



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



Αθήνα

Ακ. έτος:
2024-2025

Άγγελος Παπασπυρόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής Ιστολογίας-Εμβρυολογίας
Εργαστήριο Ιστολογίας-Εμβρυολογίας, Ιατρική Σχολή

ABRAHAM L. KIERSZENBAUM | LAURA L. TRES

ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ

με στοιχεία

Κυτταρικής Βιολογίας

Εισαγωγή στην Ιστοπαθολογία

5η Αγγλική • 2η Ελληνική Έκδοση

Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης - Μετάφραση
Βασίλης Γοργούλης • Μυρσίνη Κουλούκουσα-Γιαννιού



Ιστολογία-Εμβρυολογία

Ιστολογία

Η **Ιστολογία** είναι επιστημονικός κλάδος της Βιολογίας που αντικείμενό της είναι η έρευνα της εσωτερικής μορφολογίας, της μικροσκοπικής ανατομικής των φυτικών και ζωικών ιστών και η μελέτη της λεπτής υφής των ιστών διαφόρων οργάνων του οργανισμού.

Κλασσική Μορφολογία
Μοριακή Μορφολογία
Κυτταρική Βιολογία

} **Ιστολογία**

Εμβρυολογία

Η **Εμβρυολογία** αποτελεί κλάδο της οντογενεσιολογίας, που μελετά την ανάπτυξη των εμβρύων από τη πρώτη διαίρεση του γονιμοποιημένου ωαρίου, έως ότου αυτό πάρει την οριστική του μορφή, πριν την γέννηση.

Η εμβρυολογία μελετά και συγγενείς διαταραχές που εμφανίζονται πριν από τη γέννηση.

Κύτταρο

Κύτταρο



Κύτταρα φελλού από το πρώτο οπτικό μικροσκόπιο



Πρώτο μικροσκόπιο: 1609 – Galileo Galilei

ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ



Θεμελιώδης δομική και λειτουργική μονάδα όλων των οργανισμών είναι το κύτταρο



Κάθε κύτταρο προέρχεται από ένα άλλο κύτταρο

ΕΙΔΗ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

Τα κύτταρα ανάλογα με το αν διαθέτουν πυρηνική μεμβράνη η οποία περιβάλλει το γενετικό υλικό χωρίζονται σε:

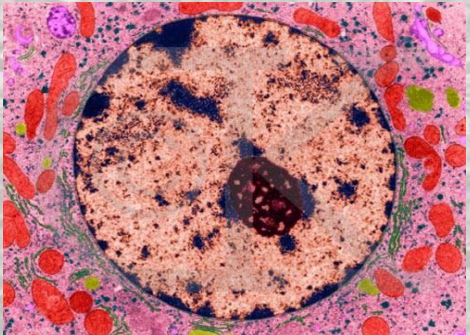
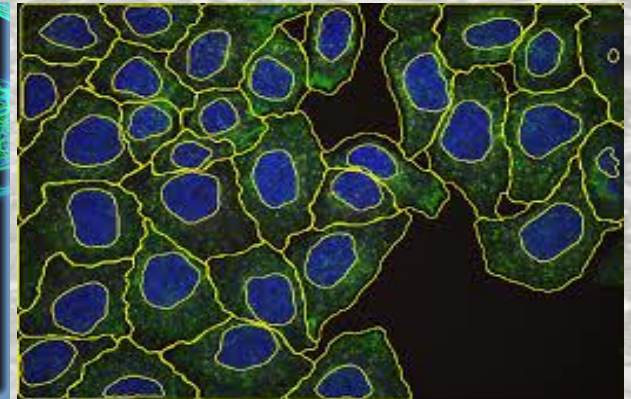
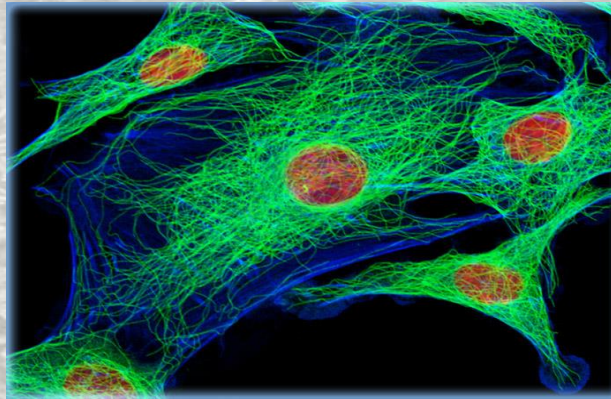
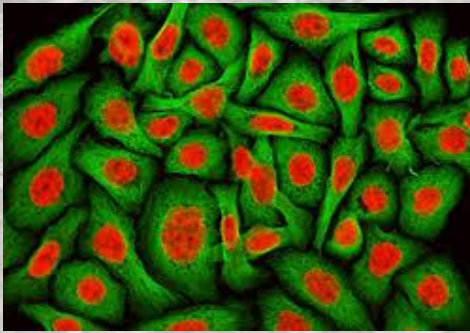
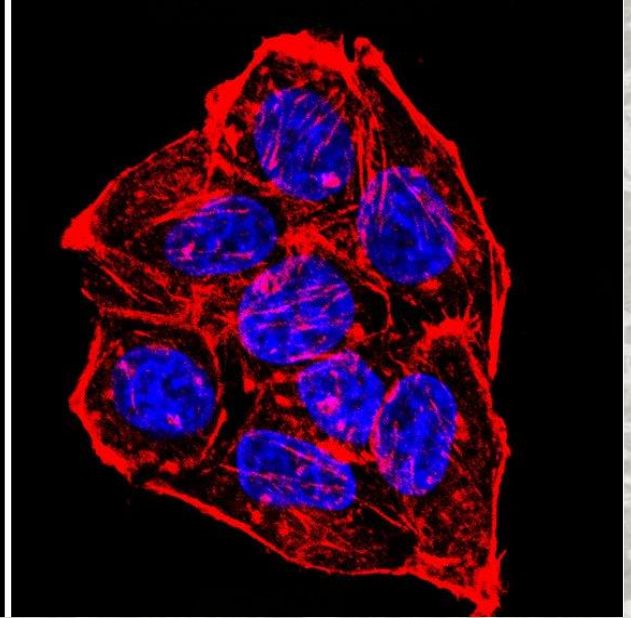
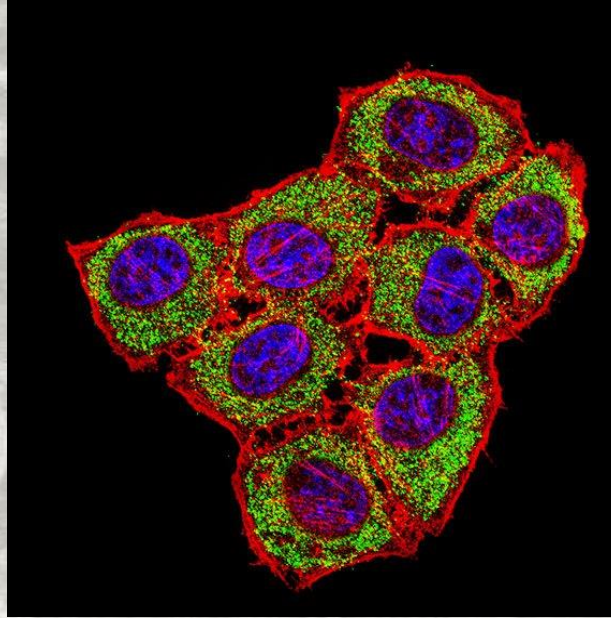
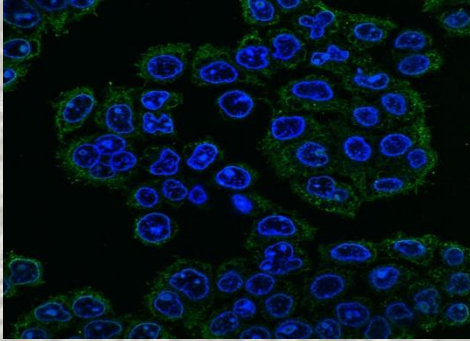


προκαρυωτικά



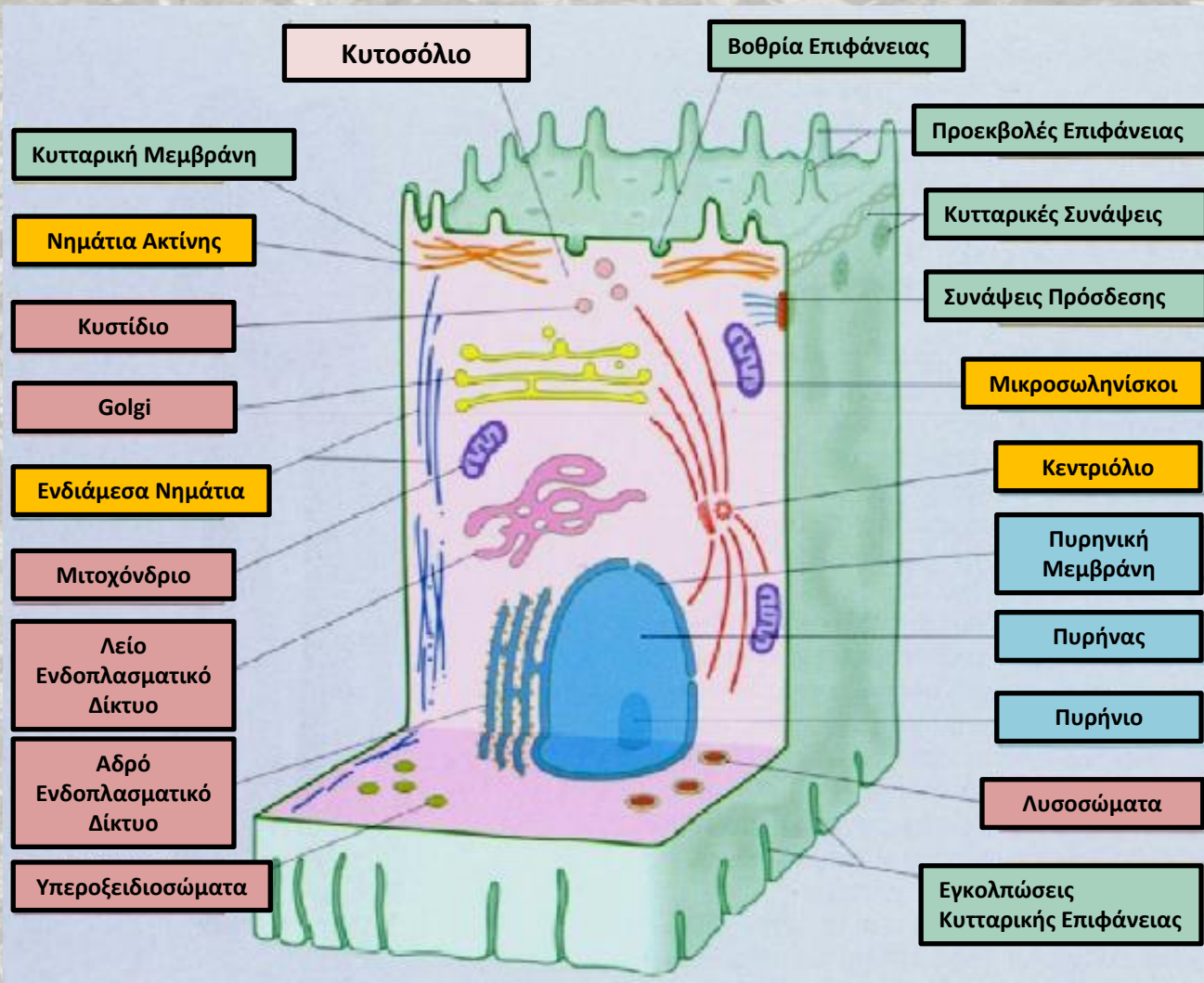
ευκαρυωτικά

Κύτταρο



Δομή του κυττάρου

Δομή του κυττάρου



Κυτταρική Μembrάνη

Κυτοσόλιο
(διάλυμα πρωτεϊνών,
ηλεκτρολυτών και
υδατανθράκων)

Κυτταρικά Οργανίδια
(εξειδικευμένες
λειτουργικές περιοχές)

Κυτταροσκελετός
(καθορισμός σχήματος
και ρευστότητας του
κυττάρου)

Πυρήνας

Μεμβράνες του κυττάρου

Μεμβράνες του κυττάρου

Κυτταροπλασματική Μεμβράνη

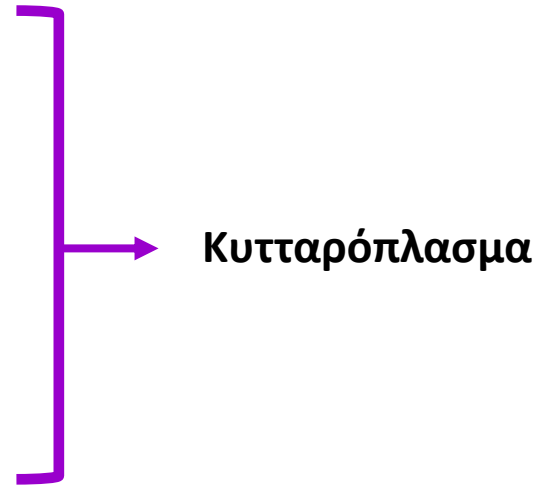
Καθορίζει τα δομικά και λειτουργικά όρια ενός κυττάρου

Ενδοκυττάριας Μεμβράνες (cytomembranes)

Διαχωρίζουν ποικίλες κυτταρικές διεργασίες σε διαμερίσματα, που ονομάζονται οργανίδια

Δομές που αφορίζονται από ενδοκυττάρια μεμβράνη

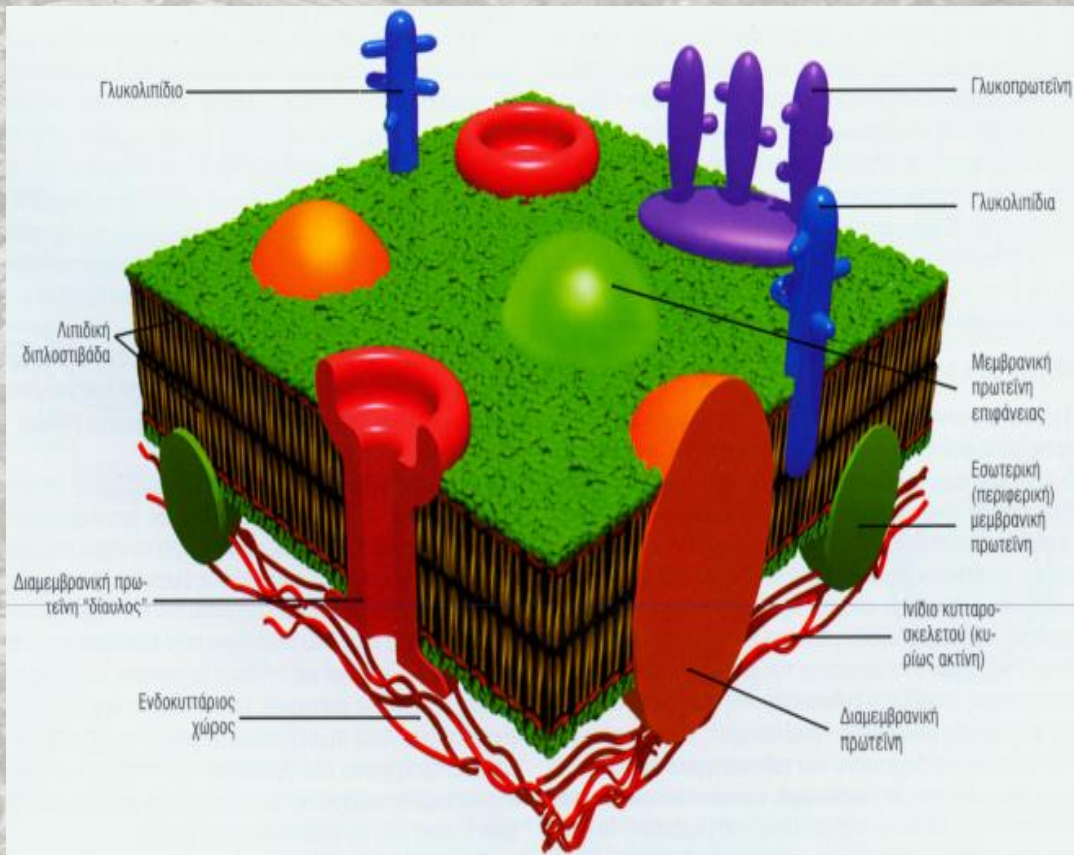
Πυρήνας
Μιτοχόνδρια
Ενδοπλασματικό Δίκτυο
Συσκευή Golgi
Κυστίδια
Λυσοσώματα
Υπεροξειδιοσώματα



Τα λιπίδια και το γλυκογόνο ΔΕΝ περιβάλλονται από μεμβράνη (**έγκλειστα - inclusions**)

Πλασματική μεμβράνη

Πλασματική Μεμβράνη

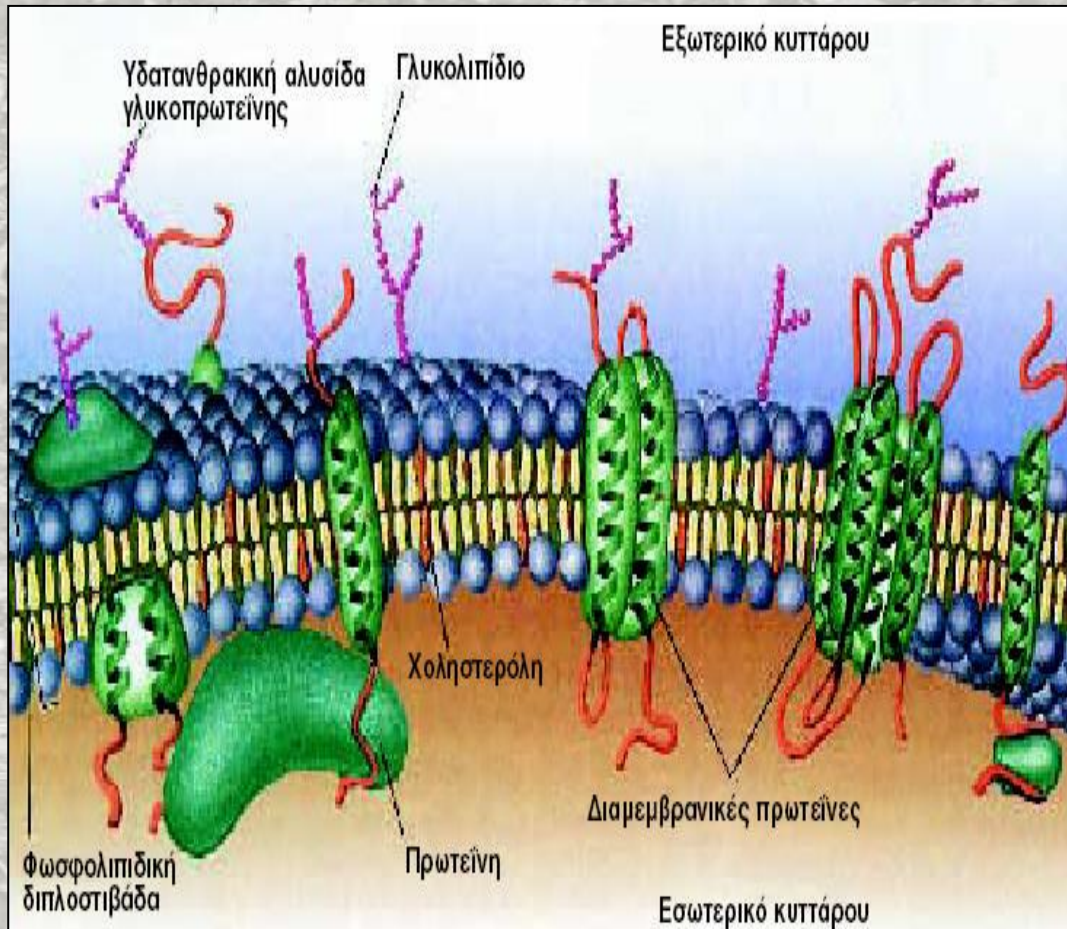


Δομείται από λιπίδια και πρωτεΐνες

**Φωσφολιπιδική
Διπλοστιβάδα:**

Διπλοστιβάδα λιπιδίων,
εξειδικευμένες πρωτεΐνες
και επιφανειακοί
υδατάνθρακες
(φραγμός μεταξύ των
υδατικών διαμερισμάτων:
εξωκυττάριου και
ενδοκυττάριου)

Δομή Πλασματικής Μembrάνης



Πλασματική μεμβράνη

- ❖ Διαχωρίζει και εξατομικεύει το κύτταρο από το περιβάλλον του. Δεν είναι ένα απλό σύνορο.
- ❖ Ελέγχει ποιες ουσίες εισέρχονται ή εξέρχονται από το κύτταρο
- ❖ Ελέγχει ουσιαστικά την επικοινωνία του κυττάρου με το περιβάλλον

Λειτουργίες Κυτταροπλασματικής Μεμβράνης

Ρευστό Μέσο: πλευρική διάχυση μεμβρανικών πρωτεϊνών, διευκόλυνση κινητικότητας κυττάρου

Ελεγχόμενη διαπερατότητα χημικών ουσιών, λόγω της πολικής σύνθεσης των μορίων των λιπιδίων (οι υδρόφοβες αλυσίδες των λιπαρών οξέων καθιστούν τις μεμβράνες αδιαπέραστες σε υδατοδιαλυτά μόρια)

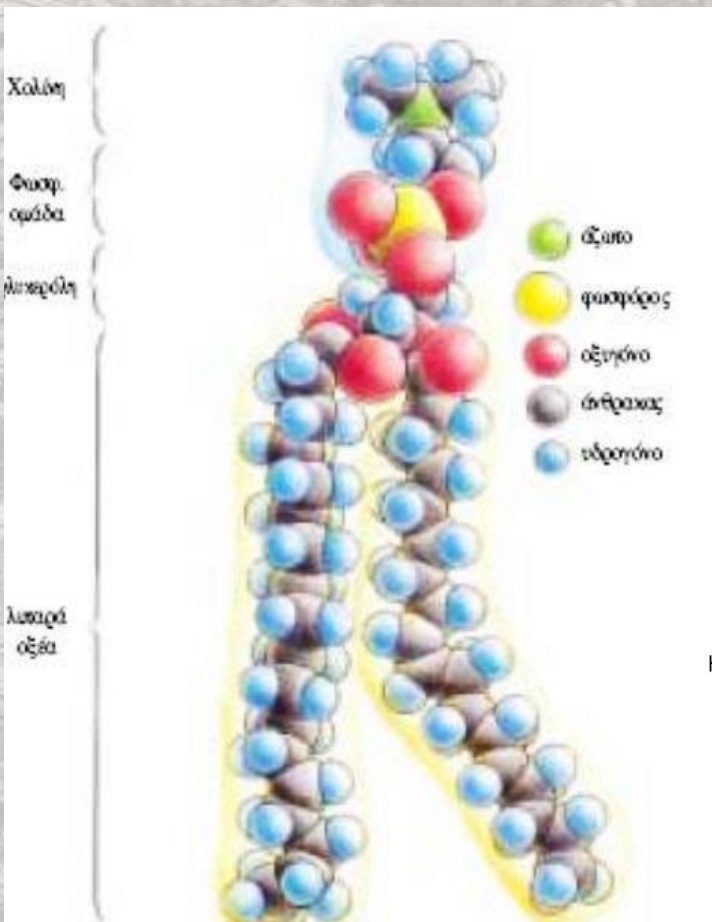
Λειτουργίες Κυτταροπλασματικής Μεμβράνης

Αυτόματη αποκατάσταση των ρηγμάτων ή μικροελλειμμάτων λόγω της πολικής σύνθεσης των μορίων των λιπιδίων

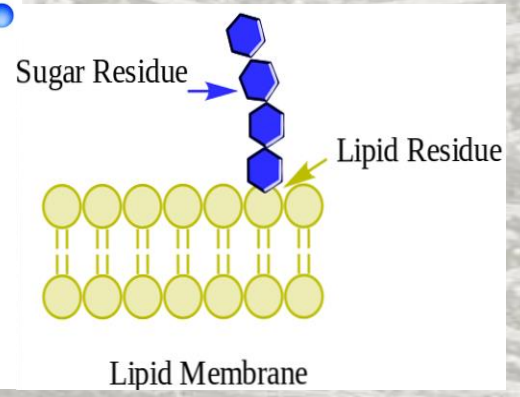
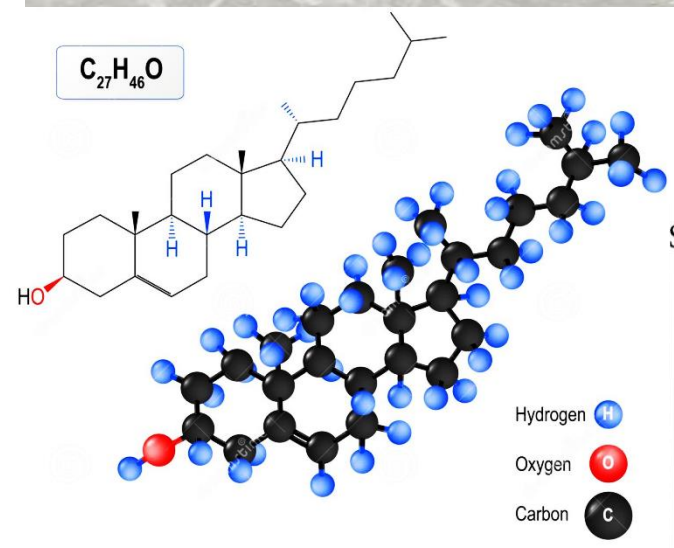
Οι **μεμβρανικές πρωτεΐνες** επιτελούν:

- ✓ Μεταφορά
- ✓ Ενζυμική δραστηριότητα
- ✓ Κυτταρική προσκόλληση
- ✓ Κυτταρική επικοινωνία

Μεμβρανικά Λιπίδια



- Φωσfolιπίδια
- Χοληστερόλη
- Γλυκολιπίδια

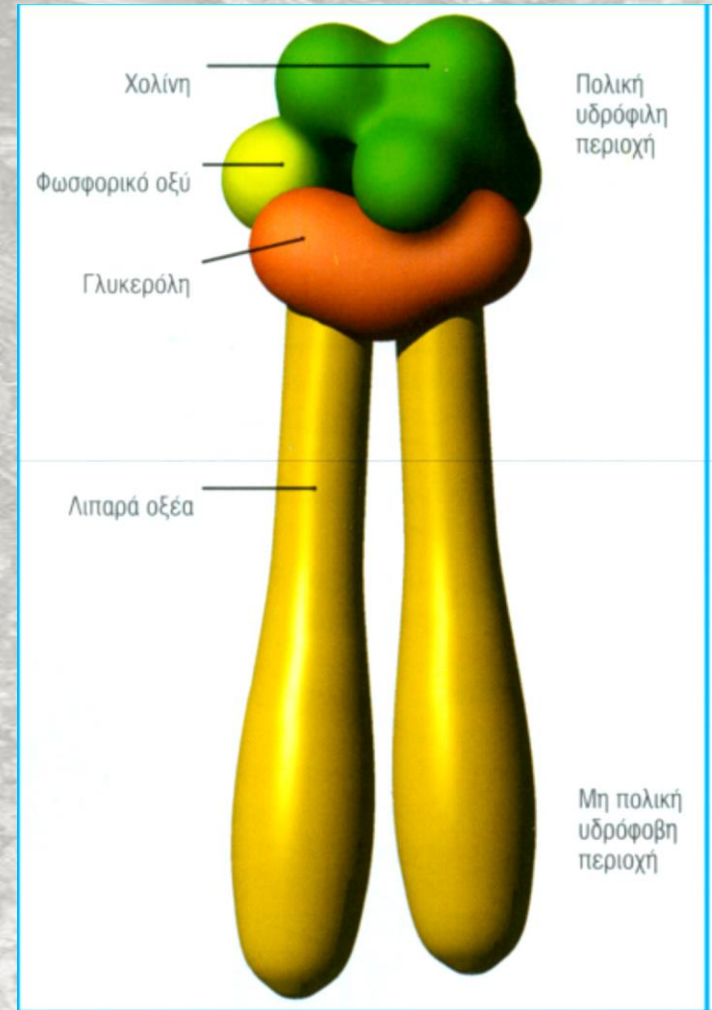


Φωσφολιπίδια

Είδη Φωσφολιπιδίων:

- Φωσφατιδυλοχολίνη
- Φωσφατιδυλοσερίνη
- Φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη
- Σφιγγομυελίνη
- Φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη

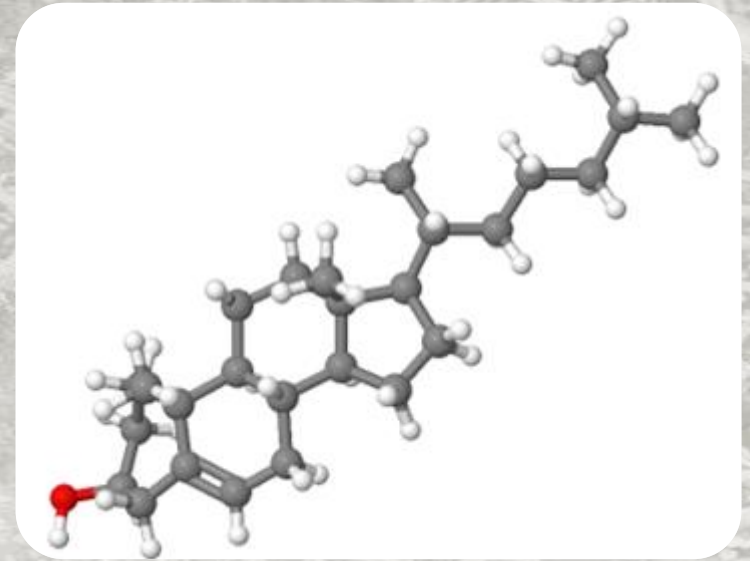
**Αποτελούν το 50% των
μεμβρανικών λιπιδίων**



Χοληστερόλη

Ίδια σχεδόν ποσότητα με τα
φωσφολιπίδια

- Δομή άκαμπτου δακτυλίου
- Περιορίζει την κίνηση των παρακείμενων φωσφολιπιδίων (εισέρχεται στα κενά ανάμεσα στα φωσφολιπιδικά μόρια)
- Δίνει στη μεμβράνη λιγότερη ρευστότητα, αλλά μεγαλύτερη μηχανική σταθερότητα



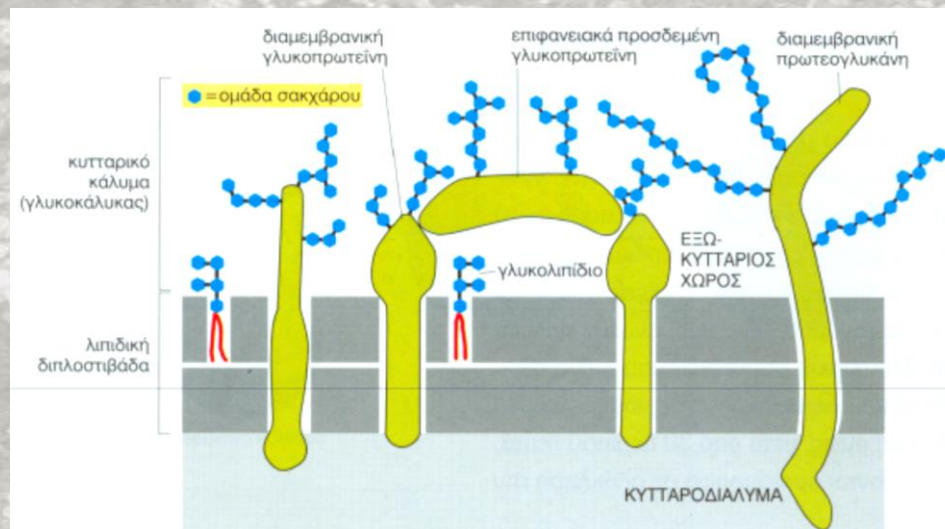
Γλυκολιπίδια

Είδη γλυκολιπιδίων

- Σφίγγολιπίδια
- Γαλακτοκερεβροσίδια
- Γαγγλιοσίδια

Βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια των κυτταρικών μεμβρανών με εκτεθειμένο το σάκχαρό τους στον εξωκυττάριο χώρο.

Εμπλέκονται στην κυτταρική επικοινωνία.



Μεμβρανικοί Υδατάνθρακες

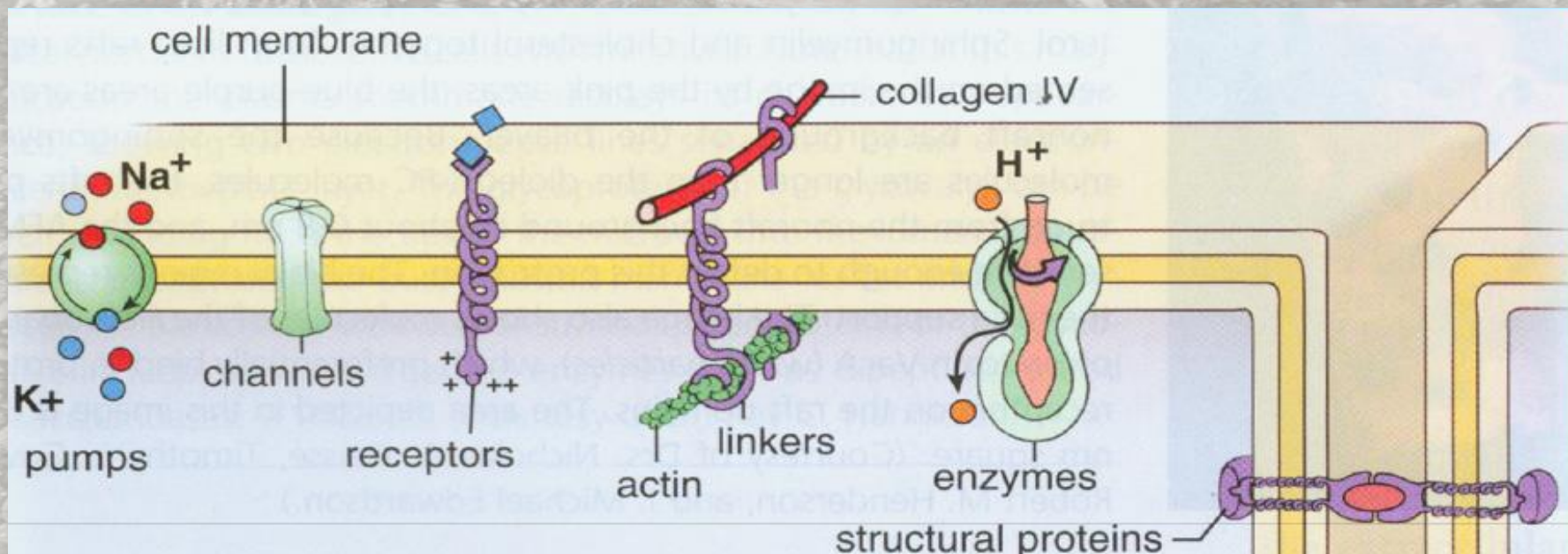
- Η εξωκυττάρια περιοχή της κυτταρικής μεμβράνης είναι γλυκοζυλιωμένη από τα υδαταναθρακικά τμήματα των γλυκολιπιδίων και των γλυκοπρωτεϊνών.
- Οι μεμβρανικοί υδατάνθρακες βρίσκονται στις μεμβρανικές επιφάνειες και δημιουργούν ένα υδατανθρακικό κάλυμμα, τον γλυκοκάλυκα.
- Ο γλυκοκάλυκας προστατεύει την κυτταρική επιφάνεια από μηχανικές ή χημικές βλάβες, αναγνωρίζει και συγκολλά τα κύτταρα μεταξύ τους.

Ολιγοσακχαρίτες + πρωτεΐνες = γλυκοπρωτεΐνες

Πολυσακχαρίτες + πρωτεΐνες = πρωτεογλυκάνες

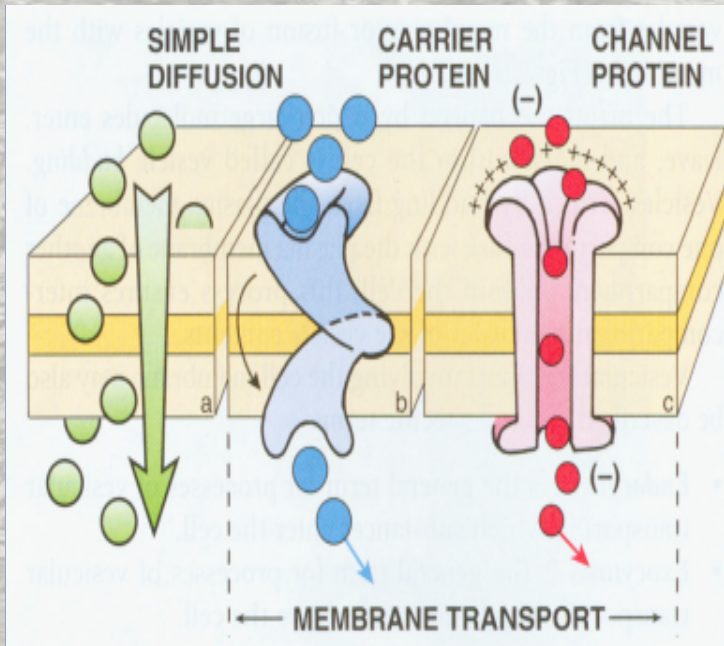
Σάκχαρα + λιπίδια = γλυκολιπίδια

Μεμβρανικές πρωτεΐνες



- Φέρουν σε επαφή τα νημάτια του κυτταροσκελετού με την κυτταρική μεμβράνη.
- Φέρουν σε επαφή τα κύτταρα με την εξωκυττάρια ουσία.
- Μεταφέρουν μόρια μέσα και έξω από τα κύτταρα (πρωτεΐνες-μεταφορείς, πρωτεΐνες-αντλίες, διάυλοι)
- Λειτουργούν ως υποδοχείς για τη λήψη σημάτων από άλλα κύτταρα
- Παρουσιάζουν ειδική ενζυμική δραστηριότητα.

Μεταφορά μέσα και έξω από τα κύτταρα



- Τα περισσότερα βιολογικά μόρια δεν μπορούν να διαπεράσουν τη φωσfolιπιδική στιβάδα.
- Ειδικές μεταφορικές πρωτεΐνες μεσολαβούν για την επιλεκτική δίοδο μορίων από τη μία πλευρά στην άλλη, ενώ το κύτταρο διατηρεί την εσωτερική του σύνθεση.

- **Απλή ή παθητική διάχυση (passive diffusion)** λόγω της κλίσης συγκέντρωσης μεταξύ των δύο πλευρών της κυτταρικής μεμβράνης: μικρά υδροφόρα μόρια, αέρια (O_2 , CO_2 , N_2), ή μη-φορτισμένα πολικά μόρια (H_2O , γλυκερόλη, αιθανόλη)

Μεταφορά μέσα και έξω από τα κύτταρα

Μεμβρανικές Πρωτεΐνες Μεταφοράς: Εκλεκτική Μεταφορά όπως γλυκόζη, μικρών ιόντων (Na^+/K^+ , H^+), φορτισμένων μορίων, υδρόφιλων μορίων, όπου δεν μπορούν να διαπεράσουν το υδρόφοβο εσωτερικό μέρος της διπλοστιβάδας.

Υποβοηθούμενη διάχυση (facilitated diffusion): όπως η παθητική, η μεταφορά μορίων ανάλογα με την κλίση συγκέντρωσής τους, καθώς και η μεταφορά ηλεκτρικού δυναμικού εκατέρωθεν της μεμβράνης, όμως προϋποθέτει τα εξής:

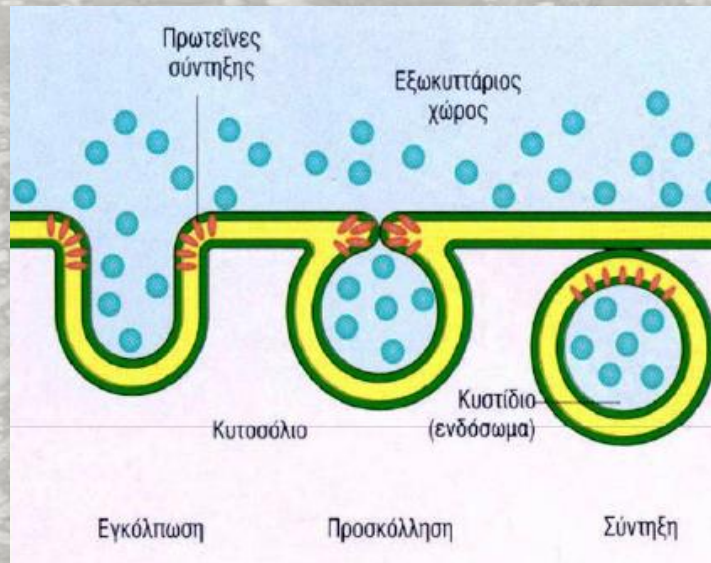
Πρωτεΐνες-Μεταφορείς: Φέρουν θέσεις δέσμευσης για συγκεκριμένα μόρια που πρόκειται να μεταφερθούν (σάκχαρα, αμινοξέα, νουκλεοτίδια)

Πρωτεΐνες-Δίαυλοι: Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες που σχηματίζουν μικρούς υδρόφιλους πόρους (πύλες) στη μεμβράνη (γρήγορη μεταφορά ιόντων, εξαιρετικά εκλεκτικές ως προς το μοριακό μέγεθος και το φορτίο (δεν είναι πάντα ανοιχτές)

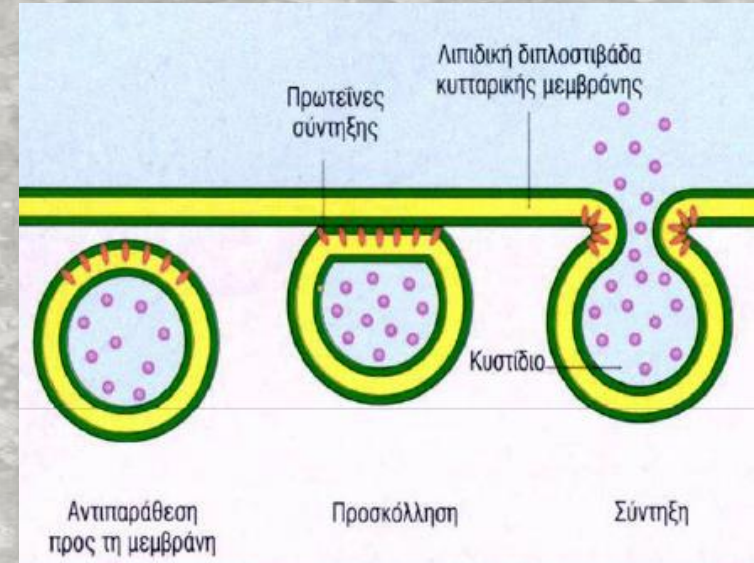
Δίαυλοι ελεγχόμενοι από το συνδέτη, τασο-ελεγχόμενοι διάυλοι.

Κυστιδιακή Μεταφορά Ουσιών

Ενδοκυττάρωση



Εξωκυττάρωση



Ενδοκυττάρωση (endocytosis): μεταφορά εξωκυττάριου υλικού από την πλασματική μεμβράνη μέσα στο κύτταρο, μέσω ενδοσωμάτων που σχηματίζονται από τα επικαλυμμένα κυστίδια.

Εξωκυττάρωση (exocytosis, secretory pathway): απέκκριση υλικού από τα κύτταρα στον εξωκυττάριο χώρο με συνένωση κυστιδίων με την επιφανειακή κυτταρική μεμβράνη.

Κυστίδια από το ΕΔ → μέσω συσκευής Golgi → πλασματική μεμβράνη

Κυστιδιακή Μεταφορά Ουσιών

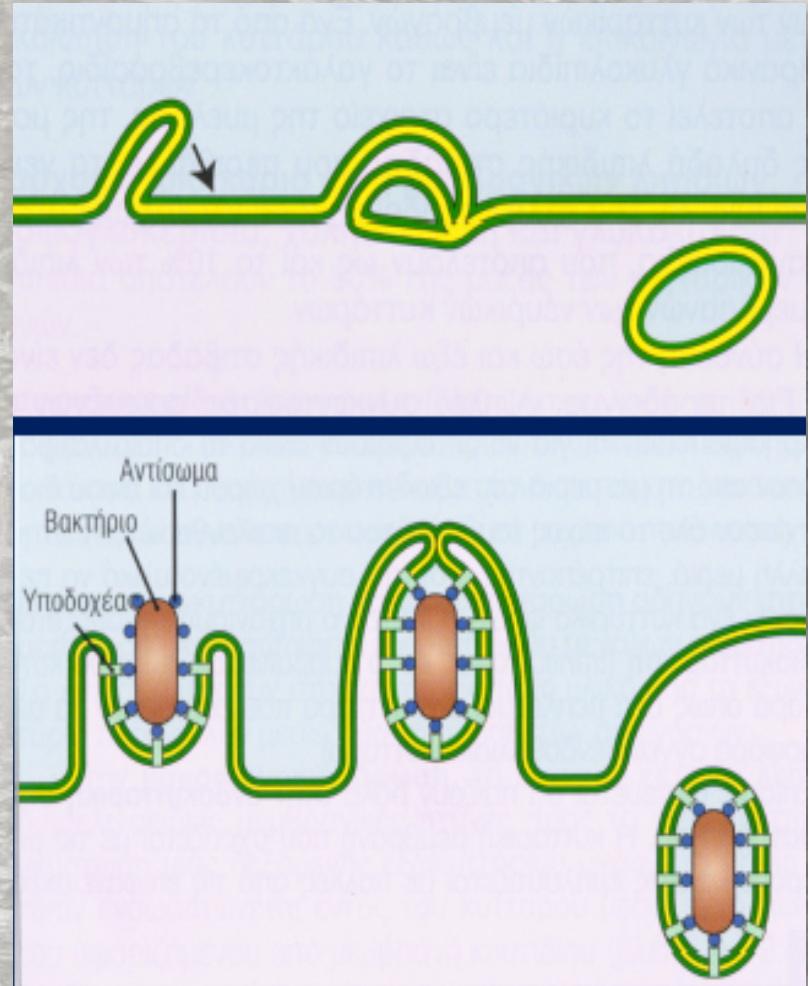
Πινοκυττάρωση ή Κυτταροποσία: μεταφορά υγρών και μικρών μορίων μέσα στο κύτταρο μέσω ενδοσωμάτων (<50 nm)

Επικαλυμμένα Κυστίδια ή Βοθρία: εγκοιλώσεις κυτταρικής μεμβράνης που στερεώνονται με κλαθρίνη → ενδοκυττάρωση με μεσολάβηση υποδοχέα.

Μικροκοιλάνσεις: εγκοιλώσεις κυτταρικής μεμβράνης που στερεώνονται με καβεολίνη

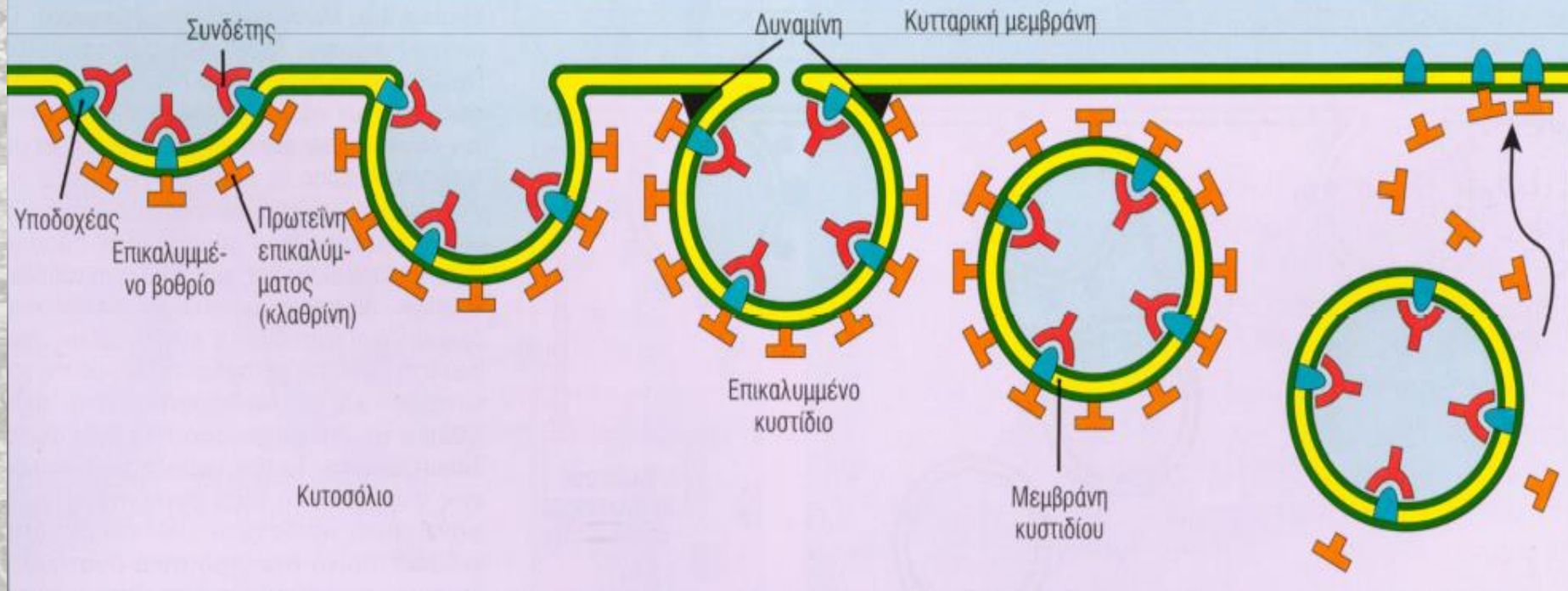
Μακροπινοκυττάρωση: πρόσληψη μεγάλης ποσότητας υγρού με έκταση λεπτών ημισελινοειδών μεμβρανικών πτυχών → εγκόλπωση → κυστίδιο

Φαγοκυττάρωση: Πρόσληψη/εγκόλπωση ξένου σωματιδίου με προσεκβολές της κυτταρικής μεμβράνης → εσωτερίκευση και αποδόμηση του σωματιδίου



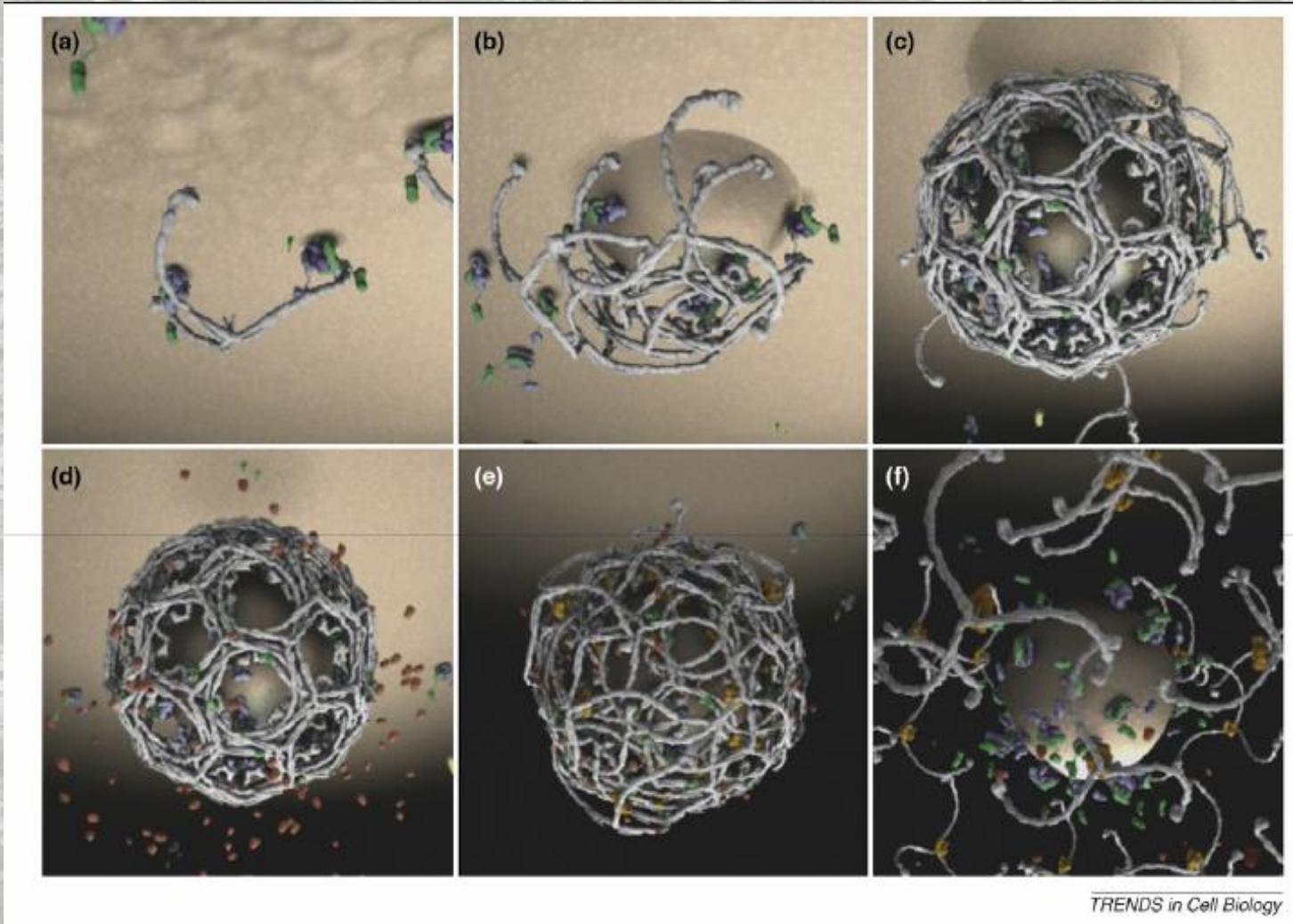
Επικαλυμμένα Βοθρία

Ενδοκυττάρωση με μεσολάβηση υποδοχέα

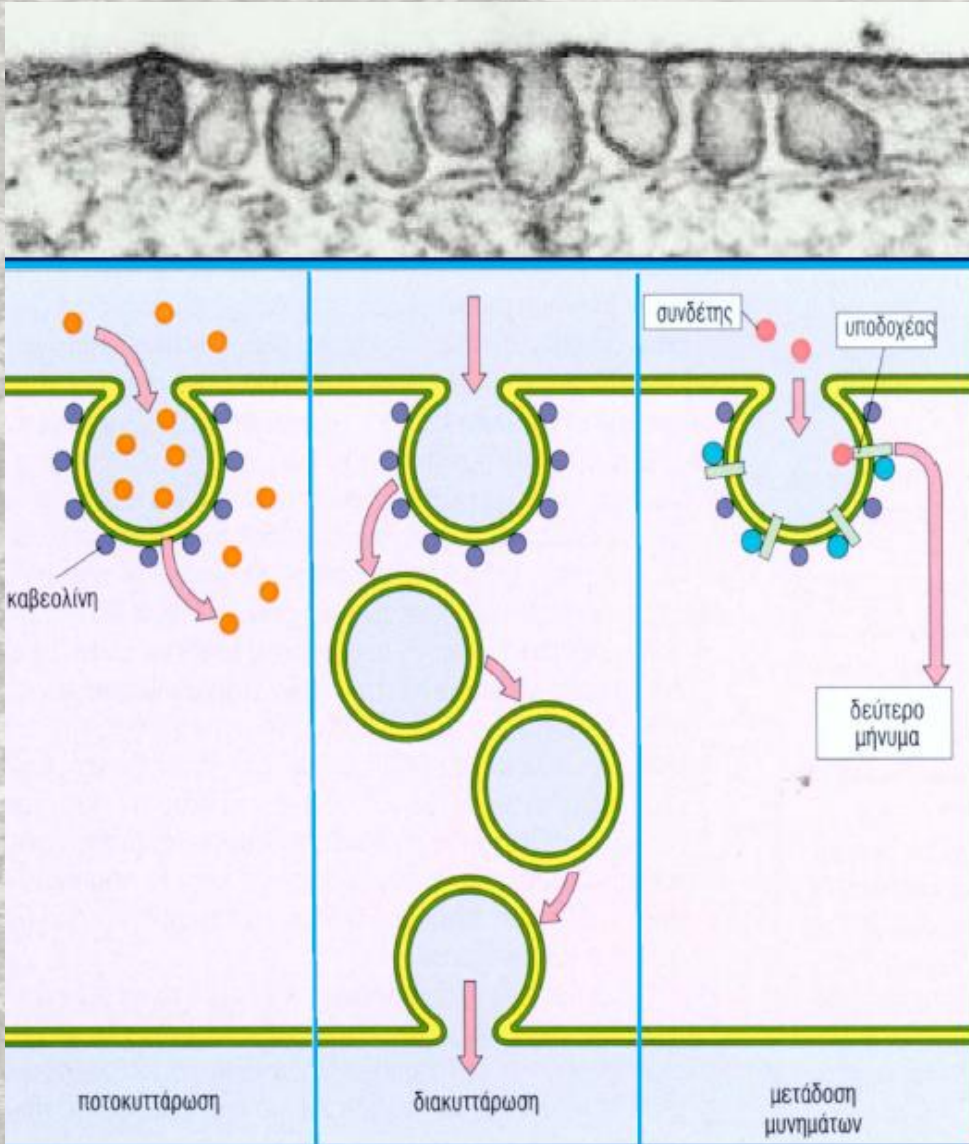


Επικαλυμμένα Βοθρία

Επικαλυμμένα Βοθρία: εγκολπώσεις κυτταρικής μεμβράνης που στερεώνονται με κλαθρίνη



Μικροκοιλάνσεις



Ποτοκυττάρωση: μικρά μόρια δεσμεύονται σε υποδοχείς των μικροκοιλάνσεων, συγκεντρώνονται και μεταφέρονται μέσα στο κύτταρο.

Οι μικροκοιλάνσεις παραμένουν σαν εγκολπώσεις και δεν σχηματίζουν κυστίδια.

Διακυττάρωση: μεταφορά υλικού από τη μία μεριά του εξωκυττάριου χώρου στην άλλη με τη διαμεσολάβηση των μικροκοιλάνσεων που σχηματίζουν κυστίδια.

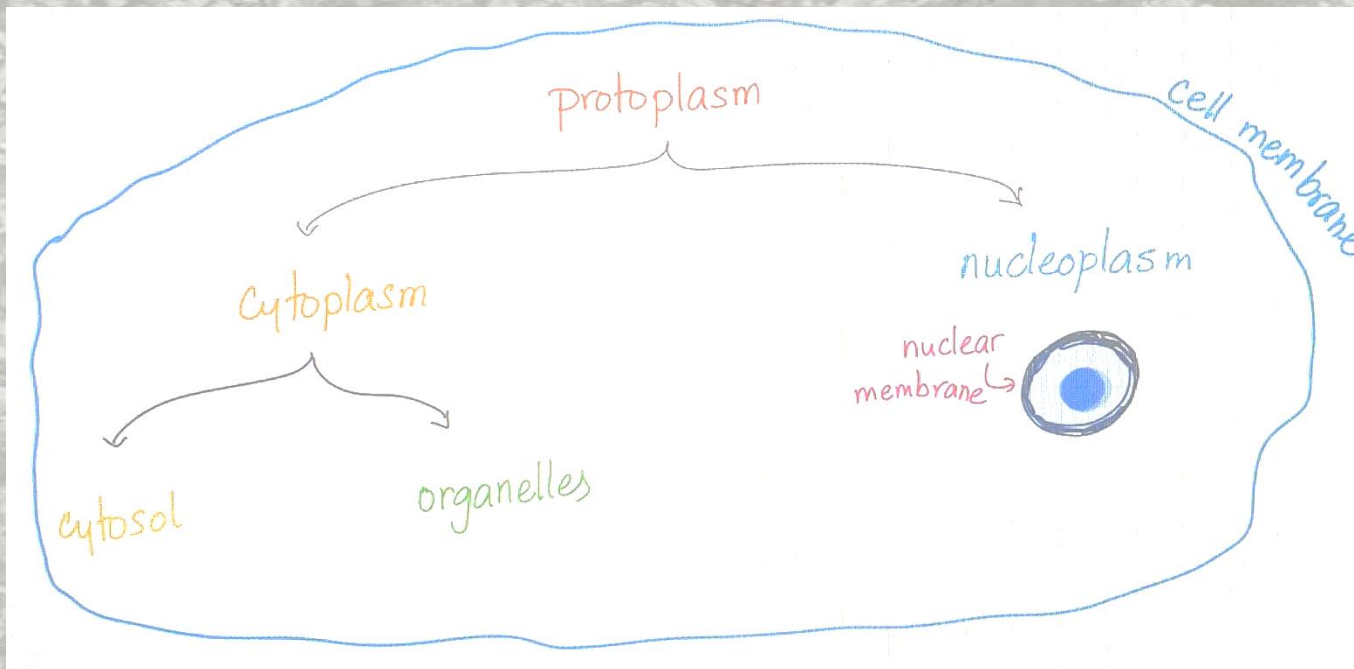
Ενδοκυτταρική Σηματοδότηση: μέσω υποδοχέων στις μικροκοιλάνσεις, εξωκυττάρια μόρια ενεργοποιούν ενδοκυτταρικά σηματοδοτικά συστήματα δεύτερου αγγελιοφόρου

Κυτταρόπλασμα

Κυτοσόλιο-Κυτταρόπλασμα

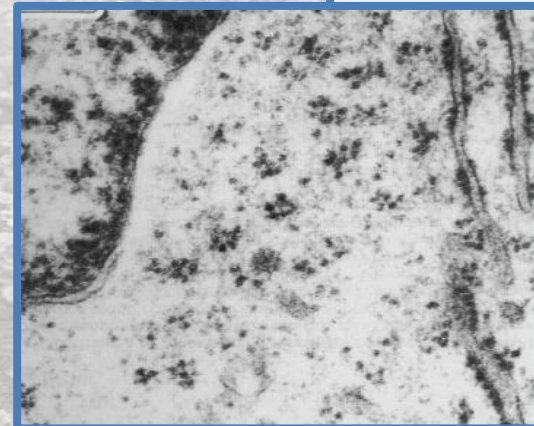
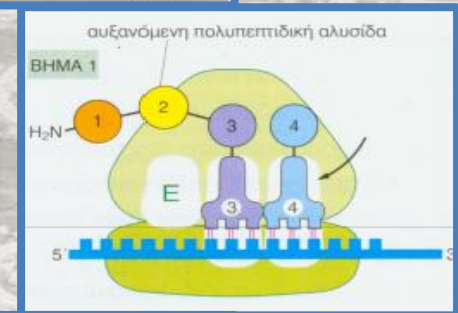
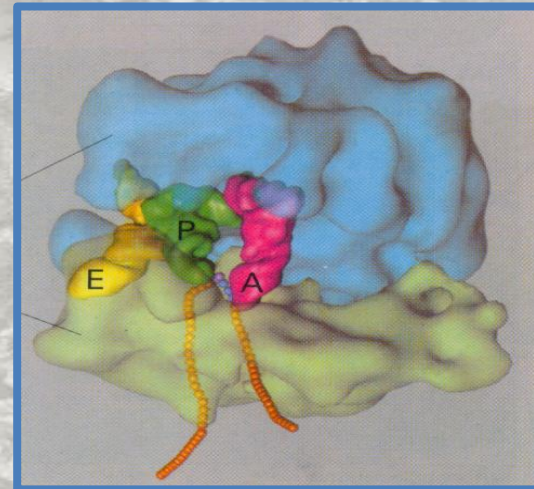
Συμπυκνωμένο, παχύρευστο υγρό που περιέχει:

- Άφθονα ενζυμικά στοιχεία
- Νηματοειδείς πρωτεΐνες που σχηματίζουν τον κυτταροσκελετό
- Προϊόντα μεταβολισμού (γλυκογόνο, ελεύθερα λιπίδια)
- Πολυάριθμα ριβοσώματα



Ριβοσώματα

- ✓ Μικρά σωματίδια που επιτελούν την πρωτεϊνοσύνθεση.
- ✓ Συγκροτούνται από μία μικρή υπομονάδα που συνδέεται με το αγγελιοφόρο RNA (mRNA) και μία μεγάλη υπομονάδα που συνδέεται με το μεταφορικό RNA (tRNA) και καταλύει το σχηματισμό των πεπτιδικών δεσμών κατά τη σύνθεση του πεπτιδίου.
- ✓ Αποτελούνται από rRNA που παράγεται στον πυρηνίσκο και από ριβοσωμικές πρωτεΐνες. Η παρασκευή των υπομονάδων γίνεται στον πυρήνα.



Κυτταρικά οργανίδια

Μιτοχόνδρια

Παραγωγή ενέργειας μέσω οξειδωτικής φωσφορυλίωσης

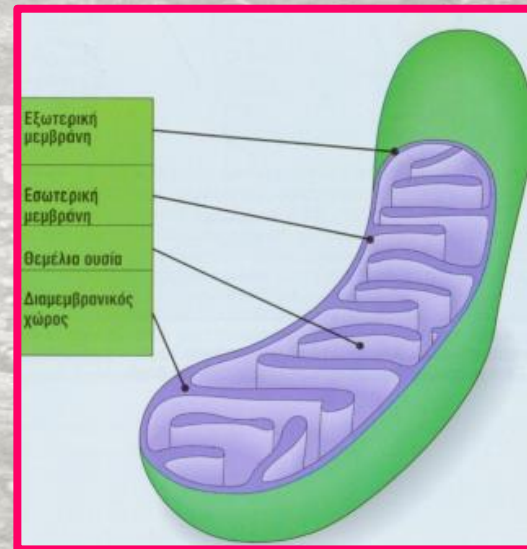
Αποτελούνται από:

Εξωτερική μεμβράνη

Εσωτερική μεμβράνη → ακρολοφίες

Διαμεμβρανικός χώρος
Θεμέλια ουσία ή μήτρα

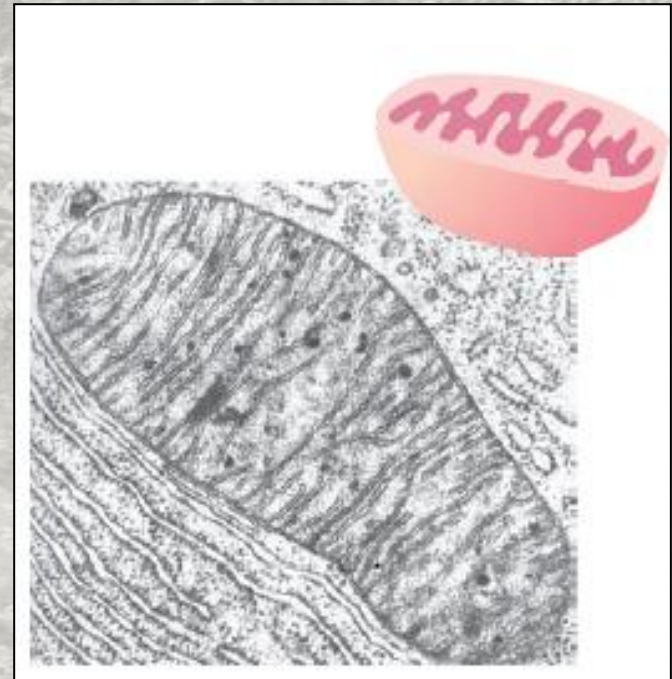
Περιέχουν δικό τους DNA, RNA και συστήματα πρωτεϊνοσύνθεσης



Μιτοχόνδρια

Μιτοχόνδρια

- ❖ Έχουν σχήμα επίμηκες, σφαιρικό ή ωοειδές
- ❖ Ο ρόλος τους είναι να εξασφαλίζουν ενέργεια, που είναι απαραίτητη για τις λειτουργίες του κυττάρου
- ❖ Ο αριθμός τους ποικίλλει ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες του κυττάρου
- ❖ Π.χ. τα μυϊκά κύτταρα του ανθρώπου διαθέτουν πολλά μιτοχόνδρια, ενώ άλλα έχουν λιγότερα



Ενδοπλασματικό Δίκτυο (ΕΔ)

- ✓ Σύστημα πολυπτυχτών πεπλατυμένων μεμβρανικών σχηματισμών (ενδοκυττάρια μεμβράνη) ή επιμηκών σωλήνων.
- ✓ Η έκτασή τους εξαρτάται από τις απαιτήσεις του κυτταρικού μεταβολισμού και αποτελούνται από διαύλους, σωληνάρια, κυστίδια.
- ✓ **Λειτουργίες:**
 - Βιοσύνθεση και μεταφορά πρωτεϊνών και λιπιδίων
 - Αποθήκευση εξωκυττάριου ασβεστίου

Διακρίνεται σε Αδρό και Λείο ΕΔ

Αδρό Ενδοπλασματικό Δίκτυο (ΕΔ)

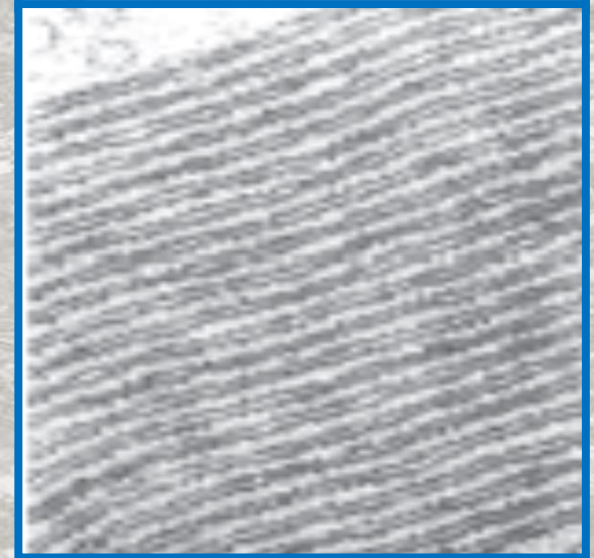
✓ Σύστημα πολυπτυχτών πεπλατυμένων μεμβρανικών σχηματισμών με προσκολλημένα ριβοσώματα στην επιφάνειά τους

✓ Ρόλος:

Βιοσύνθεση μεμβρανικών ή εκκρινόμενων πρωτεϊνών (άφθονο σε ινοβλάστες, οστεοβλάστες, οδοντοβλάστες νευρικά κύτταρα)

✓ Λειτουργίες:

Μετα-μεταφραστική τροποποίηση πρόσφατα σχηματισμένων πολυπεπτιδίων, γλυκοζυλίωση πρωτεϊνών, συνάθροιση πολυαλυσιδικών αμινοξέων, σύνθεση φωσφολιπιδίων

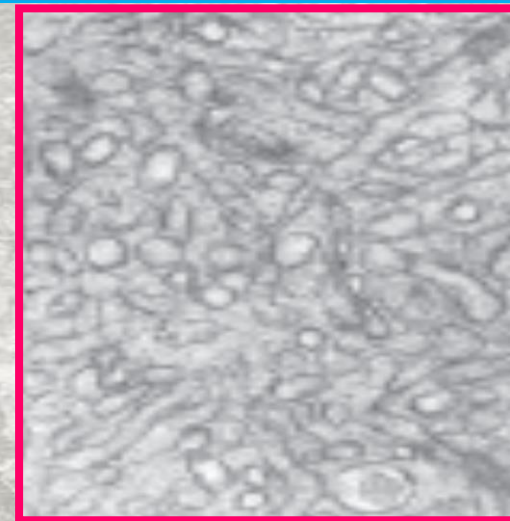
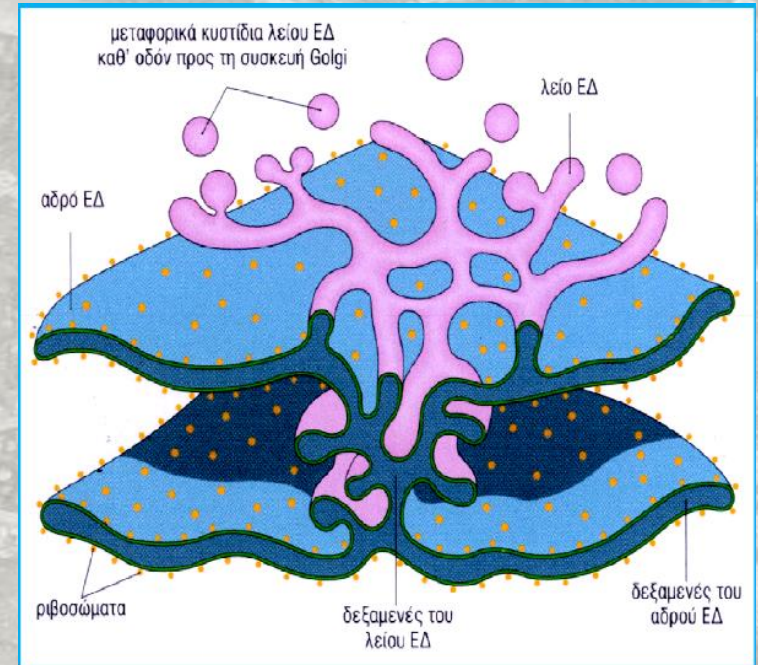


Λείο Ενδοπλασματικό Δίκτυο (ΕΔ)

✓ Σύστημα μεμβρανών, όπου γίνεται η επεξεργασία των πρωτεϊνών και η σύνθεση των λιπιδίων και των φωσfolιπιδίων της μεμβράνης

✓ ΔΕΝ φέρει ριβοσώματα

Η σύνθεση των φωσfolιπιδίων γίνεται κυρίως στην εξωτερική επιφάνεια του Λείου Ενδοπλασματικού Δικτύου και στη συνέχεια μεταπηδούν στο έσω μεμβρανικό τμήμα με τη βοήθεια ειδικών πρωτεϊνών μεταφοράς, των φλιπασών.



Σύμπλεγμα ή Συσκευή Golgi

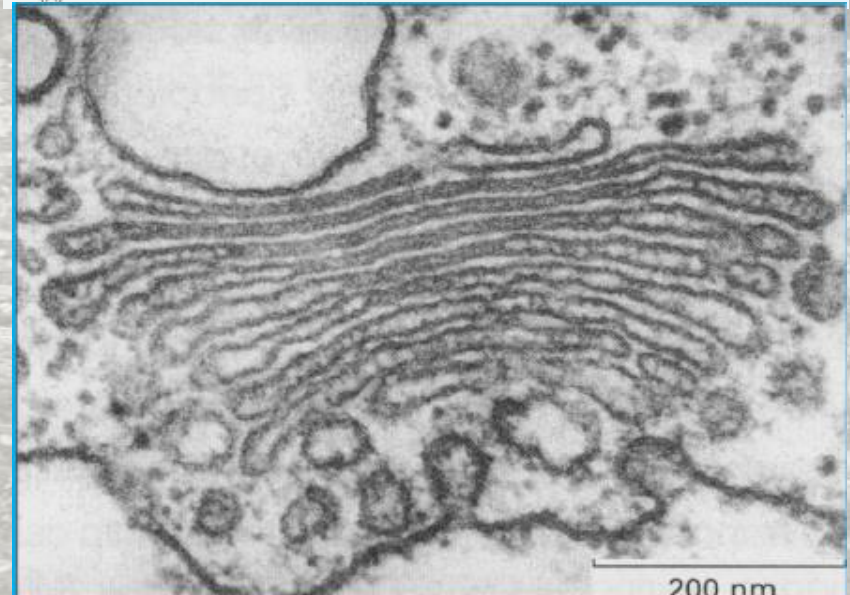
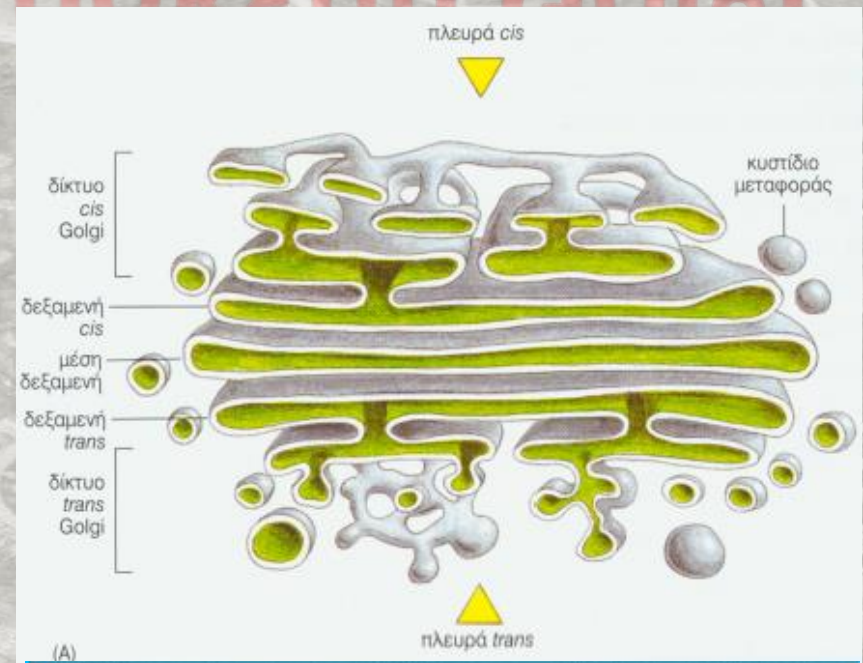
✓Σύστημα πεπλατυσμένων σάκων (δεξαμενές) που περιβάλλονται από μεμβράνες. Τοποθετούνται υπό τη μορφή στοίβας.

✓Διαθέτουν 3 λειτουργικά τμήματα:

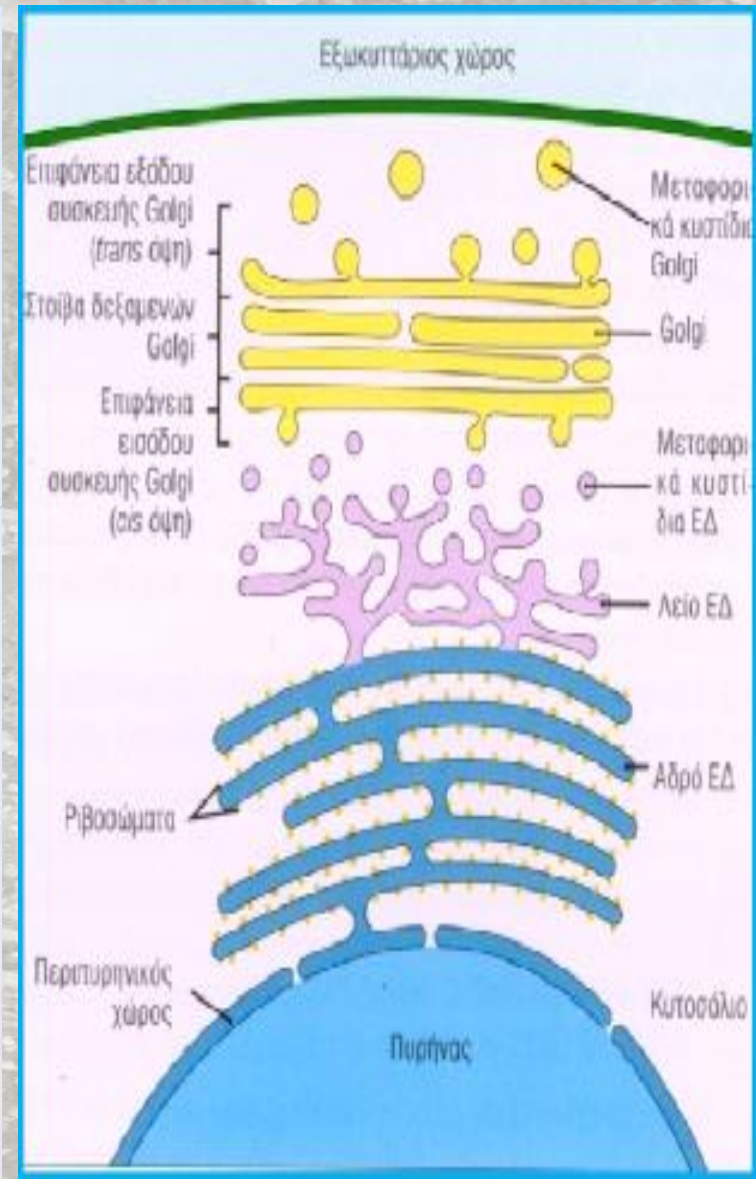
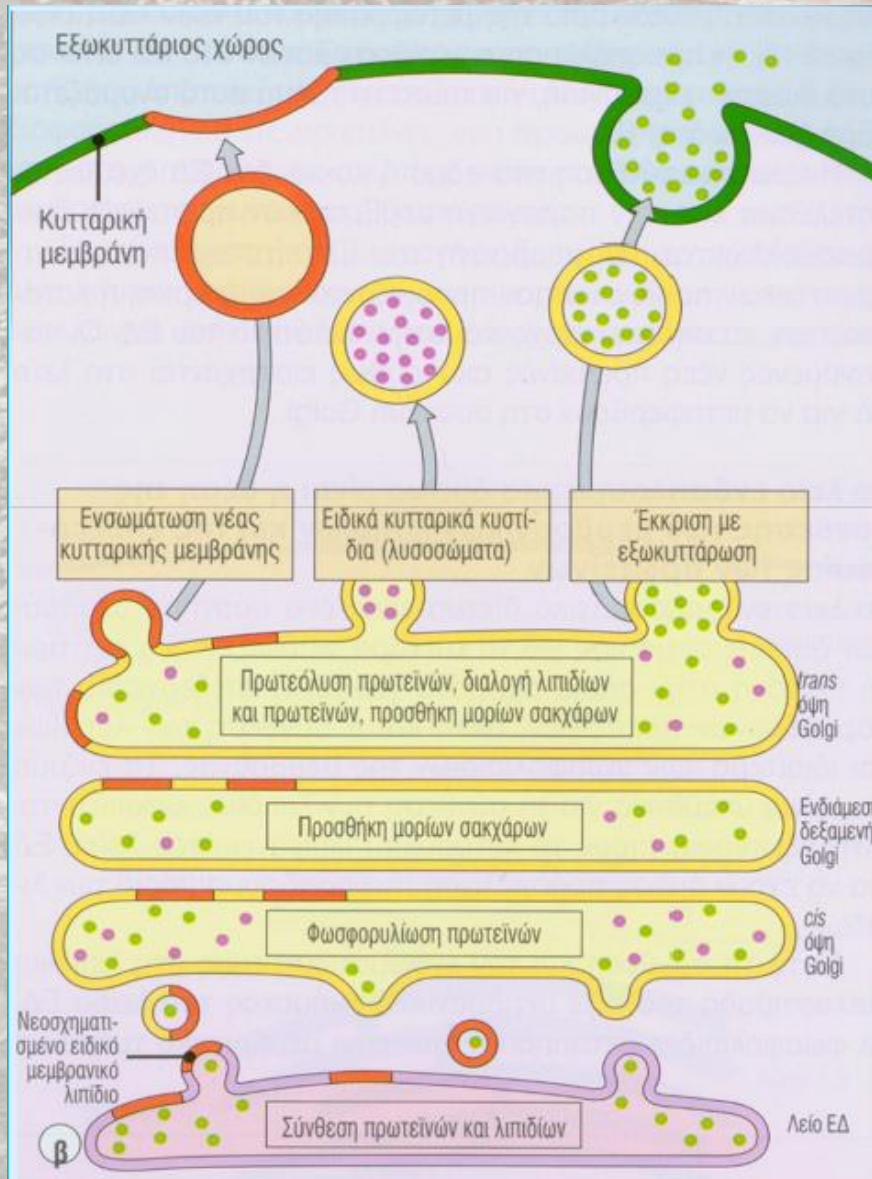
✓Cis-όψη (επιφάνεια εισόδου) προς ΕΔ

✓Ένδιάμεση στοίβα δεξαμενών

✓Trans-όψη (επιφάνεια εξόδου) προς πλασματική μεμβράνη



Σύμπλεγμα ή Συσκευή Golgi



Σύμπλεγμα ή Συσκευή Golgi

✓Λειτουργίες

Περαιτέρω τροποποίηση μακρομορίων (φωσφορυλίωση, προσθήκη σακχάρων), προερχόμενα από το ΕΔ μέσω φορτίου

Πρωτεόλυση πρωτεϊνών

Απόκτηση ενεργούς μορφής

Σύνθεση σφιγγομυελίνης και γλυκοσφιγγολιπιδίων

Ταξινόμηση μακρομορίων σε κυστίδια για

✓Α) την ενσωμάτωσή τους σε νέα κυτταρική μεμβράνη

✓Β) την έκκρισή τους στον εξωκυττάριο χώρο

✓Γ) τη μεταφορά τους στον αυλό άλλου κυτταρικού οργανιδίου

Κυστίδια

- Ενδοκυτταρικά (πινοκυτταρικά ή φαγοκυτταρικά) που δημιουργούνται από την κυτταρική μεμβράνη.
- Μεταφορικά και εκκριτικά που προέρχονται από τη Συσκευή Golgi
- Μεταφορικά που προέρχονται από το ΕΔ
- Λυσοσώματα
- Υπεροξειδιοσώματα

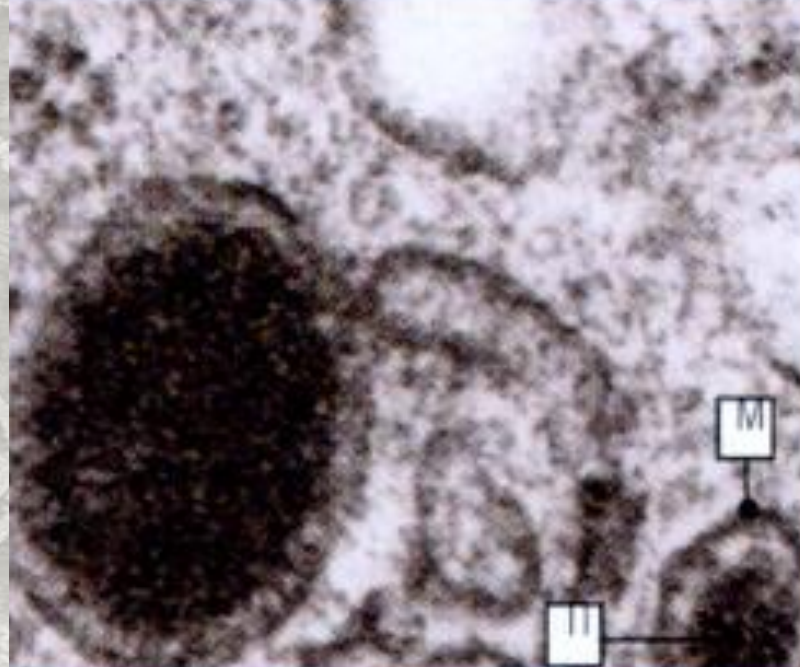
Σύστημα όξινων Κυστιδίων / Λυσοσώματα

Σφαιρικά μεμβρανικά οργανίδια πλούσια σε υδρολυτικά ένζυμα (πρωτεάσες, νουκλεάσες, γλυκοσιδάσες, φωσφολιπάσες, λιπάσες) που δρουν σε όξινο pH

Λειτουργία

Ενδοκυτταρικό σύστημα πέψης για την αποδόμηση υλικού από ενδοκυττάρωση, φαγοκυττάρωση, αυτοφαγία

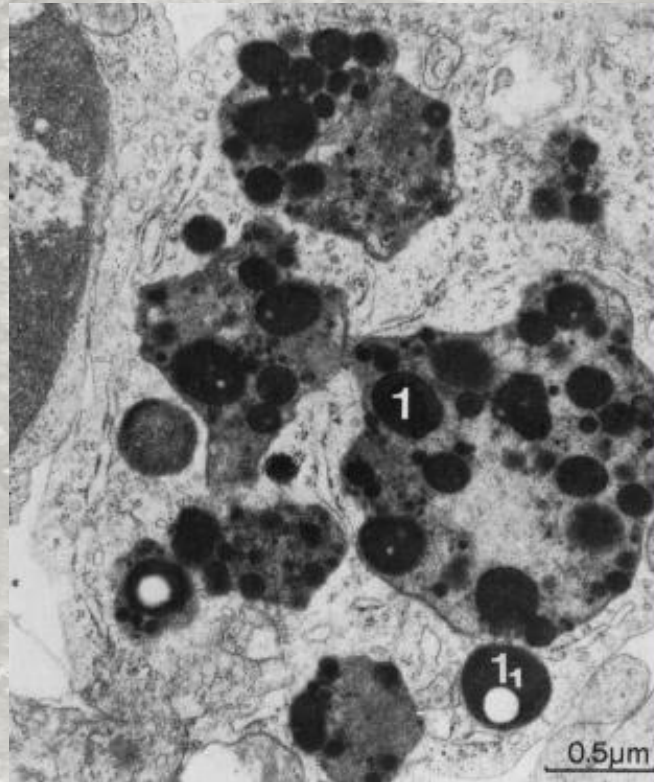
Πρωτογενή Λυσοσώματα



Πρωτογενή Λυσοσώματα

Κυστίδια Golgi + υδρολυτικά ένζυμα μη-ενεργά
(αποτελούν την πρωταρχική θέση αποθήκευσης
λυσοσωματικών υδρολασών)

Δευτερογενή Λυσοσώματα



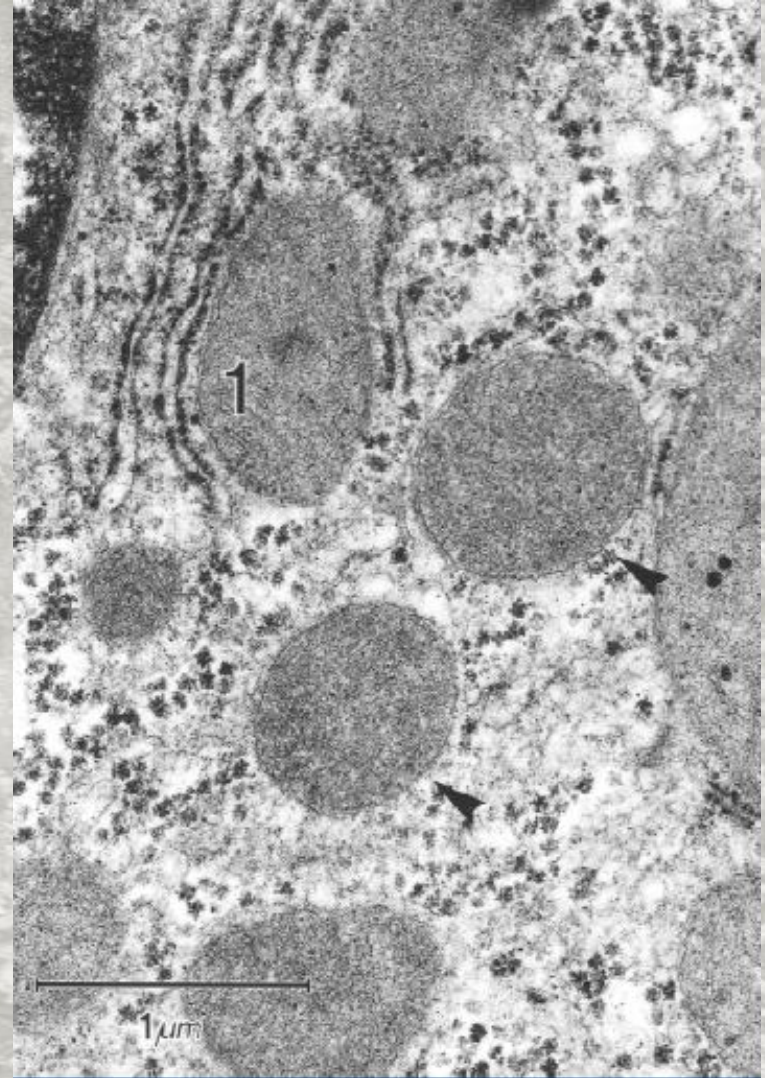
Δευτερογενή Λυσοσώματα

Πρωτογενή λυσοσώματα + ενδοσώματα (κυστίδια που περιέχουν υλικό ενδοκύτωσης) → ενδολυσοσώματα
Επιτελούνται καταλυτικές διεργασίες

Υπεροξειδιοσώματα

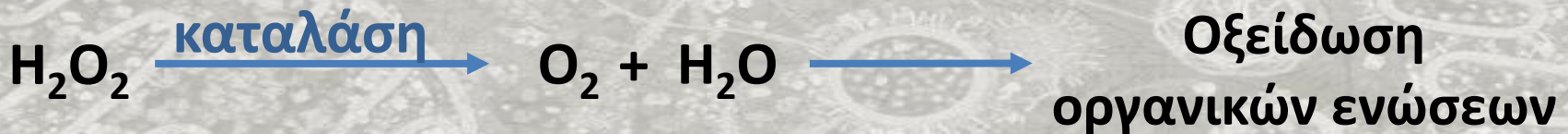
Είναι μικρά σφαιρικά μεμβρανικά οργανίδια (διαμέτρου 0,5-1 μm).

Συναρμολογούνται από πρωτεΐνες (υπεροξίνες) που συντίθενται στα ριβοσώματα.



Υπεροξειδιοσώματα

- Λειτουργίες: μεταβολισμός λιπαρών οξέων μακράς αλύσου
- Οξείδωση των υποστρωμάτων (β- οξείδωση λιπαρών οξέων μακράς αλύσου) – παραγωγή ενέργειας



- Σύνθεση λιπιδίων (χοληστερόλη, δολιχόλη)
- Σύνθεση πλασμαλογόνων (φωσφολιπίδια λευκής ουσίας εγκεφάλου)

Κυτταροσκελετός

Κυτταροσκελετός (cytoskeleton)

- Νηματοειδείς πρωτεΐνες που διαμορφώνουν έναν τρισδιάστατο εσωτερικό σκελετό στο κύτταρο.
- Είδη (σύστημα κυτταροπλασματικών «καλωδίων»)
 - Μικροϊνίδια (microfillaments) (δ : 7nm): πρωτεΐνη ακτίνη
 - Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate fillaments) (δ : 10nm): 6 είδη πρωτεϊνών
 - Μικροσωληνίσκοι (microtubules) (δ : 25nm): πρωτεΐνη τουμπουλίνη (2 υπομονάδες)

Κυτταροσκελετός (cytoskeleton)

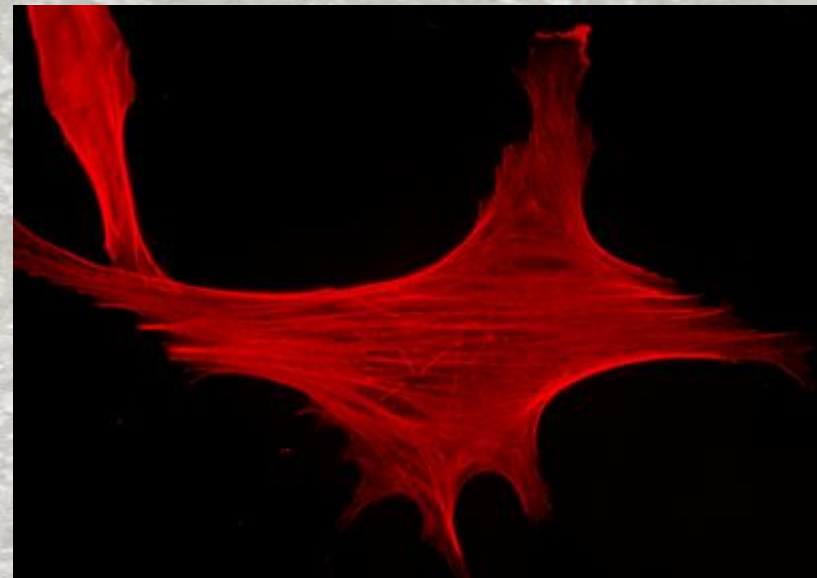
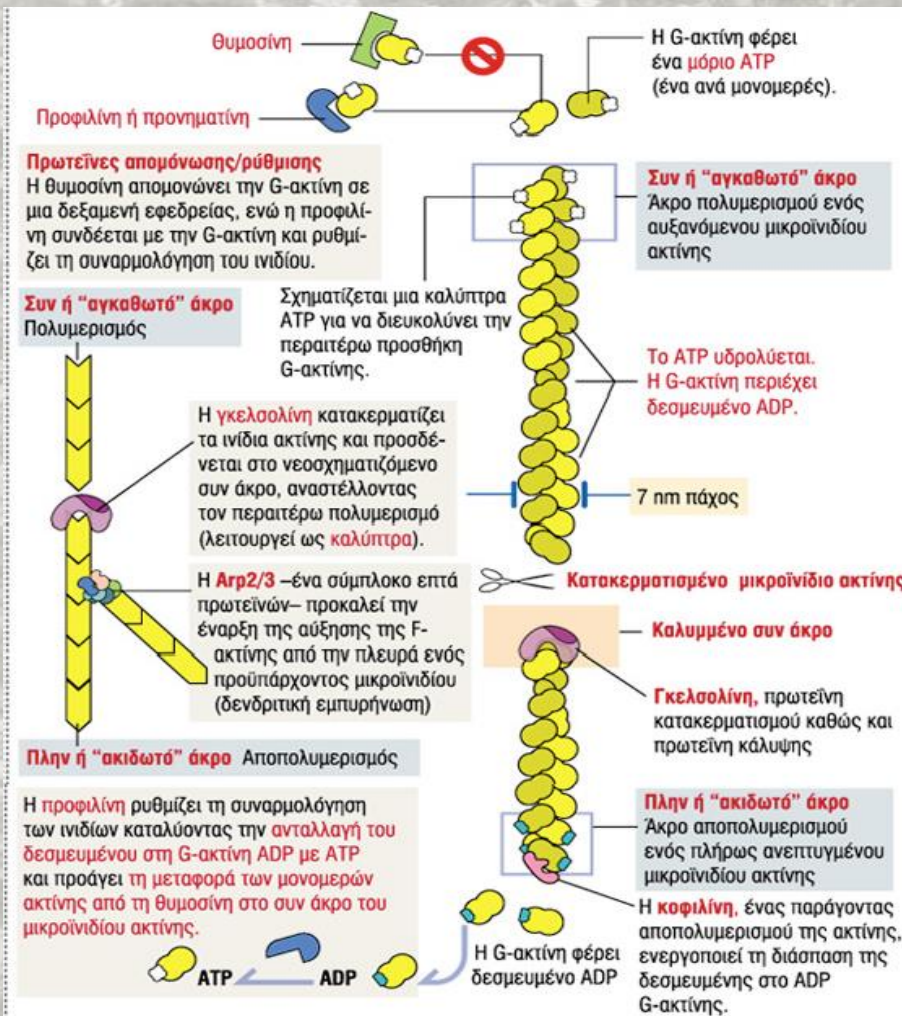
➤ Λειτουργίες:

- Διατήρηση κυτταρικού σχήματος και ο έλεγχος της μεταβολής του
- Συμβολή στην κινητικότητα του κυττάρου
- Συμβολή στην κυτταροκίνηση κατά την κυτταρική διαίρεση
- Προσκόλληση μεταξύ των κυττάρων και με την εξωκυττάρια ουσία
- Μεταφορά υλικού στο κυτοσόλιο
- Διαμερισματοποίηση του κυτοσολίου σε λειτουργικές περιοχές.

Μικροϊνίδια

- Βασική μονάδα: μονομερές της **G-ακτίνης** (σφαιρική πρωτεΐνη) $\xrightarrow{\text{πολυμερισμός}}$ μικροϊνίδια (F-ακτίνη) με πολική διάταξη
- Ατέρμονη Ανασύσταση: Συν (+) άκρο (προστίθενται τα μονομερή) \longrightarrow Πλην (-) άκρο (ωθούνται και απελευθερώνονται τα μονομερή) \longrightarrow σταθερό μήκος ινιδίου
- Άφθονο, πολυδύναμο κυτταροσκελετικό συστατικό, που σχηματίζει στατικές και συσταλτές δεσμίδες και νηματοειδή δίκτυα \longrightarrow πρωτεΐνες συνδεόμενες με την ακτίνη (πχ. βιλλίνη, φιμπρίνη, καλμοδουλίνη)

Μικροϊνίδια

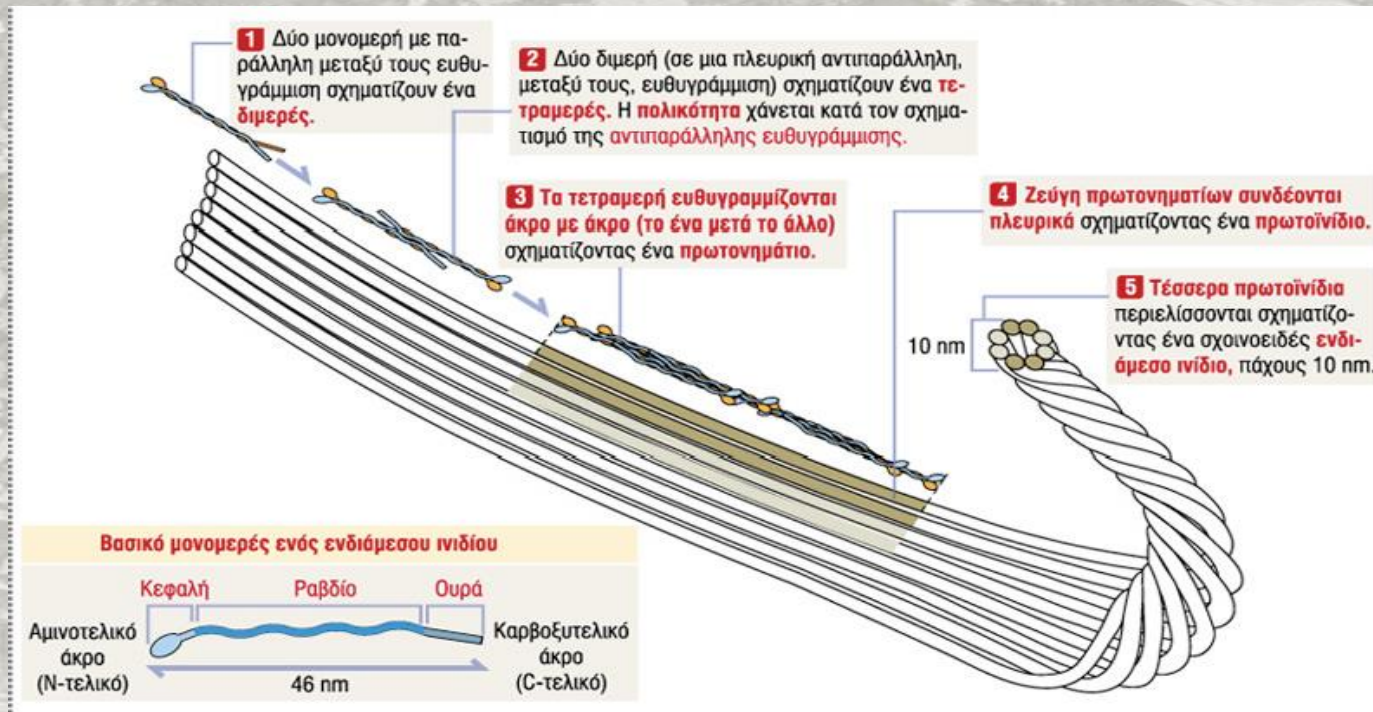


Μικροϊνίδια

- Διαμόρφωση κυτταρικού φλοιού: μικροϊνίδια ακτίνης + συνδετικές πρωτεΐνες (καλμοδουλίνη) → δύσκαμπτο δίκτυο
- Διαμόρφωση εστιακών επαφών ή συνδέσεων πρόσφυσης (ακτίνη + διαμεμβρανικές πρωτεΐνες)
- Διαμόρφωση μικρολαχνών και στερεοκροσσών (ακτίνη + φιμπρίνη)
- Ανάπτυξη δυνάμεων κίνησης (ακτίνη + μυοσίνη)
- Μηχανική στήριξη των κυτταρικών μεμβρανών (π.χ. ακτίνη + αγκυρίνη)

Σύνδρομο Griscelli: η μυοσίνη Va, που μεταφέρει κυστιδιακά φορτία κατά μήκος της F- ακτίνης, είναι ελαττωματική → αργυρόχρωμα μαλλιά, περιστασιακά νευρολογικές ανωμαλίες και ανοσοανεπάρκεια

Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate filaments)



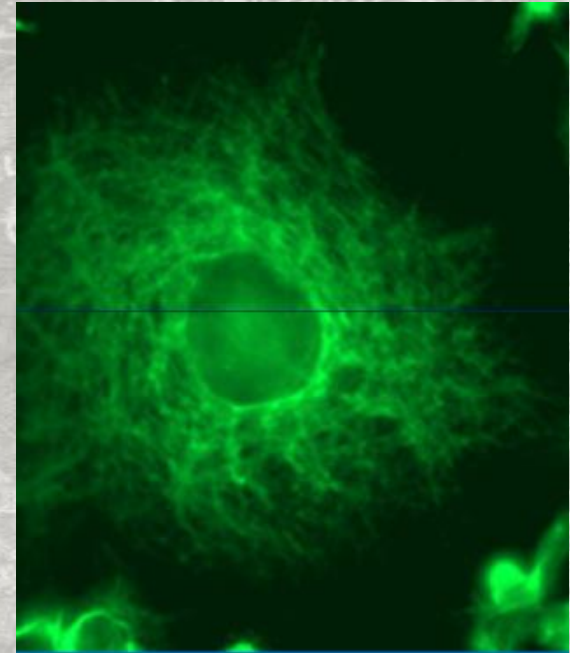
Οι πιο σταθερές κυτταροσκελετικές δομές

- Δεν έχουν πολικότητα (όπως τα μικροϊνίδια και μικροσωληνίσκοι)
- Η συναρμολόγηση/αποσυναρμολόγηση των μονομερών γίνεται με φωσφορυλίωση

Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate filaments)

Λειτουργίες:

- Συγκρότηση ιστού \longrightarrow μέσω διακυτταρικών συνδέσεων (δεσμοσώματα/ ημιδεσμοσώματα) ασκούν δυνάμεις τάσης στα κύτταρα
- Ανάπτυξη αδιαπέραστου φραγμού (δέρμα)
- Διατήρηση της αρχιτεκτονικής των αποφύσεων των νευρώνων και συμβολή στη μετάδοση της νευρικής ώσης
- Απομόνωση κατεστραμμένων πρωτεϊνών μέχρι να αποδομηθούν
- Σχηματισμός δικτυωτού πλέγματος κάτω από την εσωτερική πυρηνική μεμβράνη \longrightarrow οργάνωση πυρήνα



Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate filaments)

Τύπος	Είδος	Εντόπιση
I (όξινο) II (βασικός)	Κερατίνες	Επιθηλιακά κύτταρα
III	Δεσμίνη	Μυς (λείος, γραμμωτός)
	Βιμεντίνη	Κύτταρα μεσεγχυματικής προέλευσης
	Ινώδης όξινη πρωτεΐνη της γλοίας (GFAP)	Αστροκύτταρα
	Περιφερίνη	Νευράξονες στο ΠΝΣ
IV	Νευροϊνίδια (L, M, H)	Νευρώνες
	α-Ιντερνεξίνη	Αναπτυσσόμενοι νευρώνες
V	Λαμίνες (A, B, C)	Πυρήνας κυττάρου

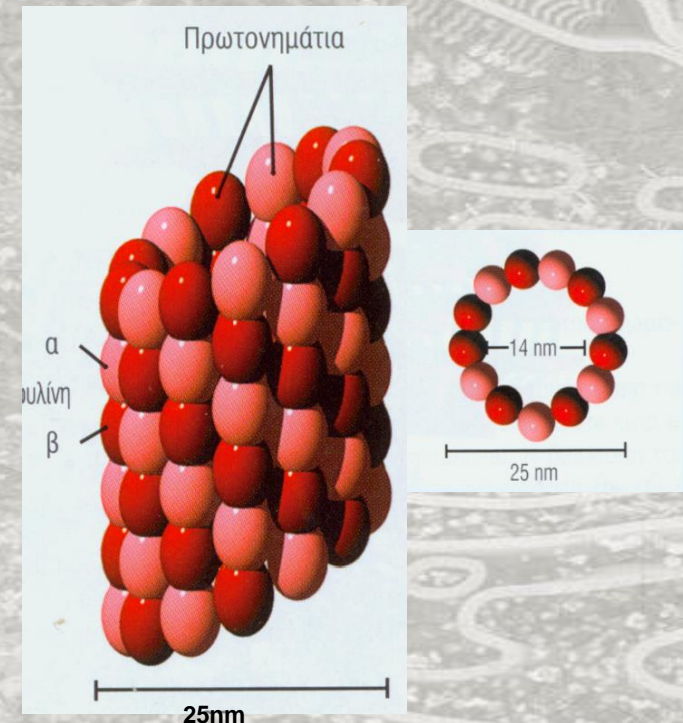
Μικροσωληνίσκοι (microtubules)

Δομή:

➤ από 2 υπομονάδες: την α και β τουμπουλίνη. —→ Πολυμερίζονται συνδεόμενες μεταξύ τους εναλλάξ δημιουργία πρωτονηματίων.

➤ Κυκλική διάταξη 13 πρωτονηματίων σχηματισμός μικροσωληνίσκου, διαμ. 25 nm.

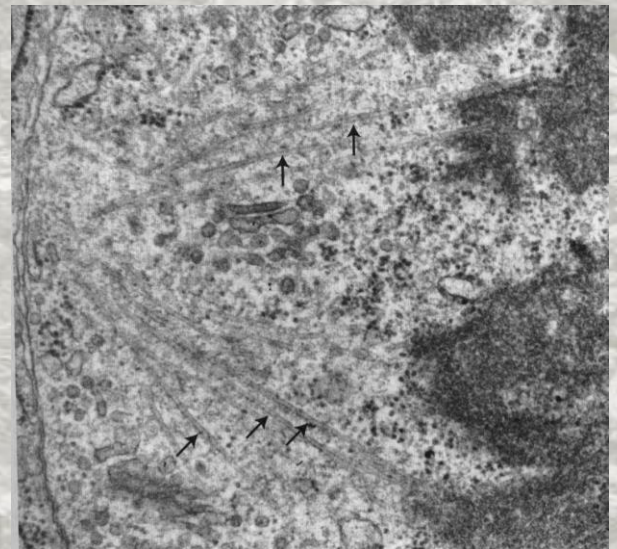
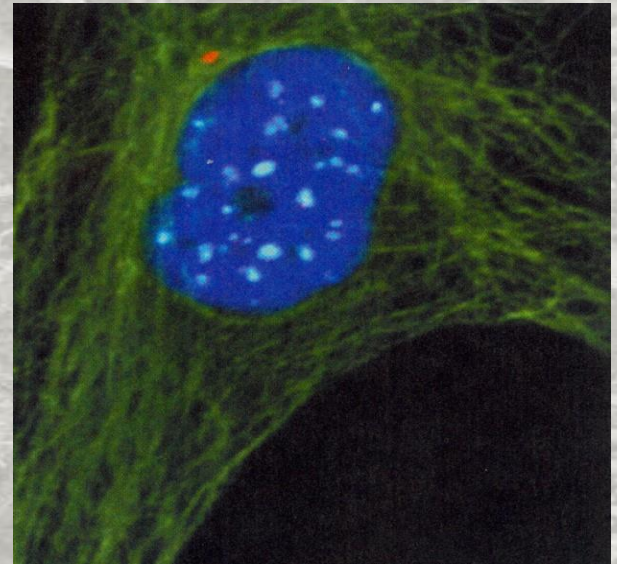
➤ Εμφανίζουν πολική διάταξη: συν άκρο (άκρο πολυμερισμού και πλην άκρο (άκρο αποπολυμερισμού)



Μικροσωληνίσκοι (microtubules)

Λειτουργίες:

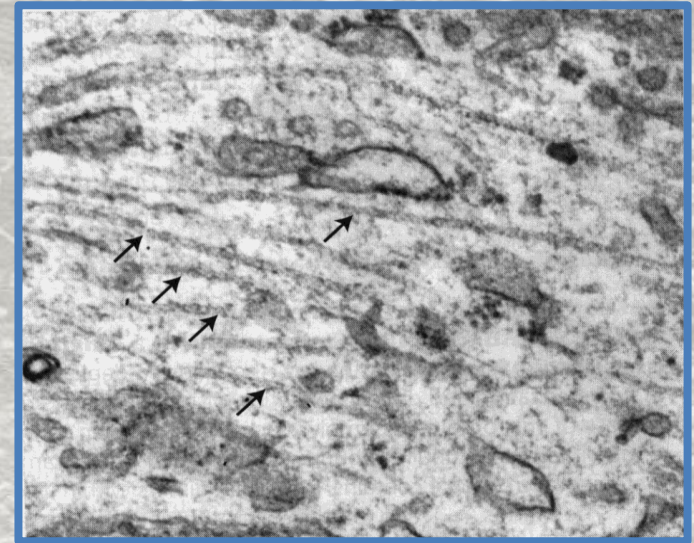
- Σταθεροποιούν τα κυτταρικά οργανίδια (π.χ. διατήρηση της εκτεταμένης σωληνώδους διάταξης του ΕΔ).
- Καθοδηγούν την κίνηση κυστιδίων και οργανιδίων κατά την ενδοκυττάρια μεταφορά.
- Σχηματισμός της κυτταρικής ατράκτου κατά τη φάση της κυτταρικής διαίρεσης.
- Βασικά δομικά συστατικά εξειδικευμένων κινητικών δομών του κυττάρου (κροσσοί).



Μικροσωληνίσκοι (microtubules)

➤ Πολυμερισμός-αποπολυμερισμός (δυναμική αστάθεια: αργή αύξηση, γρήγορος αποπολυμερισμός), αύξηση με αφετηρία το κεντρόσωμα.

➤ Σταθεροποίηση μικροσωληνίσκων με σύνδεσή τους με MAPs, microtubule-associated proteins (MAP1A, MAP1B, MAP2, Ταυ πρωτεΐνη) και με πρωτεΐνες κάλυψης του αυξητικού τους άκρου.



Κεντρόσωμα (centrosome)

- Είναι το κέντρο εμπυρήνωσης και οργάνωσης των μικροσωληνίσκων τόσο στη φάση ηρεμίας, όσο και κατά την κυτταρική διαίρεση.
- Αποτελείται από ένα ζεύγος κεντριολίων που βρίσκονται σε ορθή γωνία μεταξύ τους.



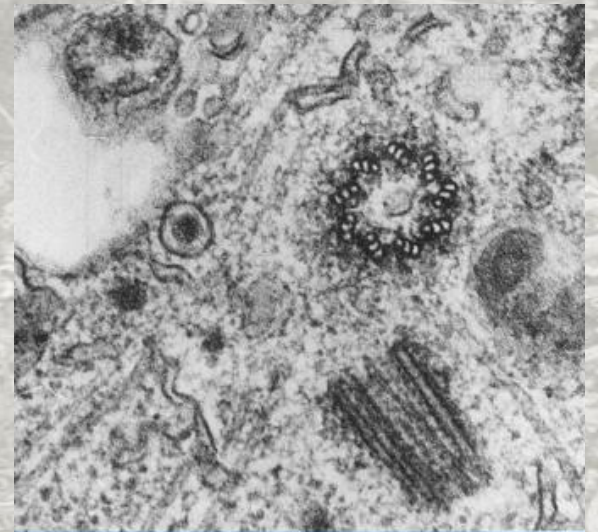
Κεντριόλιο

➤ Κεντριόλιο: κύλινδρος που αποτελείται από 9 τριάδες μικροσωληνίσκων.

➤ Τα κεντριόλια περιβάλλονται από περικεντριολικό υλικό, πλούσιο σε πρωτεΐνες (περικεντρίνη, γ-τουμπουλίνη).

Δρά ως πυρήνας πολυμερισμού των μικροσωληνίσκων.

➤ Οι μικροσωληνίσκοι εξορμούν από το κεντρόσωμα ως ακτίνες (αστέρας).



Κεντριόλιο

- Τα κεντριόλια προετοιμάζουν τη συναρμολόγηση της μιτωτικής ατράκτου, κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης
- Τα κεντριόλια δίνουν γένεση στα δομικά παρόμοια βασικά σωμάτια, από τα οποία προέρχονται οι κροσσοί (cilia) και τα μαστίγια (flagella)

Σύνδρομο Bardet-Biedl: πλειοτροπική διαταραχή (ανωμαλία στη συναρμολόγηση βασικού σωματίου, από παθολογική μεταφορά των πρωτεϊνών που εντοπίζονται στους κροσσούς): δυστροφία του αμφιβληστροειδή, παχυσαρκία, πολυδακτυλία, νεφρική δυσπλασία, ανωμαλίες της αναπαραγωγικής οδού και μαθησιακές διαταραχές

Πυρήνας

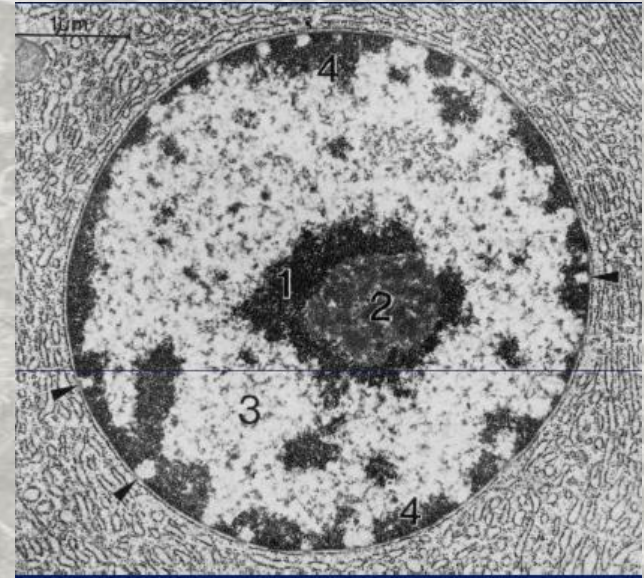
ΠΥΡΗΝΑΣ (nucleus)

- Έχει σφαιρικό ή ωοειδές σχήμα διαμέτρου 5-10 μm .
- Περιβάλλεται από διπλή πυρηνική μεμβράνη διάτρητη από πόρους.
- Περιέχει το κυτταρικό DNA και τον πυρηνίσκο.

Ετεροχρωματίνη: πυκνοχρωματικές περιοχές με υψηλό βαθμό συμπύκνωσης της χρωματίνης

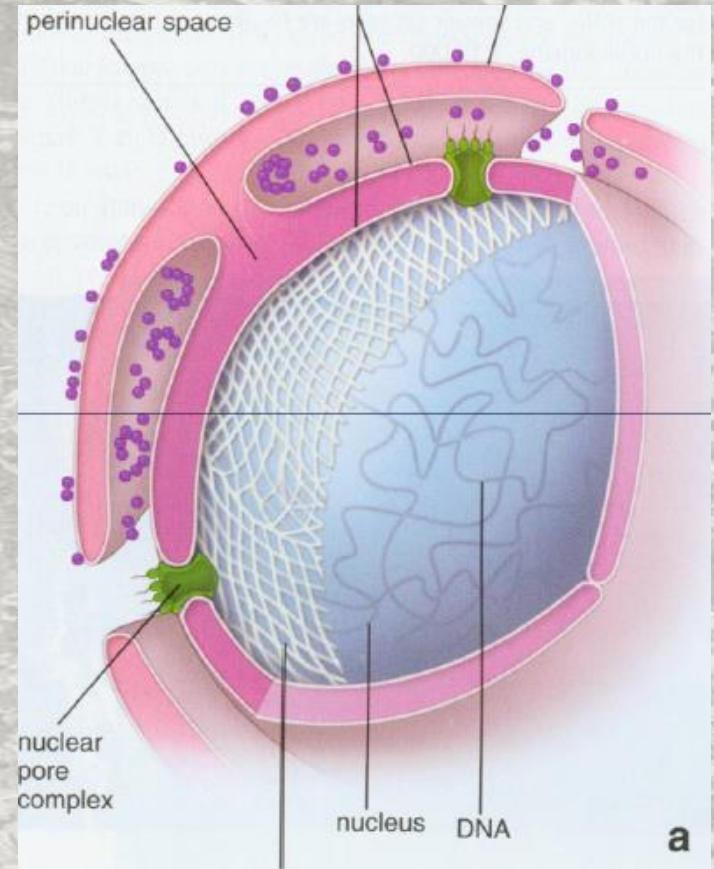
→ μεταγραφικά ανενεργό **DNA**

Ευχρωματίνη: αραιοχρωματικές περιοχές → χαλαρή χρωματίνη → μεταγραφικά ενεργό **DNA**



Διπλή πυρηνική μεμβράνη

Έξω πυρηνική μεμβράνη:
περιβάλλει τον περιπυρηνικό χώρο,
ο οποίος συνδέεται με την κοιλότητα
του ΕΔ.
Στην έξω πυρηνική μεμβράνη
μπορεί να εντοπίζονται
ριβοσώματα.

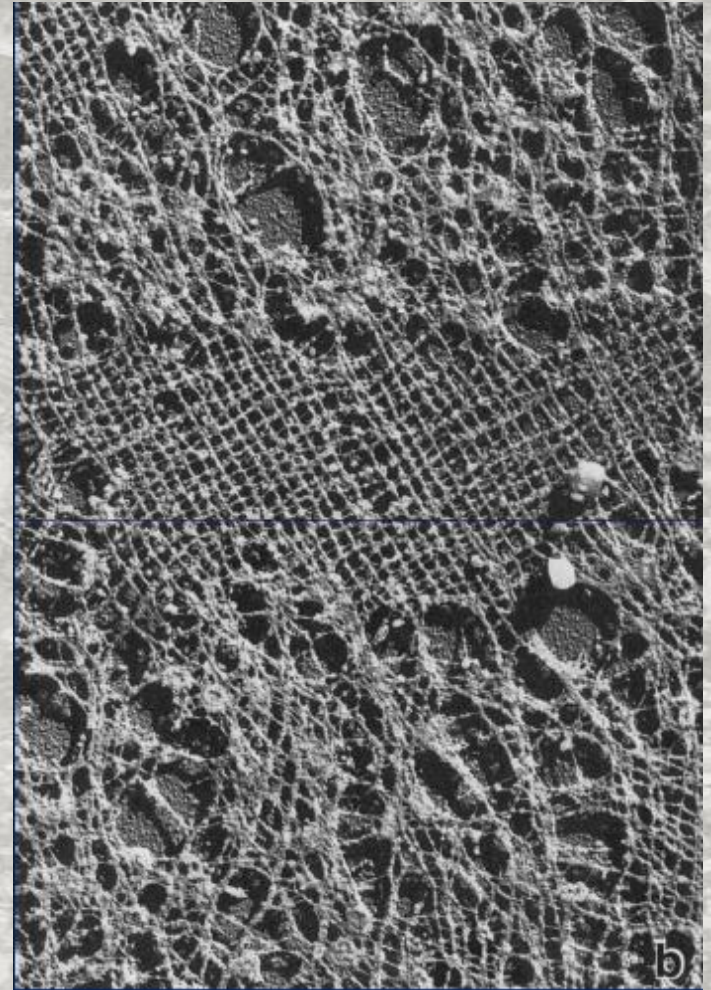


Διπλή πυρηνική μεμβράνη

- Έσω πυρηνική μεμβράνη:
έχει μεμβρανικές πρωτεΐνες όπου
προσδένονται οι λαμίνες →
τετραγωνισμένο πλέγμα νηματίων
→ πυρηνικό έλασμα ή υμένας

Ρόλοι:

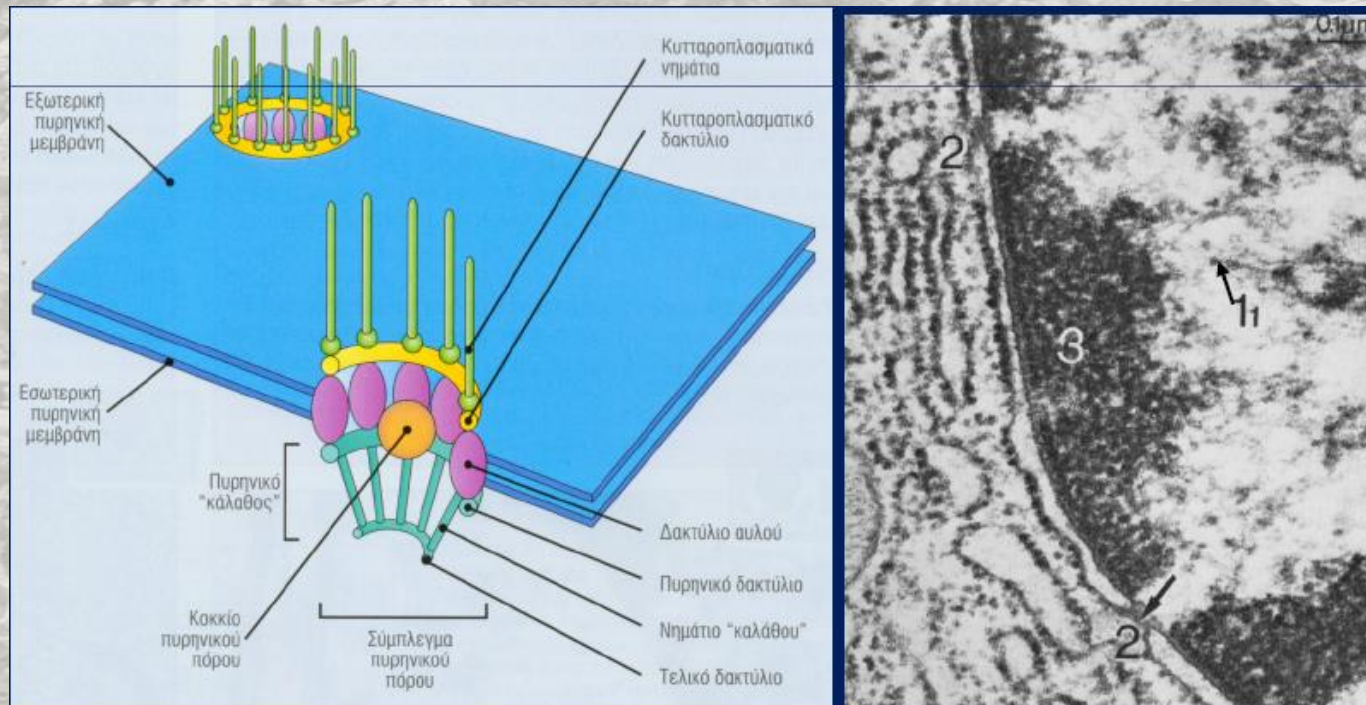
- α) στήριξη και διατήρηση του σχήματος του πυρήνα
- β) πρόσδεση της χρωματίνης
- γ) αντιγραφή DNA, μεταγραφή, διαμερισματοποίηση και οργάνωση της χρωματίνης,



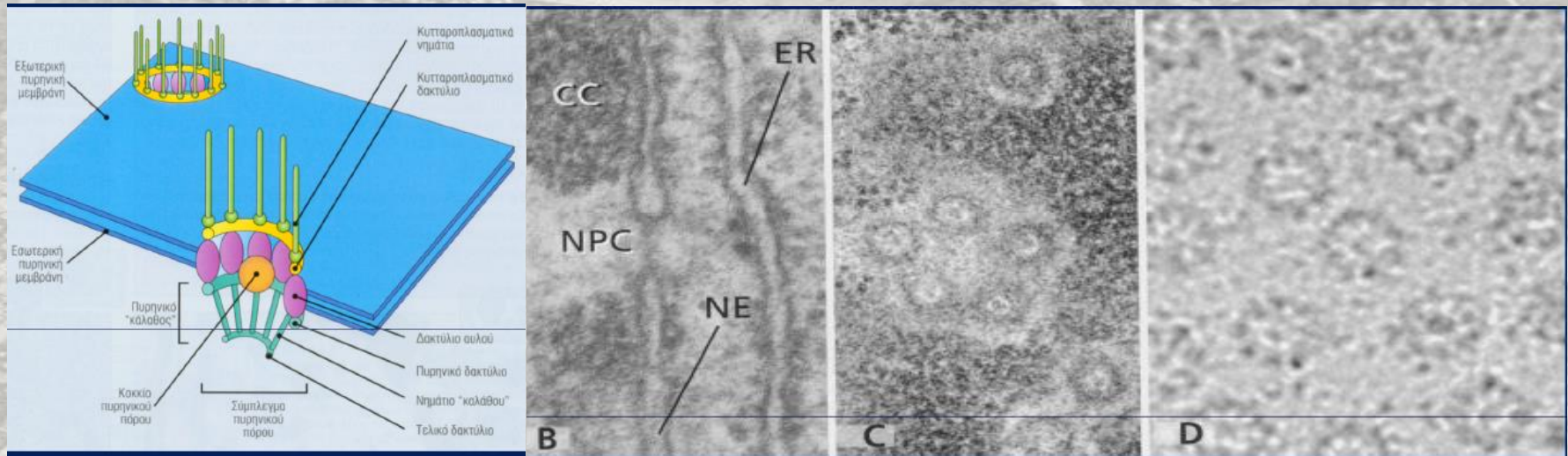
**έσω + έξω πυρηνική μεμβράνη + περιπυρηνικός χώρος =
πυρηνικός φάκελος ή πυρηνικό περίβλημα**

Πόροι πυρηνικής μεμβράνης

- Εξασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ του κυτοσολίου και της χρωματίνης στον πυρήνα, διαμέσου των συμπλεγμάτων τους
- Αποτελούνται από ομόκεντρους δακτυλίους 8 πρωτεϊνικών υπομονάδων → σύμπλεγμα πυρηνικού πόρου.



Πόροι πυρηνικής μεμβράνης



Δομή

Κυτταροπλασματικά νημάτια (8)

Κυτταροπλασματικός δακτύλιος

Συμμετρική δομή ~30 είδη πρωτεϊνών: νουκλεοπορίνες (NUPS)
→ σύμπλεγμα πυρηνικού πόρου (500-1000 nups/ πόρο)

Δακτύλιος υδρόφιλου διαύλου (8 πρωτεϊνικές υπομονάδες)

Πυρηνικός δακτύλιος

Πυρηνικά νημάτια (8)

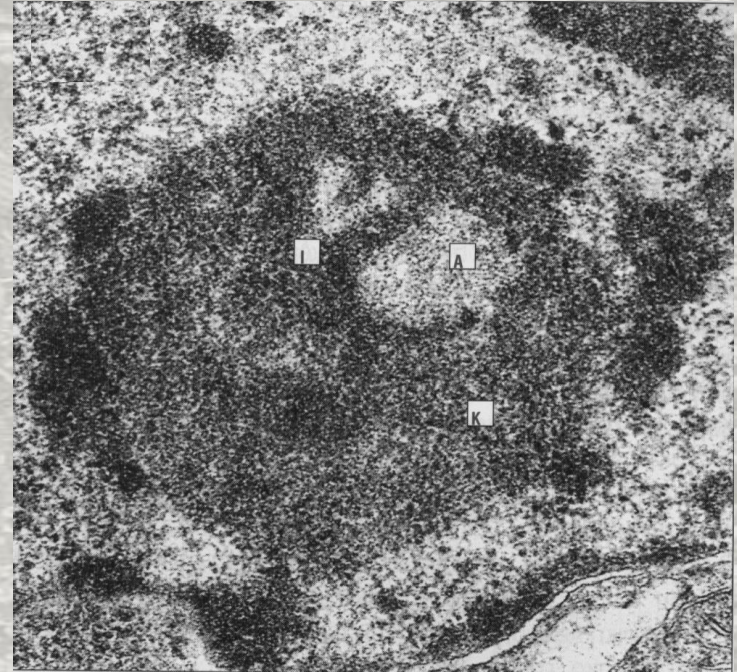
Τελικός δακτύλιος

Πυρηνικό καλάθι (nuclear basket)

Πυρηνίσκος (nucleolus)

- Το μέγεθός του ποικίλει ανάλογα με τη μεταγραφική δραστηριότητα του κυττάρου
- Είναι η θέση παραγωγής του ριβοσωμικού RNA στον πυρήνα → σύνδεση με τις ριβοσωμικές πρωτεΐνες → σχηματισμός των ριβοσωμικών υπομονάδων.

Φιλοξενεί πολλές πρωτεΐνες, όπως φιβριλαρίνη (fibrillarin), νουκλεολίνη (nucleolin), απαραίτητες για το πρώιμο rRNA.



Πυρηνίσκος (nucleolus)

➤ Περιοχές του πυρηνίσκου:

- Ινώδες κέντρο (άμορφη μοίρα): περιοχή που περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενα γονίδια rRNA, και RNA πολυμεράση I
- Ινώδες συστατικό (ινώδης μοίρα): περιοχή με ενεργά μεταγραφόμενα γονίδια
→ υφίστανται μερική επεξεργασία το νεοσυντιθέμενο RNA, μεγάλες ποσότητες rRNA. Η φιμπριλλίνη και η νουκλεολίνη εντοπίζονται σε αυτήν την περιοχή
- Κοκκιώδες συστατικό (κοκκιώδης μοίρα): περιοχή σύνδεσης του rRNA με τις ριβοσωμικές πρωτεΐνες → σχηματισμός ριβοσωμικών υπομονάδων.



Δομή χρωματίνης

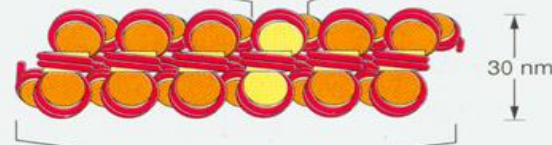
μια μικρή περιοχή της διπλής έλικας του DNA



χρωματίνη στη μορφή «χάντρες πάνω σ' ένα κορδόνι»



ίνα χρωματίνης διαμέτρου 30 nm από συσκευασμένα νουκλεοσωμάτια



διατομή ενός χρωμοσώματος σε εκτεταμένη μορφή



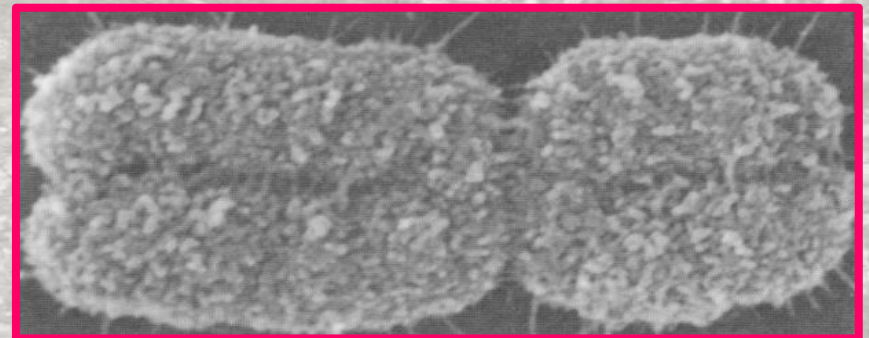
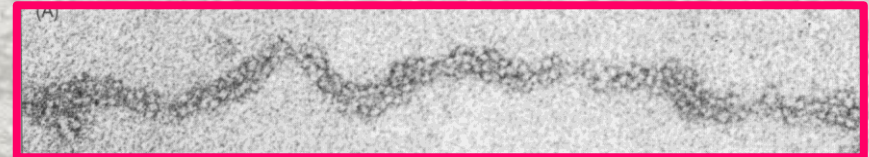
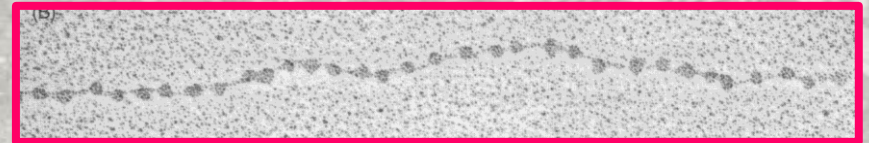
διατομή ενός συμπυκνωμένου χρωμοσώματος



ένα ολόκληρο μιτωτικό χρωμόσωμα



ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ: ΚΑΘΕ ΜΟΡΙΟ DNA ΕΧΕΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΘΕΙ ΣΕ ΕΝΑ ΜΙΤΩΤΙΚΟ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ 50000 ΦΟΡΕΣ ΒΡΑΧΥΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ DNA



Ευχαριστώ για την προσοχή
σας!