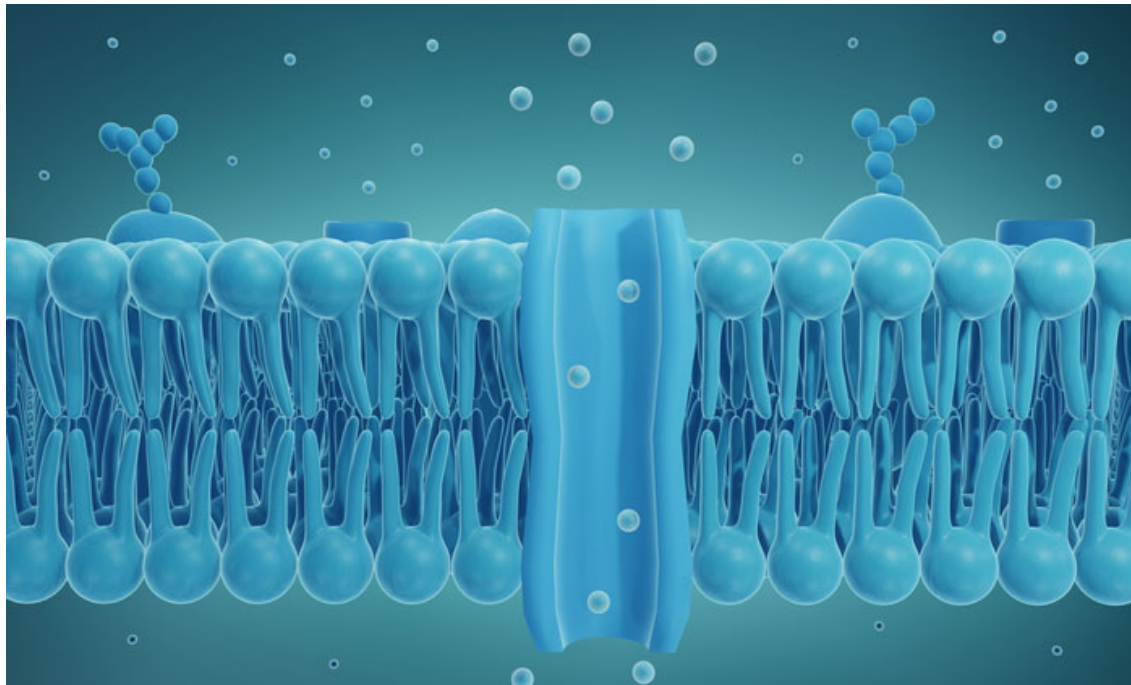
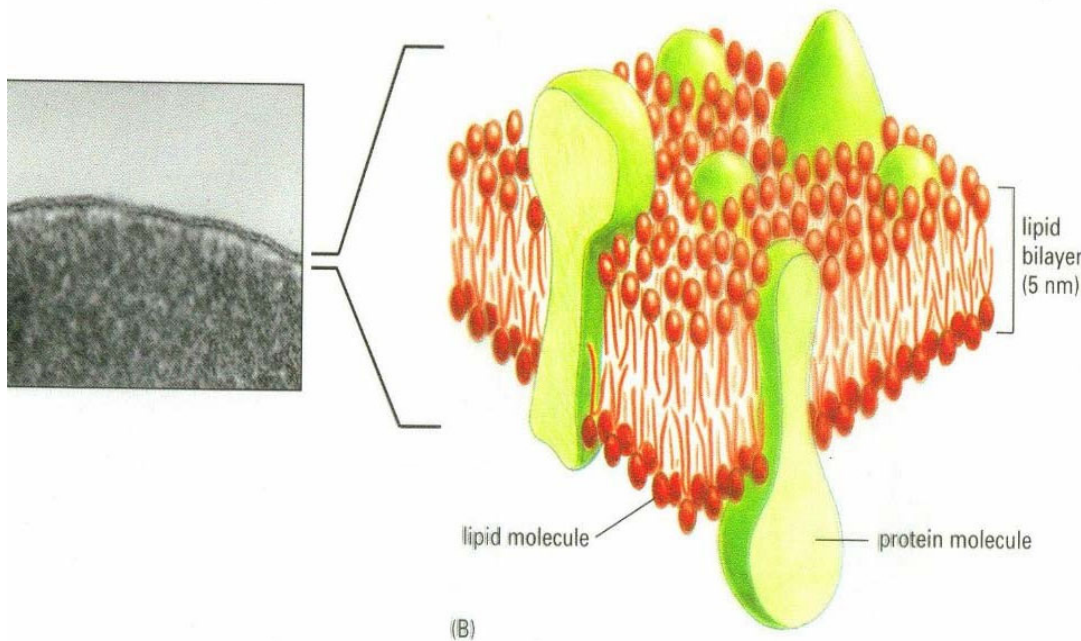


ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



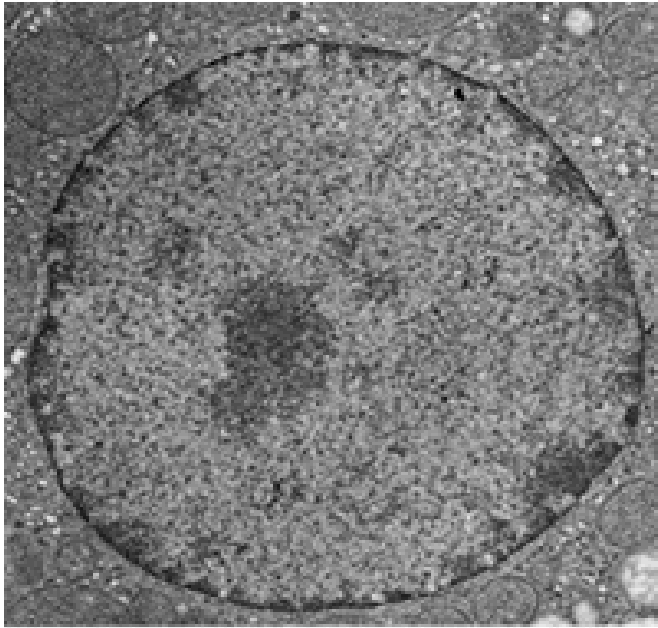
Κυτταροπλασματική Μembrάνη



- Περιβάλλει το κύτταρο
- Καθορίζει τα όρια του κυττάρου
- Ελέγχει την είσοδο και την έξοδο ουσιών από και προς το κύτταρο
- Επιτρέπει στο κύτταρο να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του
- Ακολουθεί τις αλλαγές σχήματος ή μεγέθους του κυττάρου, χωρίς να καταστρέφεται ή να χάνει την συνοχή της.
- Επιδιορθώνει οπές, αποκαθιστώντας την συνοχή της.

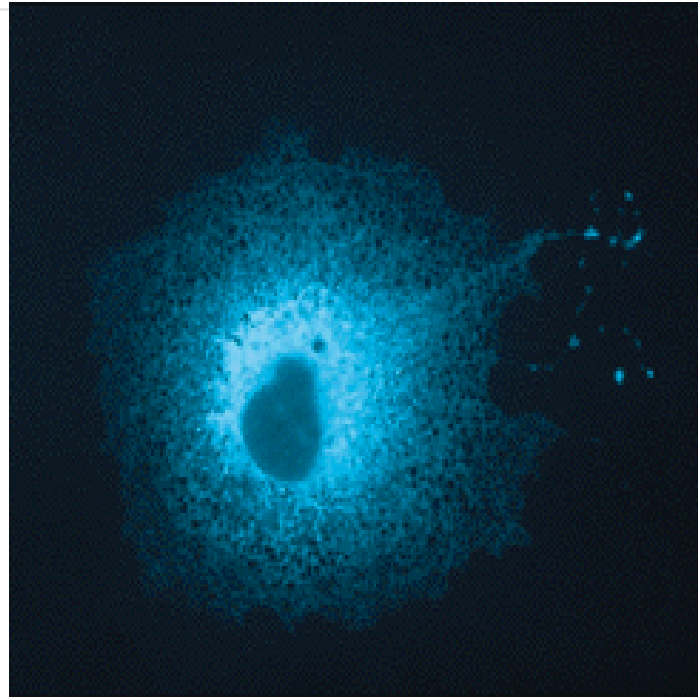
Ενδοκυττάρειες μεμβράνες

Από μεμβράνη περιβάλλονται τα οργανίδια του ευκαρυωτικού κυττάρου: πυρήνας, ενδοπλασματικό δίκτυο, σύμπλεγμα Golgi, λυσοσώματα, μιτοχόνδρια κ.α.



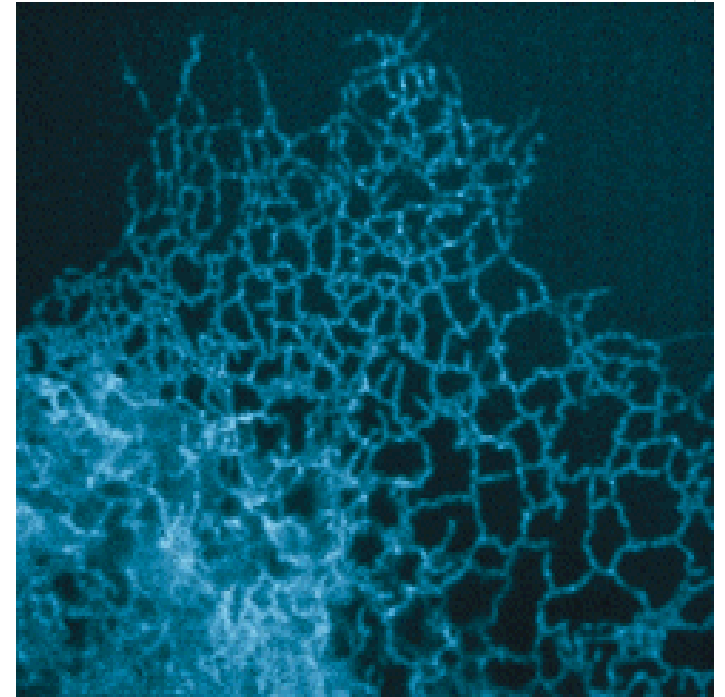
5 μm

πυρήνας



10 μm

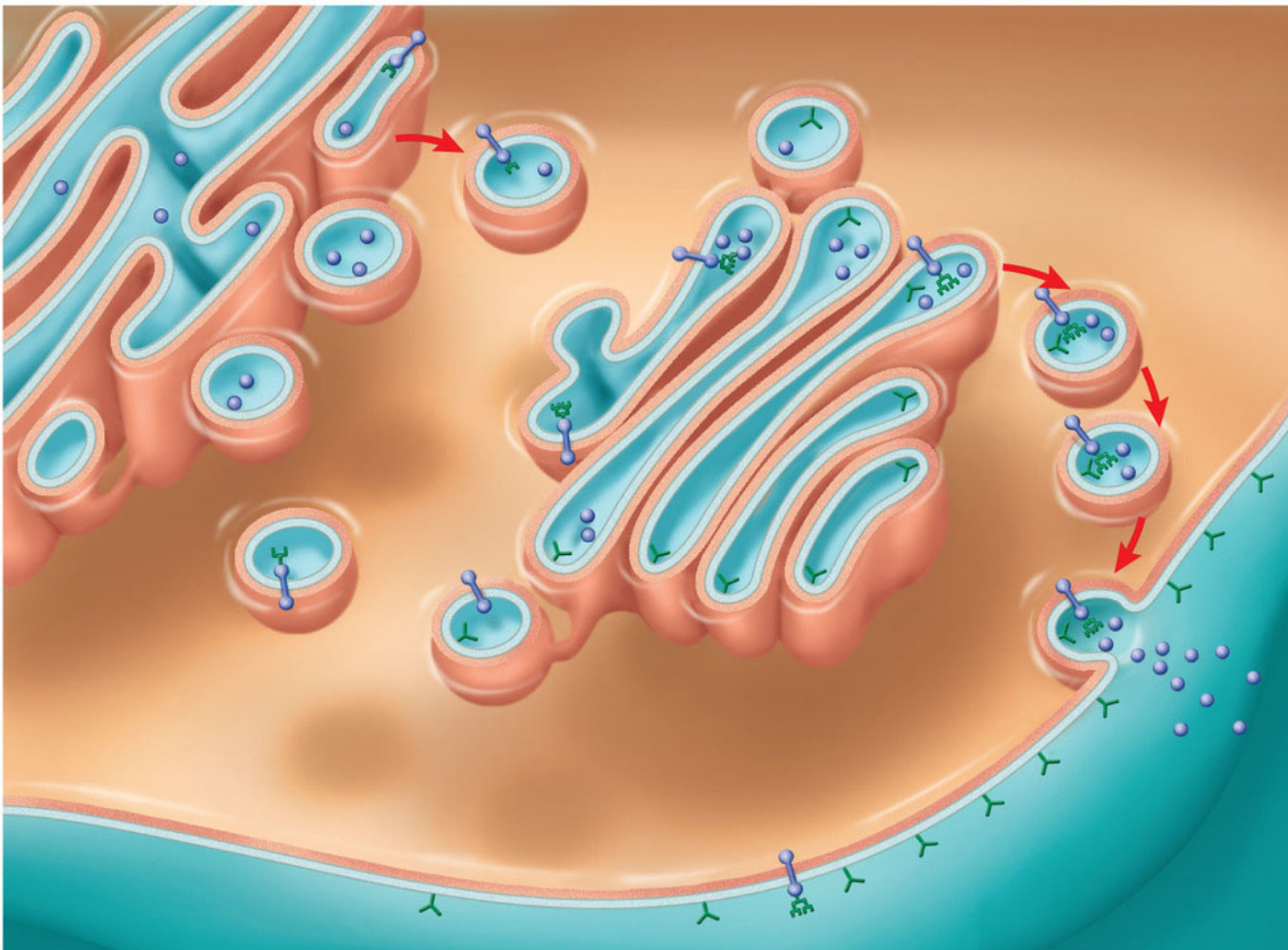
Ενδοπλασματικό δίκτυο



2 μm

Ενδοκυττάριας μεμβράνης

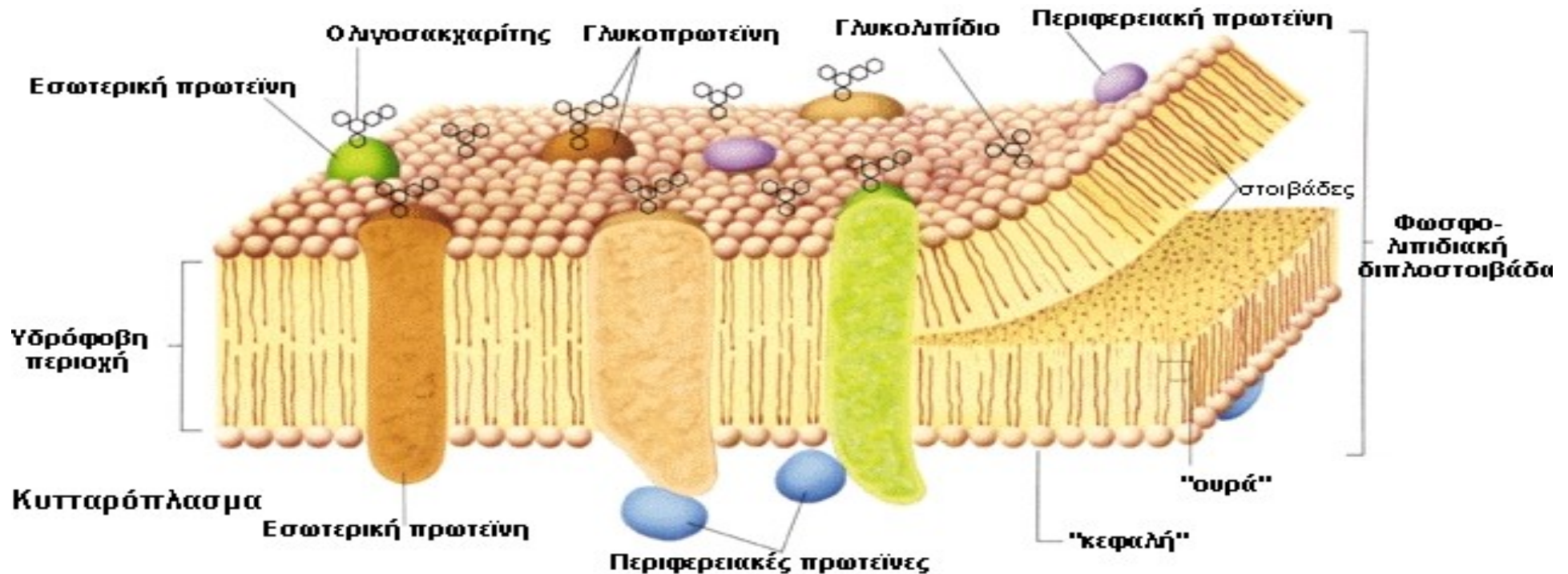
Η κυτταροπλασματική μεμβράνη επικοινωνεί με το ενδοκυτταρικό μεμβρανικό δίκτυο και έχει παρόμοια σύσταση με αυτό



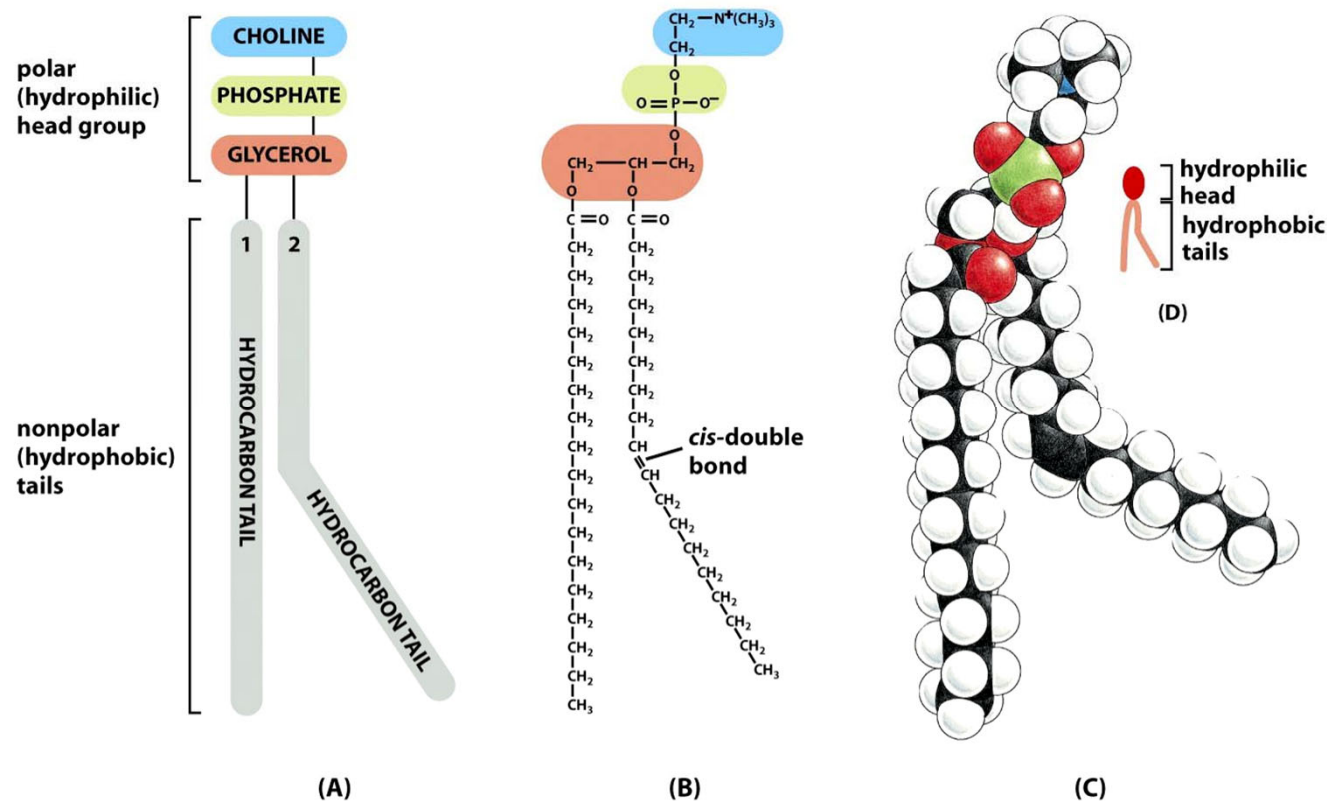
Το εσωτερικό του ενδοκυτταρικού μεμβρανικού δικτύου είναι αντίστοιχο του εξωκυττάριου χώρου

Σύσταση κυτταρικής μεμβράνης

- Αποτελείται από ένα **στρώμα λιπιδίων**, τα οποία δημιουργούν μια **διπλοστιβάδα**
- **Μεμβρανικές πρωτεΐνες** διατρέχουν τη διπλοστιβάδα ή συνδέονται με αυτή
- Η κυτταρική μεμβράνη αποτελείται από **50% λιπίδια** και **50% πρωτεΐνες**
- Στην εξωκυττάρια πλευρά υπάρχουν συνδεδεμένα **σάκχαρα**



Η κυτταρική μεμβράνη αποτελείται κυρίως από φωσφολιπίδια



• Τα φωσφολιπίδια έχουν συγχρόνως υδρόφιλες και υδρόφοβες ιδιότητες:

είναι **αμφιπαθή ή αμφιπολικά μόρια**.

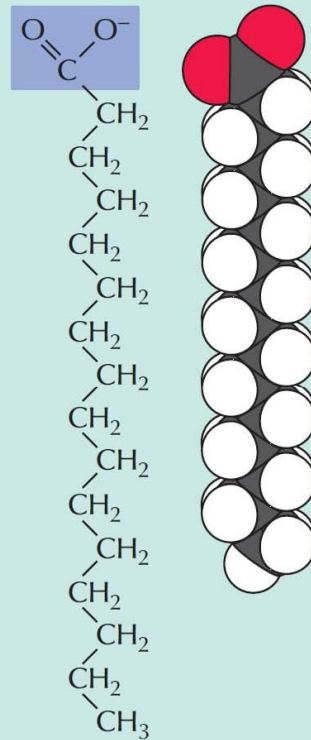
• **Υδρόφιλη (πολική) κεφαλή:** μικρή πολική ομάδα (σερίνη, χολίνη, αιθανολαμίνη κα), φωσφορική ομάδα γλυκερόλη (συνήθως)

• **Υδρόφοβη ουρά:** δύο αλυσίδες λιπαρών οξέων – υδρογονανθρακικές ουρές 16-18 ατόμων άνθρακα, κορεσμένες (απλοί δεσμοί, ευθείες αλυσίδες) ή ακόρεστες (διπλοί δεσμοί, κάμψη της αλυσίδας)

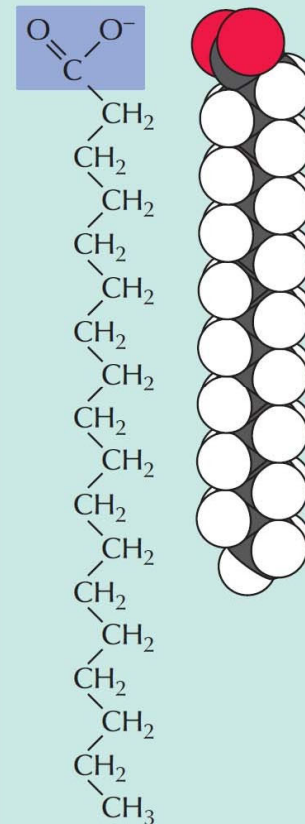
Δομή λιπαρών οξέων ουράς

- Τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από μακριές υδρογονανθρακικές αλυσίδες οι οποίες καταλήγουν σε μια καρβοξυλική ομάδα (COO⁻). Το παλμιτικό και το στεατικό οξύ είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα με 16 και 18 άτομα άνθρακα αντίστοιχα. Το ελαϊκό οξύ είναι ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ με 18 άτομα άνθρακα, το οποίο περιέχει έναν διπλό δεσμό μεταξύ των ατόμων άνθρακα 9 και 10.
- Ο διπλός δεσμός προκαλεί κάμψη της υδρογονανθρακικής αλυσίδας

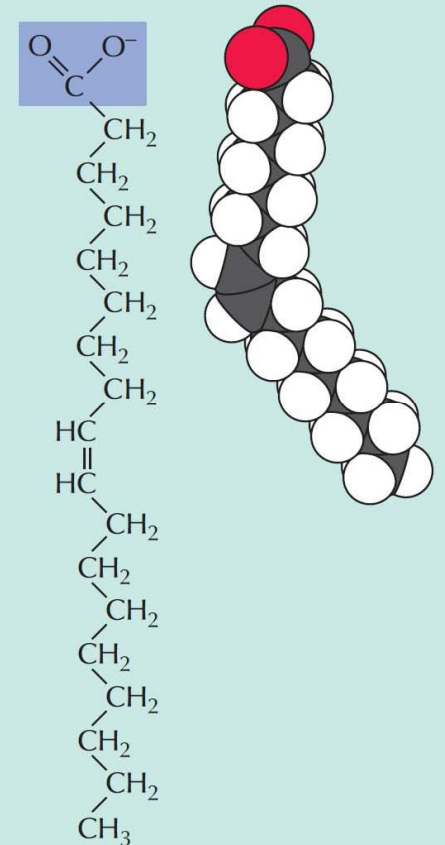
Παλμιτικό οξύ (C₁₆)



Στεατικό οξύ (C₁₈)

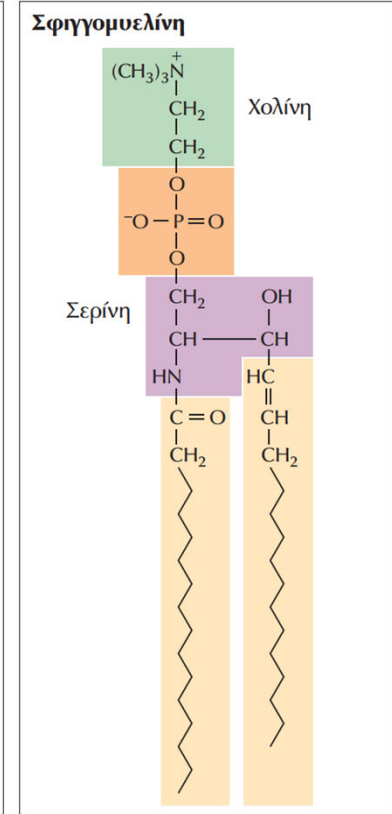
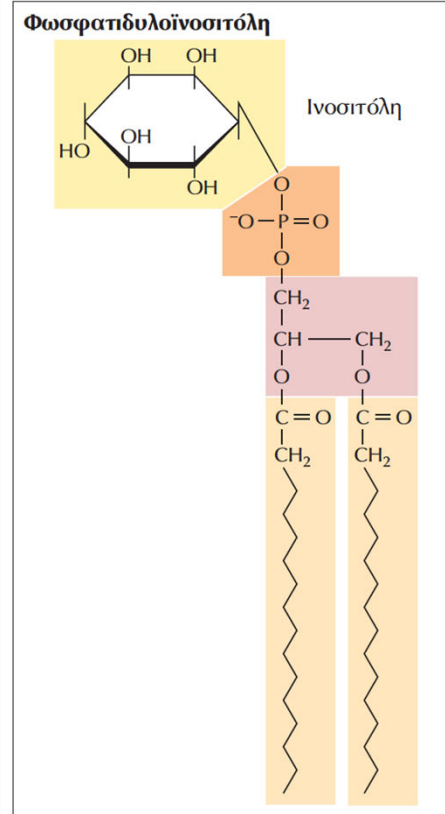
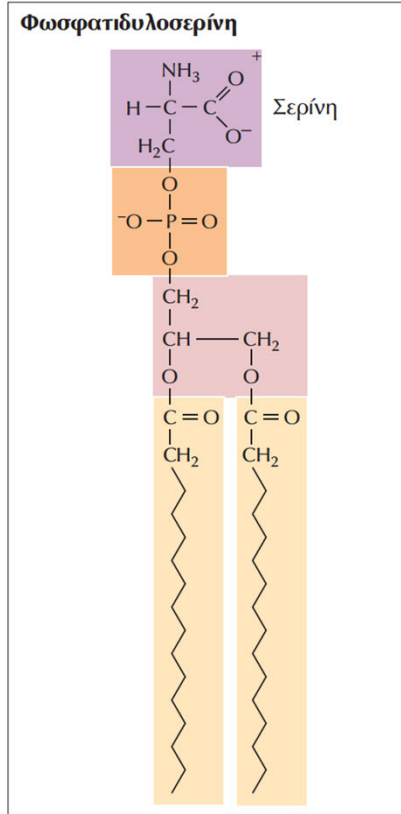
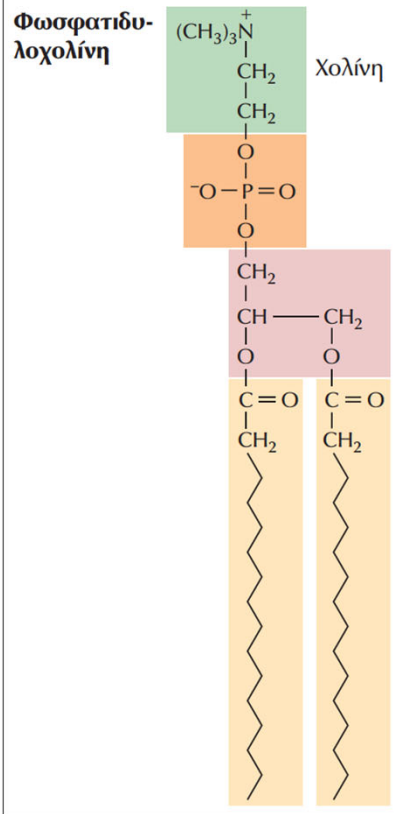
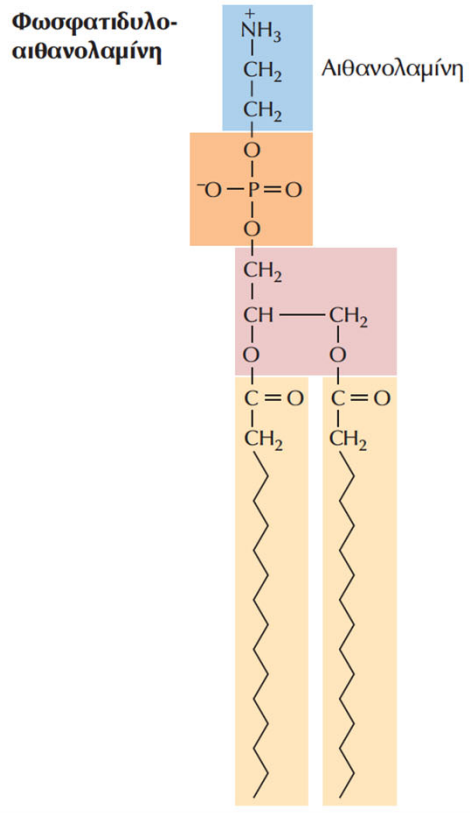


Ελαϊκό οξύ (C₁₈)

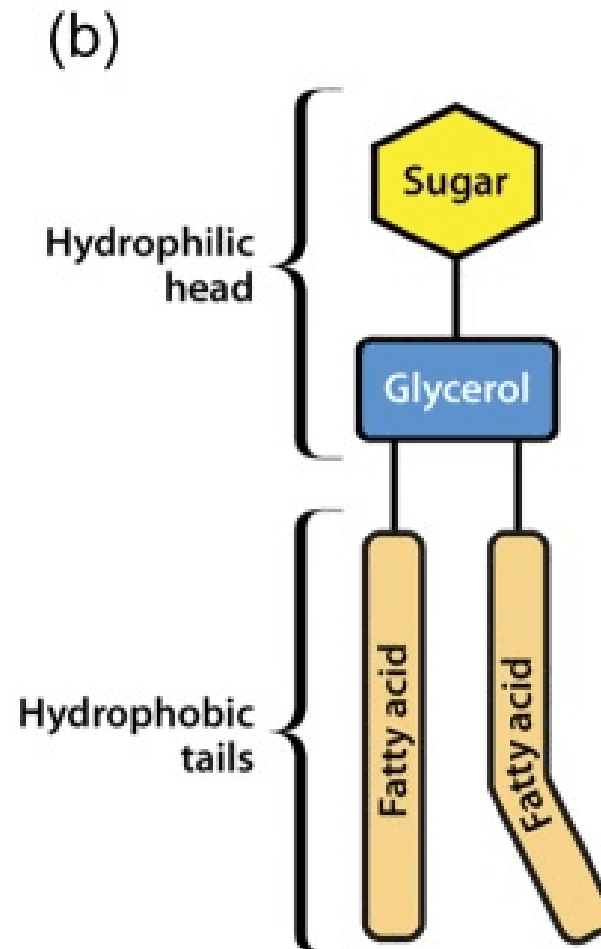
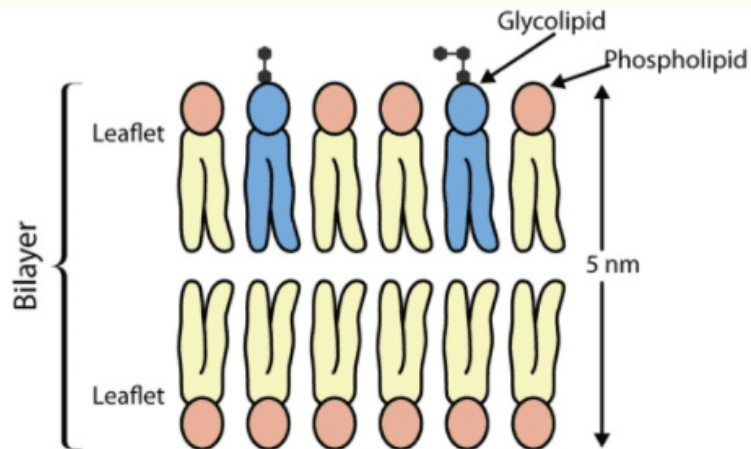


Τα κύρια φωσfolιπίδια της μεμβράνης

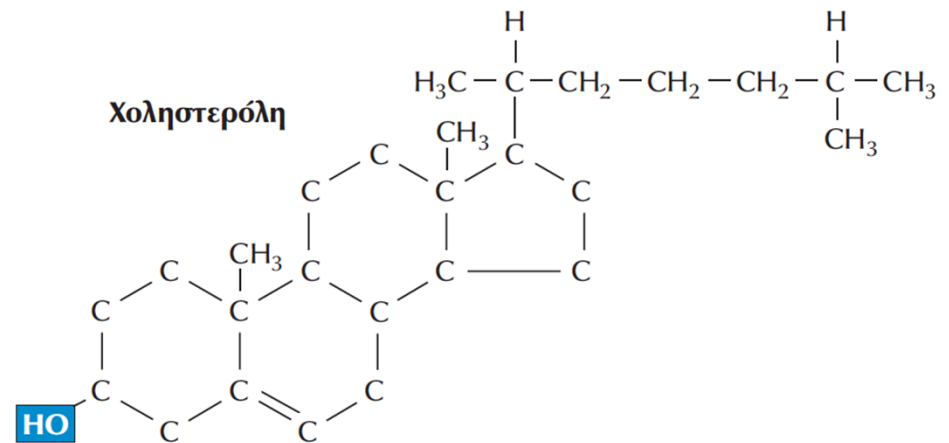
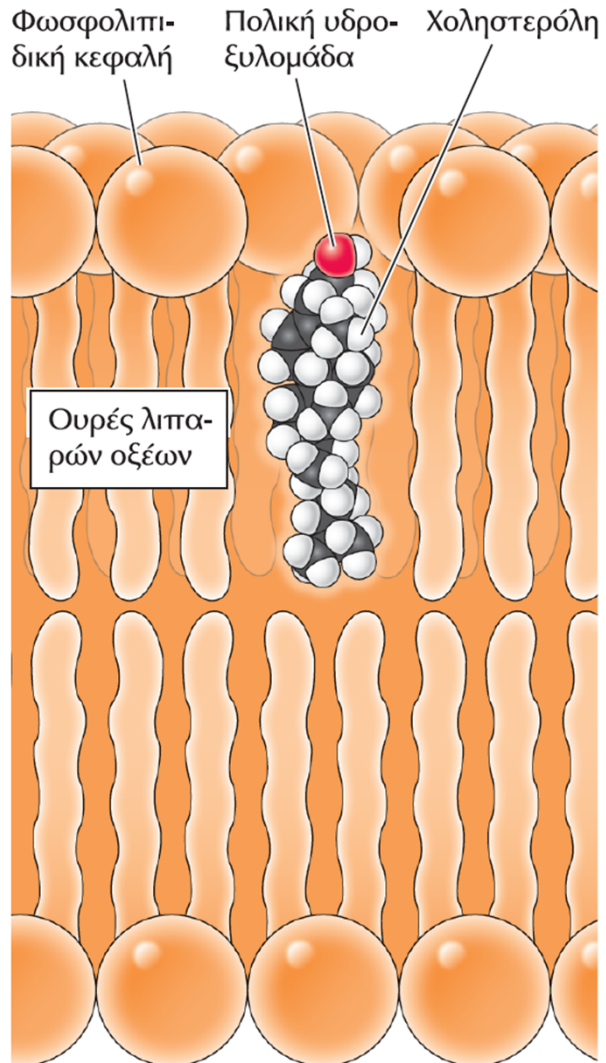
διαφορετικές κεφαλές



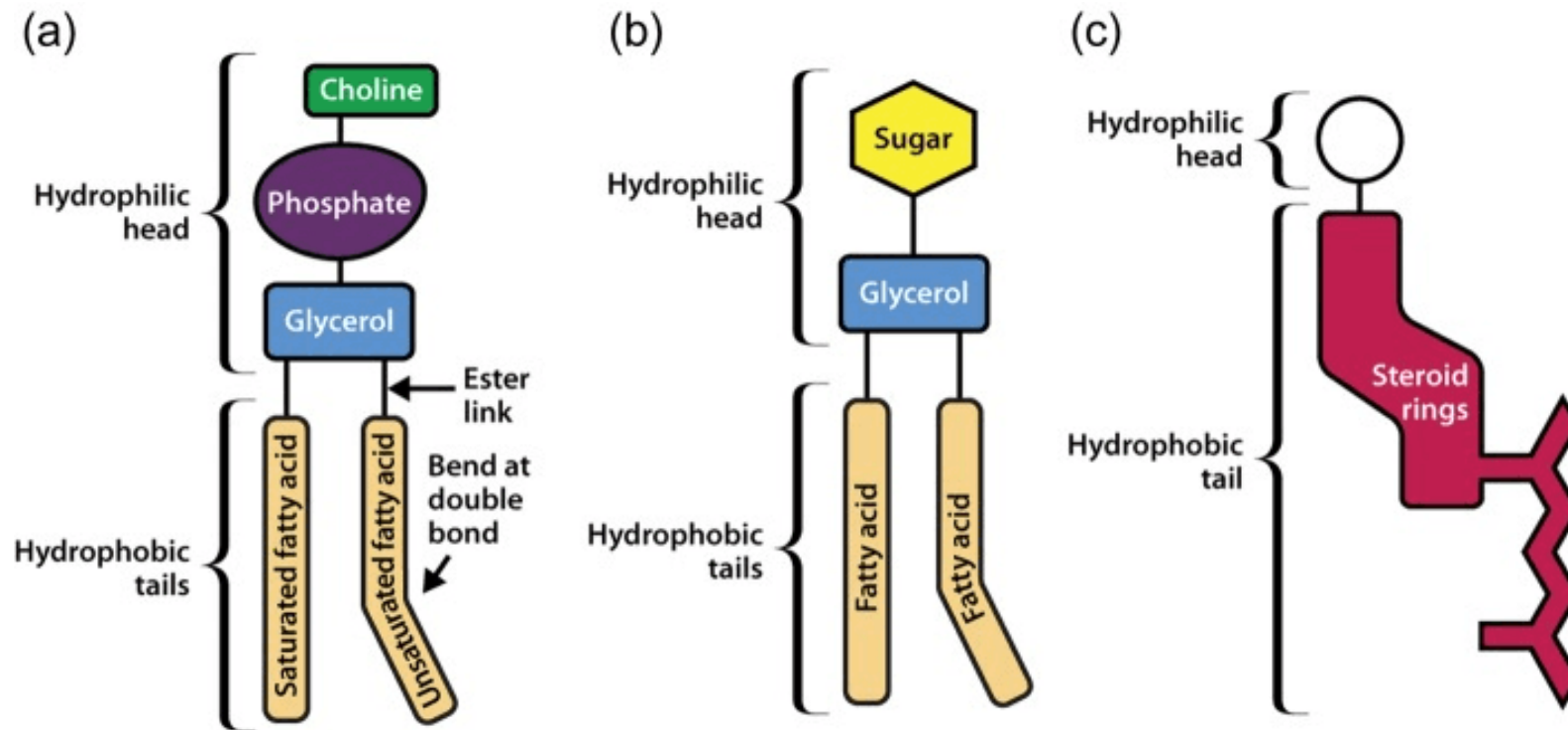
Οι μεμβράνες περιέχουν και γλυκολιπίδια



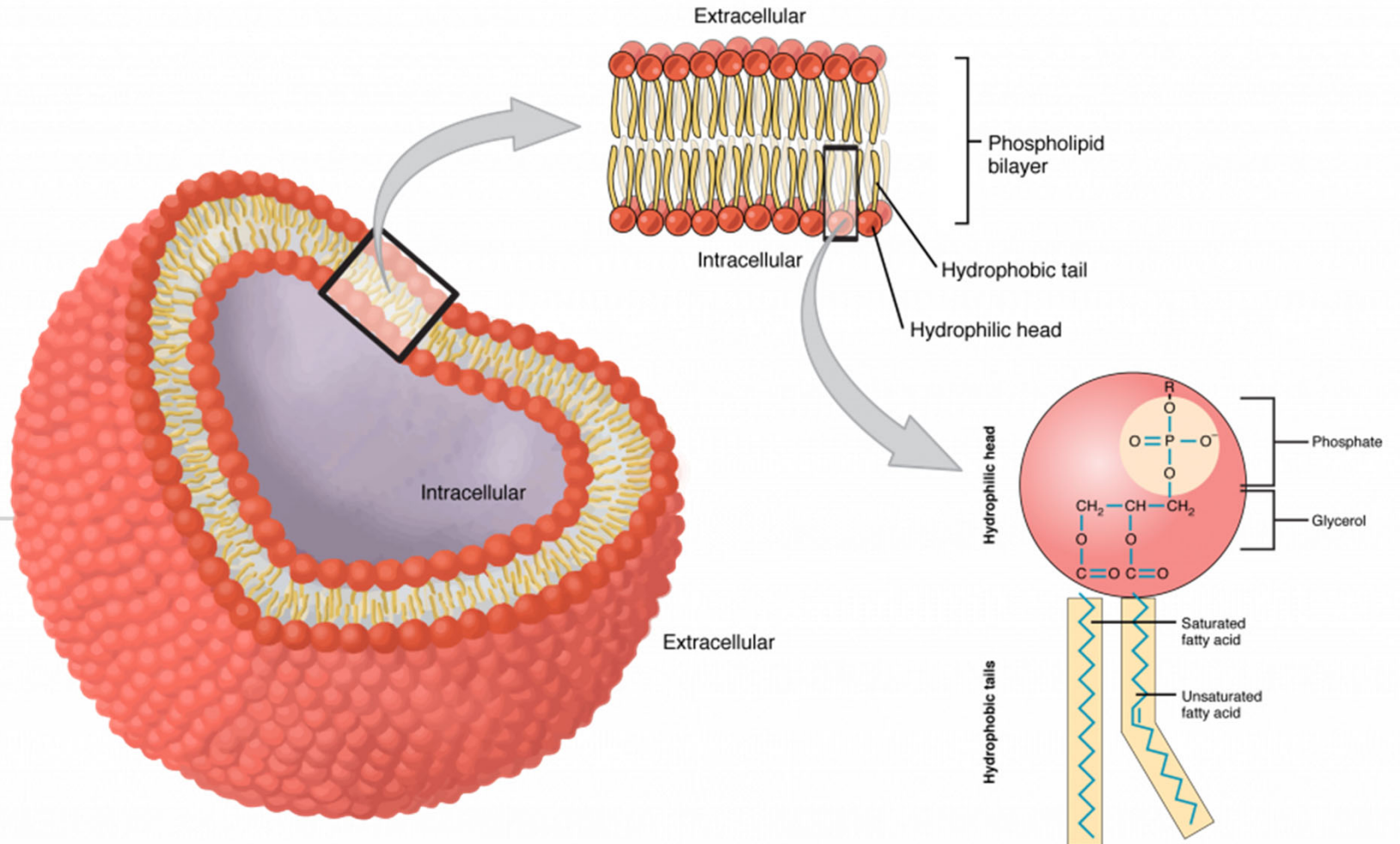
Οι ζωικές μεμβράνες περιέχουν χοληστερόλη



Φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια και χοληστερόλη είναι αμφιπαθή μόρια

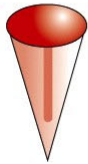


Η αμφιπαθητική φύση των λιπιδίων ευνοεί τη δημιουργία διπλοστιβάδας σε υδατικό περιβάλλον, όπου οι υδρόφοβες ουρές προστατεύονται στο εσωτερικό

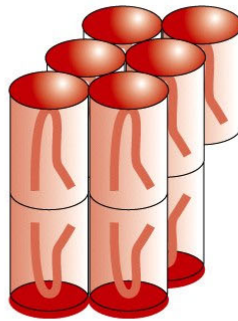
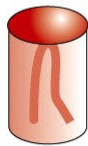
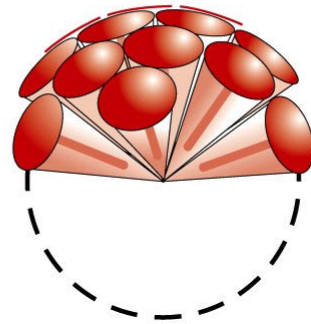


Η δομή των λιπιδίων της μεμβράνης ευνοεί το σχηματισμό διπλοστοιβάδας

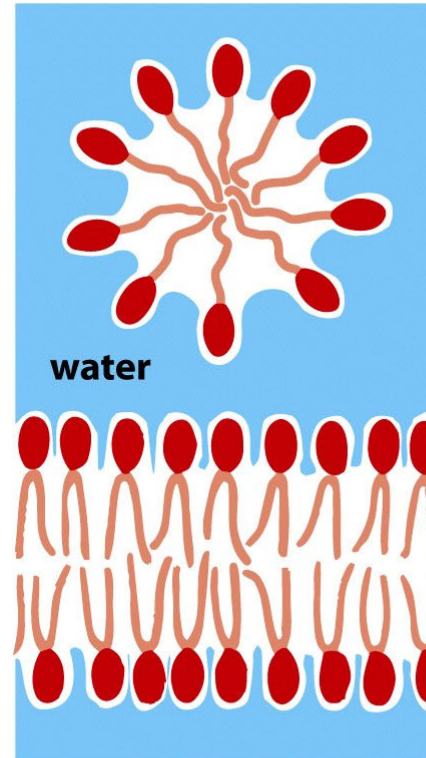
shape of lipid molecule



packing of lipid molecules



(A)



(B)

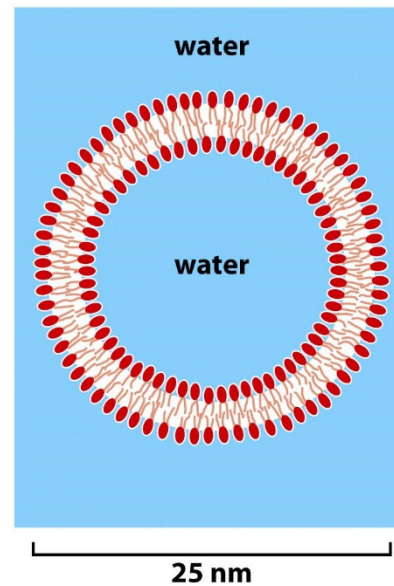
lipid micelle

Μικύλλιο

lipid bilayer

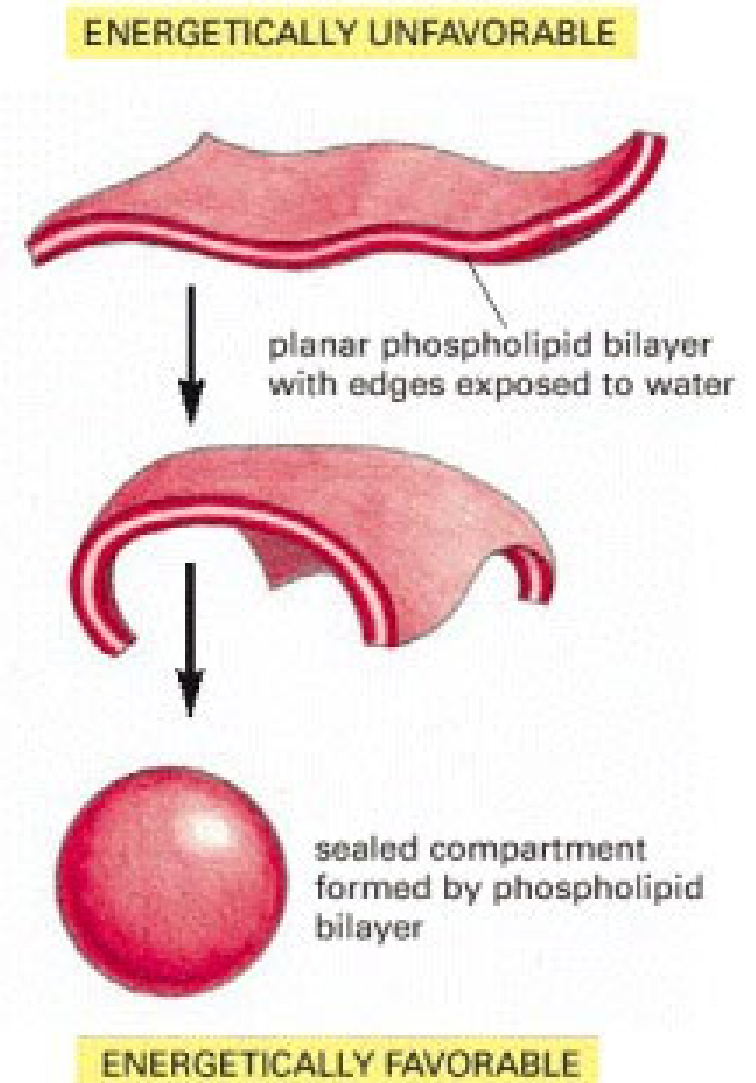
Διπλοστοιβάδα

Οι λιπιδικές διπλοστοιβάδες δημιουργούν κλειστά διμοριακά φύλλα που περιβάλλουν ένα υδατικό διαμέρισμα



Οι διπλοστοιβάδες των λιπιδίων έχουν την τάση να:

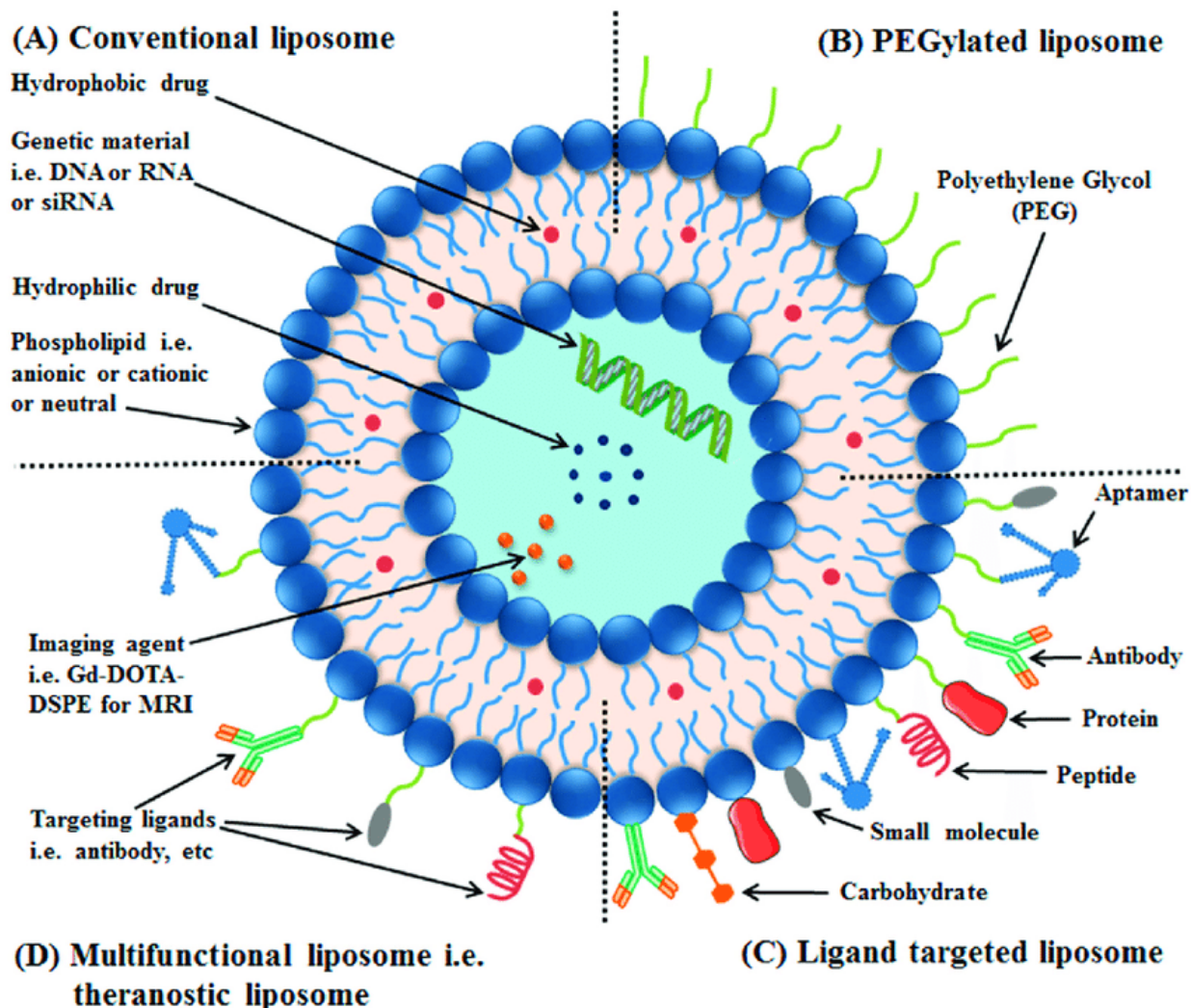
- είναι εκτεταμένες
- δημιουργούν **κλειστά διαμερίσματα**: ενώνουν τα άκρα τους, ώστε να μην υπάρχουν εκτεθειμένες υδρογονοαναθρακικές αλυσίδες.
- Δεν επιτρέπουν την ύπαρξη οπής ή ανοίγματος - επιδιορθώνονται άμεσα
- Είναι εύκαμπτες, επιτρέποντας τη δημιουργία κυστιδίων 25 nm έως 1 mm



Η διπλοστοιβάδα των φωσφολιπιδίων αποτελεί **ΦΡΑΓΜΟ** στην είσοδο & έξοδο μορίων

ΛΙΠΟΣΩΜΑΤΑ

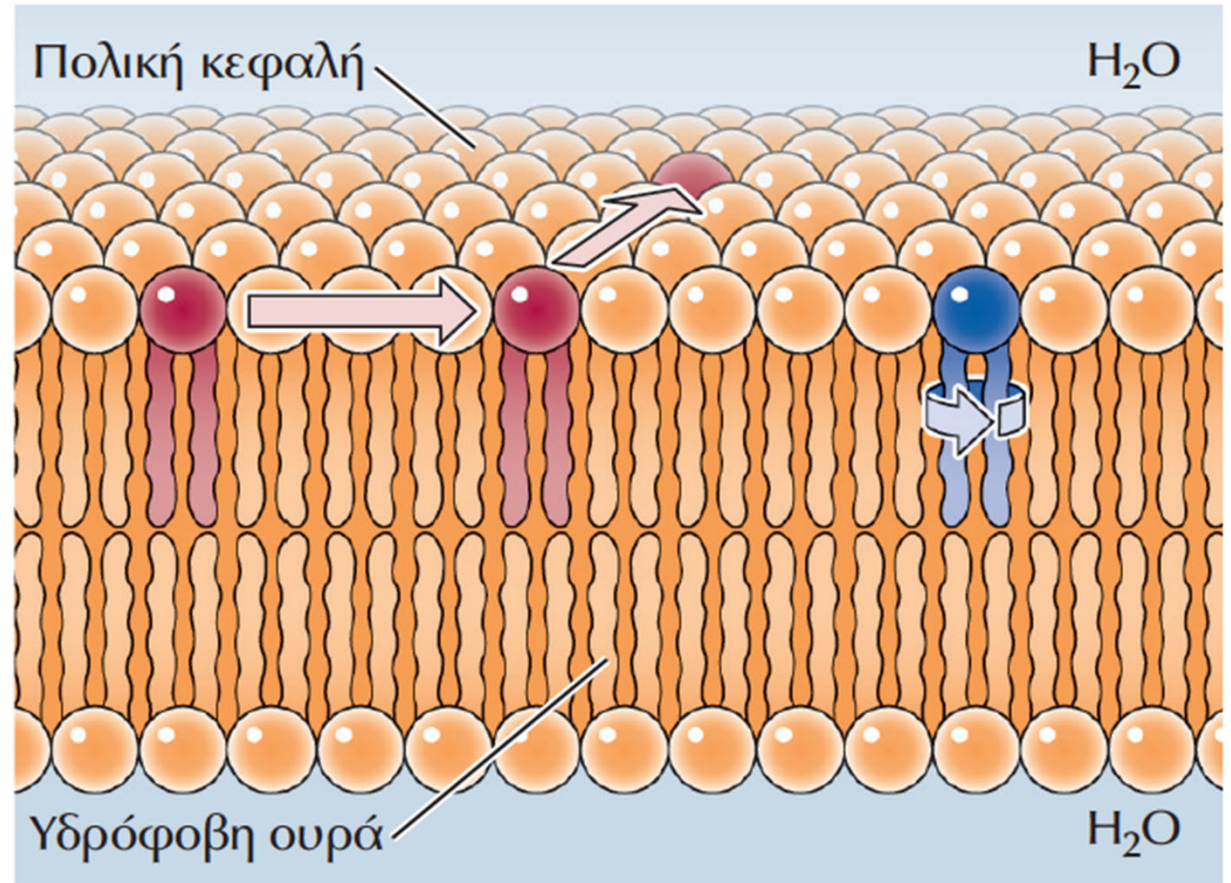
τεχνητά λιπιδικά κυστίδια



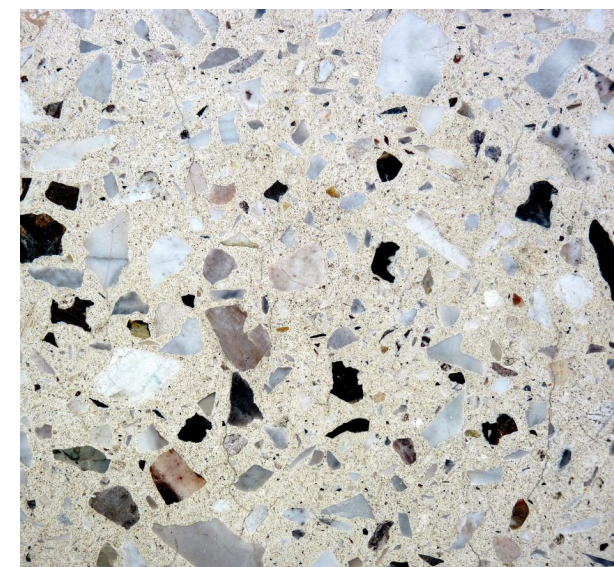
- Μεταφορά υδρόφοβων και υδρόφιλων φαρμάκων
- Μεταφορά νουκλεϊνικών οξέων (DNA, RNA) για γονιδιακή θεραπεία ή εμβόλια (πχ COVID)
- Μεταφορά σκιαγραφικού για ιατρική απεικόνιση
- Ειδική στόχευση σε συγκεκριμένα κύτταρα (μέσω αντισωμάτων ή άλλων προσδετών)
- Theranostics (=diagnostic+therapeutic)

Η κυτταρική μεμβράνη είναι δισδιάστατο ρευστό

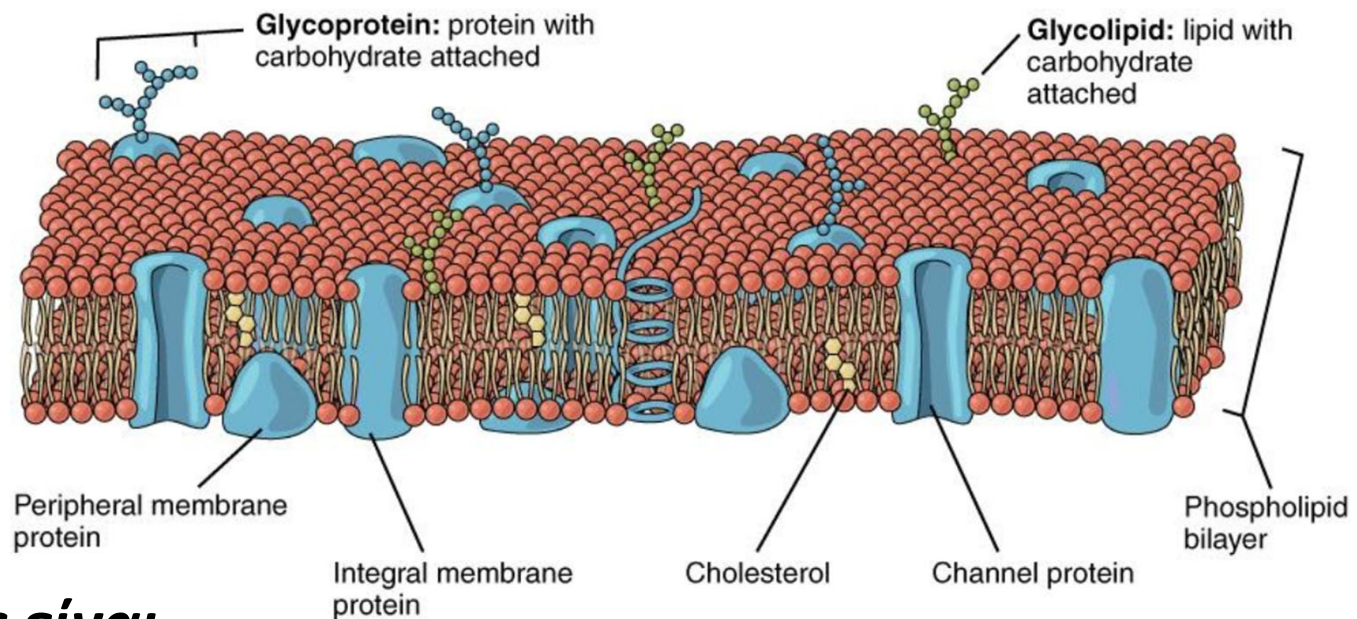
- Τα λιπίδια κινούνται στο επίπεδο μιας μονοστοιβάδας (πλευρική διάχυση, $2\mu\text{m}/\text{sec}$) και περιστρέφονται (500 στροφές/sec), αλλά σπάνια περνούν στην απέναντι διπλοστοιβάδα (flip-flop, 1 φορά/μήνα)
- Μέσα στο ρευστό αυτό «πλέουν» οι μεμβρανικές πρωτεΐνες



Μοντέλο ρευστού μωσαϊκού (Fluid mosaic)



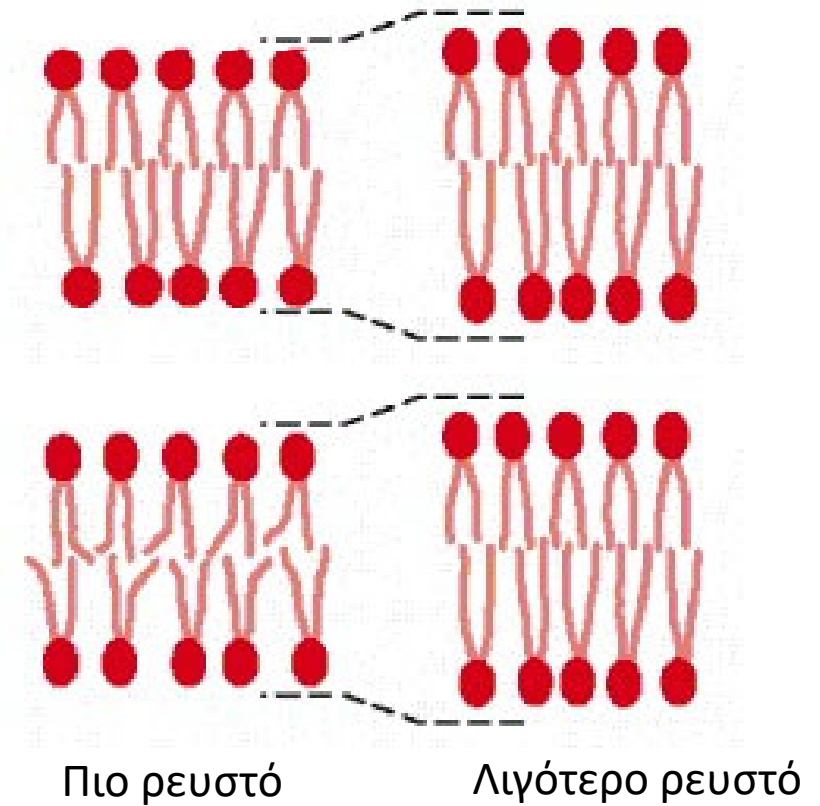
Στη ρευστή λιπιδική
διπλοστοιβάδα πλέουν οι
μεμβρανικές πρωτεΐνες



**Η ρευστότητα της μεμβράνης είναι
απαραίτητη για τη λειτουργία της**

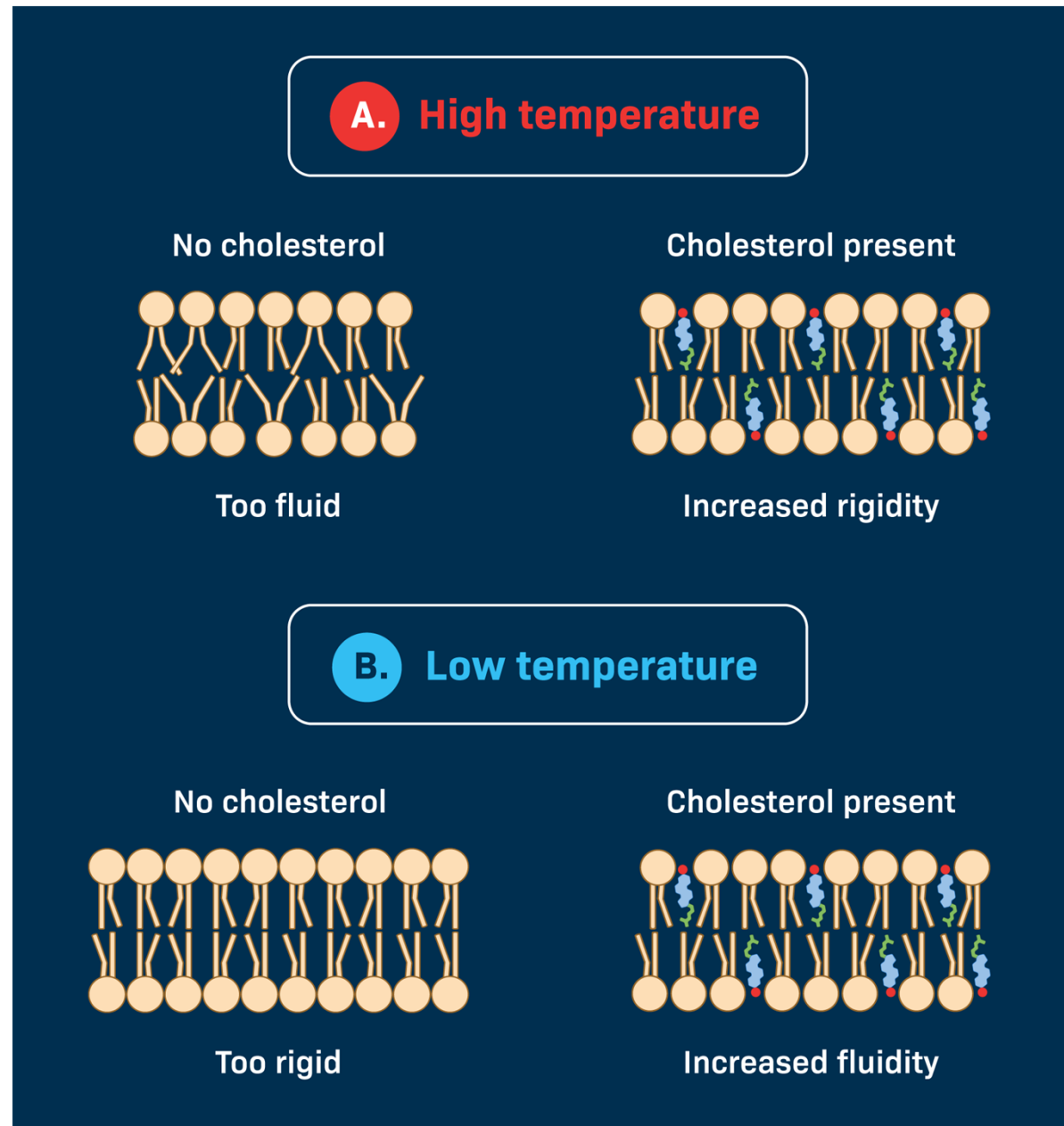
Η ρευστότητα της κυτταρικής μεμβράνης εξαρτάται από

- Το μήκος των υδρογονανθρακικών αλυσίδων των λιπαρών οξέων
Μικρό μήκος = αυξημένη ρευστότητα
- Τον κορεσμό των λιπαρών οξέων
Ακόρεστα (έχουν διπλούς δεσμούς) = αυξημένη ρευστότητα
- Την ύπαρξη χοληστερόλης



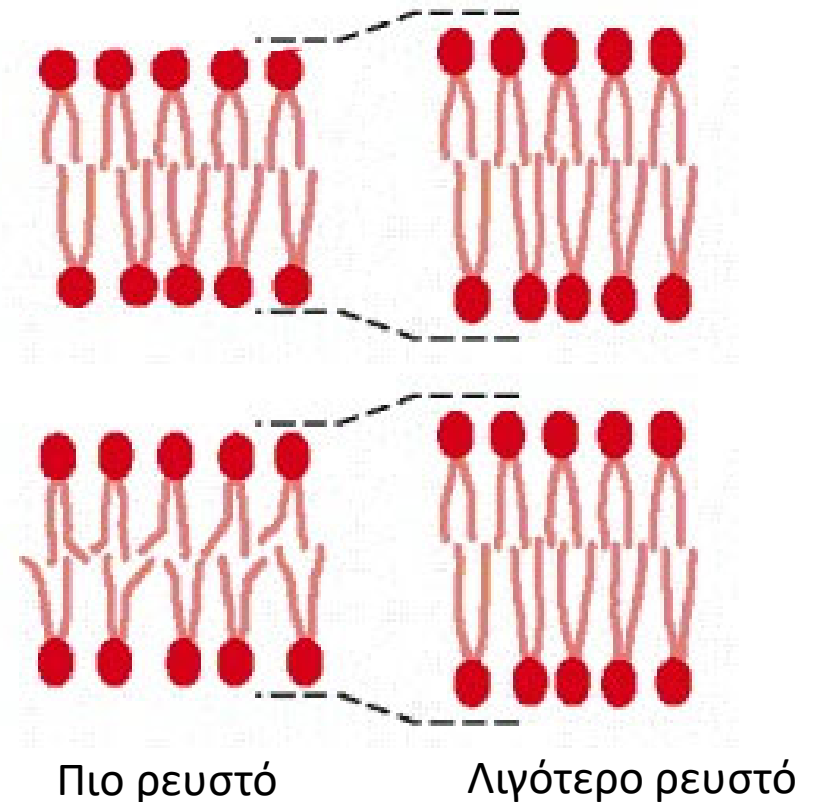
**Η χοληστερόλη
ρυθμίζει τη
ρευστότητα της
μεμβράνης των
ζωικών κυττάρων,
διατηρώντας τη
σταθερή**

- Σε υψηλές θερμοκρασίες μειώνει τη ρευστότητα της μεμβράνης
- Σε χαμηλές θερμοκρασίες την αυξάνει, εμποδίζοντας την πήξη



Η ρευστότητα της κυτταρικής μεμβράνης εξαρτάται από

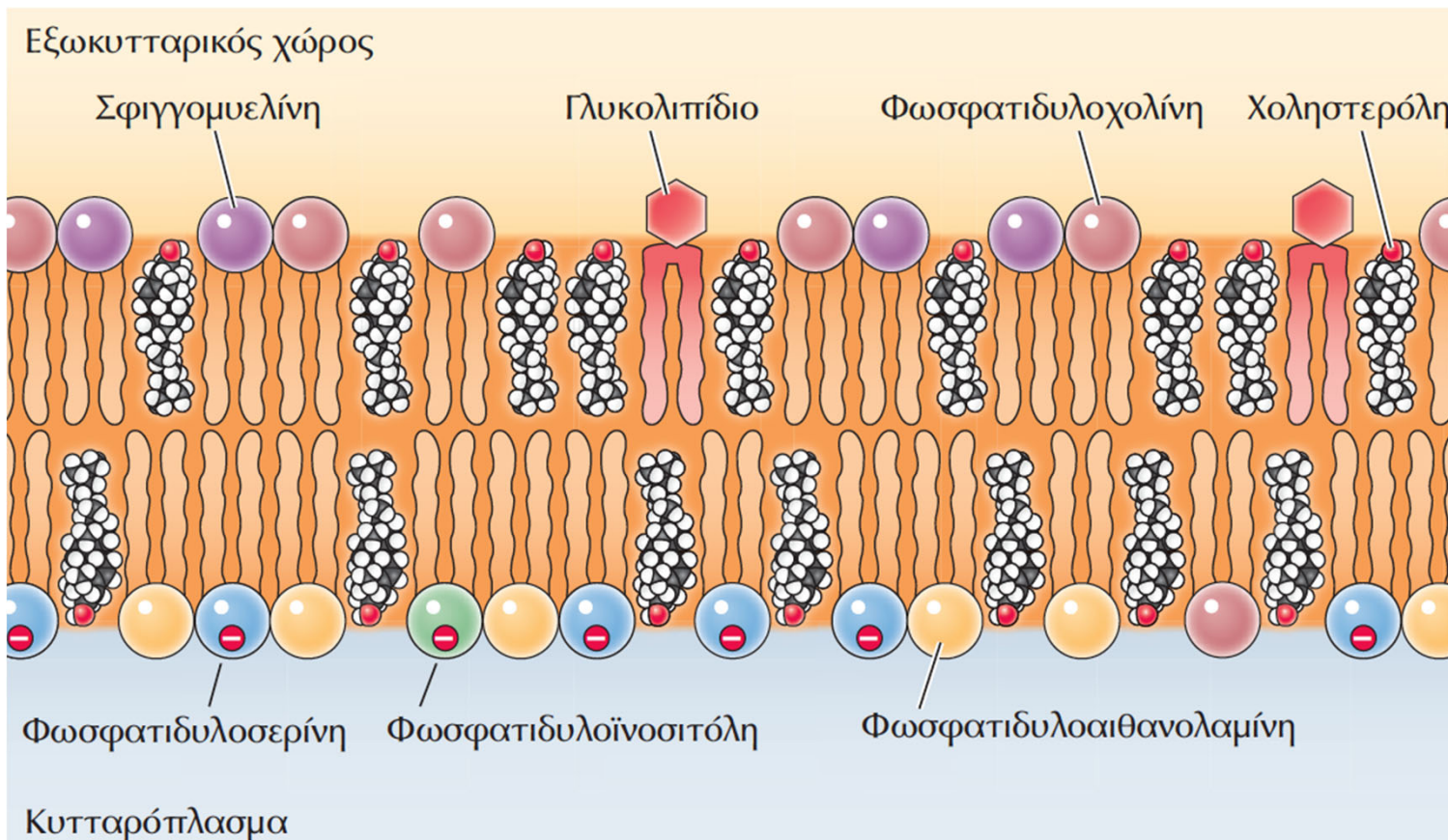
- Το μήκος των υδρογονανθρακικών αλυσίδων των λιπαρών οξέων
Μικρό μήκος = αυξημένη ρευστότητα
- Τον κορεσμό των λιπαρών οξέων
Ακόρεστα (έχουν διπλούς δεσμούς) = αυξημένη ρευστότητα
- Την ύπαρξη χοληστερόλης



Τα κύτταρα ρυθμίζουν τη σύσταση των λιπιδίων της μεμβράνης ανάλογα με το περιβάλλον (πχ θερμοκρασία) ώστε να ρυθμίζεται η ρευστότητα/διαπερατότητα

Η κυτταρική μεμβράνη είναι ασύμμετρη

Διαφορετική σύσταση στην εξωκυττάρια και την κυτταροπλασματική πλευρά



Έξω

Γλυκολιπίδια

Φωσφατιδυλοχολίνη

Σφιγγομυελίνη

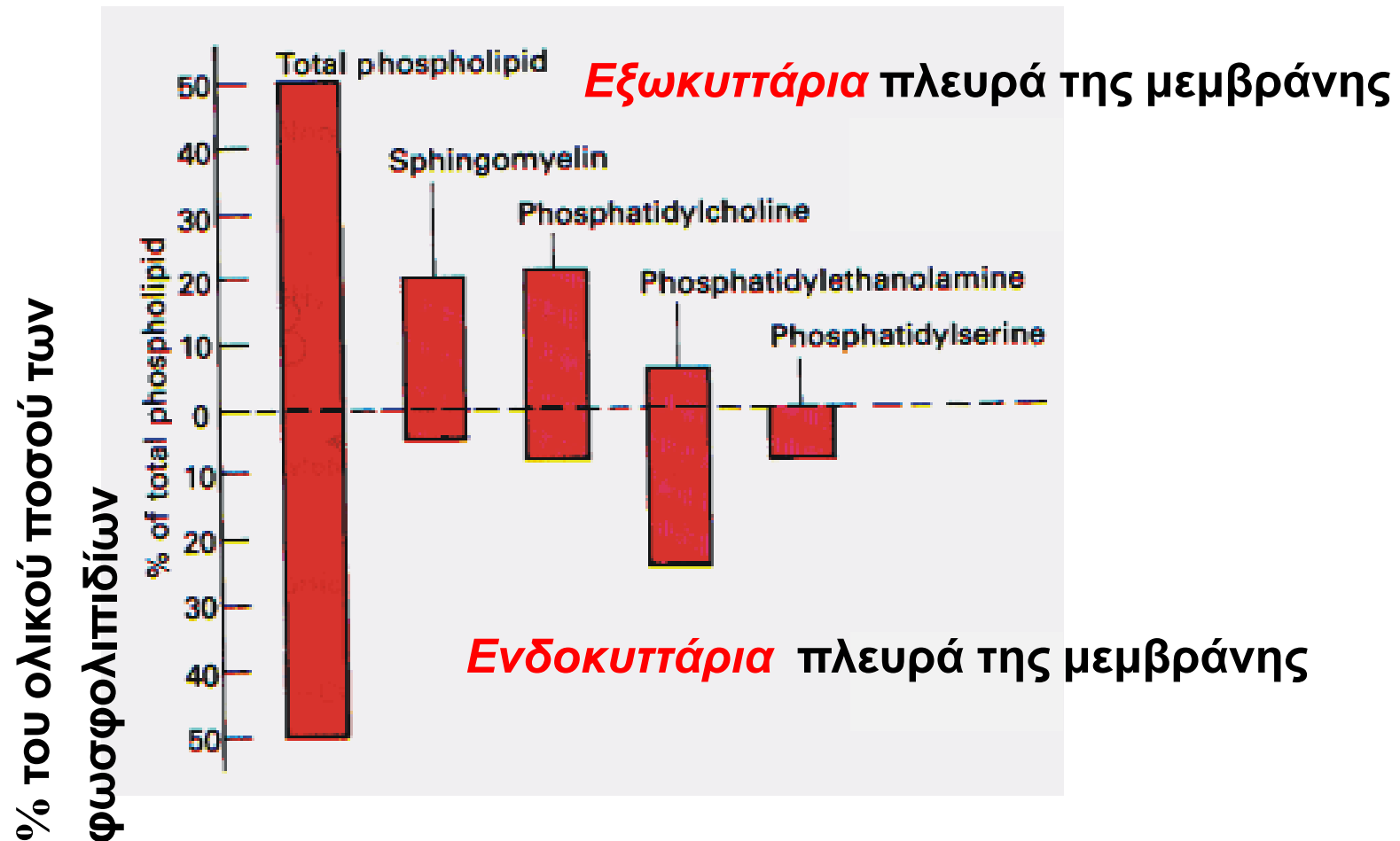
Μέσα

Φωσφατιδυλοιθανολαμίνη

Φωσφατιδυλοσερίνη

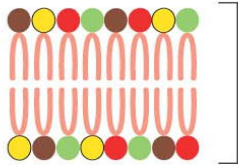
Φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη

Ο συνολικός αριθμός των φωσφολιπιδίων παραμένει ίδιος και στις 2 πλευρές, αλλάζει ο τύπος της υδρόφιλης κεφαλής τους



Πού οφείλεται η ασυμμετρία της κυτταρικής μεμβράνης;

ΚΥΤΤΑΡΟΔΙΑΛΥΜΑ

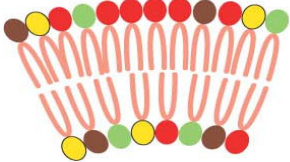


Λιπιδική διπλοστιβάδα του ενδοπλασματικού δικτύου

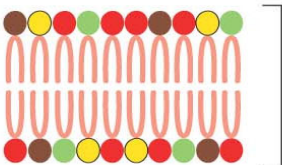
ΑΥΛΟΣ ΕΔ



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΟΣΥΝΤΙΘΕΜΕΝΩΝ ΦΩΣΦΟΛΙΠΙΔΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΠΛΟΣΤΙΒΑΔΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ



Η SCRAMBLASE ΚΑΤΑΛΥΕΙ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΥΧΑΙΩΝ ΦΩΣΦΟΛΙΠΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΛΛΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΟΣΤΙΒΑΔΑΣ

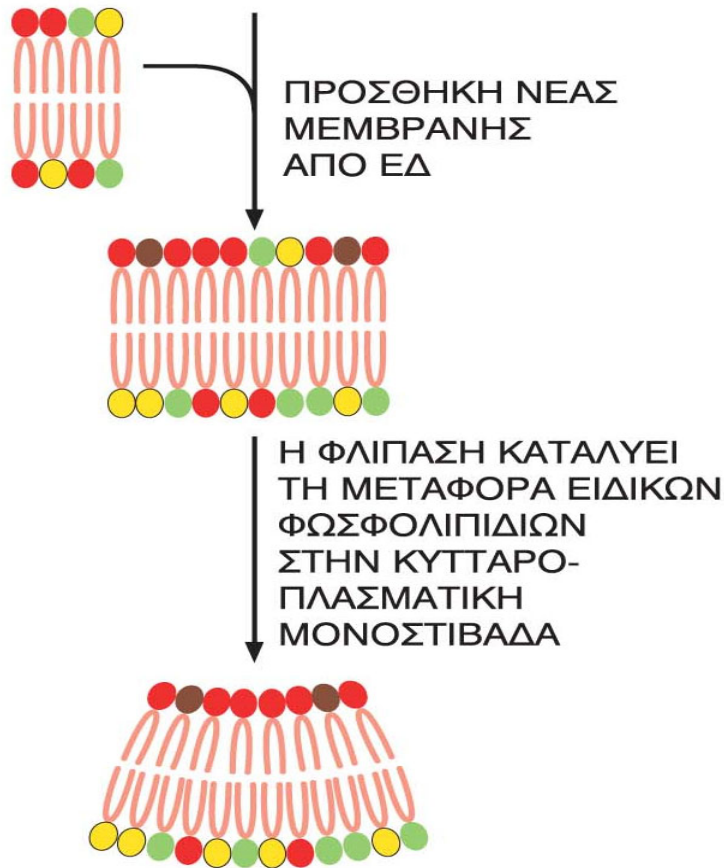


Συμμετρική αύξηση και των δύο πλευρών της διπλοστιβάδας

Τα λιπίδια **συντίθεται στην κυτταροπλασματική πλευρά** της μεμβράνης, στο ενδοπλασματικό δίκτυο

Κατανέμονται και στις δύο στοιβάδες από τα ένζυμα **σκραμπλάσες** (χωρίς κατανάλωση ενέργειας)

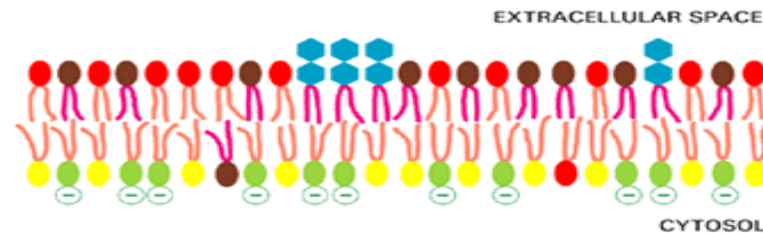
Πού οφείλεται η ασυμμετρία της κυτταρικής μεμβράνης;



B MEMBRANΗ GOLGI

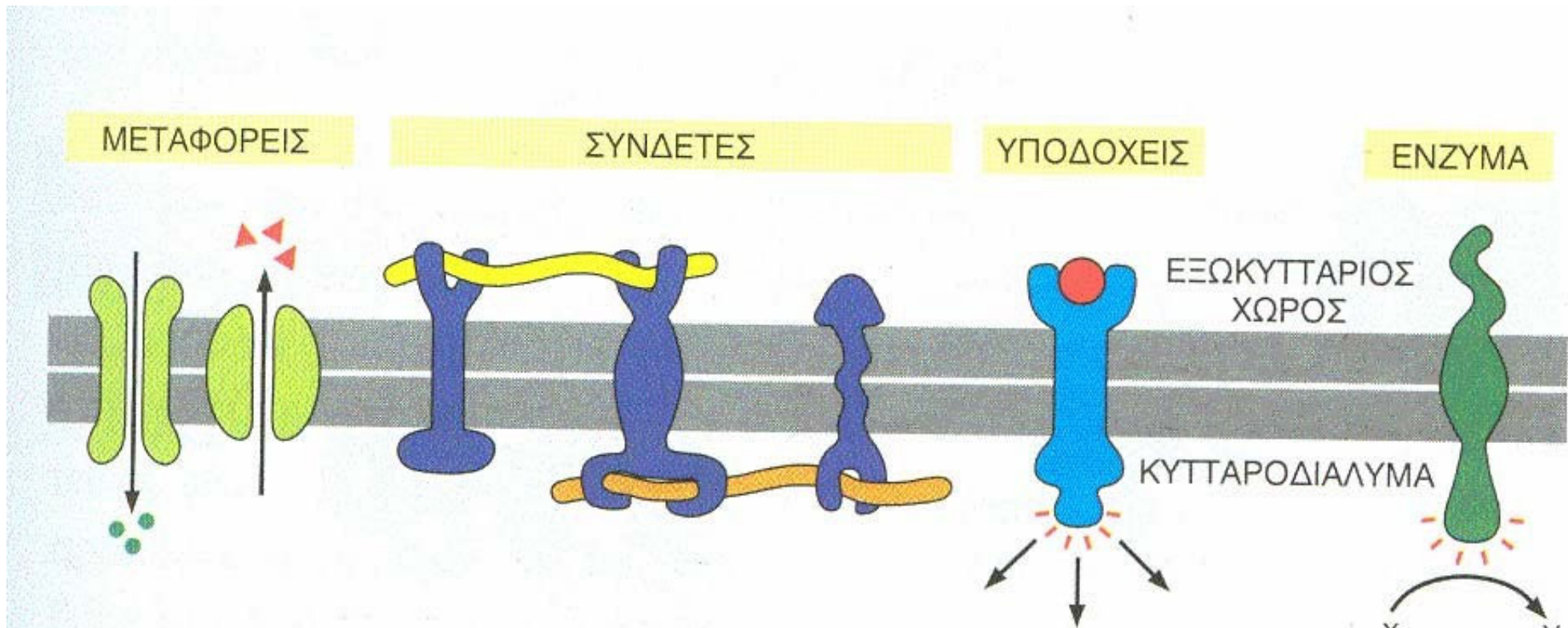
Η ασυμμετρία προκύπτει στο σύμπλεγμα Golgi από τις **φλιπάσες**, πρωτεΐνες που μεταφέρουν συγκεκριμένα φωσφολιπίδια στην κυτταροπλασματική πλευρά της μεμβράνης, με κατανάλωση ενέργειας

Η ασυμμετρία διατηρείται στην κυτταροπλασματική μεμβράνη



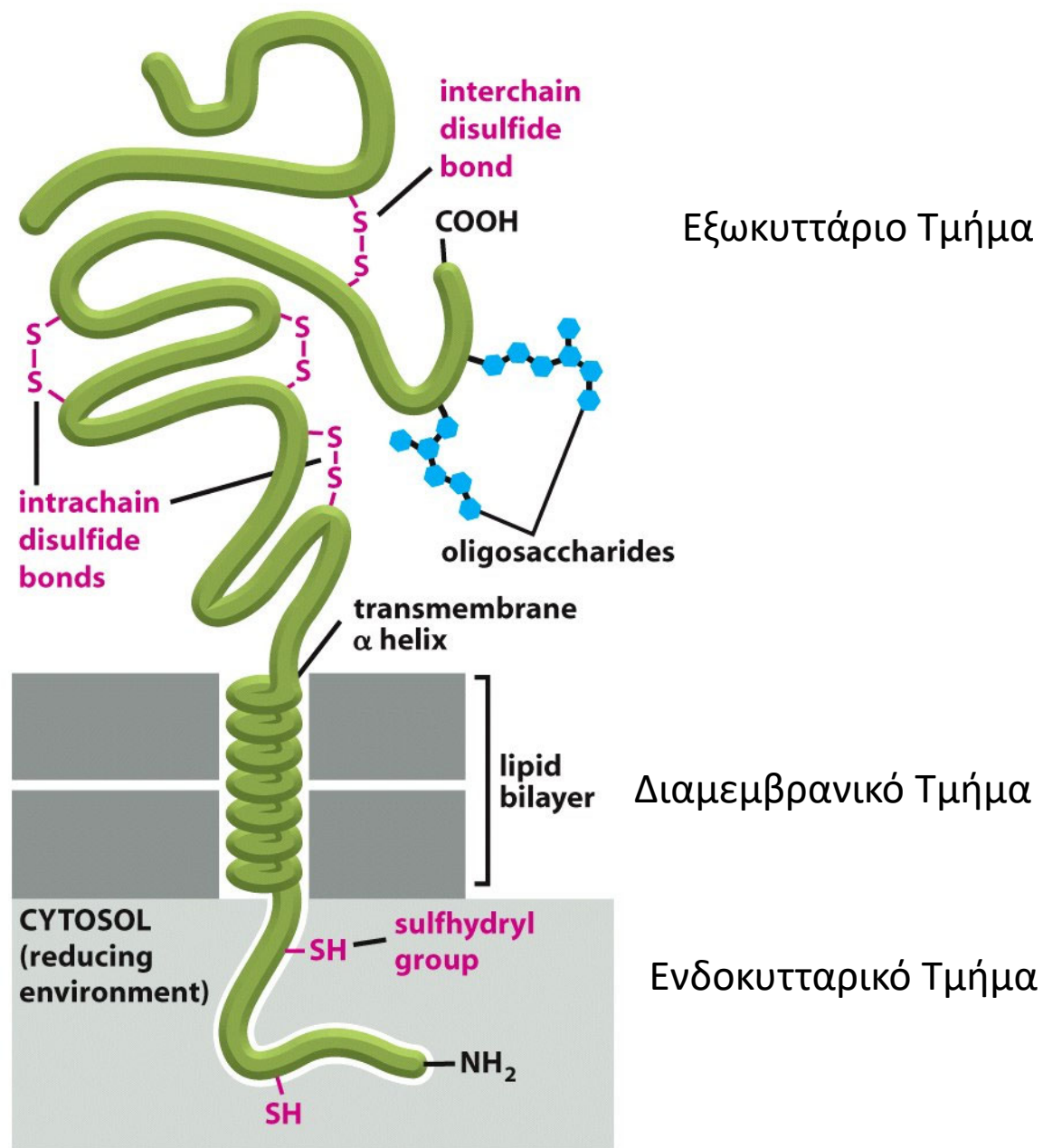
Μεμβρανικές πρωτεΐνες

- Αποτελούν το 50% της μάζας της μεμβράνης
- Λειτουργικά μόρια (είσοδος-έξοδος ουσιών, υποδοχείς, ένζυμα, αλληλεπιδράσεις)



Οι μεμβρανικές πρωτεΐνες έχουν μια μοναδική διάταξη στη μεμβράνη

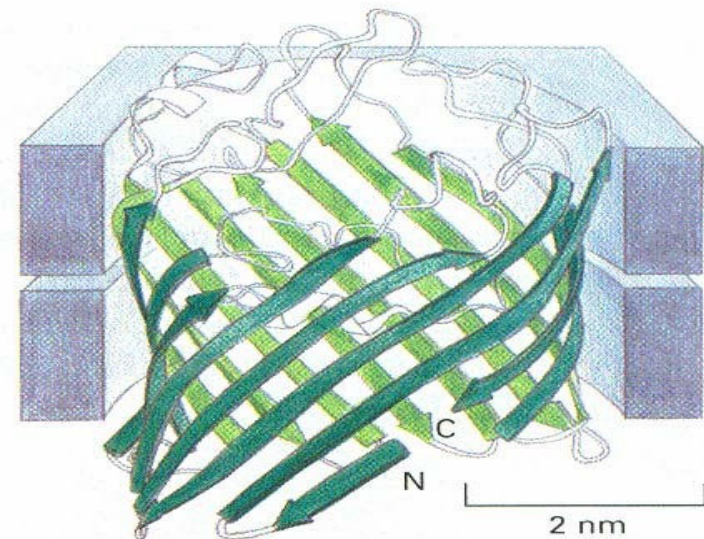
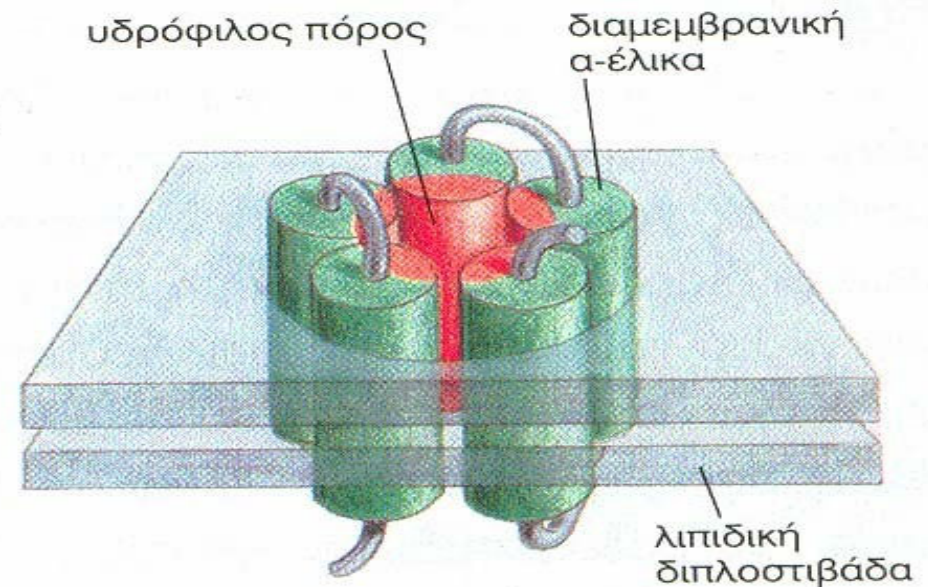
Οι πρωτεΐνες συχνά διαπερνούν τη μεμβράνη ως μια **α-έλικα** 20-25 υδρόφοβων αμινοξέων



Πρωτεΐνες σχηματίζουν υδρόφιλους πόρους στη μεμβράνη

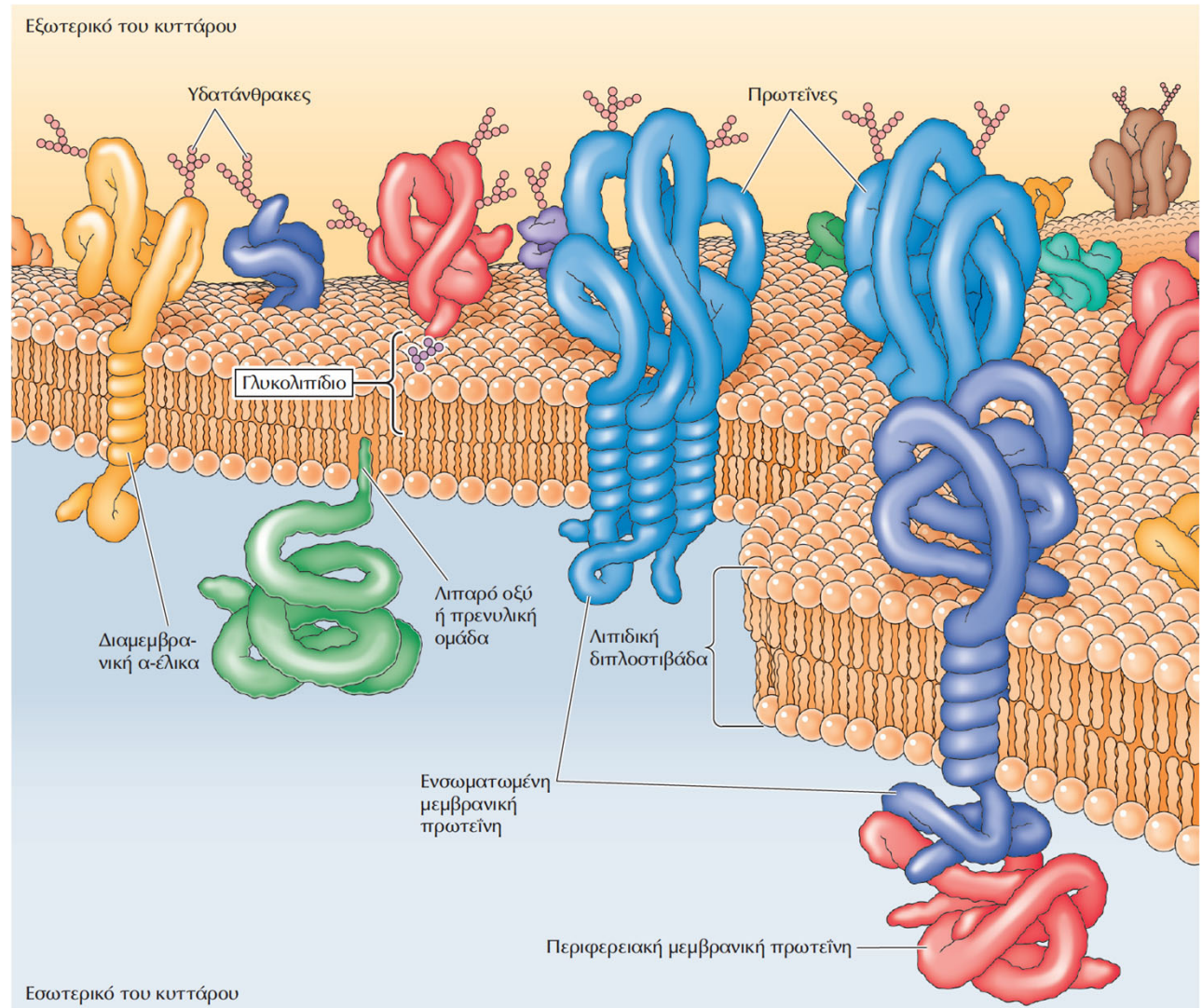
Διαπερνώντας πολλές φορές τη μεμβράνη με αμφιπατικές α-έλικες
πχ **Ιοντικοί δίαυλοι**

ως β-βαρέλι (υδρόφιλο στο εσωτερικό,
υδρόφοβο στο εξωτερικό του βαρελιού)
πχ **πορίνες**



Μεμβρανικές πρωτεΐνες

- Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες διαπερνούν τη μεμβράνη μία ή περισσότερες φορές
- Ομοιοπολικά προσδεμένες πρωτεΐνες συνδέονται σε λιπίδια
- Περιφερικές πρωτεΐνες συνδέονται μη ομοιοπολικά με τις ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες

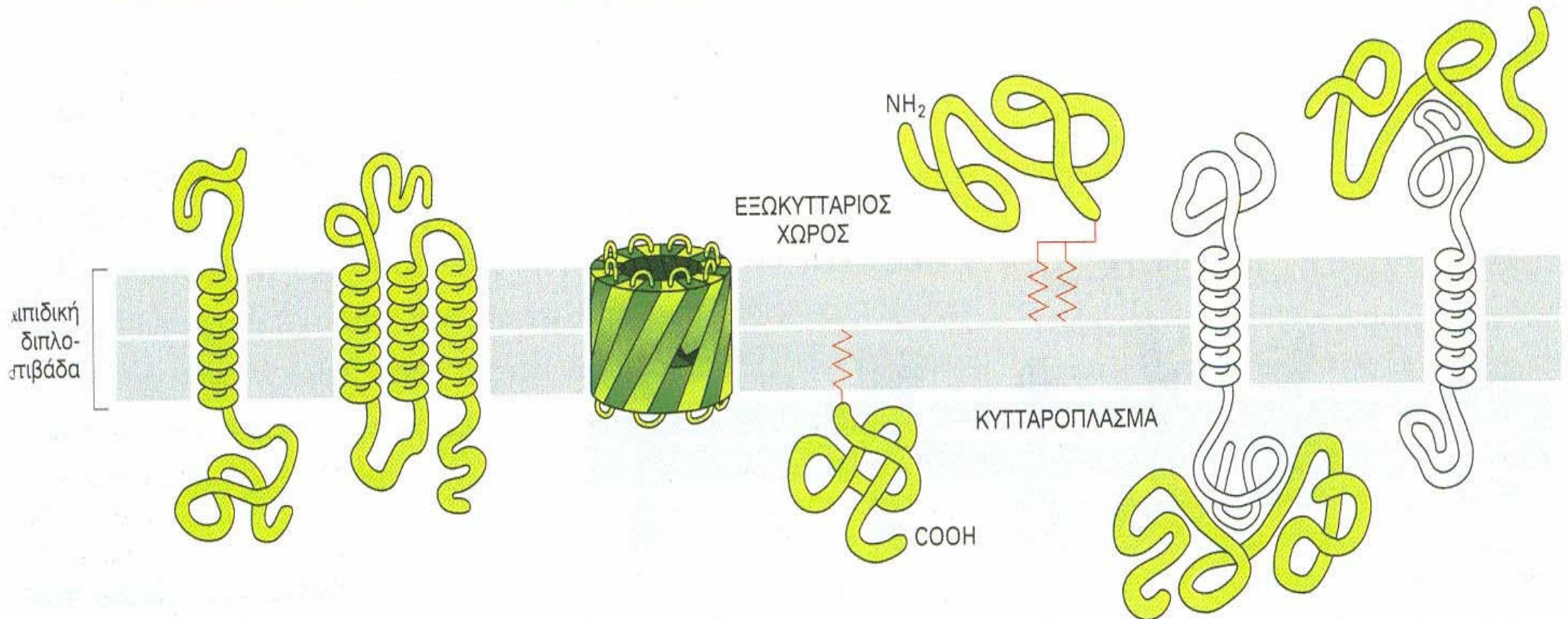


Μεμβρανικές πρωτεΐνες

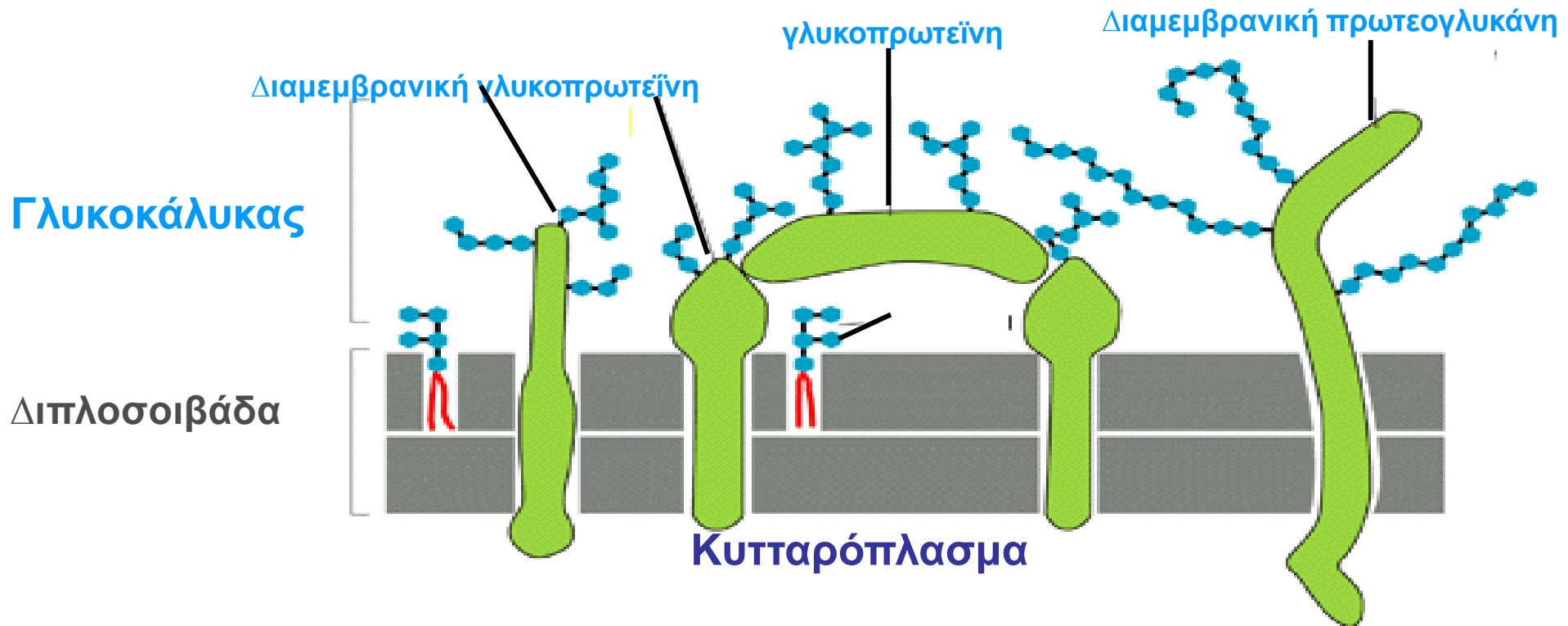
(Α) ΔΙΑΜΕΜΒΡΑΝΙΚΗ

(Β) ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΛΙΠΙΔΙΑ

(Γ) ΠΡΟΣΚΟΛΜΗΣΗ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ

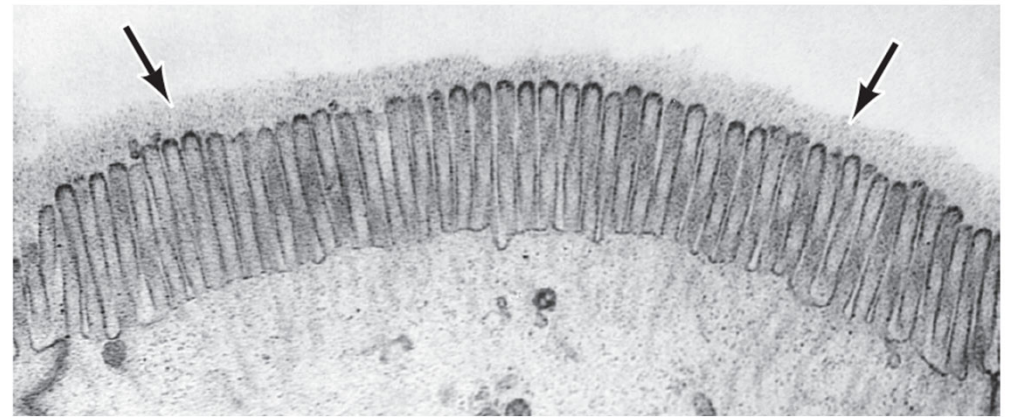


**Η εξωτερική πλευρά της μεμβράνης
φέρει αλυσίδες σακχάρων -
γλυκοκάλυκας**



Μεμβρανικές πρωτεΐνες, που συνδέονται με ολιγοσακχαρίτες, ονομάζονται **γλυκοπρωτεΐνες**.
Μεμβρανικές πρωτεΐνες, που συνδέονται με πολυσακχαρίτες ονομάζονται **πρωτεογλυκάνες**.
Τα **γλυκολιπίδια** φέρουν πολυσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες

Γλυκοκάλυκας



Προστατεύει την κυτταρική επιφάνεια από μηχανικές ή χημικές βλάβες.

Βοηθά στην **μετακίνηση** των κυττάρων και εμποδίζει τη συγκόλληση με άλλα κύτταρα

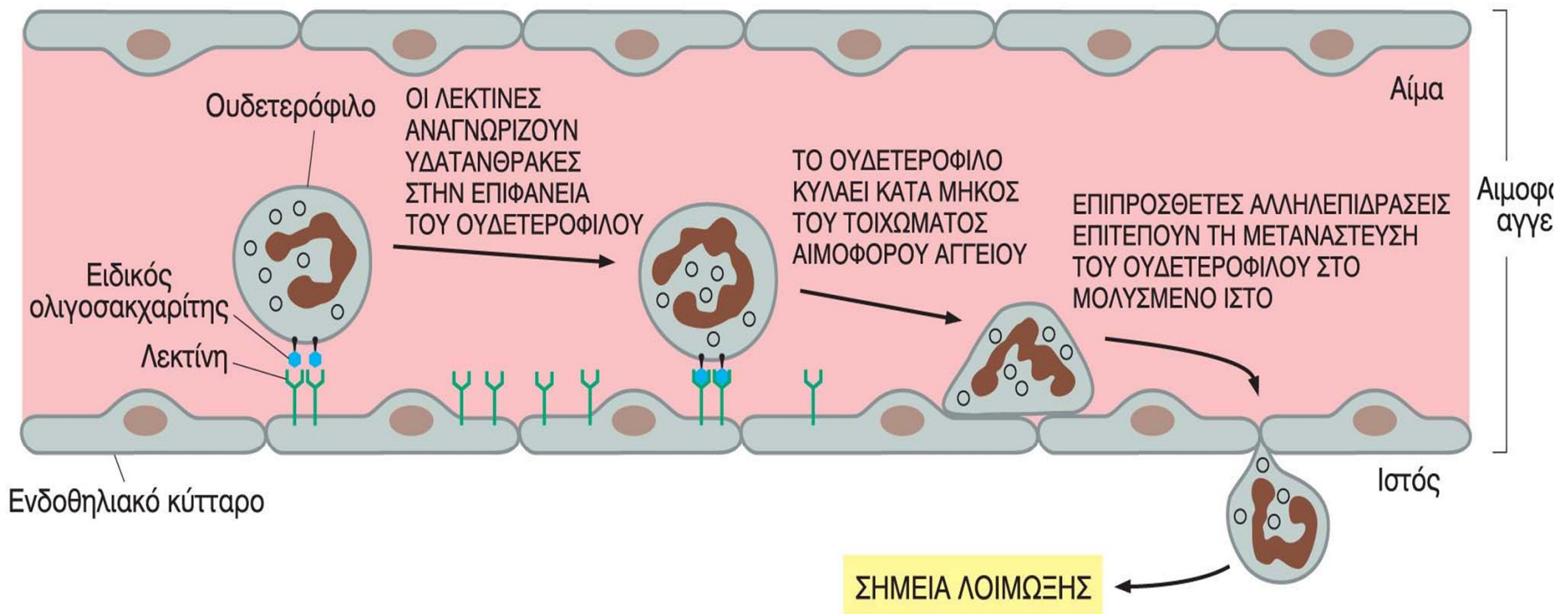
Βοηθά την **αναγνώριση** μεταξύ των κυττάρων (λεκτίνες)

Σχηματίζει **φραγμό** αποτρέποντας την είσοδο μικροοργανισμών

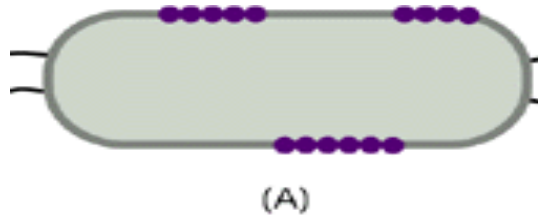
Συλλαμβάνει αλλαγές & σήματα στο περιβάλλον του κυττάρου, δίνοντας του την δυνατότητα να ανταποκρίνεται σ' αυτές

Λειτουργία Γλυκοκάλυκα

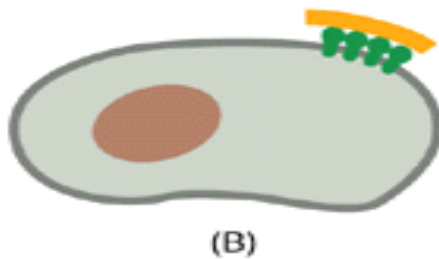
Η αναγνώριση των υδατανθρακικών ομάδων στην επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης των ουδετερόφιλων κυττάρων είναι καθοριστική για την μετανάστευση τους στο σημείο της λοίμωξης



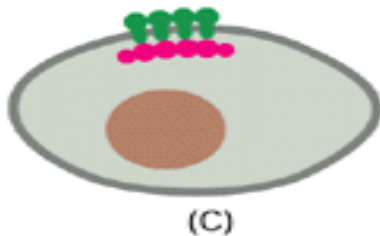
Η πλευρική κινητικότητα των πρωτεϊνών της κυτταρικής μεμβράνης μπορεί να περιοριστεί



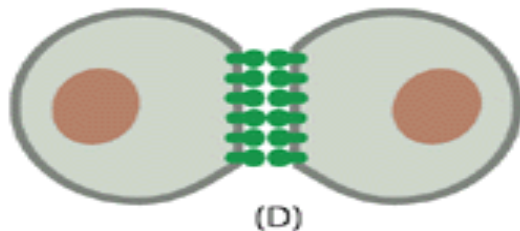
Συναθροίζονται σε συσσωματώματα (σχεδίες λιπιδίων)



Συναθροίζονται προσδεδεμένες σε μακρομόρια εξωκυττάρια



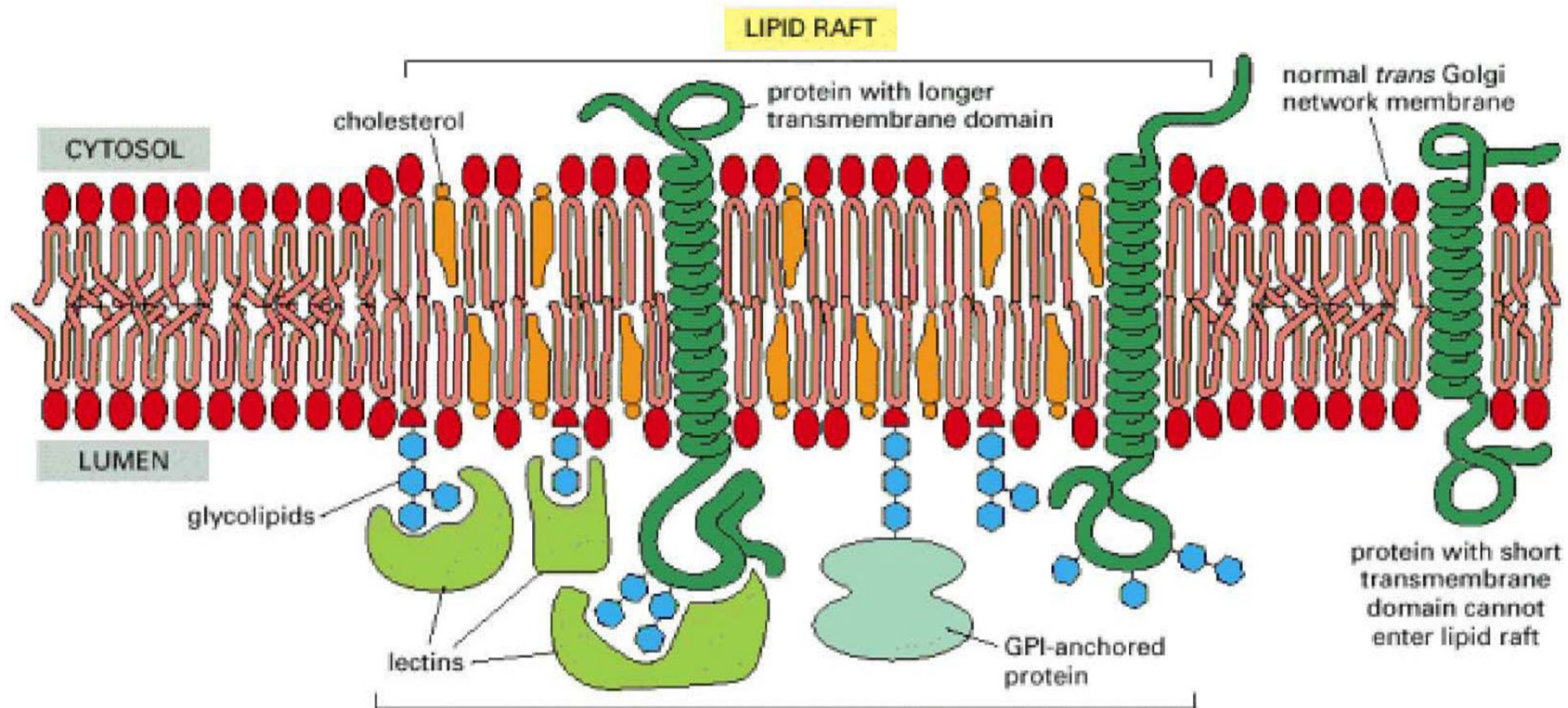
Ή ενδοκυττάρια



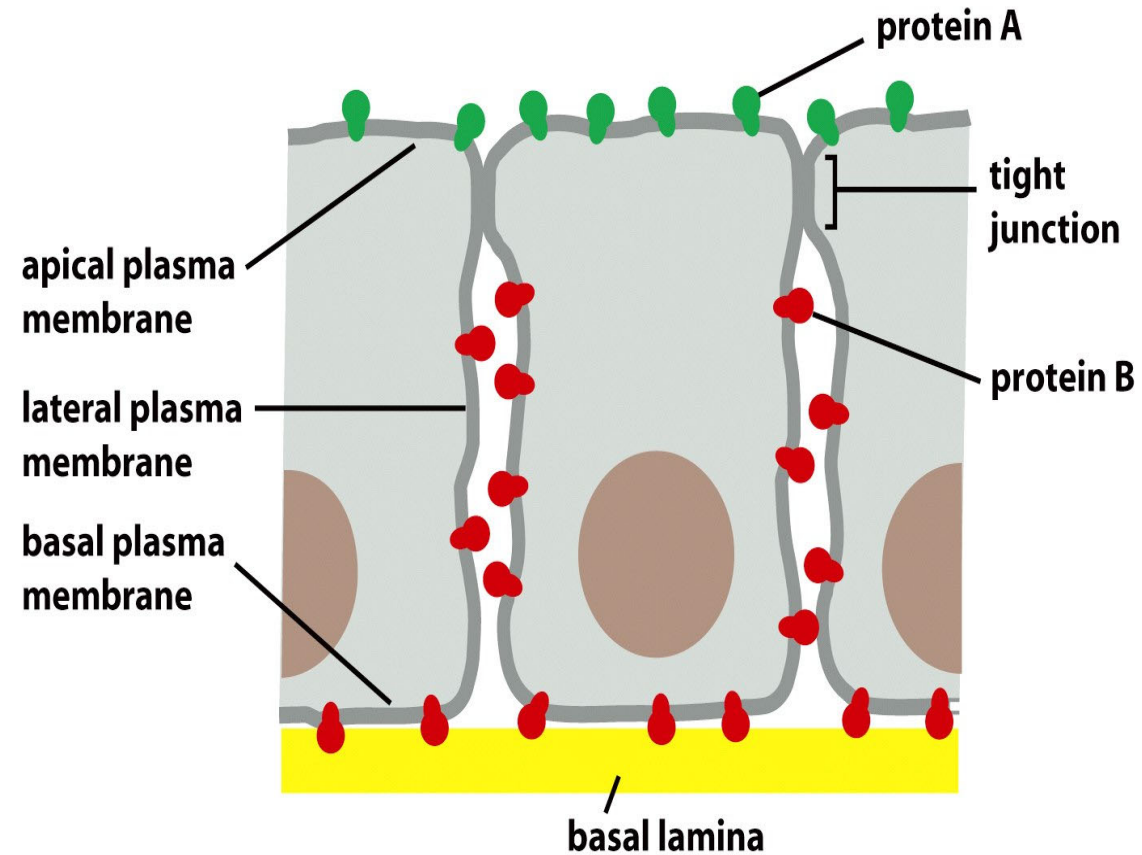
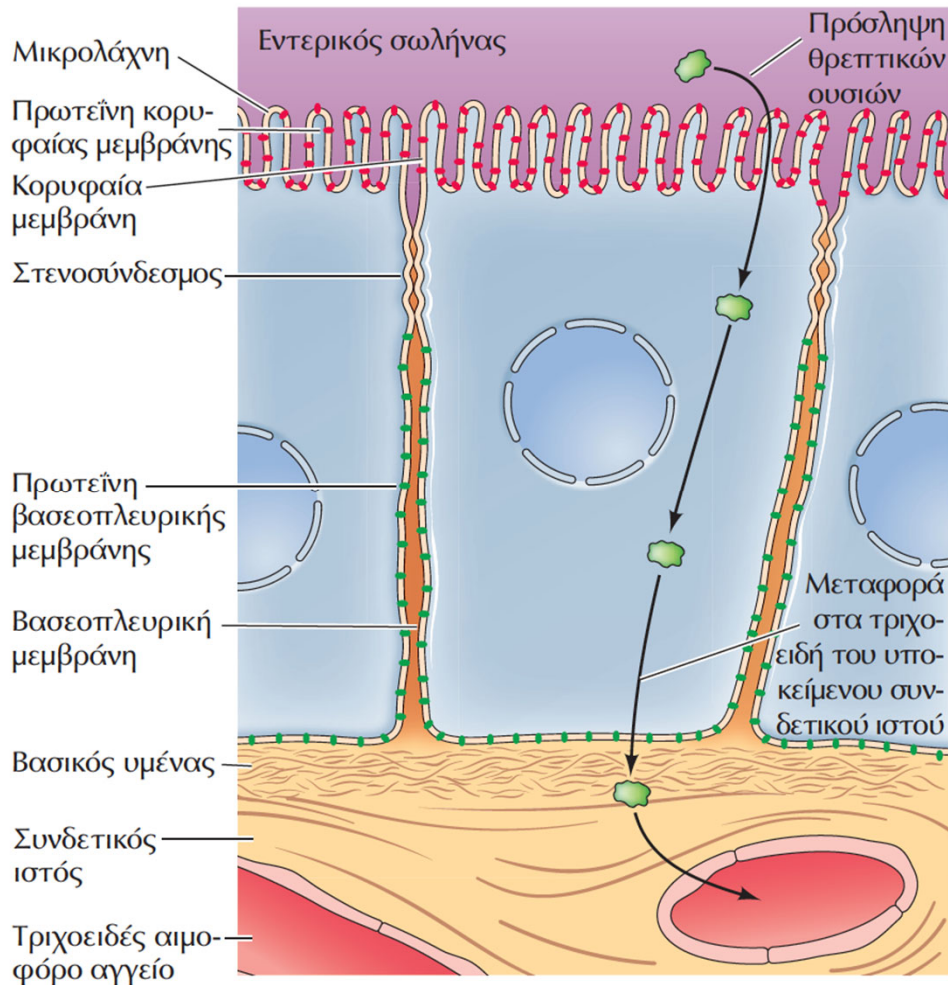
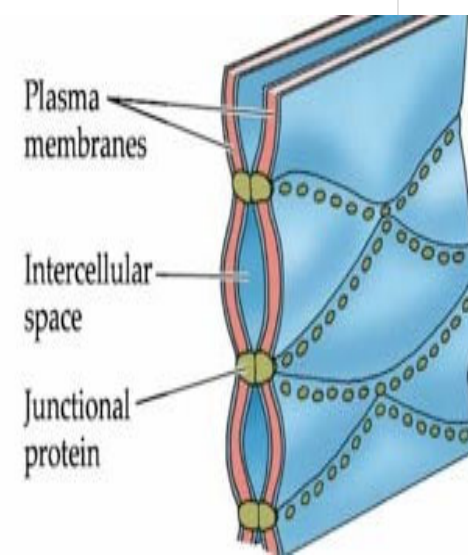
Αλληλεπιδρούν με πρωτεΐνες στην επιφάνεια άλλων κυττάρων

Λιπιδικές σχεδίες (lipid rafts) μέγεθος 100 – 200 nm.

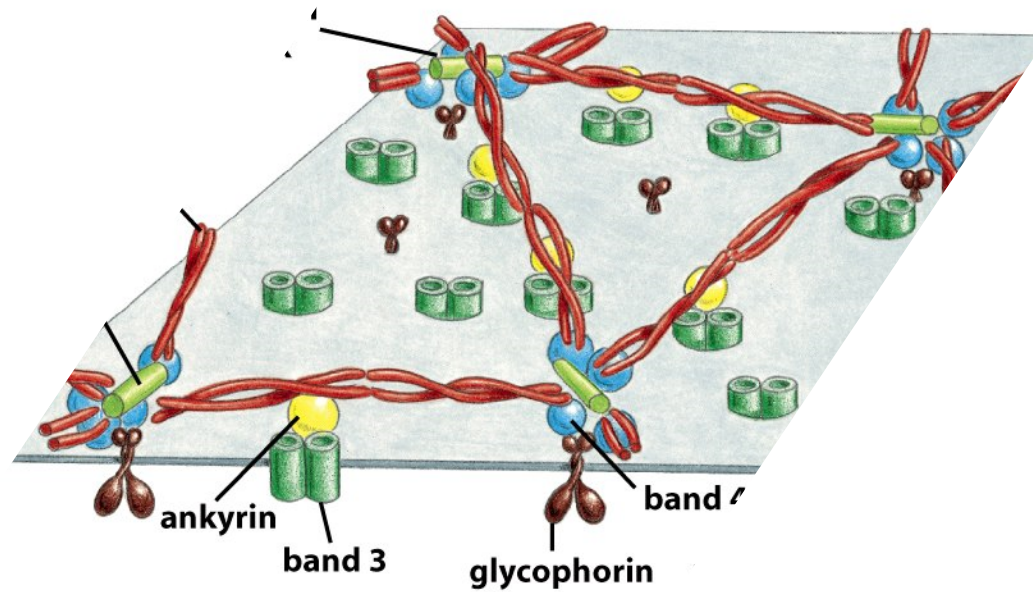
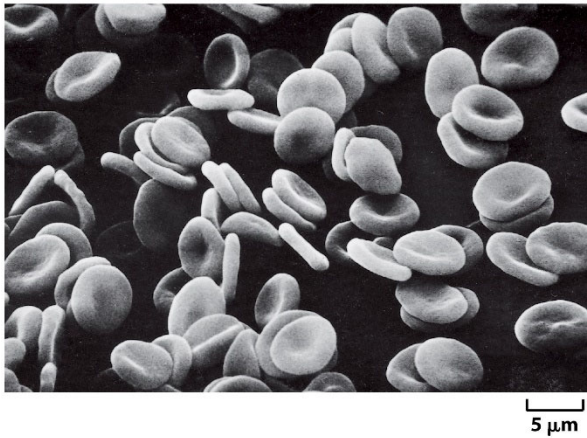
Συναθροίζουν πρωτεΐνες υποδοχείς και επάγουν την σηματοδότηση.
Έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και ποσότητα χοληστερόλης, σφιγγομυελίνης και γλυκολιπιδίων σε σχέση με την υπόλοιπη κυτταρική μεμβράνη



Η πλευρική κινητικότητα των πρωτεϊνών περιορίζεται από στενοσυνδέσμους μεταξύ κυττάρων (tight junctions)



Η μεμβράνη υποστηρίζεται ενδοκυτταρικά από τον **κυτταρικό φλοιό** (δίκτυο ινιδίων)



Ερυθρά αιμοσφαίρια: **σπεκτρίνη**

Αναθεωρημένο μοντέλο υγρού μωσαϊκού

