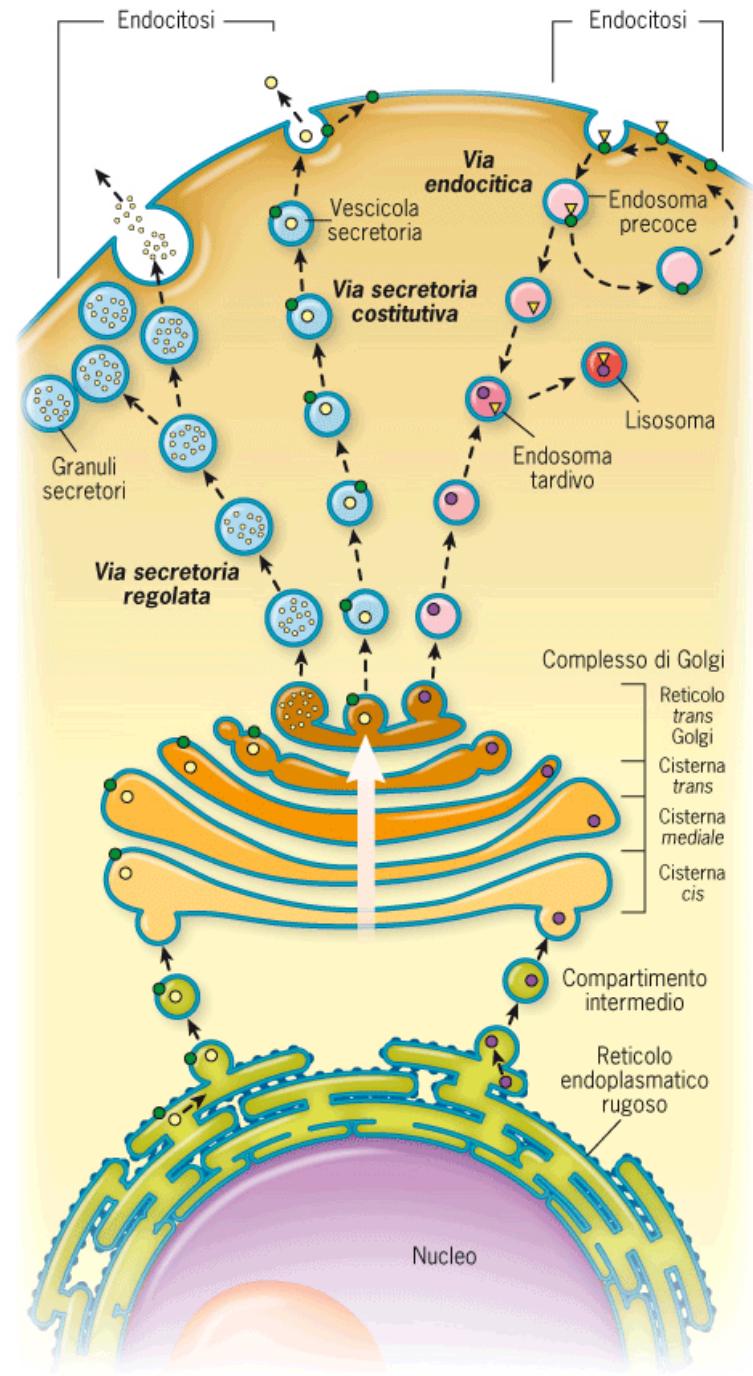
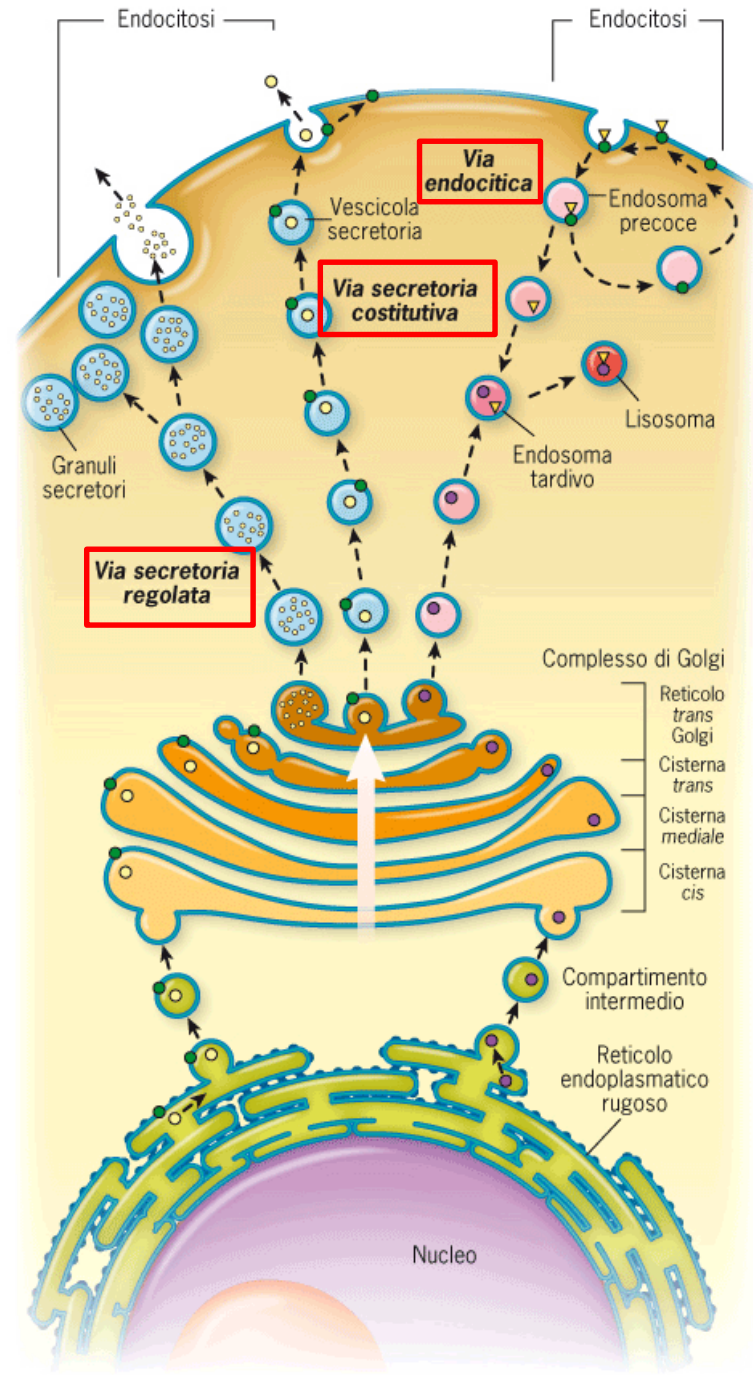


Smistamento delle proteine nei vari compartimenti cellulari: traffico vescicolare intracellulare



Smistamento delle proteine nei vari compartimenti cellulari: traffico vescicolare intracellulare

Le proteine si muovono lungo queste vie attraverso **vescicole di trasporto** senza dover attraversare membrane.



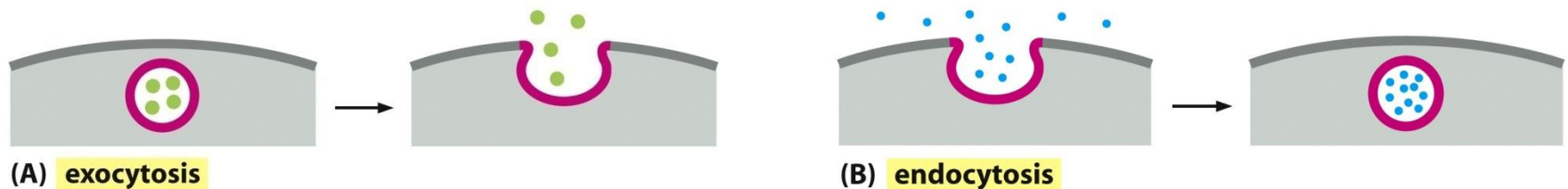
Smistamento delle proteine nei vari compartimenti cellulari: traffico vescicolare intracellulare

È sostenuto dalle **vescicole di trasporto**, che gemmano dal sito donatore e si fondono con il sito bersaglio.

Si distinguono 2 principali tipi di traffico vescicolare:

- la **via biosintetico-secretoria** trasferisce proteine di nuova sintesi, carboidrati e lipidi alla membrana plasmatica e allo spazio extracellulare (**esocitosi**)

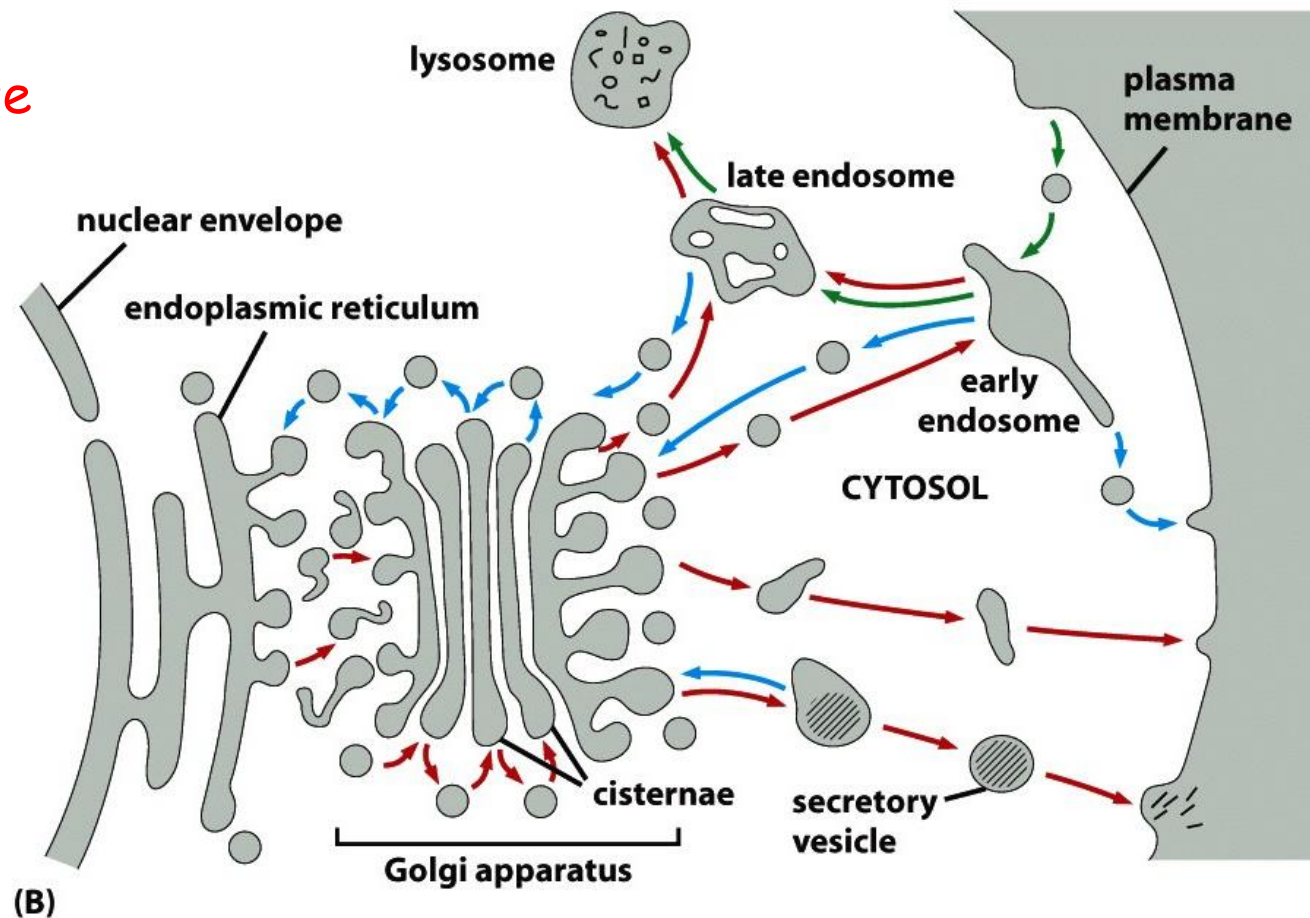
- la **via endocitica** rimuove componenti della membrana o ingloba materiale dall'esterno e li porta, attraverso compartimenti chiamati **endosomi**, verso l'interno della cellula (**endocitosi**). I materiali possono adesso essere riciclati o degradati nei lisosomi.



La **via biosintetico-secretoria** è diretta all'esterno ed i percorsi sono i seguenti:

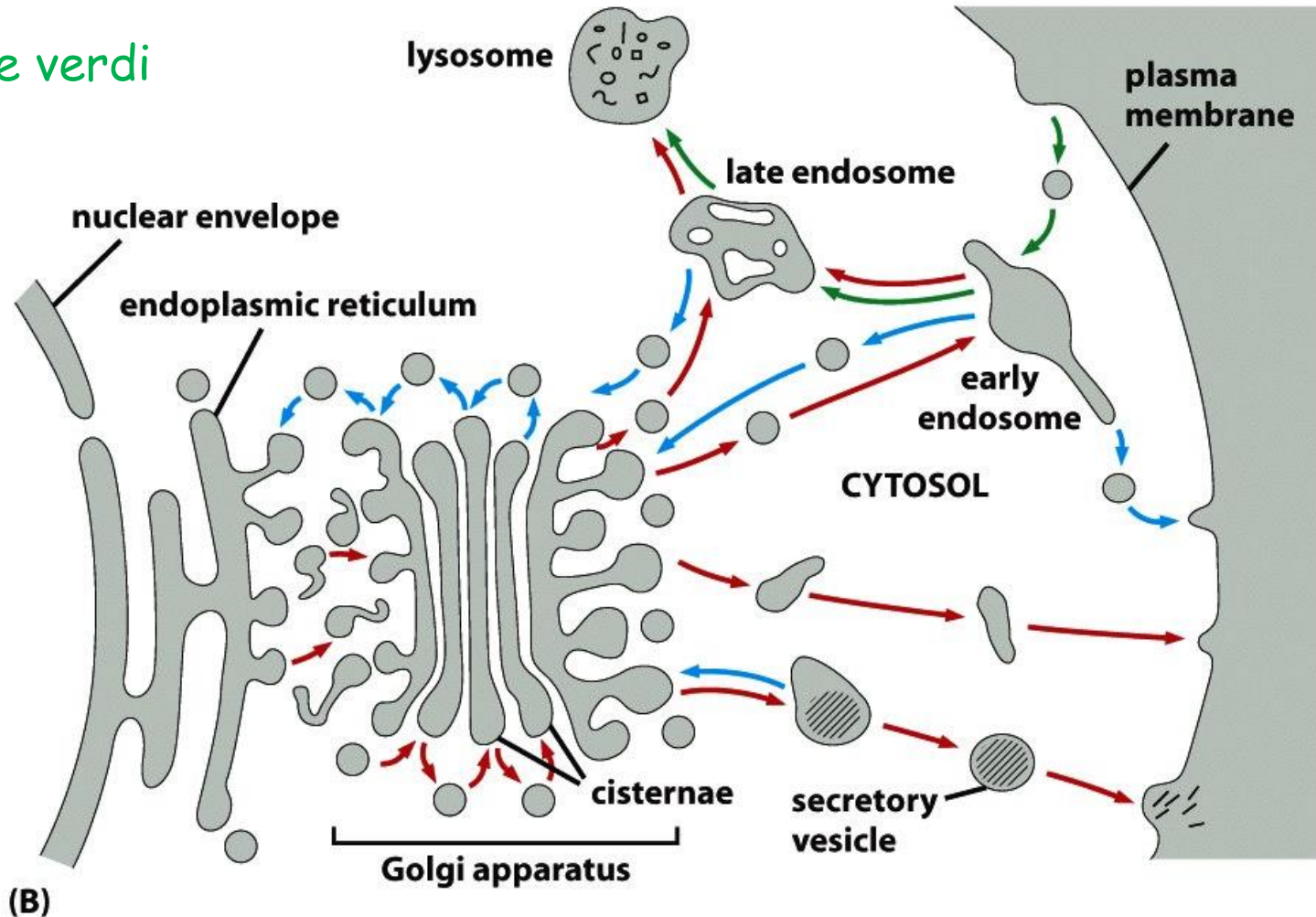
- biosintesi e traslocazione proteica nella membrana del RE;
- dal RE all'apparato del Golgi;
- dal Golgi alla membrana plasmatica oppure ai lisosomi, attraverso gli endosomi precoci.

frecce rosse



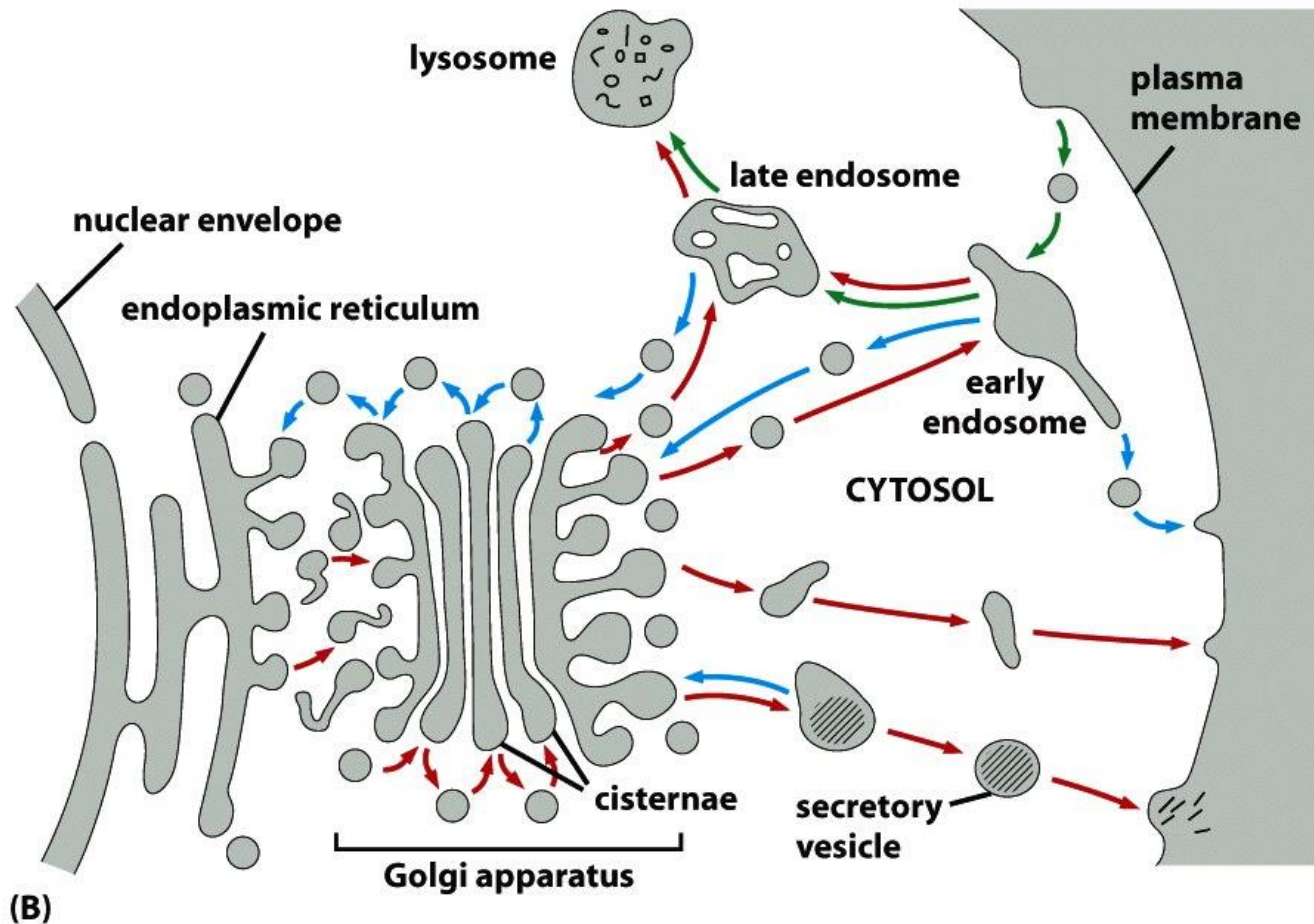
La **via endocitica** è diretta verso l'interno della cellula e le molecole extracellulari vengono inglobate in vescicole derivate dalla membrana plasmatica e trasportate al lisosoma attraverso gli endosomi tardivi.

frecce verdi



In ognuna delle 2 vie il flusso tra i compartimenti è bilanciato da **vie di recupero** che regolano il flusso in direzione opposta, riportando alcuni componenti al compartimento originario.

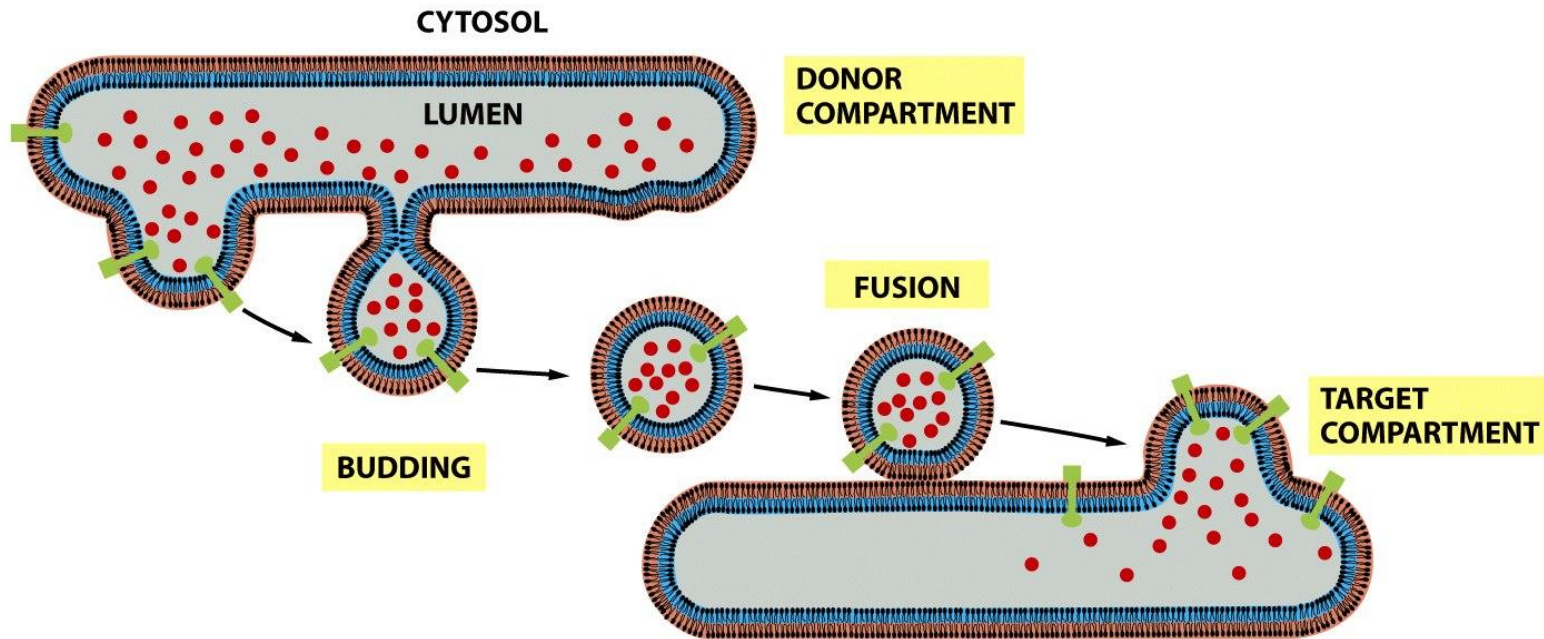
frecce blu



Il traffico vescicolare non è casuale ma scorre secondo direzioni precise e organizzate.

Le vescicole gemmano da una membrana e si fondono con un'altra, trasportando frammenti di membrana e molecole solubili (**cargo**).

Ogni vescicola deve essere **altamente selettiva**: deve gemmare solo da parti appropriate del comparto di origine e fondersi solo con la membrana bersaglio appropriata.

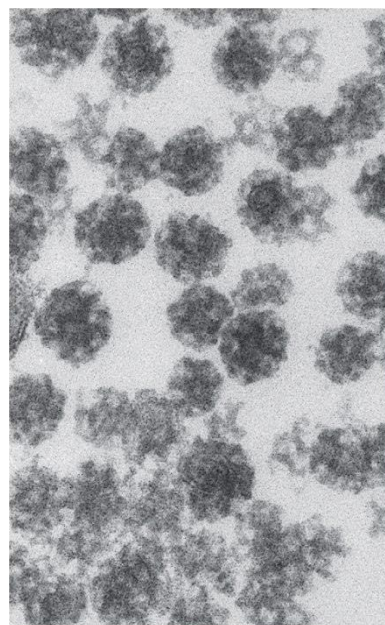


Le vescicole che gemmano dalla membrana mostrano un tipico rivestimento proteico sulla faccia rivolta verso il citosol: **vescicole rivestite**.

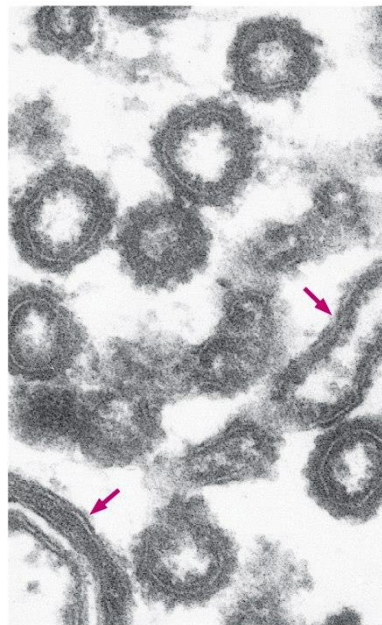
Il rivestimento viene perso prima della fusione con la membrana bersaglio.

Il rivestimento da un lato ha la funzione di favorire la curvatura della membrana e di promuovere la gemmazione, dall'altro di selezionare le molecole da trasportare.

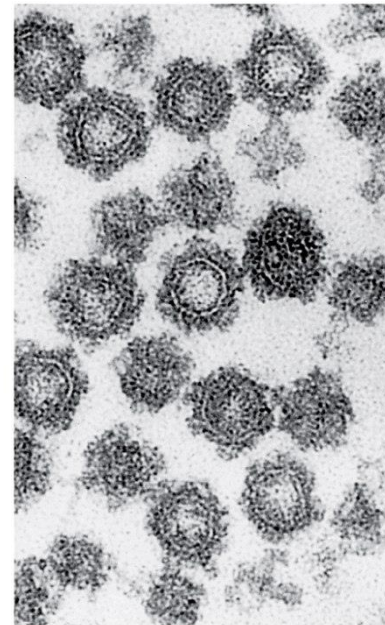
Ci sono 3 tipi di rivestimento proteico delle vescicole:



(A) clathrin

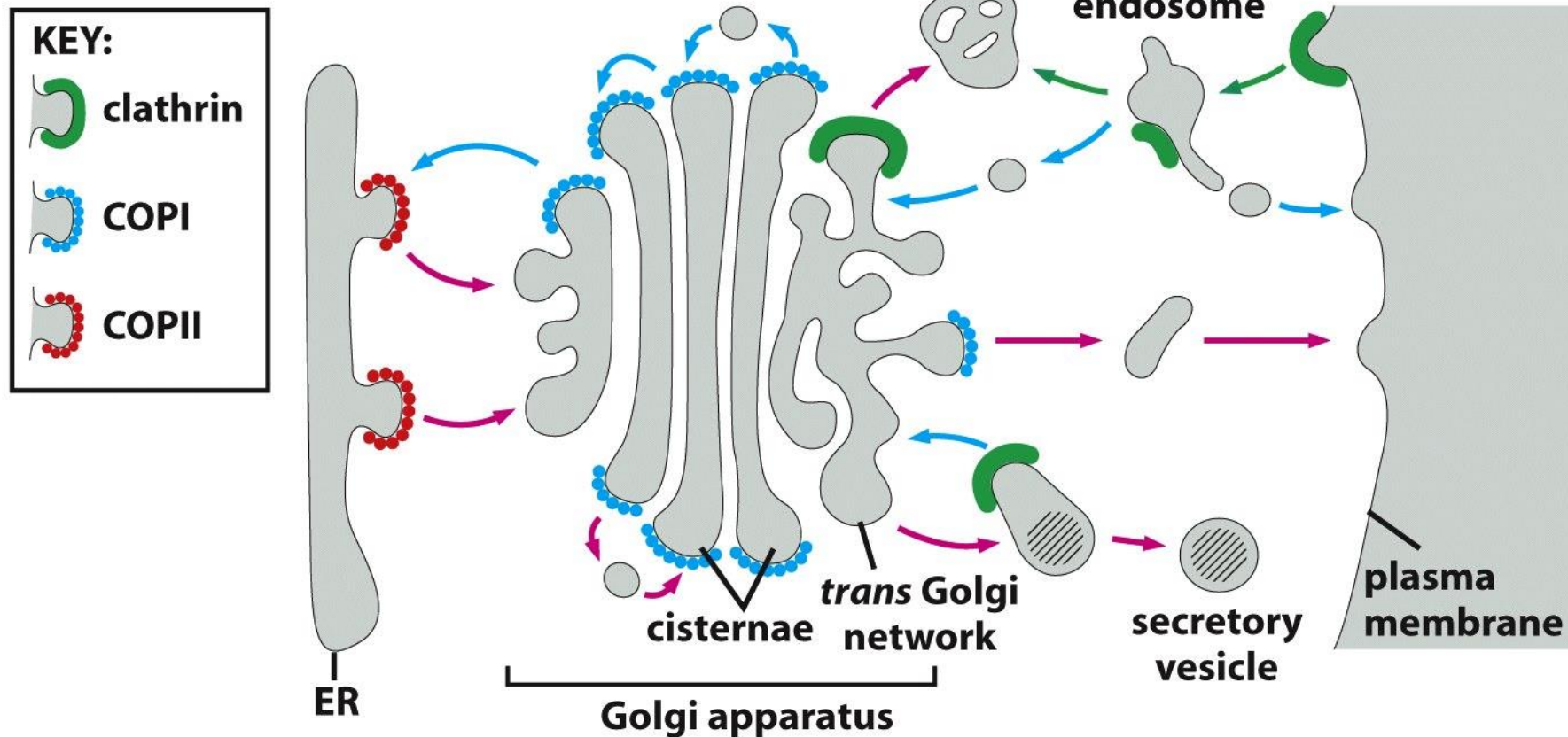


(B) COPI



(C) COPII  100 nm

Le vescicole rivestite da clatrina mediano il trasporto dalla membrana plasmatica (via endocitica) e tra i compartimenti endosomale e del Golgi (via secretoria).



Le vescicole rivestite da COPII gemmano dall'ER.

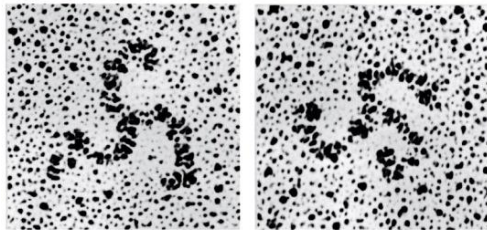
Le vescicole rivestite da COPI gemmano dal Golgi.

Vescicole rivestite di clatrina

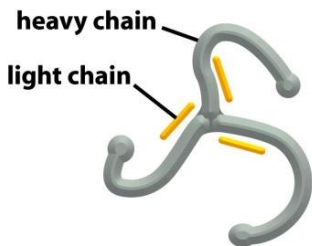
Il rivestimento proteico meglio conosciuto è rappresentato dalla CLATRINA. Le vescicole rivestite di clatrina possono gemmare dall'apparato del Golgi nella via secretoria, oppure dalla membrana plasmatica nella via endocitica.

Una molecola di clatrina è costituita da 3 catene leggere e 3 catene pesanti, che si uniscono a formare un trischelio.

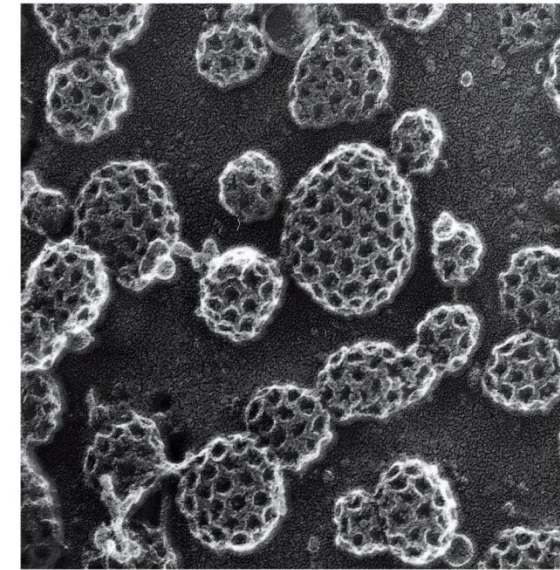
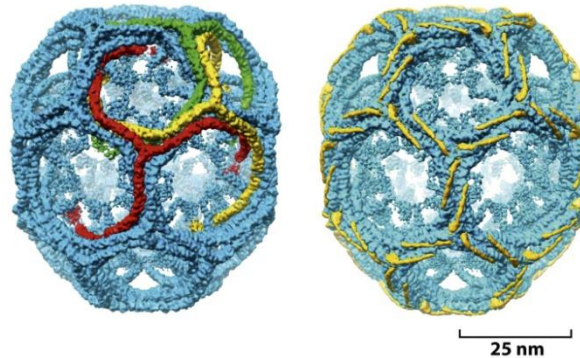
I trischeli si assemblano poi in una struttura a forma di canestro fatta di esagoni e pentagoni.



(A)



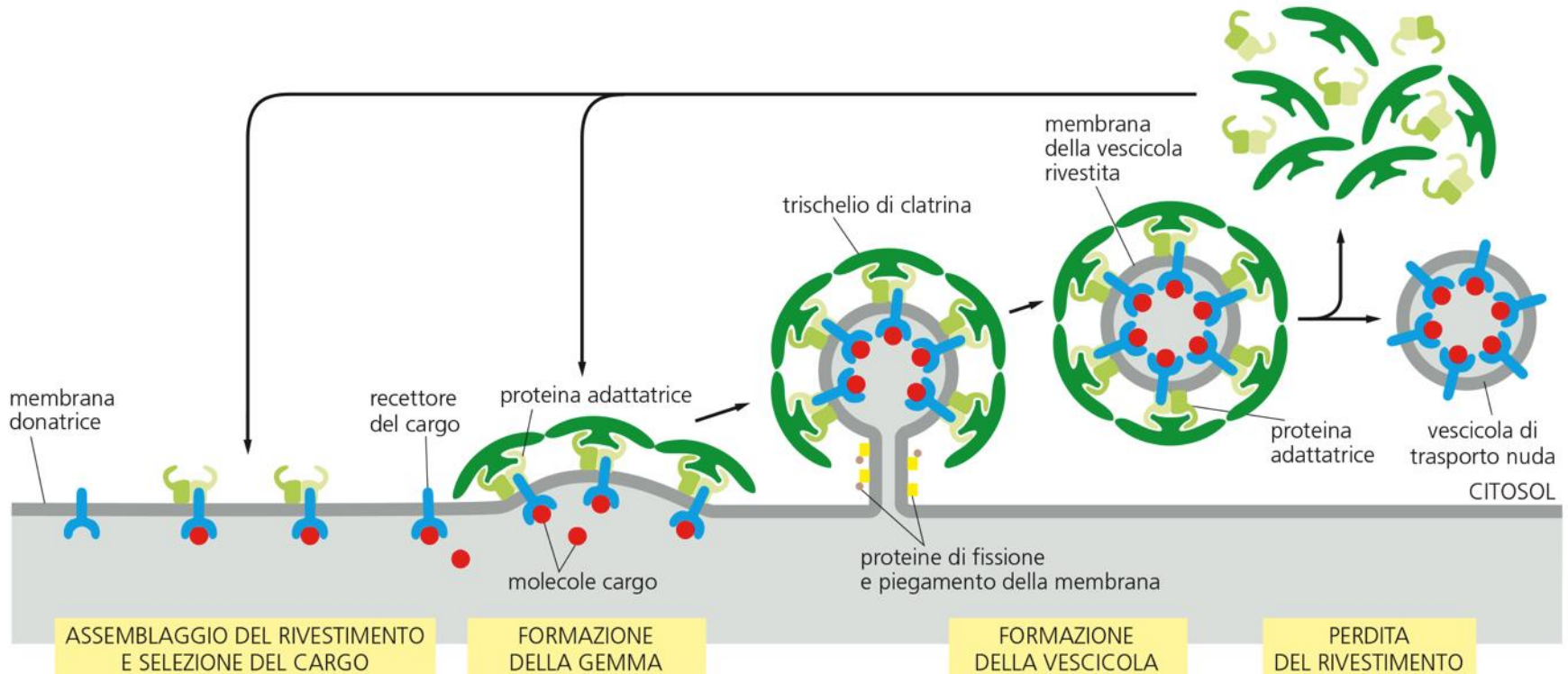
(B)



0.2 μm

Tra la gabbia di clatrina e la membrana ci sono **proteine adattatrici** (ad es. **adattina**) che servono a legare la clatrina e ad impacchettare cargo specifici, attraverso il legame con i **recettori del cargo**.

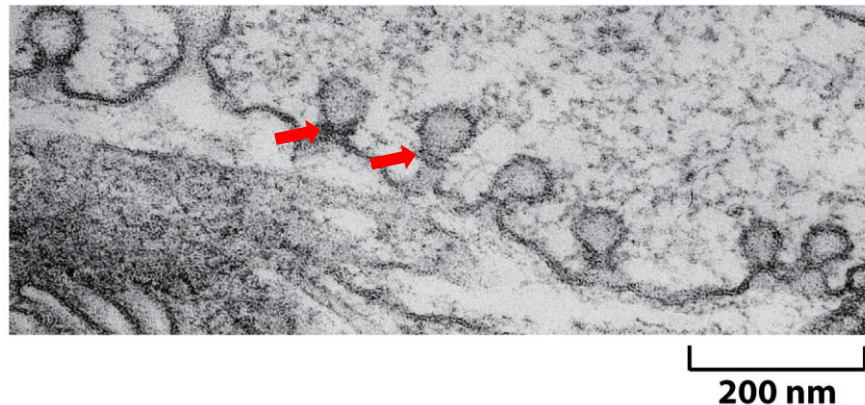
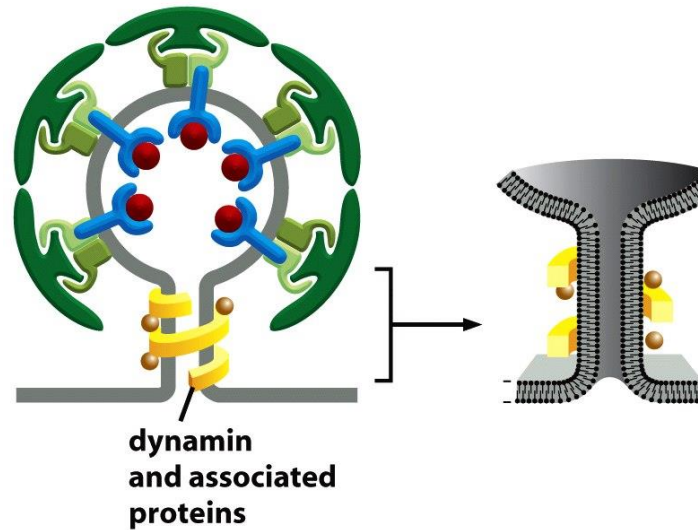
Assemblaggio di una Vescicola Secretoria Rivestita da Clatrina



- I recettori del cargo hanno il compito di riconoscere e legare le molecole da trasportare
- Le adattine hanno il compito di legare da un lato i recettori del cargo e dall'altro le molecole di clatrina
- Le molecole di clatrina si aggregano in una rete a forma di canestro sulla faccia citosolica della membrana favorendo la gemmazione

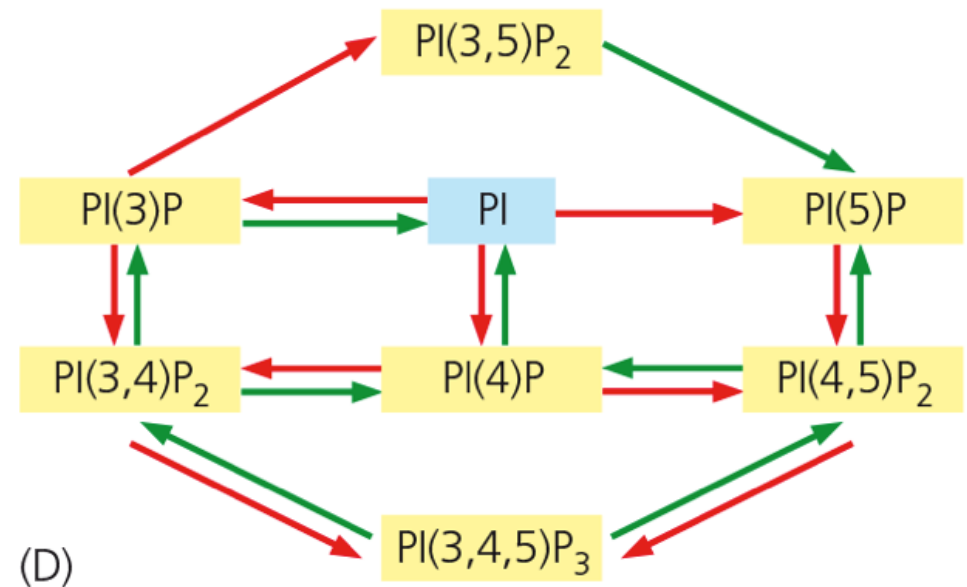
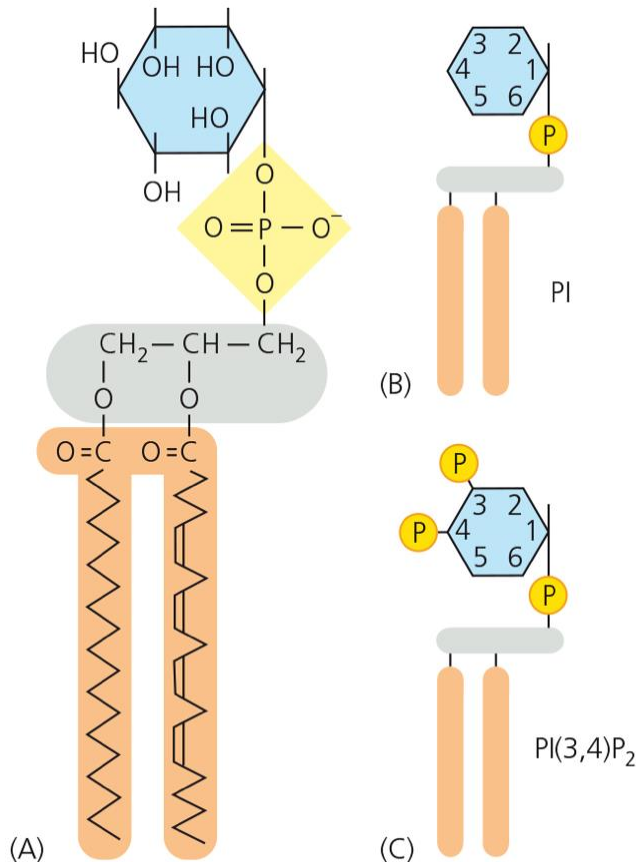
La dinamina facilita il distacco della vescicola

La **dinamina** è una proteina citosolica che si assembla ad anello attorno al colletto della gemma e grazie alla sua **attività GTPasica** fornisce l'energia necessaria per avvicinare i foglietti della membrana, fonderli e determinare il distacco della vescicola.



La distribuzione dei diversi fosfoinositidi (PIP) definisce i punti specifici di gemmazione

A partire dal fosfatidilinositolo (PI) possono derivare fosfoinositidi (PIP) specifici grazie a fosforilazione di posizioni particolari dell'inositolo. La conversione tra i vari PIP è catalizzata da **chinasi** e **fosfatasi** specifiche. La distribuzione in PIP varia nei differenti organuli e in regioni diverse della membrana.

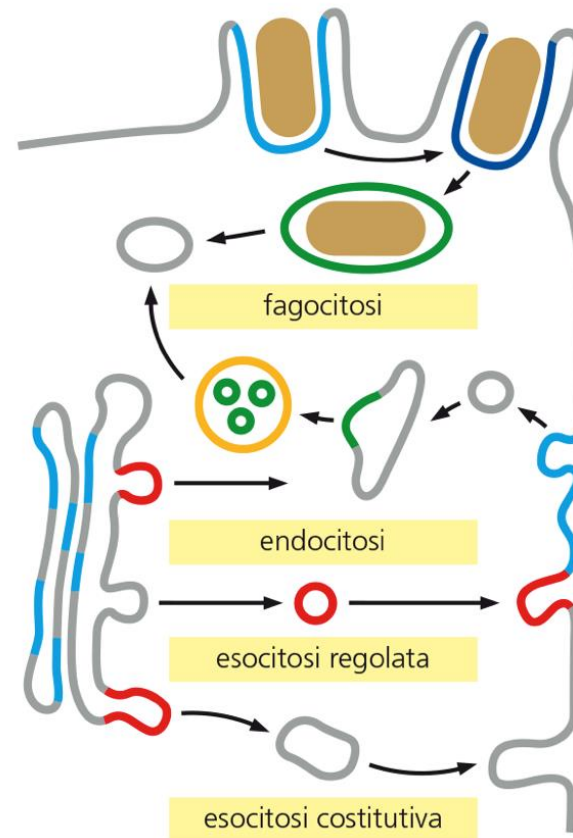


La distribuzione dei diversi fosfoinositidi (PIP) definisce i punti specifici di gemmazione

Proteine coinvolte nel processo di gemmazione legano e discriminano tra differenti PIP, regolando così la selettività del cargo e determinando i siti di gemmazione.

LEGENDA:

PI(3)P PI(4)P PI(4,5)P₂ PI(3,5)P₂ PI(3,4,5)P₃

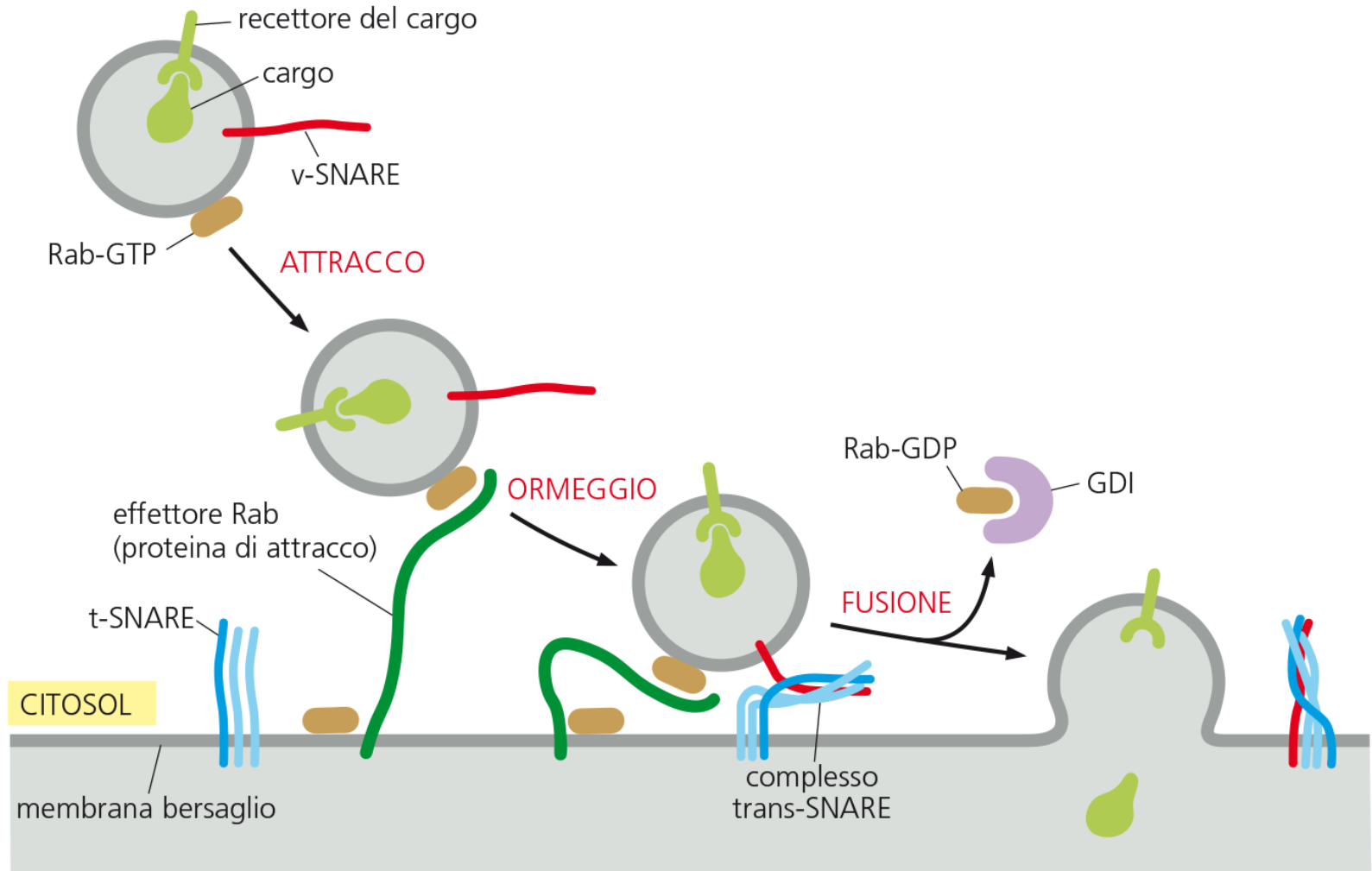


Indirizzamento delle vescicole verso un particolare compartimento

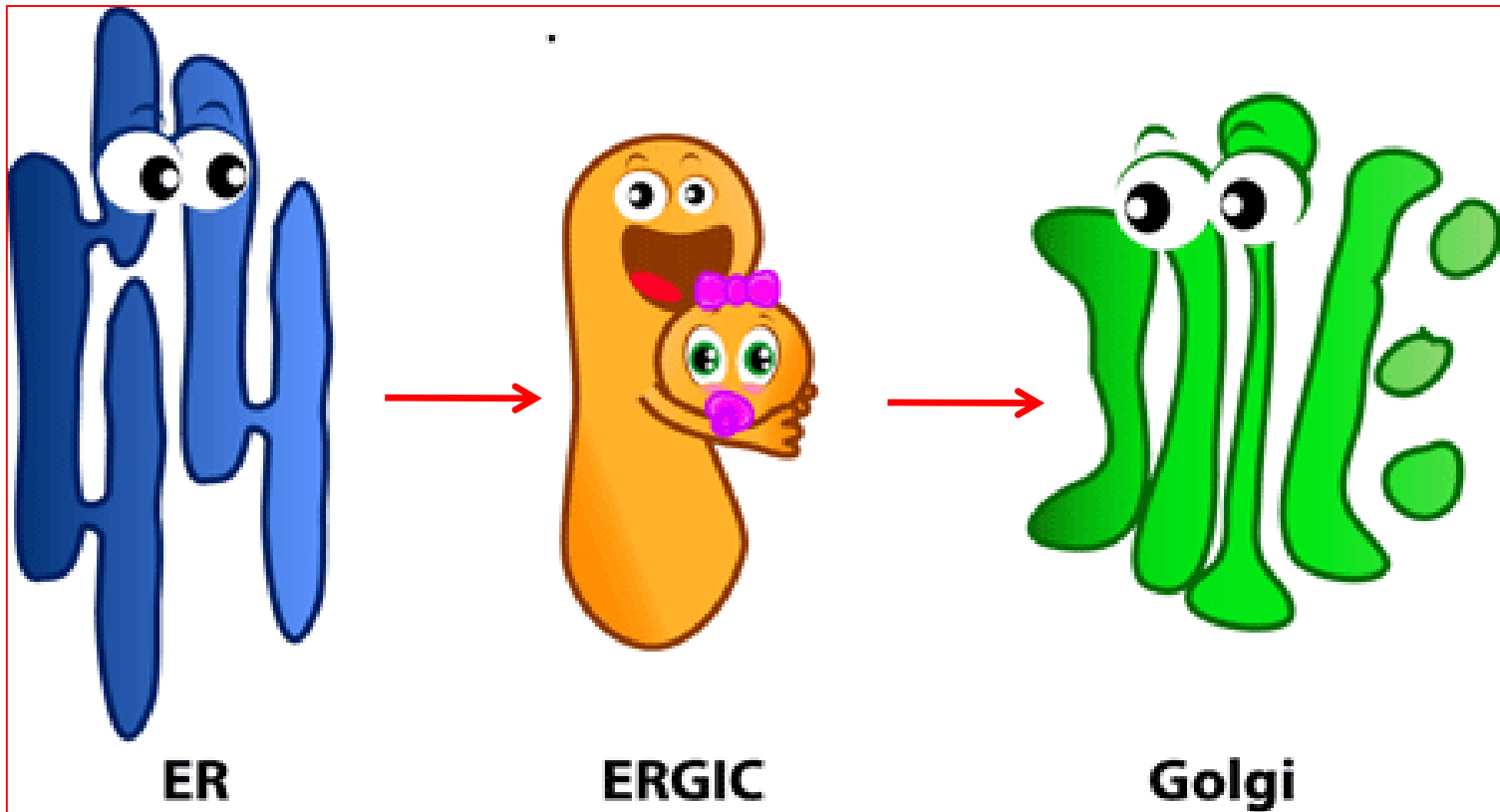
E' mediato da varie proteine:

- Le proteine Rab: piu' di 60 isoforme, sono G-proteine monomeriche. Ogni proteina Rab ha una localizzazione subcellulare precisa nella via secretoria ed endocitica. Si trovano sulle vescicole.
- Effettori di Rab: prendono contatto con Rab. Si trovano sulla membrana di destinazione.
- Le proteine SNARE: catalizzano le reazioni di fusione della membrana nel trasporto vescicolare: **v-SNARE** (presenti sulle membrane delle vescicole), **t-SNARE** (presenti sulle membrane bersaglio)

Indirizzamento delle vescicole verso un particolare compartimento

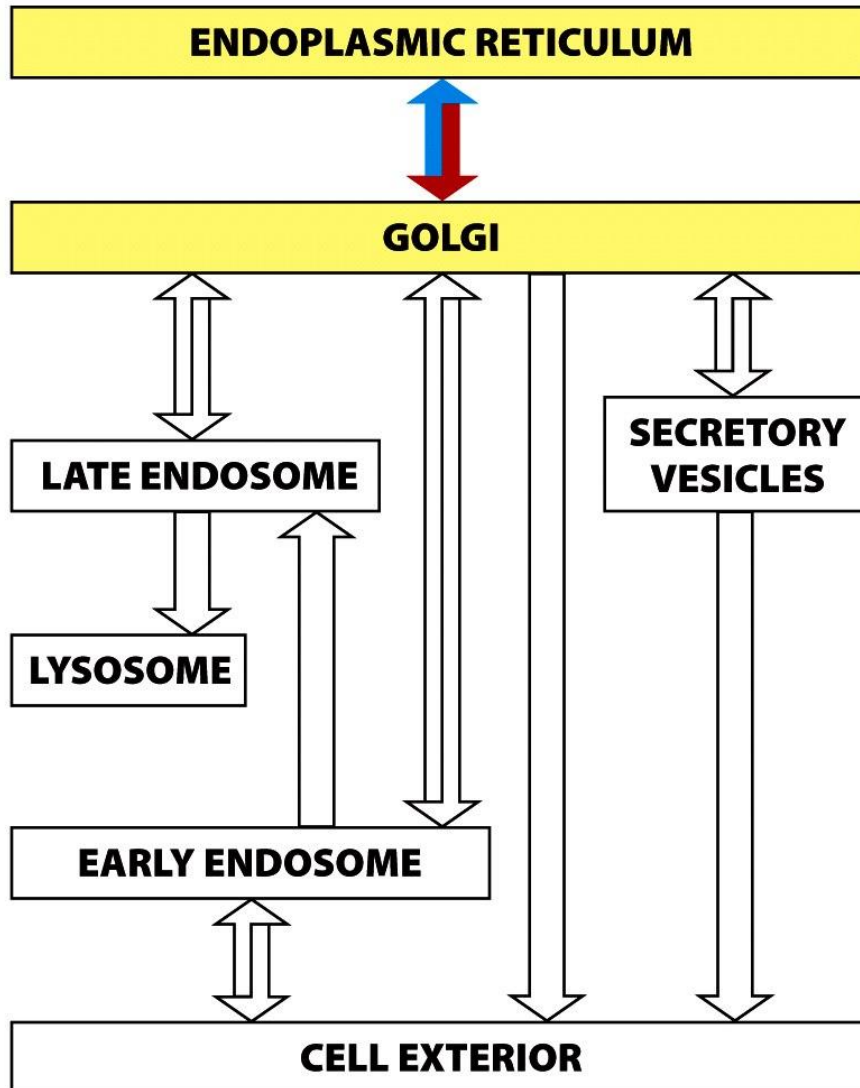


Dal RE al Golgi: la prima tappa del trasporto vescicolare



ERGIC:
Endoplasmic
Reticulum Golgi
Intermediate
Compartment

Il trasporto delle proteine dall'ER al Golgi



Proteine di nuova sintesi che entrano nella **via biosintetica-secretoria**, entrano dal **citofosoma** all'interno dell'**ER**. Da qui attraverso vescicole vanno ai vari **compartimenti del Golgi**, dove vengono via via modificate.

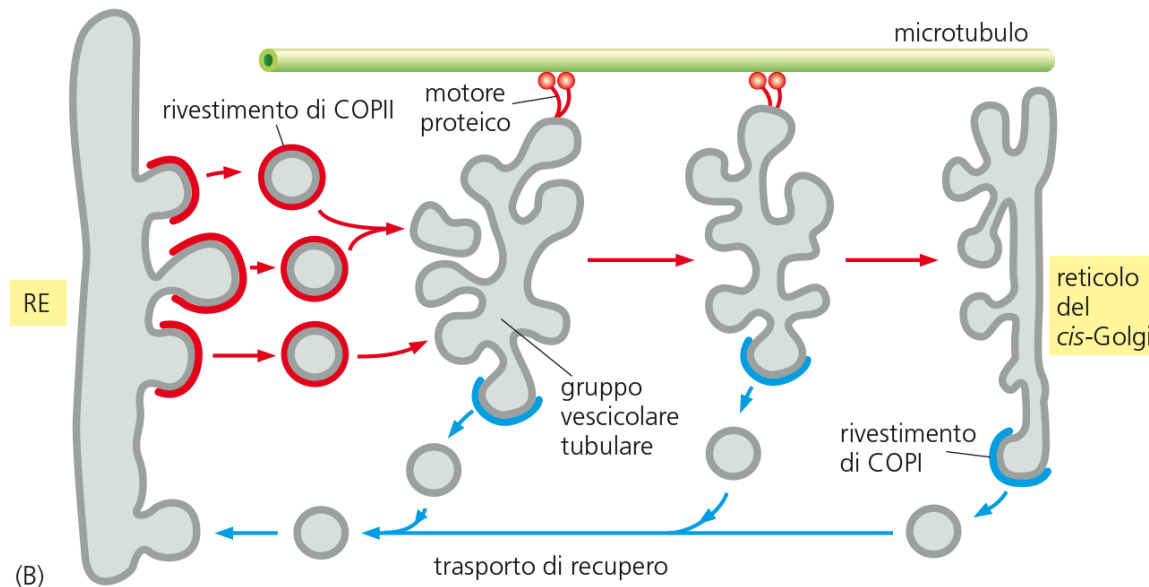
Il "trasporto in avanti" è bilanciato da un "trasporto all'indietro" (**via di recupero**), che serve a riportare proteine nel comparto di origine dove svolgono la loro funzione.

Il trasporto dall'ER al Golgi

Le vescicole che escono dall'ER si fondono tra loro, formando **gruppi vescicolari tubulari**: nuovo compartimento, separato dall'ER, che funziona da unità di trasporto dall'ER al Golgi, muovendosi lungo i microtubuli.

Dai gruppi vescicolari tubulari gemmano continuamente vescicole che riportano materiale all'ER (proteine residenti nell'ER, recettori del cargo): **via retrograda di recupero**. Le vescicole di recupero continuano a gemmare anche dal Golgi.

Le vescicole della **via biosintetico-secretoria** che partono dall'ER sono rivestite da COPII, quelle della **via di recupero** che partono dai gruppi vescicolari tubulari sono rivestite da COPI.



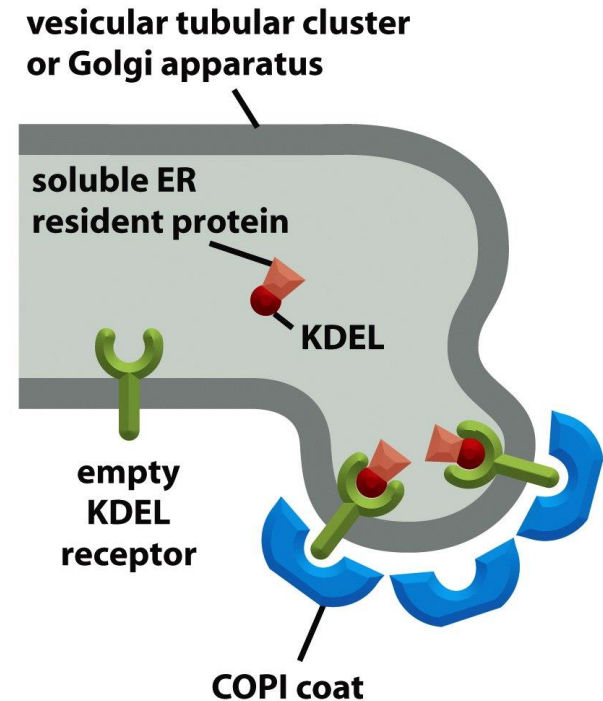
La via di recupero verso l'ER

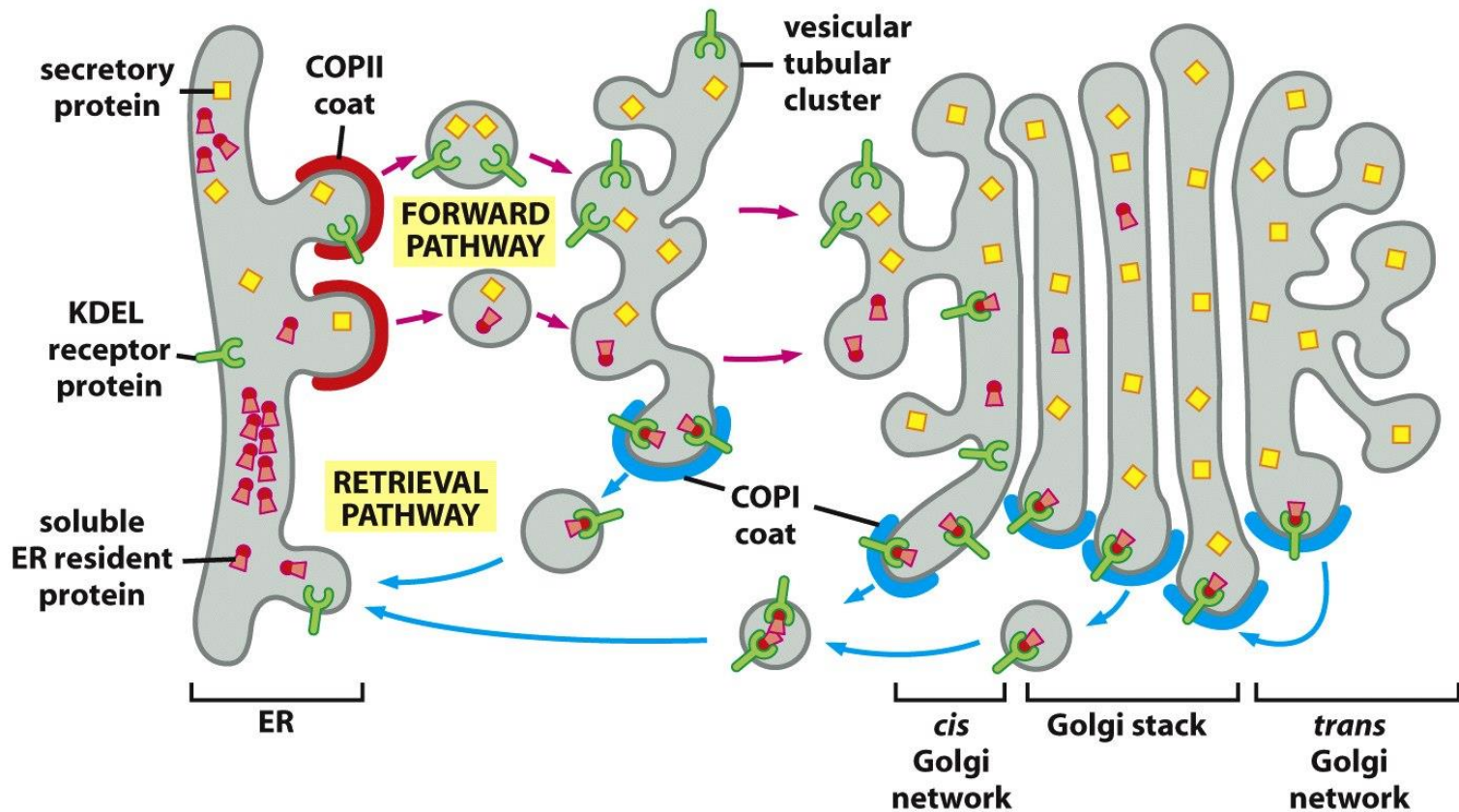
Le proteine che entrano a far parte delle vescicole di recupero devono presentare sequenze specifiche (**segnali di recupero all'ER**), che vengono riconosciute dalle proteine di rivestimento COPI.

KKXX (2 Lys e 2 AA qualunque) **all'estremità C-terminale**: per le proteine di transmembrana

Sequenza KDEL (Lys-Asp-Glu-Leu) **all'estremità C-terminale**: per le proteine solubili-

La sequenza **KKXX** si lega direttamente a **COPI**, mentre **KDEL** si deve legare a **recettori per KDEL** che poi interagiscono con **COPI**.





L'affinità del recettore per le sequenze KDEL deve essere diversa nell'ER e nei gruppi vescicolari tubulari e Golgi:

- alta affinità nei gruppi vescicolari tubulari e nel Golgi per catturare e riportare indietro proteine residenti nell'ER
- bassa affinità nell'ER per scaricare il suo cargo.

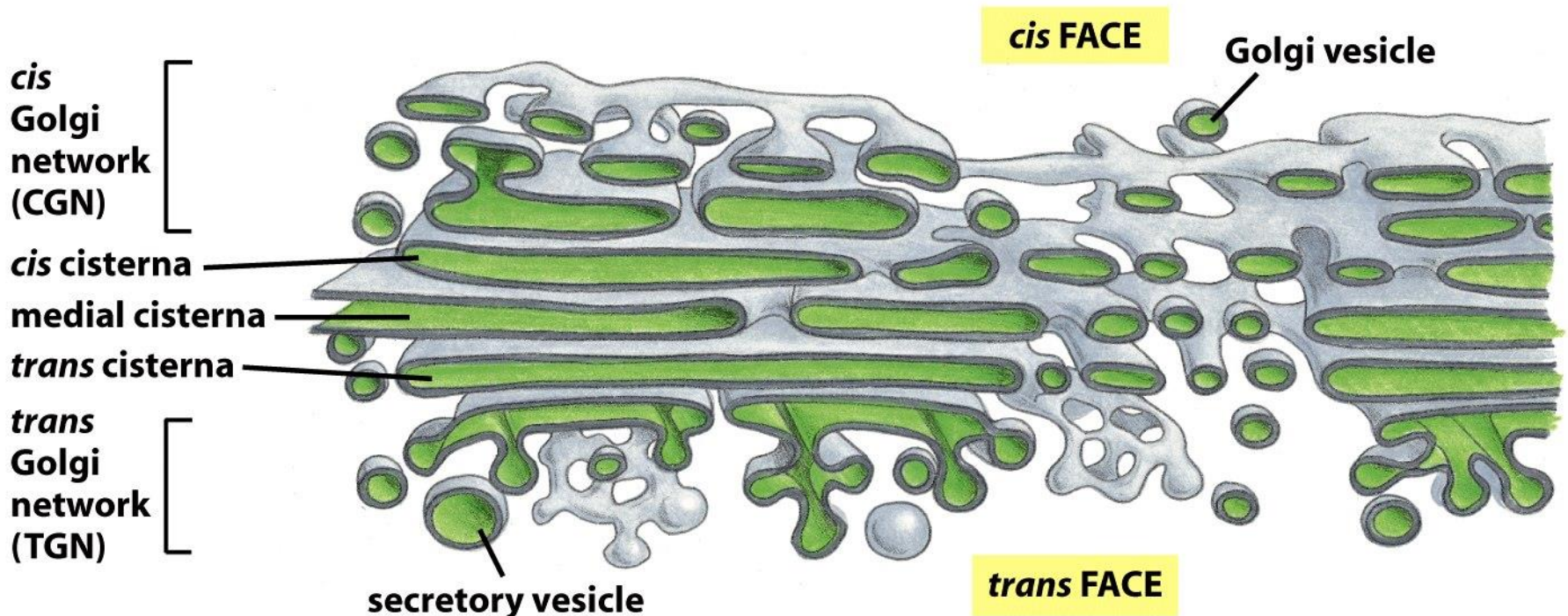
L'affinità del recettore è regolata dal pH.

Il Golgi è costituito da una serie ordinata di compartimenti

Il Golgi è formato da cisterne impilate. Ogni pila di cisterne ha 2 facce: faccia **cis** (di entrata) e faccia **trans** (di uscita).

I complessi vescicolari tubulari che provengono dall'ER formano il **reticolo del cis-Golgi (CGN)**.

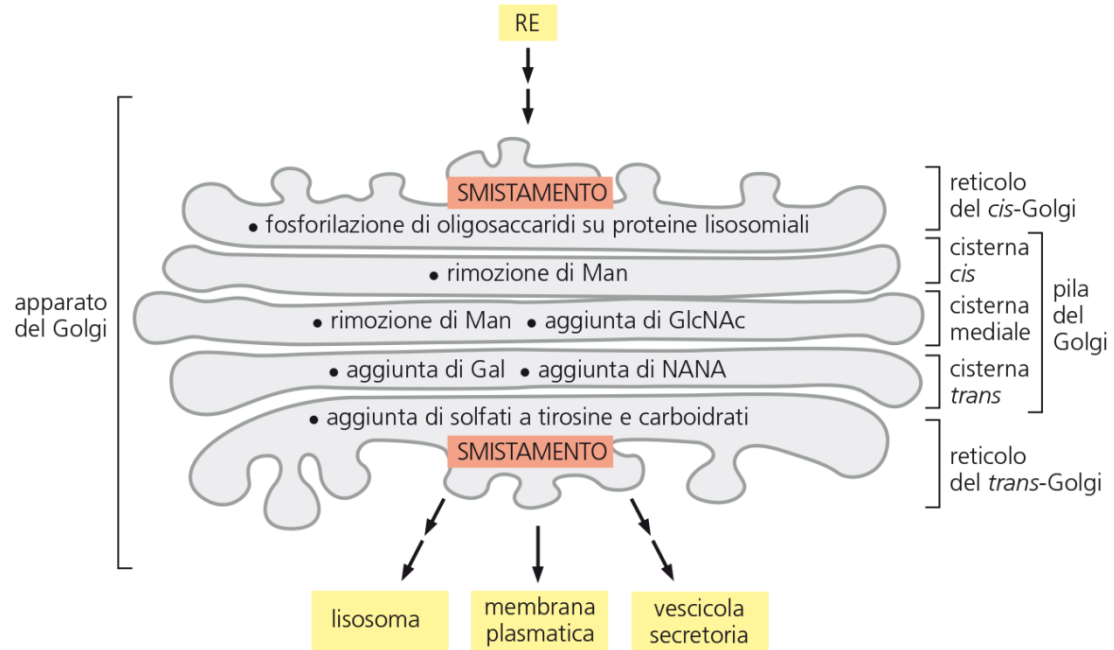
I complessi vescicolari tubulari che escono dal Golgi verso i lisosomi o la superficie cellulare formano il **reticolo del trans-Golgi (TGN)**.



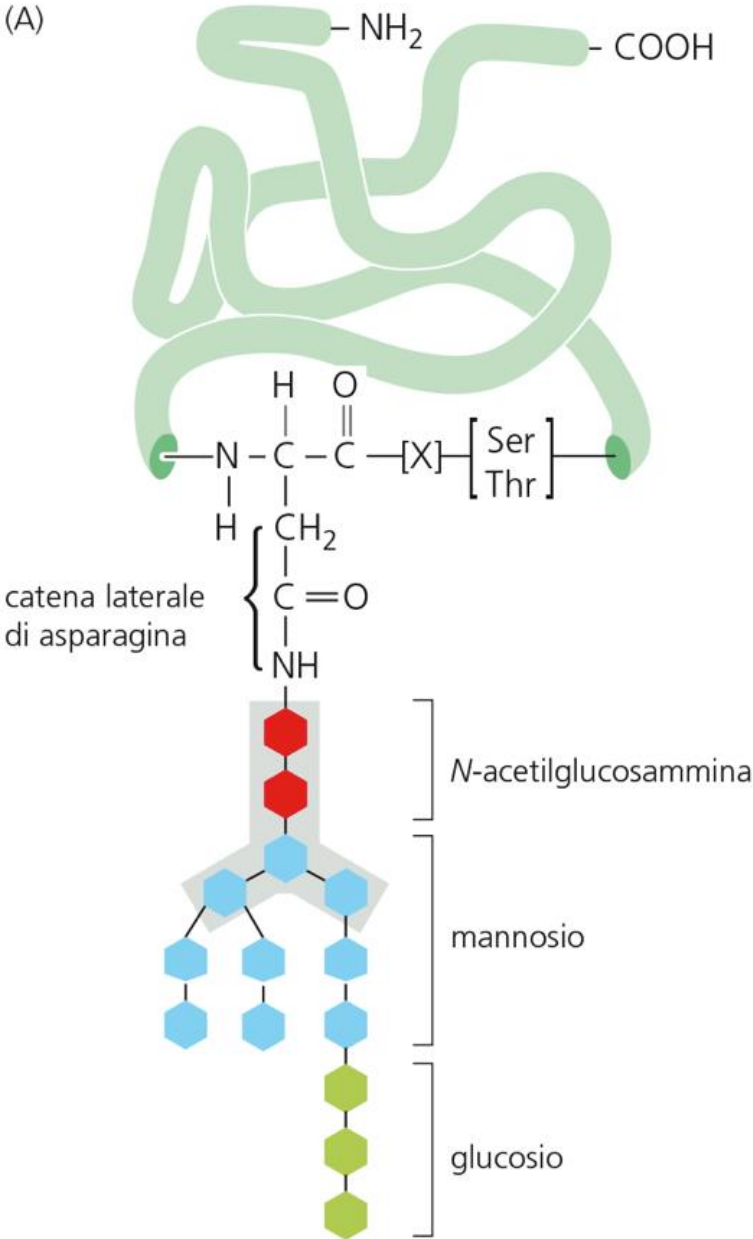
Il Golgi modifica le catene N-oligosaccaridiche delle proteine

Nel passaggio attraverso le varie pile del Golgi (CGN, cis, mediale, trans, TGN) le proteine provenienti dall'ER subiscono la modificazione della catena oligosaccaridica aggiunta nell'ER.

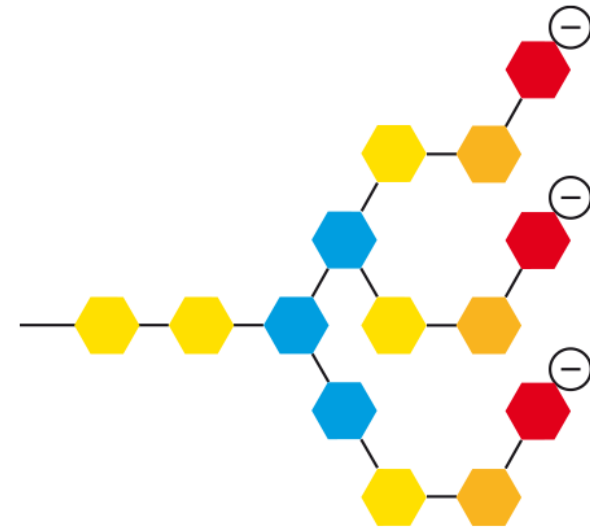
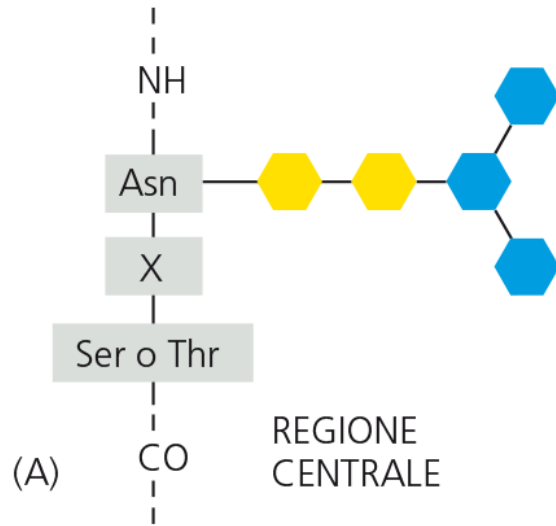
I passaggi di **modificazione della catena oligosaccaridica** avvengono secondo una sequenza organizzata. Ogni cisterna contiene un enzima specifico, separato fisicamente dagli enzimi che agiscono precedentemente e successivamente sulla catena: **compartimentazione funzionale dell'apparato di Golgi**.







N-glicosilazione nel reticolo endoplasmatico



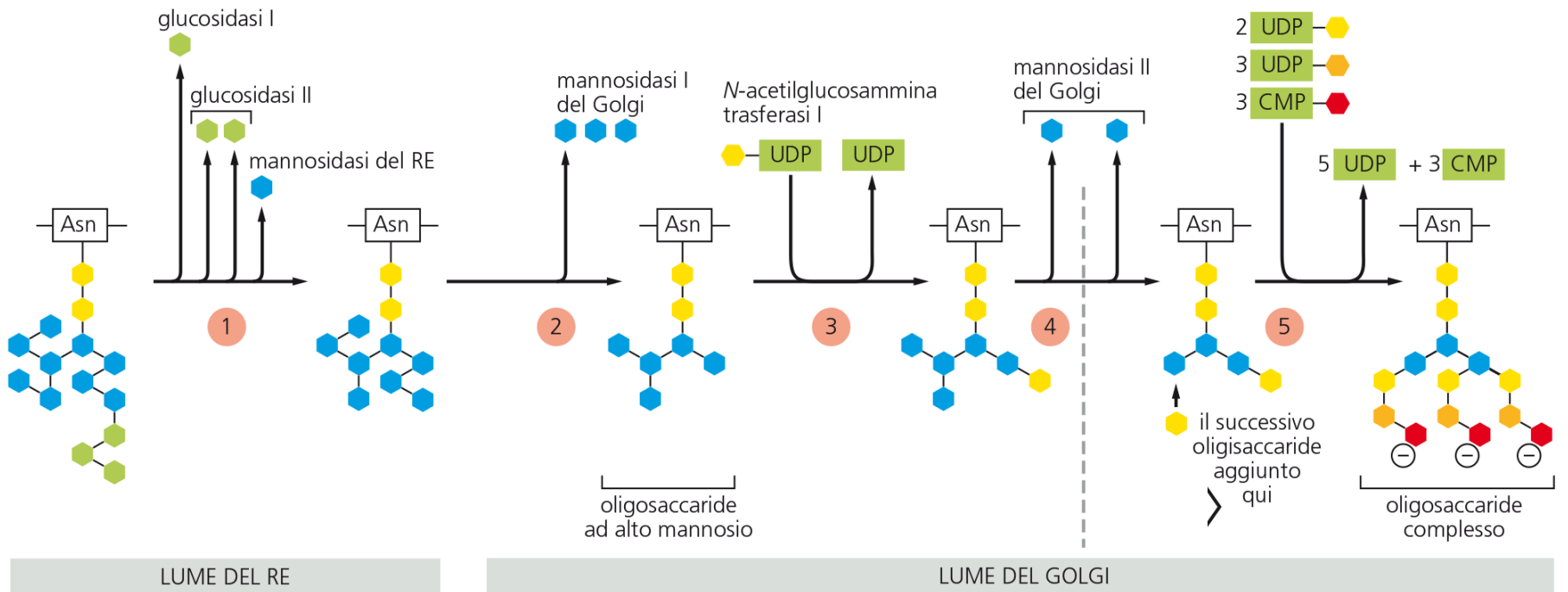
N-glicosilazione nel Golgi



LEGENDA

-  = N-acetilglucosammina (GlcNAc)
-  = mannosio (Man)
-  = galattosio (Gal)
-  = acido N-acetilneuramminico (acido sialico, o NANA)



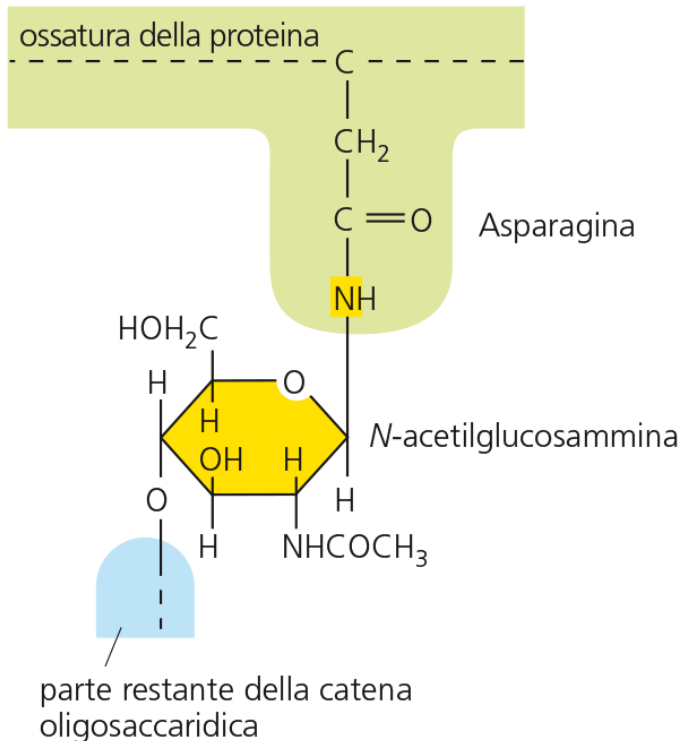


LEGENDA:
 ● = N-acetilglucosammina (GlcNAc) ● = mannosio (Man) ● = glucosio (Glc) ● = galattosio (Gal) ●⁻ = acido N-acetilneuramminico (acido sialico, o NANA)

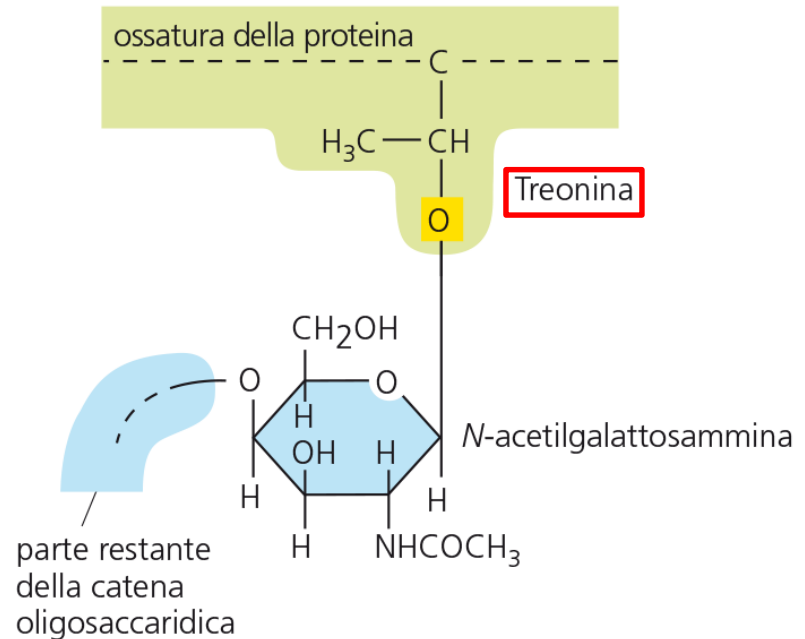
Il Golgi forma O-glicosilazioni sulle proteine

La O-glicosilazione è catalizzata da una serie di **glicosil-transferasi** che usano zuccheri legati a nucleotidi presenti nel lume del Golgi e li aggiungono in sequenza specifica alla catena in crescita (da pochi residui a più di dieci).

GLICOSILAZIONE LEGATA A N



GLICOSILAZIONE LEGATA A O

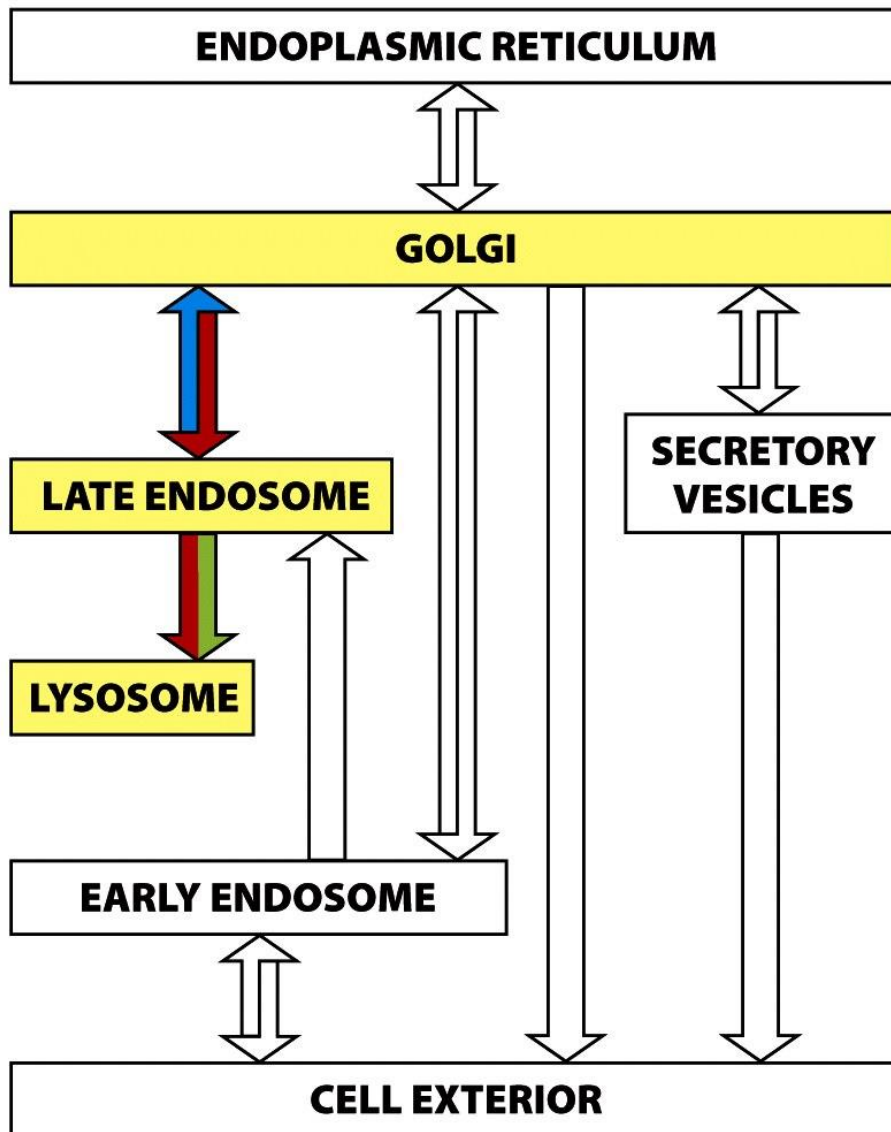


Le funzioni delle glicosilazioni delle proteine

La grande quantità di proteine glicosilate suggerisce un ruolo essenziale degli oligosaccaridi legati alle proteine:

- 1) La N-glicosilazione **promuove il ripiegamento delle proteine**
 - rende le proteine più solubili e ne previene l'aggregazione
 - stabilisce un codice che marca lo stato di ripiegamento della proteina e ne media il legame con gli chaperoni
- 2) Le catene oligosaccaridiche sporgono dalla superficie della proteina, creano ingombro sterico e sfavoriscono l'attacco da parte di proteasi: **regolano la stabilità della proteina**
- 3) Le glicoproteine che formano le secrezioni di muco delle cellule degli epitelii polmonare e intestinale (**mucine**), **proteggono da patogeni**

Il trasporto dal trans-Golgi ai lisosomi

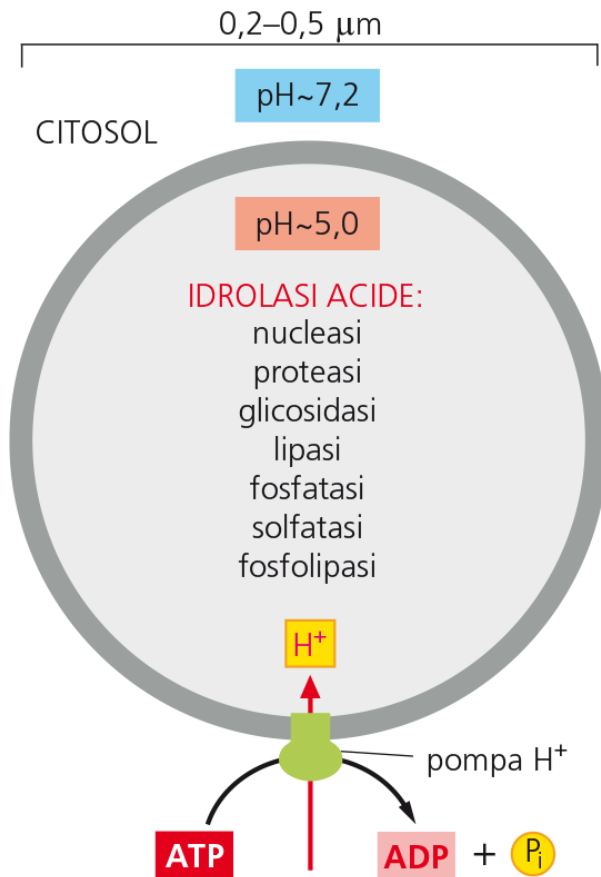


Una delle destinazioni delle proteine che escono dal trans-Golgi è il comparto lisosomale.

Lisosomi

Organuli specializzati nella digestione intracellulare controllata di macromolecole. Contengono un grosso numero di **enzimi idrolitici**: proteasi, glicosidasi, nucleasi, lipasi, fosfolipasi ecc....

Sono tutte idrolasi acide che per convertirsi in una forma attiva necessitano di un **taglio proteolitico** e richiedono un **ambiente acido** per funzionare (pH 4,5-5,0).



L'ambiente acido all'interno del lume del lisosoma è garantito da una **pompa protonica** di membrana che spinge gli H^+ dal citosol dentro il lisosoma contro gradiente di concentrazione sfruttando l'idrolisi dell'ATP come fonte di energia.

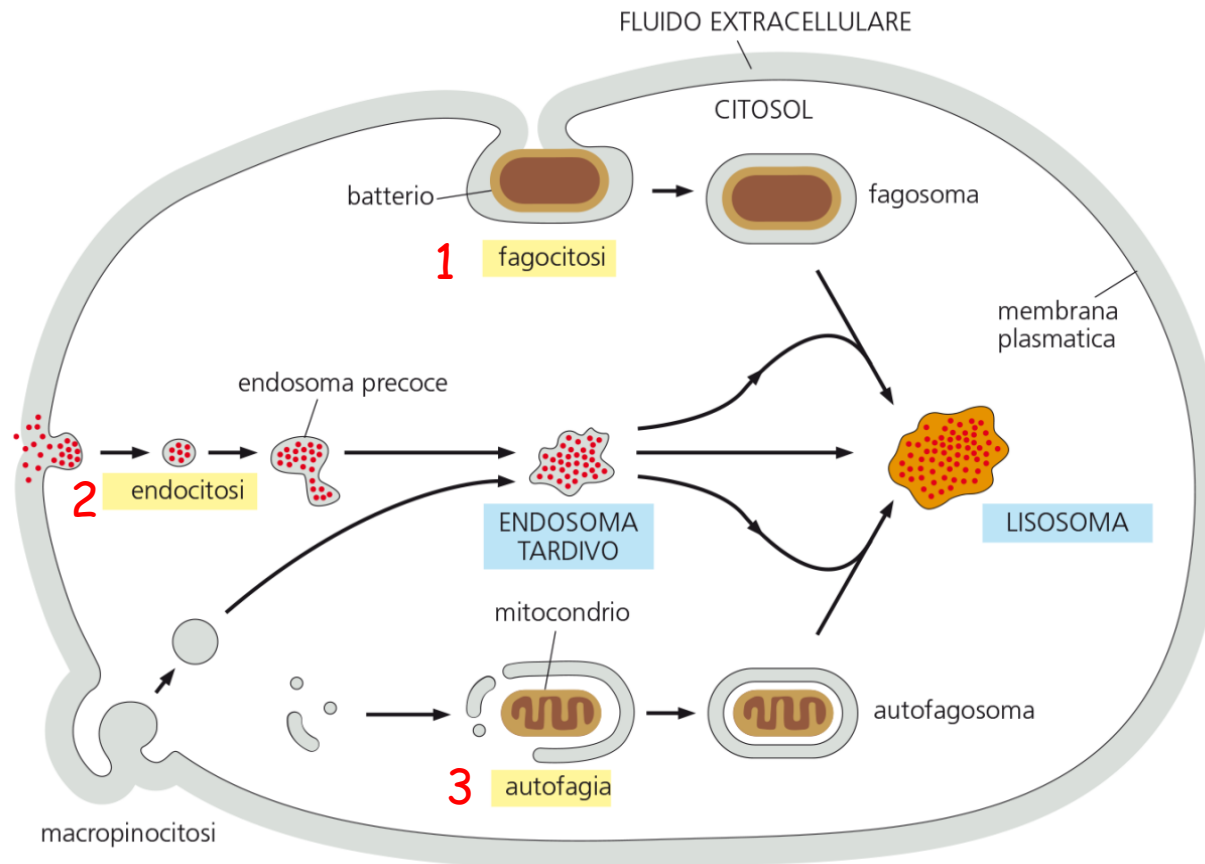
Vie multiple portano ai lisosomi

I lisosomi sono punti di incontro dove convergono molti flussi vescicolari:

- 1) vi arrivano vescicole dalla via biosintetica che trasportano nuove proteine enzimatiche: ER → Golgi → Lisosomi
- 2) vi arrivano vescicole dalla via endocitica (dalla membrana plasmatica) che trasportano materiale da digerire.

Il materiale da digerire può arrivare da 3 vie: **endocitosi**, **fagocitosi**, **autofagia**.

Endocitosi e fagocitosi sono processi che permettono la digestione di materiale proveniente dall'esterno. L'autofagia è un processo che permette di digerire materiale intracellulare (molecole o interi organuli).



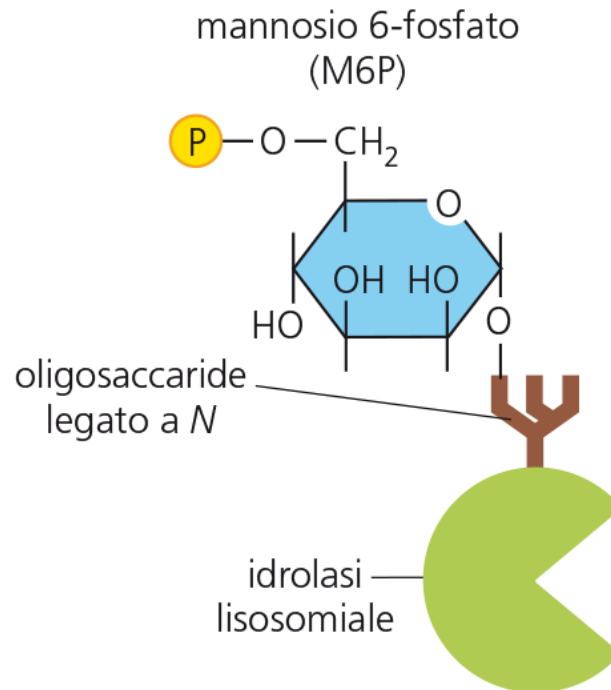
Trasporto di proteine ai lisosomi

Idrolasi lisosomali e proteine di membrana dirette al lisosoma provengono dall'ER e vengono trasportate fino al trans-Golgi.

Come vengono selezionate dal trans-Golgi le proteine per il lisosoma?

Per le idrolasi il marcatore è un **mannosio-6-fosfato (M6P)** aggiunto alle catene N-oligosaccaridiche legate nel cis-Golgi.

Il M6P viene aggiunto solo a proteine che presentano una specifica sequenza segnale.

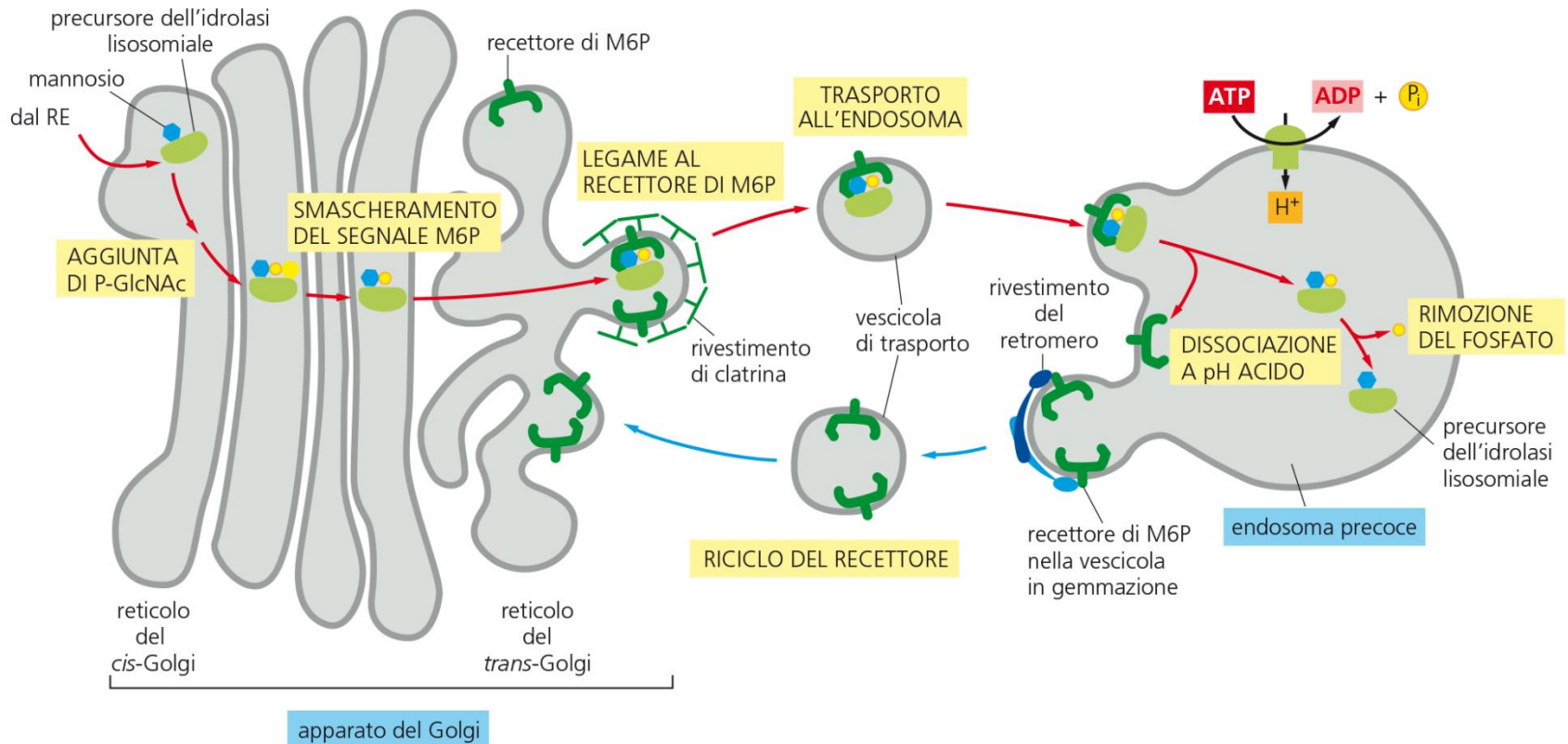


Trasporto di proteine ai lisosomi

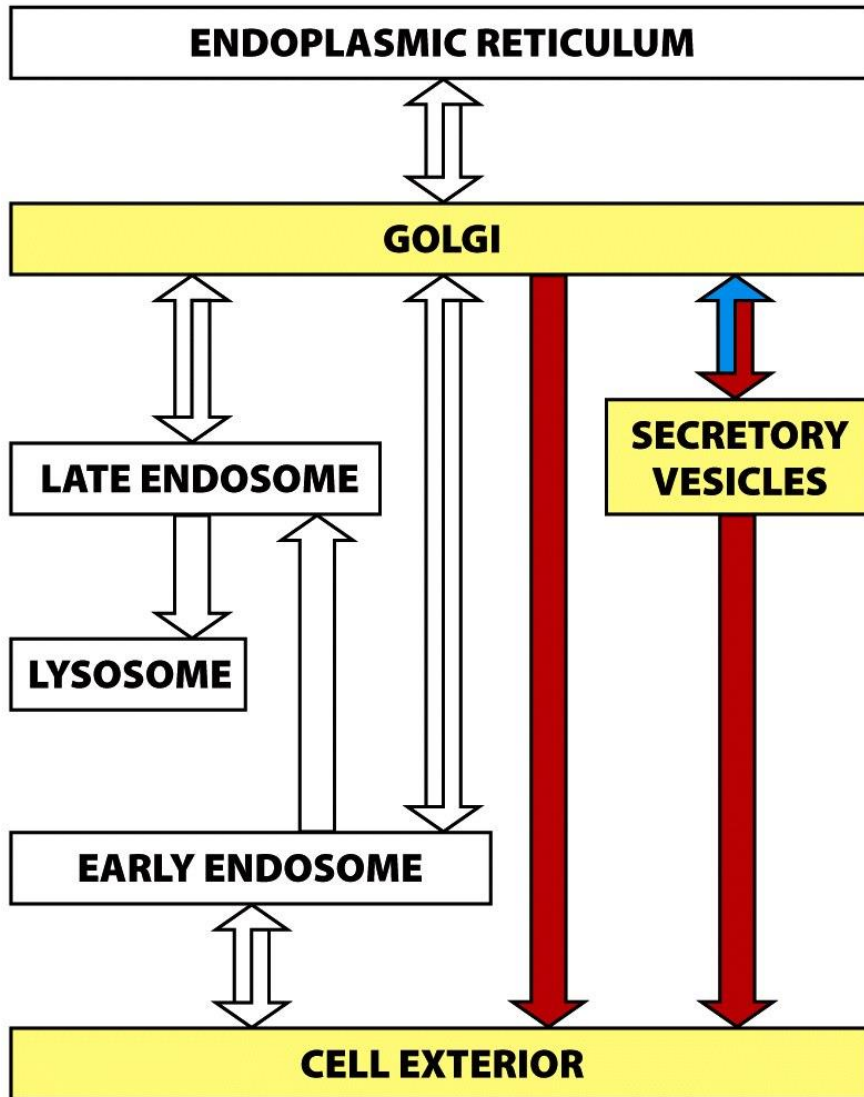
Il M6P è riconosciuto da **recettori per M6P** che a sua volta favoriscono l'assemblaggio delle vescicole rivestite di clatrina che partono dal trans-Golgi.

Il recettore per M6P lega l'oligosaccaride contenente M6P nel trans-Golgi e lo rilascia nell'endosoma precoce a causa della diminuzione di pH. Qui l'idrolasi acquisisce attività e il fosfato viene rimosso dal mannosio, impedendo la riassociazione al recettore.

Il recettore ricicla al trans-Golgi mediante la via di recupero.



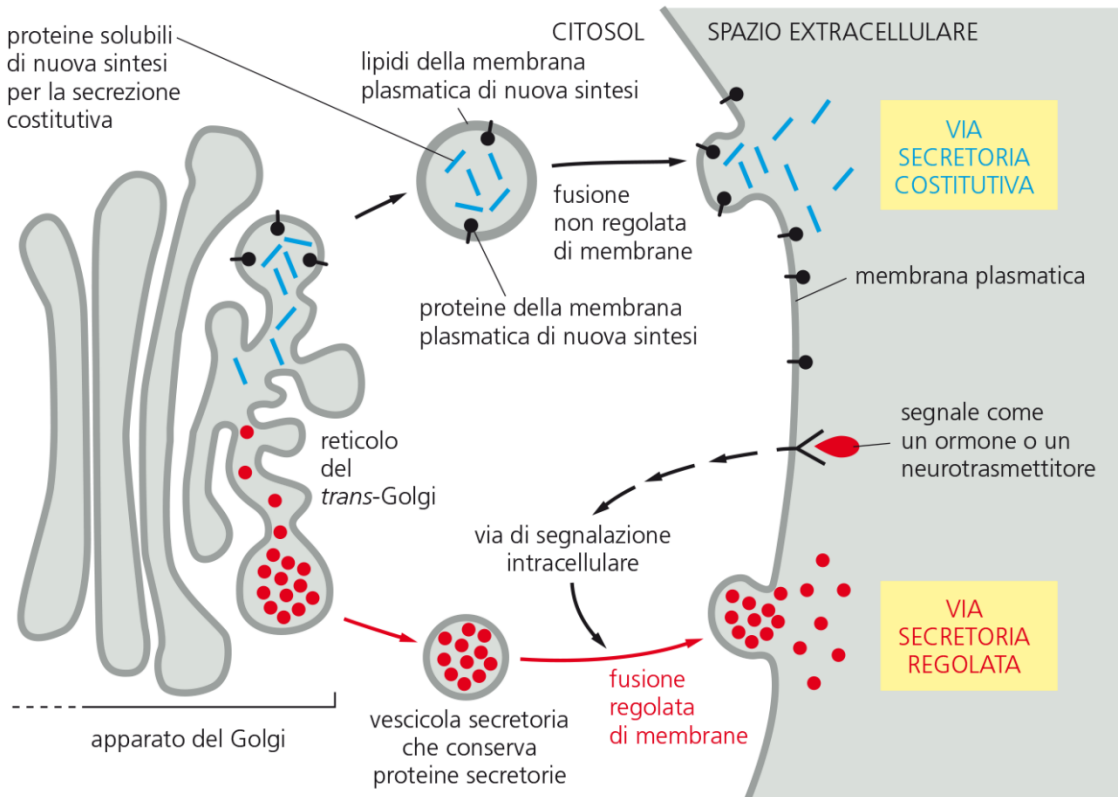
Il trasporto dal trans-Golgi all'esterno: esocitosi



Le vescicole che si originano dal trans-Golgi, oltre a confluire nei lisosomi, possono essere dirette alla membrana plasmatica: **esocitosi**.

Le proteine e i lipidi di membrana forniscono nuovi componenti per la membrana plasmatica, il contenuto solubile viene secreto all'esterno.

Il trasporto dal *trans*-Golgi all'esterno della cellula: l'esocitosi

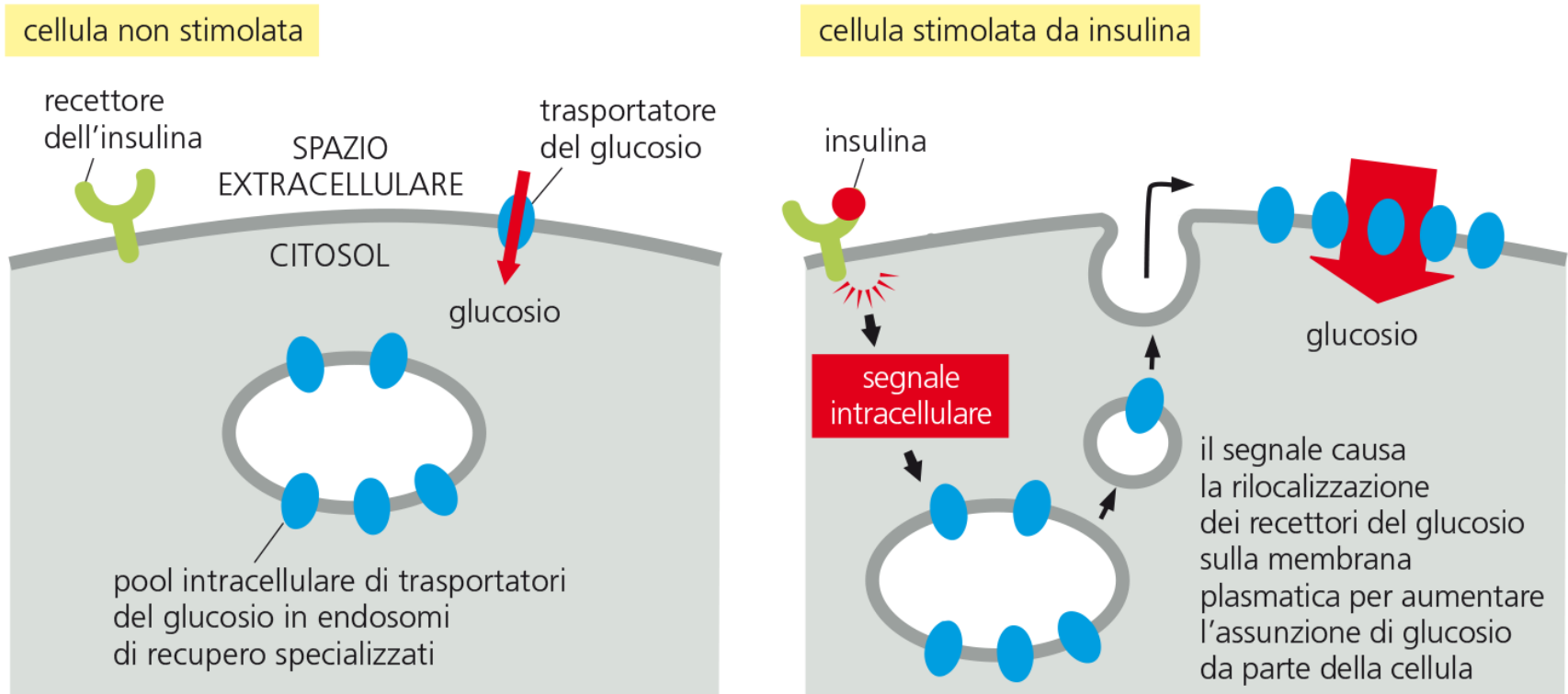


Nella **secrezione costitutiva** le proteine costituenti i prodotti di secrezione vengono immediatamente trasferite all'esterno attraverso le vescicole di secrezione che vanno a fondersi con la membrana plasmatica. La secrezione costitutiva è continua e fornisce, per esempio, proteine di nuova sintesi alla membrana plasmatica nel caso in cui questa deve crescere di dimensioni per poi dividersi.

Nella **secrezione regolata** le proteine vengono conservate nelle vescicole di secrezione che la cellula può accumulare in prossimità della membrana finché un appropriato stimolo non ne induce la secrezione.

La via secretoria regolata

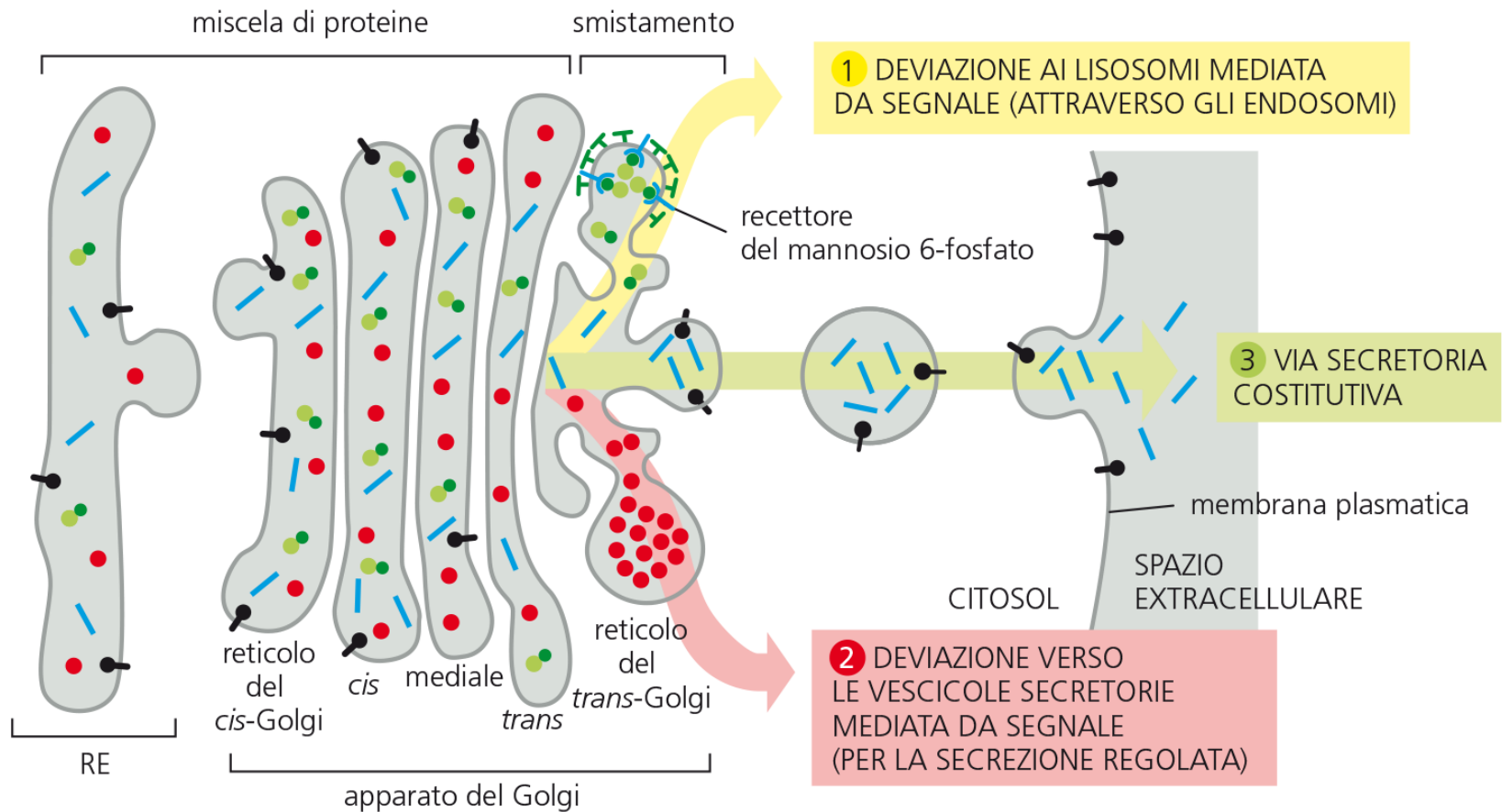
Il trasportatore del glucosio GLUT4 regolato da insulina nelle cellule muscolari scheletriche e negli adipociti



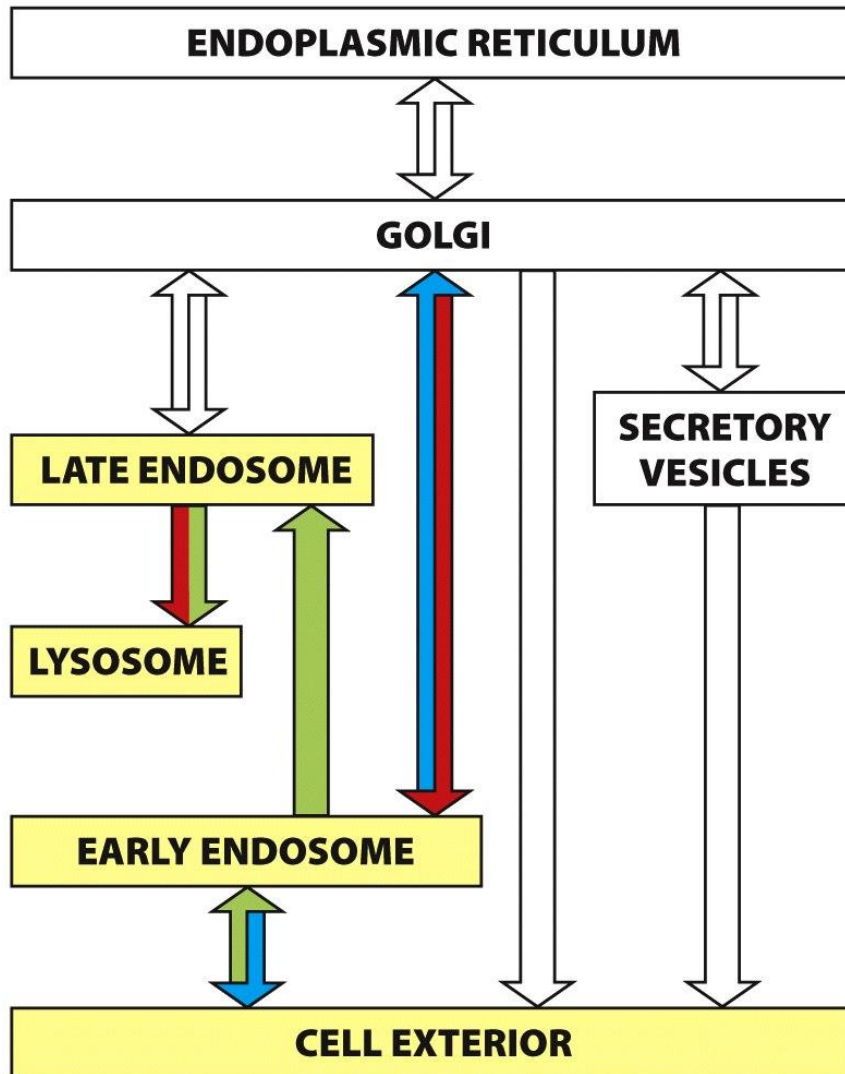
Le 3 vie di smistamento dal trans-Golgi

Dal trans-Golgi, le proteine possono essere indirizzate:

- 1) Ai lisosomi (etichettate da M6P)
- 2) Alla via secretoria regolata (etichetta specifica)
- 3) Alla via secretoria costitutiva (nessuna etichetta): **via di default**



Il trasporto dalla membrana plasmatica all'interno della cellula: endocitosi



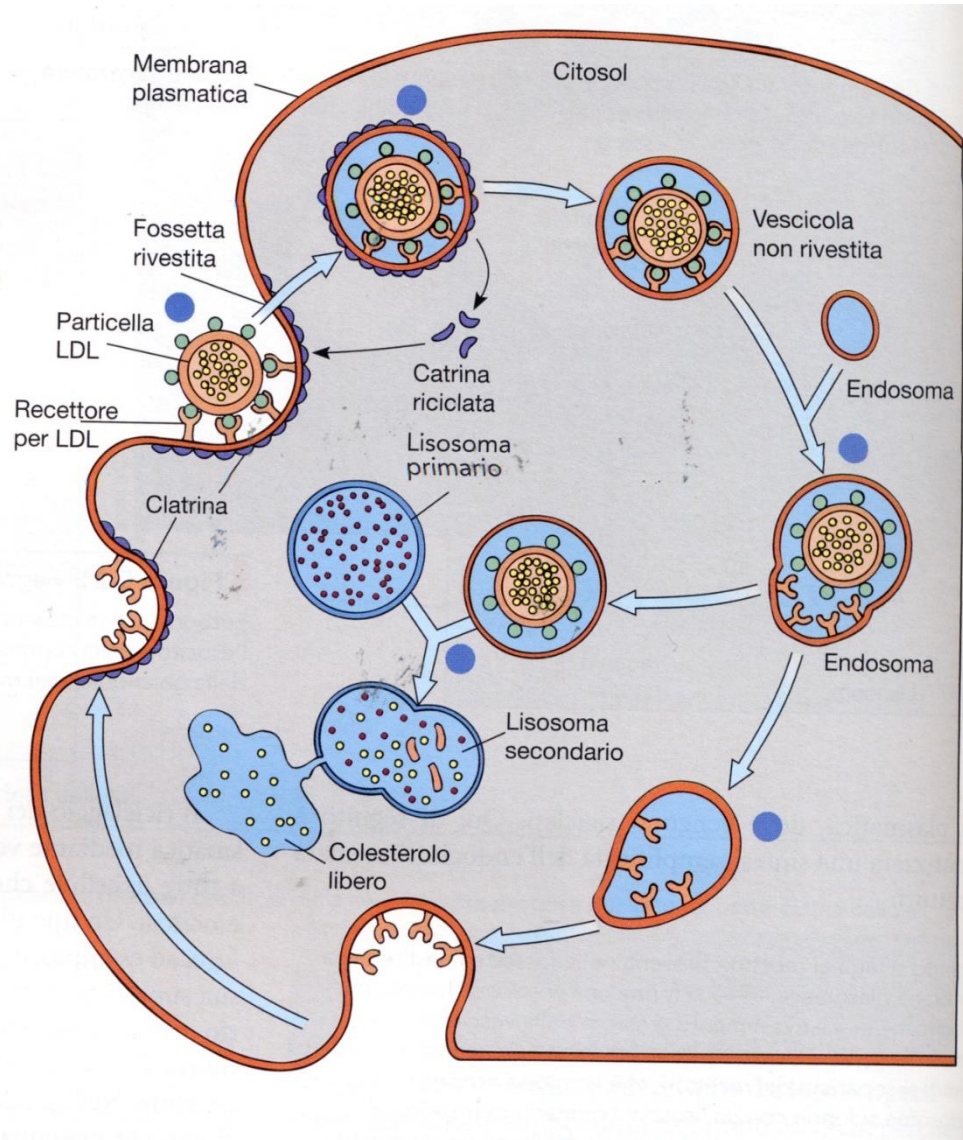
Le vescicole che inglobano materiale proveniente dall'esterno e si staccano dal plasmalemma si chiamano **vescicole endocitiche**

fagosomi:
il materiale inglobato è >250nm (microrganismi, cellule morte, cellule senescenti)
FAGOCITOSI
Fagociti professionisti:
macrofagi, neutrofili

Vescicole pinocitiche:
il materiale inglobato è ~100nm (fluidi e soluti)
PINOCITOSI
"bere a livello cellulare"

Endocitosi mediata da recettore: l'endocitosi del colesterolo

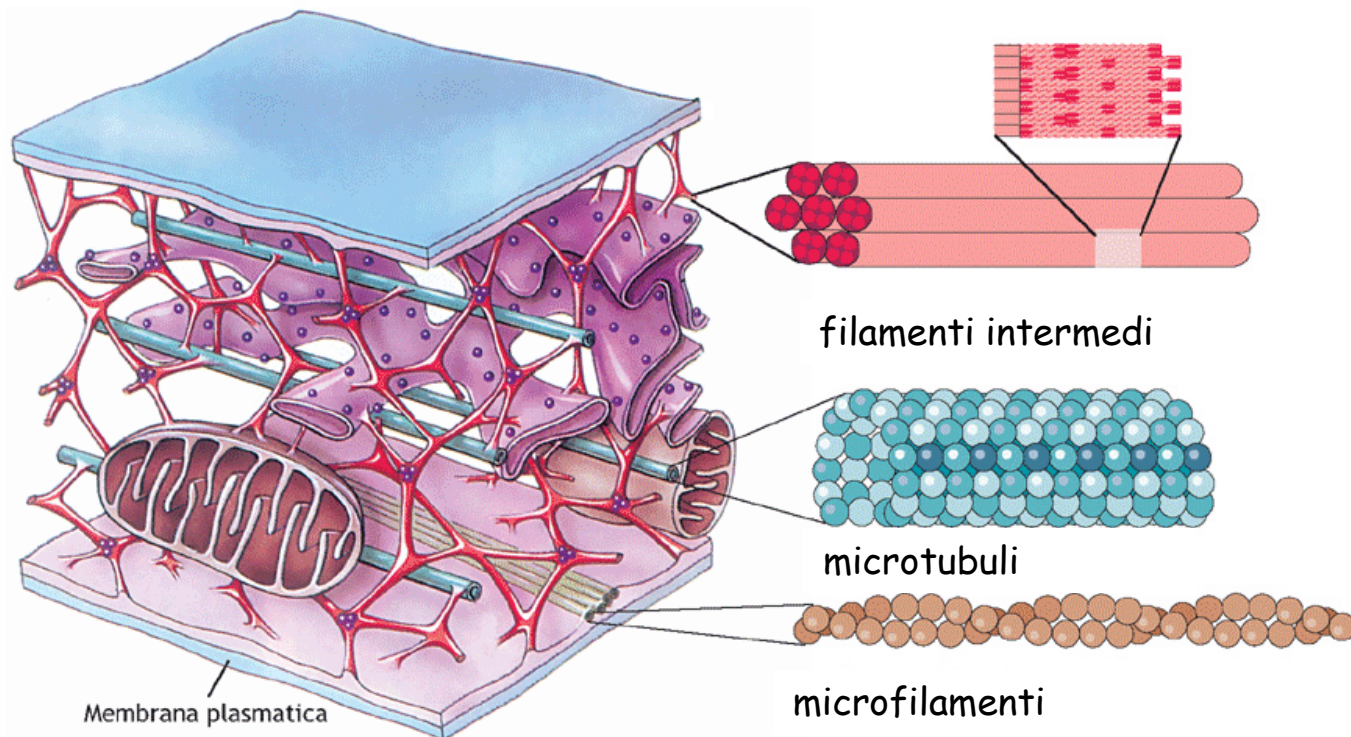
- La LDL si attacca a recettori specifici che si trovano nelle fossette rivestite della membrana plasmatica.
- L'endocitosi porta alla formazione di una vescicola rivestita nel citosol. Qualche secondo dopo, il rivestimento viene rimosso.
- La vescicola non rivestita si fonde con un endosoma.
- I recettori vengono riciclati e ritornano sulla membrana plasmatica.
- La vescicola contenente le LDL si fonde con un lisosoma per formare un lisosoma secondario. Gli enzimi idrolitici rilasciano quindi dalle LDL il colesterolo, che viene poi utilizzato dalla cellula.



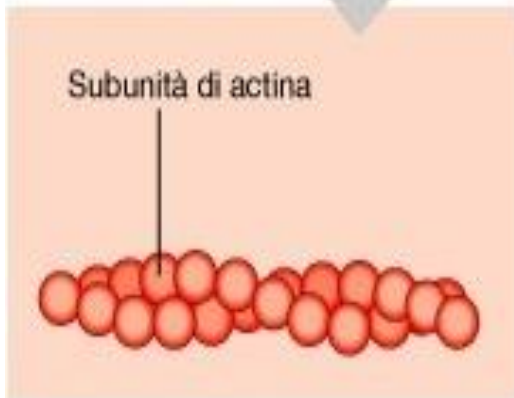
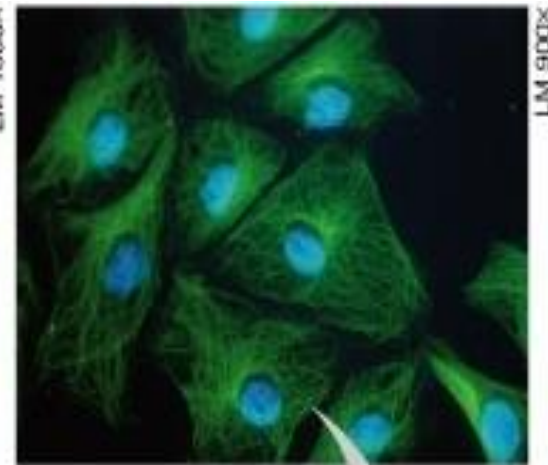
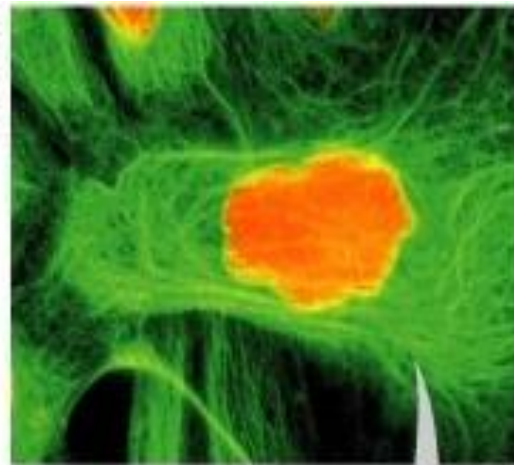
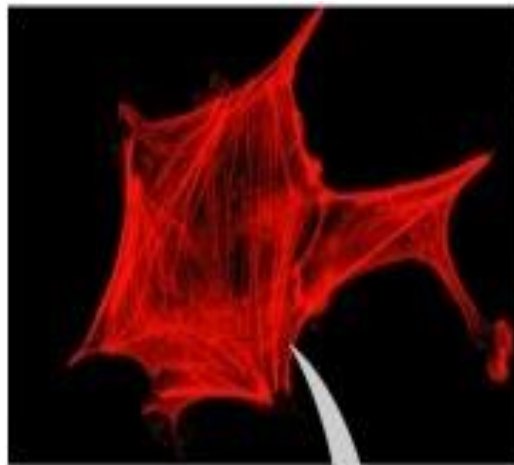
Lo scheletro proteico della cellula: il citoscheletro

Il citoscheletro è un sistema di filamenti interni alla cellula che consente alle cellule di riorganizzare i propri compartimenti interni, di cambiare forma e di muoversi, in risposta a cambiamenti dell'ambiente esterno.

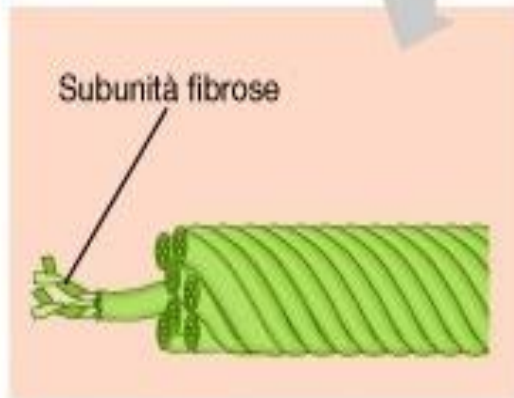
E' costituito da 3 tipi principali di filamenti.



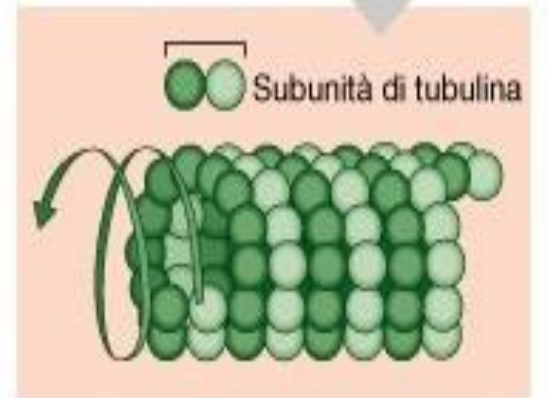
Ogni tipo di filamento è formato da una proteina diversa



(a) Microfilamento



(b) Filamento intermedio

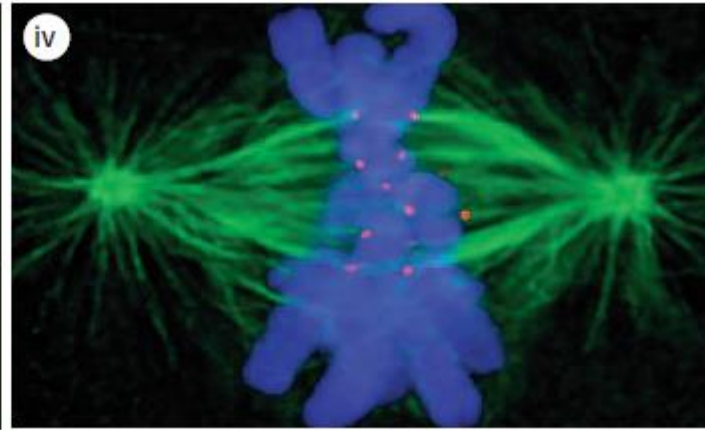
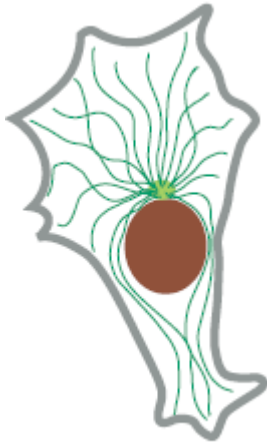


(c) Microtubulo

Ruolo dei filamenti citoscheletrici

Microtubuli

Si dispongono come una raggiera che parte dal centro della cellula. Sono i responsabili della formazione del **fuso mitotico**, formano i binari per il **traffico di organuli e vescicole**, permettono la formazione di estrusioni cellulari dette **ciglia e flagelli**.

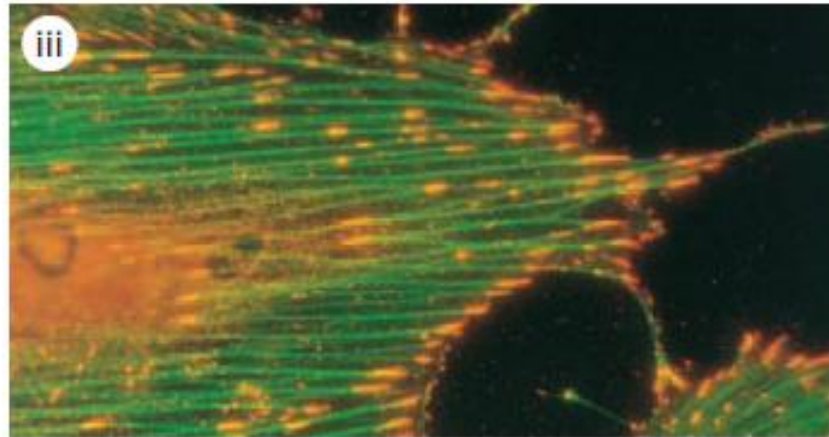
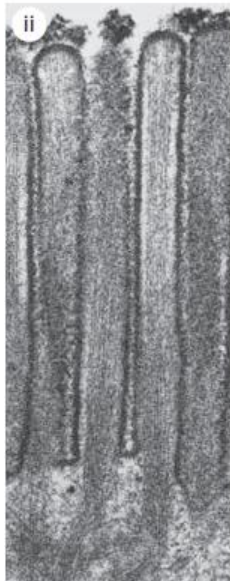
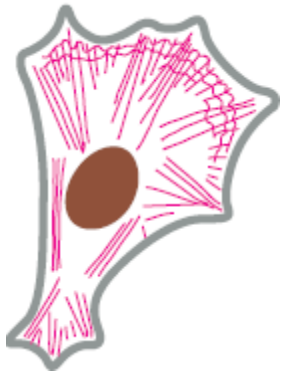


Ruolo dei filamenti citoscheletrici

Filamenti di actina

Sono situati sotto la membrana plasmatica e forniscono resistenza e forma alla membrana.

Sono i responsabili della formazione dell'**anello contrattile** durante la divisione cellulare, della formazione di proiezioni cellulari come **filopodi e lamellipodi**, e **microvilli** sulle cellule epiteliali dell'intestino.

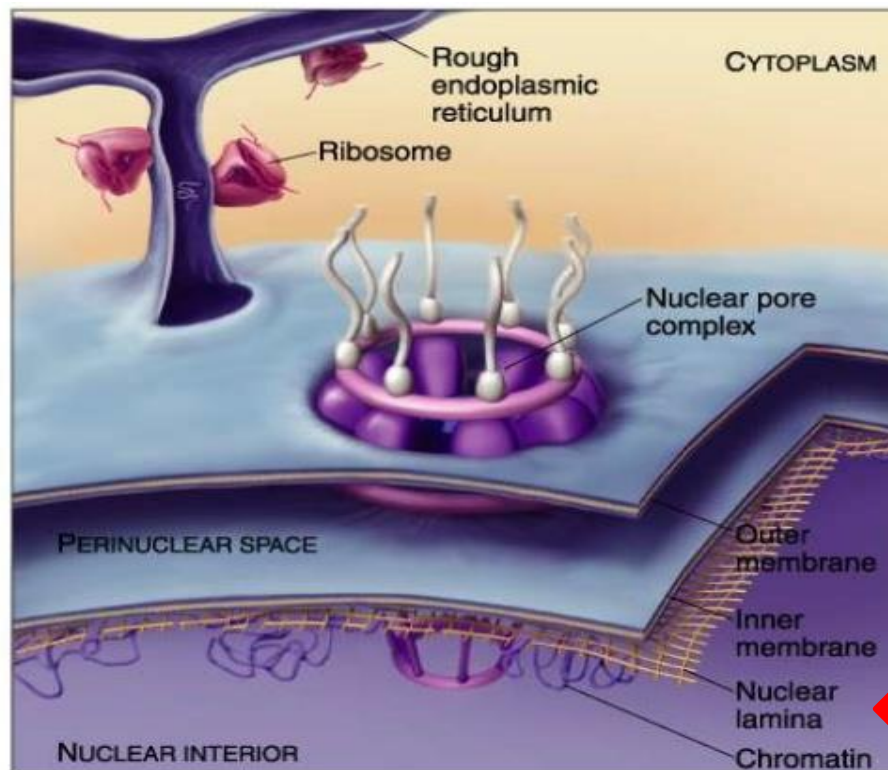


Ruolo dei filamenti citoscheletrici

Filamenti intermedi

Rivestono la faccia interna dell'involucro nucleare formando una gabbia protettiva per il DNA (**lamina nucleare**), mentre nel citosol formano robusti cavi che danno resistenza meccanica alla cellula.

Lamina nucleare: costituita da una rete proteica formata da lamina (tipo A, B o C). Forma un'impalcatura che conferisce la forma del nucleo.

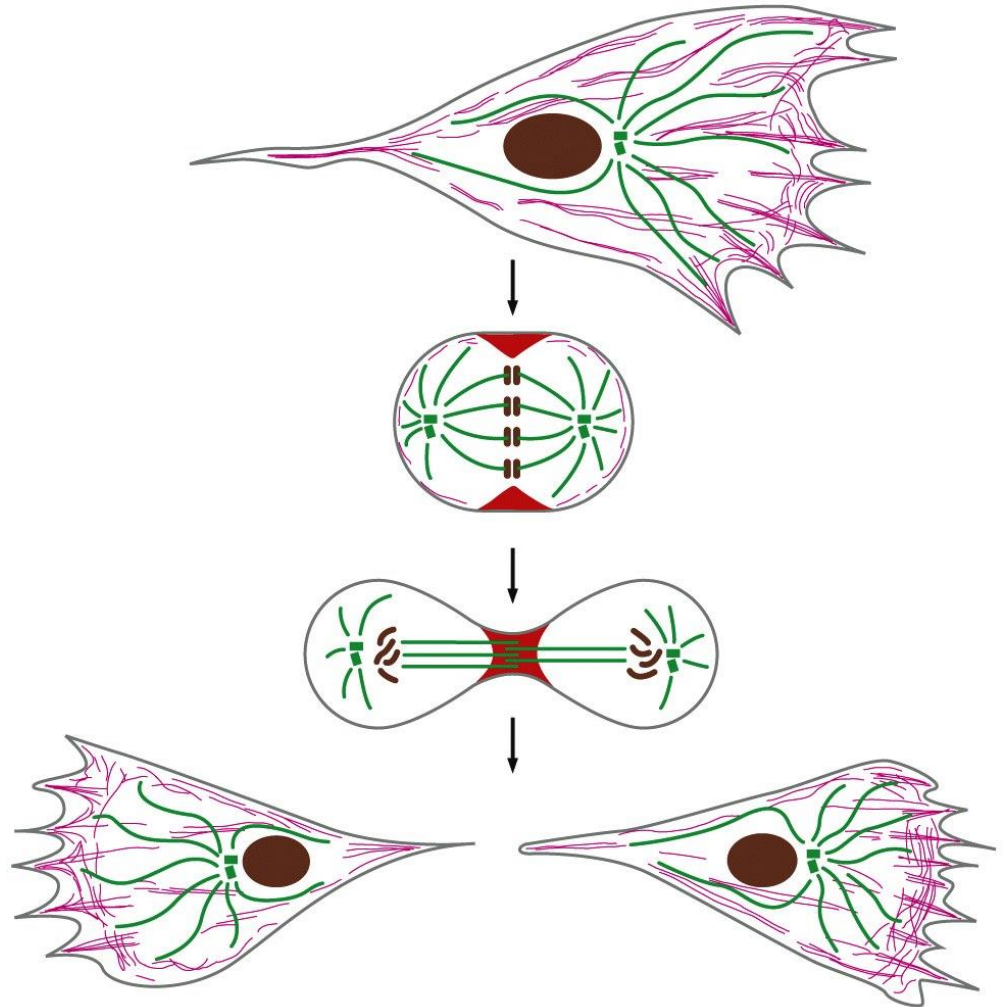


Esempio di rapida riorganizzazione del citoscheletro: la divisione cellulare

Il fibroblasto ha un citoscheletro di **actina** polarizzato che forma il bordo avanzante della cellula. I **microtubuli** si originano dal centro della cellula e si irradiano alla periferia.

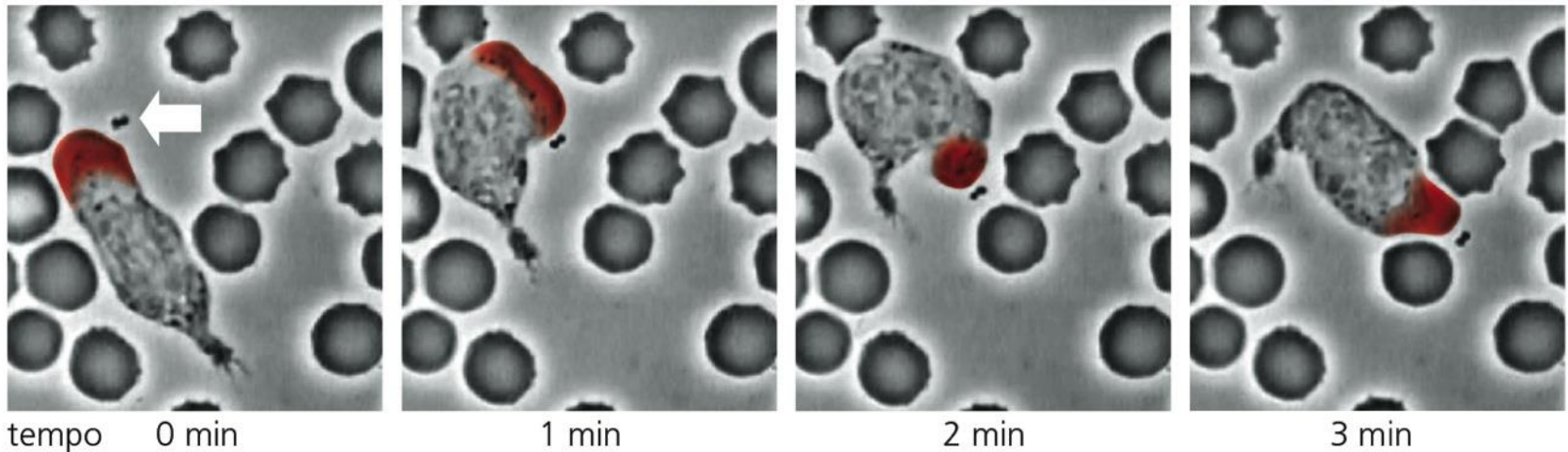
Quando la cellula si divide i **microtubuli** si riorganizzano a formare il **fuso mitotico**, mentre i **filamenti di actina** danno origine all'**anello contrattile**.

Al termine della divisione le 2 cellule figlie riorganizzano il loro citoscheletro tornando alla situazione iniziale.



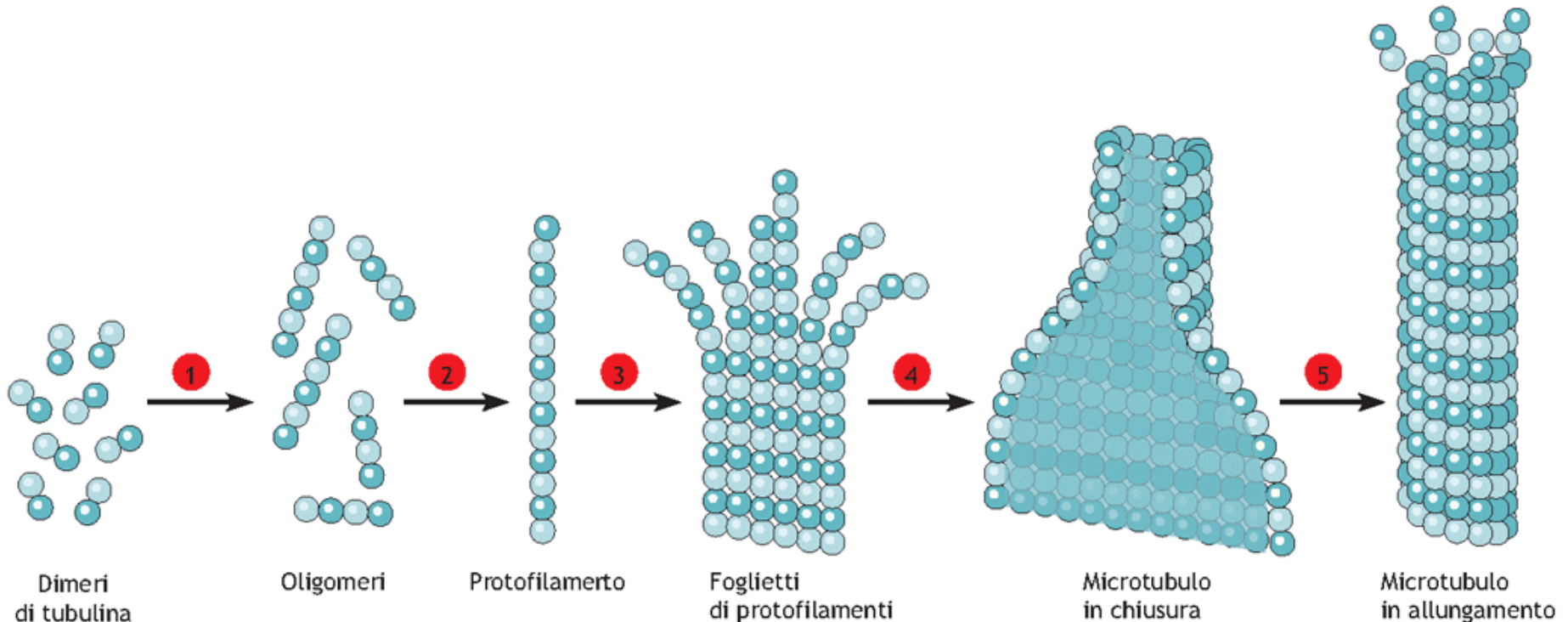
Esempio di rapida riorganizzazione del citoscheletro: neutrofili che "inseguono" i batteri

Il neutrofilo striscia estendendo una struttura formata da **filamenti di actina** che protrude dal bordo anteriore. Quando il batterio cambia direzione, il neutrofilo riorganizza rapidamente la sua struttura polarizzata.



I microtubuli

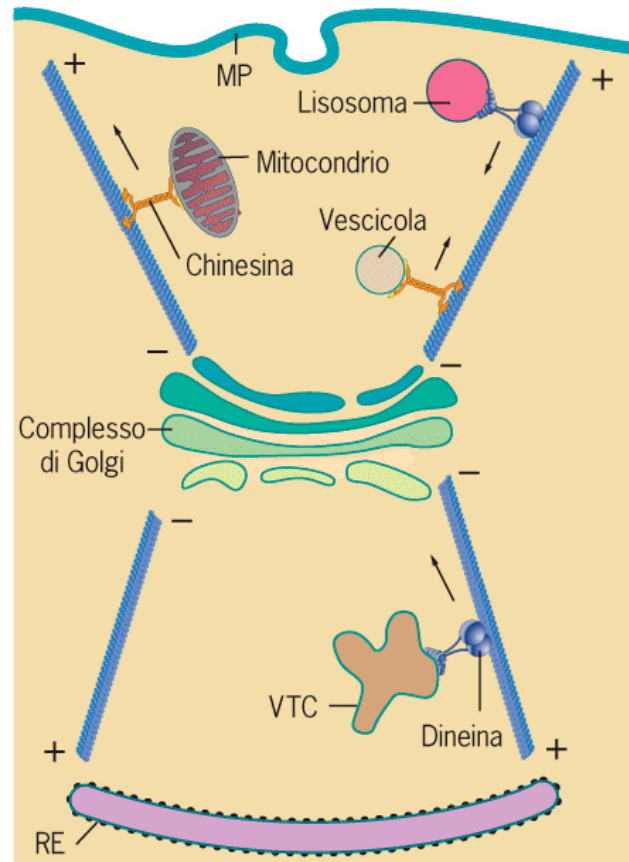
I microtubuli sono strutture cilindriche rigide e cave, formate da 13 protofilamenti. Ogni protofilamento è formato da subunità di **tubulina**: eterodimero formato da **α -tubulina** e **β -tubulina**. Entrambe legano **GTP**, ma solo il **GTP legato a β -tubulina** viene idrolizzato. Quello legato a α -tubulina non è mai idrolizzato e resta come parte integrante della molecola.



Chinesina e dineina cooperano per il trasporto di vescicole e organuli lungo i microtubuli

I **movimenti centripeti** (dalla periferia al centro) richiedono l'azione della **dineina**, proteina motrice che si dirige verso le estremità meno.

I **movimenti centrifughi** (dal centro verso la periferia) richiedono l'azione della **chinesina**, proteina motrice che si dirige verso le estremità più.

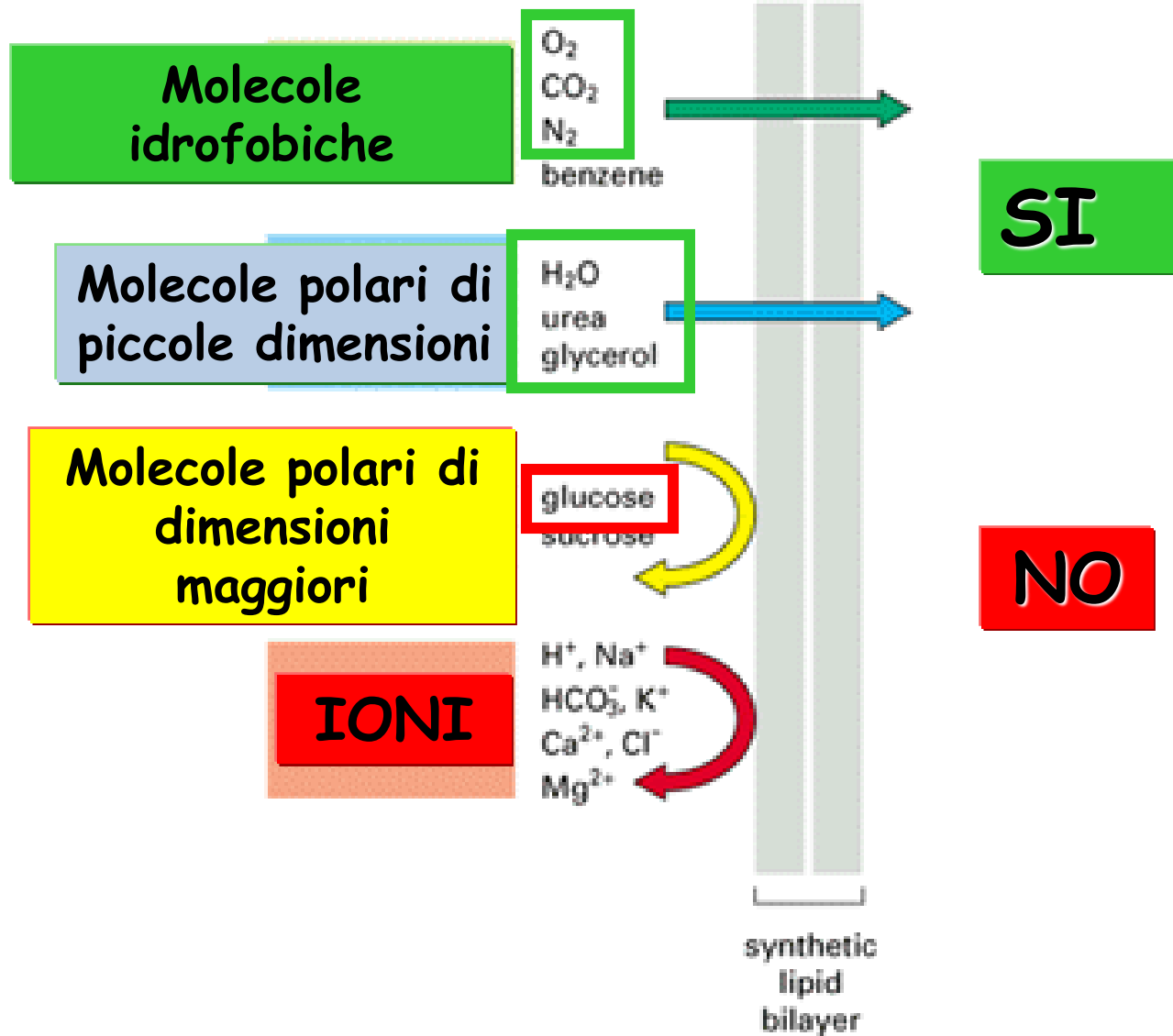


Il trasporto del glucosio

Permeabilità della membrana plasmatica

- Le membrane biologiche sono **selettivamente permeabili**: in genere **permeabili** a molecole idrofobe e di piccole dimensioni, **impermeabili** a quelle polari
- **Permeano** le molecole di acqua (polari ma piccole), i gas (CO_2 , O_2 , N_2), molecole grandi apolari (idrocarburi)
- Ioni, zuccheri, AA, etc. permeano grazie alle **proteine di trasporto** (carrier e Proteine Canale)

Bilayer lipidico sintetico



Tipi di trasporto attraverso la membrana plasmatica

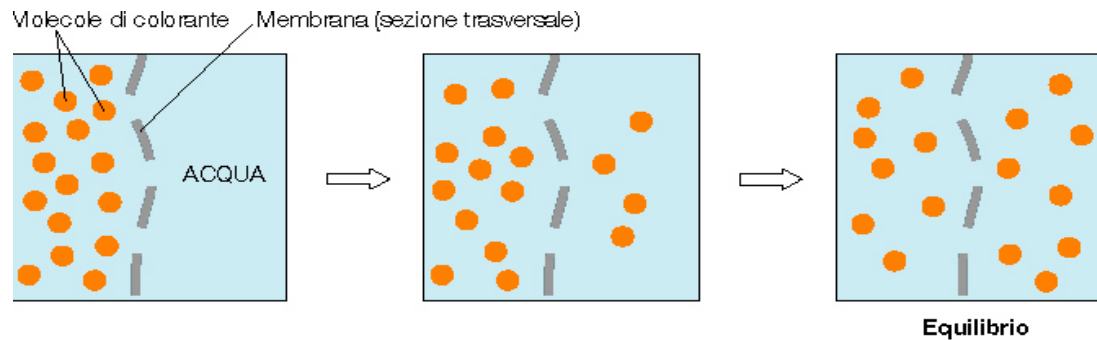
Trasporto passivo:

- diffusione semplice
- diffusione facilitata
- osmosi

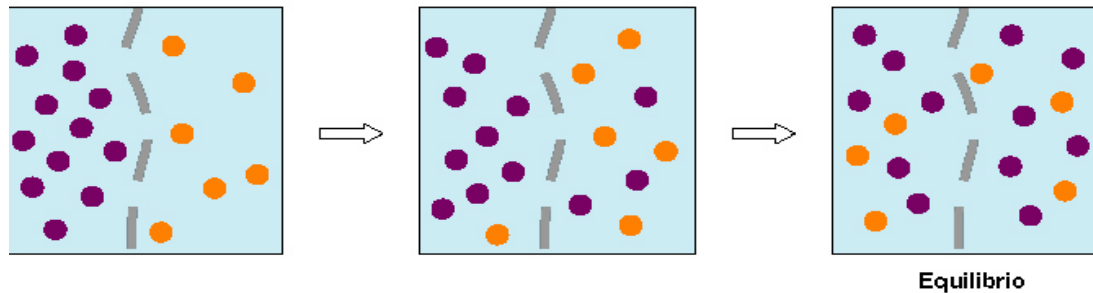
Trasporto attivo:

- trasporto attivo primario
- trasporto attivo secondario

La diffusione è l'insieme di movimenti casuali che portano ad uno stato di equilibrio. I soluti presentano un movimento netto dalla regione a maggior concentrazione a quella a minor concentrazione



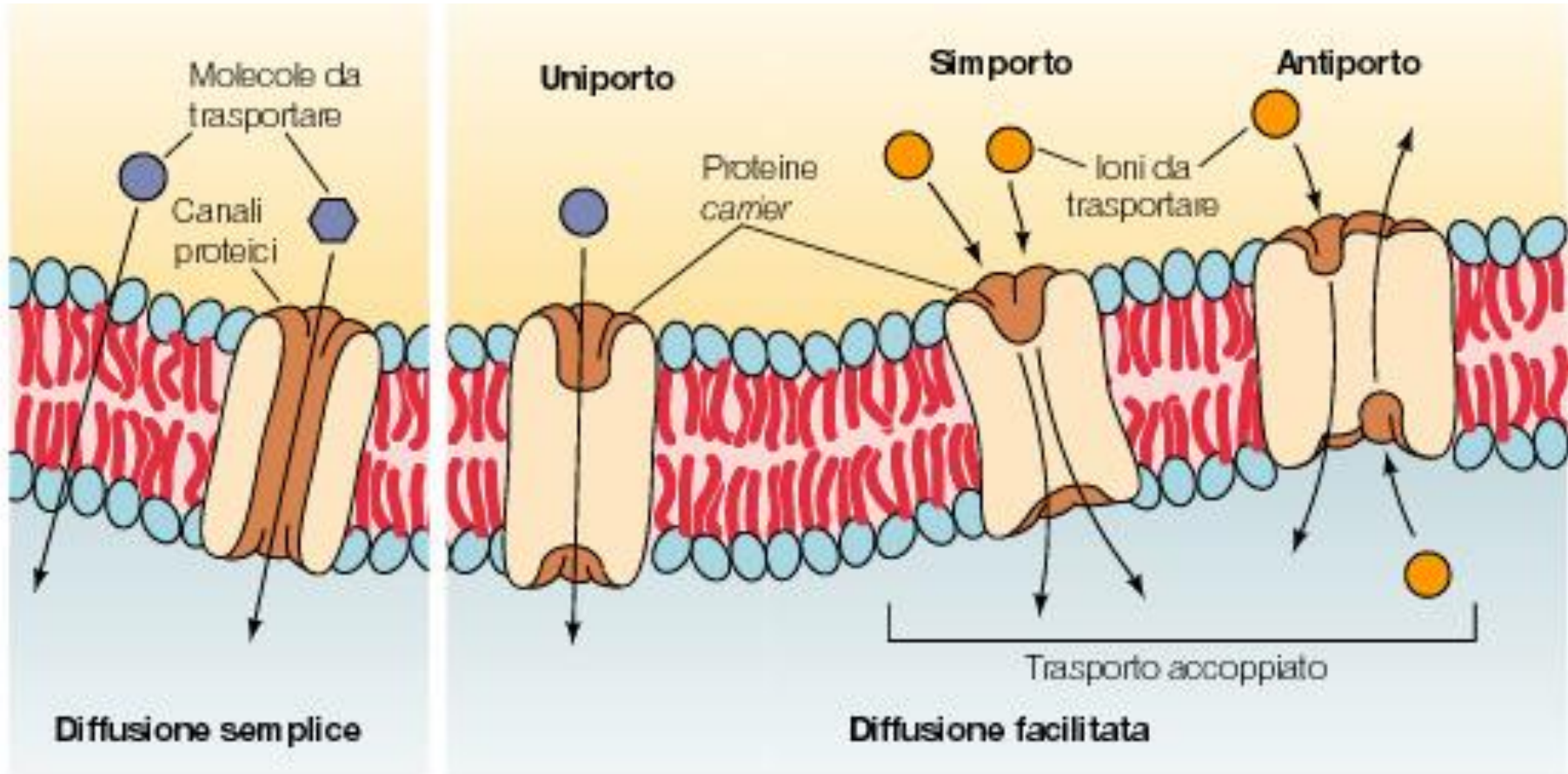
(a) Diffusione di un soluto. La membrana possiede pori abbastanza grandi per essere attraversata dalle molecole di un colorante. Il colorante diffonde da dove è maggiormente concentrato a dove è meno concentrato (cioè secondo il suo gradiente di concentrazione). Questo conduce ad una situazione di equilibrio dinamico: le molecole di soluto continuano ad attraversare la membrana, ma lo fanno alla stessa velocità in entrambe le direzioni.



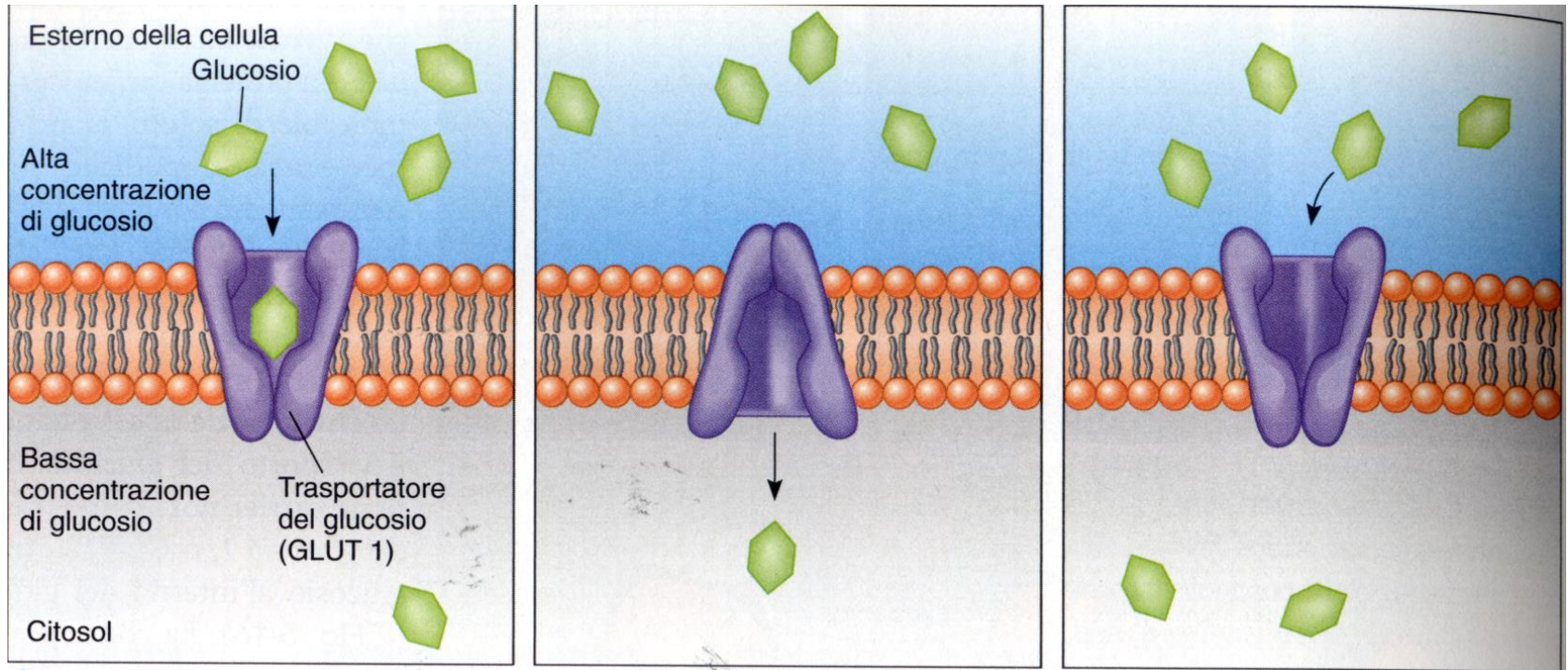
(b) Diffusione di due soluti. Due soluzioni di coloranti diversi sono separate da una membrana permeabile ad entrambi i coloranti. Ognuno dei due coloranti diffonde secondo il proprio gradiente di concentrazione. Ci sarà una diffusione netta del colorante arancione verso sinistra anche se la concentrazione totale di soluti era inizialmente maggiore sul lato sinistro.

La diffusione di una sostanza attraverso una membrana biologica che si muove secondo gradiente di concentrazione e senza consumo di energia (ATP) è definito trasporto passivo.

Trasporto passivo: diffusione semplice e diffusione facilitata



Il trasporto del glucosio: diffusione facilitata



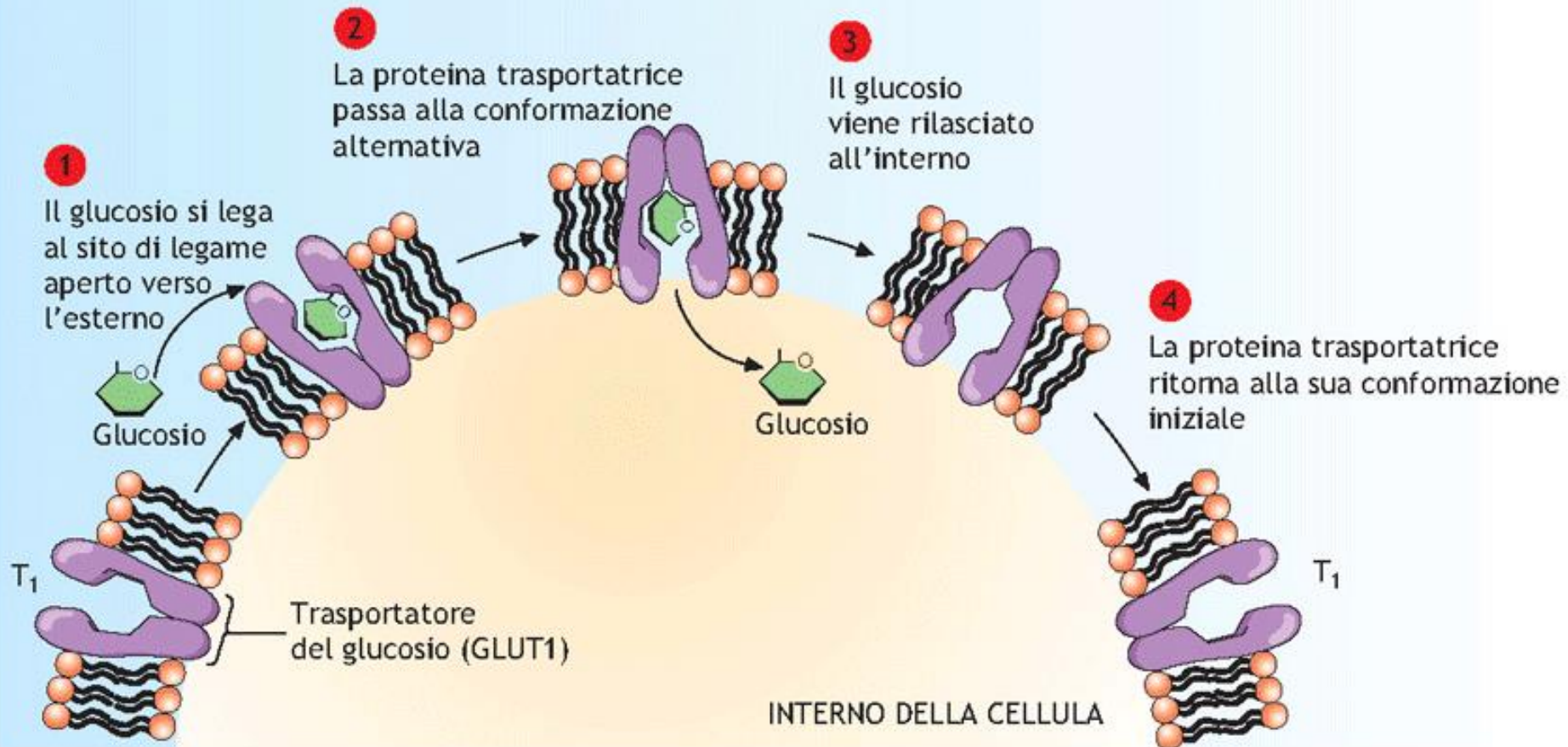
1 Il glucosio si lega a GLUT 1.

2 GLUT 1 cambia conformazione ed il glucosio viene rilasciato all'interno della cellula.

3 GLUT 1 ritorna alla sua conformazione originaria.

Un esempio di diffusione mediata dal carrier : il trasporto del glucosio nell'eritrocita

ESTERNO DELLA CELLULA

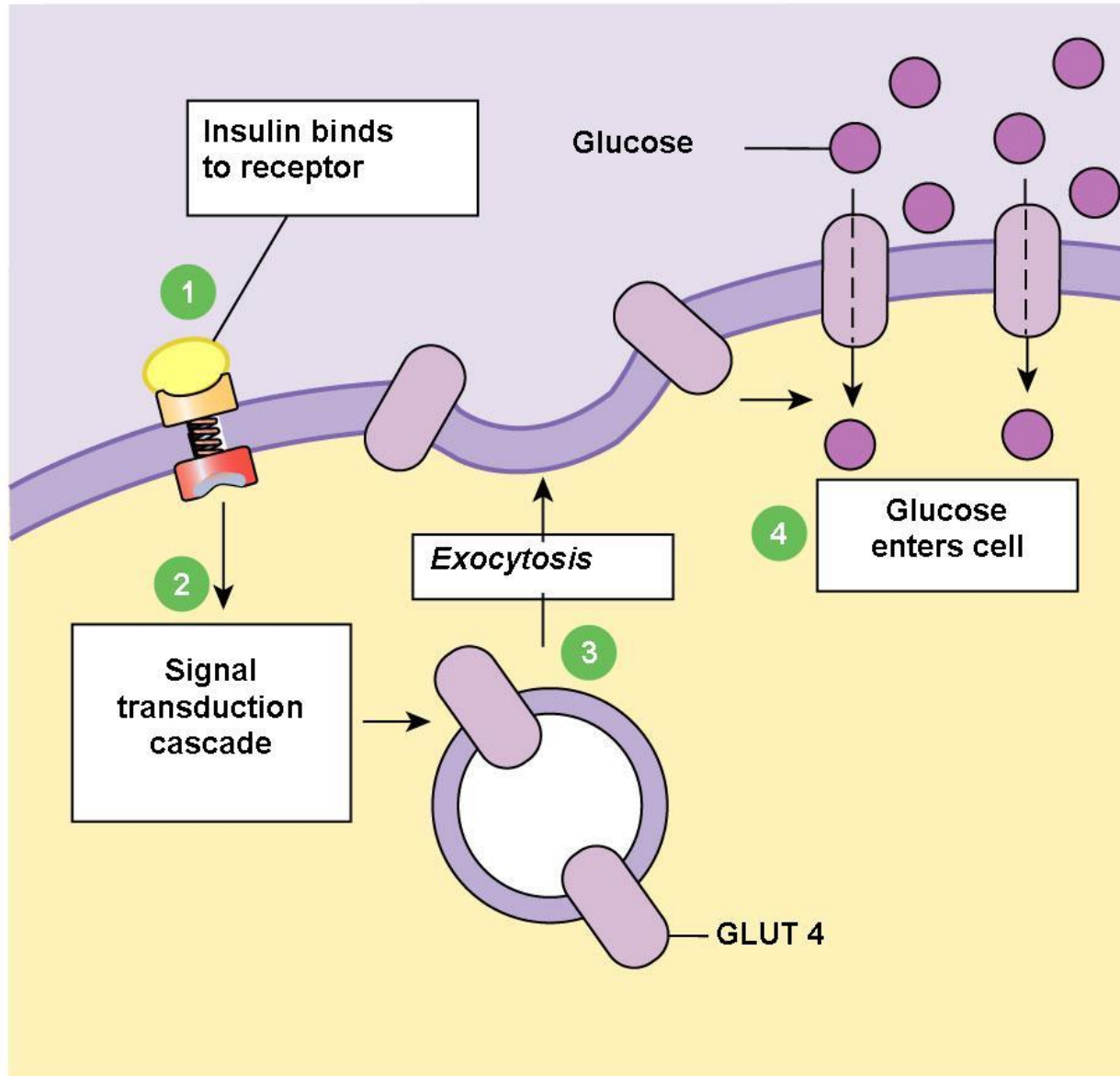


I trasportatori del glucosio

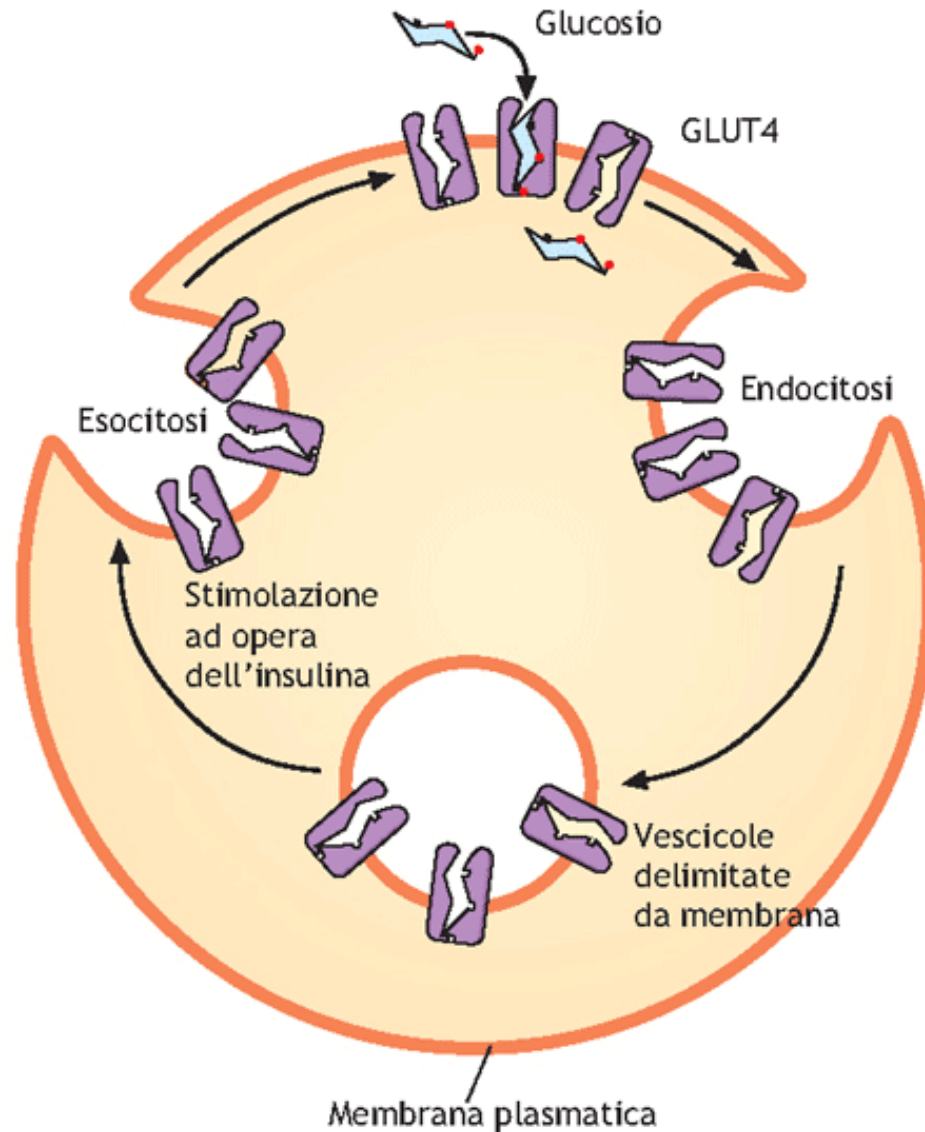
Trasportatori costitutivi: GLUT1 e GLUT2, fegato,
diffusione facilitata

Trasportatori inducibili: GLUT 4, muscolo scheletrico,
diffusione facilitata indotta da ormoni

Regolazione ormonale del trasporto del glucosio nel muscolo: il ruolo dell'insulina



Regolazione ormononale del trasporto del glucosio nel muscolo: il ruolo dell'insulina

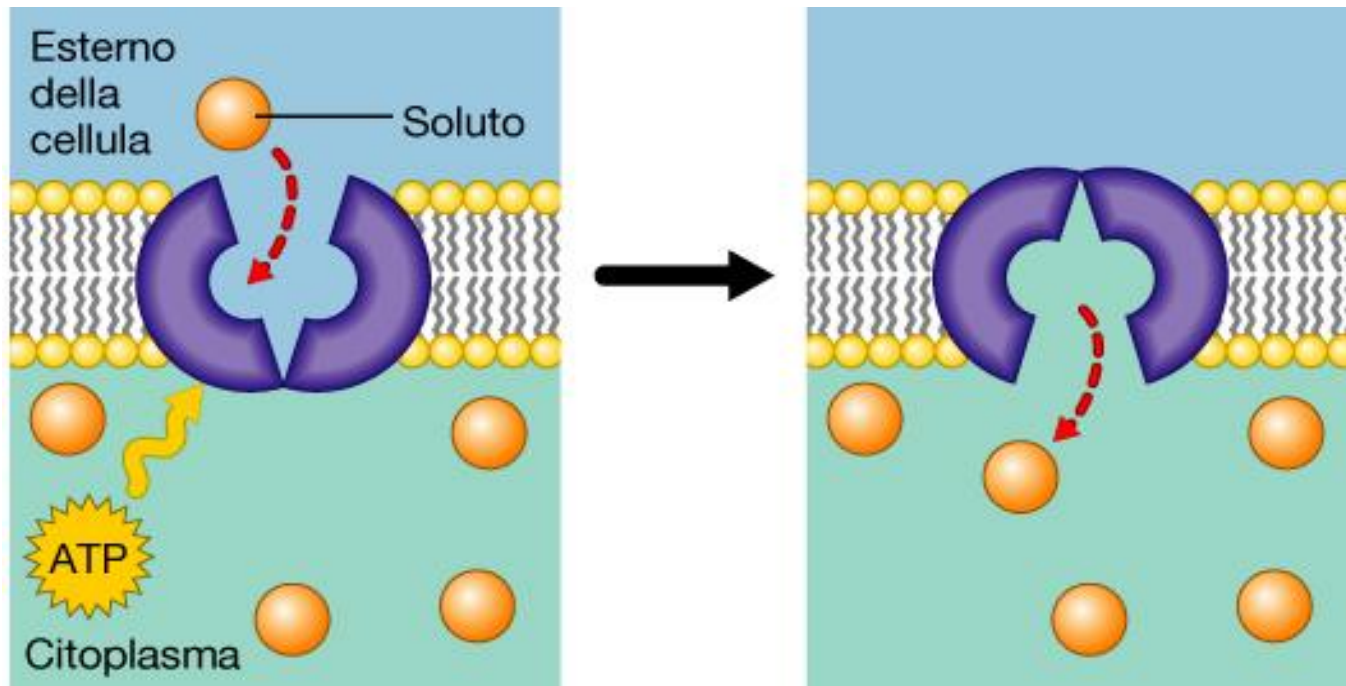


Il trasporto attivo

Ha bisogno di proteine carrier

Avviene contro gradiente di concentrazione

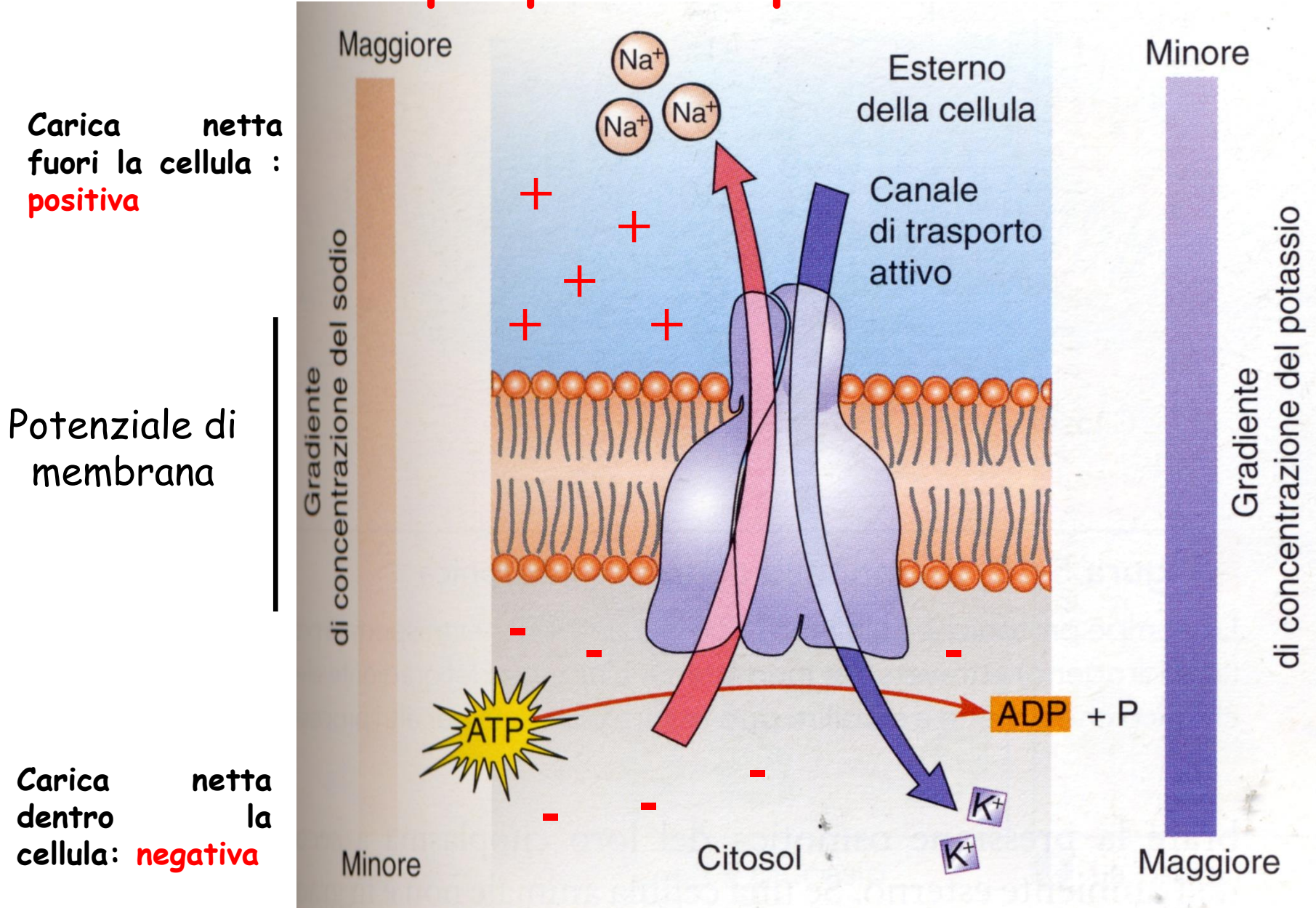
Ha bisogno di energia



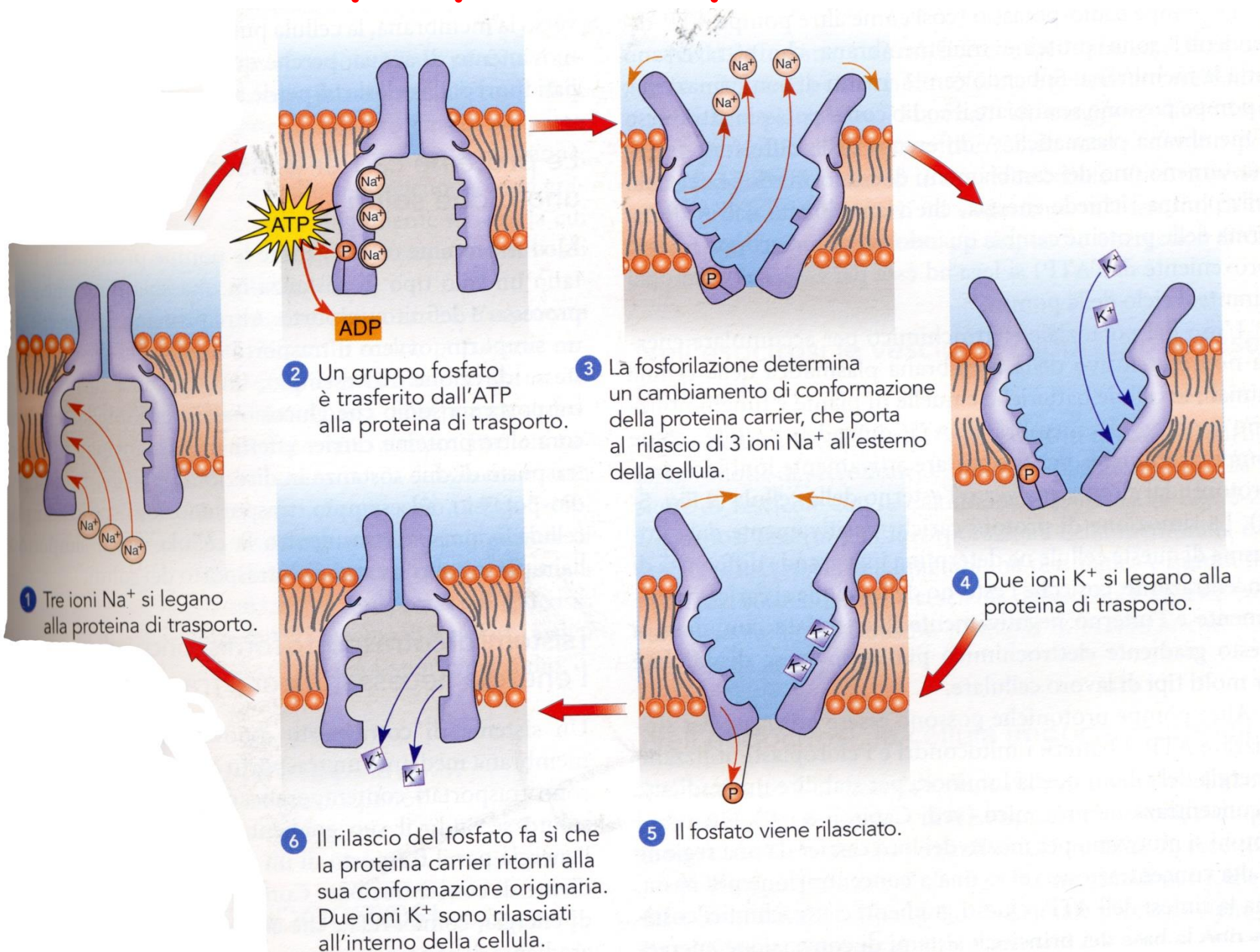
Si distinguono:

- trasporto attivo primario
- trasporto attivo secondario

Trasporto attivo primario: la pompa sodio-potassio

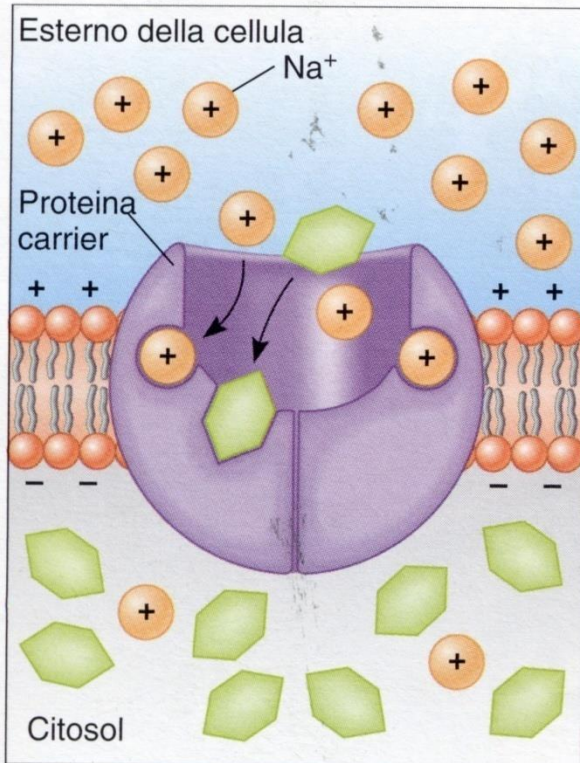


La pompa sodio-potassio

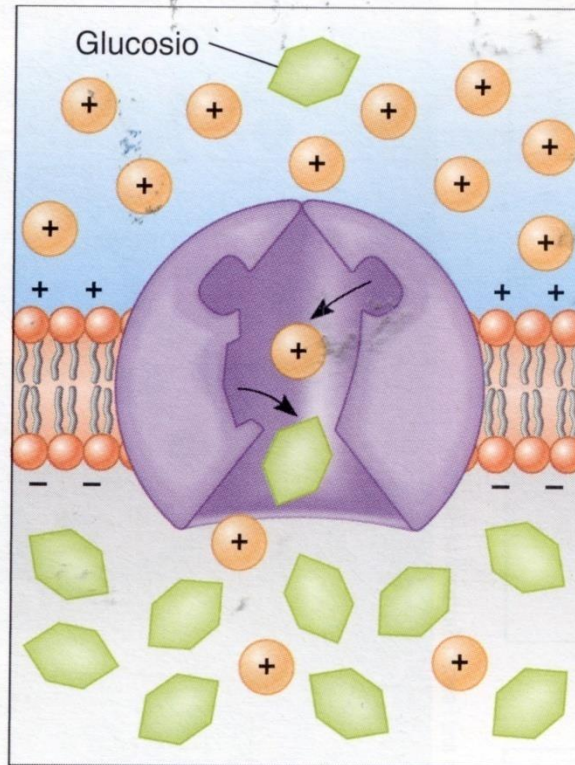


Trasporto attivo secondario

Sono trasportate 2 sostanze: una secondo concentrazione (es. sodio), l'altra contro il gradiente di concentrazione (glucosio).



1 Gli ioni sodio ed il glucosio si legano alla proteina carrier.



2 La proteina carrier cambia conformazione e rilascia gli ioni sodio ed il glucosio all'interno della cellula.

Doppio strato lipidico



Gradiente di concentrazione del glucosio

Trasporto attivo secondario

Gli ioni sodio, muovendosi secondo il gradiente di concentrazione instauratosi grazie alla pompa sodio-potassio, determinano il trasporto del glucosio contro il suo stesso gradiente di concentrazione.

Trasporto attivo primario

La pompa sodio-potassio muove gli ioni sodio, usando l'energia derivata dall'idrolisi dell'ATP per instaurare un gradiente di concentrazione di tali cationi.

