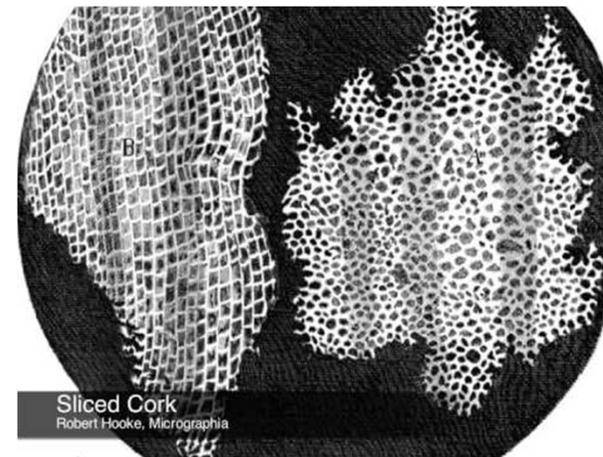
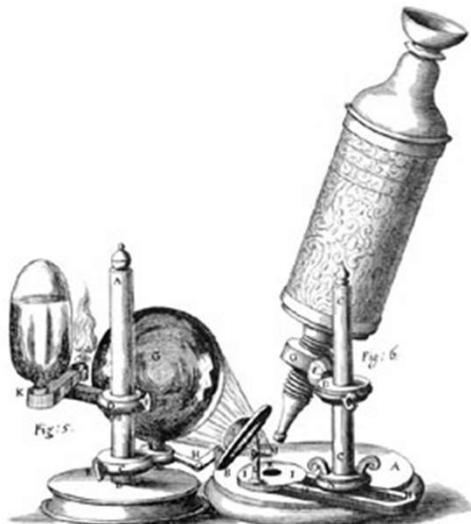


LE CELLULE UNITÀ OPERATIVE DELLA VITA

Le **cellule** che compongono gli esseri viventi **sono minuscole**: nel **1665 Robert Hooke** stimò che in poco più di 5 centimetri quadrati di sughero, esaminati con la lente d'ingrandimento, ci fossero 1.259.712.000 cellule. Il diametro di una cellula varia da 1 a 100 μm (un **micrometro** o **micron** è pari a un **millesimo di millimetro**, cioè $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$); il volume può variare da $1 \mu\text{m}^3$ a $1000 \mu\text{m}^3$.



CATAFILLO DI CIPOLLA

Nel 1838, i biologi tedeschi Mathias Schleiden e Theodor Schwann, che studiavano rispettivamente la struttura dei vegetali e quella degli animali, rimasero colpiti dalle somiglianze tra le loro osservazioni e conclusero che sia i vegetali sia gli animali sono costituiti dallo stesso elemento strutturale di base: la cellula → **teoria cellulare: le cellule sono le unità strutturali e funzionali di tutti gli organismi viventi**



Eccezioni: le uova degli uccelli sono enormi, e alcuni tipi di **alghe unicellulari** possono essere viste a occhio nudo. I **neuroni** (cioè le cellule nervose) hanno il volume di una cellula normale, ma presentano **sottili prolungamenti che possono estendersi per metri**, trasportando i segnali da una parte all'altra di un grosso animale.

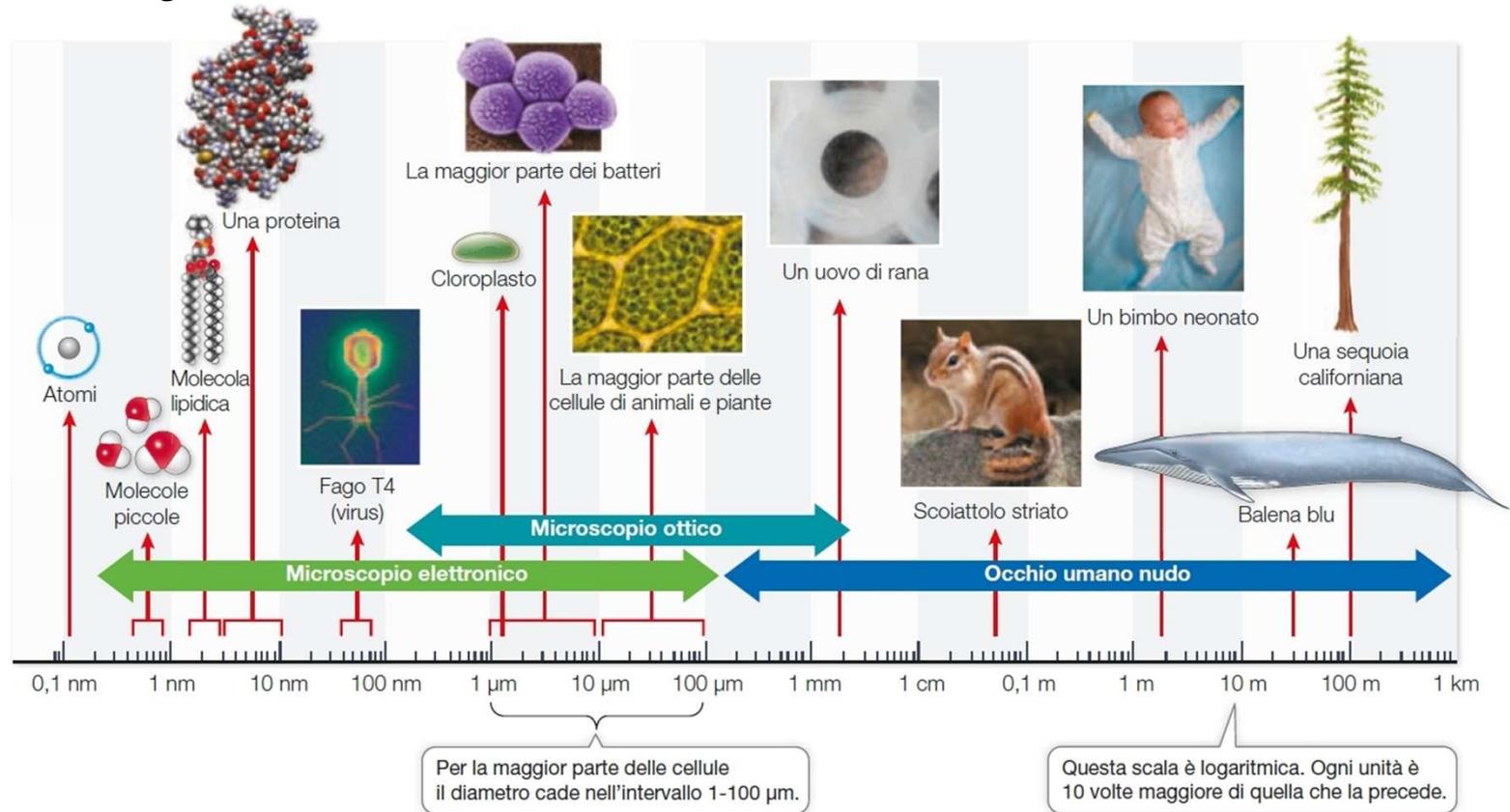


Figura 5.1 La vita in scala Su una scala logaritmica sono riportate per confronto le dimensioni delle molecole, delle cellule e degli organismi pluricellulari.

La dimensione delle cellule è limitata dal **rapporto tra superficie e volume**.

Il **volume** determina la quantità di **attività chimica svolta dalla cellula nell'unità di tempo**, mentre la **superficie** determina la **quantità di sostanze che la cellula può scambiare con l'esterno** (cioè i nutrienti che vengono prelevati dall'ambiente e i prodotti di scarto che sono riversati all'esterno).

Secondo le leggi della geometria, il **rapporto superficie/volume** di un oggetto cambia se questo aumenta le sue dimensioni: al crescere delle dimensioni di un oggetto, infatti, il suo volume aumenta più rapidamente della sua superficie.

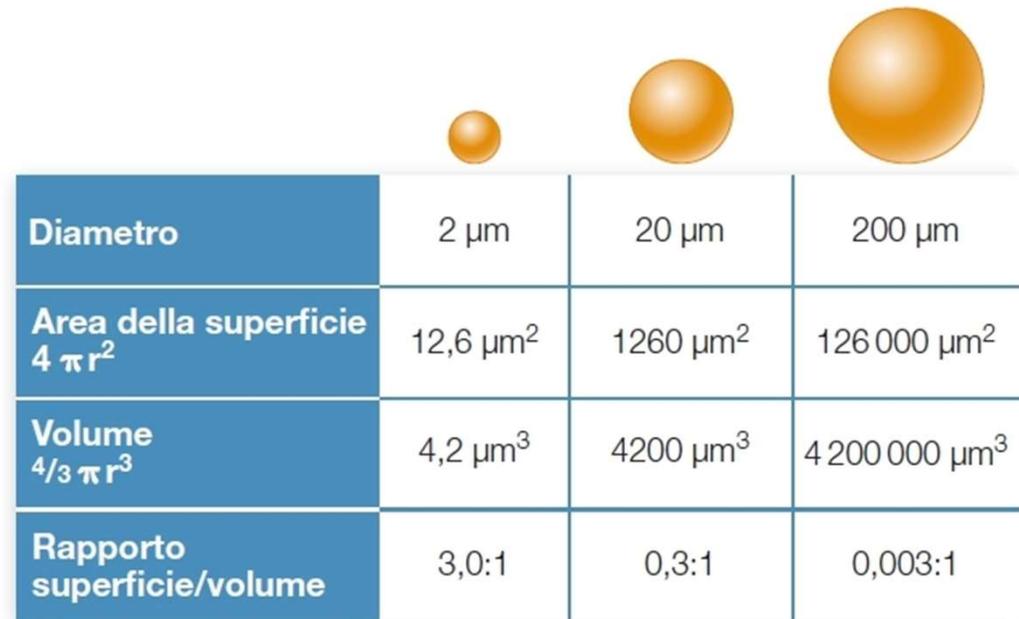
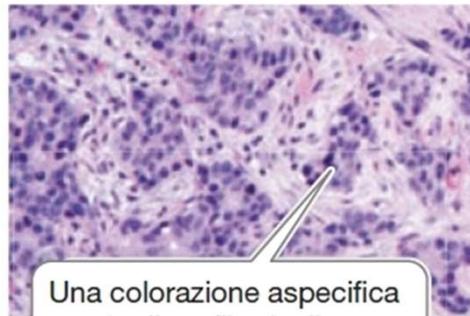
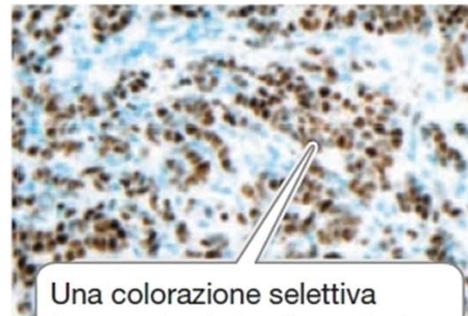


Figura 5.2 Perché le cellule sono piccole Quando un oggetto si ingrandisce, il suo volume aumenta più rapidamente della sua superficie. Per funzionare, le cellule devono mantenere un rapporto superficie-volume elevato. Ciò spiega il motivo per cui i grandi organismi sono composti da tante piccole cellule piuttosto che da poche ed enormi.

Il più piccolo oggetto che normalmente un essere umano riesce a distinguere misura circa **0,2 mm** (200 μm). La distanza che deve separare due oggetti affinché l'occhio li percepisca come oggetti distinti prende il nome di **risoluzione**; 2 oggetti più vicini sembrano un'unica macchia.



Una colorazione aspecifica mostra il profilo degli ammassi di cellule del tumore al seno con i loro nuclei (viola scuro).



Una colorazione selettiva (marrone) mirata ai recettori di estrogeno mostra che essi sono molto concentrati nei nuclei delle cellule del seno.

Molte **cellule sono più piccole di 200 μm** e quindi invisibili per l'occhio umano. I **microscopi** accrescono il **potere di risoluzione dei nostri occhi** in modo tale che riusciamo a osservare le cellule e le loro strutture interne.

I microscopi sono fondamentalmente di 2 tipi.

Il **microscopio ottico** forma immagini ingrandite degli oggetti utilizzando lenti di vetro e la luce visibile. Ha un potere di risoluzione di circa $0,2 \mu\text{m}$, cioè **1000 volte superiore** rispetto all'occhio umano, e permette di vedere la **dimensione e la forma delle cellule** e alcune strutture intracellulari.

Le strutture interne sono difficili da distinguere sotto la luce visibile, perciò spesso le cellule subiscono un trattamento chimico che ne **colora i componenti** con tinte diverse.

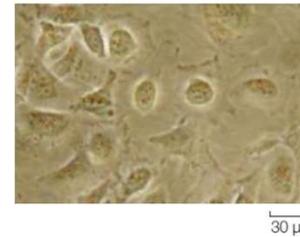
Figura 5.3 Per osservare le cellule Le sei immagini di questa pagina mostrano alcune tecniche usate nella microscopia ottica, mentre le tre immagini della pagina seguente sono state ottenute utilizzando microscopi elettronici. Tutte queste immagini raffigurano un tipo particolare di cellule in coltura conosciute come HeLa. Da notare che le immagini appaiono nella maggior parte

dei casi piatte e bidimensionali; invece bisogna tenere presente, guardandole, che le cellule sono oggetti tridimensionali.

 **Attività 5.2 Conosci le tue tecniche**
Know Your Techniques



In un *microscopio ottico* si usano lenti di vetro e luce visibile per formare un'immagine. La risoluzione è di circa $0,2 \mu\text{m}$, cioè 1000 volte maggiore di quella dell'occhio umano. La microscopia ottica permette di visualizzare le dimensioni e la forma delle cellule, oltre ad alcune strutture cellulari interne. Le strutture interne sono difficili da distinguere con la luce visibile, quindi le cellule vengono spesso trattate chimicamente e colorate con varie tinte per far risaltare certe strutture aumentando il contrasto.



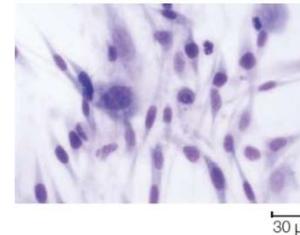
Nella microscopia in campo chiaro si fa passare la luce direttamente attraverso le cellule. Se non è presente una pigmentazione naturale si ha poco contrasto e i dettagli restano indistinti, come in queste cellule umane.



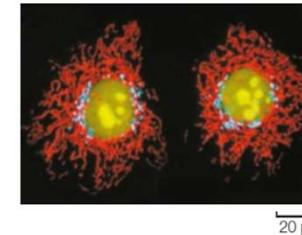
Nella microscopia a contrasto di fase il contrasto nell'immagine viene aumentato esaltando le differenze nell'indice di rifrazione (la capacità di deviare la luce in base alla diversa densità), e quindi il chiaroscuro delle varie regioni cellulari.



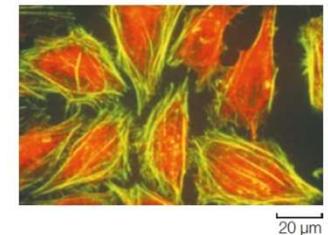
La microscopia differenziale a contrasto di interferenza usa due raggi di luce polarizzata. Combinando le immagini, le cellule sembrano in rilievo, perché paiono proiettare un'ombra da un lato.



Nella microscopia con colorazione in campo chiaro il contrasto viene accentuato da un colorante e si possono osservare dettagli altrimenti non visibili. I coloranti sono tra loro molto diversi come natura chimica e capacità di legarsi ai materiali cellulari, quindi offrono ampie possibilità di scelta.



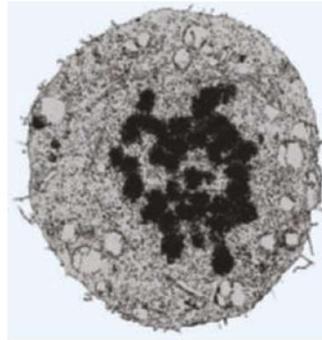
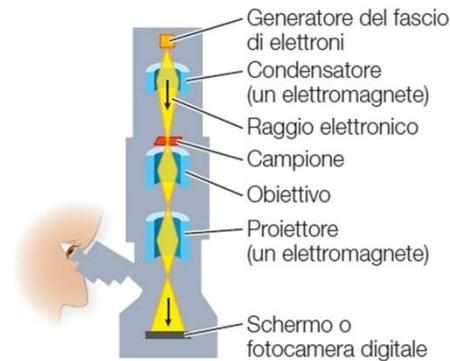
Nella microscopia a fluorescenza una sostanza a fluorescenza naturale presente nella cellula o un colorante fluorescente legato a sostanze cellulari specifiche vengono eccitati da un raggio luminoso, e viene osservata la luce emessa direttamente dalle sostanze fluorescenti a una lunghezza d'onda maggiore della luce incidente.



La microscopia confocale usa materiali fluorescenti ma aggiunge un sistema di messa a fuoco sia della luce incidente che eccita le molecole fluorescenti, sia di quella che esse emettono, in modo da far coincidere i due piani di fuoco sulla cellula in uno solo. Il risultato è un'immagine bidimensionale più nitida rispetto a quelle al microscopio a fluorescenza standard.

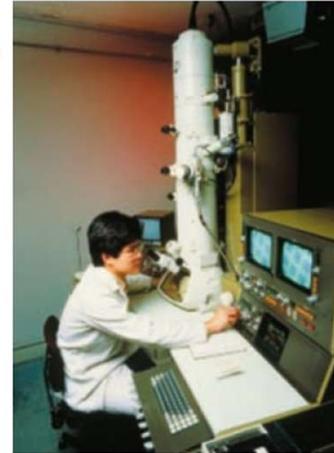
Il **microscopio elettronico** usa degli elettromagneti per mettere a fuoco un fascio di elettroni. Dato che gli elettroni sono invisibili, per creare un'immagine visibile il microscopio elettronico li dirige su uno schermo fluorescente o su una pellicola fotografica. **La risoluzione** di un microscopio elettronico è di **circa 0,2 nm**, un **milione di volte superiore all'occhio umano**.

Microscopio elettronico a trasmissione

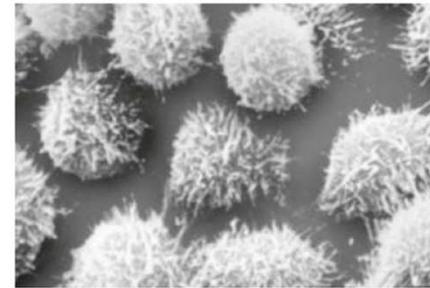


10 µm

Nella microscopia elettronica a trasmissione (TEM) un raggio di elettroni viene focalizzato sul campione tramite magneti. Gli oggetti che assorbono elettroni appaiono più scuri. Gli elettroni che li attraversano sono evidenziati su uno schermo fluorescente.



In un *microscopio elettronico* si utilizzano elettromagneti per mettere a fuoco un raggio elettronico su un oggetto, allo stesso modo in cui un microscopio ottico usa lenti di vetro per mettere a fuoco un raggio di luce. Visto che non possiamo vedere gli elettroni, il microscopio elettronico li dirige attraverso il vuoto fino a uno schermo fluorescente o a una fotocamera digitale per creare un'immagine visibile. La risoluzione dei microscopi elettronici è di circa 2 nm, cioè circa 100000 volte maggiore di quella dell'occhio umano. Questa risoluzione permette di distinguere i particolari di molte strutture subcellulari.



20 µm

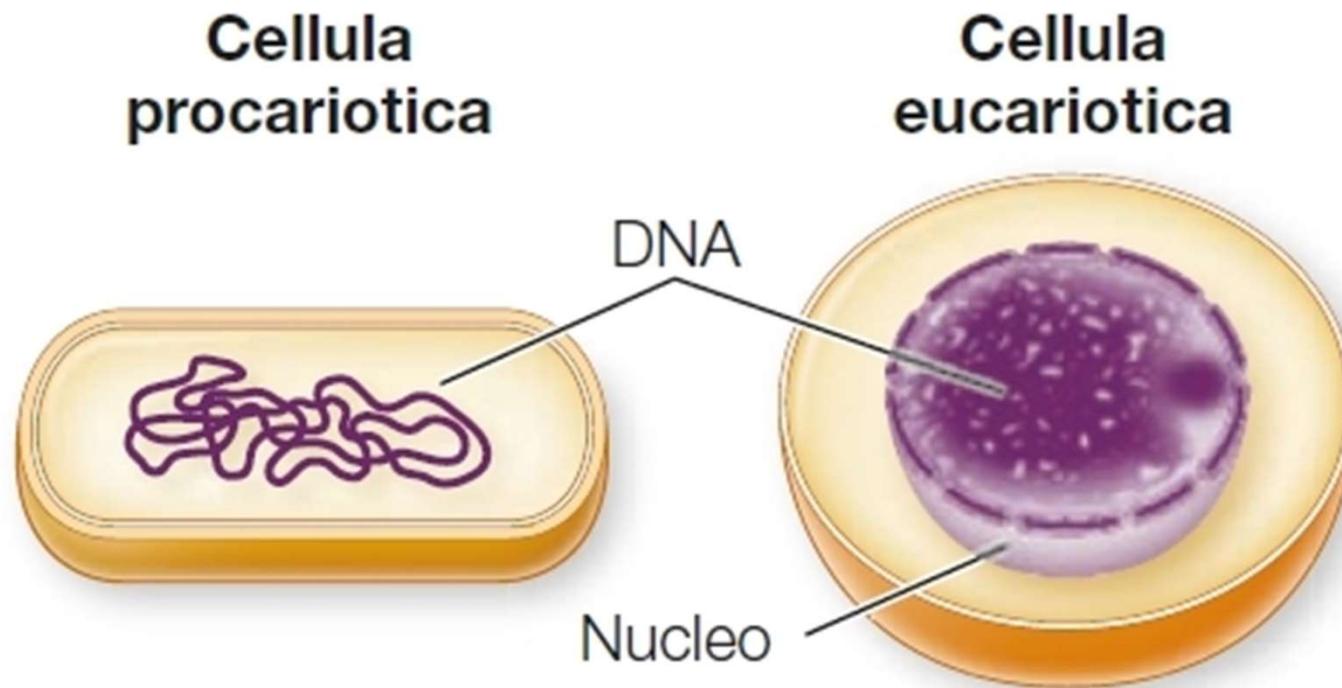
Nella microscopia elettronica a scansione (SEM) si dirigono gli elettroni sulla superficie del campione, dove causano l'emissione di altri elettroni che si rendono visibili su uno schermo. Si riesce a ottenere un'immagine tridimensionale della superficie del campione.



0,1 µm

Nella microscopia con criodecappaggio (*freeze fracture*) si congelano le cellule e si utilizza una lama per staccarle e aprirle lungo la linea di frattura, che spesso attraversa l'interno della membrana plasmatica e delle membrane interne. Le «protuberanze» che appaiono sono solitamente grandi proteine o aggregati inseriti dentro la membrana.

Gli archei e i batteri sono costituiti da **cellule procariote** che **non possiedono compartimenti interni delimitati da membrane**. Tutti i **procarioti**, che sono gli organismi più numerosi sulla Terra, condividono le stesse caratteristiche fondamentali, ma alcuni presentano strutture specializzate che consentono loro di adattarsi a condizioni di vita particolari.



Le cellule procariotiche:

1. Sono delimitate da una **membrana plasmatica**, composta da un doppio strato di molecole di fosfolipidi. La membrana plasmatica permette alla cellula di mantenere **costanti** le caratteristiche chimico-fisiche del loro ambiente interno e agisce da **barriera semipermeabile**, impedendo ad alcune sostanze di attraversarla e permettendo ad altre di entrare e uscire dalla cellula.

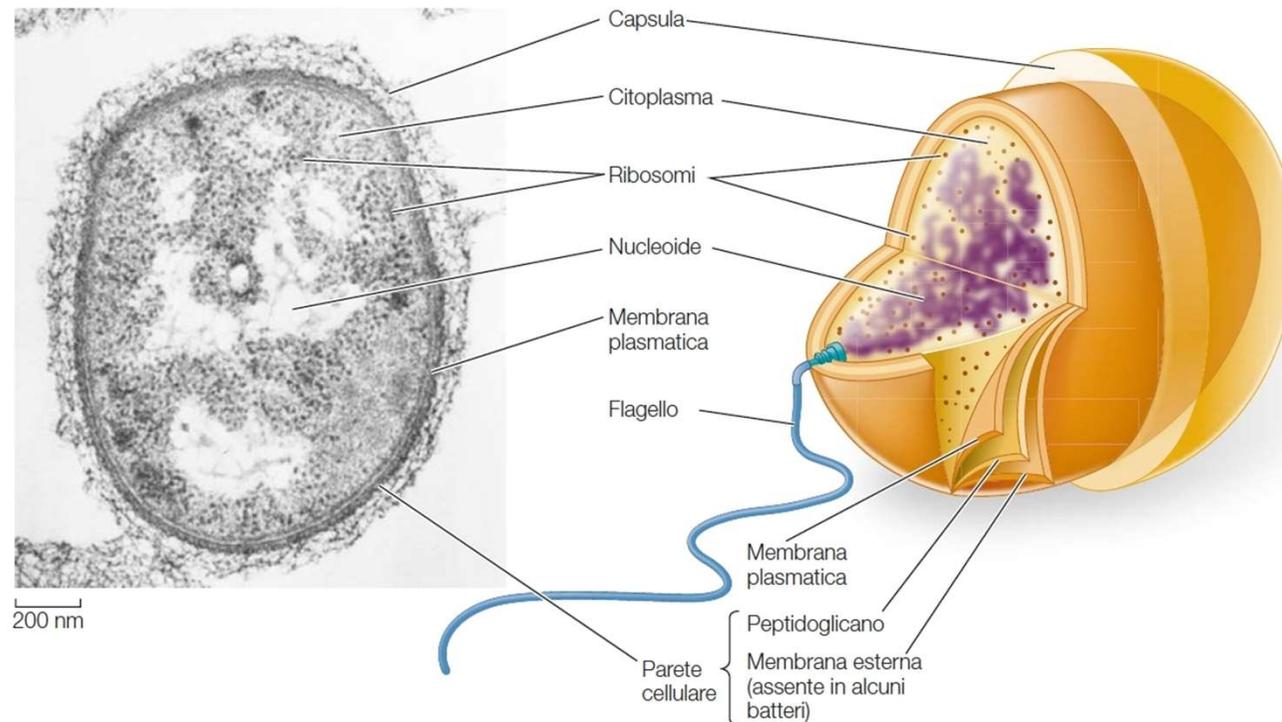


Figura 5.4 Una cellula procariotica Questa immagine al microscopio elettronico e la rappresentazione schematica del batterio *Pseudomonas aeruginosa* illustrano la tipica struttura propria di tutte le cellule procariotiche. Questo batterio ha in più una membrana esterna protettiva che non è presente in tutti i procarioti. Anche il flagello e la capsula si trovano in alcune cellule procariotiche, ma non in tutte.

2. All'interno della membrana plasmatica si trova il **citoplasma**, un materiale semifluido in cui avvengono tutte le reazioni cellulari. Il citoplasma è composto da due parti: il **citosol**, che è la parte più fluida, e le **particelle insolubili sospese in esso**, fra le quali i **ribosomi**. Il citosol è costituito per la maggior parte di acqua contenente ioni, micromolecole e macromolecole solubili.

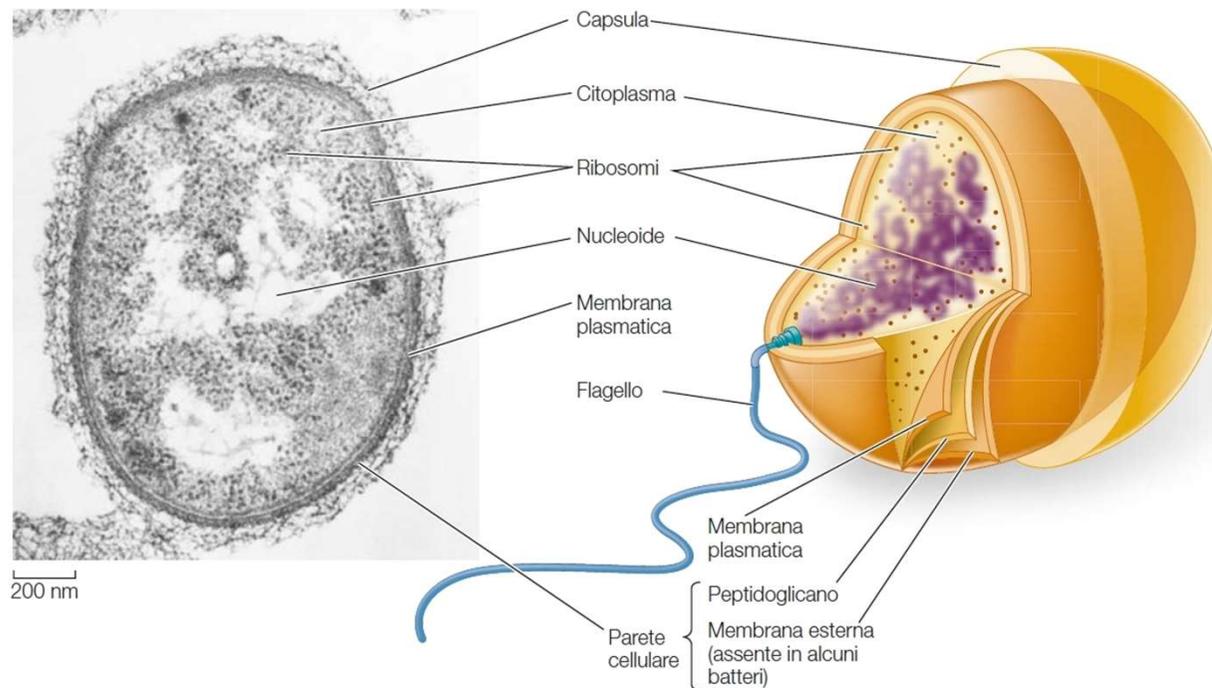


Figura 5.4 Una cellula procariotica Questa immagine al microscopio elettronico e la rappresentazione schematica del batterio *Pseudomonas aeruginosa* illustrano la tipica struttura propria di tutte le cellule procariotiche. Questo batterio ha in più una membrana esterna protettiva che non è presente in tutti i procarioti. Anche il flagello e la capsula si trovano in alcune cellule procariotiche, ma non in tutte.

3. Una zona particolare del citoplasma, chiamata **nucleoide**, contiene il DNA che si trova sotto forma di un'unica molecola circolare.
4. Nel citoplasma sono sempre presenti i **ribosomi**, aggregati di **RNA e proteine del diametro di 25 nm**. I ribosomi sono le strutture dove ha luogo la sintesi proteica.

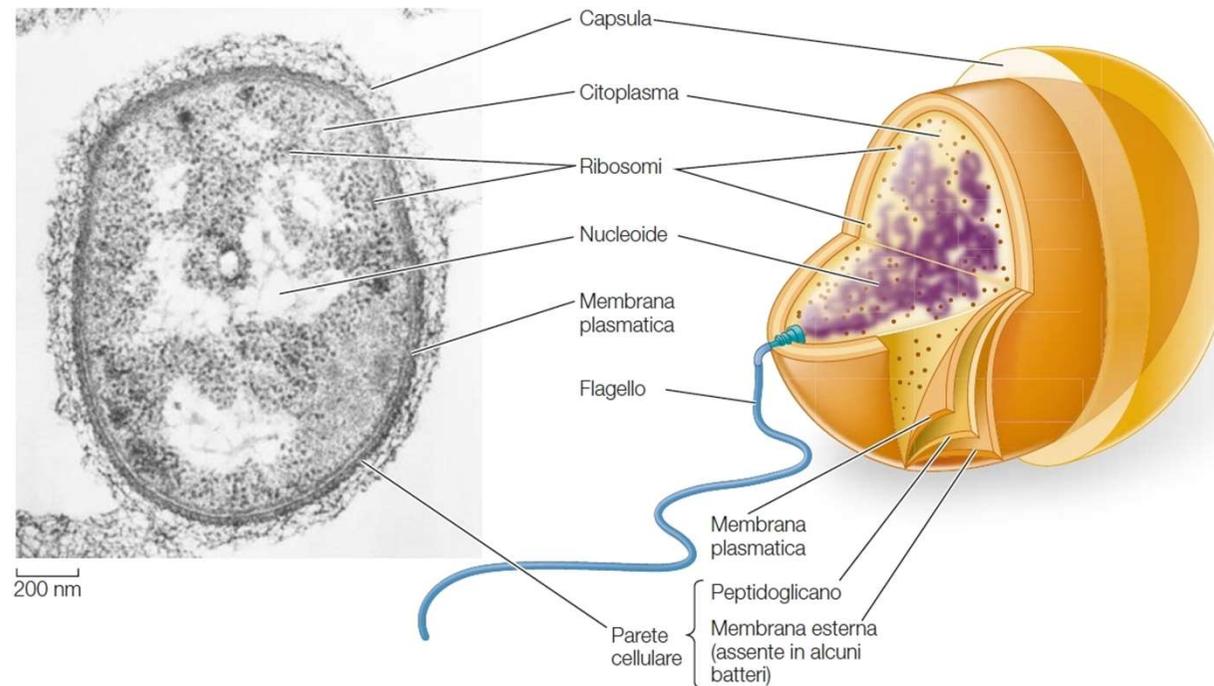
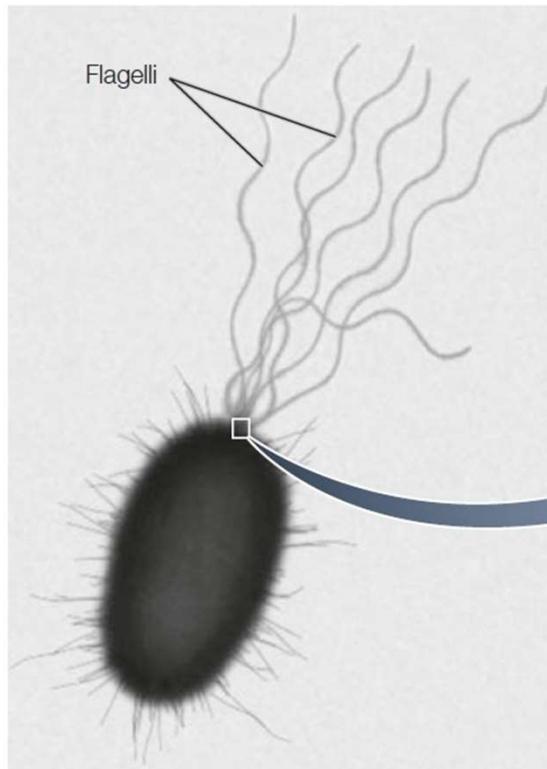


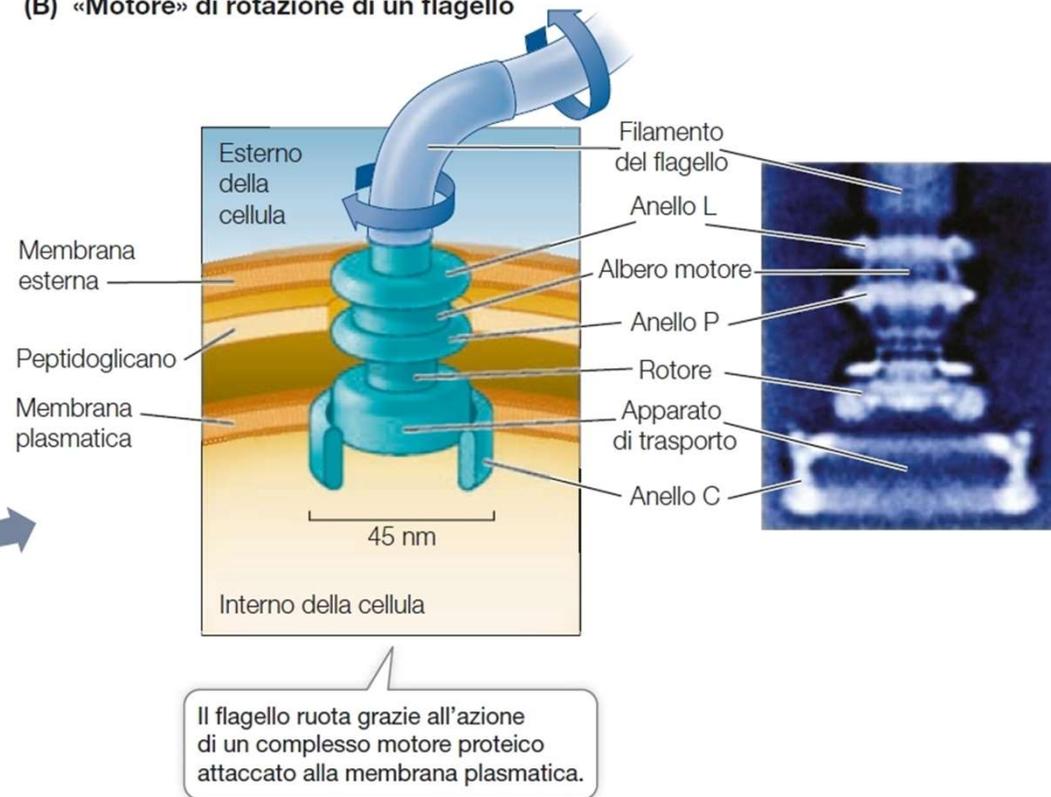
Figura 5.4 Una cellula procariotica Questa immagine al microscopio elettronico e la rappresentazione schematica del batterio *Pseudomonas aeruginosa* illustrano la tipica struttura propria di tutte le cellule procariotiche. Questo batterio ha in più una membrana esterna protettiva che non è presente in tutti i procarioti. Anche il flagello e la capsula si trovano in alcune cellule procariotiche, ma non in tutte.

Numerosi procarioti sono in grado di nuotare usando appendici denominate **flagelli** costituiti da proteine capaci di contrarsi. Il flagello ha l'aspetto di un **piccolo cavatappi** che ruota sul proprio asse come un'**elica**, spingendo avanti la cellula.

(A) Flagelli di una cellula procariotica



(B) «Motore» di rotazione di un flagello



Il flagello ruota grazie all'azione di un complesso motore proteico attaccato alla membrana plasmatica.

Figura 5.5 I flagelli dei procarioti (A) I flagelli contribuiscono al movimento e all'adesione delle cellule procariotiche. (B) Complesse strutture proteiche ad anello ancorate alla membrana plasmatica formano un «motore» che fa ruotare il flagello e in questo modo fa muovere la cellula.

LA CELLULA ANIMALE

Alcuni organuli sono presenti in tutti i tipi di cellule eucariotiche; tra questi il più evidente è il **nucleo**. Nel nucleo hanno luogo la duplicazione del DNA e le prime tappe della sintesi proteica.

In tutte le cellule eucariotiche sono presenti anche il **reticolo endoplasmatico** e l'**apparato di Golgi**, i **mitocondri** e **vacuoli**.

I **cloroplasti** si trovano solo nelle cellule vegetali, mentre i **lisosomi** sono presenti solo in quelle animali.

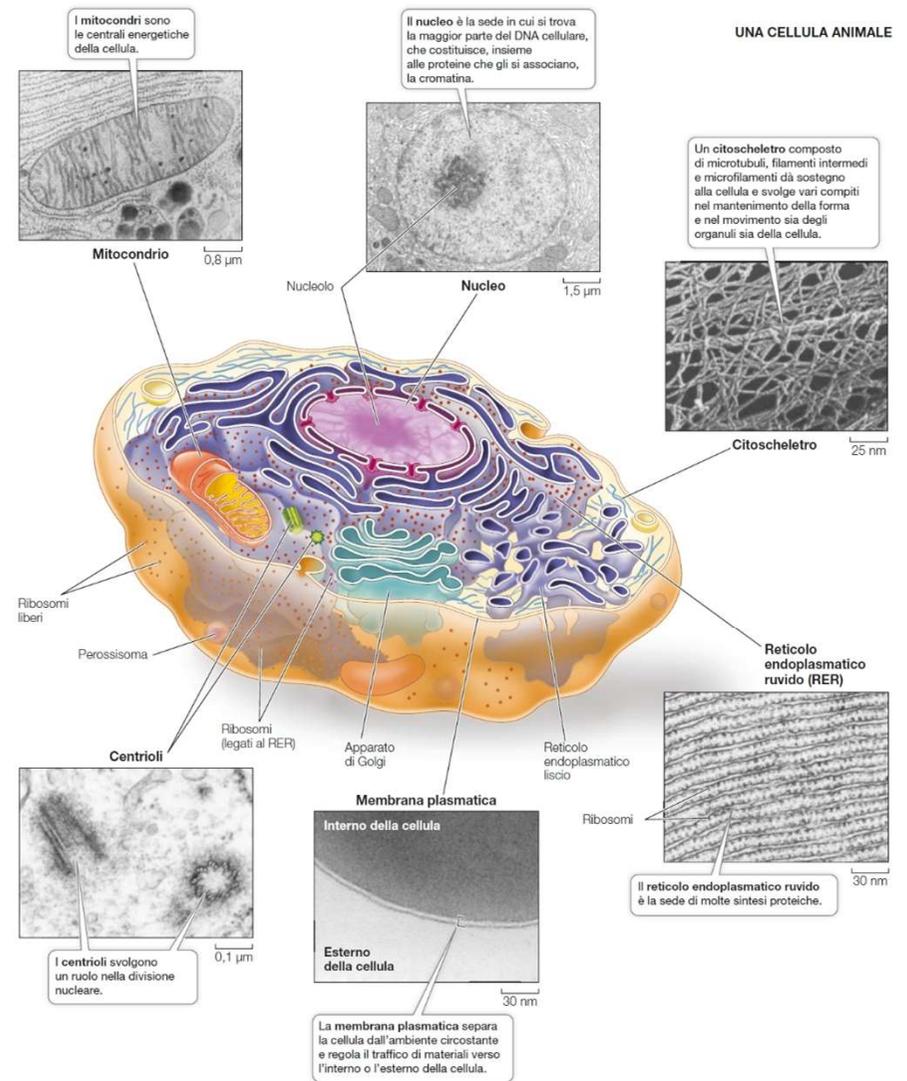


Figura 5.7 Le cellule eucariotiche Visti al microscopio elettronico, molti organuli delle cellule provenienti da piante appaiono praticamente identici a quelli delle cellule provenienti da animali. Strutture cellulari che, invece, si osservano nelle cellule delle piante ma non in quelle degli animali sono la parete cellulare e i cloroplasti. Si noti che le fotografie sono ottenute da «fettine» bidimensionali, mentre le cellule sono strutture tridimensionali.

Nelle cellule animali, il **nucleo** ha un **diametro di circa 5 μm** , sensibilmente maggiore del diametro di molte cellule procariotiche.

Il nucleo svolge varie funzioni:

- è il luogo in cui avviene la **duplicazione del DNA**;
- è la sede del **controllo genetico** dell'attività cellulare;
- contiene una zona, il **nucleolo**, dove ha inizio il **montaggio dei ribosomi** a partire dall'RNA e da proteine.

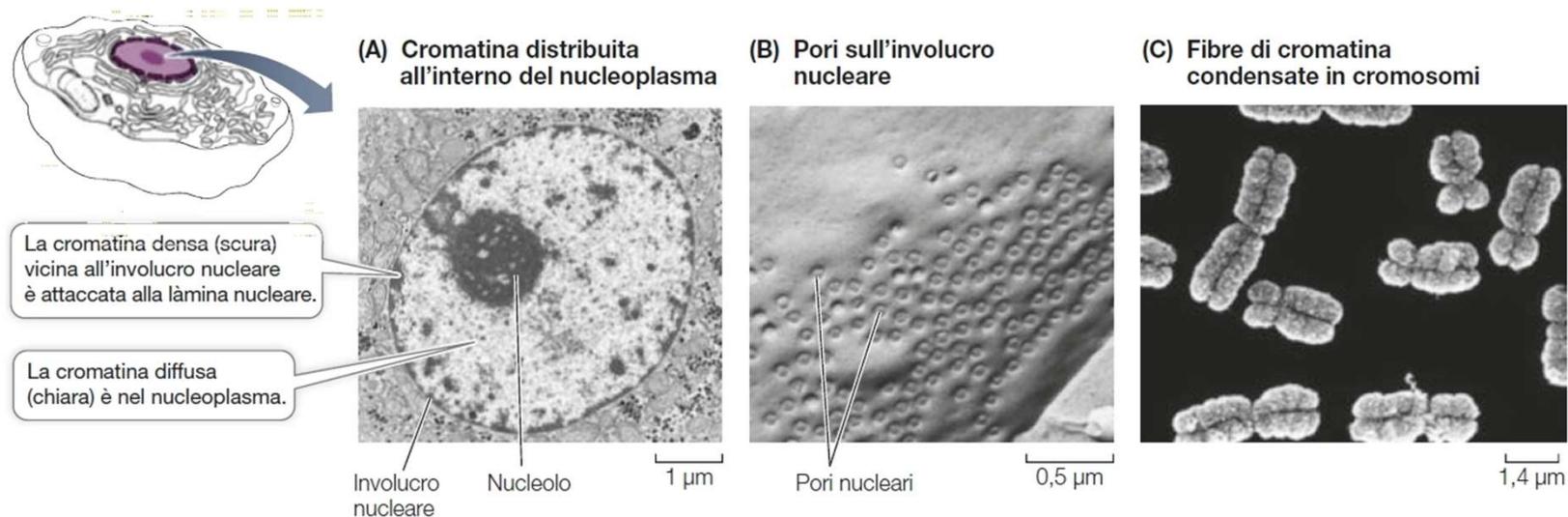
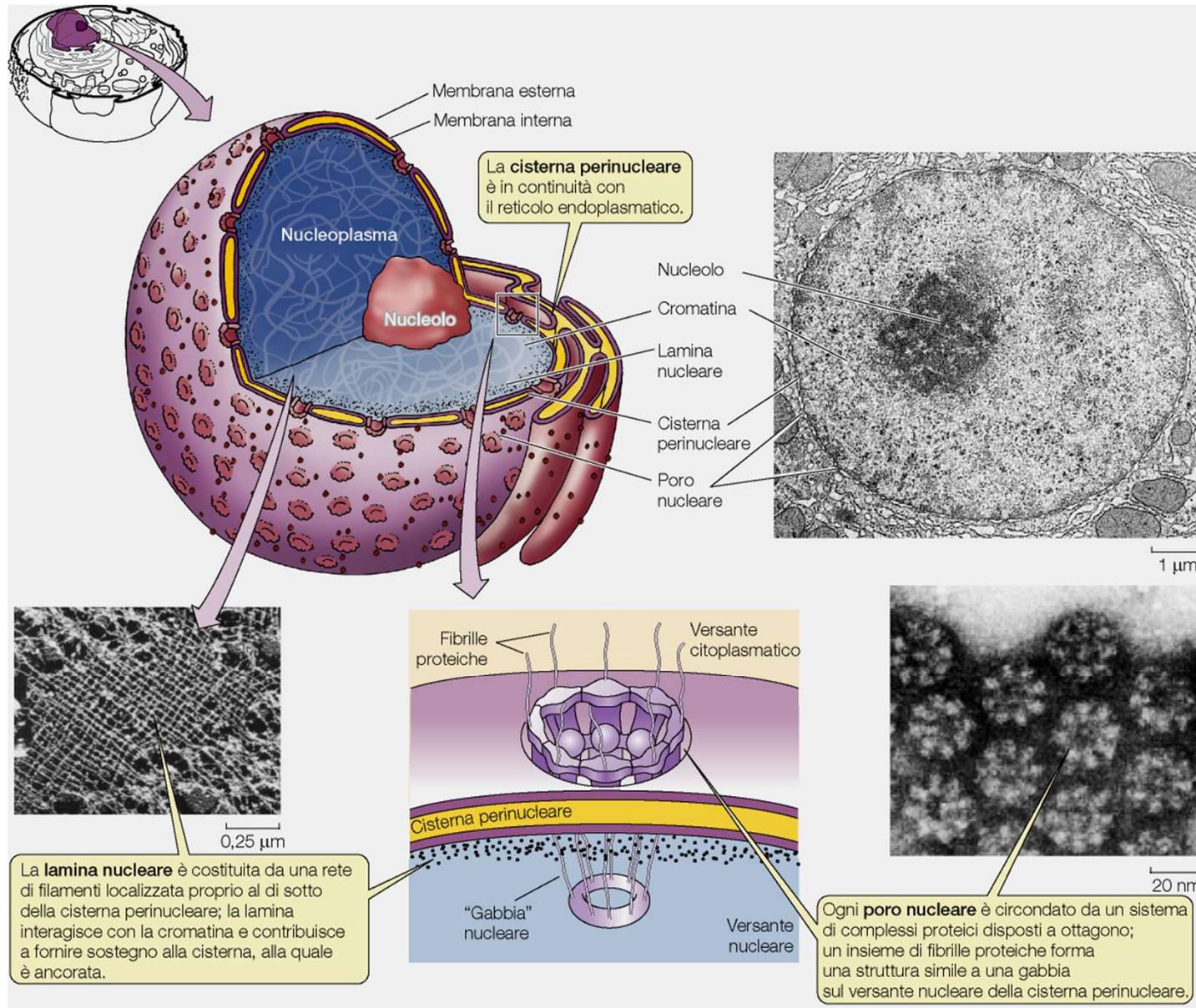


Figura 5.8 Il nucleo, la cromatina e i cromosomi (A) La cromatina è composta da DNA nucleare e proteine a esso associate. Quando la cellula non si sta dividendo, la cromatina è diffusa in tutto il nucleo. Questa immagine bidimensionale è realizzata con un microscopio elettronico a trasmissione. (B) L'involucro nucleare presenta molti pori che regolano il passaggio di grandi molecole come l'RNA e le proteine dentro e fuori il nucleo. (C) Nelle cellule che si stanno dividendo, la cromatina diventa molto condensata, tanto che i singoli cromosomi diventano visibili. Questa immagine tridimensionale di cromosomi isolati in metafase è stata realizzata con un microscopio elettronico a scansione.



Membrana esterna
Membrana interna

La **cisterna perinucleare** è in continuità con il reticolo endoplasmatico.

Nucleoplasma

Nucleolo

Nucleolo

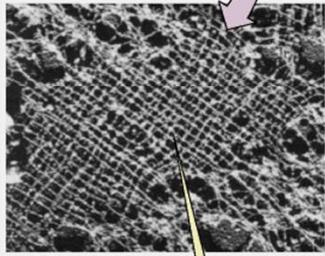
Cromatina

Lamina nucleare

Cisterna perinucleare

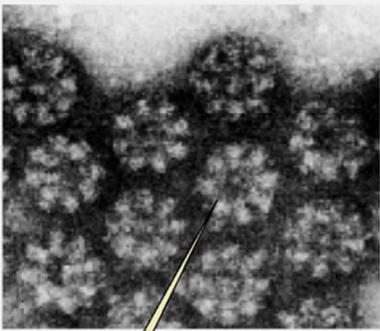
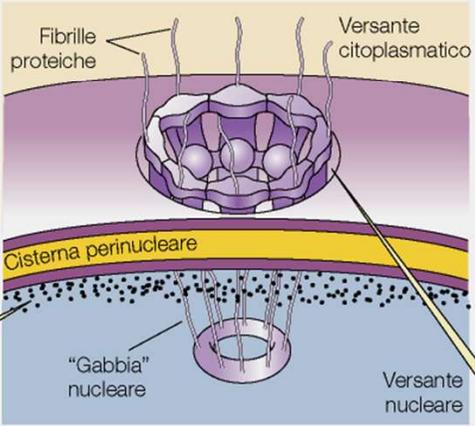
Poro nucleare

1 µm



0,25 µm

La **lamina nucleare** è costituita da una rete di filamenti localizzata proprio al di sotto della cisterna perinucleare; la lamina interagisce con la cromatina e contribuisce a fornire sostegno alla cisterna, alla quale è ancorata.



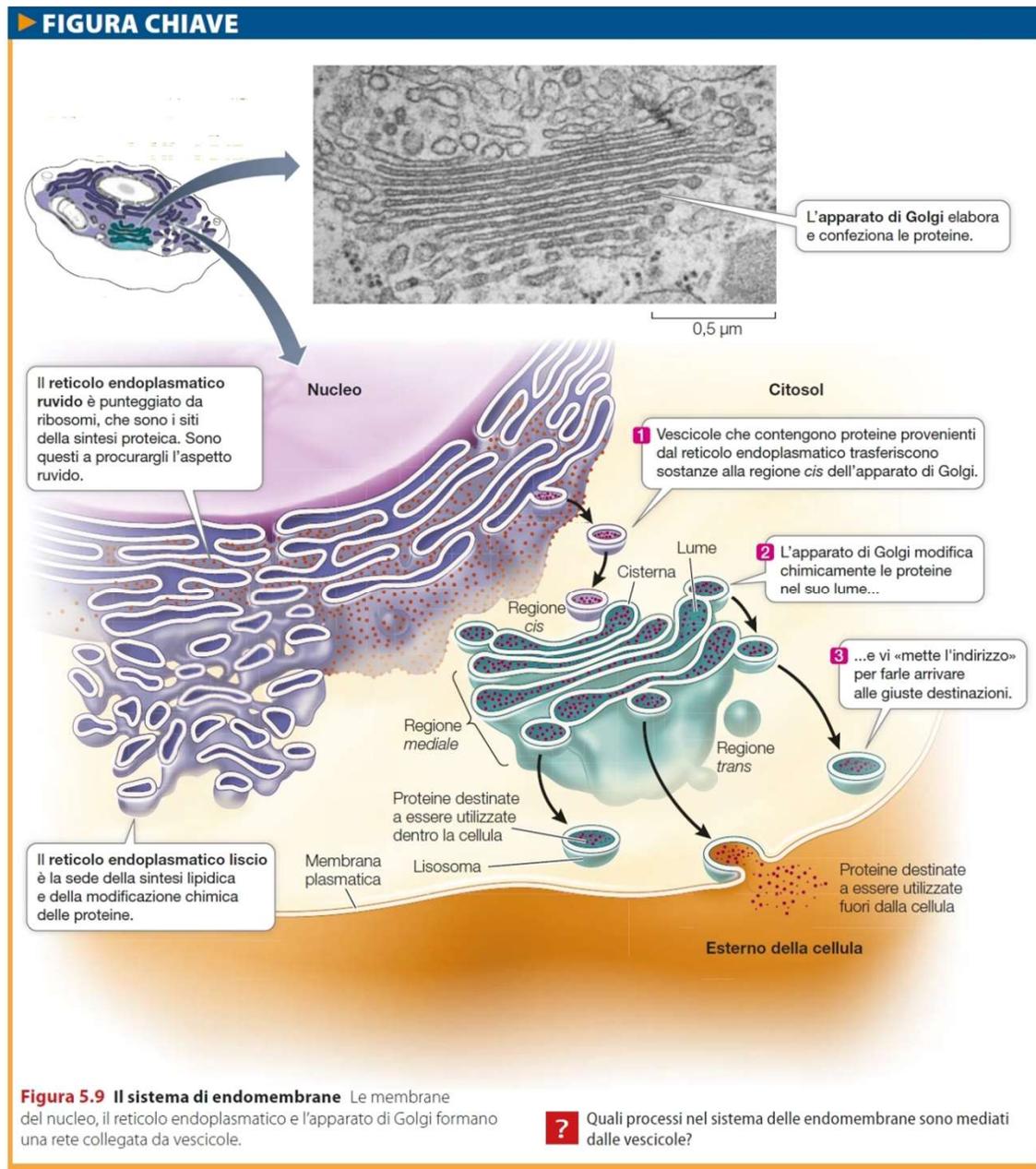
20 nm

Ogni **poro nucleare** è circondato da un sistema di complessi proteici disposti a ottagono; un insieme di fibrille proteiche forma una struttura simile a una gabbia sul versante nucleare della cisterna perinucleare.

Il sistema endomembranale

La fotografia al microscopio elettronico a trasmissione mostra una sezione dell'apparato di Golgi.

Nelle cellule le membrane del **reticolo endoplasmatico** (RE ruvido - RER- e RE liscio - REL) non hanno mai estremità aperte: racchiudono un insieme di compartimenti separati dal citoplasma circostante.

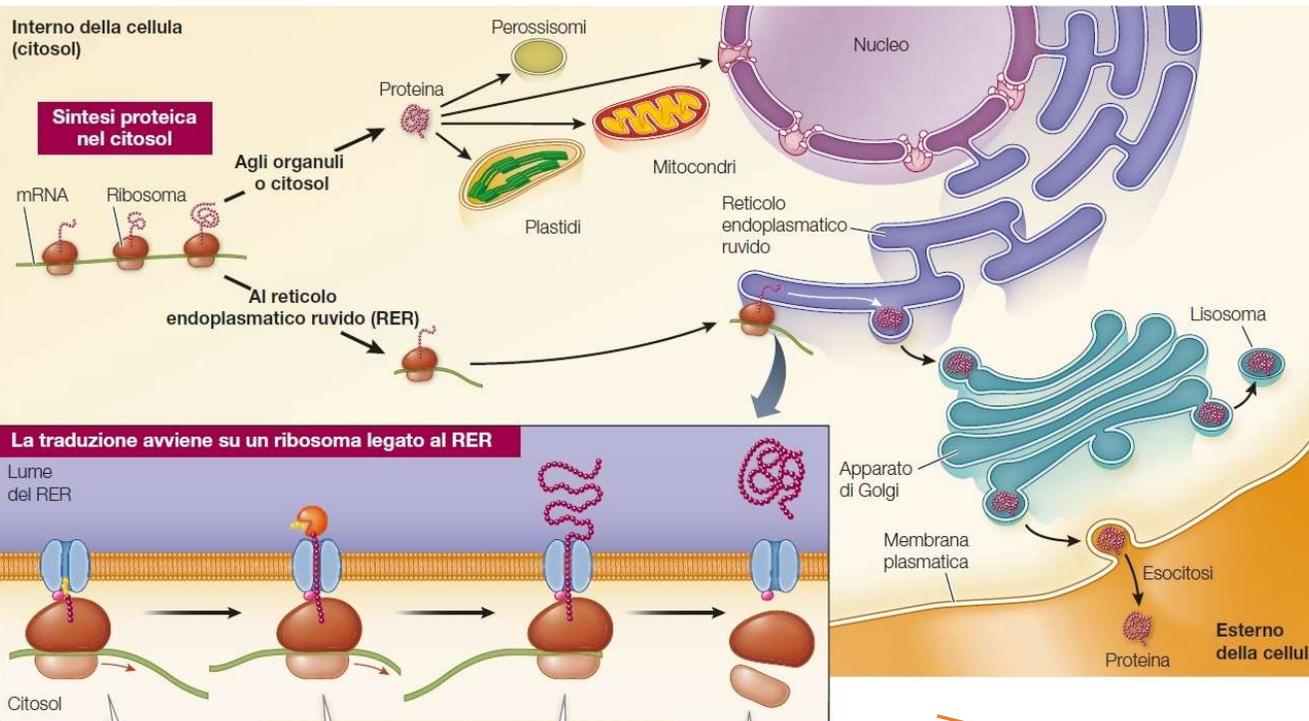
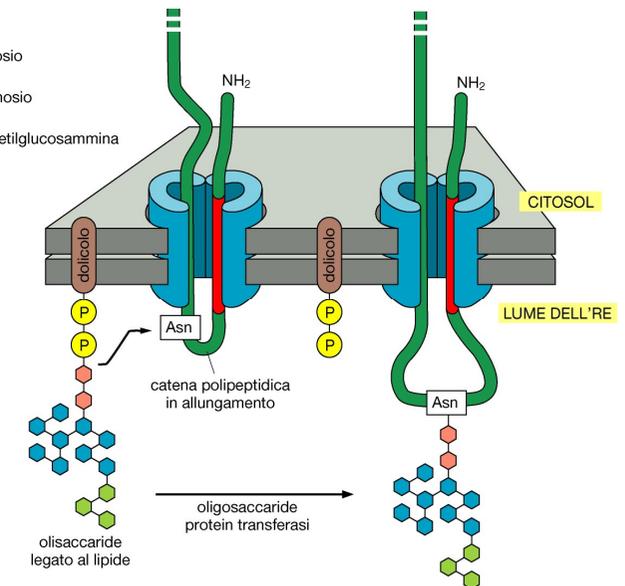


Le funzioni:

Nel RER vengono sintetizzate proteine che non vengono a contatto con il citoplasma. Coinvolto nel trasporto verso altri distretti cell. Mentre sono nel comparto del RER le proteine possono subire cambiamenti chimici, con cambiamento di funzione e destinazione.

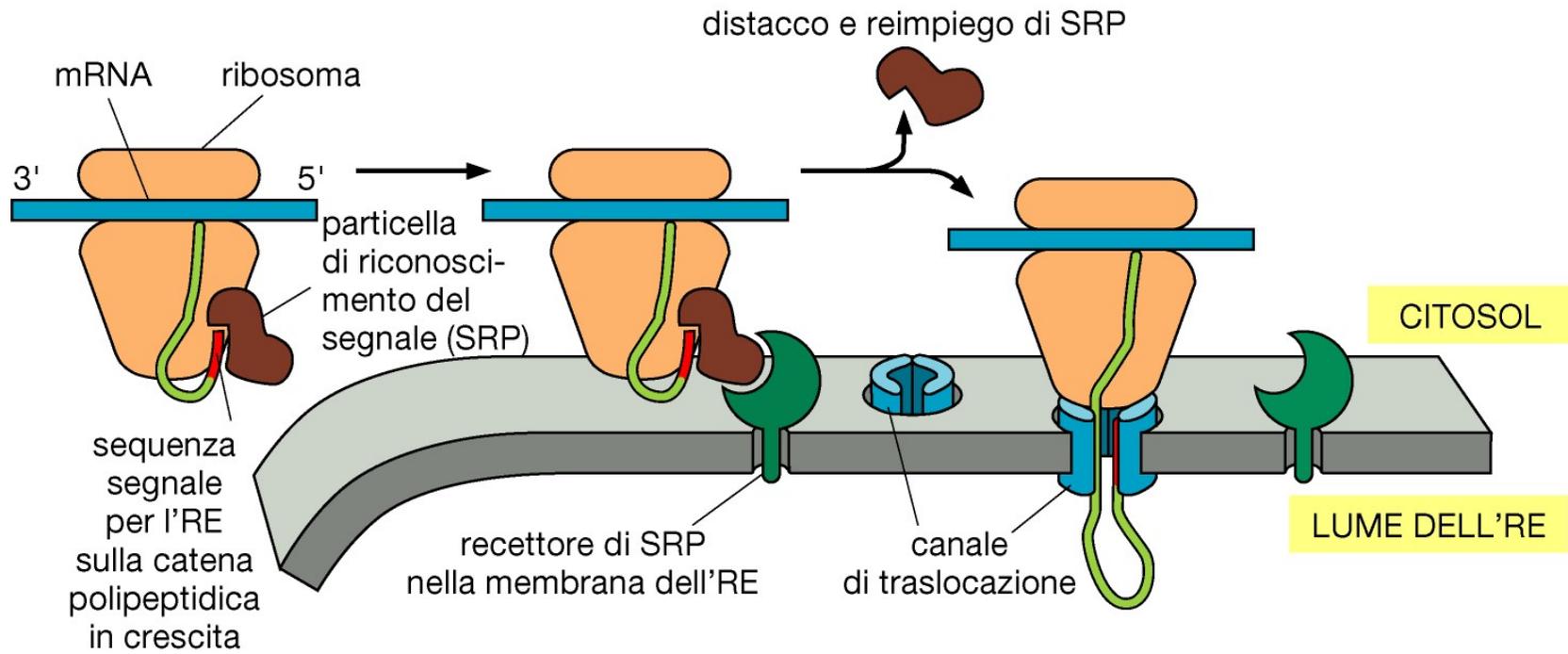
SIMBOLI:

-  = glucosio
-  = mannosio
-  = N-acetilglucosammina

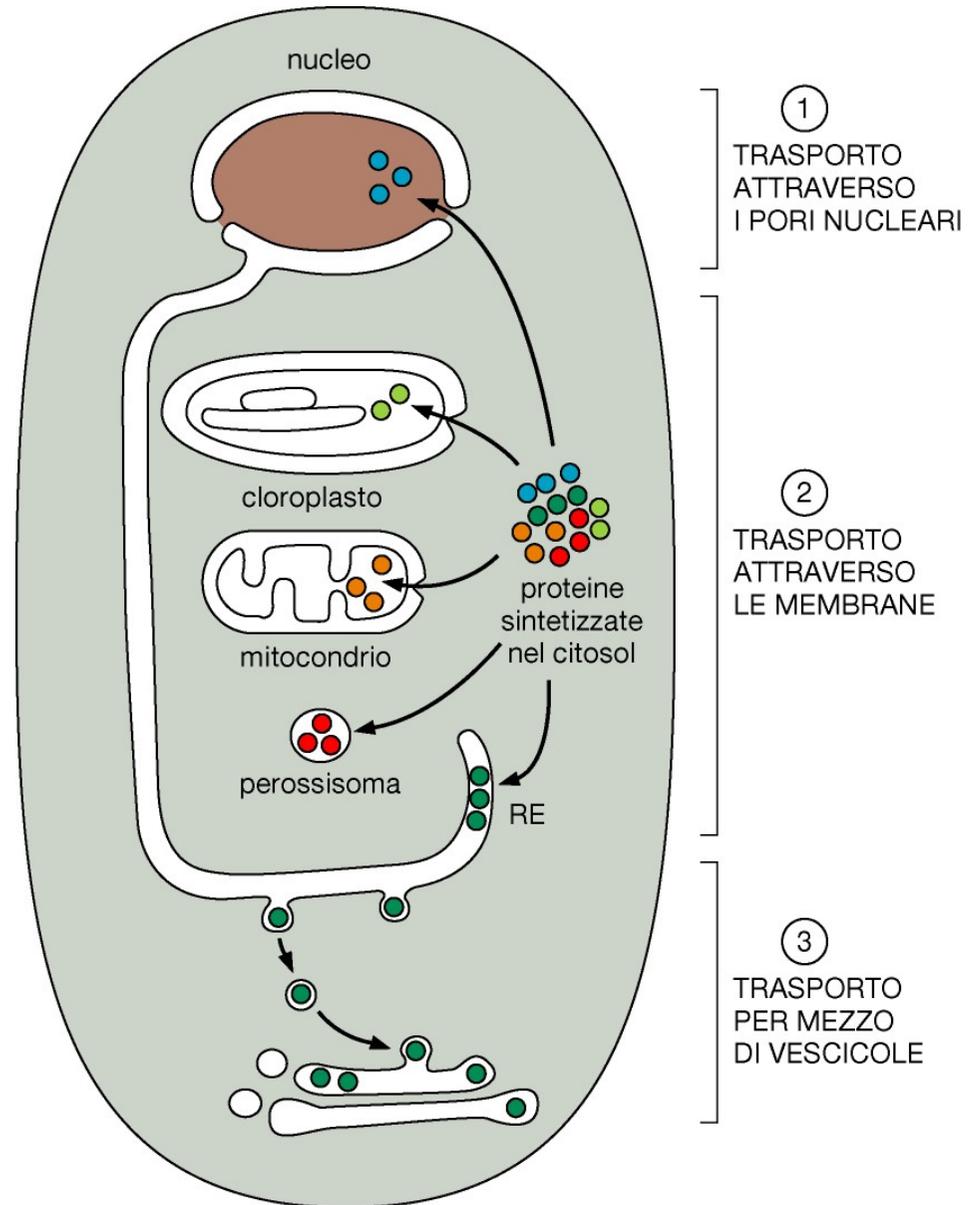


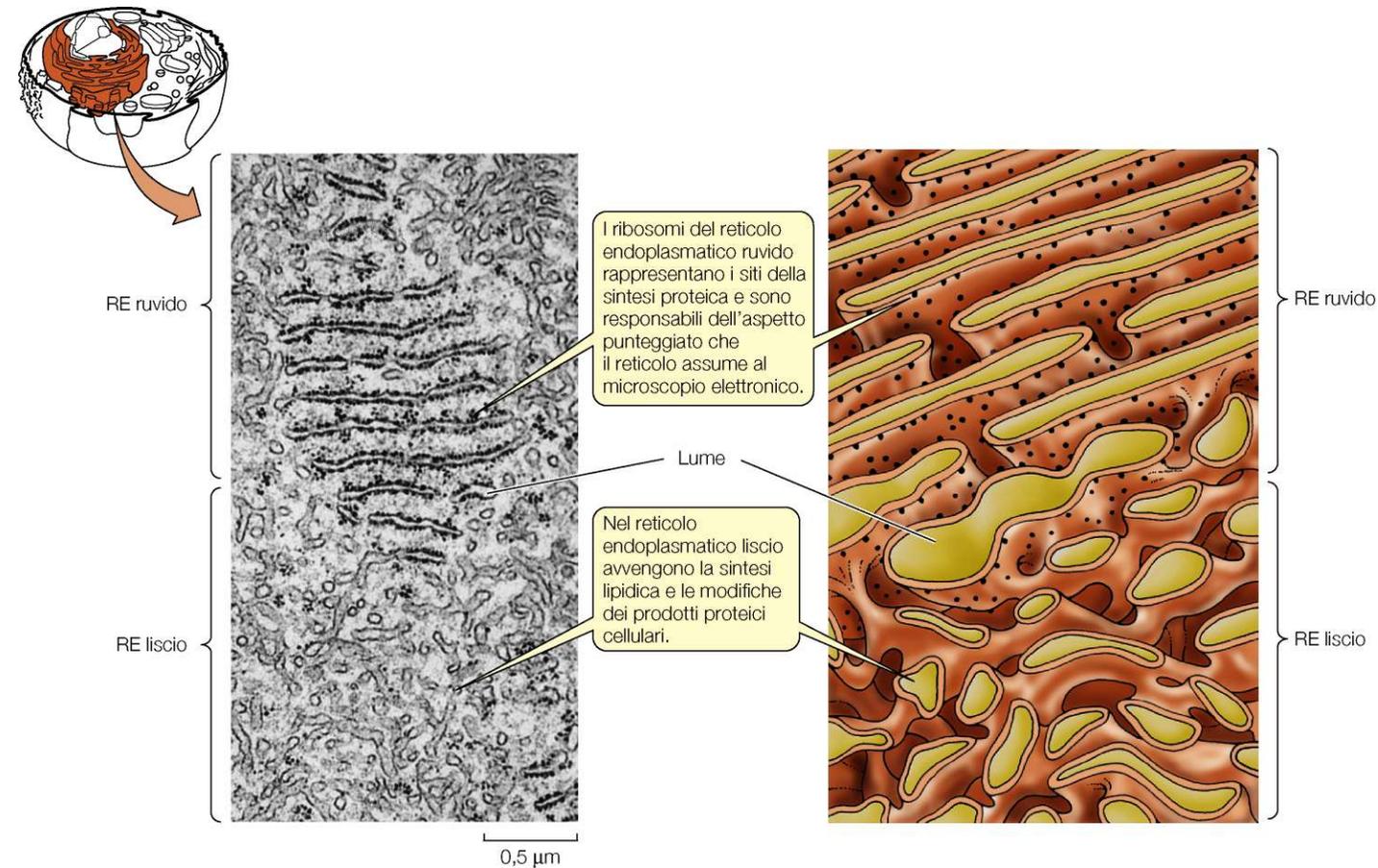
- 1 Il polipeptide si lega a una particella di riconoscimento del segnale, quindi il complesso si lega a un recettore nella membrana del RER. La traduzione riprende.
- 2 La sequenza segnale viene rimossa da un enzima nel lume del RER.
- 3 Il polipeptide continua ad allungarsi finché la traduzione termina.
- 4 Il ribosoma viene rilasciato. La proteina si ripiega nel lume del RER.

Figura 14.17 Destinazione dei polipeptidi appena tradotti all'interno di una cellula eucariotica Sequenze segnale presenti sui polipeptidi sintetizzati *ex novo* si legano a specifici recettori sulla membrana esterna degli organuli a cui sono destinate. Una volta che la proteina si è legata, il recettore forma un canale nella membrana che consente alla proteina di entrare nell'organulo.



Gli organelli delimitati da membrane importano proteine con uno dei tre meccanismi

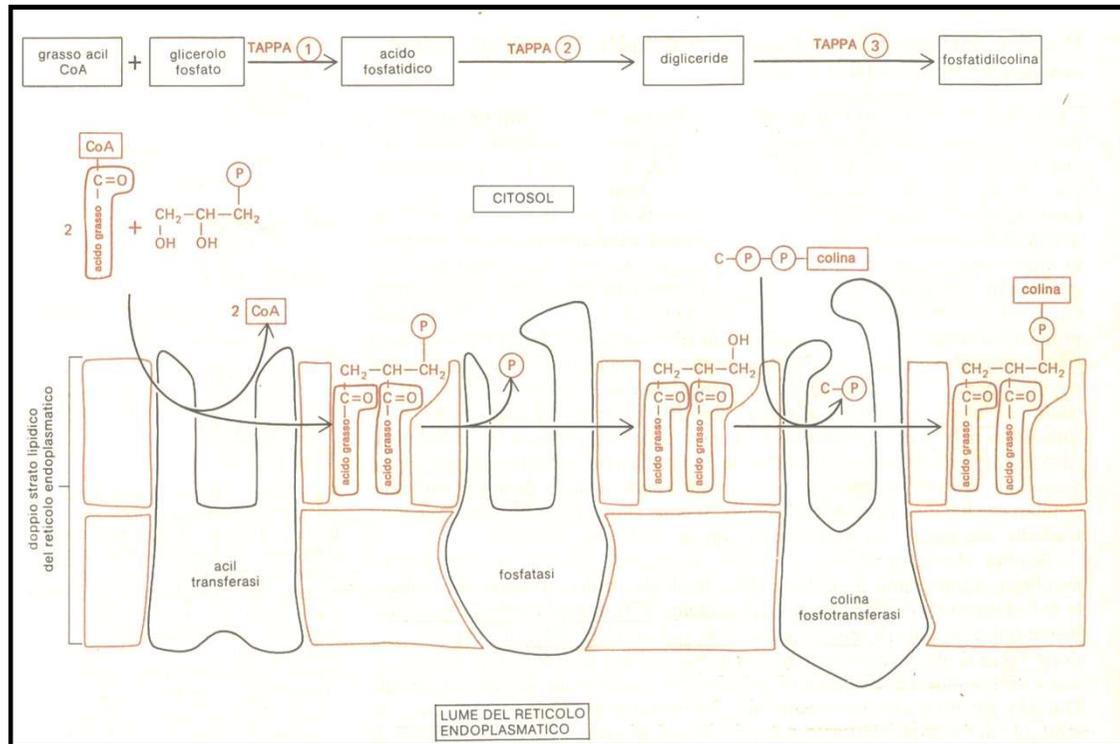




Nel **REL** vengono sintetizzati i lipidi, degradazione del glicogeno, detossificazione di scorie metaboliche e sostanze nocive.

Enzimi del REL specifici per sintesi ac. grassi e steroidi (ormoni sessuali e steroidei) inseriti nella membrana con il sito attivo rivolto verso il lume del REL

La sintesi dei fosfolipidi avviene invece nella membrana del REL catalizzata da enzimi inseriti nella membrana con i siti attivi sul versante del citosol



L'apparato di Golgi:

- riceve le proteine dal RER e le elabora ulteriormente;
- concentra, confeziona e smista le proteine prima che vengano inviate alle loro destinazioni finali;
- aggiunge nuovi carboidrati alle proteine o li modifica

Le cisterne dell'apparato di Golgi possiedono **3 zone distinte** per funzione: una zona «di **ingresso**» più vicina al nucleo e al RER (zona CIS), una zona **intermedia** e una zona «di **uscita**» (zona TRANS) che si trova vicino alla membrana plasmatica.

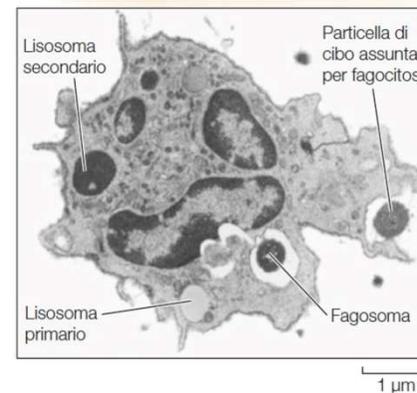
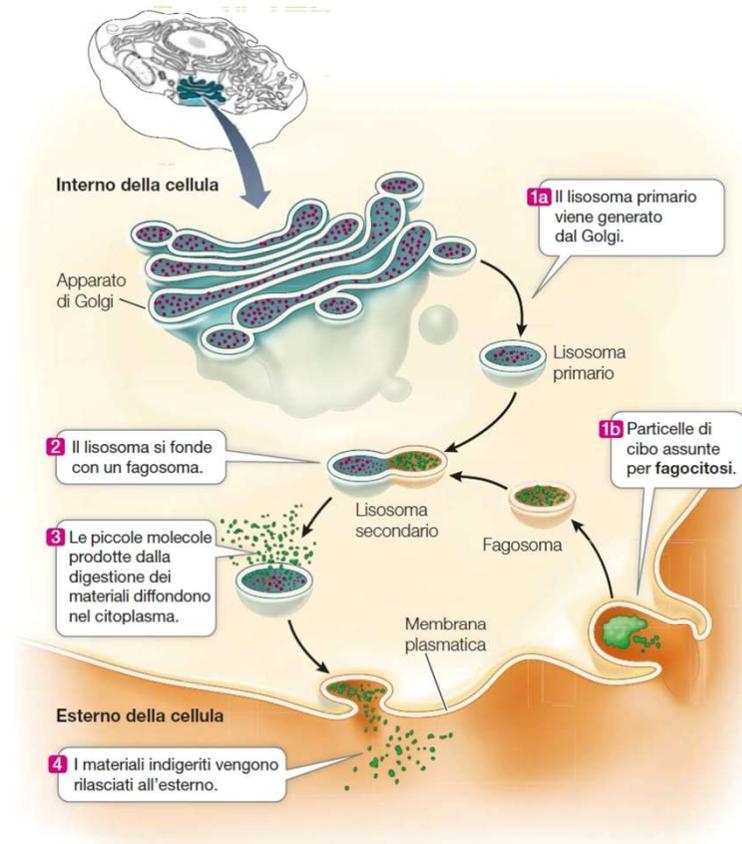


Figura 5.10 I lisosomi isolano gli enzimi digestivi dal citoplasma. I lisosomi sono strutture al cui interno vengono idrolizzati materiali che la cellula ha assunto dall'esterno tramite fagocitosi.

▶ Attività 5.4 **La digestione lisosomiale**
Lysosomal Digestion

Nei **lisosomi** ($1\mu\text{m}$ di diametro) le macromolecole (proteine, polisaccaridi, acidi nucleici e lipidi) vengono idrolizzate nei rispettivi monomeri.

Queste reazioni sono facilitate dall'**acidità presente all'interno del lisosoma**, dove il pH è più basso che nel citoplasma. I materiali su cui i lisosomi agiscono possono avere diverse origini: per esempio, possono essere sostanze nutritive provenienti dall'ambiente esterno, che sono entrate nella cellula per endocitosi.

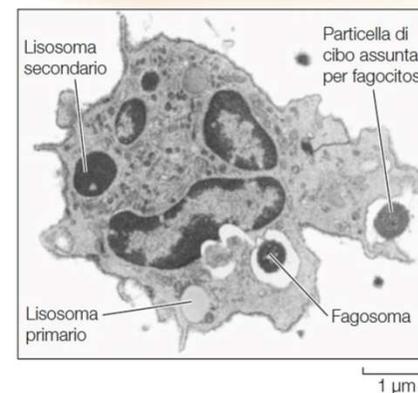
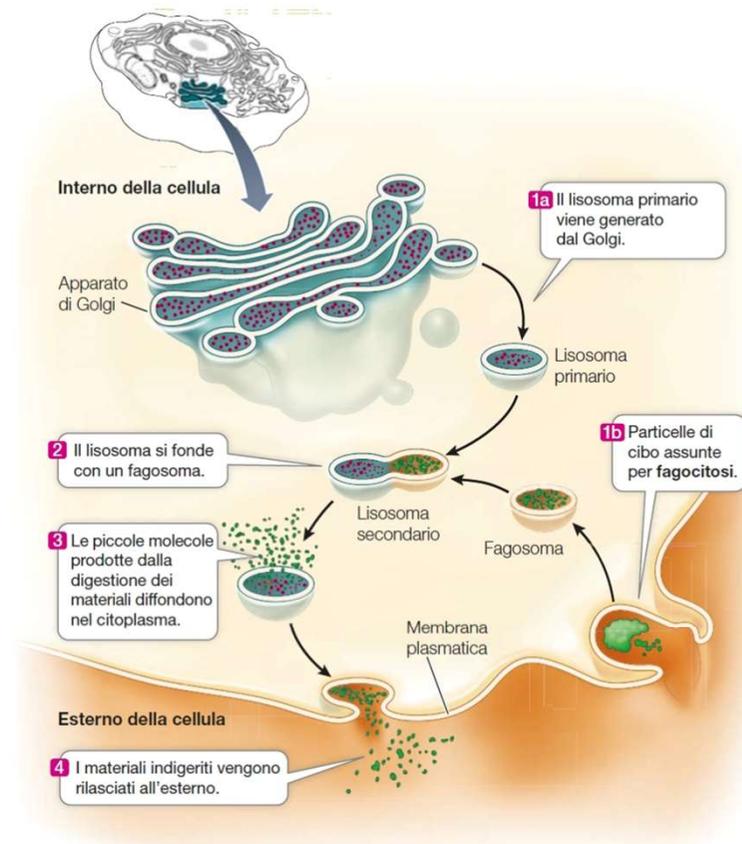
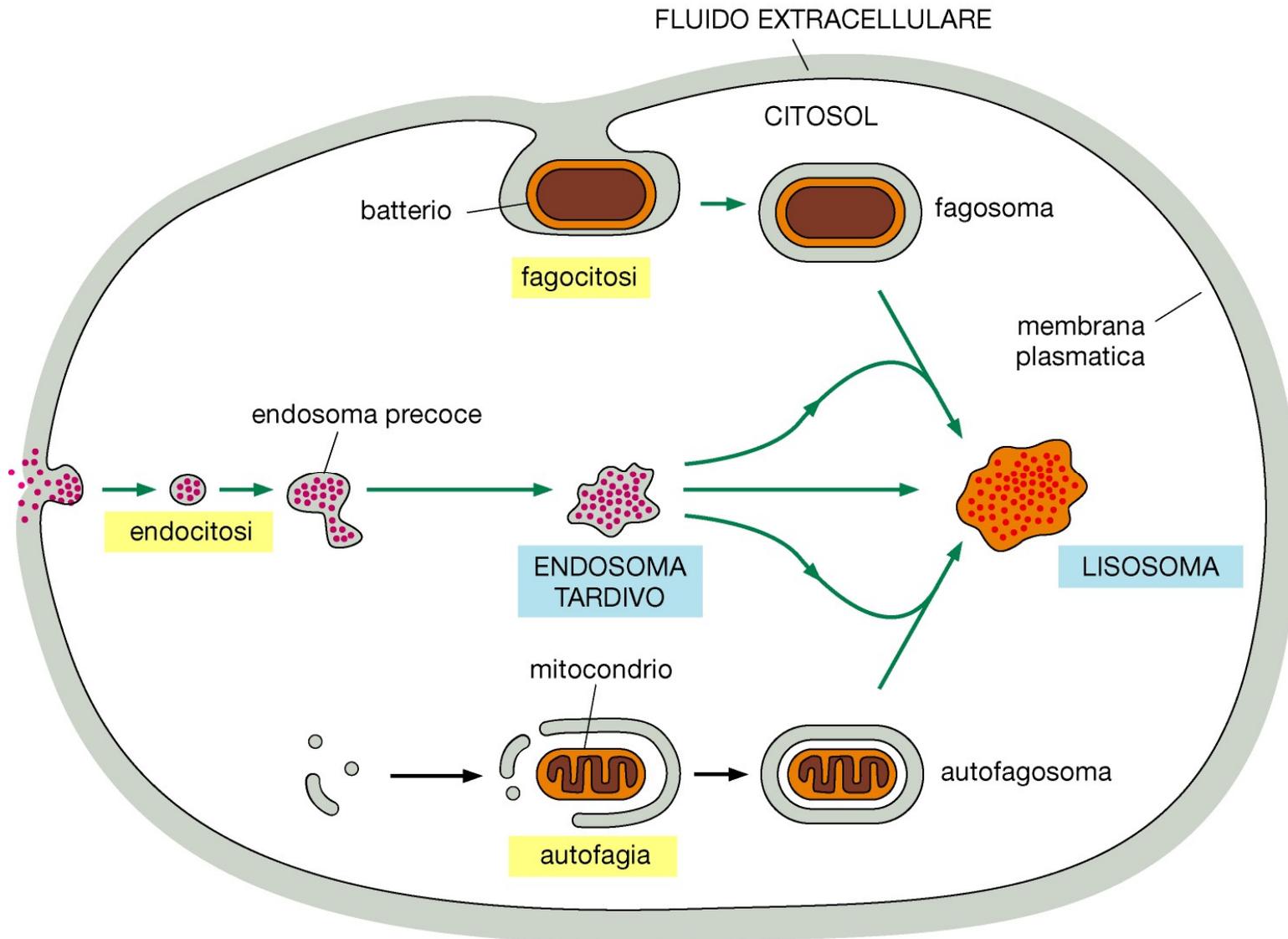
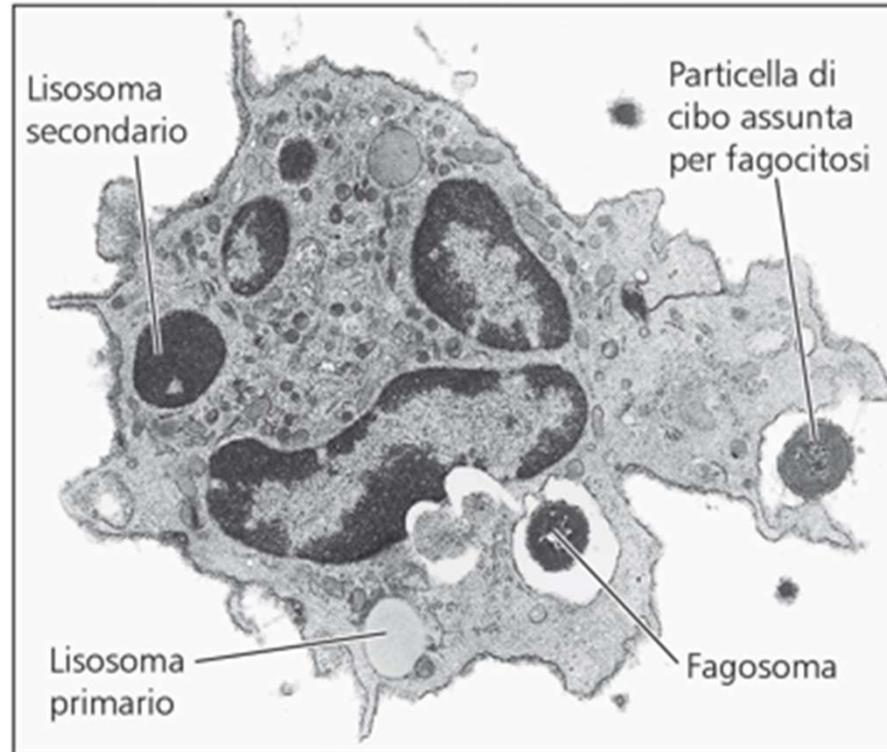


Figura 5.10 I lisosomi isolano gli enzimi digestivi dal citoplasma I lisosomi sono strutture al cui interno vengono idrolizzati materiali che la cellula ha assunto dall'esterno tramite fagocitosi.

I materiali destinati alla degradazione arrivano al lisosoma seguendo vie diverse

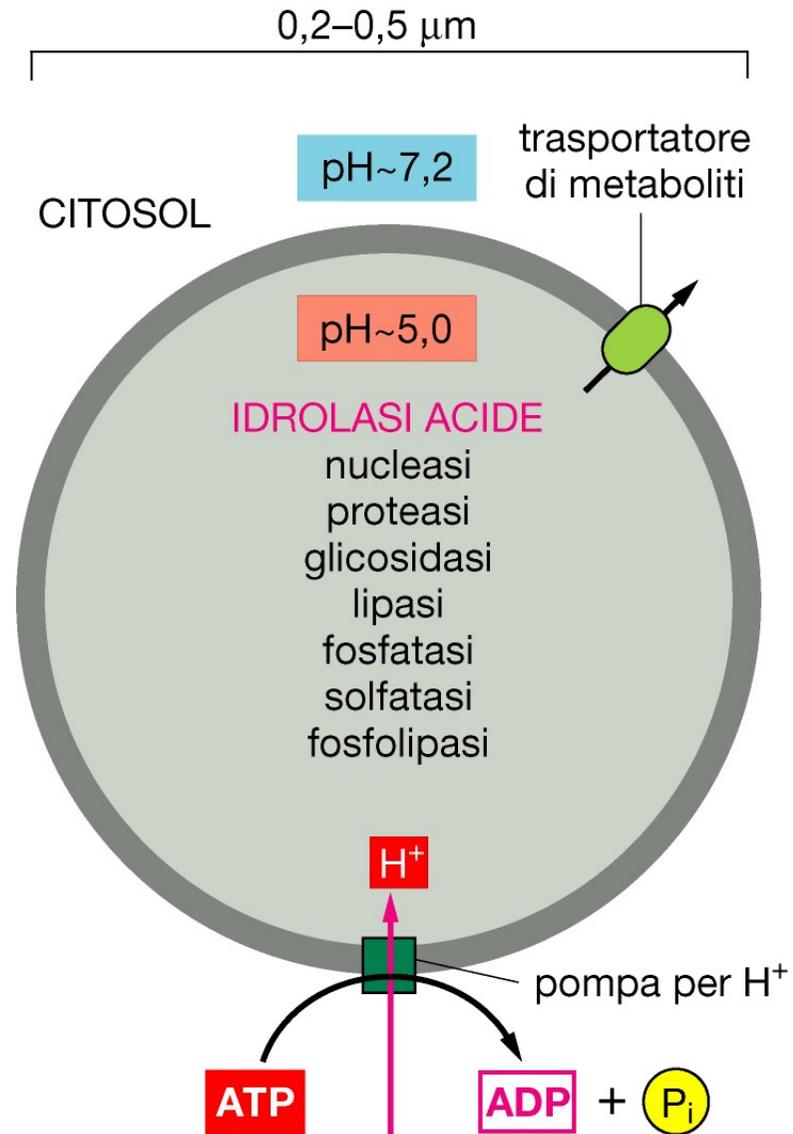


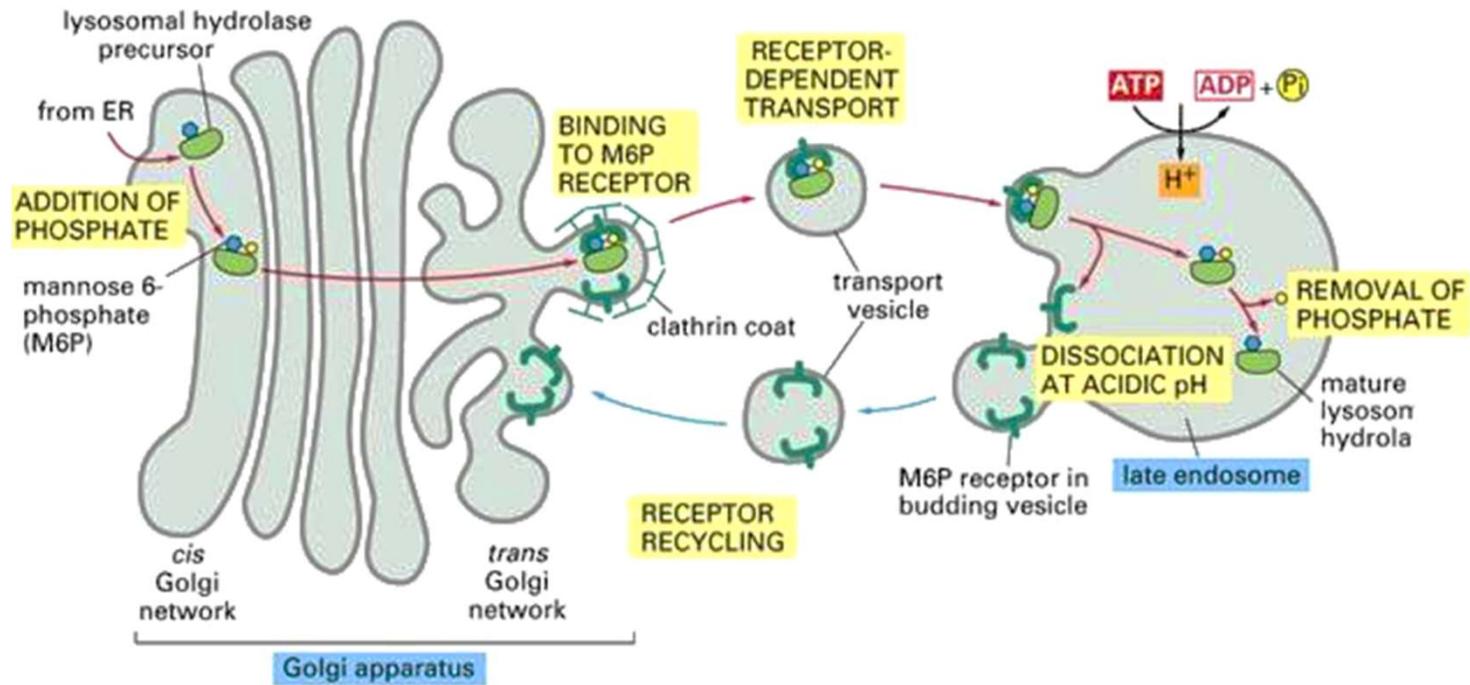


Molte malattie umane dette **sindromi da accumulo lisosomiale** causate dalla mancata digestione di componenti della cell. da parte dei lisosomi
Sindrome di Tay-Sachs: un lipide il ganglioside non viene degradato e accumulato nel cell. cerebrali → nella forma + comune neonato con sintomi neurologici, cieco, sordo e incapace di ingoiare dopo i 6 mesi di vita. Morte entro 4 anni

Il lisosoma contiene enzimi idrolitici e una pompa per l'H.

Le idrolasi acide sono enzimi attivi solo in ambiente acido. Il lume del lisosoma si mantiene a pH acido grazie ad una ATPasi protonica della membrana che pompa H⁺ verso l'interno dell'organello

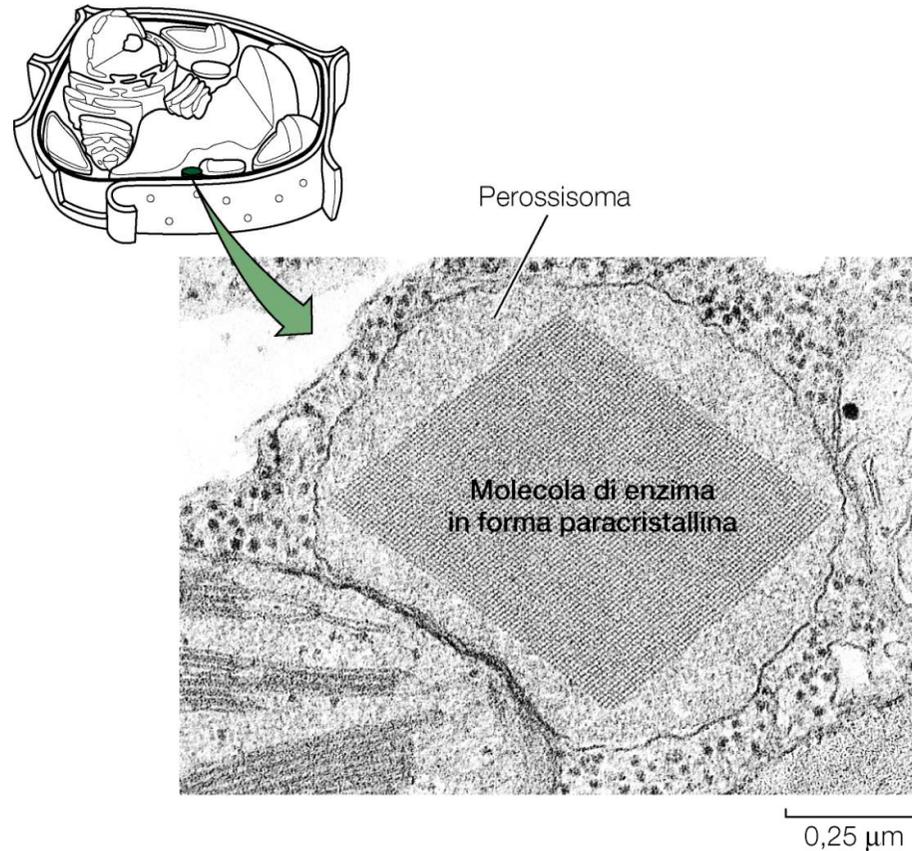
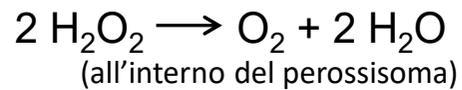
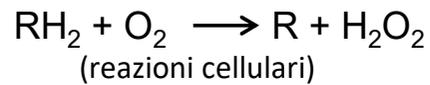




Gli enzimi idrolitici dei lisosomi sintetizzati nel RER e modificati nel Golgi

Perossisomi: organuli di piccole dimensioni (diametro 0,2-1,7 μm)

si raccolgono tutti i perossidi tossici (es. H_2O_2) che si formano come sottoprodotto delle reazioni chimiche e qui vengono demoliti



malattie ereditarie nell'uomo dovute ai perossisomi

Sindrome di Zellweger: difetto nell'assemblaggio dei perossisomi, neonati privi, \longrightarrow accumulo perossidi tossici, non superano 1 anno di vita

Nei mitocondri ha luogo la respirazione cellulare

Nelle cellule eucariotiche, la demolizione delle molecole di nutrienti (come il **glucosio**) inizia nel citoplasma. I composti ottenuti da questa degradazione parziale entrano nei **mitocondri** e vengono definitivamente demoliti; l'energia chimica che contenevano viene utilizzata per **produrre molecole di ATP** ricche di energia.

La produzione di ATP che avviene nei mitocondri e che richiede il consumo di ossigeno molecolare si chiama **respirazione cellulare**.

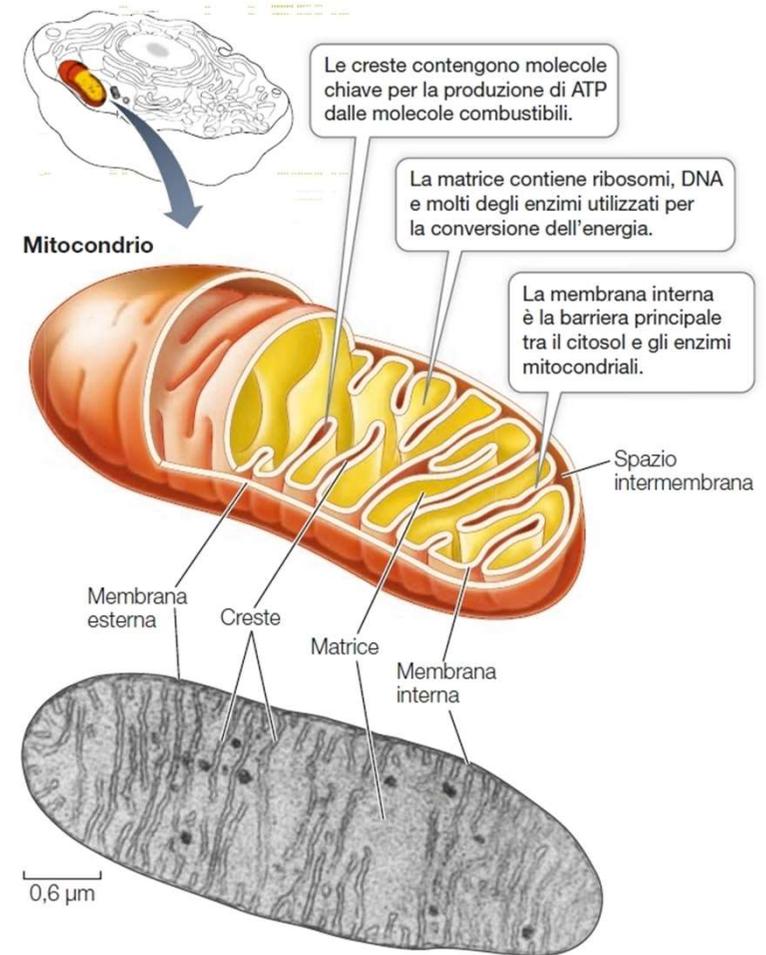
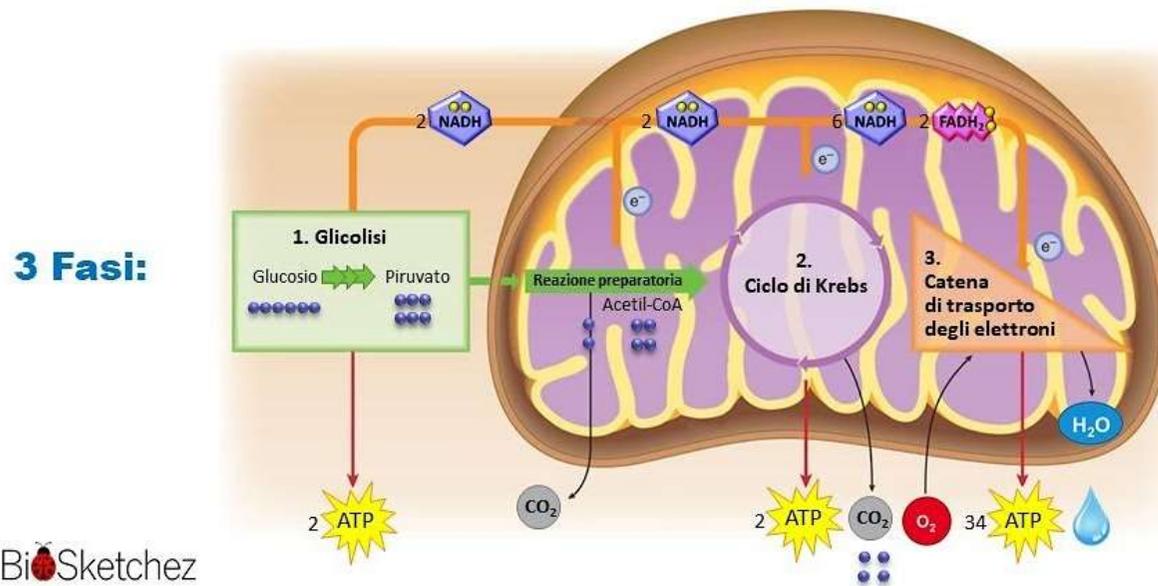
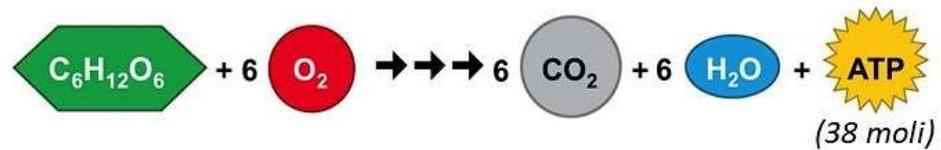


Figura 5.11 Il mitocondrio trasforma l'energia delle molecole combustibili in ATP Questa microfotografia elettronica bidimensionale mostra una fettina ultrasottile di un organulo tridimensionale. Come mette in evidenza il disegno, le creste sono prolungamenti della membrana mitocondriale interna.

? In quale tipo di cellule umane ci aspettiamo di trovare tanti mitocondri?

Respirazione cellulare

La cellula ricava energia dalla **demolizione ossidativa del glucosio**



Il **citroscheletro eucariotico** è formato da tre tipi di fibre: i **microfilamenti** (che hanno il diametro minore), i **filamenti intermedi** e i **microtubuli** (quelli di diametro maggiore).

Funzioni:

- Sostiene la cell e mantiene la forma
- Mantiene la posizione degli organuli
- Muove organuli e altre particelle
- Coinvolto nel movimento del citoplasma
- Interagisce con il MEC per ancorare la cell

I microfilamenti sono polimeri costituiti da molecole di una **proteina globulare chiamata actina**: hanno tipicamente un diametro di circa 7 nm e possono essere lunghi molti micrometri.

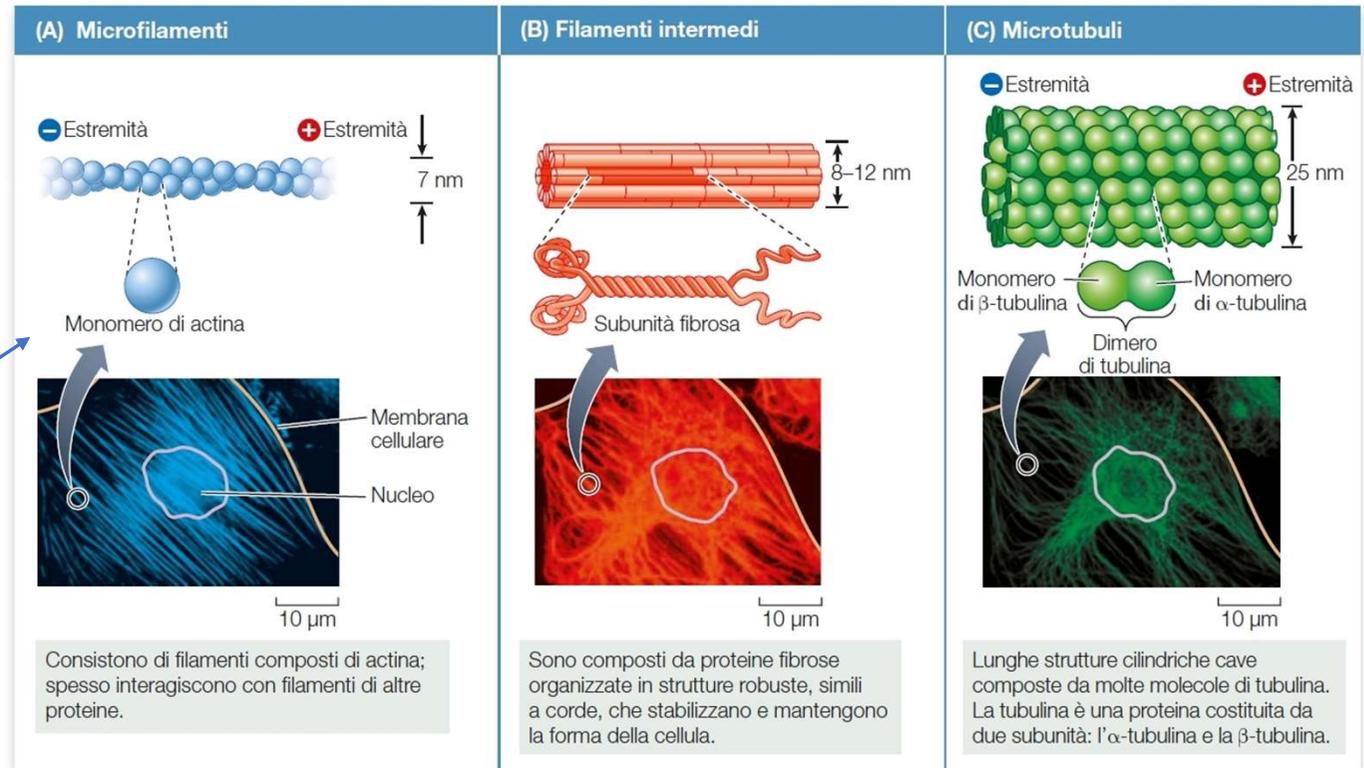


Figura 5.14 Il citoscheletro La figura illustra nei particolari le tre componenti strutturali più evidenti e importanti del citoscheletro. Le immagini ritraggono la stessa cellula, trattata con diversi anticorpi fluorescenti, che rivelano i microfilamenti (A), i filamenti intermedi (B) e i microtubuli (C). Queste strutture mantengono la forma della cellula, la rinforzano e contribuiscono al suo movimento. Il nucleo della cellula è prossimo al centro delle inquadrature.

Le funzioni principali dei **microfilamenti** di actina sono 2:

1. contribuiscono al **movimento di tutta la cellula o di alcune sue parti**: per esempio, essi partecipano alla formazione delle espansioni cellulari chiamate **pseudopodi** (dal greco pseudo, «falso», e podos, «piede») che conferiscono ad alcune cellule la capacità di muoversi;

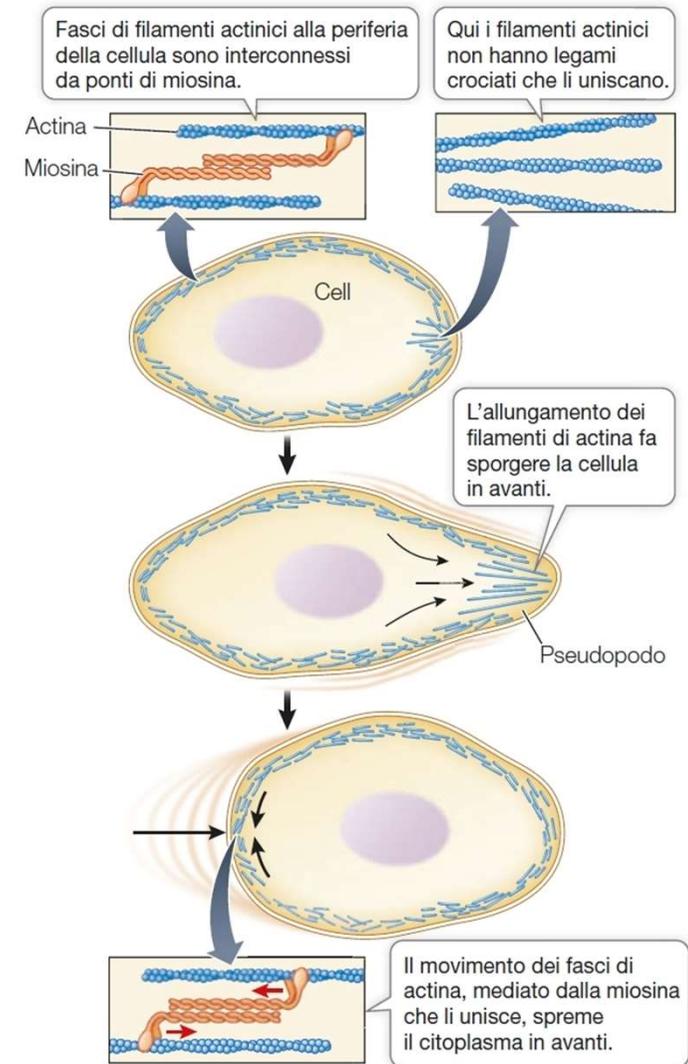


Figura 5.15 Microfilamenti e movimenti cellulari

I microfilamenti mediano il movimento dell'intera cellula (come illustrato qui per il movimento ameboide) e anche il movimento del citoplasma all'interno di essa.

2. determinano e mantengono la forma della cellula formando un reticolo al di sotto della membrana plasmatica; per esempio, sono i microfilamenti che sostengono i sottili microvilli che tappezzano l'intestino umano, ampliandone la superficie utile per l'assorbimento dei nutrienti.

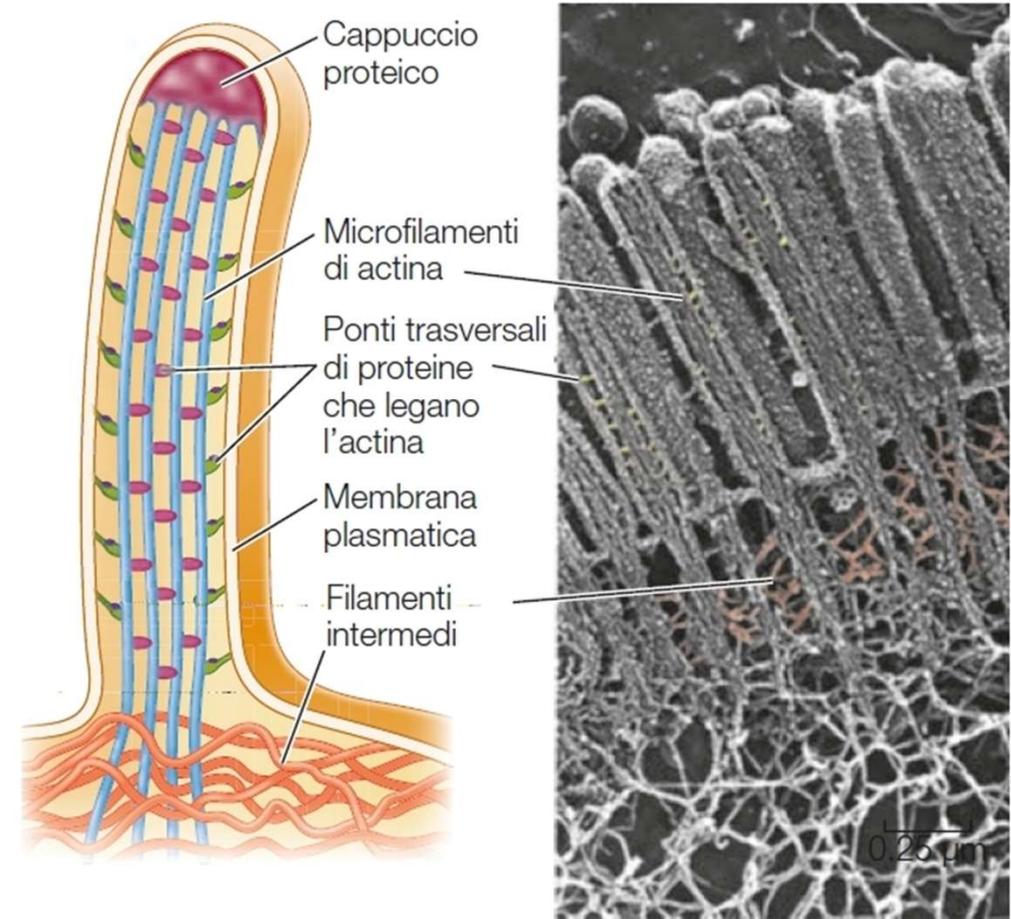


Figura 5.16 Microfilamenti di supporto Dalle cellule che rivestono l'intestino si proiettano tante minuscole sporgenze dette microvilli, sostenute dai microfilamenti. Questi interagiscono con i filamenti intermedi alla base di ogni microvillo. I microvilli incrementano la superficie della cellula, facilitando l'assorbimento di piccole molecole.

I **filamenti intermedi** svolgono 2 importanti funzioni strutturali:

1. **Ancorano** al loro posto le strutture cellulari.

2. Aiutano la cellula a **resistere alla tensione** e contribuiscono all'**adesione tra cellule vicine**. Questa funzione è fondamentale soprattutto nella pelle, dove i filamenti intermedi formano «punti di saldatura» fra cellule vicine.

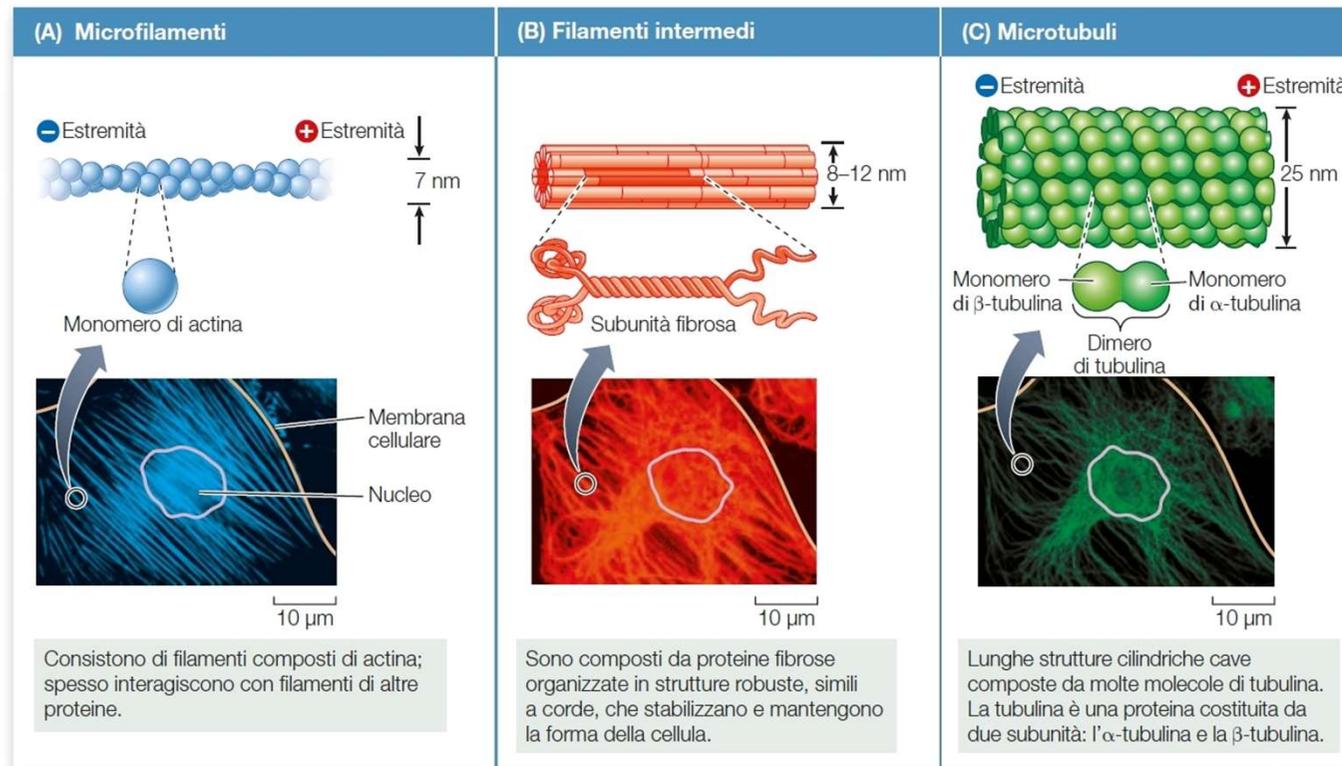


Figura 5.14 Il citoscheletro La figura illustra nei particolari le tre componenti strutturali più evidenti e importanti del citoscheletro. Le immagini ritraggono la stessa cellula, trattata con diversi anticorpi fluorescenti, che rivelano i microfilamenti (A), i filamenti intermedi (B) e i microtubuli (C). Queste strutture mantengono la forma della cellula, la rinforzano e contribuiscono al suo movimento. Il nucleo della cellula è prossimo al centro delle inquadrature.

I MICROTUBULI

I **microtubuli** sono cilindri non ramificati, cavi, del diametro di 25 nm e lunghi fino a svariati micrometri.

Nella cellule essi svolgono 3 ruoli:

1. I microtubuli sono strettamente associati ad appendici cellulari mobili come le **ciglia e i flagelli**, e sono fondamentali per assicurare la distribuzione dei cromosomi alle cellule figlie durante la divisione cellulare.
2. Formano uno scheletro interno rigido.

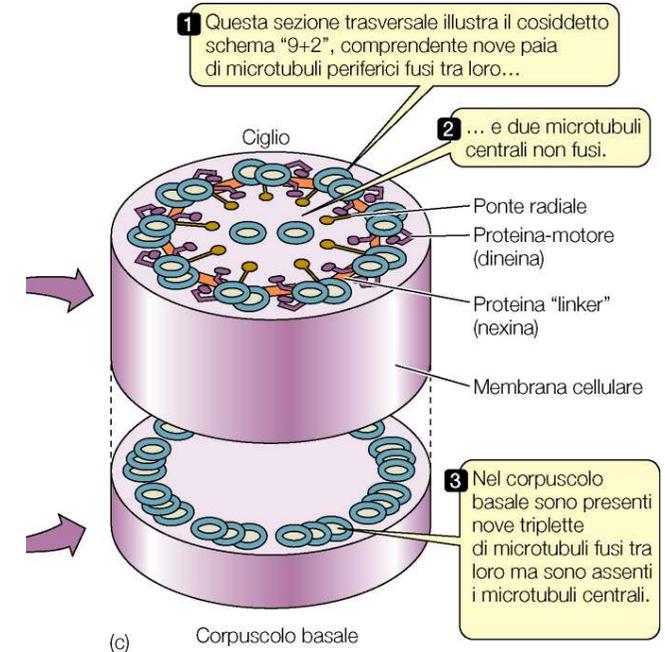
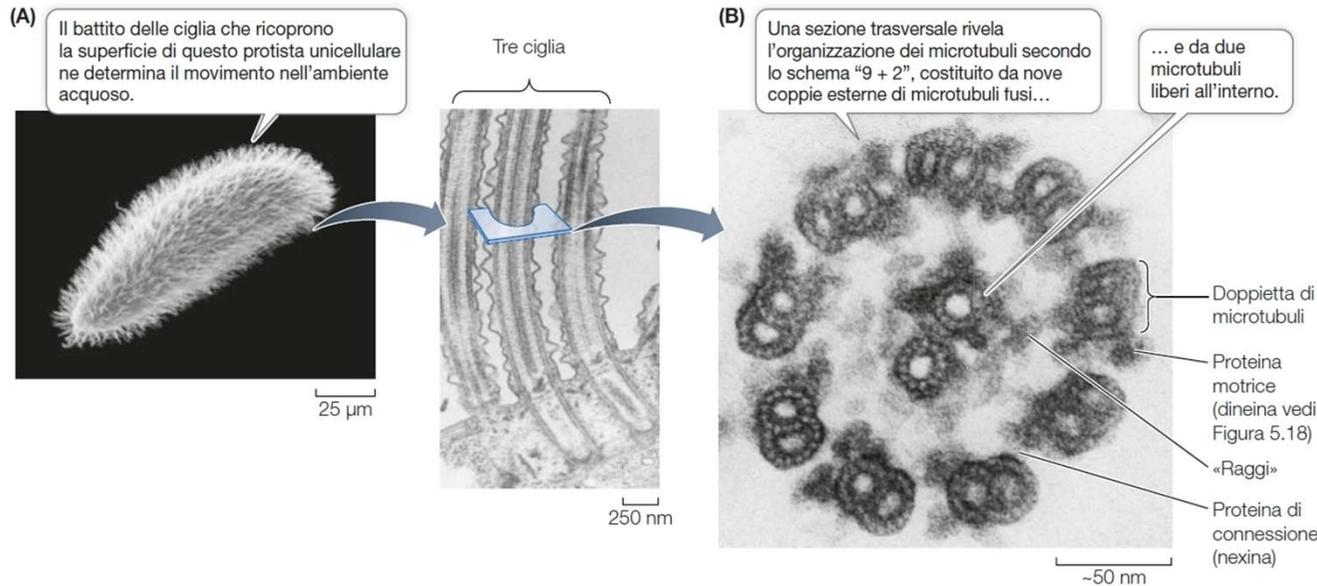
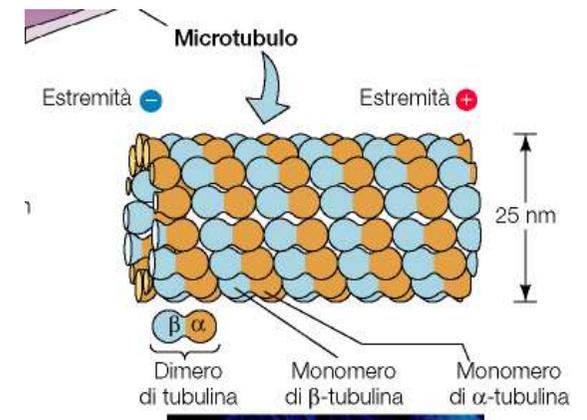
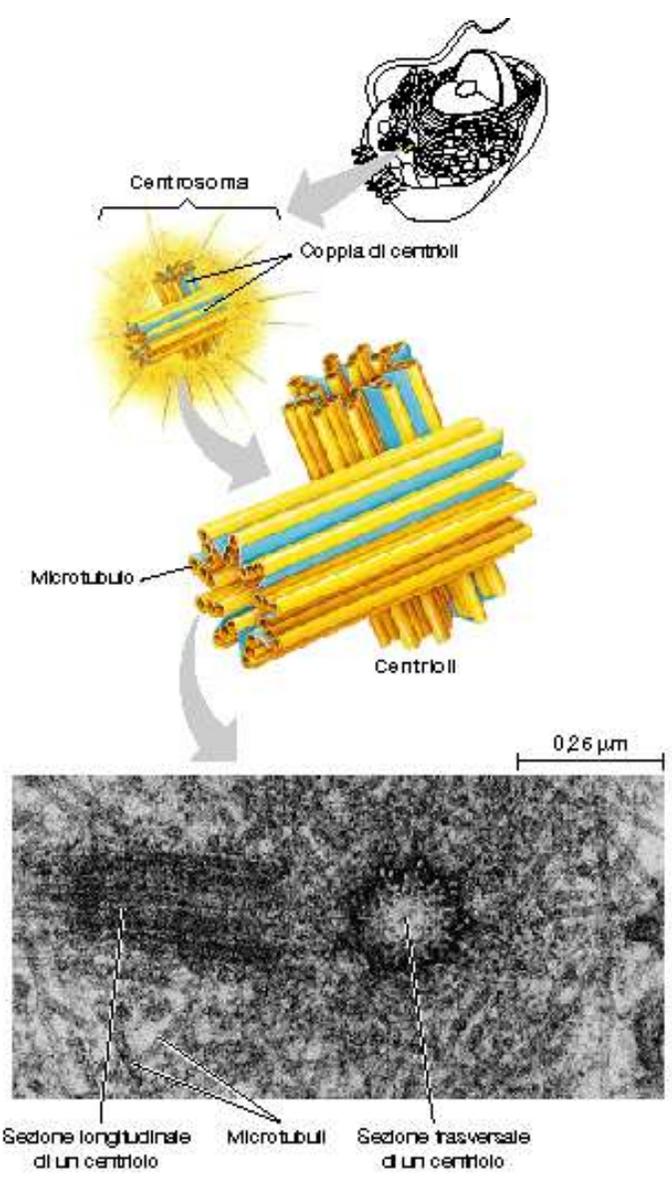


Figura 5.17 Le ciglia (A) Questo organismo unicellulare eucariotico (un protista ciliato) può coordinare il battito delle ciglia che lo rivestono, assicurandosi spostamenti rapidi. (B) Sezione trasversale di un singolo ciglio; è visibile la tipica organizzazione dei microtubuli e delle proteine.



Tutte le proteine motore funzionano tramite cambiamenti di forma reversibili, ATP dipendenti.

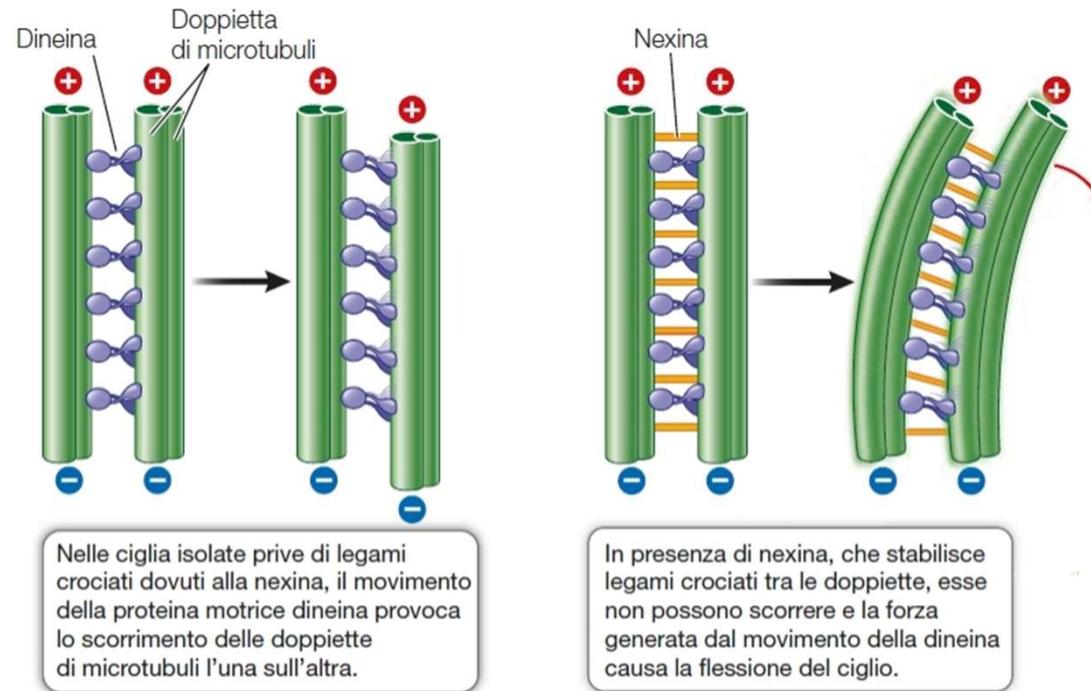
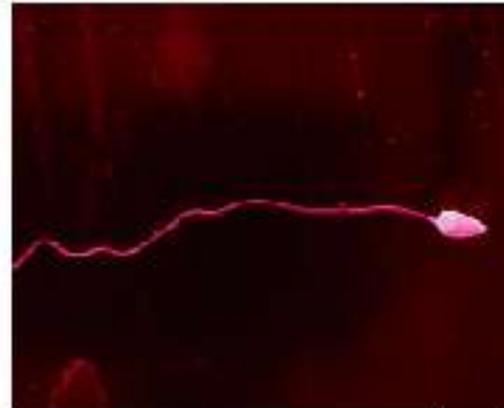
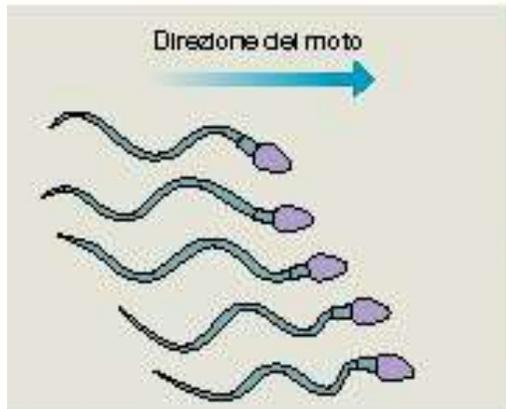


Figura 5.18 Una proteina motrice muove i microtubuli all'interno di ciglia e flagelli Una proteina motrice, la dineina, causa lo scorrimento delle doppiette di microtubuli l'una sull'altra. L'ancoraggio reciproco delle doppiette di microtubuli in un flagello o in un ciglio ha come risultato la flessione.

Il tipo di movimento diverso tra flagelli e ciglia:

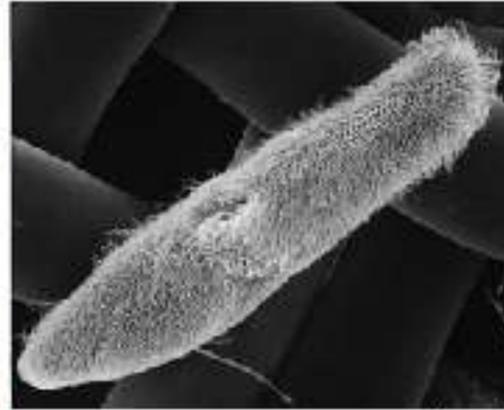
Flagelli (100-200 μm): movimento ondulatorio nella stessa direzione dell'asse del flagello

Ciglia (0,25 μm) si muovono come remi con movimento alternato con forza perpendicolare all'asse della cellula



(a) Movimento dei flagelli.
Il flagello di regola compie un movimento ondulatorio simile a quello di un serpente e ciò fa muovere la cellula nella stessa direzione dell'asse del flagello. Il movimento di uno spermatozoo è un classico esempio del tipo di locomozione di un flagellato (SBM).

1 μm



(b) Movimento delle ciglia.
Le ciglia battono con un movimento avanti-indietro, che fa muovere la cellula in direzione perpendicolare all'asse del ciglio. Un denso tappeto di ciglia che battono a una velocità di circa 40-60 colpi al secondo copre la superficie di questo *Paramecium*, un protista mobile (SBM).

26 μm

3. Servono da binari per le **proteine motrici**, speciali molecole che utilizzano energia dell'ATP per cambiare forma e spostarsi. Le proteine motrici si legano ai microtubuli e scorrono lungo di essi, **trasportando organuli** e altri materiali da una parte all'altra della cellula.

Meccanismo utilizzato da pesci e anfiabi per evitare i predatori

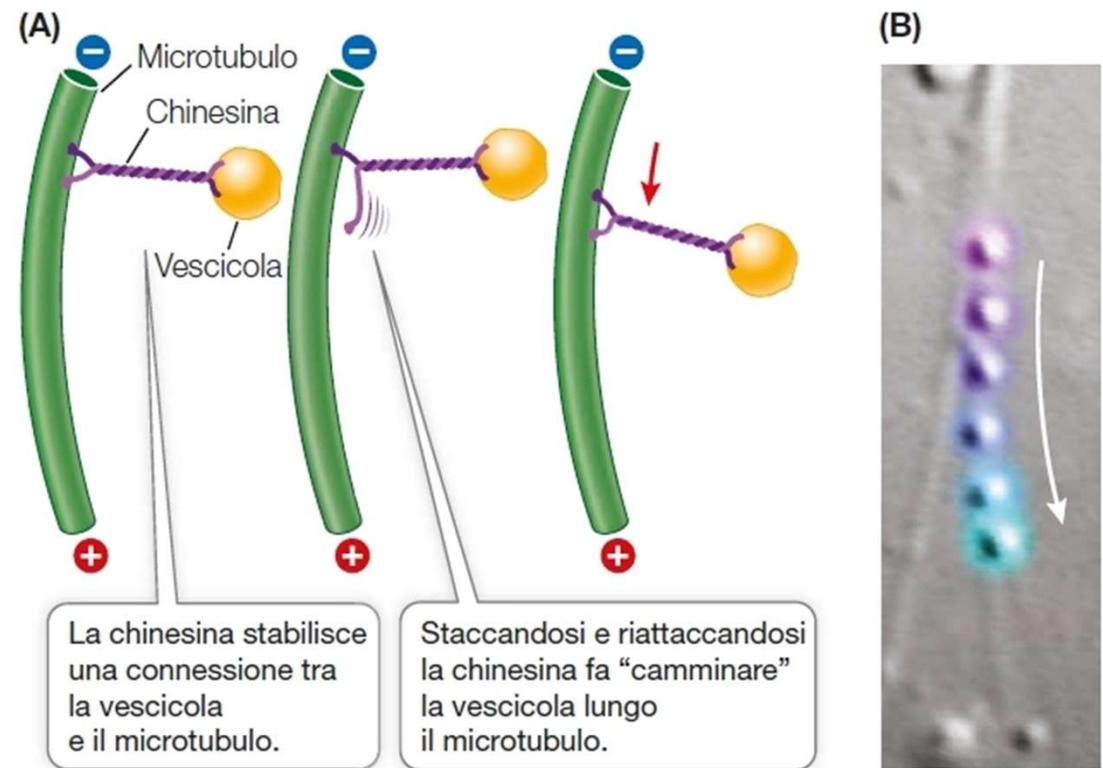
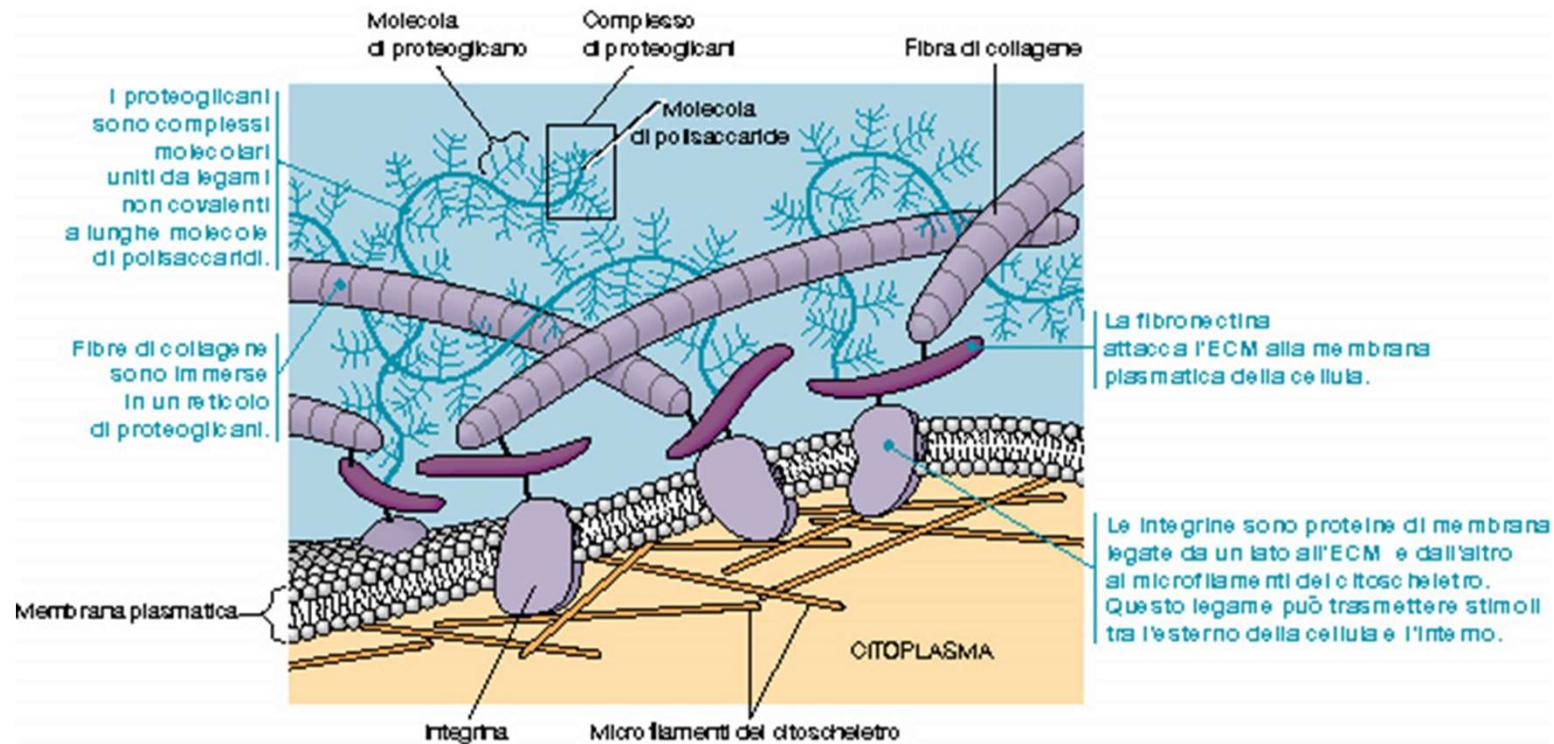


Figura 5.19 Una proteina motrice trasporta le vescicole lungo i microtubuli (A) La chinesina recapita vescicole a varie destinazioni cellulari muovendosi lungo i microtubuli come fossero guide. (B) Una vescicola viene trascinata dalla chinesina lungo un microtubulo nel protista *Dictyostelium*. La sequenza temporale, a intervalli di mezzo secondo, è mostrata dai cambiamenti di colore dal viola al blu.

Le cellule animali prive di parete ma spesso circondate da matrice extracellulare

La **matrice extracellulare** è composta da proteine fibrose come il **collagene** (la proteina più abbondante negli animali, che costituisce il 25% delle proteine del corpo umano), da una **matrice di glicoproteine** dette **proteoglicani**, simili a un gel, e da un terzo tipo di proteine che tiene insieme le proteine fibrose e la matrice gelatinosa di proteoglicano.



Funzioni:

- Mantiene unite le cell nei tessuti
- Contribuisce alle proprietà fisiche di cartilagine, pelle e altri tessuti
- Contribuisce a filtrare i materiali che passano tra tessuti diversi
- Contribuisce a orientare i movimenti cell durante lo sviluppo embrionale e durante la riparazione dei tessuti
- Svolge un ruoli nella segnalazione chimica tra una cellula all'altra

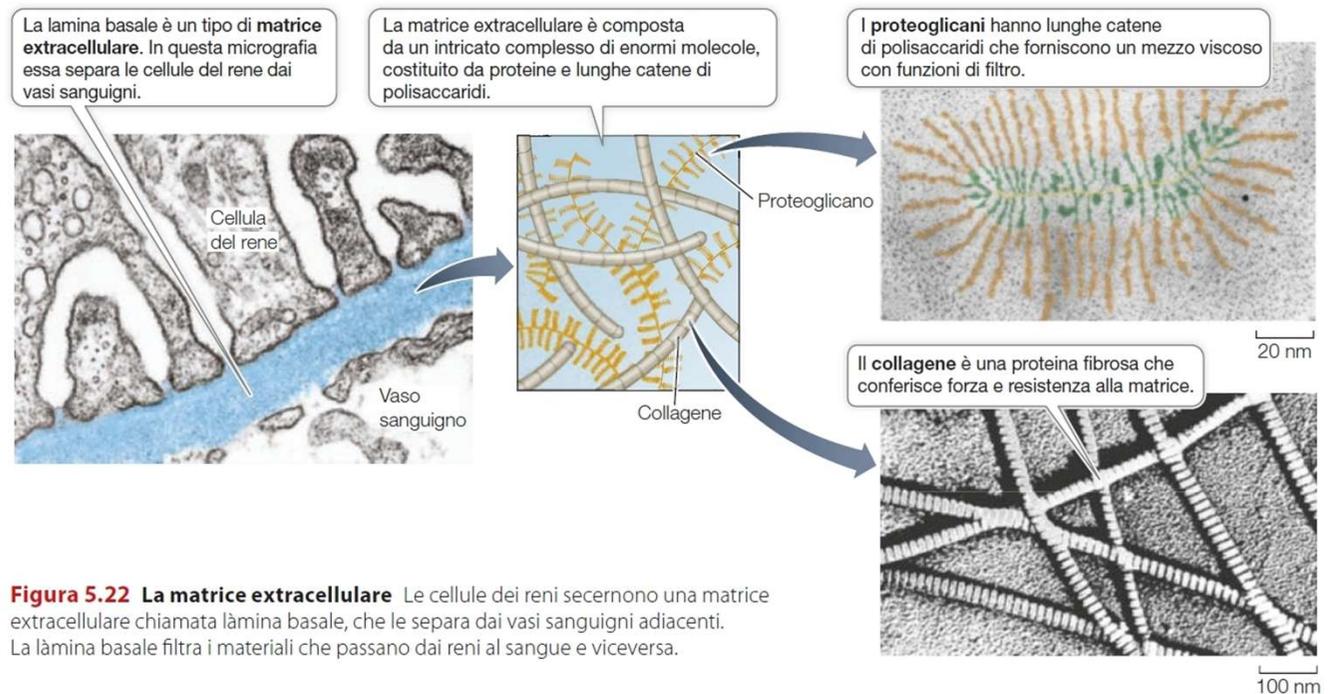


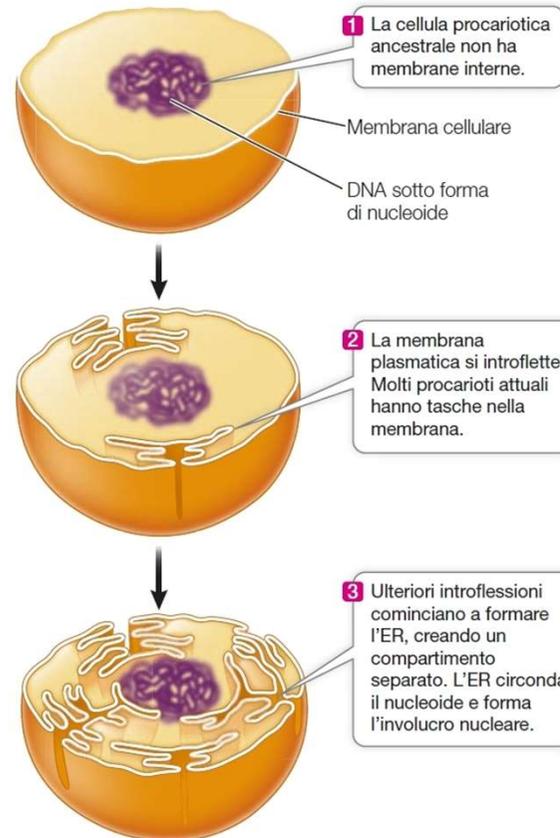
Figura 5.22 La matrice extracellulare Le cellule dei reni secernono una matrice extracellulare chiamata lamina basale, che le separa dai vasi sanguigni adiacenti. La lamina basale filtra i materiali che passano dai reni al sangue e viceversa.

PROCARIOTE → EUCARIOTE - TEORIA ENDOSIMBIONTICA

Alcuni organuli, come i **mitocondri** e i **plastidi**, si sono probabilmente formati in seguito all'ingresso di una cellula all'interno di un'altra.

Col passare del tempo, la cellula interna avrebbe perso la sua autonomia e alcune delle sue funzioni: i **mitocondri** e i **plastidi** delle attuali cellule eucariotiche sarebbero i residui di questi antichi organismi simbiotici e manterrebbero alcune funzioni specializzate che portano beneficio alle loro cellule ospiti.

(A) Ipotetica evoluzione del reticolo endoplasmatico (ER)



(B) Evoluzione del cloroplasto secondo la teoria endosimbiontica

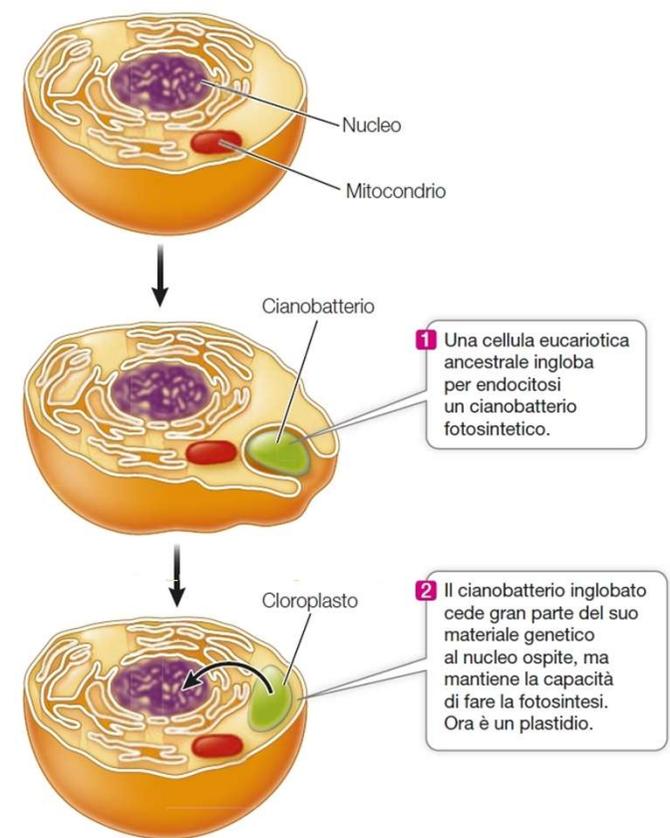


Figura 5.23 L'origine degli organuli (A) Il sistema di endomembrane e l'involucro nucleare potrebbero essersi formati per introflessione della membrana plasmatica e successiva fusione dei margini della tasca. (B) La teoria endosimbiontica suggerisce che alcuni organuli siano derivati da procarioti inglobati da altre cellule più grandi.