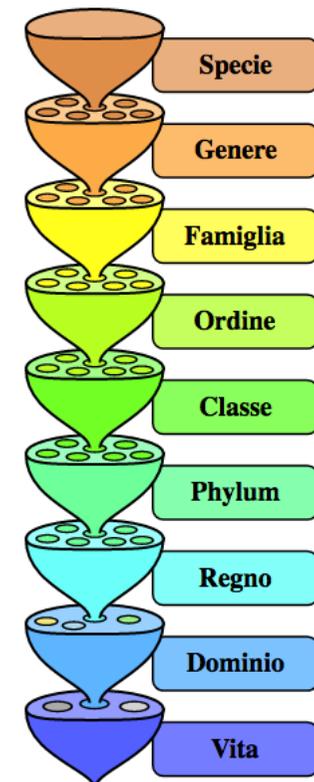
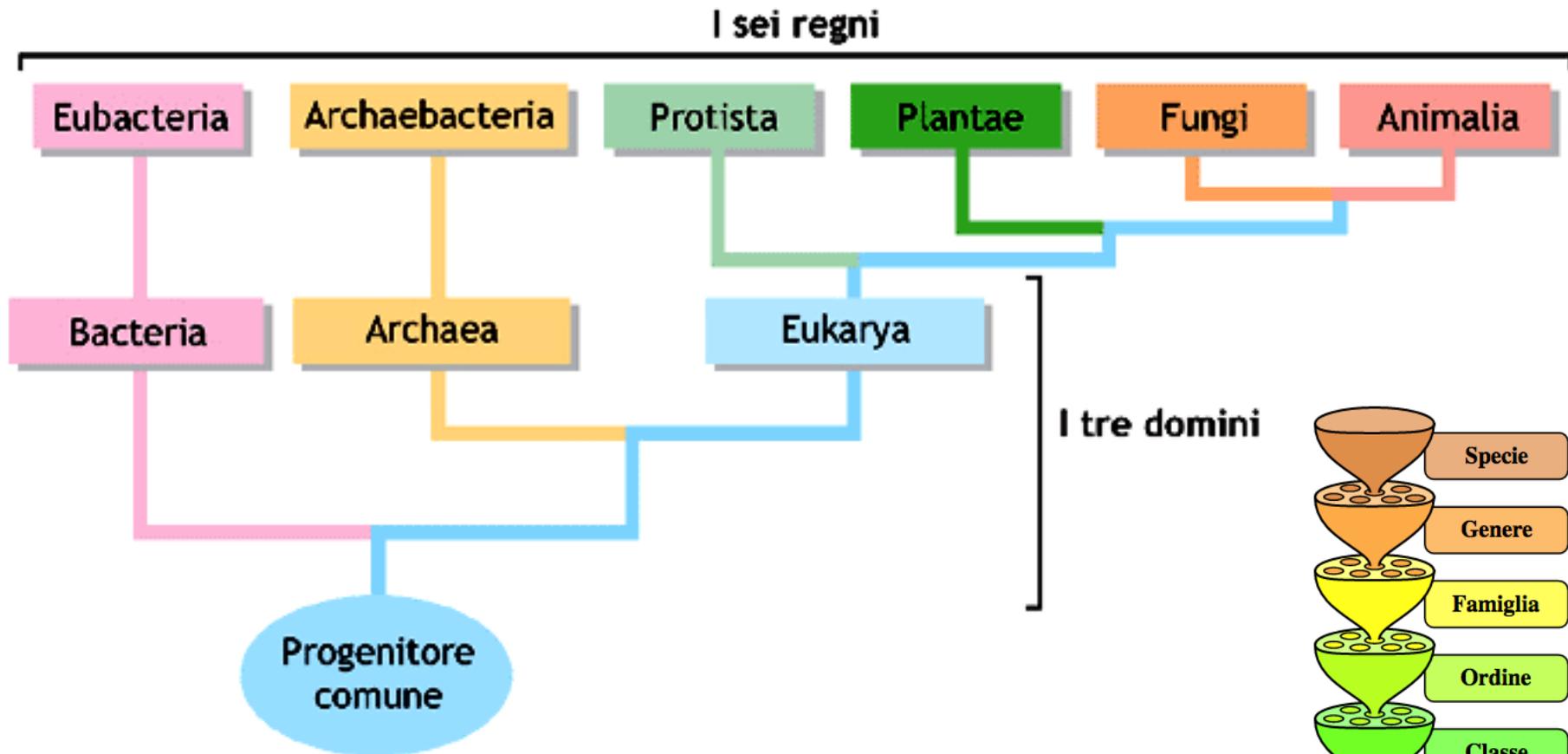


**LE BASI  
DELL'ORGANIZZAZIONE  
BIOLOGICA**

# LA CLASSIFICAZIONE DEGLI ORGANISMI



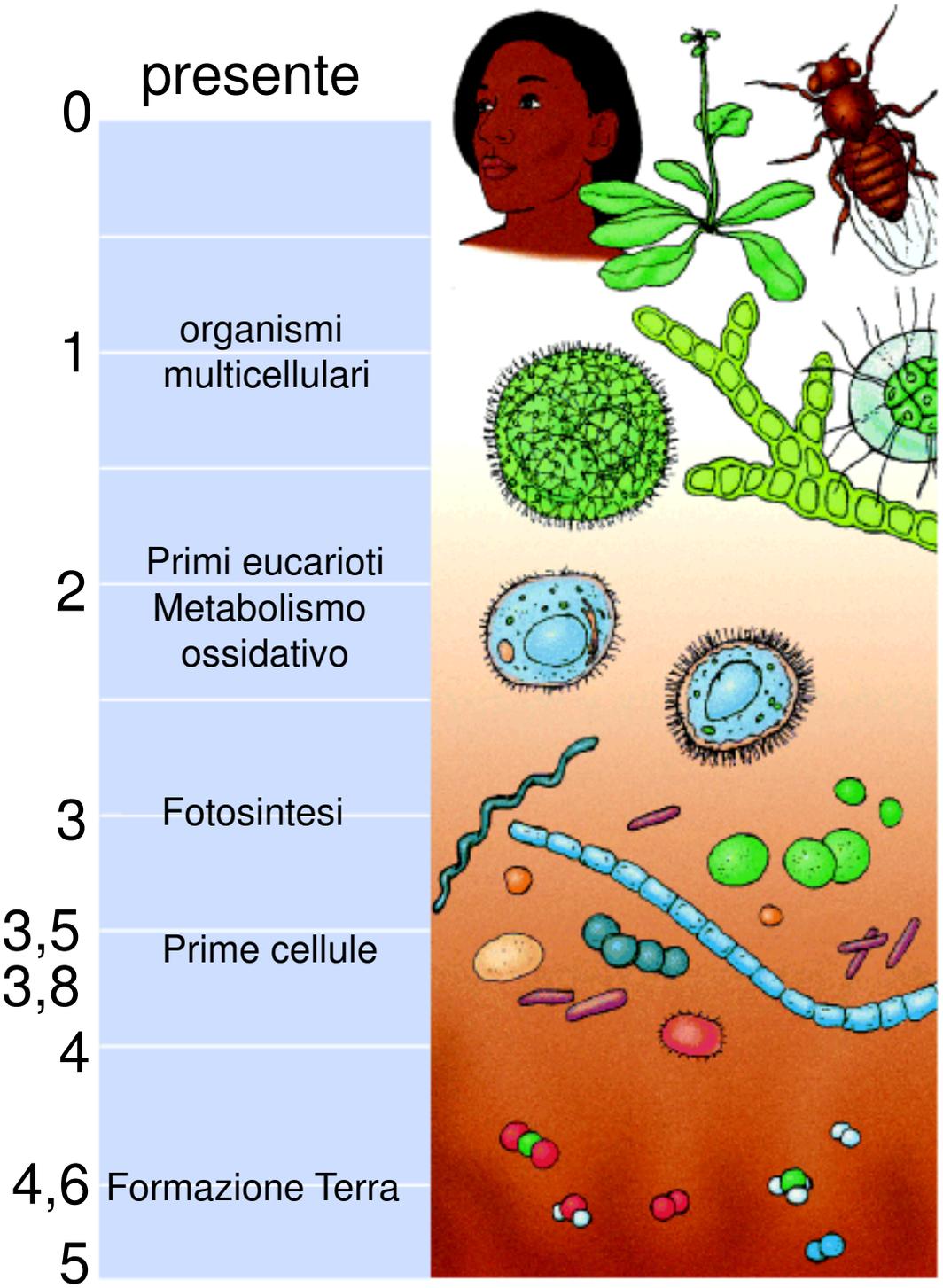
■ **Figura 2.1** I sei regni. Gli organismi dei regni correntemente riconosciuti sono derivati per divergenza da un unico progenitore comune.

**Se paragoniamo l'età della terra ad un giorno, l'uomo sarebbe comparso alla mezzanotte del giorno stesso!**

La vita ha avuto origine

3,5  
3,8

miliardi di anni fa



## EVOLUZIONE DELLA CELLULA

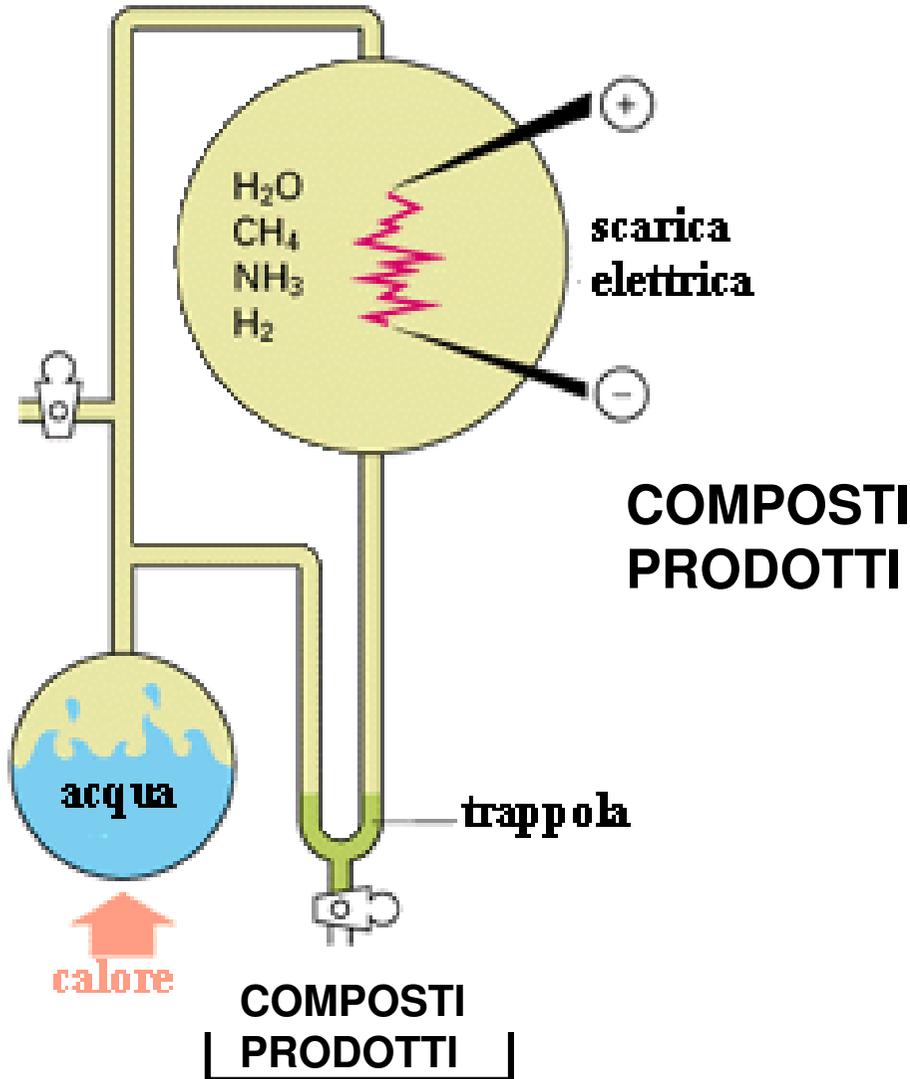


La **Terra** nei primi miliardi della sua esistenza era un posto violento con **eruzioni vulcaniche**, **lampi** e **piogge torrenziali**. L'**atmosfera** conteneva poco o niente ossigeno libero e consisteva principalmente di **CO<sub>2</sub>** e di **N<sub>2</sub>** oltre a piccole quantità di gas quali **H<sub>2</sub>**, **H<sub>2</sub>S** (acido solfidrico), e **CO**.  
Le **radiazioni ultraviolette** e le **scariche elettriche** hanno contribuito alla **formazione di molecole organiche semplici (composti del C)**.

# EVOLUZIONE DELLA CELLULA

## Esperimento di Stanley Miller (anni '50)

Dimostra la formazione spontanea di molecole organiche:  
amminoacidi, zuccheri, purine e pirimidine



$HCHO$	formaldeide
$HCOOH$	acido formico
$HCN$	acido cianidrico
$CH_2COOH$	acido acetico
$NH_2CH_2COOH$	glicina
$CH_2CHCOOH$	acido lattico
$OH$	
$NH_2CHCOOH$	alanina
$CH_3$	
$NH-CH_2COOH$	sarcosina
$CH_3$	
$NH_2-C(=O)-NH_2$	urea
$NH_2CHCOOH$	acido aspartico
$CH_2$	
$COOH$	

Presenti nelle cellule odierne



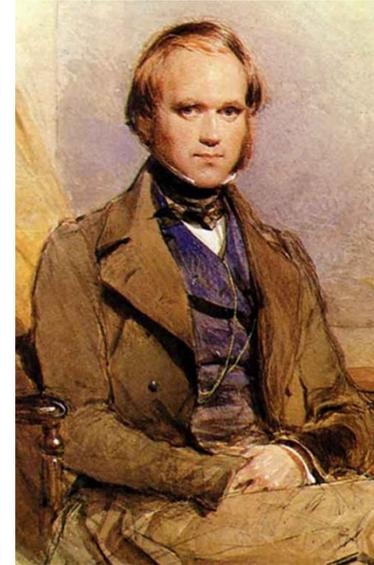
# La teoria dell'evoluzione



a I.2.1.2 Immagine del Beagle, il brigantino che ospitò Darwin nel suo viaggio esplorativo attorno al mondo.

Charles Darwin

(1809-1882)



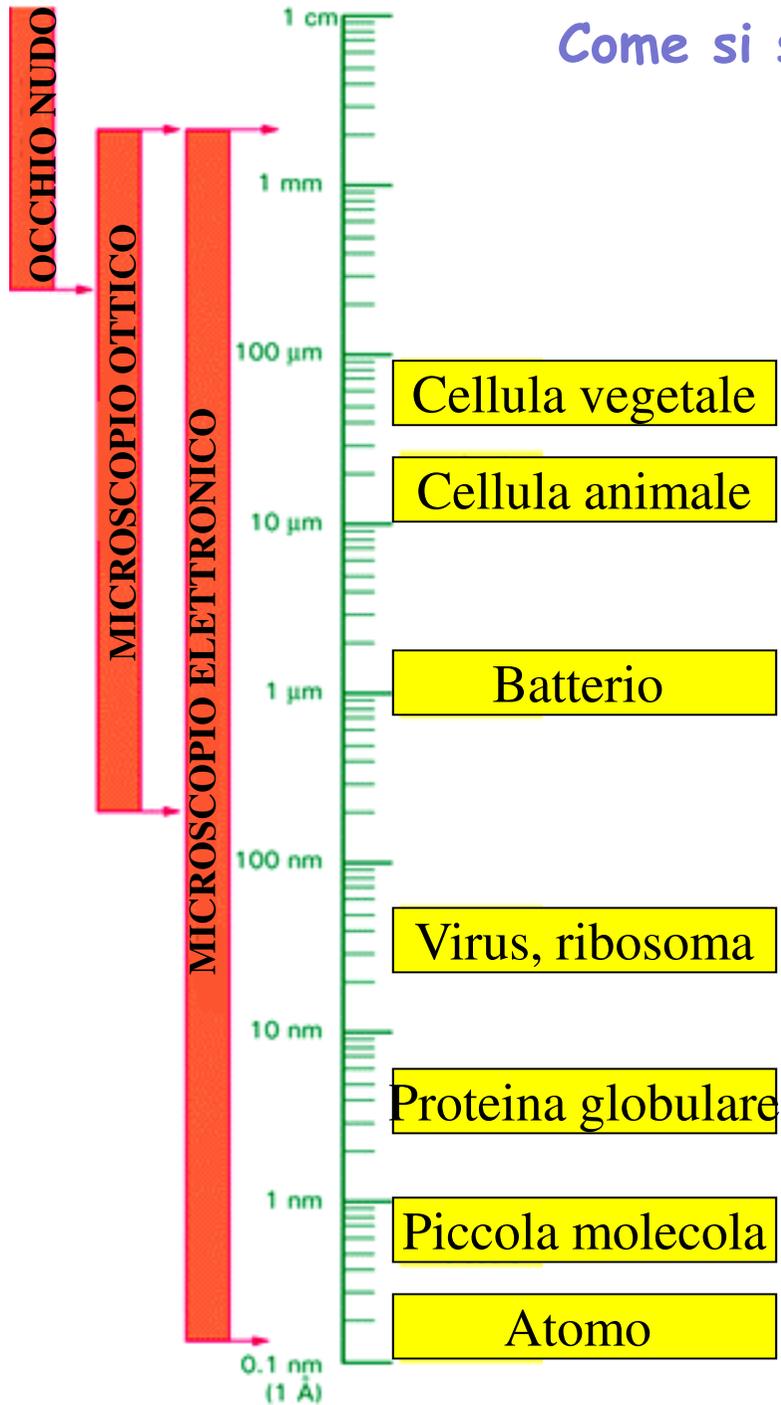
*...attraverso secoli le specie accumulano delle differenze: ne risulta che nuove specie si formano e le specie discendenti sono diverse da quelle ancestrali..*

The origin of species (published in 1859)

Meccanismo di evoluzione è la **selezione naturale**. Gli organismi competono per sopravvivere e così gli organismi che hanno un vantaggio in un determinato ambiente sopravvivono si riproducono trasmettendo le loro caratteristiche alla prole.

# Come si studiano le cellule e le macromolecole

## La microscopia



### Il potere di risoluzione

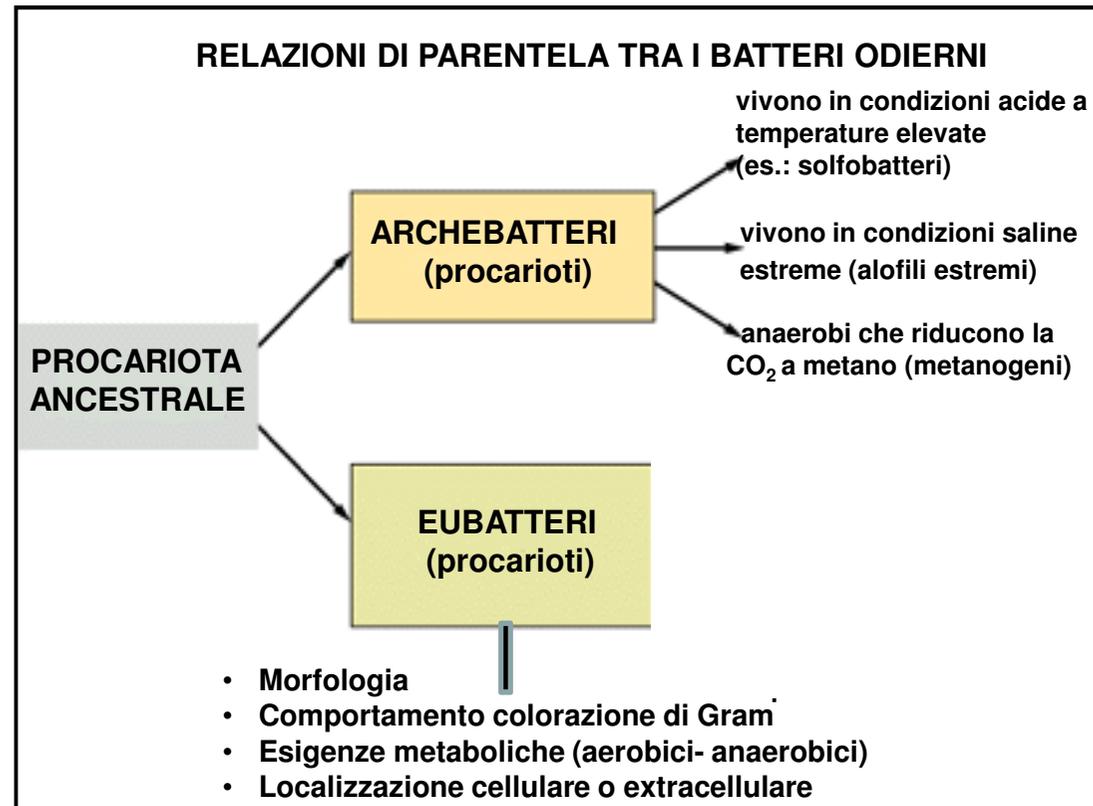
Le dimensioni delle cellule e dei loro componenti su scala logaritmica; si indicano le dimensioni degli oggetti che possono essere facilmente risolti ad occhio nudo, nel microscopio ottico (0.2 micrometri) e in quello elettronico (0.1 nanometri).

$$\mu\text{m (micrometro)} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{nm (nanometro)} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{\AA (ångström, non più in uso nel S.I.)} = 10^{-10} \text{ m}$$

# PROCARIOTI

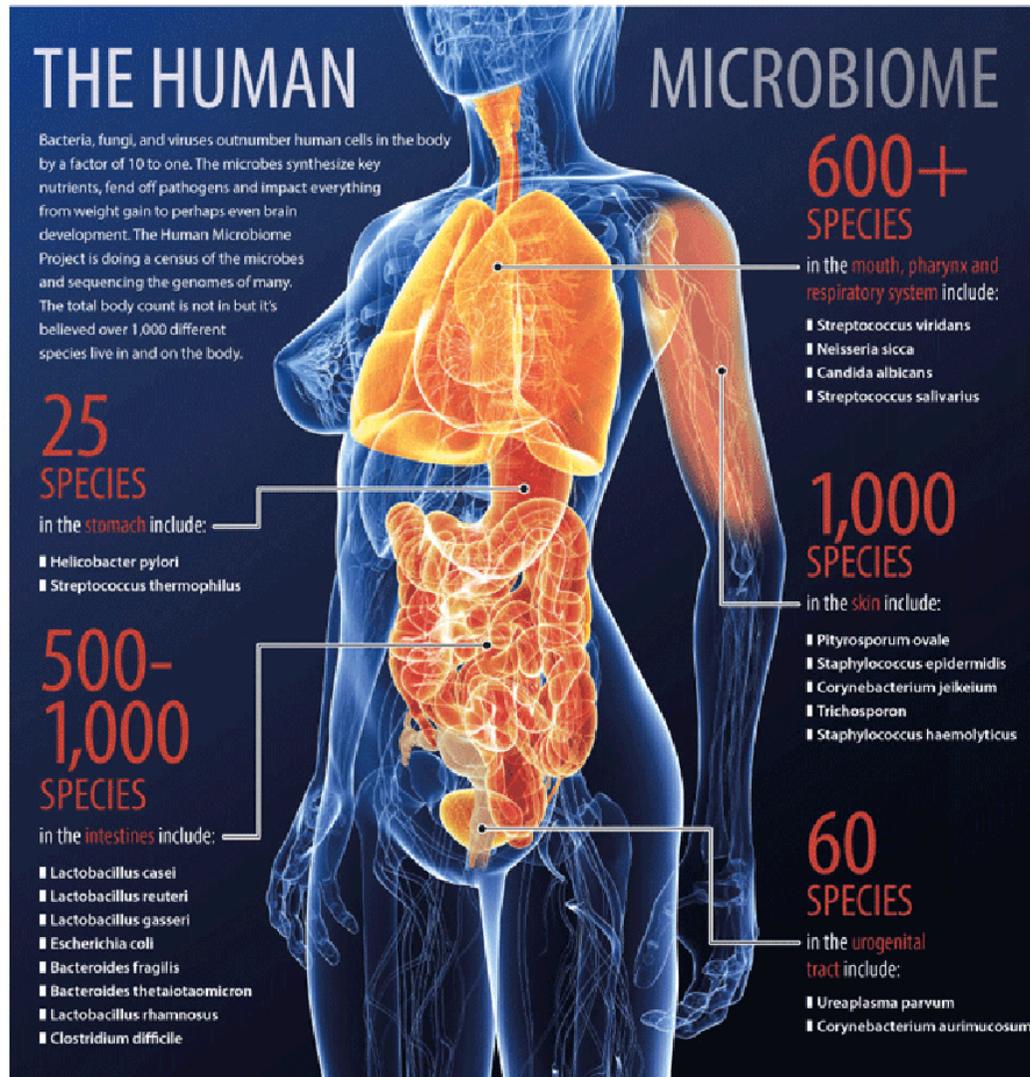


## Batteri fotosintetici e cianobatteri

**Fotosintesi:** sostanze organiche – principalmente carboidrati – a partire dall'anidride carbonica atmosferica e dall'acqua metabolica, in presenza di luce solare. Come sottoprodotto della reazione si producono sei molecole di ossigeno, che la pianta libera nell'atmosfera attraverso gli stomi che si trovano nella foglia.

**Fissazione dell'azoto:**  $N_2 + 8H^+ + 6e^- \rightarrow 2NH_4^+$

# I batteri buoni....



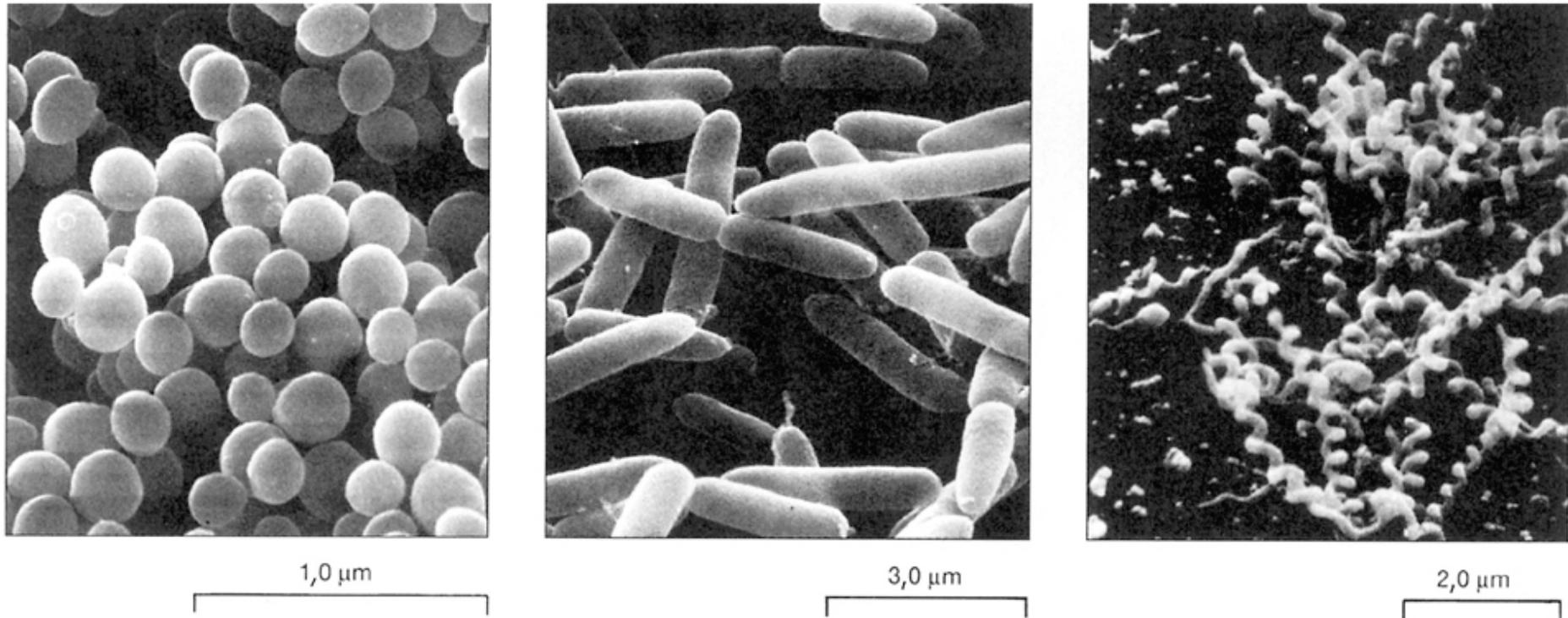
SOURCES: NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, SCIENTIFIC AMERICAN; HUMAN MICROBIOME PROJECT

Dean Tweed - POSTMEDIA NEWS / IMAGE: Fotolia



Urolitina A  
Protegge la muscolatura

# LA CELLULA PROCARIOTICA



■ **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 bastoncelli; spirilli, batteri a spirale provvisti di flagelli alla estremità.

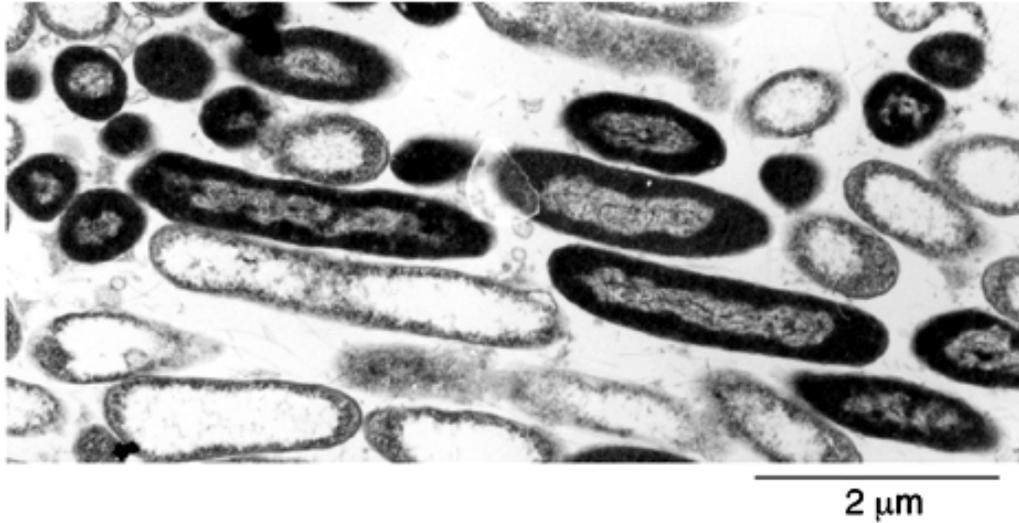
**Cocchi:** Gli stafilococchi sono batteri aerobi ospiti abituali della cute, cioè della pelle, e delle mucose (soprattutto nel rinofaringe, cioè nasale) e non penetrano nell'organismo attraverso lesioni cutanee.

Gli *Enterococcus faecalis* trovano normalmente nell'intestino dell'uomo e di vari animali.

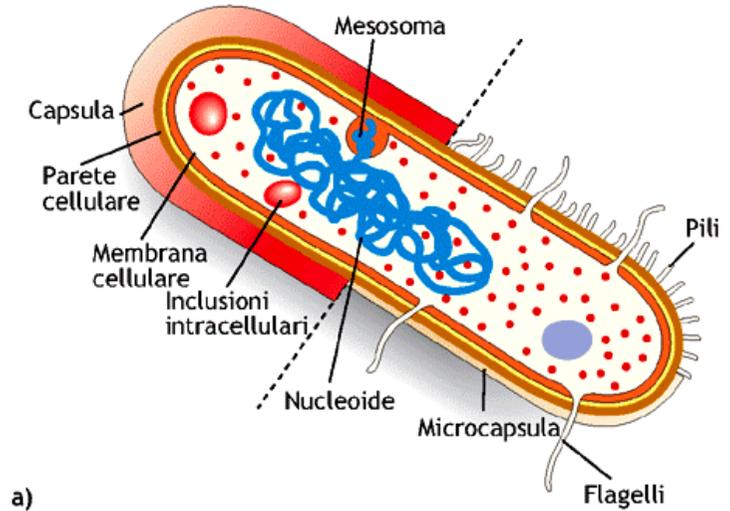
**Bacilli:** *Clostridium tetani*

**Spirocheti-** responsabili della sifilide e della malattia di Lyme

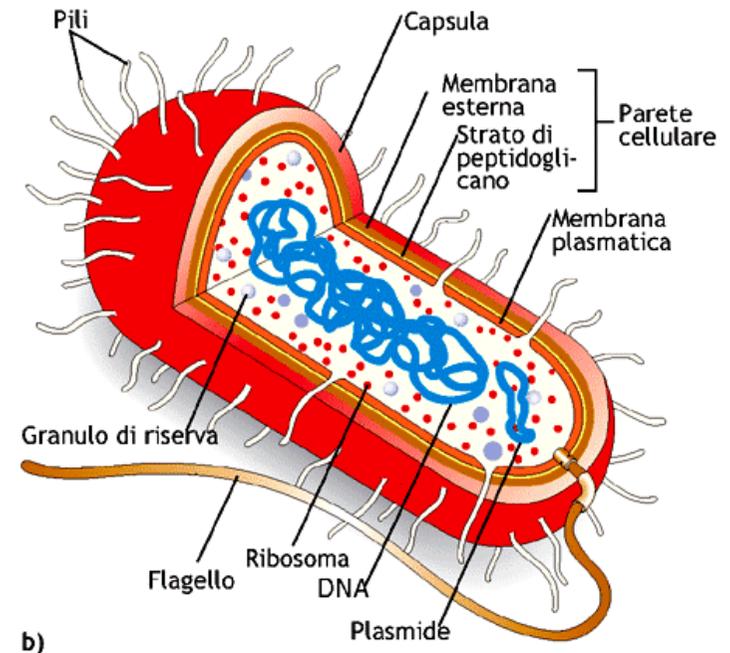
# LA CELLULA PROCARIOTICA



■ **Figura 2.9** I batteri sono cellule molto semplici. Cellule batteriche osservate al microscopio elettronico a trasmissione in sezione longitudinale e trasversale. Da notare l'estrema semplicità di organizzazione. Il DNA della cellula si trova nelle zone a colorazione chiara. (Foto Di Bella).



a)



b)

■ **Figura 2.11** Schema delle principali strutture riscontrabili in una generica cellula batterica. (a) A sinistra della linea tratteggiata sono indicate le strutture di un batterio provvisto di capsula batterica e privo di appendici; a destra della linea tratteggiata è mostrata una cellula batterica con pili e flagelli. (b) Spaccato di una cellula batterica con pili e flagello.

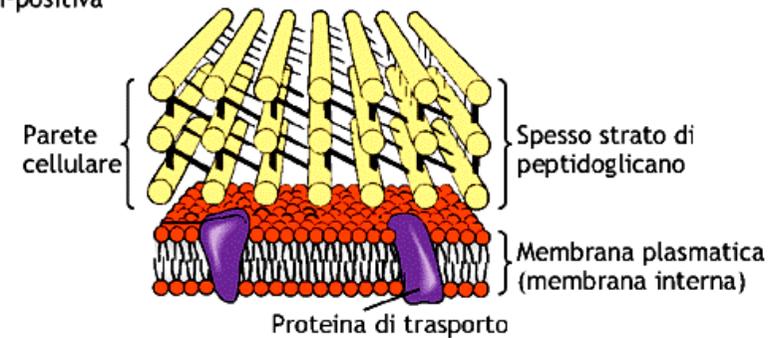
# LA CELLULA PROCARIOTICA

!!!!La penicillina agisce solo sui Gram Positivi!!!!

Parete cellulare gram-positiva

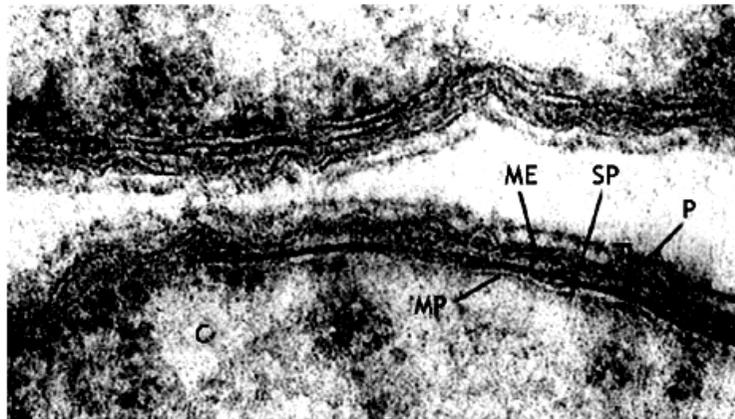


a)

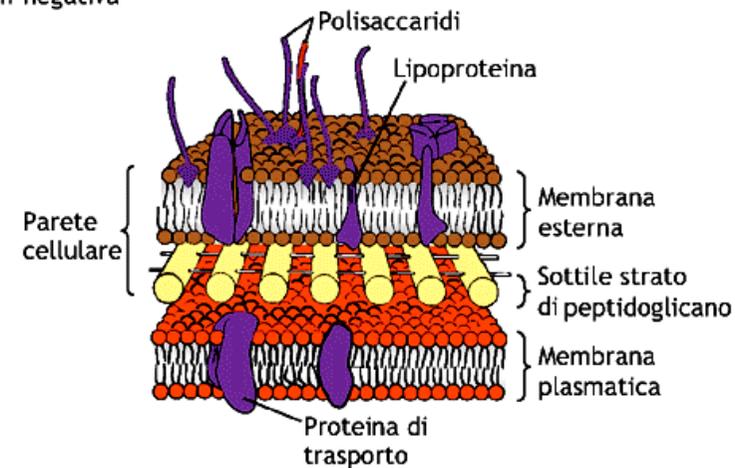


b)

Parete cellulare gram-negativa



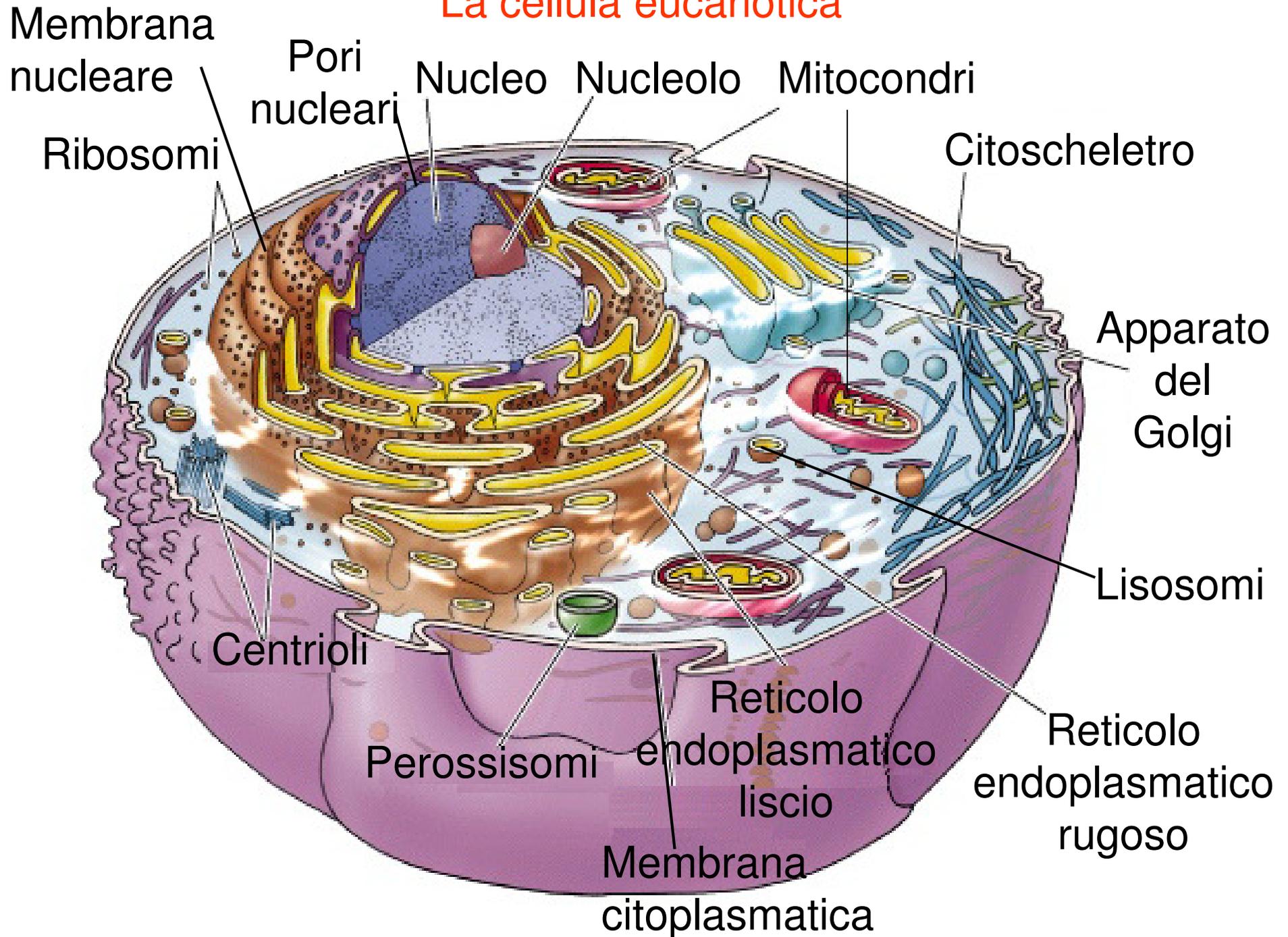
c)



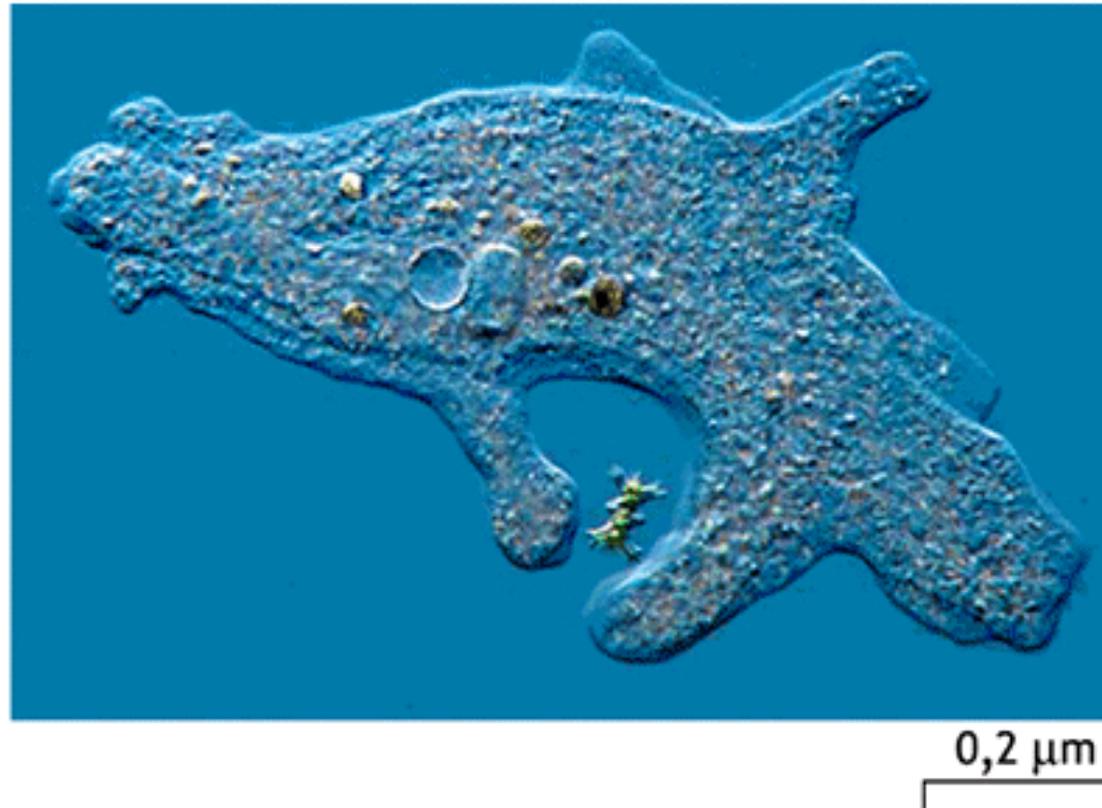
d)

**Figura 2.10** La parete cellulare batterica. (a,b) Nei batteri gram-positivi la parete cellulare è costituita da molti strati di peptidoglicani uniti tra loro da amminoacidi; (c,d) nei batteri gram-negativi un sottile strato di peptidoglicani è ricoperto da una spessa membrana esterna di fosfolipidi. Notare come la parete gram-positiva appaia uniforme, mentre la parete dei gram-negativi ha una struttura più complessa e con più strati. C = citoplasma; W e P = parete; ME = membrana esterna; MP = membrana plasmatica; SP = spazio periplasmatico. a e c: Micrografie al TEM.

# La cellula eucariotica



# LA CELLULA EUCARIOTICA



**Figura 2.21 Eucarioti unicellulari.** Tra gli eucarioti si riscontrano anche organismi unicellulari, come le amebe, protozoi caratterizzati dalla presenza della sola membrana plasmatica e dalla formazione di lunghi processi, gli pseudopodi o falsi piedi, con i quali la cellula riesce a muoversi.

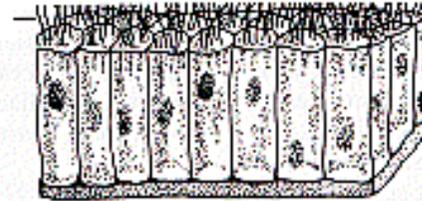
# Sviluppo di organismi multicellulari

Il corpo umano è composto da più di 200 tipi diversi di cellule che sono componenti di 5 tipi principali di tessuti: tessuto epiteliale, tessuto connettivo, sangue, tessuto nervoso e muscolo.

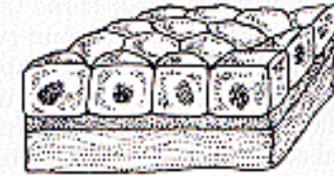
## EPITELIALE



squamoso

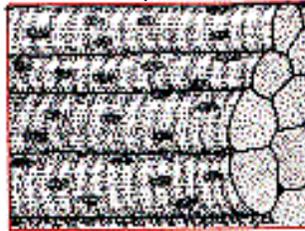


colonnare

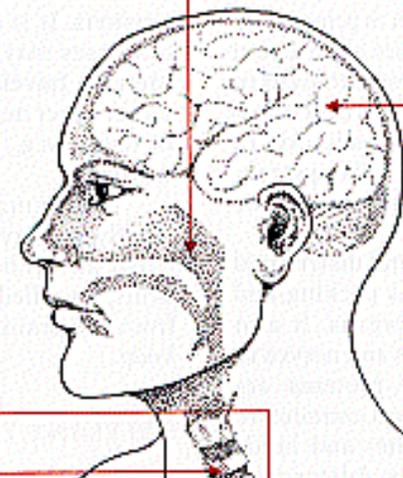


cuboide

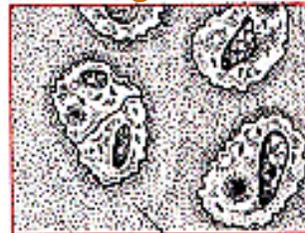
## MUSCOLO (scheletrico)



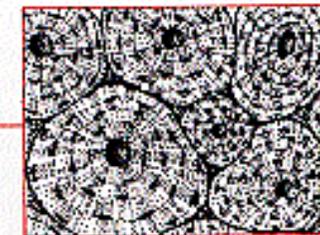
## Nervoso



## CONNETTIVO cartilagine

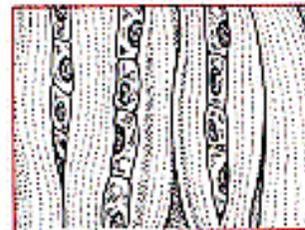


## Osso

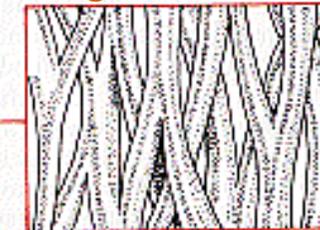


## tendini

Matrice extracellulare



## Legamenti



## SANGUE

serie bianca →

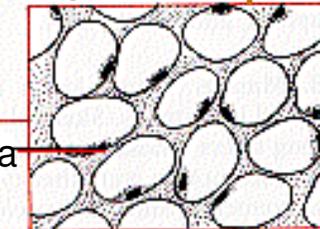


serie rossa →



piastrine

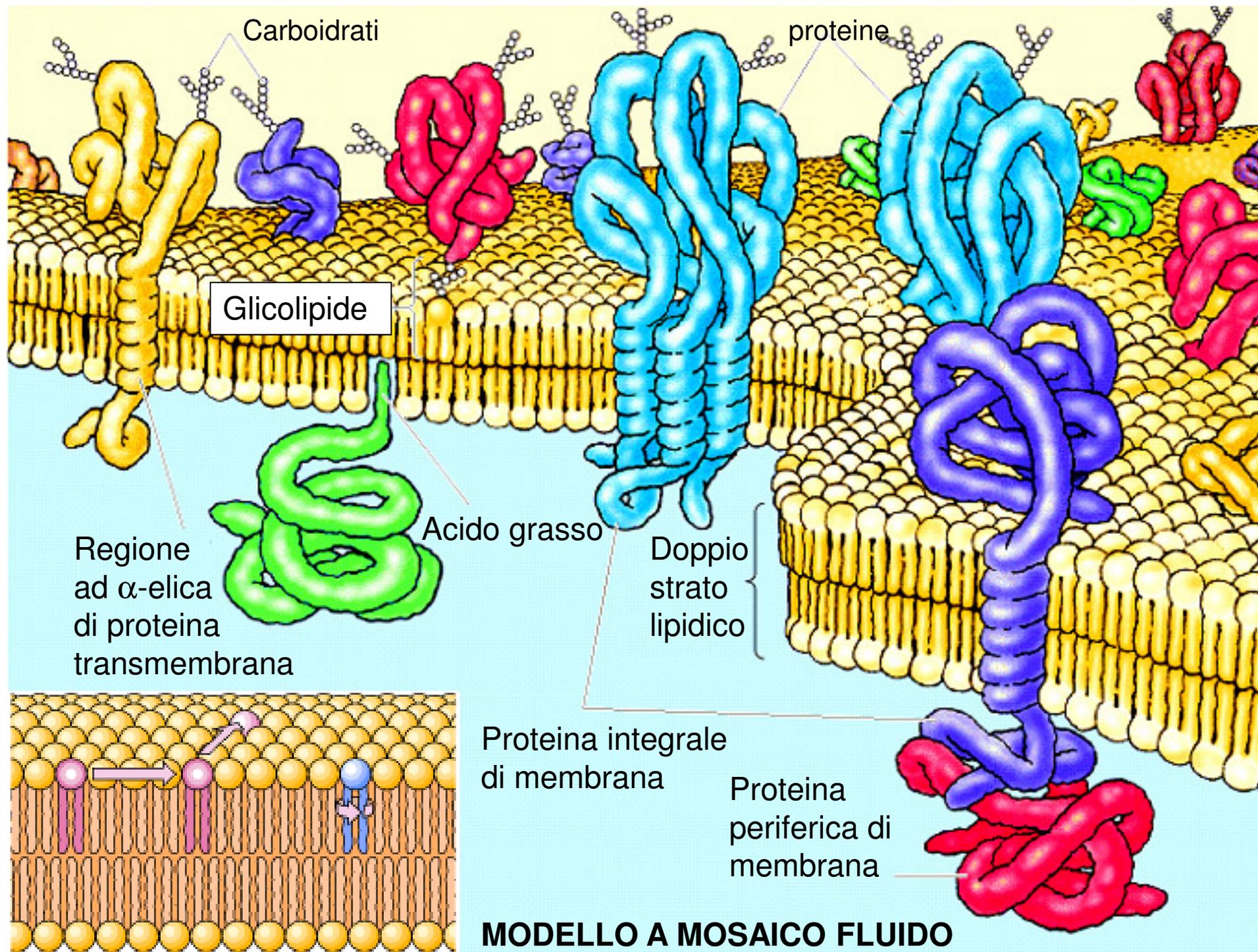
## Tessuto adiposo



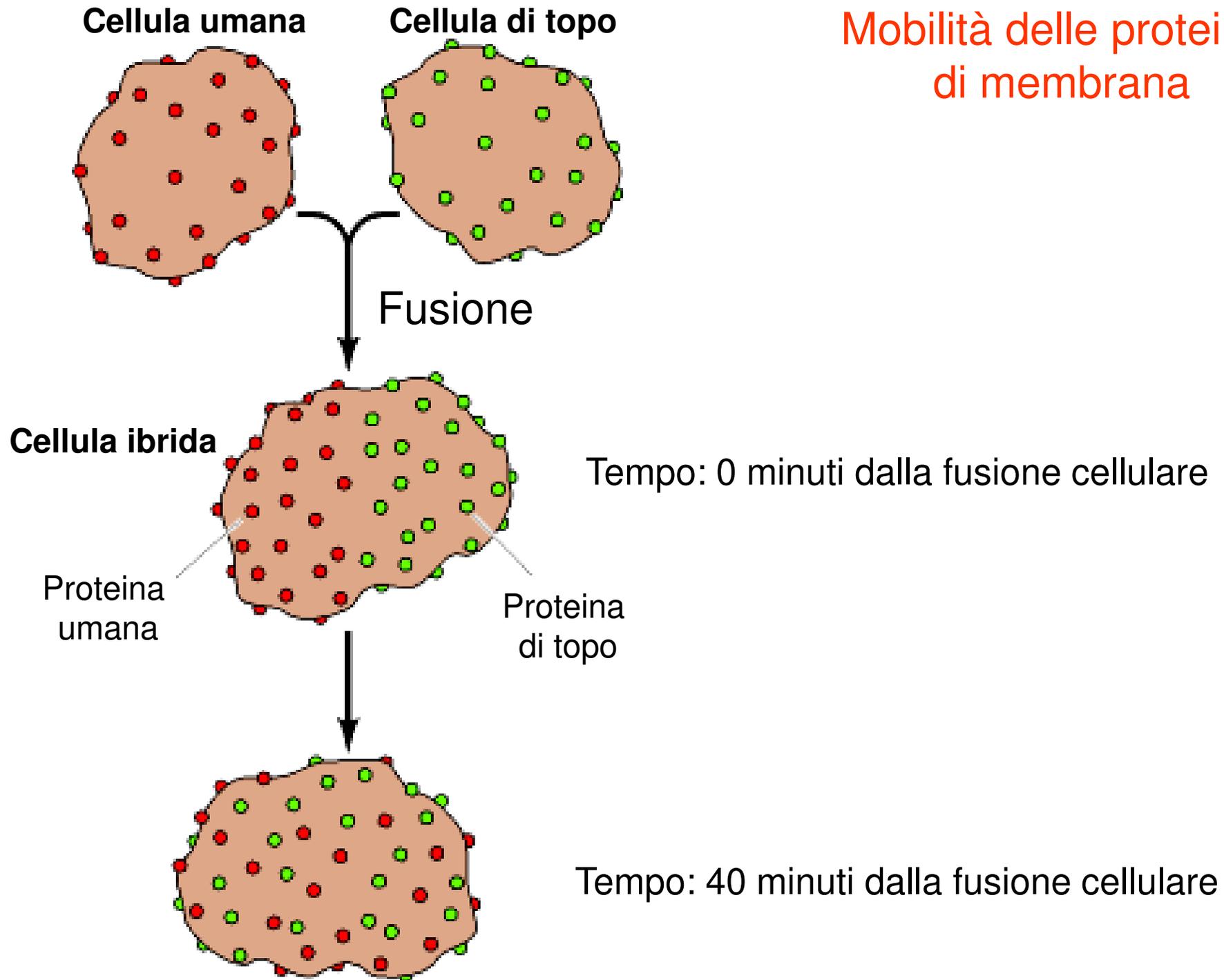
Citoplasma

## 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 $\mu\text{m}$	da 5 a 100 $\mu\text{m}$
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



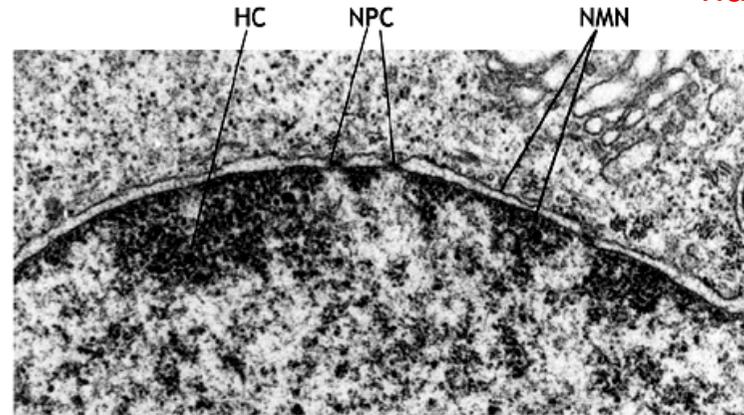
# Mobilità delle proteine di membrana



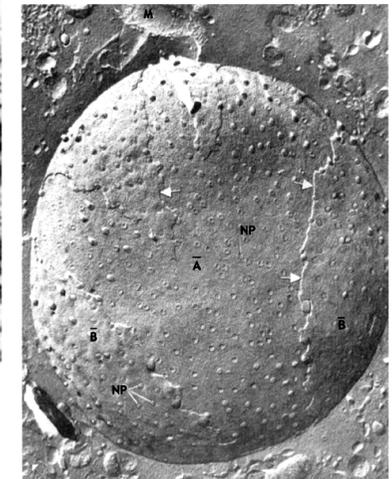
# Il nucleo funge da centro di informazioni

## La membrana nucleare

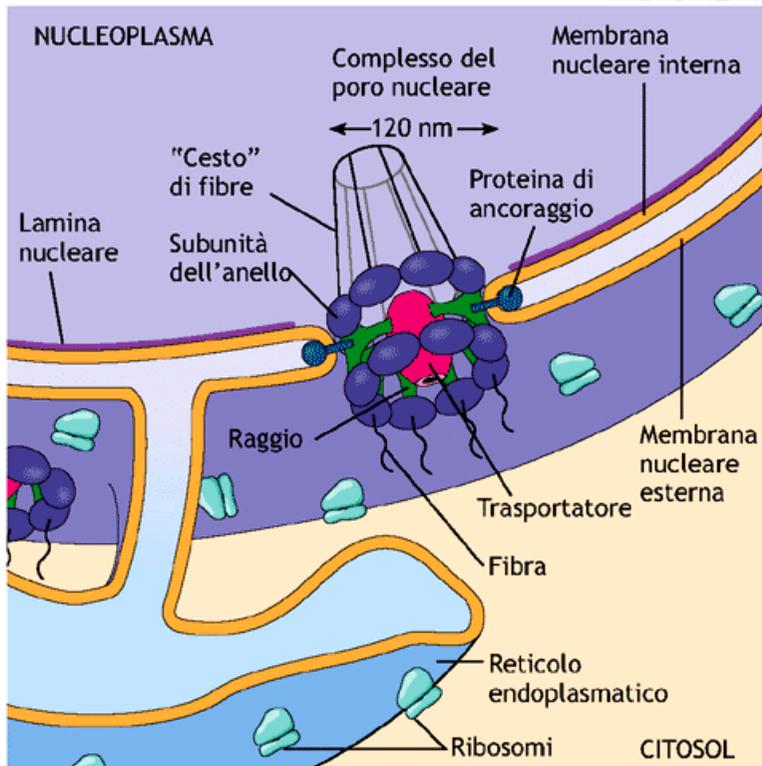
eterocromatina complesso del poro nucleare doppia membrana nucleare



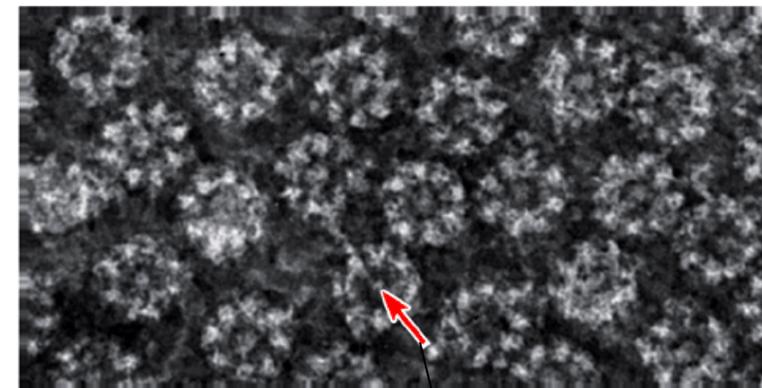
1 μm



**Pori nucleari:**  
strutture  
ottagonali



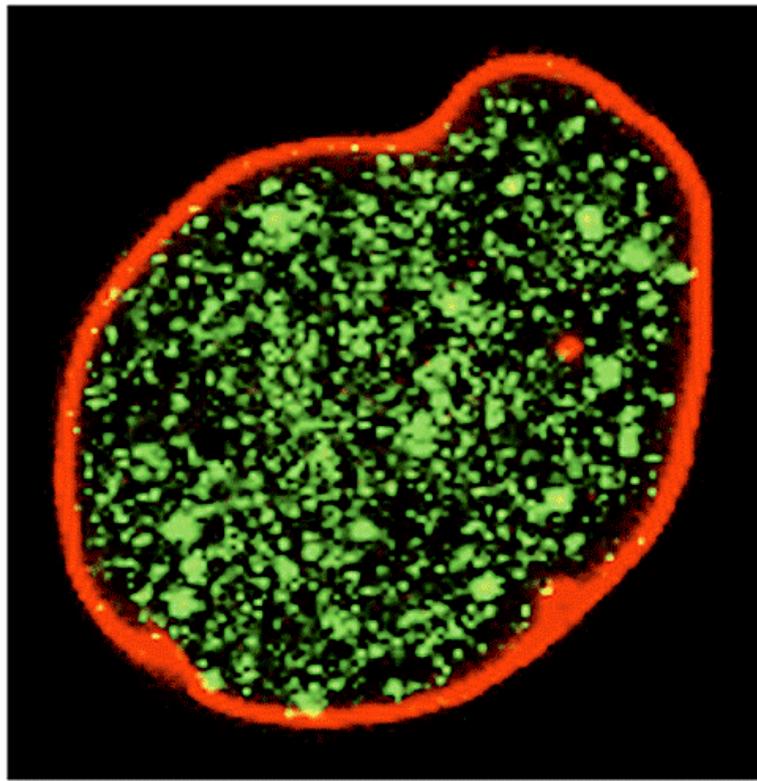
Continuità  
della m.n. con  
quella del  
RER



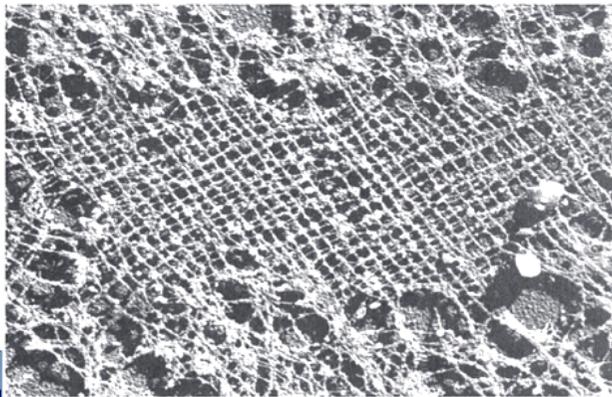
Pori nucleari

0,25 μm

## La lamina nucleare conferisce rigidità strutturale

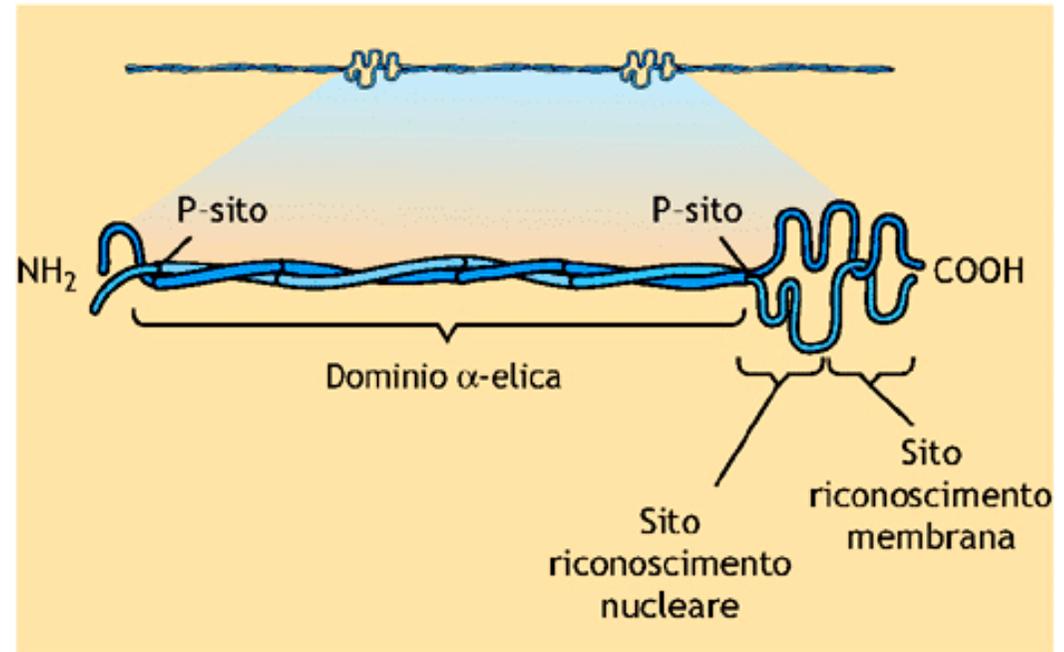


a) 2  $\mu$ m



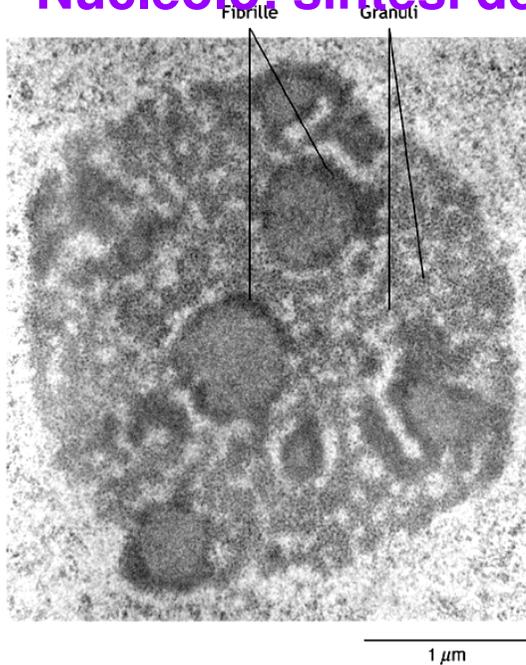
b) 1  $\mu$ m

■ **Figura 2.53 Lamina nucleare.** (a) Nucleo di una cellula umana in coltura trattata con un anticorpo marcato con coloranti fluorescenti che rivelano la presenza della lamina nucleare (rosso) adiacente alla membrana nucleare interna; (b) veduta superficiale della lamina nucleare in un oocita di rana in cui l'involucro nucleare è stato estratto con detergente e preparato mediante congelamento-essiccamento ed ombreggiatura con metalli.

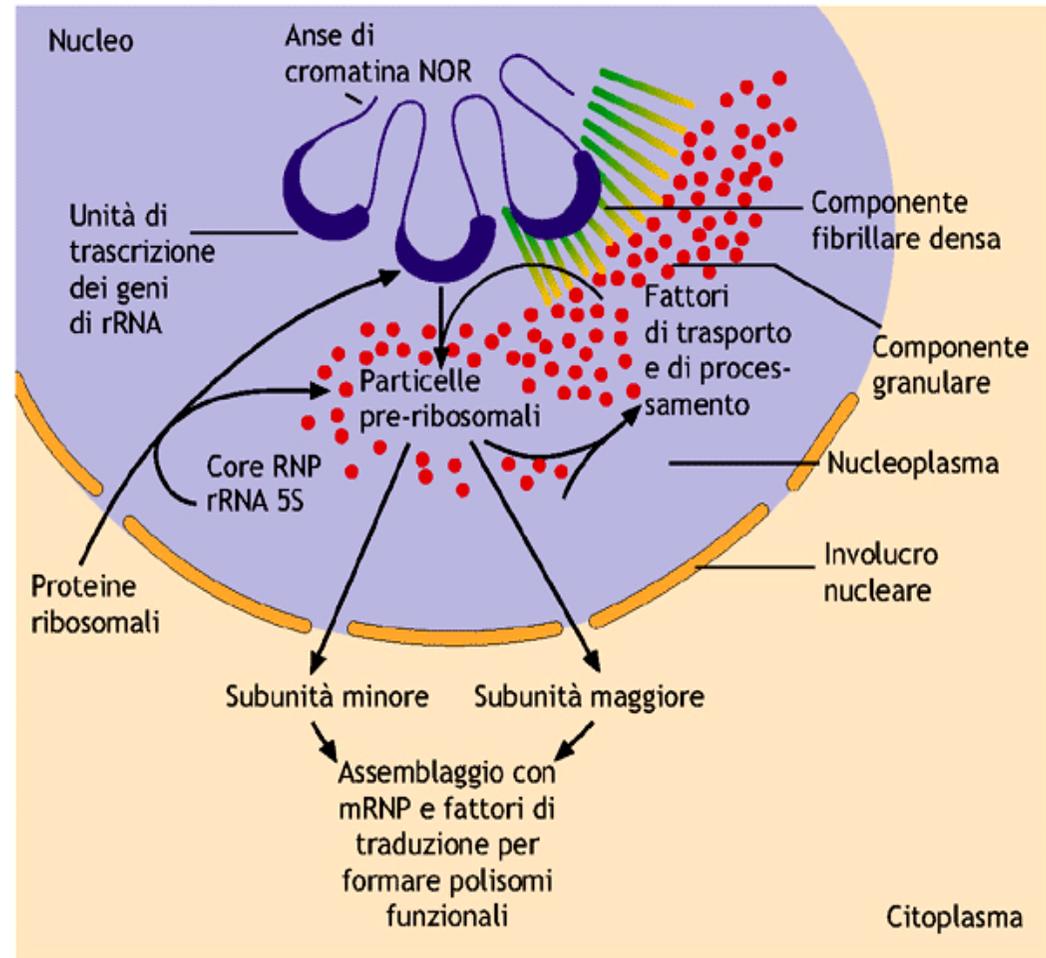
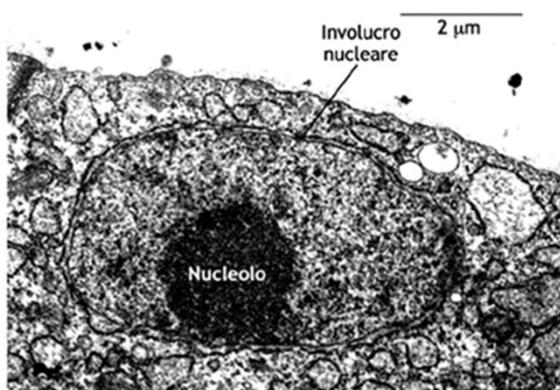


■ **Figura 2.54 Schema generale della organizzazione molecolare delle lamine nucleari.** Le molecole formano dei dimeri che hanno un dominio centrale lineare composto da  $\alpha$ -elica coiled-coil, fiancheggiato da due domini globulari che comprendono le estremità terminali. Qui sono presenti dei siti di fosforilazione (P-sito) che regolano l'assemblaggio e il disassemblaggio delle lamine durante la divisione cellulare.

# Nucleolo: sintesi dell'RNA ribosomale



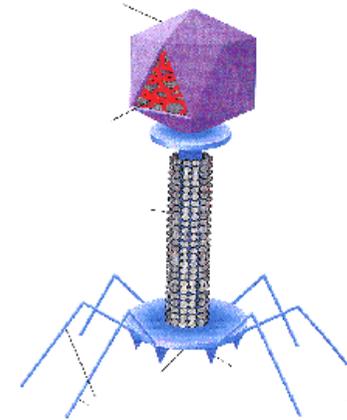
■ **Figura 2.57 Il nucleolo.** Micrografia elettronica di sezione ultrasottile di un nucleolo tipico. Sono evidenti i centri fibrillari e la componente granulare che rappresenta le subunità ribosomali neoassemblate.



## DNA: strategie di compattamento

Una delle più sorprendenti caratteristiche di virus, cellule batteriche e cellule eucariotiche, è l'enorme discrepanza esistente tra la lunghezza del loro DNA e lo spazio, estremamente limitato, in cui tale DNA deve essere accolto.

Per es: il DNA del **batteriofago T4** ha una lunghezza di  $60 \times 10^{-6}$  metri, mentre la testa ha un diametro pari a  $80 \times 10^{-9}$  metri. Il DNA per essere contenuto nella testa deve essere ridotto di **1000 volte**.



Una cellula di **Escherichia coli**, di dimensioni pari a  $1 \text{ nm} \times 1 \text{ nm} \times 4 \text{ nm}$ , contiene tutto il proprio programma genetico in una singola molecola di DNA le cui dimensioni, in forma completamente distesa, corrispondono a circa  $1 \text{ mm}$ ; vale a dire che la molecola del DNA è circa **250** volte più lunga della cellula che la contiene.



Il nucleo di una **cellula somatica umana** dal diametro medio di circa  $5 \text{ }\mu\text{m}$ , contiene una quantità di DNA ( $3 \times 10^9$  nucleotidi) che, in forma completamente distesa, avrebbe una lunghezza pari a **1,7 metri**, cioè **350.000** volte superiore al diametro del suo contenitore.



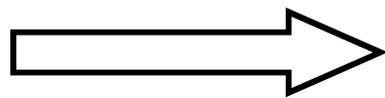
## DNA: strategie di compattamento negli eucarioti

### Cromatina

I complessi tra DNA eucariotico e proteine si chiamano **cromatina**.

Le proteine principali della cromatina sono gli **istoni**.

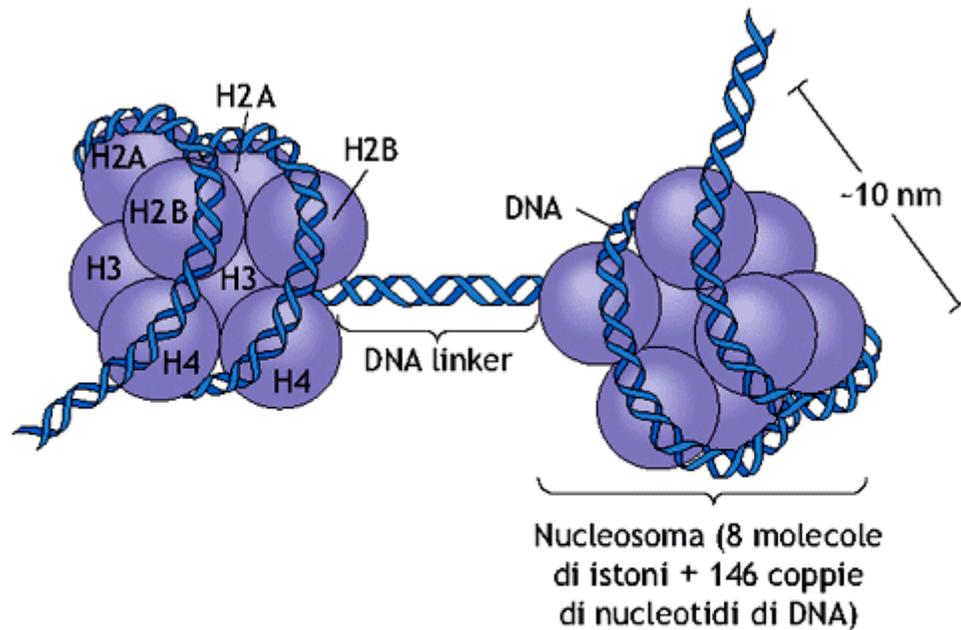
1. H1
2. H2A
3. H2B
4. H3
5. H4



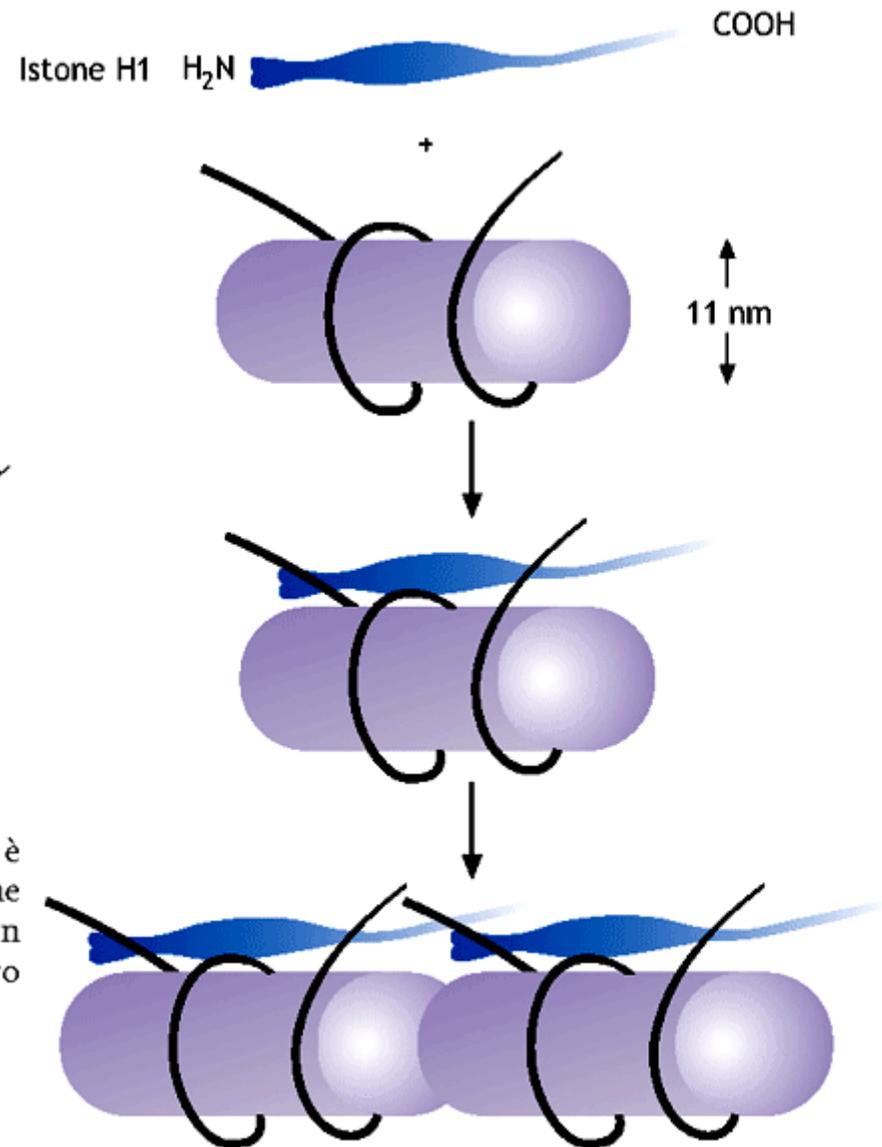
contengono un'alta % di aminoacidi basici, come lisina e arginina, che facilitano il legame alla molecola di DNA carica negativamente.

# DNA: strategie di compattamento negli eucarioti

## Cromatina



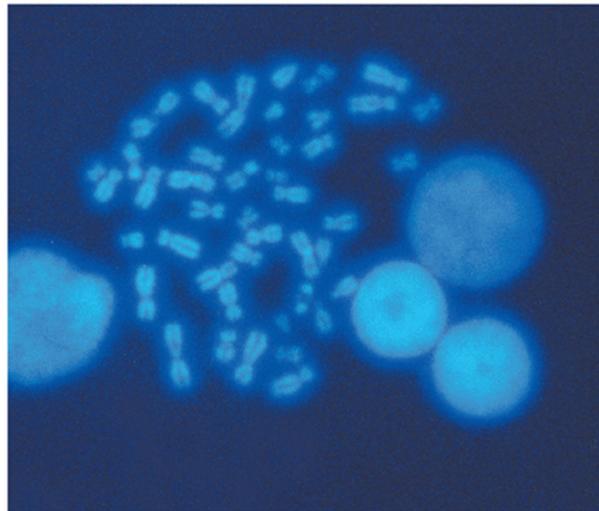
■ **Figura 1.59** **Struttura del nucleosoma.** Ogni nucleosoma è costituito da un ottamero di istoni (due copie per ciascun istone H2A, H2B, H3, H4) associato a circa 146 coppie di nucleotidi con un tratto di DNA linker di circa 50 coppie di nucleotidi. Il diametro del nucleosoma, detto anche "perla", è di circa 10 nm.



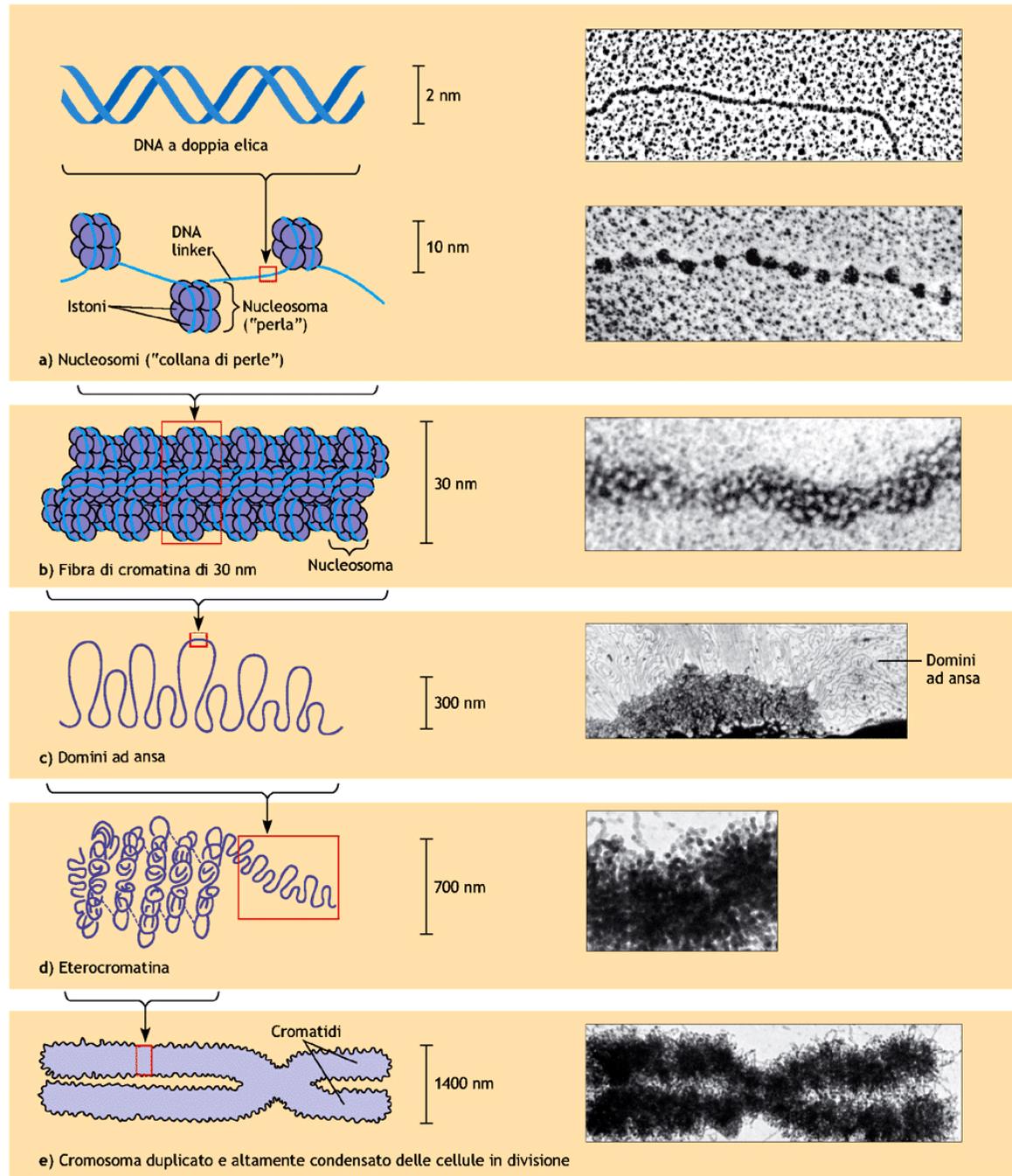
■ **Figura 1.60** **Istione H1.** L'istone H1 svolge un ruolo essenziale nella successiva fase di compattamento del DNA che prevede l'avvicinamento delle "perle". Ciò avviene grazie ad un legame testa-coda fra i vari istoni H1.

# DNA: strategie di compattamento negli eucarioti

## Cromatina



■ **Figura 2.48** Cromosomi della specie umana osservati al microscopio a fluorescenza. Il DNA si è condensato a formare queste unità che sono particolarmente evidenti durante un momento della divisione cellulare, la metafase. Colorazione DAPI.

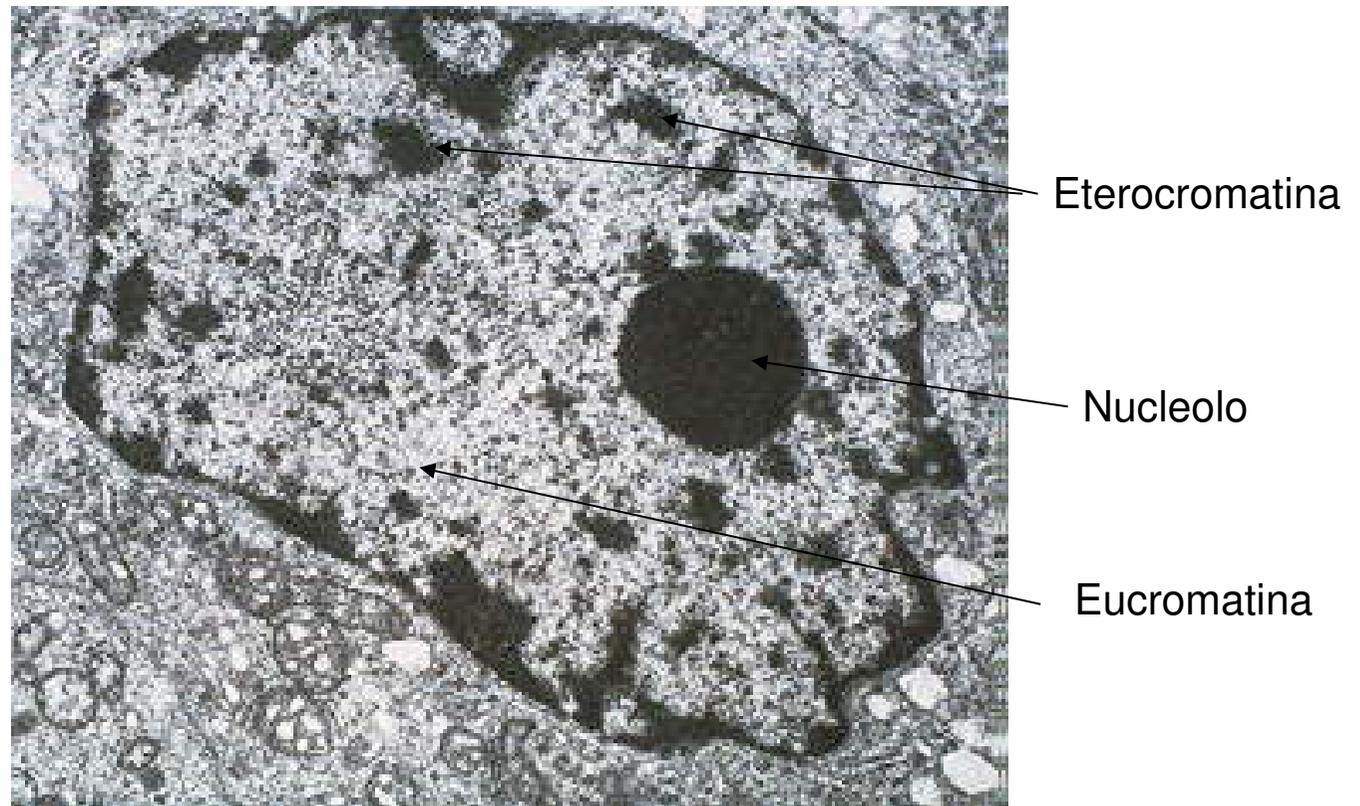


■ **Figura 1.62** Le diverse fasi di compattamento del DNA negli eucarioti. Disegni ed immagini al ME mostrano come a partire da DNA nudo si arrivi al cromosoma metafase. (a) la doppia elica del DNA e la successiva formazione della "collana di perle"; (b) la fibra cromatinica di 30 nm; (c) domini ad ansa; (d) formazione di superanse; (e) il cromosoma metafase, duplicato ed altamente compattato.

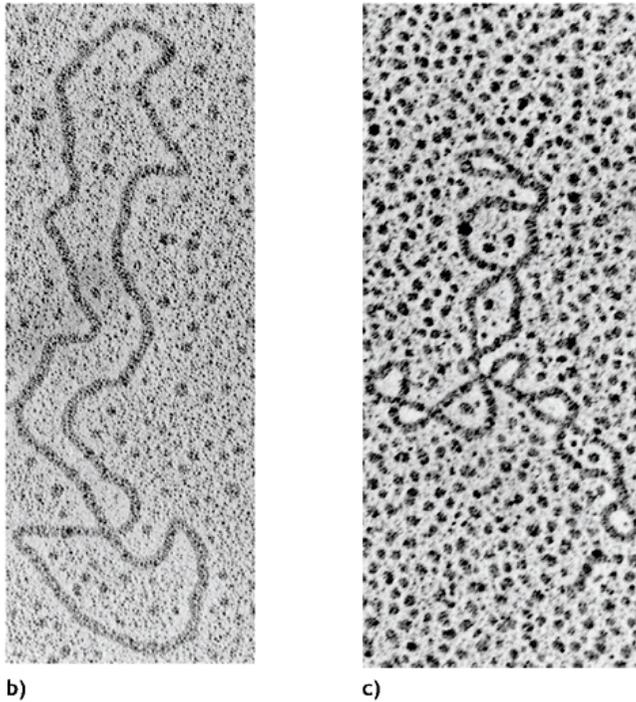
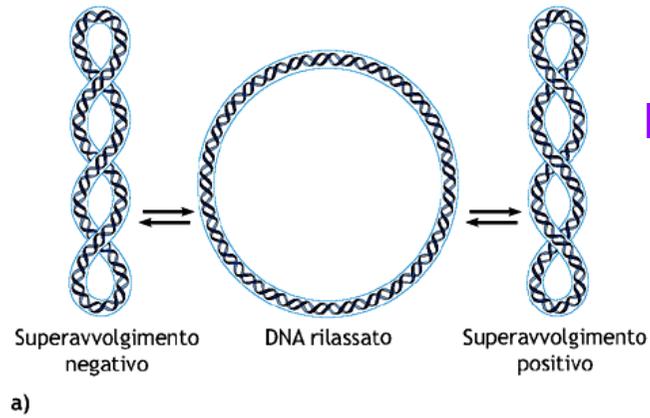
## DNA: strategie di compattamento negli eucarioti

L'entità della condensazione della cromatina varia durante il ciclo vitale della cellula. Nelle cellule in interfase (che non si dividono) la maggior parte della cromatina, denominata **euromatina**, è relativamente decondensata e distribuita per tutto il nucleo. Durante questa fase del ciclo cellulare, i geni sono trascritti e il DNA viene replicato in preparazione della divisione cellulare.

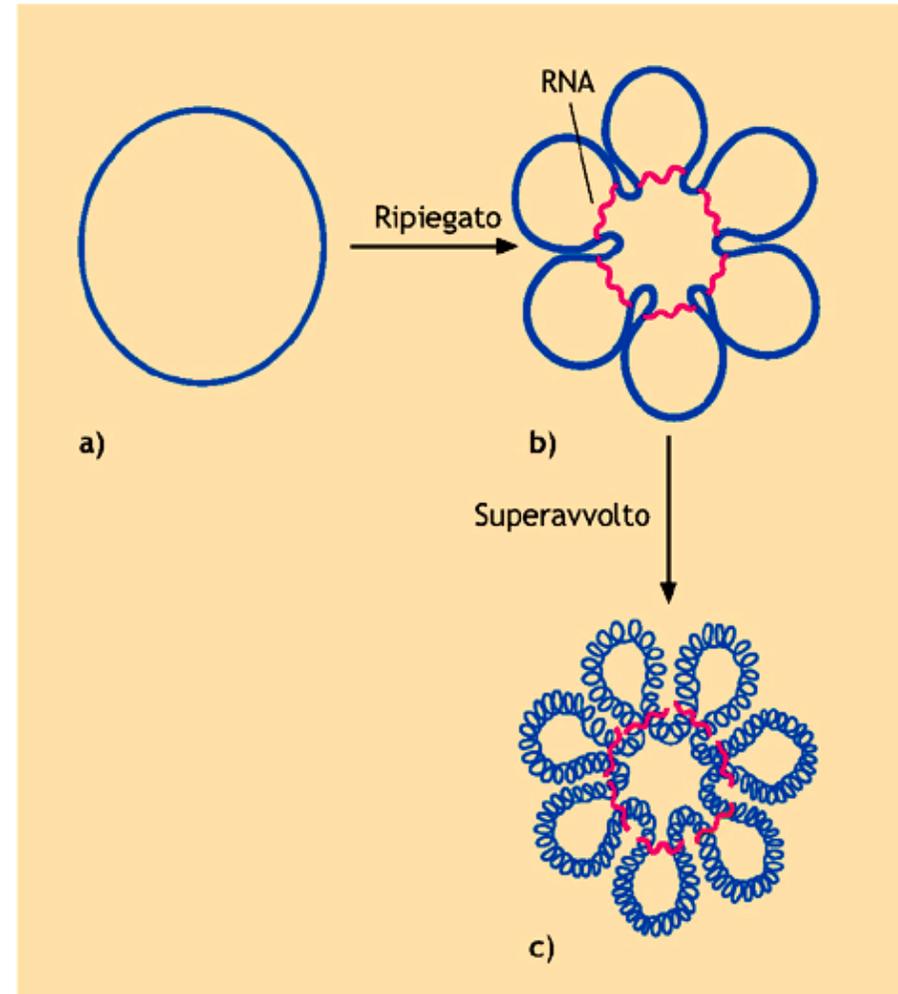
Circa il 10% della cromatina interfaseica, detta **eterocromatina**, è in uno stato molto condensato che rassomiglia molto a quello della cromatina durante il processo di mitosi. L'eterocromatina è trascrizionalmente inattiva e contiene sequenze di DNA altamente ripetute, come quelle presenti nei centromeri e nei telomeri.



## DNA: strategie di compattamento nei procarioti

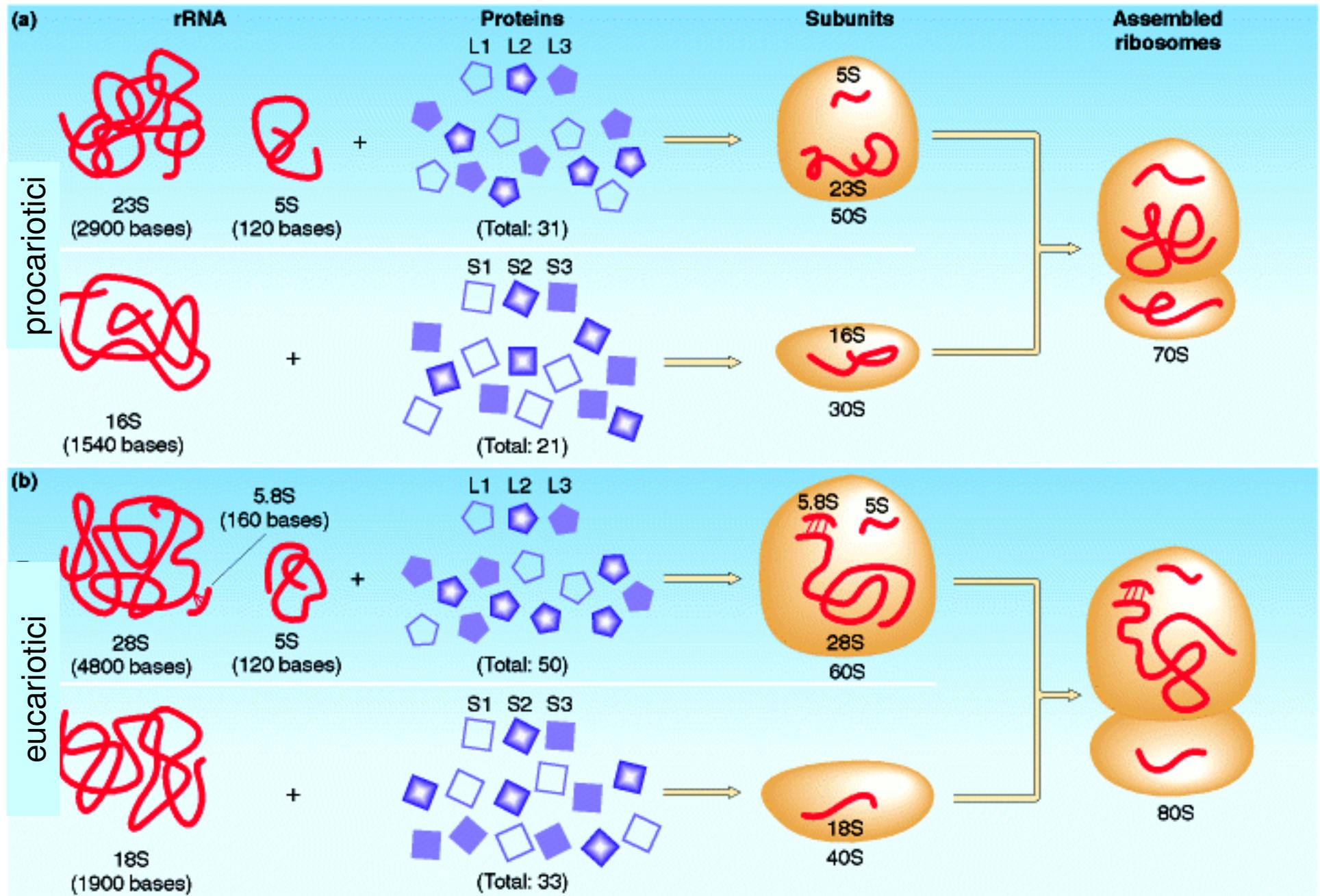


■ **Figura 1.57** DNA circolare in forma rilassata e superavvolta. Le possibili forme del DNA, rilassata e superavvolta positivamente o negativamente, sono mostrate in un disegno (a); immagini ottenute al microscopio elettronico a trasmissione del DNA del fago PM2 in forma rilassata (b) e superavvolta (c).



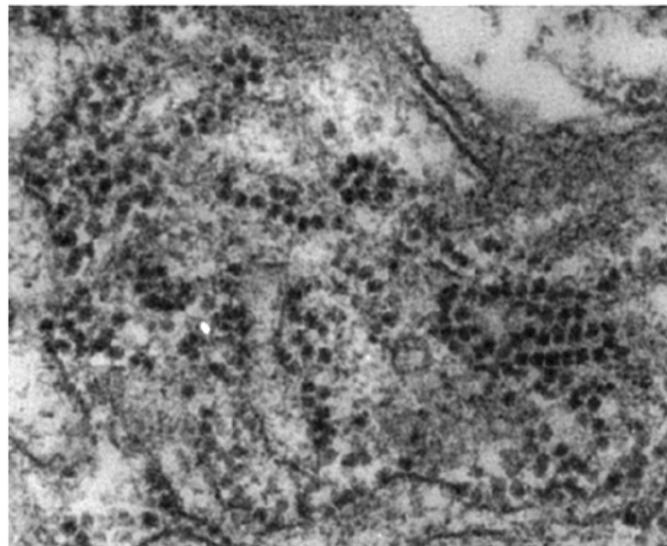
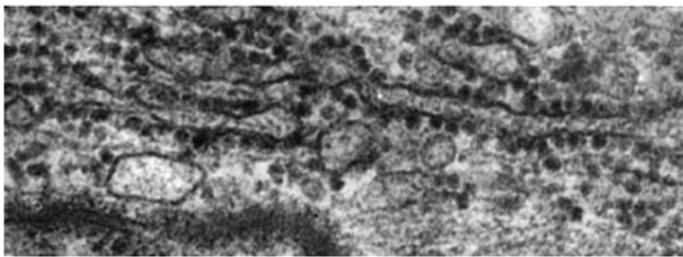
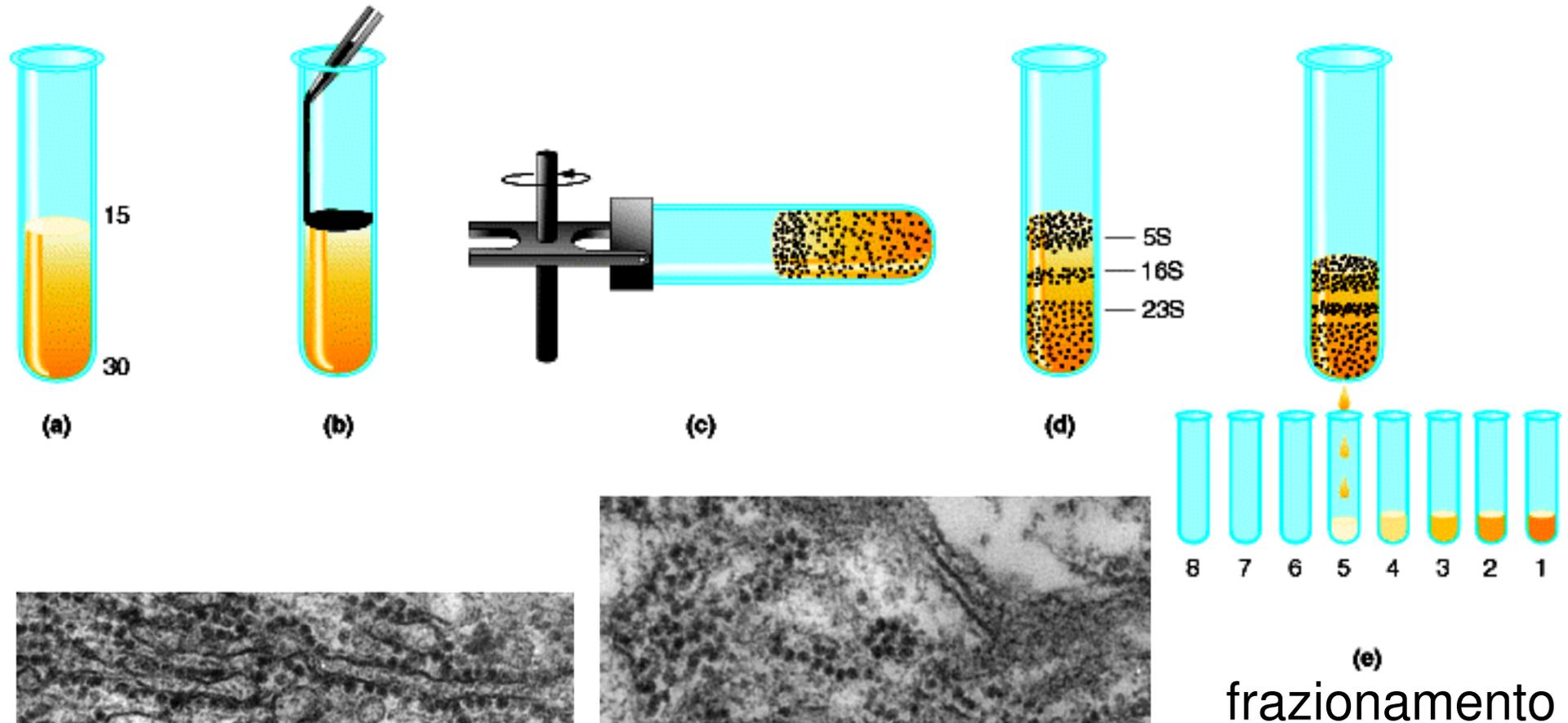
■ **Figura 1.58** Compattamento del DNA di *E. coli*. DNA circolare nudo (a); DNA organizzato in anse (circa 50) la fibra presenta uno spessore di 2 nm, le anse sono mantenute alla base da brevi segmenti di RNA (b); le fibre che costituiscono le anse sono superavvolte intorno a proteine di tipo istonico, HLP, a formare una fibra di 12 nm di spessore.

# Ribosomi: sede della sintesi proteica



# Frazionamento dei ribosomi

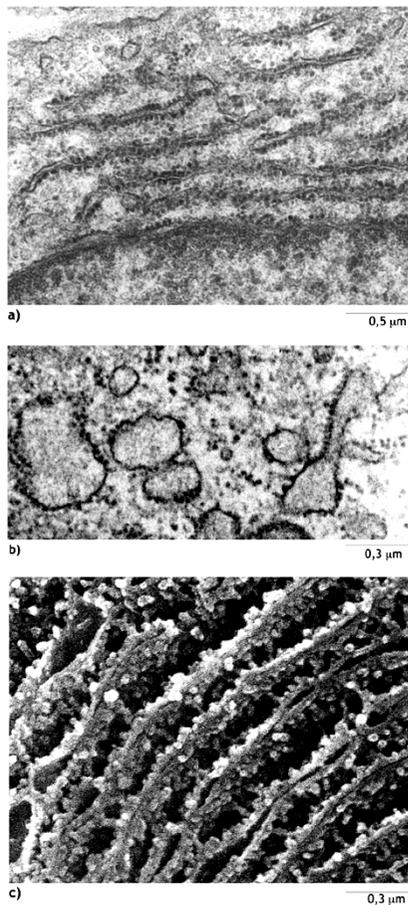
S = Svedberg coefficiente di sedimentazione



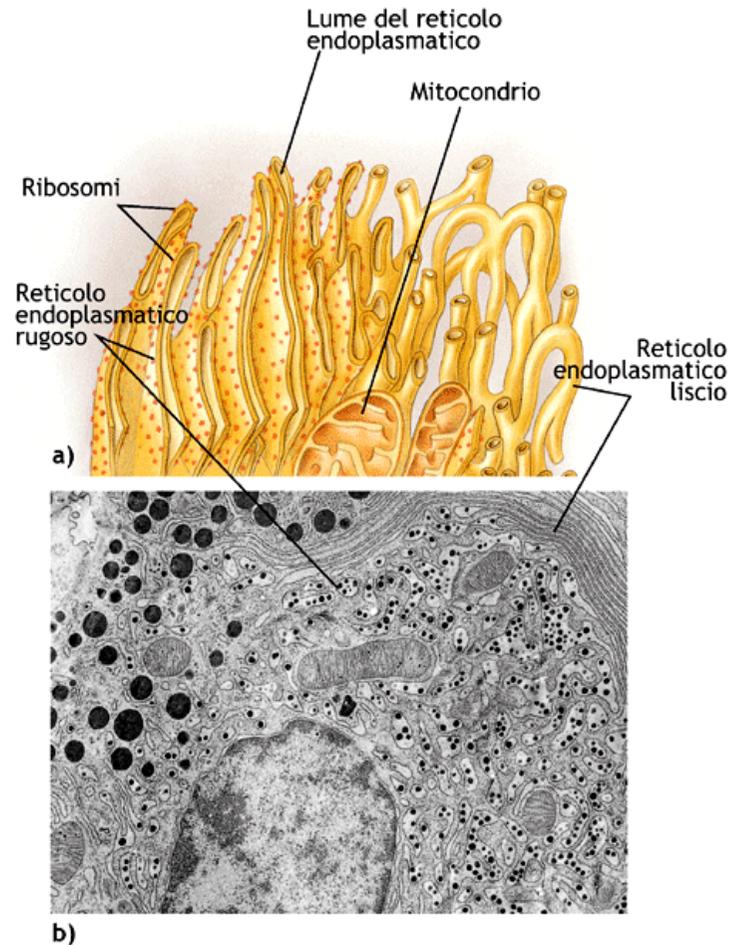
0,2  $\mu$ m

■ **Figura 2.69** Ribosomi delle cellule eucariotiche. Si ritrovano sia liberi nel citoplasma, che associati alle membrane del reticolo endoplasmatico e dell'involucro nucleare.

## Reticolo endoplasmatico rugoso per la presenza dei ribosomi sul versante citoplasmatico:



■ **Figura 2.64** Porzione del RER. Il reticolo endoplasmatico rugoso ha ribosomi associati solamente sul versante rivolto verso il citosol; l'altro fronte delimita il lume delle cisterne dentro cui dai ribosomi estrudono le proteine neosintetizzate. La micrografia mostra porzioni diverse del RER da cellule epiteliali di invertebrati al TEM; in (a) le cisterne appaiono lunghe ed appiattite, in (b) appaiono in sezioni trasversali; in (c) immagine al microscopio elettronico a scansione del RER in una cellula acinosa del pancreas.

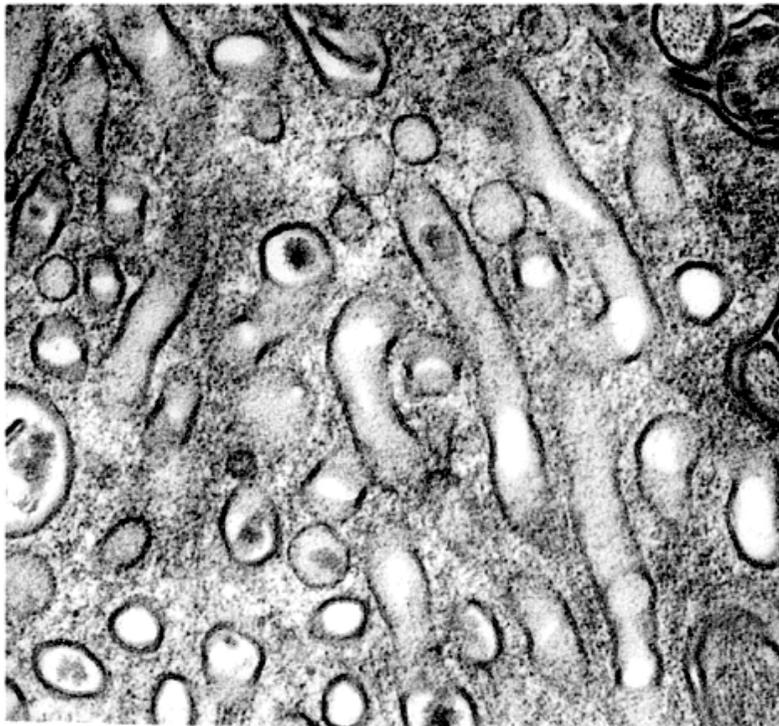


■ **Figura 2.62** Il reticolo endoplasmatico. (a) Rappresentazione schematica degli elementi del RE; (b) cellula pancreatica di pipistrello vista al microscopio elettronico a trasmissione in cui si evidenzia sia il reticolo endoplasmatico rugoso che quello liscio.

Sintesi delle proteine che verranno esportate ai diversi organelli/membrane  
 Abbondante nelle cellule esocrine del pancreas che producono enzimi per  
 la digestione.



## Reticolo endoplasmatico liscio



0,5 μm

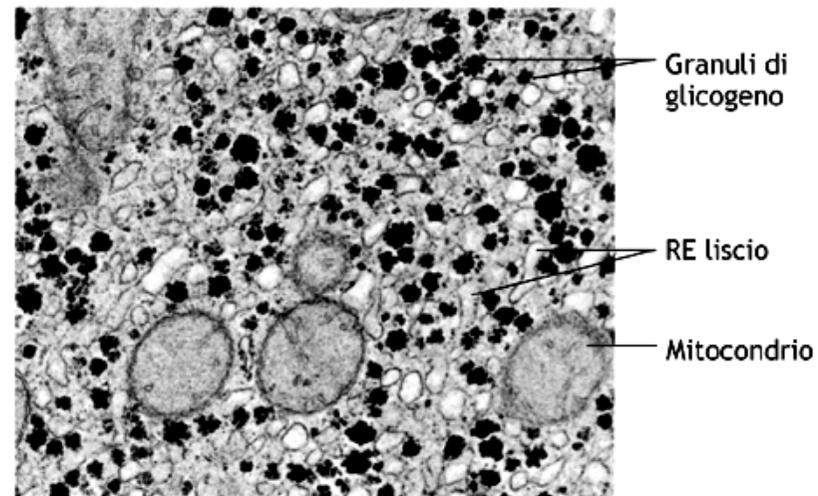
■ **Figura 2.66** Porzioni del SER. Il reticolo endoplasmatico liscio non ha ribosomi e spesso le sue cisterne assumono aspetto tubulare. Immagine al TEM.

Nelle sue membrane sono inclusi diversi enzimi che intervengono **sintesi di steroidi** a partire dal colesterolo (abbondante nelle cellule endocrine che producono ormoni steroidei: testicolo, corteccia surrenale) **di fosfolipidi, glicolipidi presenti nelle membrane.**

Nelle cellule epatiche è molto sviluppato perché **detossificante**. Farmaci, come anfetamine, morfina barbiturici oppure tossine, pesticidi, erbicidi ecc. vengono resi meno dannosi grazie all'enzima ossidasi presente sulle membrane che con reazioni di idrossilazioni favorisce la solubilità delle sostanze permettendone il trasporto ai reni e la secrezione con le urine. In alternativa, si depositerebbero nei grassi corporei.

**Accumula ioni Ca<sup>++</sup> (molto sviluppato nelle cellule muscolari che richiedono ioni per avviare la contrazione muscolare).**

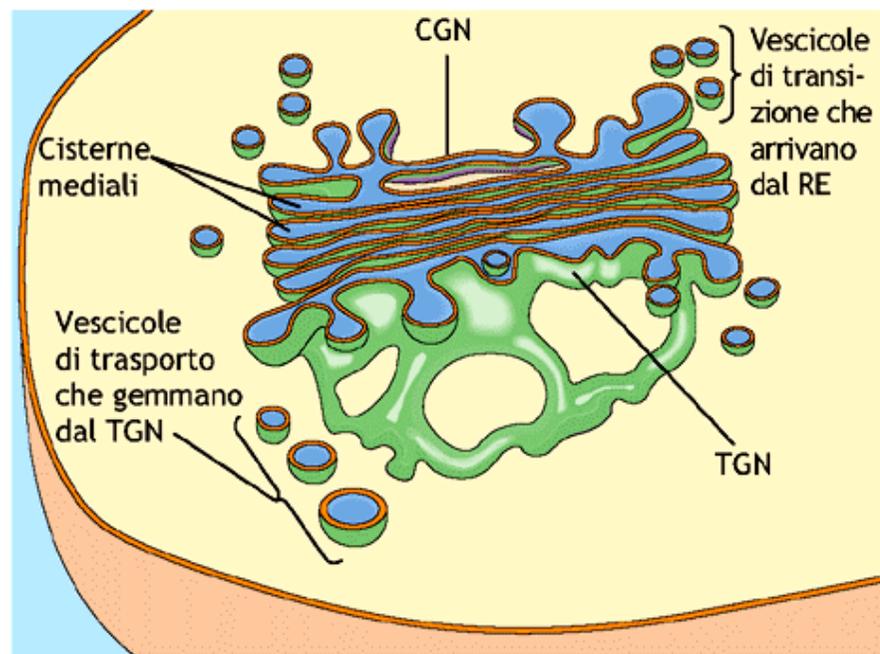
**Degrada glicogeno a glucosio**



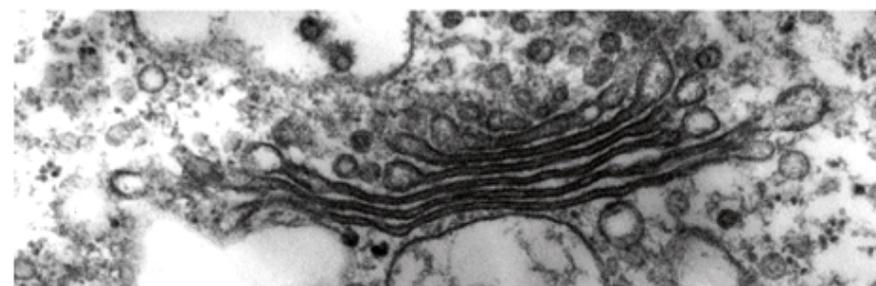
Vicinanza del glicogeno al RE liscio 0,5 μm

■ **Figura 2.67** Le cellule epatiche accumulano molecole di glucosio sotto forma di glicogeno. La micrografia elettronica mostra numerosi granuli di glicogeno in una cellula epatica di scimmia.

## Apparato del Golgi: Glicosilazione (modifica più comune) di proteine e lipidi e smistamento agli organelli / membrane di competenza



a)



b)

0,5  $\mu$ m

■ **Figura 2.78** Rappresentazione schematica del complesso del Golgi e sua struttura. **(a)** Poche cisterne appiattite ed impilate costituiscono il Golgi. Dal RER arrivano le vescicole di transizione che si fondono con la faccia *cis* (CGN = cis Golgi net); sulla faccia *trans* si distaccano le vescicole di trasporto (TGN = trans Golgi net) che portano molecole quali lipidi e proteine. **(b)** Apparato del Golgi in cellule epiteliali di invertebrati, osservato al TEM: i sacchi delimitati da membrana sono impilati e mostrano le estremità slargate. Diverse vescicole si possono osservare in prossimità dell'organulo; infatti il materiale ricevuto dal RE viene modificato, elaborato ed impacchettato all'interno di altre vescicole attraverso cui viene estruso o verso la superficie cellulare o verso altre regioni della cellula.

# Lisosomi sono vescicole che derivano dall'apparato del Golgi

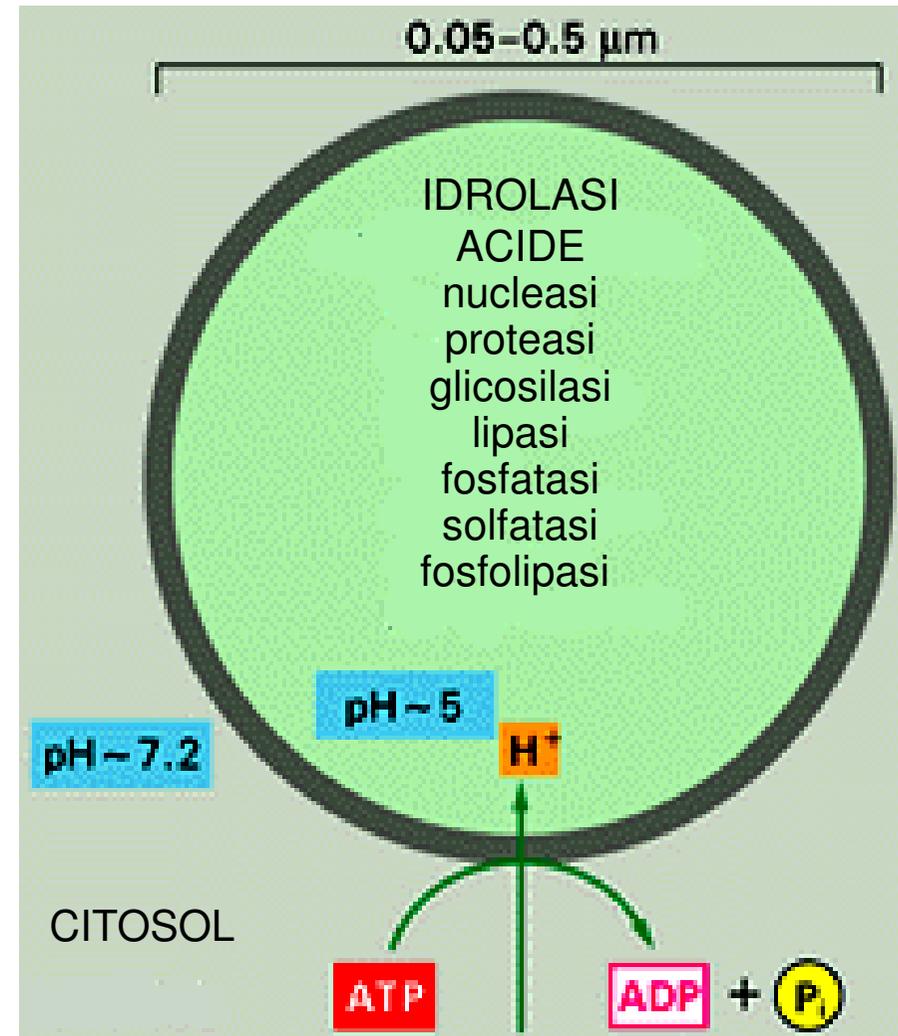
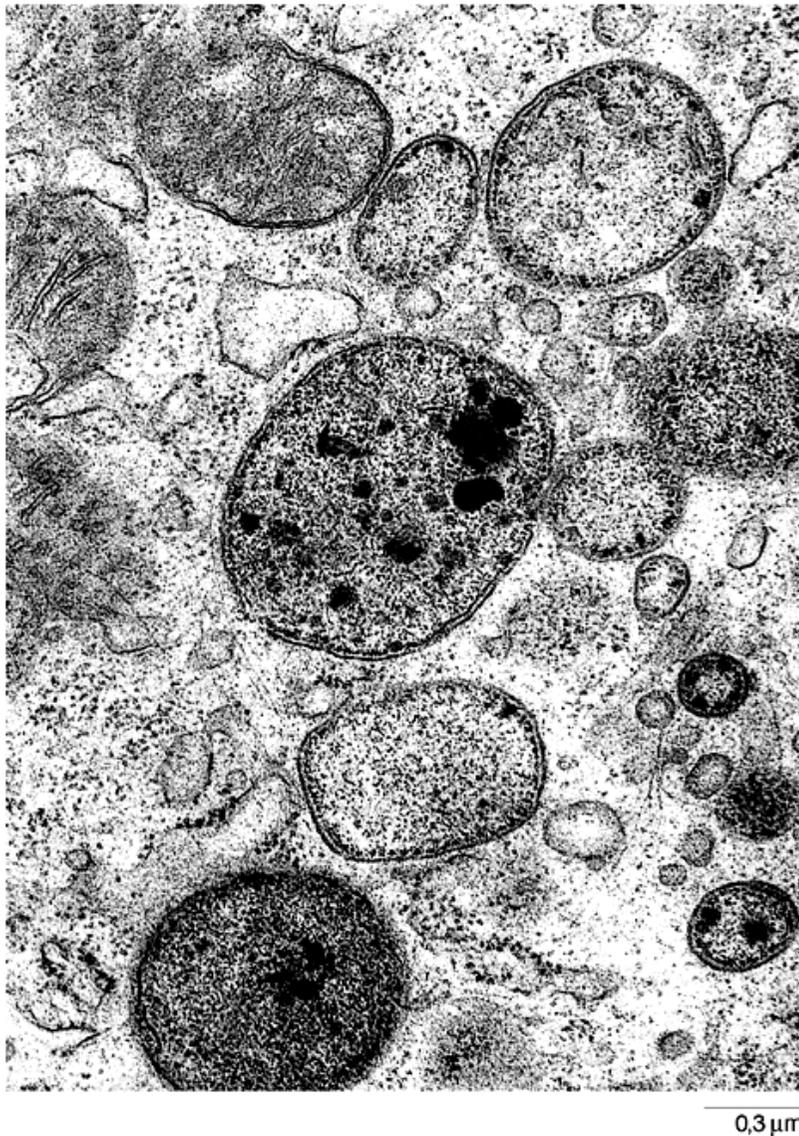
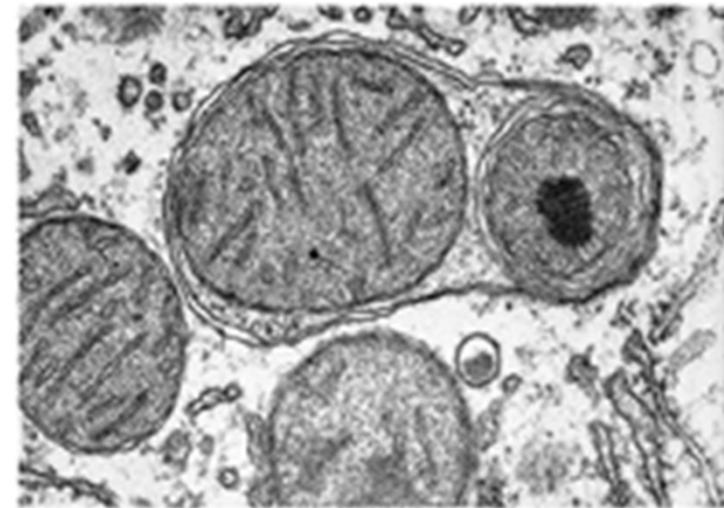
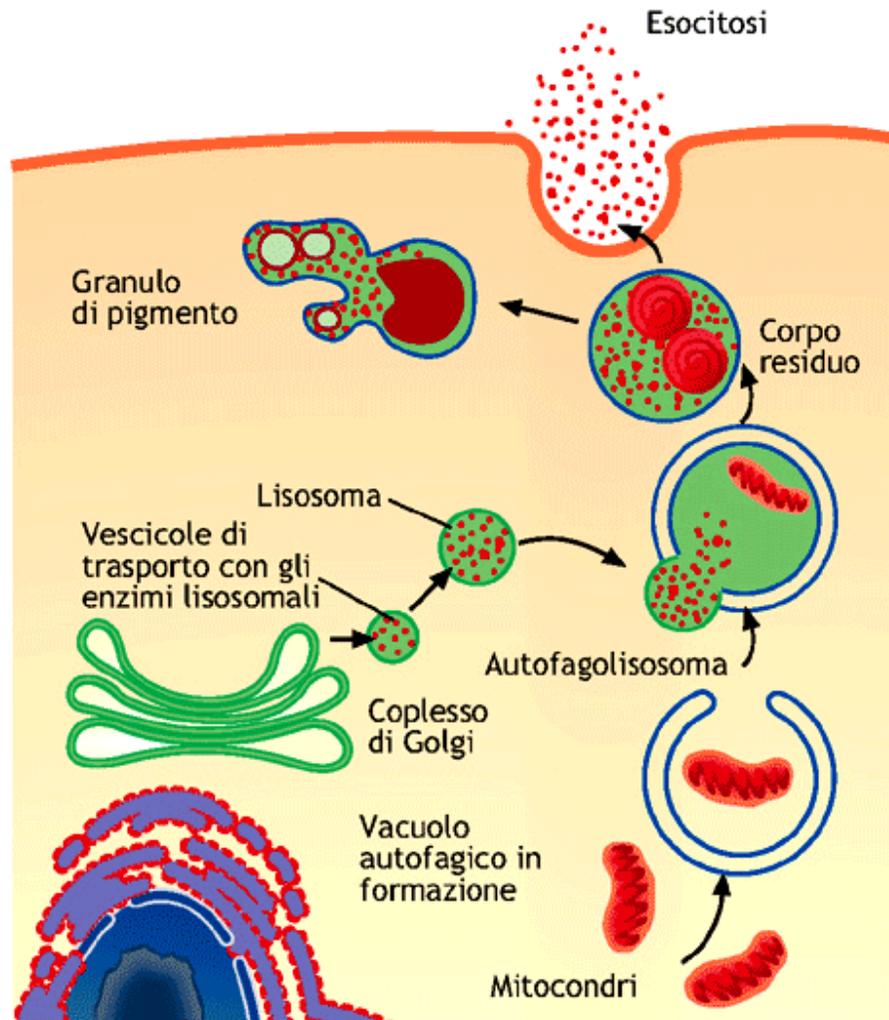


Figura 2.82 i lisosomi. Diversi lisosomi in una cellula fagocitica di fegato osservata al TEM.

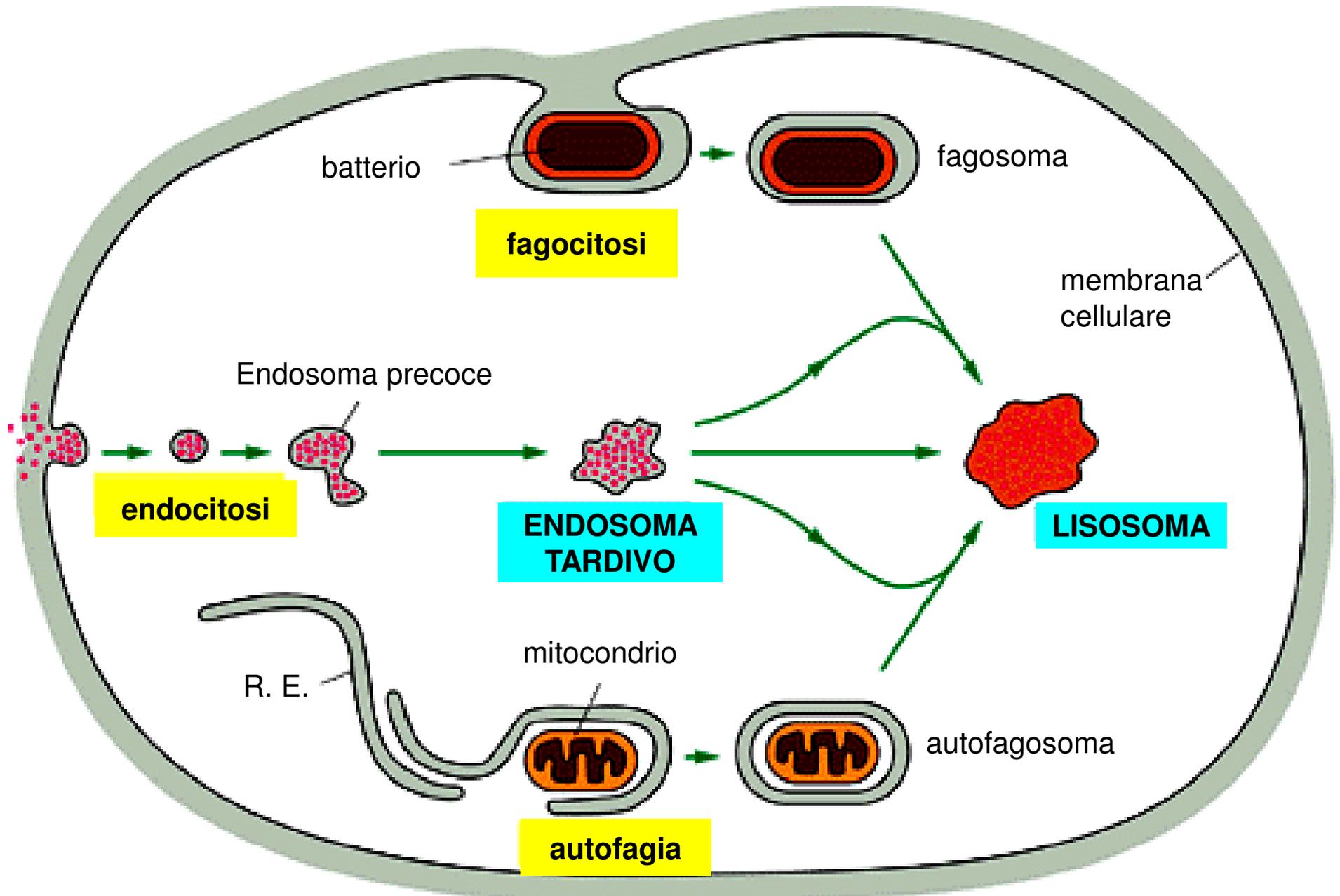
# Lisosomi: Degradano organelli e molecole vecchie oltre a cellule fagocitate- granulociti.



■ **Figura 2.86** Schema della via autofagica.

Sono note patologie causate da mutazioni di un singolo gene deputati alla funzione lisosomiale- Tay-Sachs- accumulo di glicolipide cellule nervose

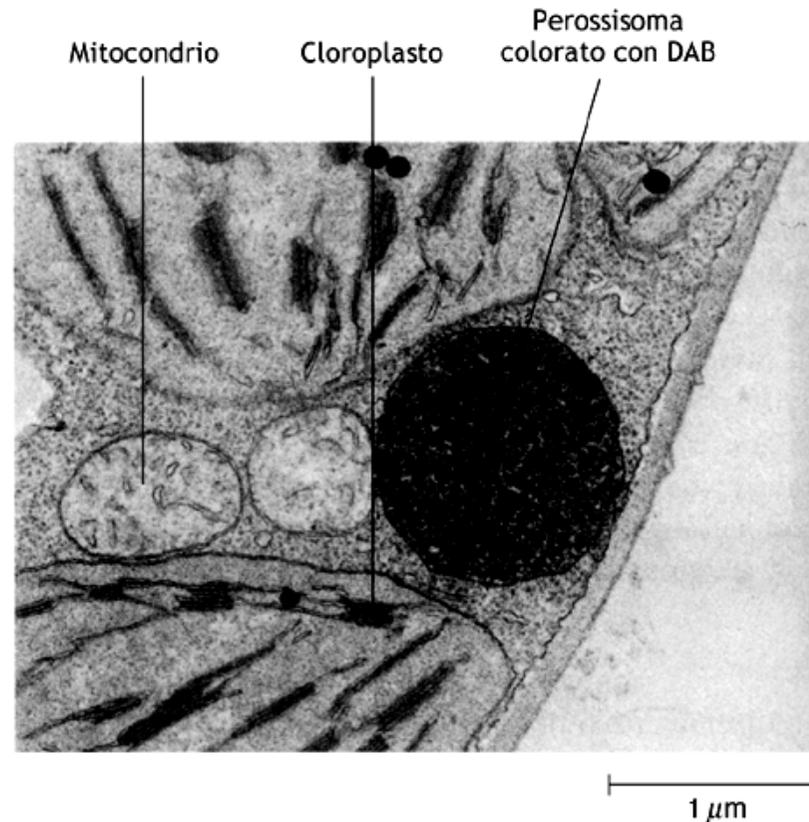
# TRAFFICO VESICOLARE NELLE VIE ENDOCITICHE: pinocitosi e fagocitosi



# Perossisomi nella degradazione delle purine e nella ossidazione degli acidi grassi

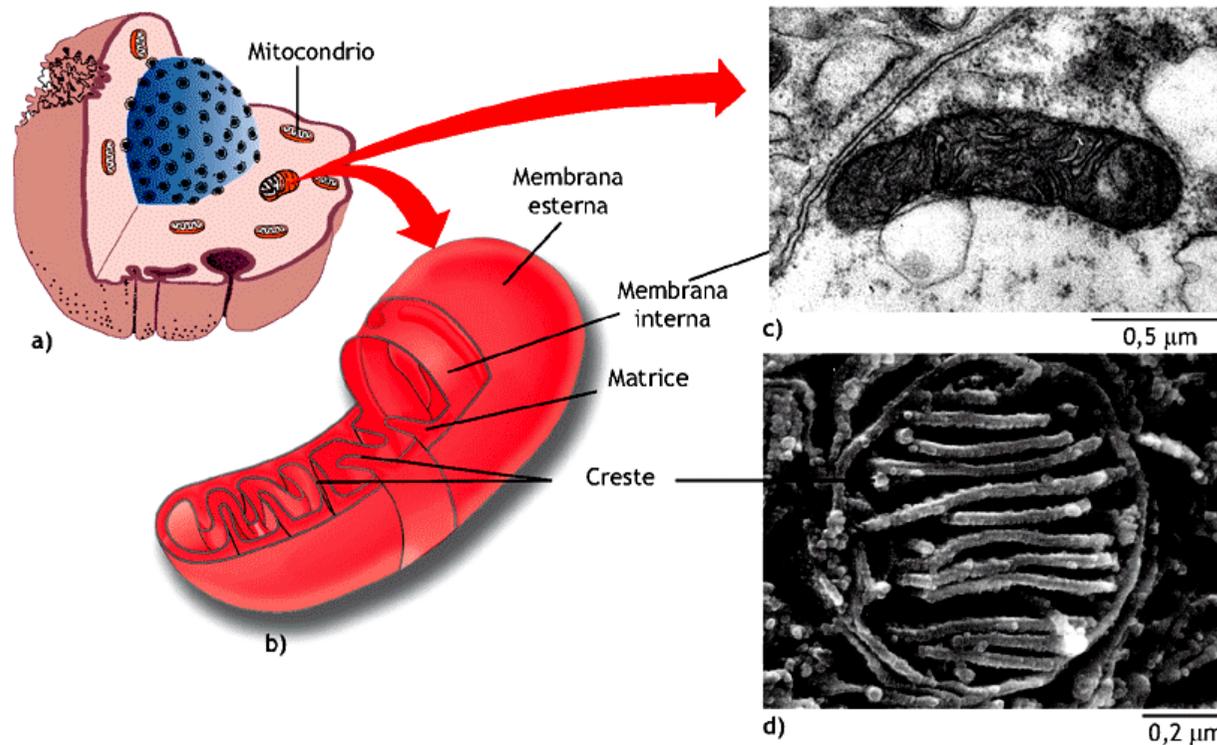
Contengono

- 1) *urato ossidasi* che catalizzano le ossidazioni partendo da ossigeno molecolare e *producendo acqua ossigenata*
- 2) *catalasi* decompongono l'acqua ossigenata, che è tossica per le cellule cellule, in ossigeno e acqua.



■ **Figura 2.88** La reazione di colorazione con DAB permette di evidenziare la presenza di perossisomi, nelle sezioni di cellule osservate al TEM.

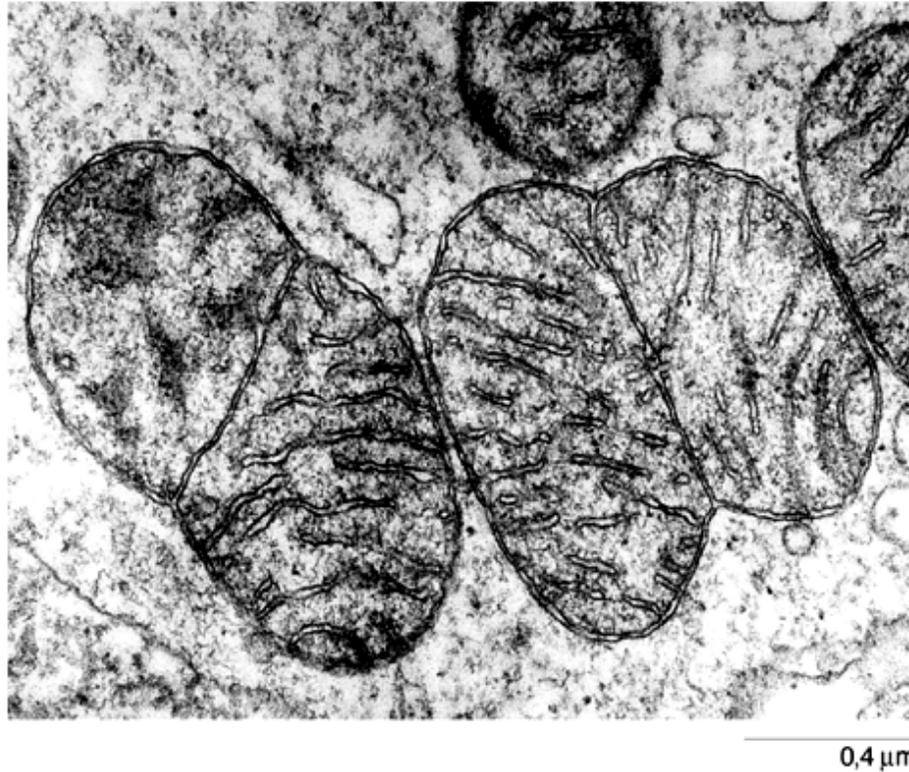
## Mitocondri: i generatori della cellula



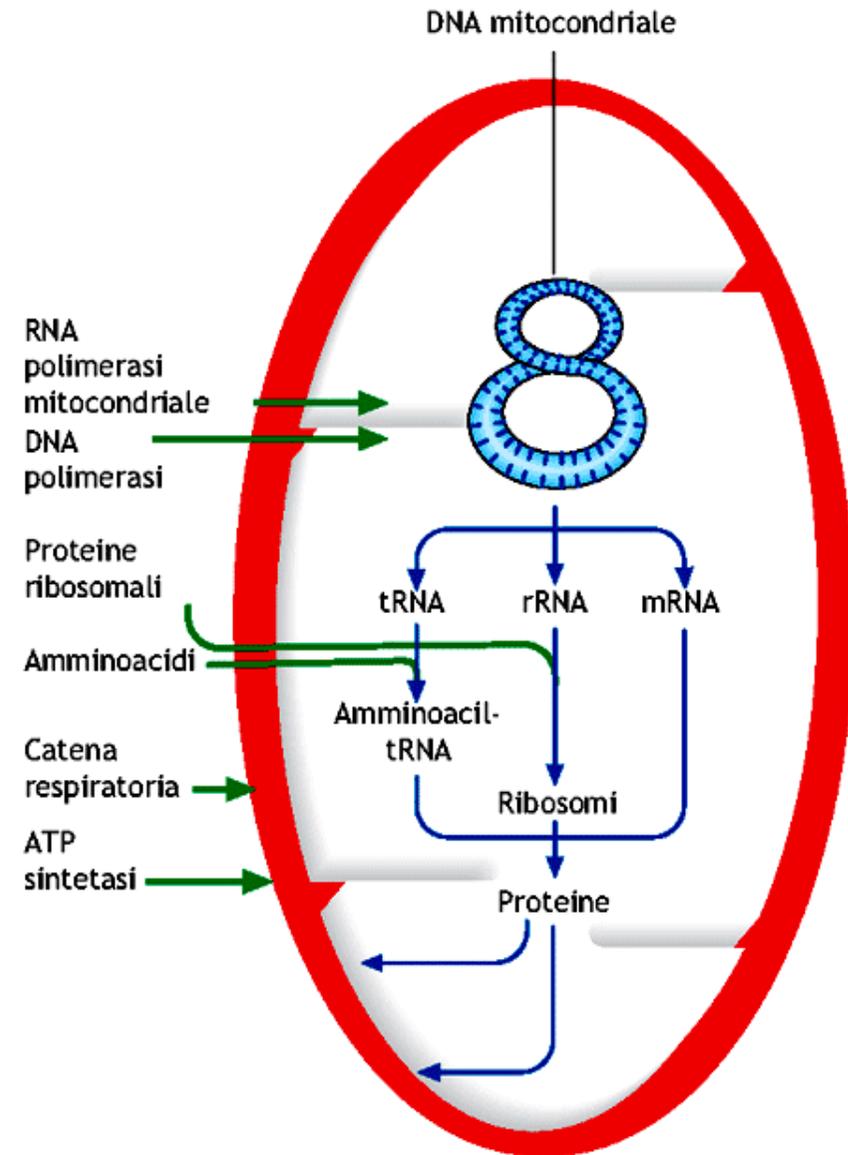
■ **Figura 2.70** I mitocondri hanno una tipica forma a fagiolo. (a) Schema di una cellula eucariotica che evidenzia la grandezza di alcuni mitocondri presenti nel citoplasma; (b) disegno schematico della struttura interna di un mitocondrio; (c) micrografia al microscopio elettronico di un mitocondrio in una cellula epiteliale di invertebrato, in sezione longitudinale. Le due membrane che lo delimitano sono evidenziabili in alcuni punti. I ripiegamenti della membrana interna vengono a formare le creste, che aumentano enormemente la superficie disponibile per il metabolismo ossidativo. (d) Micrografia elettronica a scansione di un mitocondrio congelato, fratturato e inciso, che mostra le creste all'interno della matrice interna.

**Carboidrati, aminoacidi e acidi grassi** introdotti come alimento dentro le cellule vengono assorbiti dai mitocondri che li ossidano fino ad  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , e utilizzano l'energia ricavata per convertire adenosin-difosfato (ADP) in adenosin-trifosfato (ATP) mediante l'aggiunta di fosfato inorganico, ricostituendo così la tipica molecola responsabile dei trasferimenti di energia del mondo vivente.

# Mitocondri

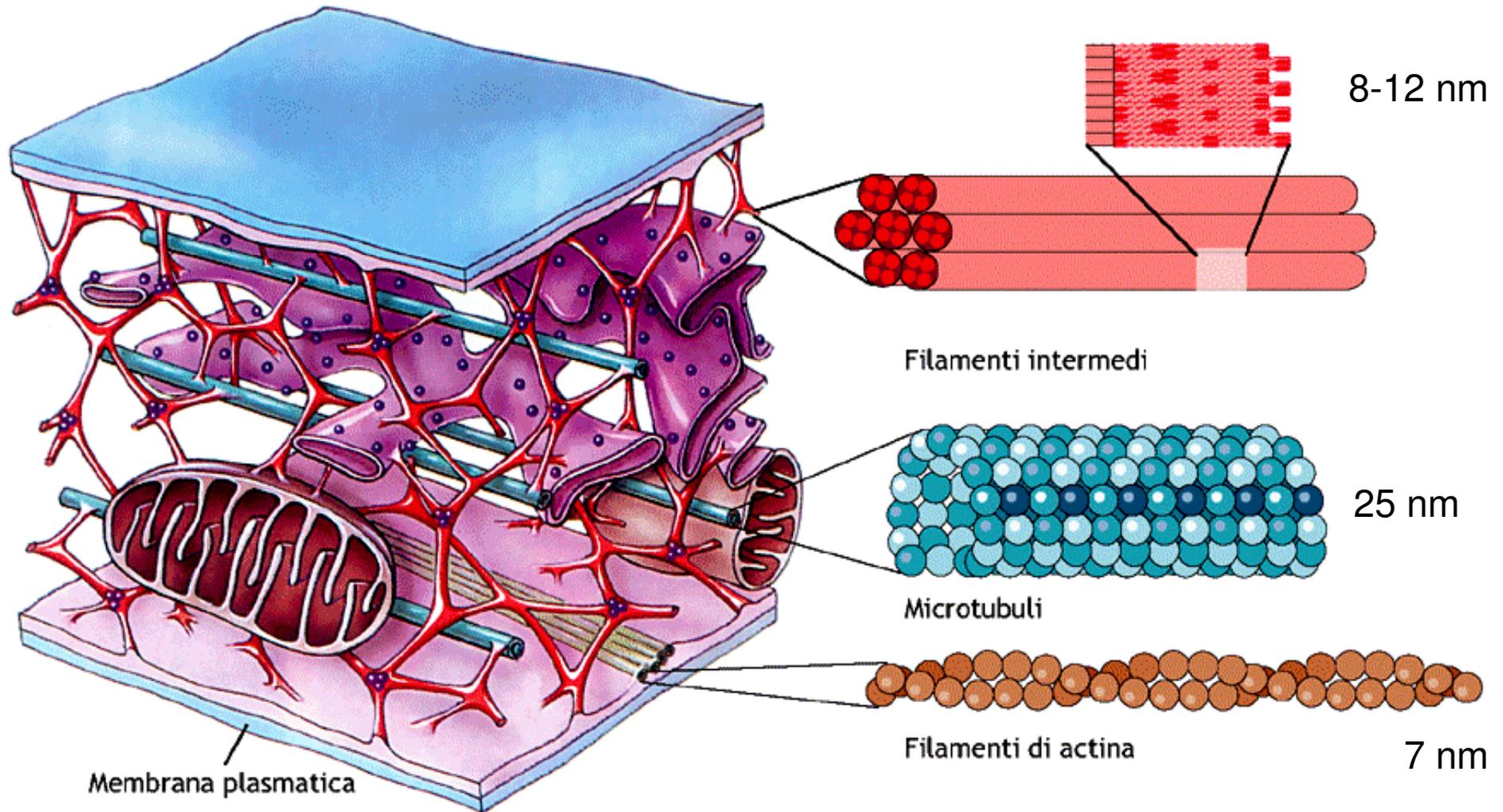


■ **Figura 2.72** i mitocondri sono dotati di parziale autonomia. La micrografia mostra mitocondri in una cellula di insetto, nel momento della divisione.



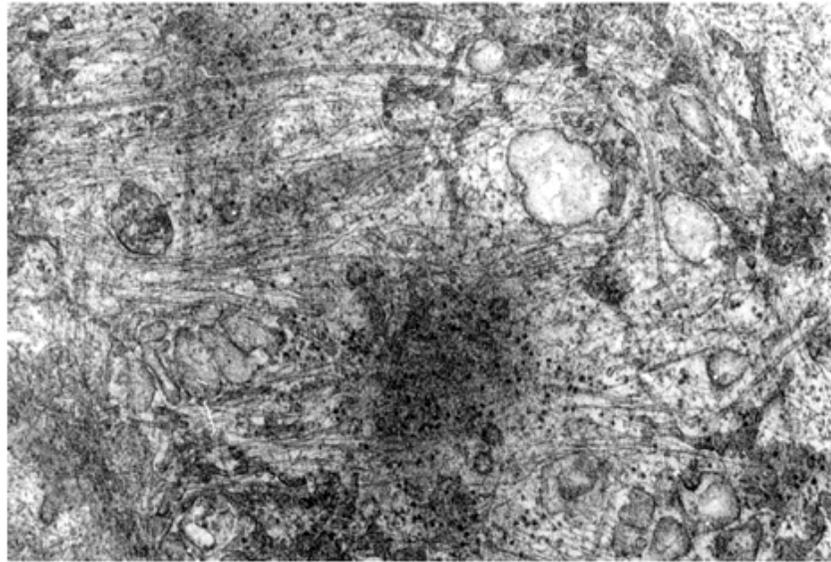
■ **Figura 2.71** Schema che mostra le principali attività che si svolgono all'interno del mitocondrio. Gli enzimi mitocondriali sono specificati sia dal DNA mitocondriale che dal DNA nucleare. Sia per la duplicazione che per la trascrizione e traduzione, che avvengono nel mitocondrio, sono comunque necessarie proteine che provengono dal citoplasma cellulare.

## Il citoscheletro è una rete di fibre proteiche presente nel citoplasma

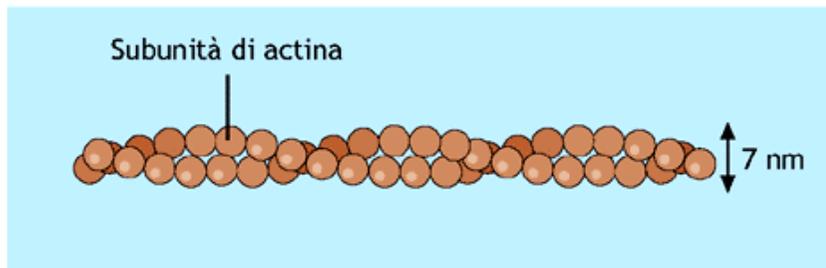


■ **Figura 2.92** Distribuzione del citoscheletro nel citoplasma e schema rappresentativo della struttura dei singoli elementi che lo compongono.

**Microfilamenti mediano il movimento cellulare**  
**Contrazione- strisciamento- strozzatura termine**  
**mitosi**



a) 0,5  $\mu$ m

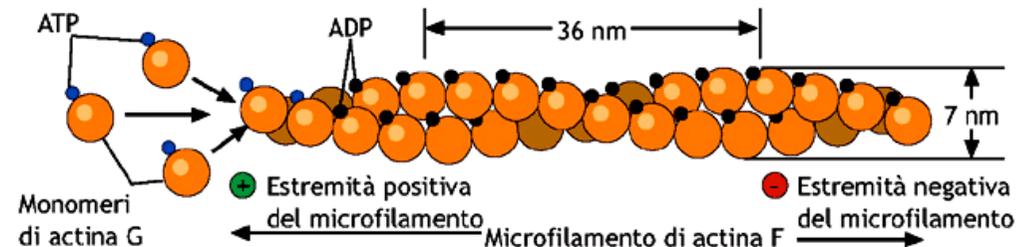


b)

■ **Figura 2.94** I **microfilamenti** sono polimeri che si assemblano a partire da monomeri di actina intrecciandosi in due catene filamentose (b). In (a) intreccio di microfilamenti in una cellula, osservata al TEM.

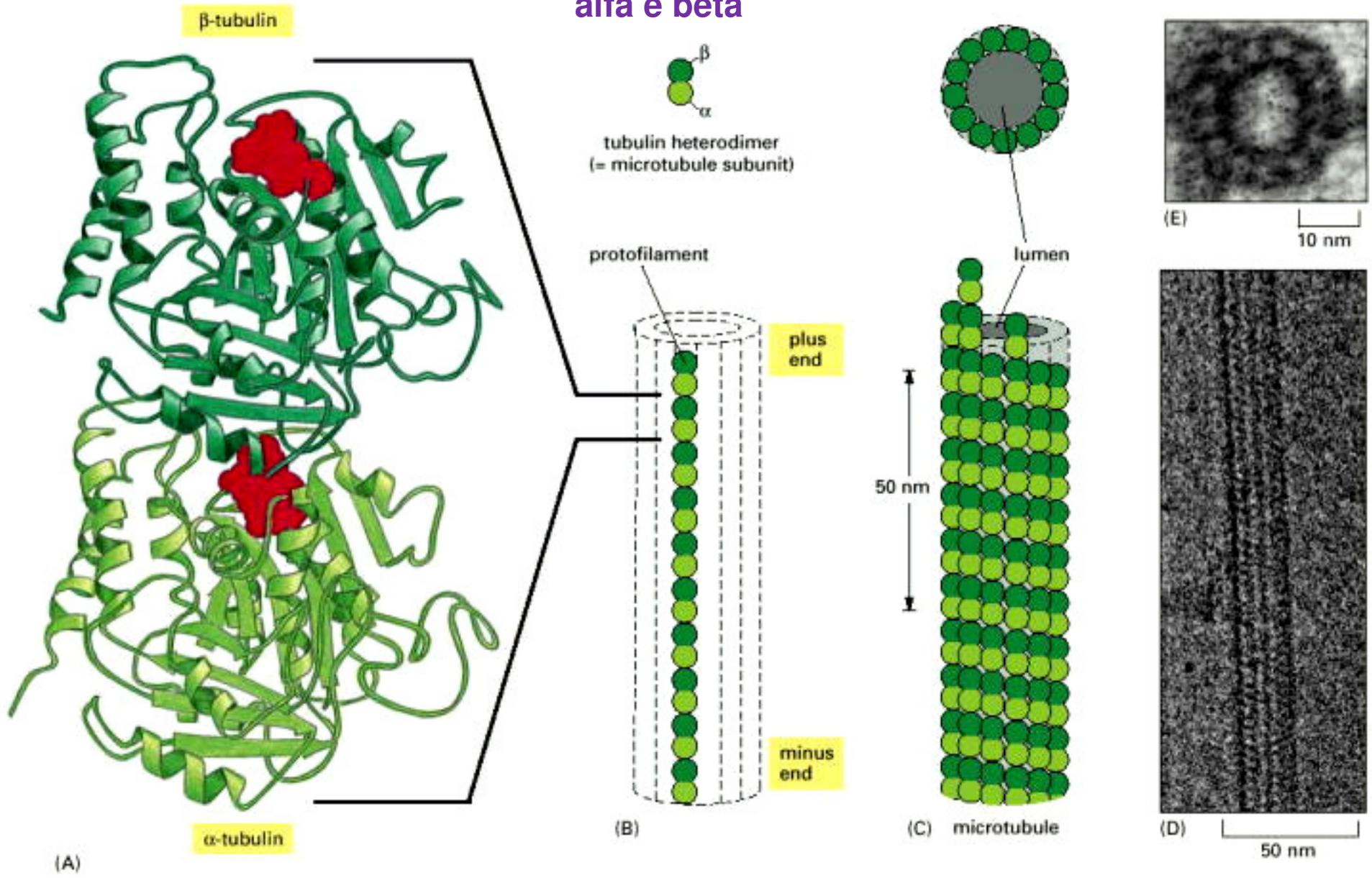


■ **Figura 2.95** **Modello della actina G.** La ricostruzione della molecola tramite cristallografia prevede che possa formare un alloggiamento per un nucleotide (ATP o ADP) e nel complesso assuma una conformazione bilobata.

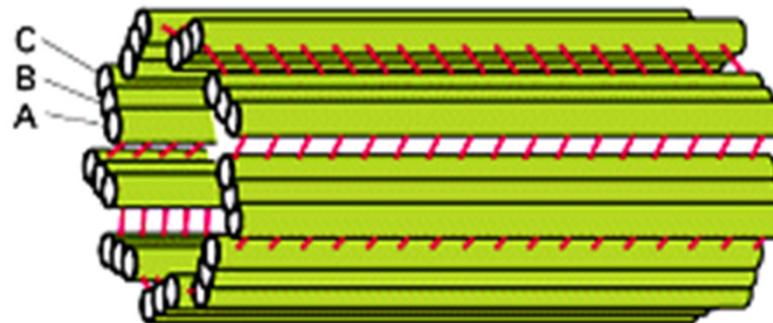
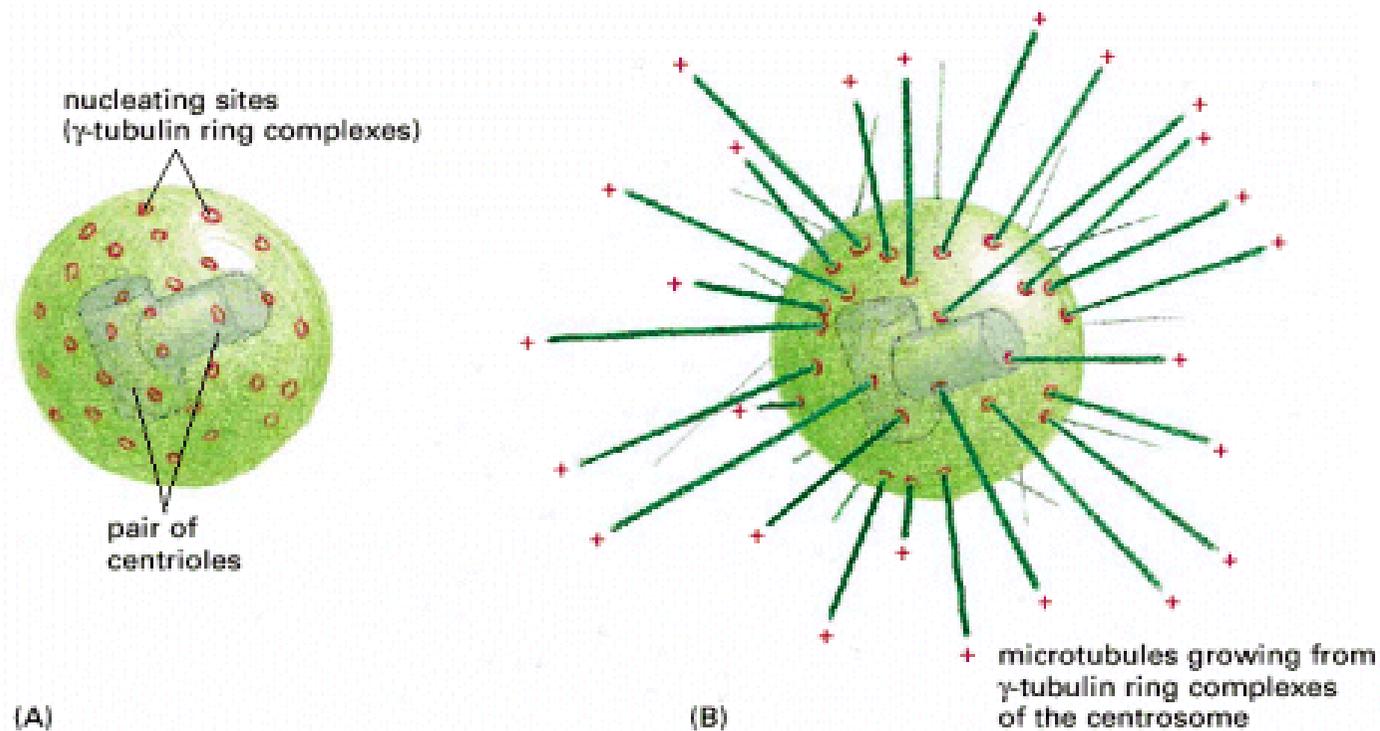


■ **Figura 2.96** **Assemblaggio delle molecole di actina G in filamenti di actina F.** Il diametro del polimero è di circa 7 nm, un giro completo dell'elica è di 36-37 nm, e contiene circa 13,5 monomeri. Il legame di una molecola con l'altra porta alla idrolisi dell'ATP.

Microtubuli sono formati da 13 filamenti costituiti da eterodimeri di tubulina alfa e beta

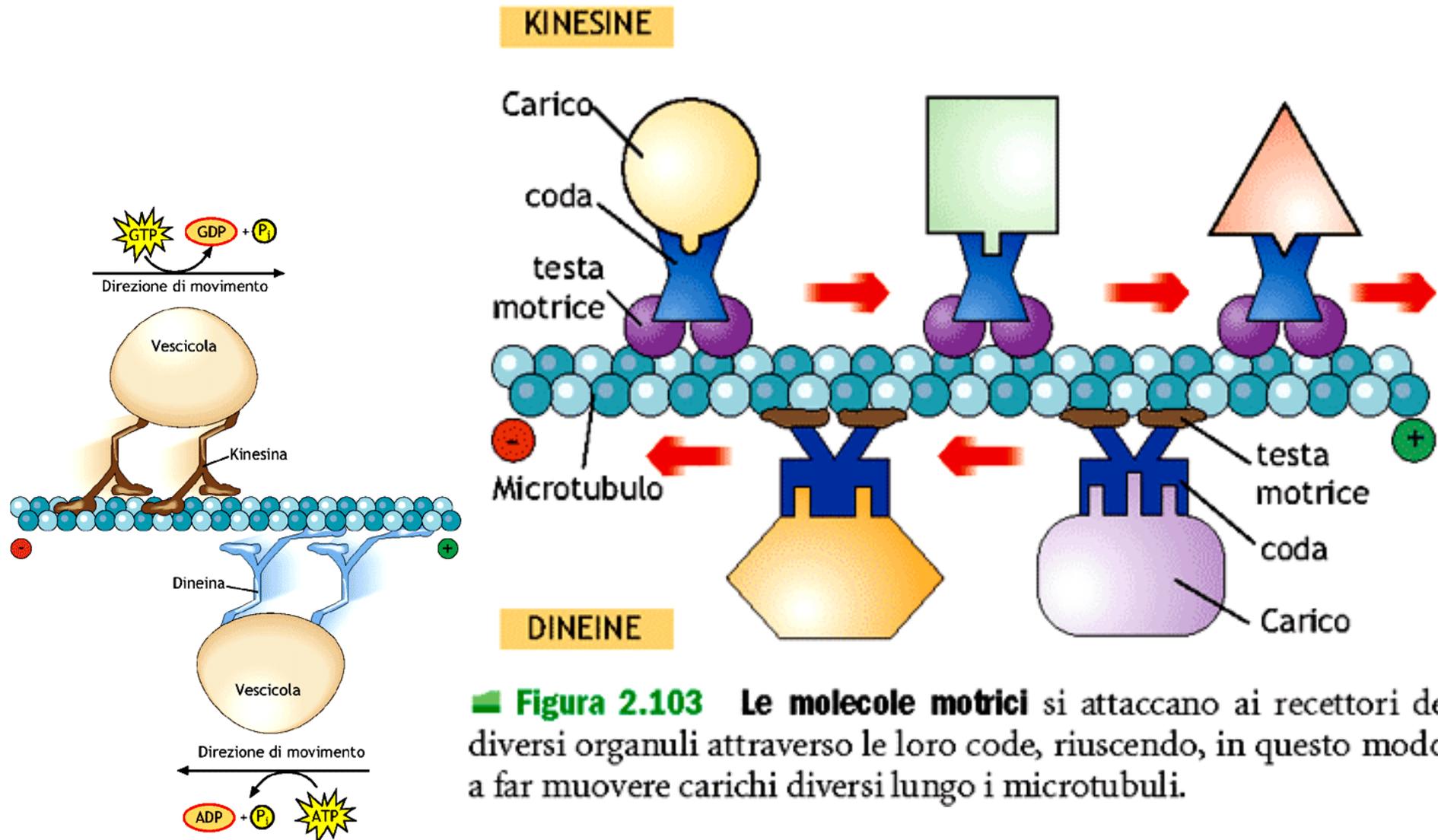


## I microtubuli intervengono nella mitosi per la separazione dei cromosomi



**Il centrosoma (contiene i centrioli costituiti da 9 triplete di microtubuli) organizza il fuso mitotico che è costituito dai microtubuli**

## Microtubuli consentono il trasporto di molecole, come su binari dei treni



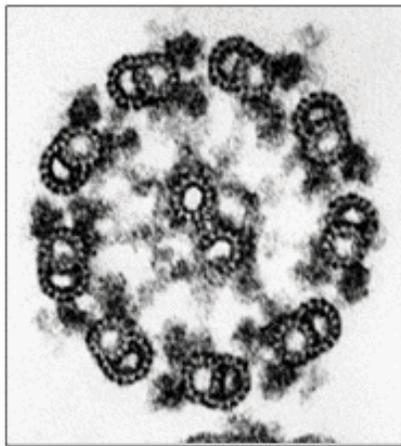
■ **Figura 2.103** Le molecole motrici si attaccano ai recettori dei diversi organuli attraverso le loro code, riuscendo, in questo modo, a far muovere carichi diversi lungo i microtubuli.

## Microtubuli sono alla base della struttura di ciglia e flagelli

La disposizione di un microtubolo in un **CIGLIO** o **FLAGELLO**.

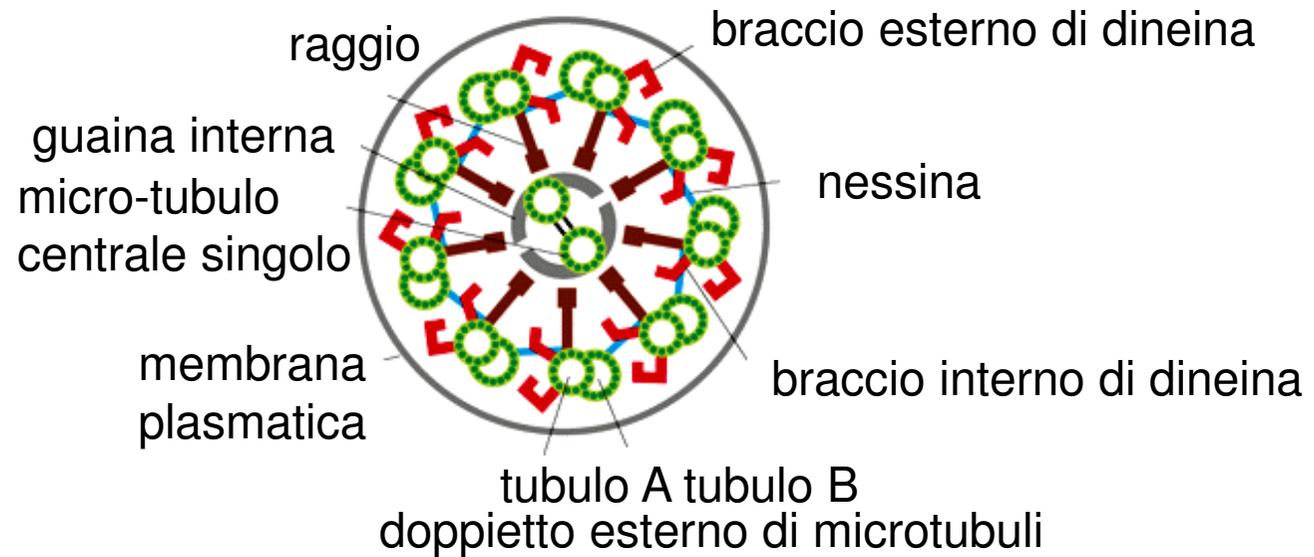
Disposizione caratteristica di 9+2 a formare l'**assonema**.

L'assonema è il nucleo del ciglio o flagello e provoca il movimento.

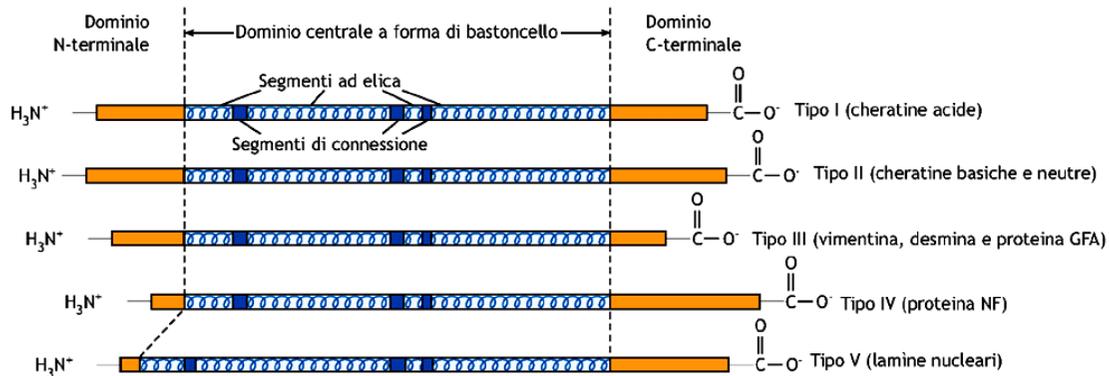


(A)

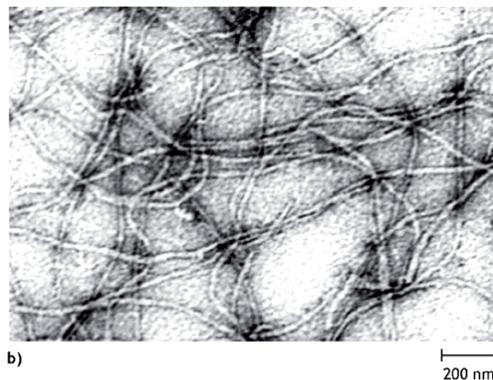
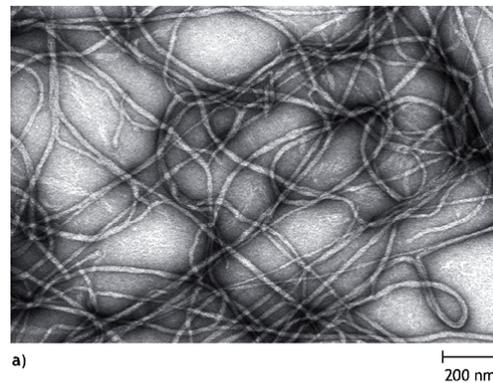
100 nm



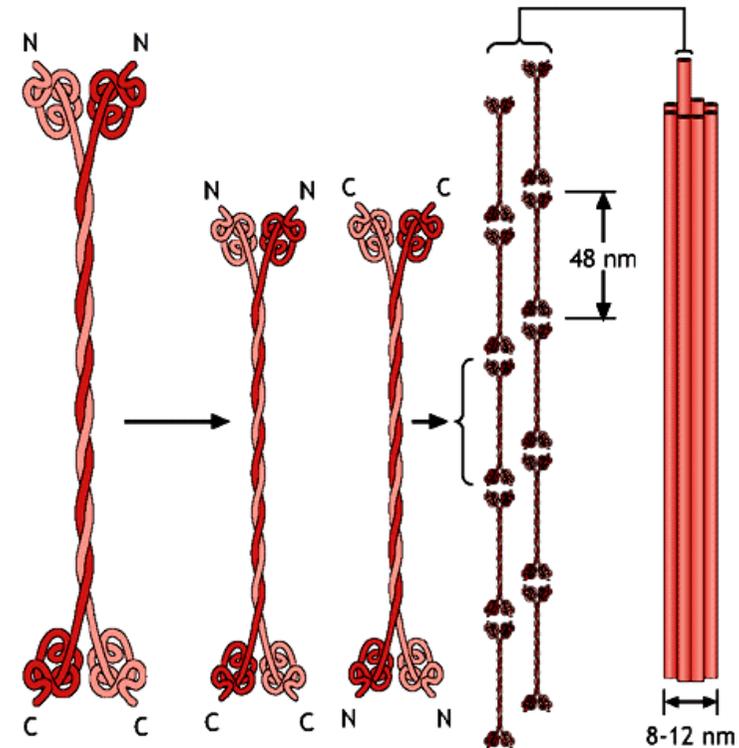
## Filamenti intermedi: gli elementi più duraturi e formati da proteine fibrose. Interferiscono con lo stiramento della cellula (tendini)



■ **Figura 2.114** Proteine dei filamenti intermedi e similitudini strutturali.



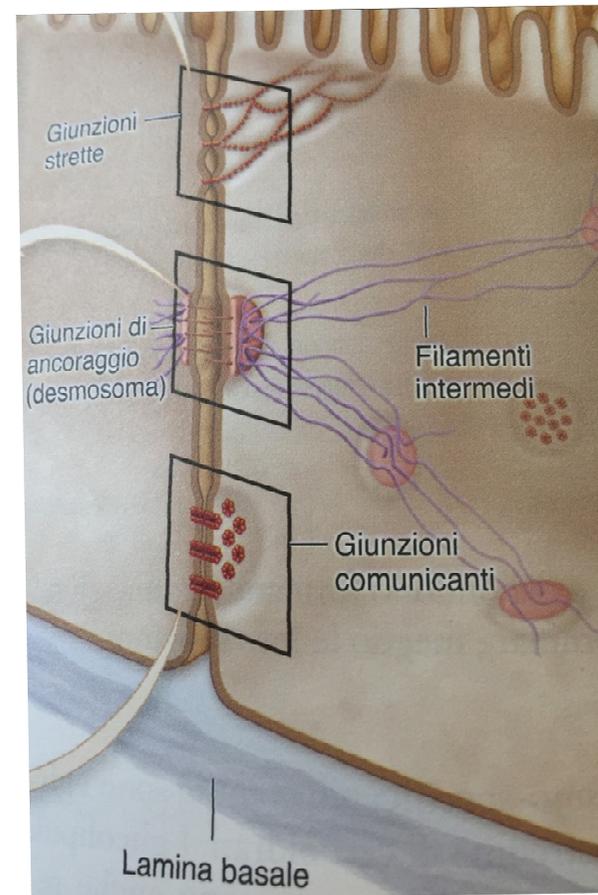
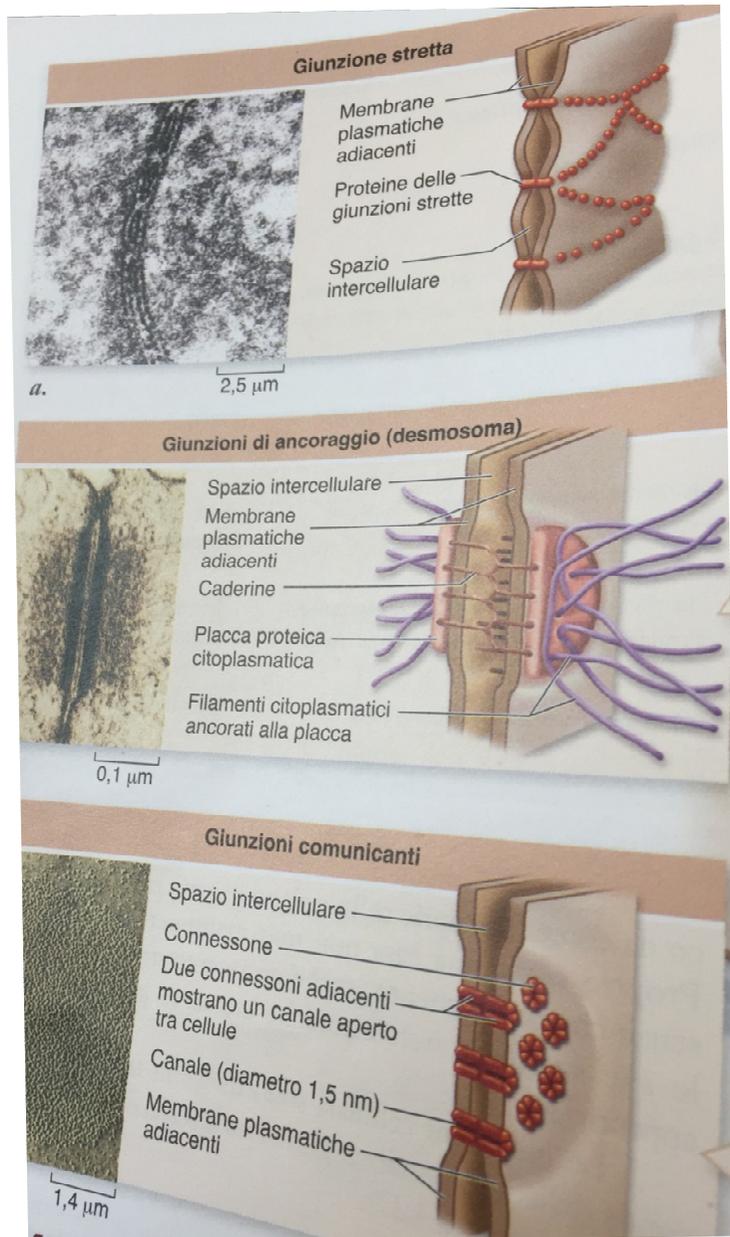
■ **Figura 2.116** I filamenti intermedi ricostruiti *in vitro* ed osservati al TEM dopo colorazione negativa. (a) Filamenti formati da cheratina 5 e 14; (b) filamenti di vimentina.



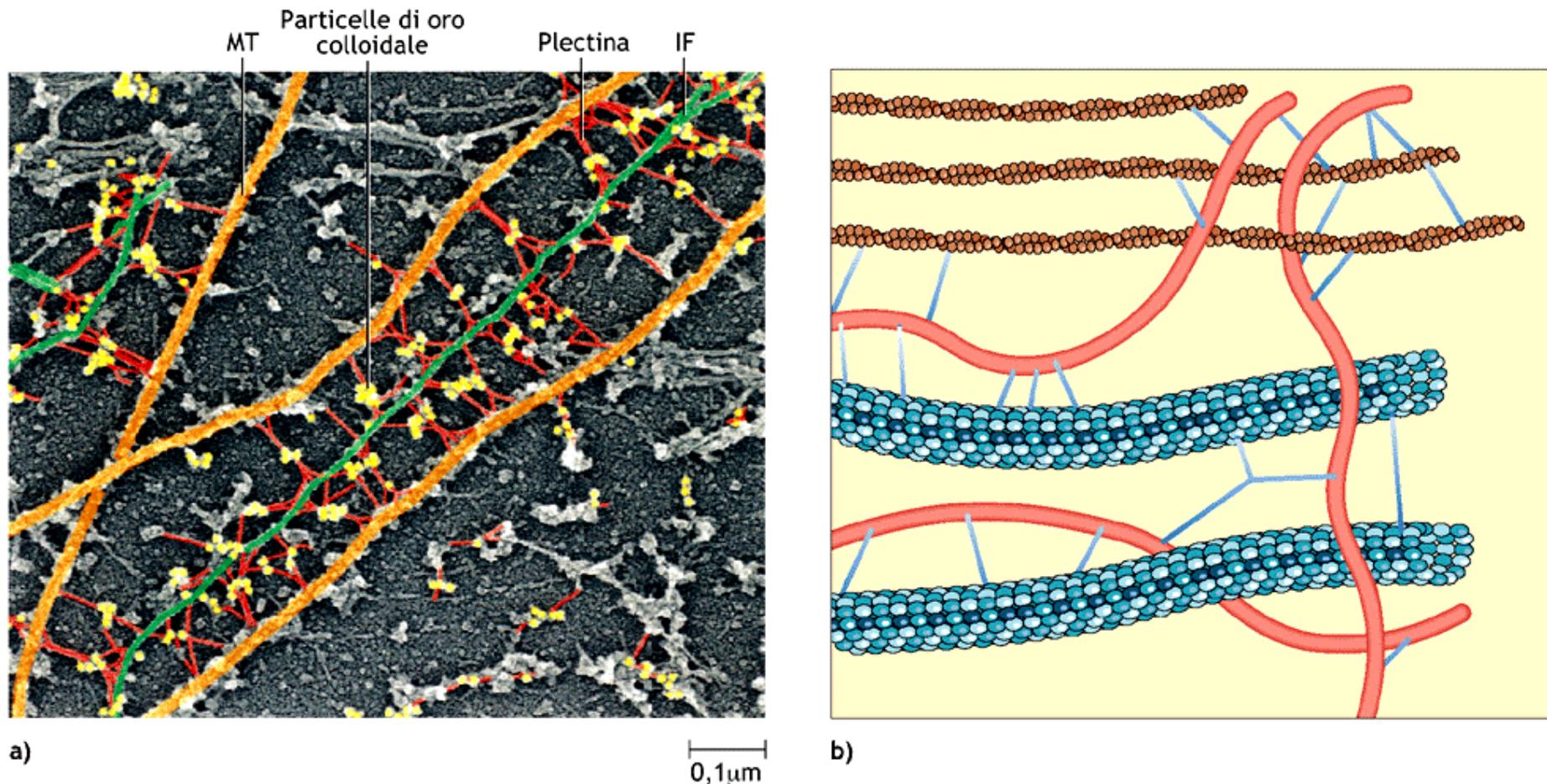
a) Dimero b) Tetramero c) Protofilamenti d) Filamento intermedio

■ **Figura 2.115** Modello di struttura dei filamenti intermedi. I dimeri rappresentano i blocchi di partenza che, associandosi testa-coda, formano i protofilamenti; questi ultimi si associano lateralmente per formare il filamento intermedio dal diametro medio di 10 nm.

## I filamenti intermedi sono connessi ai desmosomi o giunzioni di ancoraggio



## Tutti i filamenti sono connessi attraverso la plectina



■ **Figura 2.117** La plectina connette tutti i componenti del citoscheletro. Nella micrografia (a) è visibile la molecola di plectina (in rosso) che lega filamenti intermedi (IF) e microtubuli (MT); la sua presenza è rivelata dalle particelle di oro colloidale che sono state ad essa coniugate e messe in evidenza con la tecnica del deep-etch al TEM (colorazione artificiale). (b) Ricostruzione schematica dei rapporti tra elementi del citoscheletro e plectina.