

Testi universitari per materie scientifiche (**in inglese**)
disponibili **gratuitamente online** e scaricabili liberamente
senza problemi di copyright

<https://openstax.org/>

<https://openstax.org/subjects>



OpenStax (CNX) Free Online Textbooks for University Courses
Rice University (Houston)

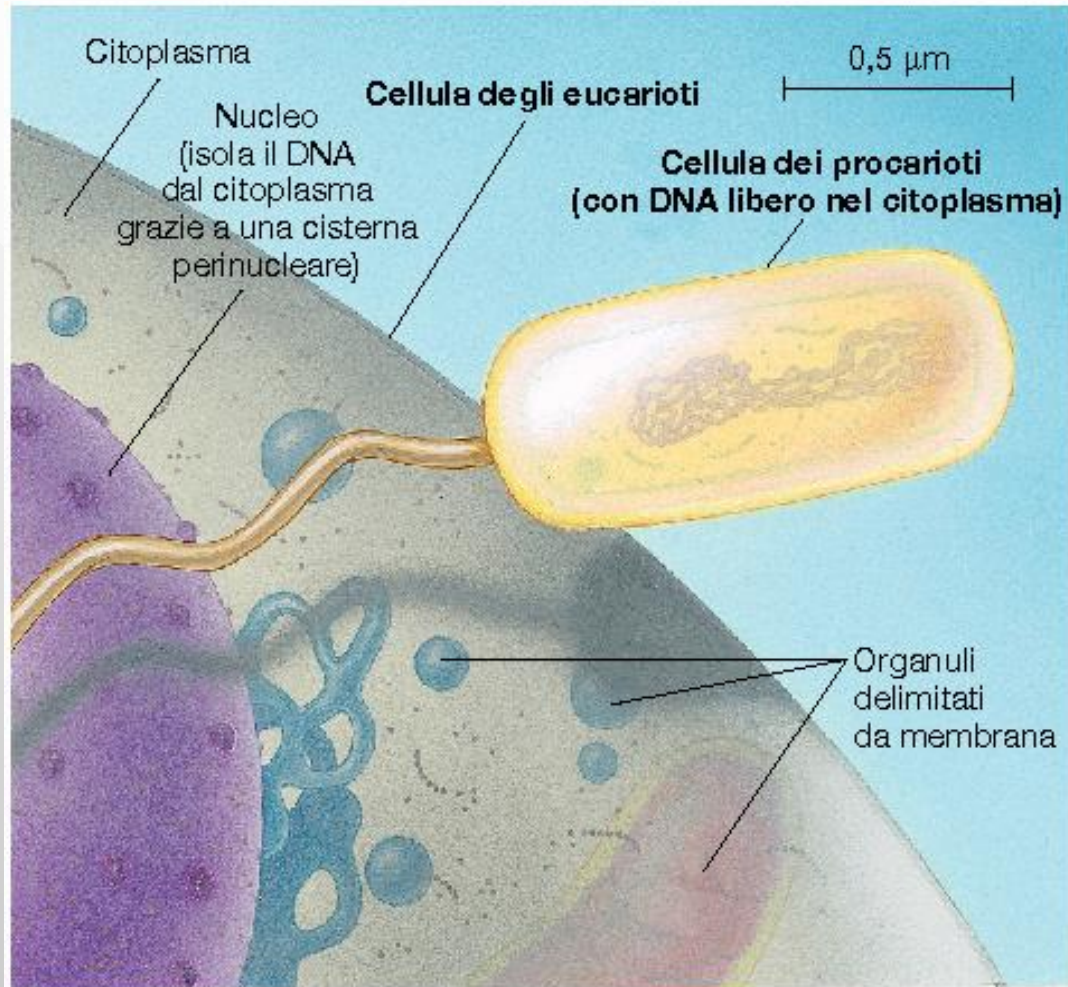
Advanced Placement (AP) Nonprofit Charity

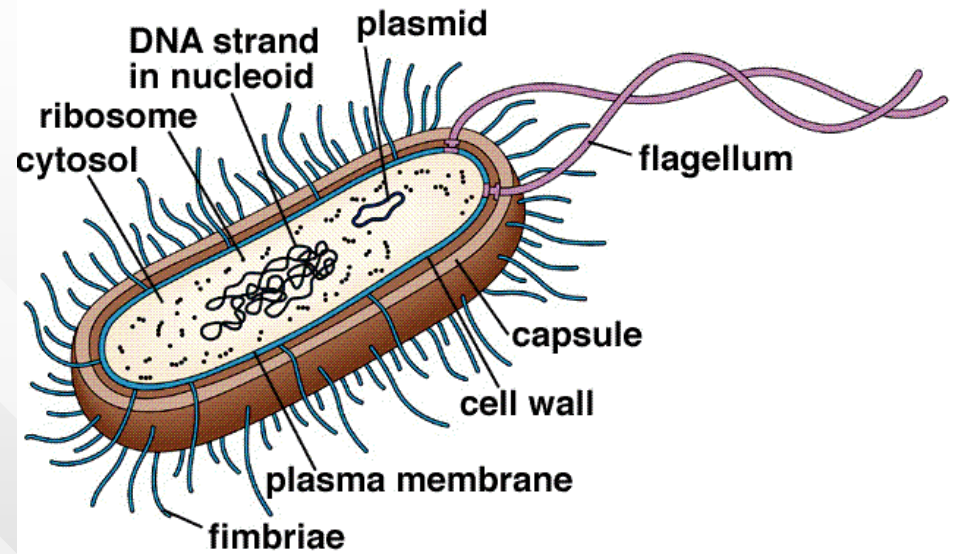
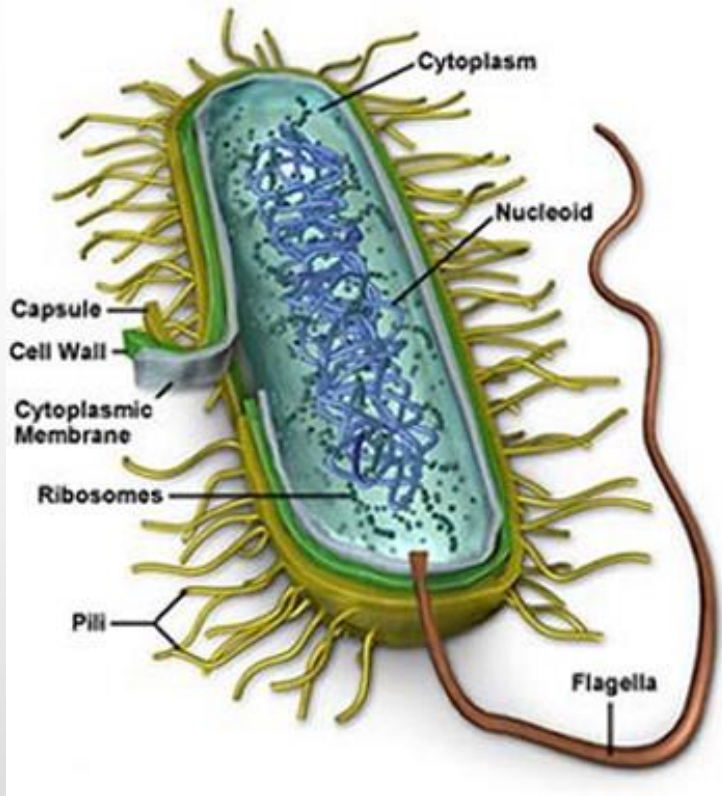
Ad esempio, per la materia “Microbiologia” il testo disponibile online si trova al sito

<https://openstax.org/details/books/microbiology>

Procarioti (*προ-καριον*) ed Eucarioti (*ευ-καριον*)

Strutture e funzioni

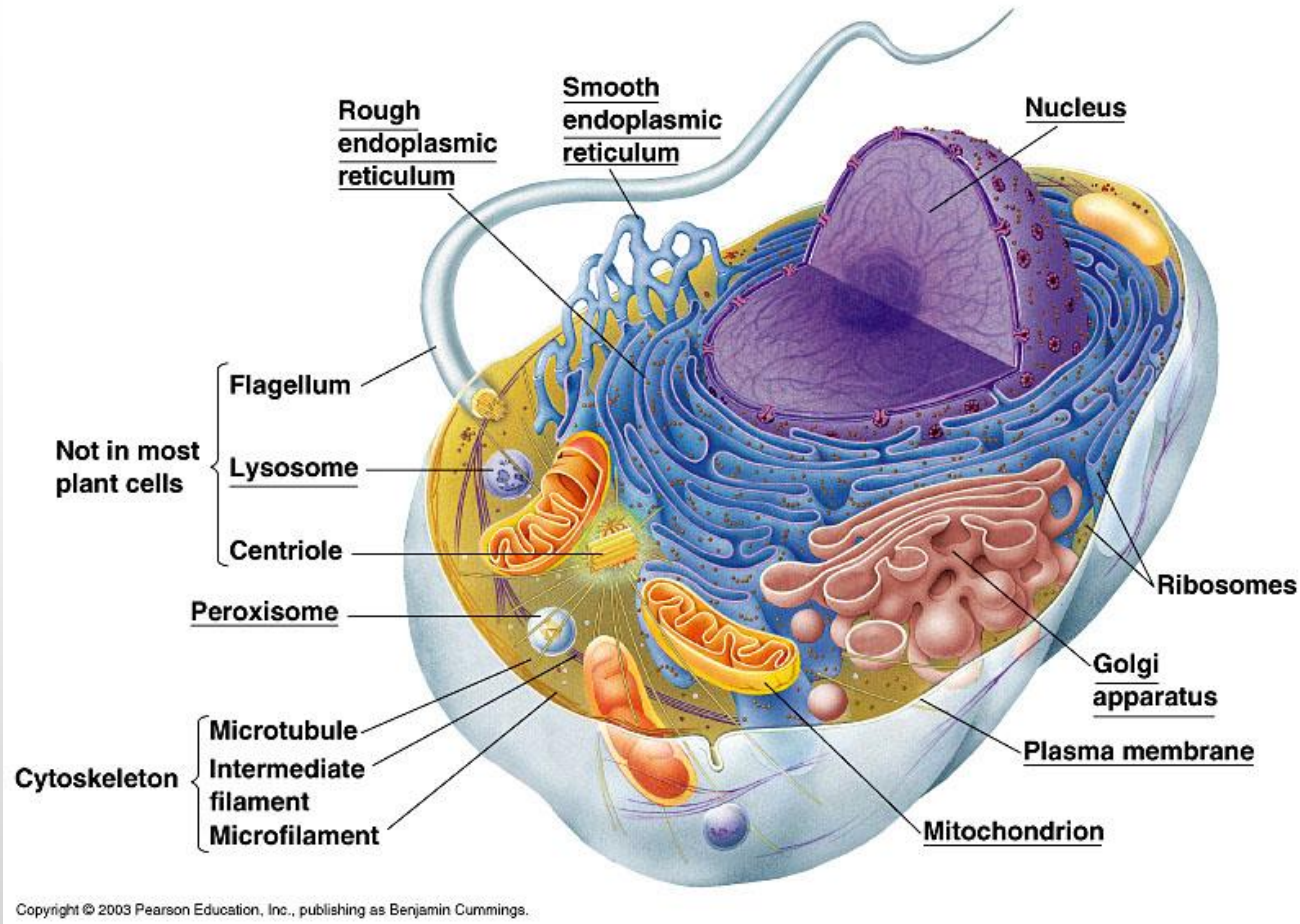




Cellula batterica (Eubatteri ed Archaea)

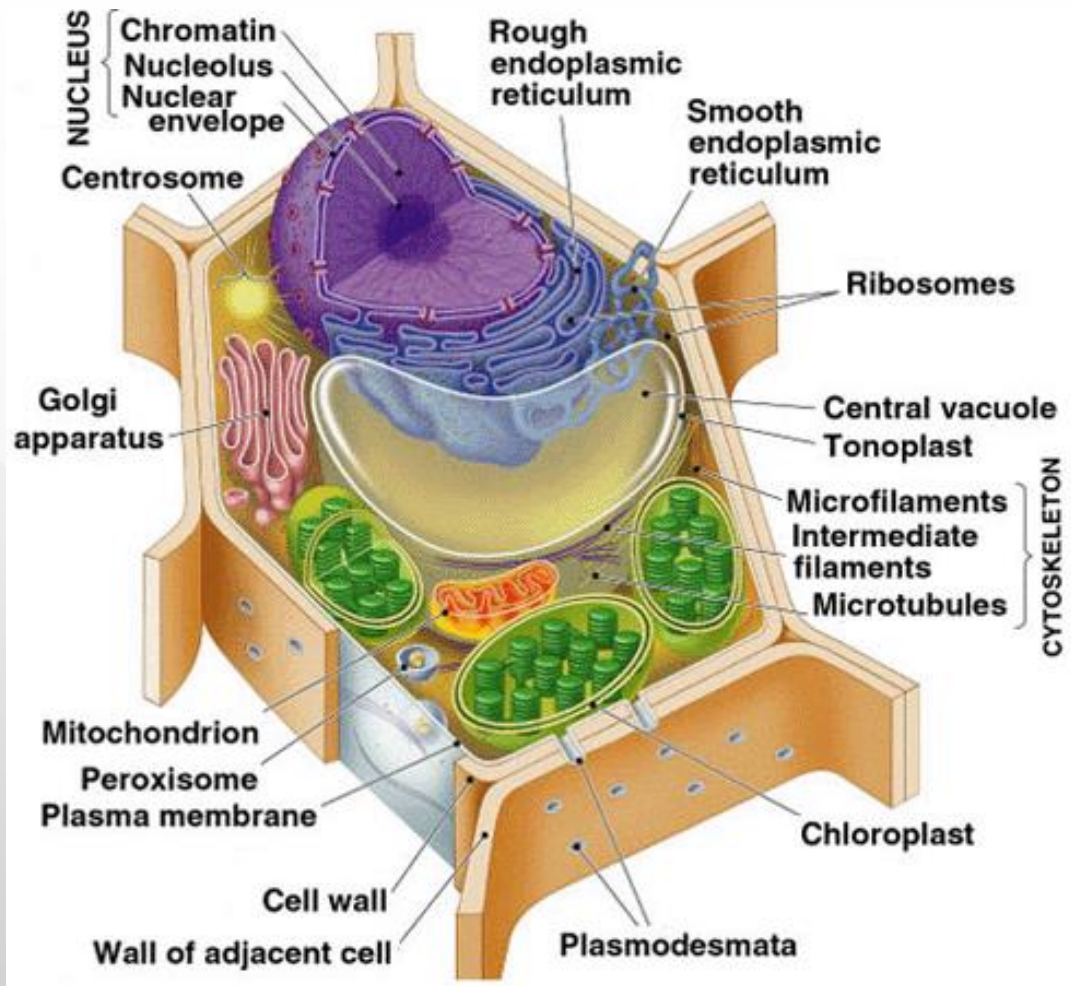
PROCARIOTE

Fonti: Sadava et al, 2014, 2019



Cellula animale (**EUCARIOTE**)

Fonte: <https://www.researchgate.net/>



Cellula vegetale (EUCARIOTE)

CELLULA PROCARIOTICA ED EUCARIOTICA : SOMIGLIANZE E DIFFERENZE

Cellula procariotica

È priva di membrana nucleare e il DNA, di forma circolare, è libero nel citoplasma

È priva di organelli (solo i **ribosomi** sono presenti nel citoplasma)

Contiene ribosomi **70 S**

La parete cellulare, se presente, contiene peptidoglicani

Si divide per scissione binaria

È il **primo tipo** di cellula apparso sul pianeta

Cellula eucariotica

Ha una **membrana nucleare** e il **DNA nucleare** è organizzato in **lunghi filamenti lineari (cromosomi)**

Contiene **organelli** (ribosomi, mitocondri, reticolo endoplasmatico, apparato di Golgi, lisosomi, citoscheletro, centrioli nella cellula animale e cloroplasti e perossisomi nella cellula vegetale)

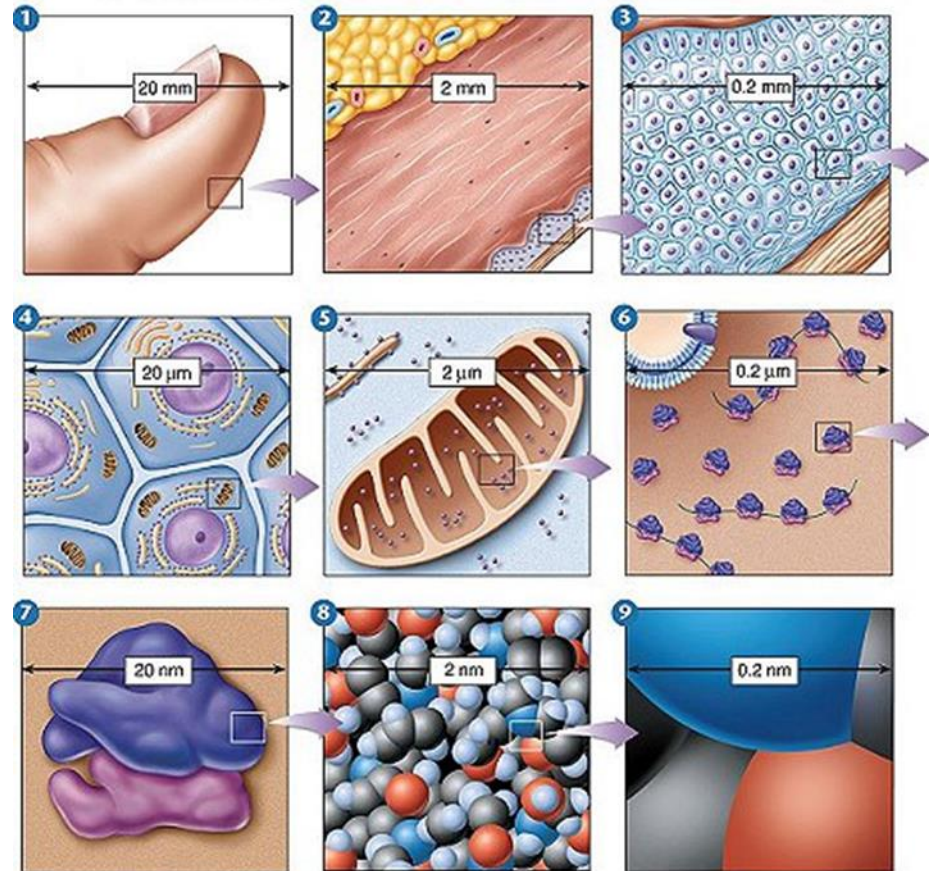
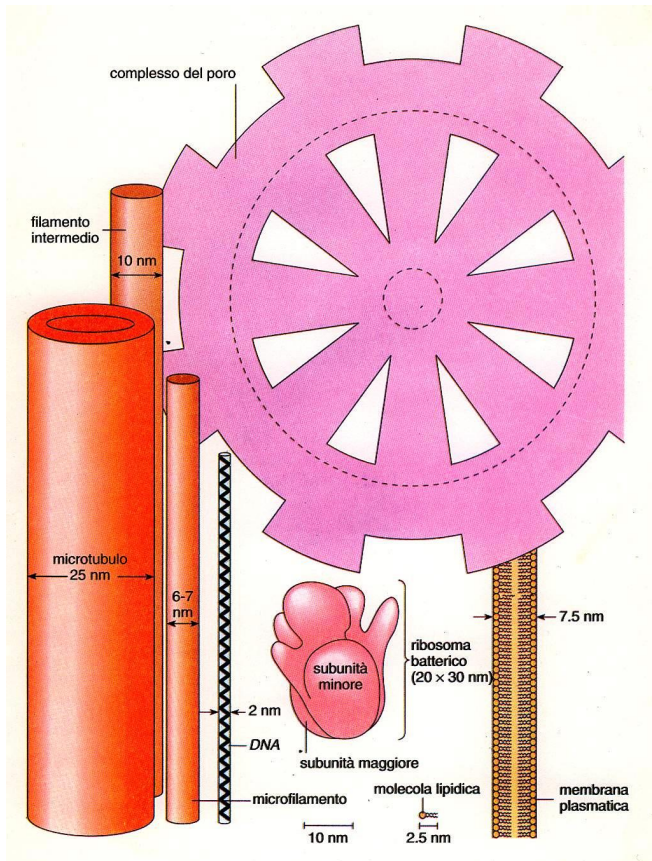
Contiene ribosomi **80 S**

La **parete cellulare**, se presente, contiene **cellulosa o chitina**, ma **non peptidoglicani**

Si divide per **mitosi** o per **meiosi**

Si è **originata dalla cellula procariotica** tramite complessi eventi di **endosimbiosi**

Confronto dimensionale tra strutture cellulari eucariotiche



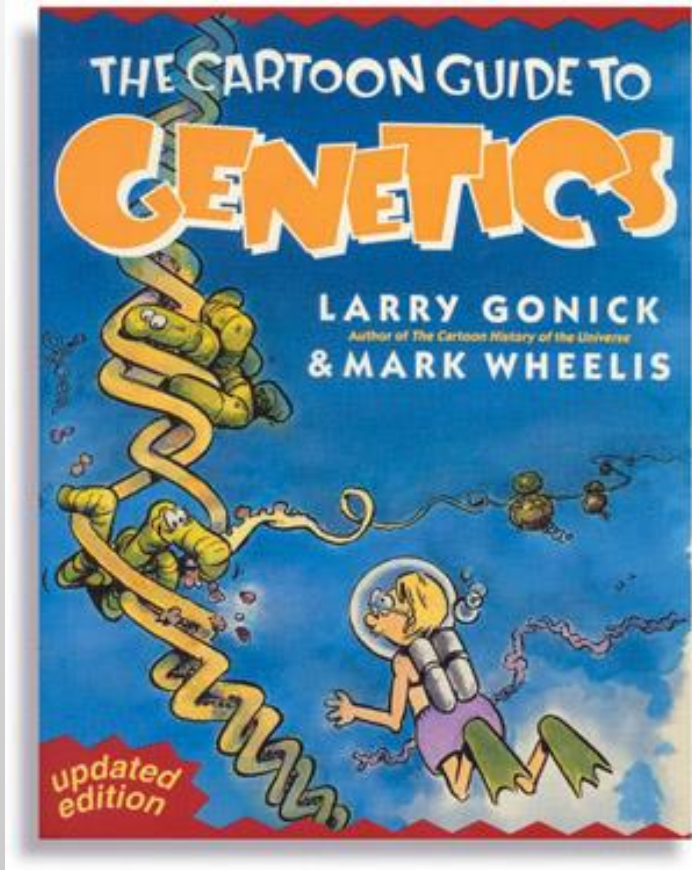
Fonte: Alberts et al., Molecular Biology of the Cell, 6 th Ed., CRC Press, London 2013

Larry Gonick, Mark Wheelis

The Cartoon Guide to Genetics

Barnes & Noble, 1983

(edizione aggiornata nel 2005)



Da:

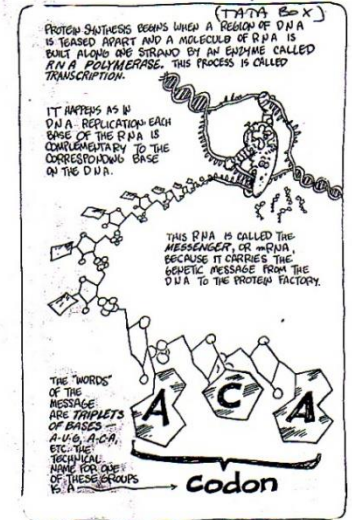
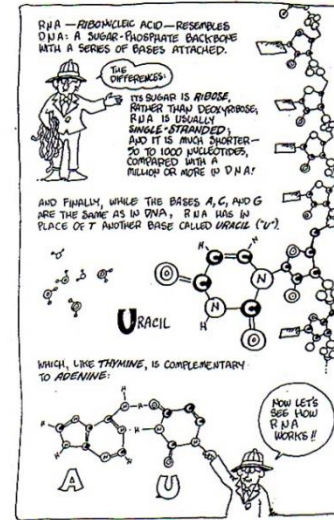
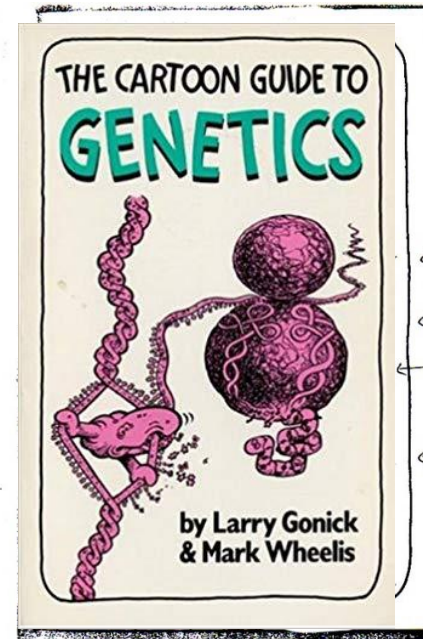
L. Gonick e M. Wheelis

GUIDA
DELLA GENETICA

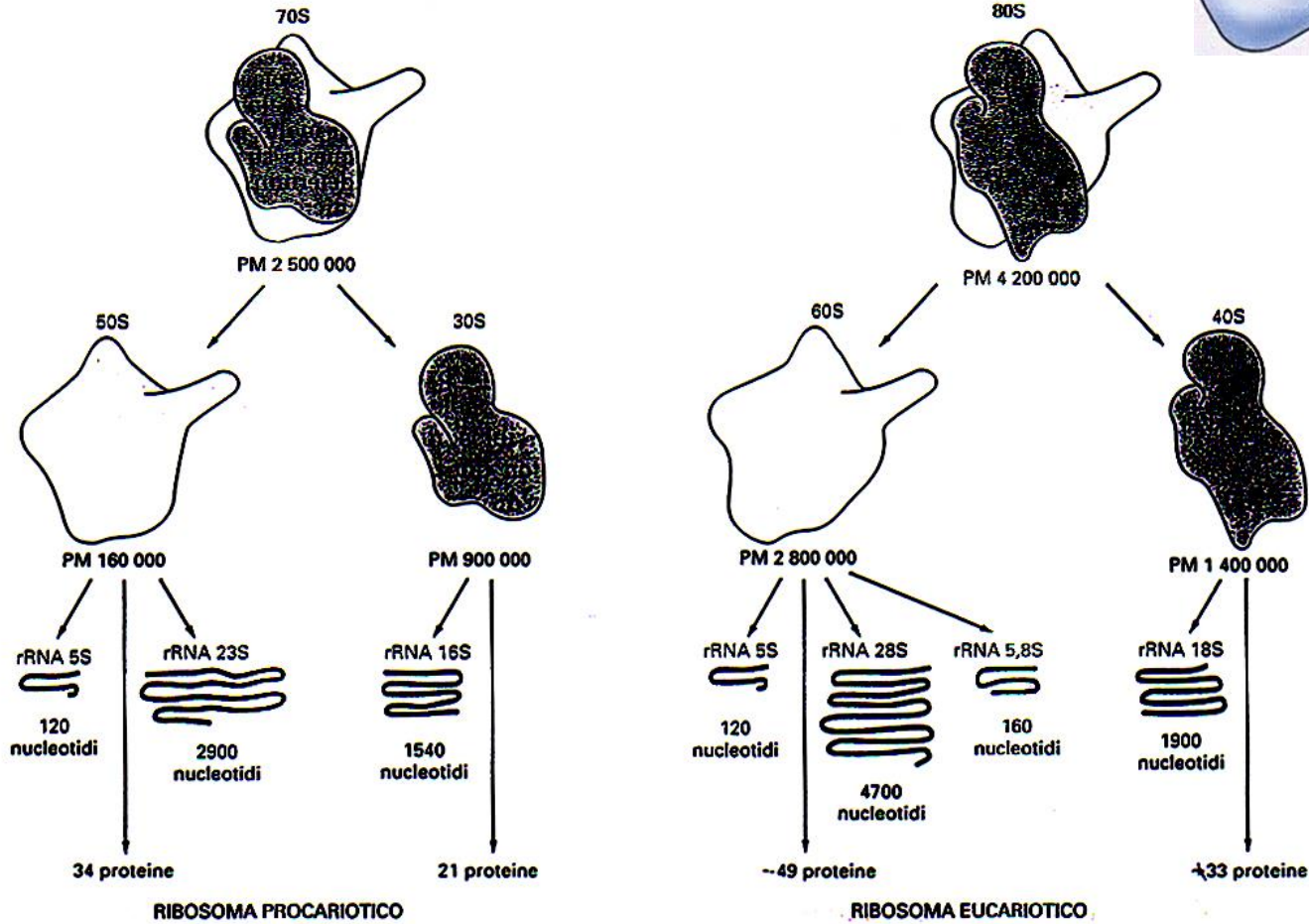
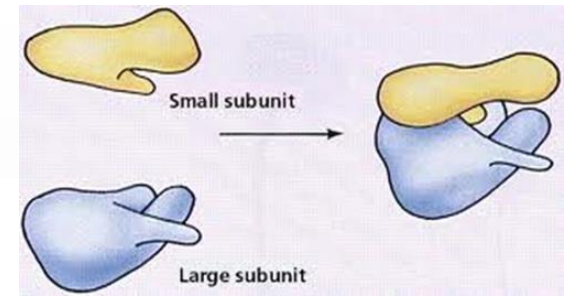
A FUMETTI!

(Ed. Barnes e Noble
New York, 1983)

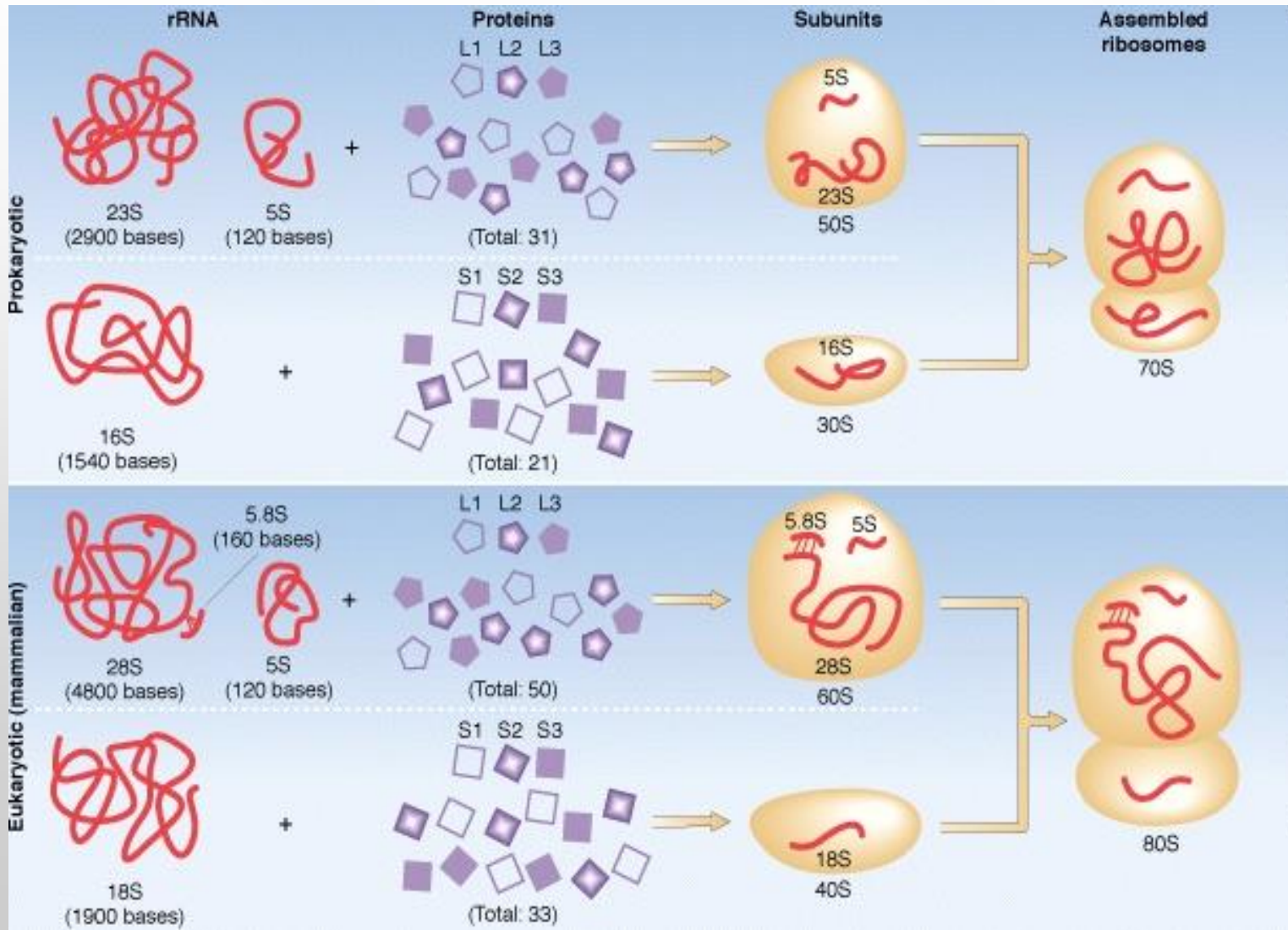
L'RNA
POLIMERASI →



Ribosomi dei **Procarioti (70 S)** e degli **Eucarioti (80 S)**



Composizione dettagliata in **RNA (RNA ribosomiale o rRNA)** e **proteine** dei ribosomi dei Procarioti e degli Eucarioti



Procarioti
(70 S)

Eucarioti
(80 S)

“**S**” indica il **coefficiente di sedimentazione dei ribosomi** in una unità non appartenente al Sistema Internazionale, l'**unità Svedberg**

Coefficiente di sedimentazione S

(unità Svedberg “**S**” = 10^{-13} secondi)

$$s = \frac{v_t}{r\omega^2} = \frac{m}{6\pi\eta r_0}$$

Theodore Svedberg

(1884-1971)

Premio Nobel per la Chimica nel 1926
per i suoi studi sui sistemi dispersi



Il coefficiente di sedimentazione è il **rapporto tra la velocità con la quale sedimenta una determinata particella in una centrifuga e l'accelerazione a cui è sottoposta**

Nella formula di Svedberg l'accelerazione centrifuga è indicata come $r\omega^2$, dove r è la distanza radiale dall'asse di rotazione e ω la velocità angolare in radianti al secondo

Ad esempio, una particella come **il ribosoma procariotico**, che ha coefficiente di sedimentazione **70 S** (70×10^{-13} s), si muoverà ad una velocità di **70 micrometri al secondo** (70×10^{-6} m/s) in un campo di accelerazione superiore di **un milione di volte all'accelerazione di gravità** (10^7 m/s²).

I vari componenti cellulari (tra i quali anche i ribosomi) possono essere identificati anche dalla velocità di centrifugazione richiesta per separarli, espressa in **unità “g”** (accelerazione gravitazionale standard terrestre, pari a 9.8 m/sec²)

Nel 2009 il **Premio Nobel per la Chimica** è stato assegnato a tre scienziati che hanno studiato e ricostruito in dettaglio la struttura molecolare e le funzioni del ribosoma

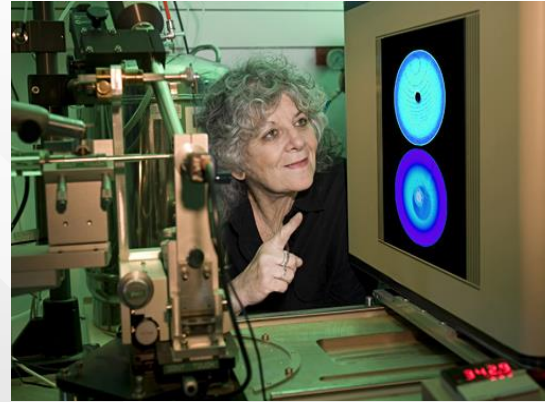


**Venkatraman
Ramakrishnan**

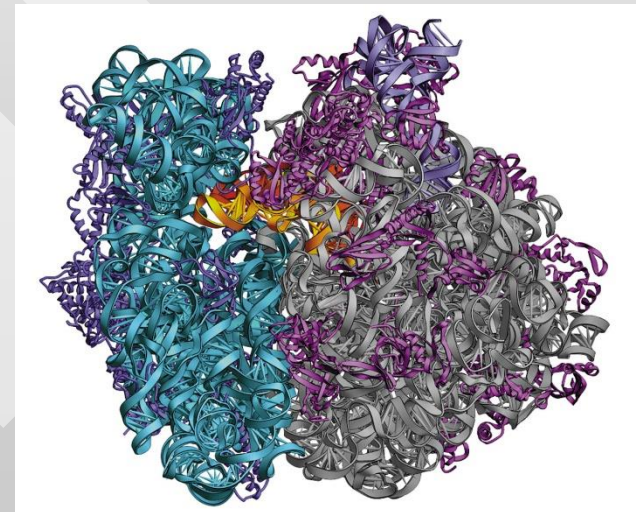
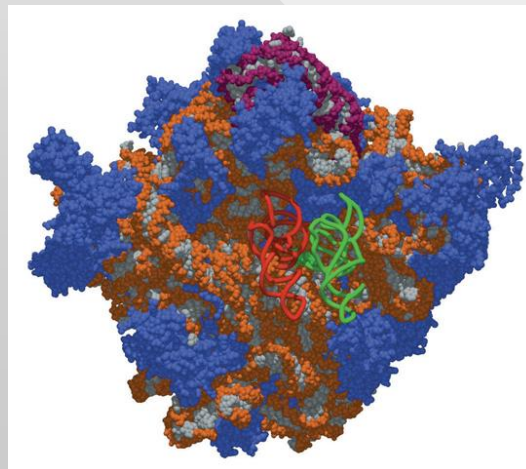
MRC Molecular Biology,
Cambridge, UK



Thomas A. Steitz
Yale University, New Haven



Ada E. Yonath
Weizmann Institute, Israel



Fonte:
<https://www.nobelprize.org/>

Cellula eucariotica animale e vegetale

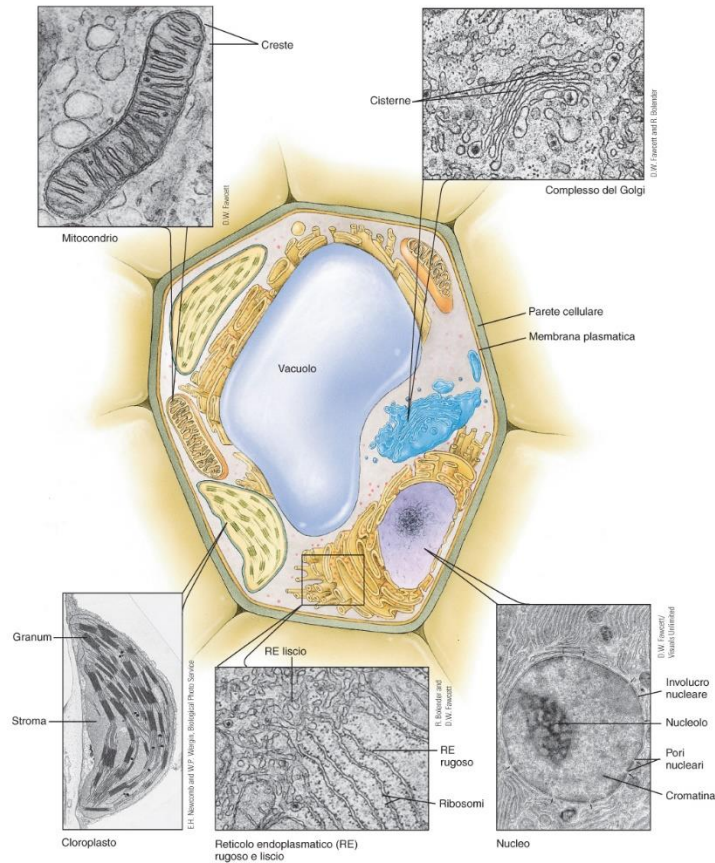


FIGURA 4-7 Schema composito di una cellula vegetale.

I cloroplasti, la parete cellulare e grandi vacuoli sono caratteristici delle cellule vegetali. Le immagini TEM ci mostrano alcune strutture o regioni cellulari. Alcune cellule vegetali non possiedono tutti gli organelli qui illustrati. Ad esempio, le cellule dei tessuti fotosintetici

quali foglie e fusti contengono i cloroplasti, mentre le cellule della radice no. Molti organelli come il nucleo, i mitocondri ed il reticolo endoplasmatico sono caratteristici di tutte le cellule eucariotiche.

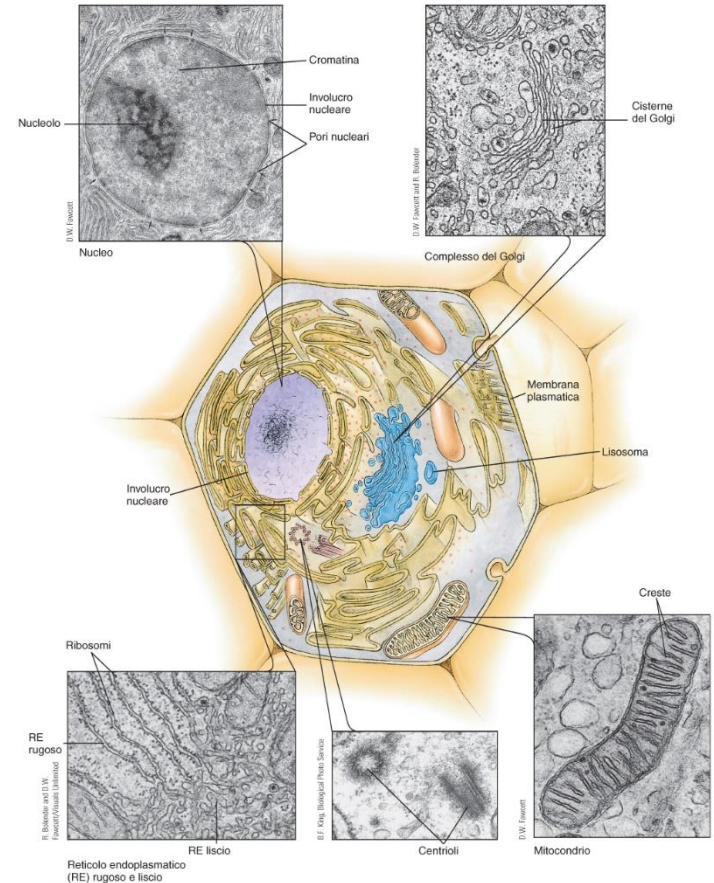


FIGURA 4-8 Schema composito di una cellula animale.

Questa cellula animale generica è stata rappresentata in un contesto realistico, circondata dalle cellule vicine che la comprimono leggermente. Le immagini TEM mostrano la struttura di vari organelli. A

seconda del tipo di cellula alcuni organuli possono essere più o meno sviluppati.

Cellule eucariotiche al TEM (Transmission Electron Microscope)

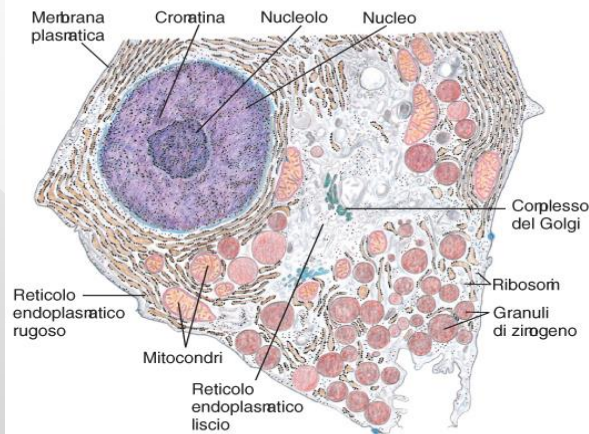
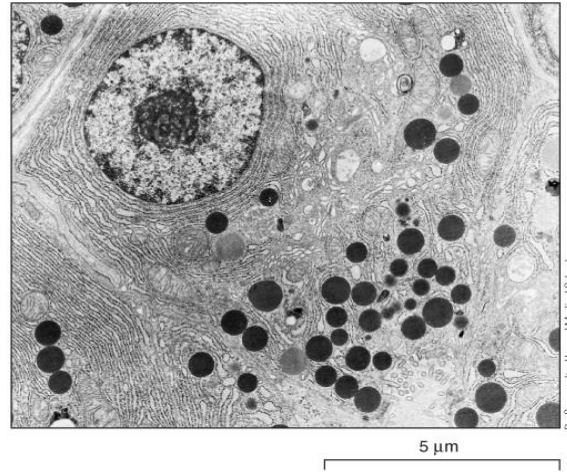


FIGURA 4-10 Immagine TEM di una cellula pancreatica umana confrontata con un disegno interpretativo.

È presente la maggior parte delle strutture tipiche delle cellule animali. Tuttavia, come molte altre cellule, anche questa possiede strutture associate a funzioni specifiche. Le cellule pancreatiche, come quella mostrata qui, secernono una gran quantità di enzimi digestivi. I corpi grandi e scuri dell'immagine TEM e le corrispondenti regioni colorate nel disegno sono granuli di zimogeno che contengono enzimi inattivi. Quando vengono secreti dalla cellula, catalizzano reazioni chimiche come la rottura dei legami peptidici delle proteine ingerite a livello dell'intestino. La maggior parte delle membrane visibili in questa sezione è parte del reticolo endoplasmatico rugoso, un organulo specializzato nella sintesi delle proteine.

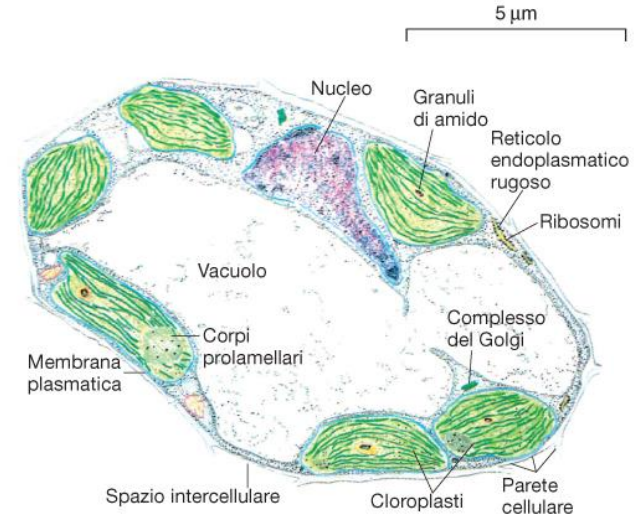
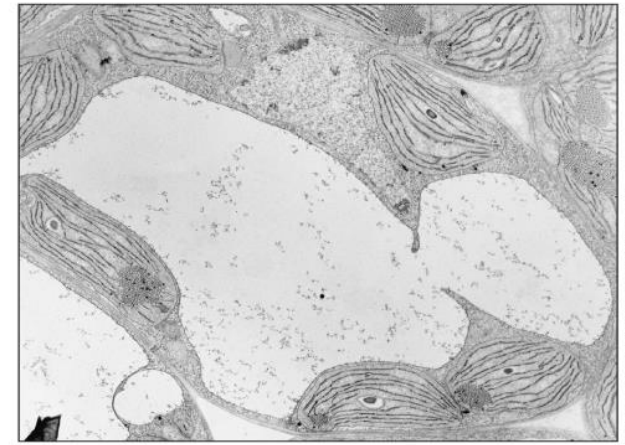
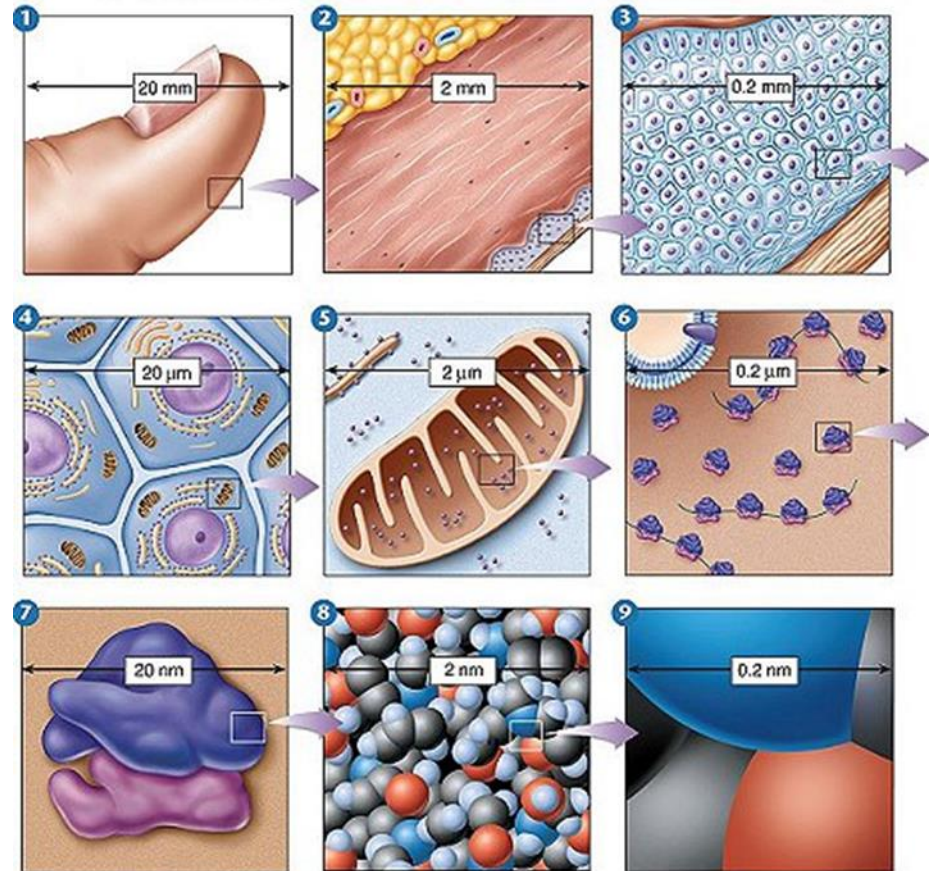
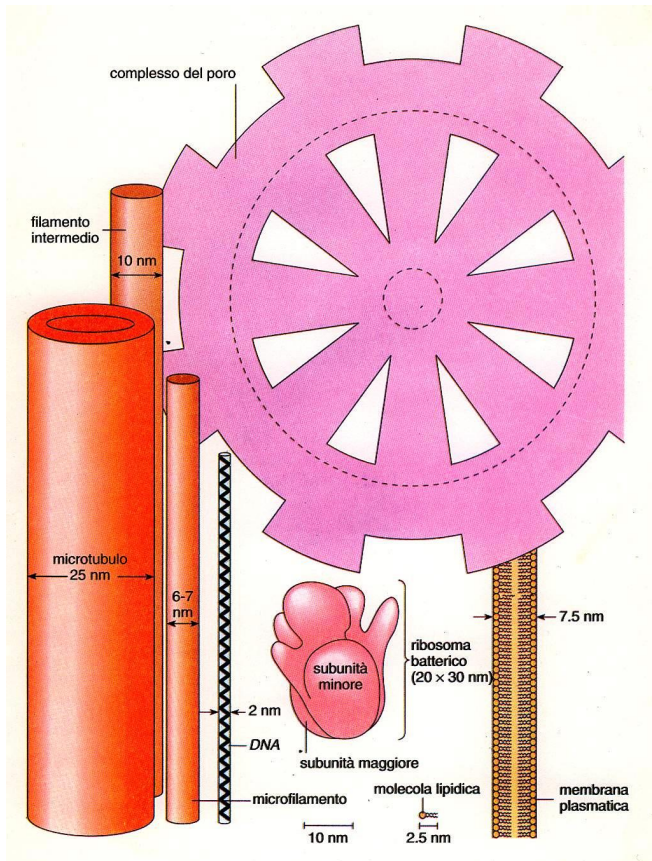


FIGURA 4-9 Immagine TEM di una cellula vegetale confrontata con un disegno interpretativo.

La maggior parte della sezione trasversale di una cellula fogliare di una giovane pianta di fagiolo (*Phaseolus vulgaris*) è dominata dal vacuolo. I corpi prolamellari sono strutture membranose tipiche dei cloroplasti in via di sviluppo.

Fonti: Sadava et al., 2014; 2019
Solomon et al., 2014

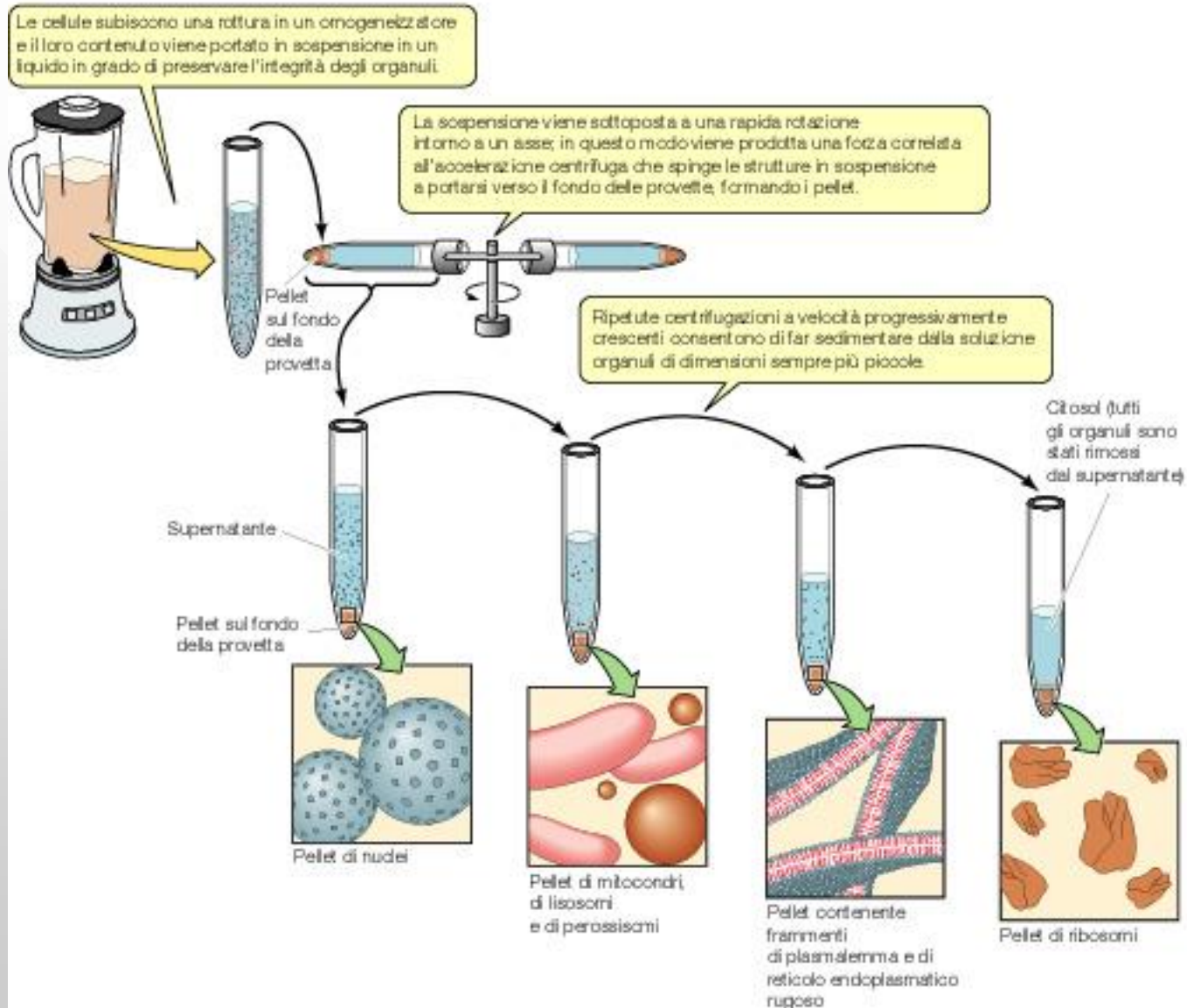
Confronto dimensionale tra strutture cellulari eucariotiche



Fonte: Alberts et al., Molecular Biology of the Cell, 6 th Ed., CRC Press, London 2013

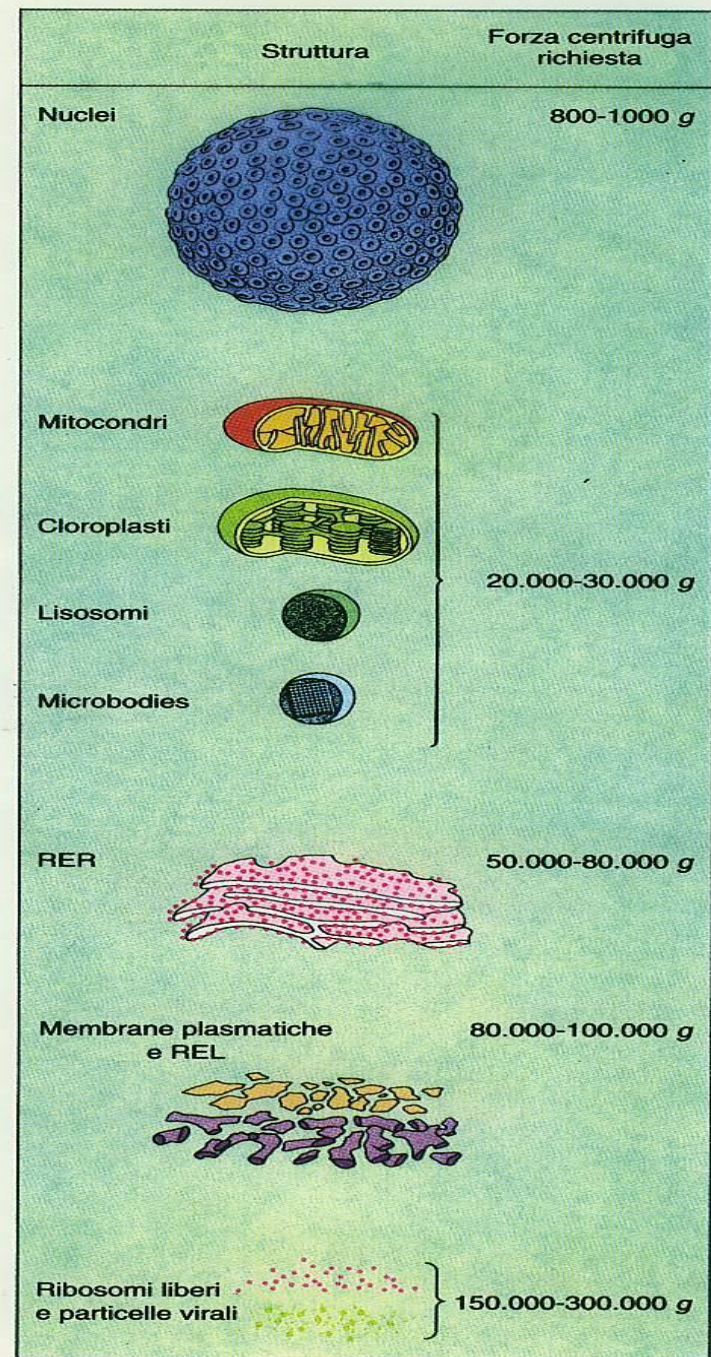
Organelli (“organuli”)
e compartimenti di membrane

Separazione dei componenti cellulari tramite **centrifugazione frazionata**



Velocità di centrifugazione richieste per separare i componenti cellulari espressa in unità “g” (accelerazione gravitazionale standard terrestre, pari a 9.8 m/sec^2)

Fonti: Sadava et al., 2014; 2019



Il nucleo eucariotico ed i pori della membrana nucleare

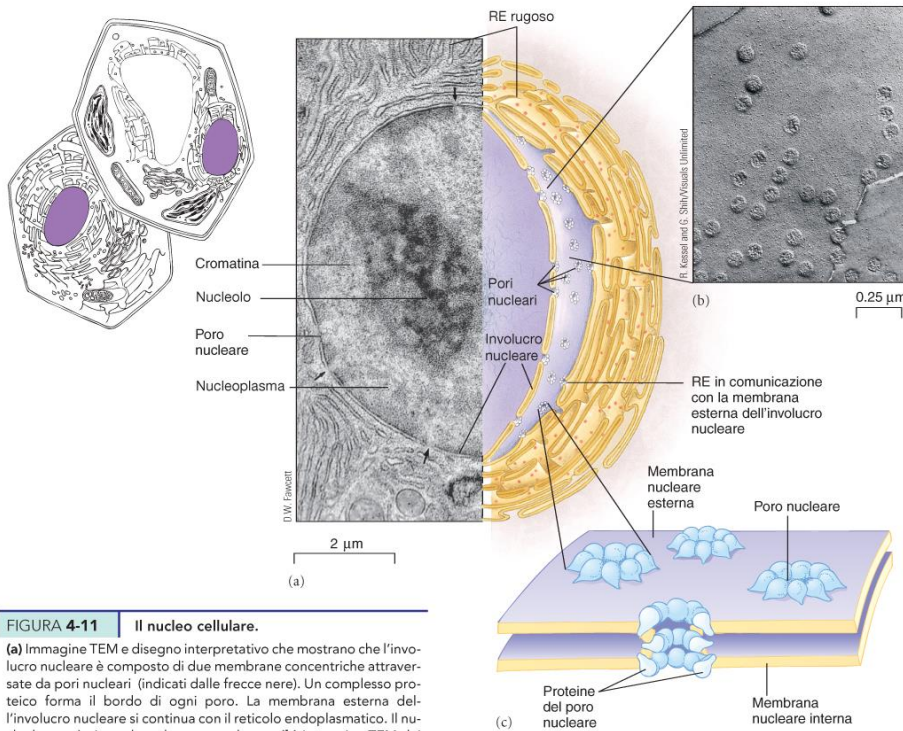
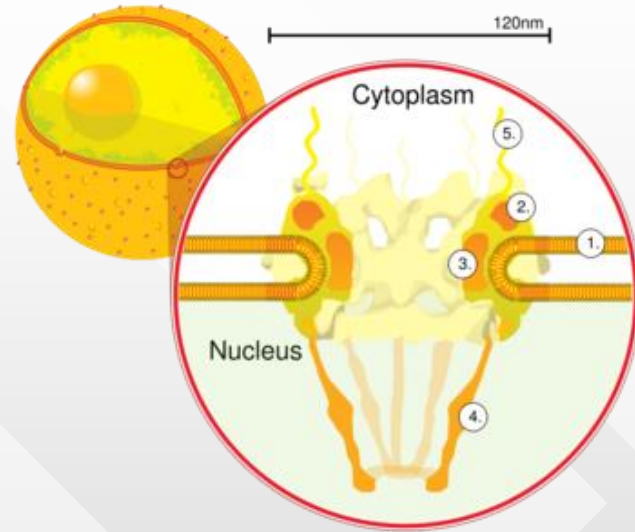


FIGURA 4-11 Il nucleo cellulare.
 (a) Immagine TEM e disegno interpretativo che mostrano che l'involucro nucleare è composto di due membrane concentriche attraversate da pori nucleari (indicati dalle frecce nere). Un complesso proteico forma il bordo di ogni poro. La membrana esterna dell'involucro nucleare si continua con il reticolo endoplasmatico. Il nucleolo non è circondato da una membrana. (b) Immagine TEM 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 ed il citoplasma.



Nuclear Pore Complexes in the Nuclear Envelope

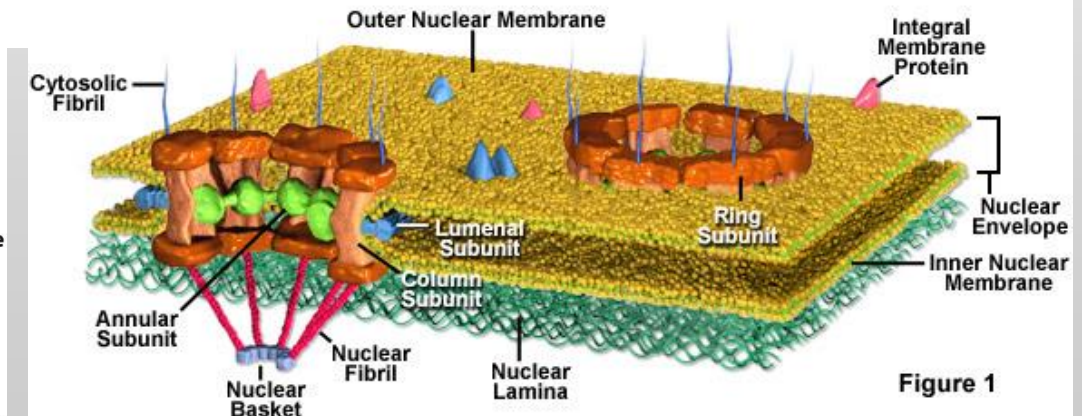
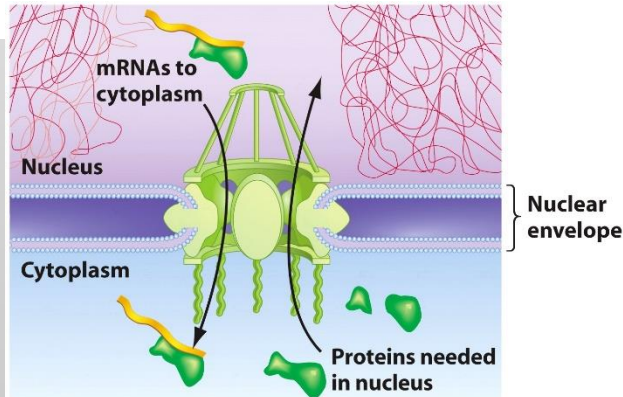


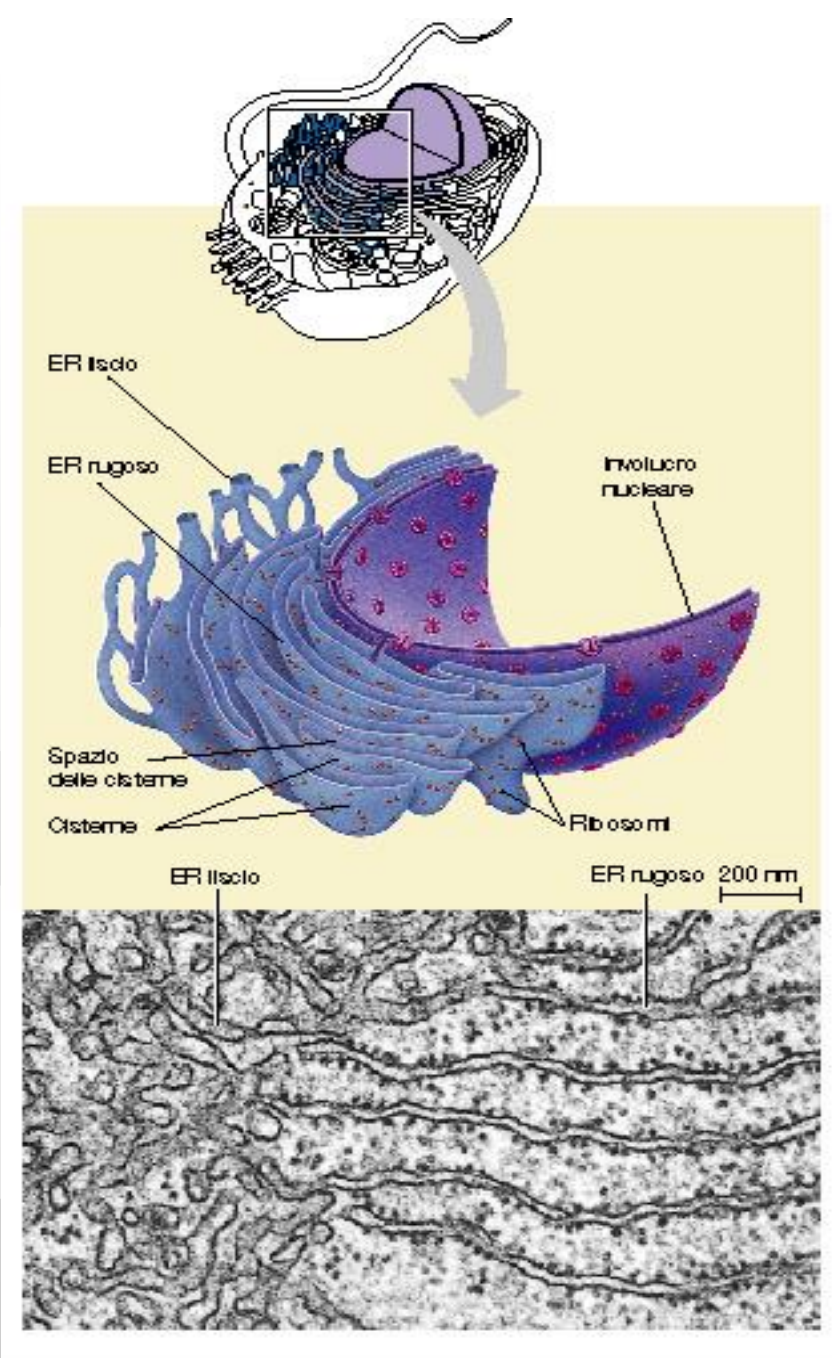
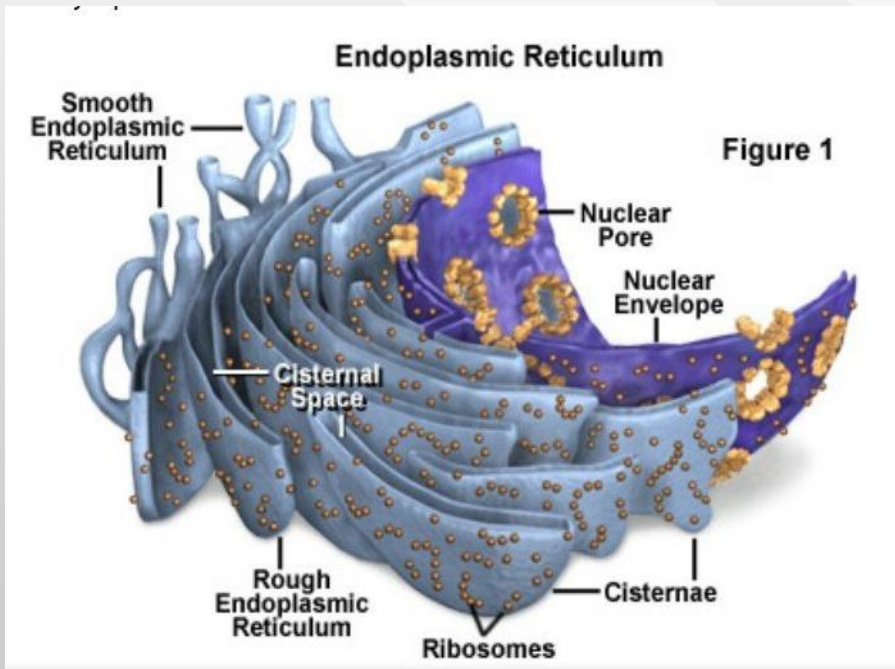
Figure 1

Figure 7-23 Biological Science, 2/e © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

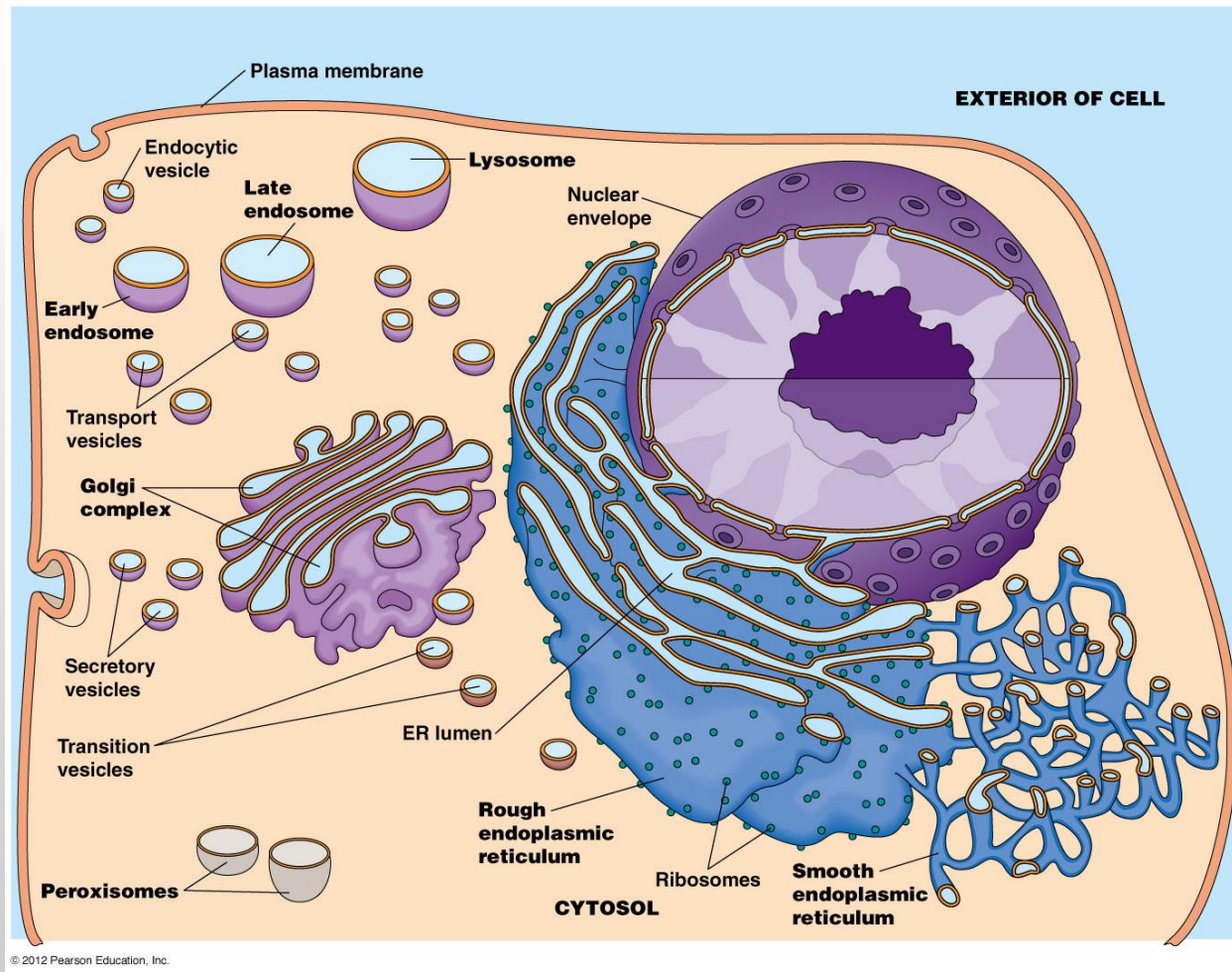
Relazioni tra membrana nucleare e reticolo endoplasmatico

La doppia membrana nucleare è in continuazione con il sistema di membrane del reticolo endoplasmatico rugoso e liscio

ma non solo...



La membrana plasmatica, la doppia membrana nucleare, il reticolo endoplasmatico rugoso e liscio, l'apparato di Golgi e i lisosomi **sono tutti parte** del complesso **sistema di endomembrane** della cellula eucariotica



Reticolo endoplasmatico (REN)

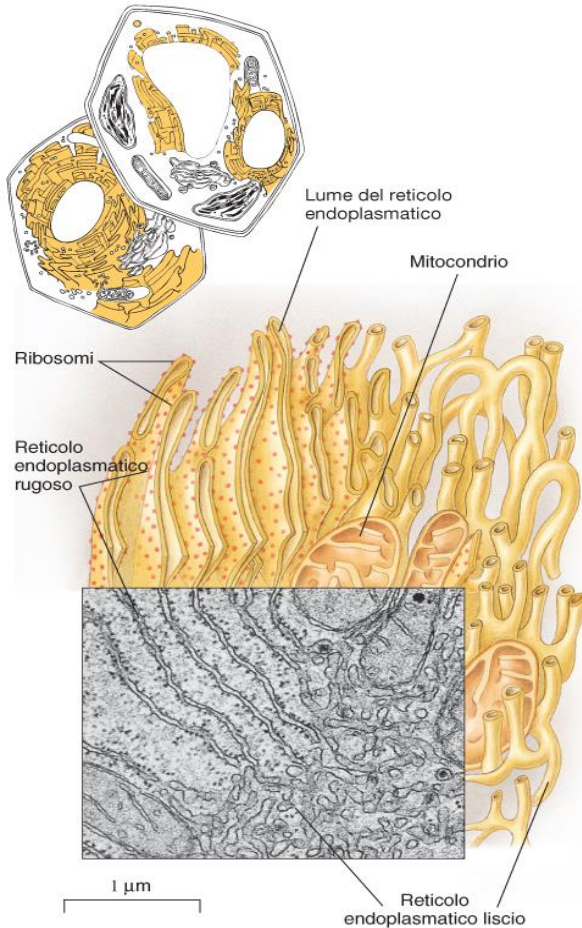


FIGURA 4-12 Reticolo endoplasmatico (RE).

Immagine TEM che mostra il reticolo endoplasmatico liscio e rugoso di una cellula epatica

Mitocondri

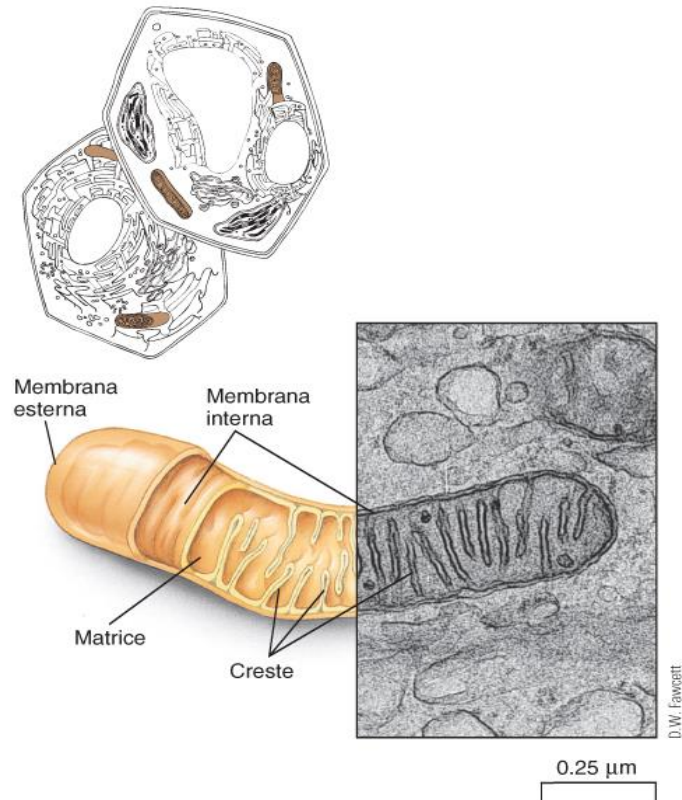


FIGURA 4-18 Mitocondri.

La respirazione aerobica avviene all'interno del mitocondrio. Nella fotografia al microscopio elettronico a trasmissione, così come nel disegno, sono ben evidenti le creste; il disegno evidenzia le relazioni tra membrana interna ed esterna.

Il cloroplasto, presente **solo** nella **cellula vegetale**

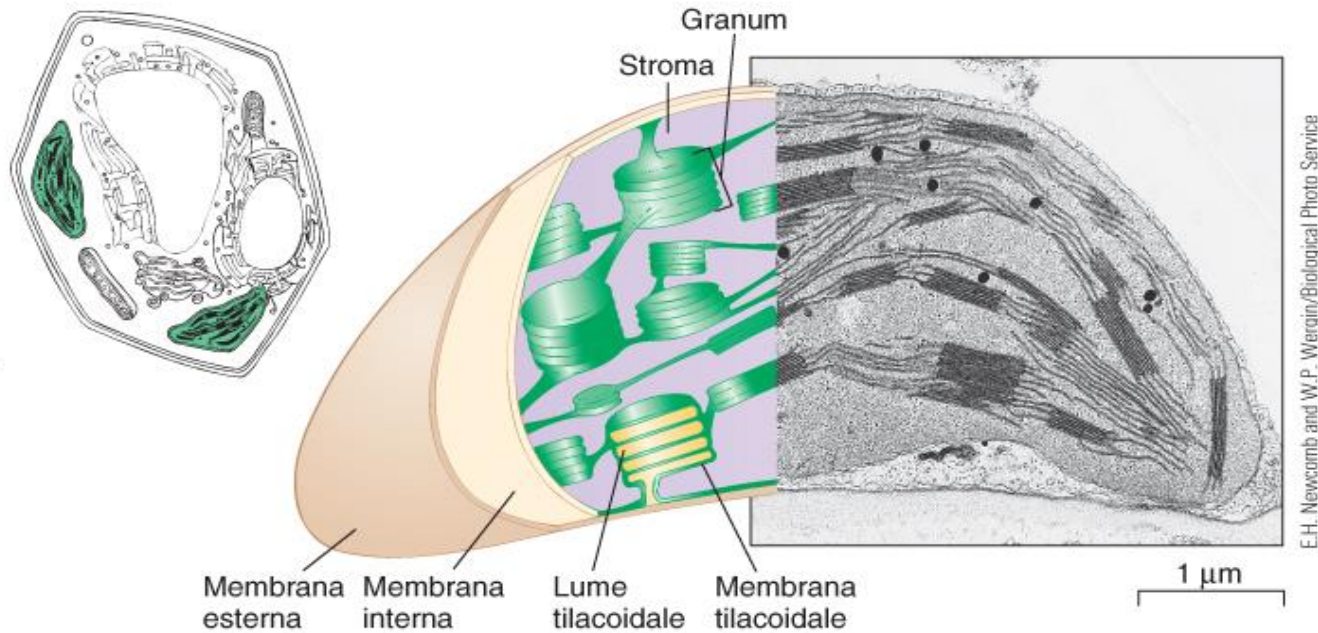
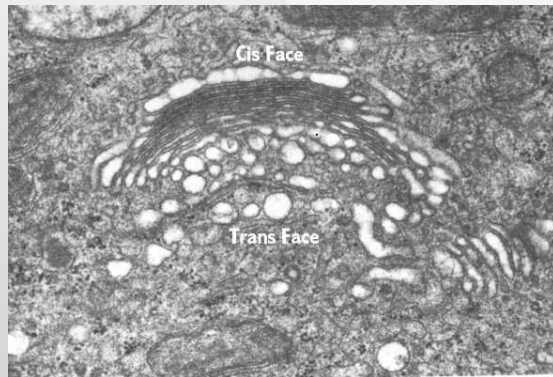
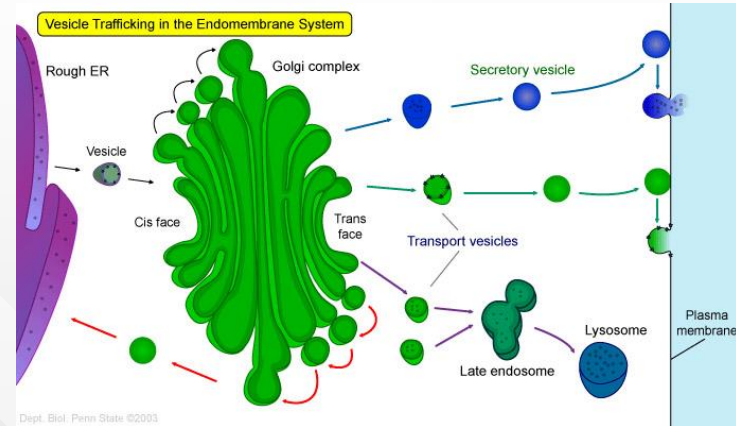
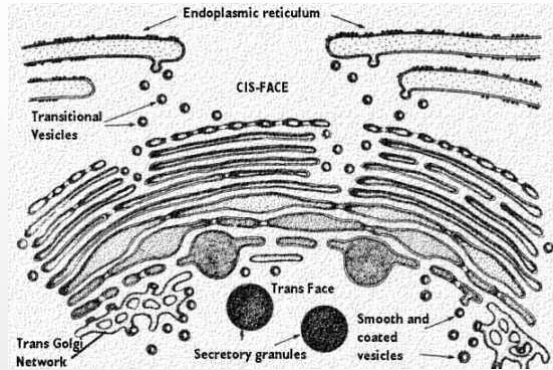


FIGURA 4-19 Il cloroplasto, organulo della fotosintesi.

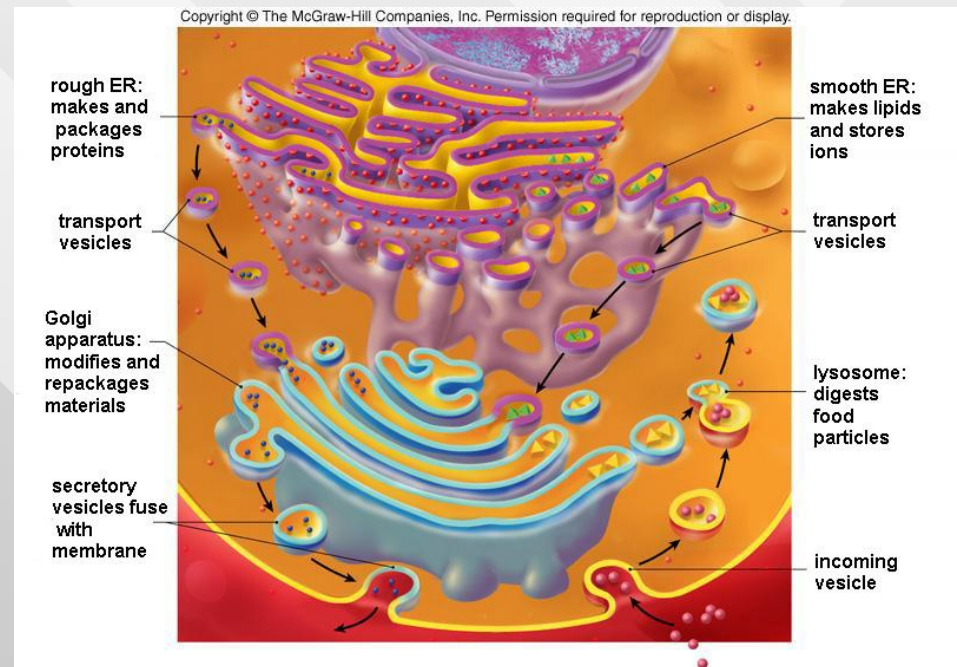
L'immagine TEM mostra parte di un cloroplasto di una cellula di foglia di granoturco. La clorofilla e gli altri pigmenti fotosintetici si trovano nelle membrane tilacoidali. Il granum di un cloroplasto è stato sezionato per mostrare il lume tilacoidale. La membrana interna del cloroplasto può essere o non essere collegata direttamente alla membrana tilacoidale.

Apparato di Golgi

centro e regolatore del **traffico vescicolare** nella cellula eucariotica

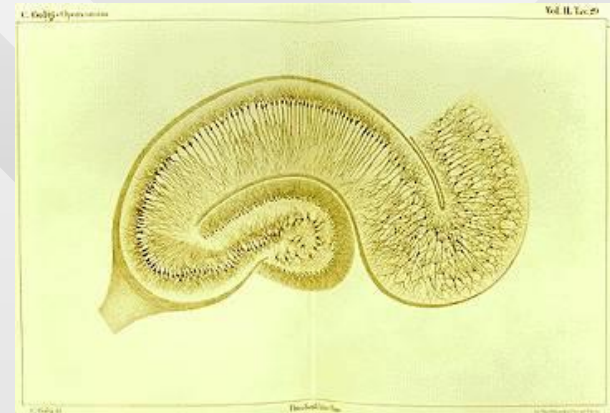


L'**apparato di Golgi**, regolatore del traffico vescicolare, è l'**unico organello che porta il nome di una persona**: il biologo e medico italiano **Camillo Golgi**



Camillo Golgi, biologo e medico (1843-1926)

Premio Nobel 1906 per la Medicina e la Fisiologia, insieme al patologo spagnolo Santiago Ramon y Cajal, per gli studi istologici sul sistema nervoso ("in recognition of their work on the structure of the nervous system")



Camillo Golgi è stato **il primo italiano ad essere insignito del Premio Nobel**, pochi giorni prima dell'assegnazione del Premio Nobel per la letteratura a Giosué Carducci

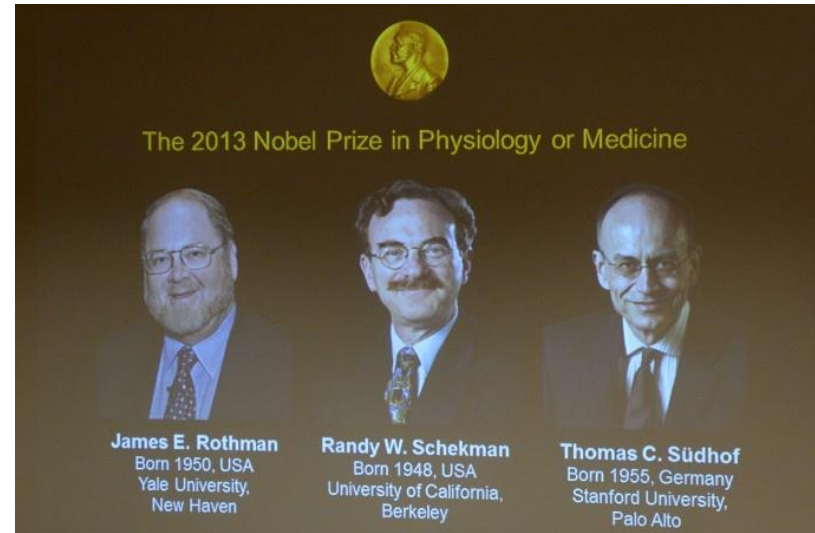
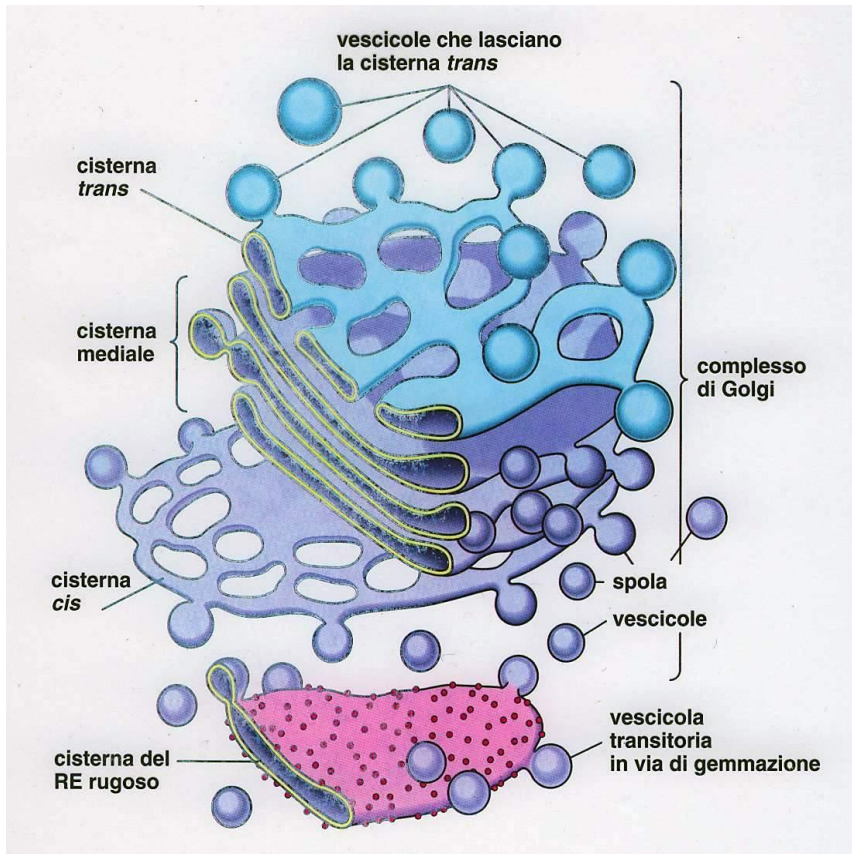
Struttura dell'ippocampo cerebrale colorato con la 'reazione nera' all'argento e disegnato da Camillo Golgi

Fonte: <https://www.nobelprize.org/>

Anche nel 2013 il Premio Nobel per la Medicina e la Fisiologia è stato assegnato per studi sull'apparato di Golgi

I biologi americani J.R. Rothman e R.W. Schekman e il tedesco T.C. Südhof hanno ricevuto il Premio Nobel 2013

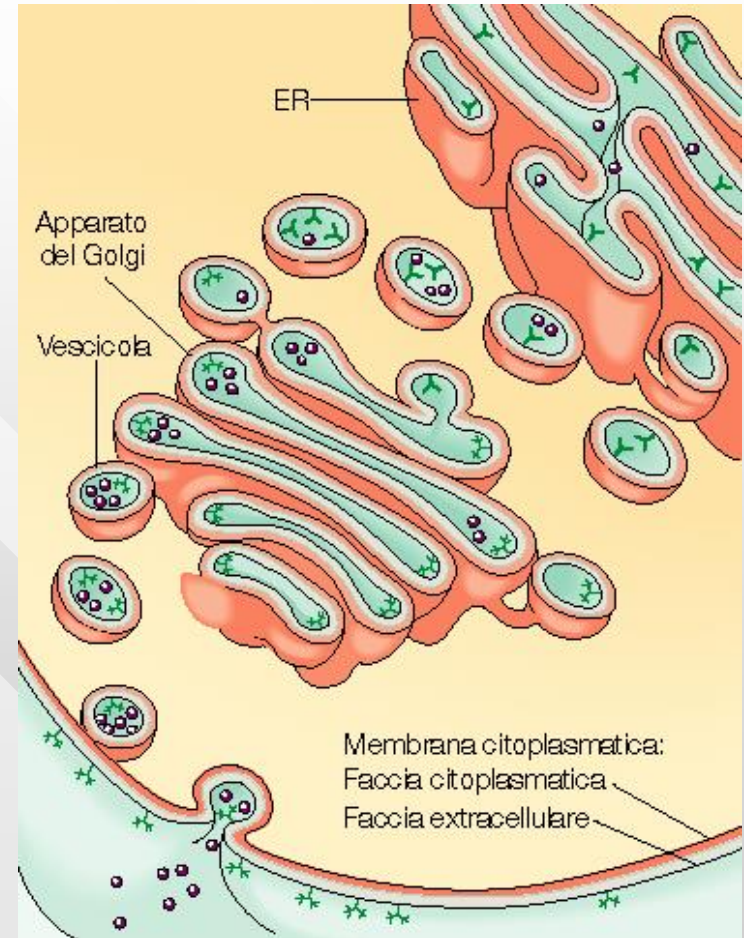
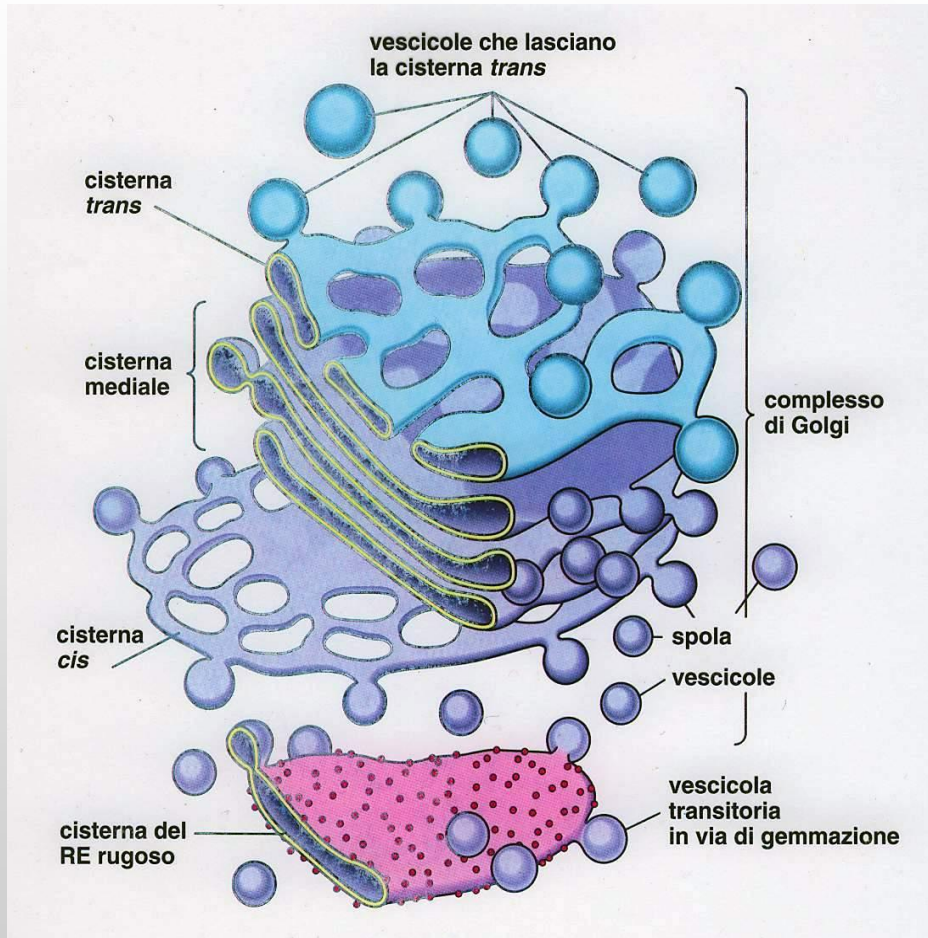
"for their discoveries of machinery regulating vesicle traffic, a major transport system in our cells"



Il **"traffico vescicolare"**, o "smistamento postale" cellulare, è il sistema attraverso il quale **le proteine e gli altri componenti cellulari sono trasportati all'interno e all'esterno delle cellule**, raggiungendo i luoghi dove devono esercitare le loro funzioni

Fonte: <https://www.nobelprize.org/>

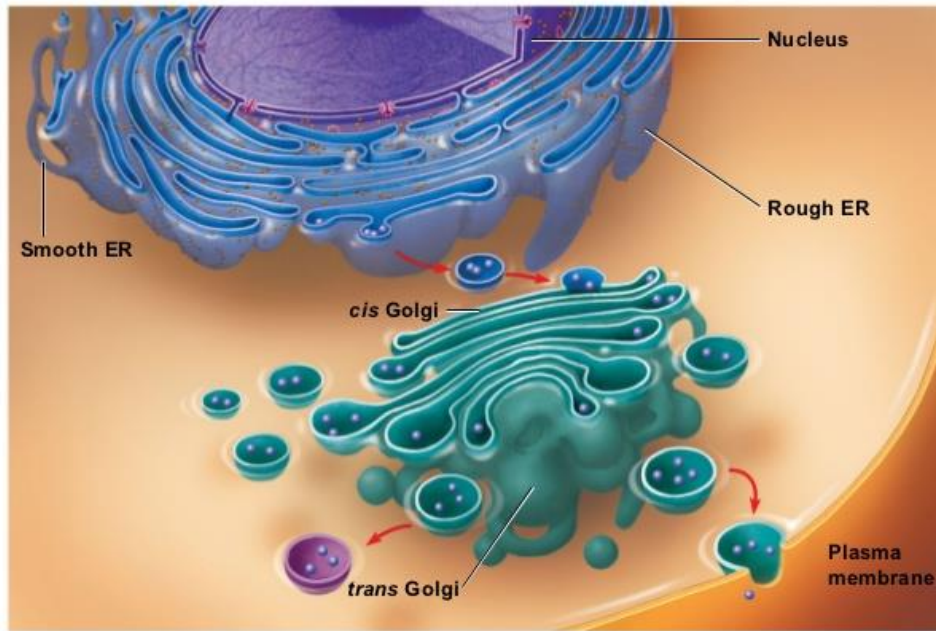
Dal reticolo endoplasmatico gemmano vescicole di trasporto dirette all'apparato di Golgi, dal quale in seguito escono altre vescicole



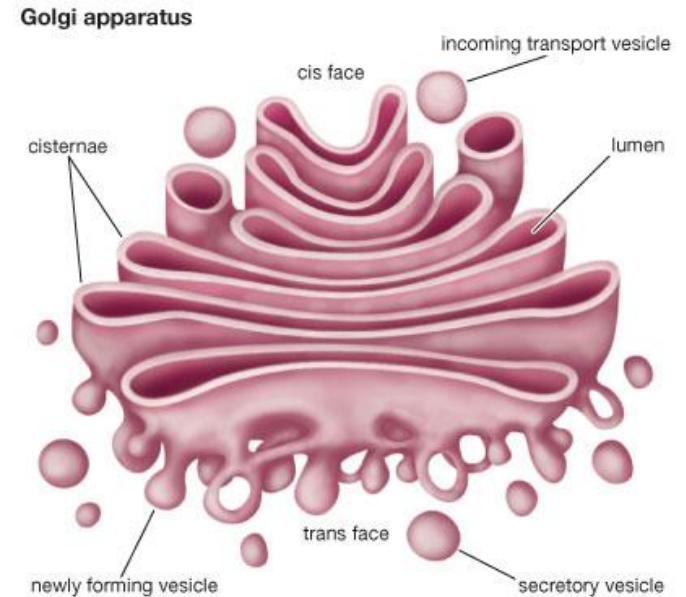
Filmato

Lato “cis” e “trans” dell’apparato di Golgi

Figure 6.15-3



© 2011 Pearson Education, Inc.



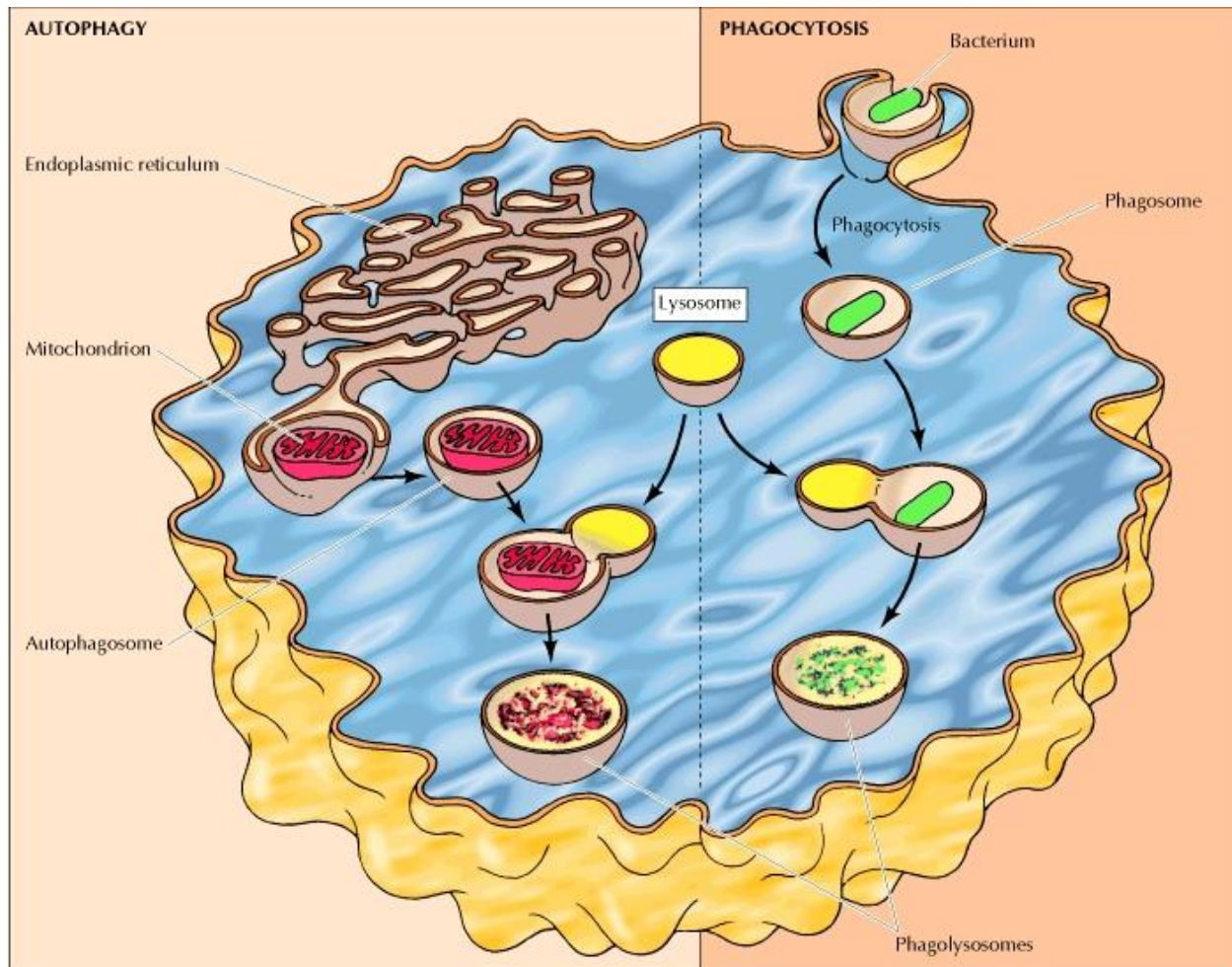
© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.

L'apparato di Golgi riceve nel lato “**cis**” le vescicole di trasporto provenienti dal reticolo endoplasmatico, ne rielabora il contenuto al proprio interno e ne organizza la gemmazione nel lato “**trans**”, verso la destinazione prestabilita (all'interno oppure all'esterno della cellula)

Fonti: Sadava et al., 2014; 2019; Karp, 2012

I **lisosomi** (dal greco “λυο”, “distruggere”, e “σωμα”, “corpo”) sono **organelli eucariotici contenenti enzimi “litici”** e costituiscono una sorta di **“sistema digerente”** della cellula

Se i lisosomi digeriscono **materiali esterni fagocitati**, il processo è detto **fagocitosi**, mentre se digeriscono le **strutture della stessa cellula** il processo è detto **autofagia**



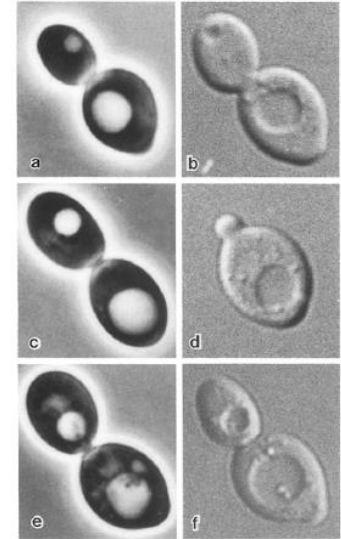
Il Premio Nobel 2016 per la Medicina e la Fisiologia è stato assegnato allo scienziato giapponese **Yoshinori Ohsumi** per le sue scoperte sui meccanismi che regolano l'autofagia

(“for his pioneering work on how cells recycle their content”)



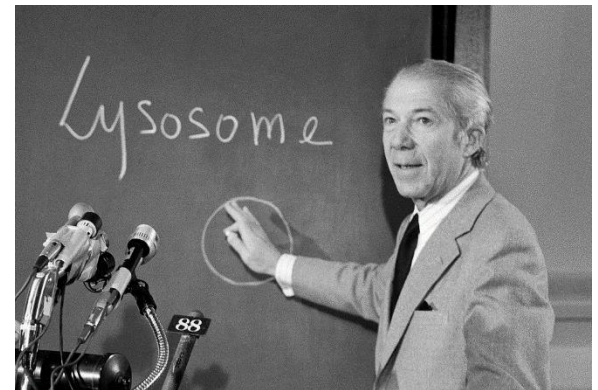
L'autofagia è un processo eseguito dalle cellule eucariotiche per **distruggere in modo programmato e riciclare le proprie strutture** (molecole, membrane e organelli)

Questo processo è **essenziale** non solo per rinnovare le strutture cellulari logorate o danneggiate, ma anche per produrre energia in condizioni di fame o stress e per proteggere l'organismo contro batteri e virus



Gli studi pionieristici del Professor Ohsumi sull'autofagia sono stati eseguiti nel 1992

Il termine “**autofagia**” era stato coniato nel 1963 dallo scienziato belga **Christian De Duve**, che nel 1974 aveva ricevuto il Premio Nobel per la scoperta dei lisosomi, gli organelli fondamentali nei processi di “digestione cellulare”

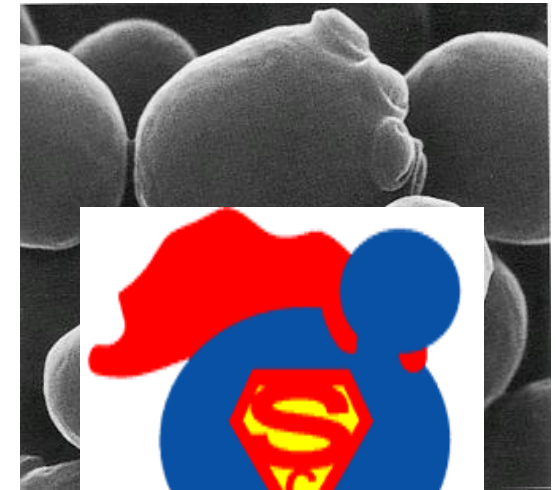


Christian De Duve (1917-2013)

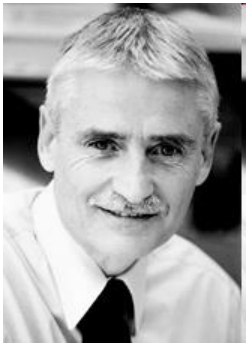
Il Professor Ohsumi ha condotto gli studi sull'autofagia in un classico “**organismo modello**” per la biologia e la biomedicina, il lievito di birra o da pane, o lievito a gemmazione, *Saccharomyces cerevisiae* (Fungi Ascomycota)

***Saccharomyces cerevisiae* è stato il primo eucariota il cui genoma è stato interamente sequenziato (1997)**

E' un **organismo modello fondamentale** per studi su ciclo cellulare, mutagenesi, differenziamento, espressione genica, farmacologia e genomica comparata



...*Saccharomyces cerevisiae*!
Behold the Awesome Power of Yeast. 



Leland Hartwell



Tim Hunt

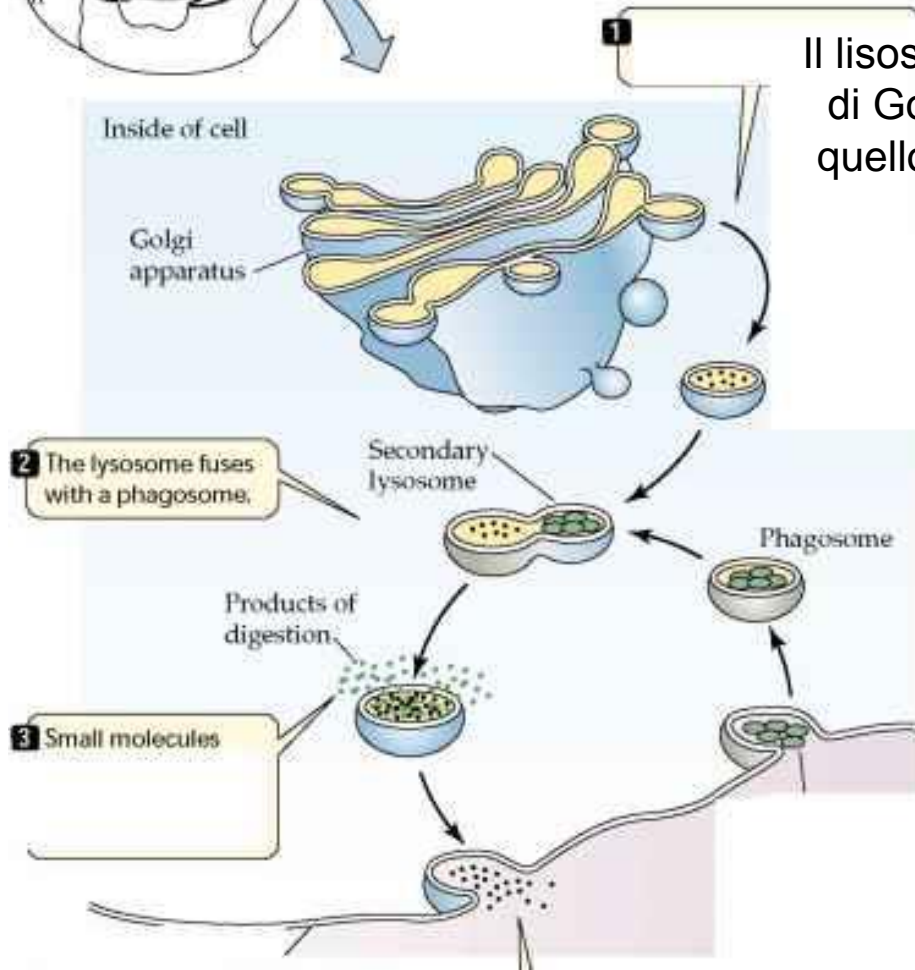
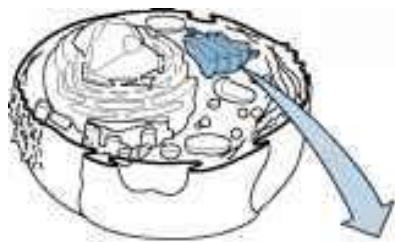


Paul Nurse

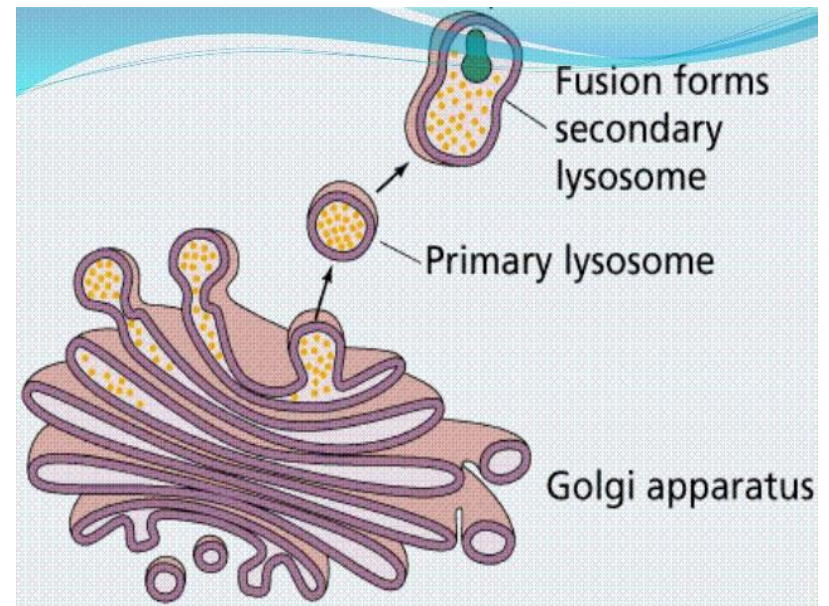
Un altro premio Nobel per la Medicina e la Fisiologia è assegnato nel 2001 a L. Hartwell, T. Hunt e P. Nurse per studi sul **ciclo cellulare in *S. cerevisiae***

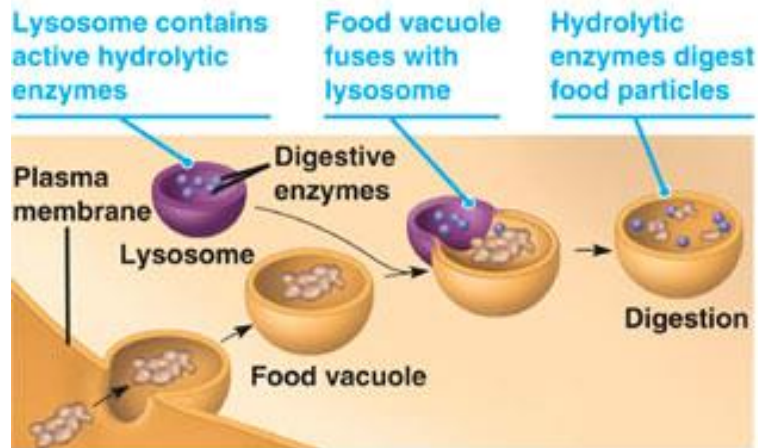
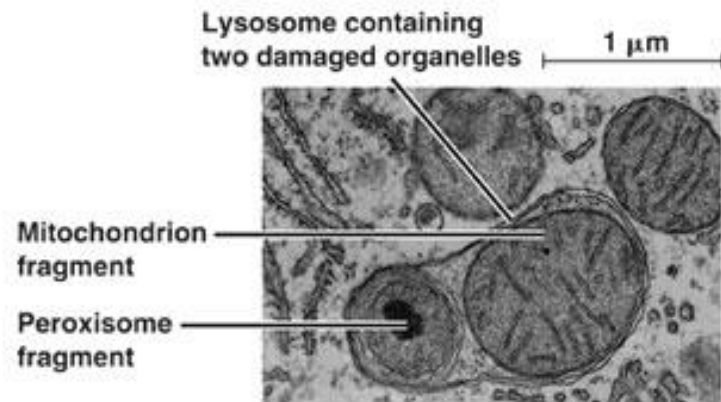
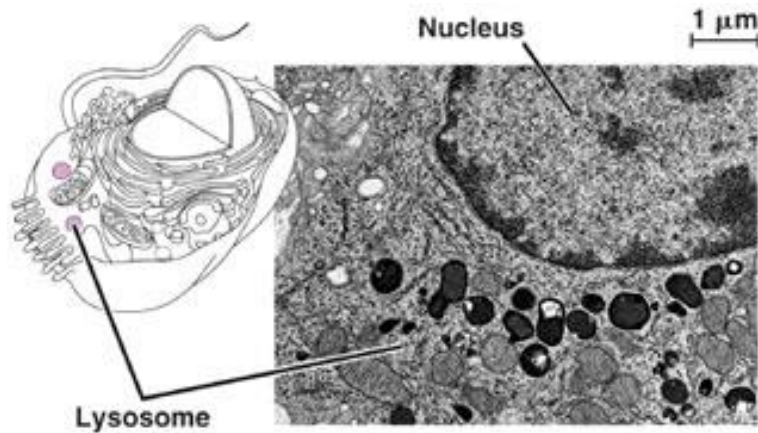
Fonte: <https://www.nobelprize.org/>

Lisosomi primari e secondari

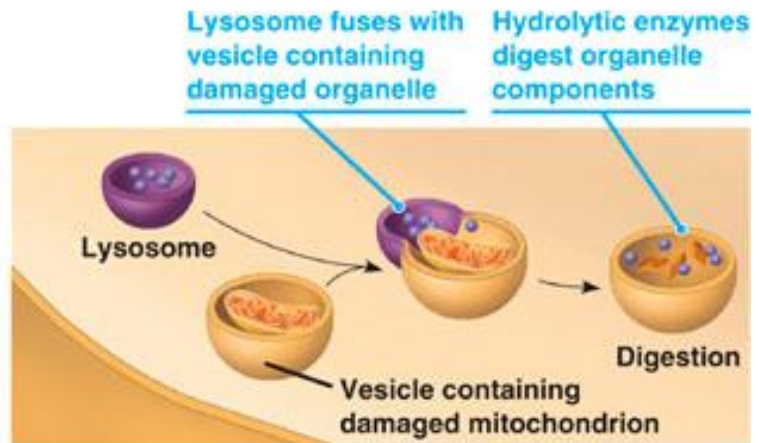


Il lisosoma prodotto direttamente dall'apparato di Golgi è detto “**lisosoma primario**”, mentre quello che si è fuso con un fagosoma è detto “**lisosoma secondario**”





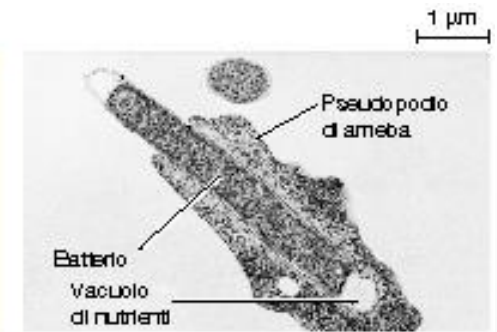
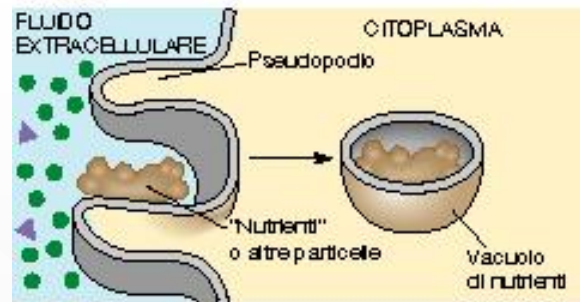
(a) Phagocytosis: lysosome digesting food



(b) Autophagy: lysosome breaking down damaged organelle

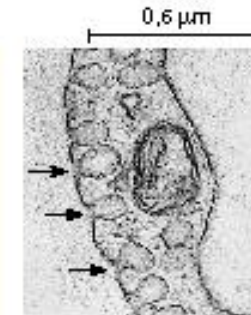
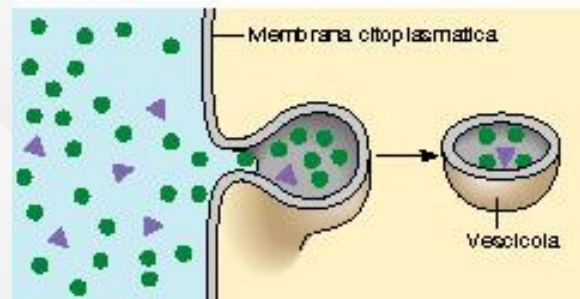
I **lisosomi** permettono la “digestione” a livello cellulare, fondendosi con i fagosomi, e provvedono alla **distruzione di organelli danneggiati tramite autofagia**

Fagocitosi



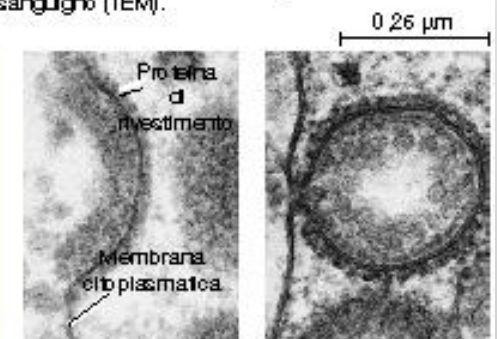
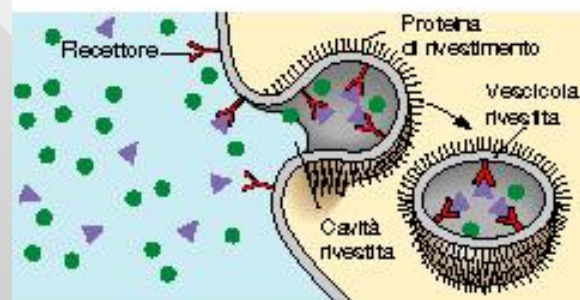
(a) Fagocitosi. Gli pseudopodi avvolgono una particella inglobandola in un vacuolo. La micrografia mostra un'ameba che fagocita un batterio (TEM).

Pinocitosi



(b) Pinocitosi. Le goccioline di fluido extracellulare sono incorporate in piccole vescicole all'interno della cellula. La micrografia mostra vescicole di pinocitosi (indicate dalle frecce) che si formano in una cellula che delimita un piccolo vaso sanguigno (TEM).

Endocitosi mediata da recettore



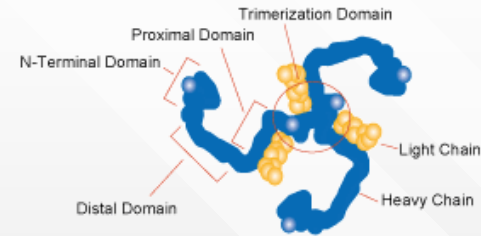
(c) Endocitosi mediata da recettore. Le cavità rivestite danno origine alle vescicole quando molecole specifiche (ligandi) si legano ai recettori sulla superficie della cellula. Si noti che all'interno della vescicola la maggioranza delle molecole sono legate (in viola), nonostante siano anche presenti altre molecole (in verde). Le micrografie mostrano due momenti successivi dell'endocitosi mediata da recettore (TEM).

Filmati

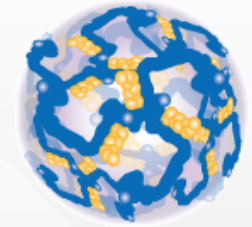
Vescicole rivestite (“coated pits”)

Alcune vescicole di membrana sono rivestite da una proteina, la **clatrina**, che forma una struttura a tre rami (“triskelion”), intrecciata in un poliedro per rivestire e rinforzare la membrana vescicolare

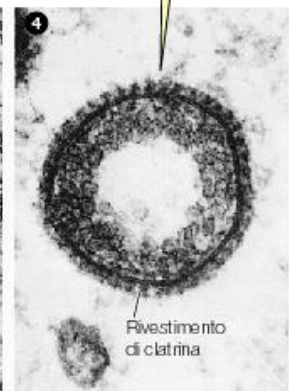
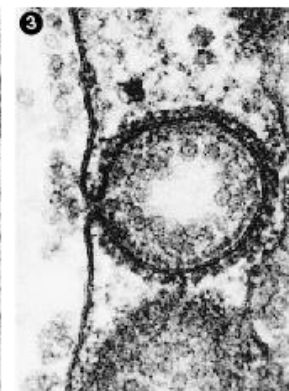
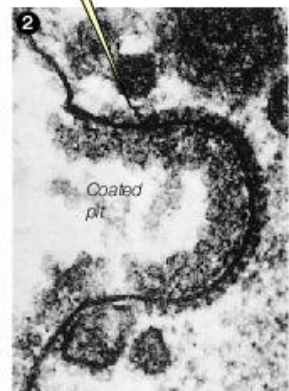
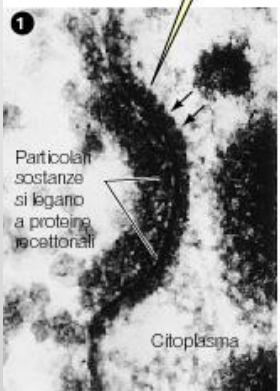
Clathrin Triskelion



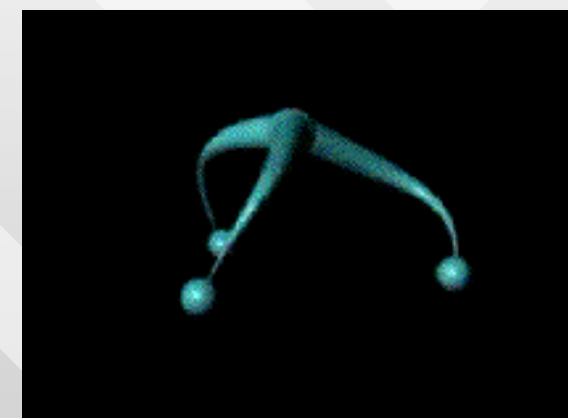
Clathrin Coated Vessicle



Molecole della proteina clatrina rivestono il versante citoplasmatico del plasmalemma in corrispondenza di un *coated pit*.



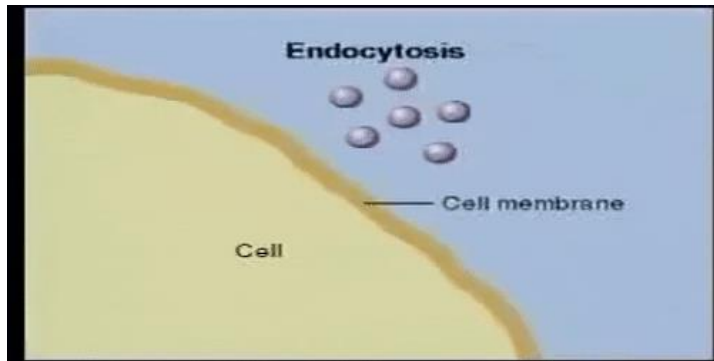
Il contenuto della vescicola è circondato da una vescicola rivestita di clatrina.



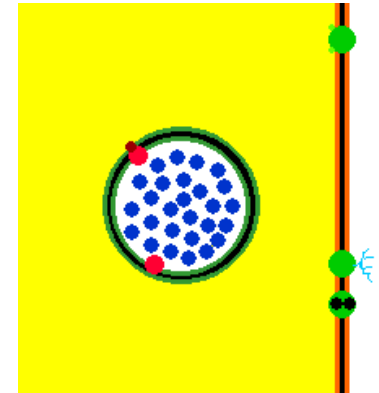
Filmati

Fonti: Sadava et al., 2014; 2019

<http://www.hhmi.org/biointeractive/animations-collection>

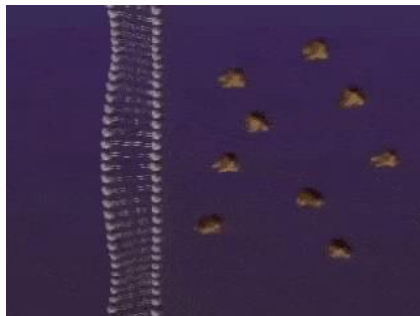


Endocitosi ed esocitosi



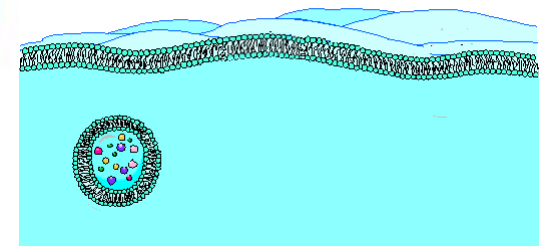
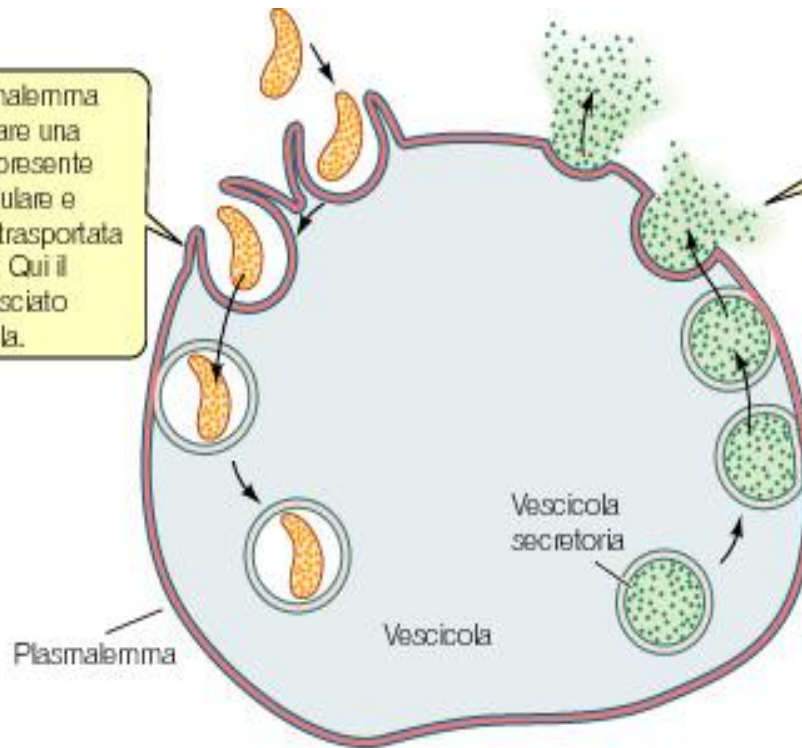
(a) Endocitosi

Nell'endocitosi il plasmalemma si solleva fino a inglobare una particella di materiale presente nell'ambiente extracellulare e che in tal modo viene trasportata all'interno della cellula. Qui il materiale viene poi rilasciato sotto forma di vescicola.

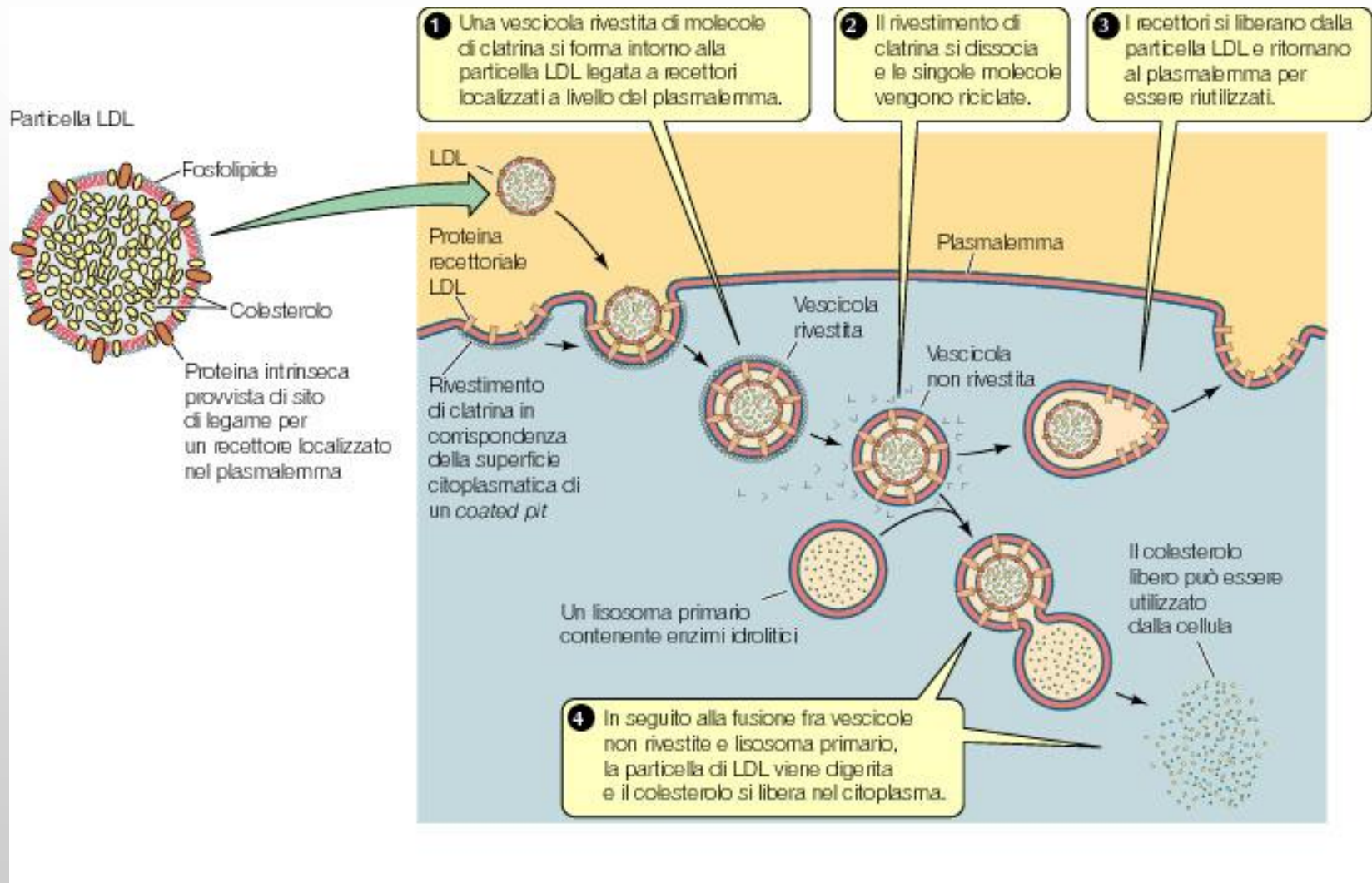


(b) Esocitosi

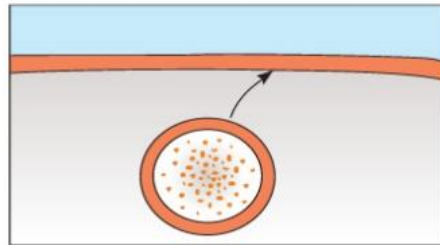
Nell'esocitosi una vescicola circondata da membrana, e contenente le sostanze da esportare, si fonde con il plasmalemma. Il contenuto della vescicola viene poi rilasciato nell'ambiente extracellulare, mentre la membrana vescicolare si fonde con il plasmalemma.



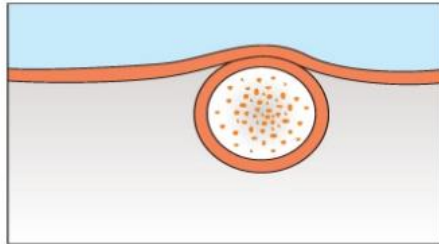
Endocitosi mediata da recettori



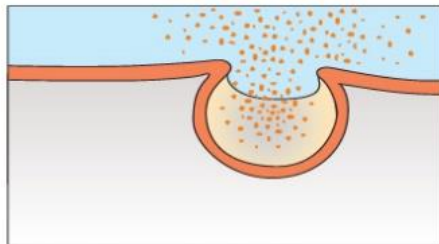
Esocitosi: emissione del contenuto delle vescicole all'esterno della cellula



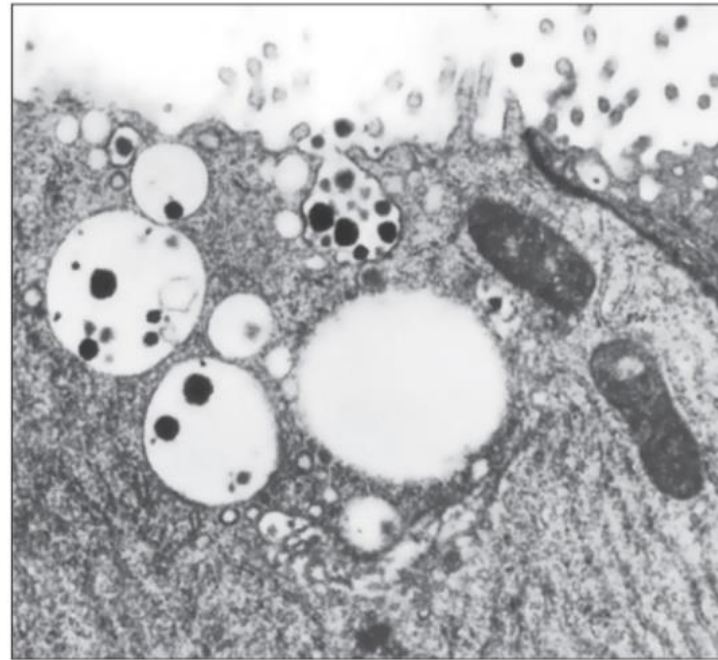
① Una vescicola si avvicina alla membrana plasmatica



② si fonde con essa, e



③ rilascia il suo contenuto all'esterno della cellula



A. Ichikawa/ from D.W. Fawcett

FIGURA 5-17 | **Esocitosi.**

Fotografia al microscopio elettronico a trasmissione che mostra l'esocitosi della componente proteica del latte da parte di una cellula della ghiandola mammaria.

Elementi del citoscheletro: microfilamenti, microtubuli, filamenti intermedi

FIGURA 4-20 Il citoscheletro.

Le cellule eucariotiche posseggono un citoscheletro costituito da reti di fibre diverse, tra cui i microtubuli, i microfilamenti ed i filamenti intermedi. Il citoscheletro determina la forma della cellula, l'ancoraggio degli organuli e i rapidi cambiamenti che si verificano quando la cellula si muove.

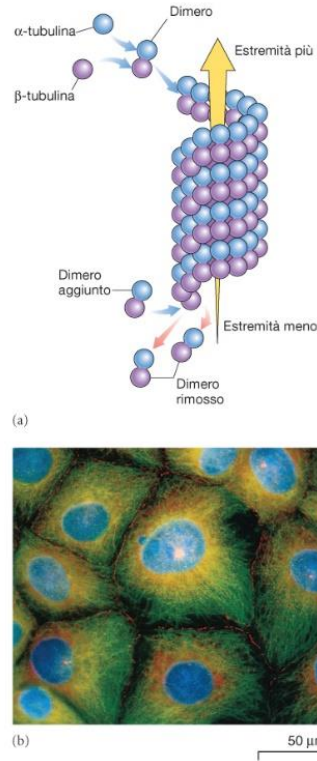
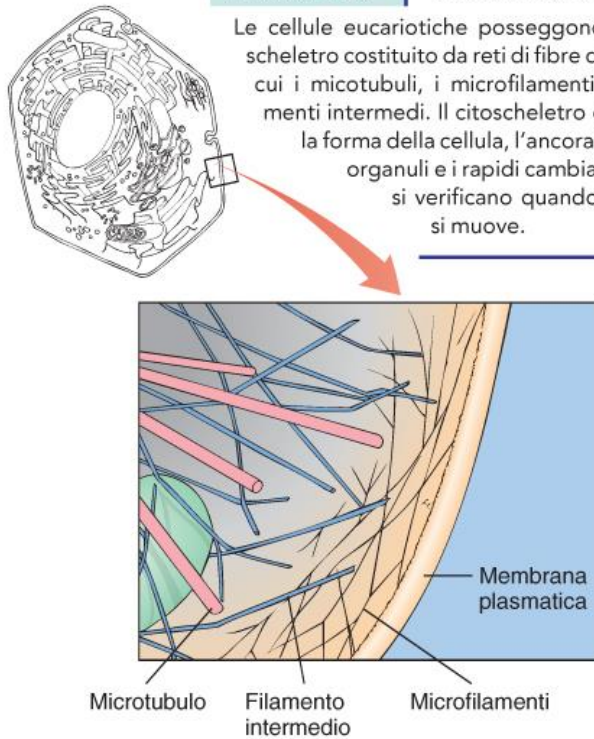


FIGURA 4-21 Organizzazione dei microtubuli.

(a) I microtubuli vengono a formarsi all'interno della cellula per aggiunta di dimeri di α - e β -tubulina ad una estremità del cilindro cavo. È da notare che il cilindro possiede una polarità. L'estremità rappresentata nella parte alta della figura è quella a crescita maggiore o estremità più; l'estremità opposta è la meno. Per ogni giro di spirale sono necessari tredici dimeri. (b) Immagine al microscopio ottico a fluorescenza confocale in cui i microtubuli sono visibili colorati in verde. Il centro di organizzazione dei microtubuli (macchia rosa) è visibile in vicinanza o sopra buona parte dei nuclei cellulari (blu).

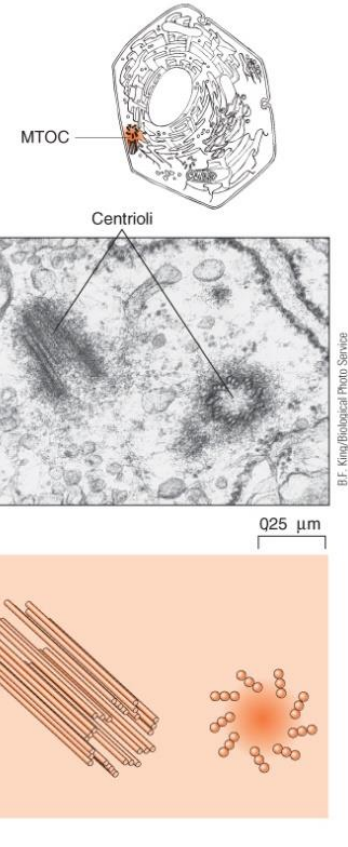


FIGURA 4-22 Centrioli.

(a) Nella immagine TEM i centrioli sono sistemati ad angolo retto, vicino al nucleo di una cellula animale che non si sta dividendo. (b) È da notare l'arrangiamento 9×3 dei microtubuli. Il centriolo a destra è stato tagliato trasversalmente.

Il citoscheletro mobile: microtubuli e chinesi

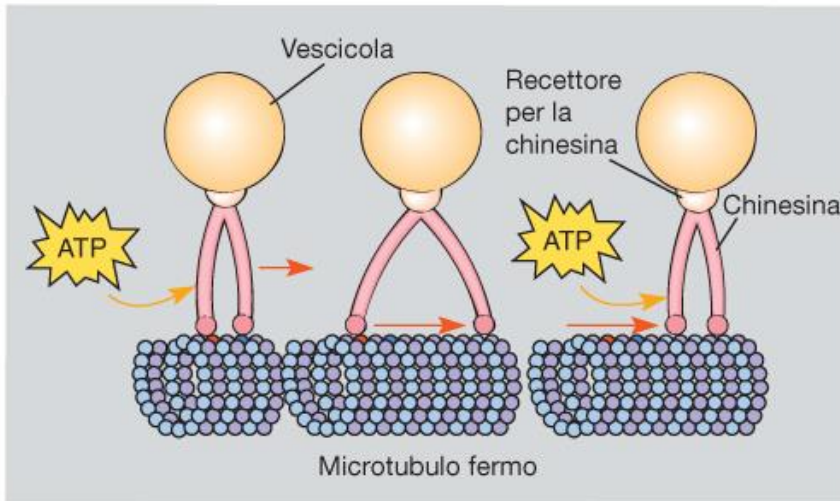


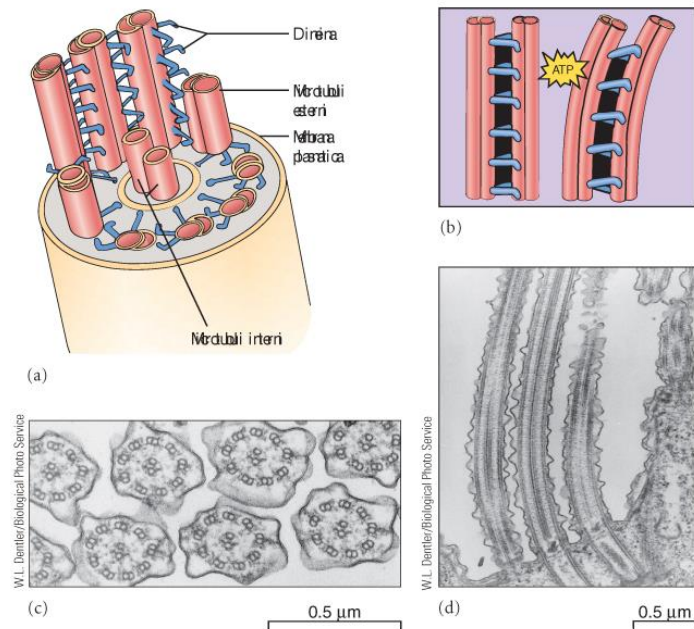
FIGURA 4-23 | Modello ipotetico di motore di chinesina.

Una molecola di chinesina si attacca ad uno specifico recettore sulla vescicola. L'energia fornita dall'ATP permette alla molecola di chinesina di cambiare conformazione e di "camminare" lungo il microtubulo, portandosi dietro la vescicola.

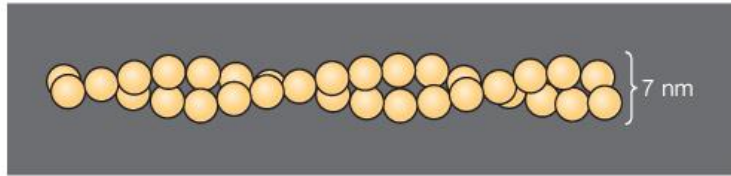
Filmati

FIGURA 4-24 | Struttura delle ciglia.

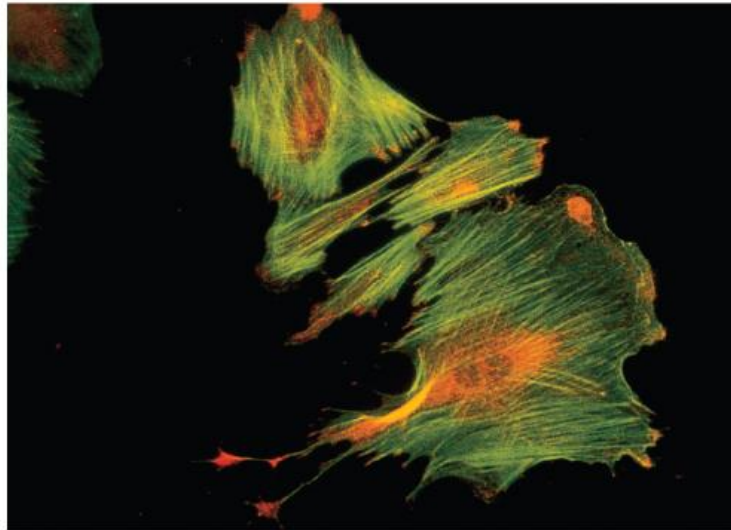
Un ciglio (o un flagello) contiene microtubuli nella disposizione 9 + 2. **(a)** Questa rappresentazione tridimensionale mostra 9 paia (doppietti) di microtubuli attaccati tra loro, sistemati in un cilindro intorno a due microtubuli non accoppiati. Le braccia di dineina, mostrate ben separate per motivi di chiarezza, sono in realtà molto più vicine fra loro lungo l'asse longitudinale. **(b)** Le braccia di dineina muovono i microtubuli formando e rompendo i legami con i microtubuli adiacenti, cosicché ciascun microtubulo "cammina" lungo il paio di microtubuli adiacenti. **(c)** Immagine TEM di una sezione trasversale delle ciglia che mostra la disposizione 9 + 2 dei microtubuli. **(d)** Immagine TEM di una sezione longitudinale di 3 ciglia del protista *Tetrahymena*, un organismo molto usato per studi genetici. Alcuni dei microtubuli interni sono ben visibili.



Microfilamenti e filamenti intermedi



(a)

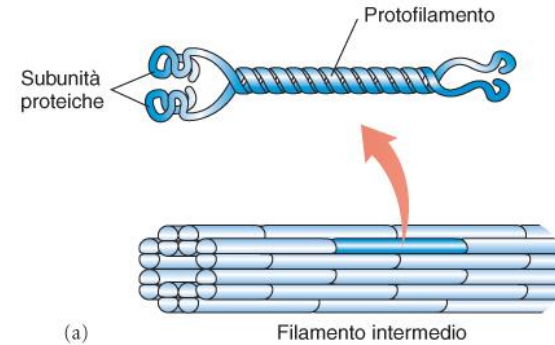


(b)

Nancy Kedarsha/ImmunoGen, Inc.

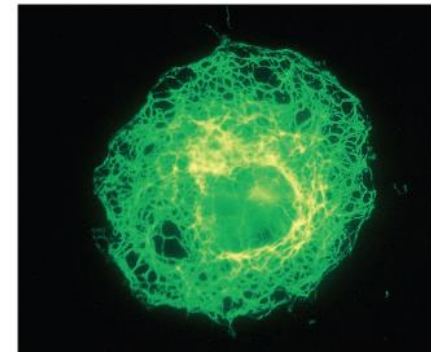
FIGURA 4-25 | Microfilamenti.

(a) Ogni microfilamento è costituito da due catene di molecole di actina intrecciate tra loro. (b) Questa fotografia al microscopio confocale a fluorescenza di un fibroblasto (cellula del tessuto connettivo) mostra molti fasci di microfilamenti (*in verde*).



(a)

Filamento intermedio



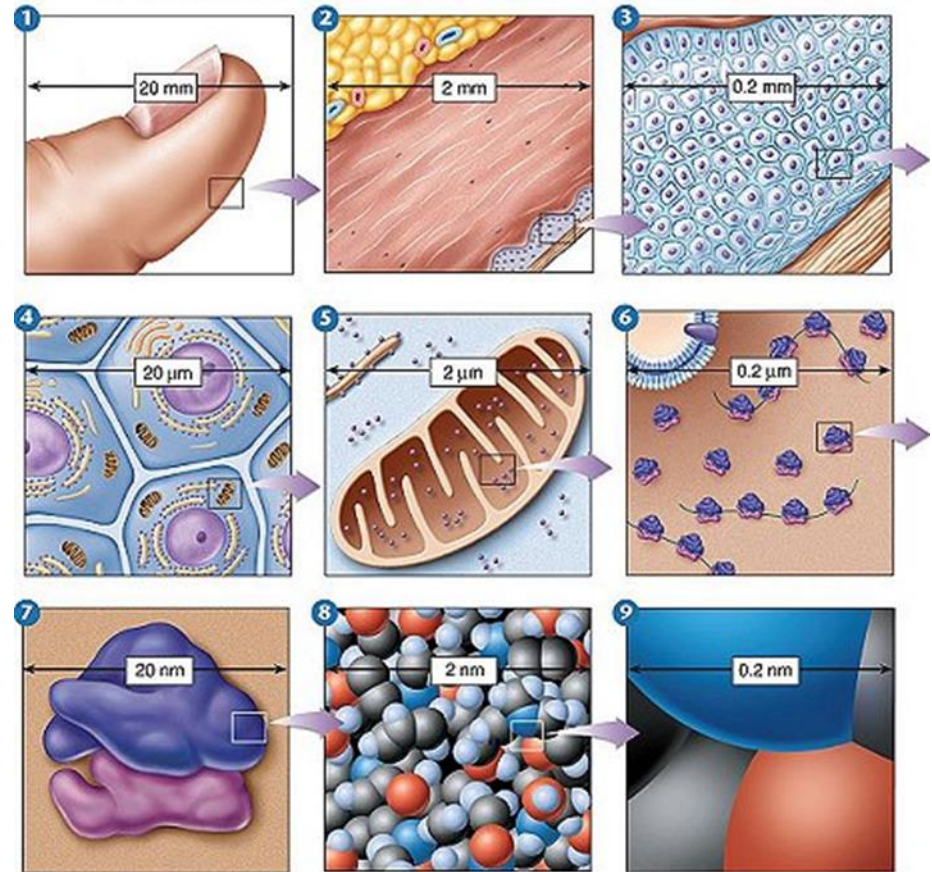
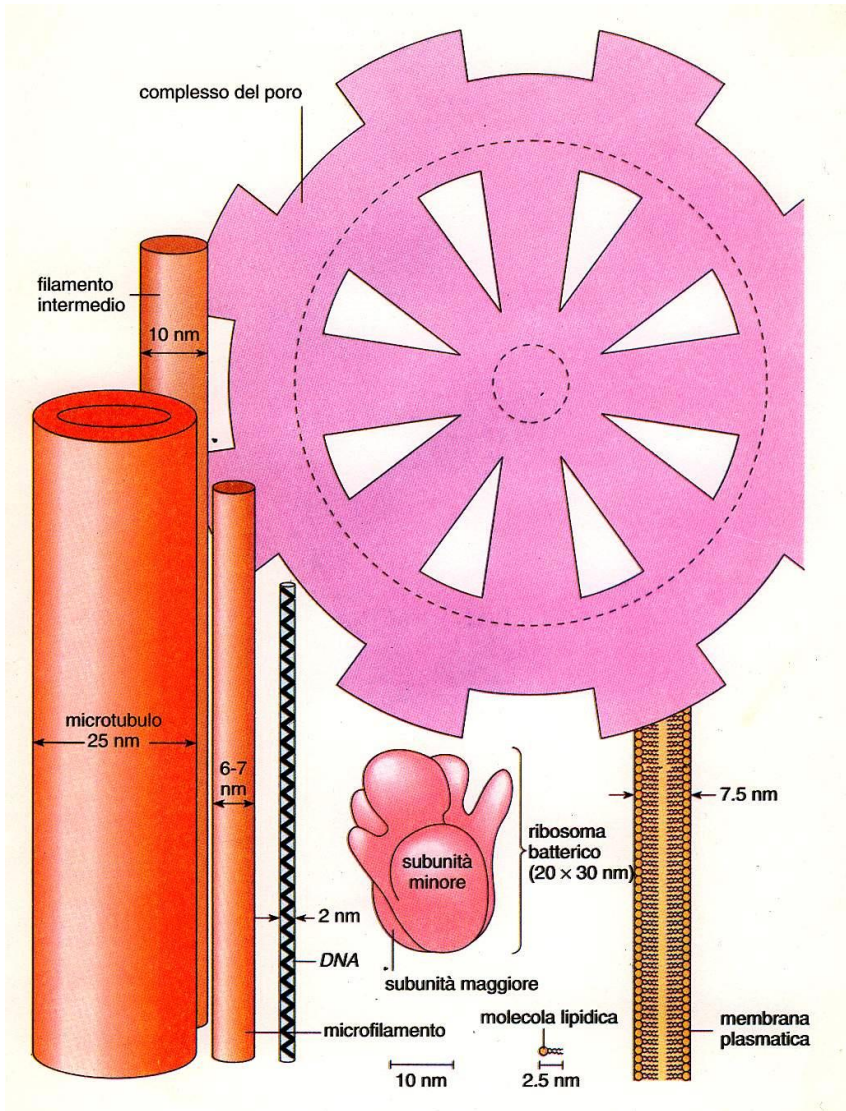
(b)

K.G. Murti/Visuals Unlimited

FIGURA 4-26 | Filamenti intermedi.

(a) I filamenti intermedi sono bastoncini flessibili di circa 10 nm in diametro. Ogni filamento intermedio è costituito da protofilamenti che a loro volta sono costituiti da subunità proteiche avvolte ad elica. (b) In questa cellula umana isolata da una coltura tissutale, i filamenti intermedi sono colorati in verde.

Confronto dimensionale tra strutture cellulari eucariotiche



Fonte: Alberts et al., 2013

La matrice extracellulare (ECM), i complessi molecolari all'esterno della cellula

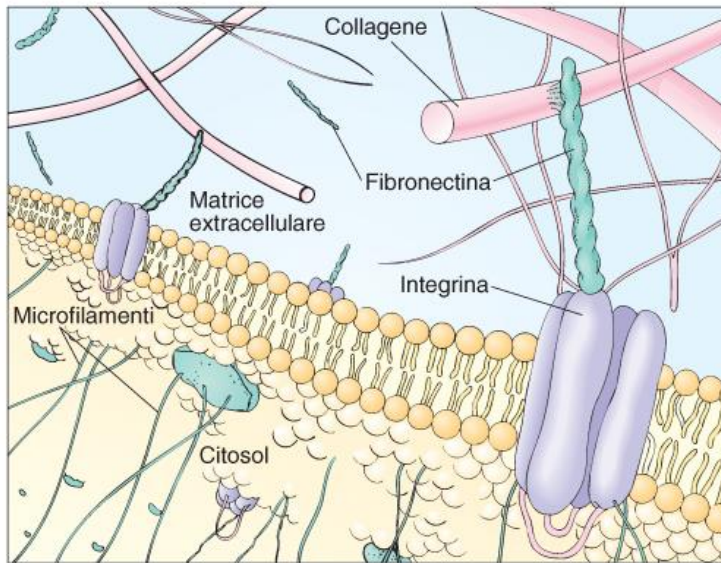
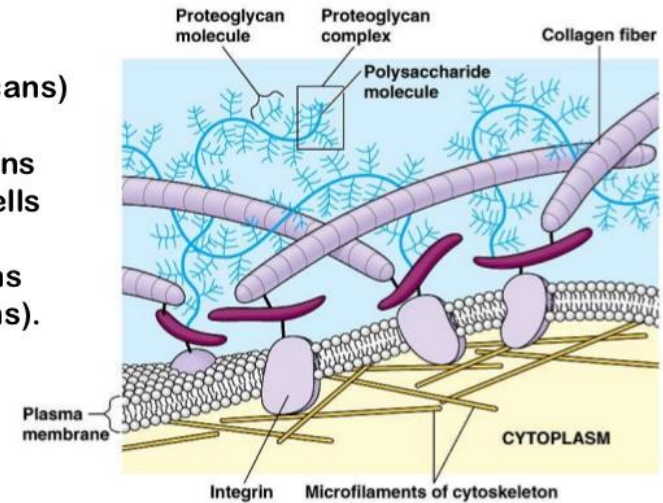


FIGURA 4-27 Matrice extracellulare (ECM).

Le fibronectine, glicoproteine della ECM, si legano alle integrine e ad altri recettori nella membrana plasmatica.

The ECM contains 3 classes of molecules:

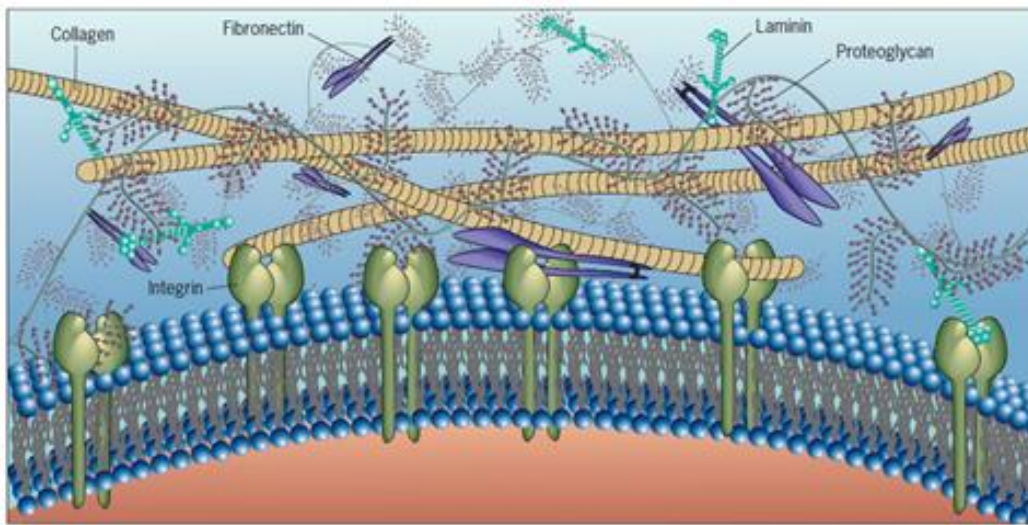
- structural proteins (collagens and elastins)
- protein-polysaccharide complexes to embed the structural proteins (proteoglycans)
- adhesive glycoproteins to attach cells to matrix (fibronectins and laminins).



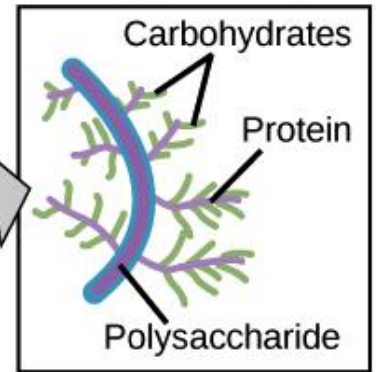
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

La matrice extracellulare contiene tre tipi di molecole:

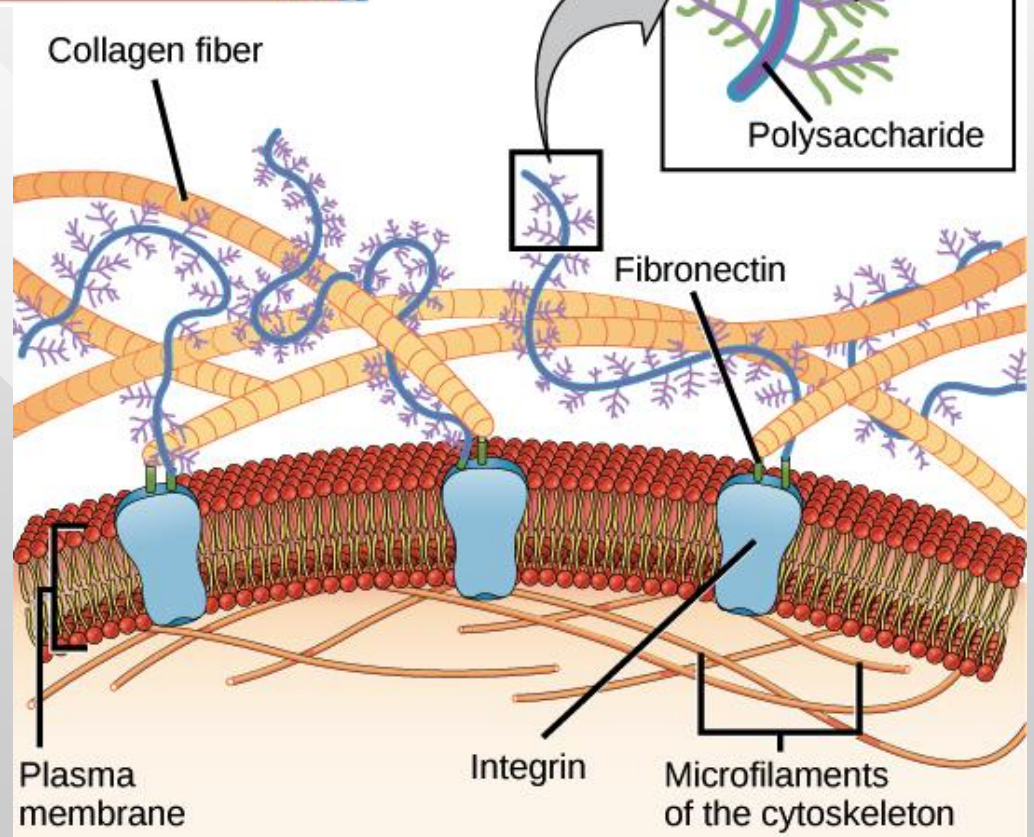
- **Proteine strutturali** (collagene ed elastina)
- **Proteoglicani** (complessi formati da proteine e polisaccaridi)
- **Glicoproteine di adesione** (fibronectine e laminine)



Proteoglycan complex



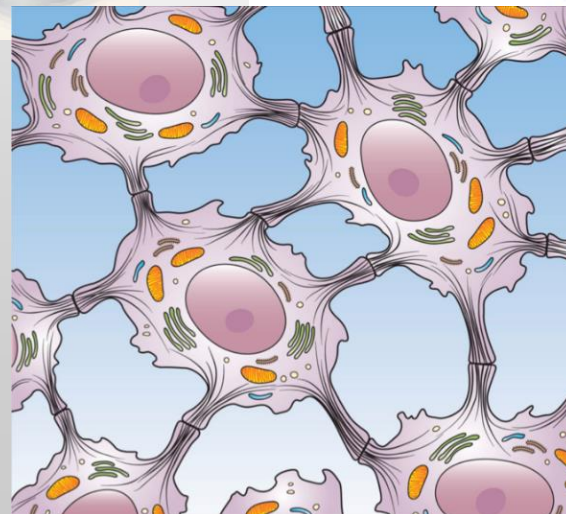
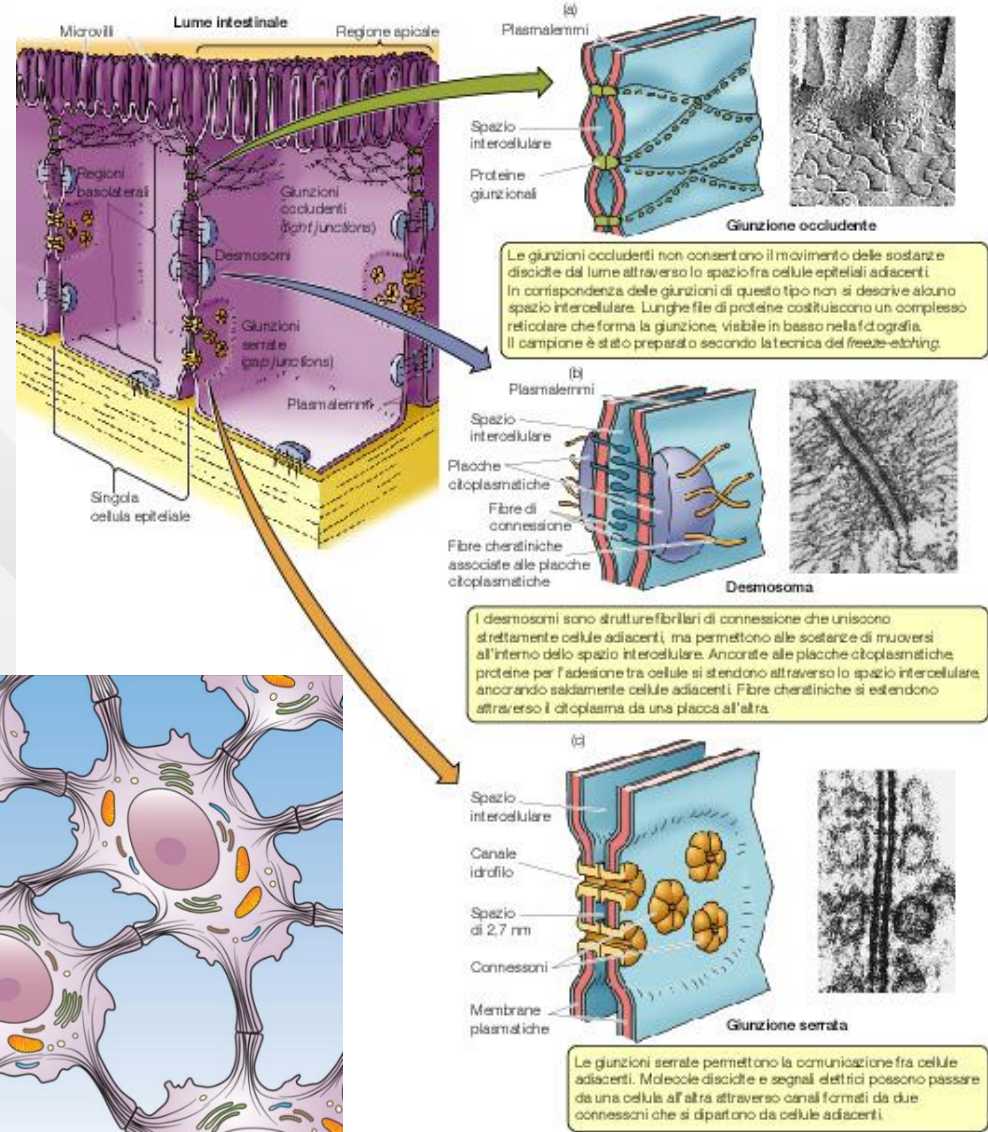
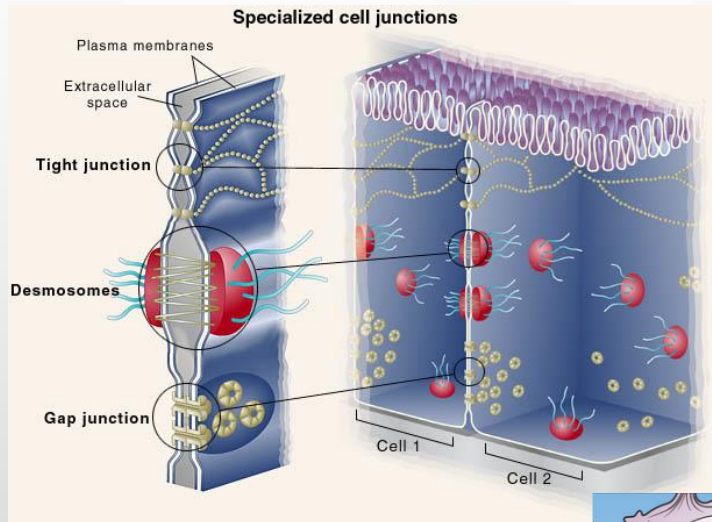
Struttura di una tipica matrice extracellulare contenente **collagene**, **proteoglicani**, **fibronectine** e **laminine**



Fonti: Sadava et al., 2014; 2019

Giunzioni cellulari: “collegamenti” tra cellule

Le giunzioni cellulari sono formate da complessi di proteine



- Giunzioni strette o occludenti (“tight junctions”)
- Desmosomi (“zonulae adherentes”)
- Giunzioni comunicanti o serrate (“gap junctions”)