböző funkciójú membrán-határolta teret találunk.

De novo organogenezis nincs, hanem mindig örököljük.

A kompartmentalizáció nincs a genomba vésve!

KOMPARTMENTALIZÁCIÓ ELŐNYEI



Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

- Egyidejűleg eltérő környezet biztosítása az eltérő folyamatoknak
- Felszínek radikális növekedésével sokkal hatékonyabbak membránkött biokémiai folyamatok (pl. oxidatív foszforiláció)
- Specializáció elvének megteremtése – a specifikus feladat ellátásáért felelős kompartmentum felszaporítása

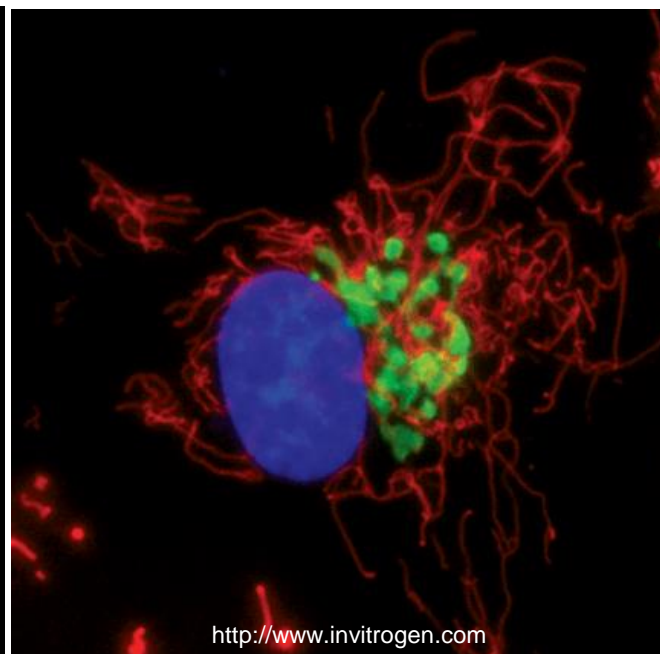
KOMPARTMENTALIZÁCIÓ KIHÍVÁSAI

- Valamennyi fehérje a citoplazmában található riboszómákon szintetizálódik
- Meg kell oldani, hogy mindenki a rendeltetésének megfelelő helyre jusson (organellumok, plazmamembrán, extracelluláris tér, stb.)
- Ez a logisztikai feladat természetesen „**infrastruktúra**” és **energiaigényes**.

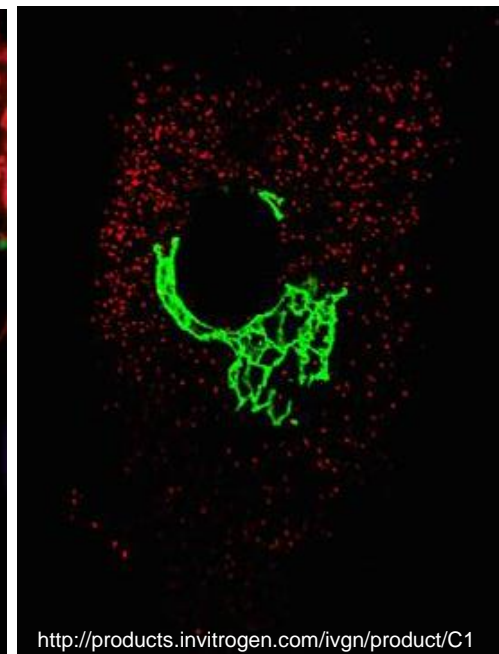
F-aktin, sejtmag, mitokondrium



Golgi, sejtmag, mitokondrium



Golgi, peroxiszóma

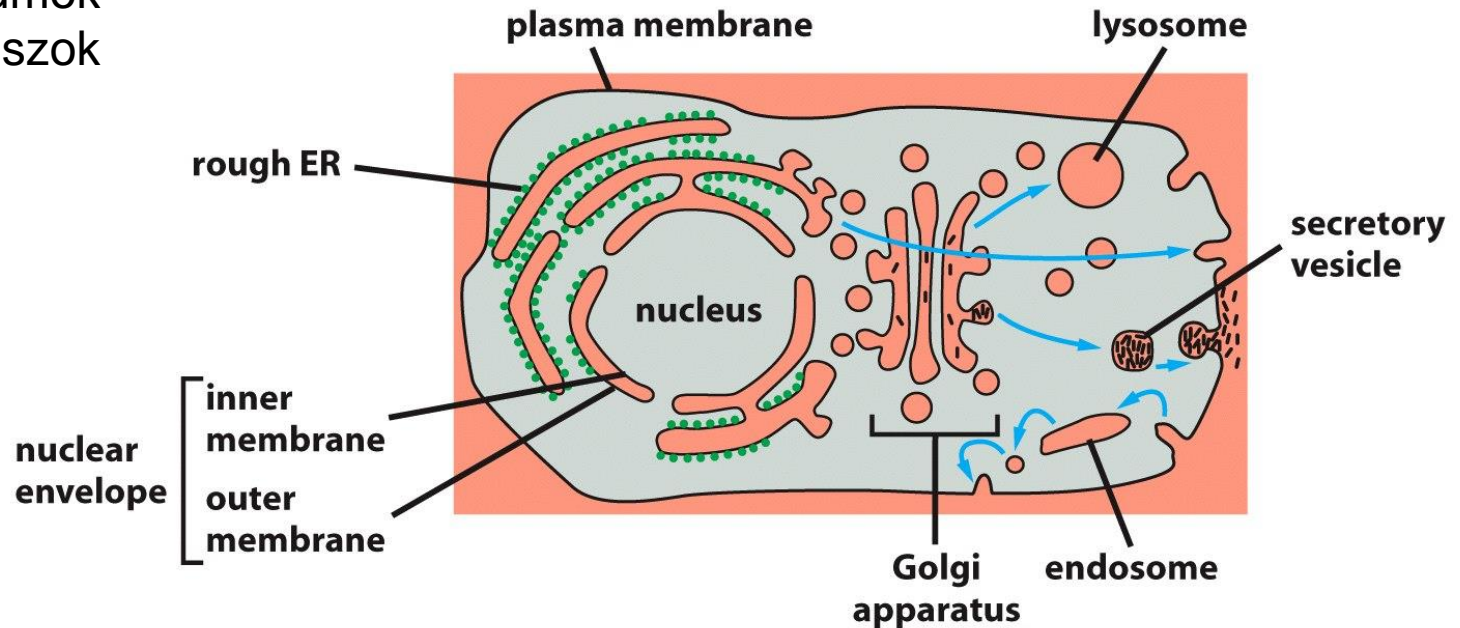


Humán epitéliális sejtek, különböző **organellum markerrel** jelölve **Mi lehet marker?**

EKVIVALENS TEREK A SEJT BEN

Piros tér: Topológiailag ekvivalens terek

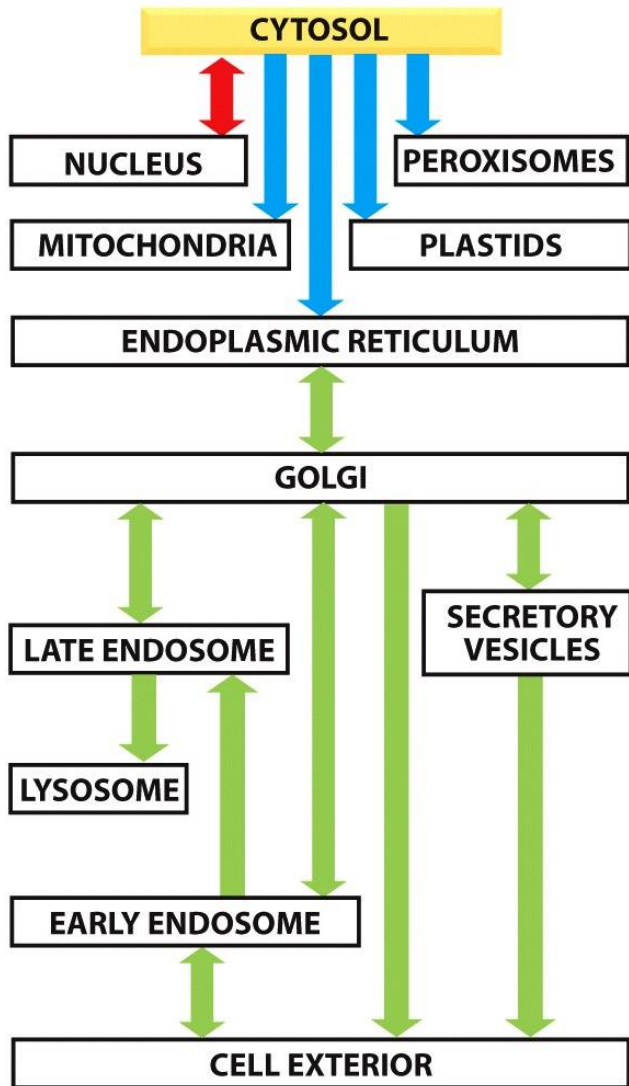
- sejtmag - citoplazma
- szekréciós - endocitotikus folyamatokban résztvevő terek
- mitokondriumok
- kloroplasztiszok



Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

- Hogy az adott makromolekula milyen módon kerülhet rendeltetési helyére, meghatározza, hogy a szintézis helyének (citoplazma, mitokondrium, plasztisz) tere egyenértékű-e, *ekvivalens*-e a célszervecske terével.

TRANSPORT FOLYAMATOK ÁTTEKINTÉSE



Három alapvető mechanizmust különböztetünk meg a kompartmentek közti formalom esetén:

Kapuzó transzport: mag-citoplazma ekvivalens terei között, szabályozott transzport vizes póruson át.

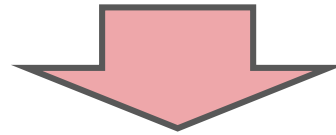
Transzmembrán transzport: topológiailag különböző térbe, transzmembrán traszlokátorok juttatják át a makromolekulákat (fehérjék letekerednek közben).

Vezikuláris transzport: membrán burkolt vezikulák (lehet organelum fragmens is), membránfúzió és lefűződés mechanizmussal működik.

KEY: █ = gated transport
█ = transmembrane transport
█ = vesicular transport

FEHÉRJESZORTING FELTÉTELEI

- Fehérje részét képező **szignálpeptidek**.
- Ezt felismerő **szállítóapparátus**, ami ennek megfelelően a transzportot lebonyolítja.



Szignálelmélet kidolgozása: Günter Blobel, 1999, Nobel-díj

Table 12–3 Some Typical Signal Sequences

FUNCTION OF SIGNAL SEQUENCE	EXAMPLE OF SIGNAL SEQUENCE
Import into nucleus	-Pro-Pro- Lys-Lys-Lys-Arg-Lys -Val-
Export from nucleus	-Leu-Ala-Leu-Lys-Leu-Ala-Gly-Leu-Asp-Ile-
Import into mitochondria	⁺ H ₃ N-Met-Leu-Ser-Leu- Arg -Gln-Ser-Ile- Arg -Phe-Phe- Lys -Pro-Ala-Thr- Arg -Thr-Leu-Cys-Ser-Ser- Arg -Tyr-Leu-Leu-
Import into plastid	⁺ H ₃ N-Met-Val-Ala-Met-Ala-Met-Ala- Ser -Leu-Gln- Ser-Ser -Met- Ser-Ser -Leu- Ser -Leu- Ser-Ser -Asn- Ser -Phe-Leu-Gly-Gln-Pro-Leu- Ser -Pro-Ile- Thr -Leu- Ser -Pro-Phe-Leu-Gln-Gly-
Import into peroxisomes	- Ser-Lys -Leu-COO ⁻
Import into ER	⁺ H ₃ N-Met-Met-Ser-Phe-Val-Ser-Leu-Leu-Leu-Val-Gly-Ile-Leu-Phe-Trp-Ala-Thr- Glu -Ala- Glu -Gln-Leu-Thr- Lys -Cys- Glu -Val-Phe-Gln-
Return to ER	- Lys-Asp-Glu -Leu-COO ⁻

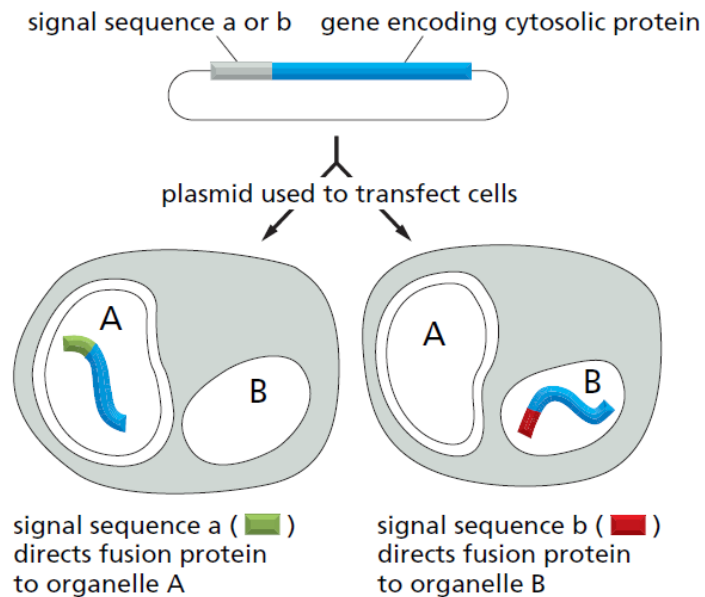
Some characteristic features of the different classes of signal sequences are highlighted in color. Where they are known to be important for the function of the signal sequence, positively charged amino acids are shown in *red* and negatively charged amino acids are shown in *green*. Similarly, important hydrophobic amino acids are shown in *white* and hydroxylated amino acids are shown in *blue*. ⁺H₃N indicates the N-terminus of a protein; COO⁻ indicates the C-terminus.

Melyik módszer mikor jó? Miért?

SZIGNÁLPEPTIDEK VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEI I.

A TRANSFECTION APPROACH FOR DEFINING SIGNAL SEQUENCES

One way to show that a signal sequence is required and sufficient to target a protein to a specific intracellular compartment is to create a fusion protein in which the signal sequence is attached by genetic engineering techniques to a protein that normally resides in the cytosol. After the cDNA encoding this protein is transfected into cells, the location of the fusion protein is determined by immunostaining or by cell fractionation.



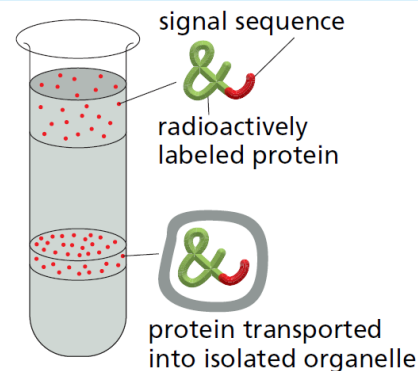
By altering the signal sequence using site-directed mutagenesis, we can determine which structural features are important for its function.

A BIOCHEMICAL APPROACH FOR STUDYING THE MECHANISM OF PROTEIN TRANSLOCATION

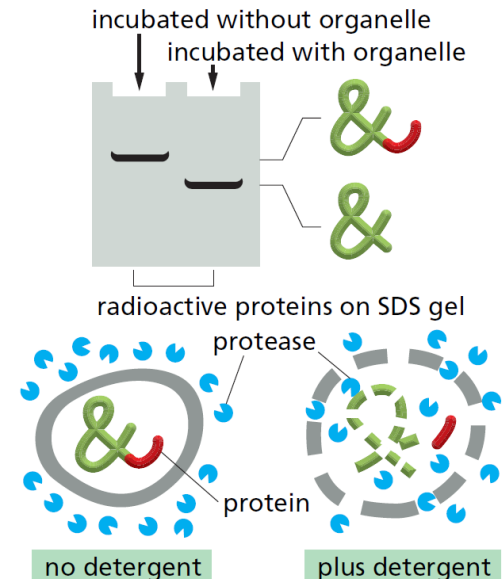
In this approach, a labeled protein containing a specific signal sequence is transported into isolated organelles *in vitro*. The labeled protein is usually produced by cell-free translation of a purified mRNA encoding the protein; radioactive amino acids are used to label the newly synthesized protein so that it can be distinguished from the many other proteins that are present in the *in vitro* translation system.

Three methods are commonly used to test if the labeled protein has been translocated into the organelle:

1. The labeled protein co-fractionates with the organelle during centrifugation.



2. The signal sequence is removed by a specific protease that is present inside the organelle.



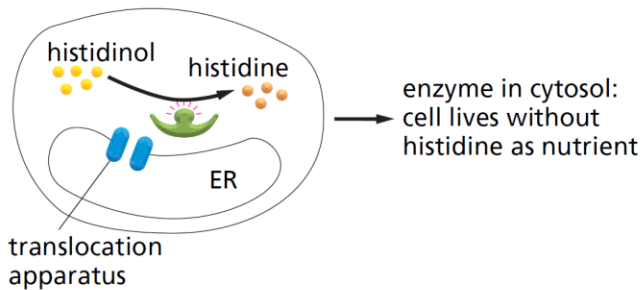
3. The protein is protected from digestion when proteases are added to the incubation medium, but is susceptible if a detergent is first added to disrupt the organelle membrane.

By exploiting such *in vitro* assays, one can determine what components (proteins, ATP, GTP, etc.) are required for the translocation process.

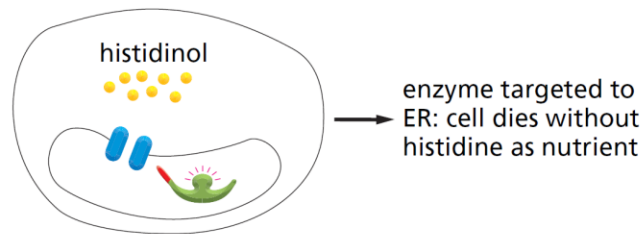
SZIGNÁLPEPTIDEK VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEI II.

GENETIC APPROACHES FOR STUDYING THE MECHANISM OF PROTEIN TRANSLOCATION

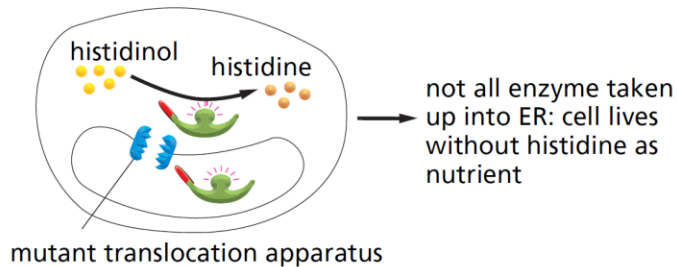
wild-type yeast cell



engineered yeast cell



mutant engineered cell

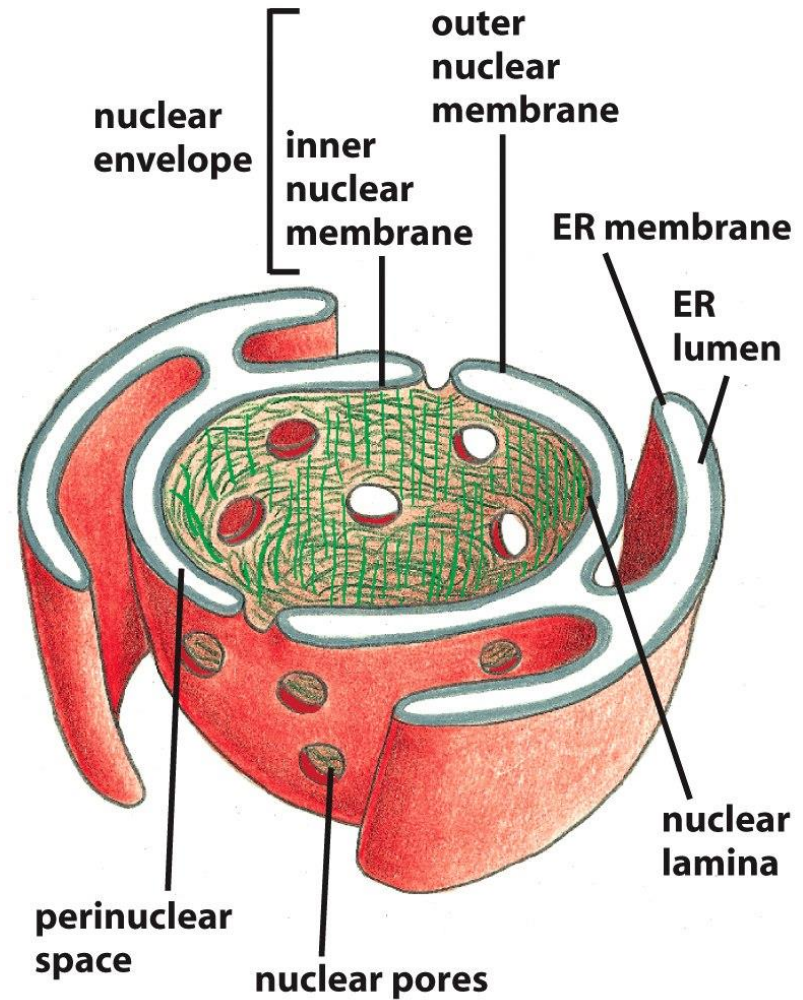
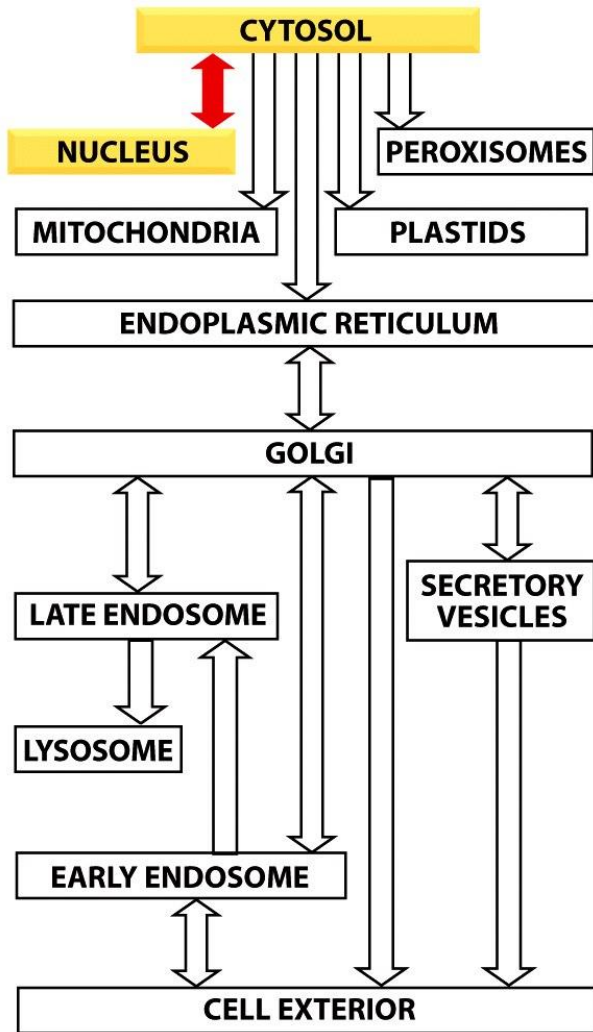


Yeast cells with mutations in genes that encode components of the translocation machinery have been useful for studying protein translocation. Because mutant cells that cannot translocate any proteins across their membranes will die, the challenge is to find mutations that cause only a partial defect in protein translocation.

One experimental strategy uses genetic engineering to design special yeast cells. The enzyme histidinol dehydrogenase, for example, normally resides in the cytosol, where it is required to produce the essential amino acid histidine from its precursor histidinol. A yeast strain is constructed in which the histidinol dehydrogenase gene is replaced by a re-engineered gene encoding a fusion protein with an added signal sequence that misdirects the enzyme into the endoplasmic reticulum (ER). When such cells are grown without histidine, they die because all of the histidinol dehydrogenase is sequestered in the ER, where it is of no use. Cells with a mutation that only partially inactivates the mechanism for translocating proteins from the cytosol to the ER, however, will survive because the cytosol retains enough of the dehydrogenase to produce histidine.

Often one obtains a cell in which the mutant protein in the translocation machinery still functions partially at normal temperature but is completely inactive at higher temperature. A cell carrying such a temperature-sensitive mutation dies at higher temperature, whether or not histidine is present, as it cannot transport any protein into the ER. The normal gene that was disabled by the temperature-sensitive mutation can be identified by transfecting the mutant cells with a yeast plasmid vector into which random yeast genomic DNA fragments have been cloned: the specific DNA fragment that rescues the mutant cells when they are grown at high temperature should encode the wild-type version of the mutant gene.

SEJTMAGI TRANSZPORTFOLYAMATOK



MIK VÁNDOROLNAK KI ÉS BE A SEJTMAGBA?

citoplazma → sejtmag:

Fehérjék:

hisztonok, hnRNP-k,
DNS/RNS polimerázok,
génszabályozó fehérjék,
RNS-processzáló fehérjék,
riboszómafehérjék

Nukleinsavak:

snRNP-k,
vírusgenom

sejtmag → citoplazma:

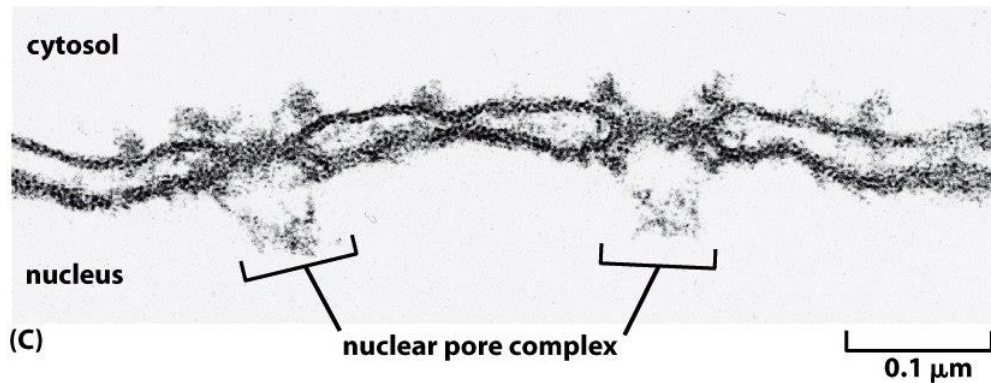
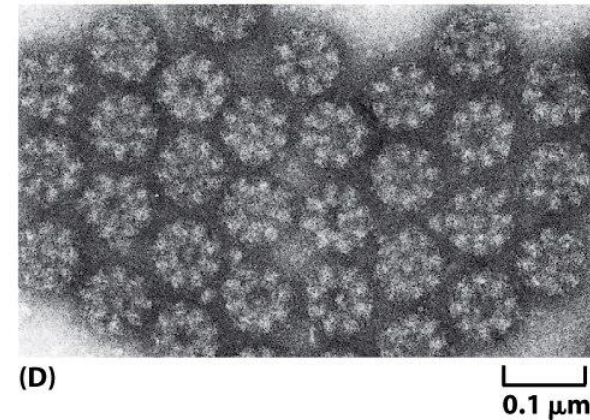
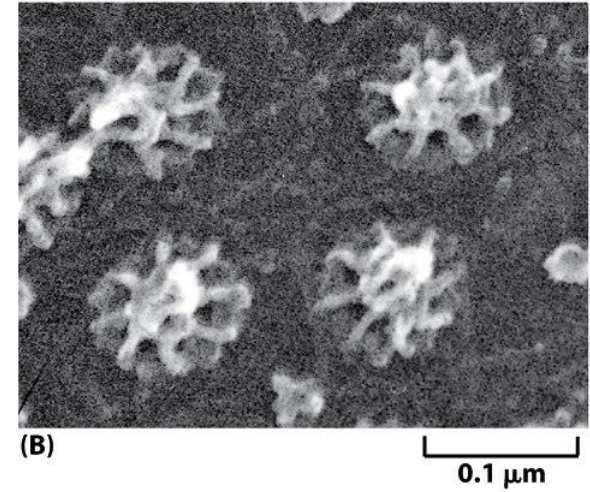
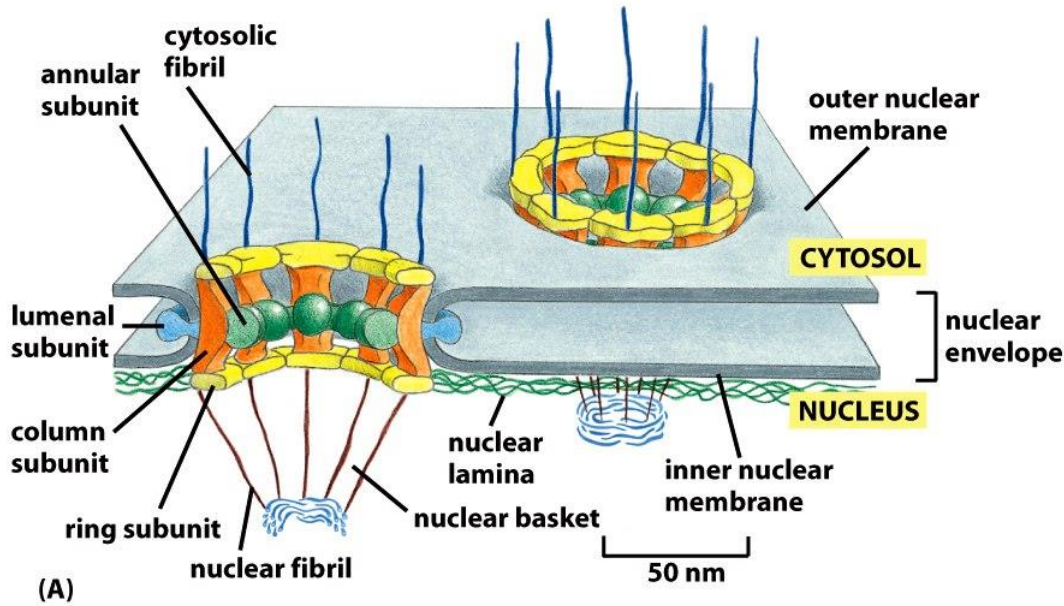
Fehérjék:

riboszóma-alegységek,
ingázó fehérjék,

Nukleinsavak:

mRNS,
tRNS,(rRNS)
snRNS
vírusgenom

NUKLEÁRIS PÓRUS KOMPLEX (NPC) FELÉPÍTÉSE



Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

Oktagonális szimmetria:

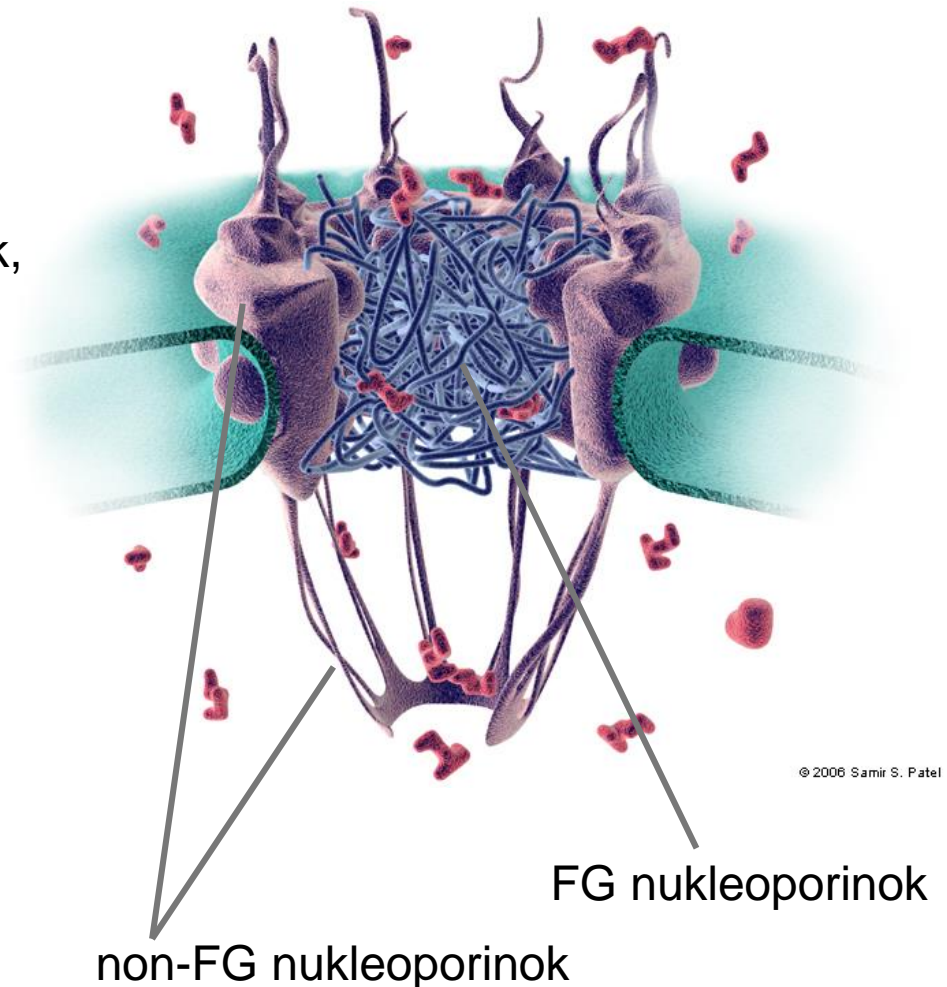
- felépítés: gyűrűk és küllők citoplazmatikus fibrillumok; sejtmagi oldal: kosárszerű háló

NUKLEÁRIS PÓRUS KOMPLEX (NPC) FELÉPÍTÉSE

Nuclear Pore Complex (NPC)

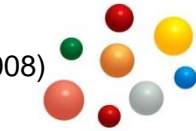
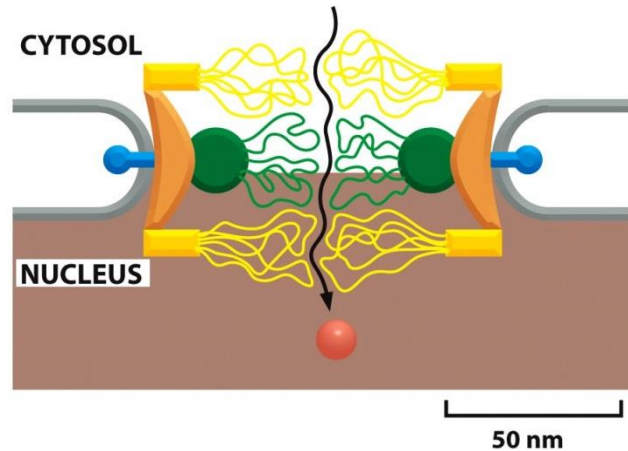
Néhány adat...

- 125000 kDa = ~ 30 x riboszóma mérete
- ~30 különböző alegység - nucleoporinok, de többszörös kópiában
- átlagosan 3000-4000 db egy emlős sejt maghártyájában
- 500 makromolekula/sec egy NPC-n keresztül
- Egyszerre mindkét irányban folyhat transzport
- Dinamikusan változó pórusméret: ~9-39 nm

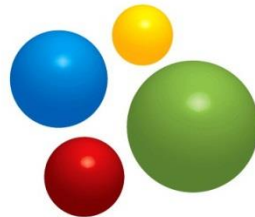


NPC SZELEKTIVITÁS EREDETE

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)



size of molecules
that enter nucleus
by free diffusion

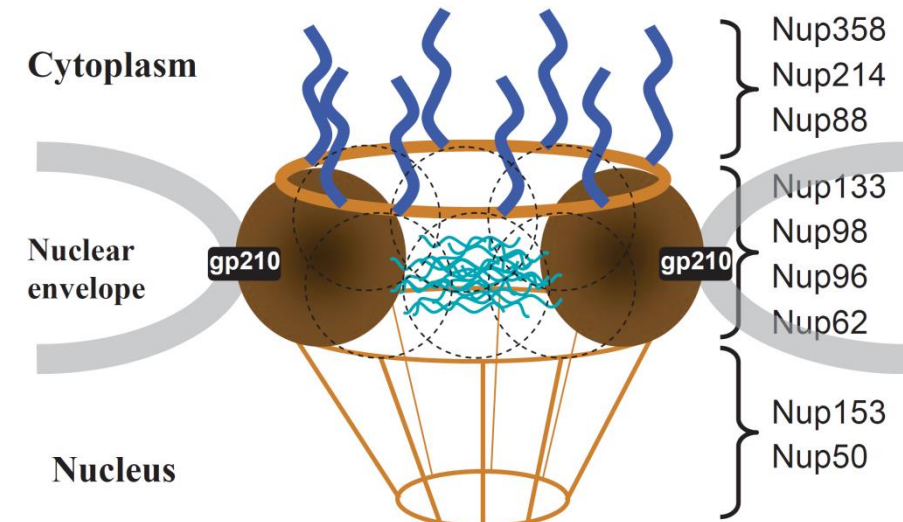


size of macromolecules
that enter nucleus
by active transport

Szabad passzív diffúzió:
makromolekula < 5 kDa

Késletletett passzív diffúzió:
5 kDa < **makromolekula** < 40 kDa

Aktív transzport:
40 kDa < **makromolekula**



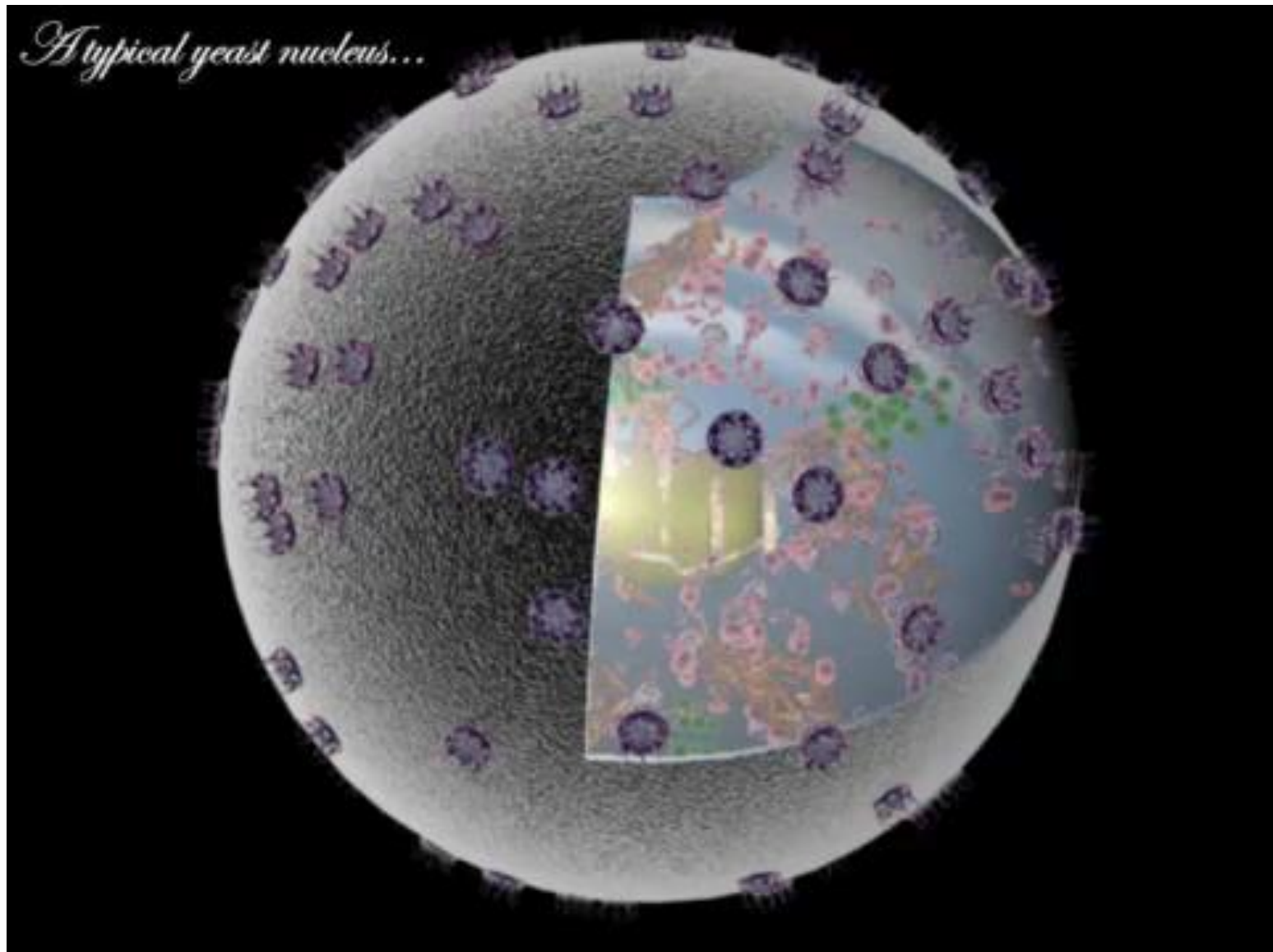
FG nukleoporinokon levő **FG ismétlődő szekvenciák** (repeatek) teszik lehetővé.

- nem strukturáltak, ~ fonalszerű

- Az FG repeatek a transzportot biztosító receptorok kötőhelyeül szolgálnak

- FG-nukleoporinok oldalláncai, egy térhálós, gélyszerű szerkezetet hoznak létre

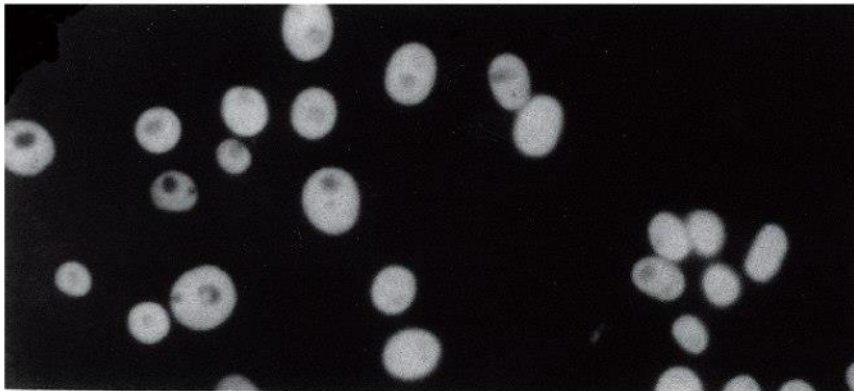
ÁTJUTÁS AZ NPC-N



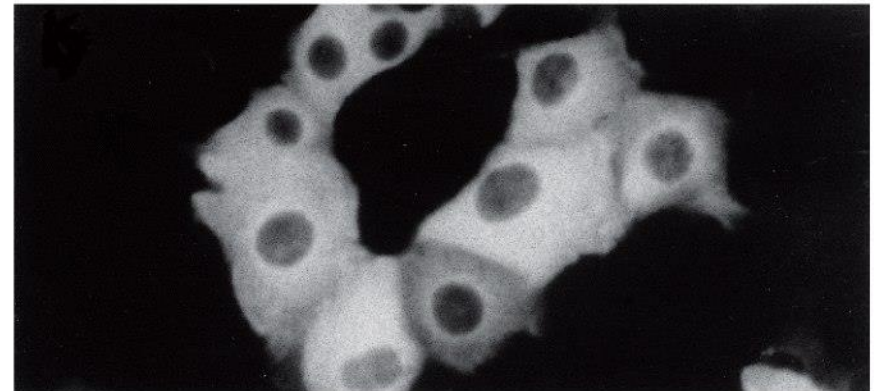
Milyen aminosavak??

NLS = NUCLEAR LOCALIZATION SIGNAL

(A) LOCALIZATION OF T-ANTIGEN CONTAINING ITS NORMAL NUCLEAR IMPORT SIGNAL

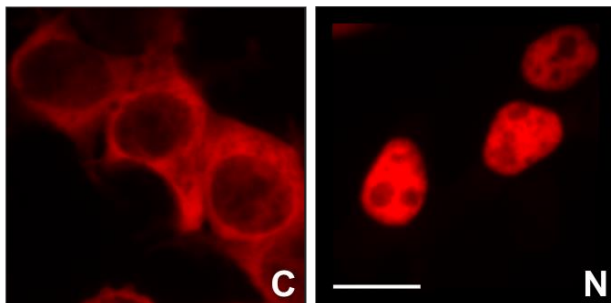


(B) LOCALIZATION OF T-ANTIGEN CONTAINING A MUTATED NUCLEAR IMPORT SIGNAL

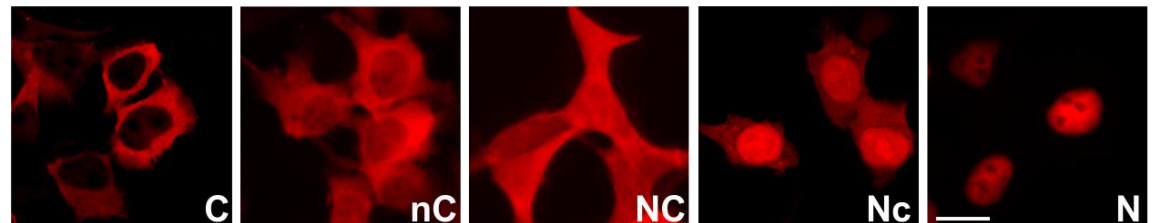


Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

β -galactosidase without NLS with SV40 Tag NLS



Különböző erősségű NLS-ek β -gal-hoz kötve:

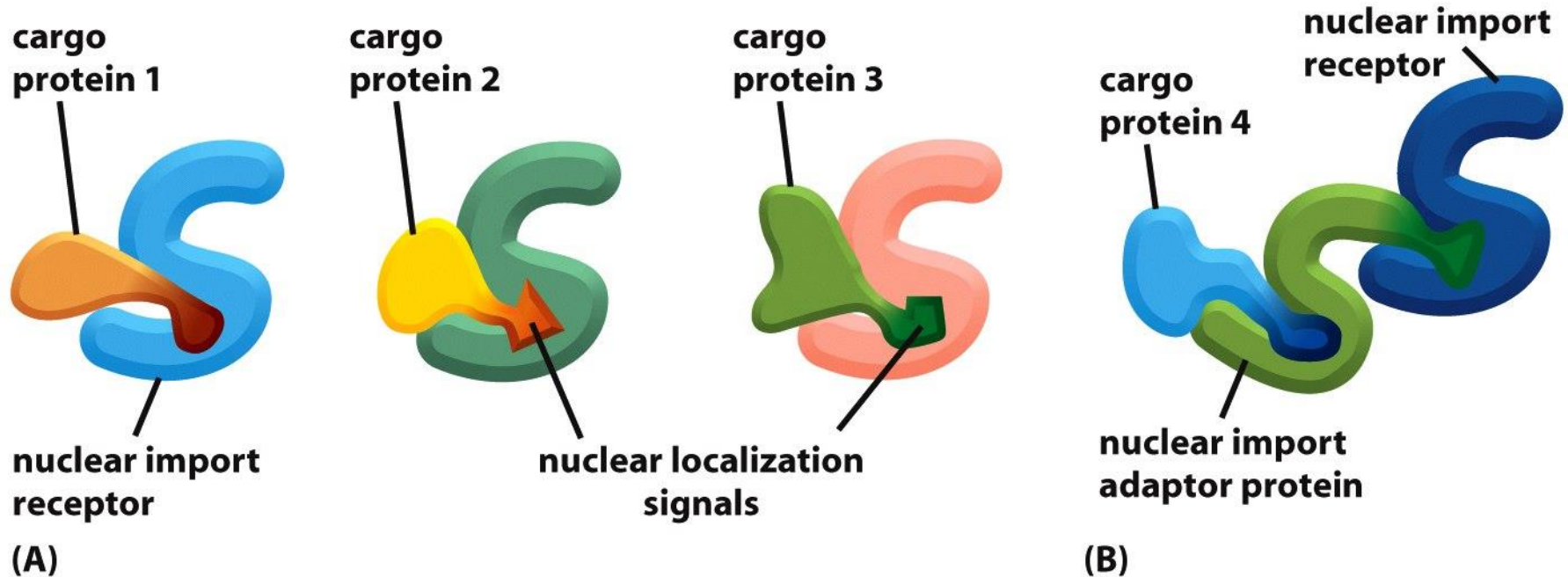


C = cytoplasmic

nuclear = N

Inert fehérjéhez fuzionáltatott NLS szekvenciák szükséges & elégséges feltételei a magi importnak.

NUCLEAR IMPORT RECEPTORS - KARYOPHERINEK



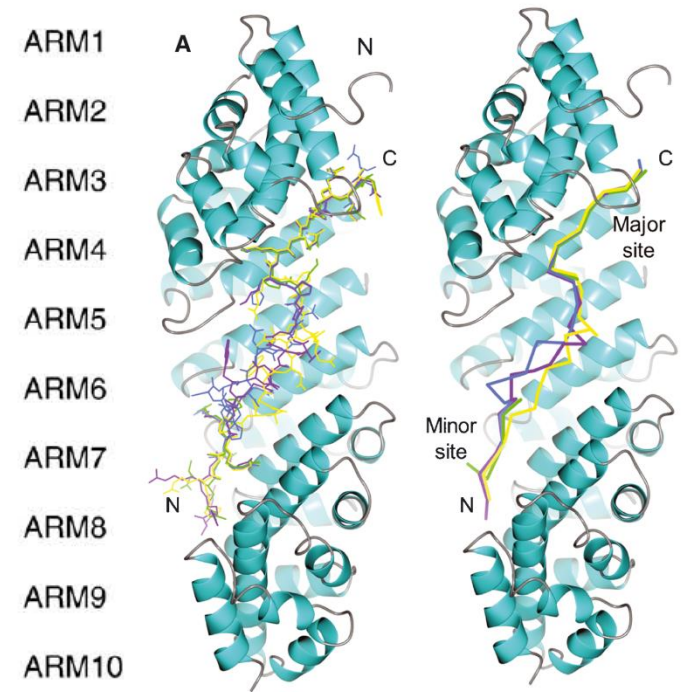
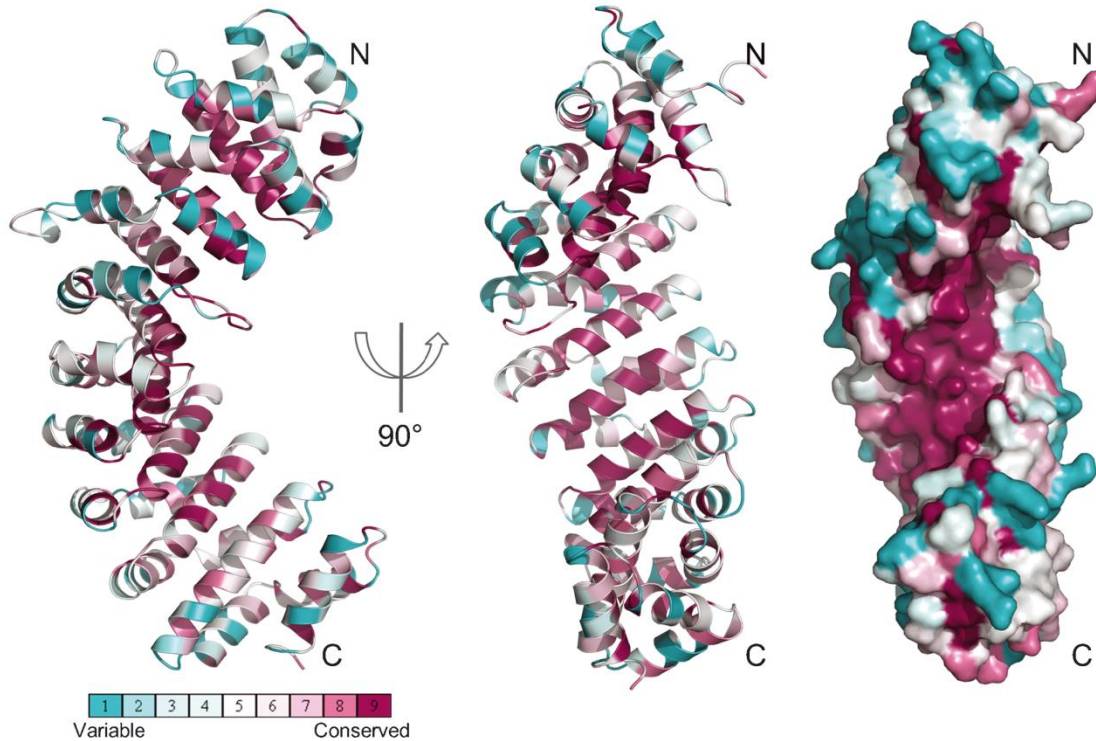
Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

A különböző NLS szekvenciákat hordozó eltérő magi import receptor fehérjék fogják meg (bár szekvencia specifitásuk tág). Ezek legtöbbször az importin- β család tagjai.

(A) A receptor fehérjék közvetlenül kötik a cargo-t, és létesítenek majd kapcsolatot a nukleoporinokkal

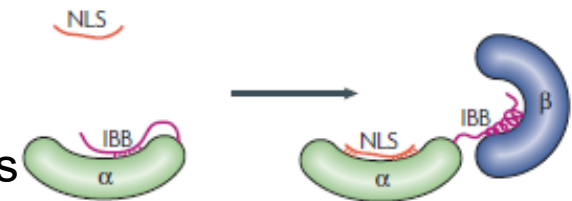
(B) A receptor fehérje feladata a nukleoporinokkal való kölcsönhatás. Az NLS-t hordozó cargo-val adaptor fehérjék (importin- α család tagjai) létesítenek kapcsolatot

KARYOPHERINEK SZERKEZETE – IMPORTIN-A



Marfori M et.al., Traffic. 2012

Nat Rev Mol Cell Biol. 2007;8(3):195-208.



- Isméltődő, 10 db „armadillo” szekvenciákat tartalmaz
- az NLS-kötő rész a „banán” belső felszínén van: Trp, Asn, savas aminosavak alkotják.
- major/minor NLS kötőhely
- N-terminálisán IBB (importin β-kötő) domén – kötődni képes az importinα NLS-helyéhez → **autoinhibíciós hatás**

TRANSPORT IRÁNYULTSÁGA

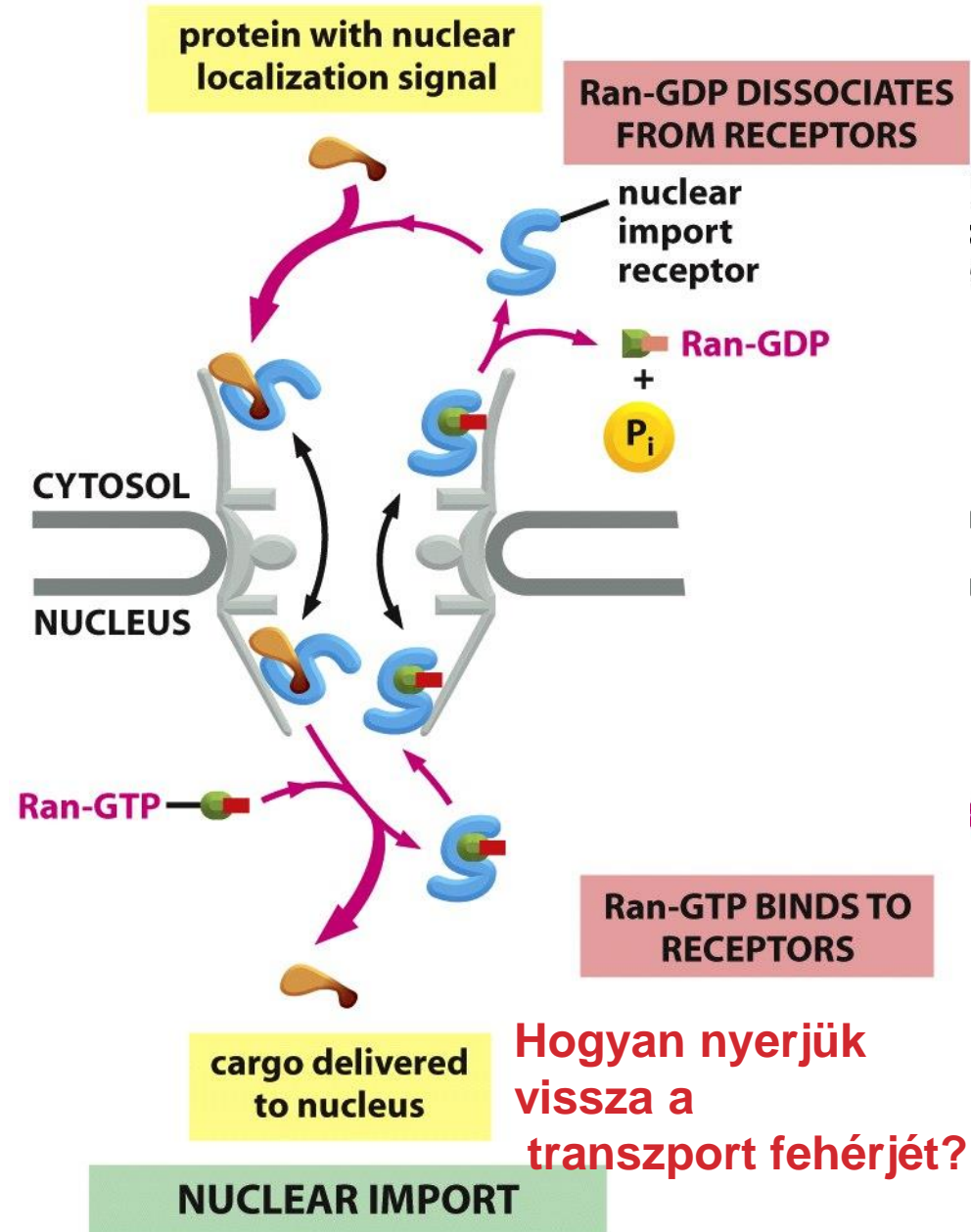
- Az importin komplex az FG-régiókhöz kapcsolódva közlekedik a pórus belsejében. A mozgásnak nincs irányultsága, és nem energiatfüggő.

- **A cargo transzportjának iránya attól függ, hogy a komplex hol találkozik RanGDP-vel illetve RanGTP-vel.**

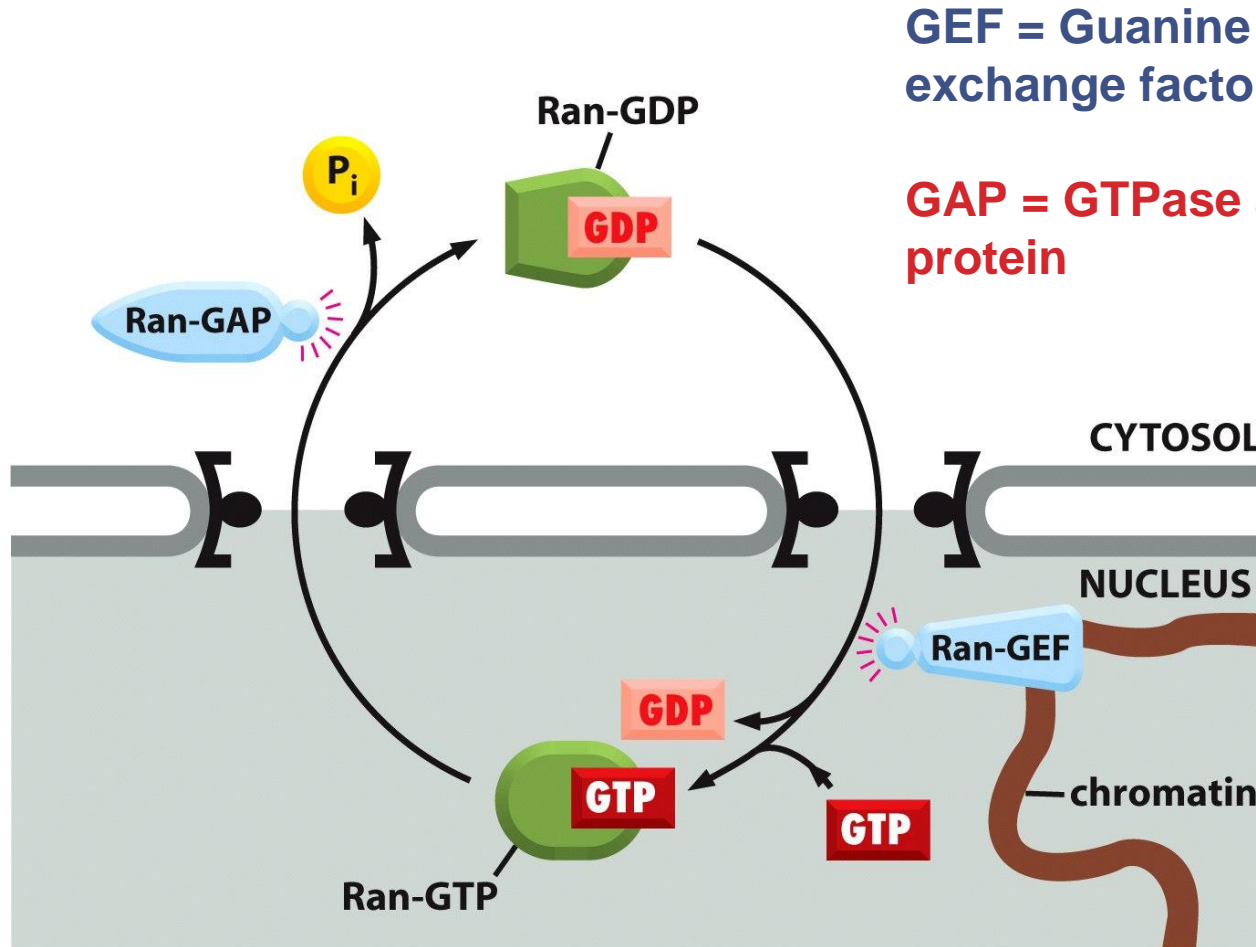
- Ran = kis G fehérje

- Az NPC **citoplazma** felé néző oldalán a **RanGDP**, a **sejtmagi** oldalán a **Ran GTP** koncentrációja magas.

- A sejtmagi transzportnak ez a fázisa (a GDP-GTP-csere) energiatfüggő!



RANGDP/RANGTP GRADIENS



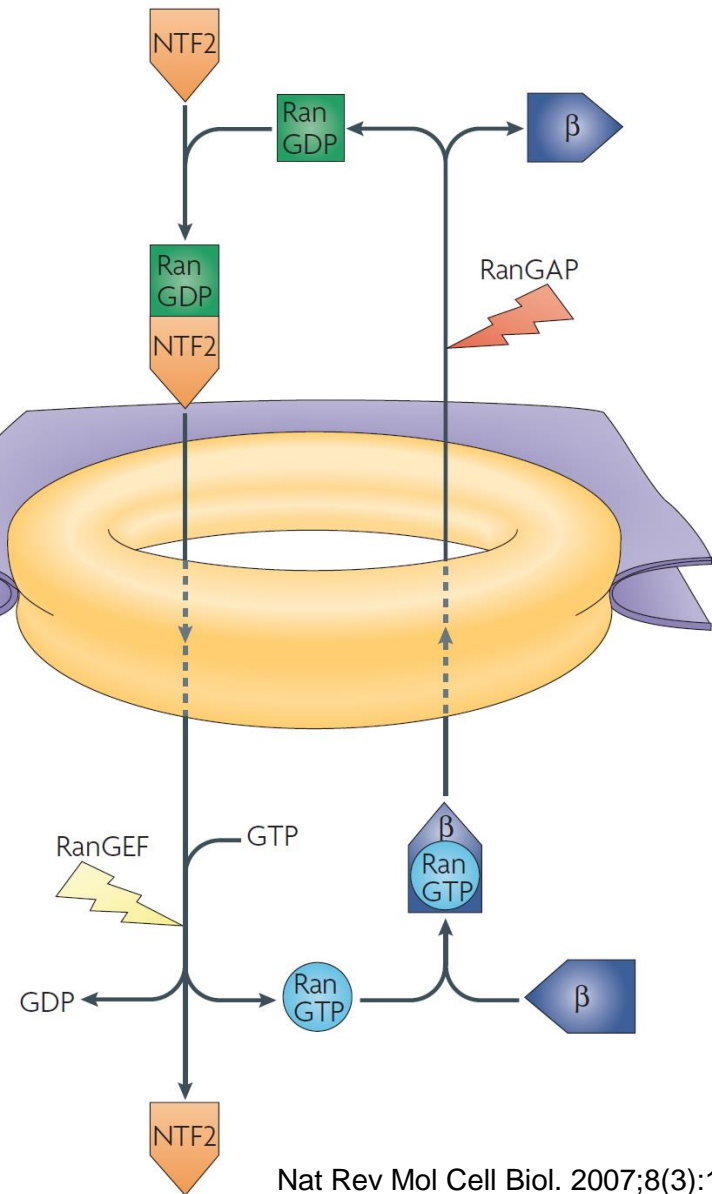
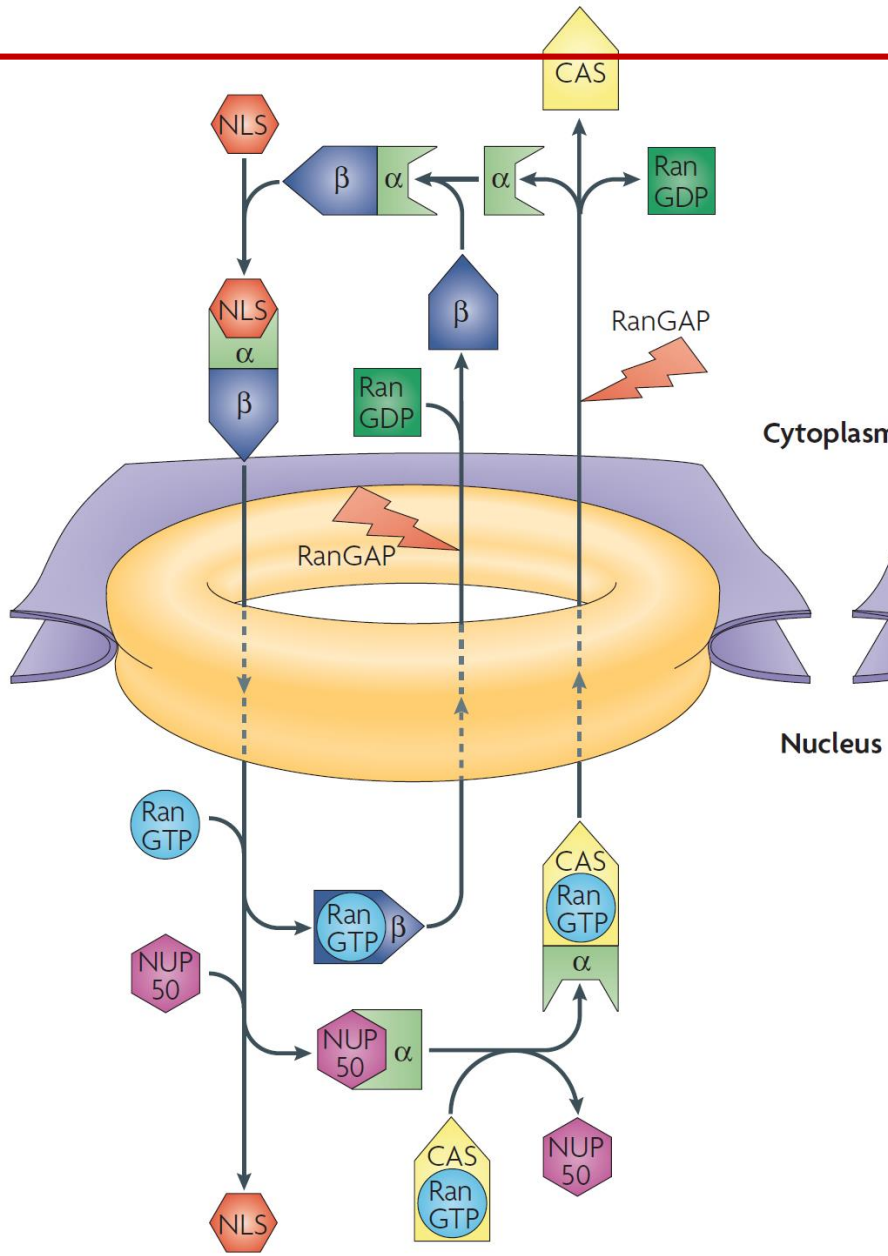
GEF = Guanine nucleotide exchange factor

GAP = GTPase activating protein

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

A RanGDP/RanGTP gradienst a **sejtmagi** lokalizációjú **RanGEF** és a **citoplazmatikus RanGAP** hozza létre. (GEF/GAP: kisG fehérjék szabályozói)

ÁTTEKINTÉS – MAGI TRANSZPORT MECHANIZMUS



NUKLEÁRIS EXPORT

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

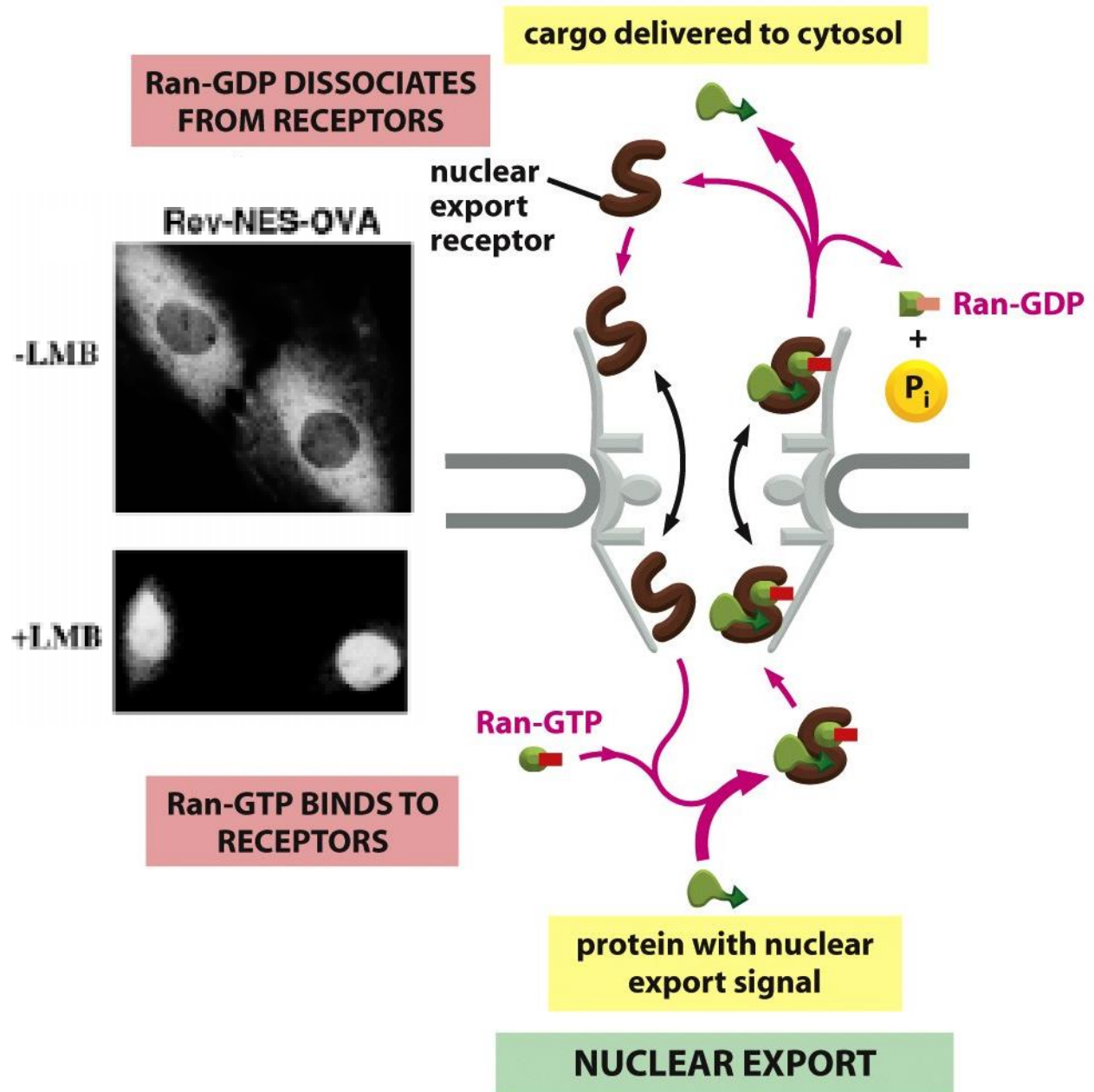
- Nukleáris Export
Szignállal valósul meg
(NES)

- NES = Leu gazdag
szekvenciák

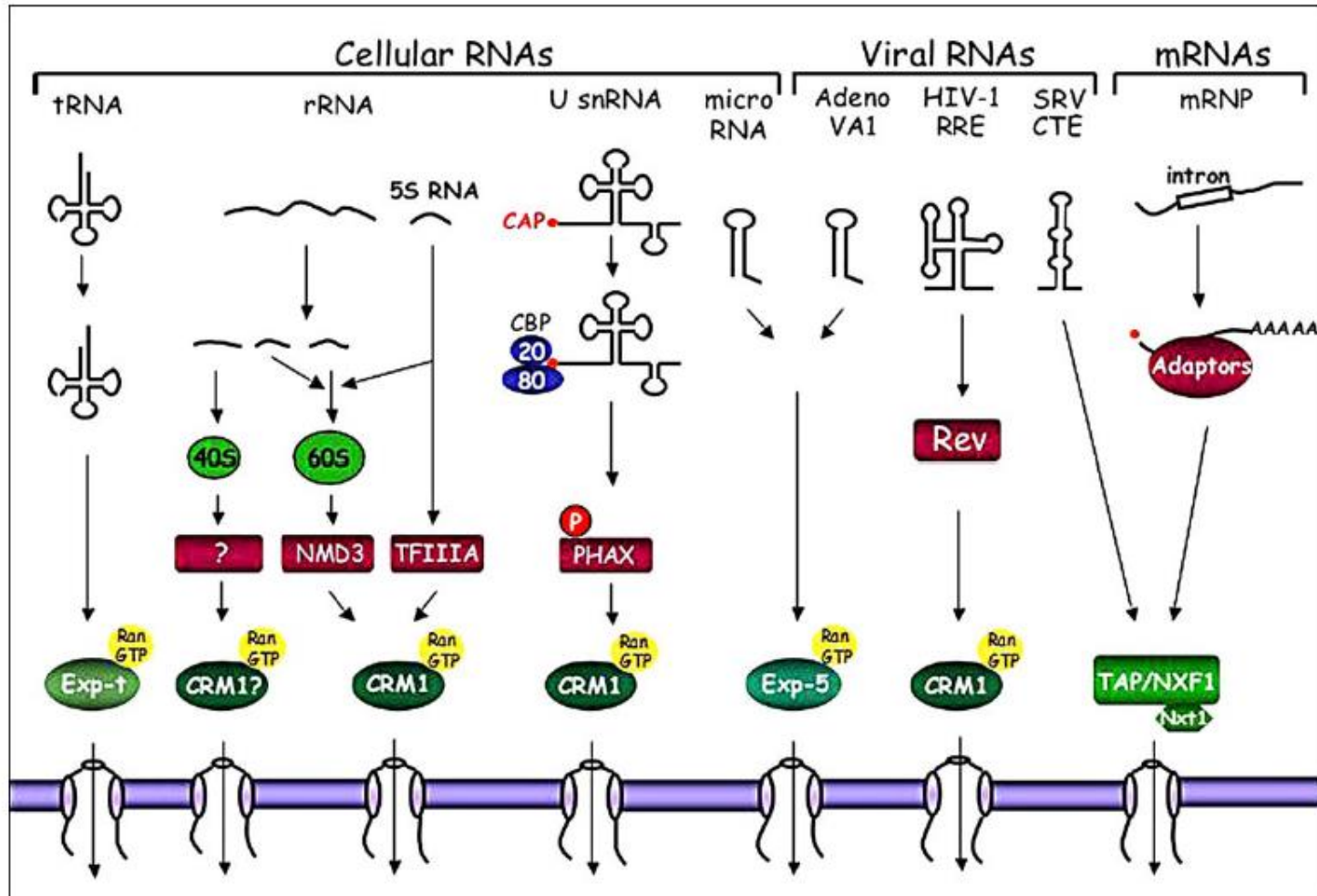
- Importin β fehérjék
családjába tartozó
Exportinok végzik

- Mechanizmus fordítottja
az importnak (RanGTP
hatására pont nő az
affinitásuk a cargo
irányába!)

- Crm1 (fő exportin)
specifikusan gátolható
Leptomycin B-vel (LMB)

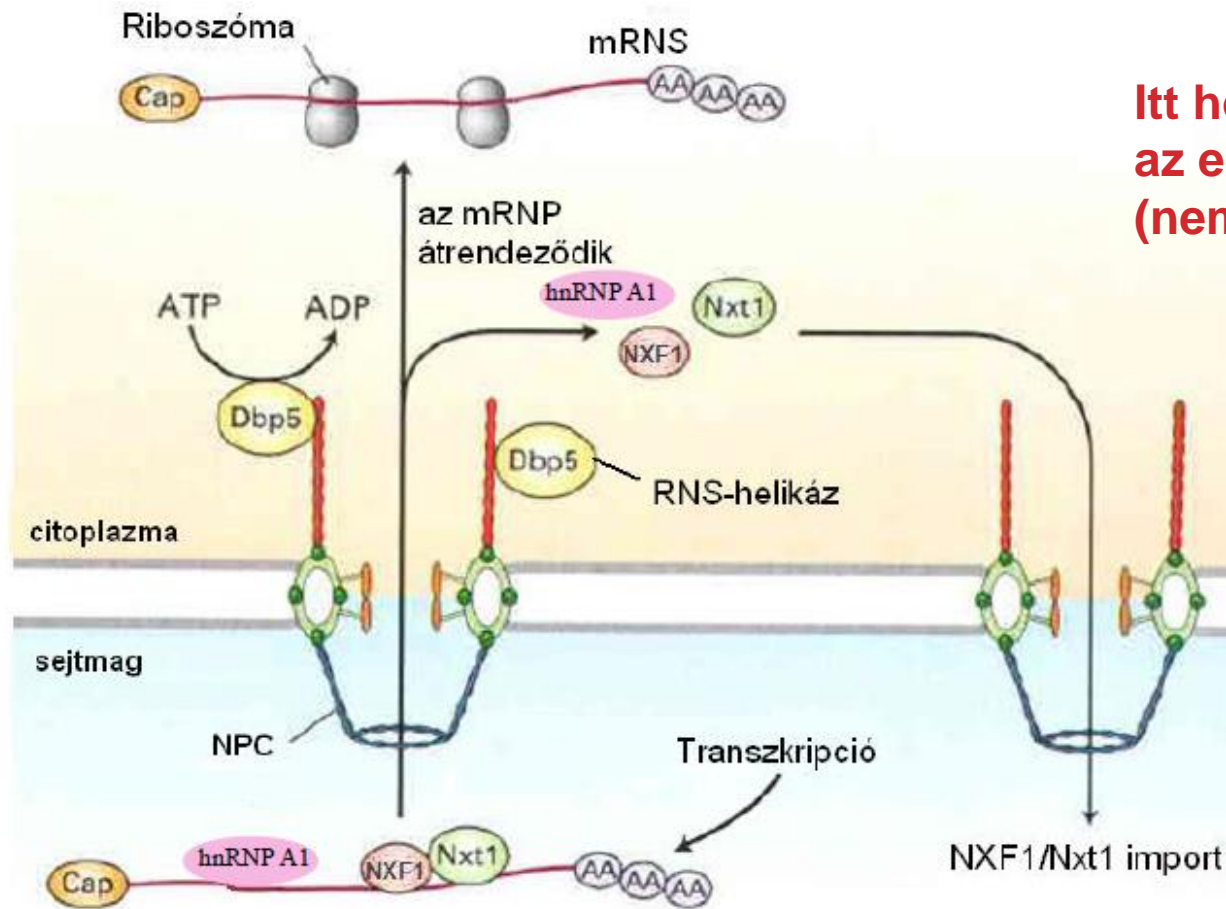


MRNS TRANSZPORT A CITOPLAZMÁBA



A sejtmagból kijutó, a citoplazmában működő vagy ott ribonukleoproteinné összeszerelődő RNS-féleségek többségét - az mRNS kivételével - szintén speciális exportinok szállítják. A mRNS-ek külön, erősen konzervált mechanizmus révén exportálódnak, Ran-független módon. A két alegységből álló NXF1/Nxt1 fehérjekomplex.

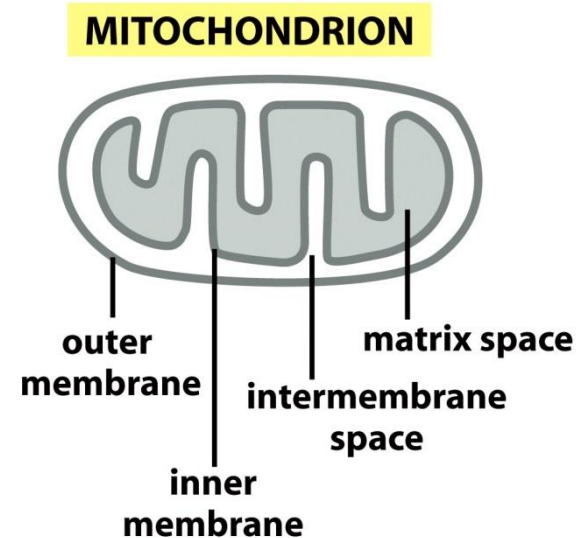
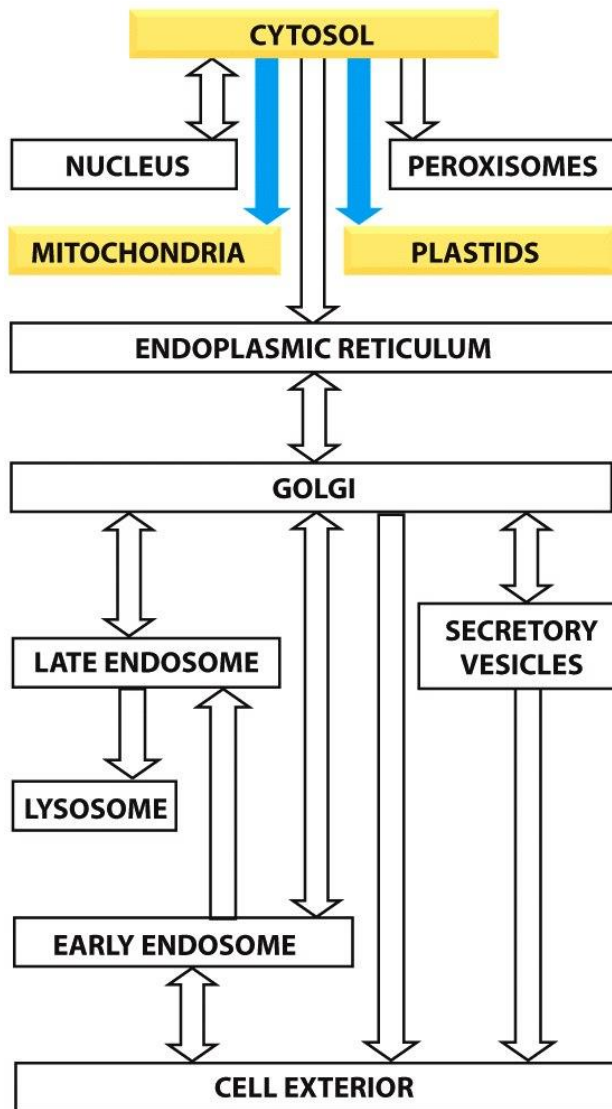
MRNS TRANSZPORT A CITOPLAZMÁBA



Itt hol is látjuk az energia igényt? (nem a GTP/GDP)

A speciális fehérjék által kísért mRNS-t mRNP-nek, azaz messenger-ribonukleoproteinnek is nevezik. Mindkét mRNP-exporter alegység - az importinokhoz hasonlóan - interakcióba lép FG-nukleoporinokkal. Ott azonban egy RNS-helikázok családjába tartozó enzim lokalizálódik, hatására az mRNP átrendeződik és exportere disszociálódik. RNS-helikázok ATP felhasználásával mozognak az RNS polimer mentén, az NPC-hez asszociálódó helikáz minden bizonnyal segít az mRNP átjutásában is, és ez lehet a folyamat energiafüggő lépése.

TRANSPORT A MITOKONDRIUMBA



- Prokarióta eredetű organelium
- Elektron transzportlánc működéshez szükséges környezet biztosítása nagyon eltér a citoszoltól
- Szigorúan szabályozott, zárható csatornákon, transzlokátorokon keresztüli fehérjeimport
- Saját genomja és transzlációs rendszere van DE
- sejtmag felé irányult géntranszfer miatt -> emberben már csak 13 gént kódol

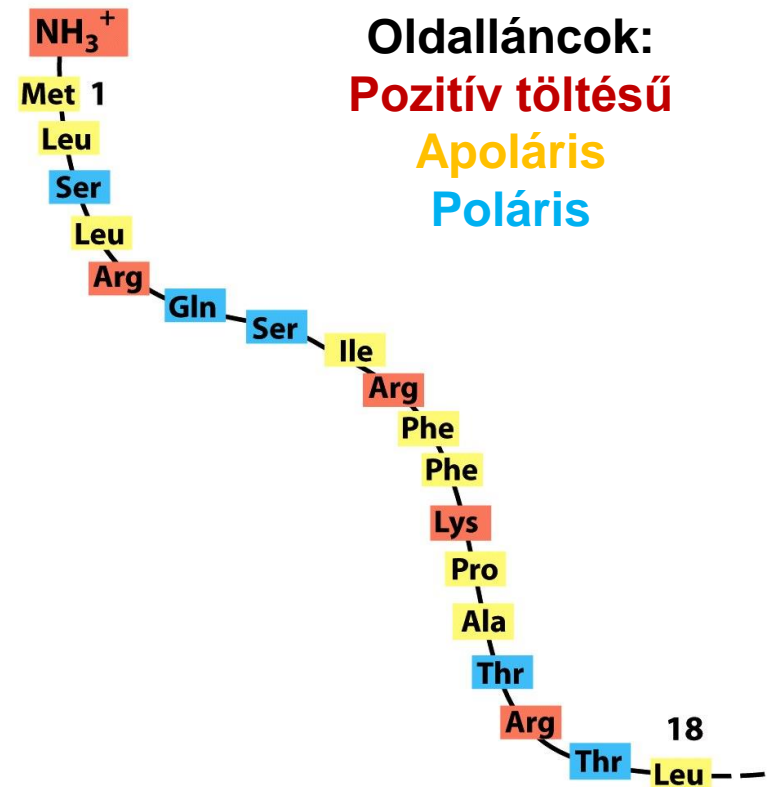
MLS = MITOCHONDRIAL LOCALIZATION SIGNAL

- Import ATP-igényes
- N-terminális közelében található **20-50** aminosavnyi amfipatikus – egyik oldalán pozitív töltésű, a másikon hidrofób - α -hélix jelenlététől
- Az **amfipatikus karakter** fontos a jelben
- Fontos! hogy a magi importtal ellentétben a fehérjék **letekerten** haladnak át a transzlokátor csatornákon:

Citoszolban: **Hsp70** felismeri N-term szekvenciát, és **letekerve tartja** a fehérjét a transzportig

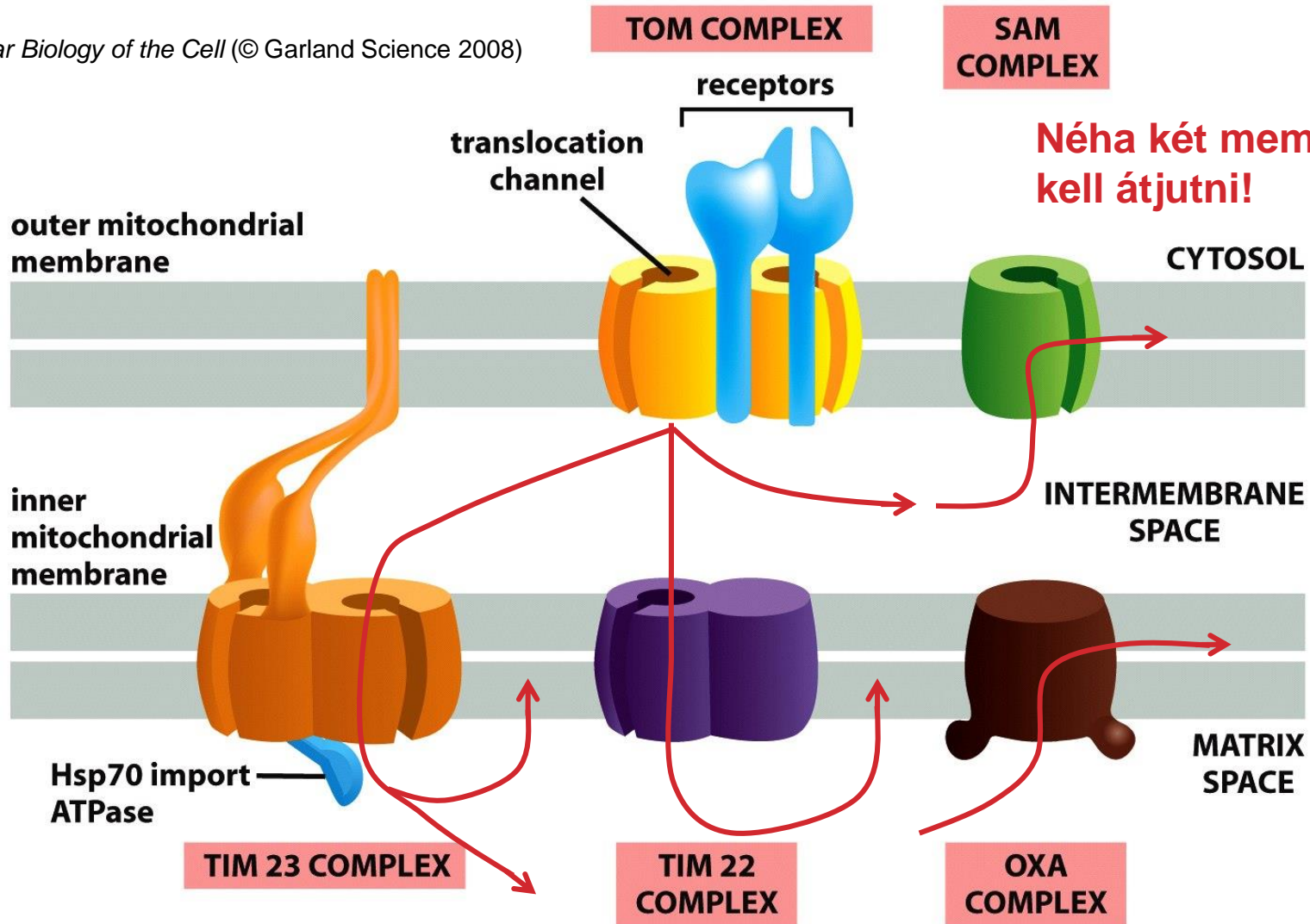
Mitokondriumban: a megfelelő térben újra fel kell tekerni a fehérjéket!

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)



FEHÉRJE TRANSZLOKÁTOR KOMPLEXEK

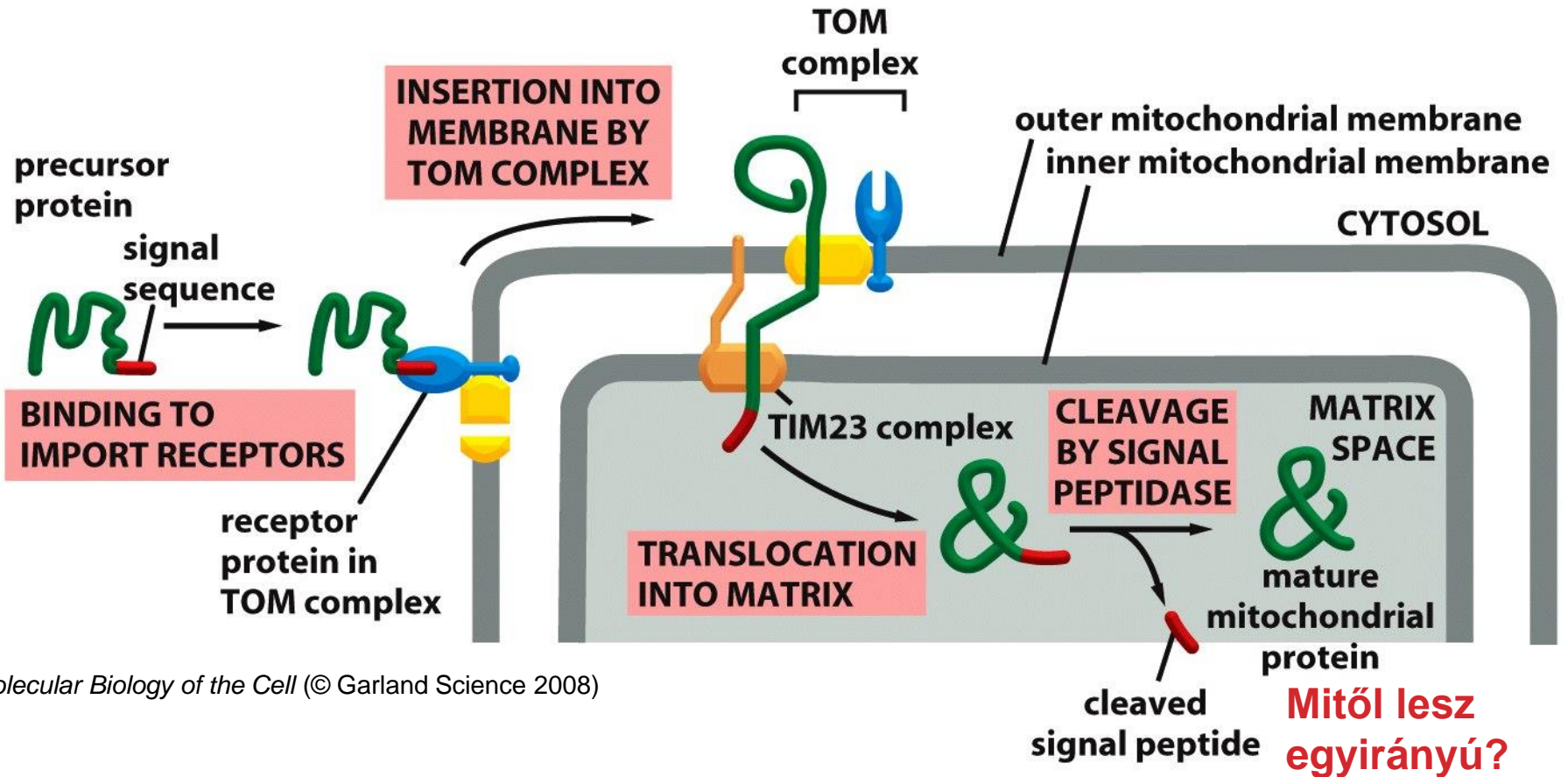
Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)



TOM = Translocase of the Outer Membrane
TIM = Translocase of the Inner Membrane

SAM = β -hordó fehérjék külső membránba juttatása
OXA = fehérjék belső membránba juttatása

MITOKONDRIÁLIS FEHÉRJETRANSZLOKÁCIÓ

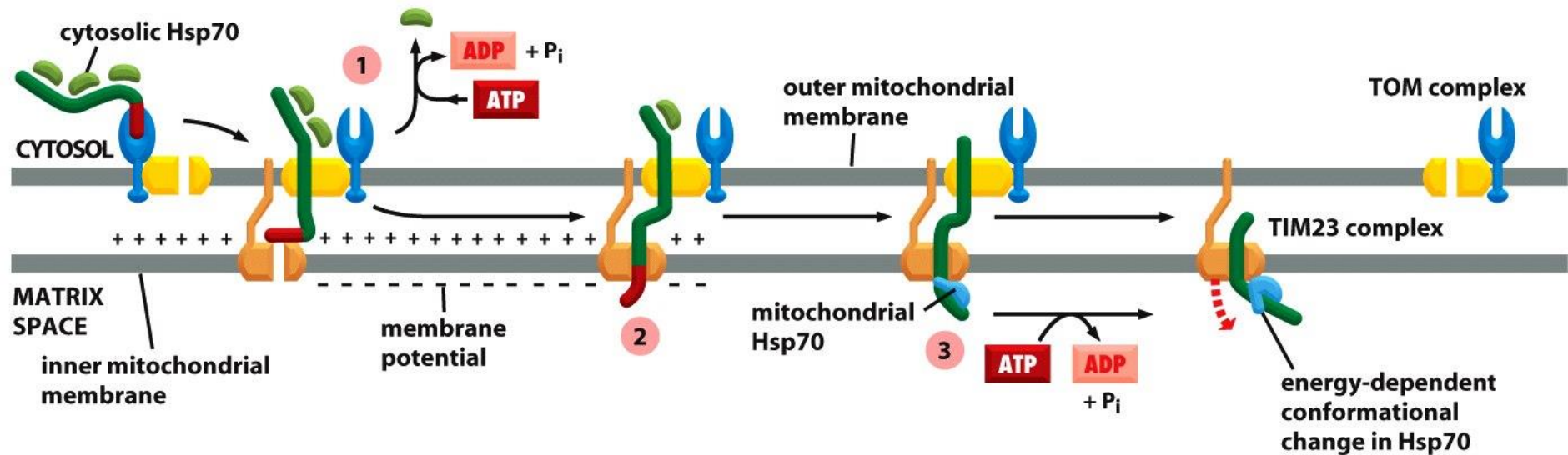


Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

Mitől lesz egyirányú?

Az mátrix-jelet a külső membránban elhelyezkedő receptorkomplex (**TOM20/22**) érzékeli, és a „megfogott” fehérjét átjuttatja a szomszédos **TOM40** transzlokátorhoz, amely a külső membránt átívelő csatorna-komplex. A mátrixfehérjék a **TOM40**-en áthaladva rögtön a belső membránban elhelyezkedő **TIM23** transzlokátorba jutnak. Ezután a szignál és a TIM és TOM komplexek között lezajló, egymást követő interakciók eredményeképpen a mátrixfehérje becsúszik a kinyíló **TIM23** transzlokátorba, és megkezdni útját a mátrixba.

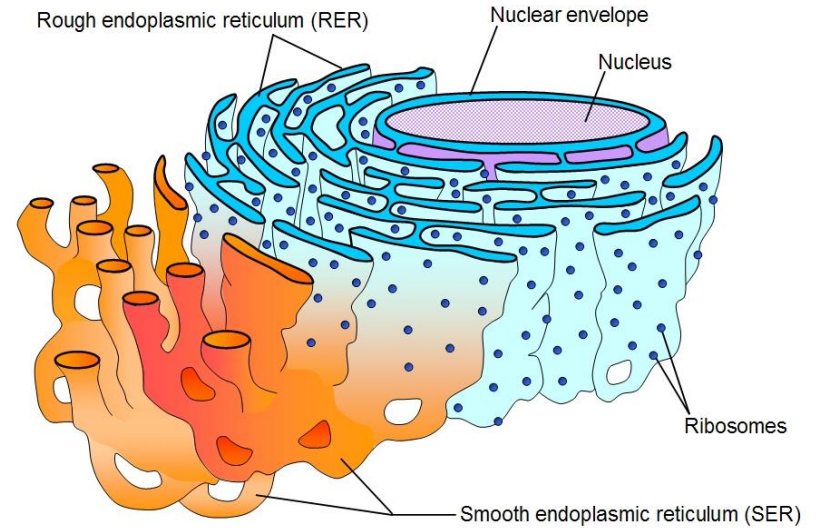
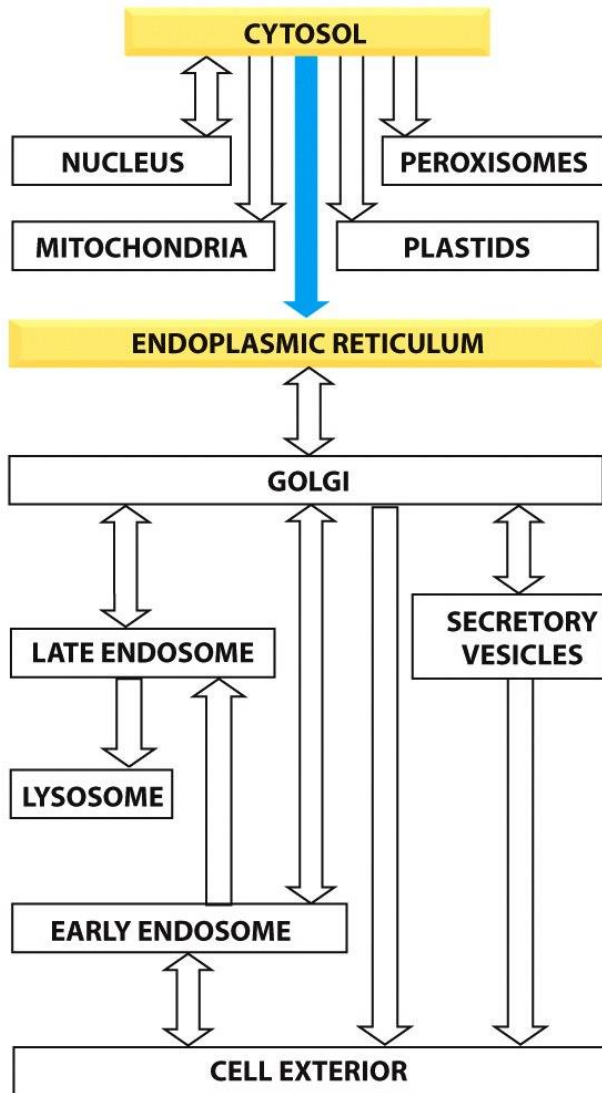
MI HAJTJA A FEHÉRJETRANSZLOKÁCIÓT?!



Mint minden direkcionális transzport ez is **energiaigényes**, amit ebben az esetben ATP fedez. **ATP**-t használ fel a citoplazmában (1) és a mitokondriális mátrixban (3). Továbbá a transzporthoz szükség van a belső membrán **membránpotenciáljára** is (2).

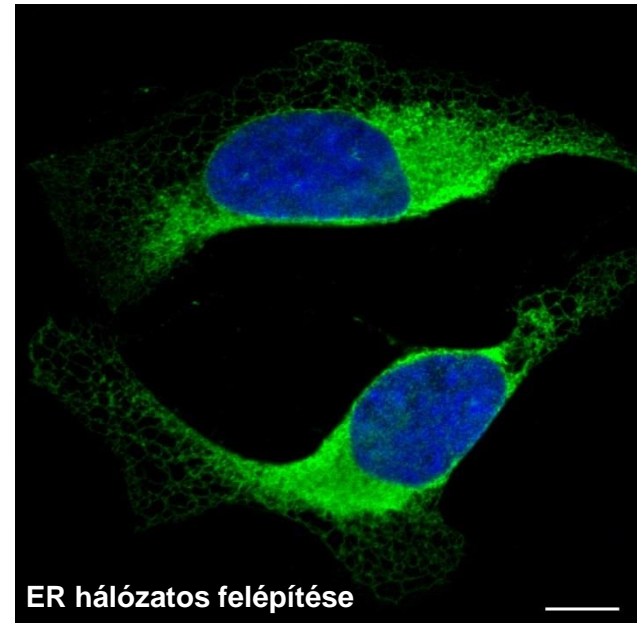
- (1) A Hsp70 dajkafehérjék kötődése és leválása a TOM komplexnél ATP igényes.
- (2) A TIM komplexen való átjutást az elektrokémiai H⁺ gradiens hajtja, aminek a segítségével a + töltésű szignál „áthúzódik” a mitokondriális mátrixba.
- (3) A mitokondriális Hsp70 egy komplex része, ami egyfajta motorként áthúzza a fehérjét a TIM csatornáján. A letekert peptidlánc elengedése itt is ATP igényes, mint a citoszolikus oldalon. A szignál általában levágódik egy peptidáz (MPP) által.

TRANSZPORT AZ ENDOPLAZMÁS RETIKULUMBA



http://cronodon.com/files/Cell_ER_labeled.jpg

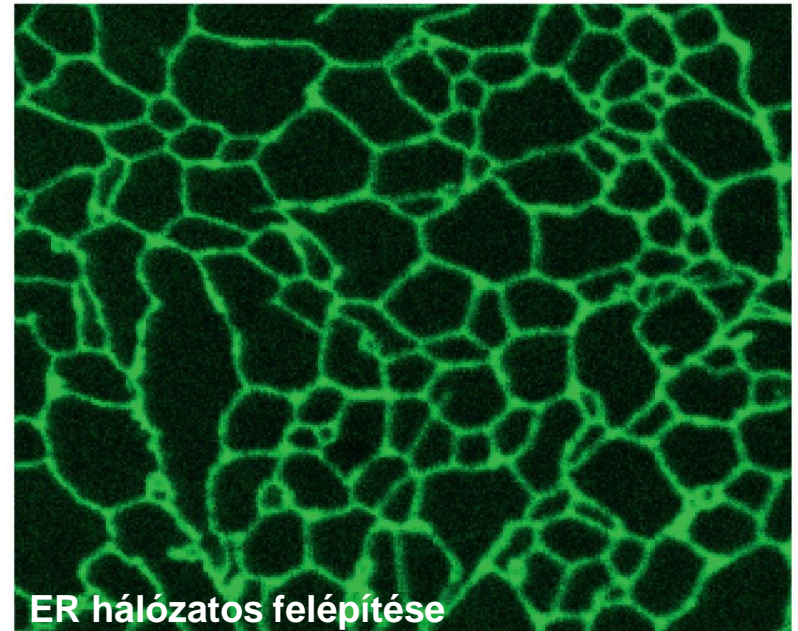
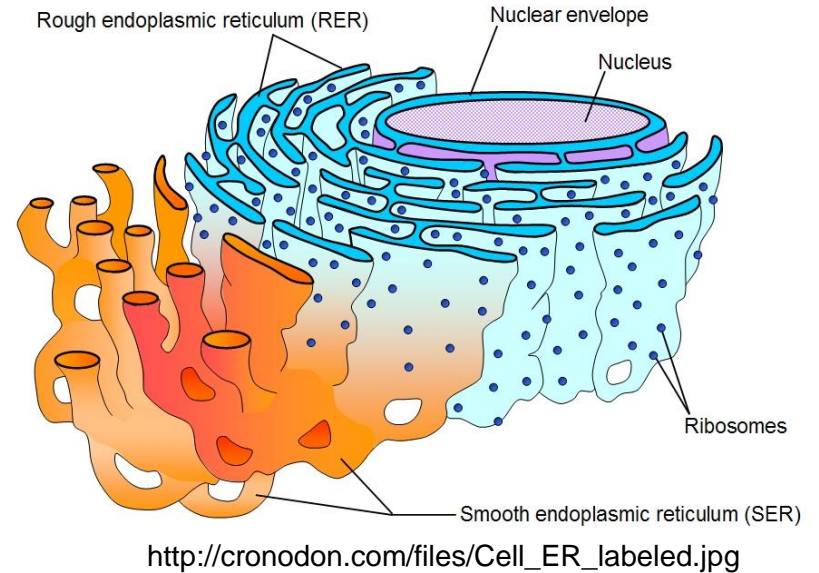
http://www.proteinatlas.org/images_dictionary/endoplasmic_reticulum_1_3901_1_blu_e_green.jpg



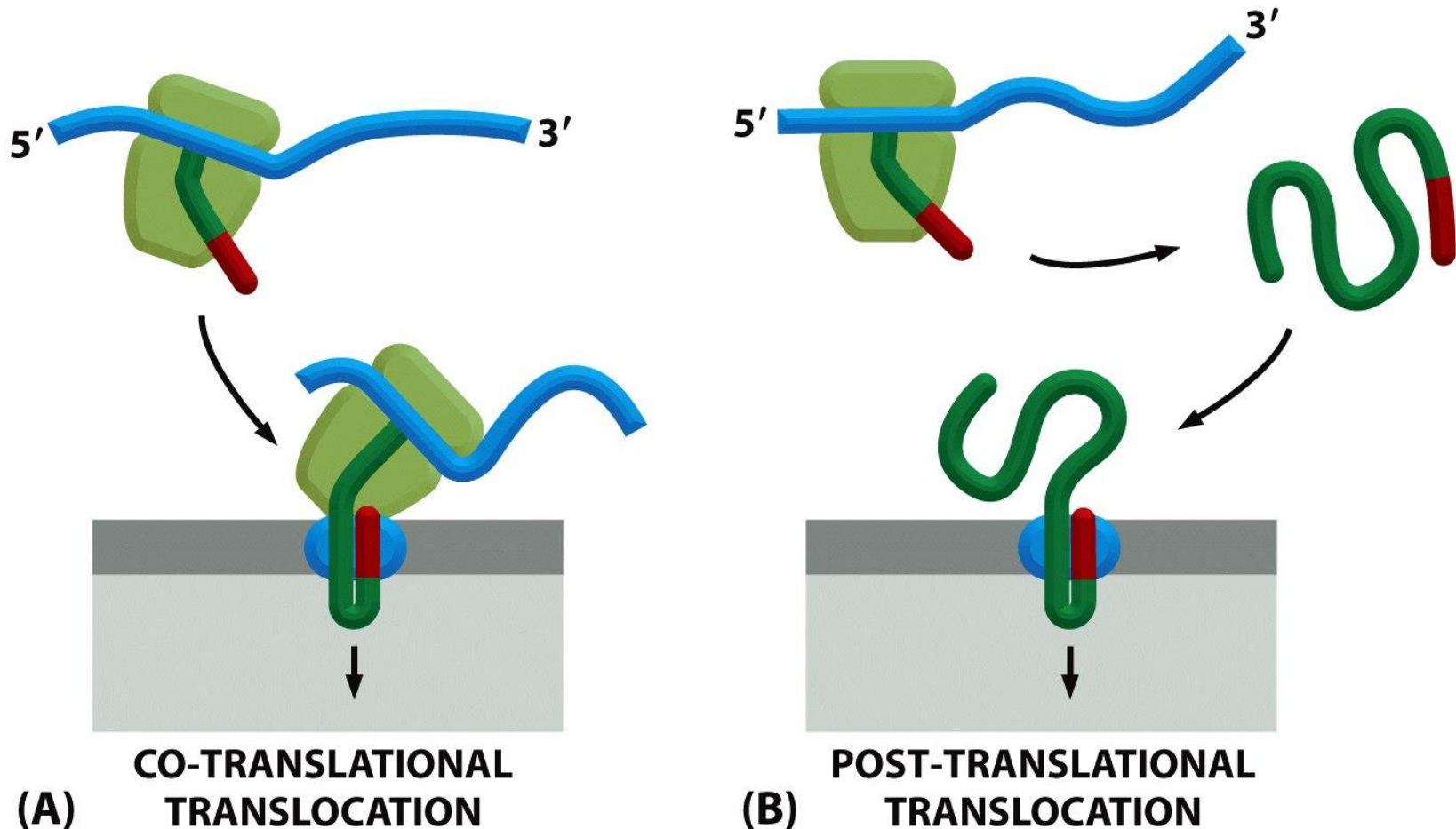
ER hálózatos felépítése

ENDOPLAZMÁS RETIKULUM FELADATA

- Citoszol és az ER tere nem ekvivalens, evolúciós szempontból sem: az ER lumene a külső környezet befűződésével alakult ki.
- **Ca²⁺ raktár** is: végzetes lenne, ha tere citoplazmával szabadon átjárható lenne
- Valamennyi szekretált fehérje első állomása transzláció után.
- Membránfehérjék zöme is először az ER membránjába épülnek bele, majd kerülnek a plazmamembránba.
- Szekretált fehérjék változatos **poszttranszlációs módosításokon** (cukor oldallácok) esnek át, illetve fontos **minőségellenőrző** (hibásan feltekert fehérjék degradációja) funkciója is van.



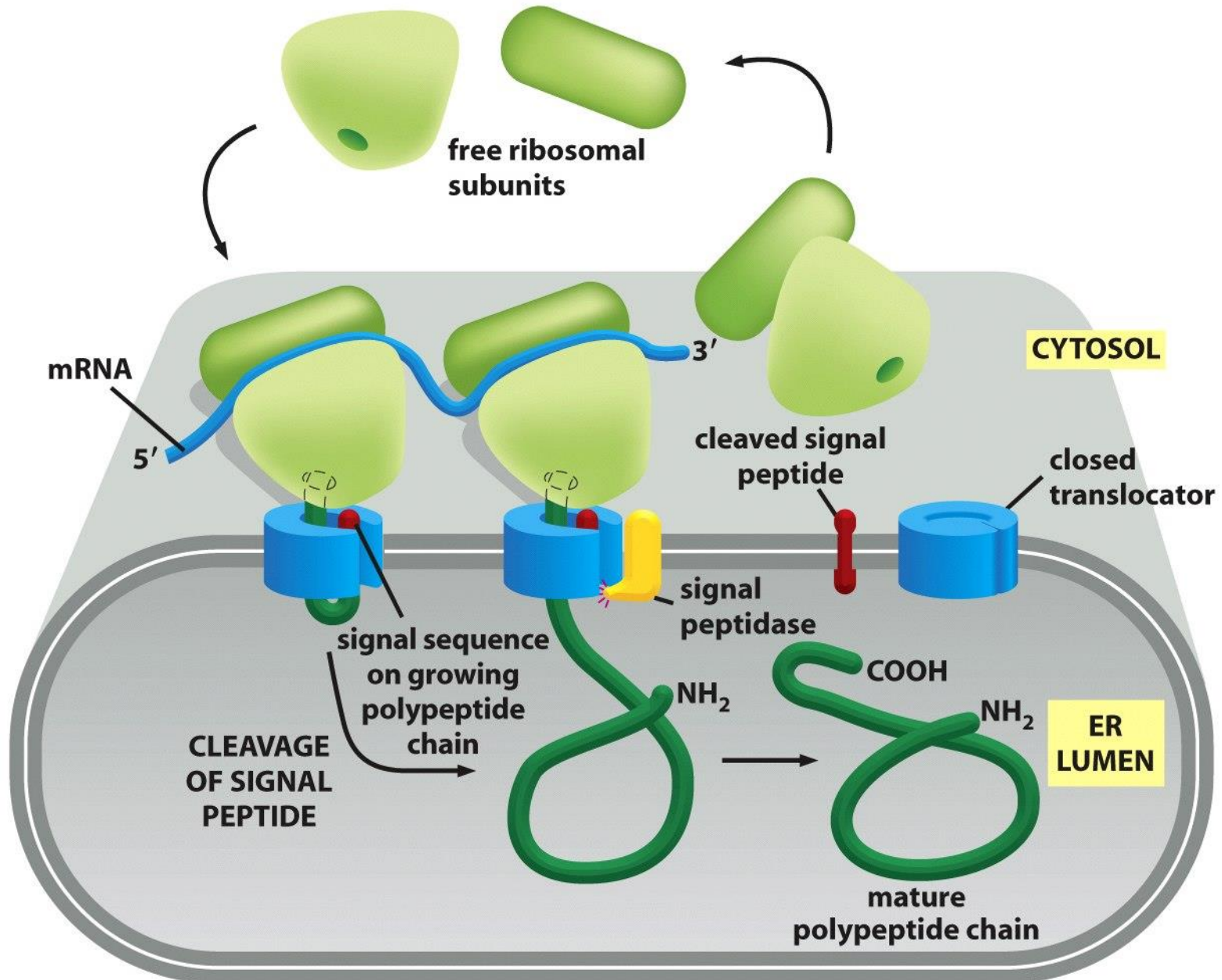
KOTRANZLÁCIÓS TRANSZLOKÁCIÓ



Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

Fehérjeimport az ER lumenébe: 70 as. után a többi as. már a ER-hez kapcsolódott riboszómán szintetizálódik (baktériumban, élesztőben van kivétel). A szignál: 10-30 hidrofób aminosav. Levágódik! De a transzláció szabad riboszómán kezdődik minden esetben!

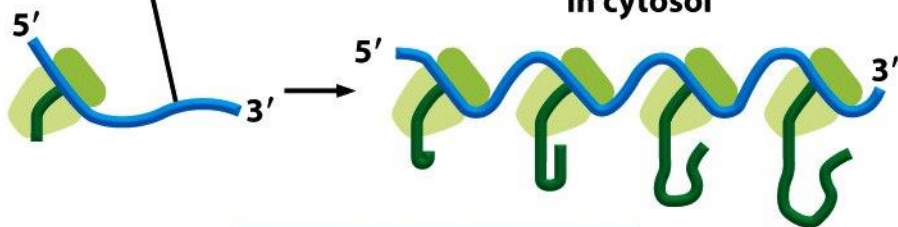
FEHÉRJEIMPORT AZ ER LUMENÉBE - ÁTTEKINTÉS



POSZT-TRANZLÁCIÓS TRANSZLOKÁCIÓ: IMPORT AZ ER LUMENÉBE: SZOLUBILIS FEHÉRJÉK

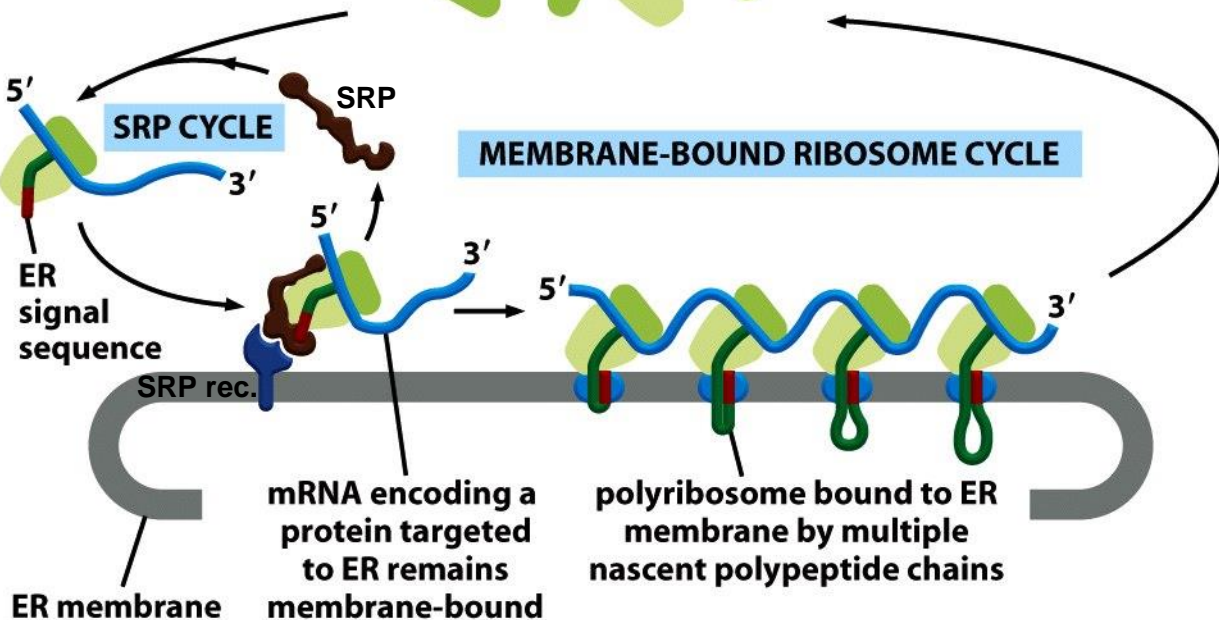
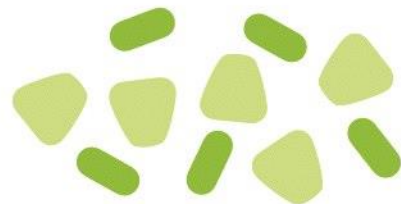
mRNA encoding a cytosolic protein remains free in cytosol

free polyribosome in cytosol



FREE RIBOSOME CYCLE

common pool of ribosomal subunits in cytosol



MEMBRANE-BOUND RIBOSOME CYCLE

- **SRP (signal recognition particle) ribonukleoprotein**

- fehérjeszintézis lassú, míg az SRP nem kötődik az ER membránjában található receptorához (nem kell a transzlokációhoz kitekert szerkezetet chaperonokkal fenntartani)

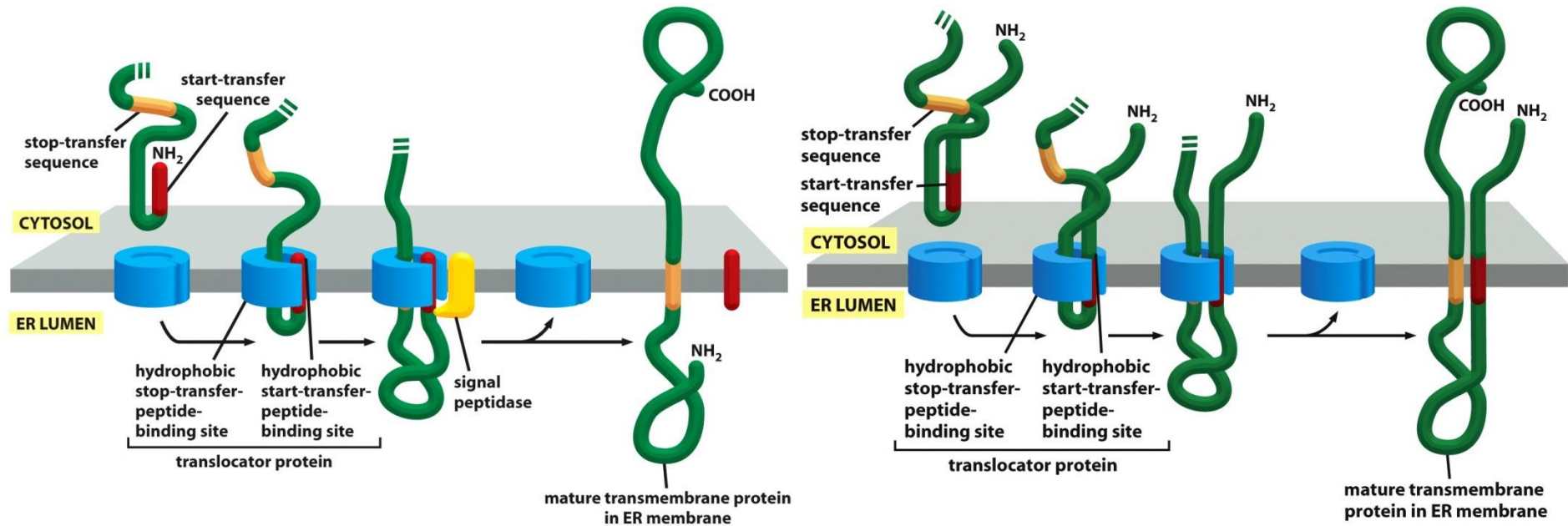
- SRP a szignált; és SRP rec az SRP-t, csak GTP hidrolízis hatására engedik el: **energiafedezet**

- ER-kötött fehérjeszintézis is történhet poliriboszómákon

- Baktériumokban és élesztőkben ismert ATP hajtott poszt-transzlációs transzlokáció

IMPORT AZ ER LUMENÉBE: MEMBRÁN FEHÉRJÉK

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

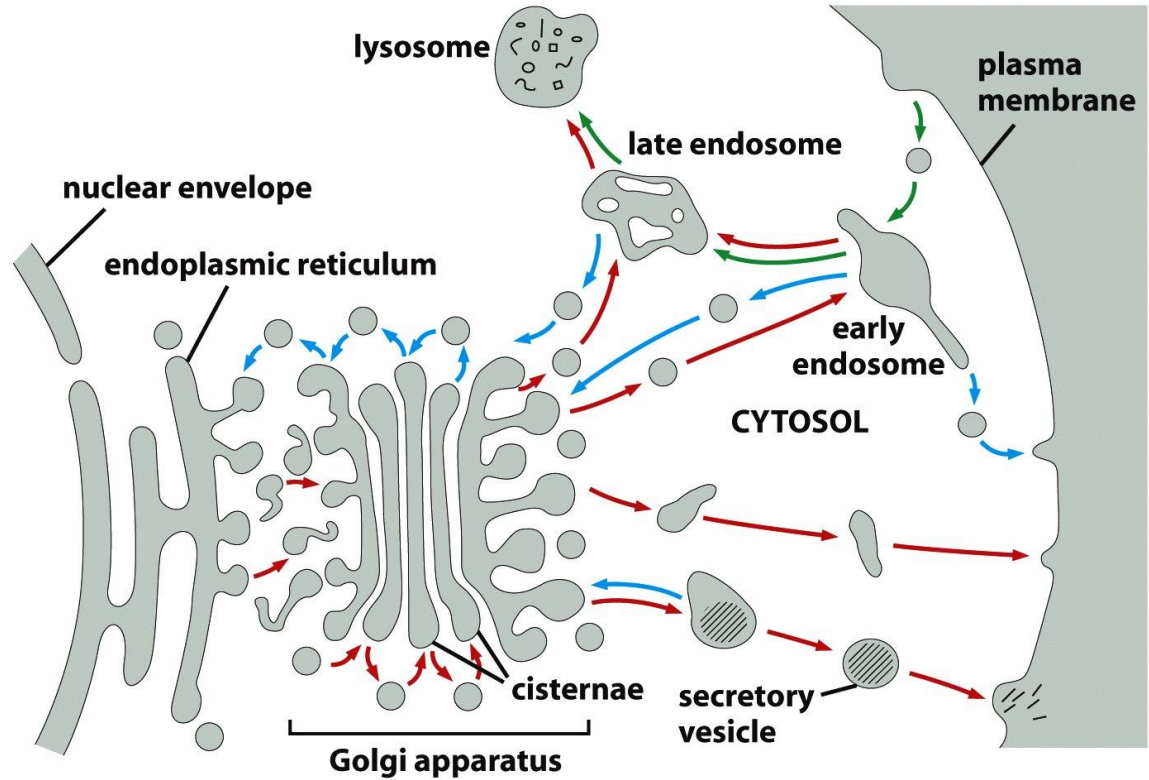
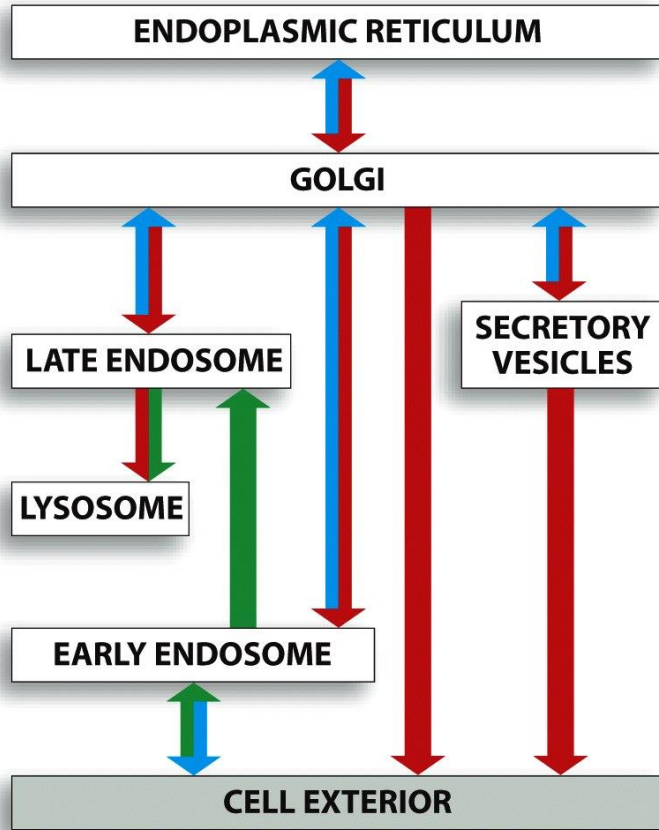


- STOP-transzfer szekvencia egy hidrofób szekvencia (transzmembrán fehérjedomén), ami leállítja a transzlokációt amikor az a transzlokátor pórusához ér. Ekkor a fehérje „beúszik” a membránba, transzlációja meg befejeződik (pl tirozin kinázok).
- Többszörösen membránon átívelő fehérjék esetén nincs klasszikus levágódó N-terminális szignál. Az első transzmembrán domént (hidrofób belső domén) fogja az SRP felismerni, majd a következő stop-transzfer szignálként fog viselkedni. A többször átérő fehérjékben a start-transzfer és stop-transzfer szignálok kombinációja határozza meg a topológiát.

VEZIKULÁRIS TRANSZPORTFOLYAMATOK

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

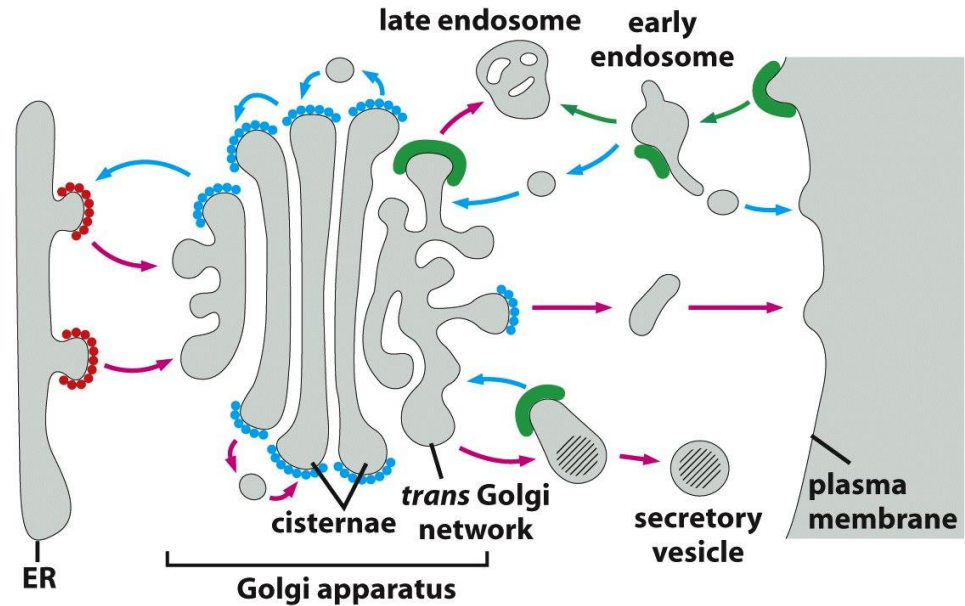
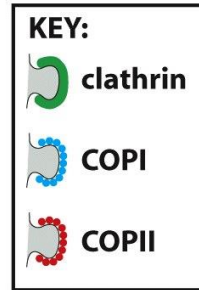
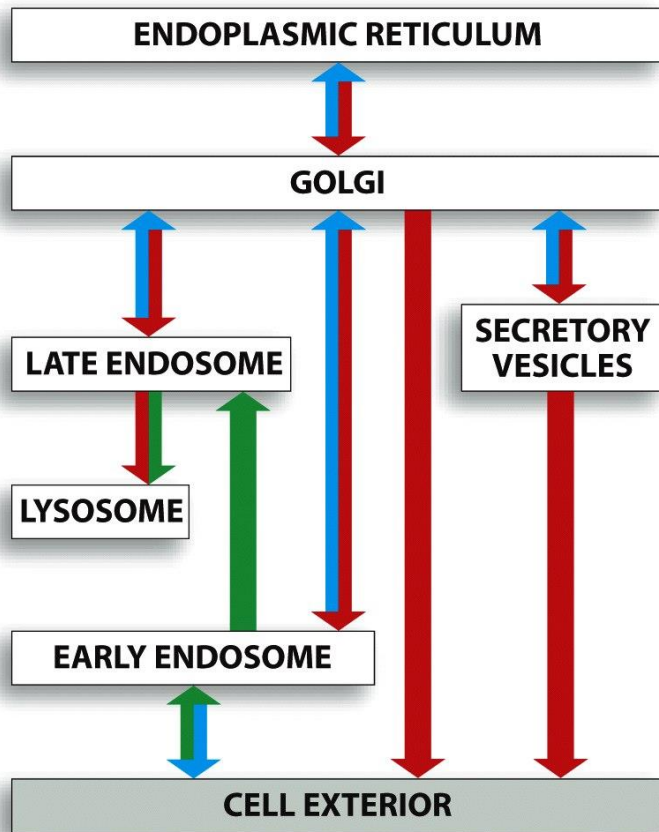
endolítikus útvonalak, szekréción útvonalak, reciklizáció



- exocitózis: fehérje szekréción extracelluláris térbe, plazmamembránba
- endocitózis: sejt belsejébe vezető, membránbefűződéssel és –leválással járó, vezikulák által közvetített anyagfelvételi utak összességét jelöli (tápanyag felvétel /fago- és pinocitózis/, immunfolyamatok, jelátviteli folyamatok, membrán-reciklizáció)

VEZIKULÁRIS TRANSZPORTFOLYAMATOK

Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)



COPI: Mediates retrieval of proteins from Golgi to ER (retrograde transport)

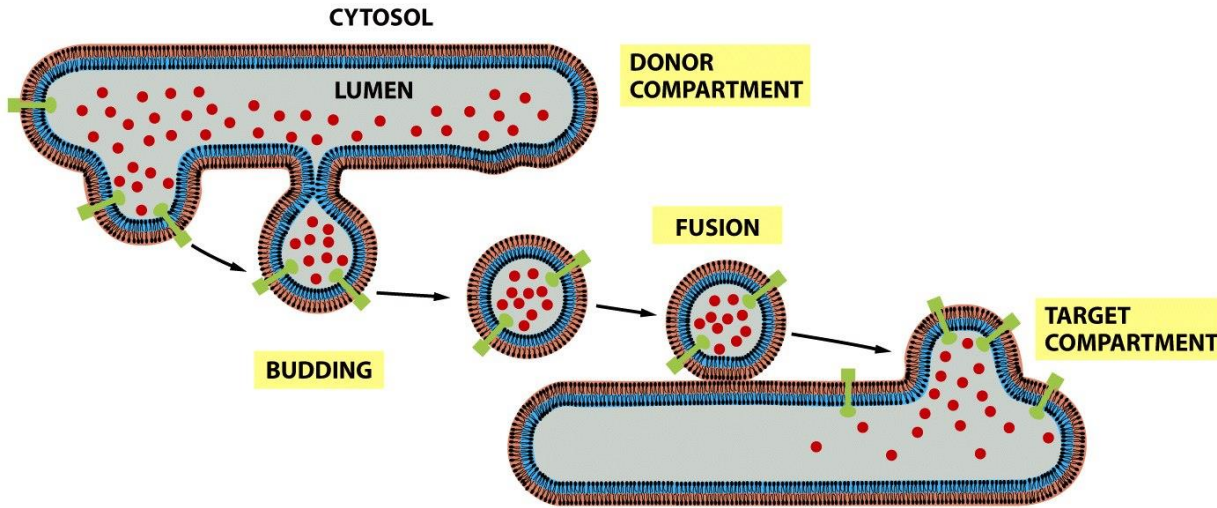
COPII: Mediates forward movement of vesicles from ER to Golgi

Clathrin: sort cargo at the cell membrane, trans-Golgi network, and endosomal compartments for multiple membrane traffic pathways

• Vezikulatranszport irányultságáért, membránfúziók elősegítéséért különleges membránfehérjék és burkoló fehérjék felelősek, amik ezen vezikulákat beborítják.

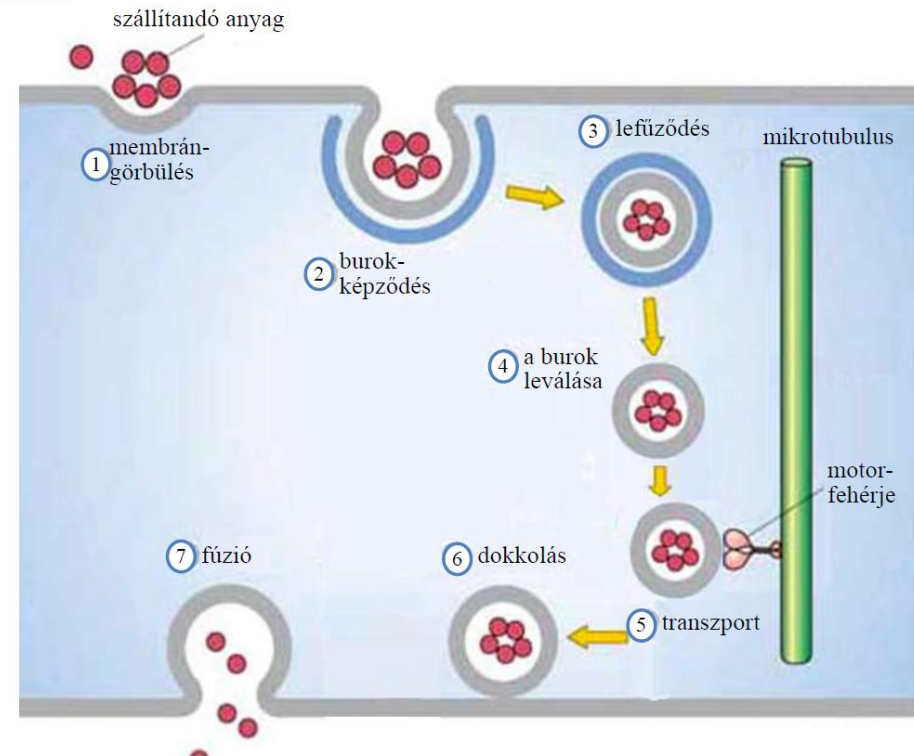
• Ezáltal megkülönböztetünk coat-olt és nem coat-olt vezikula transzportot.

VEZIKULÁRIS TRANSZPORTFOLYAMATOK

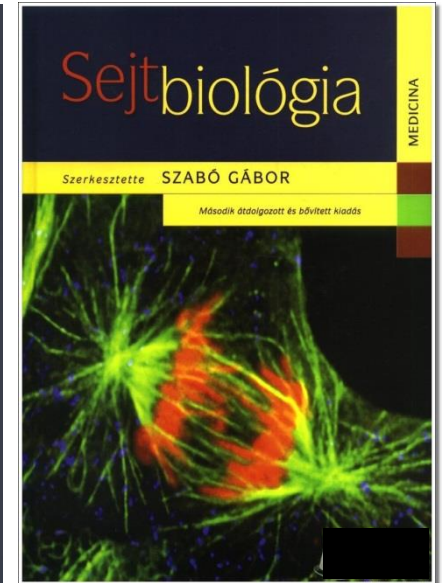
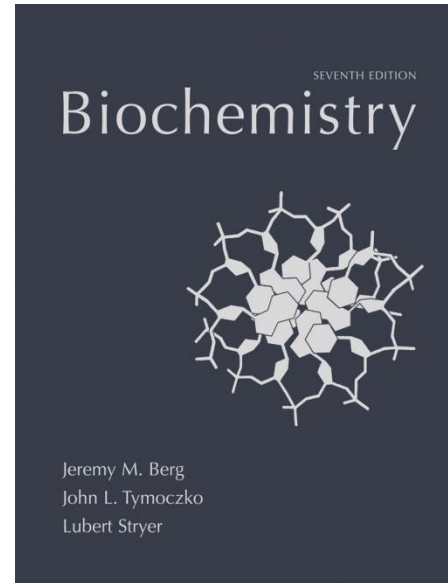
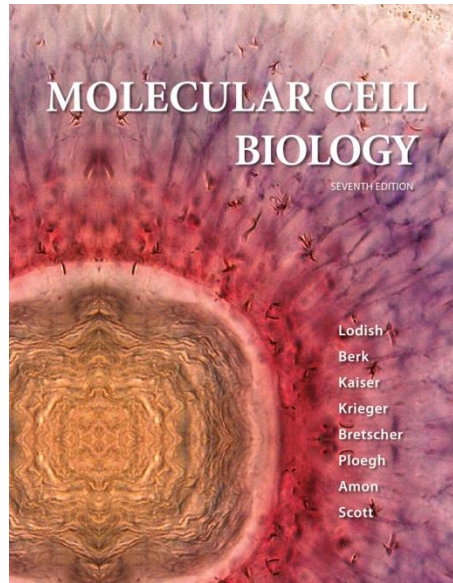
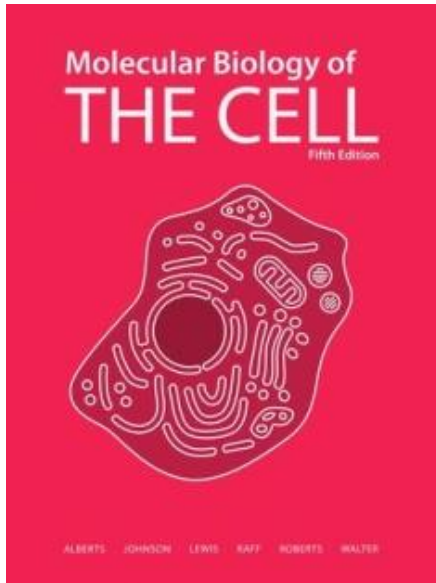


Molecular Biology of the Cell (© Garland Science 2008)

- Membránlefűződés és egyesűlés mindig specifikus és irányított.
- A transzport tərbeli lebonyolításáért a membrán foszfatidilinozitolok felelősek.
- Vezikula transzport irányításában és lebonyolításában kitűntetett szerepe van a mikrotubuláris rendszernek és az azon mozgó motorfehérjéknek (kinezinek, dineinek).



HASZNÁLHATÓ IRODALOM



Köszönet Róna Gergelynek az előadás anyagának összeállításáért.