

I **lipidi**, o grassi, costituiscono un gruppo eterogeneo di sostanze accomunate dalla proprietà fisica della insolubilità nei solventi polari (es. acqua) (**idrofobicità**) e dalla solubilità nei solventi organici (es. cloroformio, etere) (**lipofilicità**)

Da un punto di vista fisiologico sono distinguibili in:

- **lipidi di deposito** con funzione energetica e protettiva rappresentati principalmente dai trigliceridi
- **lipidi strutturali**, costituenti fondamentali delle membrane cellulari ed intracellulari (fosfolipidi, glicolipidi e colesterolo)

Un sistema convenzionale di classificazione dei lipidi è quello basato sulla presenza o meno, nella molecola, di **acidi grassi**

Da questo punto di vista, si distinguono:

-**lipidi complessi** contengono legate covalentemente molecole di acidi grassi (**acilgliceroli, fosfogliceridi, sfingolipidi**)

-**lipidi semplici** non contengono legate covalentemente molecole di acidi grassi (**terpeni, steroidi**)

I lipidi vengono anche raggruppati in:

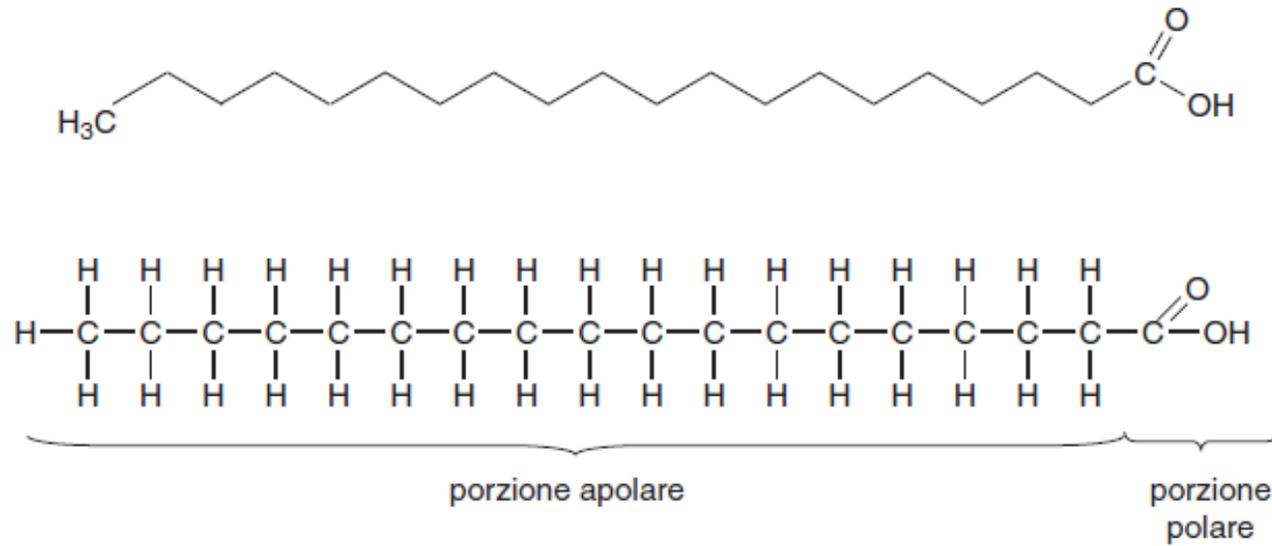
-**lipidi neutri** (**trigliceridi e colesterolo**)

-**lipidi polari** (**fosfolipidi e glicolipidi**)

Gli **acidi grassi** sono acidi monocarbossilici la cui molecola contiene una lunga catena alifatica che conferisce loro una marcata idrofobicità. Essi hanno formula generale:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

Tab. 13.1 - Formula e denominazione di alcuni fra i più importanti acidi grassi

Acido grasso	Struttura	Sigla
palmitico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16:0
stearico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18:0
oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:1 ( $\omega$ 9)
linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:2 ( $\omega$ 6)
linolenico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:3 ( $\omega$ 3)
arachidonico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	20:4 ( $\omega$ 6)



**Figura 2.1** Struttura dell'acido stearico



**Tabella 2.I**

Acidi grassi saturi.

Nome comune Acido:	Nome chimico (suffisso-oico) (*)	Formula di struttura	Fonte
acetico propionico	etanoico n-propanoico	CH <sub>3</sub> COOH CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Aceto
butirrico capronico	n-butanoico n-esanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	Latte
caprilico caprico	n-ottanoico n-decanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH	
laurico miristico	n-dodecanoico n-tetradecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH	Olii vegetali
palmitico stearico	n-esadecanoico n-ottodecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	
arachico beenico	n-eicosanoico n-docosanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> COOH	Olio di arachidi Olio di semi
lignocericico cerotico	n-tetracosanoico n-esacosanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>22</sub> COOH CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>24</sub> COOH	Tessuto nervoso

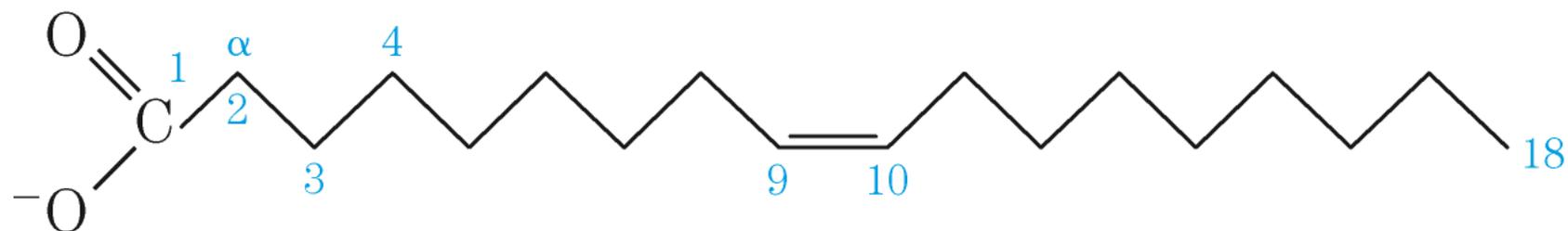
\* Il prefisso "n" indica una struttura lineare, non ramificata.

Ac. Grassi a corta catena: fino a 4 C

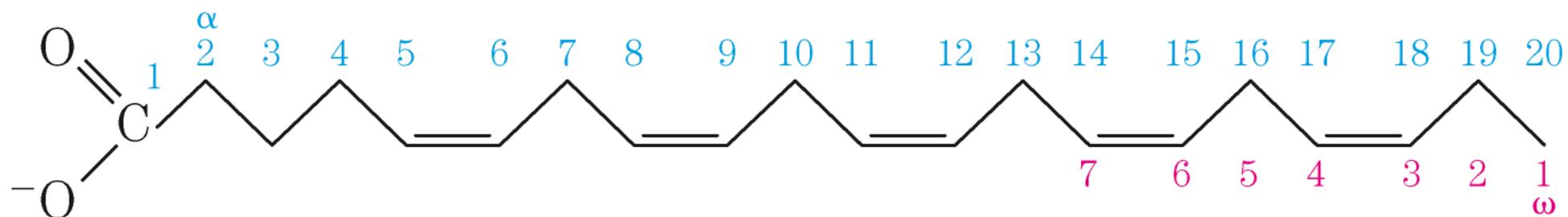
Ac. Grassi a media catena: da 5 a 10 C

Ac. Grassi a lunga catena: > di 10 C





**(a)** 18:1( $\Delta^9$ ) Acido *cis*-9-ottadecanoico



**(b)** 20:5( $\Delta^{5,8,11,14,17}$ ) Acido eicosapentaenoico (EPA),  
un acido grasso omega-3

## Acidi grassi essenziali

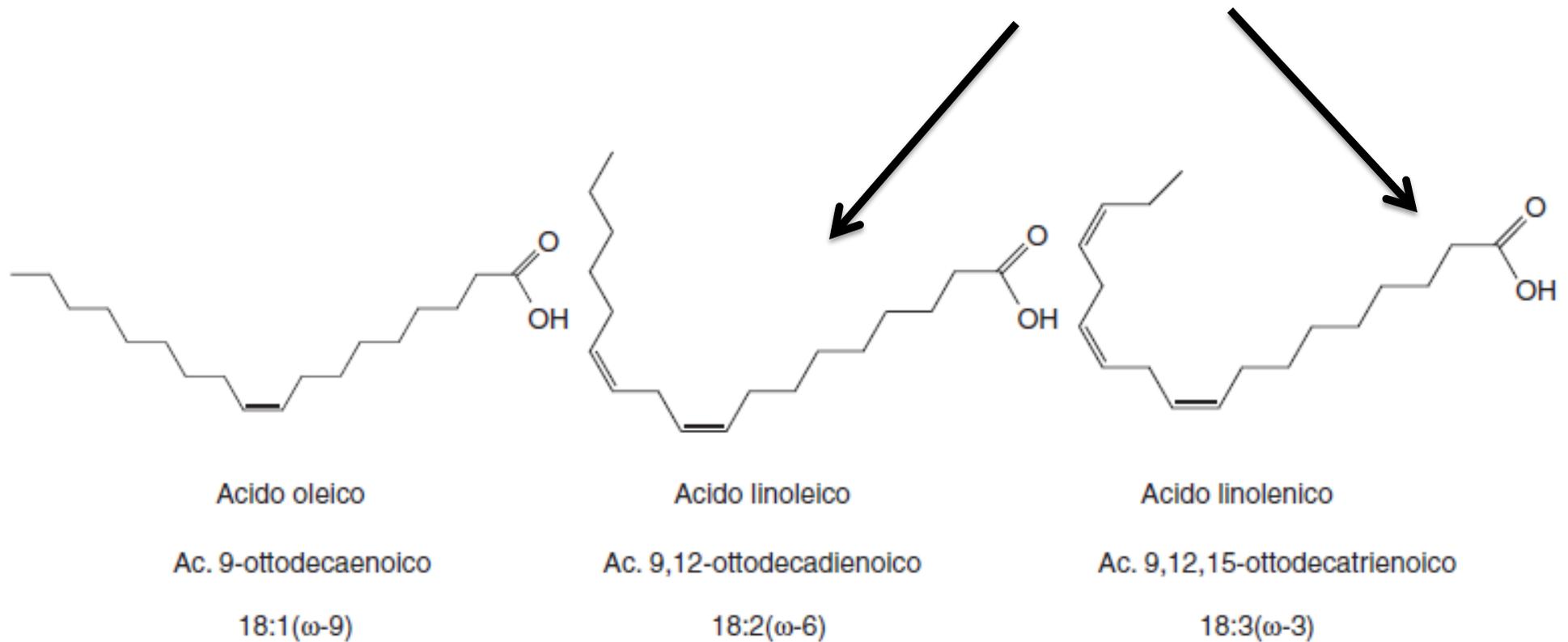
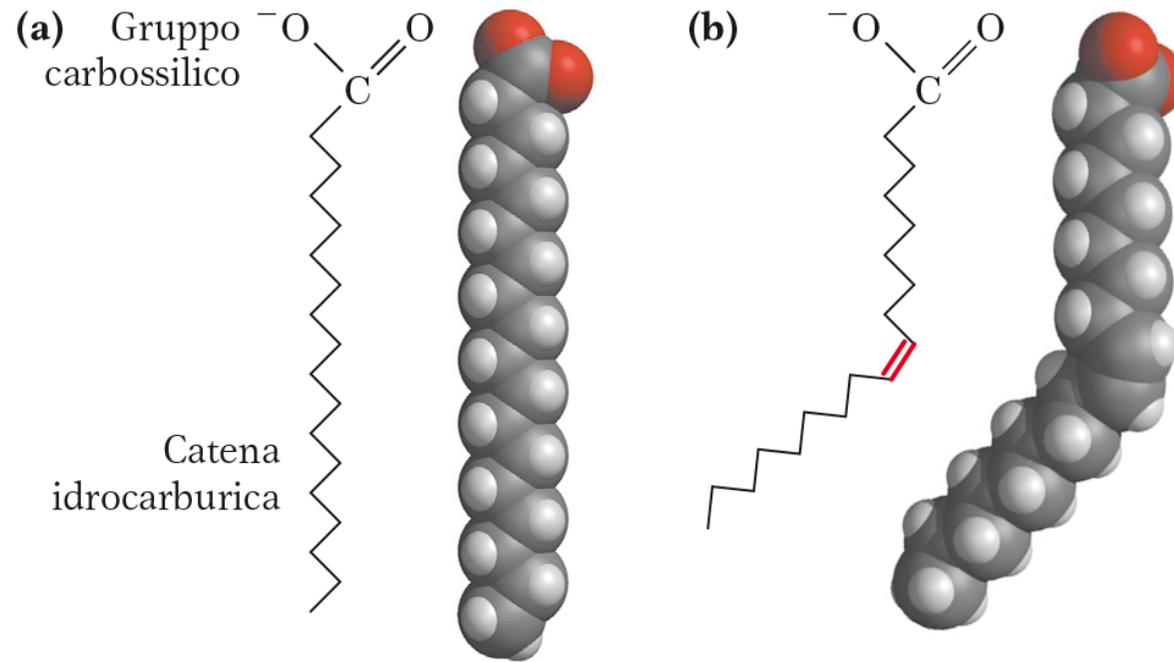
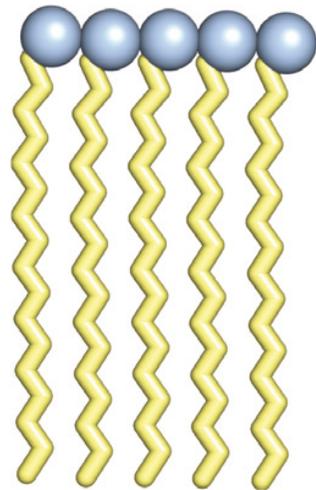


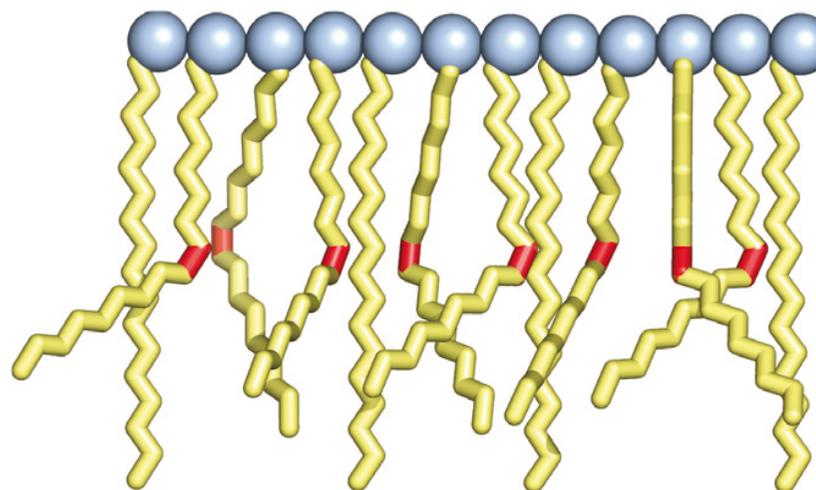
Figura 2.2 Formule di struttura di alcuni acidi grassi insaturi



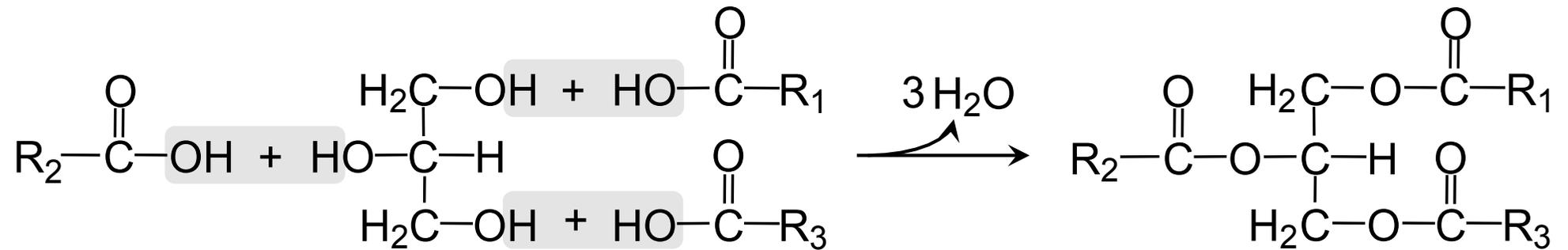
**(c)** Acidi grassi saturi



**(d)** Miscela di acidi grassi saturi e insaturi

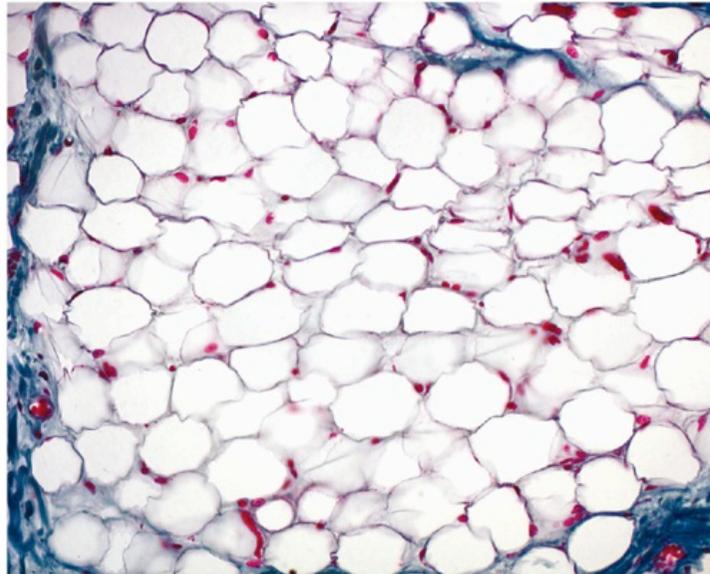


# Trigliceridi



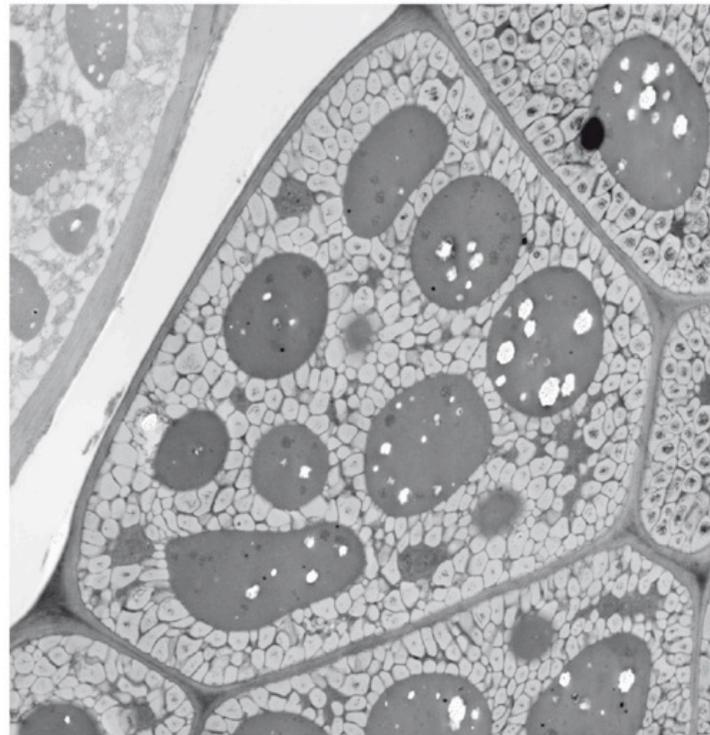
*Lipidi di riserva*





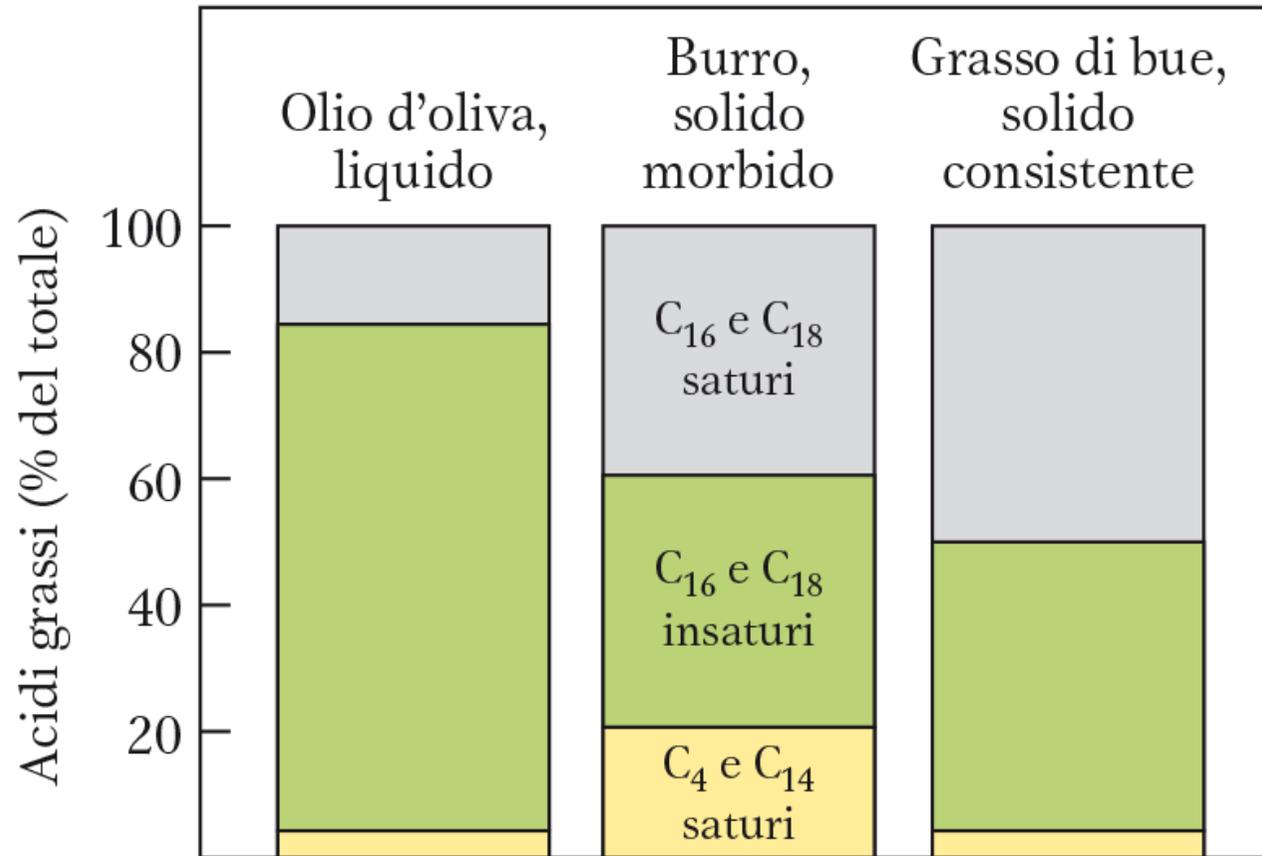
(a)

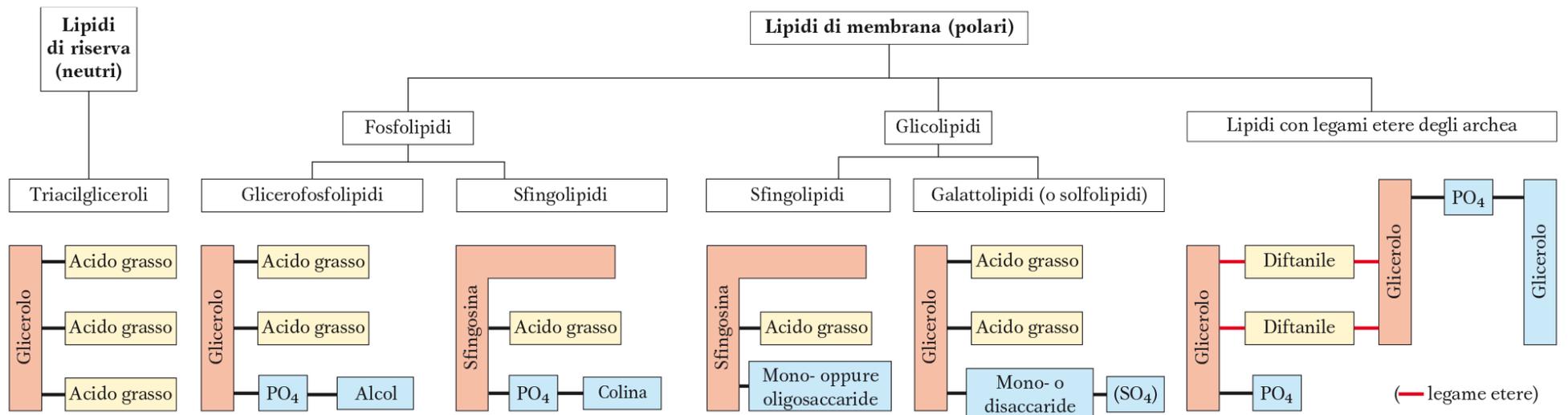
125 μm



3 μm

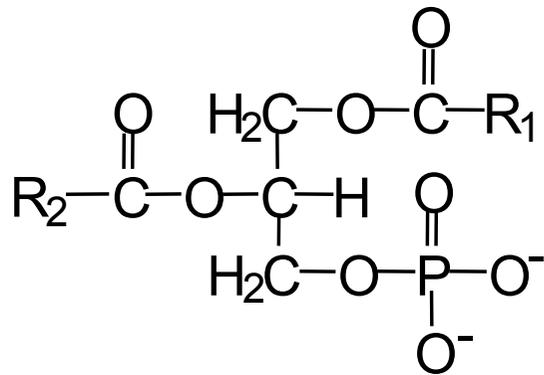
## Grassi naturali a 25 °C



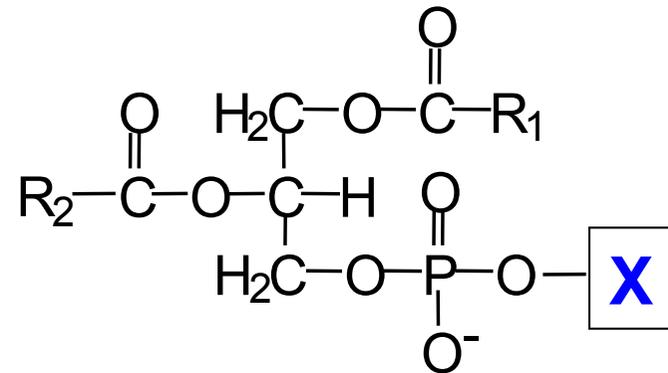


I **glicerofosfolipidi (fosfogliceridi)** sono i costituenti di base delle membrane cellulari

**X** = alcol polare



acido fosfatidico

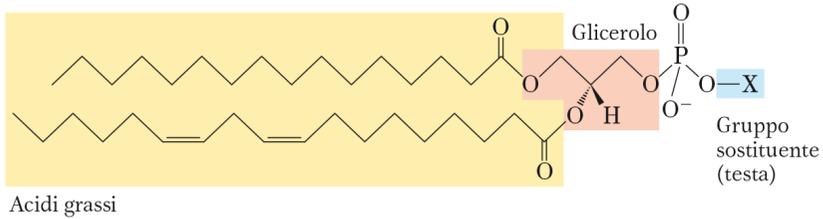
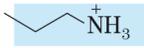
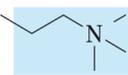
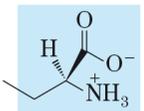
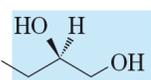
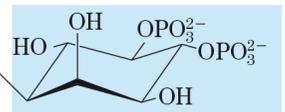
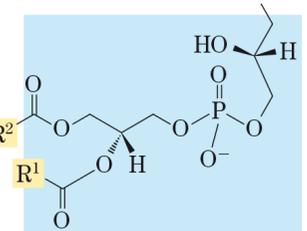


Formula generale di un fosfogliceride

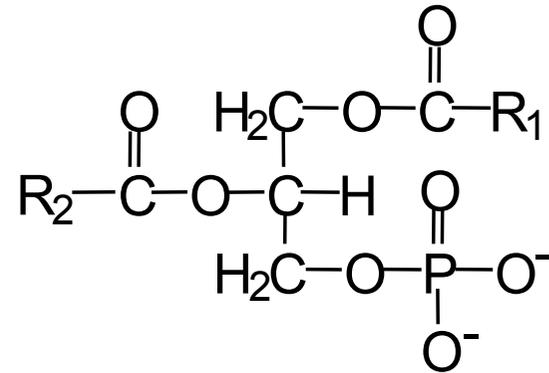
I vari fosfogliceridi differiscono solo per la natura chimica della molecola (**X**) legata all'acido fosforico

*Lipidi strutturali delle membrane biologiche*

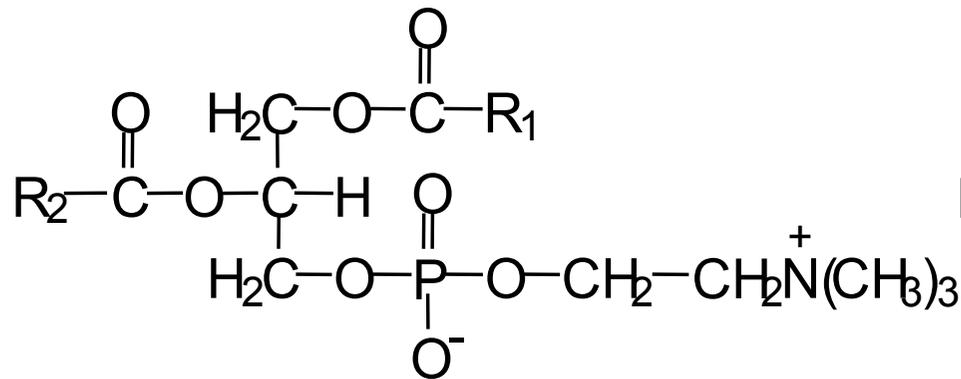
# Lipidi strutturali delle membrane biologiche-glicerofosfolipidi

Nome del glicerofosfolipide	Nome di X—O	Formula di X	Carica netta (a pH 7,0)
<p>Acido grasso saturo (per esempio, acido palmitico)</p> <p>Acido grasso insaturo (per esempio, acido linoleico)</p> <p>Acidi grassi</p> 			
Acido fosfatidico	—	— H	-2
Fosfatidiletanolamina	Etanolamina		0
Fosfatidilcolina	Colina		0
Fosfatidilserina	Serina		-1
Fosfatidilglicerolo	Glicerolo		-1
Fosfatidilinositolo 4,5-bisfosfato	<i>myo</i> -Inositolo 4,5-bisfosfato		-4*
Cardiolipina	Fosfatidilglicerolo		-2

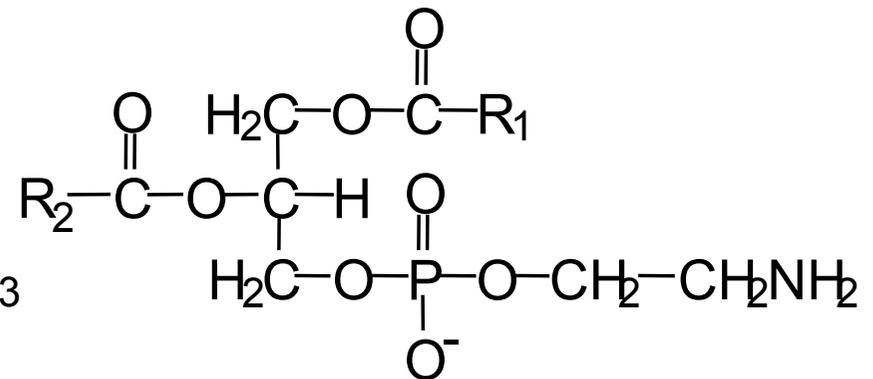
## *Lipidi strutturali delle membrane biologiche- glicerofosfolipidi*



acido fosfatidico

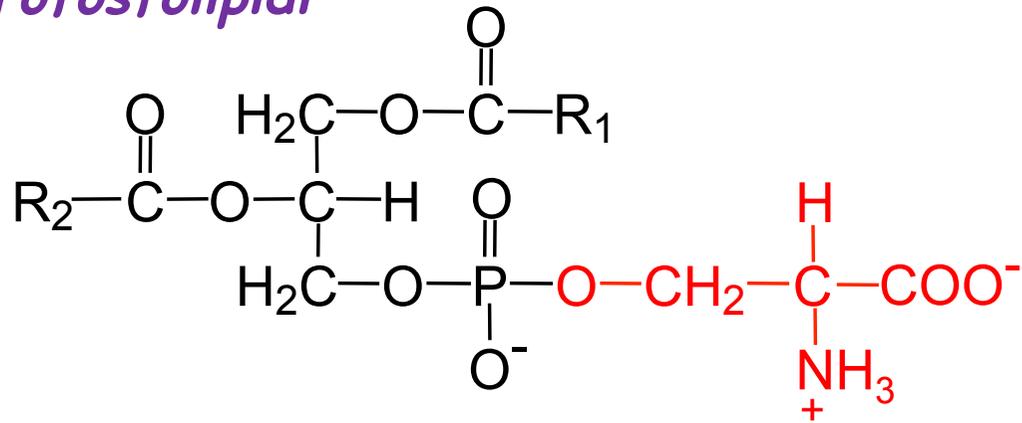


fosfatidilcolina

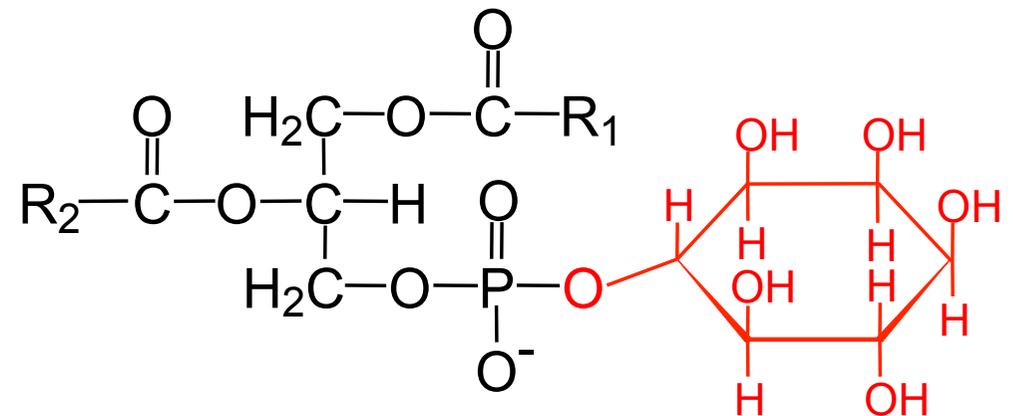


fosfatidiletanolamina

*Lipidi strutturali delle membrane biologiche-  
glicerofosfolipidi*

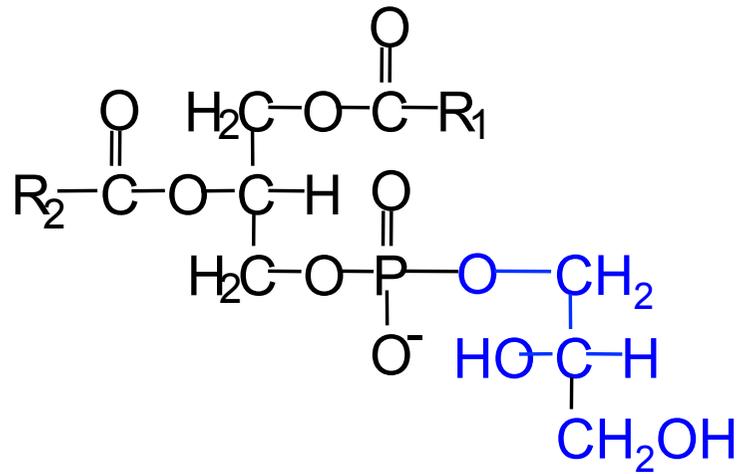


fosfatidilserina

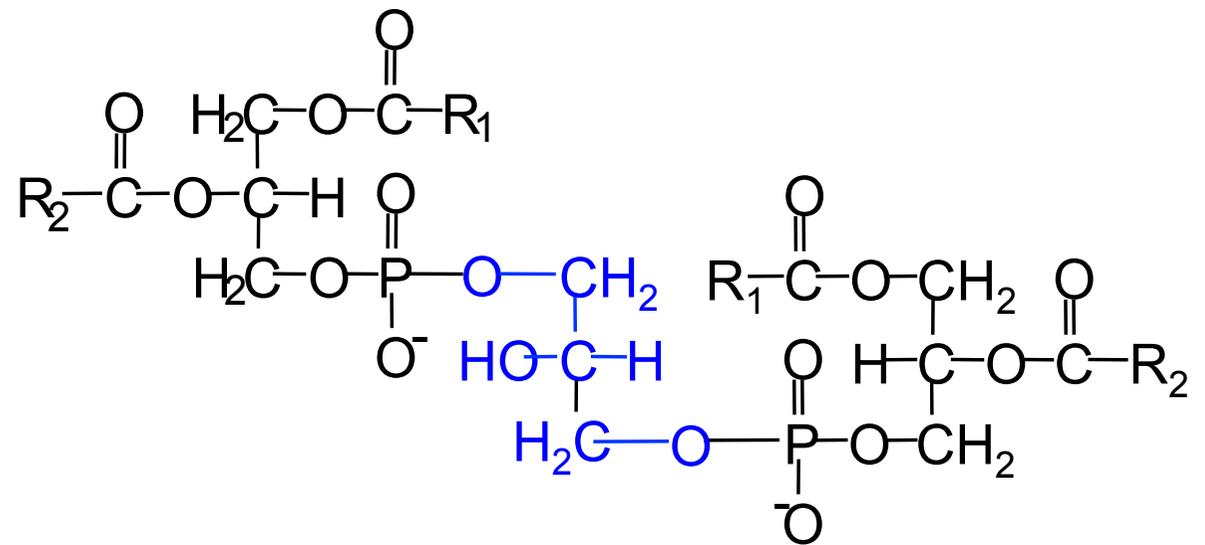


fosfatidilinositolo

*Lipidi strutturali delle membrane biologiche-  
glicerofosfolipidi*



fosfatidilglicerolo



cardiolipina  
(bisfosfatidilglicerolo)

I **glicerofosfolipidi**, insieme ad alcuni **sfingolipidi**, vengono indicati come **fosfolipidi**

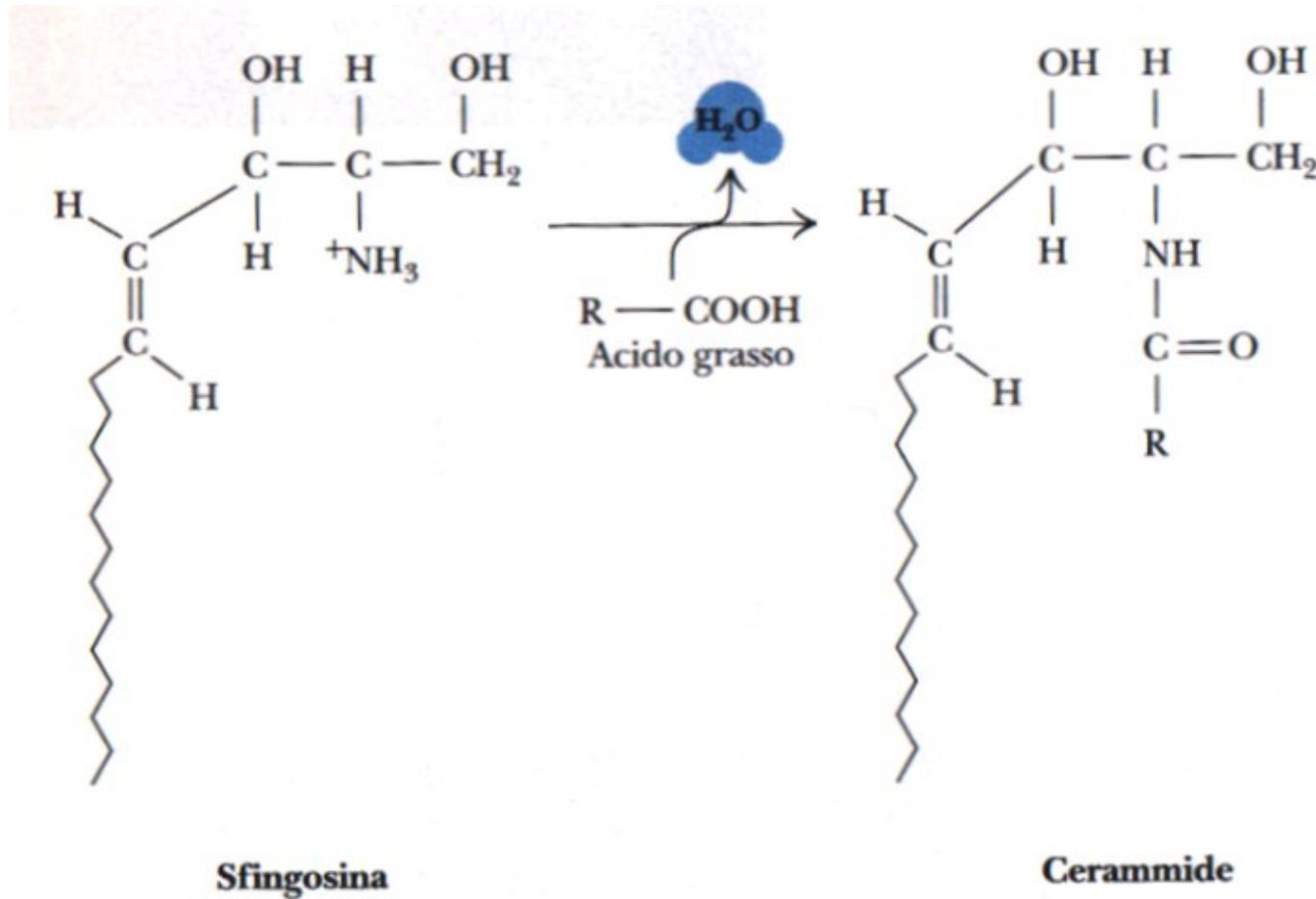
I **fosfolipidi** sono molecole **anfipatiche** in virtù della presenza dell'acido fosforico e della molecola organica polare, una parte della molecola è nettamente polare ed idrofila (**testa polare**), al contrario della parte rimanente che, presentando la stessa struttura dei trigliceridi, risulta nettamente apolare ed idrofoba (**coda idrofoba**)

Per questa ragione i fosfolipidi in acqua presentano un comportamento caratteristico; le molecole del fosfolipide tenderanno spontaneamente ad orientarsi in modo da esporre al solvente le teste polari facendo interagire tra loro le porzioni apolari.

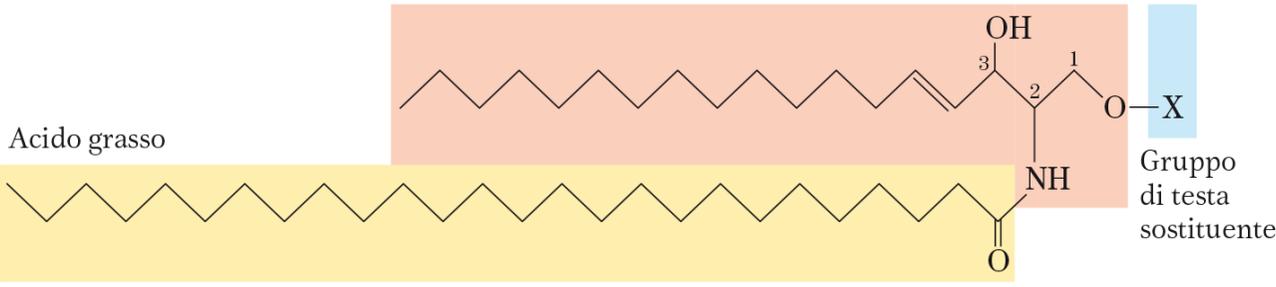
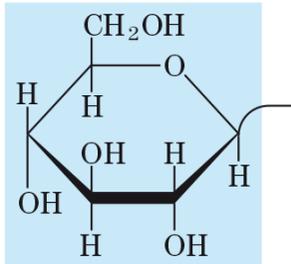
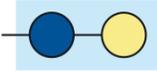
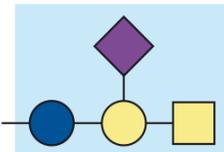
*Lipidi strutturali delle membrane biologiche*

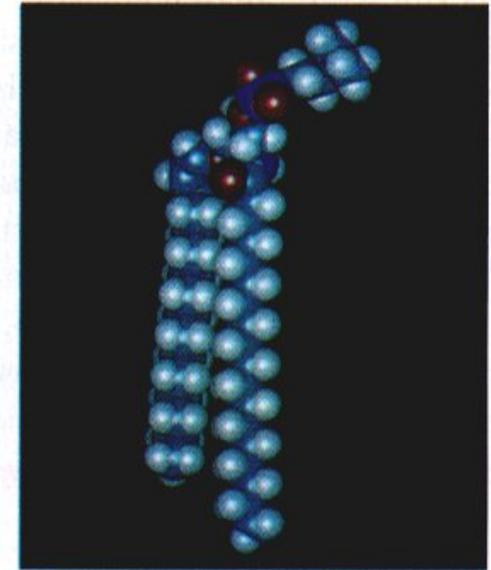
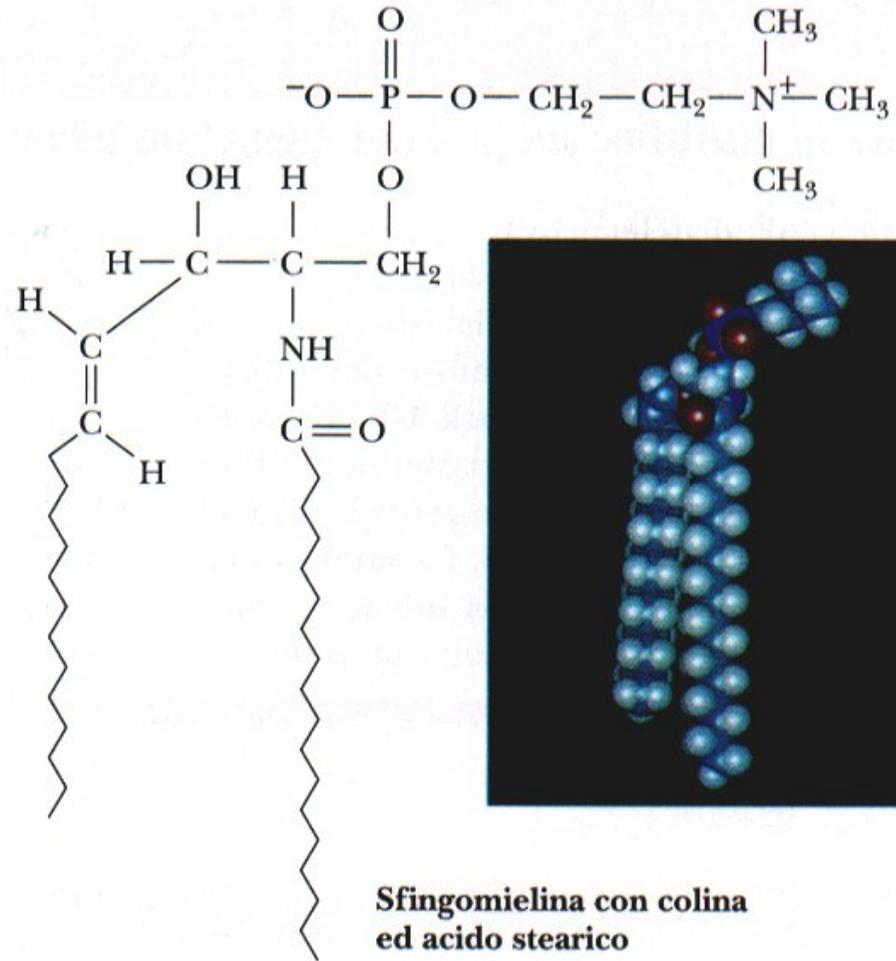
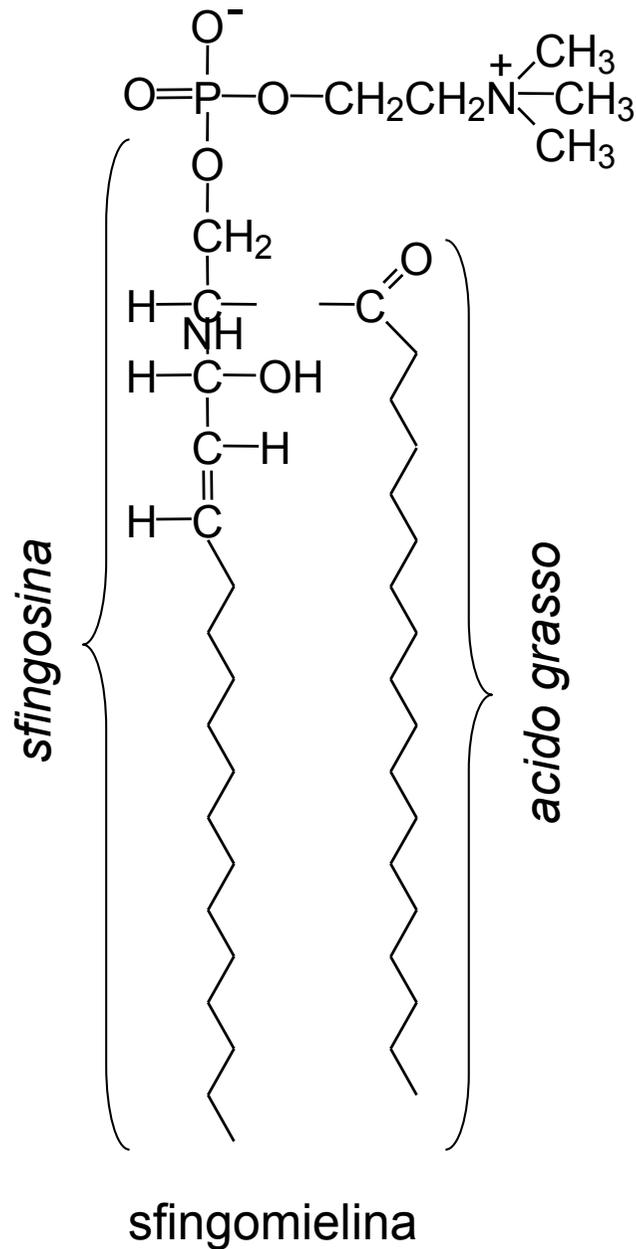
Anche gli **sfingolipidi** sono importanti elementi delle membrane cellulari ma, al contrario dei fosfogliceridi, al posto del glicerolo contengono una molecola di sfingosina (un aminoalcol a catena lunga), da una molecola di ac. grasso a lunga catena e da una testa polare unita o da un legame glicosidico o da un ponte fosfodiester

*Lipidi strutturali delle membrane biologiche*

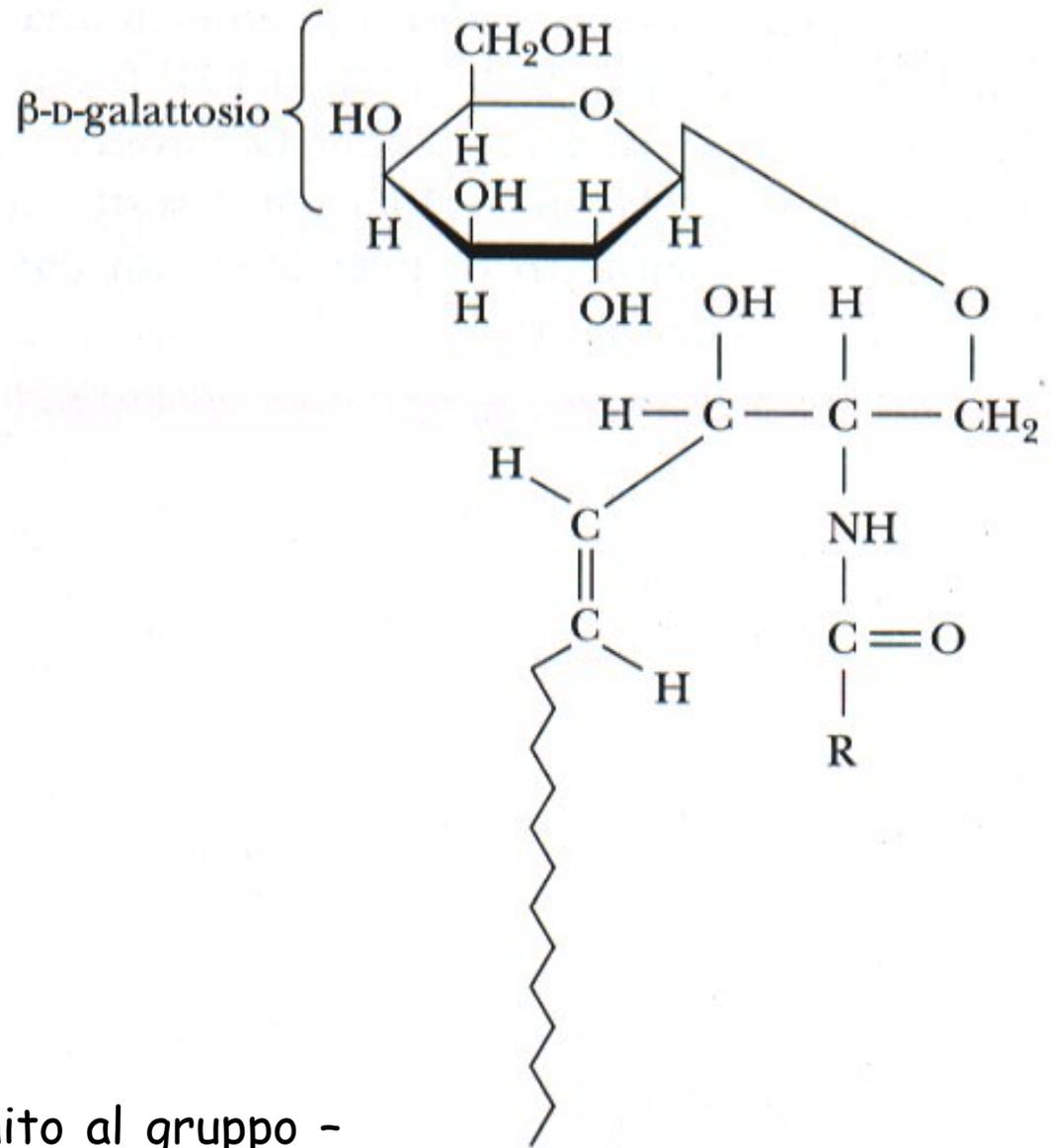


***Ceramide***: unità comune a tutti gli sfingolipidi

Sfingosina		
		
Nome dello sfingolipide	Nome di X—O	Formula di X
Ceramide	—	— H
Sfingomielina	Fosfocolina	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{— P — O — CH}_2\text{—CH}_2\text{—N}^+(\text{CH}_3)_3 \\   \\ \text{O}^- \end{array}$
Glicolipidi neutri Glucosilcerebroside	Glucosio	
Lattosilceramide (un globoside)	Di-, tri-, oppure tetrasaccaride	
Ganglioside GM2	Oligosaccaride complesso	

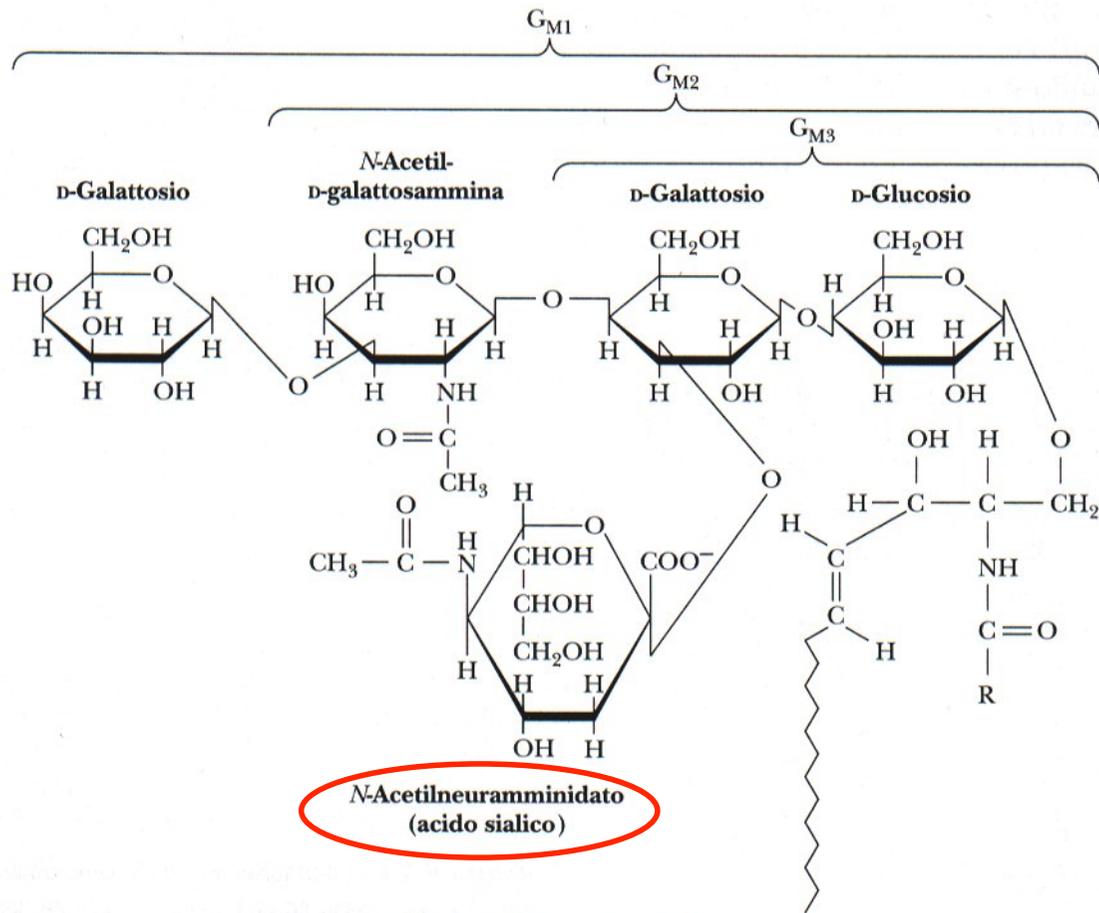


**Sphingomieline**, un acido grasso è unito al gruppo -NH<sub>2</sub> della sfingosina, al cui gruppo -OH è anche legata una molecola di acido fosforico, a sua volta legato ad una molecola di colina



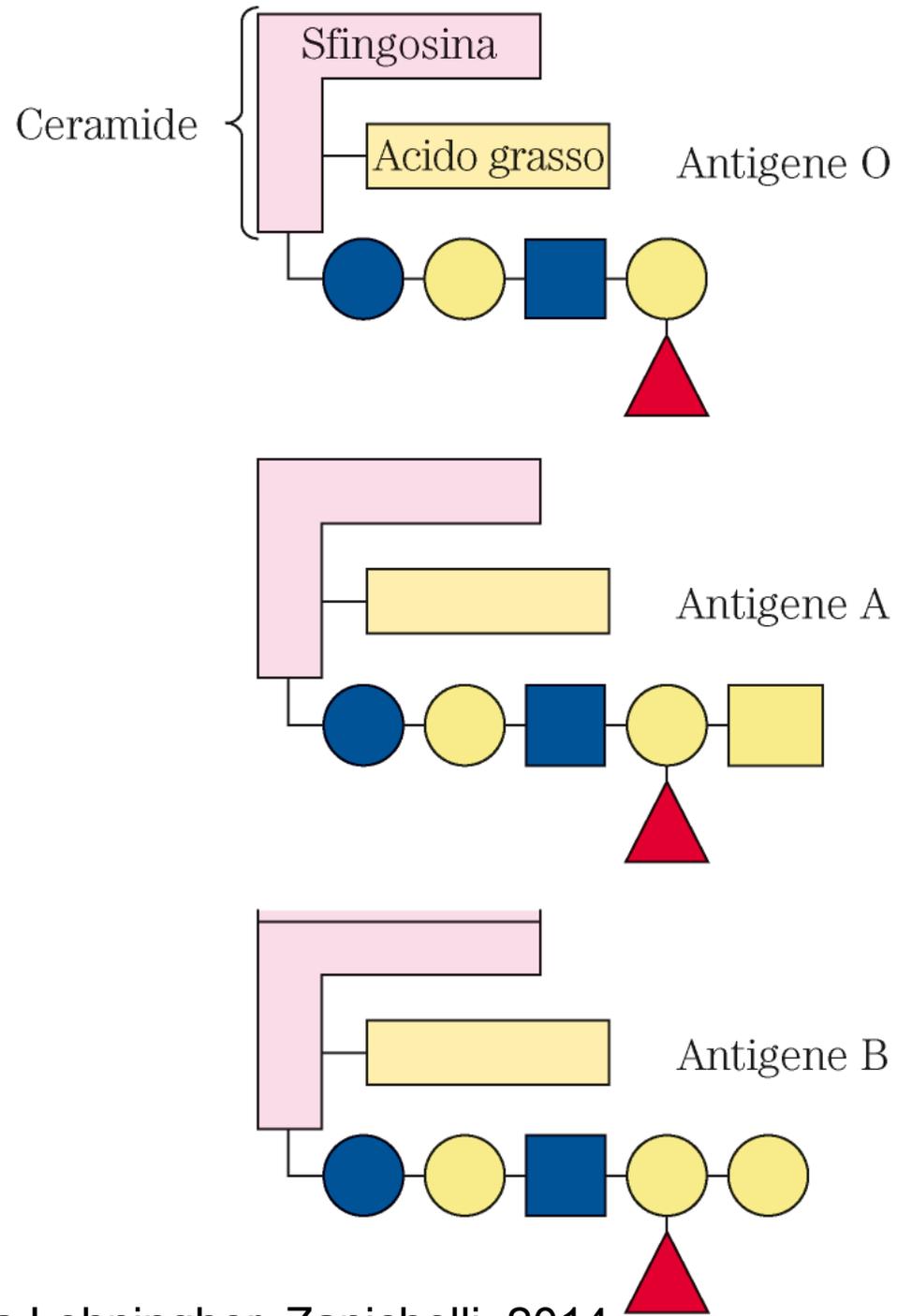
**Un cerebroside**

**Glicosfingolipidi** un acido grasso è unito al gruppo  $-\text{NH}_2$  della sfingosina mentre al gruppo  $-\text{OH}$  sono legate catene saccaridiche formate da 1 o più molecole di zuccheri.

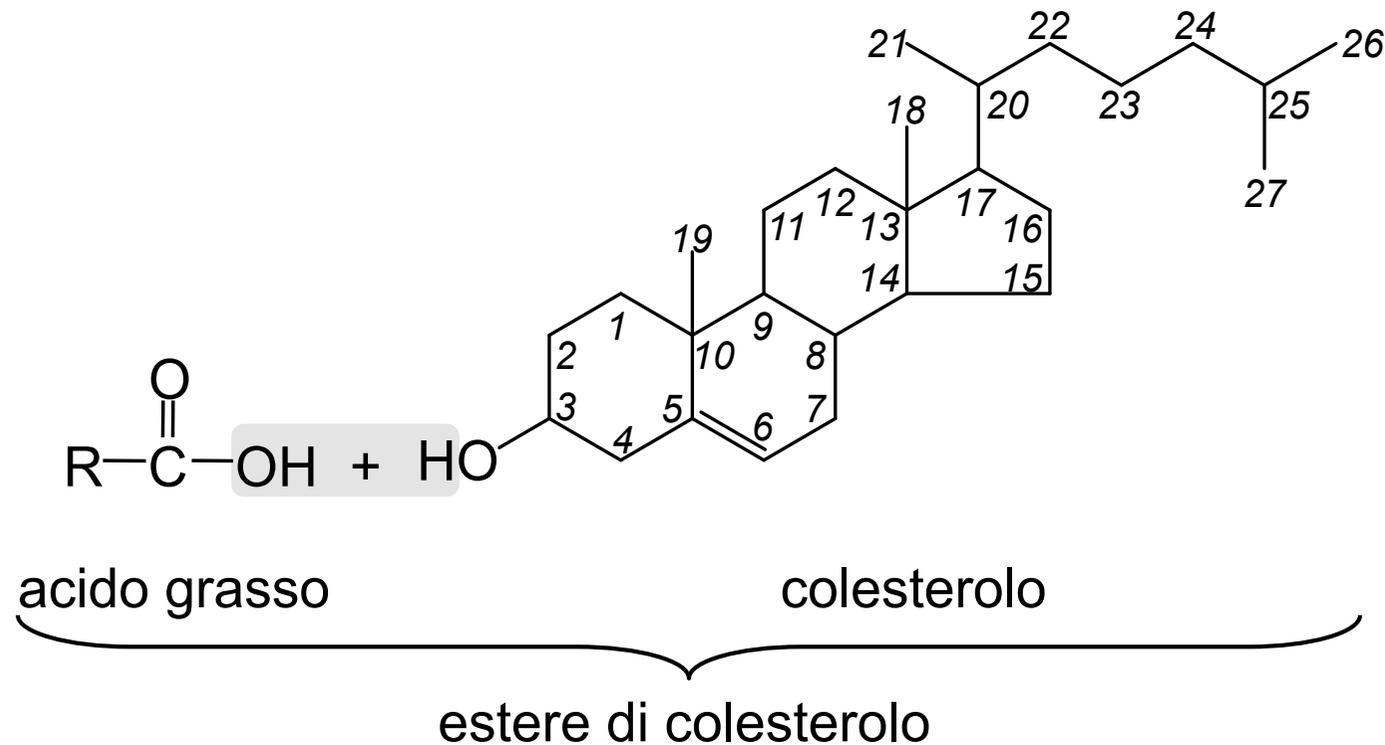


Gangliosidi G<sub>M1</sub>, G<sub>M2</sub> e G<sub>M3</sub>





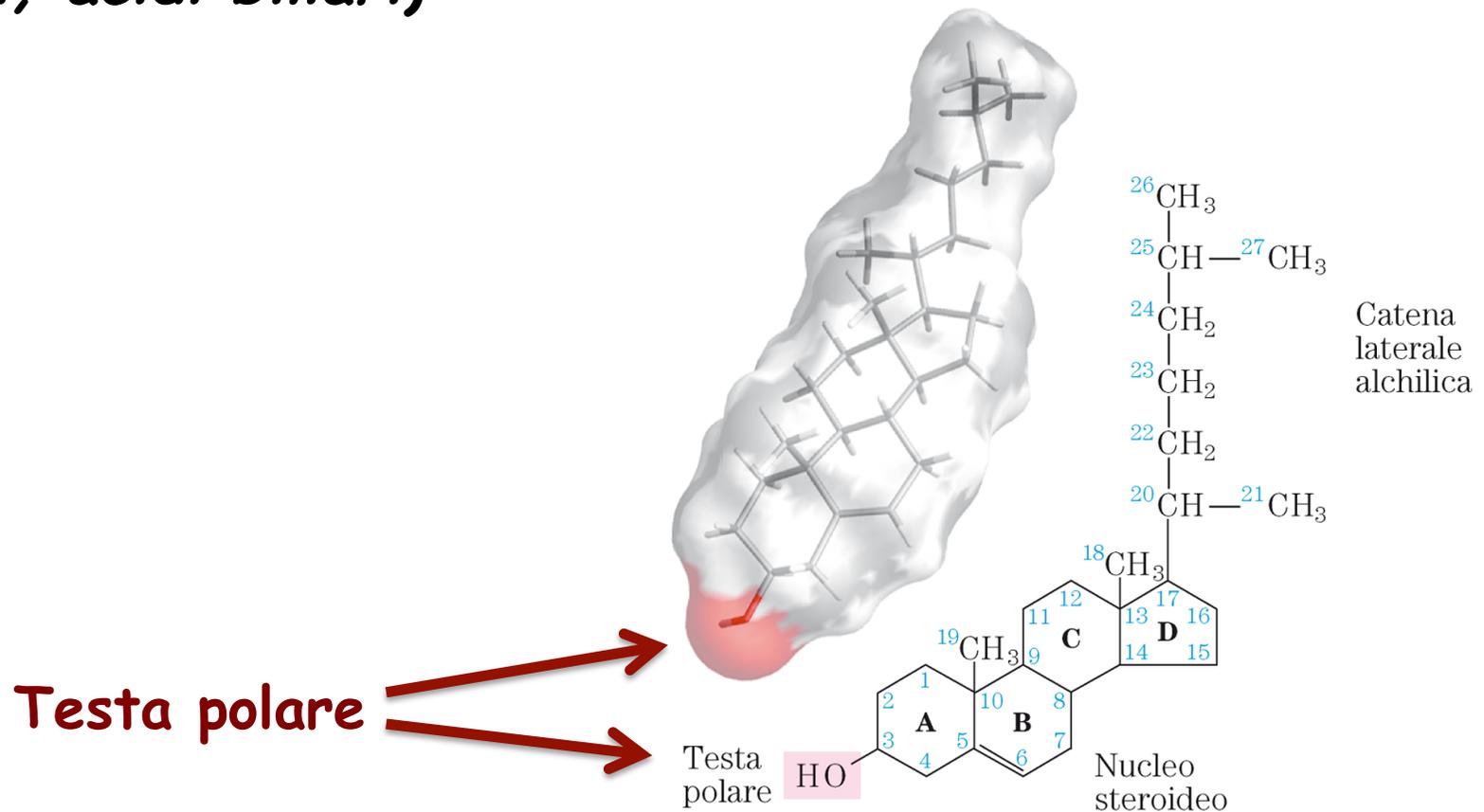
Gli **steroidi** sono un gruppo di lipidi che presentano la struttura di base di un idrocarburo policiclico, *ciclopentanoperidrofenantrene*.  
Lo steroide più abbondante nei tessuti animali è il **colesterolo**



Il colesterolo è uno dei principali costituenti delle membrane cellulari e della sostanza bianca del tessuto nervoso

Il **colesterolo** è assunto con gli alimenti ma è anche prodotto dal fegato in modo controllato al fine di assicurare la disponibilità e la distribuzione nella quantità ottimale ai tessuti.

Oltre ad essere un componente delle membrane cellulari, il **colesterolo** è il **precursore di numerose sostanze di grande importanza biologica (vitamina D<sub>3</sub>, ormoni steroidei, acidi biliari)**



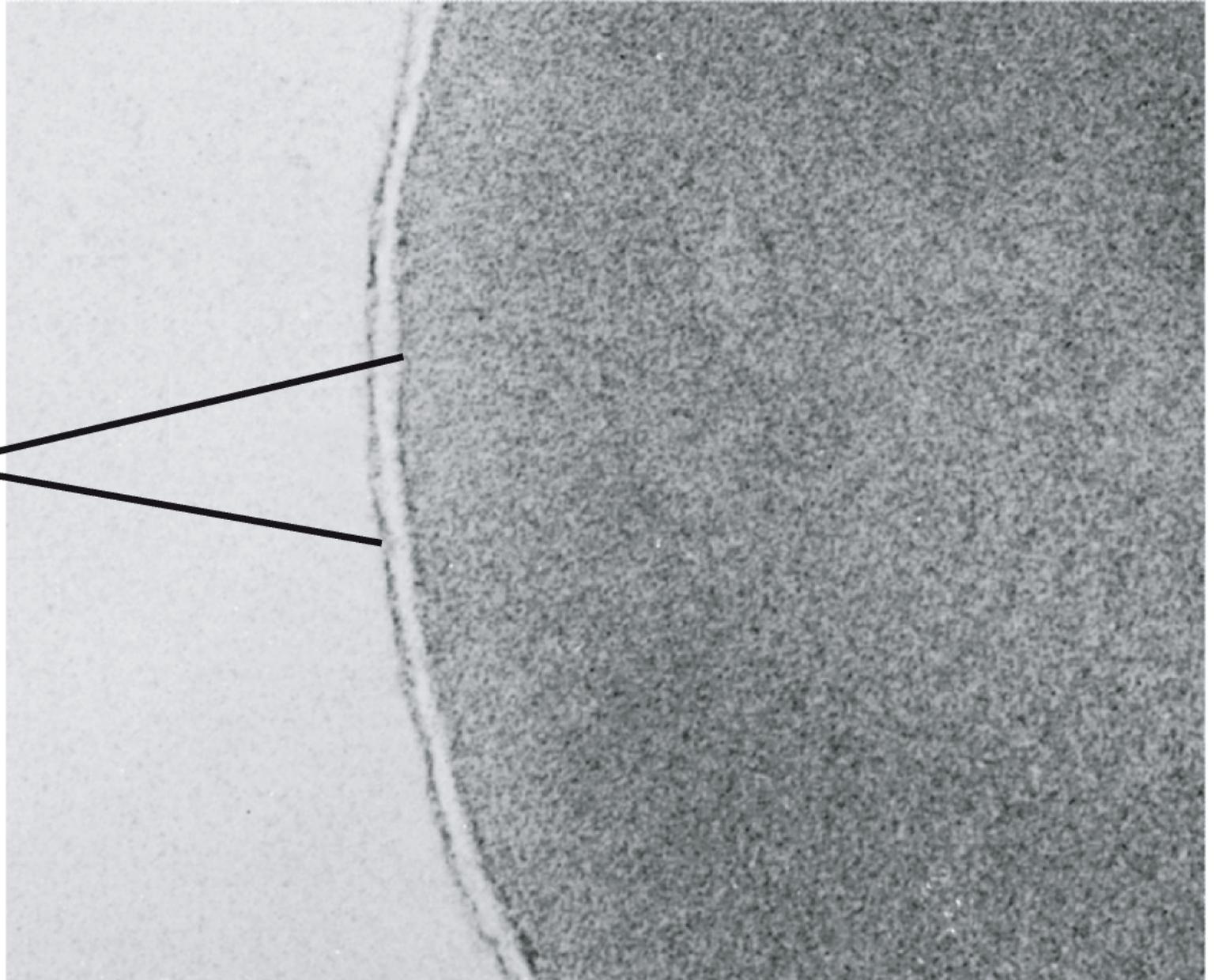
**Membrane biologiche** - sono costituite principalmente da lipidi e proteine in un rapporto che è a favore dei lipidi nelle membrane aventi funzione di "barriera" (guaine mieliniche, membrane eritrocitarie), e a favore delle proteine nelle membrane prevalentemente funzionanti (membrane mitocondriale interna).

*In generale si può affermare che la composizione lipidica e proteica delle membrane riflette prerogative funzionali tipiche delle singole membrane, ed è quindi diversa da membrana a membrana*

I componenti lipidici della membrana sono fosfolipidi, colesterolo e glicolipidi. I fosfolipidi sono i componenti più abbondanti e tipici.

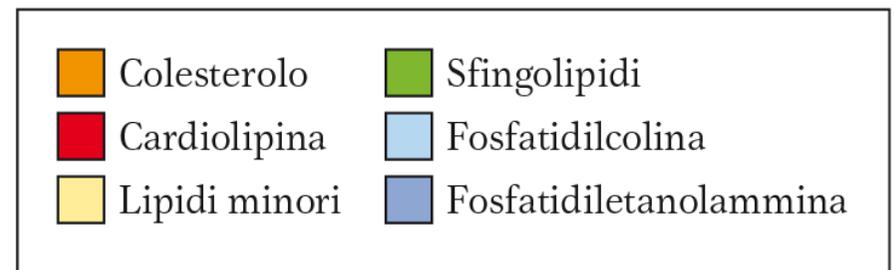
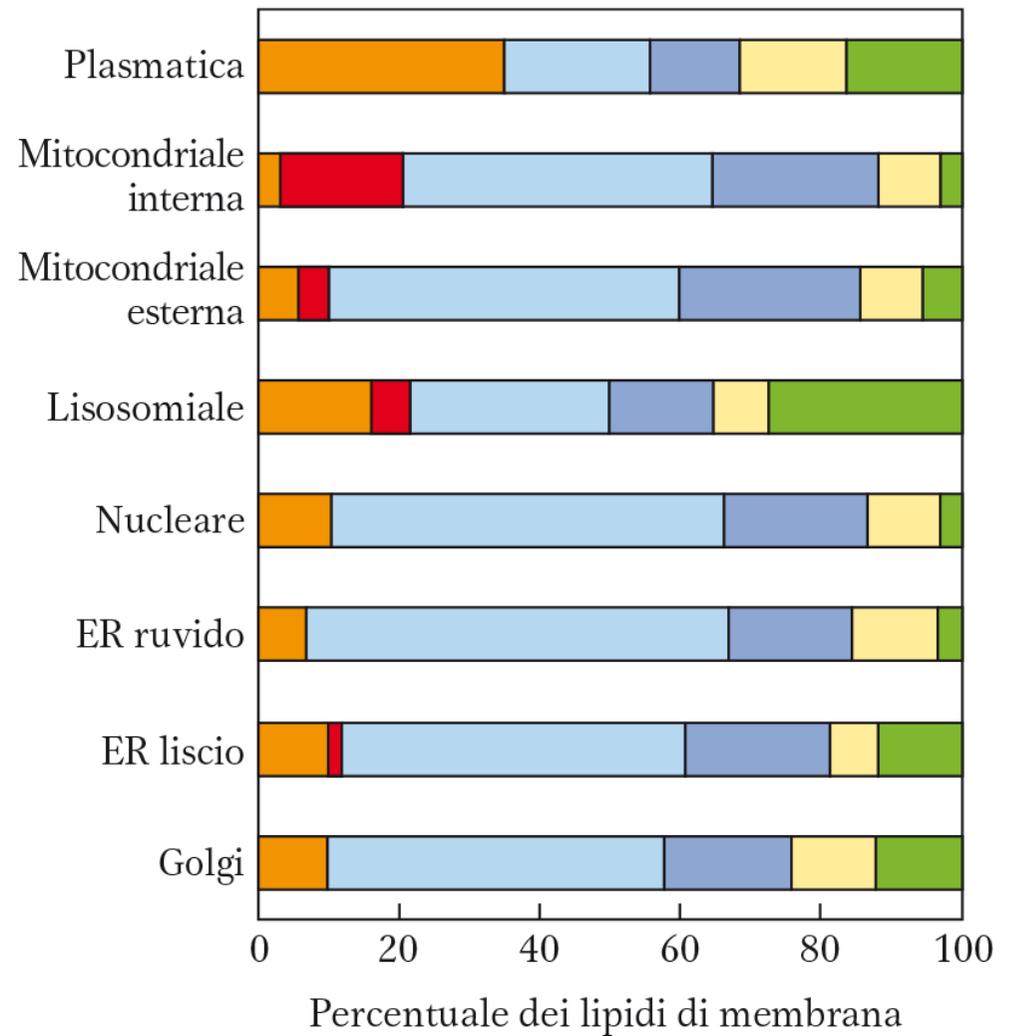
I componenti proteici sono proteine adibite al trasporto, catalisi enzimatica, ricezioni di segnali ecc. Le **proteine di membrana** si distinguono in **proteine intrinseche**, che penetrano tutto lo spessore del doppio strato lipidico, e **proteine estrinseche** o **periferiche**, che formano legami con la superficie interna o esterna della membrana

Doppio  
strato  
lipidico  
della  
membrana

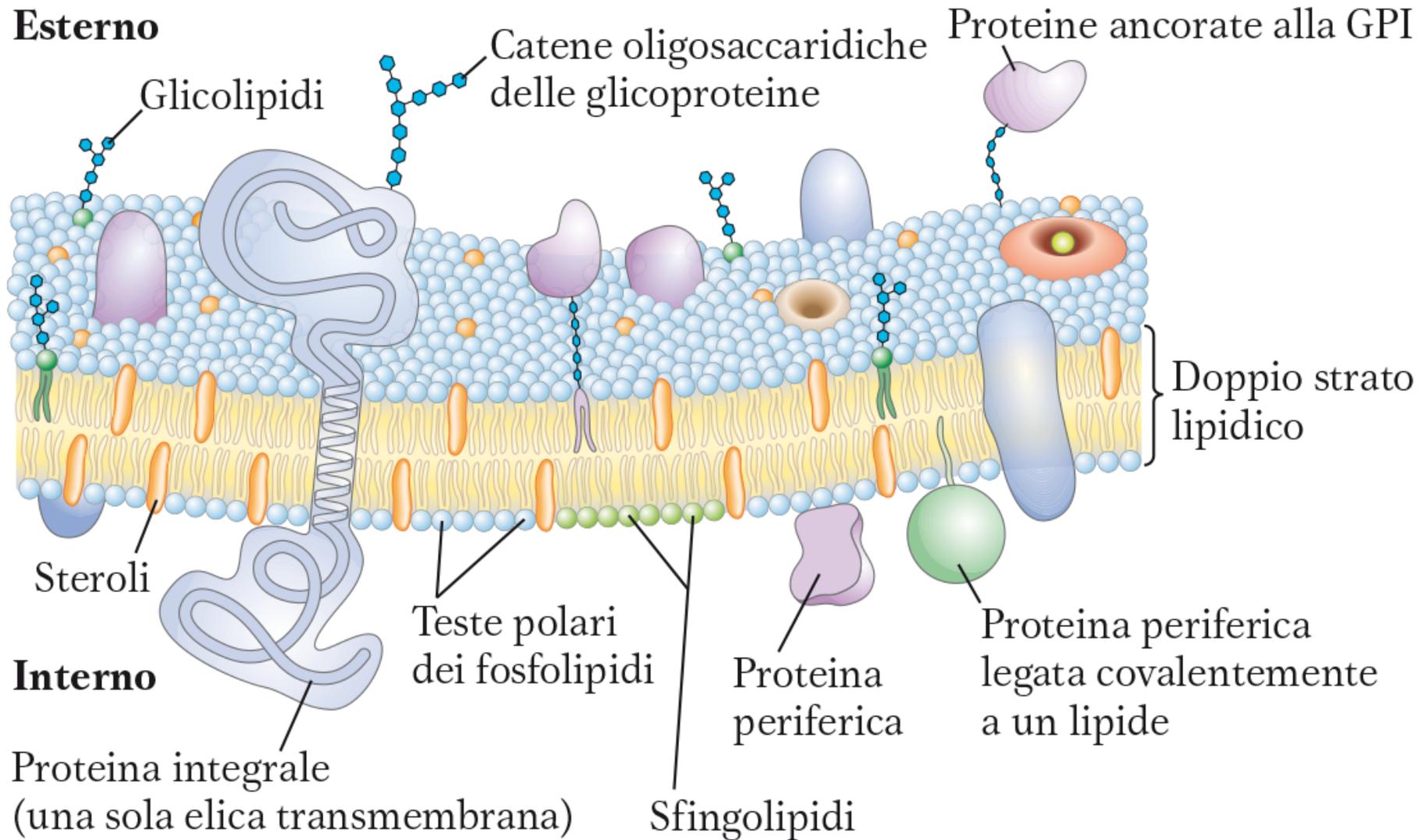


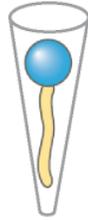
La specializzazione funzionale di ogni tipo di membrana dipende dalla sua composizione in lipidi

Tipo di membrana dell'epatocita di ratto

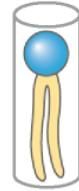


# Modello a mosaico fluido della struttura della membrana

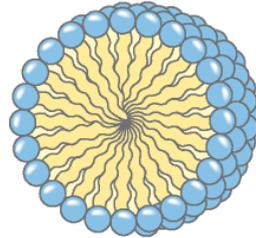




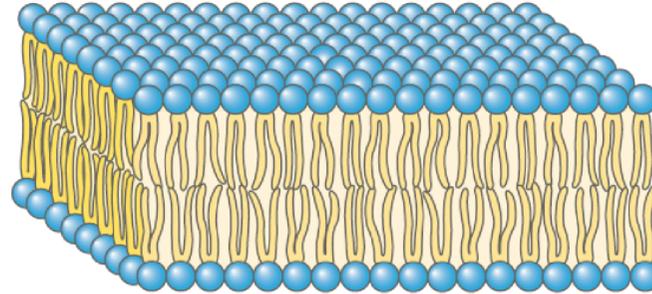
Le singole unità hanno una forma a cono (la sezione trasversale della testa è più grande di quella della catena idrocarburica idrofobica)



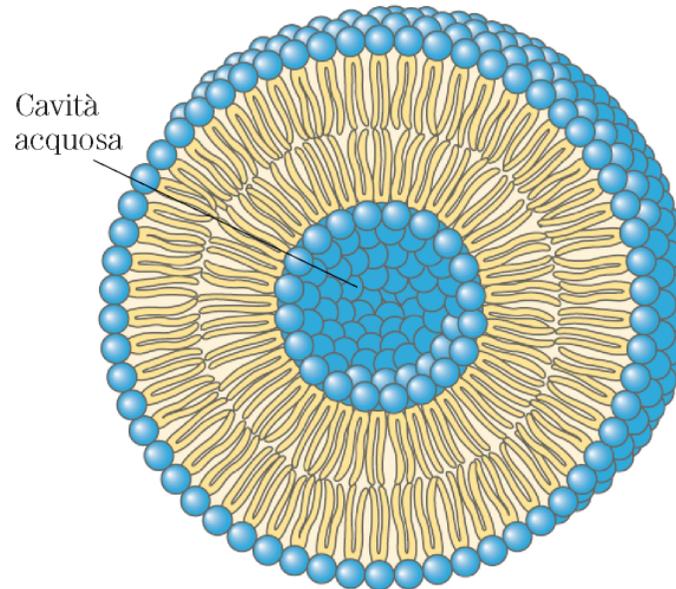
Le singole unità hanno una forma cilindrica (la sezione trasversale della testa è quasi uguale a quella della catena idrofobica)



**(a) Micella**



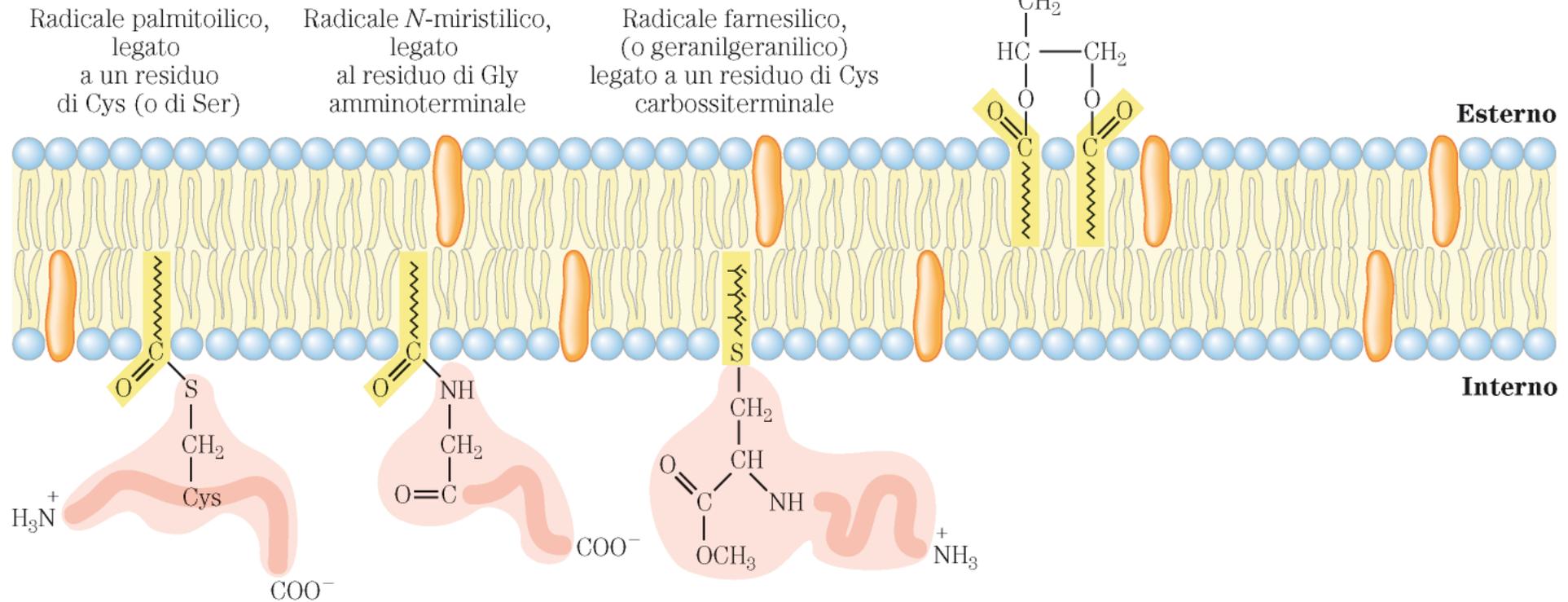
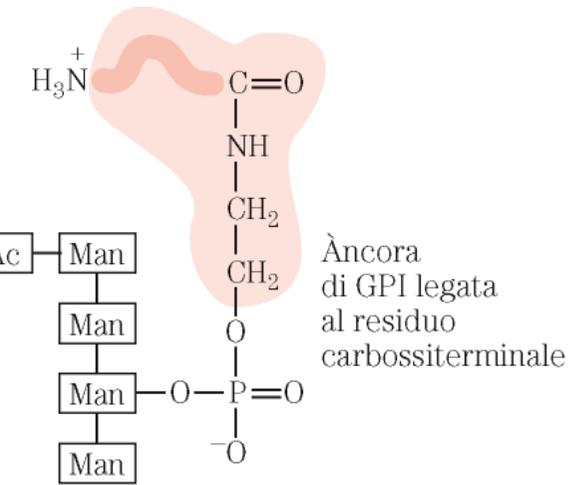
**(b) Doppio strato**



**(c) Vescicola**

# Proteine di membrana legate ai lipidi

I lipidi legati covalentemente ancorano le proteine di membrana al doppio strato lipidico



## Proteine integrali di membrana

L'associazione molto forte delle proteine integrali alle membrane dipende da interazioni idrofobiche tra i lipidi di membrana e i domini idrofobici delle proteine

