

UNITE

Università degli Studi di Teramo

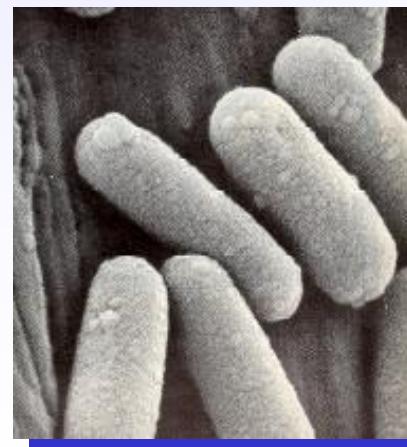
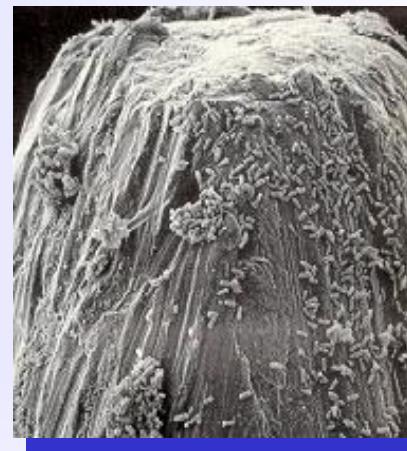
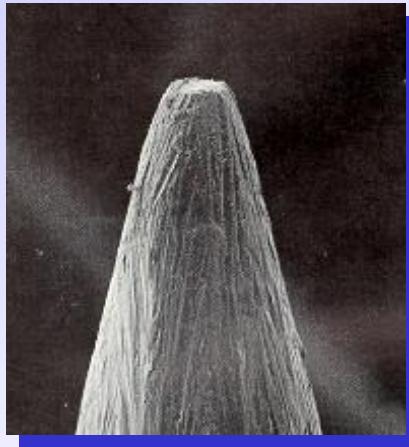


**Corso di Laurea in Biotecnologie
AA 2025-2026**

**CITOLOGIA E ISTOLOGIA
Prof.ssa Mauro**

N.d.A.: Il materiale contenuto nel presente file è inteso ad esclusivo utilizzo didattico da parte degli studenti del I° anno di Biotecnologie, che sono invitati a non ridistribuire suddetto materiale, parzialmente coperto da copyright.

Introduzione allo studio della citologia

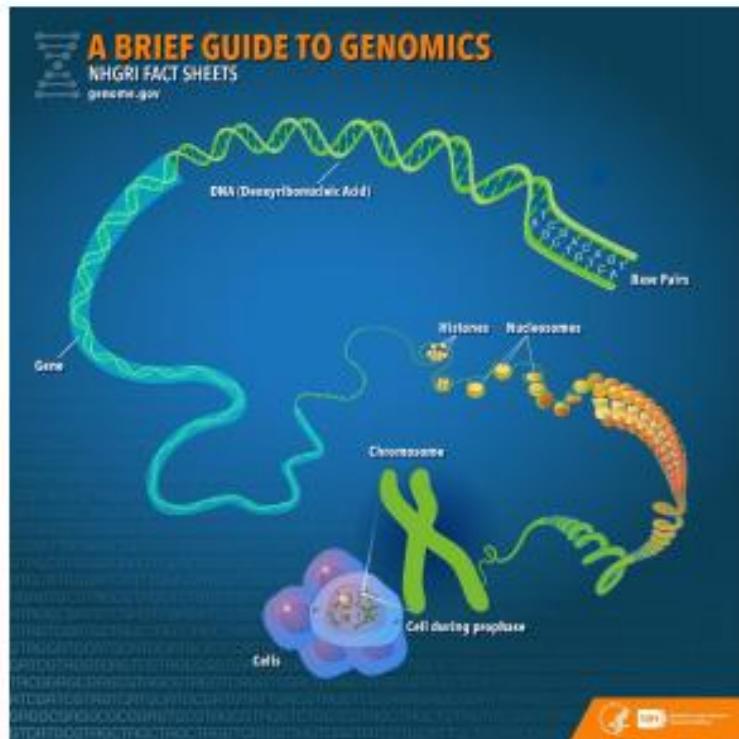


La biologia (dal greco *bios* = vita e *lògos* = studio= Bios logos ovvero **studio della vita**

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

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

Gli organismi viventi sono caratterizzati da un genoma...



...da un metabolismo...

Fonti:

NIH – National Human Genome Research Institute
Nature Biotechnology 2013

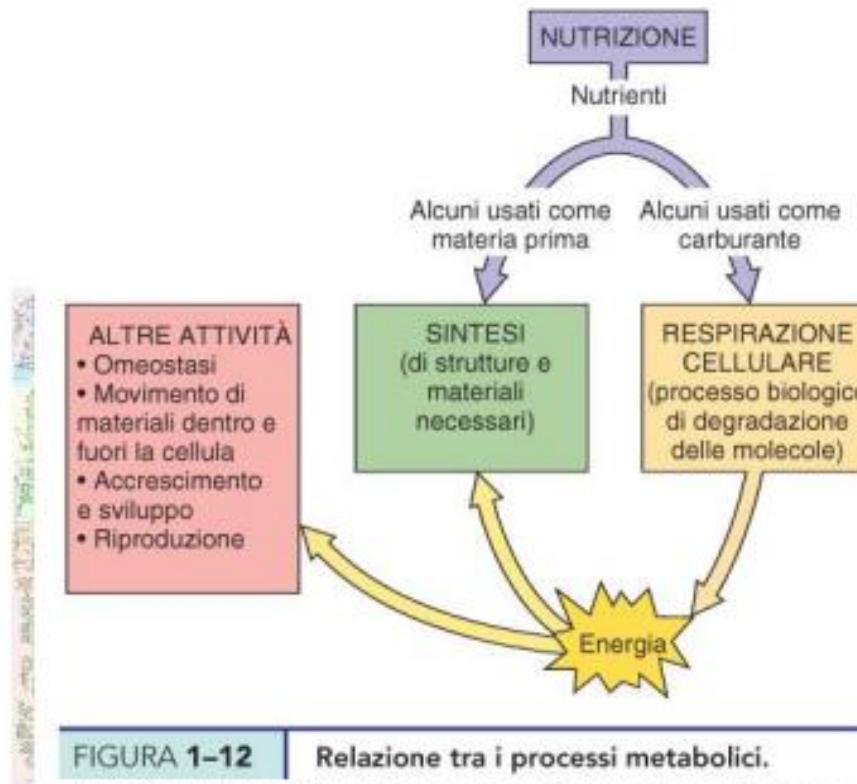
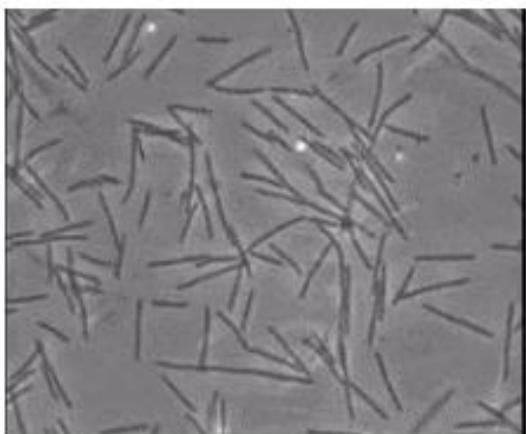


FIGURA 1-12 Relazione tra i processi metabolici.

In ogni organismo vivente avvengono continuamente reazioni metaboliche. Alcuni dei nutrienti sono usati per sintetizzare i materiali necessari per le strutture cellulari, altri sono usati come carburante per la respirazione cellulare, un processo che libera l'energia accumulata nel cibo. Questa energia è necessaria per la sintesi e per altre forme di lavoro cellulare.

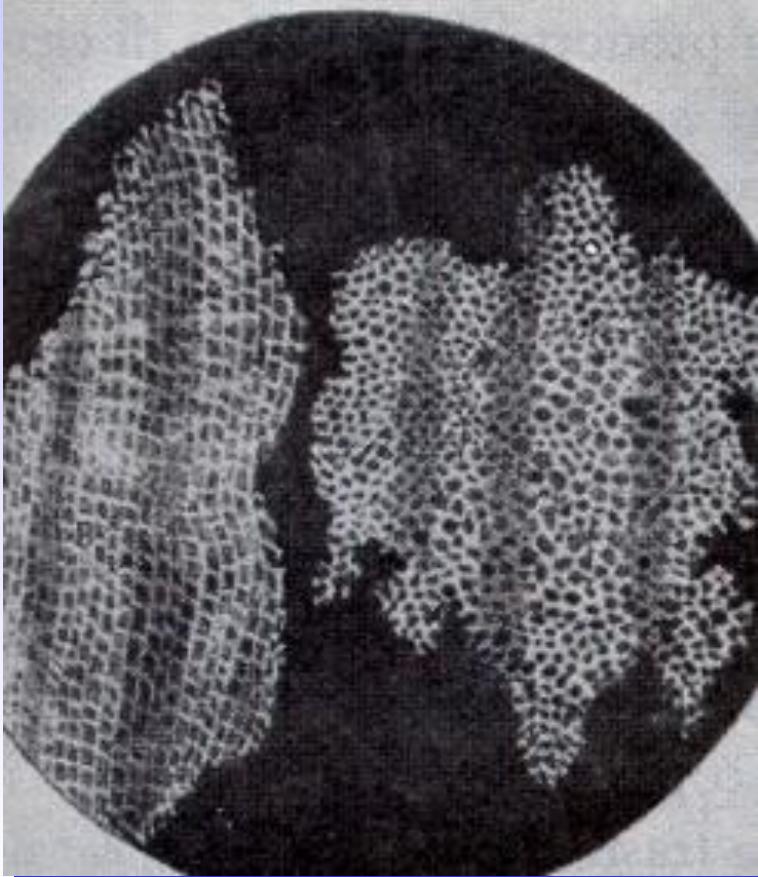


... ed inoltre da **riproduzione**, **motilità**
ed evoluzione



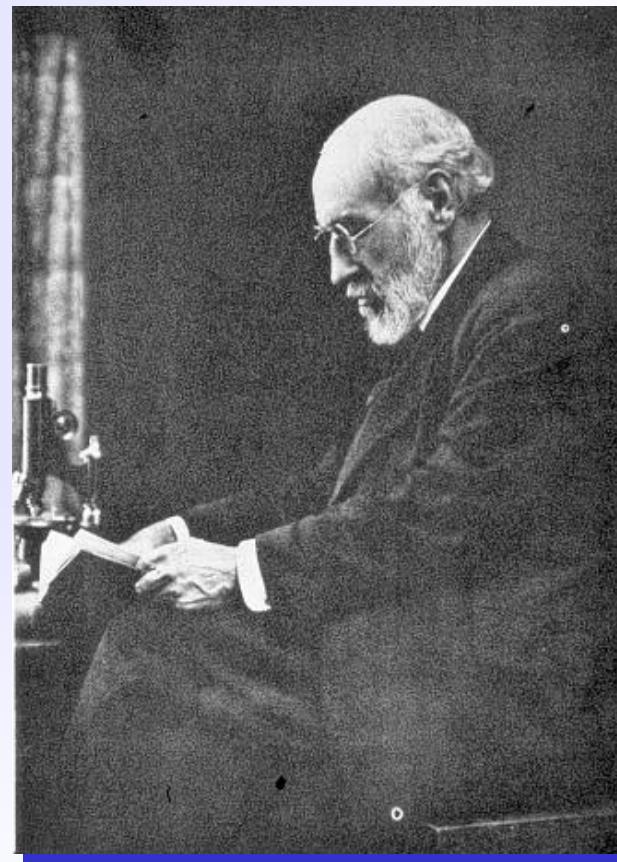
Fonti:
Sadava et al., 2014; 2019
<https://giphy.com>

“Cellula”



Hooke (1655)

Teoria cellulare



“Le cellule sono organismi; gli animali e le piante sono aggregati di questi organismi che rispettano leggi definite nella loro organizzazione”

Teoria cellulare

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

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

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

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

Tutte le forme di vita sul pianeta sono riconducibili a 3 "Domini", suddivisi in 6 gruppi principali, detti "Regni"

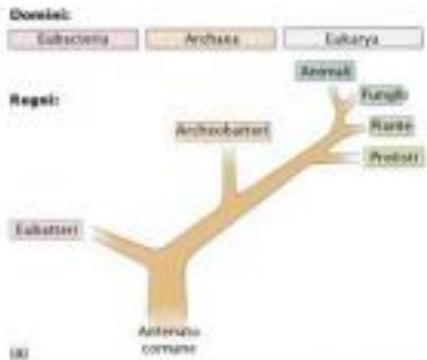
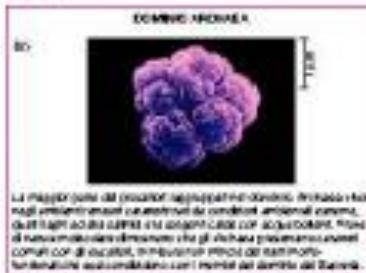


Figura 1-10 Una panoramica dei regni viventi. (a) In questa lista gli organismi sono assegnati a tre domini e sei regni. (b) Questi batteri (*Methanococcus marcusii*), appartenenti al regno Archebatteri, producono metano. (c) Il batterio a forma di bastoncino, *Bacillus cereus*, appartenente al regno Eubacteri, provoca il carboncino, una malattia tipica del bestiame e dei greggi che può colpire anche l'uomo. (d) I protisti unicellulari (*Tetrahymena*, sp.) sono inclusi nel regno Protista. (e) I funghi come questi ovolacci (*Amanita muscaria*) appartengono al regno dei Fungi. (f) Al regno Vegetale appartengono molti esemplari belli e diversi tra loro. In questa fotografia si vede un'orchidea (*Paphiopedilum carneosanguineum*). (g) I leoni (*Panthera leo*) sono i membri più feroci del regno Animale, tuttavia sono anche tra i più socievoli e vivono pacificamente in gruppi. (h) R. Robinson/Visuals Unlimited; (c), CNRI/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.; (d), David M. Phillips/Visuals Unlimited; (e), UV Photos/FCI International; (f), John Ansaldi; (g), McMurry/Photographer.



2 μm

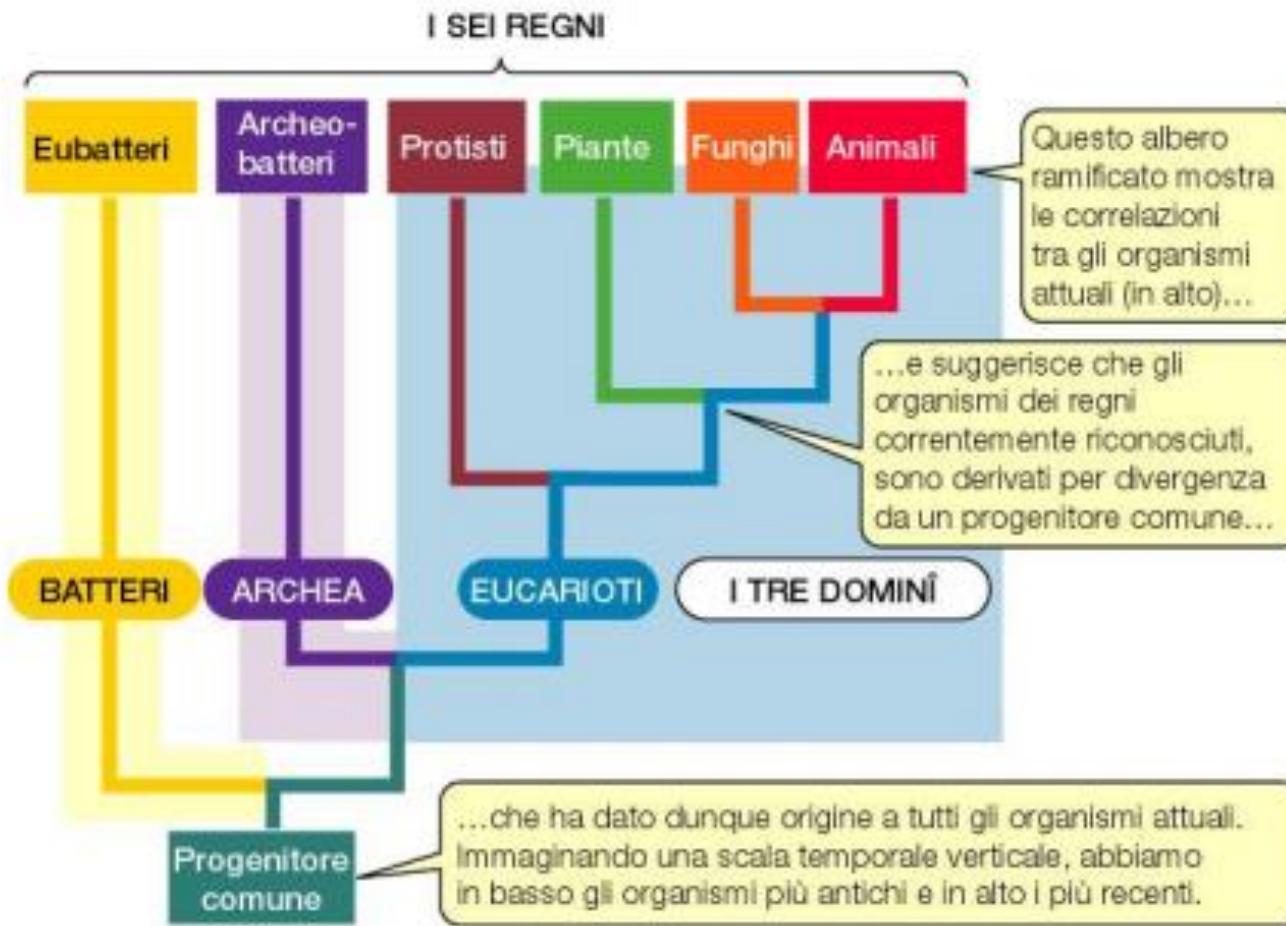


3 Domini

6 Regni



I regni Protista comprendono esemplari parassitici, alleanze mutualistiche, e simbiosi, come questo esemplare che assorbe nutrienti da frutta decomposta.



La catalogazione dei viventi all'interno dei Domini e dei Regni impiega una serie di **categorie tassonomiche basate sulla filogenesi** (cioè sui **rapporti evolutivi** tra gli organismi)

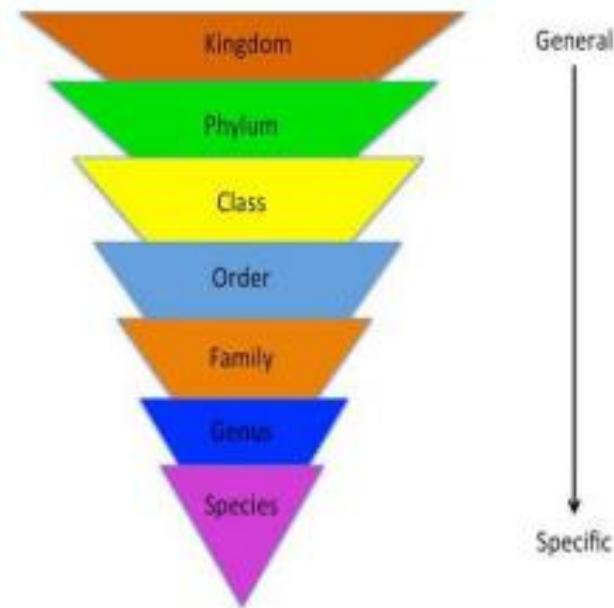
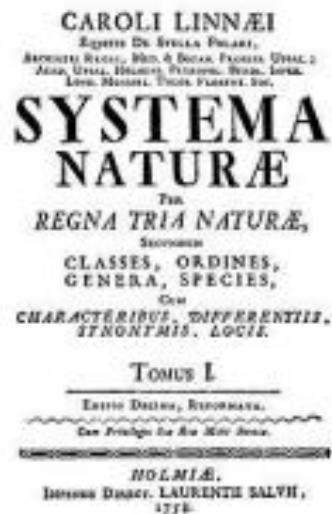
Classificazione di un vivente

Il sistema di classificazione usato in Biologia ("nomenclatura binomiale") è stato ideato nel 1753 dal botanico e zoologo svedese Carl Linneus

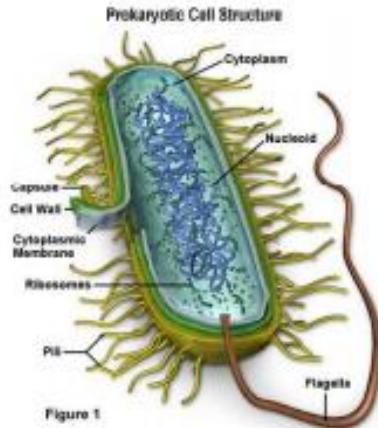
La nomenclatura binomiale è governata da un sistema internazionale di regole stabilite dall'**International Code of Zoological Nomenclature (ICZN)** per gli animali e dall'**International Code of Nomenclature (ICN)** per le alghe, i funghi e le piante



Carl Linnaeus
(1707-1778)



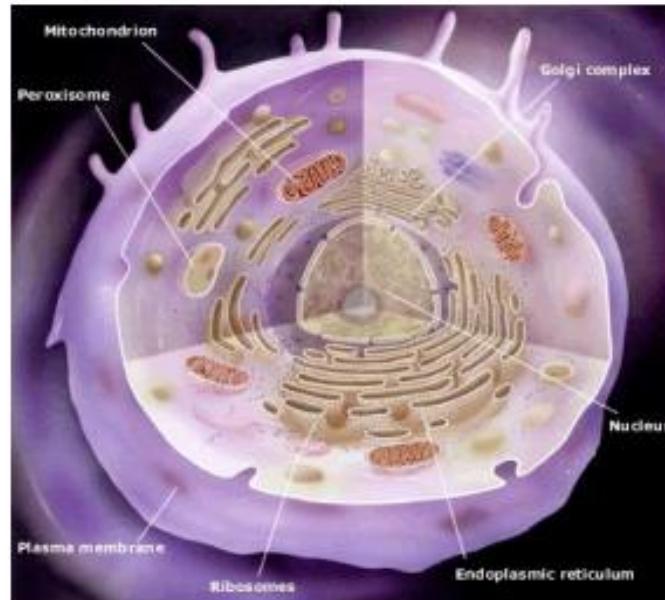
6 Regni e 3 Domini di organismi viventi, riconducibili a solo **due tipi di cellule**



← **PROCARIOTI**

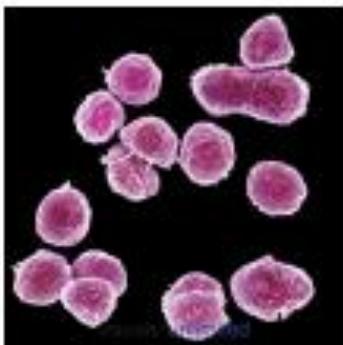
Archeobatteri, Eubatteri

EUCARIOTI →
Protisti, Funghi, Piante, Animali



Le immagini NON sono in scala tra loro

Organismi unicellulari e pluricellulari



Procarioti unicellulari:
Archeobatteri, Eubatteri

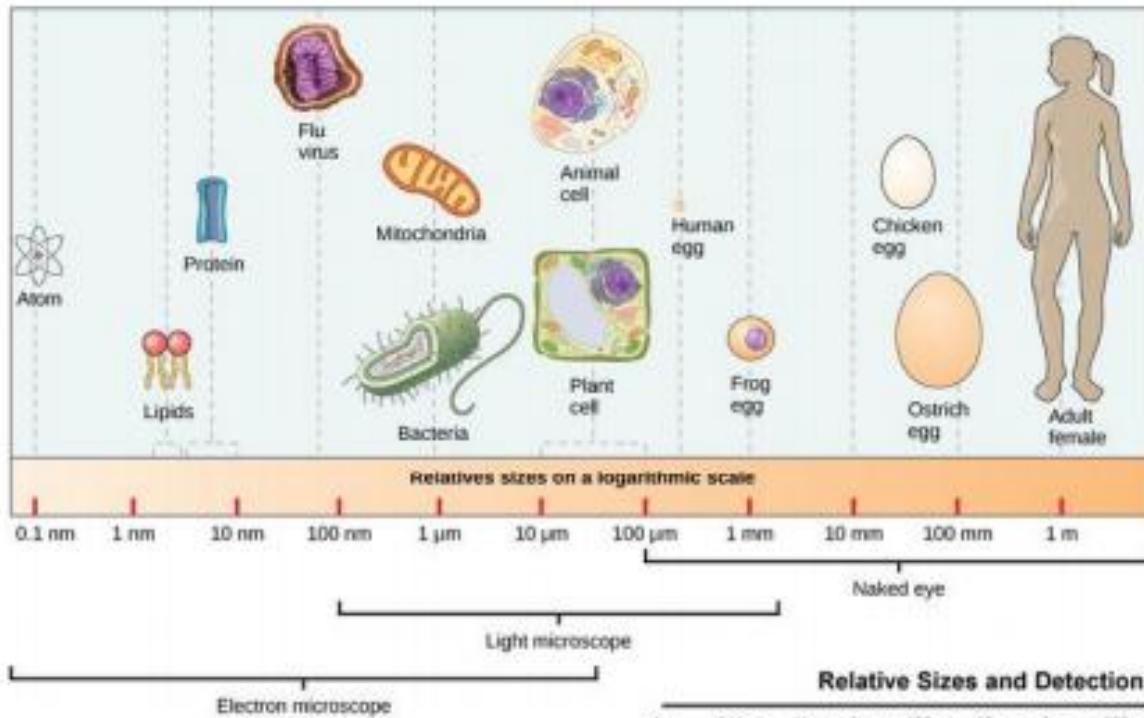


Eucarioti unicellulari: Protisti



Eucarioti pluricellulari: Funghi, Piante, Animali

Dimensioni



- L'occhio umano può distinguere oggetti con diametro fino a 0.1 mm (100 μm)
- Il microscopio ottico può distinguere oggetti fino ad un diametro di 0.1 μm (100 nm)
- Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) può distinguere oggetti fino a 0.2 nm

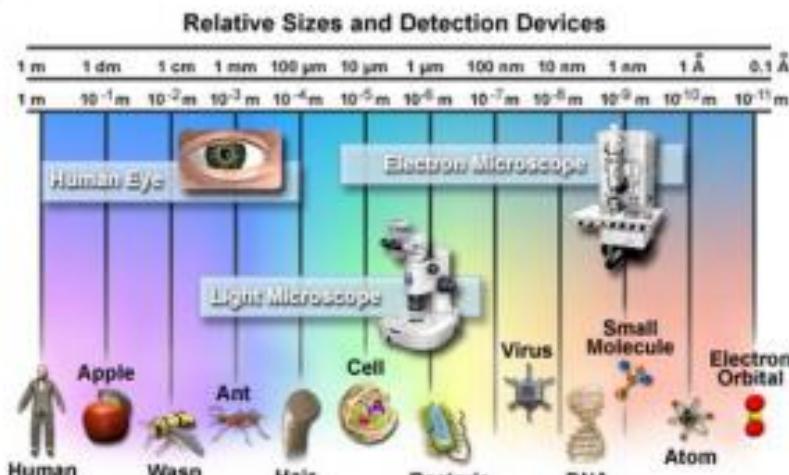
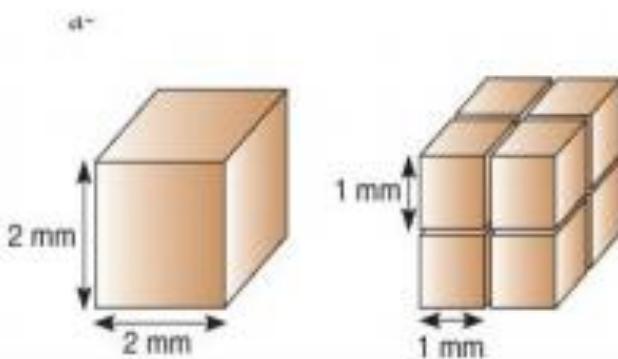


Figure 1

Fonti: Sadava et al., 2014; 2019
<https://micro.magnet.fsu.edu>

...e anche la superficie è molto importante



Superficie (mm)	Superficie = altezza × larghezza × numero di facce × numero di cubi	24 $(2 \times 2 \times 6 \times 1)$	48 $(1 \times 1 \times 6 \times 8)$
Volume (mm)	Volume = altezza × larghezza × lunghezza × numero di cubi	8 $(2 \times 2 \times 2 \times 1)$	8 $(1 \times 1 \times 1 \times 8)$
Rapporto superficie/ volume	Superficie/ Volume	3 $(24:8)$	6 $(48:8)$

FIGURA 4-2

Rapporto tra superficie e volume.

La superficie di una cellula deve essere grande abbastanza rispetto al suo volume per permettere scambi adeguati di materiale con l'ambiente. Benché il volume sia lo stesso, otto cellule piccole hanno una area per volume totale maggiore rispetto a quella posseduta da una grande cellula. Nell'esempio mostrato, il rapporto superficie / volume di otto cubi di 1 mm risulta essere il doppio del singolo cubo grande.

Il rapporto superficie / volume (e quindi l'efficienza degli scambi metabolici) **aumenta** se la struttura biologica si divide in unità più piccole

Organizzazione della sostanza vivente

1. Virus

2. Batteriofagi

3. Cellule Procarciote

4. Cellule Eucariote

batteri
alge procarciote

vegetali

Protopiti (monocellulari)
Metapiti (pluricellulari)

animali

Protozoi (monocellulari)
Metazoi (pluricellulari)

VIRUS- caratteristiche

- ✓ I virus sono parassiti intracellulari obbligati , possono cioè sopravvivere solo usando le risorse di una cellula ospite
- ✓ I virus infettano ogni tipo di cellula inclusi batteri, archea, protisti, piante , funghi ed animali.
- ✓ I virus infettano i batteri sono detti batteriofagi (mangiatori di batteri) o fagi
- ✓ Lo studio dei virus è definito virologia e coloro che li studiano sono Virologi
- ✓ I virus sono i microrganismi più abbondanti sulla terra
- ✓ Costituiti da core di acido nucleico

VIRUS- caratteristiche

I virus sono piccole particelle infettive, visibili, solo al m.e.
Hanno dimensioni tra i 20nm ed i 300 nm

esempi.

I Poliovirus hanno un diametro di 30 nm

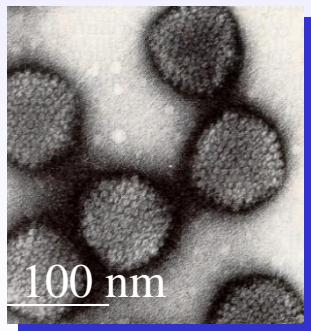
I Poxovirus causano il vaiolo e possono arrivare sino a 300 nm

Un virus contiene **DNA o RNA**, non entrambi

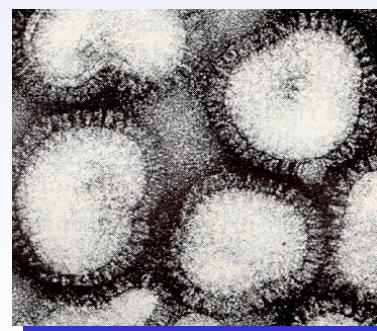
Un virus consiste di un **CORE** di acido nucleico

Il CAPSIDE è costituito da subunità proteiche dette **capsomeri**

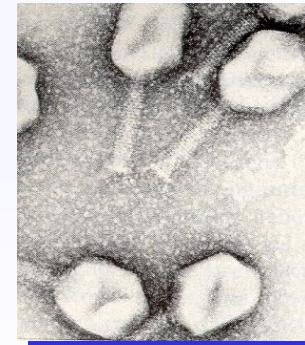
Il CAPSIDE è il rivestimento proteico **che circonda il CORE**.



Adenovirus,
virus a DNA

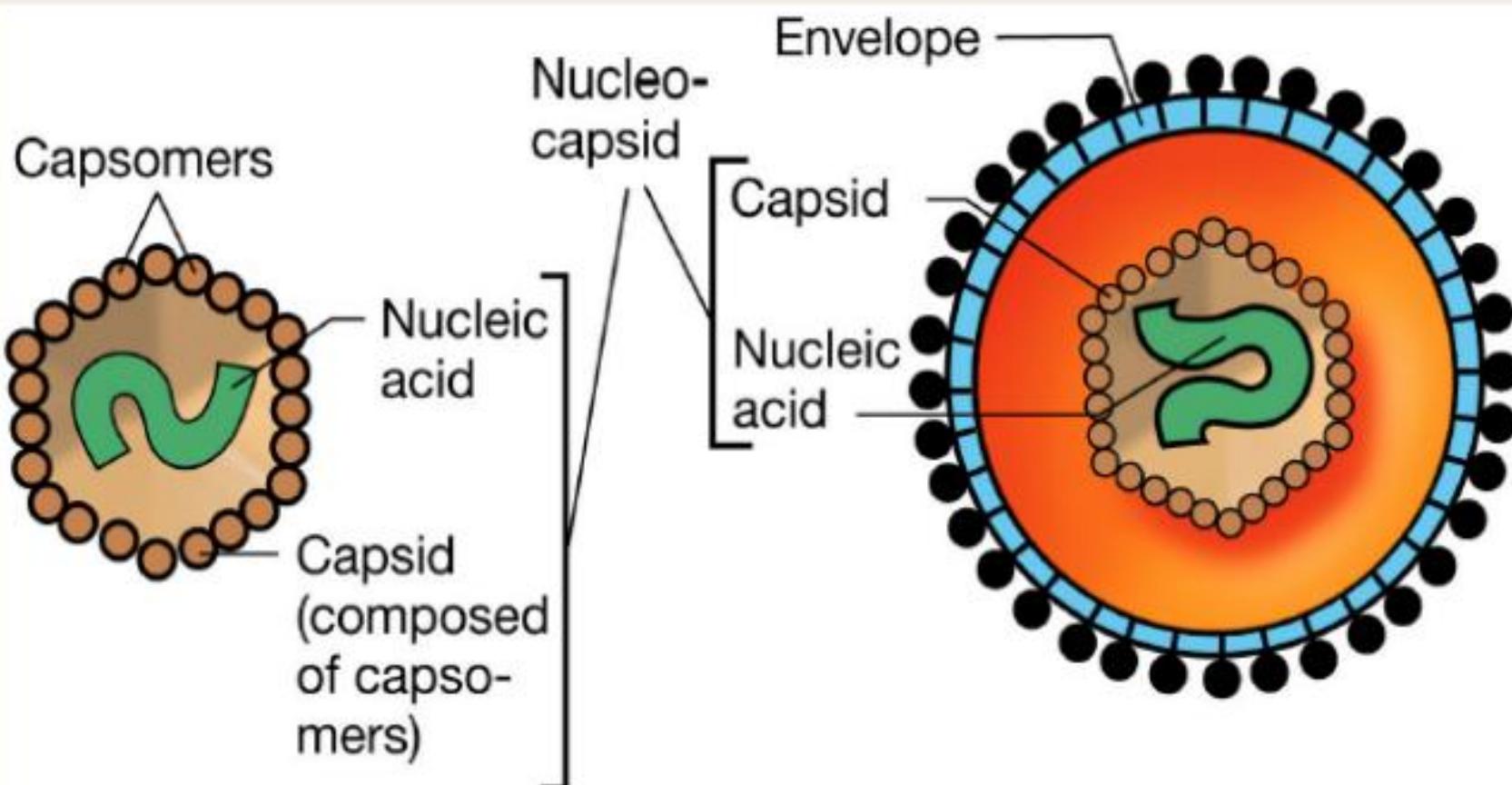


Virus dell'influenza,
virus a RNA



Batteriofago T4,
virus a DNA che infetta
l'E. coli

I VIRIONI o PARTICELLE VIRALI



Naked virus

Virus nudi

Enveloped virus

Virus rivestiti

VIRUSES – Characteristics

CLASSIFICATION BASED ON

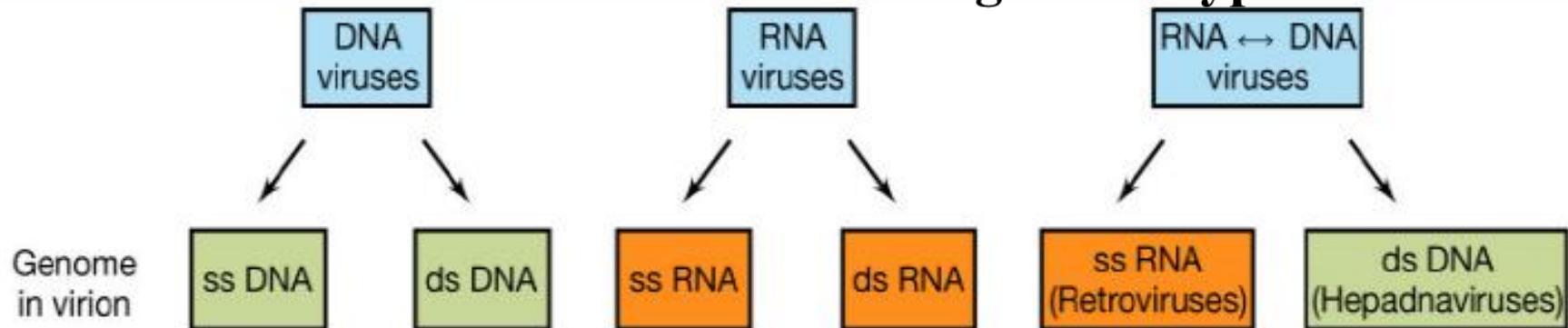
- GENOME TYPE
- SHAPE (MORPHOLOGY)
- TYPE OF PARASITIZED CELL

VIRUS- caratteristiche

Classification of viruses based on genome type

ss = single strands = filamento singolo
ds = double strand = filamento doppio

Classification of viruses based on genome type



Il genoma più grande - batteriofago G - con $6,7 \cdot 10^5$ basi
simile a quello di batteri endocellulari

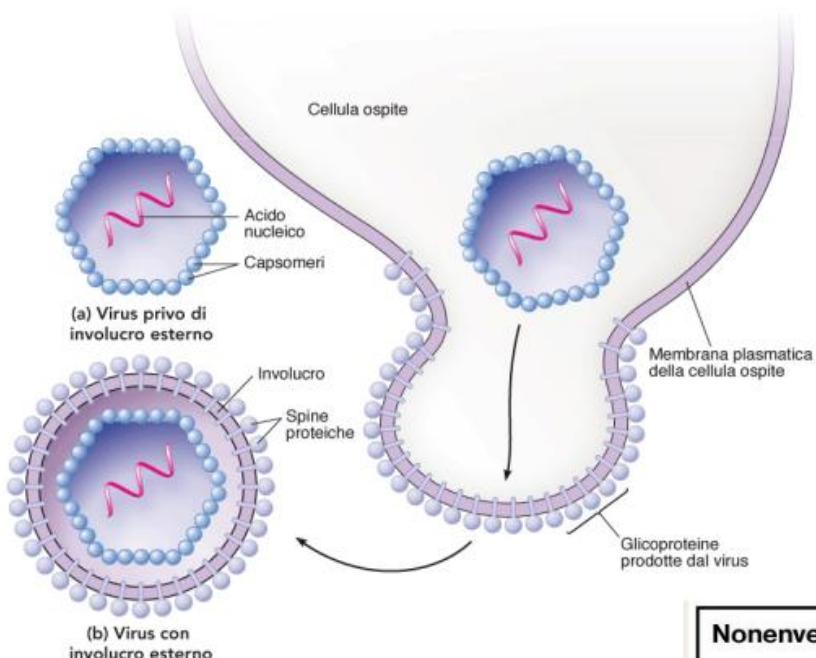


FIGURA 24-2 Confronto tra un virus con e senza involucro esterno.

Quando il virus abbandona la cellula ospite, la membrana plasmatica delle cellule ospiti avvolge il virus costituendo l'involucro esterno che contiene anche proteine prodotte dal virus.

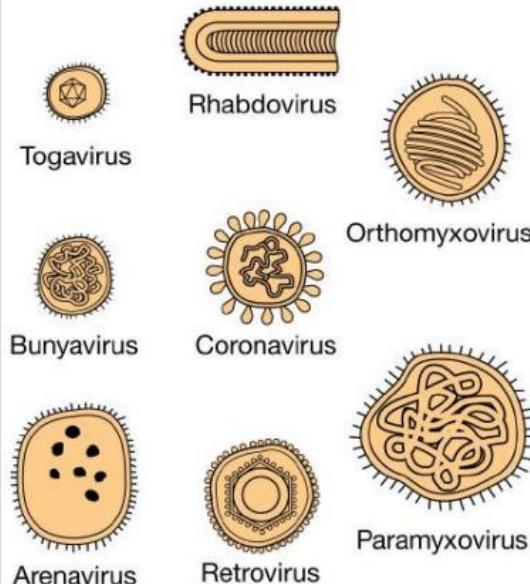
RNA viruses

Nonenveloped

ss RNA
Picornavirus

ds RNA
Reovirus
100 nm

Enveloped all ss RNA



VIRUS
a
RNA

(b) RNA viruses

VIRUSES – Characteristics

Classification based on shape (morphology):

- **Helical viruses**

Capsid proteins are arranged in a spiral around the nucleic acid.

Filamentous or cylindrical appearance.

May be naked or enveloped.

- Examples: Rabies virus (Rhabdoviridae), Tobacco mosaic virus (TMV), Paramyxoviruses (e.g., measles virus).

- **Icosahedral viruses**

Capsid forms a regular polyhedron with 20 triangular faces.

Compact and very stable structure.

May be naked or enveloped.

- Examples: Adenoviruses, Herpesviruses, Poliovirus.

- **Complex viruses**

Do not fit into simple geometric categories (neither helical nor icosahedral).

Often have additional structures (heads, tails, tail fibers).

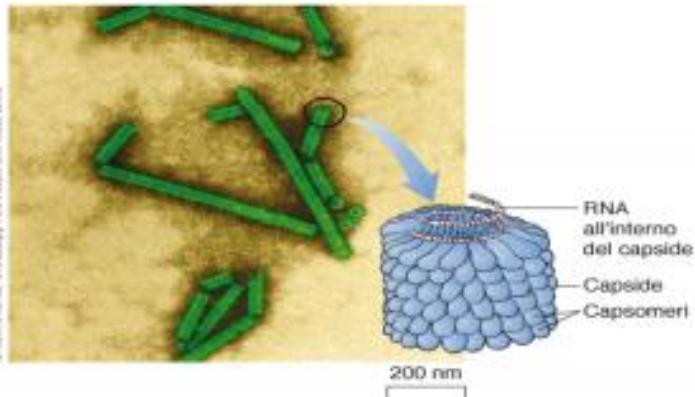
- Examples: Bacteriophages (e.g., T4 phage), Poxviruses (e.g., smallpox virus).

- **Enveloped spherical viruses**

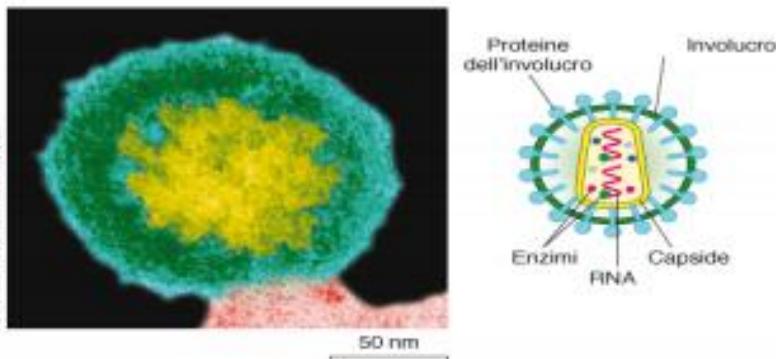
Surrounded by a lipid envelope derived from the host cell membrane.

Appear spherical, but their internal symmetry can be helical or icosahedral.

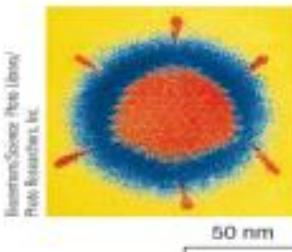
- Examples: Influenza virus, HIV, Coronaviruses.



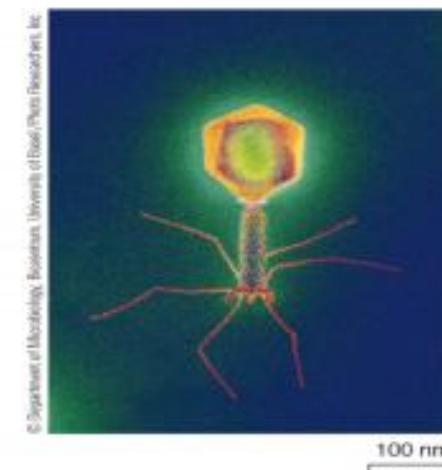
(a) **Fotografia a colori al MET del virus del mosaico del tabacco.**
Un virus a forma di bastoncello con un'organizzazione elicoidale delle proteine capsidiche.



(c) **Fotografia a colori fatta al microscopio elettronico di un virus HIV che causa l'AIDS.** Il virus sta lasciando la cellula ospite (in rosa). Il virus è racchiuso nell'involucro (in verde) che è fatto dalla membrana plasmatica dell'ospite. Le proteine virali si proiettano all'esterno dell'involucro. Il capsido virale è visibile in giallo.



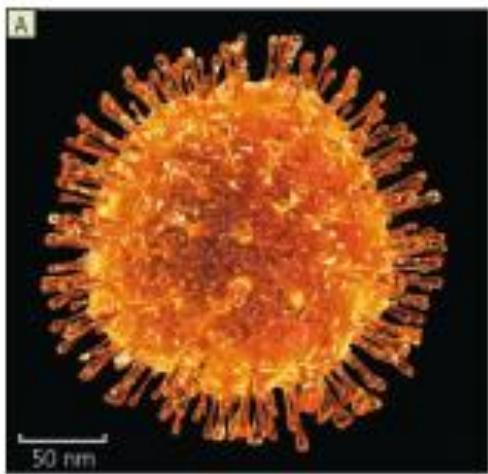
(b) **Fotografia a colori al MET fatta al microscopio elettronico di un adenovirus.** Capside composto da 252 subunità (visibili come minuscoli ovali) disposte secondo un poliedro a 20 facce. Dodici subunità presentano spine proteiche proiettate verso l'esterno che permettono al virus di riconoscere la cellula ospite.



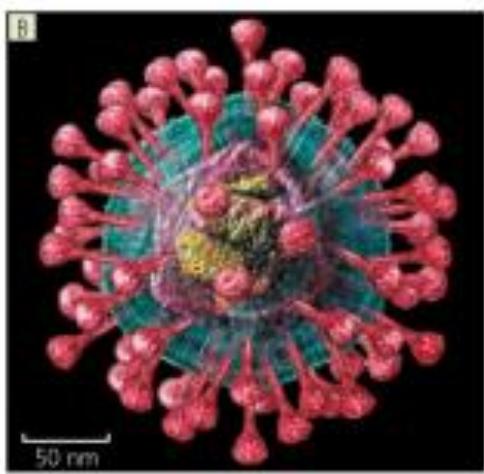
(d) **Immagine a colori fatta al microscopio elettronico del batteriofago T4.** Questo virus ha una testa e una coda poliedrica elicoidale. Il virus si attacca alla parete della cellula ospite batterica con le fibre della coda.

FIGURA 24-1 La struttura dei virus

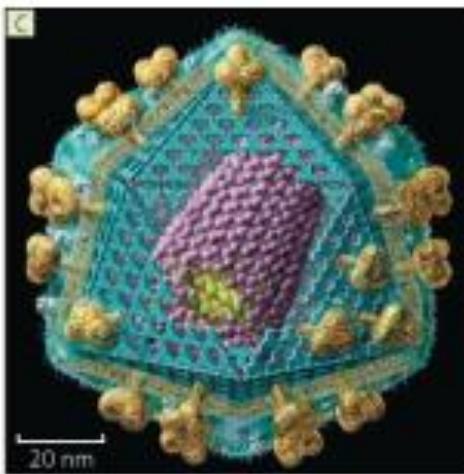
Un virus consiste di DNA o RNA circondato da un involucro proteico detto capsido. Il capsido è costituito da subunità proteiche dette capsomeri. Alcuni virus hanno un involucro membranoso esterno che circonda il capsido.



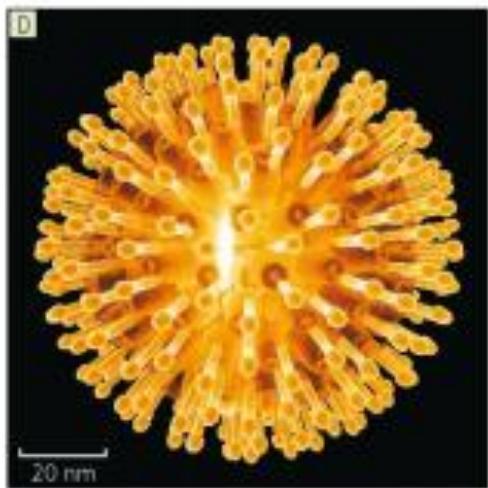
Un virus a filamento singolo di RNA antisenso: virus dell'influenza A, siglato H1N1, prevalente nel biennio 2009-2010; visto in superficie.



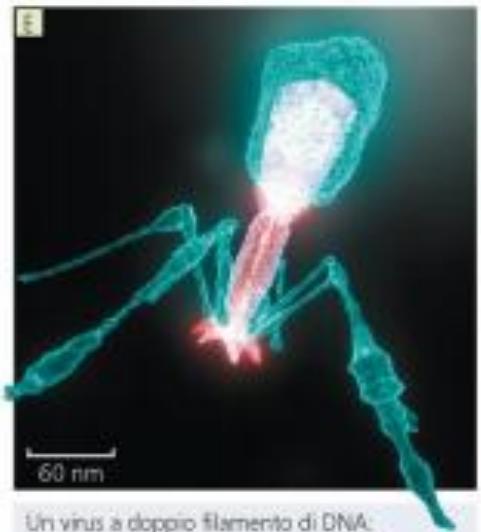
Un virus a filamento singolo di RNA a senso positivo: il coronavirus ritenuto responsabile della sindrome respiratoria acuta e severa (SARS); visto in superficie.



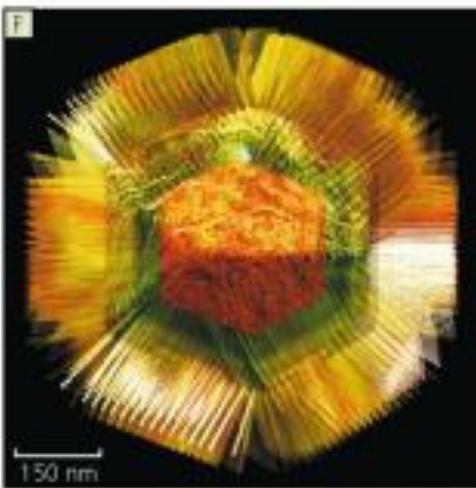
Un retrovirus a RNA: virus responsabile dell'immunoodeficienza umana (HIV) che provoca l'AIDS; visto in sezione.



Un virus a doppio filamento di DNA, uno dei numerosi herpes virus (Herpesviridae). Nella nostra specie herpes virus differenti sono responsabili di molte infezioni cutanee, compresi varicella, herpes zoster, herpes labiale e herpes genitale (HSV1/2); visto in superficie.



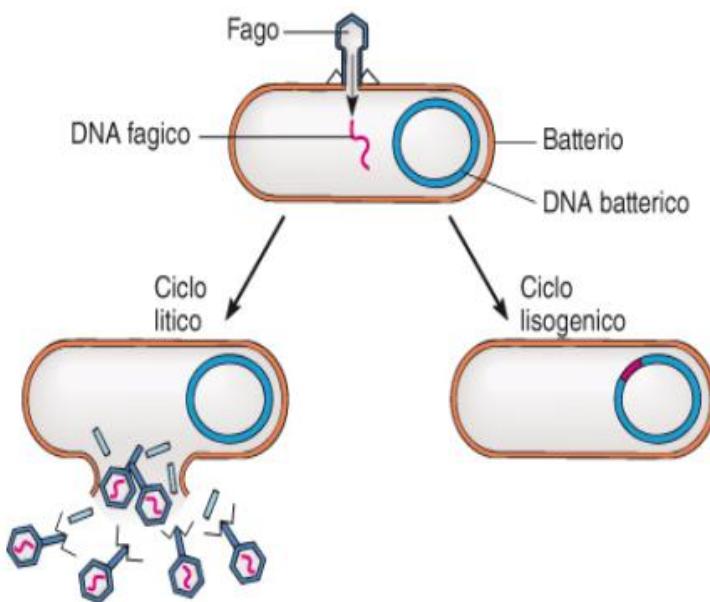
Un virus a doppio filamento di DNA: il batteriofago T4. I virus che infettano i batteri vengono denominati batteriofagi. (o semplicemente fagi). T4 si attacca con fibre filiformi simili a zampe all'esterno della cellula ospite e inietta il proprio DNA nel citoplasma attraverso la "coda" (la struttura rosa nell'immagine).

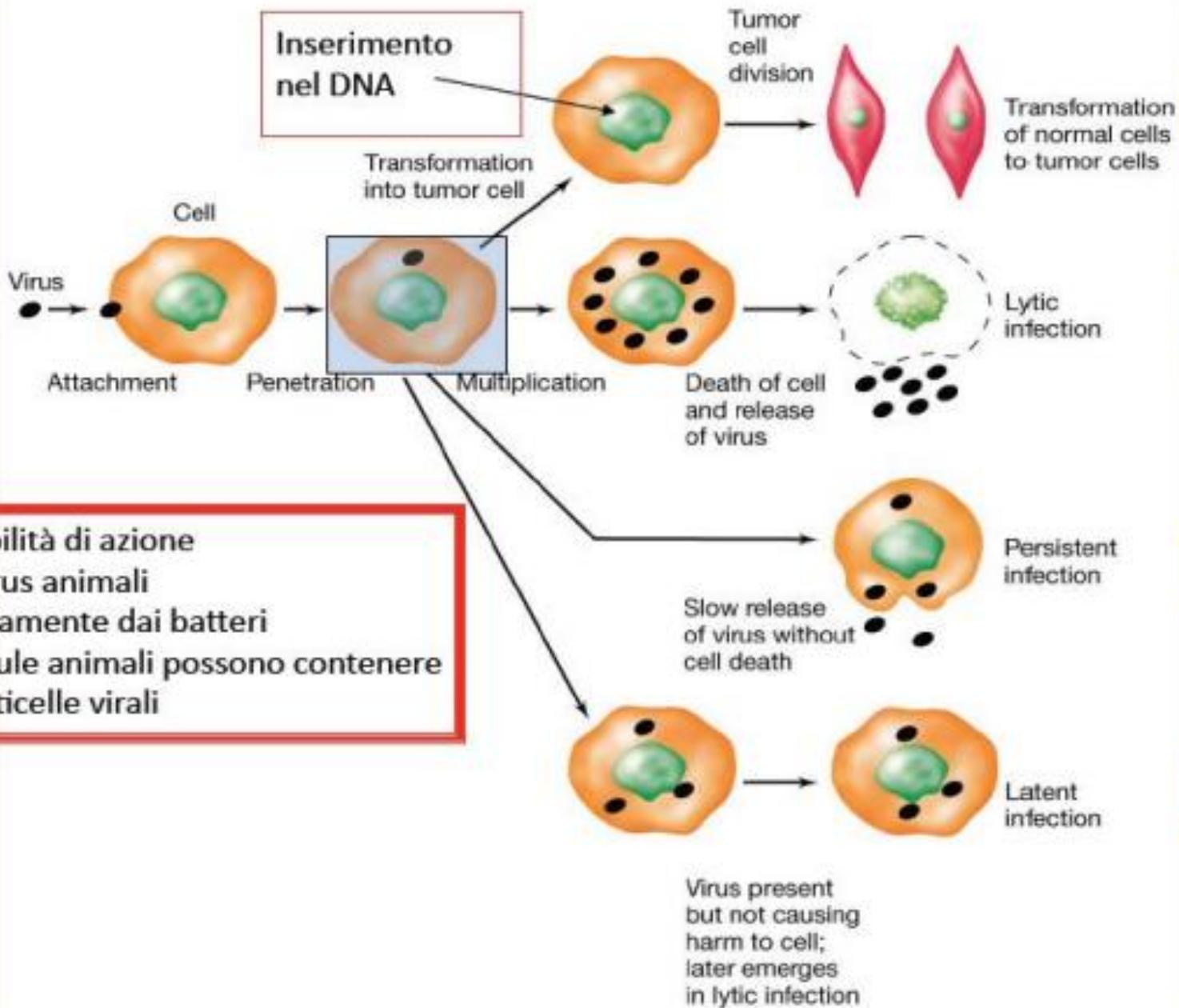


Un mimivirus a doppio filamento di DNA: Acanthamoeba polyphaga (APMV) possiede un diametro superiore a quello di tutti gli altri virus conosciuti e un genoma più grande di quello di alcuni procarioti; visto in sezione.

VIRUS- replicazione virale

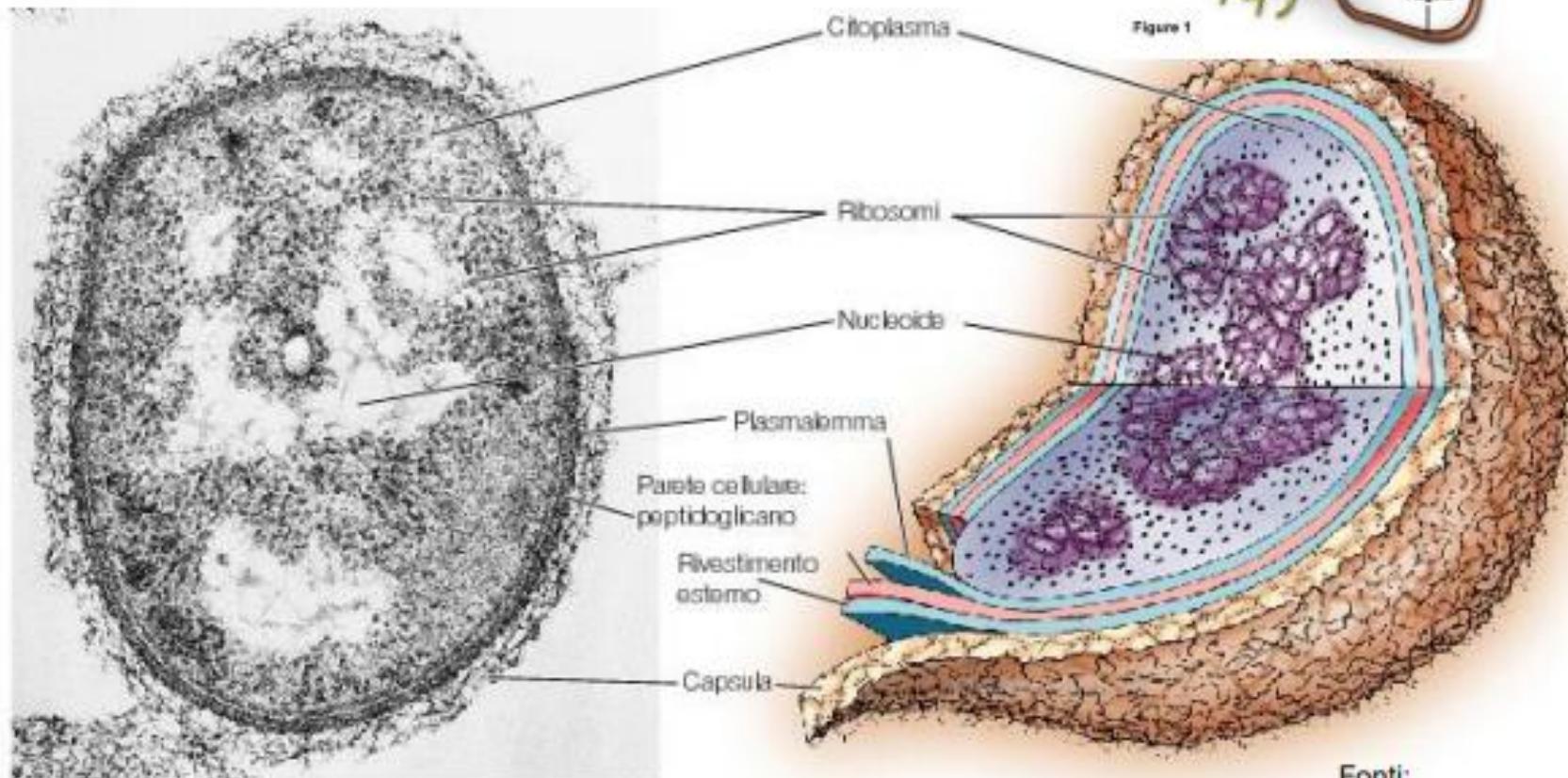
- I virus si riproducono solo all'interno delle cellule ospiti
- Infettano cellule batteriche, animali, o vegetali, in modo sostanzialmente simile.
- Il virus tipicamente si attacca alla superficie della cellula
- L'acido nucleico virale deve entrare nella cellula ospite per effettuare la sintesi dei componenti virali
- I componenti vengono assemblati ed i virus sono rilasciati dalla cellula
- I 2 tipi di riproduzione sono il ciclo litico e ciclo lisogenico





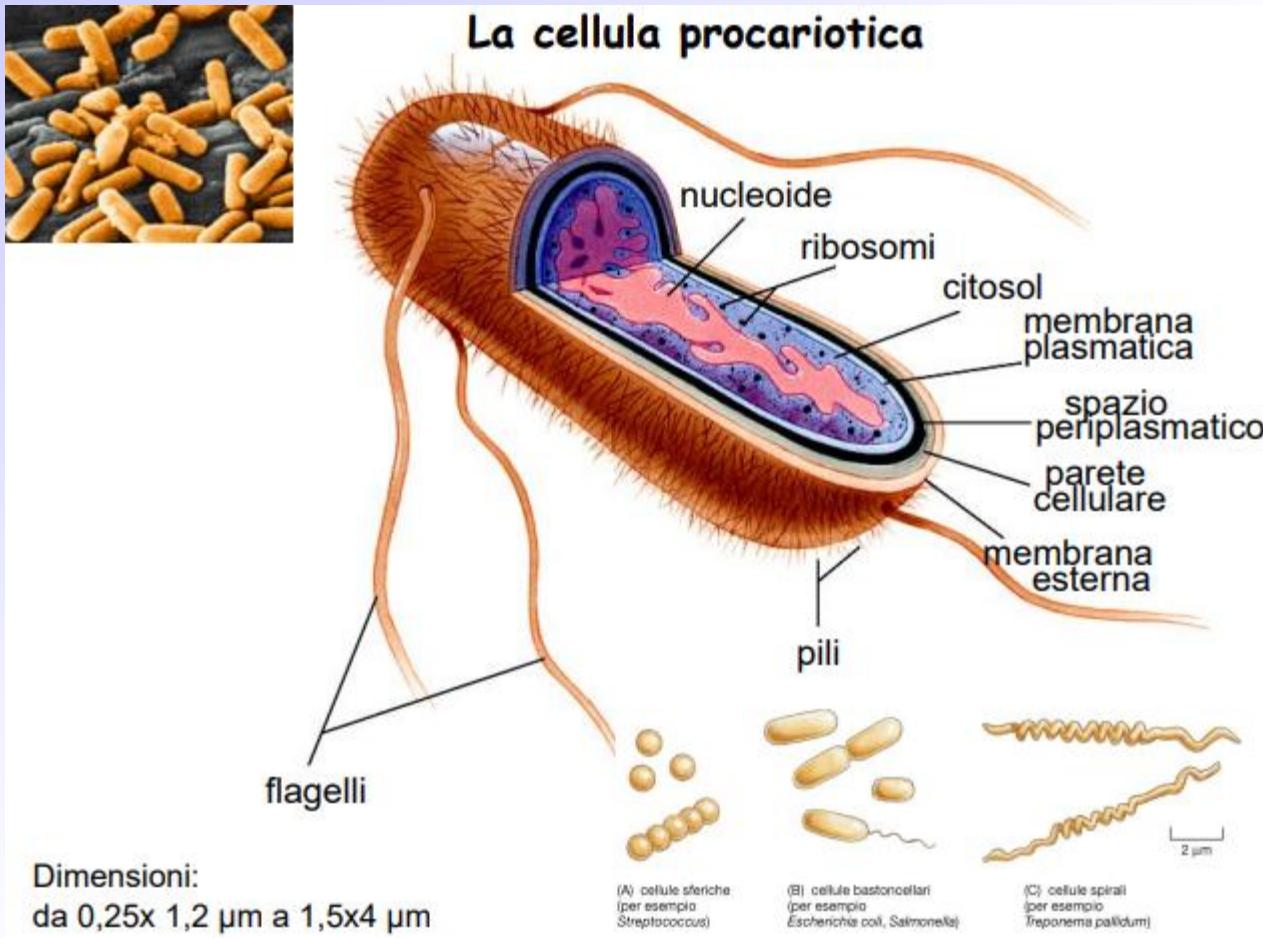
Cellule procariote

Cellula procariotica



Fonte:
Sadava et al., 2014, 2019

Cellule procariote



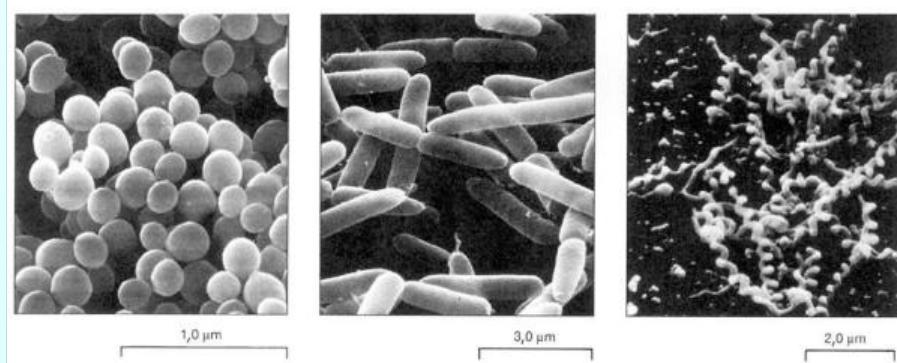
Sono organismi unicellulari caratterizzati dall'assenza di un sistema di membrane che separi il materiale genetico e parte del protoplasma dalle restanti parti. Mancano di nucleo.

La cellula procariotica

- I procarioti sono gli organismi più semplici
- Sono tutti unicellulari (li possiamo trovare però aggregati)
-
- Hanno dimensioni ridotte
- Hanno ribosomi strutture in grado di sint.re proteine
-
- Hanno Granuli di Riserva: contengono glicogeno, lipidi, composti fosforilati
- Citoplasma circondato da membrana plasmatica e parete cellulare rigida (composta da peptidoglicani)
- A volte presente un ulteriore strato gelatinoso detto capsula (composto da polisaccaridi)

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

- Nucleoide = zona del citoplasma dove si trova il DNA sotto forma di singolo cromosoma Circolare
- Dotati di flagelli (ne consentono il movimento)
- Dotati di pili (appendici più corte dei flagelli, importanti durante la coniugazione, in cui avviene lo scambio di materiale genetico tra una cellula e l'altra).



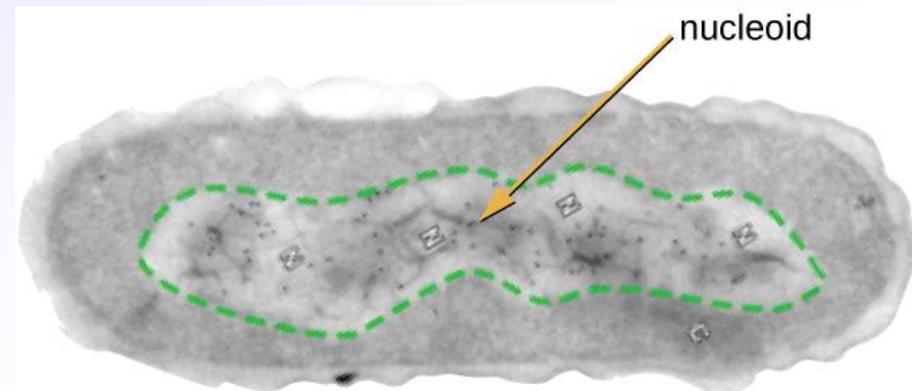
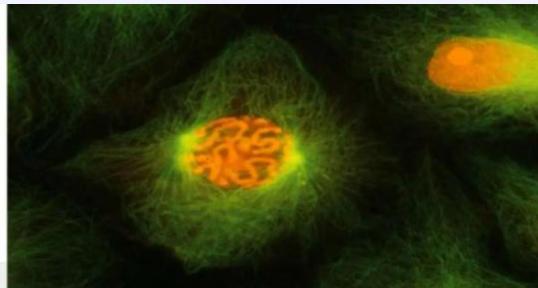
Prokaryotic cells

Asexual Reproduction and Genetic Exchange

- **Binary Fission:** The primary method of asexual reproduction, where one cell divides into two genetically identical daughter cells.
- **Horizontal Gene Transfer:** Prokaryotes can exchange genetic material through processes involving structures like sex pili.

*Prokaryotes-
circular DNA

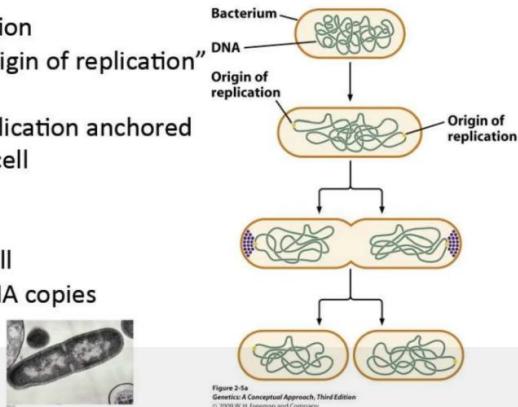
Eukaryotes-
linear DNA



Prokaryotic cells

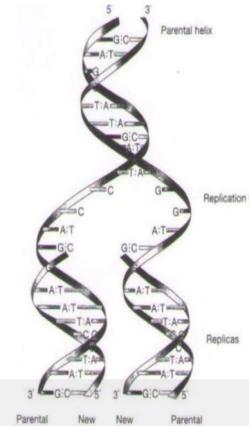
Prokaryote cell reproduction

- 1) DNA replication
Starts at "origin of replication"
- 2) Origin of replication anchored to poles of cell
- 3) Cell divides
New cell wall
Identical DNA copies



oriC locus

DNA Replication

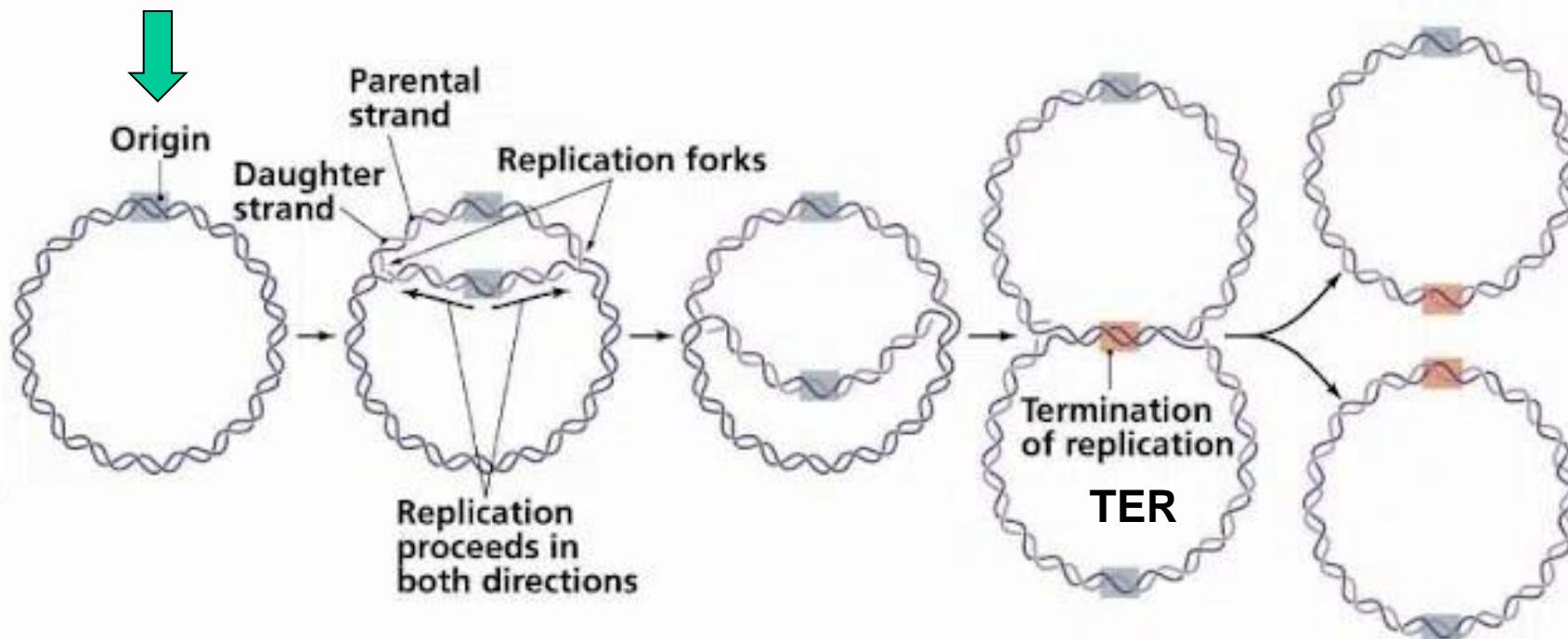


Semiconservative
Replication of DNA

The replication fork of DNA showing the synthesis of two progeny strands. Each copy contains one new and one old strand.

Bacterial chromosome is called **Replisome**

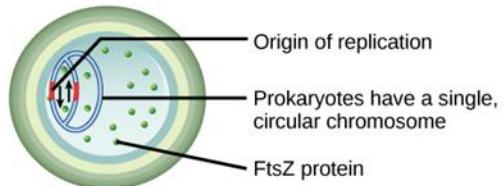
Replisome – a part of the genome that contains an origin site and is replicated as a whole unit



Binary Fission

Binary Fission in Prokaryotes

Replication of the circular prokaryotic chromosome begins at the origin of replication and continues in both directions at once.



Key aspects of binary fission are:

DNA Replication: The prokaryotic cell's single, circular chromosome duplicates itself.

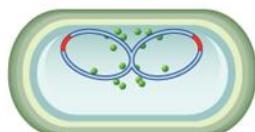
Segregation: One copy of the replicated DNA is moved to each side of the cell.

Cell Elongation: The cell grows longer, further separating the two DNA copies.

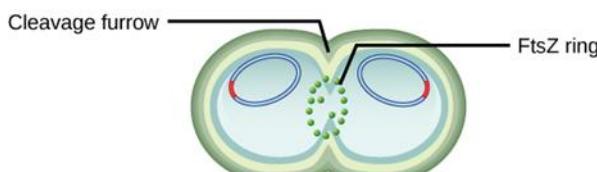
Septum Formation: A new cell wall and cell membrane begin to form in the middle of the cell, a process that involves proteins like FtsZ.

Cell Division (Cytokinesis): The cell completely splits into two, each becoming a new, genetically identical daughter cell.

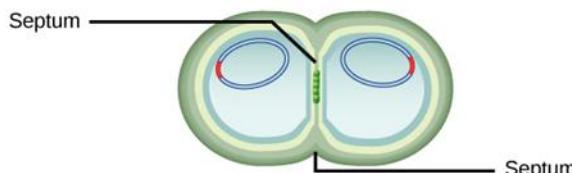
The cell begins to elongate. FtsZ proteins migrate toward the midpoint of the cell.



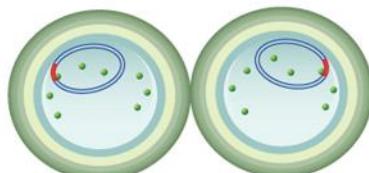
The duplicated chromosomes separate and continue to move away from each other toward opposite ends of the cell. FtsZ proteins form a ring around the periphery of the midpoint between the chromosomes.



The FtsZ ring directs the formation of a septum that divides the cell. Plasma membrane and cell wall materials accumulate.

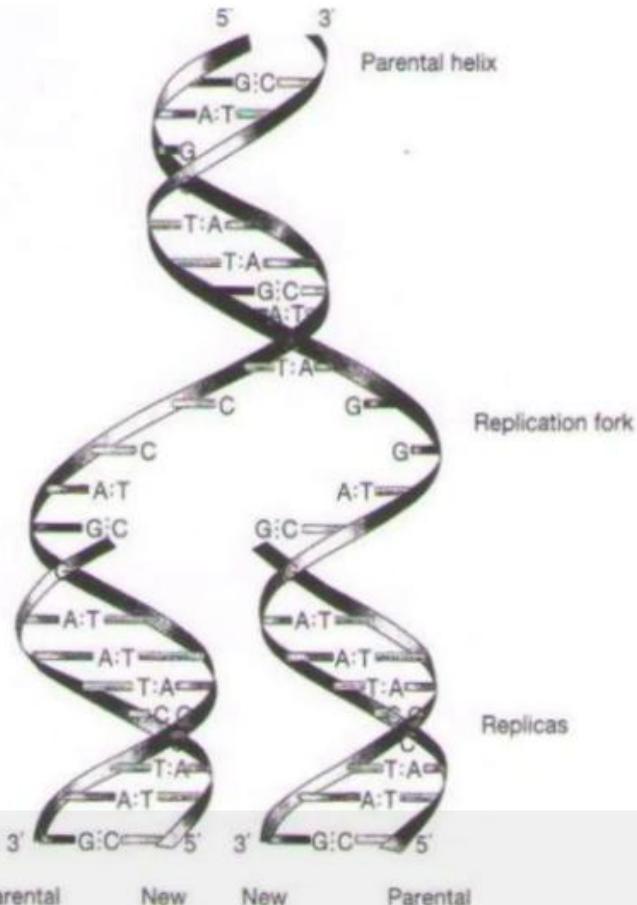


After the septum is complete, the cell pinches in two, forming two daughter cells. FtsZ is dispersed throughout the cytoplasm of the new cells.



Binary Fission

DNA Replication



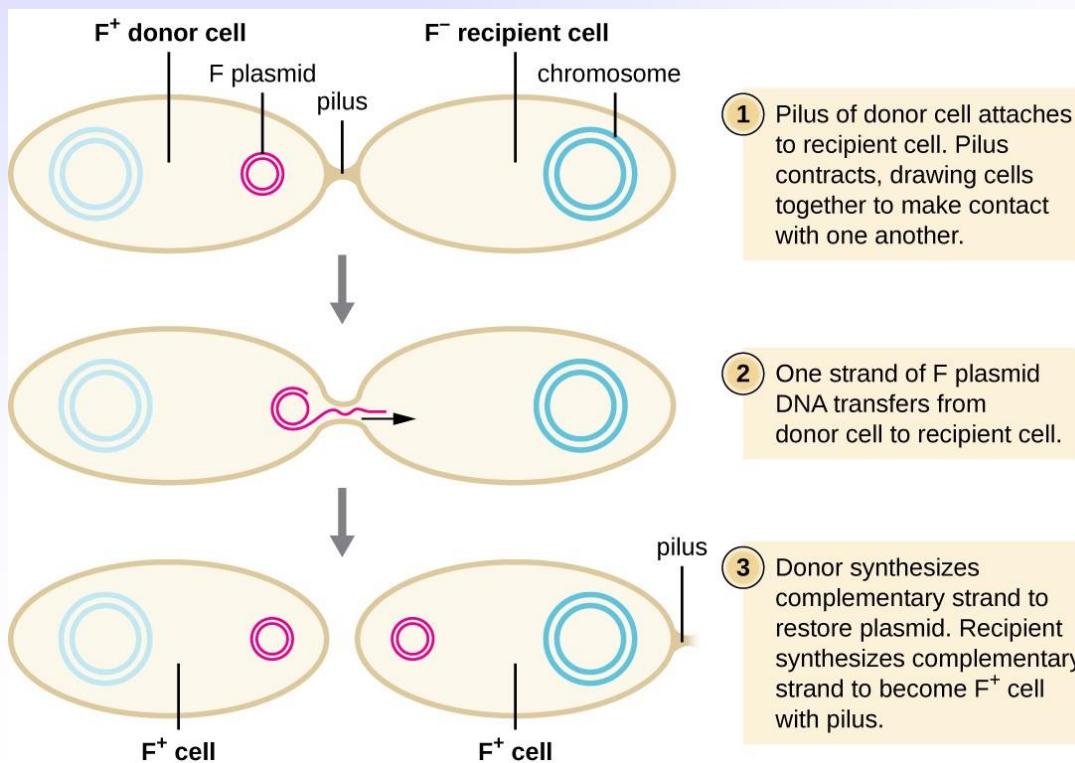
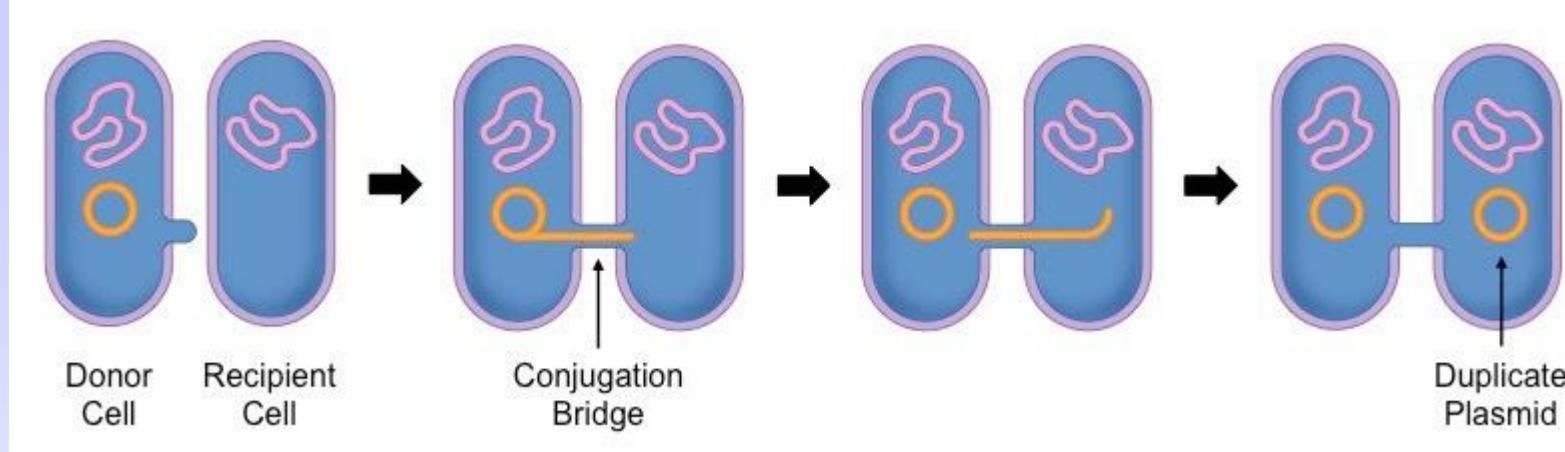
Semiconservative Replication of DNA

The replication fork of DNA showing the synthesis of two progeny strands. Each copy contain one new and one old strand.

Bacterial chromosome is called **Replicon**

Replicon – a part of the genome that contains an origin site and is replicated as a whole unit

Horizontal Gene Transfer: Conjugation



Prokaryotic cells

Feature	Prokaryotes
Size	All unicellular. Much smaller than eukaryotes. Generally 1-5µm in diameter.
Membrane-bound Organelles	No membrane bound organelles, including no nucleus, mitochondria, rough ER, smooth ER etc.
Nucleus	No nucleus but have a free floating chromosome
Plasmids	Some prokaryotes (including bacteria) have small circular DNA called plasmids. These are in addition to the bacterial chromosome.
Ribosomes	Free floating in cytoplasm, but much smaller i.e. 70s ribosomes
Cell Surface Membrane	Present. Some bacteria may have mesosomes i.e. invaginations within the cell surface membrane but these are now widely accepted as non-functional structures.
Cell Wall	Cell wall present but made out of peptidoglycan and glycoproteins (called murein)
Capsule	Certain types of bacteria can also have a protective capsule surrounding their cell walls called the lipopolysaccharide layer.
Motility (ability to move)	Many prokaryotes are motile, and have cilia and flagella to help them swim. Many bacteria also have multiple pili, which are hair-like processes that help with motility and communication with other bacteria.

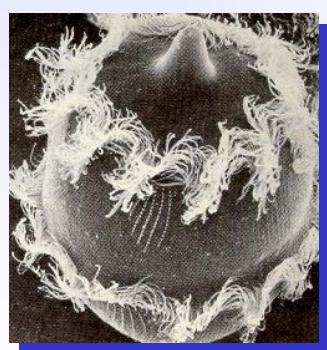
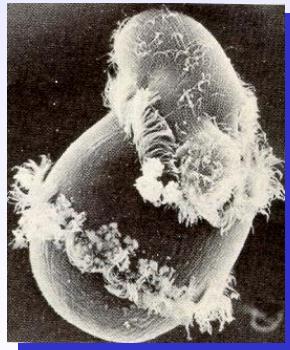
Cellule EUCARIOTE

VEGETALI

PROTOFITI (MONOCELLULARI) METAFITI (PLURICELLULARI)

ANIMALI

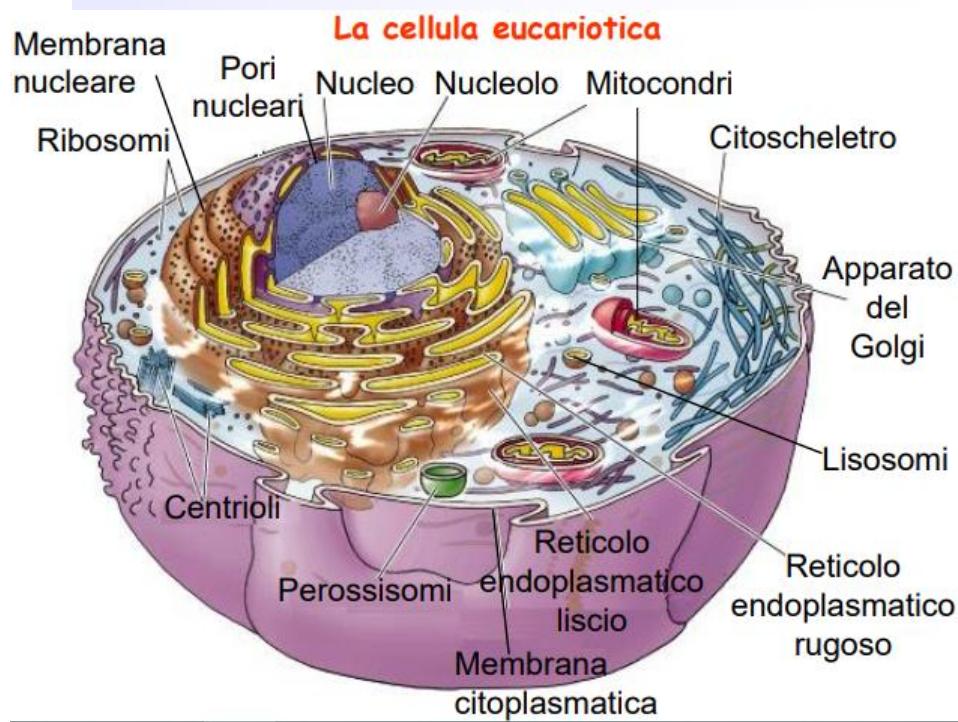
PROTOZOI (MONOCCELLULARI) METAZOI (PLURICELLULARI)



Protozoai

CELLULE EUCARIOTICHE

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



CELLULA ANIMALE

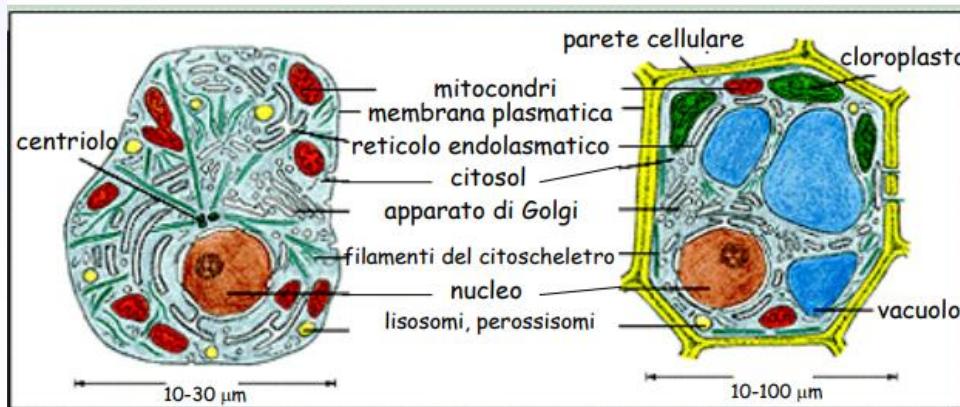


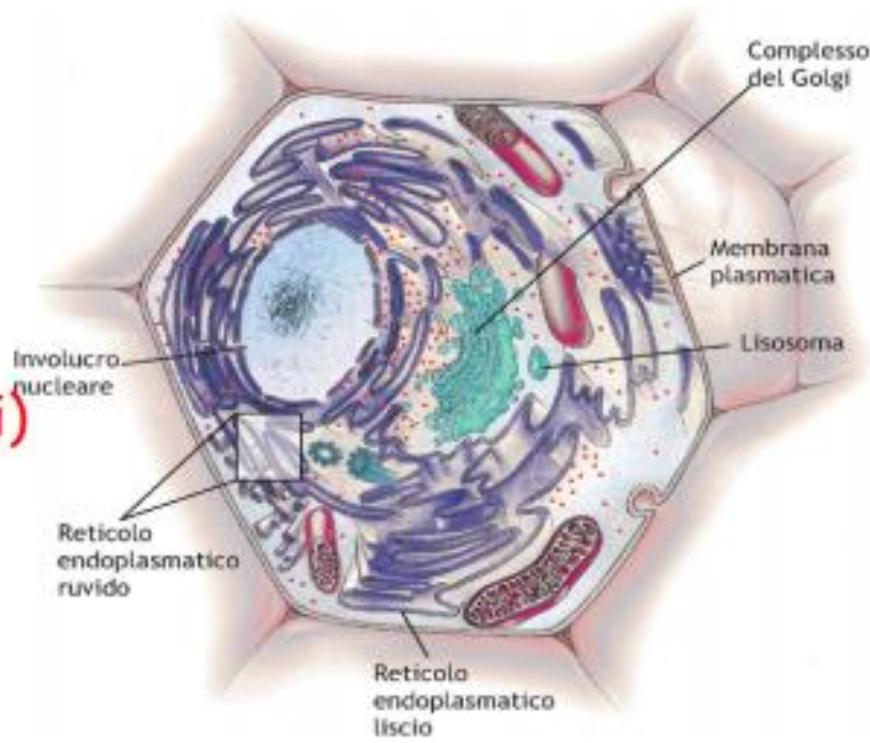
TABELLA: Le caratteristiche delle cellule procariotiche ed eucariotiche

	PROCARIOTI	EUCARIOTI
Organismi	batteri e cianobatteri	protisti, funghi, piante, animali
Diametro cellulare	da 1 a 10 µm	da 5 a 100 µm
Metabolismo	anaerobio o aerobio	aerobio
Organelli	nessuno	nucleo, mitocondri, cloroplasti, reticolo endoplasmatico, ecc.
DNA	DNA circolare nel citoplasma	molecole molto lunghe di DNA lineare contenenti molte regioni non codificant; 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

Cell Component/ Feature	Prokaryotic Cells	Eukaryotic Cells	
		Plant Cells	Animal Cells
Size	Average Diameter: 0.5-5µm	Up to 40µm diameter	
DNA	Naked DNA Circular DNA	DNA associated with histones in chromosomes	
Nucleus	Absent (DNA in cytoplasm, naked DNA)	Present (DNA within a membrane-bound nucleus)	
Organelles	Absent	Present	
Ribosomes	70S (Small)	80S (Large)	
Mitochondria	Absent	Present	
Endoplasmic Reticulum (ER)	Absent	Present	
Golgi apparatus	Absent	Present	
Lysosomes	Absent	Present	
Pili	Present	Absent	
Plasmid	Present (Sometimes)	Absent	
Flagella	Solid	Flexible/Membrane-bound	
Cell Wall	Present (Made of peptidoglycan)	Present (Made of Cellulose)	Absent
Cell Surface Membrane	Present	Present	

Vantaggi della compartmentalizzazione:

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



FORMA DELLE CELLULE EUCARIOTICHE

Esistono tantissimi tipi di cellule diverse, per cui si può parlare di biodiversità cellulare



Cellule nervose



Cellule epiteliali



Cellule muscolari

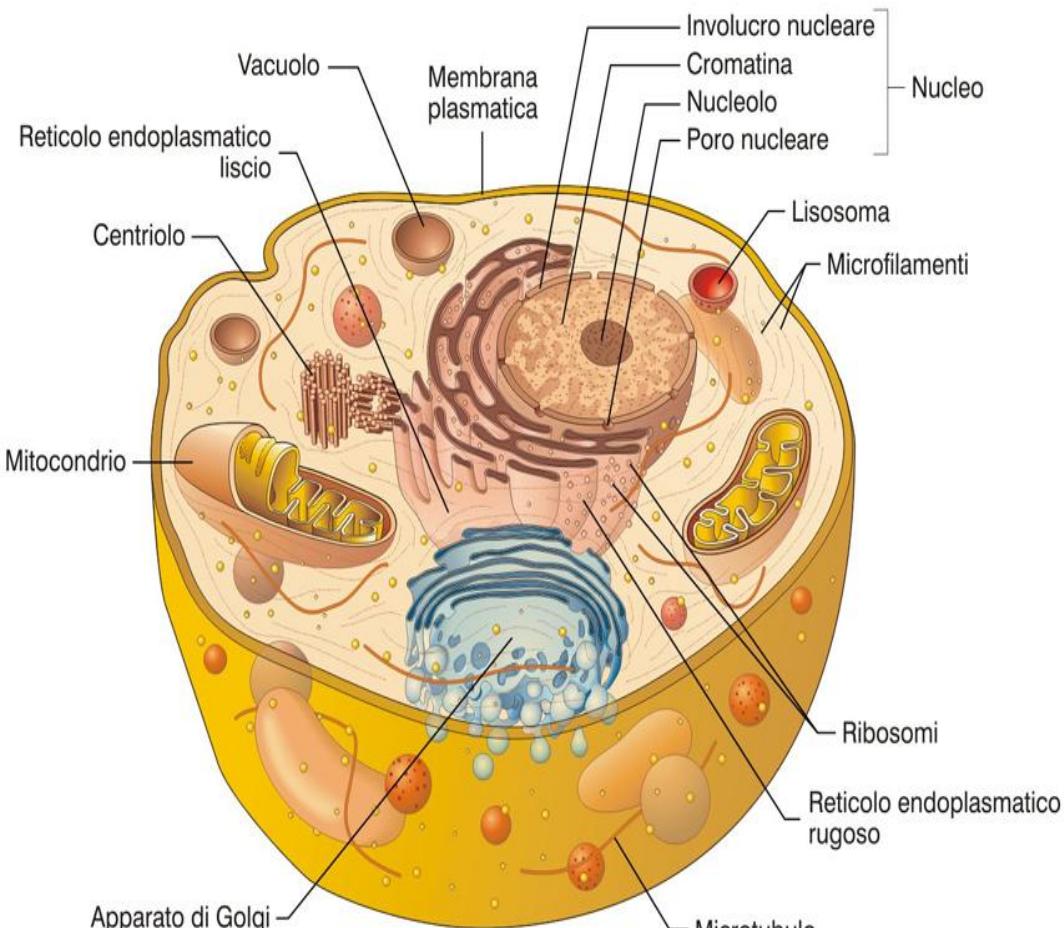


Cellula uovo e spermatozoi



Globuli rossi

Organizzazione del protoplasma di una cellula eucariote



© 2006 edi.ermes mila

CITOPLASMA E ORGANULI CELLULARI



Cenura pancreas esocrino
al ME

PROPRIETÀ DELLE CELLULE

- Riproduzione
- Assimilazione di materiale ed energia
- Attività metaboliche
- Accrescimento
- Movimento
- Reattività agli stimoli
- Differenziazione

Ogni cellula è avvolta da una membrana plasmatica, la quale svolge molteplici funzioni.

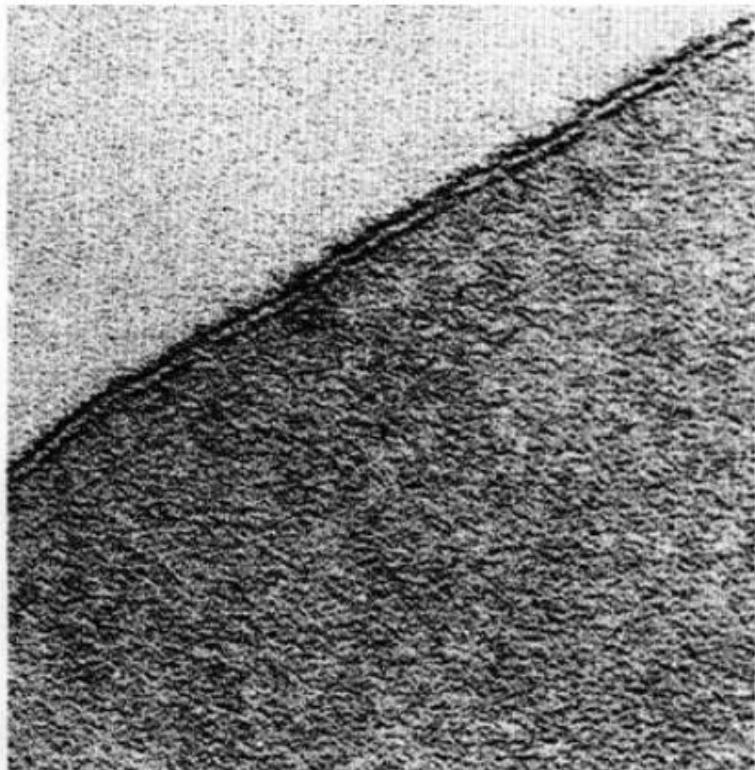
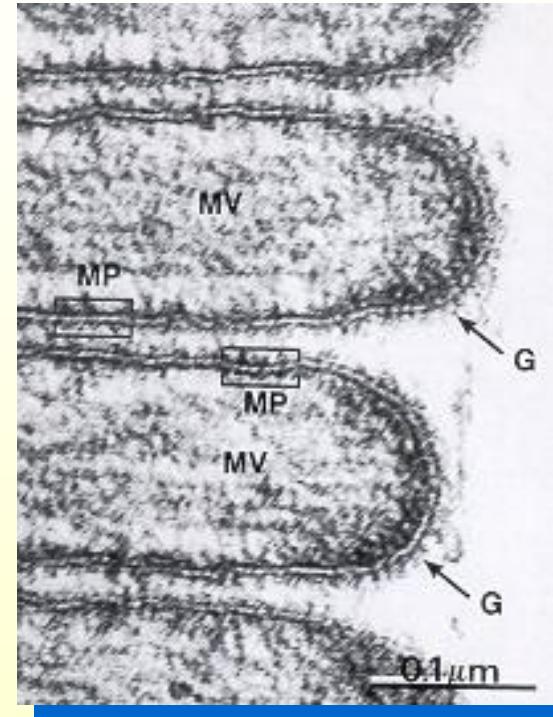
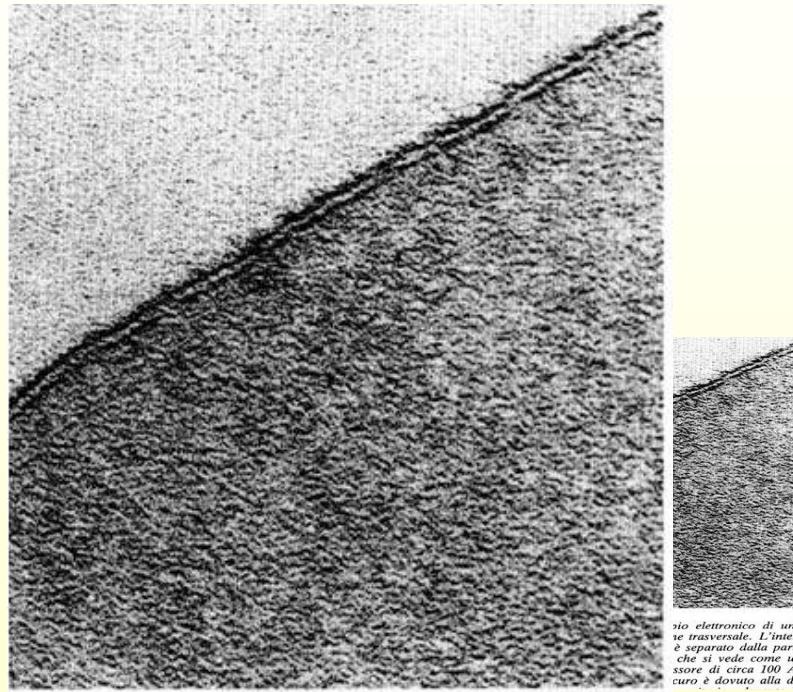


Figura 4.1. Fotografia al microscopio elettronico di una membrana plasmatica vista in sezione trasversale. L'interno della cellula (in basso a destra) è separato dalla parte esterna dalla membrana plasmatica che si vede come un profilo scuro-chiaro-scuro dello spessore di circa 100 Å. L'aspetto a sandwich scuro-chiaro-scuro è dovuto alla diversa colorazione della «membrana unitaria» durante la preparazione del tessuto, da parte di una sostanza opaca agli elettroni. [Robertson, 1960.]

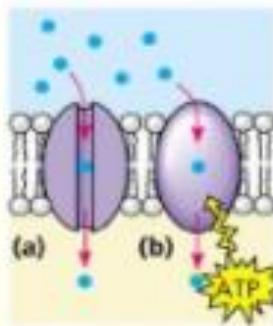
MEMBRANA PLASMATICA

Sottile membrana di circa 6-8 nm che avvolge la cellula. Non è visibile al MO

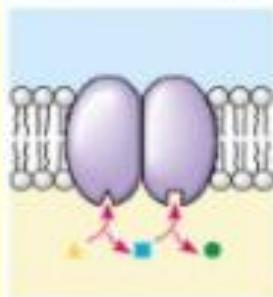


La membrana plasmatica o membrana cellulare o plasmalemma è un sottile involucro che avvolge la cellula separandola dall'esterno e regolando lo scambio di sostanze nutritive.

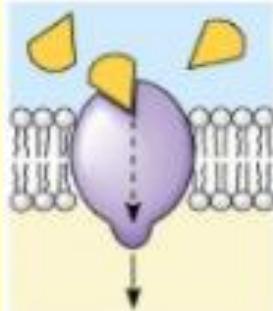
Funzione delle membrane



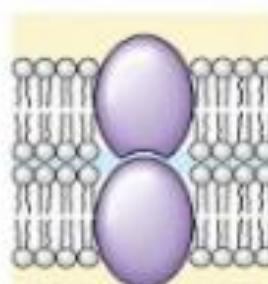
Trasporto



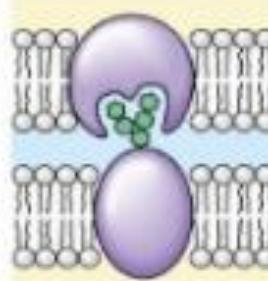
Attività enzimatica



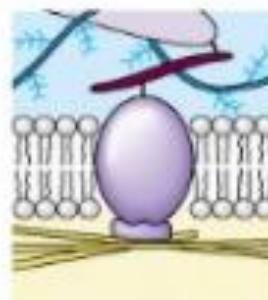
Transduzione dei segnali



**Connessione
intercellulare**



**riconoscimento
cellula-cellula**



**Ancoraggio al
citoscheletro ed
alla matrice
extracellulare**

Evoluzione dei modelli di membrana

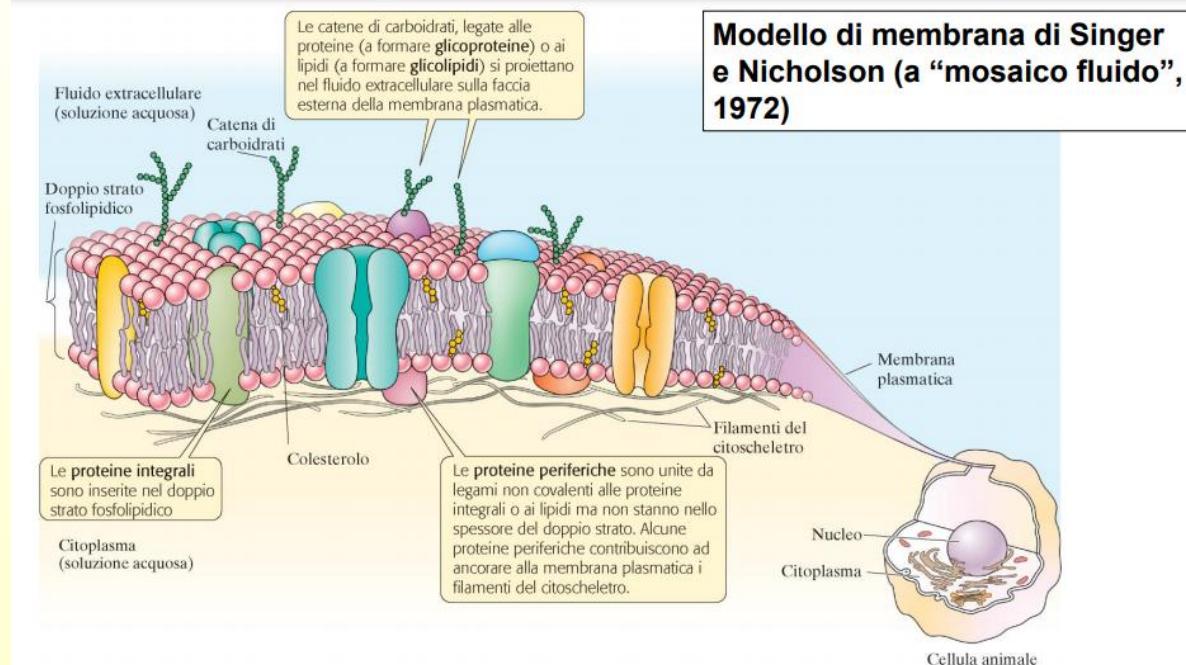
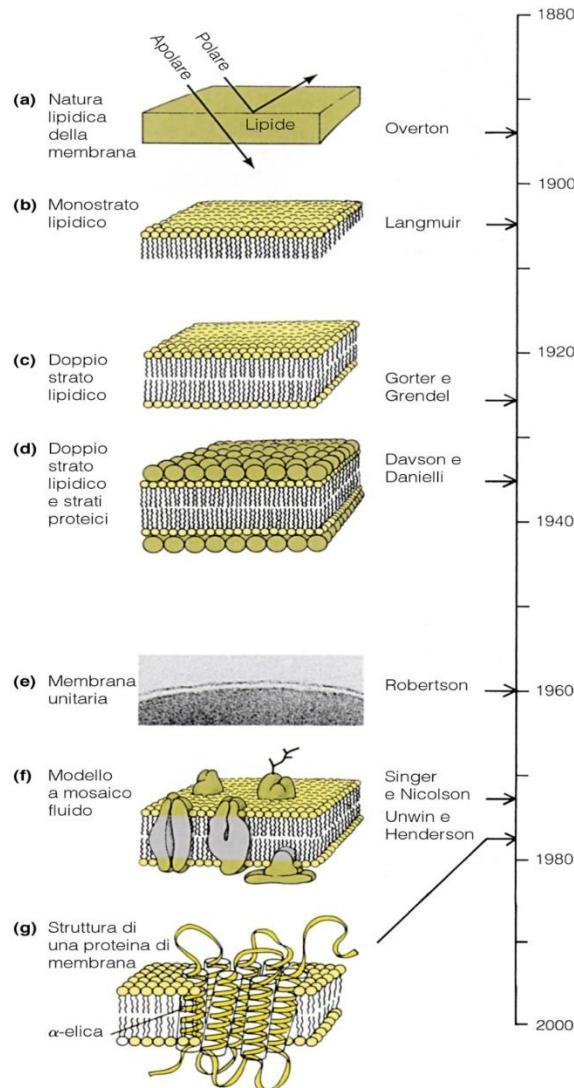


Figura 7-3

Struttura delle membrane biologiche

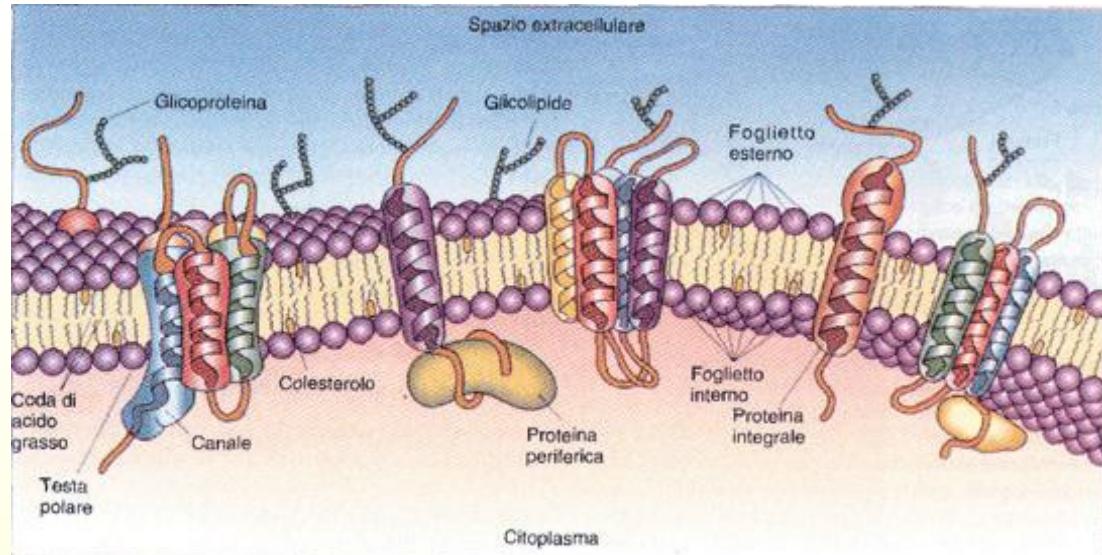


Figura 2-8. Rappresentazione schematica tridimensionale del modello a mosaico fluido della membrana cellulare.

La membrana è una struttura specifica caratteristica

**MOSAICO
ASIMMETRICA
FLUIDA**

LIPIDI

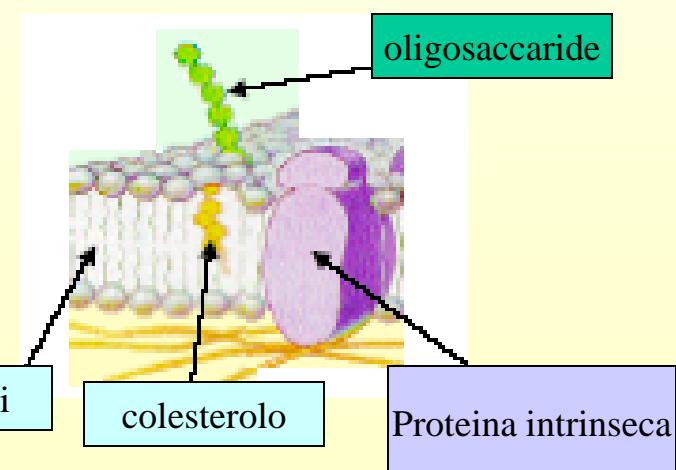
PROTEINE

GLUCIDI

per lo più fosfolipidi, glicolipidi e steroli

integrali o intrinseche
estrinseche o periferiche

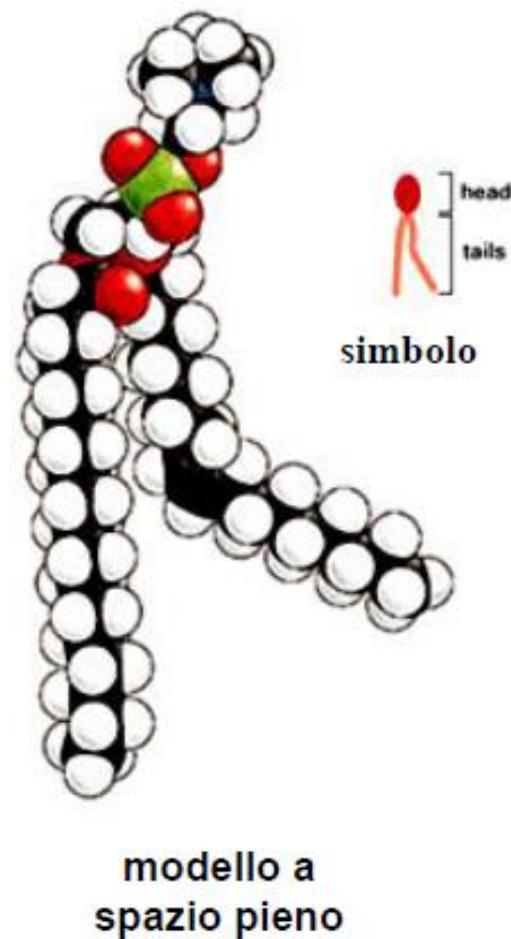
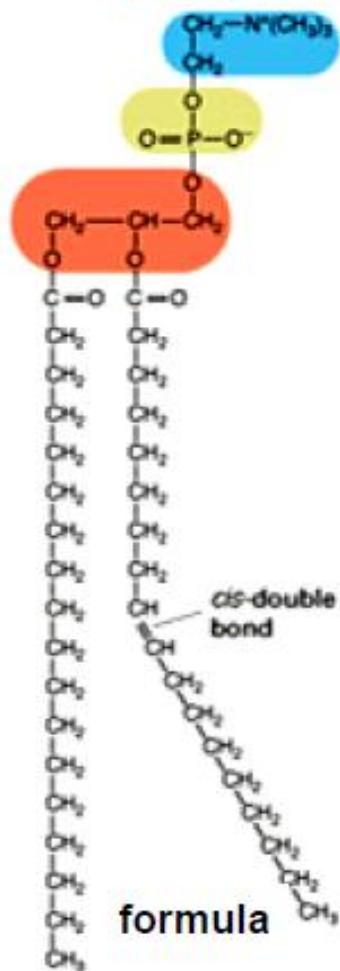
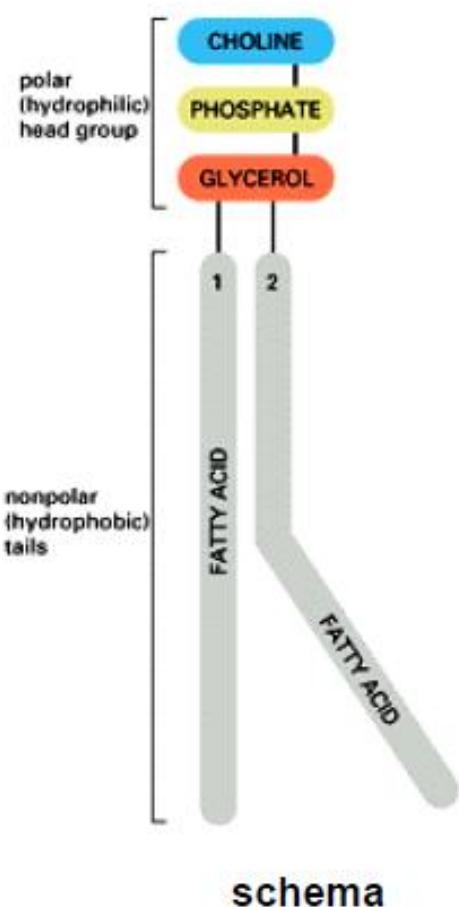
oligosaccaridi confinati alla sola superficie esterna dove svolgono una funzione recettoriale e di riconoscimento



Film sottile di lipidi e proteine, tenute unite da interazioni non covalenti

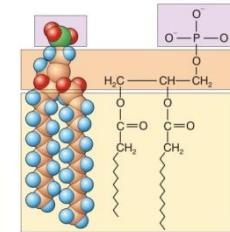
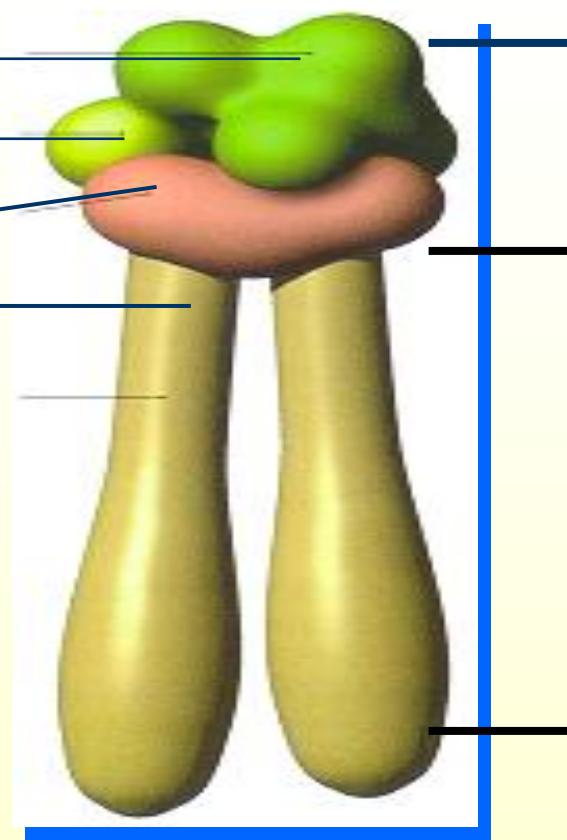
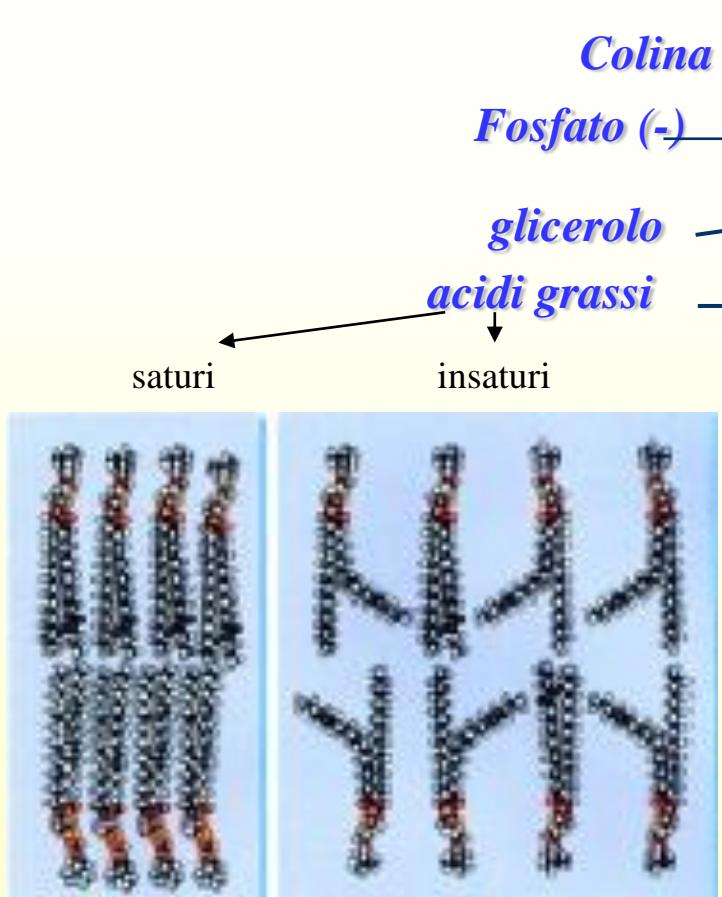
Le membrane biologiche sono costituite da fosfolipidi e proteine

Parti di un fosfolipide, la fosfatidilcolina



Fosfolipidi

La fosfatidilcolina



Testa
Polare
Coda
Apolare

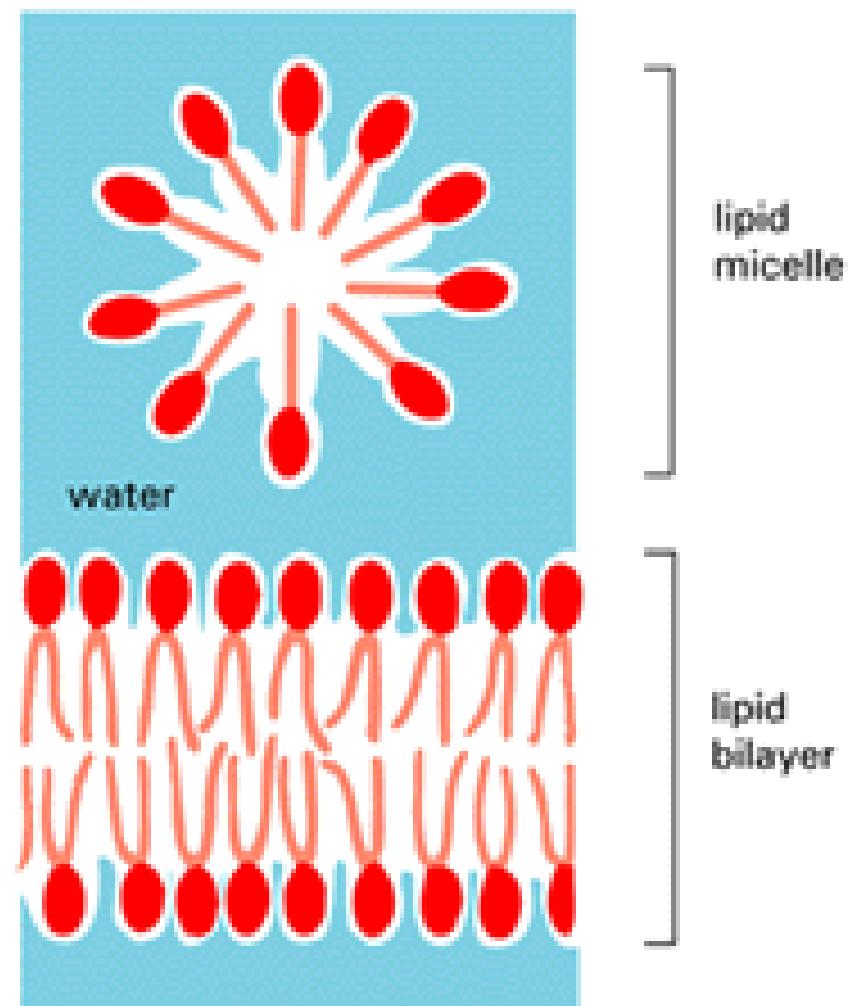
I lipidi di membrana sono molecole anfipatiche: polo idrofilo e coda idrofoba.

Preciso orientamento spaziale nella costituzione di tutte le membrane
costituzione del doppio strato molecolare (bilayer lipidico)

LIPIDI

I lipidi di membrana:

Sono molecole ANFIPATICHE che formano spontaneamente un doppio strato in ambiente acquoso.



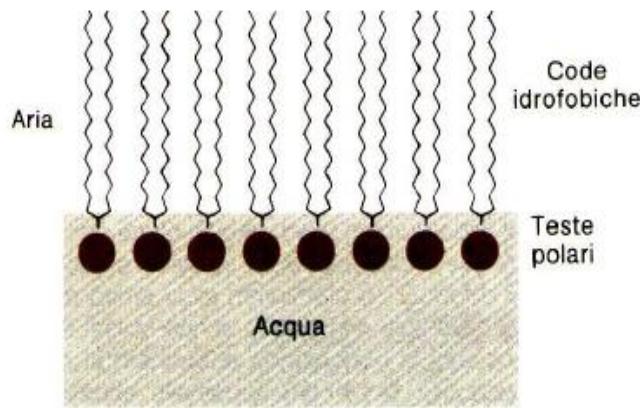
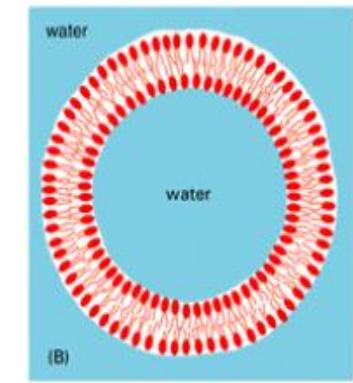
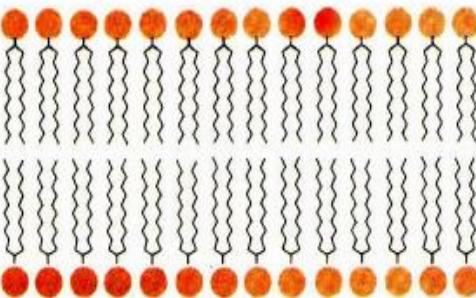


Figura 4.3. Orientamento delle molecole fosfolipidiche all'interfaccia aria/acqua. Le teste polari delle molecole si orientano verso l'acqua e le code idrofobiche sporgono nell'aria.

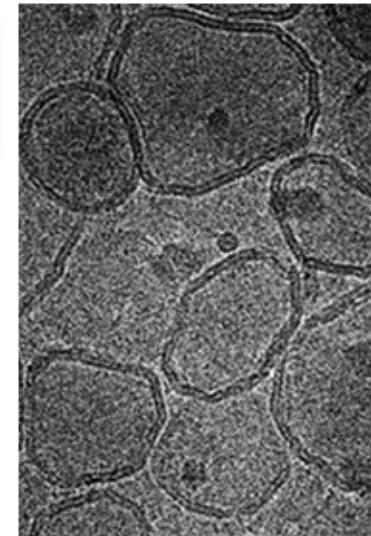


**Strato sferico
(liposoma)**

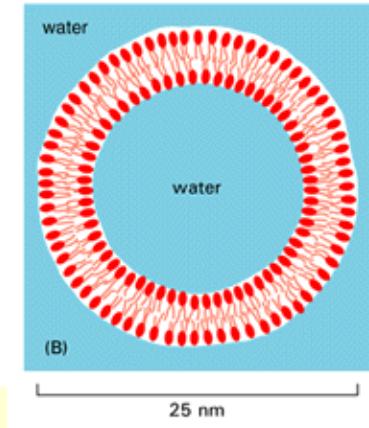


i fosfolipidi della membrana cellulare si dispongono in doppio strato con le terminazioni idrocarburiche rivolte all'interno e quelle polari verso le fasi acquose (foglietto bimolecolare a doppio strato lipidico)

Struttura del bilayer fosfolipidico



(A)

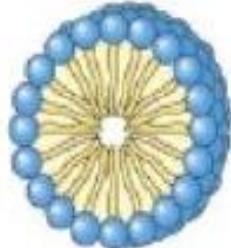


25 nm

Lipid Bilayers



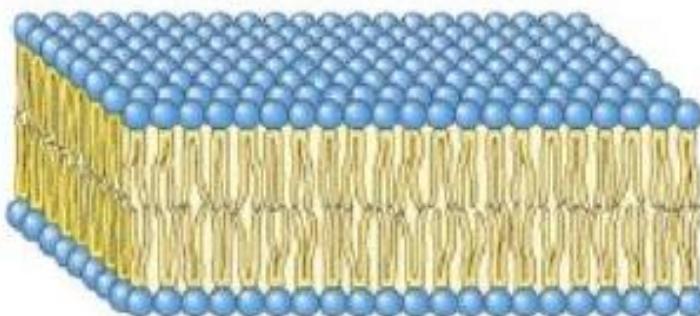
Individual units are wedge-shaped
(cross-section of head greater than that
of side chain)



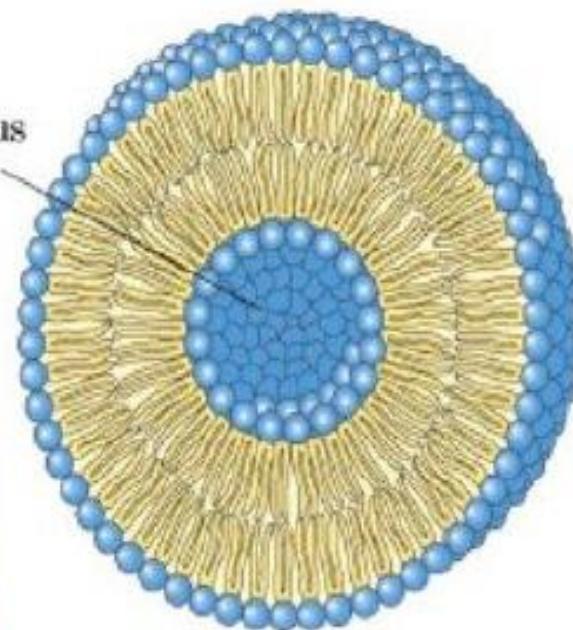
Micelle
(a)



Individual units are cylindrical (cross-section of
head equals that of side chain)



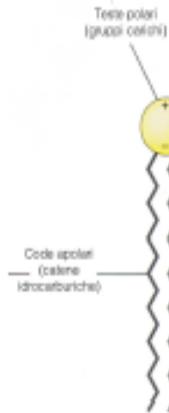
Bilayer
(b)



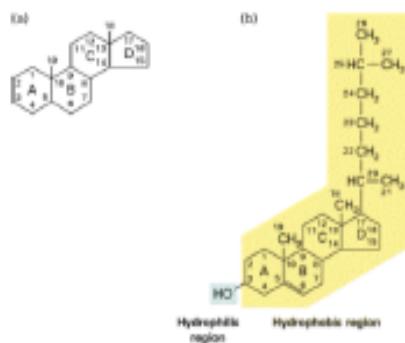
Liposome
(c)

LIPIDI

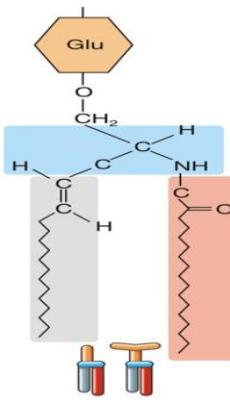
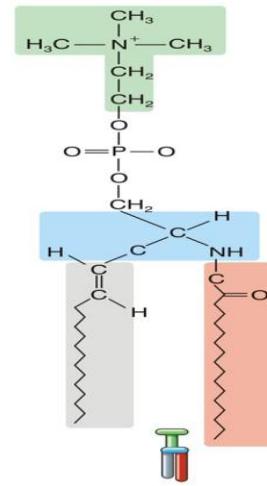
50% della massa delle membrane
Molecole anfipatiche



Fosfolipidi



Colesterol



Lipidi: 50% della massa della membrana: circa 10^9 mol/cellula animale.

Fosfolipidi:

a) fosfogliceridi derivati dal glicerolo (fosfatidilcolina...)

b) sfingolipidi derivati dalla sfingosina (sfingomielina...)

Colesterol:

ha effetti complessi sulla fluidità delle membrane

Gli acidi grassi nei lipidi di membrana:
le code degli idrocarburi formano una
barriera idrofobica per la diffusione dei
soluti polari.

Grassi insaturi: aumentano la fluidità di
membr. ostacolando l'impacchettamento
delle altra molecole

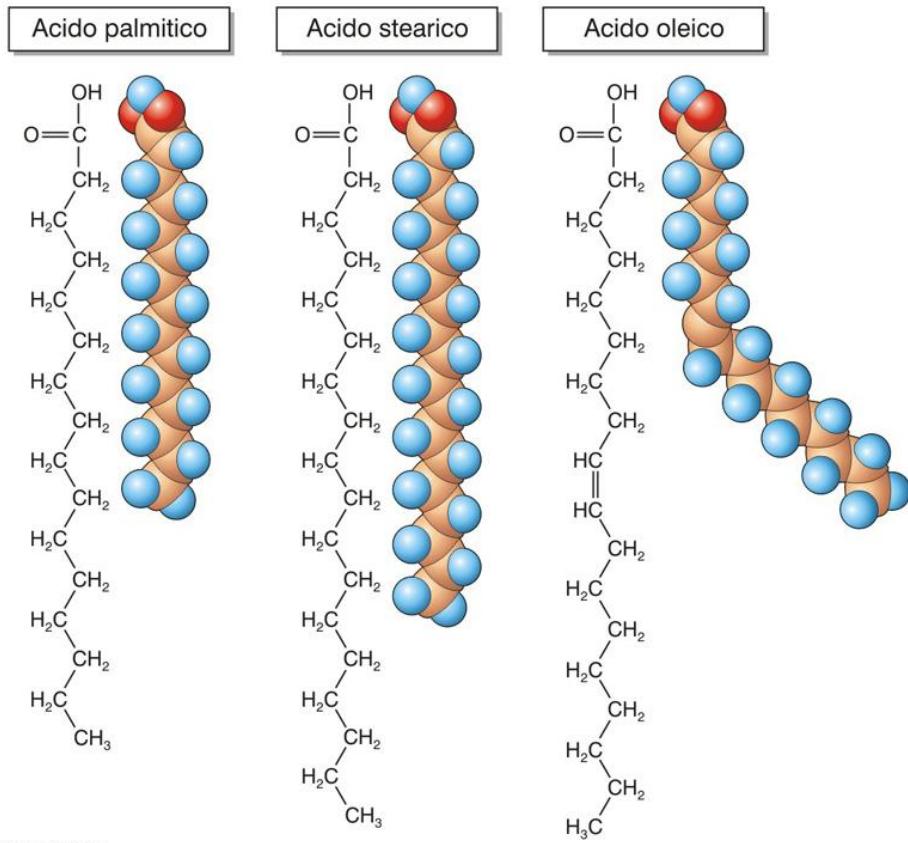
Lunghezza delle catene: 12-20 atomi di C,
in media 16-18.

Lunghezza ottimale per la formazione di un
doppio strato di spessore 6-8 nm.

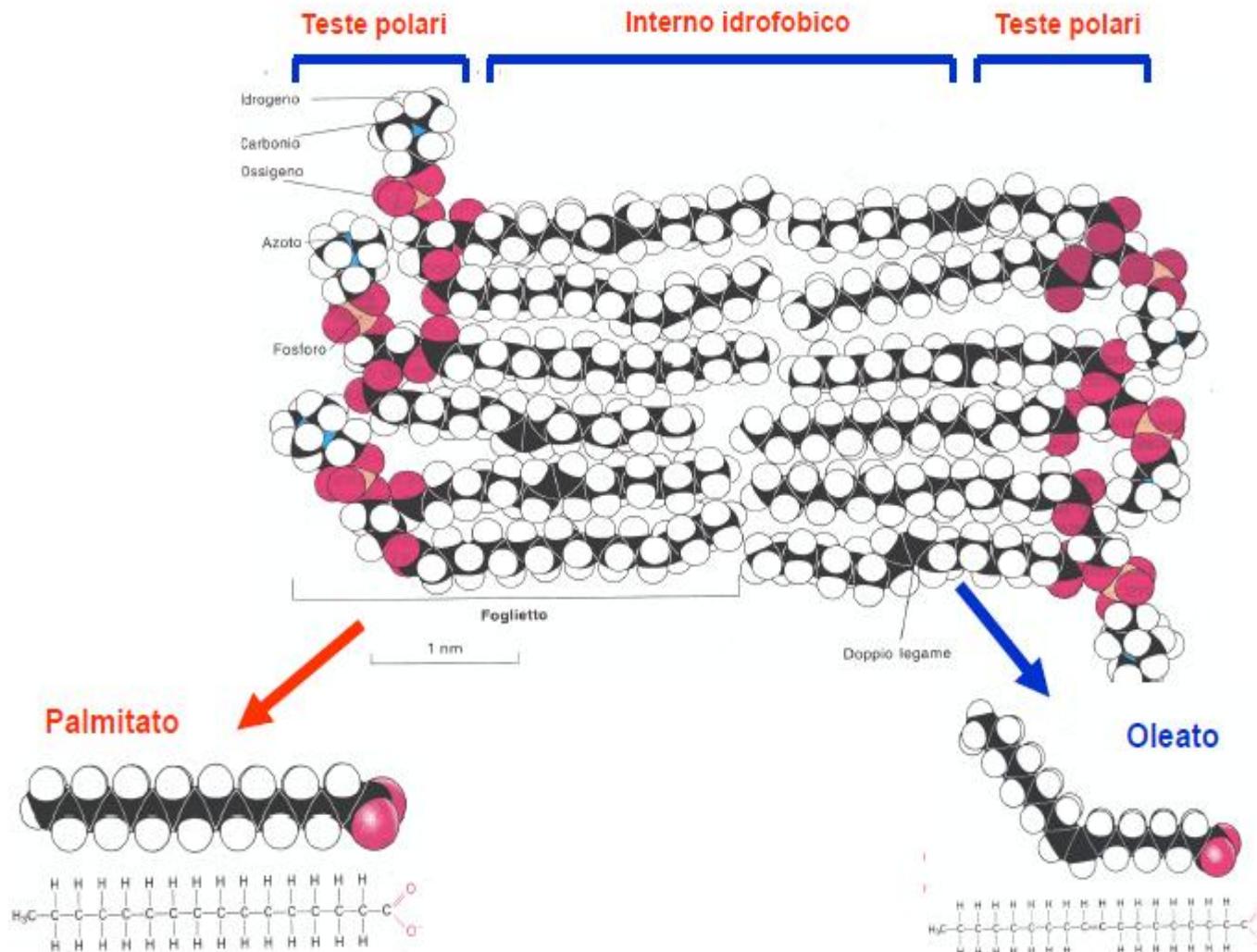
Legami semplici

Legami doppi

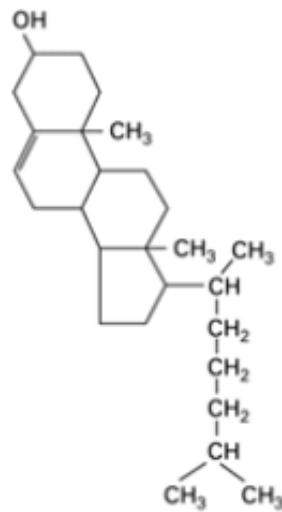
Tra le catene degli acidi grassi: legami
deboli di
Van der Waals.



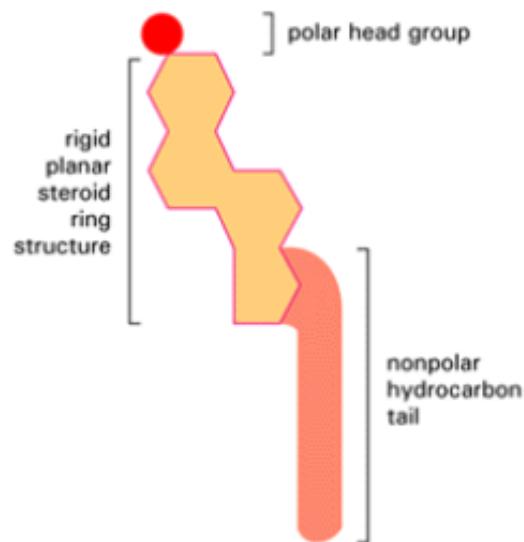
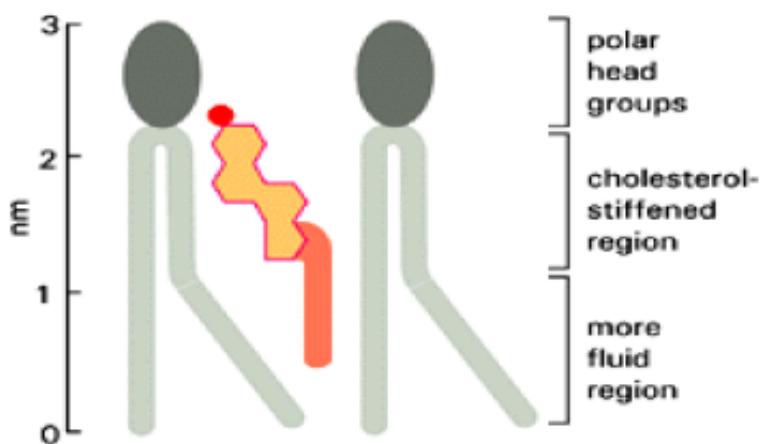
Membrane cellulari: modello spaziale del doppio strato lipidico



Le membrane biologiche contengono colesterolo



(A)



(B)

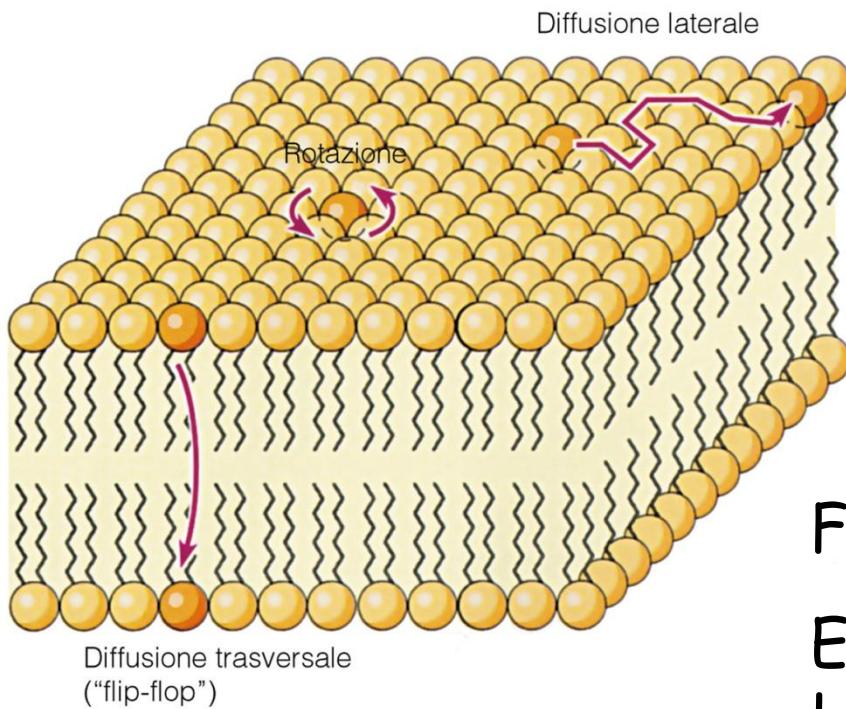


(C)

Il colesterolo contribuisce a determinare la struttura della membrana plasmatica intercalandosi tra le molecole dei fosfolipidi.

Il nucleo steroideo del colesterolo ha una struttura planare relativamente rigida, che è in contatto con i gruppi $-\text{CH}_2$ prossimali (C1-C10) delle catene alifatiche dei fosfolipidi, mentre il suo gruppo idrossilico in posizione 3 è in contatto con il mezzo acquoso extracellulare in prossimità delle teste polari dei fosfolipidi.

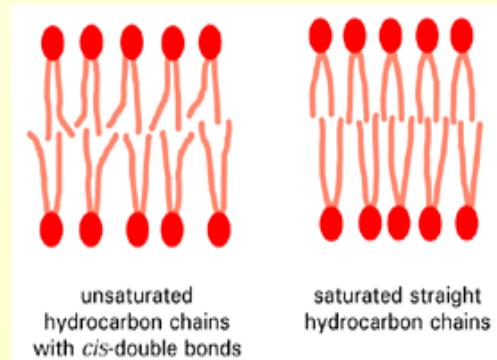
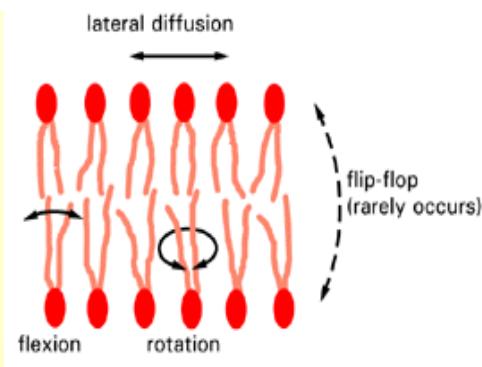
Fluidità di membrana



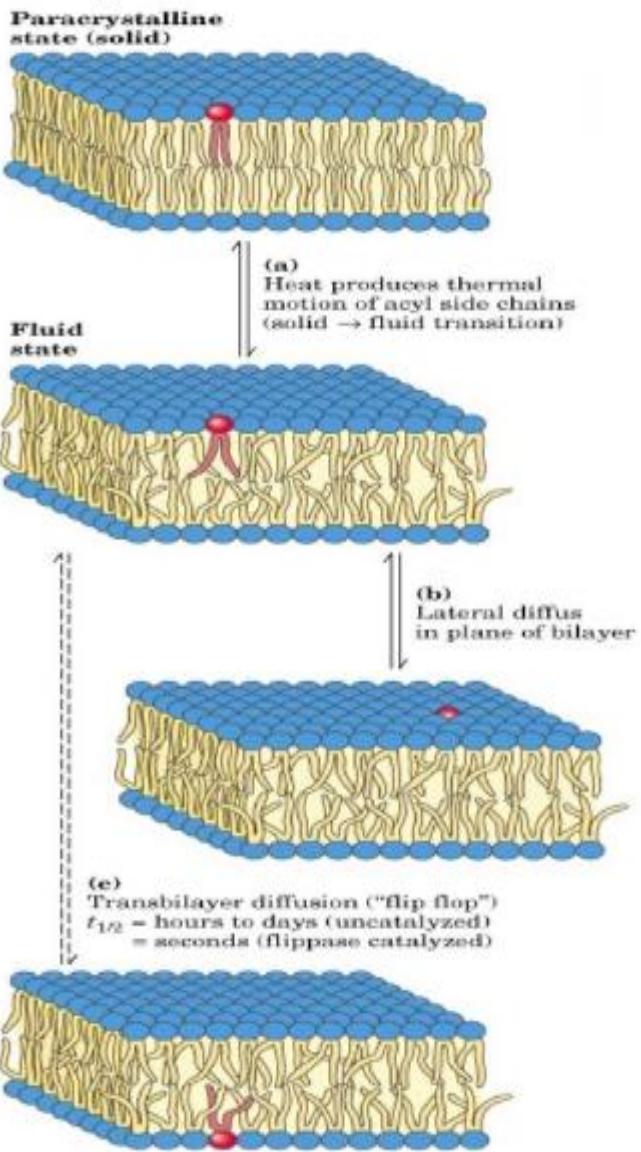
Flip-flop: un evento raro

E' invece sostenuta la rotazione e la diffusione laterale.

Figura 7-10

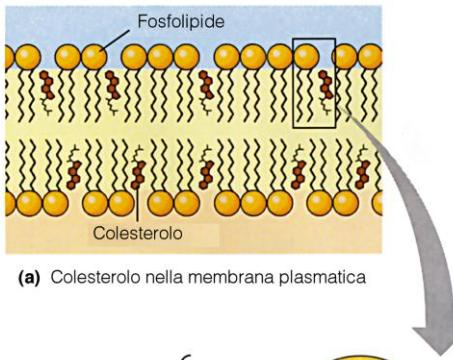


Bilayer Diffusion

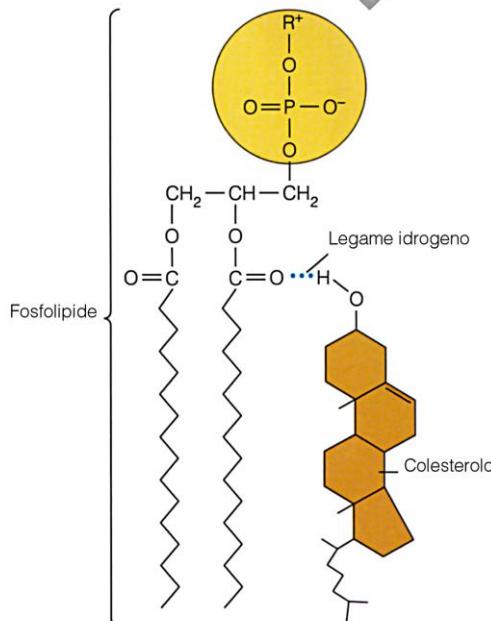


Il passaggio dallo stato paracristallino allo stato fluido per effetto termico determina movimento delle catene idrocarburiche del fosfolipide e la diffusione laterale nel piano del bilayer

La diffusione da un monolayer all'altro di un fosfolipide “ flip flop ” è accelerato dall'enzima flippasi.

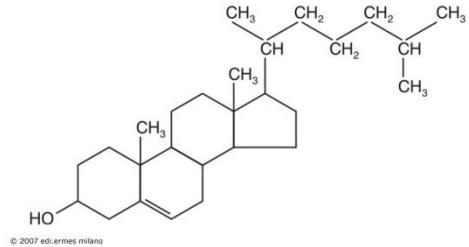


(a) Colesterolo nella membrana plasmatica



(b) Legame del colesterolo ad un fosfolipide

Il colesterolo



Impedisce alle catene di -CH₂ di interagire troppo e di cristallizzare, quindi inibisce transizioni di fase troppo brusche.

Rapporto 1:1 con fosfolipidi

Effetti sulla FLUIDITÀ:

- 1- a t relativamente alta (37°C) stabilizza le membrane riducendo il movimento dei fosfolipidi
- 2- a t relativamente bassa impedisce l'impacchettamento stretto dei fosfolipidi

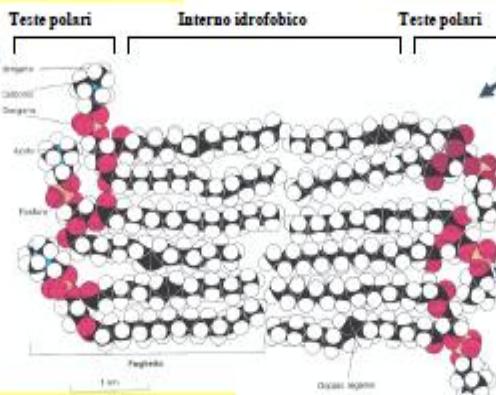
Figura 7-15

Membrane cellulari: Fattori che influenzano la fluidità del bilayer

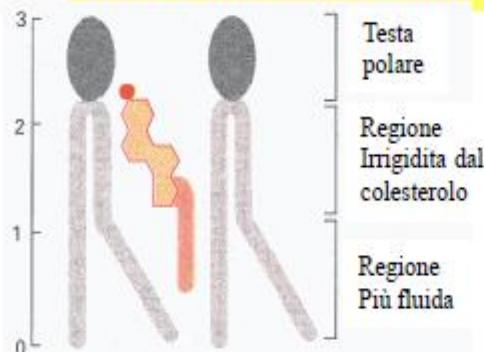
Temperatura
Minore T = Minore fluidità

Lunghezza delle catene aciliche
Maggiore lunghezza = minore fluidità

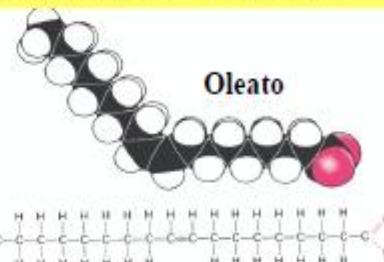
Proteine —
Diminuiscono la fluidità



Colesterolo

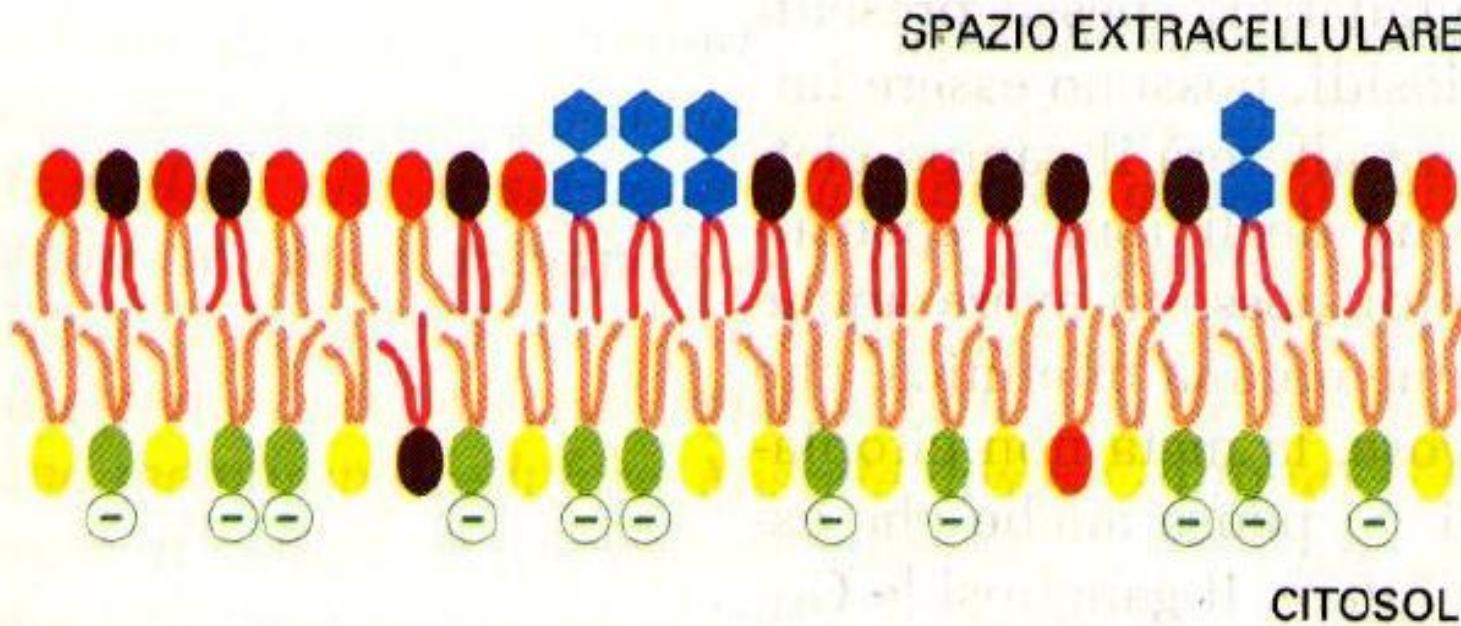


Insaturazione degli acidi grassi
Magg. insat = Magg. fluidità



Asimmetria di membrana

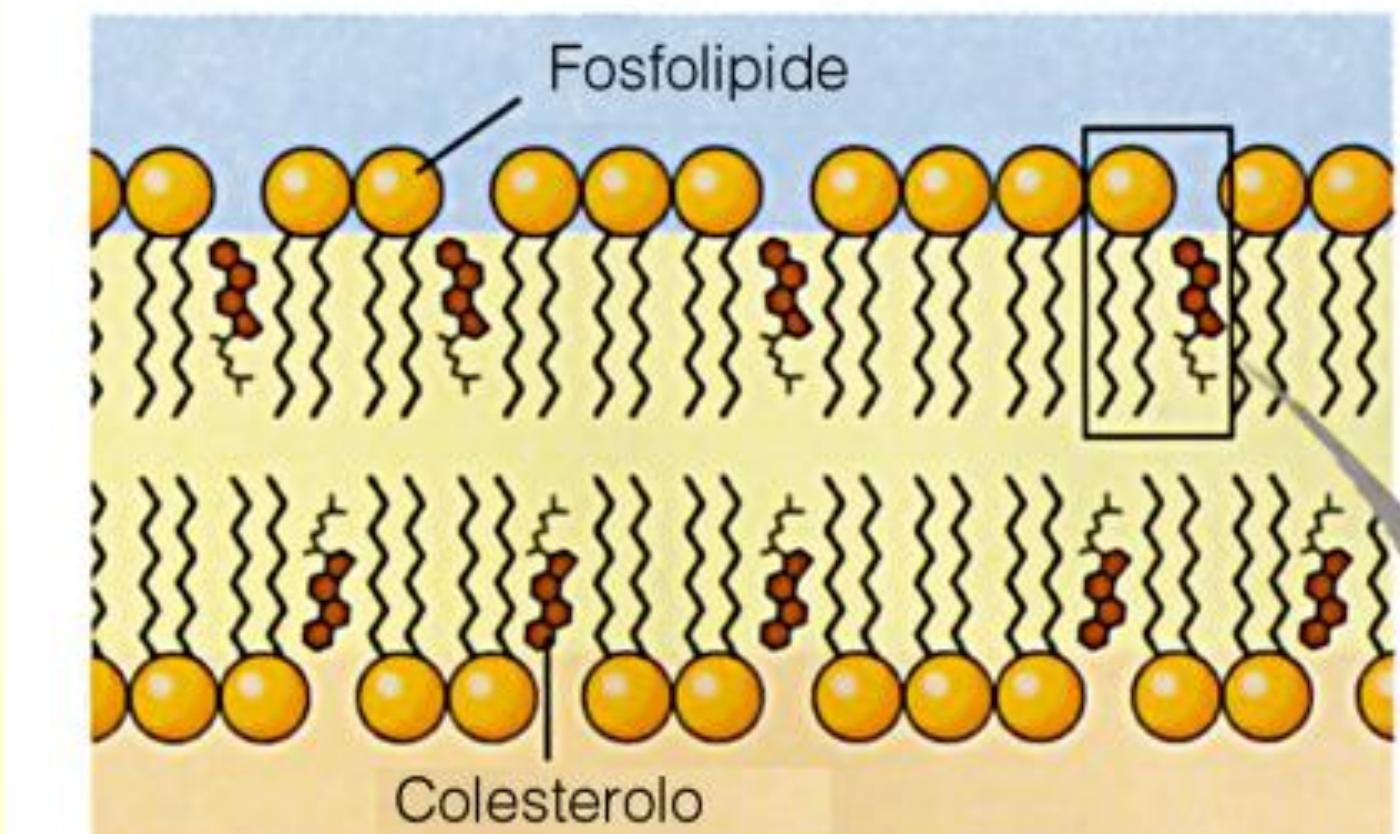
Il doppio strato lipidico è asimmetrico



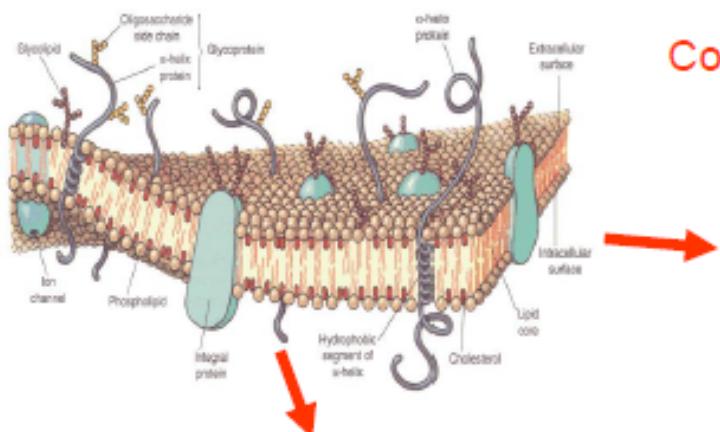
La distribuzione dei fosfolipidi e dei glicolipidi nel doppio strato lipidico è asimmetrica.

Si ritiene che il colesterolo sia distribuito in modo quasi uguale nei due monostrati

MEMBRANA PLASMATICA



Le membrane cellulari hanno differente composizione



Composizione chimica di alcune membrane (in %)

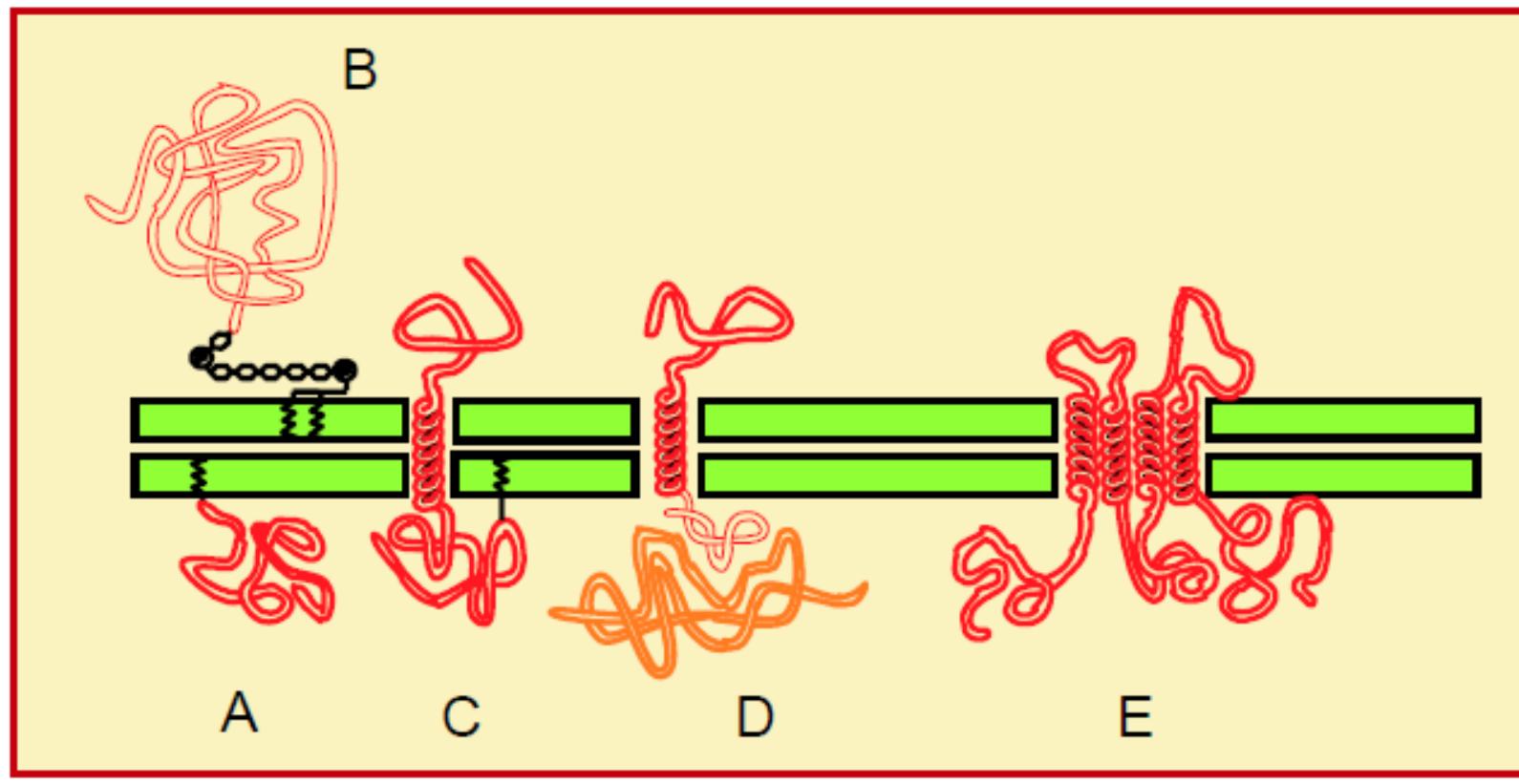
Membrana	Proteine	Lipidi	Carboidrati
Mielina	18	79	3
Eritrocita	49	43	8
Epatocita	44	52	4
Mitocondriale interna	76	24	0

Composizione lipidica di alcune membrane (in %)

Membrana	Colesterolo	PC	SM	PE	PI	PS	PG	DPG	Glicolipidi
Mielina	22	11	6	14	0	7	0	0	12
Eritrocita	24	31	8,5	15	2,2	7	0	0	3
Epatocita	30	18	14	11	4	9	0	0	0
Mitocondriale interna	3	45	2,5	24	6	1	2	18	0
E. coli	0	0	0	80	0	0	15	5	0

PC = fosfatidilcolina; SM = sfingomielina; PE = fosfatidiletanalammina;
PI = fosfatidilinositol; PS = fosfatidilsersina; PG = fosfatidilglicerolo;
DPG = difosfatidilglicerolo (cardiolipina)

Proteine di Membrana



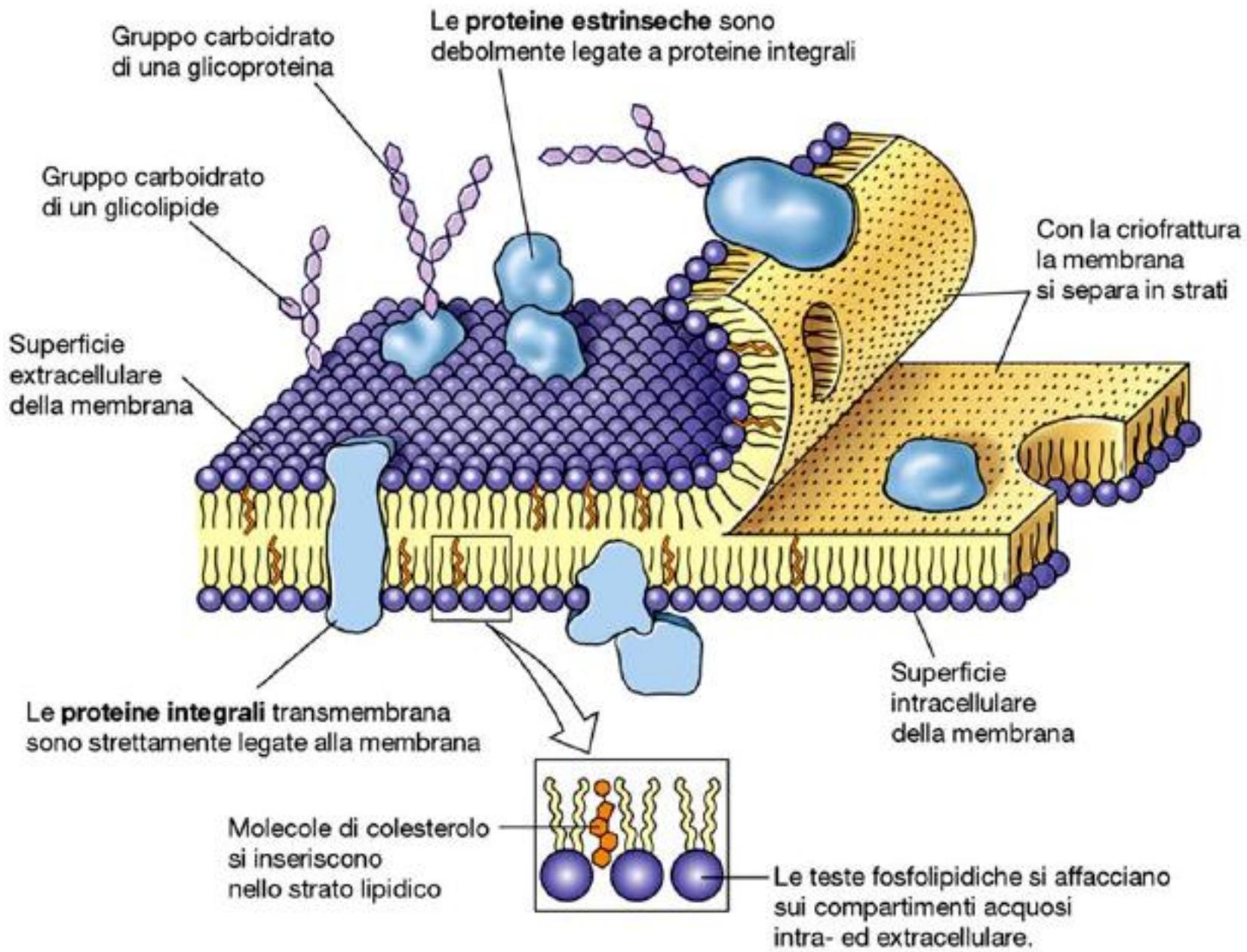
I lipidi di membrana sono un solvente bidimensionale per le proteine di membrana e regolano con la loro composizione la funzione delle proteine di membrana.

LE PROTEINE DI MEMBRANA

Svolgono la maggior parte delle funzioni specifiche della membrana plasmatica

Possono essere glicosilate sulla faccia esterna (glicocalice o rivestimento cellulare)

Circa il 30% delle proteine codificate sono proteine di membrana



LE PROTEINE DI MEMBRANA

Per studiarle: criofrattura della membrana lungo lo strato idrofobico

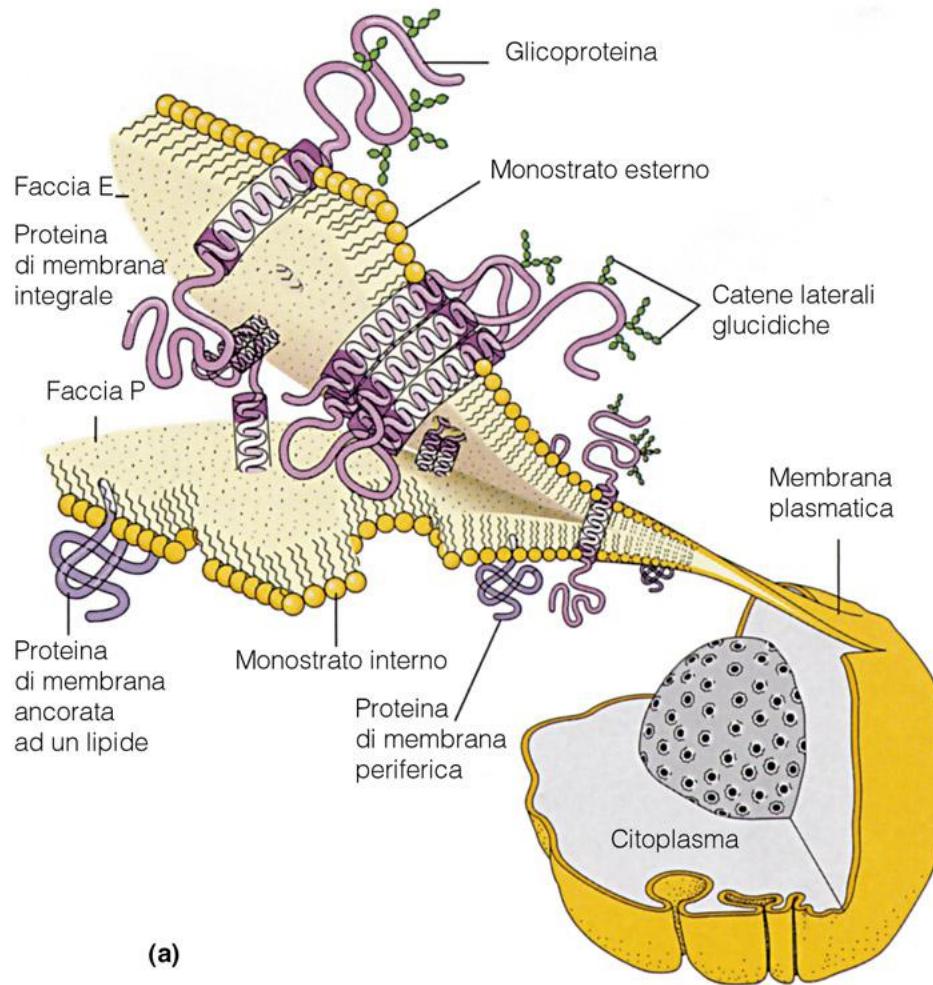
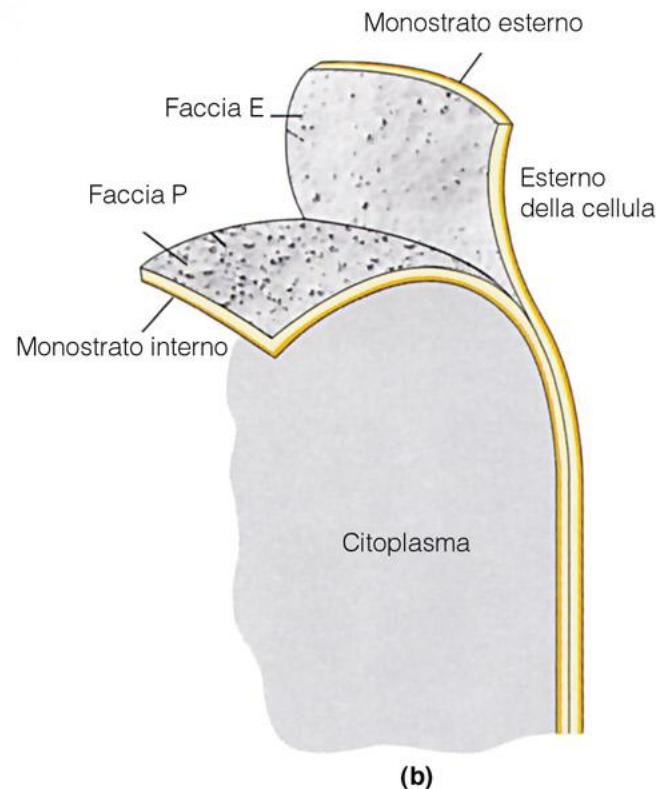
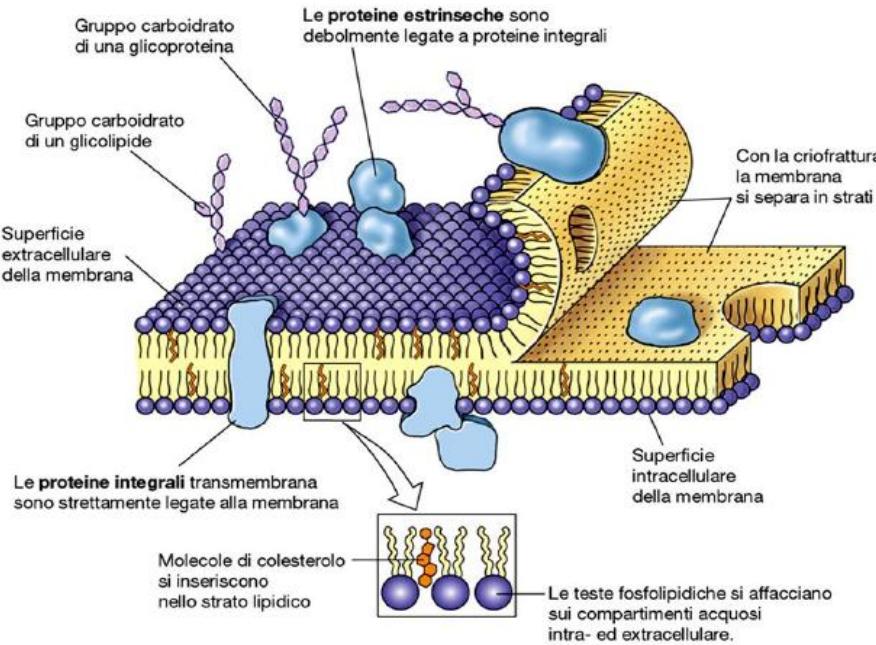


Figura 7-16



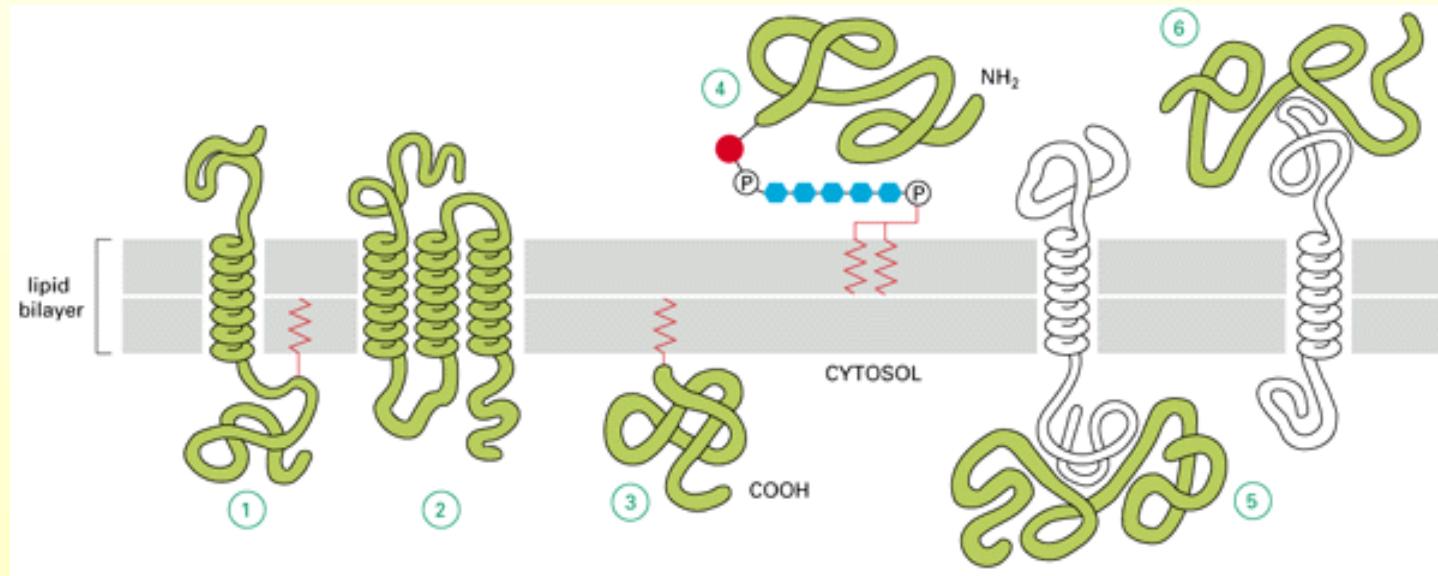


LE PROTEINE DI MEMBRANA

Integrali

Ancorate ai lipidi

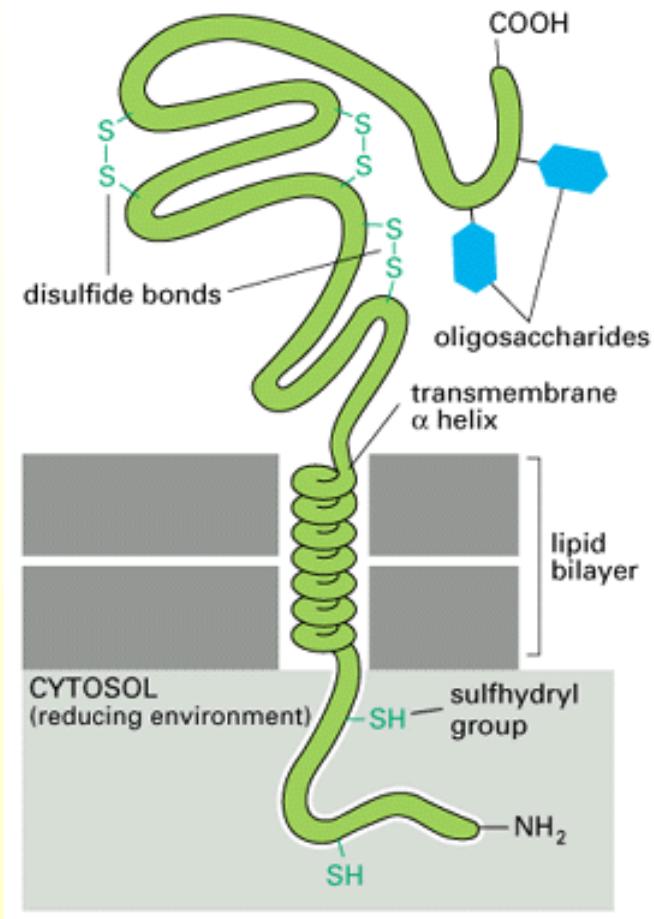
Periferiche



monopasso

multipasso

LE PROTEINE DI MEMBRANA

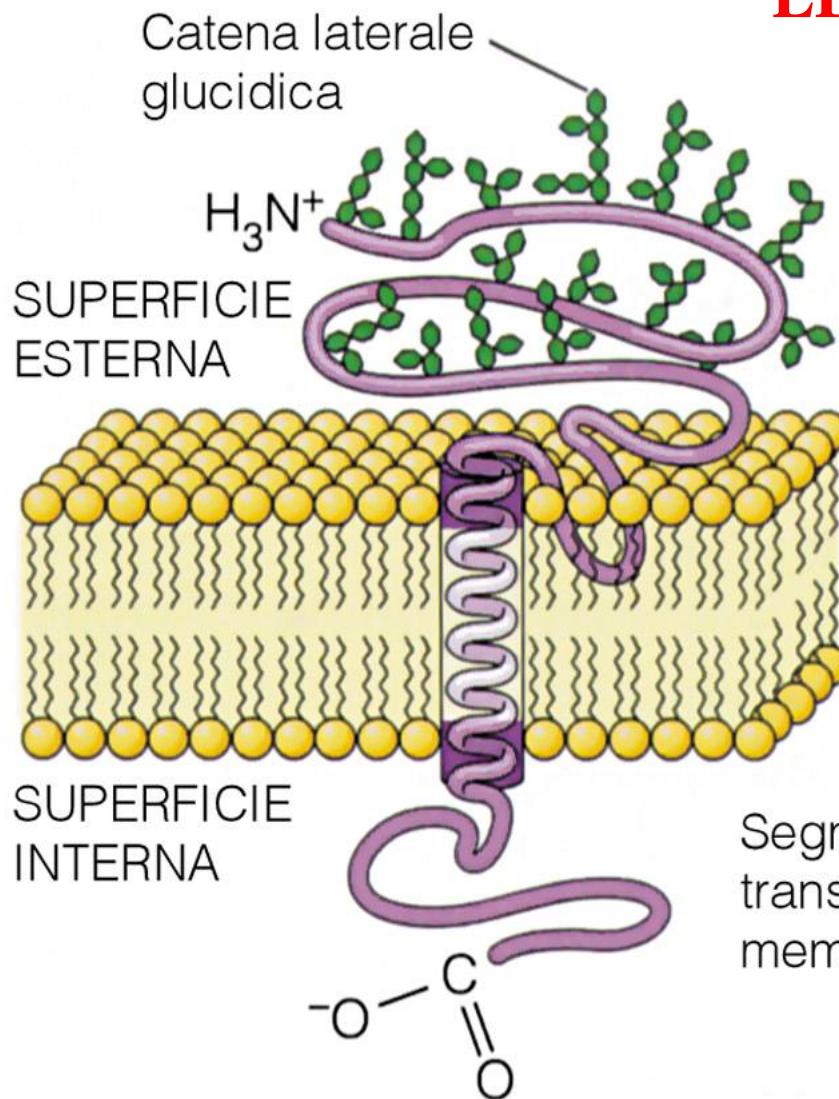


Porzione esterna (glicosilata)
con ponti disolfuro

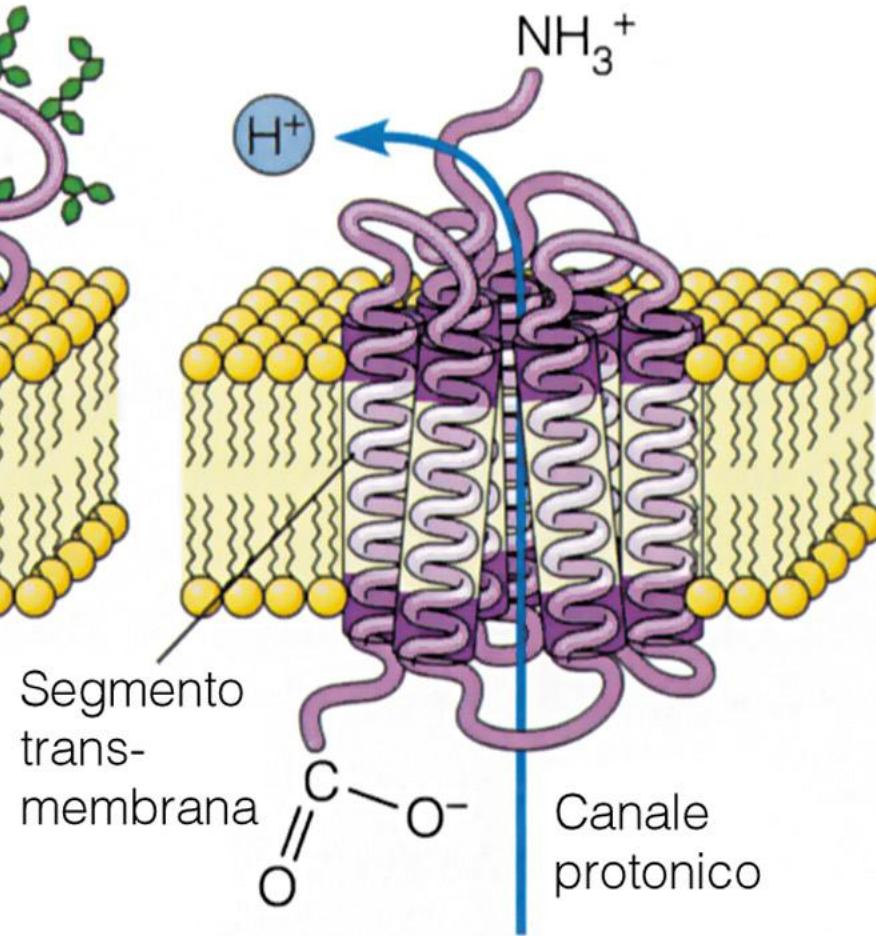
Alfa elica destrugira

Dominio citoplasmatico

LE PROTEINE DI MEMBRANA



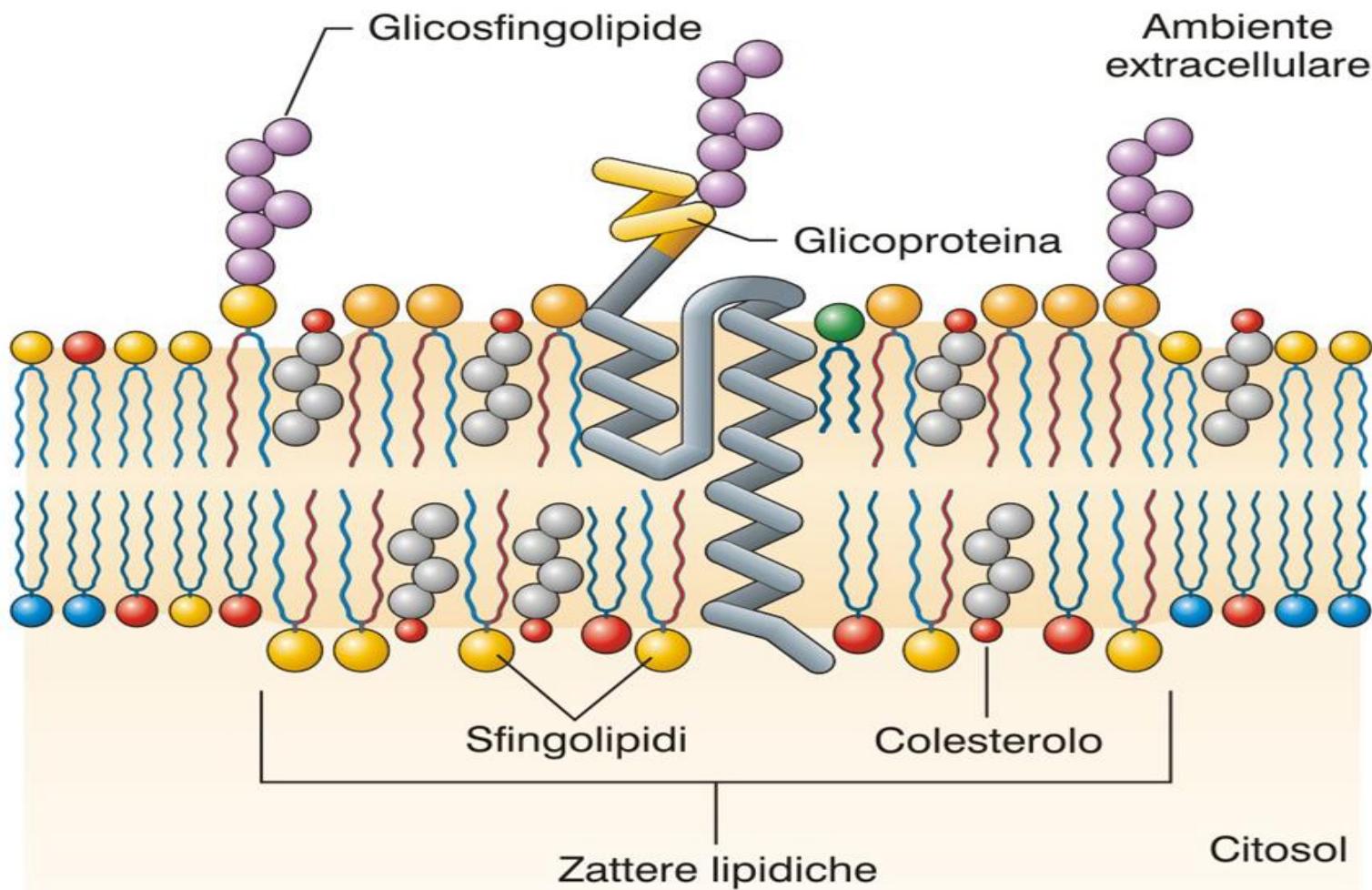
(a) Glicoforina



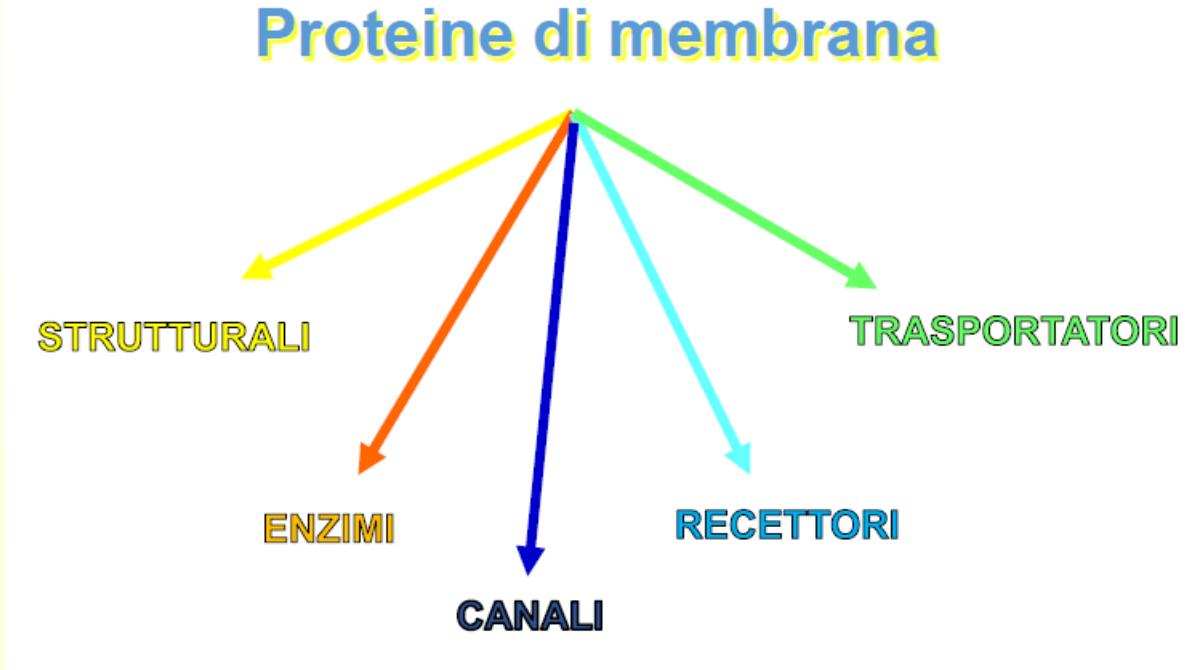
(b) Batteriorodopsina

Figura 7-21

LE PROTEINE DI MEMBRANA



Le membrane sono MOSAICI strutturali e funzionali

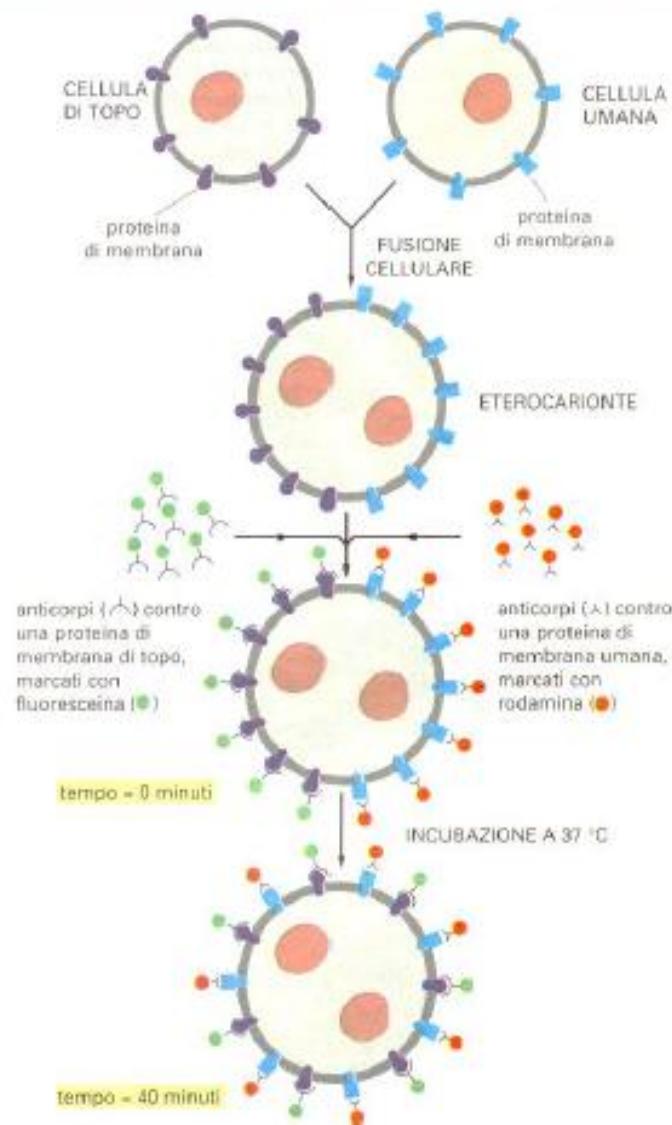


Come le **tessere di un mosaico** danno figure diverse nel loro complesso

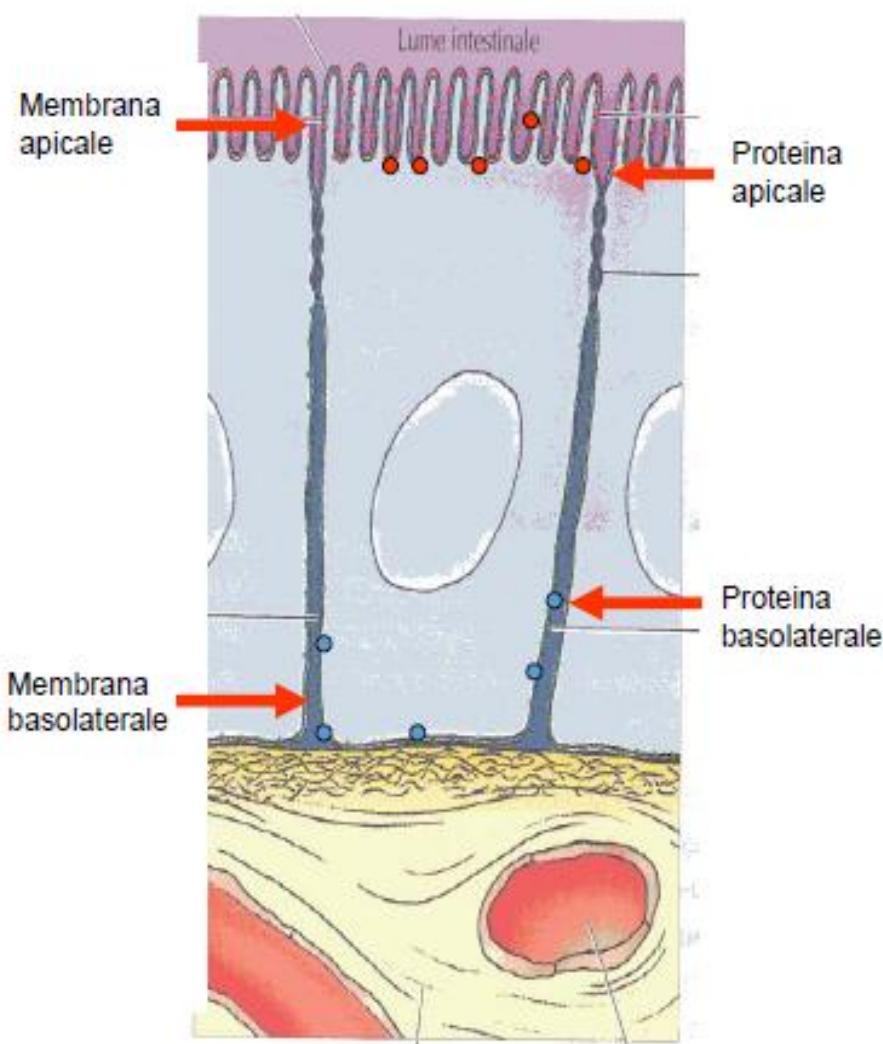
Il modello strutturale della membrana è **uno**, ma le membrane **sono tutte diverse per composizione** e assortimento delle singole “tessere”

Diffusione delle proteine nelle membrane

Le proteine diffondono nel piano della membrana

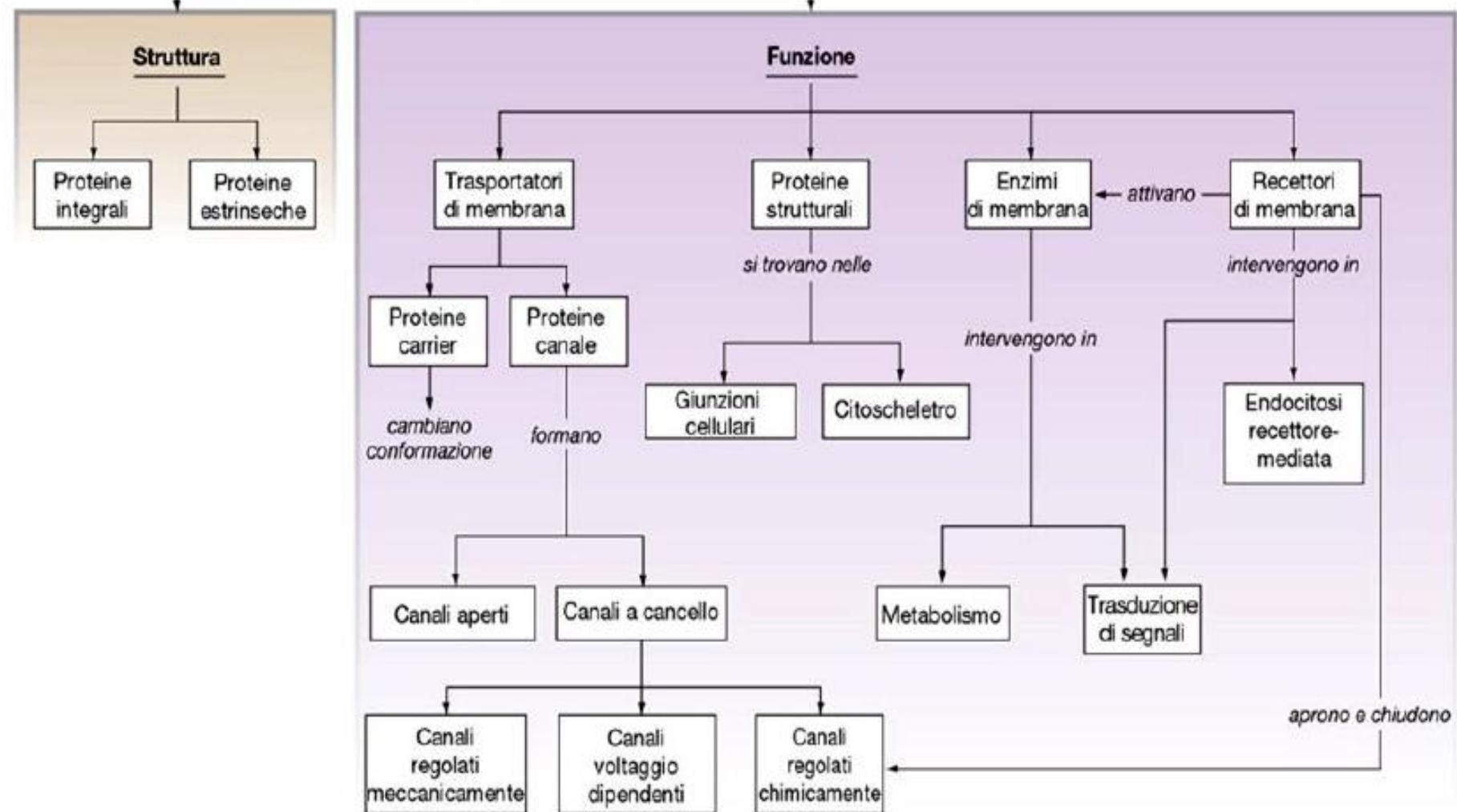


Proteine e lipidi possono essere confinati in domini specifici

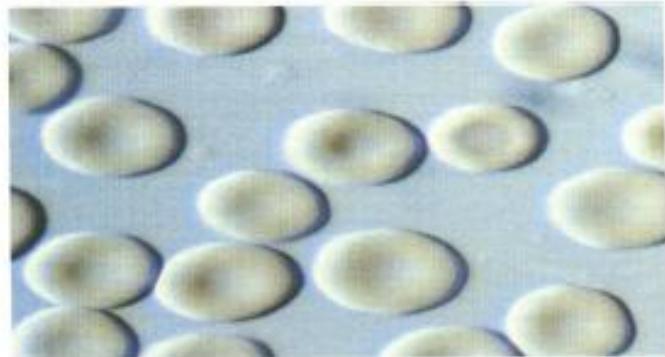


PROTEINE DI MEMBRANA

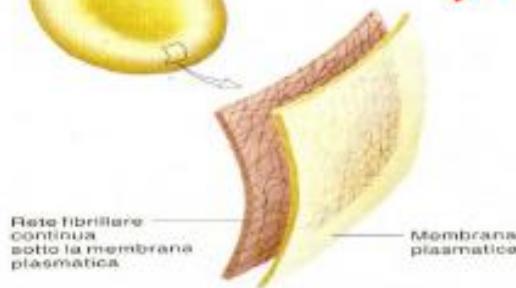
possono essere classificate in relazione alla



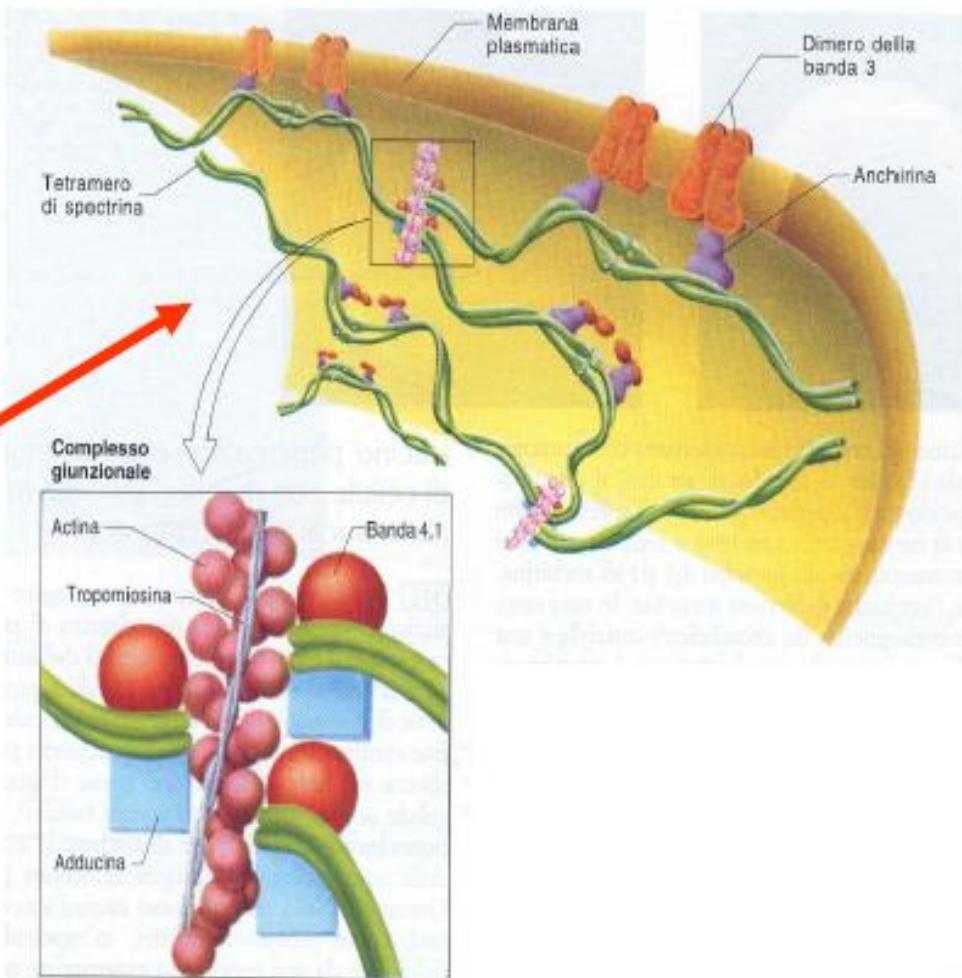
Le proteine della membrana interagiscono con il citoscheletro



(b)



La membrana eritrocitaria

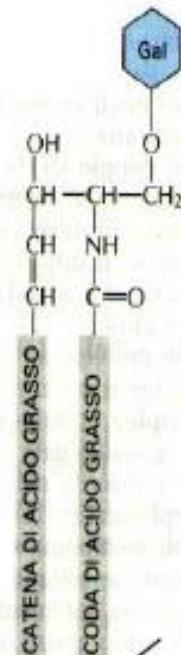


Le Membrane cellulari: Ruolo dei glicolipidi

Glicolipidi

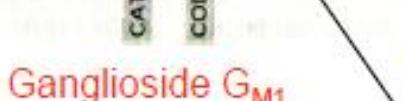
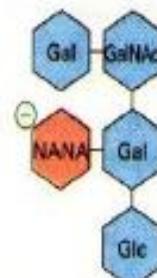
funzione di legame con la matrice extracellulare

Galattocerebroside



processi di riconoscimento cellulare:
(ganglioside G_{M1} agisce come recettore per la tossina colerica)

Ganglioside G_{M1}



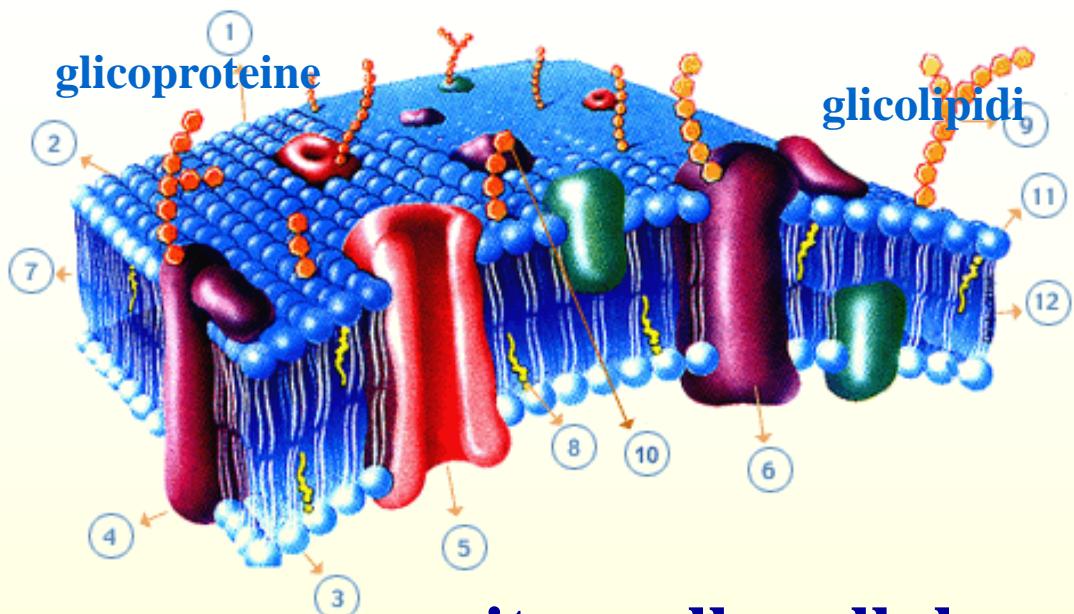
Acido sialico (NANA)

protezione della membrana da condizioni estreme:
(basso pH; enzimi degradativi)

alterazione del campo elettrico e della concentrazione di ioni (calcio)

isolamento elettrico nella membrana mielinica

Glicocalice: funzioni



Il rivestimento è composto da catene polisaccardiche legate covalentemente alle proteine transmembrana o ai fosfolipidi di membrana del foglietto esterno.

Lo spessore è vario, può arrivare fino a 50 nm in alcune cellule di rivestimento, come nel tratto digestivo

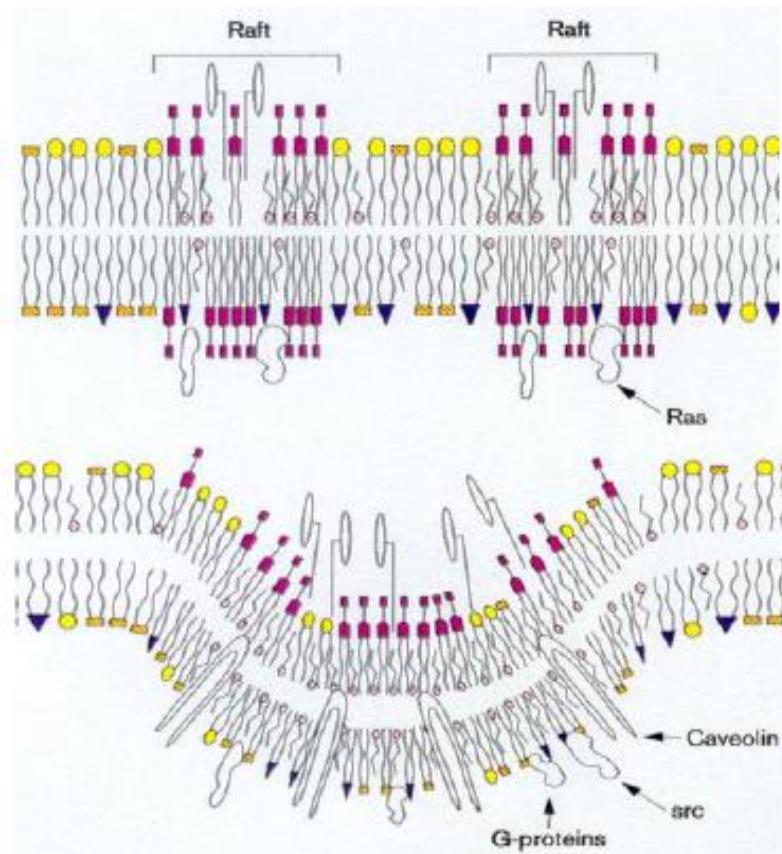
- evitare alla cellula contatti con le proteine indesiderate, con aggressivi chimici e fisici
- Riconoscimento cellula-cellula
Es. coagulazione del sangue, risposte immunitarie

Membrane cellulari: zone specializzate (domini raft e claveole)

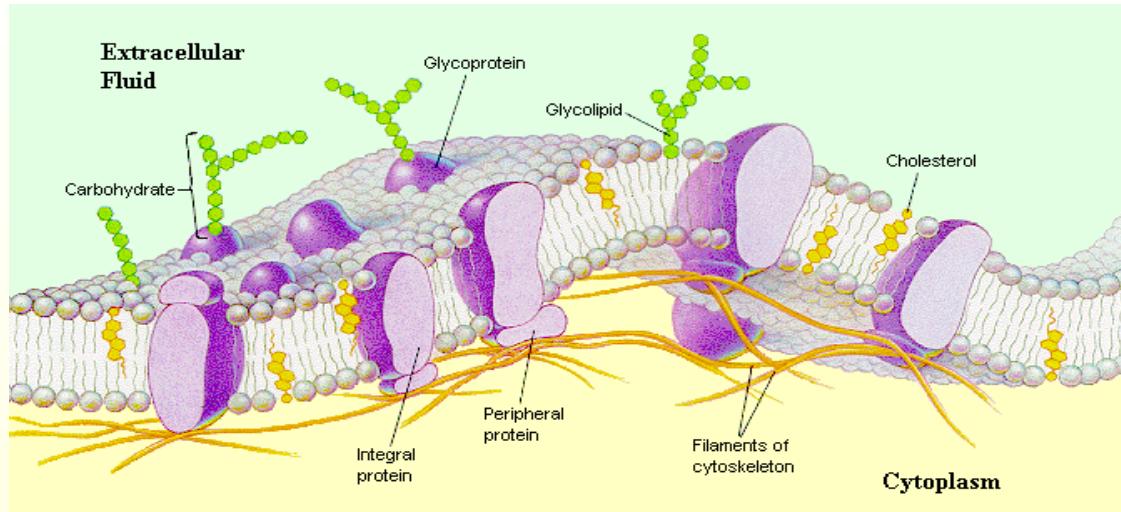
I microdomini raft sono regioni in cui predominano alcuni lipidi

In alcune zone della membrana, esistono delle regioni, le claveole (invaginazioni delle membrane plasmatiche) caratterizzate dalla presenza di proteine denominate caveoline

Le caveoline interagiscono con molecole segnale e costituiscono l'impalcatura per organizzare complessi preassemblati coinvolti nei processi di segnalazione trasduzione (proteine G eterotrimeriche e monomeriche, Src, PKC, ecc)

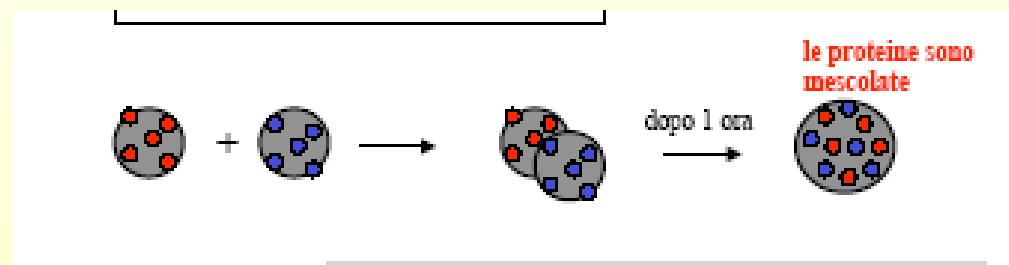


MODELLO A MOSAICO FLUIDO



Fluidità delle membrane

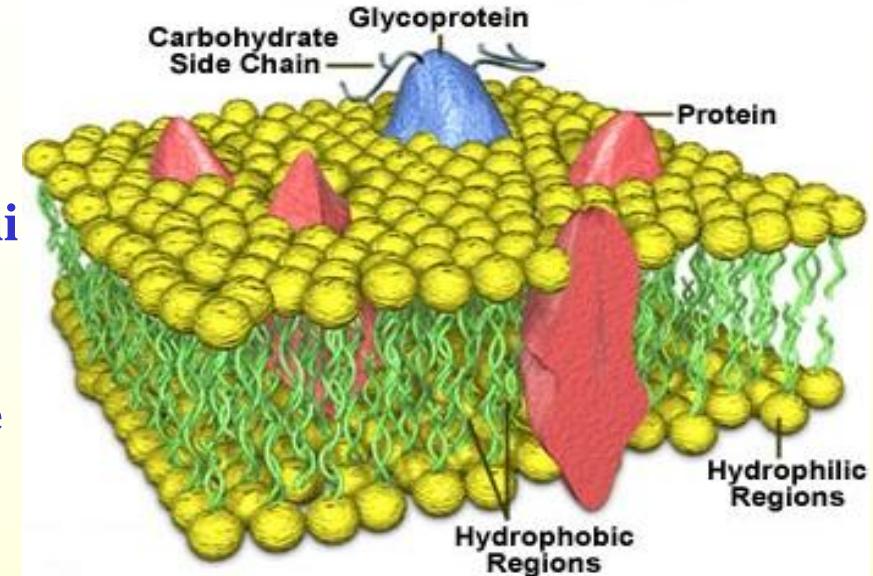
sistema dinamico
movimento attraverso
le membrane



CARATTERISTICHE FUNZIONALI E STRUTTURALI
MEMBRANA DINAMICA

In conseguenza della sua composizione e della sua architettura molecolare la membrana plasmatica è
SEMIPERMEABILE

costituisce il dispositivo di regolazione degli scambi fra l'ambiente extra ed intra cellulare: si ha cioè un flusso bidirezionale ininterrotto di molecole con caratteristiche diverse.



I componenti idrofobici della membrana limitano enormemente il passaggio di molecole idrofiliche attraverso il doppio strato lipidico.

Solo la presenza e la particolare attività di proteine transmembrana specializzate rendono possibile il passaggio di alcune molecole attraverso questa barriera

Funzioni delle membrane cellulari

1) Supporto strutturale

Preservare *l'individualità* della cellula

Delimitazione: cellula-ambiente; organulo citoplasma

Mantenimento della forma, plasticità: rapporti con il citoscheletro

2) Scambio di molecole

Mantenere una permeabilità altamente *selettiva*

Trasporto regolato in modo attivo

3) Scambio di informazione

Controllare il flusso di informazione

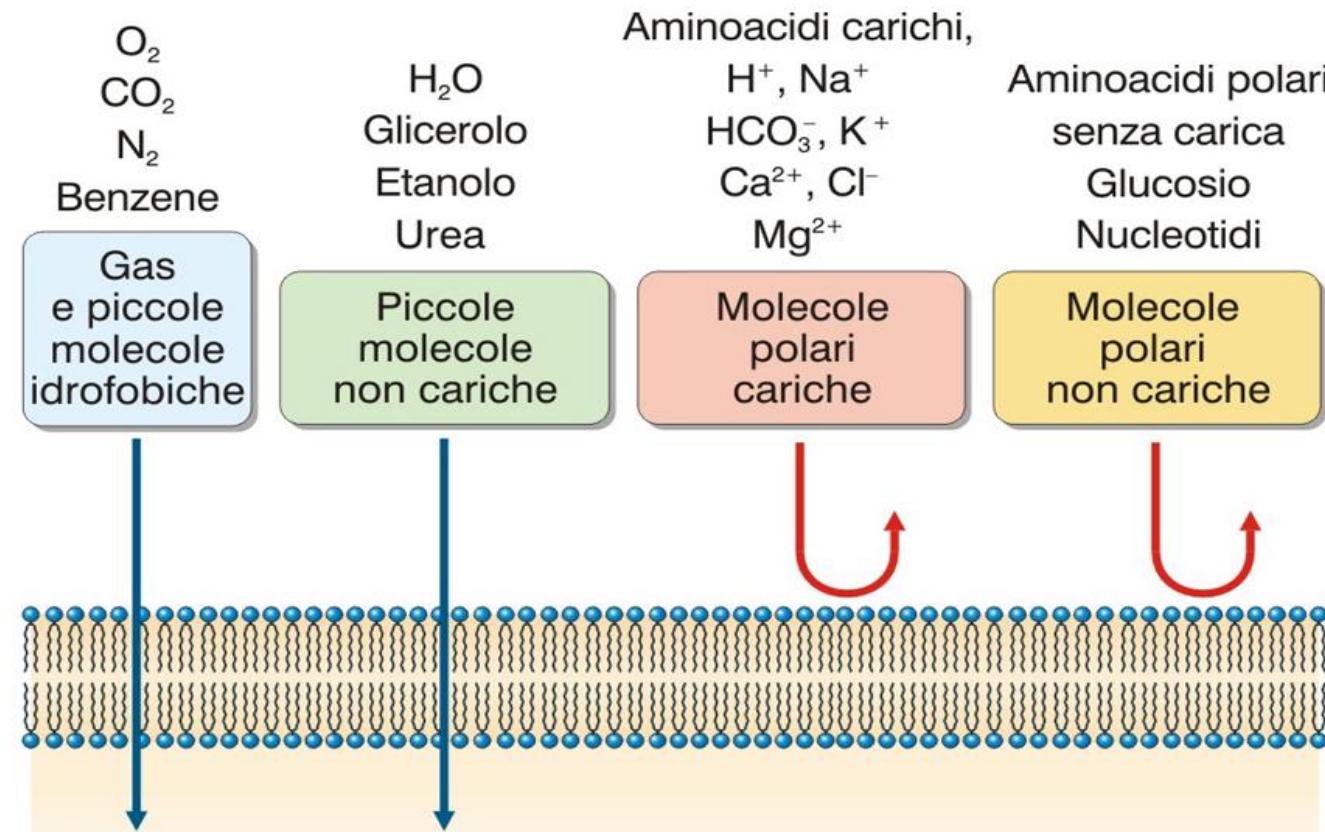
Rapporti cellula-cellula e cellula-matrice extracellulare

Riconoscimento e “trasduzione” di segnali chimici

Funzioni di membrane specializzate

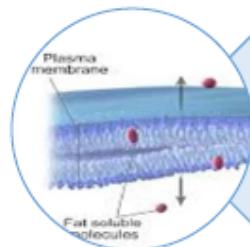
Es. membrana nucleare, mitocondriale, del golgi e RER, delle vescicole, dei lisosomi ecc...

PERMEABILITÀ SELETTIVA -Membrana

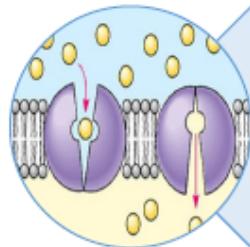


Il movimento di piccoli soluti attraverso le membrane può avvenire mediante diverse modalità di trasporto

In base alla modalità di attraversamento del bilayer fosfolipidico si distinguono 2 categorie generali di trasporto



**Diffusione
semplice**



**Trasporto
mediato**

In base alla richiesta energetica del trasporto si distinguono 2 categorie generali di trasporto:

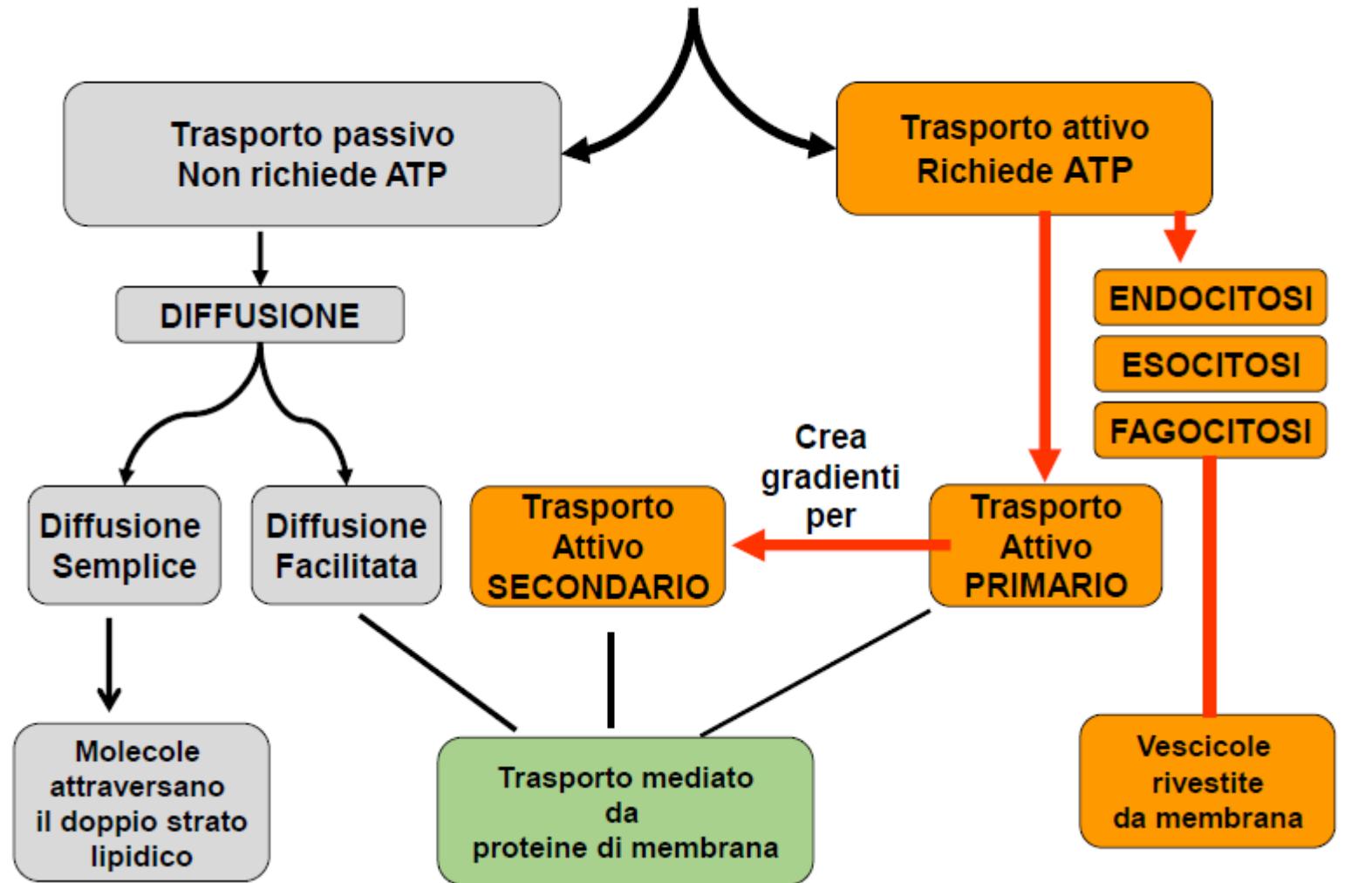
Trasporti passivi:

sono quei fenomeni di trasporto in cui la cellula non fornisce energia alle molecole che permeano in quanto le molecole si muovono secondo il loro gradiente di concentrazione. I trasporti passivi sono spontanei ed equilibranti in quanto le molecole tendono a distribuirsi uniformemente nei due ambienti separati dalla membrana.

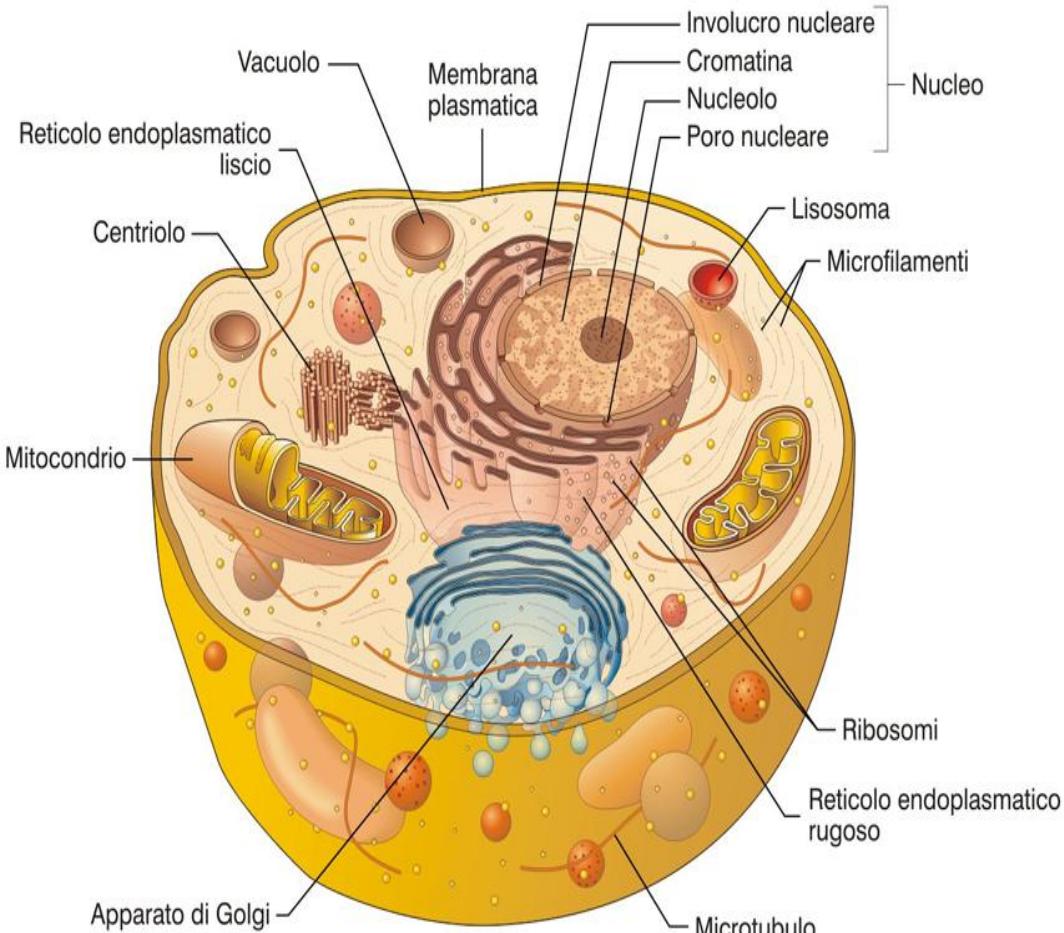
Trasporti attivi:

sono quei fenomeni di trasporti in cui l'organismo spende energia metabolica per far avvenire il passaggio in quanto la sostanza si muove contro gradiente di concentrazione. I trasporti attivi sono disequilibranti, perché le particelle vengono accumulate da un lato e non sono spontanei in quanto richiedono energia dall'esterno.

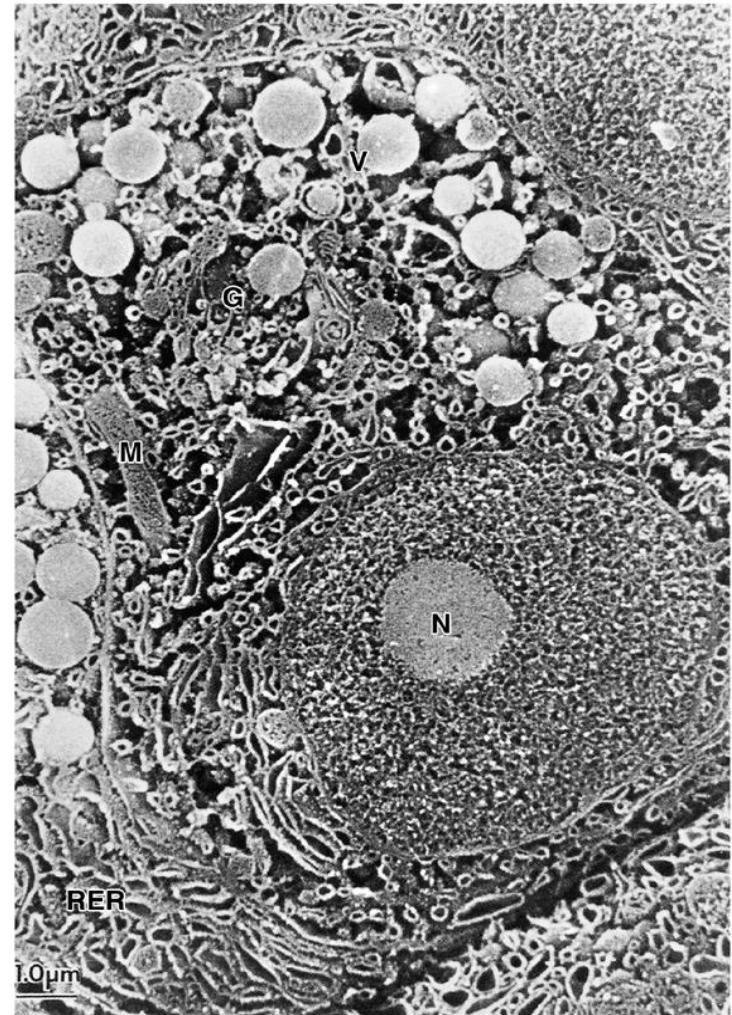
Classificazione dei trasporti in base alla richiesta energetica



CITOPLASMA E ORGANULI CELLULARI



© 2006 edi.ermes milano



© 1982 edi.ermes milano

Cellula pancreas esocrino
al ME

ORGANULI CELLULARI

Nucleo

Reticolo Endoplasmatico

Apparato del Golgi

Mitocondri

Lisosomi

Sistema vacuolare di membrana

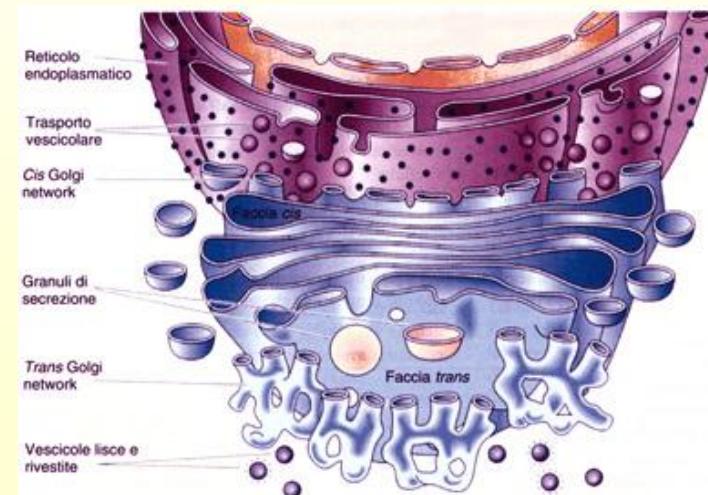


Figura 2-16. Schema del reticolo endoplasmatico rugoso e dell'apparato del Golgi. Si noti che le vescicole di trasporto contengono le proteine neosintetizzate che vengono trasferite alla rete *cis* del Golgi. Le proteine subiscono modificazioni nei vari scomparti del complesso di Golgi e confluiscono nella rete *trans* del Golgi per essere accumulate in vescicole.

Nucleo



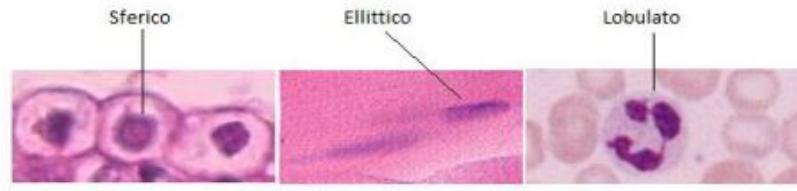
- Può essere considerato **il centro di comando** da cui partono tutti gli ordini che regolano la vita della cellula.
- Costituisce la **sede dell'informazione genetica**; contiene la maggior parte del **patrimonio genetico**.
- Al suo interno è conservato il DNA sotto forma di cromatina ed hanno luogo la **replicazione del DNA** nucleare e la sua **trascrizione ad RNA**.
- Sede di **meccanismi** indispensabili all'**espressione genica** e alla **duplicazione cellulare**.
- Considerato il ruolo e la valenza del DNA, il nucleo può essere considerato come il **«coordinatore»** ed il **«controllore»** delle attività che si svolgono nella cellula.

Nucleo

FORMA

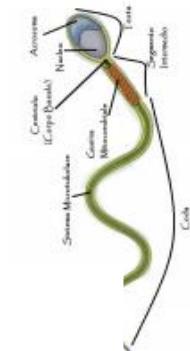
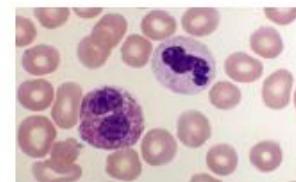
➤ Correlata con quella della cellula

- Sferico
- Ellittico
- Lobulato



➤ Talvolta completamente irregolare

- Leucociti polimorfonucleati
- Spermatozoi



DIMENSIONI

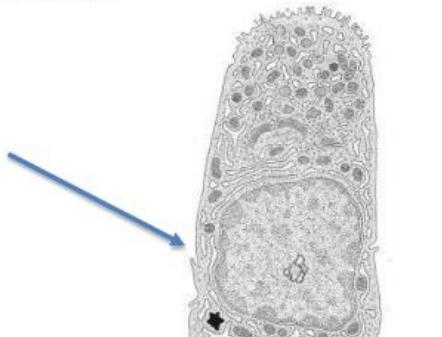
➤ Variabili, ma spesso proporzionali a quelle della cellula

POSIZIONE

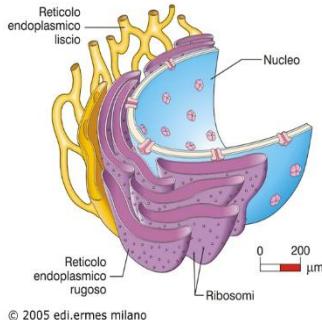
➤ Variabile ma caratteristica di ogni tipo cellulare

• per esempio:

- Cellule embrionali: nucleo centrale
- Cellule secerenti: nucleo eccentrico

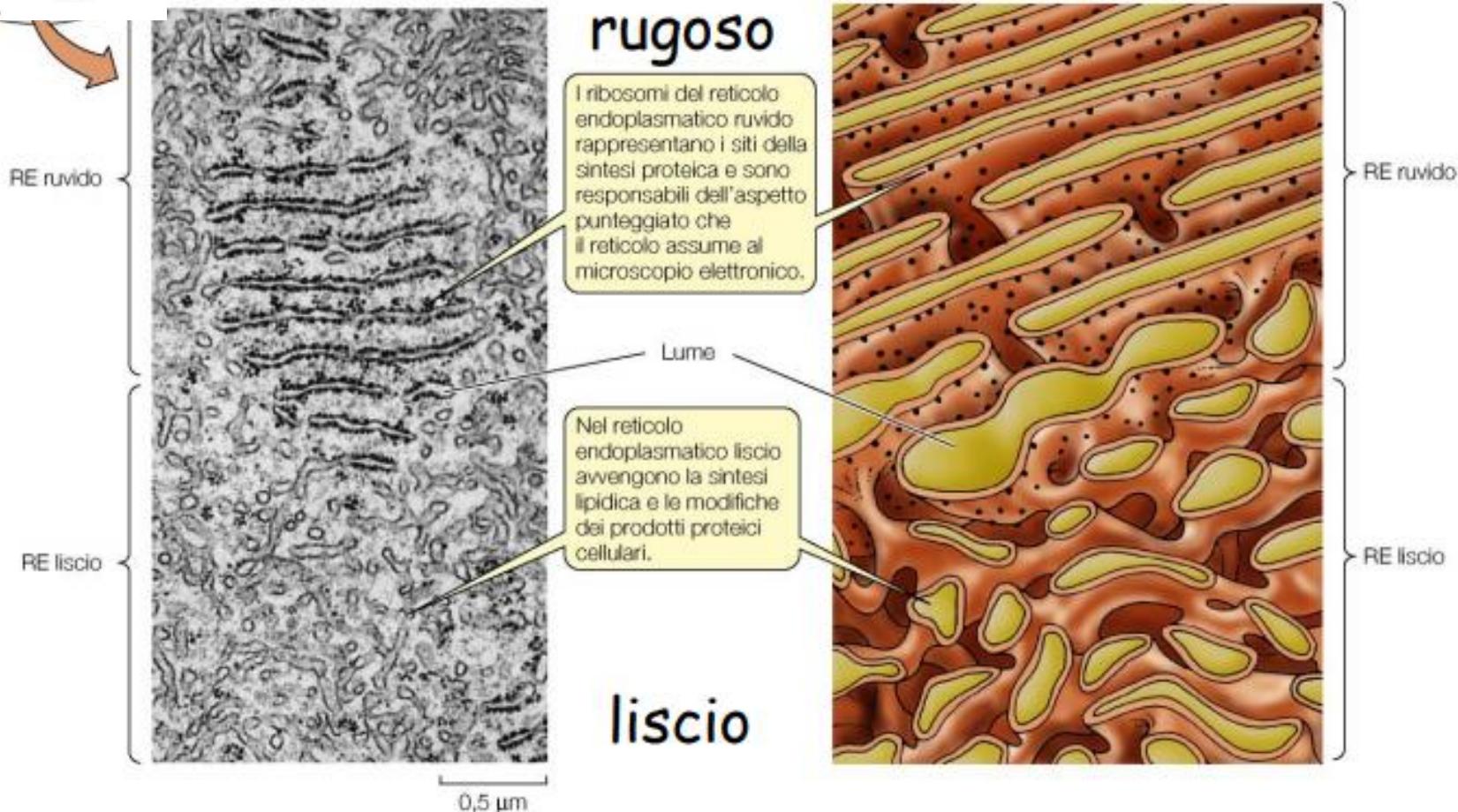


RETIKOLO ENDOPLASMATICO



© 2005 ed. ermes milano

membrana del **RETIKOLO ENDOPLASMATICO (RE)**, sistema ininterrotto di **concamerazioni e tubuli membranosi**, che spesso si estende a tutta la cellula e si divide in RER e REL:



Reticolo endoplasmatico

FUNZIONI:

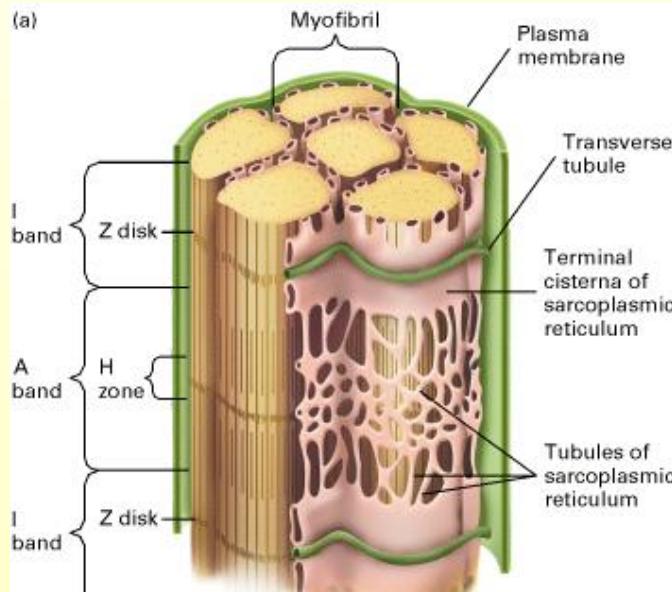
- **Sintesi e rimaneggiamento delle proteine (RER)**
- **Sintesi di lipidi e steroidi (REL)**
- **Degradazione dei lipidi (REL)**
- **Detossificazione di alcuni composti (REL)**
- **Rimaneggiamento di tutte le membrane della cellula (RER)**

Reticolo endoplasmatico liscio

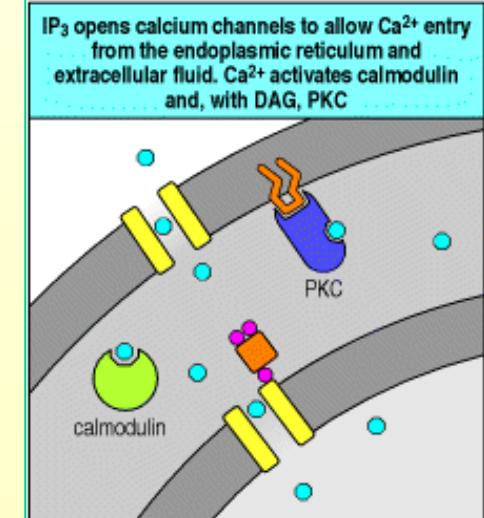
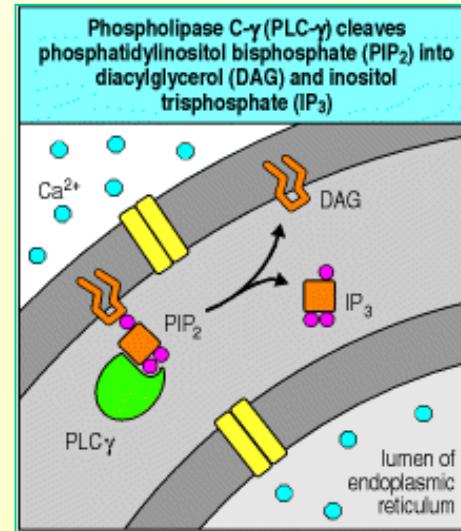
Il REL, in forma di piccole vescicole o sacculi indipendenti è particolarmente abbondante nelle cellule epiteliali epatiche (detossificazione dei materiali tossici) e in tutte le cellule che producono ormoni steroidei.

assume caratteristiche di specializzazione in alcune cellule (fibre muscolari scheletriche, cellule miocardiche dove è presente in forma di tubuli

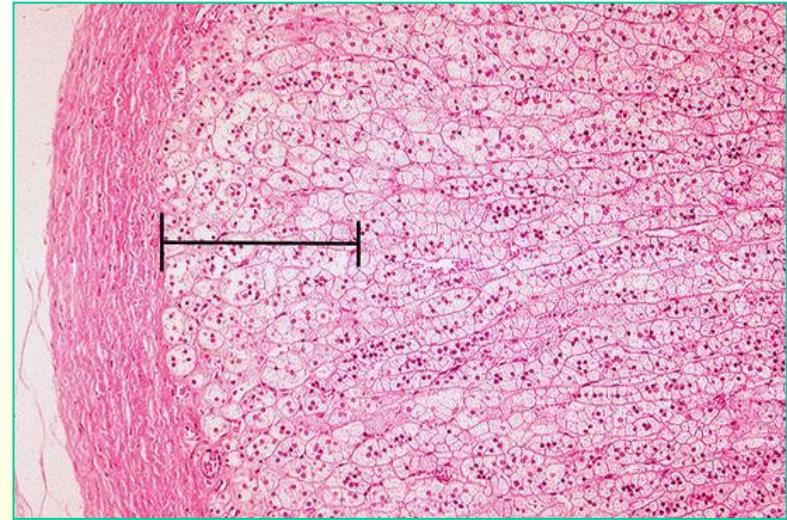
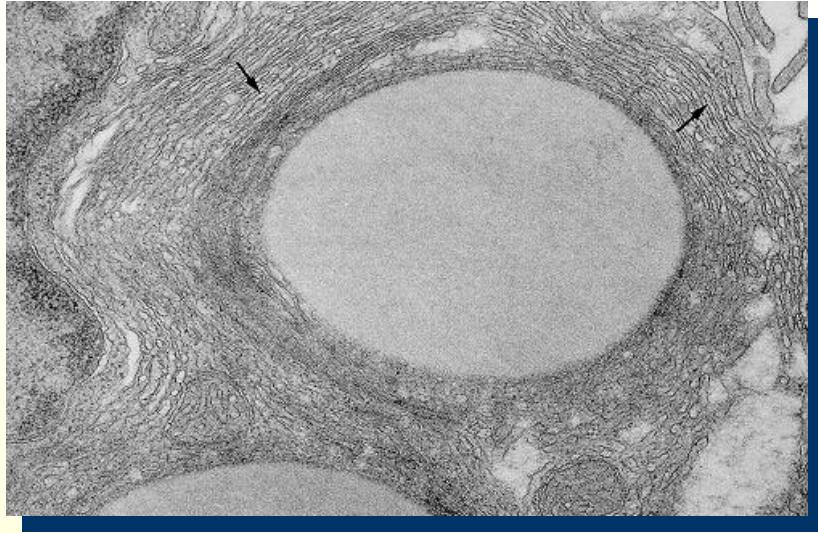
- *reticolo sarcoplasmatico-*)



Deposito di ioni Calcio



Reticolo endoplasmatico liscio

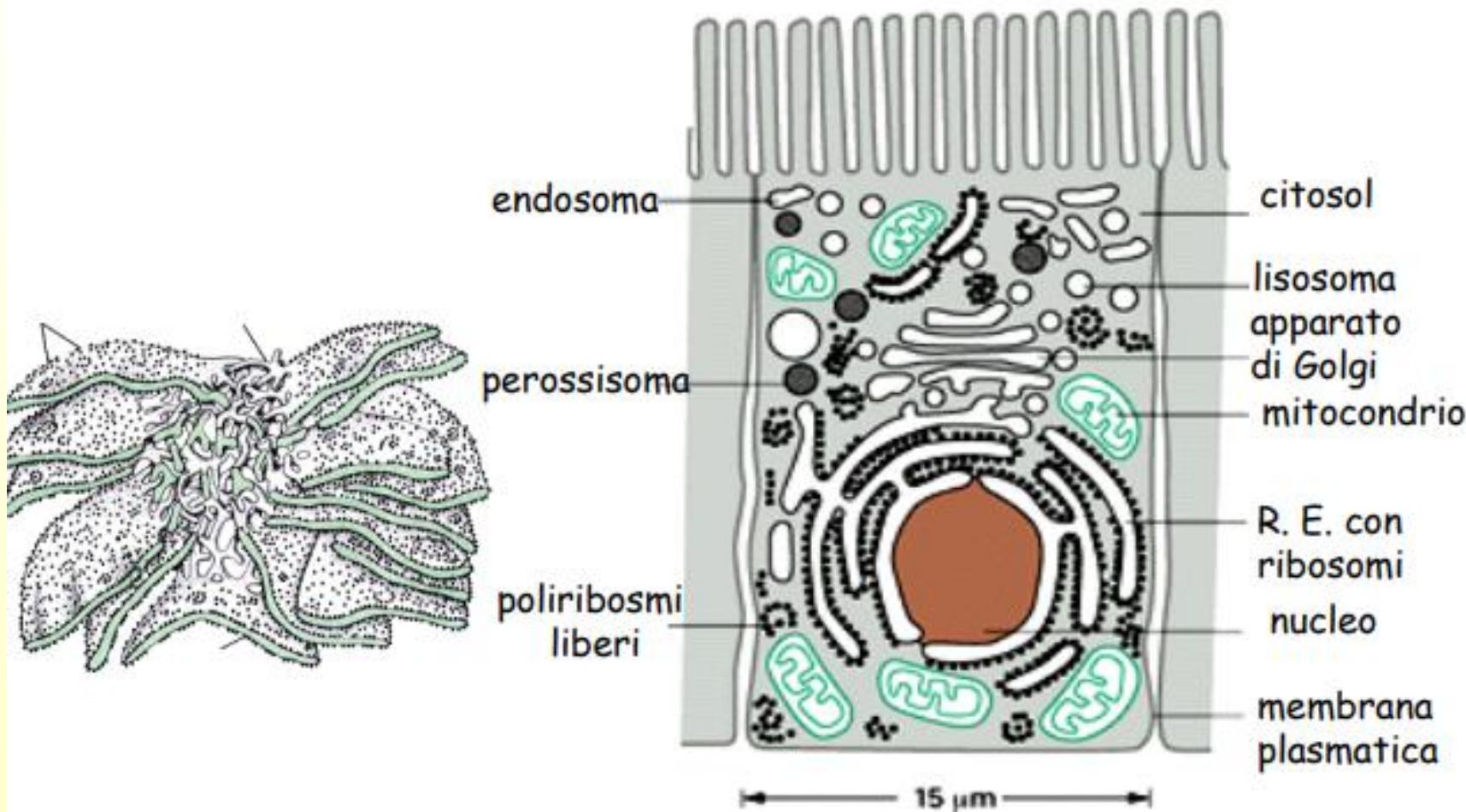


Il **REL**, in forma di piccole vescicole o sacculi indipendenti è particolarmente abbondante nelle cellule epiteliali epatiche (**detossificazione dei materiali tossici**) e in tutte le cellule che producono **ormoni steroidei**.

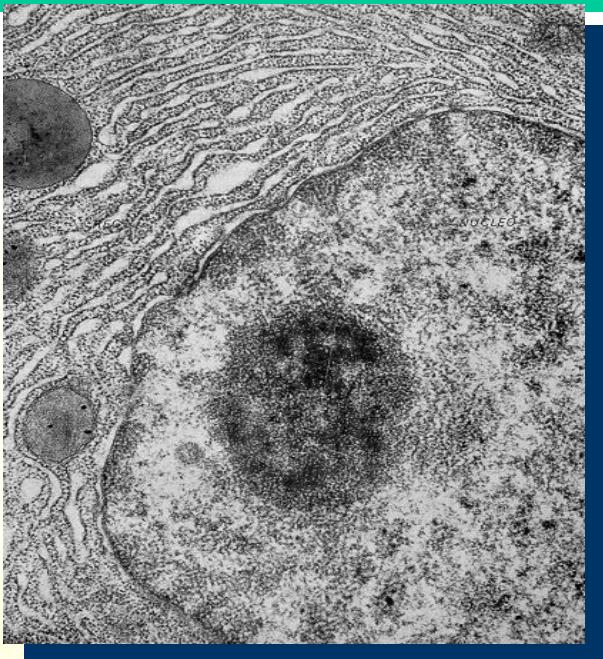
Reticolo endoplasmatico rugoso

Struttura:

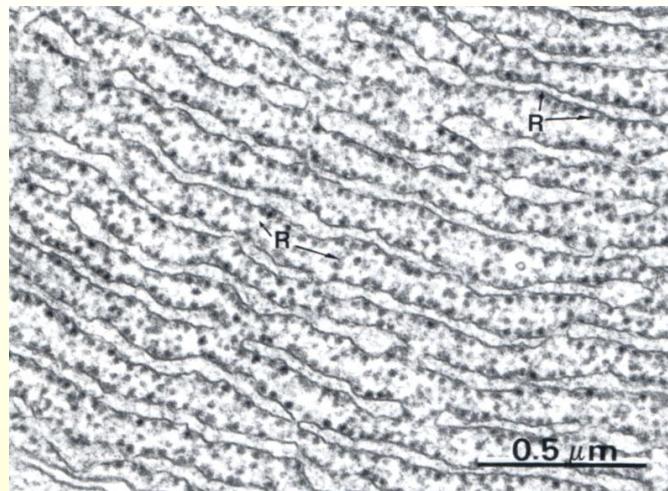
Canalcoli e cisterne ampie ed appiattite, interconnessi tra loro e ricoperti sulla superficie citoplasmatica da ribosomi



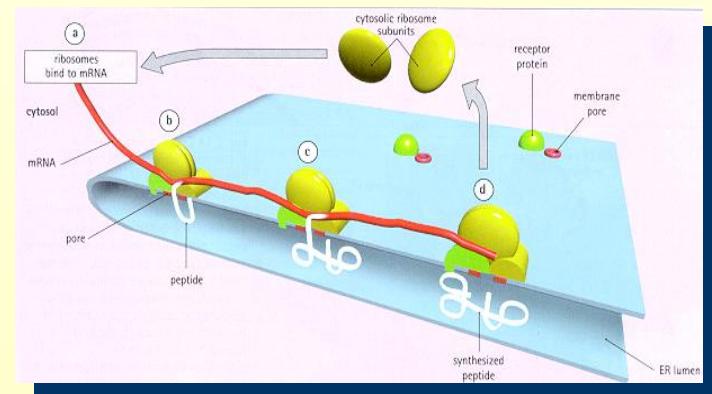
Reticolo endoplasmatico rugoso



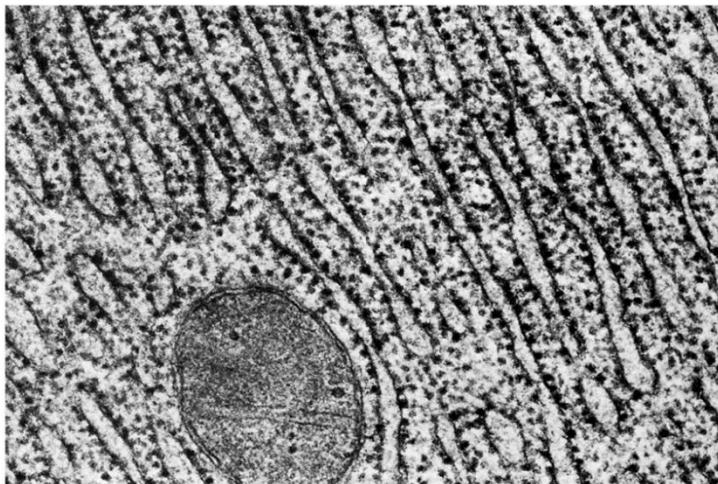
La cavità sono in continuità con la cisterna perinucleare (spazio esistente tra la membrana interna ed esterna dell'invólucro nucleare)



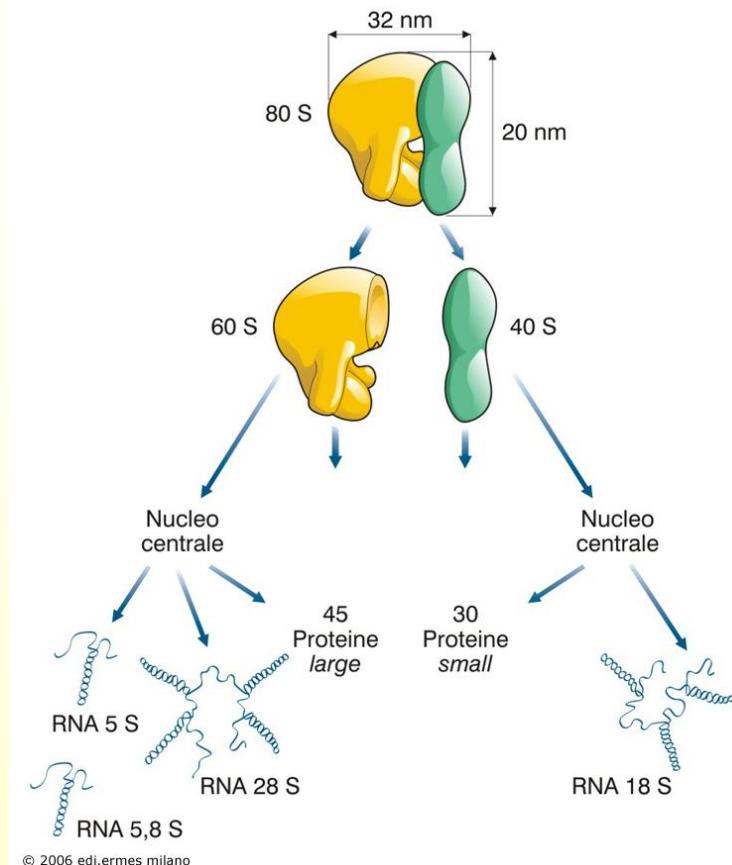
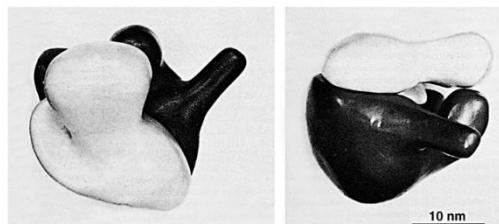
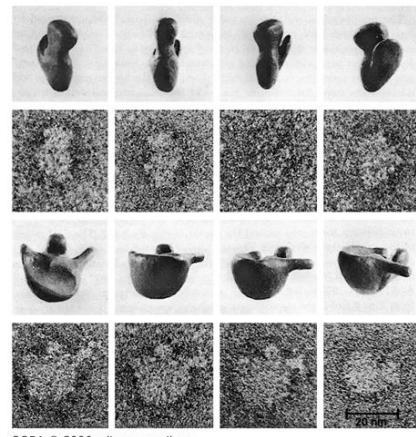
La superficie esterna delle membrane puo' essere rivestita di granuli di 15-20 nm:
i RIBOSOMI



RIBOSOMI



© 1987 ed.ermes milano



Ogni ribosoma è costituito da 2 subunità
una subunità maggiore e da una minore entrambe
prodotte nel nucleolo

Funzionano da base strutturale per la sintesi proteica

RIBOSOMI

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

liberi nel citoplasma

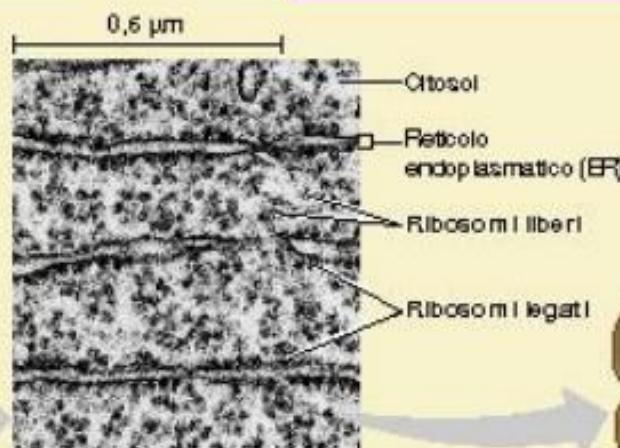
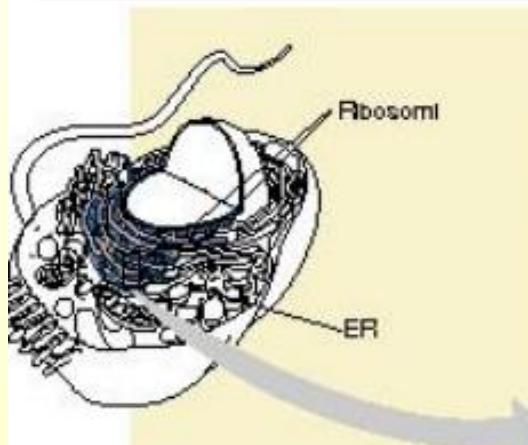
Producono Proteine:

-che sono utilizzate nel citosol

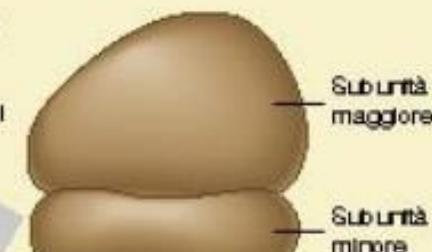
legati al reticolo endoplasmatico

Producono Proteine:

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



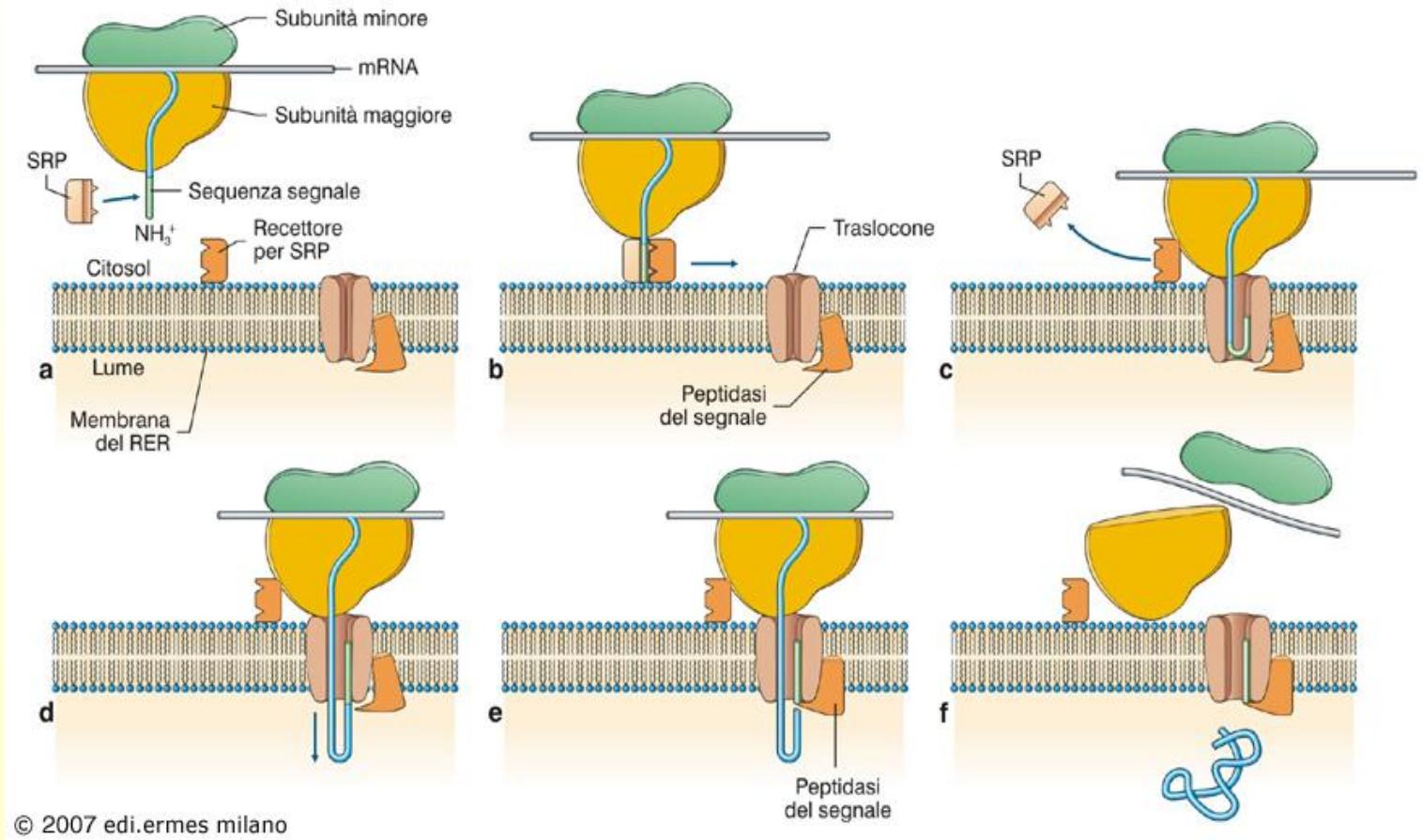
(a) Ribosomi osservati al TEM



(b) Schema di un ribosoma

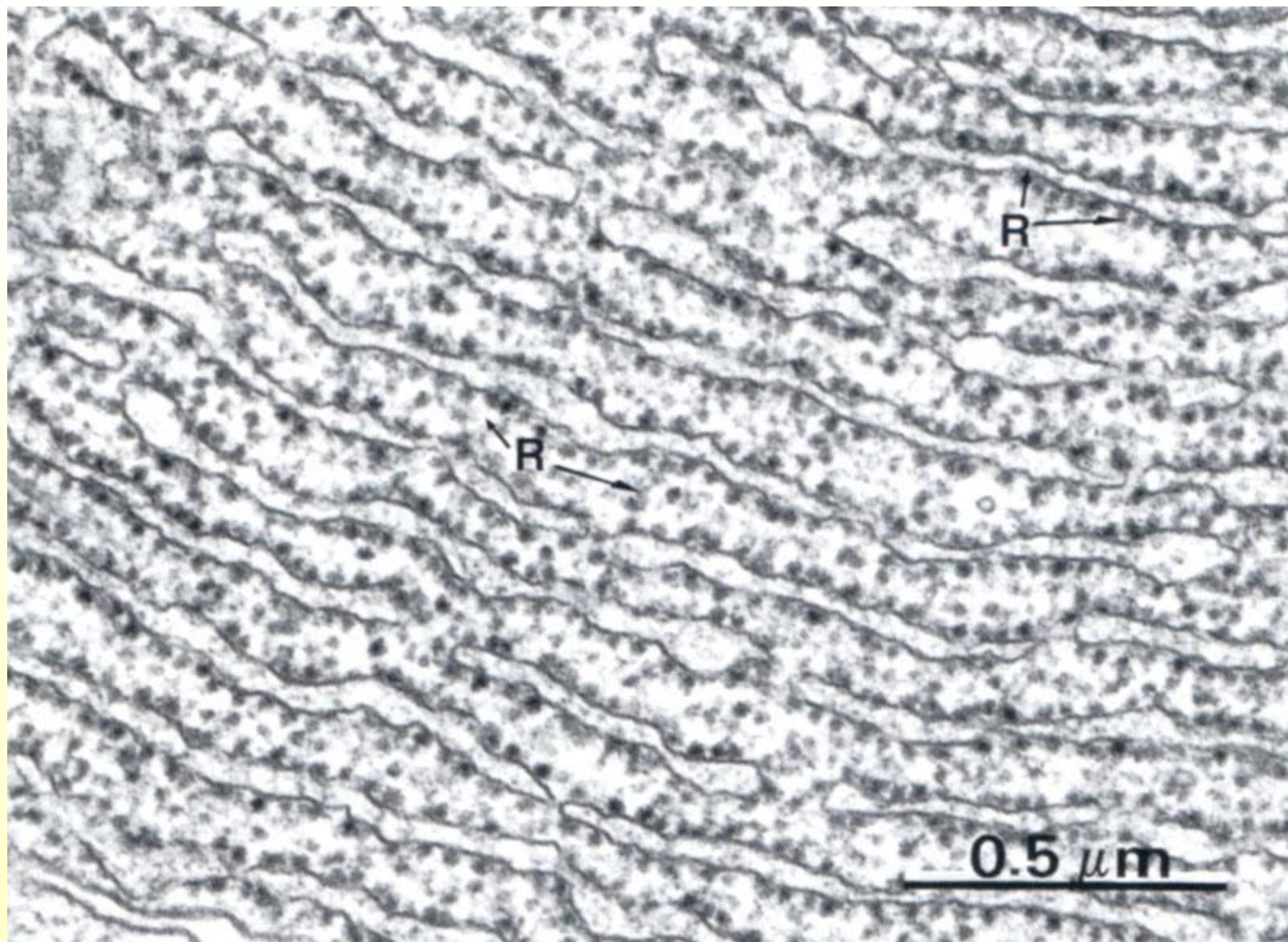
Ribosomi liberi e legati sono identici e possono alternarsi

RIBOSOMI : Meccanismo sintesi proteica



proteine liberate nel lume del RER

Reticolo endoplasmatico rugoso

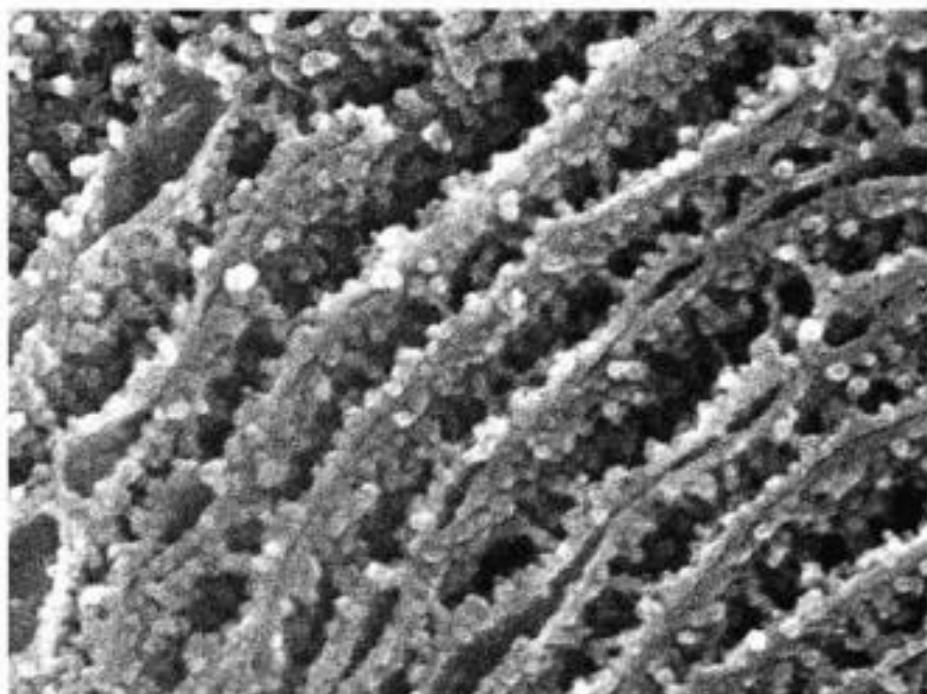


RETICOLO ENDOPLASMATICO RUGOSO

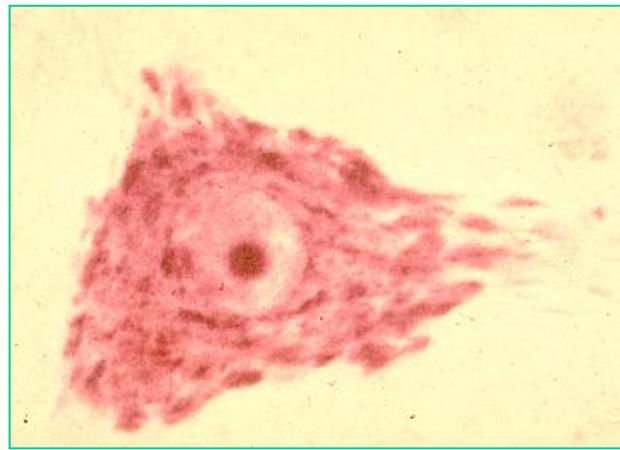
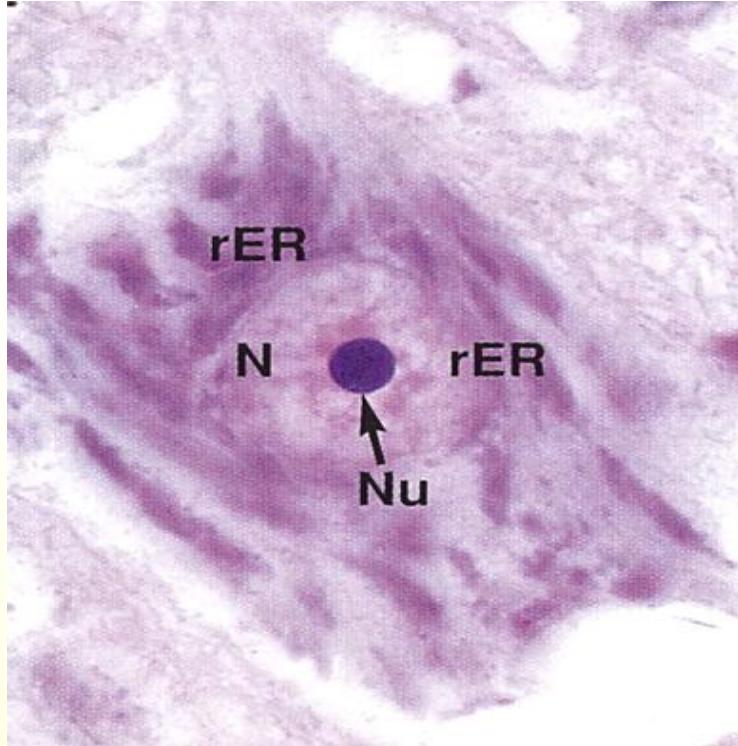
Funzione:

Sintesi di proteine:

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

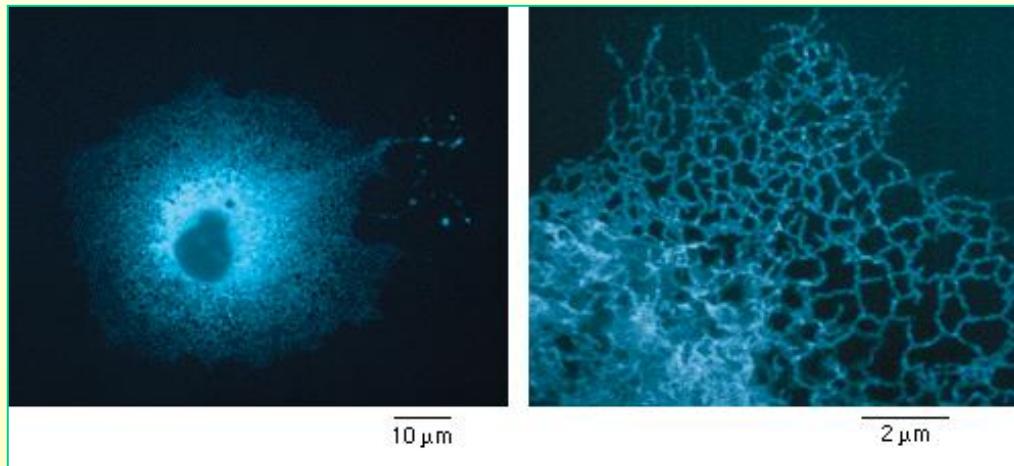


Dopo la sintesi le proteine sono rilasciate nel lume del RE e subiscono rimaneggiamenti e ripiegamenti specifici

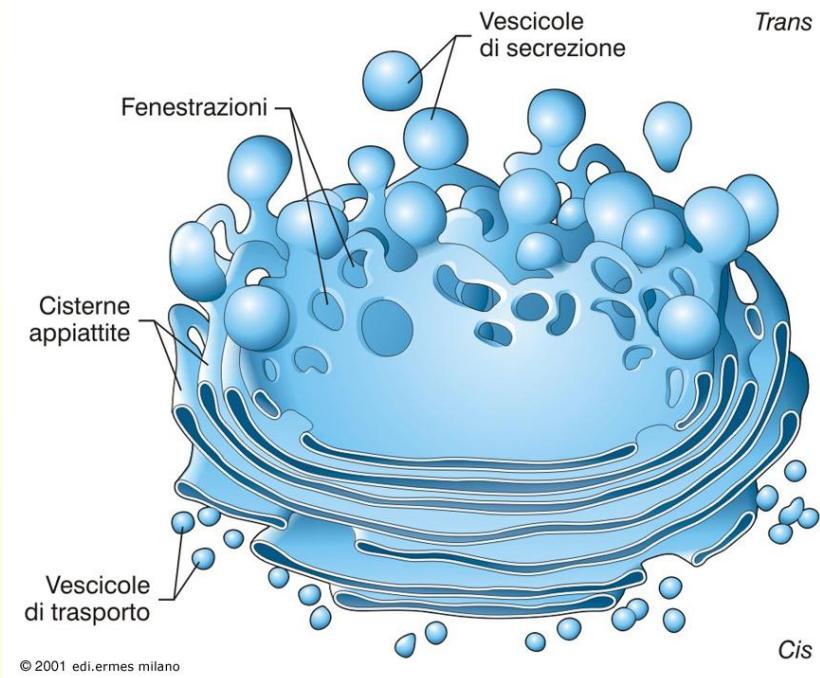
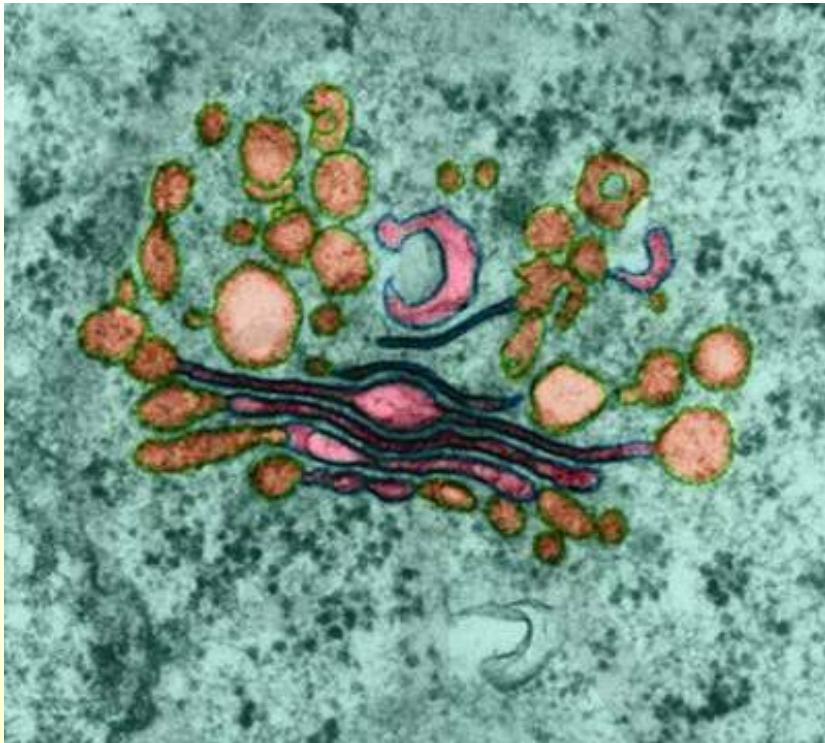


RER

Zolle di Nissl



Apparato del Golgi

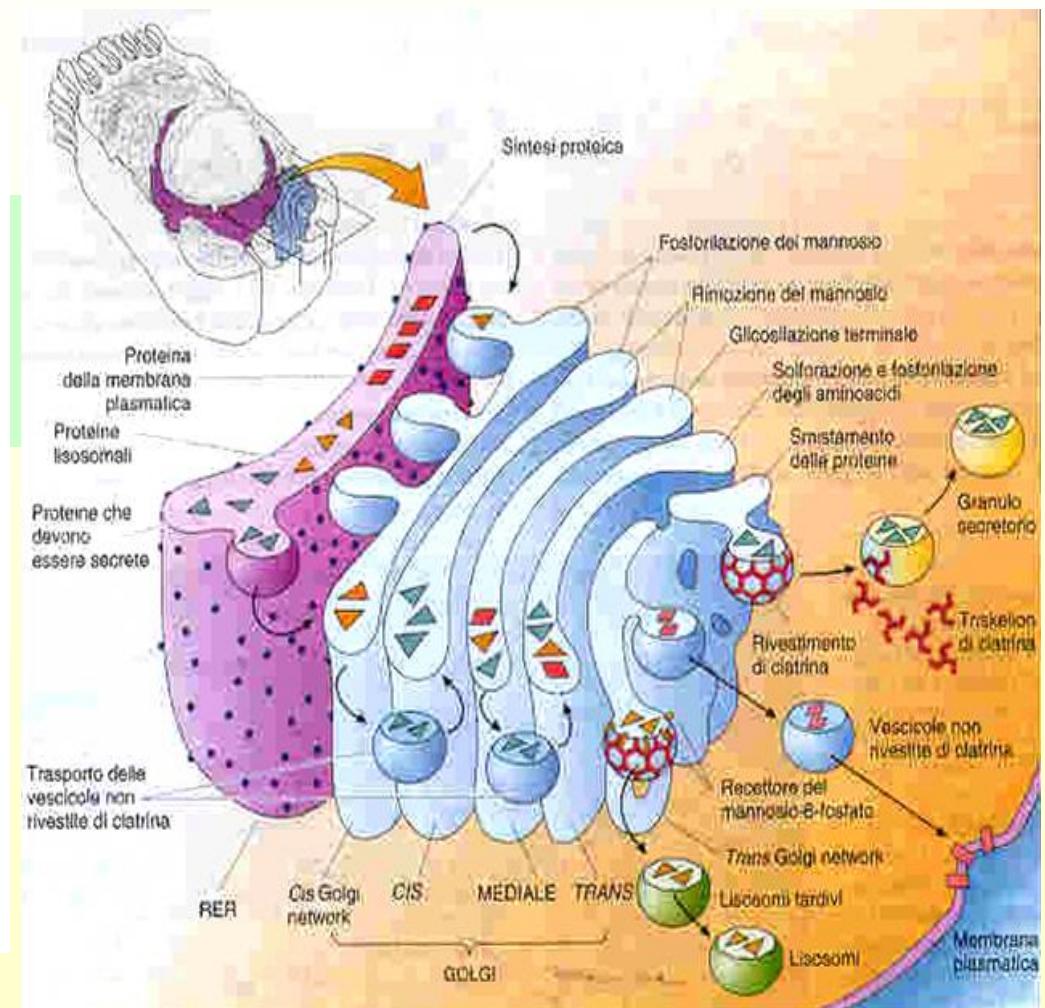


È costituito da **una o più serie di cisterne appiattite e leggermente incurvate (pile del Golgi)** e vescicole **collegate tra loro**

Apparato del Golgi

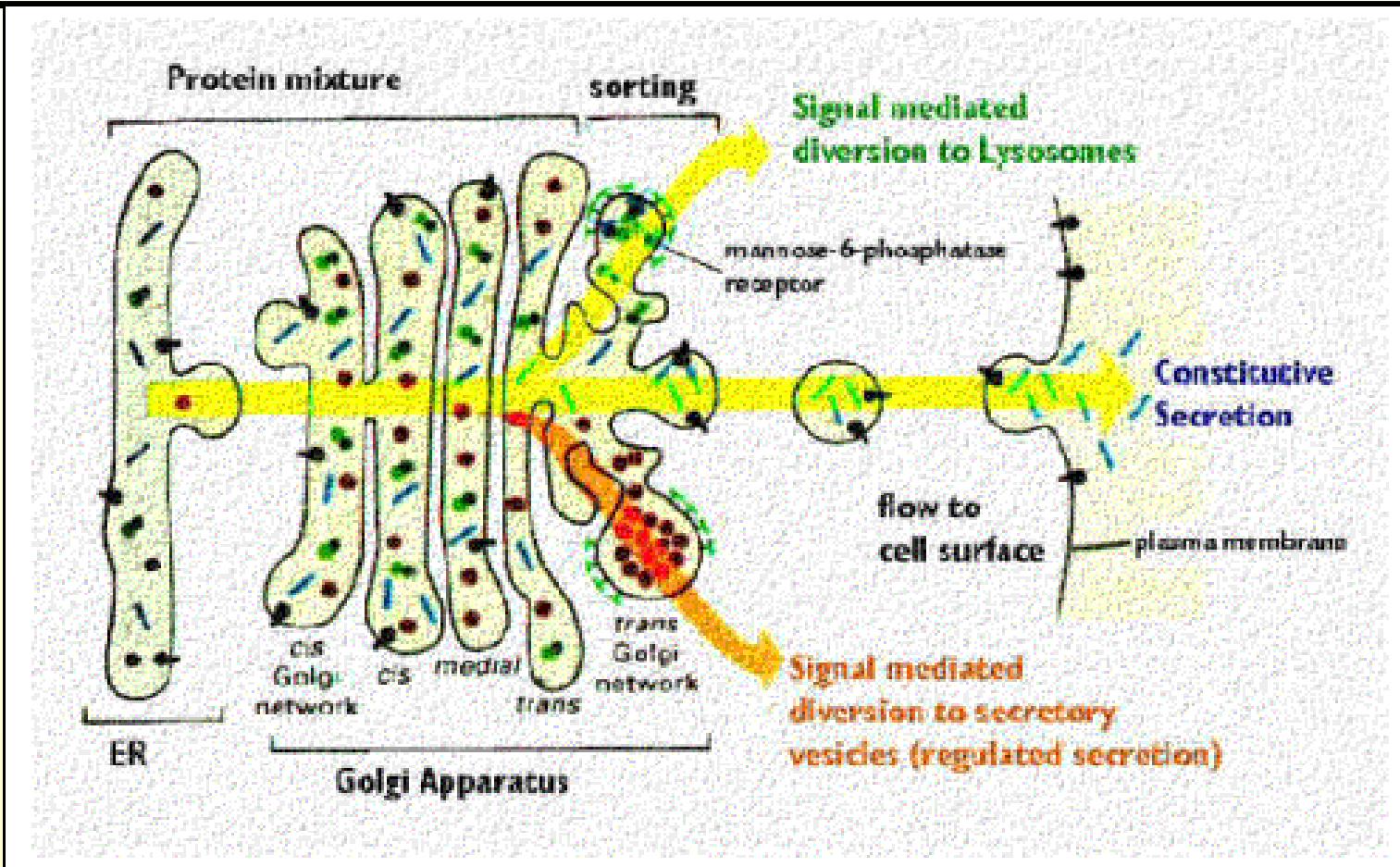
funzioni principali:

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

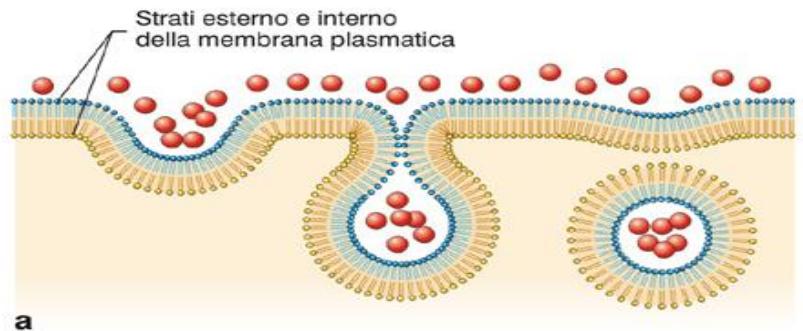


Apparato del Golgi

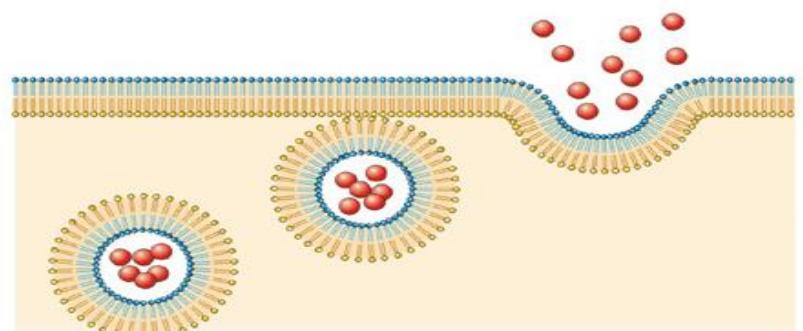
Le proteine che escono dall'apparato del Golgi vengono racchiuse in **vesicole** rivestite da membrana plasmatica e possono avere diversi destini



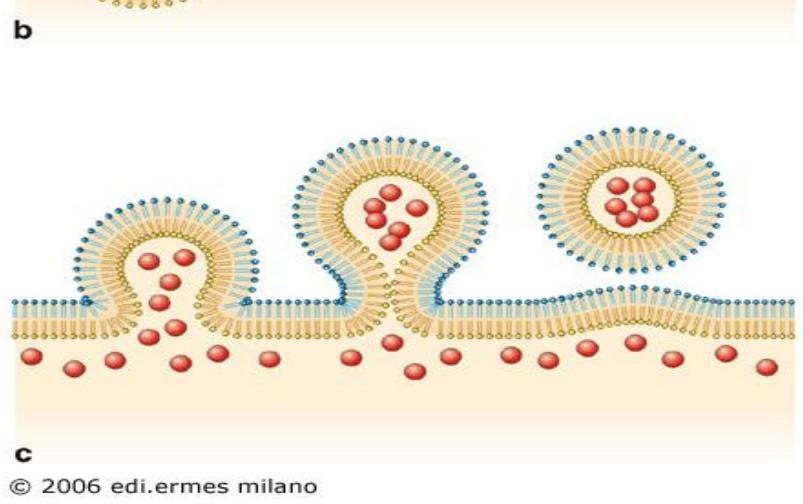
Trasporto di grosse molecole



ENDOCITOSI



ESOCITOSI



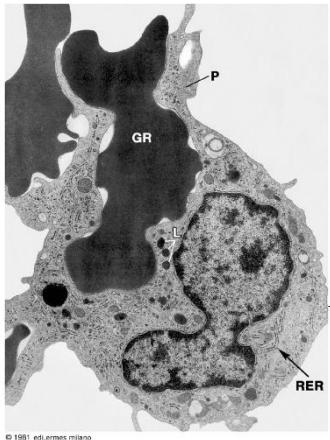
GEMMAZIONE

Esocitosi



Le proteine prodotte nel RER gemmano come vescicole di transizione, si portano al Golgi e si staccano come vescicole di condensazione; quindi come vescicole di secrezione migrano nel citoplasma apicale dove le membrane si fondono rivestendone il contenuto all'esterno

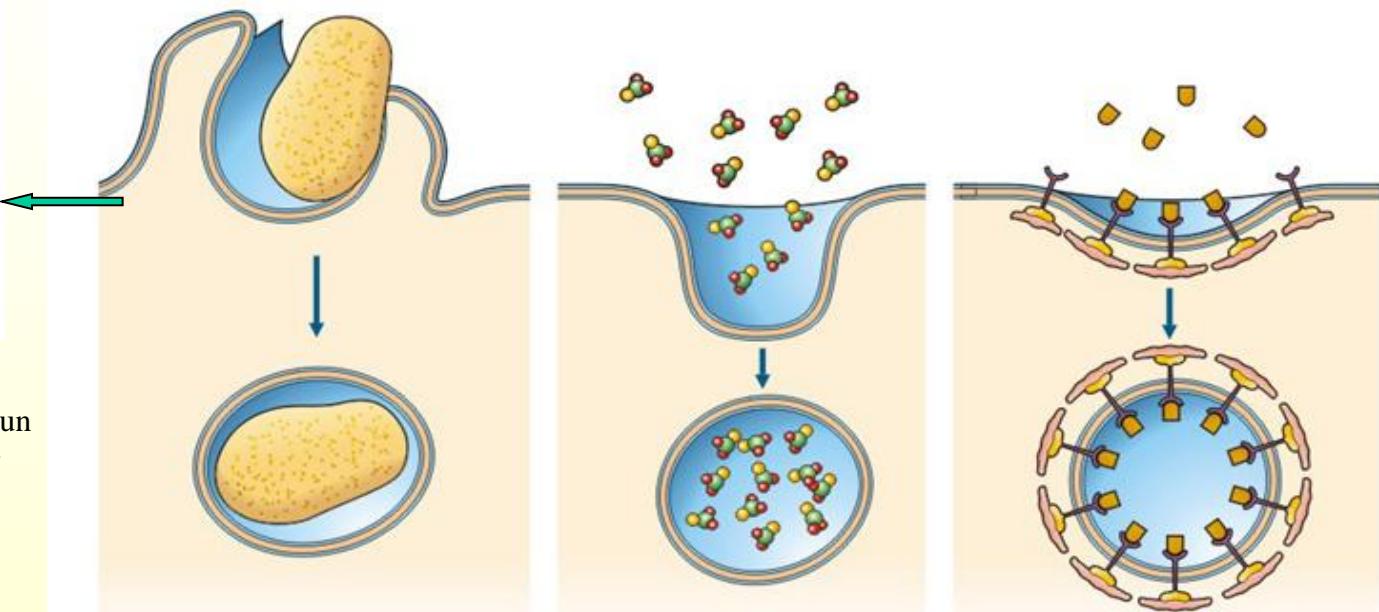
Endocitosi



Fagocitosi

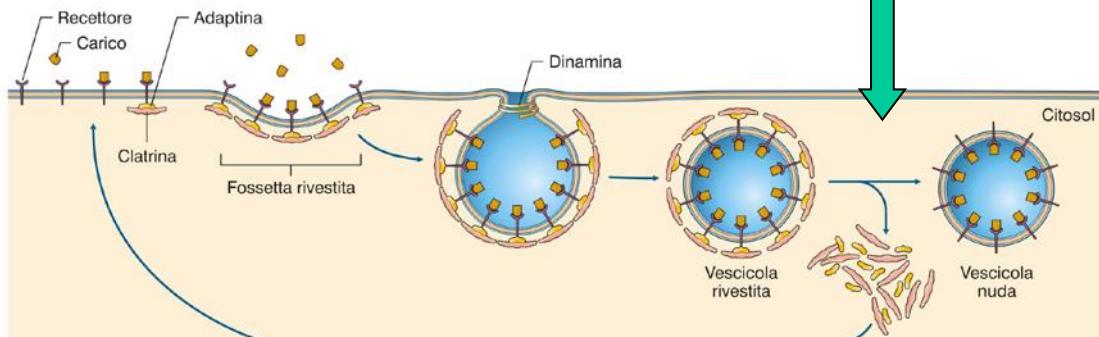
Pinocitosi

Endocitosi mediata da recettori

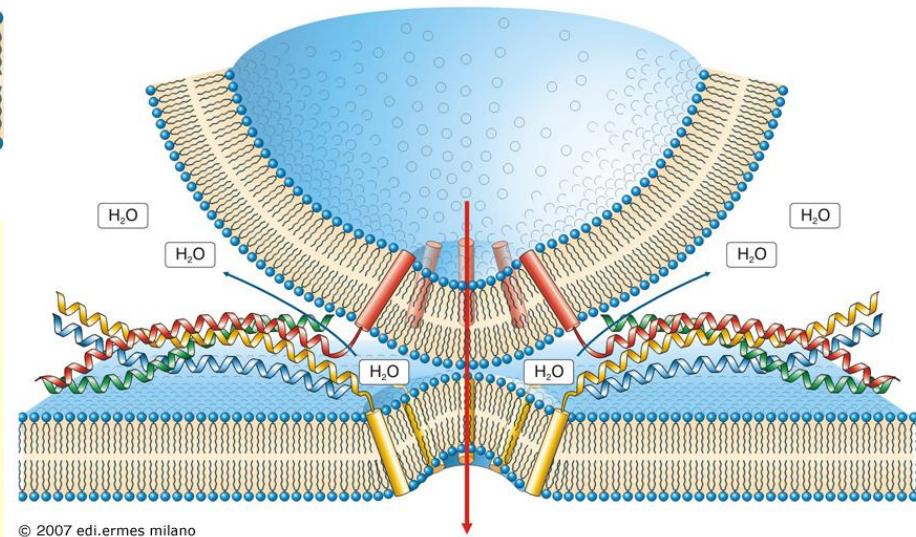
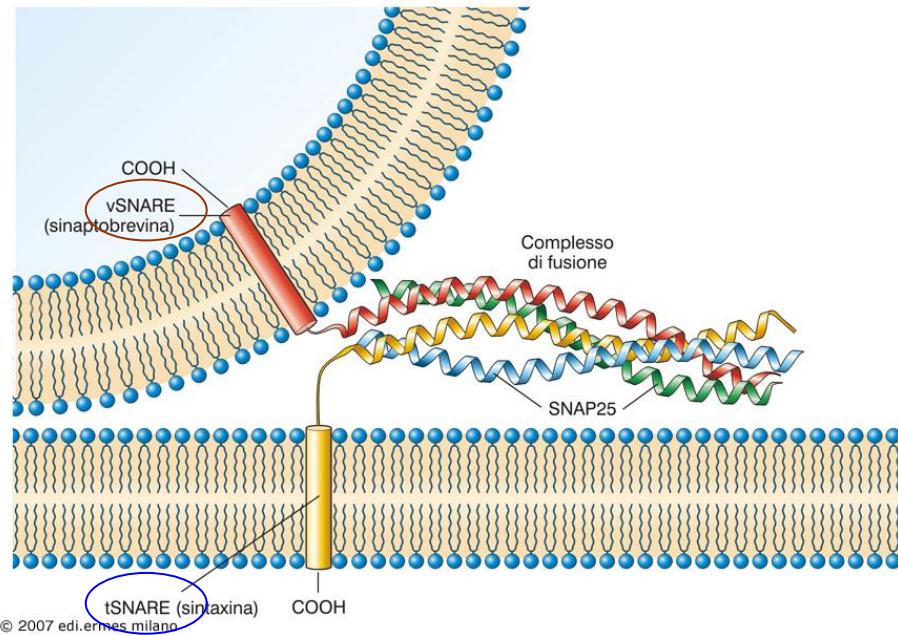


Macrofago che fagocita un globulo rosso (GR), img ME

© 2006 edi.e



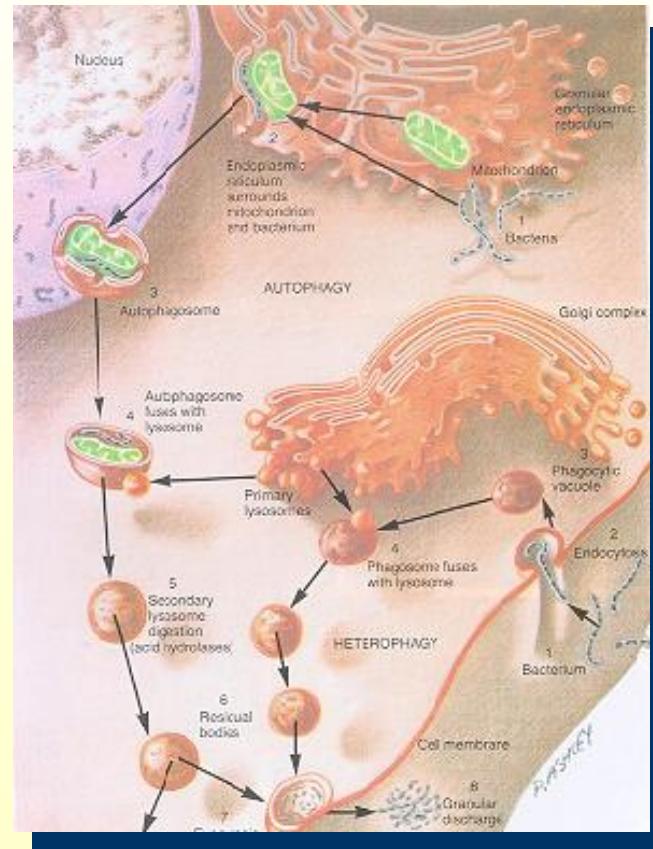
Fusione delle vescicole



La fusione delle vescicole è regolata
dalla presenza di specifiche proteine dette **SNARE**

Particolare Destino delle vescicole lisosomi

Sono vescicole rotondeggianti contenenti idrolasi acide e costituiscono il sistema “digestivo” della cellula



LISOSOMI

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

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

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

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



Intervengono nella degradazione di:

- **macromolecole**
- **microrganismi**
- **frammenti cellulari fagocitati**
- **organuli cellulari invecchiati**

Nelle cellule che sono destinate a morte programmata (**apoptosi**) i lisosomi riversano il loro contenuto all'interno della cellula, provocando **AUTOLISI**

TABELLA 4-1

Strutture delle cellule eucariotiche e loro funzioni

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