

LEZIONE N°2

CELLULE PROCARIOTICHE ED EUCARIOTICHE

La biologia (dal greco *bios* = vita e *lògos* = studio= **Bios logos** ovvero **studio della vita**)

La biologia è lo studio scientifico dei **fenomeni vitali** degli **organismi viventi**.

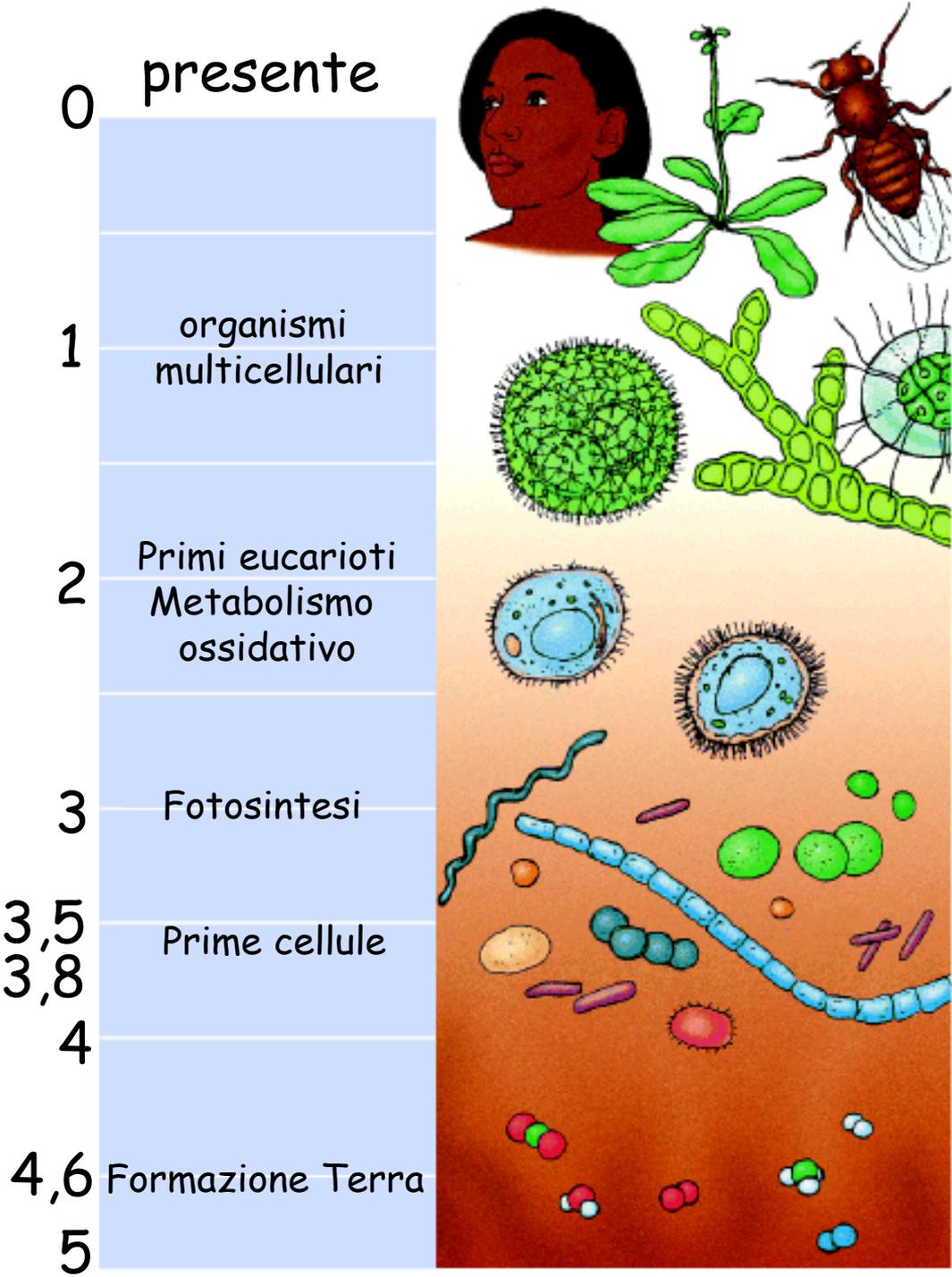
ORGANISMO "VIVENTE"= organismo che presenta le fondamentali proprietà, tipiche della vita: la **capacità di riprodursi**, di **reagire**, di **metabolizzare**, di **crescere** (non soltanto in volume ma anche differenziandosi), di **cambiare**, di **perpetuare** le proprie variazioni e persino di **morire**.

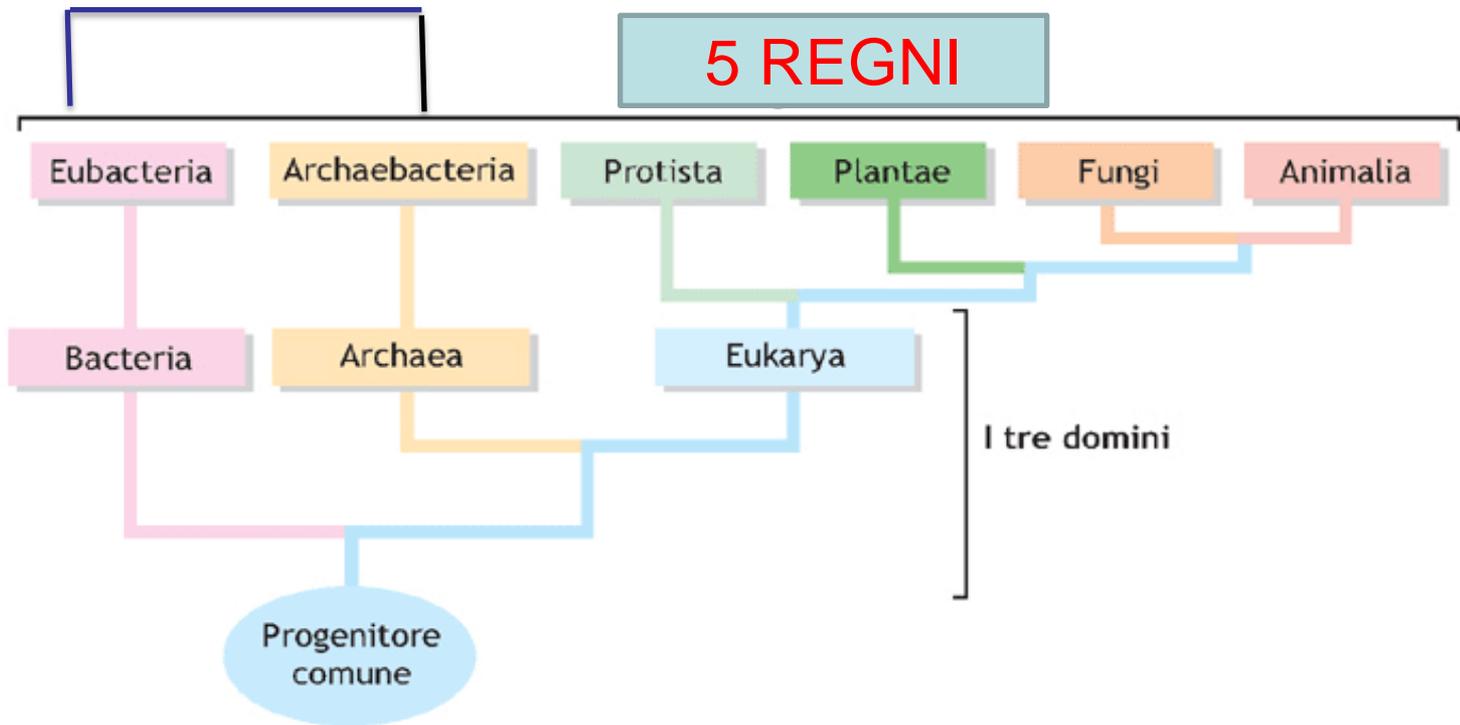
Si stima che vi siano più di 10 milioni - forse 100 milioni - di specie viventi oggi sulla Terra

Scala temporale dell'evoluzione

miliardi di anni fa

La vita ha avuto origine





LA CELLULA

A partire dalla seconda metà del diciannovesimo secolo, le osservazioni microscopiche portarono a formulare tre principi generali fondamentali che costituiscono quella che oggi è conosciuta come teoria cellulare:

La cellula è la più piccola unità che presenta le proprietà tipiche della vita
Le cellule si moltiplicano solo in seguito a crescita e divisione di cellule preesistenti
Tutti gli organismi sono formati da una o più cellule

La maggior parte degli organismi viventi è costituita da singole cellule; altri come, ad esempio l'uomo, sono organismi pluricellulari, in cui gruppi di cellule svolgono funzioni specializzate e sono collegati da sistemi complessi di comunicazione.

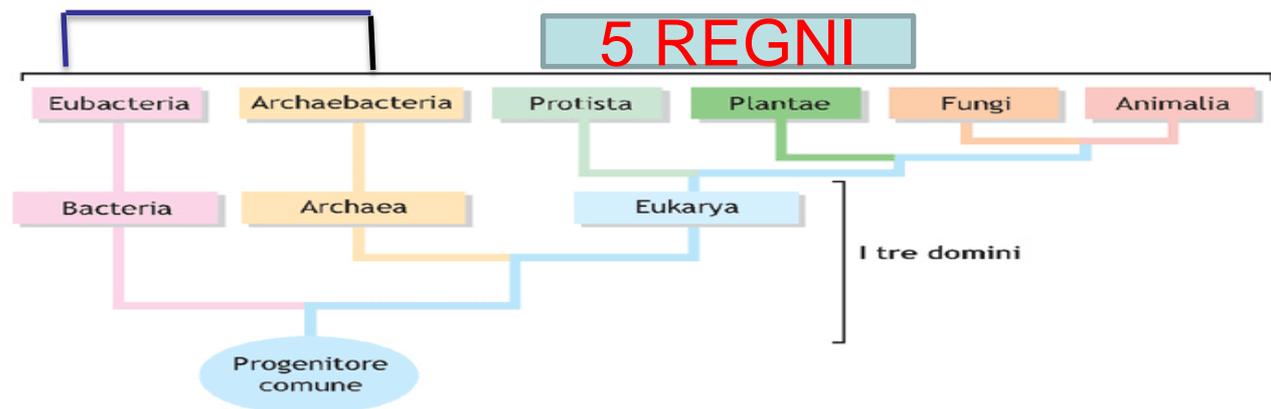
L'intero organismo è stato generato da divisioni cellulari di una singola cellula.

Le cellule possono essere divise in due classi principali, in base alla presenza o meno di un nucleo ben definito.

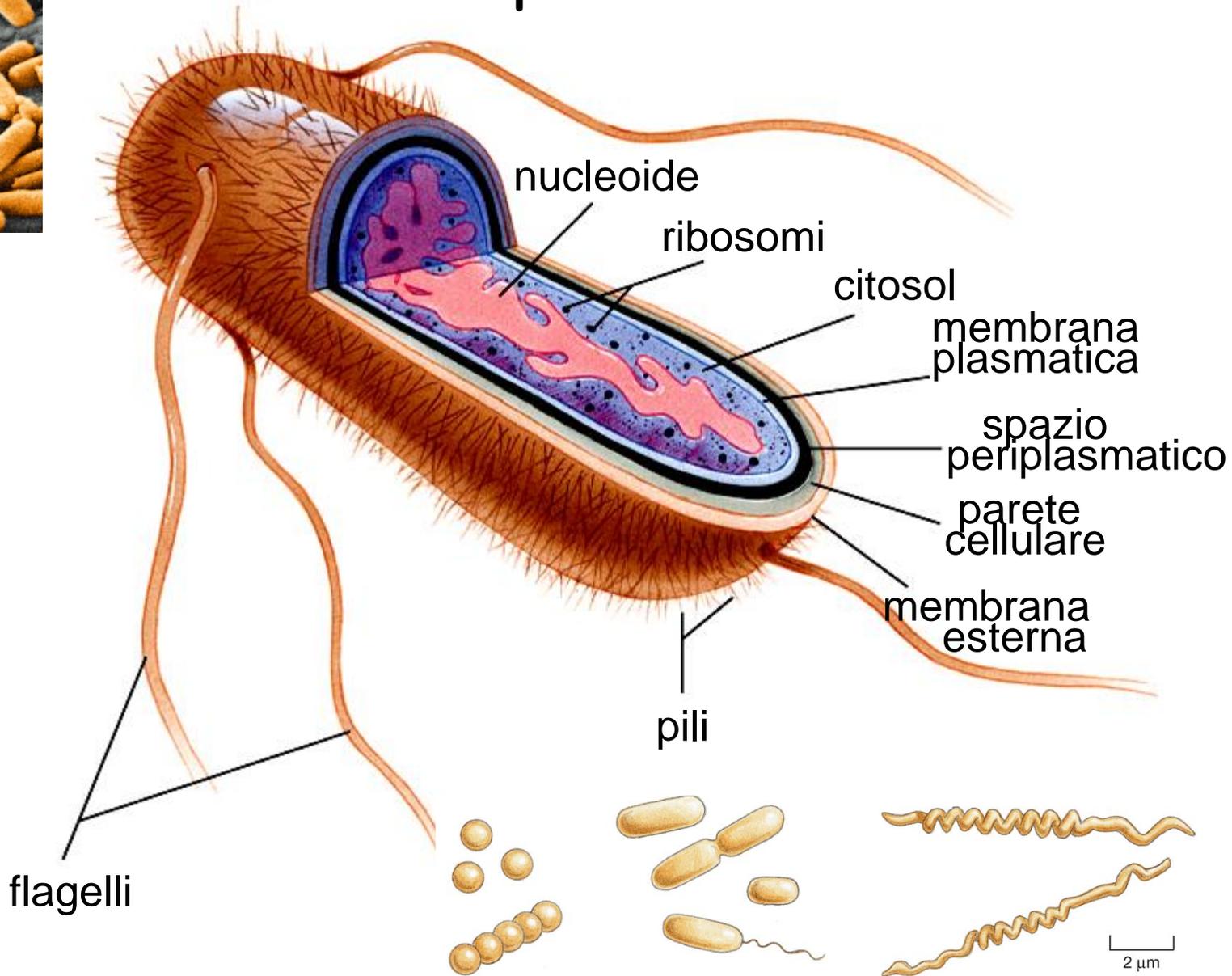
Le CELLULE PROCARIOTICHE (i batteri) mancano di un involucro nucleare ed il loro materiale genetico (compattato nel nucleoide) è immerso nel citoplasma, non contengono organelli circondati da membrane.

Le cellule procariotiche sono tipiche solo dei batteri ed archeobatteri.

Le CELLULE EUCARIOTICHE possiedono invece un nucleo che racchiude il materiale genetico all'interno dell'involucro nucleare, separandolo così dal citoplasma.



La cellula procariotica



flagelli

nucleoide

ribosomi

citosol

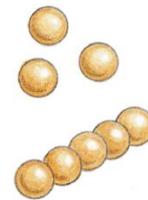
membrana plasmatica

spazio periplasmatico

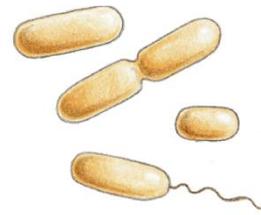
parete cellulare

membrana esterna

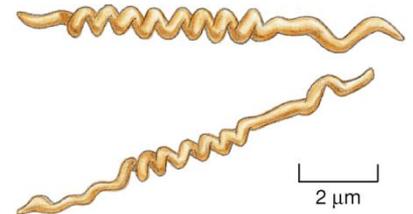
pili



(A) cellule sferiche
(per esempio *Streptococcus*)



(B) cellule bastoncellari
(per esempio *Escherichia coli*, *Salmonella*)



(C) cellule spirali
(per esempio *Treponema pallidum*)

Dimensioni:
da 0,25x 1,2 μm a 1,5x4 μm

La cellula procariotica

- I procarioti sono gli organismi più semplici

- Sono tutti unicellulari (li possiamo trovare però aggregati)

- Hanno dimensioni ridotte

- Hanno ribosomi strutture in grado di sint.re proteine

- Hanno Granuli di Riserva: contengono glicogeno, lipidi, composti fosforilati

- Citoplasma circondato da membrana plasmatica e parete cellulare rigida (composta da peptidoglicani)

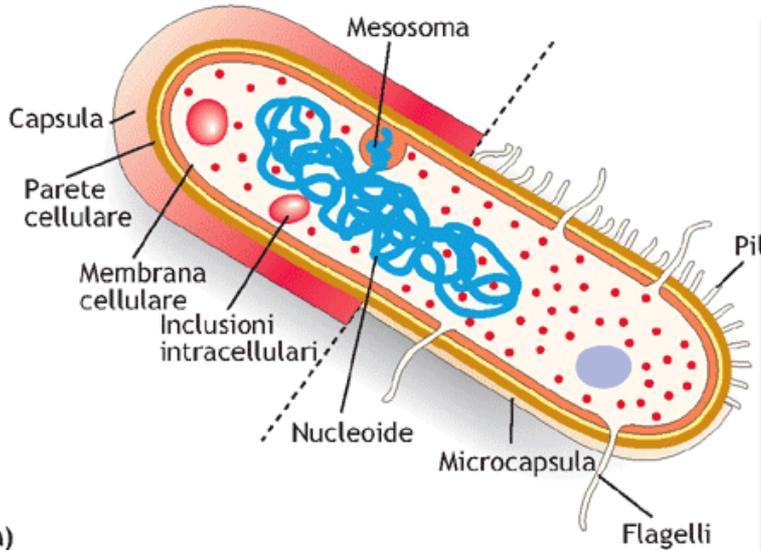
- A volte presente un ulteriore strato gelatinoso detto capsula (composto da polisaccaridi)

DNA non racchiuso dal nucleo ma localizzato nell'area nucleare o nucleoide.

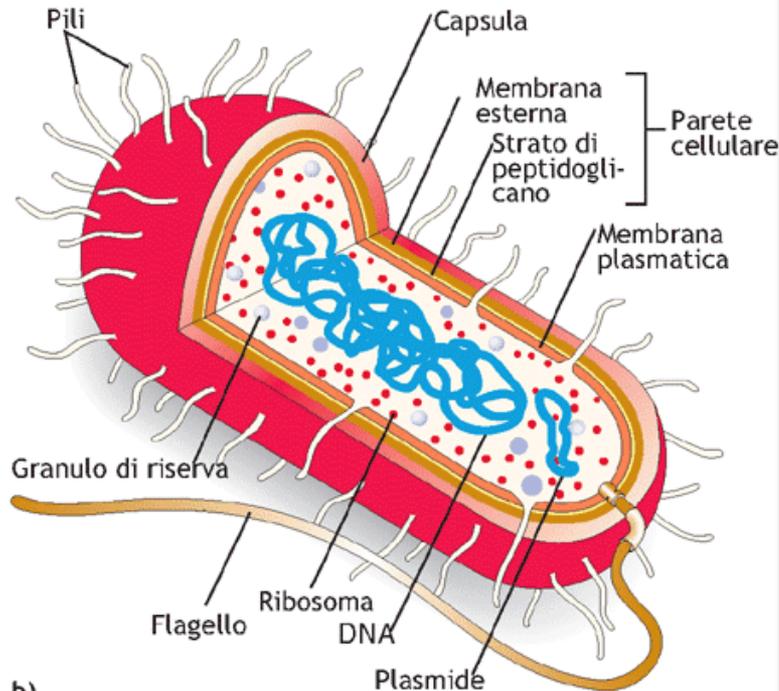
- Nucleoide = zona del citoplasma dove si trova il DNA sotto forma di singolo cromosoma Circolare

-Dotati di flagelli (ne consentono il movimento)

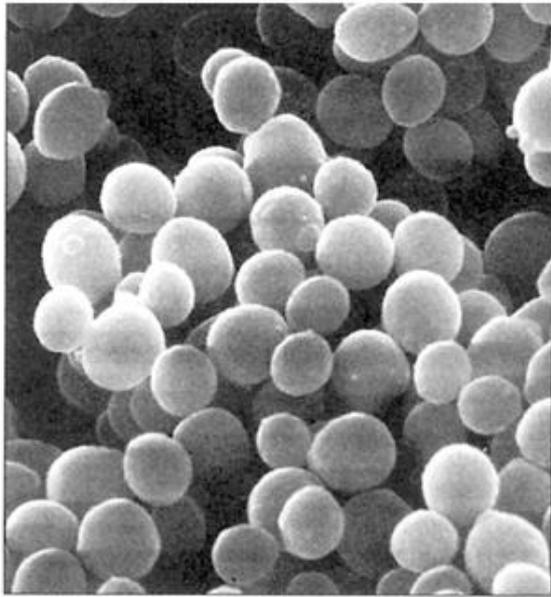
-Dotati di pili (appendici più corte dei flagelli, importanti durante la coniugazione, in cui avviene lo scambio di materiale genetico tra una cellula e l'altra).



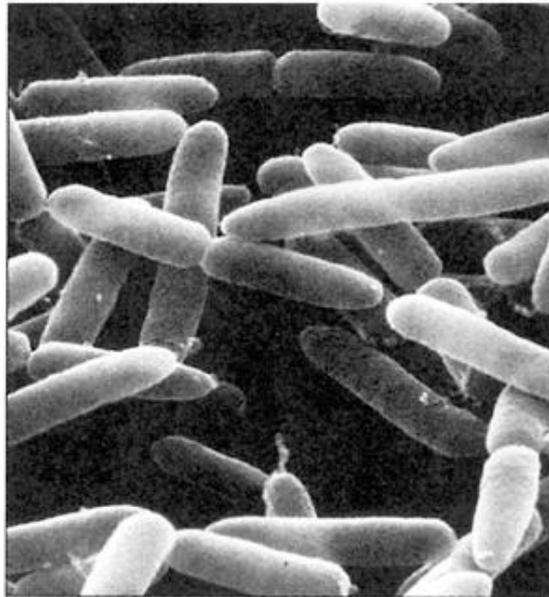
a)



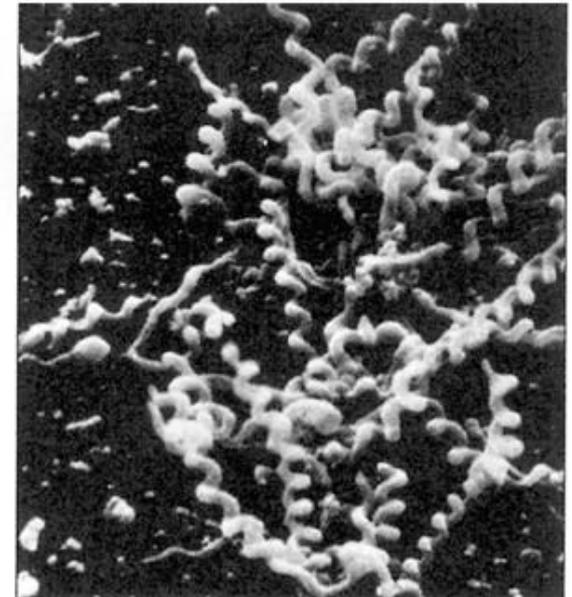
b)



1,0 μm



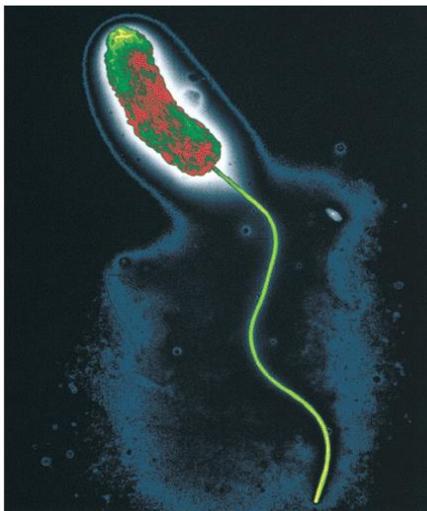
3,0 μm



2,0 μm

Figura 2.8 I batteri hanno forme e dimensioni diverse. Vari tipi di cellule batteriche viste al microscopio elettronico a scansione (SEM): cocci, sferici; bacilli, a forma di bastoncini; spirilli, batteri a spirale provvisti di flagelli alla estremità.

Vibrio Cholerae,
dotato di
flagello



Microscopio
contrasto di fase,
Treponema pallidum,
spirocheta che
provoca la sifilide



CELLULE EUCARIOTICHE

- Hanno organuli circondati da membrane
- Citoplasma
- Citoscheletro
- Lisosomi
- Complesso di Golgi
- Membrana plasmatica
- Mitocondri
- Reticolo endoplasmatico rugoso e liscio
- Ribosomi

La cellula eucariotica

Membrana
nucleare

Pori
nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato
del
Golgi

Lisosomi

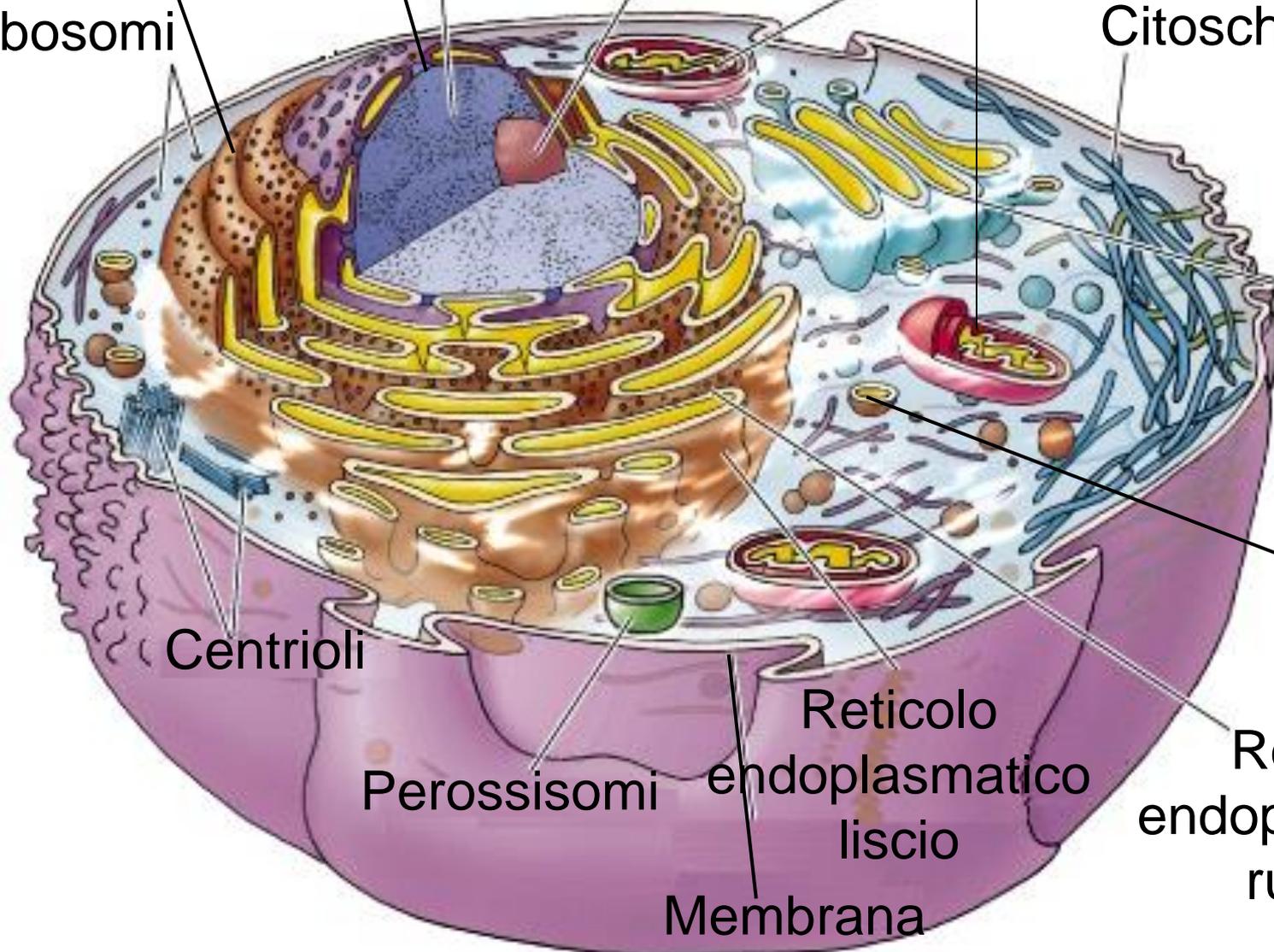
Centrioli

Perossisomi

Reticolo
endoplasmatico
liscio

Reticolo
endoplasmatico
rugoso

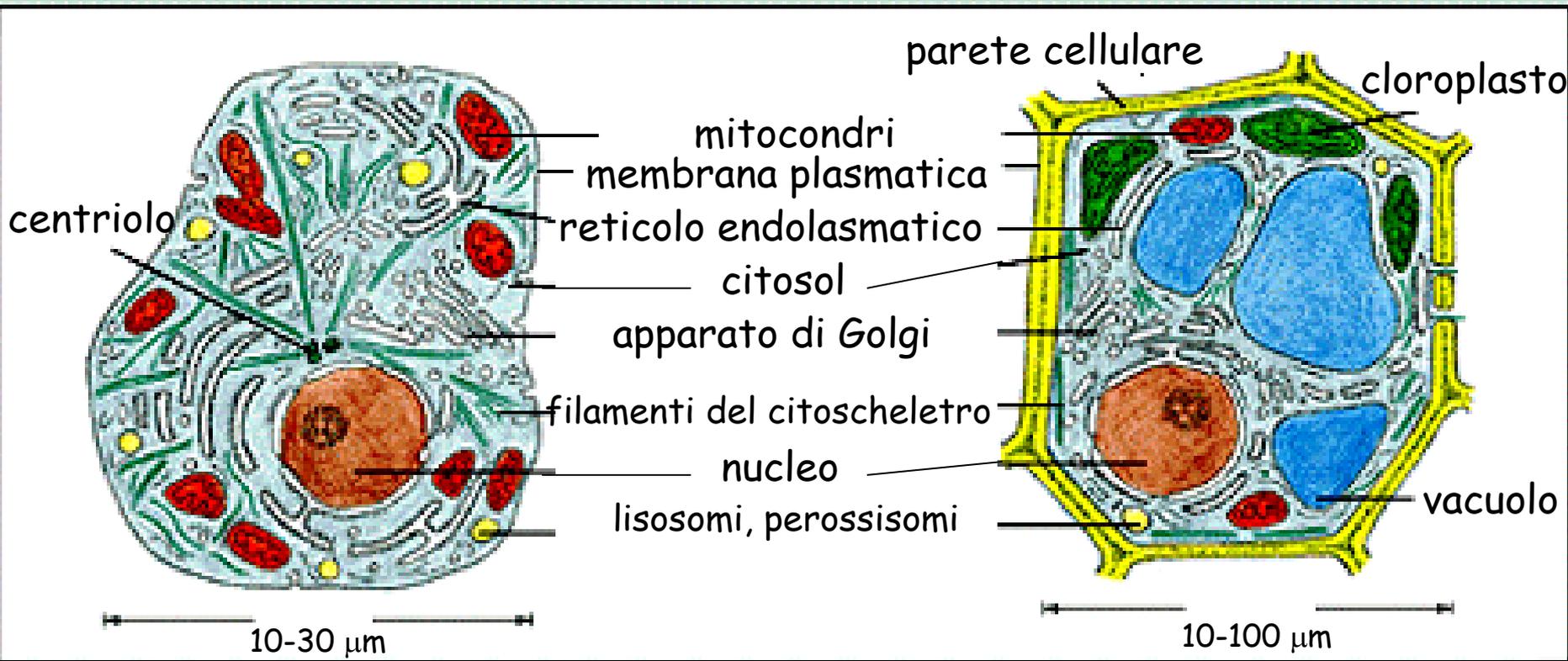
Membrana
citoplasmatica



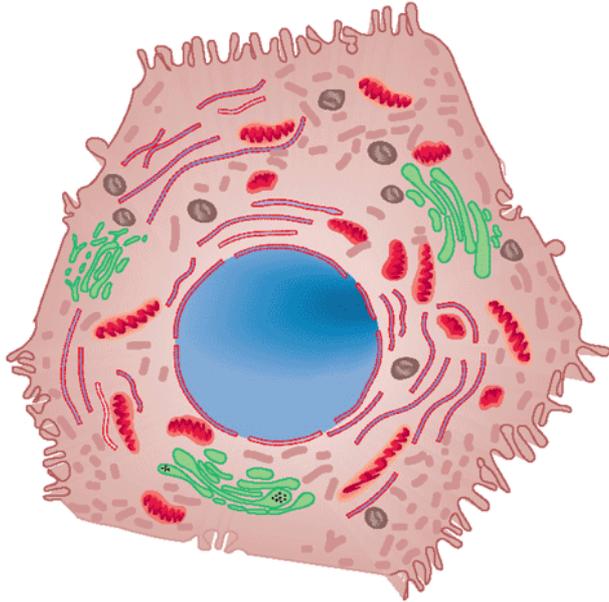
La cellula eucariotica

CELLULA ANIMALE

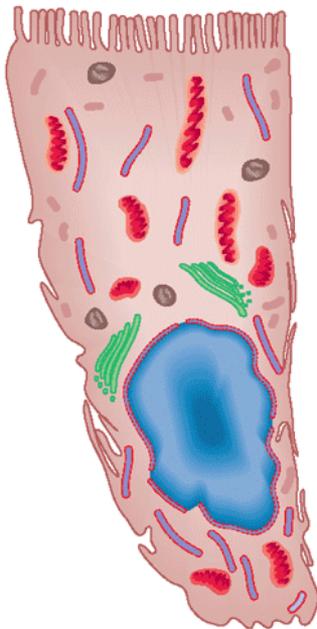
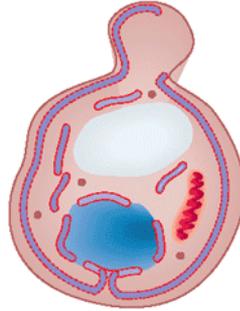
CELLULA VEGETALE



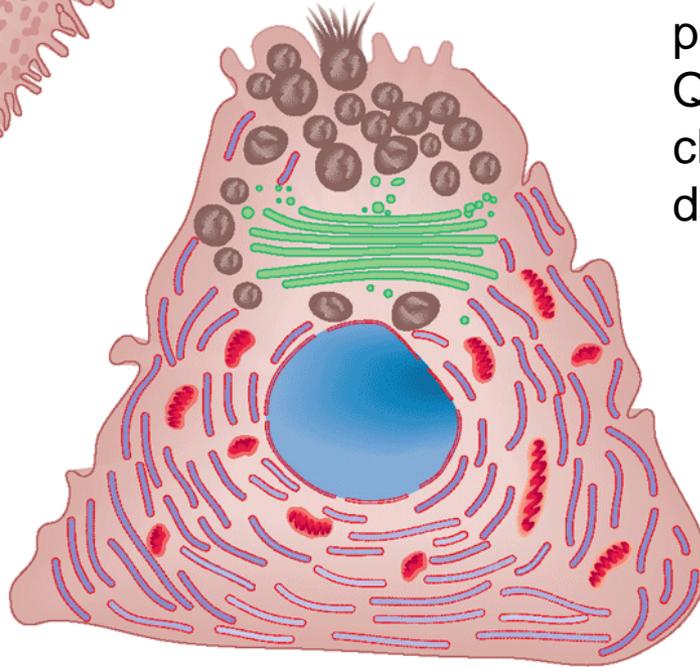
a) Cellula epatica



d) *Saccaromices cerevisiae*



b) Cellula intestinale



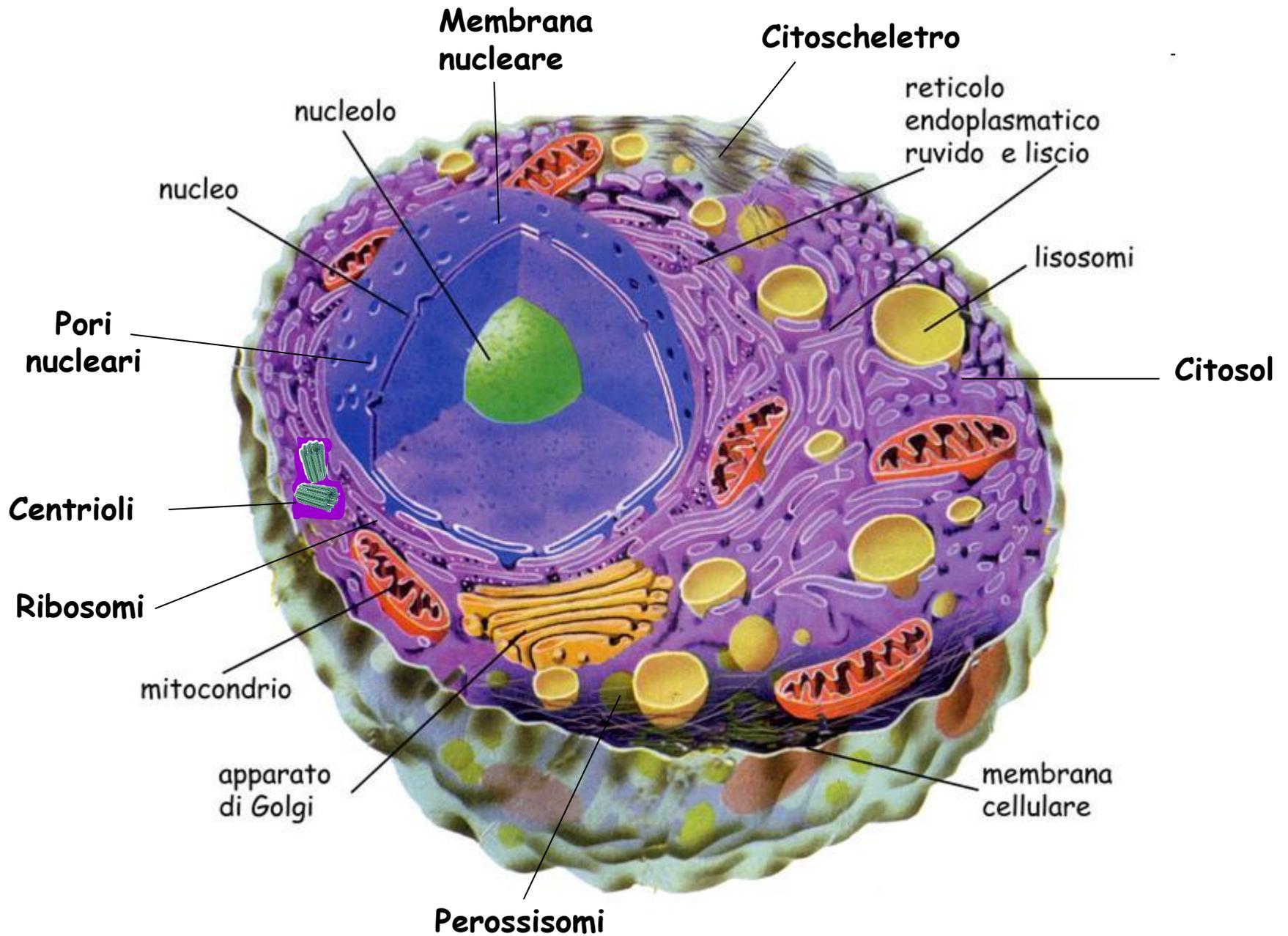
d) Cellula pancreatica

Le forme delle cellule possono essere le più svariate. Qui è rappresentato lo schema che rappresenta diverse forme di alcune cellule eucariotiche

TABELLA: Le caratteristiche delle cellule procariotiche ed eucariotiche

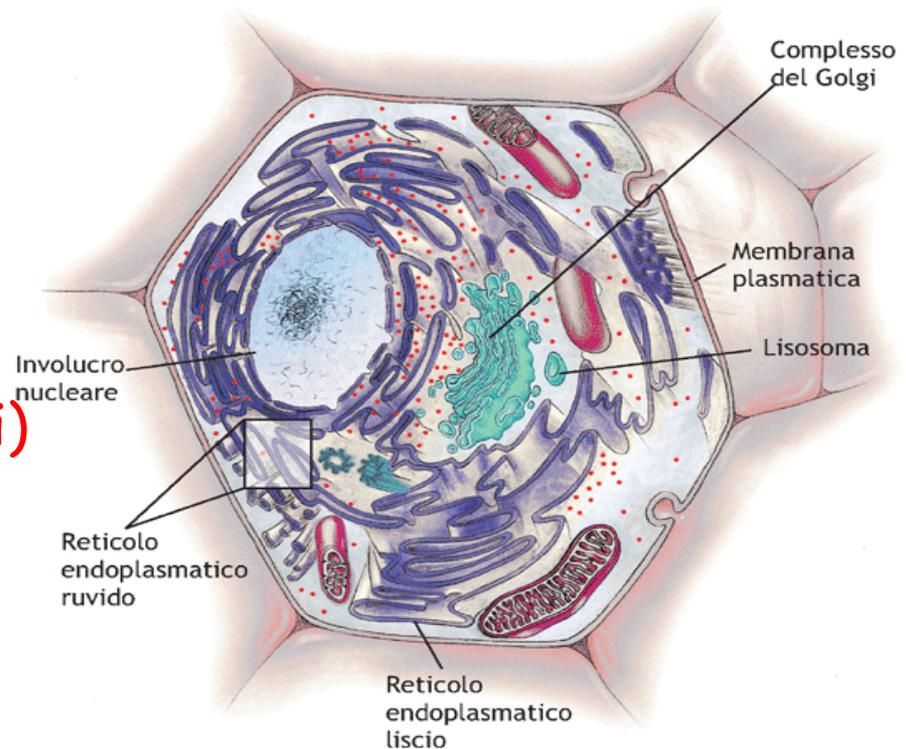
	<i>PROCARIOTI</i>	<i>EUCARIOTI</i>
Organismi	batteri e cianobatteri	protisti, funghi, piante, animali
Diametro cellulare	da 1 a 10 μm	da 5 a 100 μm
Metabolismo	anaerobio o aerobio	aerobio
Organelli	nessuno	nucleo, mitocondri, cloroplasti, reticolo endoplasmatico, ecc.
DNA	DNA circolare nel citoplasma	molecole molto lunghe di DNA lineare contenenti molte regioni non codificanti; circondate da un involucro nucleare
RNA e proteine	RNA e proteine sintetizzate nello stesso compartimento	RNA sintetizzato ed elaborato nel nucleo; proteine sintetizzate nel citoplasma
Citoplasma	assenza di citoscheletro; niente flussi citoplasmatici, endocitosi e esocitosi	citoscheletro composto da filamenti proteici; flussi citoplasmatici; endocitosi ed esocitosi
Divisione cellulare	cromosomi separati mediante attacco alla membrana plasmatica	cromosomi separati da un fuso di citoscheletro
Organizzazione cellulare	in genere unicellulare	in genere multicellulare, con differenziamento di molti tipi cellulari

Lezione 4 - La cellula eucariotica ed i suoi organuli



Vantaggi della compartimentalizzazione:

1. Creazione di un microambiente nel quale enzimi, substrati e cofattori sono **concentrati**: aumenta il numero di interazioni
2. Controllo degli **ambienti chimici**: pH, conc. ioni, ecc
3. **Sostanze pericolose (farmaci)** sono sequestrate in organuli adeguati



La cellula eucariotica

5-100 μm

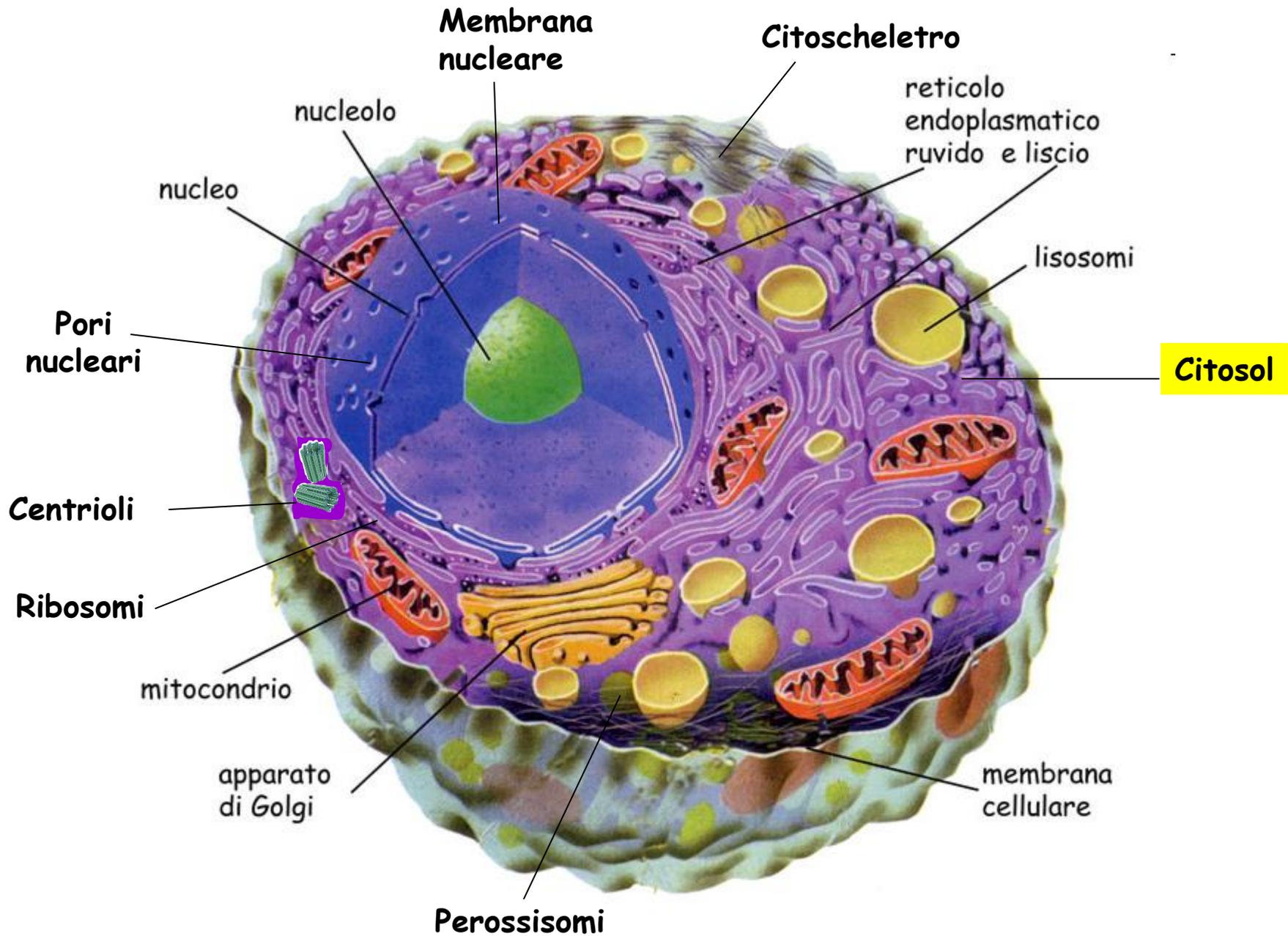


TABELLA 4-1

Strutture delle cellule eucariotiche e loro funzioni

Struttura	Descrizione	Funzione
Il nucleo cellulare		
Nucleo	Grande struttura delimitata da una doppia membrana; contiene il nucleolo e i cromosomi	Trasferimento dell'informazione da DNA a RNA; specifica le proteine cellulari
Nucleolo	Corpo granulare all'interno del nucleo, formato da RNA e proteine	Sede della sintesi di RNA ribosomale e dell'assemblaggio dei ribosomi
Cromosomi	Costituiti da un complesso di DNA e proteine (cromatina); sono condensati e ben visibili quando la cellula si sta dividendo	Contengono i geni (unità dell'informazione ereditaria) che regolano la struttura e l'attività cellulare
Gli organelli citoplasmatici		
Membrana plasmatica	Membrana di rivestimento delle cellule	Racchiude il contenuto della cellula; regola il movimento del materiale fuori e dentro la cellula; aiuta a mantenere la forma delle cellule, comunica con le altre cellule (presente anche nei procarioti)
Ribosomi	Granuli costituiti da RNA e proteine, alcuni attaccati alle membrane del RE, altri liberi nel citoplasma	Sintesi dei polipeptidi sia nei procarioti che negli eucarioti
Reticolo endoplasmatico (RE)	Rete di membrane interne che si estendono nel citoplasma	Sede di sintesi dei lipidi e di modifica di molte proteine; sede in cui si formano le vescicole di trasporto contenenti le proteine
Liscio (REL)	Privo di ribosomi sulla faccia esterna	Sede della sintesi dei lipidi e della detossificazione dei farmaci; deposito di calcio
Rugoso (RER)	Presenza di ribosomi sulla faccia esterna	Sede della sintesi di proteine destinate alla secrezione o che verranno incorporate nelle membrane
Complesso del Golgi	Pila di vescicole membranose appiattite	Modificazione delle proteine; organizzazione delle proteine secrete; scelta di altre proteine destinate ai vacuoli o ad altri organuli
Lisosomi	Vescicole rivestite da membrana (presenti nelle cellule animali)	Contengono gli enzimi per digerire il materiale ingerito, secrezioni e scarti
Vacuoli	Vescicole rivestite da membrana (presenti in piante, funghi ed alghe)	Accumulo di materiale, sostanze di scarto ed acqua; mantengono la pressione idrostatica
Perossisomi	Vescicole rivestite da membrana contenenti una grande varietà di enzimi	Sedi di molte reazioni metaboliche diverse; ad es. degradazione degli acidi grassi
Mitocondri	Vescicole rivestite da 2 membrane; quella interna si inflette a formare delle creste e racchiude la matrice	Sedi della maggior parte delle reazioni della respirazione cellulare; trasformazione dell'energia originatasi dalla demolizione del glucosio o dei lipidi nell'energia dell'ATP
Plastidi (ad es. i cloroplasti)	Strutture rivestite da una doppia membrana che racchiudono i tilacoidi; nei cloroplasti i tilacoidi contengono la clorofilla	Sedi della fotosintesi. La clorofilla cattura l'energia luminosa; si formano ATP ed altri composti ricchi di energia che vengono poi usati per sintetizzare glucosio a partire da CO ₂

Il citoscheletro

Microtuboli	Tubi cavi costituiti da subunità di tubulina	Conferiscono un supporto strutturale; hanno un ruolo nello spostamento degli organuli e della cellula e nella divisione cellulare; componenti di ciglia, flagelli, centrioli e corpi basali
Microfilamenti	Strutture bastoncellari formate da actina	Conferiscono un supporto strutturale; hanno un ruolo nello spostamento degli organuli e della cellula e nella divisione cellulare
Filamenti intermedi	Fibre stabili e resistenti costituite da polipeptidi	Rafforzano il citoscheletro; stabilizzano la forma della cellula
Centrioli	Coppia di cilindri cavi localizzati in prossimità del nucleo; ciascun centriolo è formato da 9 triplete di microtubuli (struttura 9×3)	Formano, durante la divisione delle cellule animali, l'apparato del fuso; possono ancorare i microtubuli ed organizzarne la formazione nelle cellule animali; assenti nella maggior parte delle piante
Ciglia	Proiezioni relativamente corte che si estendono dalla superficie cellulare, ricoperte da membrana plasmatica; costituite da 2 microtubuli centrali e da 9 coppie periferiche (struttura $9 + 2$)	Determinano il movimento di alcuni organismi unicellulari; usati per muovere il materiale sulla superficie di alcuni tessuti; importanti nella segnalazione cellulare
Flagelli	Lunghe proiezioni costituite da 2 microtubuli centrali e da 9 coppie periferiche (struttura $9 + 2$), rivestite da membrana plasmatica	Locomozione di alcune cellule spermatiche e di alcuni organismi unicellulari

appaiono come particelle scure. I ribosomi attaccati al RE rugoso sono detti *ribosomi legati*; i *ribosomi liberi* si trovano in sospensione nel citosol.

Il reticolo endoplasmatico rugoso svolge un ruolo fondamentale nella sintesi e nell'assemblaggio delle proteine. Molte delle proteine che sono esportate fuori della cellula (come gli enzimi

digestivi) e quelle destinate ad altri organuli sono sintetizzate sui ribosomi attaccati alla membrana del reticolo endoplasmatico. Il ribosoma si attacca saldamente alla membrana del RE; all'interno del ribosoma si forma un tunnel che lo collega ad un poro del RE. Le proteine sono trasportate nel lume del RE attraverso questo tunnel e il poro, che attraversa la membrana del RE.

Citosol

- **Sostanza semifluida** che occupa metà dello spazio totale interno
- Alcune **attività** cellulari si svolgono nel citosol
- **Contiene** tanti soluti:
 - Ioni inorganici
 - Componenti elementari e precursori delle molecole organiche
 - Carboidrati
 - Lipidi
 - Proteine (alta concentrazione)

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

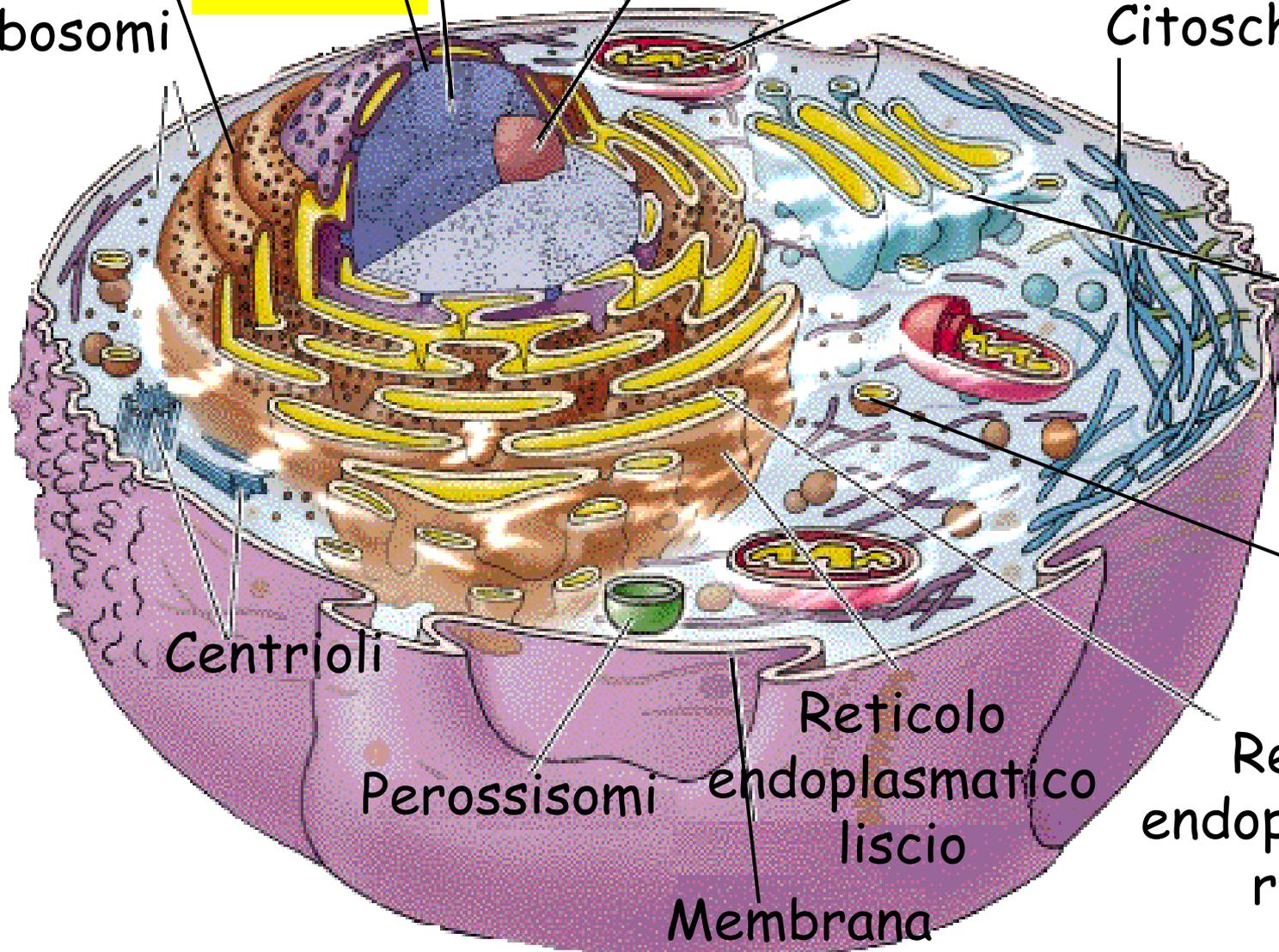
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

Reticolo endoplasmatico rugoso

Membrana citoplasmatica



Nucleo cellulare

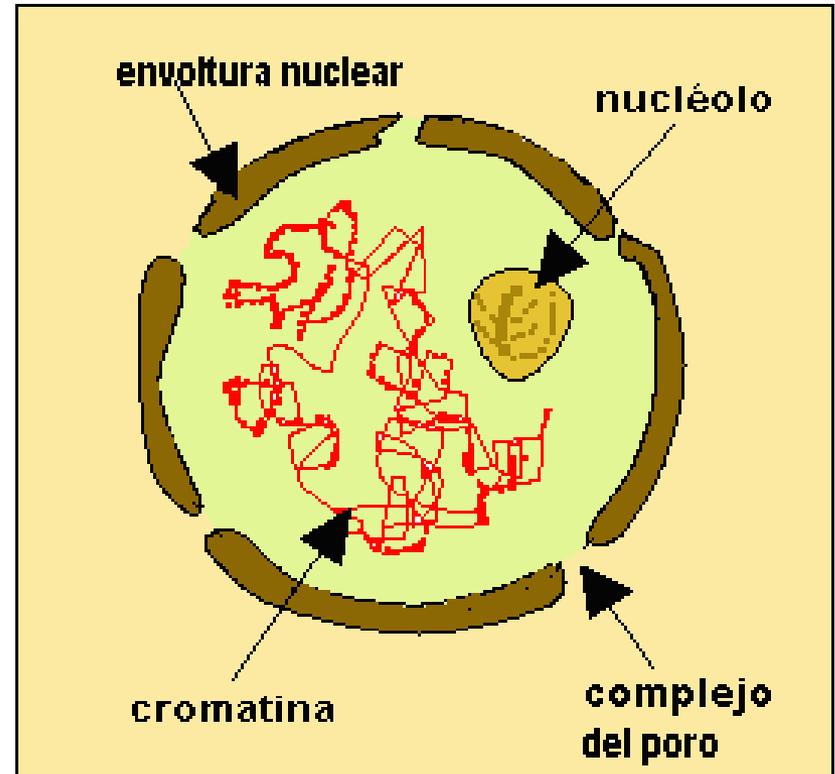
- Componente essenziale della cellula
- Struttura assente nei procarioti
- Contiene il **materiale genetico** (DNA)
- Sede di meccanismi indispensabili alla **riproduzione cellulare** e alla **sintesi proteica**

Nucleo

Il **nucleo** è delimitato da una doppia membrana, **INVOLUCRO NUCLEARE** dotata di pori che consentono le comunicazioni tra il nucleo e il resto della cellula (citoplasma). All'interno del nucleo sono conservati i **cromosomi**, strutture filamentose composte da DNA e proteine e solitamente presenti in coppie, in un numero variabile e caratteristico di ciascuna specie.

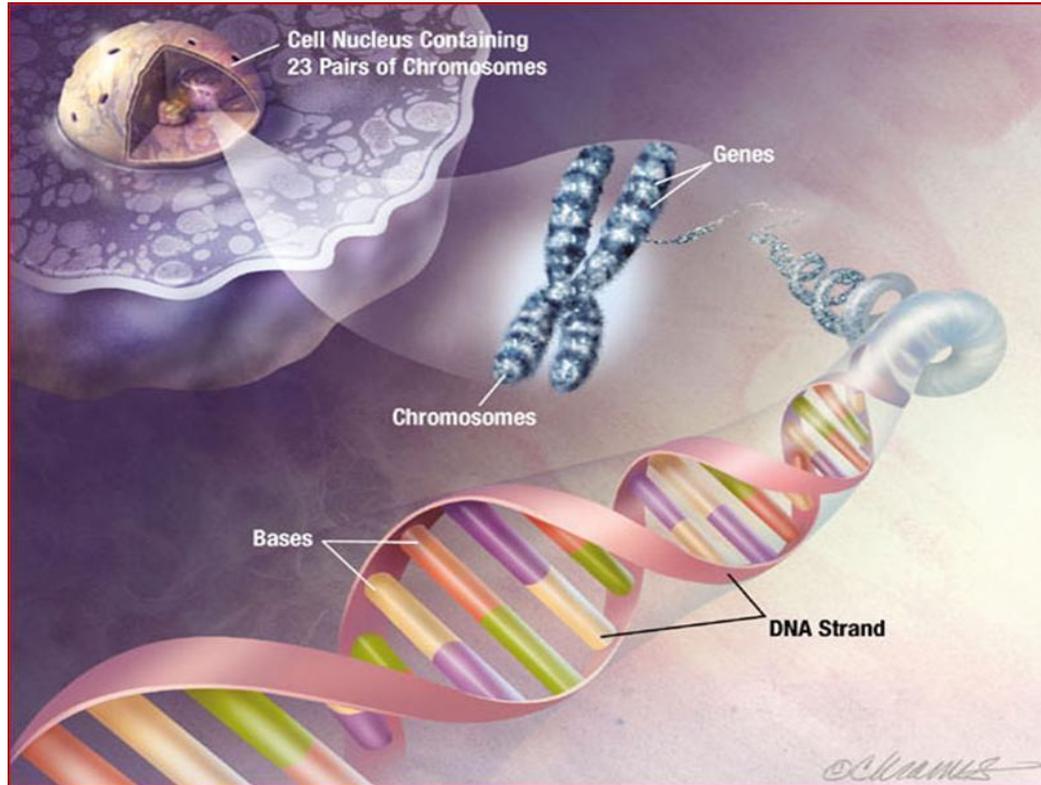
All'interno del nucleo si trova una regione specializzata, detta **nucleolo**, che è deputata all'assemblaggio di particelle chiamate **ribosomi**, che contengono RNA e proteine e che, una volta sintetizzate, migrano nel citoplasma, dove presiedono alla sintesi proteica.

Il nucleo controlla la **sintesi proteica** inviando nel citoplasma diverse molecole con funzione di messaggeri.



Nucleo cellulare

Il nucleo svolge un ruolo cruciale nel **controllo** della vita della cellula e nel processo di **divisione** cellulare



Entrambe le funzioni dipendono strettamente dall'**acido desossiribonucleico** (DNA) contenuto nel nucleo

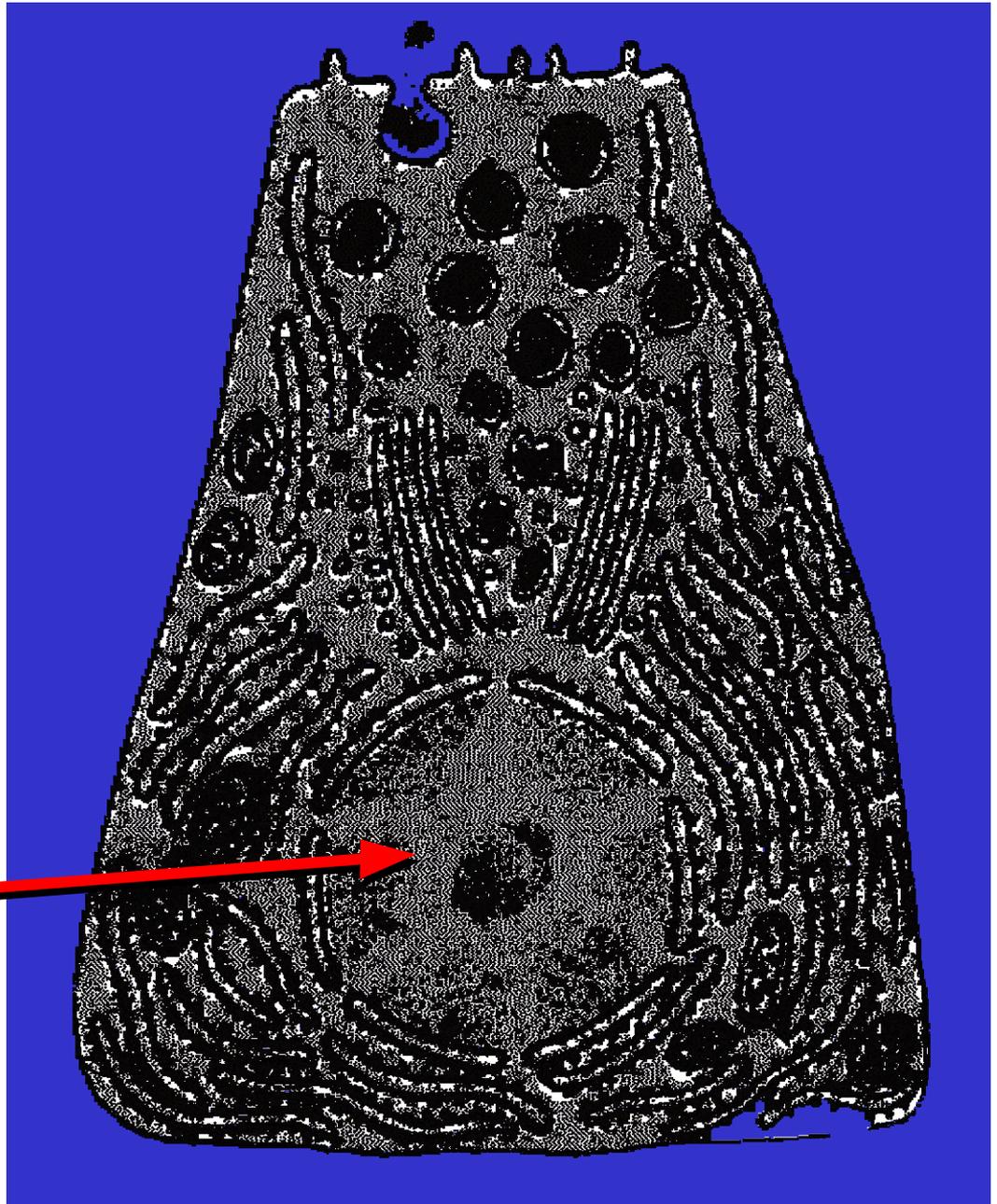
Posizione del nucleo

Variabile ma
caratteristica di ogni
tipo cellulare

Per esempio:

-cellule embrionali:
nucleo **centrale**

-cellule secernenti:
nucleo **eccentrico**

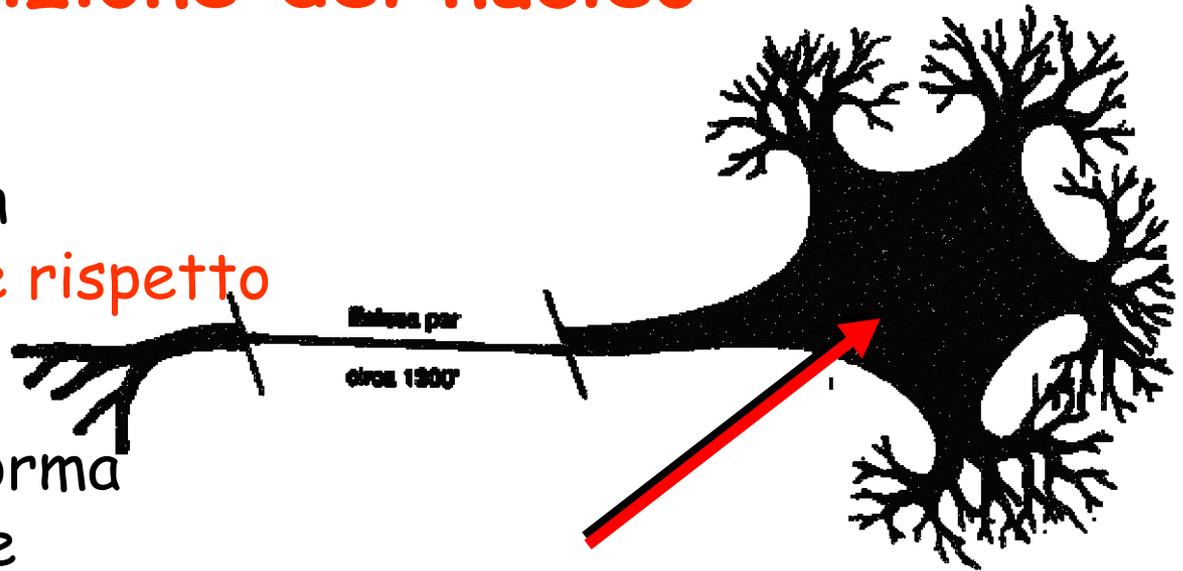


Posizione del nucleo

Altri esempi:

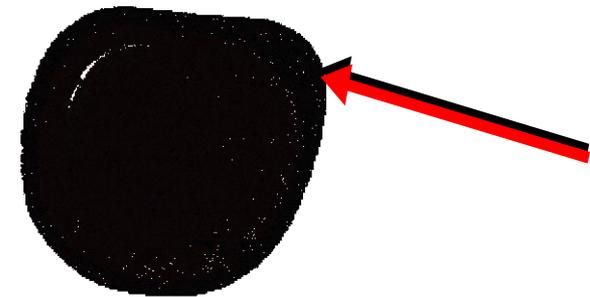
-neuroni: nucleo in
posizione centrale rispetto
al corpo cellulare:

il citoscheletro forma
un'impalcatura che
mantiene stabile la
posizione del nucleo



Es. Neurone

-adipociti: la goccia
lipidica spinge il nucleo
verso la periferia



Es. Adipocita

Involucro nucleare o carioteca

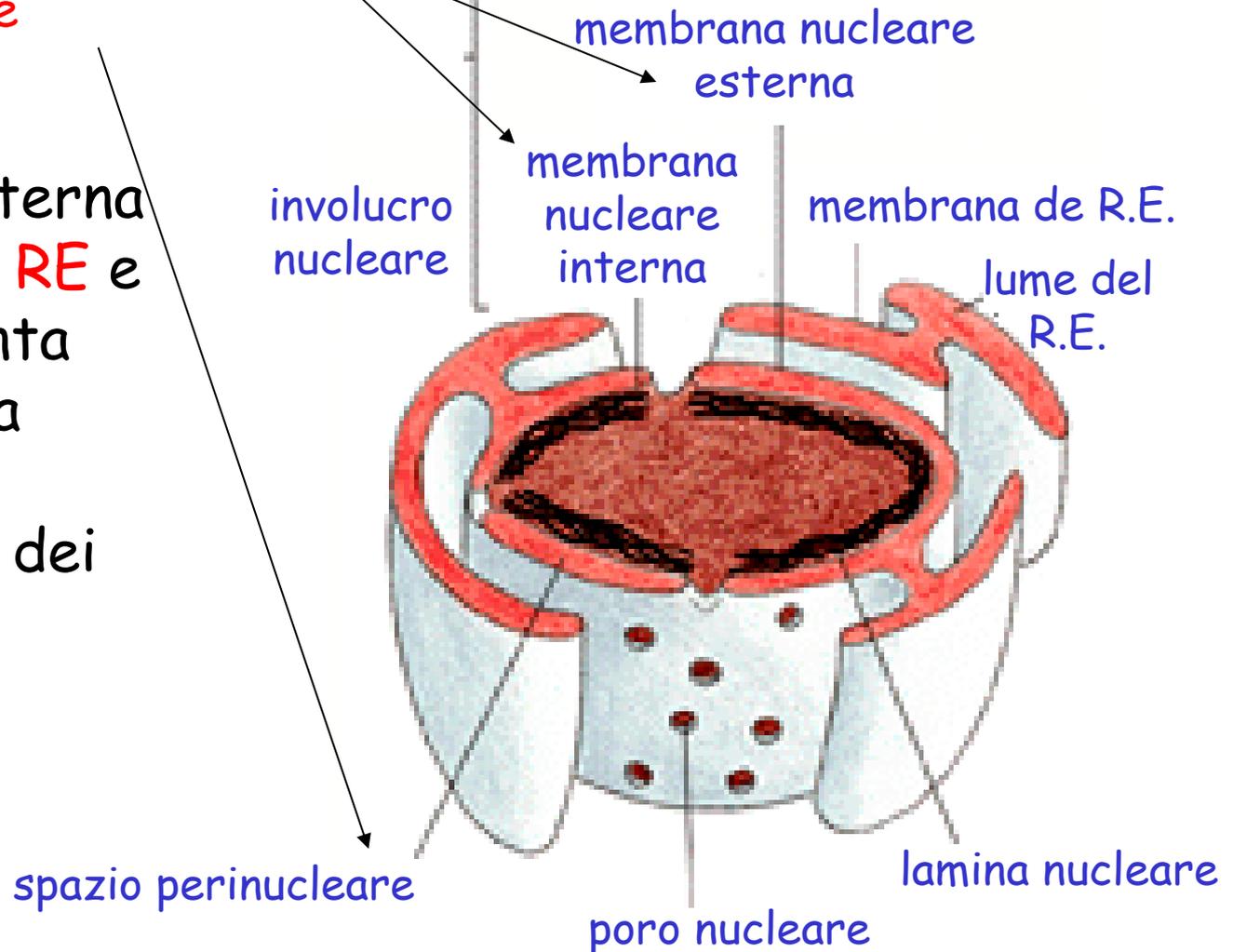
È una **doppia membrana**:

membrana nucleare **interna** e
membrana nucleare **esterna**

} entrambe costituite da un doppio strato fosfolipidico

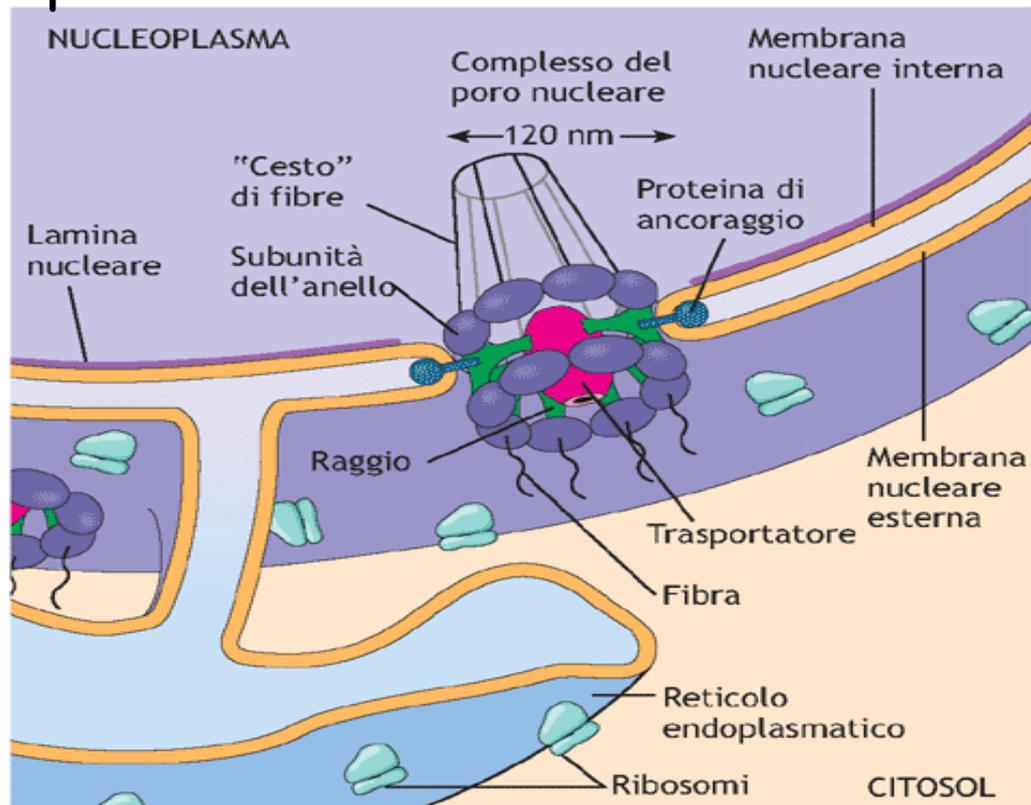
Non sono strettamente aderenti una all'altra ma sono separate da uno **spazio perinucleare**

La membrana esterna è **continua con il RE** e spesso presenta aderenti alla superficie citoplasmatica dei **ribosomi**



IL NUCLEO CELLULARE: Il poro nucleare

L'involucro nucleare non è un limite continuo perchè **le 2 membrane si fondono** in alcuni punti determinando uno spazio libero che assume la forma di **canale** e che viene indicato come poro nucleare



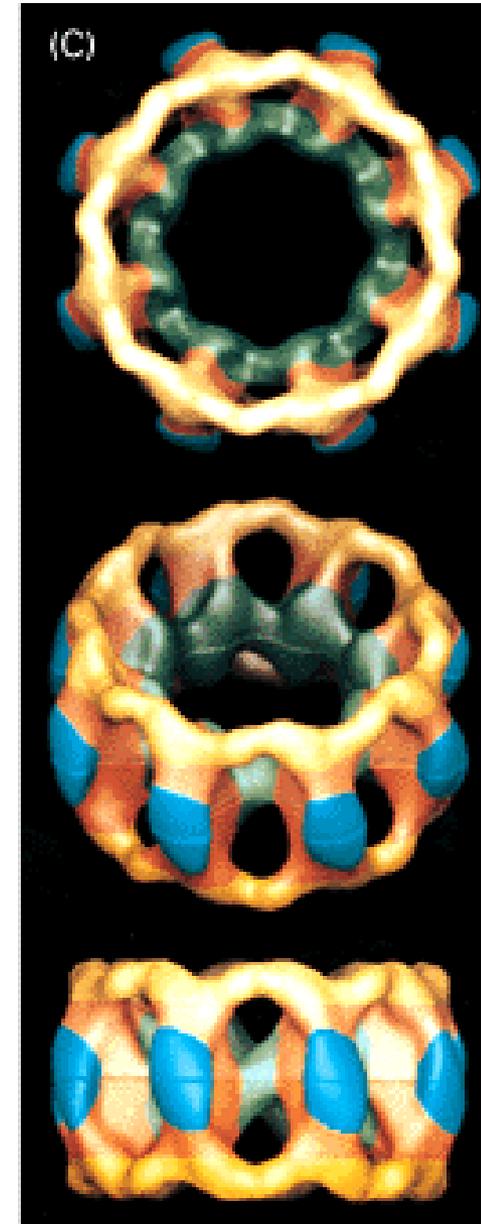
La superficie dell'involucro nucleare risulta costellata di tali interruzioni

IL NUCLEO CELLULARE: Il poro nucleare

La classe più abbondante di proteine del poro sono le **nucleoporine**

Trasporto attraverso il poro:

1. Proteine nucleari sintetizzate nel citoplasma che devono entrare nel nucleo
2. Molecole di RNA



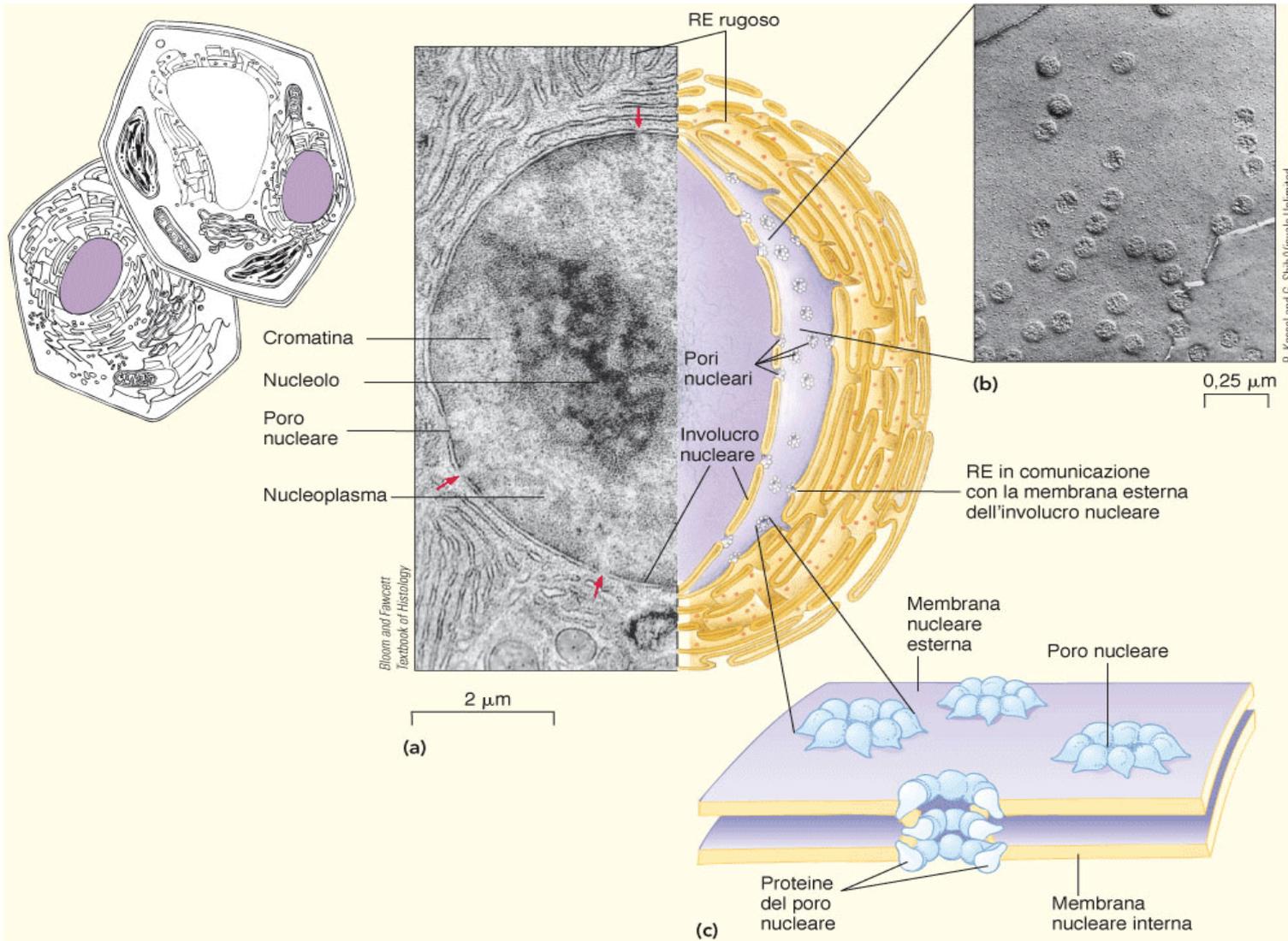


FIGURA 4-13 Il nucleo cellulare

(a) Immagine MET e disegno interpretativo che mostrano che l'involucro nucleare è composto di due membrane concentriche attraversate da pori nucleari (indicati dalle frecce rosse). La membrana esterna dell'involucro nucleare è in continuità con il reticolo endoplasmatico

(RE). Il nucleolo non è circondato da una membrana. **(b)** Immagine MET dei pori nucleari. Per separare le membrane è stata utilizzata una tecnica nota come "freeze-fracture". **(c)** I pori nucleari, che sono costituiti da proteine, formano canali tra il nucleoplasma e il citoplasma.

Nucleolo

Struttura specializzata comprendente:

1. un gruppo di **geni** che portano l'informazione per gli RNA ribosomiali
2. i corrispondenti **trascritti di RNA**
3. **RIBOSIMI** Neosintetizzati

Contiene particelle ribosomiali a vari stadi di assemblaggio

Biogenesi dei ribosomi nel nucleolo:

dopo il loro assemblaggio le unità ribosomiali vengono esportate nel citoplasma attraverso i pori nucleari

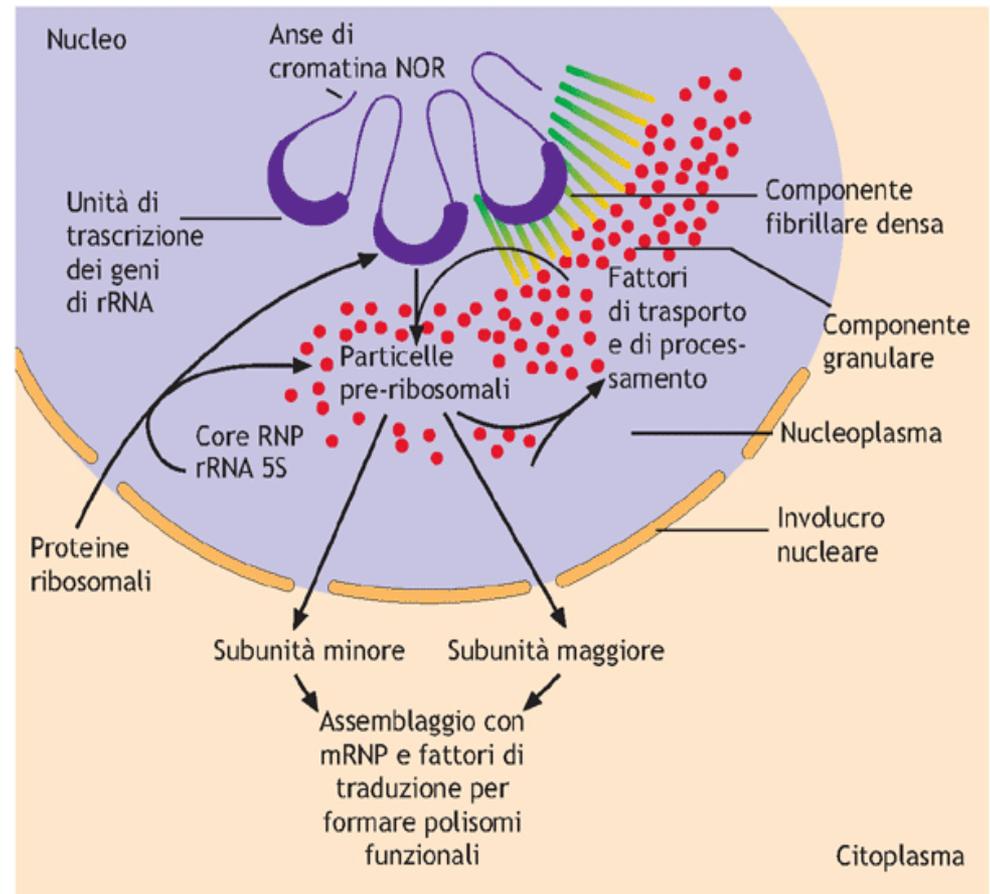


Fig. 4-10 La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana
nucleare

Pori
nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato
del
Golgi

Lisosomi

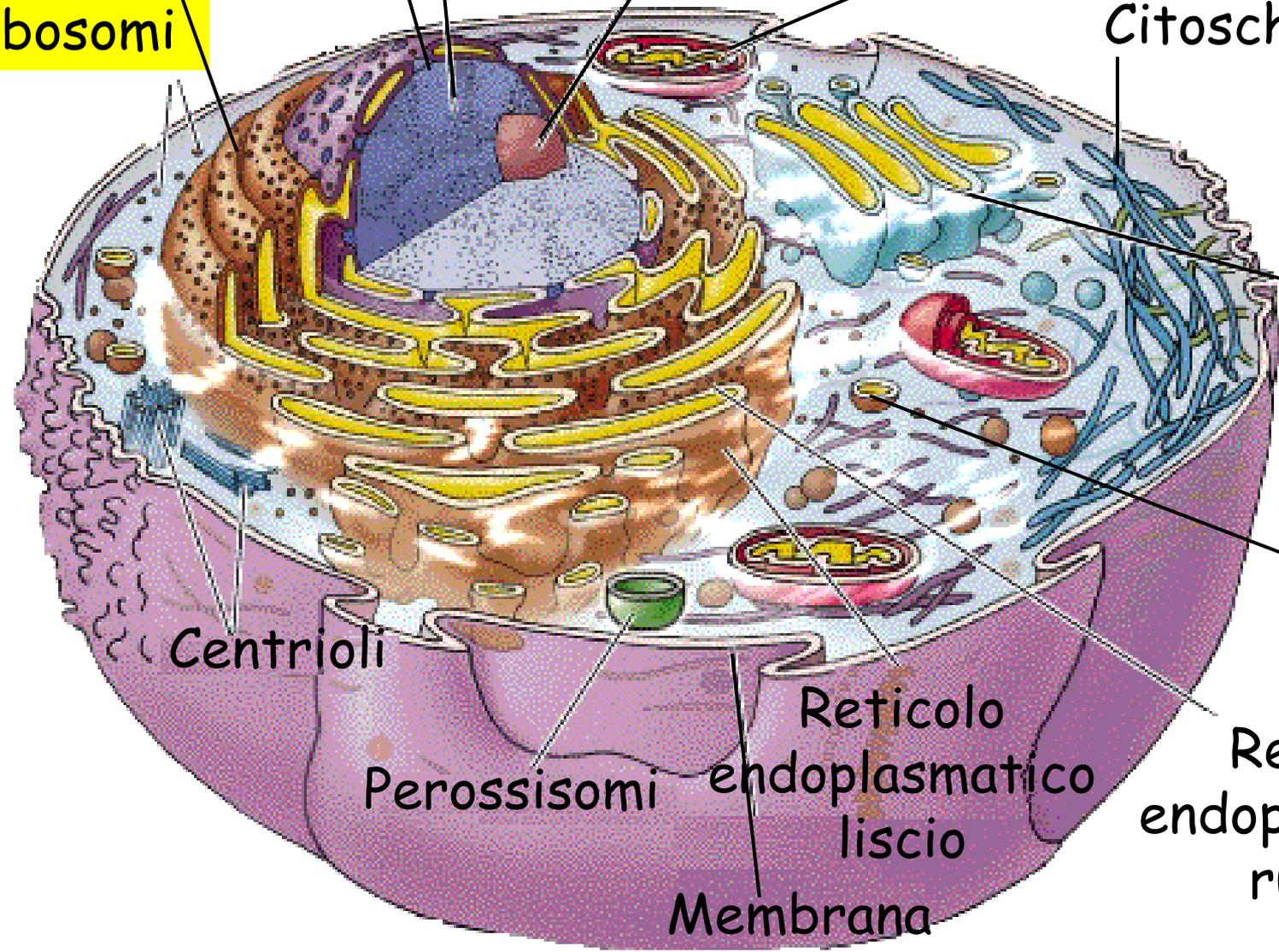
Centrioli

Perossisomi

Reticolo
endoplasmatico
liscio

Reticolo
endoplasmatico
rugoso

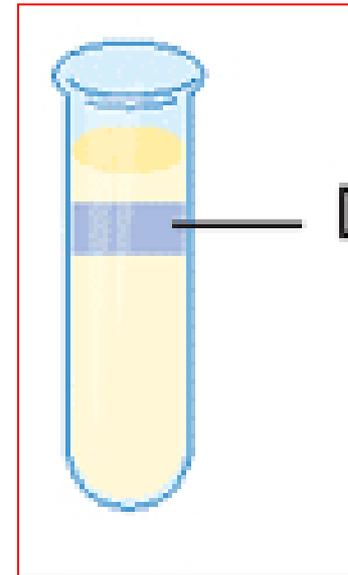
Membrana
citoplasmatica



I RIBOSOMI



Le dimensioni dei ribosomi vengono espresse in base al loro **Coefficiente di sedimentazione** espresso in unità **Svedberg (S)**: unità che misura la densità di un organulo cellulare o di una macromolecola verificando il punto in cui sedimenta mediante ultracentrifugazione in gradiente di densità



I RIBOSOMI

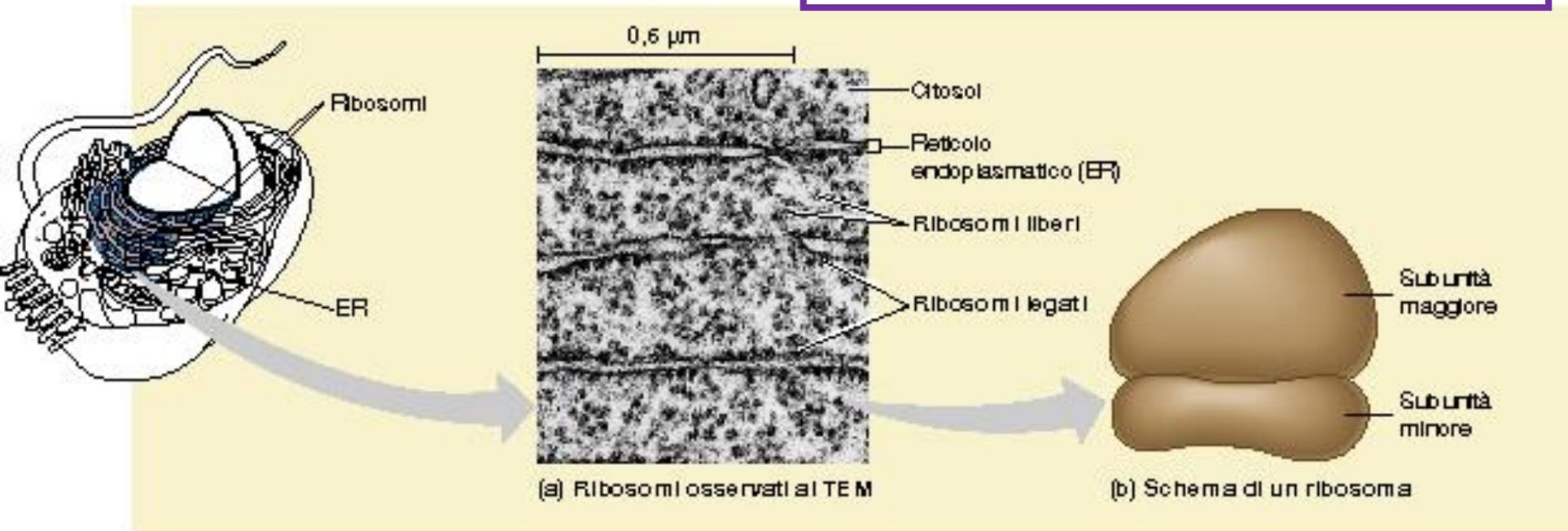
I ribosomi sono gli organuli che provvedono alla sintesi proteica. Nelle cellule eucariotiche possono essere:

liberi nel citoplasma

Producono Proteine:
-che sono utilizzate nel citosol

legati al reticolo endoplasmatico

Producono Proteine:
-destinate ad essere inserite nelle membrane, o
-destinate ad essere esportate dalla cellula (secrete)



Ribosomi liberi e legati sono identici e possono alternarsi

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

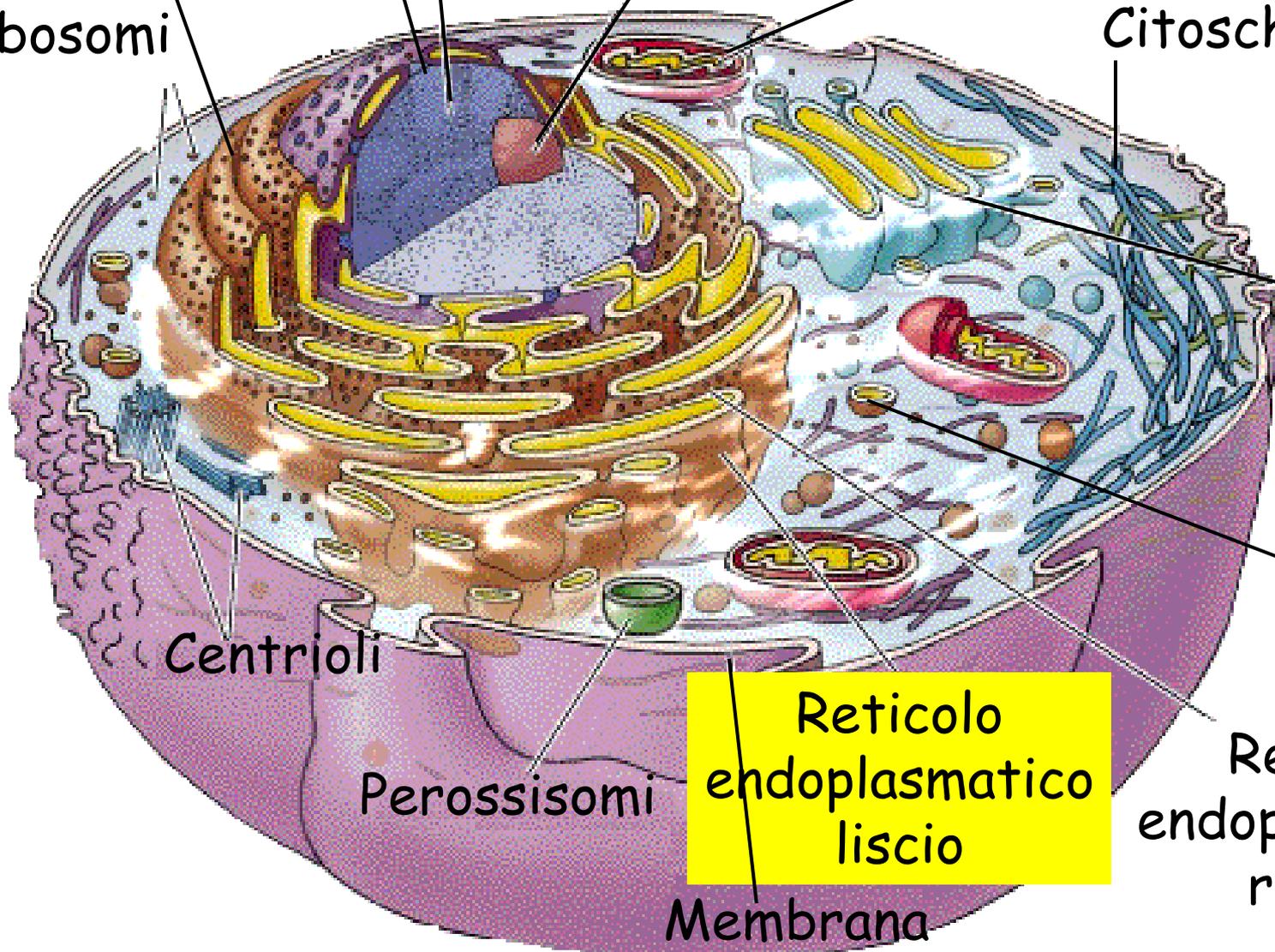
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

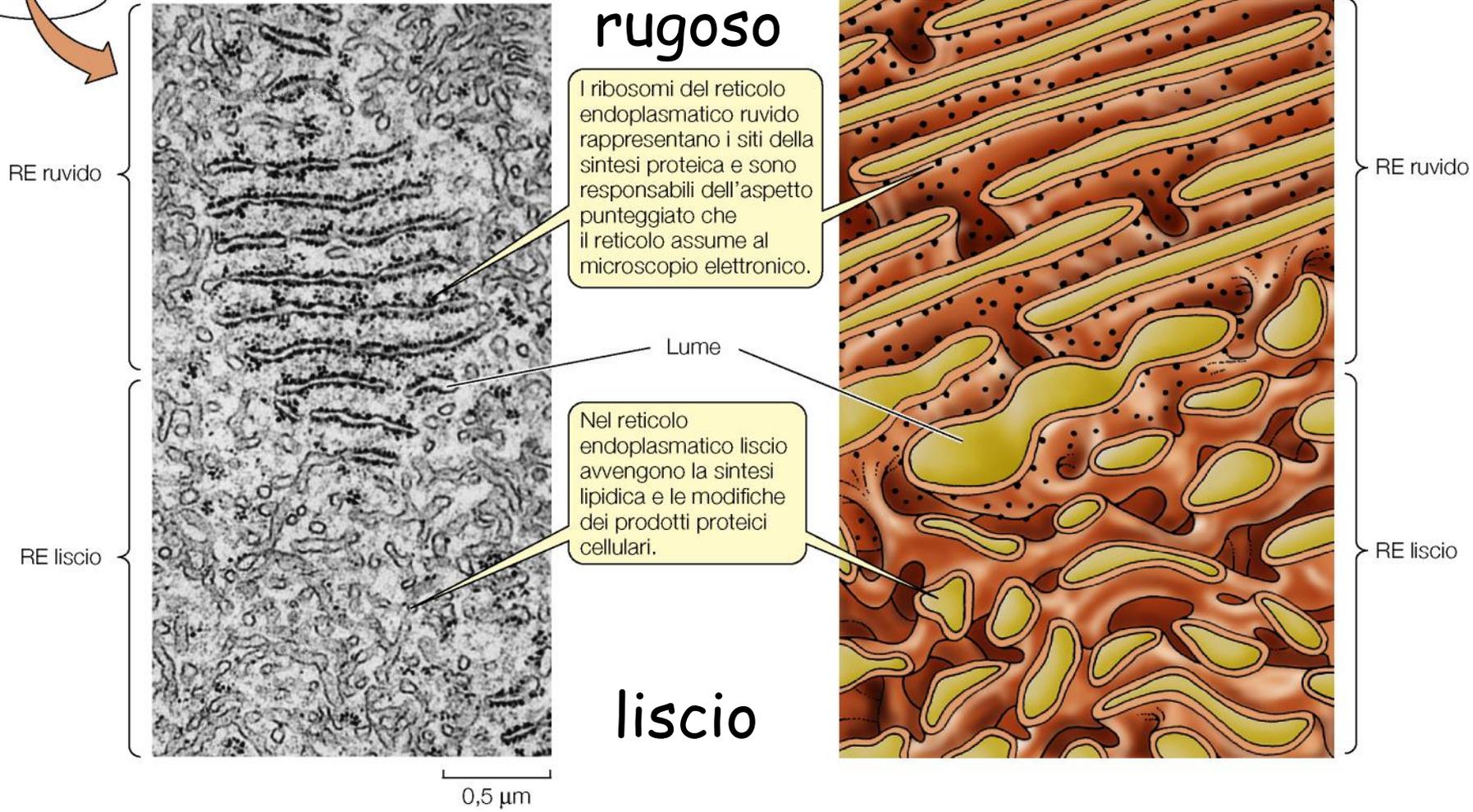
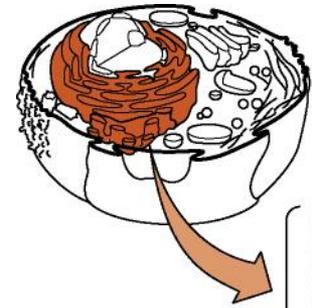
Reticolo endoplasmatico rugoso

Membrana citoplasmatica



RETICOLO ENDOPLASMATICO

Lo strato esterno della membrana nucleare prosegue nella membrana del **RETICOLO ENDOPLASMATICO (RE)**, sistema ininterrotto di **concamerazioni e tubuli membranosi**, che spesso si estende a tutta la cellula e si divide in RER e REL:



RETICOLO ENDOPLASMATICO LISCIO

Struttura:

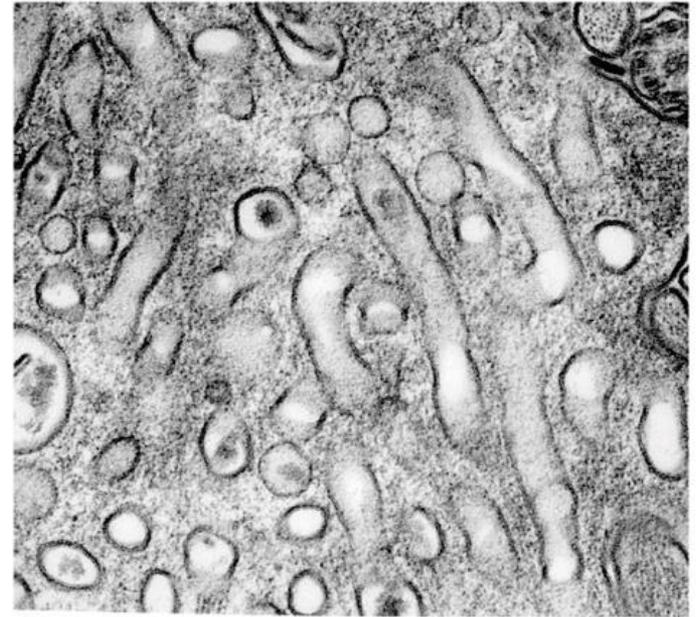
L'RE liscio è scarso nella maggioranza delle cellule, ma è molto sviluppato in alcune cellule che hanno particolari funzioni: es. cell delle ghiandole surrenali ed epatociti



Sistema ininterrotto di **concamerazioni e tubuli membranosi** privi di ribosomi

Nelle sue membrane sono inclusi diversi enzimi deputati ad eseguire le funzioni di questo organulo.

RETICOLO ENDOPLASMATICO LISCIO



Funzioni:

1. **Sintesi di molecole lipidiche:** colesterolo, steroidi, trigliceridi e fosfolipidi che faranno parte di tutte le membrane cellulari, comprese quelle dello stesso reticolo
2. Sintesi di **glicolipidi, carboidrati**
3. **Trasporto** di proteine, glicoproteine e lipoproteine
4. Sede in cui avviene l' **idrolisi del glicogeno**
5. Sede in cui avviene la **detossificazione** di scorie metaboliche, sostanze nocive, farmaci (anfetamine, morfina, barbiturici, tossine, pesticidi, erbicidi).

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

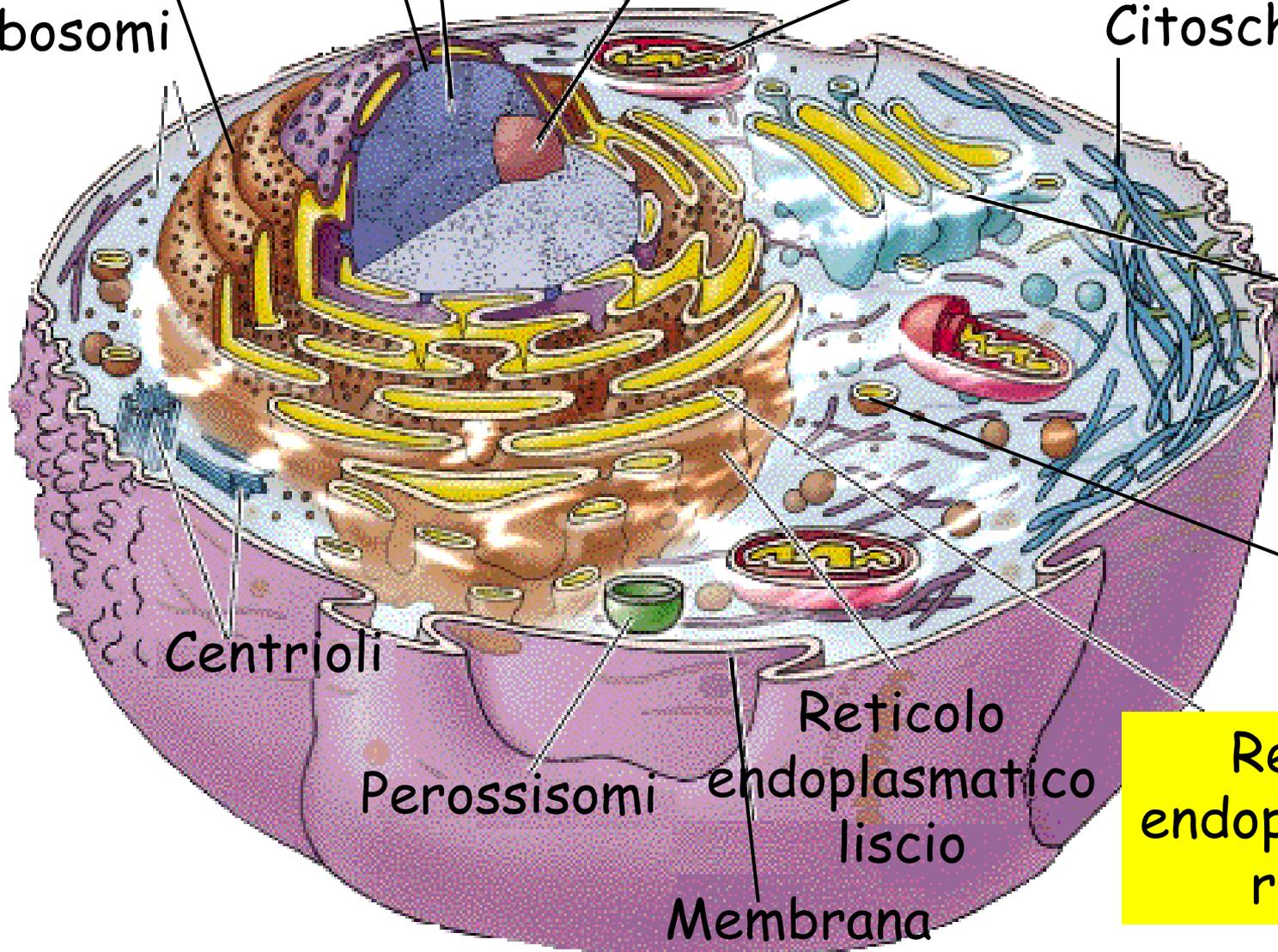
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

Reticolo endoplasmatico rugoso

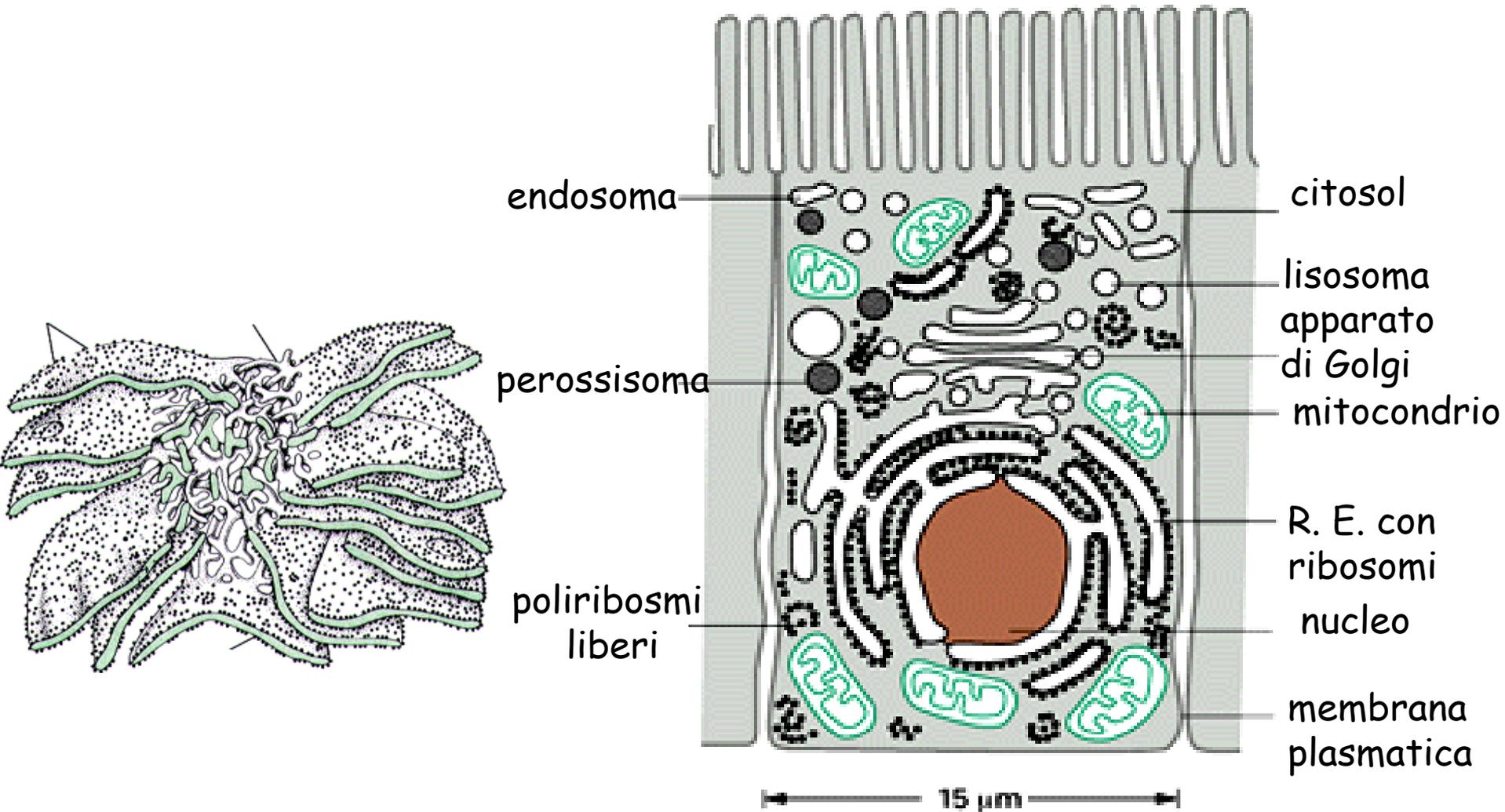
Membrana citoplasmatica



RETICOLO ENDOPLASMATICO RUGOSO

Struttura:

Canalicoli e cisterne ampie ed appiattite, interconnessi tra loro e ricoperti sulla superficie citoplasmatica da **ribosomi**

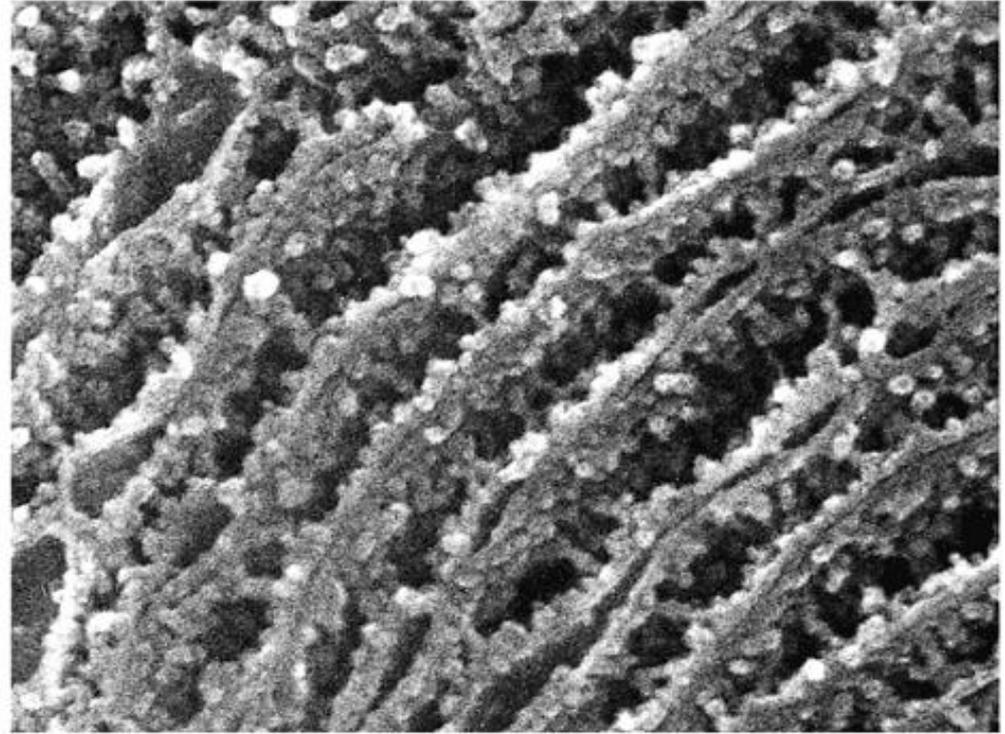


RETICOLO ENDOPLASMATICO RUGOSO

Funzione:

Sintesi di proteine :

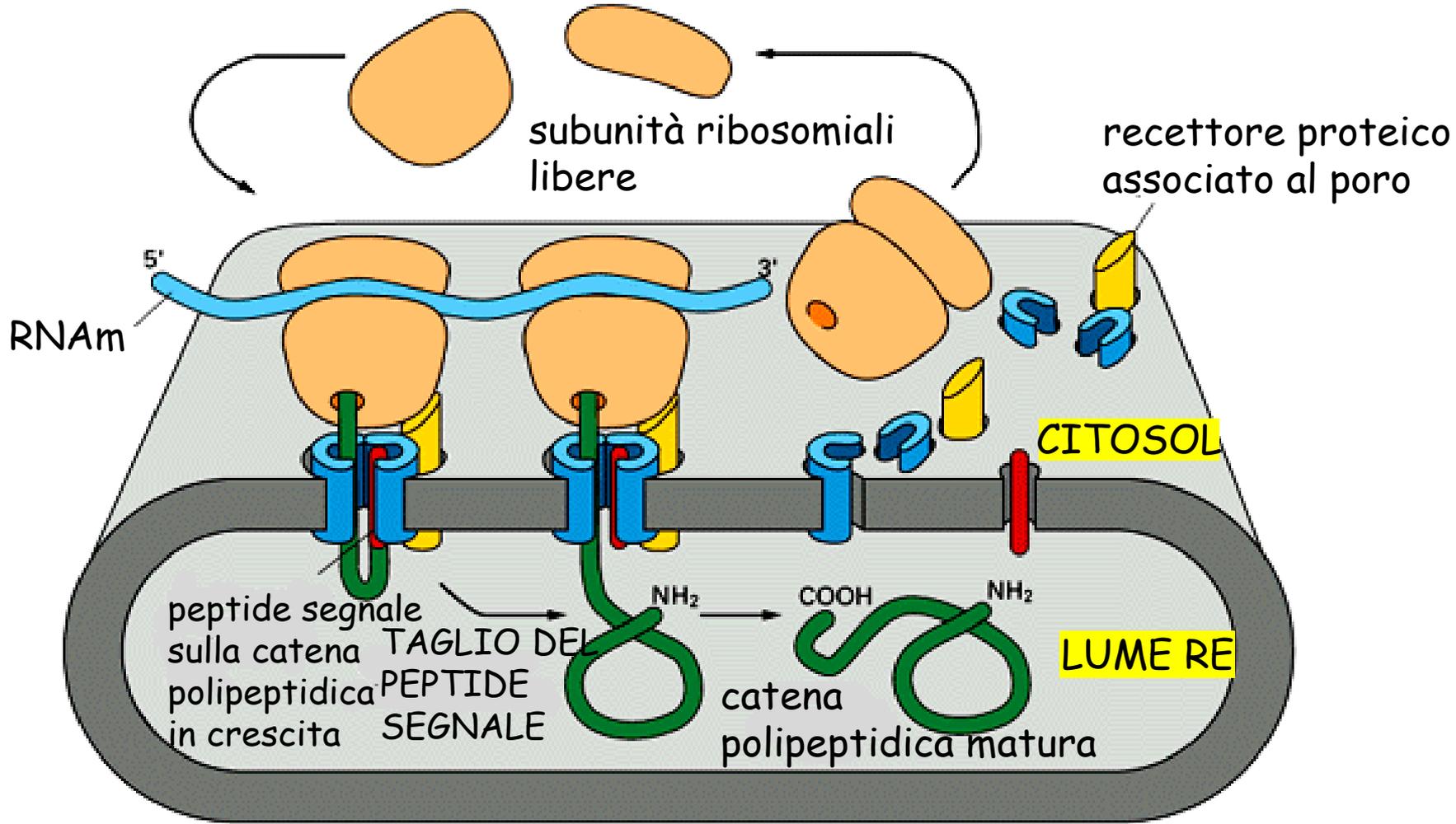
1. destinate ad essere esportate al Golgi, ai Lisosomi, alle vescicole di accumulo
2. destinate ad essere secrete
3. proteine di membrana



Dopo la sintesi le proteine sono rilasciate nel lume del RE e subiscono **rimaneggiamenti e ripiegamenti specifici**

RETICOLO ENDOPLASMATICO RUGOSO

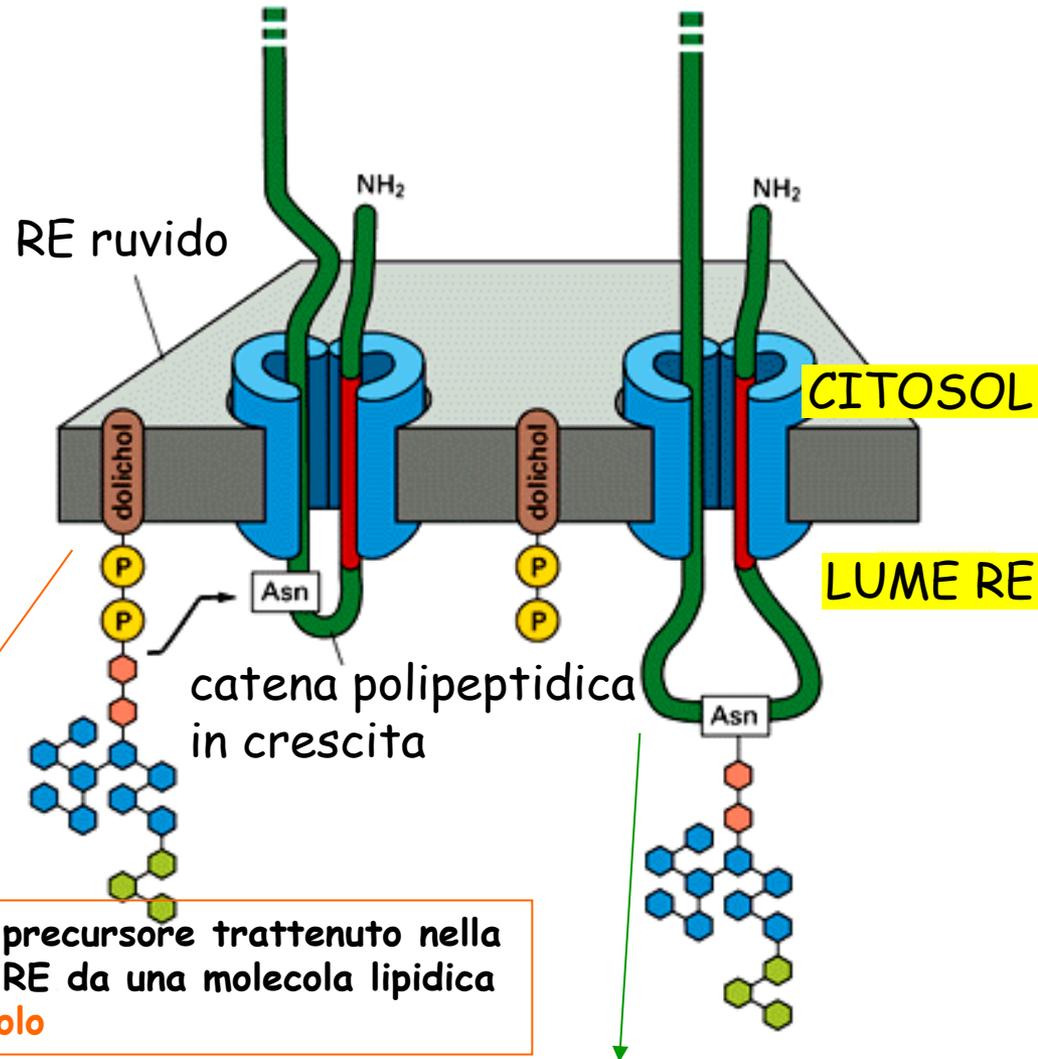
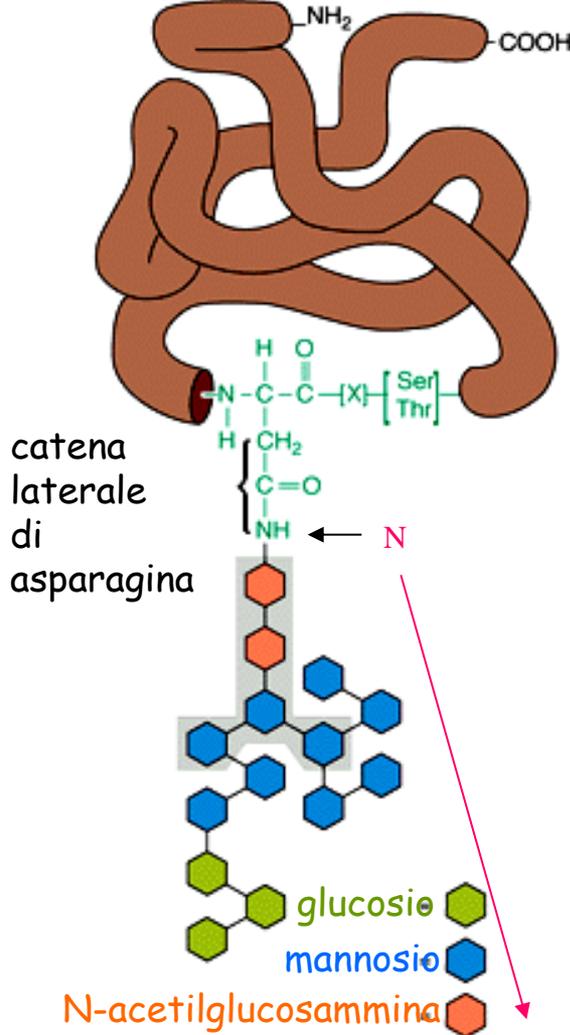
Gli mRNA che dovranno essere tradotti dai ribosomi associati al RE possiedono un segnale di riconoscimento



Quando il **peptide segnale** emerge dal ribosoma, **dirige il ribosoma** ad un **recettore** proteico **sulla membrana del RE**. Man mano che viene sintetizzato, il polipeptide viene traslocato attraverso la membrana tramite un poro proteico associato con il recettore. Il peptide segnale viene tagliato via durante la traduzione da una peptidasi del segnale, e la proteina matura è rilasciata nel lume del RE immediatamente dopo la sua sintesi.

FUNZIONI DEL RETICOLO ENDOPLASMATICO RUGOSO

L'aggiunta covalente di zuccheri alle proteine (**glicosilazione**) è una delle funzioni del RE.



oligosaccaride precursore trattenuto nella membrana del RE da una molecola lipidica chiamata **dolicholo**

La maggior parte delle proteine sintetizzate nel RER sono **glicosilate** mediante l'aggiunta di un **oligosaccaride** comune legato a **N** della catena laterale di una **Asparagina**

Il trasferimento dell'oligosaccaride è catalizzato dall'**enzima oligosaccaride transferasi**

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

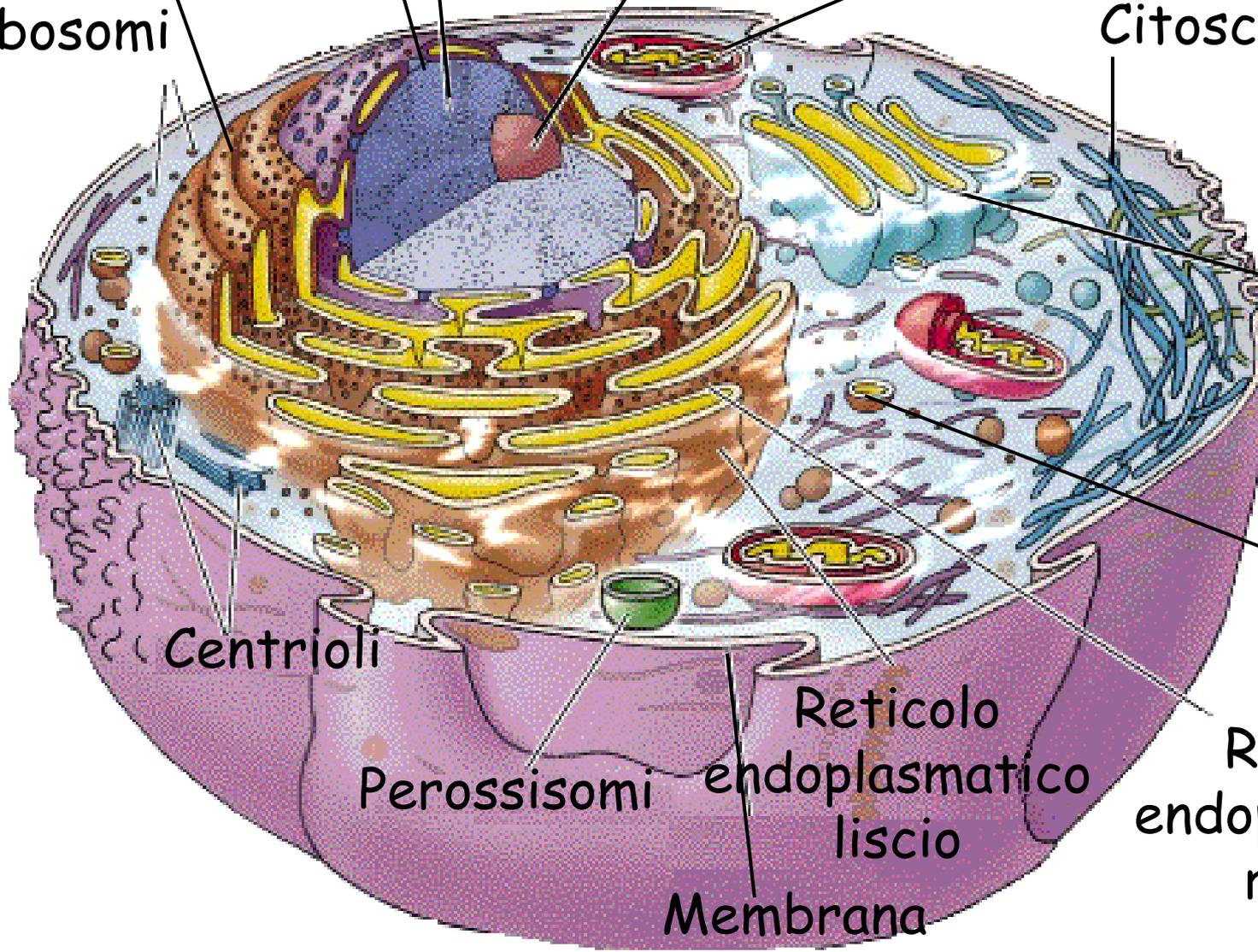
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

Reticolo endoplasmatico rugoso

Membrana citoplasmatica



- 1 I polipeptidi sintetizzati sui ribosomi sono inseriti nel lume del RE.
- 2 Vengono aggiunti degli zuccheri, con formazione di glicoproteine.
- 3 Vescicole di trasporto veicolano le glicoproteine sulla superficie *cis* del Golgi.
- 4 Le glicoproteine sono ulteriormente modificate nel Golgi.
- 5 Le glicoproteine si portano sulla superficie *trans*, dove sono impacchettate in vescicole di trasporto.
- 6 Le glicoproteine sono trasportate alla membrana plasmatica (o ad altri organuli).
- 7 Il contenuto della vescicola di trasporto è rilasciato dalla cellula.

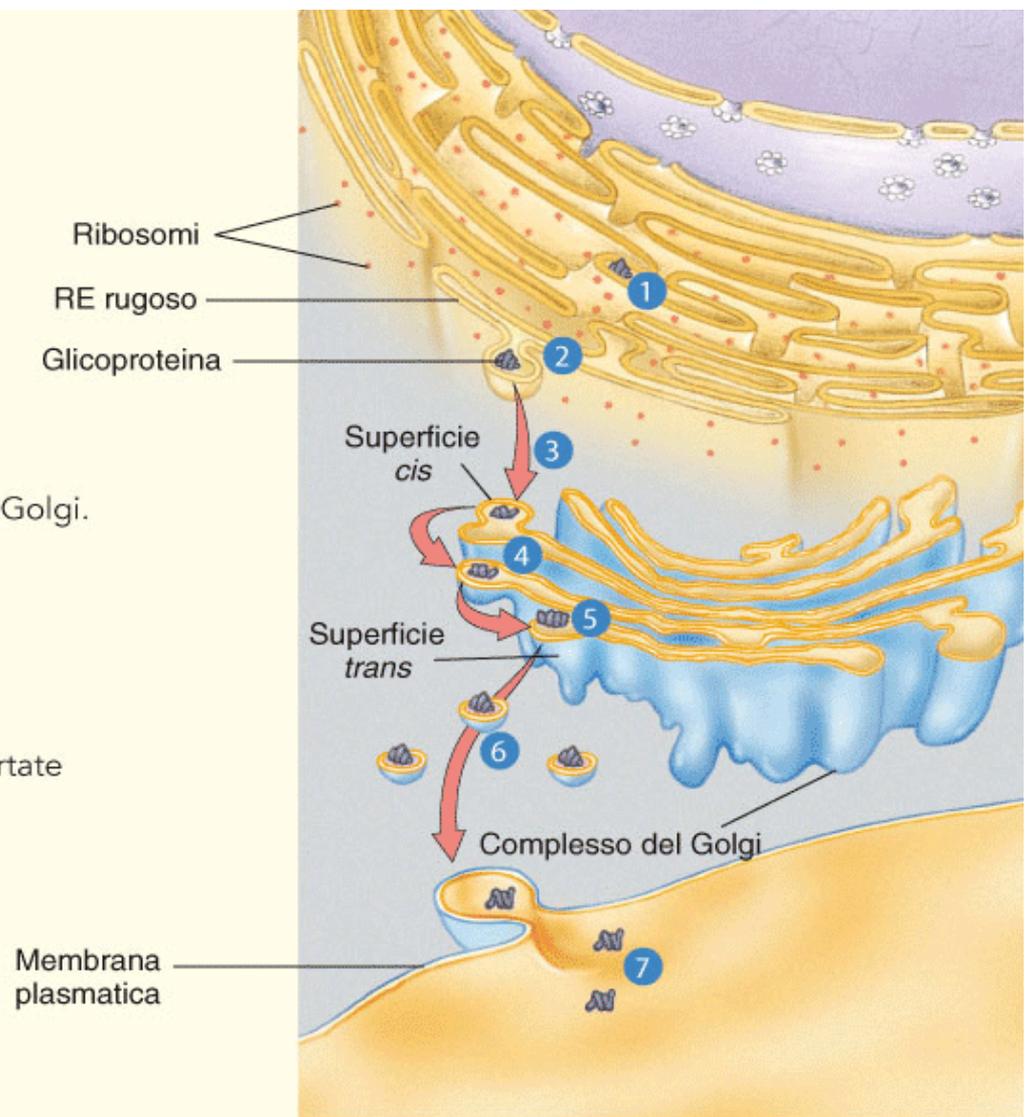


FIGURA 4-16 Il trasporto delle proteine all'interno della cellula

Le glicoproteine sono trasportate dai ribosomi al RE e da qui al complesso del Golgi, dove vengono modificate. Questo schema mostra il passaggio delle glicoproteine attraverso i compartimenti del sistema di

endomembrane di una cellula caliciforme muco-secerne l'intestino. Il muco è una miscela complessa di proteine legati covalentemente.

APPARATO DI GOLGI

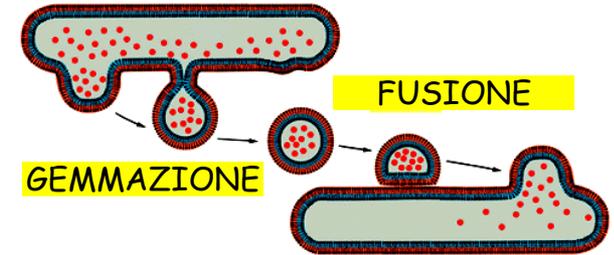
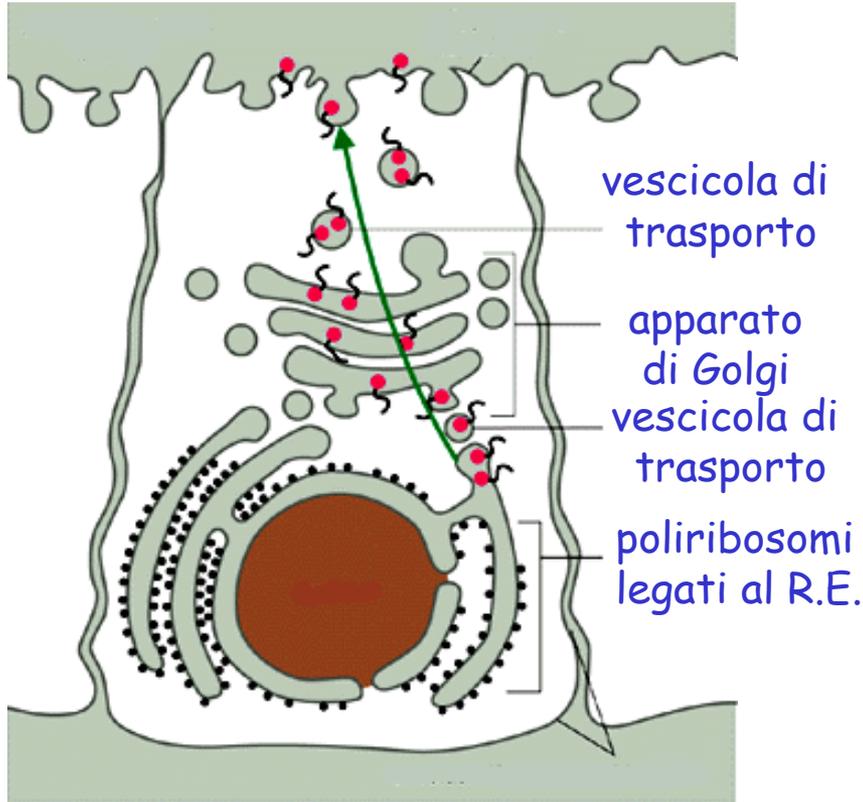
Funzioni:

1. Apporta **modifiche** alle molecole che passano nelle sue cisterne:
 1. modifica di aa
 2. Glicosilazione: Modifica carboidrati di una glicoproteina sintetizzata nel RE rugoso.
 3. Modificazioni di glicoproteine e glicolipidi sintetizzati come :
 1. Solvatazione
 2. Acetilazione
 3. Deamminazione
3. Rimaneggiamento dei lipidi: glicolipidi e sfingomieline
4. Sintesi di polisaccaridi complessi
5. Immagazzina, impacchetta e distribuisce molecole già sintetizzate in diverse regioni della cellula

Le diverse cisterne hanno diversi enzimi che agiscono sulle molecole che mano a mano raggiungono le diverse cisterne, in maniera precisa secondo una sequenza determinata

APPARATO DI GOLGI

Le molecole nuove vengono raccolte in **vescicole di trasporto** che si originano per gemmazione e si fondono alle cisterne successive o si avviano verso la membrana plasmatica



1. molecole dirette verso la **membrana plasmatica**, perché destinate a farne parte o seguono la via della **secrezione**
2. molecole destinate ad **altri compartimenti cellulari** (lisozima).
3. proteine trattenute nel **Golgi** perché residenti funzionalmente in esso

Numerosi meccanismi di smistamento perché numerose sono le **destinazioni** indicate da segnali molecolari

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana
nucleare

Pori
nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato
del
Golgi

Lisosomi

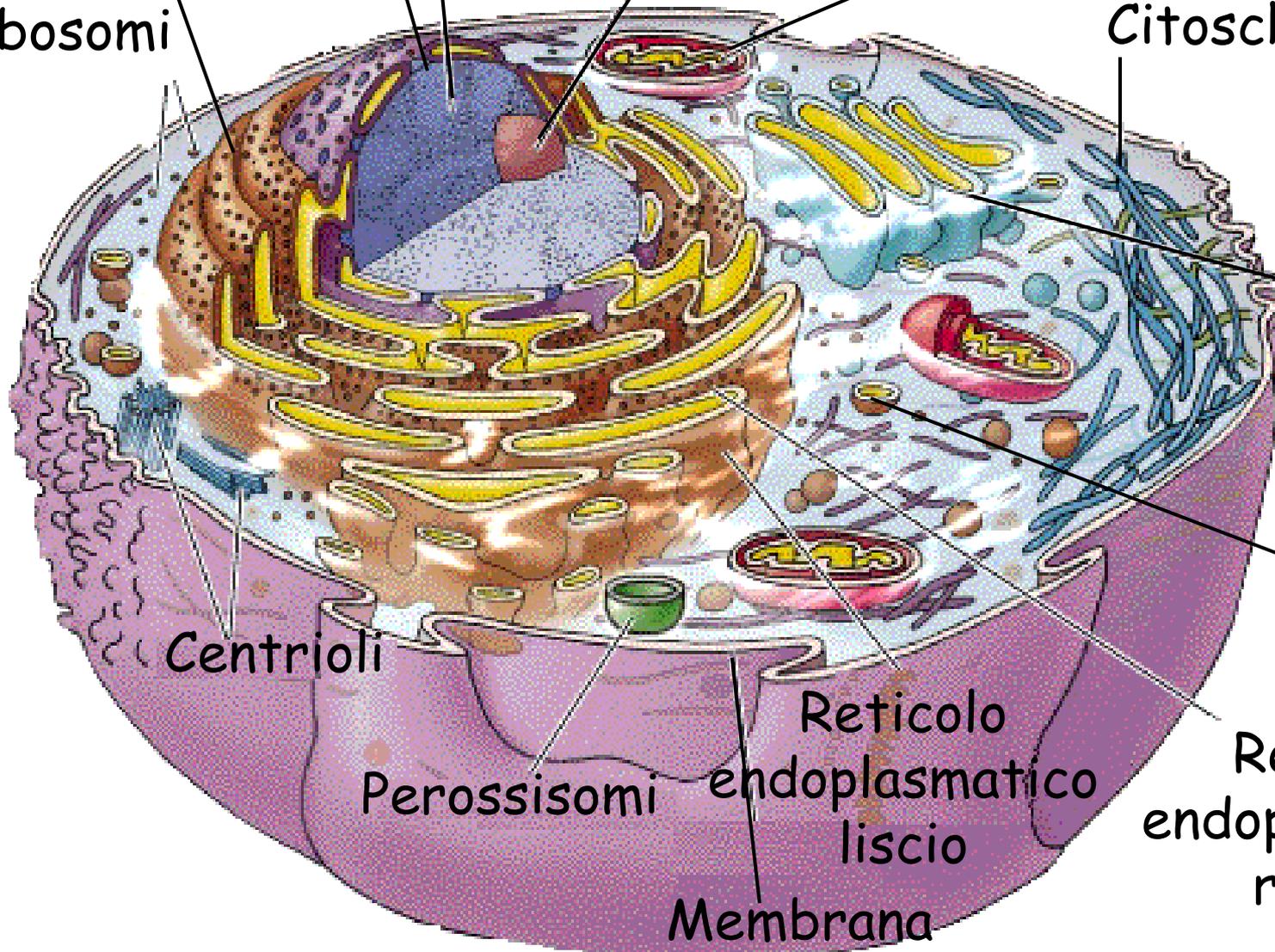
Centrioli

Perossisomi

Reticolo
endoplasmatico
liscio

Reticolo
endoplasmatico
rugoso

Membrana
citoplasmatica



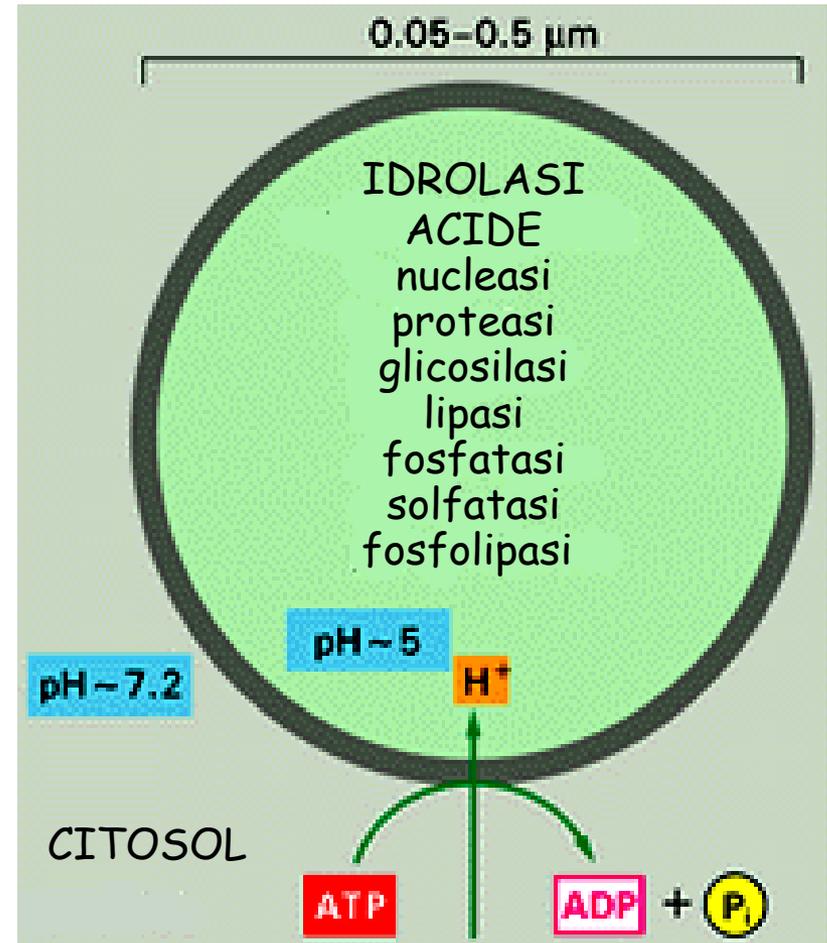
TRAFFICO VESICOLARE NELLE VIE SECRETORIE ED ENDOCITICHE DAL GOLGI AI LISOSOMI

I lisosomi sono sacchetti di **enzimi digestivi**, che degradano gli organelli troppo consumati e anche le macromolecole e le particelle che la cellula assume per endocitosi.

Contengono una quarantina di **enzimi idrolitici** di diverso tipo, tra cui quelli che **degradano le proteine, gli acidi nucleici, gli oligosaccaridi e i fosfolipidi**

ph acido mantenuto dentro ai lisosomi da una **pompa per H⁺** alimentata ad ATP che trasloca protoni nel lume e ne mantiene il contenuto a ph acido

Le proteine della membrana lisosomica sono fortemente **glicosilate** per proteggerle dall'autodigestione proteasica



La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

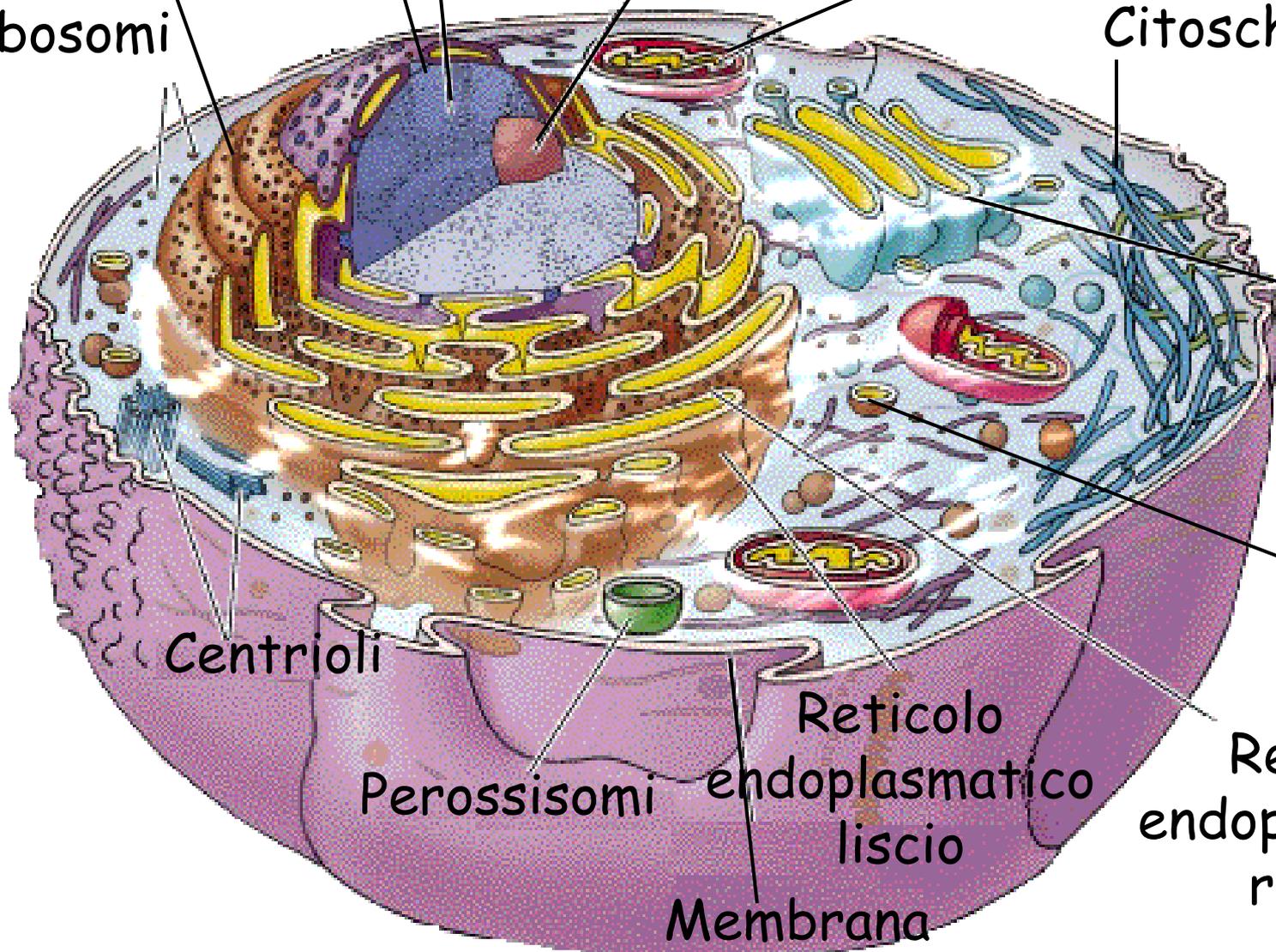
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

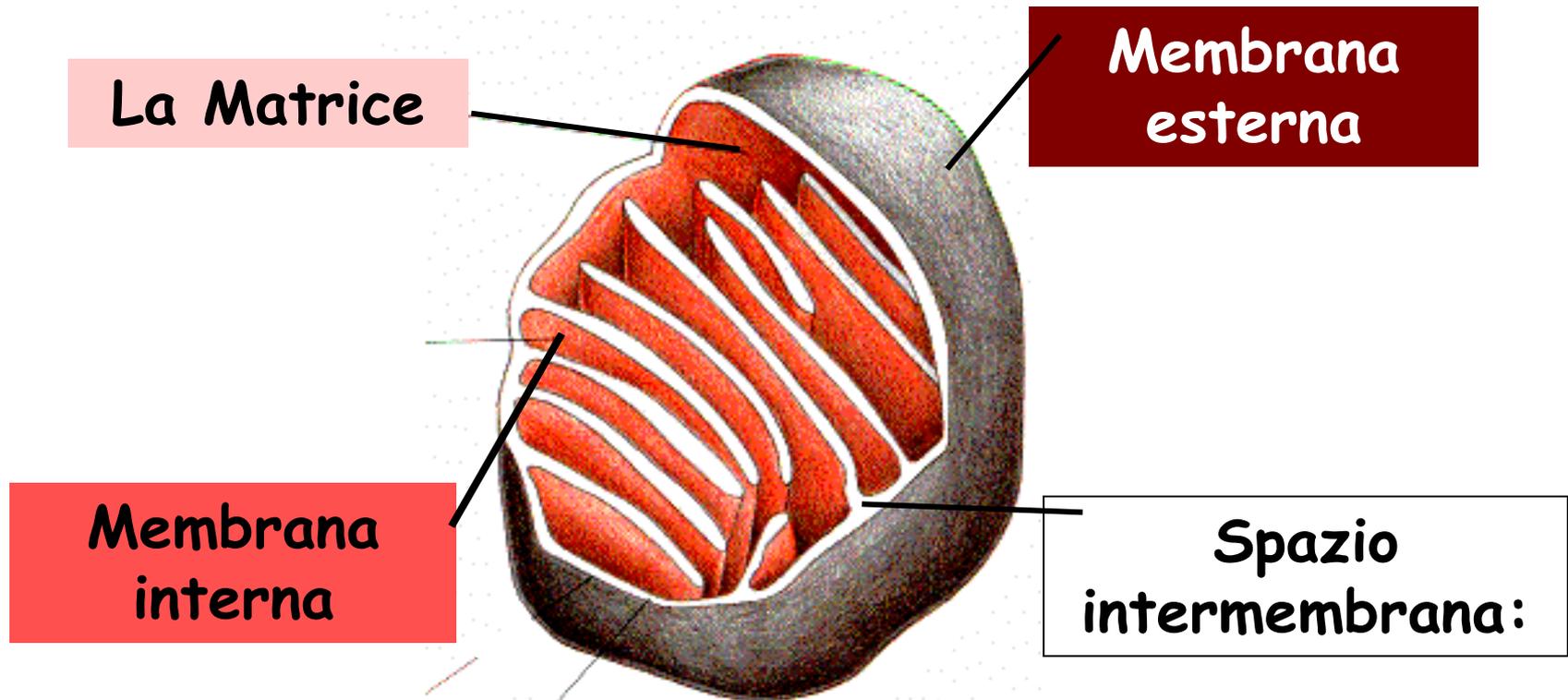
Reticolo endoplasmatico rugoso

Membrana citoplasmatica



I MITOCONDRI

Sono organelli circondati da membrane che convertono l'energia in forme utili a promuovere le reazioni cellulari



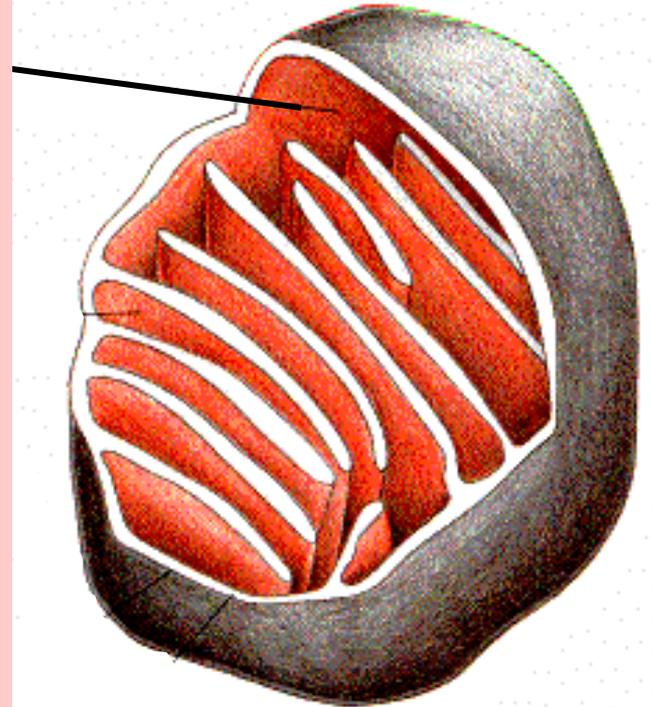
FUNZIONE DEI MITOCONDRI

Carboidrati, **aminoacidi** e **acidi grassi** introdotti come alimento dentro le cellule vengono assorbiti dai mitocondri che li ossidano fino ad CO_2 e H_2O , e utilizzano l'energia ricavata per convertire adenosin-difosfato (ADP) in adenosin-trifosfato (**ATP**)

I MITOCONDRI

La Matrice contiene:

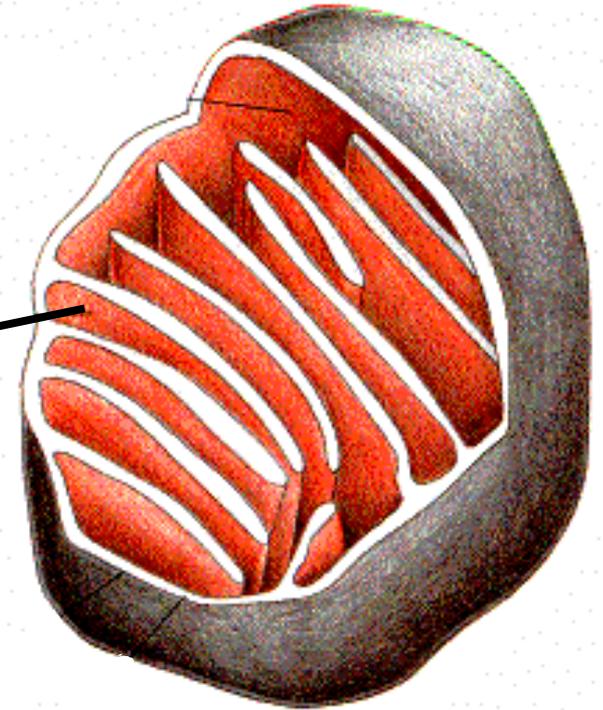
1. Enzimi
 1. per l'ossidazione del piruvato e degli acidi grassi
 2. per il ciclo dell'acido citrico
2. molte copie identiche del DNA del genoma mitocondriale
3. speciali ribosomi mitocondriali
4. tRNA
5. enzimi necessari per l'espressione dei geni mitocondriali.



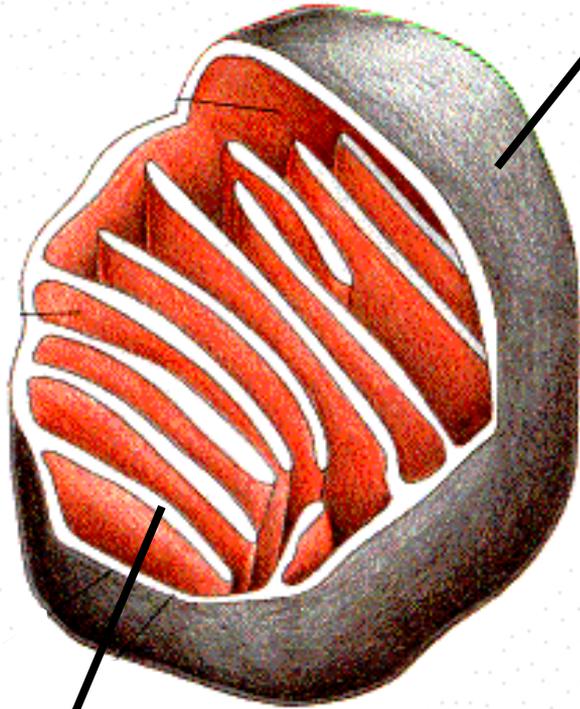
I MITOCONDRI

Membrana interna: E' ripiegata in numerose **creste** che aumentano di molto la sua superficie totale. Essa contiene proteine con 3 funzioni:

1. pt che svolgono le reazioni di ossidazione della catena respiratoria
2. un complesso enzimatico chiamato *ATP sintasi* che produce ATP nella matrice
3. Pt di trasporto che regolano il passaggio di metaboliti dentro e fuori della matrice



I MITOCONDRI



Membrana esterna contiene diversi tipi di proteine:

1. **porina**, grossa proteina che forma un canale permeabile a tutte le molecole inferiori ai 5000 dalton
2. enzimi coinvolti nella **sintesi mitocondriale dei lipidi**
3. enzimi che **convertono substrati lipidici** in forme che sono successivamente metabolizzate nella matrice.

Spazio intermembrana: Contiene parecchi enzimi che usano l'ATP che esce dalla matrice per **fosforilare altri nucleotidi**

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana nucleare

Pori nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Ribosomi

Citoscheletro

Apparato del Golgi

Lisosomi

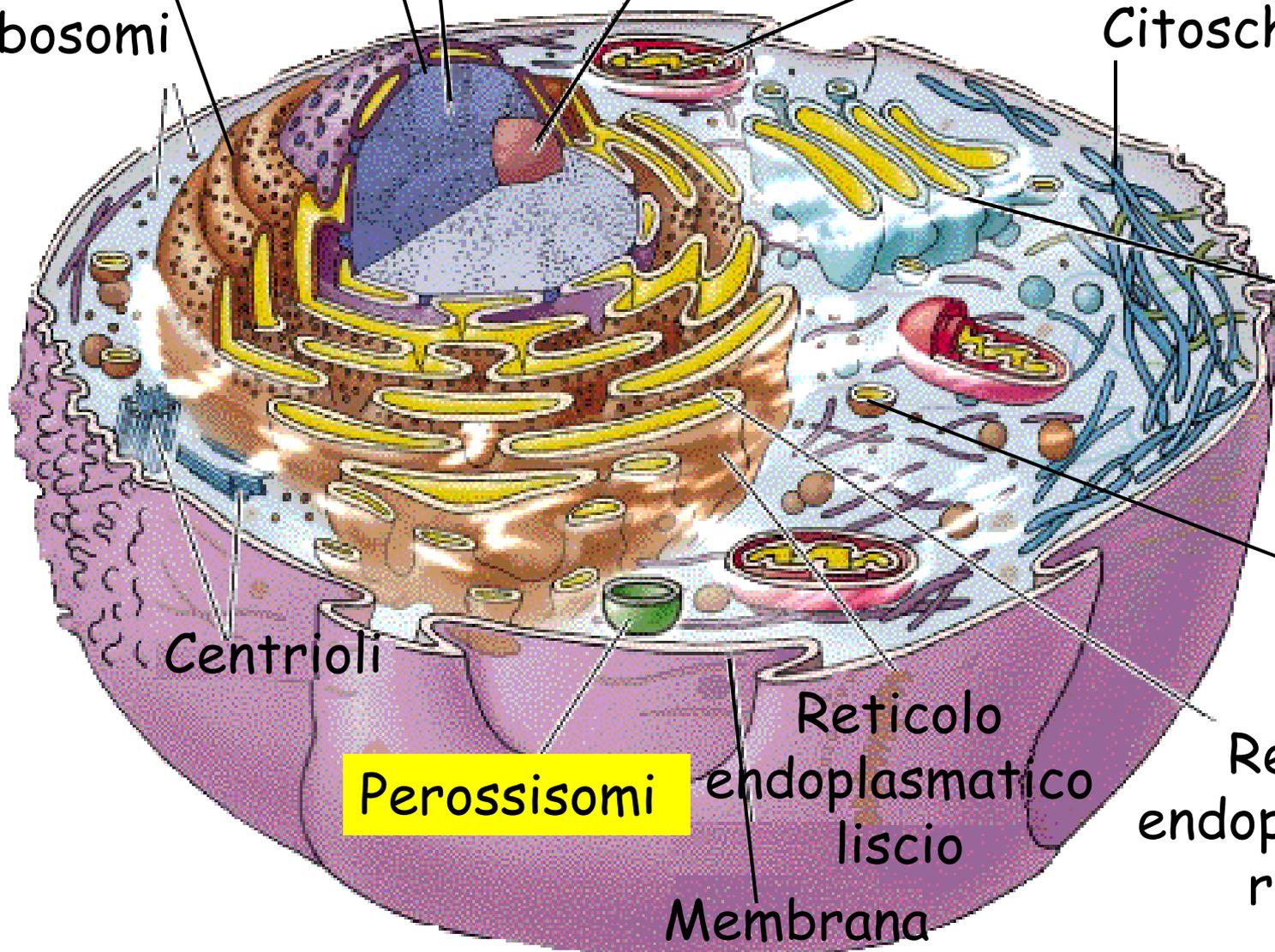
Centrioli

Perossisomi

Reticolo endoplasmatico liscio

Reticolo endoplasmatico rugoso

Membrana citoplasmatica



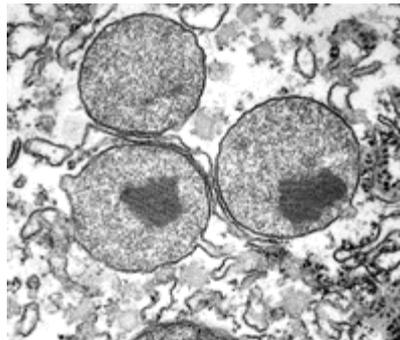
PEROSSISOMI

Sono compartimenti metabolici specializzati delimitati da una membrana
In essi sono contenuti sistemi enzimatici che determinano il trasferimento di atomi di H₂ da vari substrati all'O₂, per formare H₂O₂ (perossido di idrogeno),
H₂O₂ viene poi convertito in H₂O.

Nel complesso questi enzimi intervengono nella degradazione di molecole complesse

Es. i **grassi** in molecole piu' semplici

Es. Detossicazione dell'alcool etilico (composto nocivo per la cellula).



200 nm

La cellula eucariotica

5-100 μm

Membrana
nucleare
Ribosomi

Pori
nucleari

Nucleo

Nucleolo

Mitocondri

Citoscheletro

Apparato
del
Golgi

Lisosomi

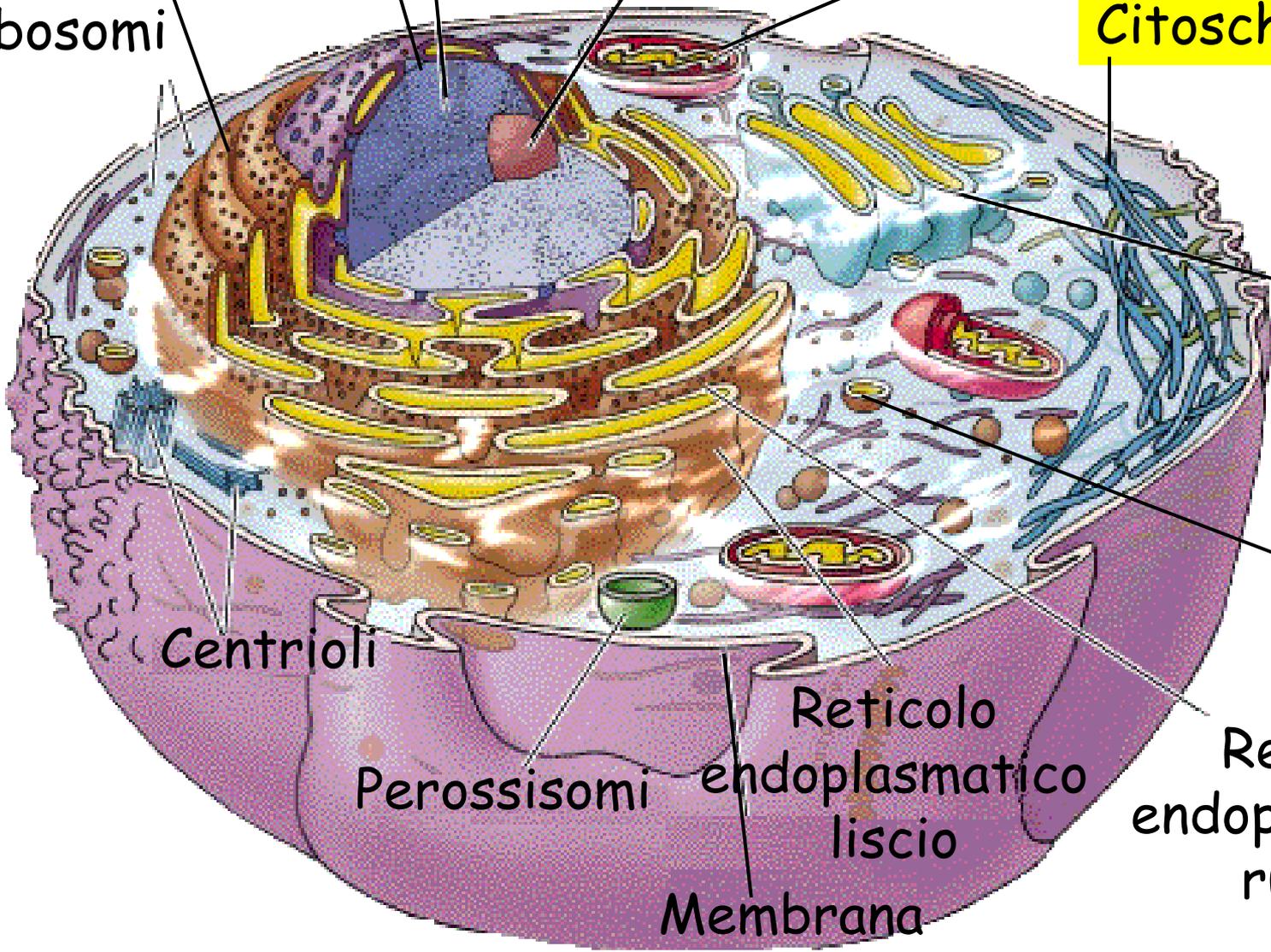
Centrioli

Perossisomi

Reticolo
endoplasmatico
liscio

Reticolo
endoplasmatico
rugoso

Membrana
citoplasmatica



Il citoscheletro

Struttura: una rete intricata di filamenti proteici che si estende per tutto il citoplasma

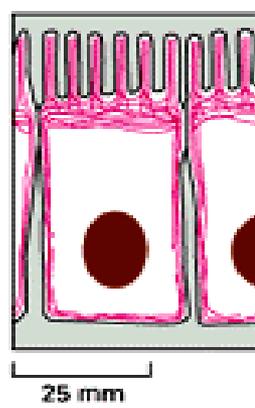
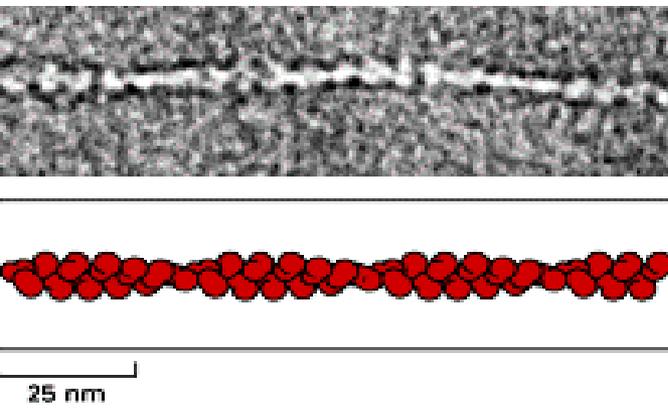
Funzioni:

Fornisce alle cellule eucariotiche le capacità di:

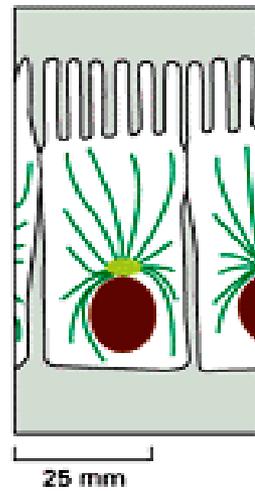
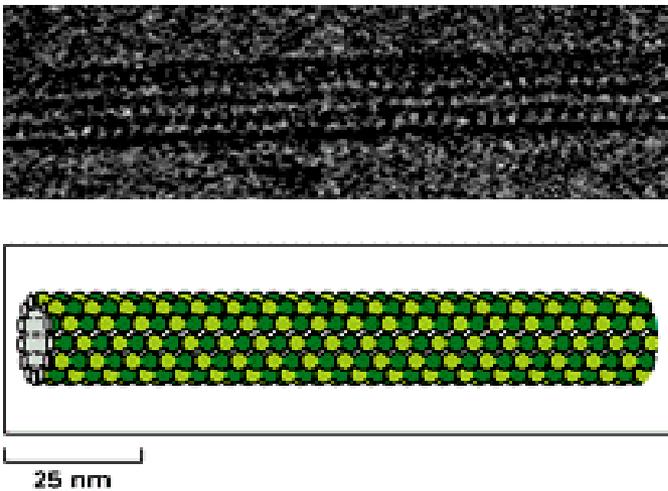
1. Adottare varie forme
2. Organizzare i numerosi componenti interni
3. Interagire meccanicamente con l'ambiente
4. Muoversi in maniera coordinata



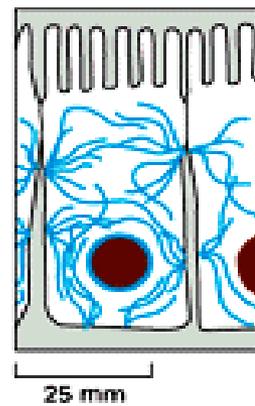
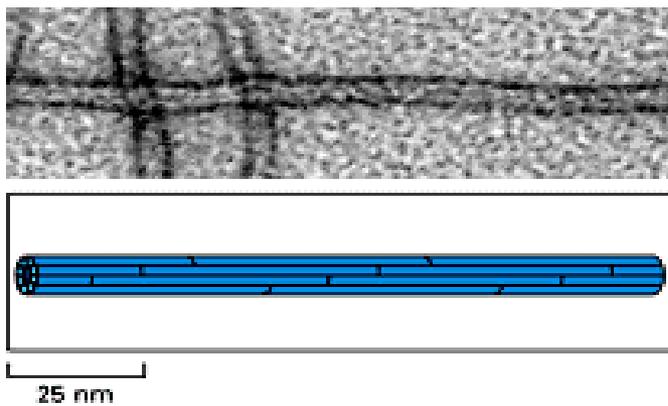
Immunofluorescenza:
Fibroblasti embrionali di topo T3T; tubulina in verde e DNA in blu



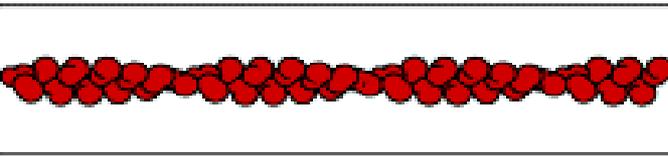
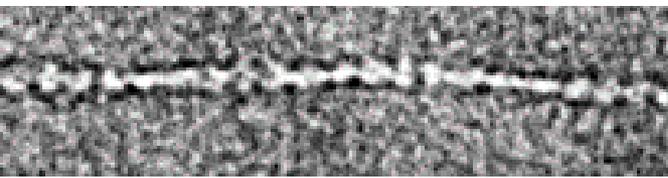
Filamenti di actina



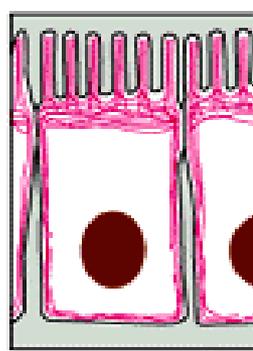
Microtubuli



Filamenti intermedi



25 nm



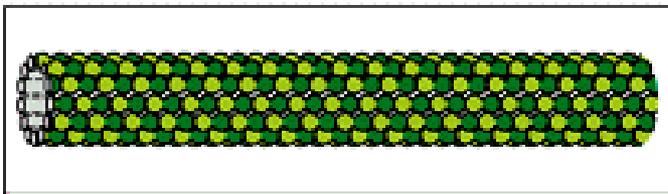
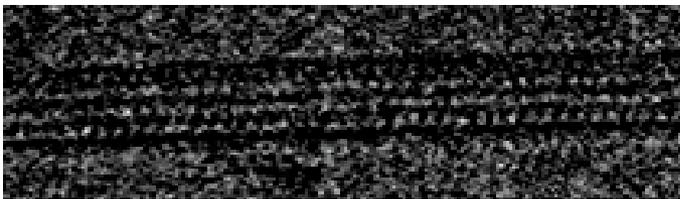
25 nm

Filamenti di actina o microfilamenti:

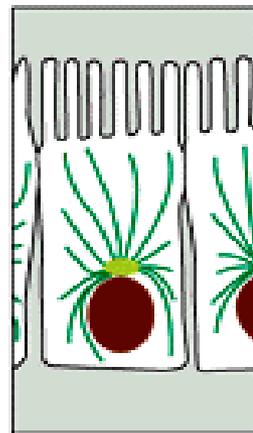
- polimeri elicoidali a due filamenti della pt **actina**

- strutture flessibili, con un diametro di **5-9 nm** organizzate in una varietà di **fasci** lineari, **reti** bidimensionali e **gel** tridimensionali

- dispersi in tutta la cellula ma più concentrati nella **corteccia**, appena sotto la membrana plasmatica.

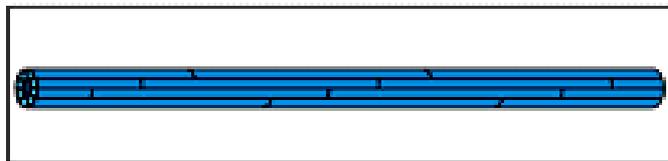


25 nm

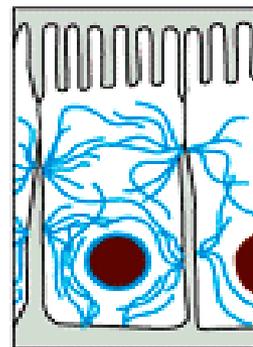


25 nm

Microtubuli



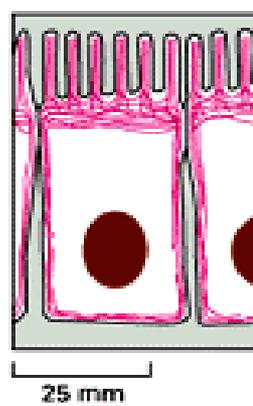
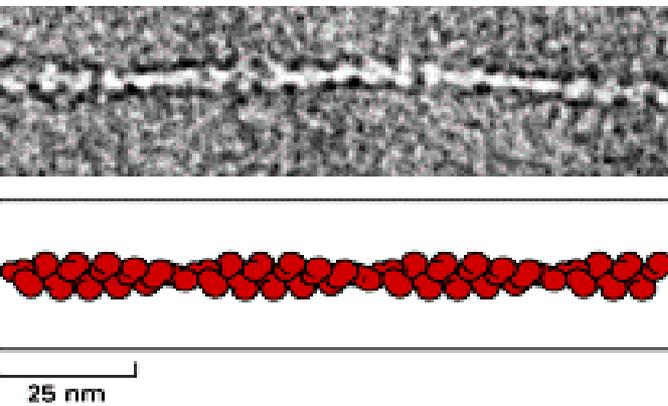
25 nm



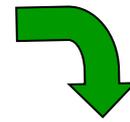
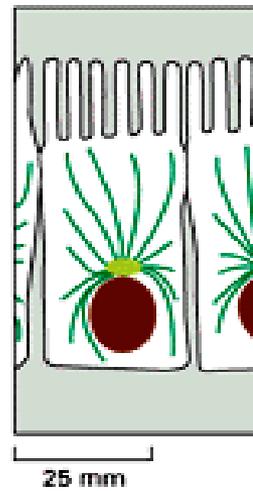
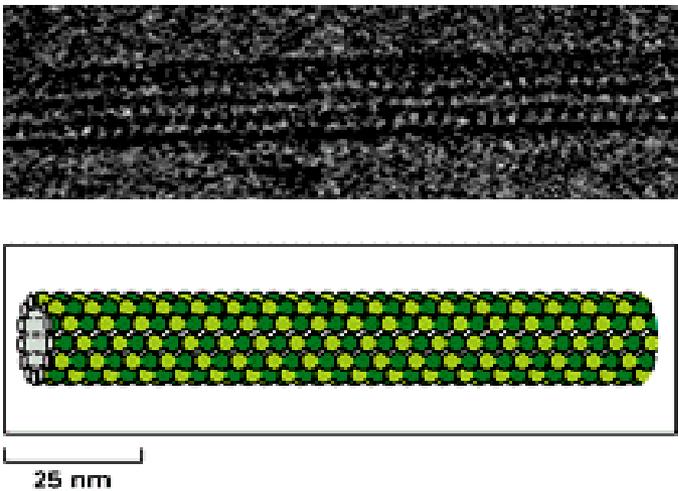
25 nm

Filamenti intermedi

IL CITOSCHELETRO

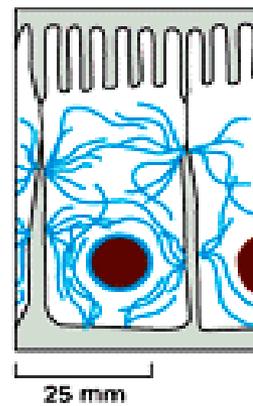
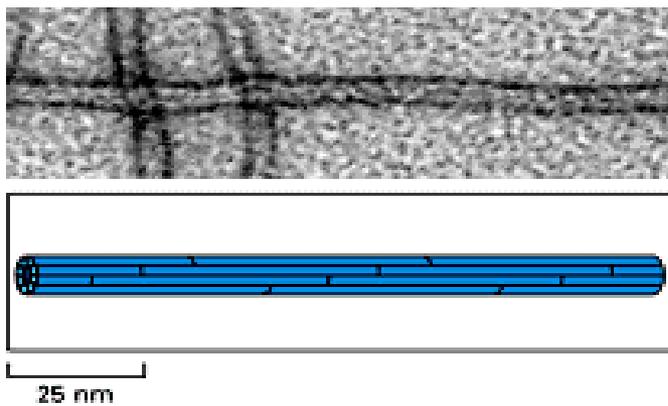


Filamenti di actina o
microfilamenti



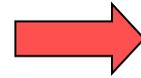
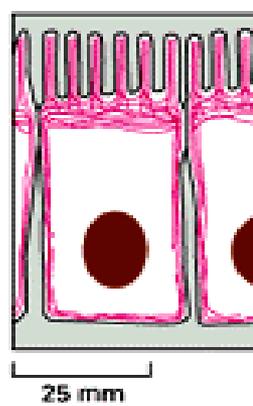
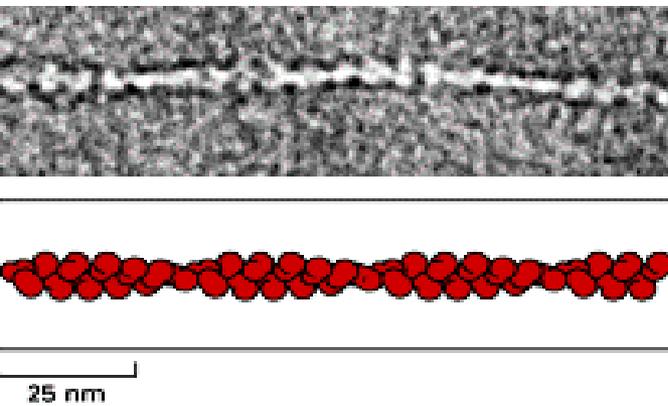
Microtubuli:

- lunghi cilindri cavi composti dalla pt tubulina
- diametro esterno di 25 nm sono molto più rigidi dei filamenti di actina e sono lunghi e dritti

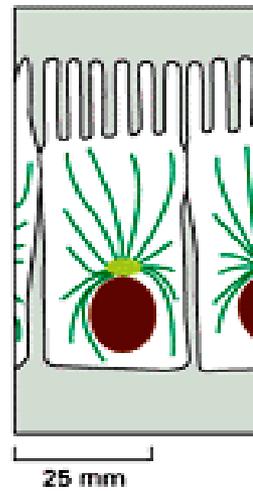
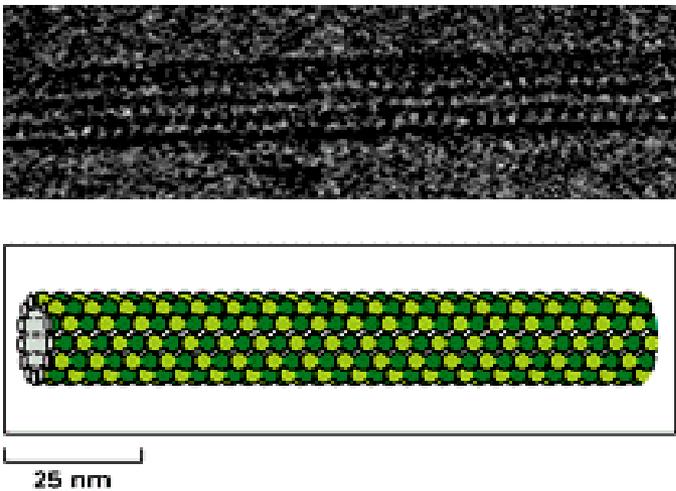


Filamenti intermedi

- hanno una estremità attaccata ad un singolo centro organizzatore dei microtubuli (MTOC): *centrosoma*.



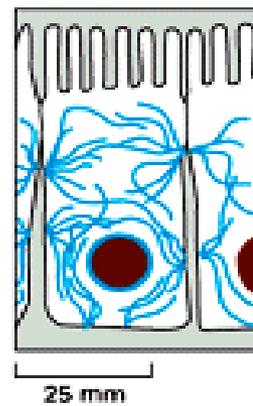
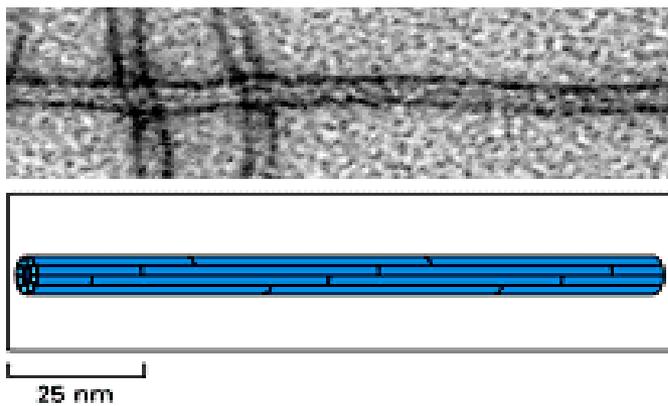
Filamenti di actina o microfilamenti



Microtubuli

FILAMENTI INTERMEDI:

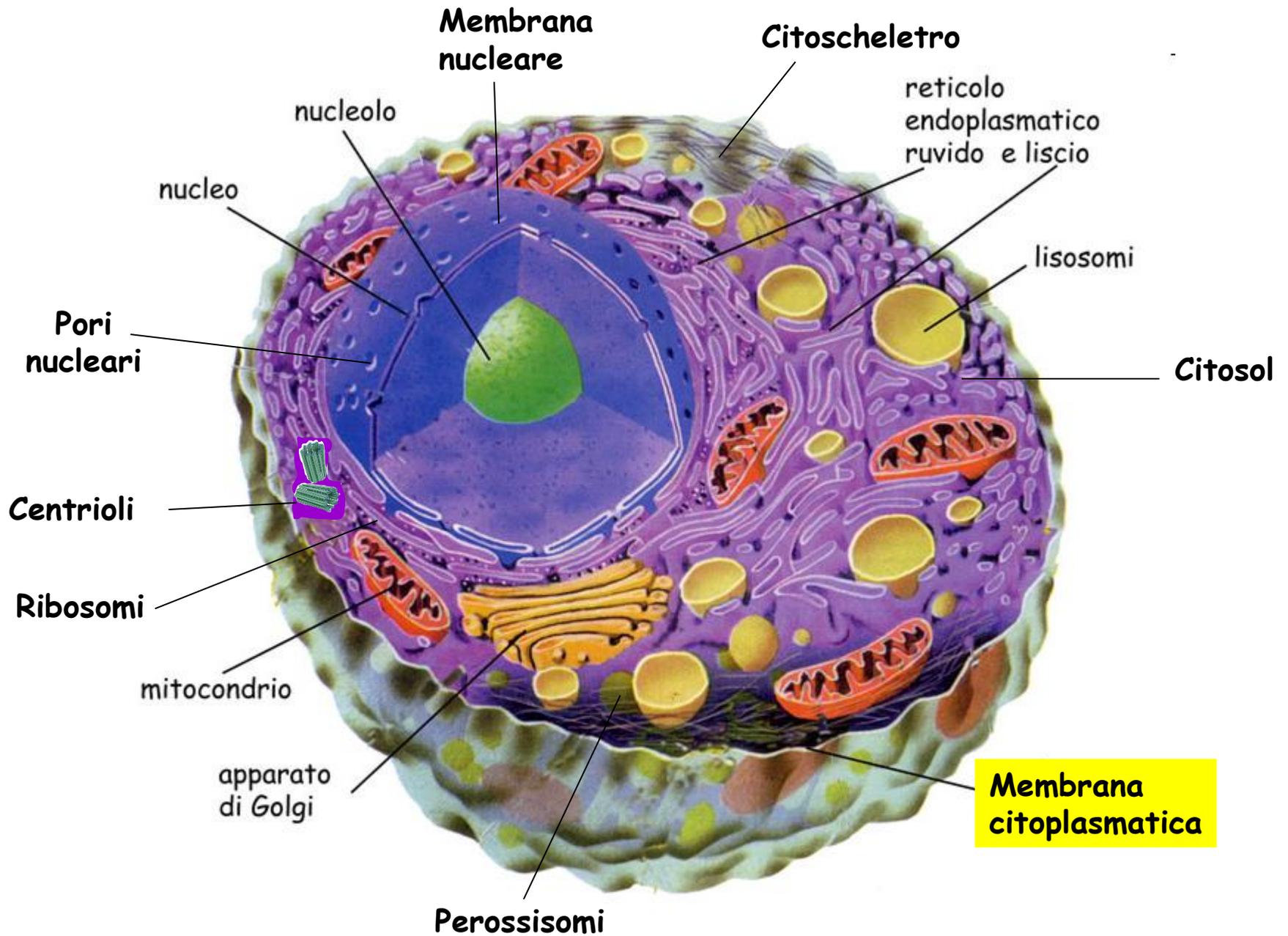
- fibre a forma di corda con un diametro di circa **10 nm**
- costituiti da **proteine** dei filamenti intermedi, che costituiscono una **famiglia grande e eterogenea**
- Un tipo di filamento intermedio forma un reticolo, chiamato **lamina nucleare**, proprio sotto la membrana nucleare interna
- Altri tipi si estendono attraverso il citoplasma, dando alle cellule **forza meccanica** e sopportando gli stress meccanici nel tessuto epiteliale, attraversando il citoplasma da una giunzione cellulare all'altra.



Le membrane biologiche

La cellula eucariotica

5-100 μm

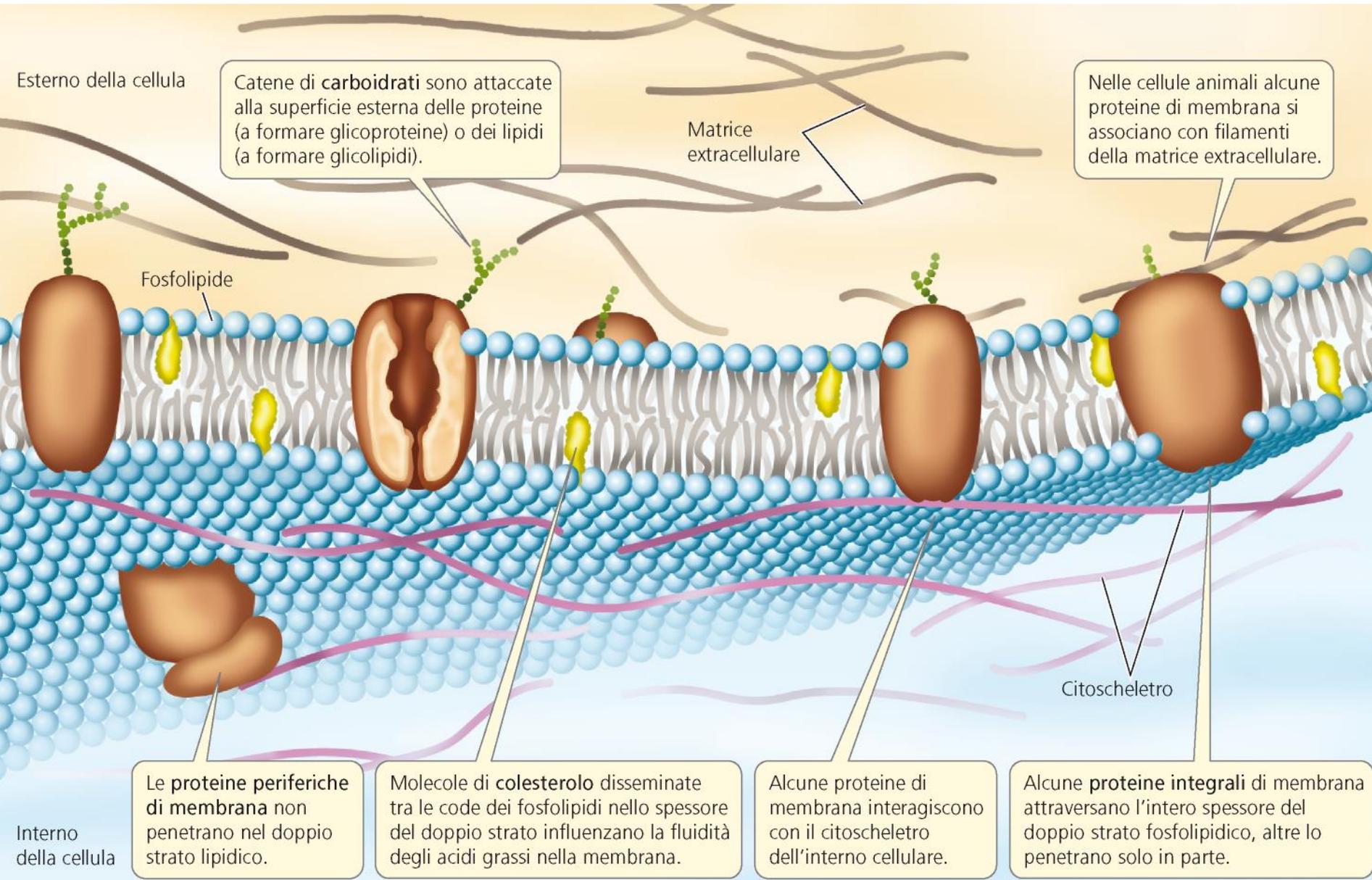


La membrana plasmatica

Funzioni:

1. **Delimita** esternamente la cellula separando compartimento intracellulare ed extracellulare
2. **Mantiene l'omeostasi** cellulare
3. **Regola il trasporto** di sostanze
4. **Trasferimento di informazioni** tra ambiente extra ed intracellulare
5. **Permette l'interazione fisica** con le altre cellule e le strutture extracellulari circostanti

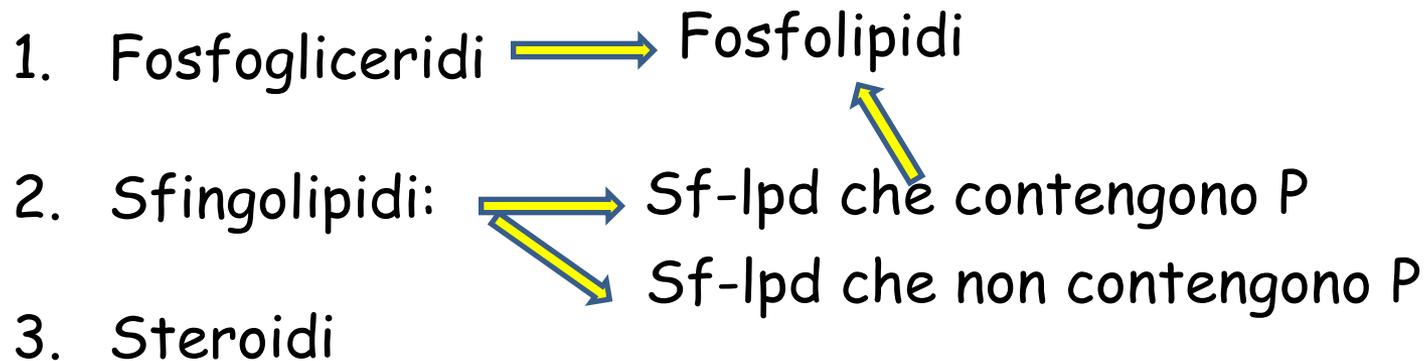
Struttura: Doppio strato fosfolipidico contenente un gran quantità di proteine, alcuni carboidrati e colesterolo



Lipidi di membrana

Doppio strato fosfolipidico in cui le **proteine** sono incluse come unità globulari individuali e discrete

Lipidi di membrana:

1. Fosfogliceridi  Fosfolipidi
 2. Sfingolipidi:  Sf-lpd che contengono P
 Sf-lpd che non contengono P
 3. Steroidi
- 

Membrana citoplasmatica

Doppio strato fosfolipidico in cui le proteine sono incluse come unità globulari individuali e discrete

Lipidi di membrana:

1. Fosfogliceridi



Fosfolipidi

2. Sfingolipidi:



Sf-lpd che contengono P



Sf-lpd che non contengono P

3. Steroidi



Le proteine di membrana assicurano la specificità funzionale delle membrane:

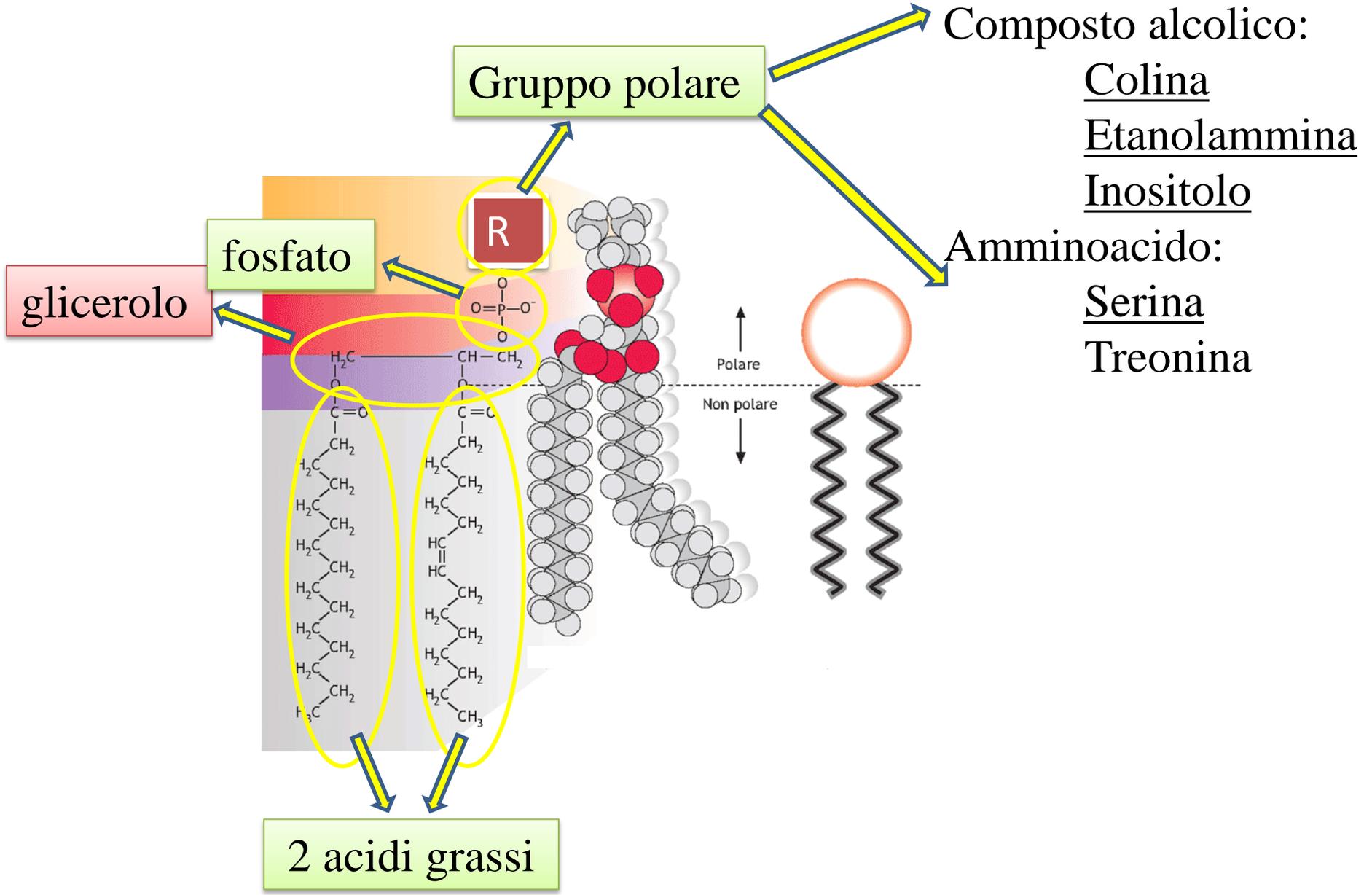
1. Proteine integrali o intrinseche

2. Proteine periferiche o estrinseche

3. Proteine ancorate ai lipidi

Carboidrati di membrana

Fosfogliceridi - Fosfolipidi



Membrana citoplasmatica

Doppio strato fosfolipidico in cui le proteine sono incluse come unità globulari individuali e discrete

Lipidi di membrana:

1. Fosfogliceridi



Fosfolipidi



2. Sfingolipidi:



Sf-lpd che contengono P



Sf-lpd che non contengono P

3. Steroidi

Le proteine di membrana assicurano la specificità funzionale delle membrane:

1. Proteine integrali o intrinseche

2. Proteine periferiche o estrinseche

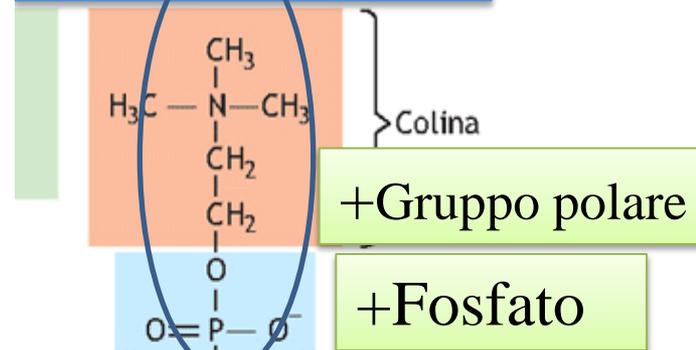
3. Proteine ancorate ai lipidi

Carboidrati di membrana

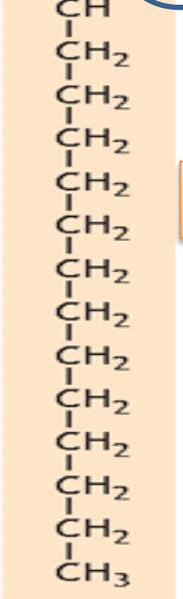
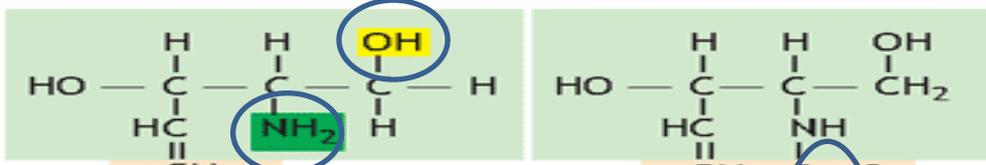
SFINGOLIPIDI: al posto del glicerolo contengono la sfingosina

Contiene 2 gruppi chimici reattivi:
 OH in pos 3
 NH₂ in pos

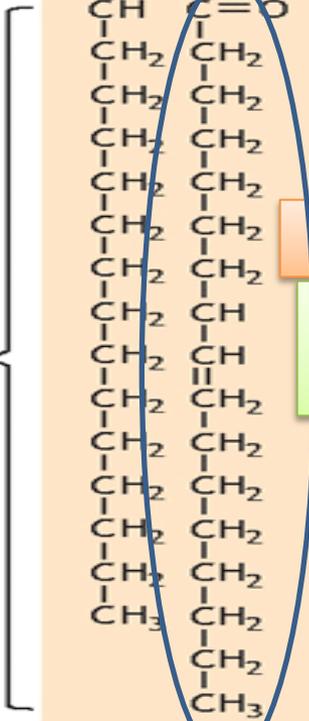
Sfingomielina



Ceramide



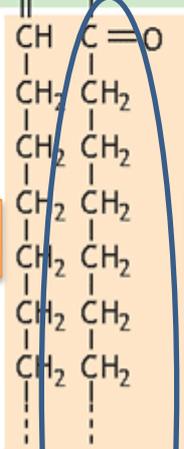
Sfingosina



Catena di acido grasso

Sfingosina

+acido grasso



Sfingosina

+acido grasso

a) Sfingosina

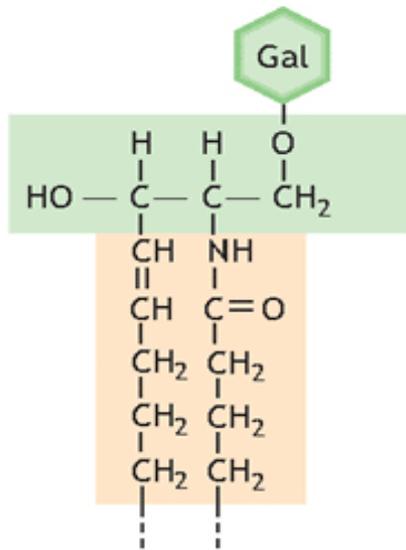
b) Ceramide

Glicosfingolipidi:

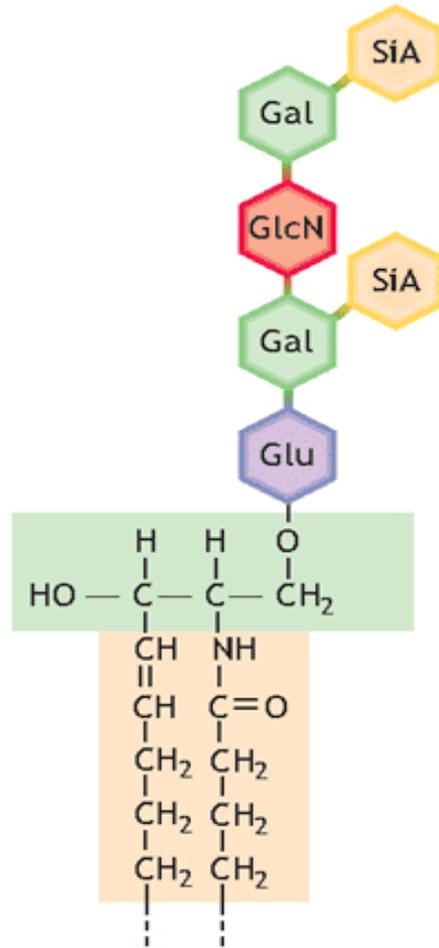
Molecola di sfingolipide che lega uno o più residui glucidici

Cerebrosidi:

molecola neutra
che contiene da 1 a
20 carboidrati



a) Cerebroside



b) Ganglioside

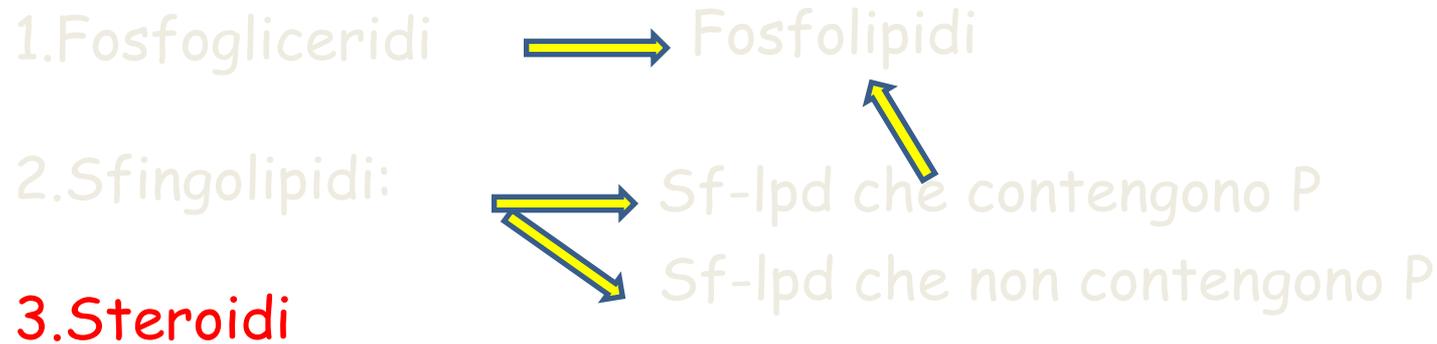
Gangliosidi:

contengono
carboidrati e
acido sialico che
presenta carica
negativa

Membrana citoplasmatica

Doppio strato fosfolipidico in cui le proteine sono incluse come unità globulari individuali e discrete

Lipidi di membrana:



Le proteine di membrana assicurano la specificità funzionale delle membrane:

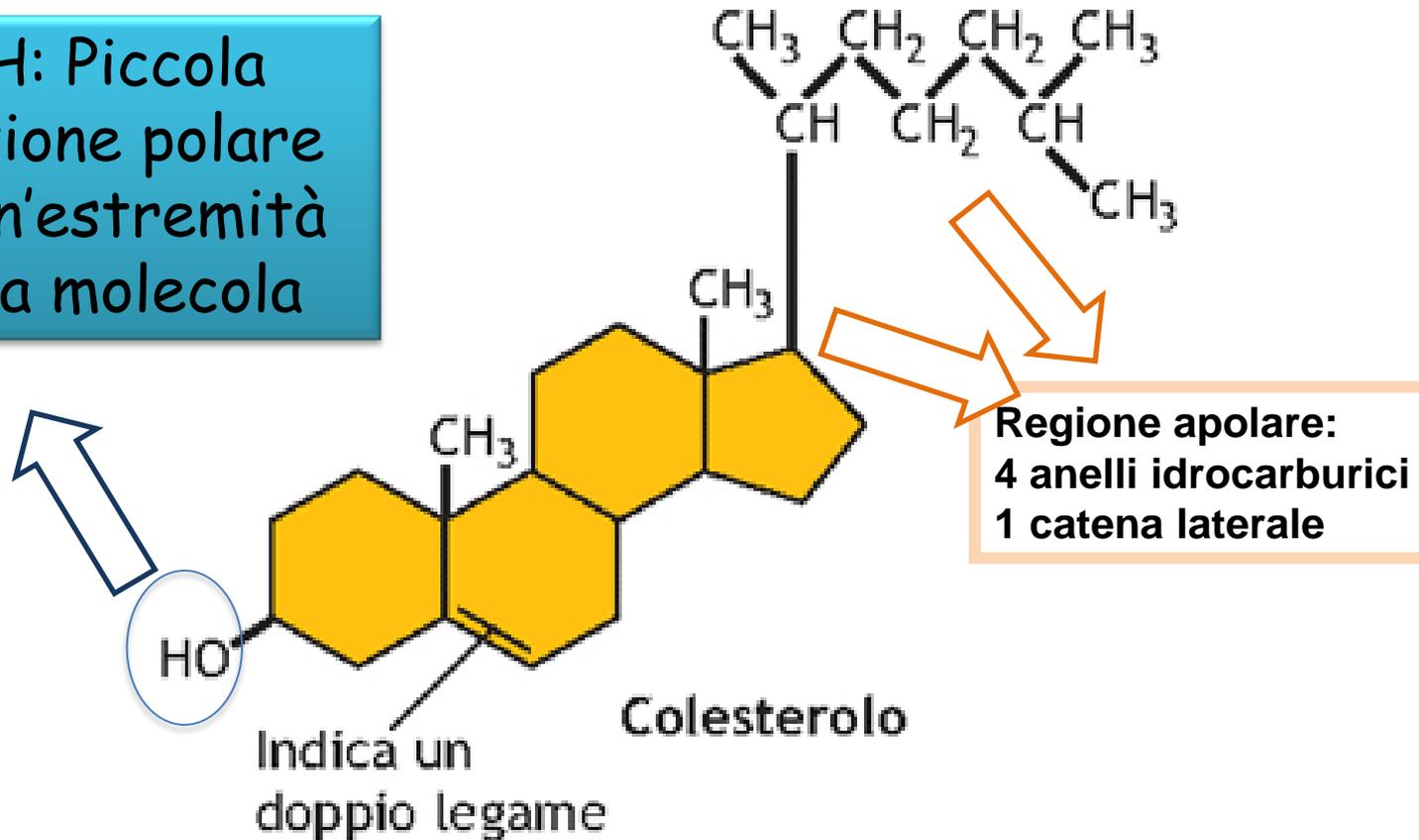
1. Proteine integrali o intrinseche
2. Proteine periferiche o estrinseche
3. Proteine ancorate ai lipidi

Carboidrati di membrana

Steroidi

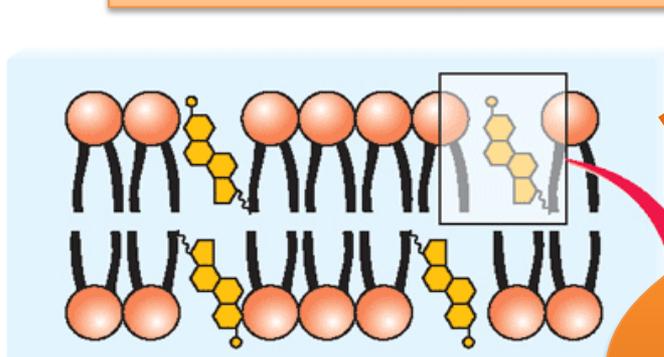
Il principale componente di natura steroidea della membrana è il **colesterolo**

OH: Piccola porzione polare ad un'estremità della molecola



Molecola meno anfipatica dei fosfolipidi

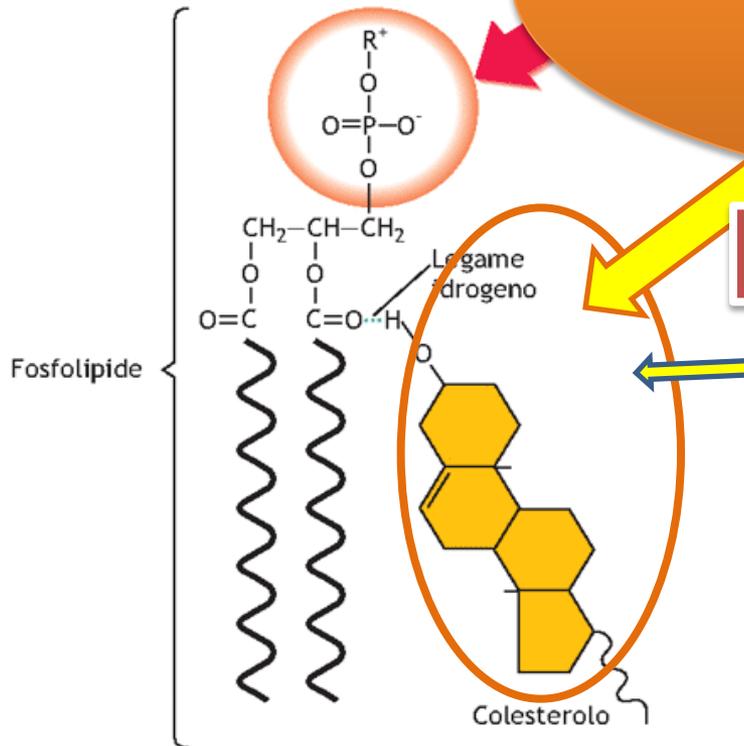
Il colesterolo si trova completamente immerso nel doppio strato



2

- 1) L'OH si posiziona nei pressi della testa polare dei fosfolipidi con la quale stabilisce dei legami -H
- 2) Rivolgendo così la sua porzione polare verso le superfici esterna ed interna della cellula

a)



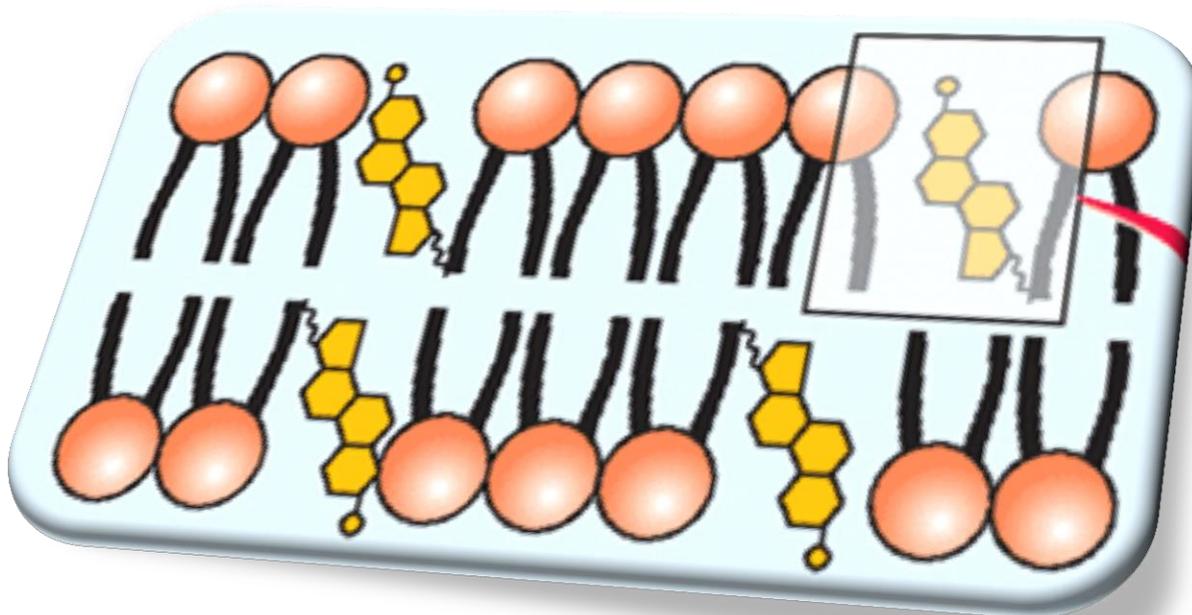
1

porzione **apolare** si dispone parallelamente alle code degli acidi grassi ed interagisce con le code idrocarburiche dei fosfolipidi adiacenti

b)

Effetti della presenza del colesterolo nelle membrane citoplasmatiche

Il colesterolo interferisce con l'eccessivo compattamento delle code di acidi grassi dei fosfolipidi, consentendo alle membrane di mantenere una certa **fluidità**.



PROTEINE DI MEMBRANA

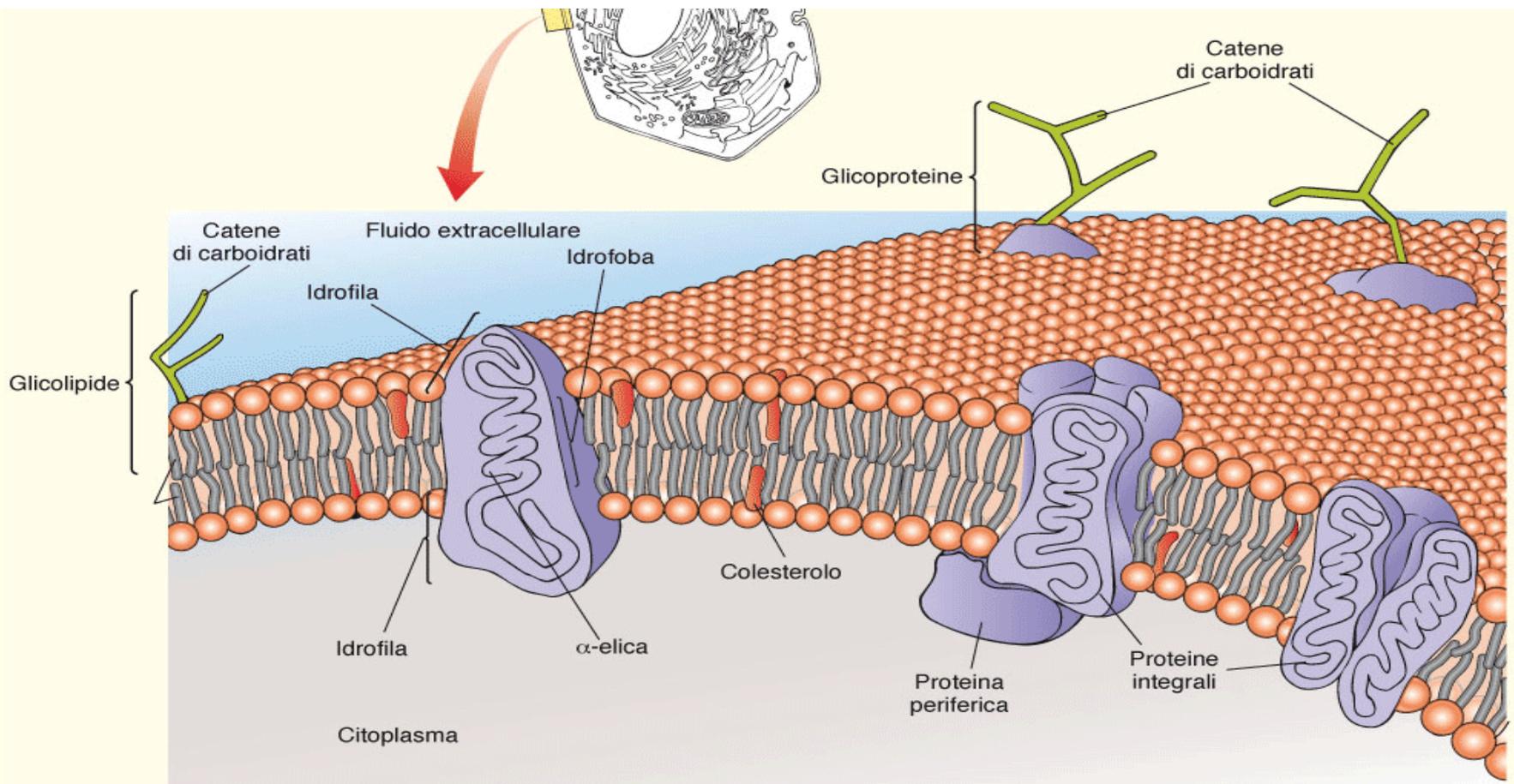


FIGURA 5-6 Struttura dettagliata della membrana plasmatica

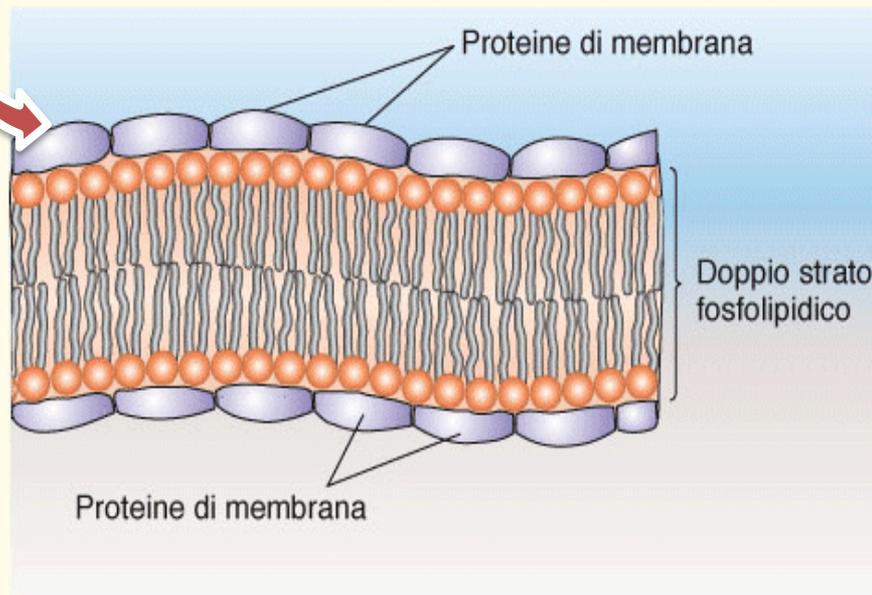
Anche se il doppio strato lipidico è costituito principalmente da fosfolipidi, vi si trovano altri lipidi, come il colesterolo e i glicolipidi. Le proteine periferiche sono debolmente associate al doppio strato, mentre le proteine integrali sono strettamente legate ad esso. Le proteine integrali qui illustrate sono del tipo transmembrana e si estendono attraverso il doppio strato. Esse sono caratterizzate da regioni idrofili-

che su entrambe le facce del doppio strato connesse da un'α-elica che attraversa la membrana. I glicolipidi (carboidrati attaccati ai lipidi) e le glicoproteine (carboidrati attaccati alle proteine) sono esposti sulla superficie extracellulare; entrambi hanno un ruolo importante nel riconoscimento e nell'adesione cellulare.

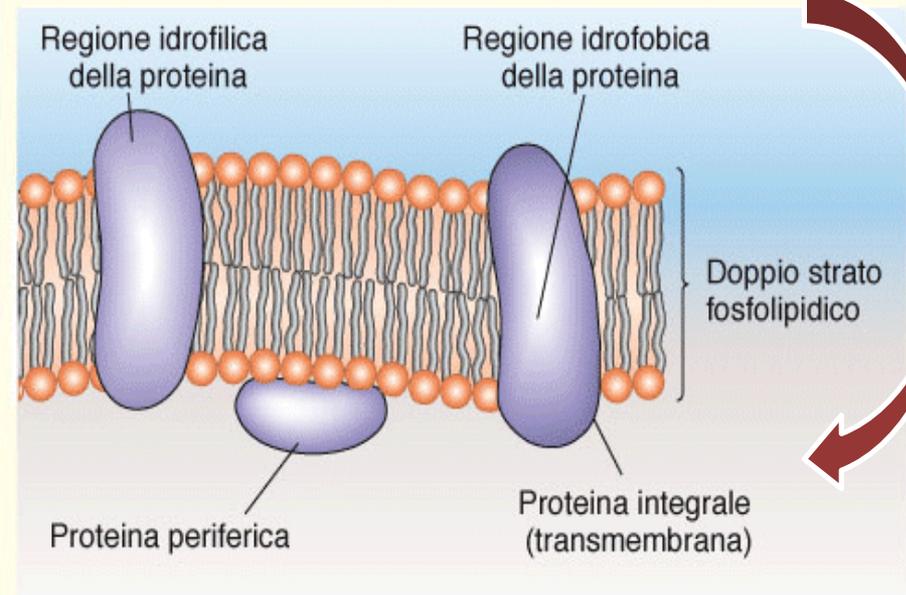
1. Proteine integrali o intrinseche
2. Proteine periferiche o estrinseche
3. Proteine ancorate ai lipidi

Membrana citoplasmatica: Ipotesi della «struttura a sandwich» proposta da Danielli nel 1935, il quale lavorava presso l'Università di Londra

Accettato sino al 1970 quando i progressi della biologia e chimica hanno portato al modello a mosaico fluido.



(a) **Il modello di Davson-Danielli.** Secondo questo modello, la membrana può essere assimilata ad un sandwich di fosfolipidi tra due strati proteici. Si è poi visto che questo modello, accettato per molti anni, non era corretto.



(b) **Il modello a mosaico fluido.** Secondo questo modello, la membrana è costituita da un doppio strato lipidico fluido e da un mosaico di proteine associate, in continuo cambiamento.

FIGURA 5-2 Due modelli della struttura della membrana

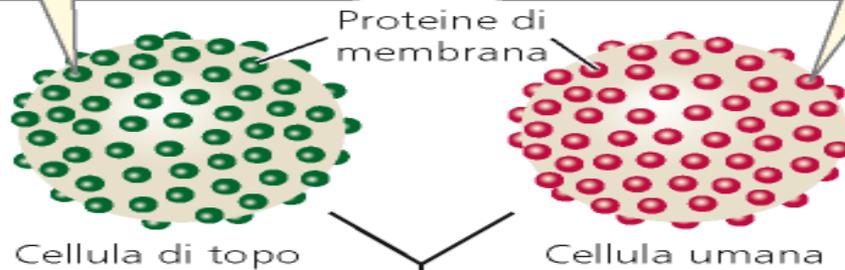
IPOTESI

Verificare se le proteine inserite nella membrana sono libere di diffondere all'interno della membrana stessa.

METODO

La cellula di topo con tiene una proteina di membrana che può essere marcata con una colorazione verde.

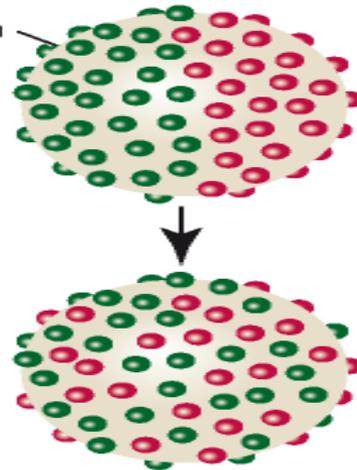
La cellula umana contiene una proteina di membrana che può essere marcata con una colorazione rossa.



1 Le cellule vengono fuse in modo da ottenere un eterocarion.

RISULTATI

Eterocarion



2 All'inizio le proteine di membrana del topo e dell'uomo sono localizzate su regioni diverse dell'eterocarion.

3 Dopo 40 minuti le proteine umane e murine si trovano mescolate nella membrana dell'eterocarion.

CONCLUSIONI

Le proteine di membrana sono in grado di diffondere liberamente nel piano della membrana plasmatica.

PROTEINE DI MEMBRANA

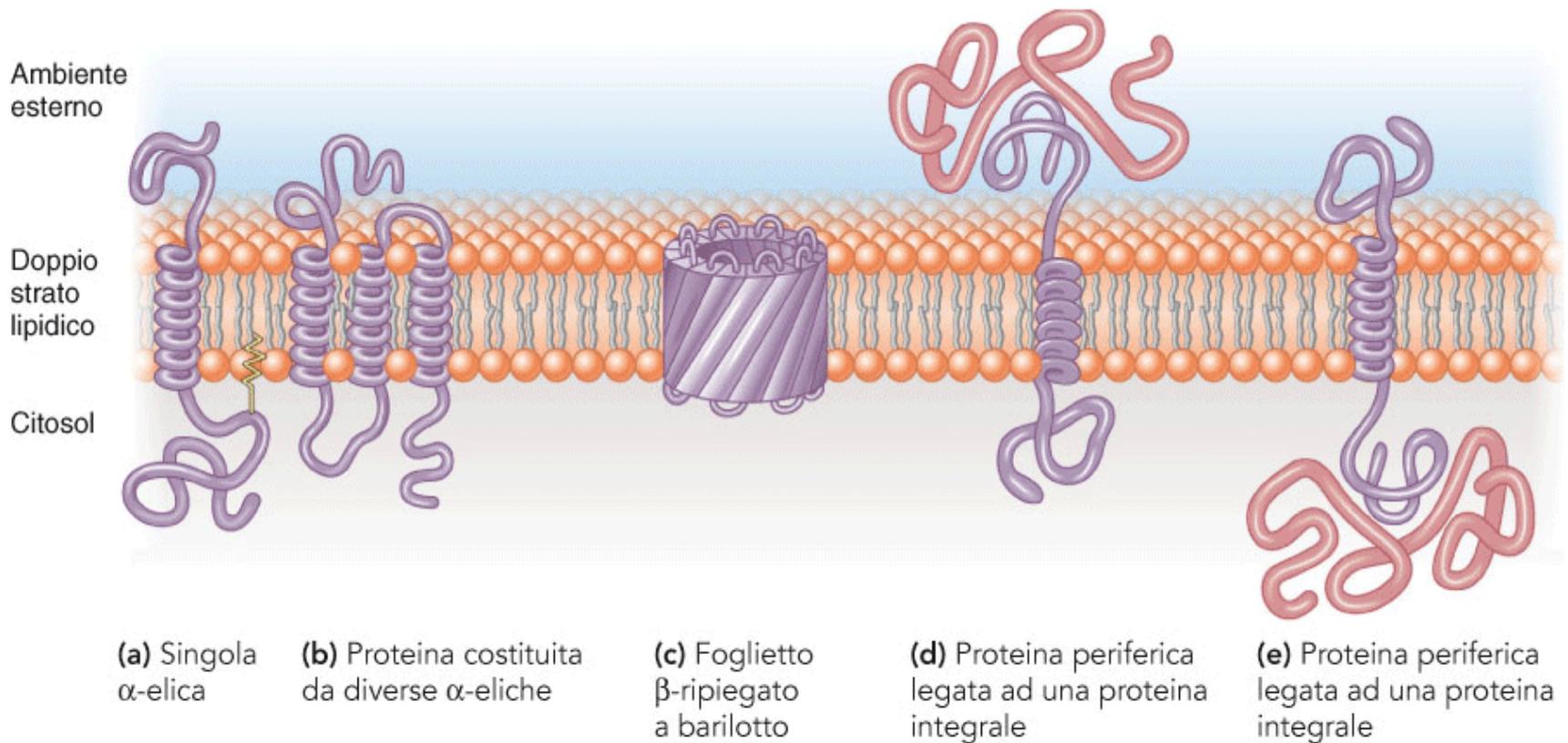


FIGURA 5-7 Proteine di membrana

In (a), (b) e (c) sono mostrate tre proteine di membrana. Il foglietto β -ripiegato a barilotto mostrato in (c) forma un poro che attraversa la membrana. Le molecole d'acqua e gli ioni passano attraverso tipi specifici di pori (d, e). Le proteine periferiche sono associate alle proteine integrali mediante interazioni non covalenti.

PROTEINE DI MEMBRANA

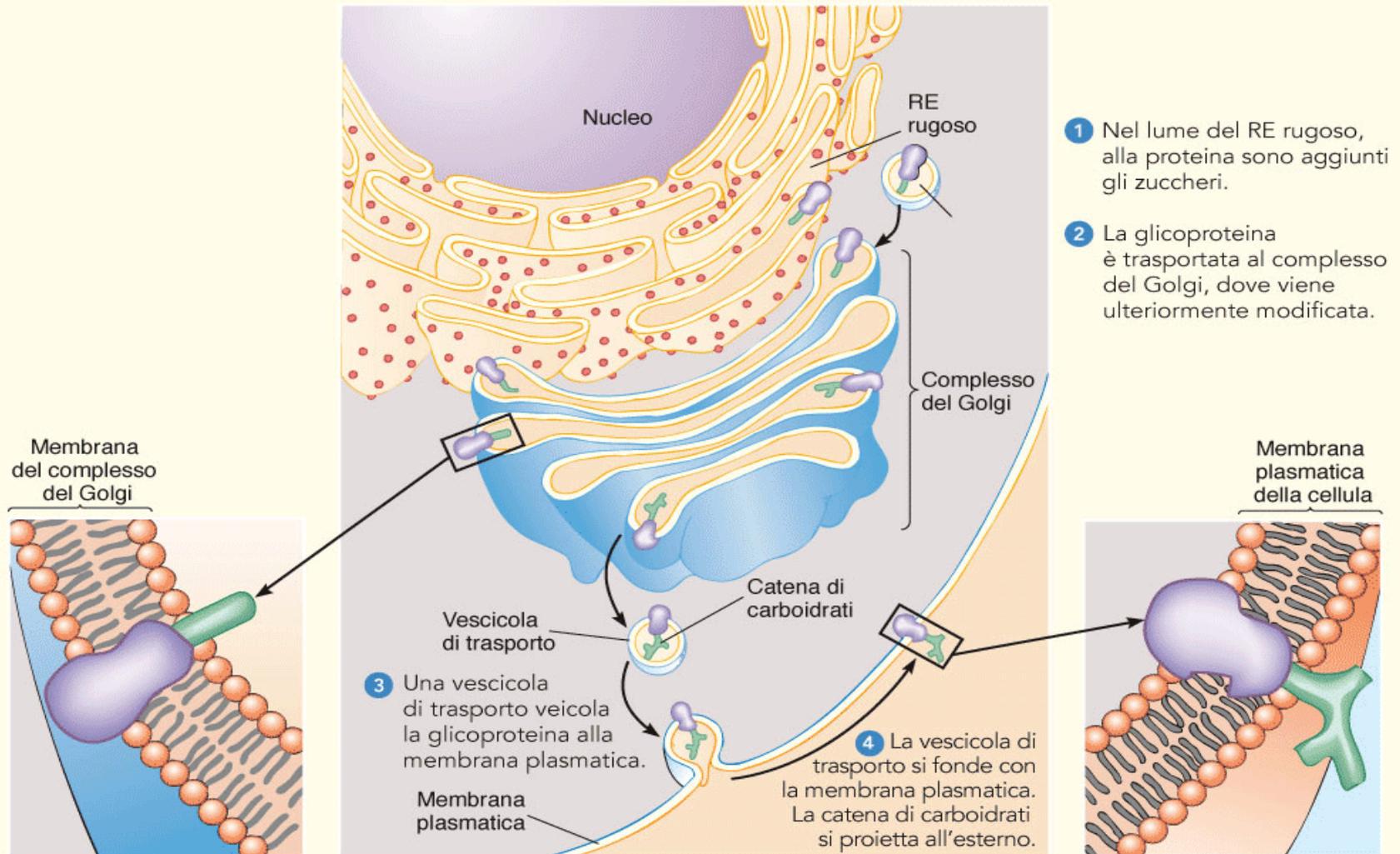


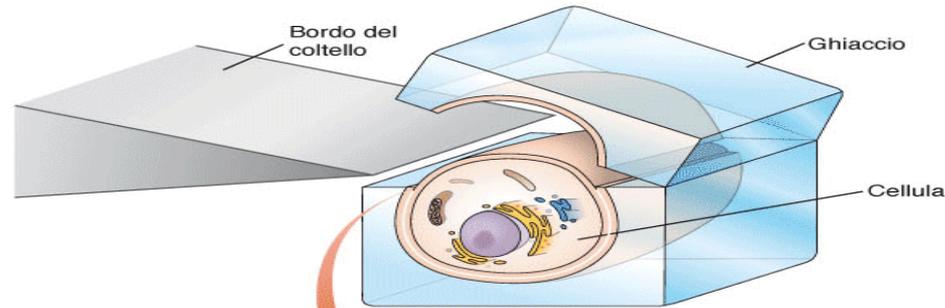
FIGURA 5-9 Sintesi ed orientamento di una proteina di membrana

La superficie della membrana del RER che guarda il lume, guarda anche il lume del complesso del Golgi e delle vescicole. Tuttavia, quando una vescicola si fonde con la membrana plasmatica, la sua superficie interna diventa la superficie extracellulare della membrana plasmatica.

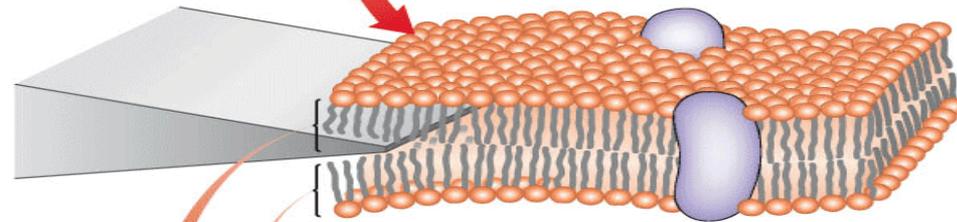
Perché si usa?

La tecnica "freeze-fracture" si usa per separare le due facce del doppio strato lipidico, in modo che i suoi componenti possano essere analizzati.

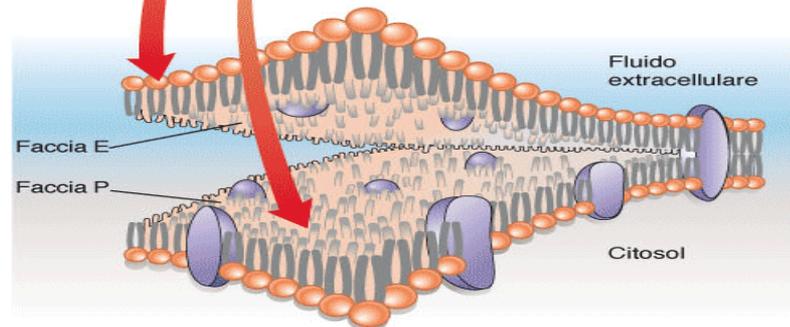
Come funziona?



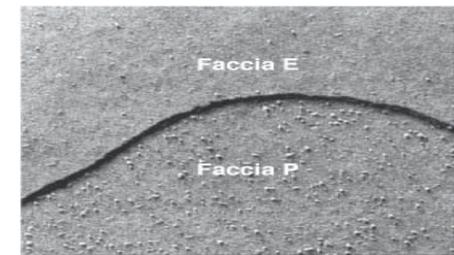
- 1 Le cellule vengono congelate in azoto liquido e successivamente fratturate con il bordo di un coltello.



- 2 La frattura divide spesso la membrana lungo l'interfaccia idrofobica del doppio strato lipidico.



- 3 Si formano due facce complementari. La emi-membrana interna rappresenta la faccia P (o faccia protoplasmatica), mentre la emi-membrana esterna rappresenta la faccia E (o faccia esterna). Le proteine integrali, comprese le proteine transmembrana, sono inserite nel doppio strato lipidico.



Bloom and Fawcett, *Textbook of Histology*

0,1 μm

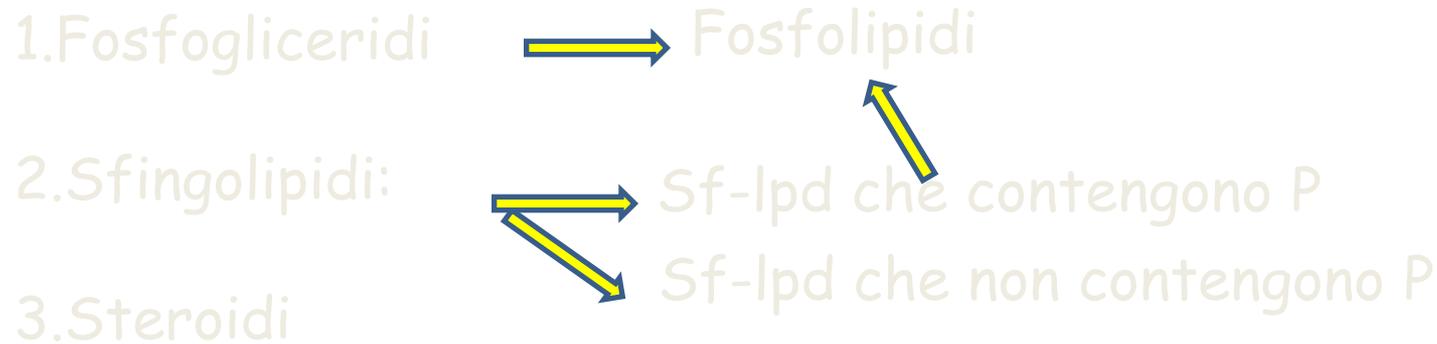
- 4 Le superfici interne (facce) dei due strati possono essere esaminate con un microscopio elettronico a trasmissione (MET). In questa immagine MET le particelle (che appaiono in rilievo) rappresentano le grandi proteine transmembrana.

FIGURA 5-8 La tecnica "freeze-fracture"

Membrana citoplasmatica

Doppio strato fosfolipidico in cui le proteine sono incluse come unità globulari individuali e discrete

Lipidi di membrana:



Le proteine di membrana assicurano la specificità funzionale delle membrane:

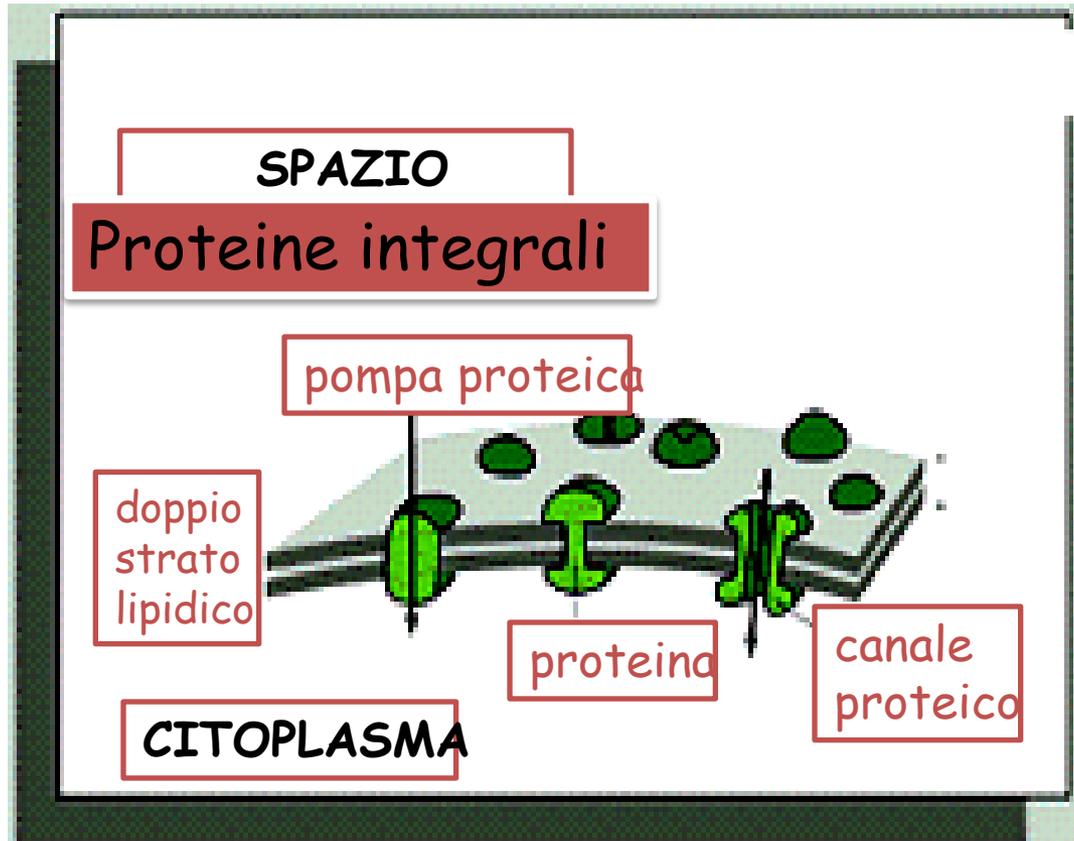
1. Proteine integrali o intrinseche

2. Proteine periferiche o estrinseche

3. Proteine ancorate ai lipidi

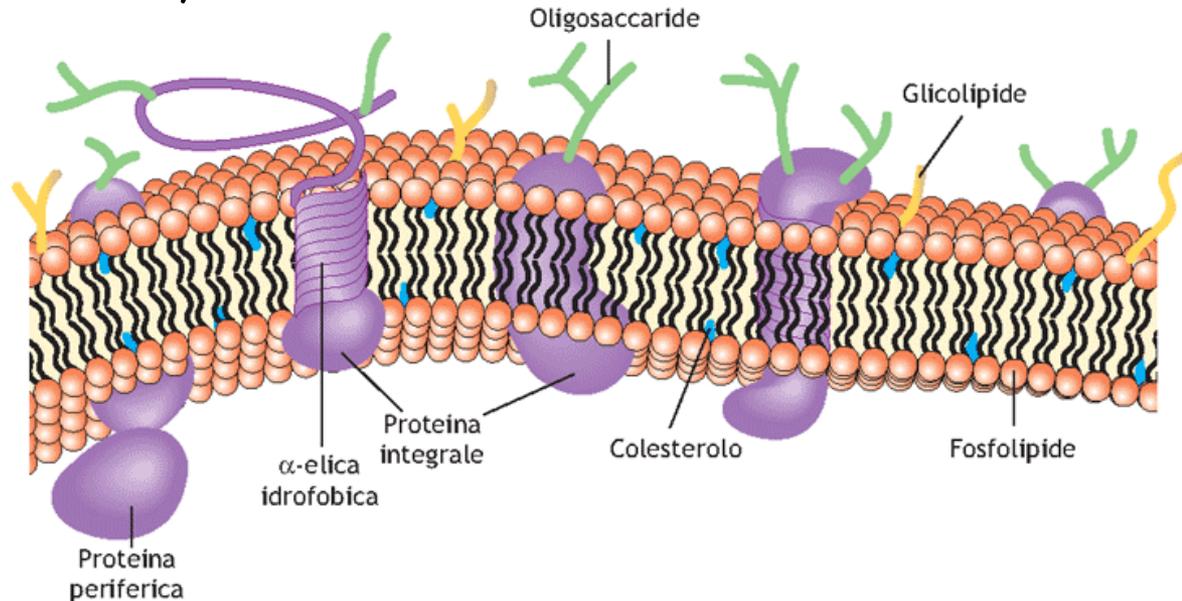
Carboidrati di membrana

Proteine integrali



GLICOCALICE

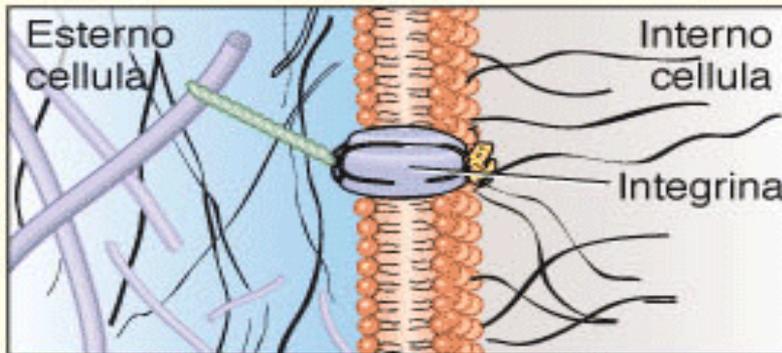
Glicoproteine e glicolipidi sono talmente abbondanti sulla **superficie esterna** della membrana che la cellula risulta ricoperta da una sorta di rivestimento glucidico, detto **GLICOCALICE**



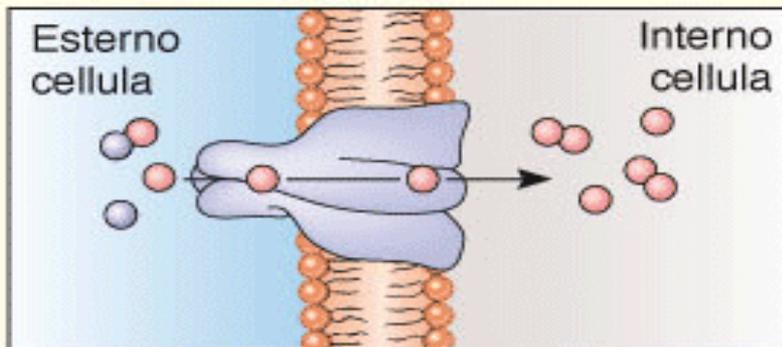
Funzioni dei glicolipidi e delle glicoproteine che costituiscono il glicocalice:

- 1.funzione meccanica
- 2.coinvolti nei meccanismi di riconoscimento recettore- ligando
- 3.coinvolti nei meccanismi di interazione cellula-cellula
- 4.ruolo antigenico
- 5.siti di riconoscimento e legame per diversi virus e batteri

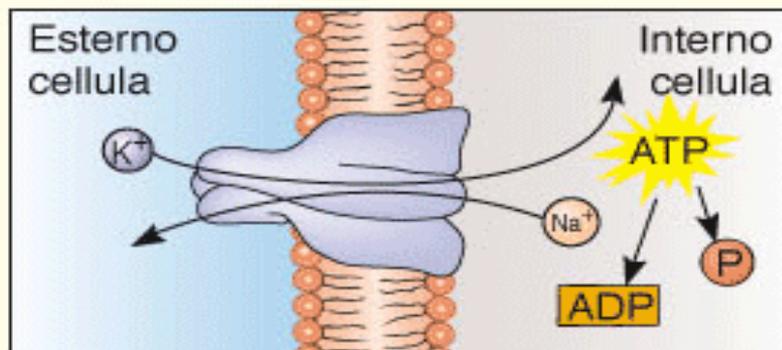
Alcune funzioni delle proteine di membrana



(a) Ancoraggio. Alcune proteine di membrana, come le integrine, ancorano la cellula alla matrice extracellulare e inoltre si connettono ai microfilamenti intracellulari.



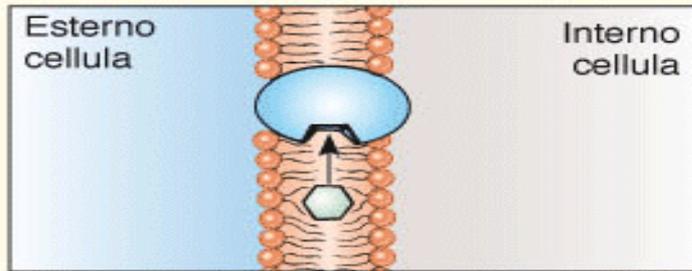
(b) Trasporto passivo. Certe proteine formano canali che permettono il passaggio selettivo di ioni o molecole.



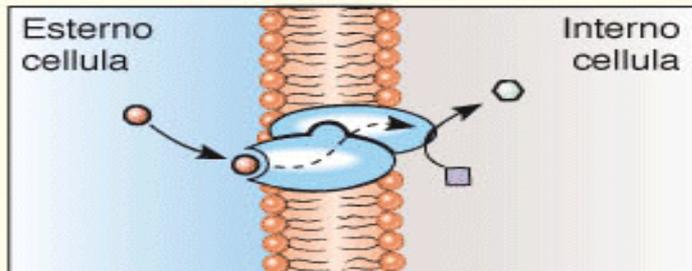
(c) Trasporto attivo. Alcune proteine di trasporto pompano i soluti attraverso la membrana, un processo che richiede un apporto diretto di energia.

Continua.....

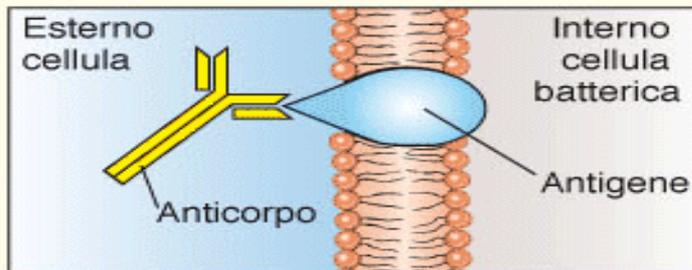
Alcune funzioni delle proteine di membrana



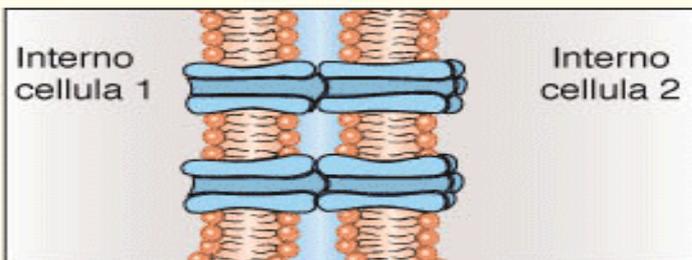
(d) Attività enzimatica.
Molti enzimi legati alla membrana catalizzano reazioni che avvengono all'interno o sulla superficie della membrana.



(e) Trasduzione del segnale.
Alcuni recettori legano molecole segnale, come gli ormoni, e trasmettono l'informazione all'interno della cellula.



(f) Riconoscimento cellulare.
Alcune glicoproteine fungono da marcatori di identificazione. Per esempio, le cellule batteriche posseggono proteine di superficie, o antigeni, che vengono riconosciute come estranee dalle cellule umane.



(g) Giunzione intercellulare.
Le proteine di adesione cellulare legano le membrane di cellule adiacenti.

fine