



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ιατρική Σχολή

Σχολή Επιστημών
Υγείας

Αθήνα

Ακ. έτος:

Μάθημα: **Ιστολογία-Εμβρυολογία Ι**

Διάλεξη: **«Το κύτταρο»**

Δρ. Νεφέλη Λαγοπάτη, MSc, PhD

Επίκουρη Καθηγήτρια Βιολογίας-Νανοϊατρικής

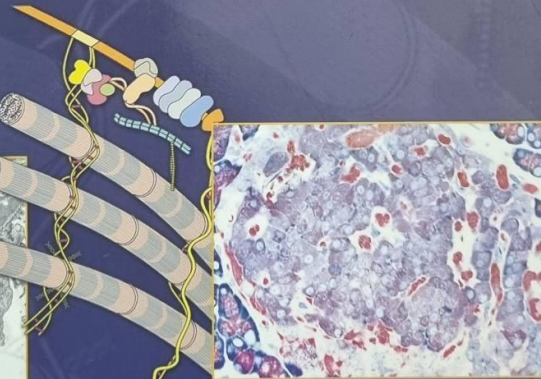
nlagorati@med.uoa.gr

ABRAHAM L. KIERSZENBAUM - LAURA L. TRES

Ιστολογία με Στοιχεία Κυτταρικής Βιολογίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

Προλογίζουν
Abraham L. Kierszenbaum
Βασίλης Γοργούλης
Χρήστος Κίττας

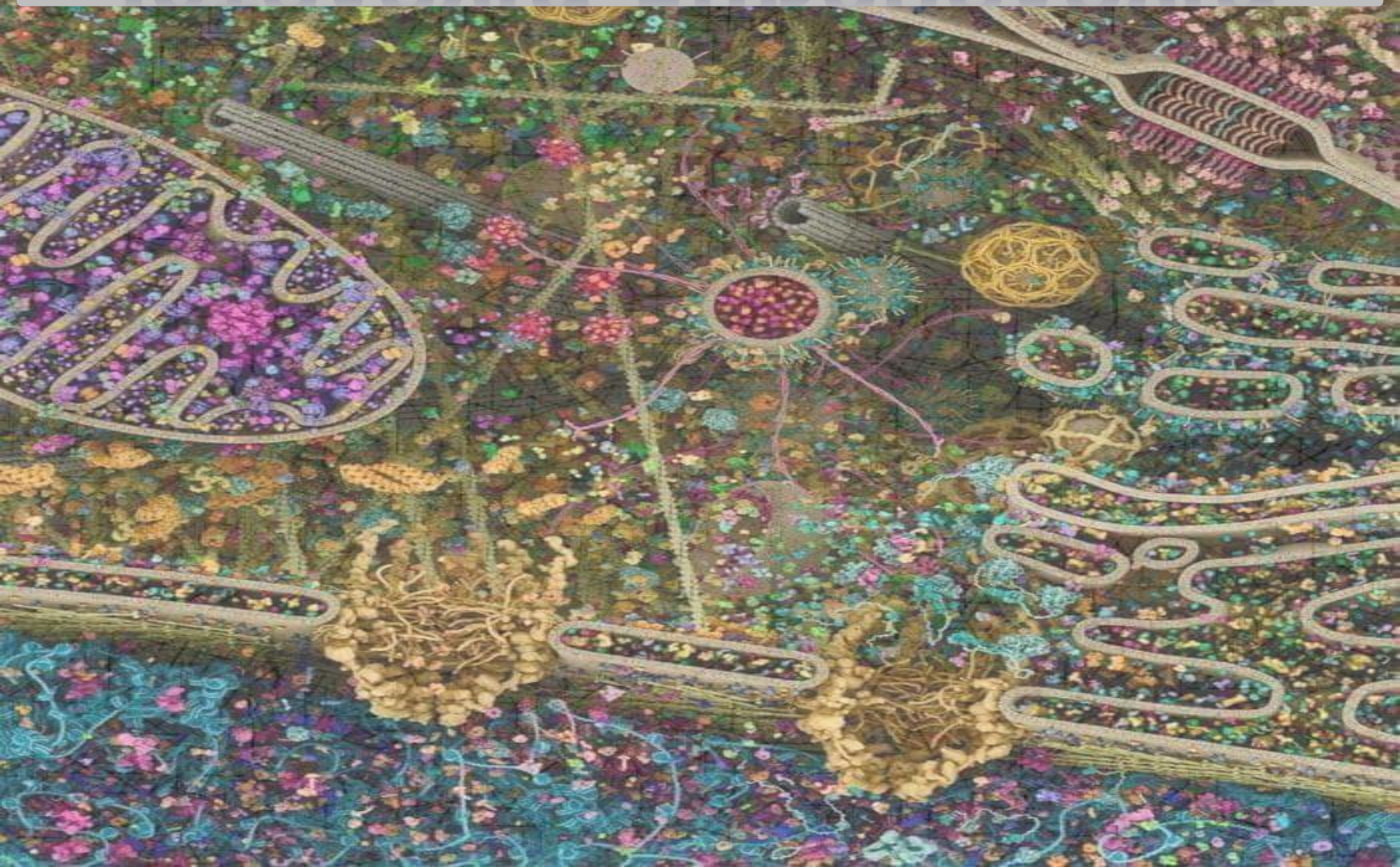


Γενική Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης
Βασίλης Γοργούλης

Επιμέλεια Επιμέρους Ενοτήτων
Μυρσίνη Κουλούκουσα



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.

Medicine: Past – Present - Future

PAST

Intuition
Medicine

Signs and
Symptoms

PRESENT

Evidence-based
Medicine

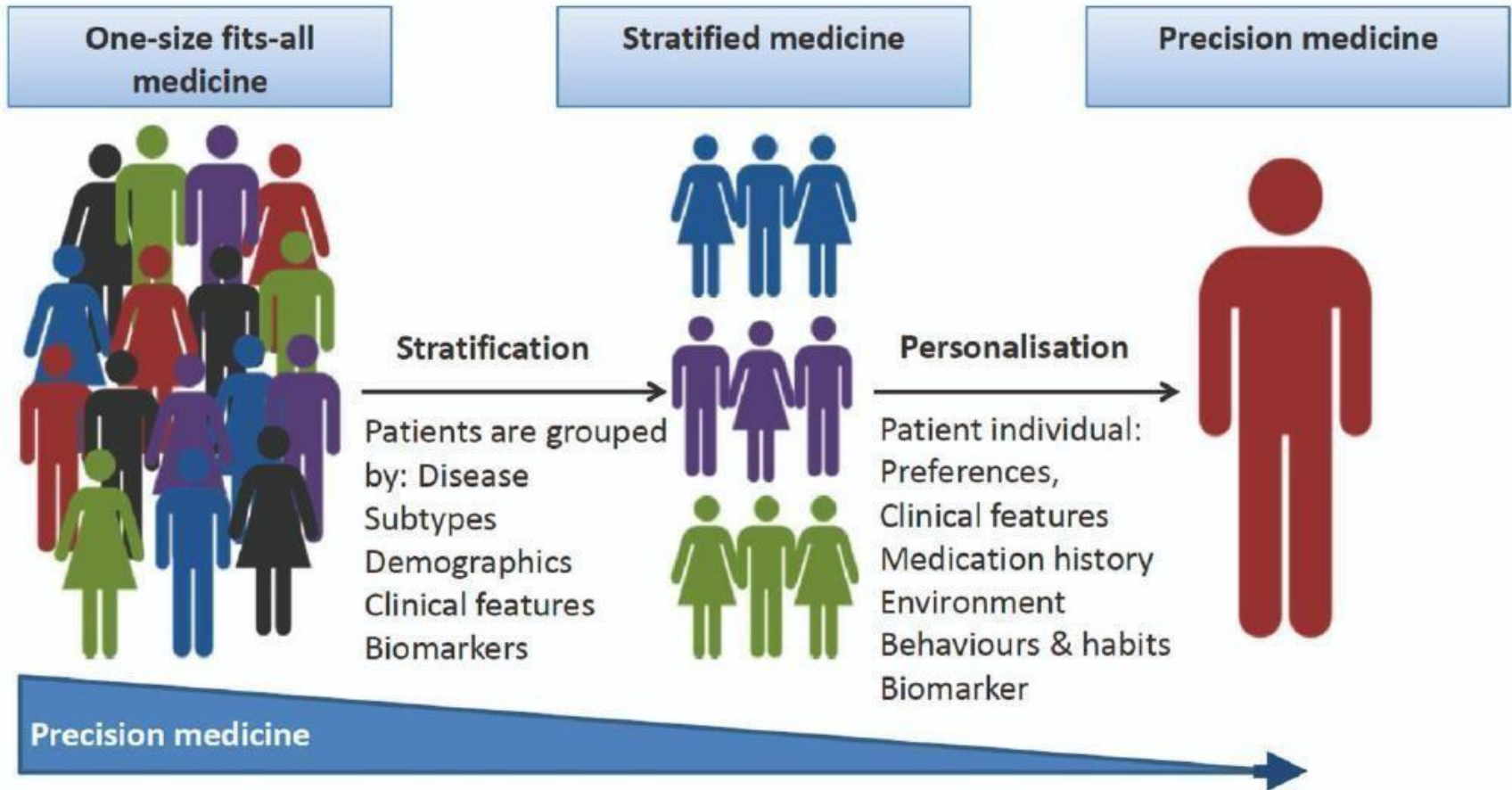
Clinical Trials

FUTURE

Precision
Medicine

Algorithms

Medicine: Past – Present - Future



Πρότυποι οργανισμοί

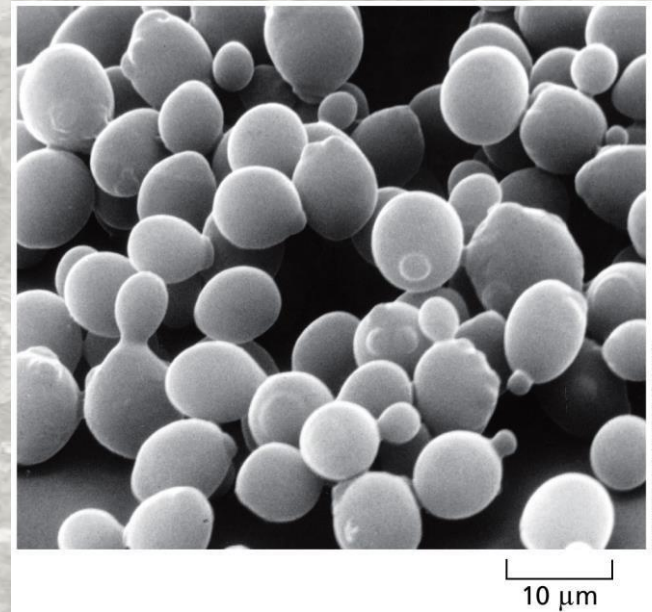
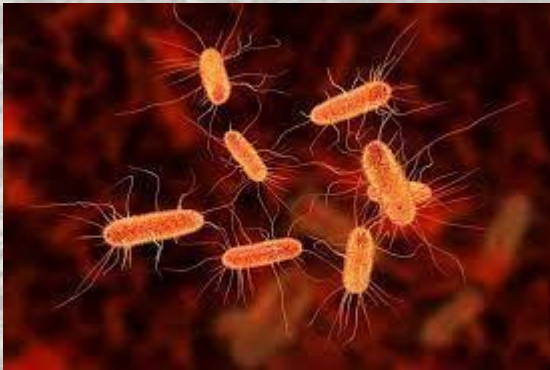
Οι πρότυποι οργανισμοί συνήθως επιλέγονται διότι έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που μπορεί να εξυπηρετούν την κάθε ερευνητική εργασία.

- Είναι ευκολότερο να μελετηθούν στο εργαστήριο
- Μπορεί να αναπαράγονται γρήγορα και οικονομικά
- Είναι ηθικά και περιβαλλοντικά ορθή επιλογή

Πρότυποι οργανισμοί

E. Coli

Saccharomyces cerevisiae



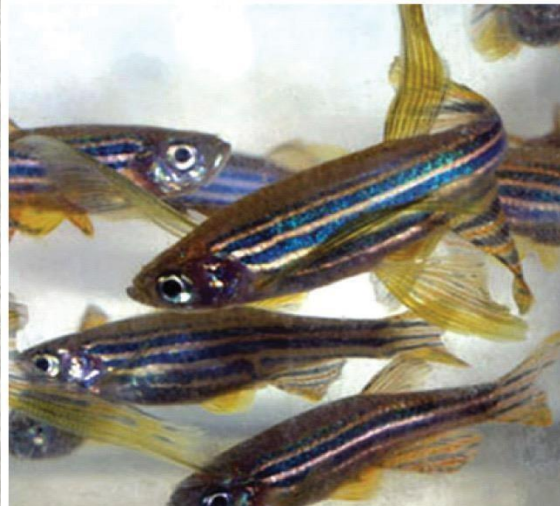
**Drosophila
melanogaster**

Πρότυποι οργανισμοί

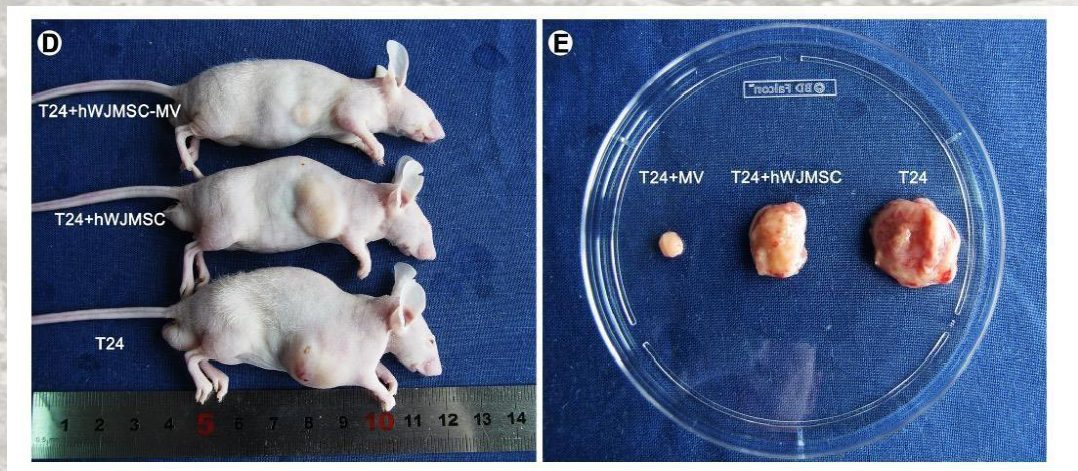
Zebrafish

Nematode worm

Caenorhabditis elegans



Mouse
“Mus musculus”



Κύτταρο



Κύτταρο



Κύτταρα φελλού από το πρώτο οπτικό μικροσκόπιο



Robert Hooke



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:

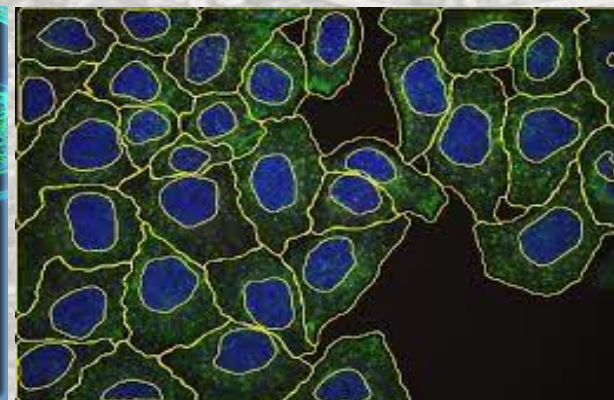
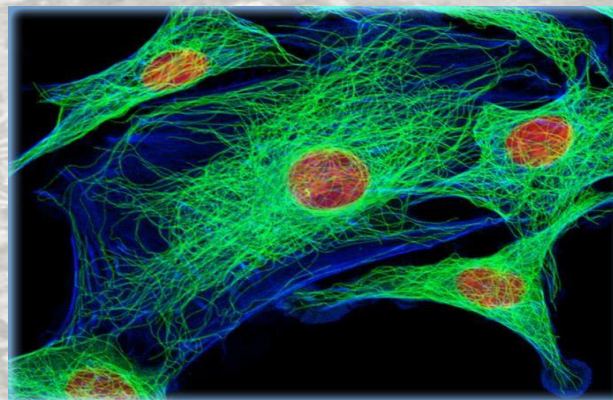
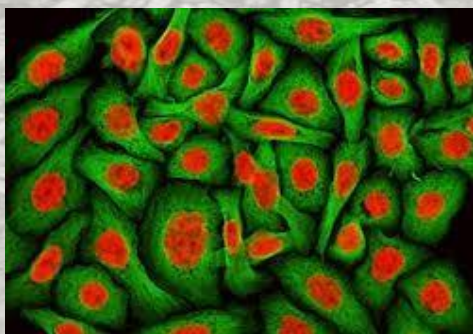
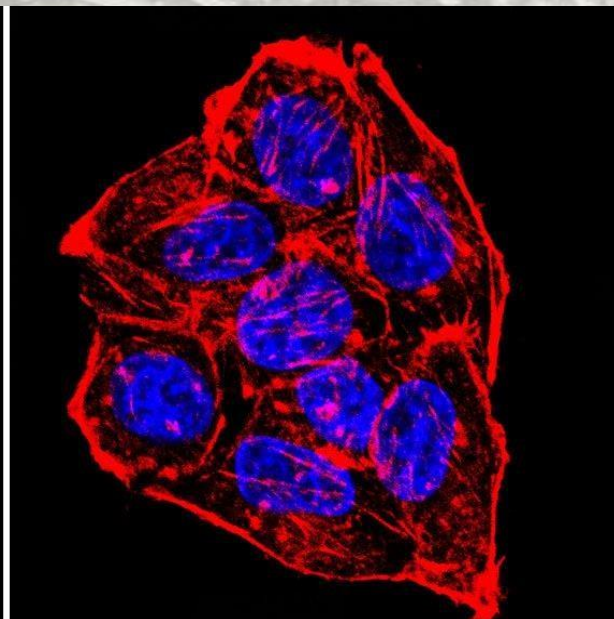
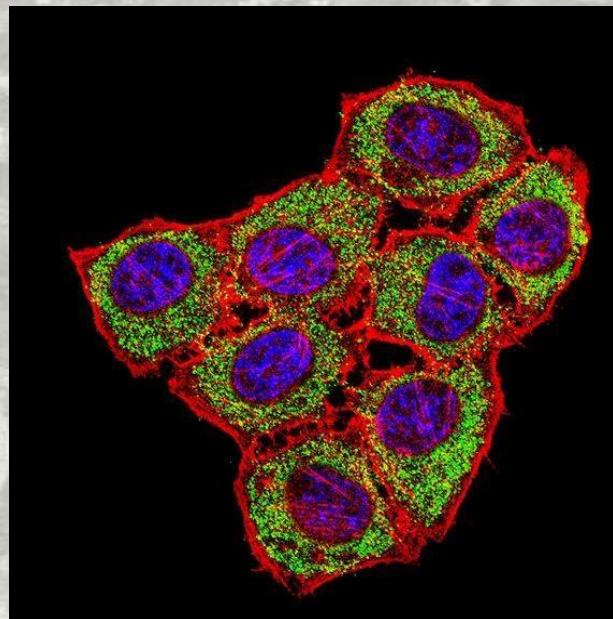
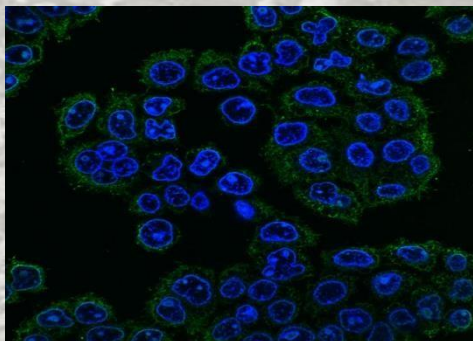


προκαρυωτικά

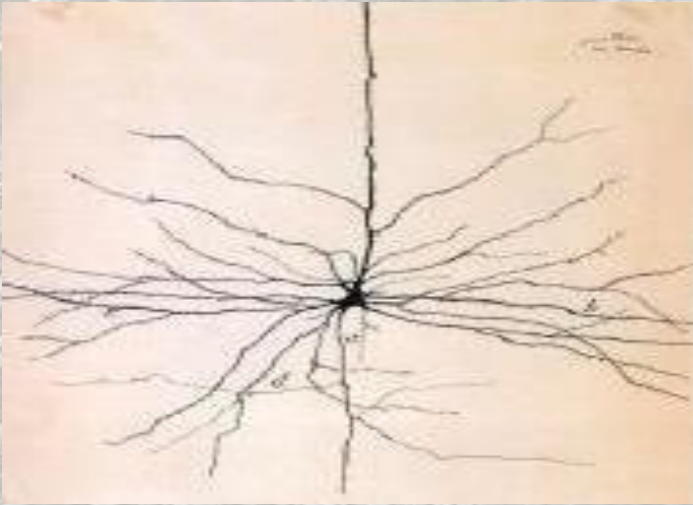


ευκαρυωτικά

Κύτταρο



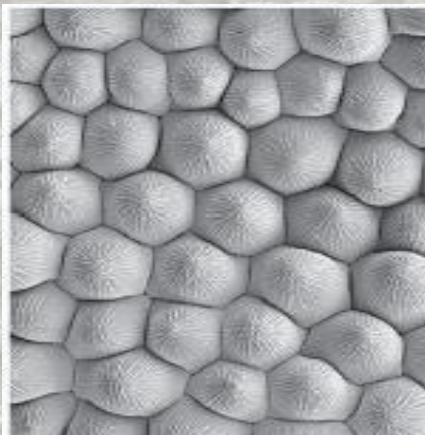
Μορφολογία



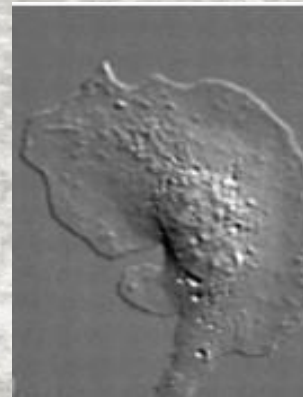
επίμηκες νευρικό κύτταρο



Paramecium που καλύπτεται από βλεφαρίδες



στρώμα φυτικών κυττάρων



μακροφάγο

Ενεργειακές Απαιτήσεις

- Μερικοί χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν.
- Άλλα κύτταρα απαιτούν ηλιακό φως και νερό ως πρώτες ύλες τους.
- Άλλα κύτταρα χρειάζονται ένα συνδυασμό μορίων που παράγονται από άλλα κύτταρα.

Παρατήρηση κυττάρων

Μικροσκόπια

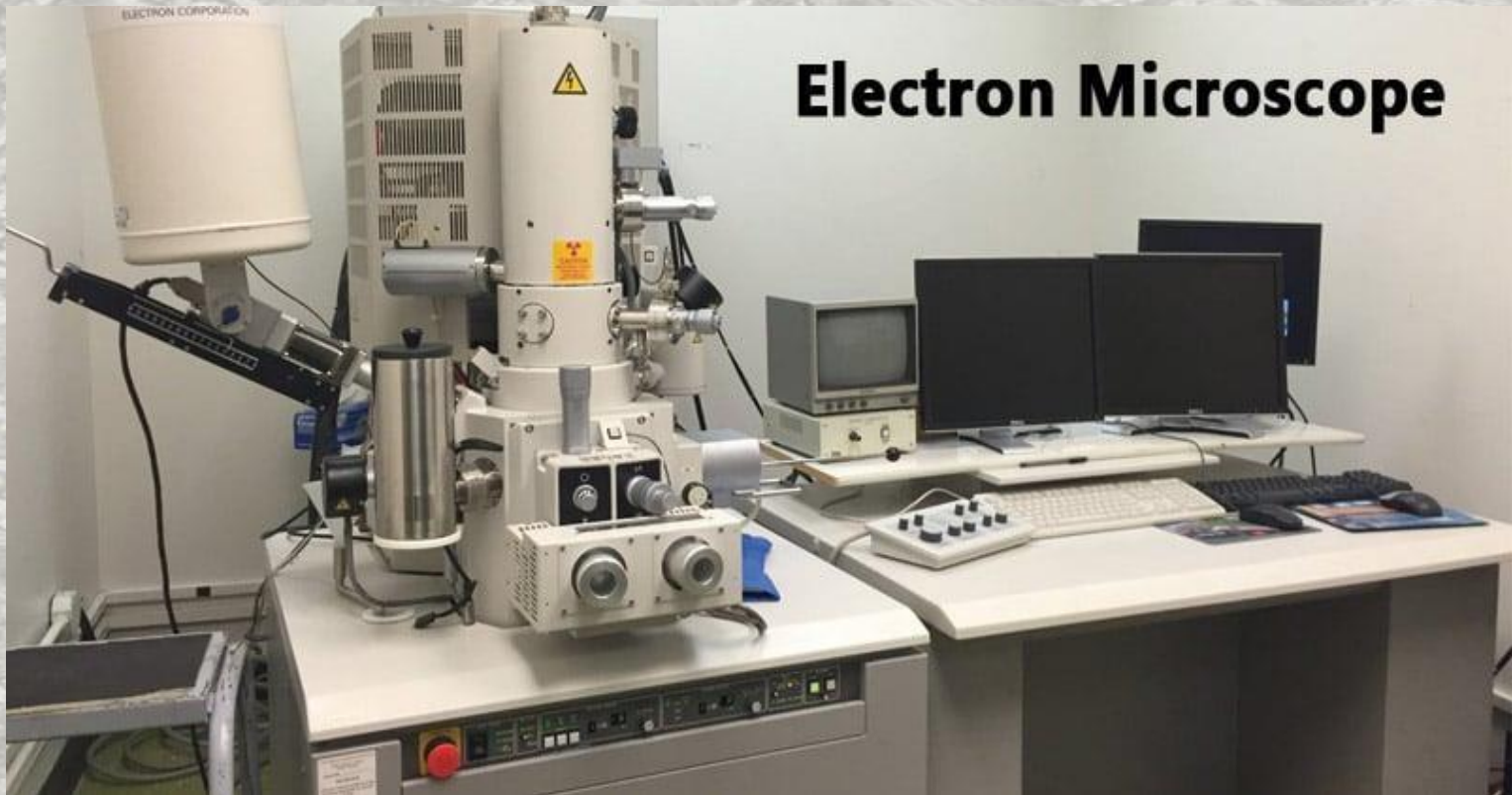
Οπτικό Μικροσκόπιο χρησιμοποίησαν ορατό φως για να φωτίσουν δείγματα.

Επέτρεψαν στους βιολόγους να δουν για πρώτη φορά τη δομή που στηρίζει όλα τα ζωντανά όντα



Παρατήρηση κυττάρων

Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο χρησιμοποιεί δέσμες ηλεκτρονίων, επεκτείνοντας σε μεγάλο βαθμό την ικανότητά μας να βλέπουμε τις λεπτομέρειες των κυττάρων και ακόμη και κάνοντας μερικά από τα μεγαλύτερα μόρια ορατά μεμονωμένα



Παρατήρηση κυττάρων

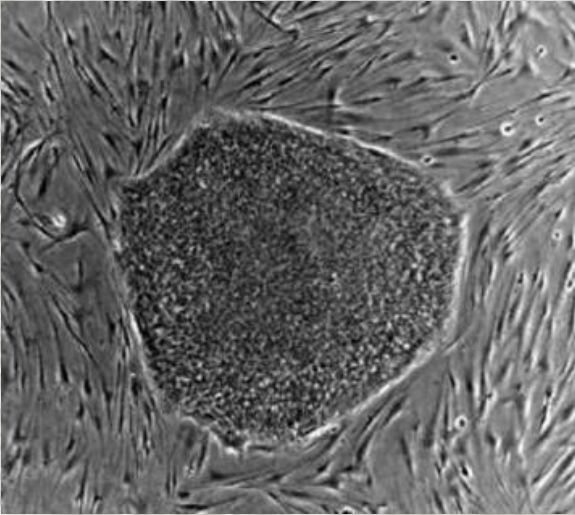
Μικροσκόπιο Φθορισμού

Χρησιμοποιούν εξελιγμένες μεθόδους φωτισμού και ηλεκτρονικής επεξεργασίας εικόνας με σήμανση φθορισμού με λεπτομέρεια

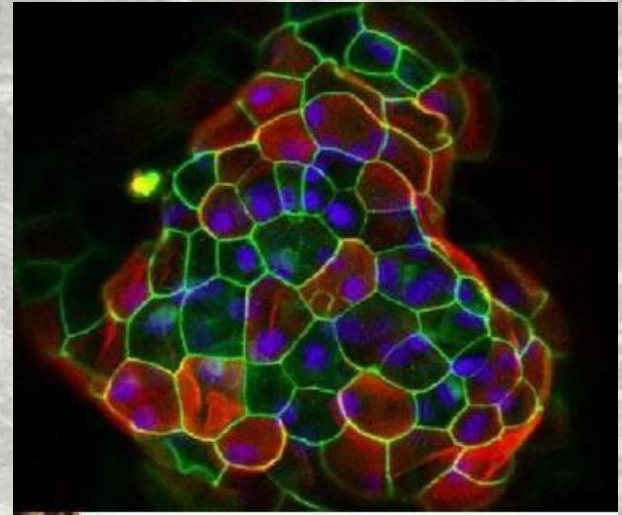


Παρατήρηση κυττάρων

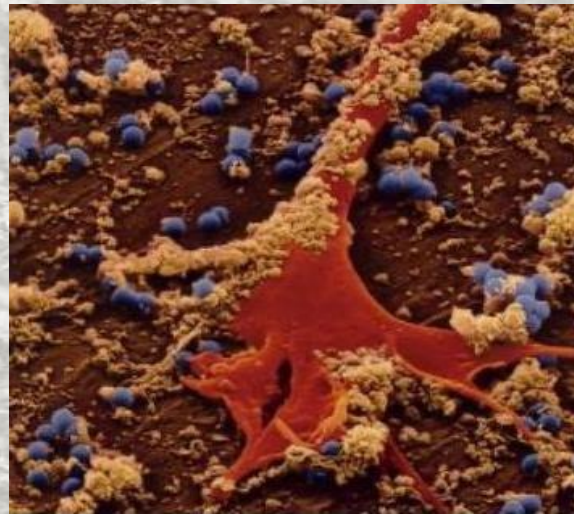
Photonic Microscope



Fluorescence microscope



Electron
Microscope

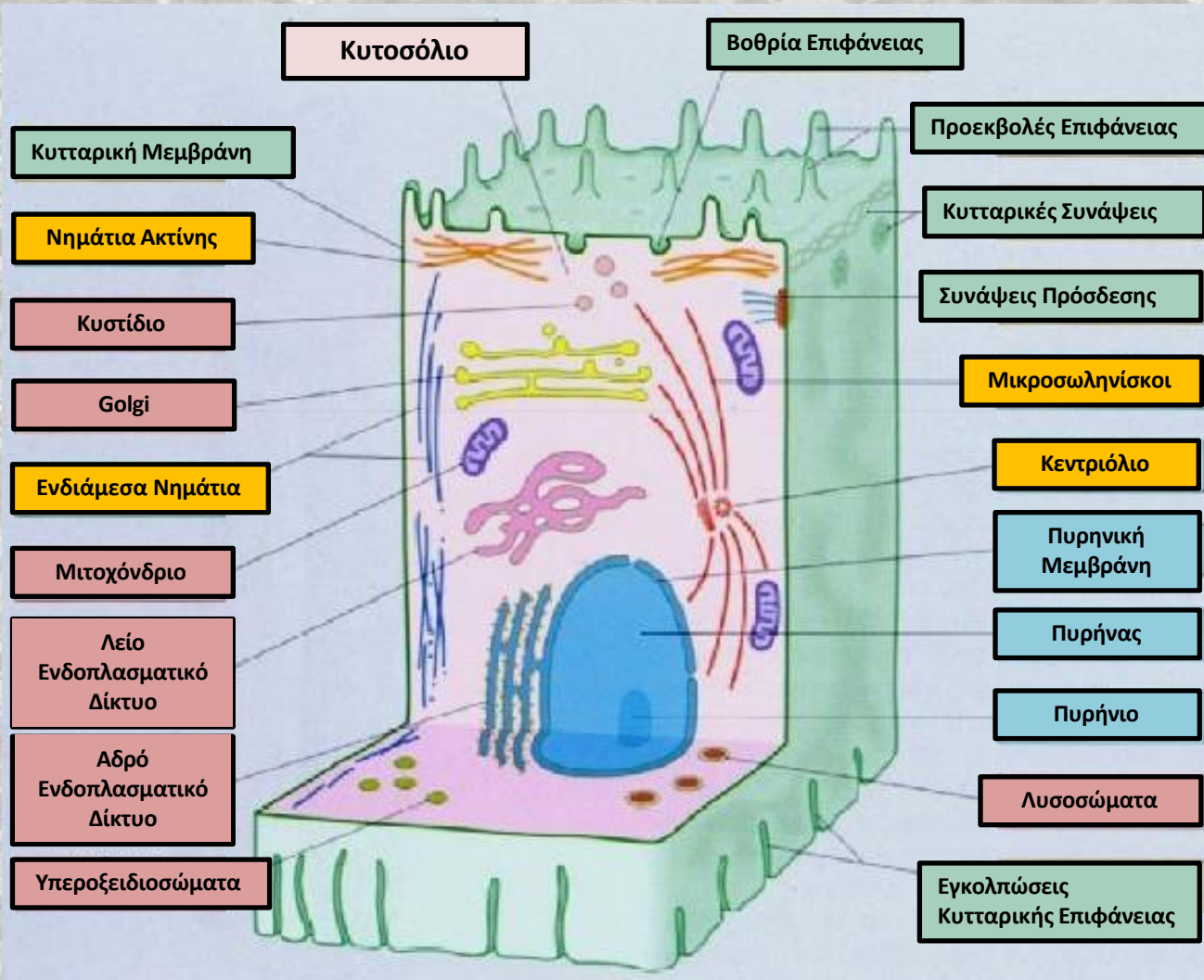




Δομή του κυττάρου



Δομή του κυττάρου



Κυτταρική Μembrάνη

Κυτοσόλιο
(διάλυμα πρωτεϊνών, ηλεκτρολυτών και υδατανθράκων)

Κυτταρικά Οργανίδια
(εξειδικευμένες λειτουργικές περιοχές)

Κυτταροσκελετός
(καθορισμός σχήματος και ρευστότητας του κυττάρου)

Πυρήνας

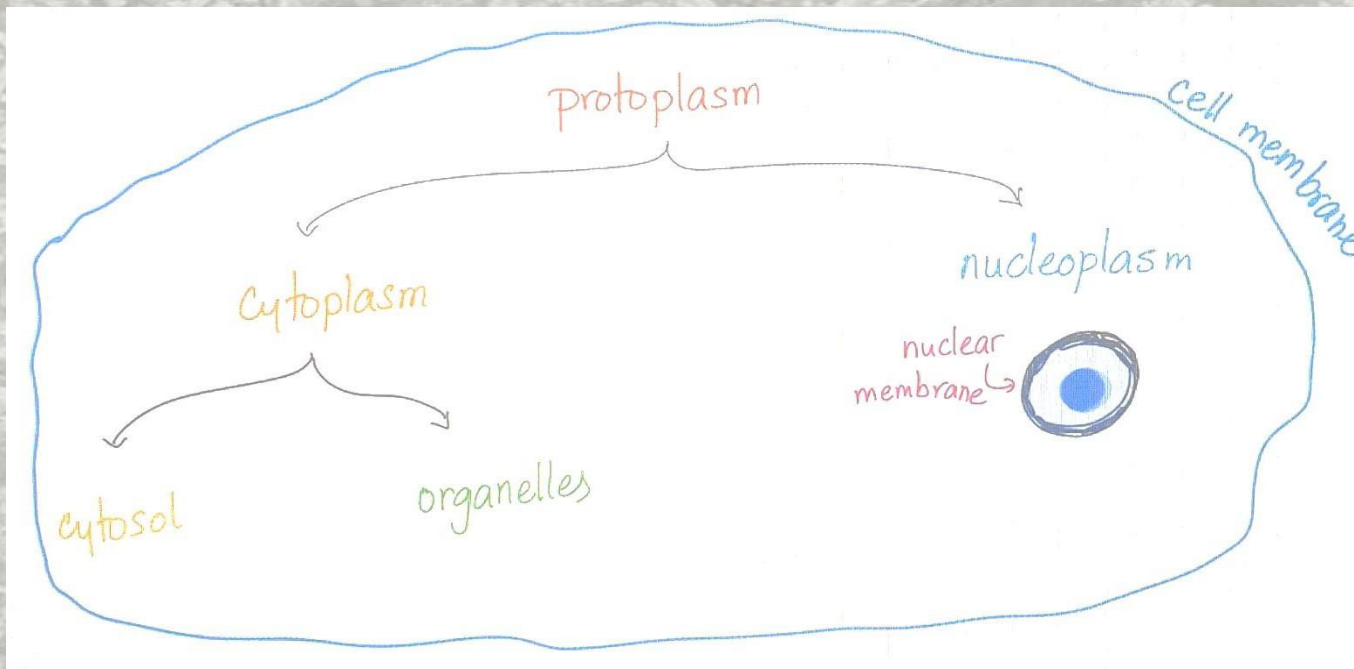


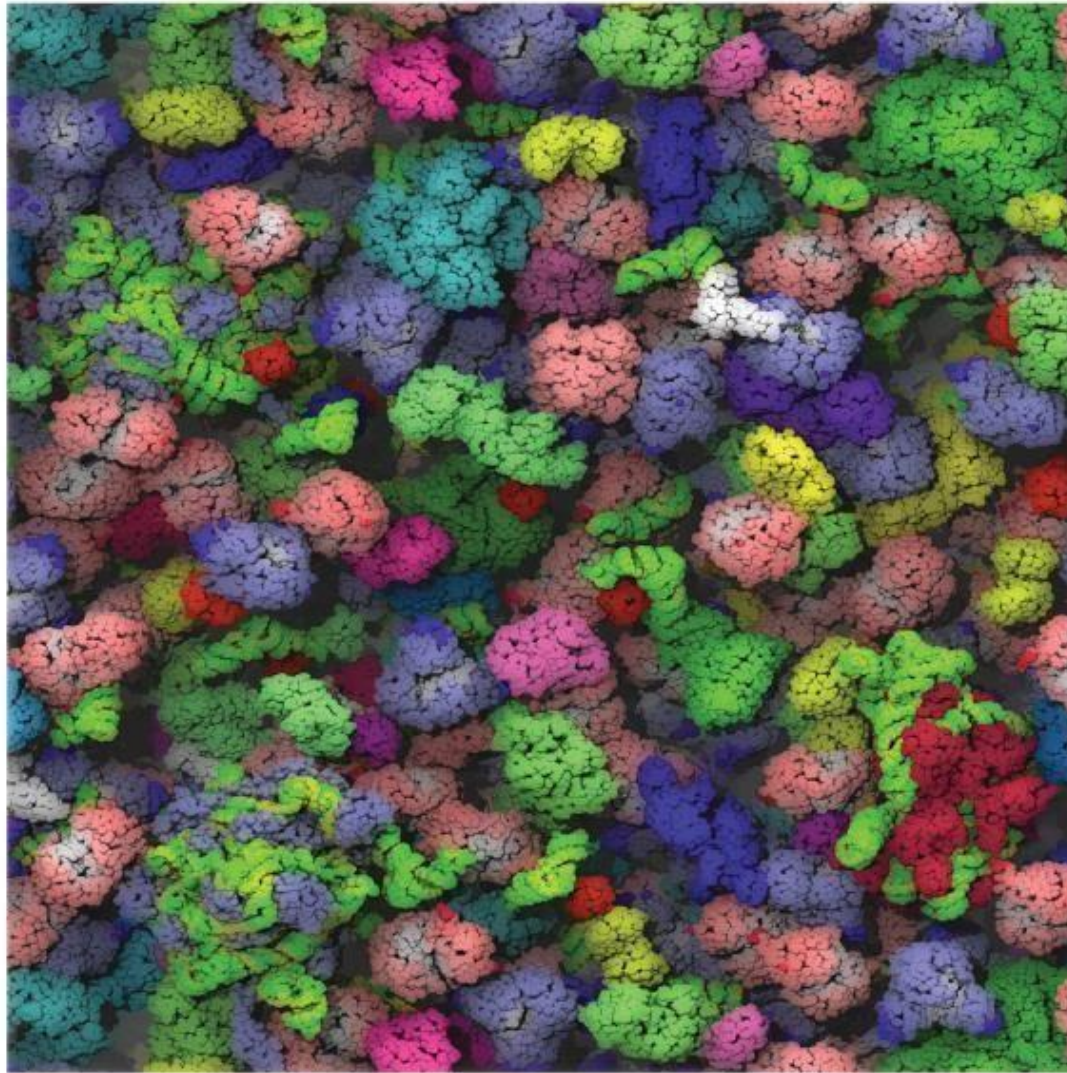
Κυττόςόλιο

Κυτοσόλιο

Συμπυκνωμένο, παχύρευστο υγρό που περιέχει:

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





From S.R. McGuffee and A.H. Elcock, *PLoS Comput. Biol.* 6:e1000694, 2010

25 nm

The cytosol is extremely crowded.



Μεμβράνες του κυττάρου

Μεμβράνες του κυττάρου

Κυτταροπλασματική Μεμβράνη

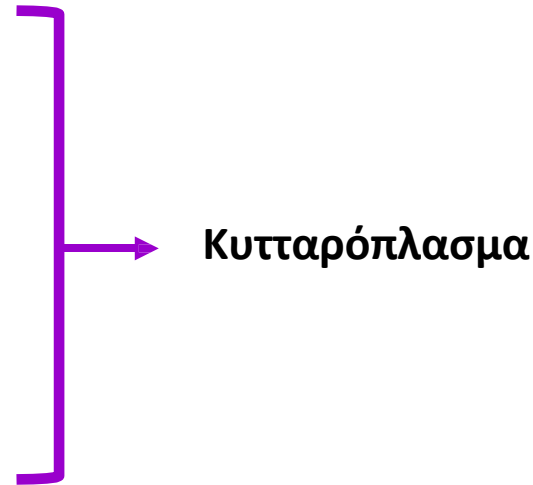
Καθορίζει τα δομικά και λειτουργικά όρια ενός κυττάρου

Ενδοκυττάριας Μεμβράνες

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**)

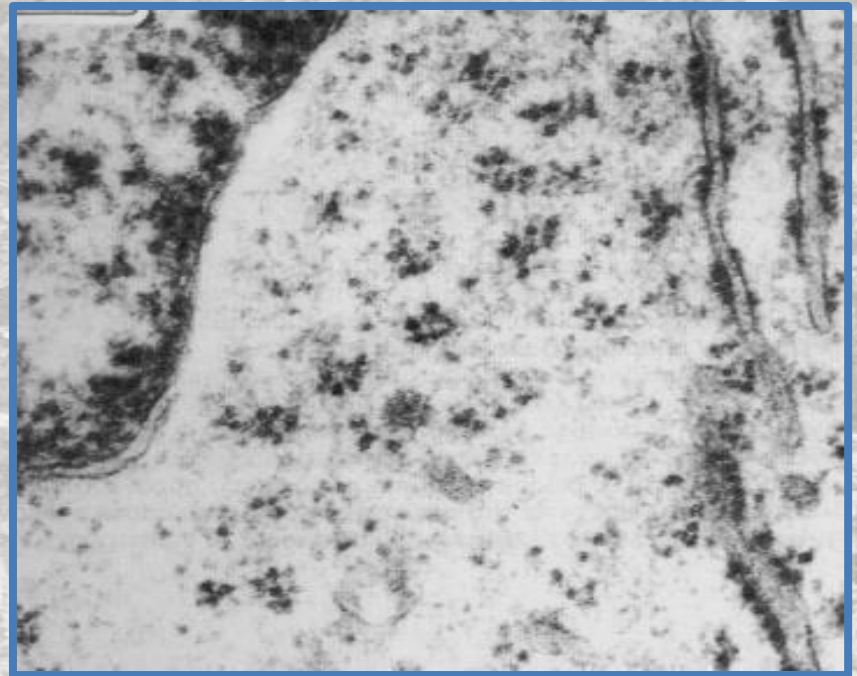


Ριβοσώματα

Ριβοσώματα

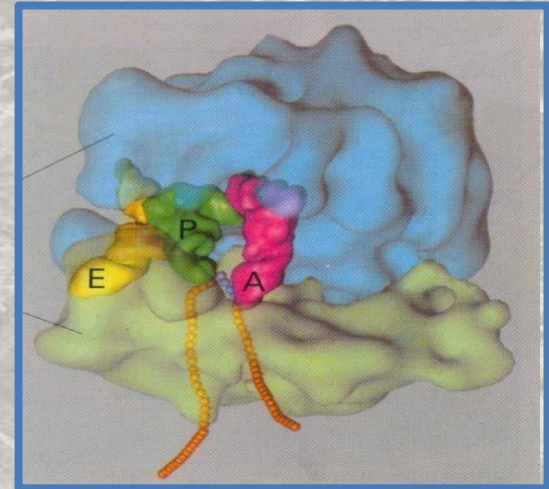
Ριβοσώματα

Μικρά σωματίδια που πραγματοποιούν πρωτεϊνοσύνθεση

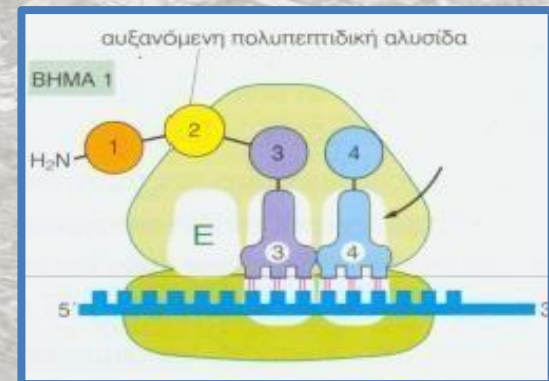


Ριβοσώματα

- ✓ Αποτελούνται από μια μικρή υπομονάδα που συνδέεται με το αγγελιοφόρο RNA (mRNA) και μια μεγάλη υπομονάδα που συνδέεται με το RNA μεταφοράς (tRNA) και καταλύει το σχηματισμό πεπτιδικών δεσμών κατά τη σύνθεση πεπτιδίων.



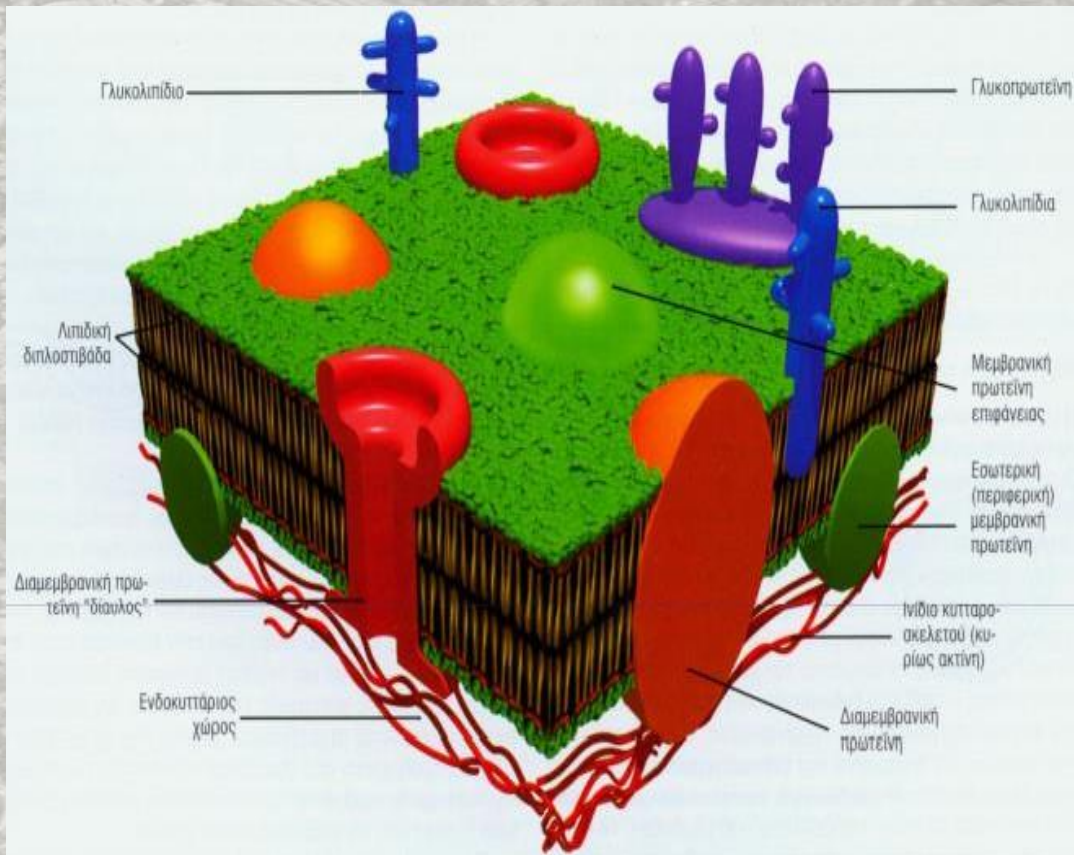
- ✓ Αποτελούνται από rRNA που παράγεται στον πυρήνα και ριβοσωμικές πρωτεΐνες.





Πλασματική Μεμβράνη

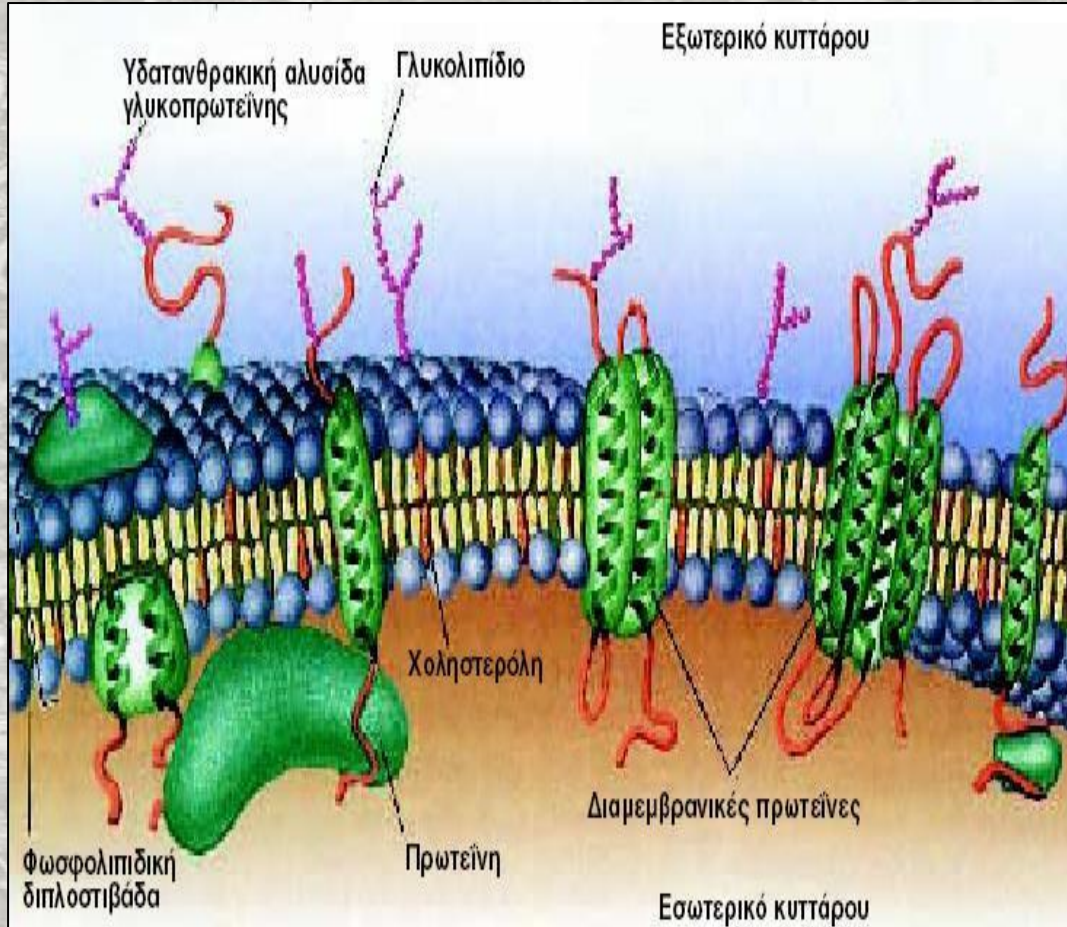
Πλασματική Μεμβράνη



Δομείται από λιπίδια και πρωτεΐνες

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

Δομή Πλασματικής Μεμβράνης



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 Μembrάνης

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)

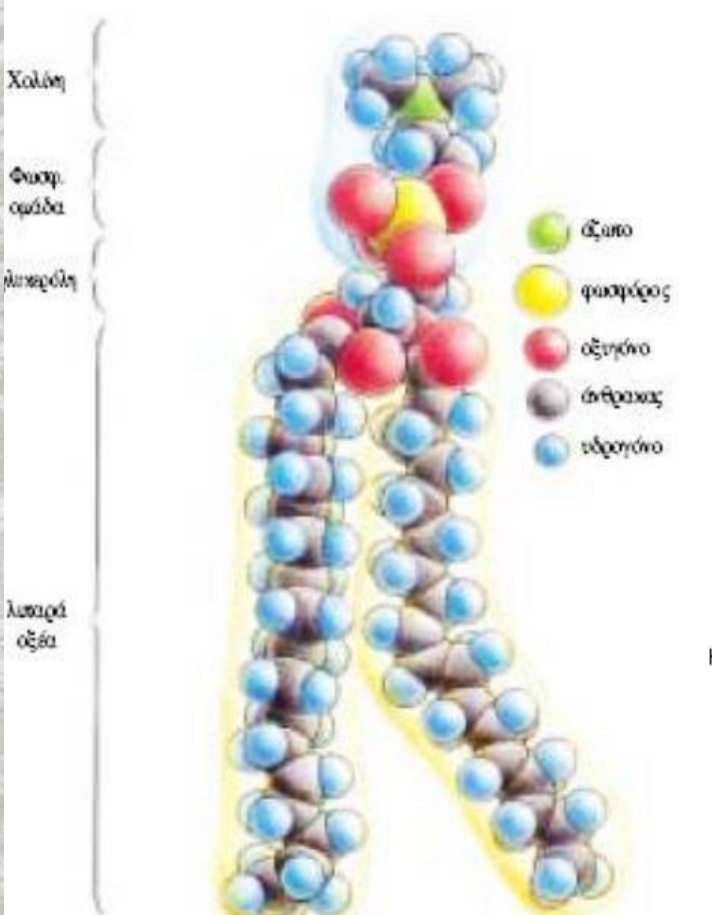
Λειτουργίες Κυτταροπλασματικής Μεμβράνης

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

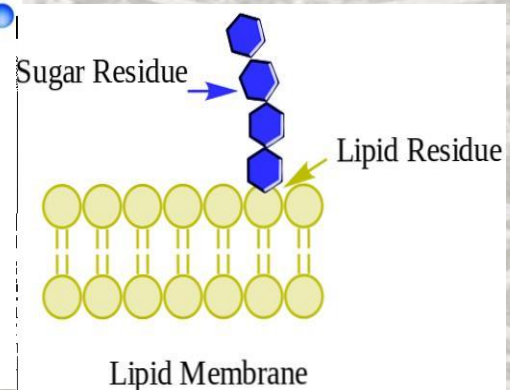
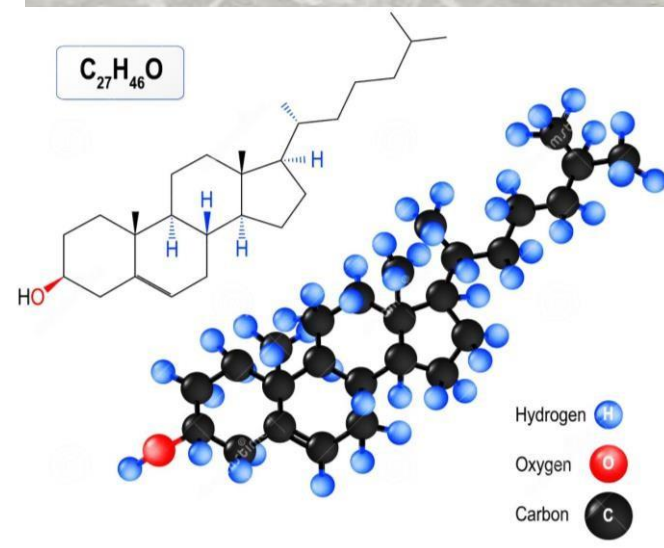
Οι **μεμβρανικές πρωτεΐνες** επιτελούν:

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

Μεμβρανικά Λιπίδια



- Φωσfolιπίδια
- Χοληστερόλη
- Γλυκολιπίδια

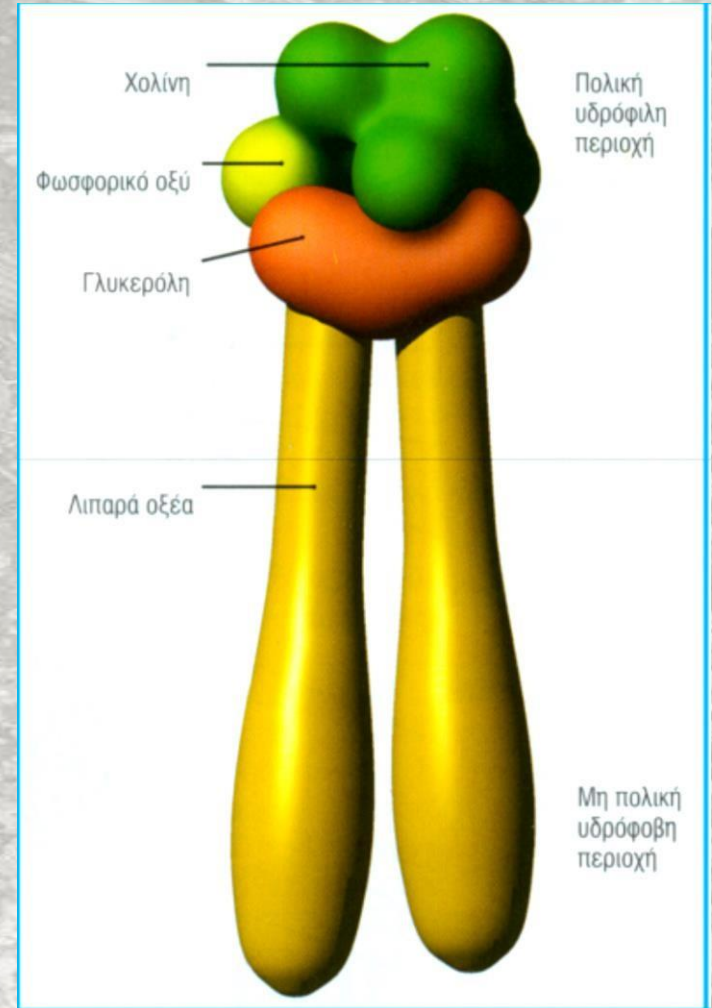


Φωσφολιπίδια

Είδη Φωσφολιπιδίων:

- Φωσφατιδυλοχολίνη
- Φωσφατιδυλοσερίνη
- Φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη
- Σφιγγομυελίνη
- Φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη

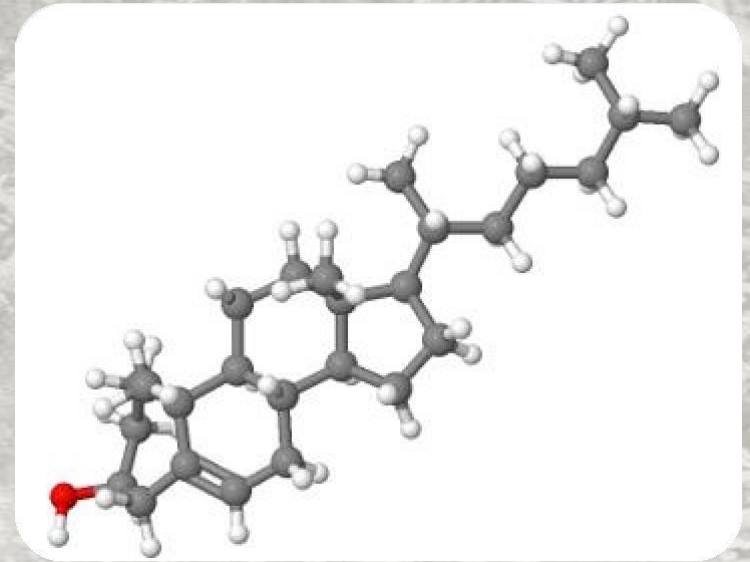
**Αποτελούν το 50% των
μεμβρανικών λιπιδίων**



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



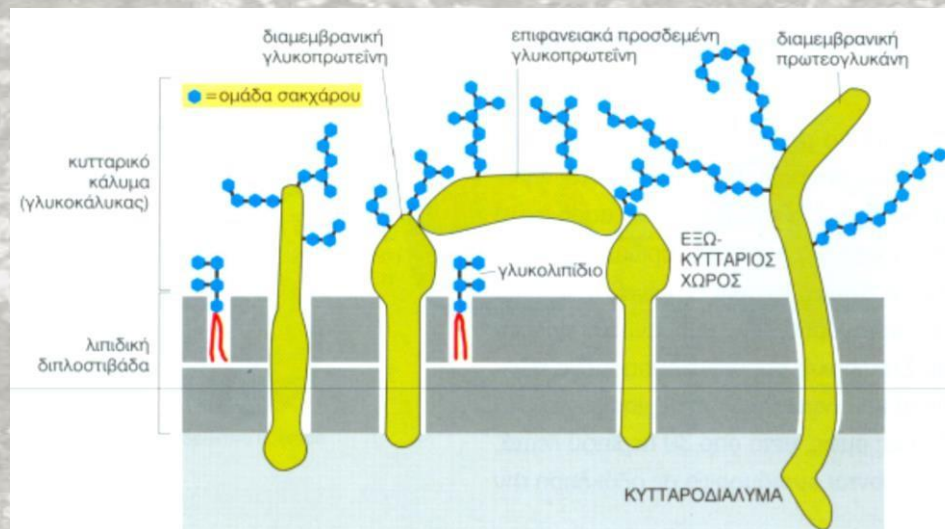
Γλυκολιπίδια

Είδη γλυκολιπιδίων

- Σφινγολιπίδια
- Γαλακτοκερεβροσίδια
- Γαγγλιοσίδια

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

Εμπλέκονται στην κυτταρική επικοινωνία.



Λειτουργίες Μεμβρανικών Πρωτεϊνών

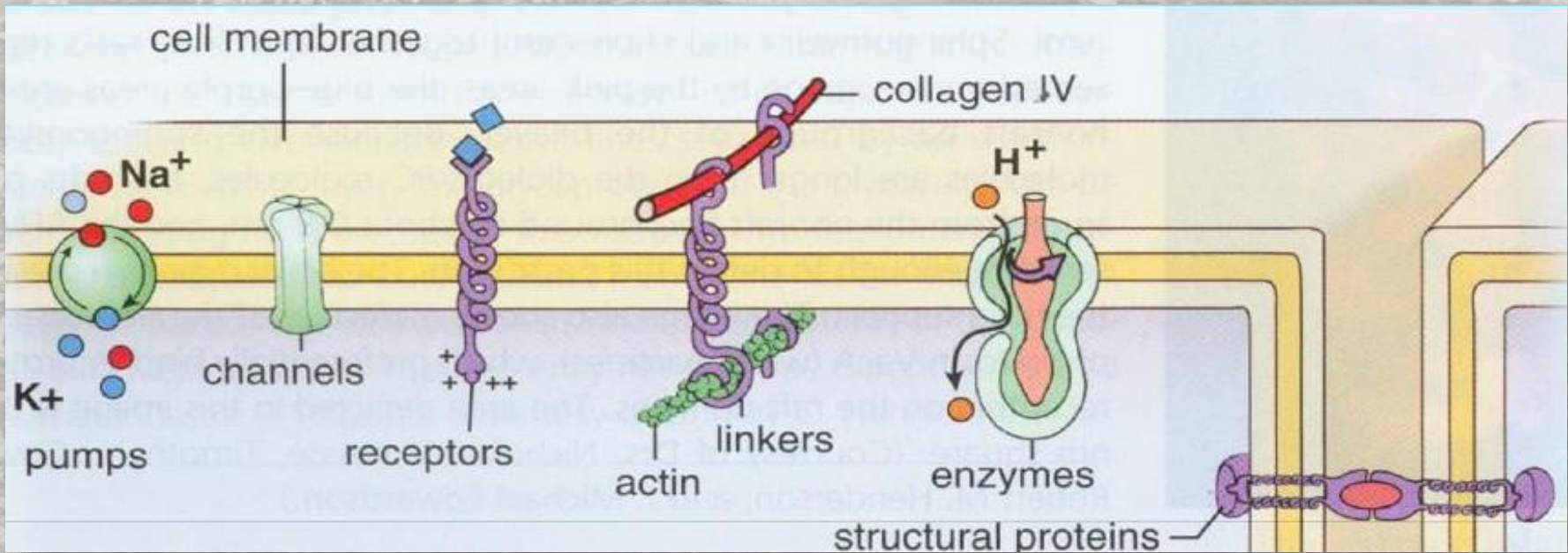
- Οι μεμβρανικοί υδατάνθρακες βρίσκονται στις μεμβρανικές επιφάνειες και δημιουργούν ένα υδατανθρακικό κάλυμμα, τον γλυκοκάλυκα.
- Ο γλυκοκάλυκας προστατεύει την κυτταρική επιφάνεια από μηχανικές ή χημικές βλάβες, αναγνωρίζει και συγκολλά τα κύτταρα μεταξύ τους.

Ολιγοσακχαρίτες + πρωτεΐνες = γλυκοπρωτεΐνες

Πολυσακχαρίτες + πρωτεΐνες = πρωτεογλυκάνες

Σάκχαρα + λιπίδια = γλυκολιπίδια

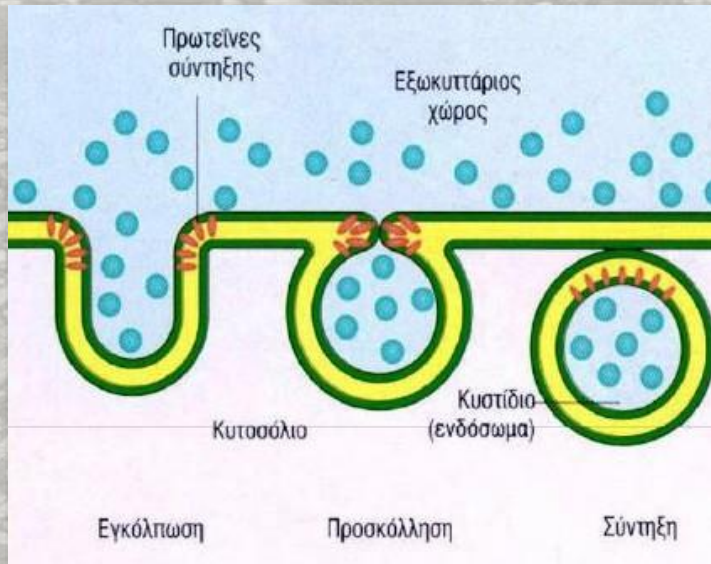
Μεμβρανικές Πρωτεΐνες



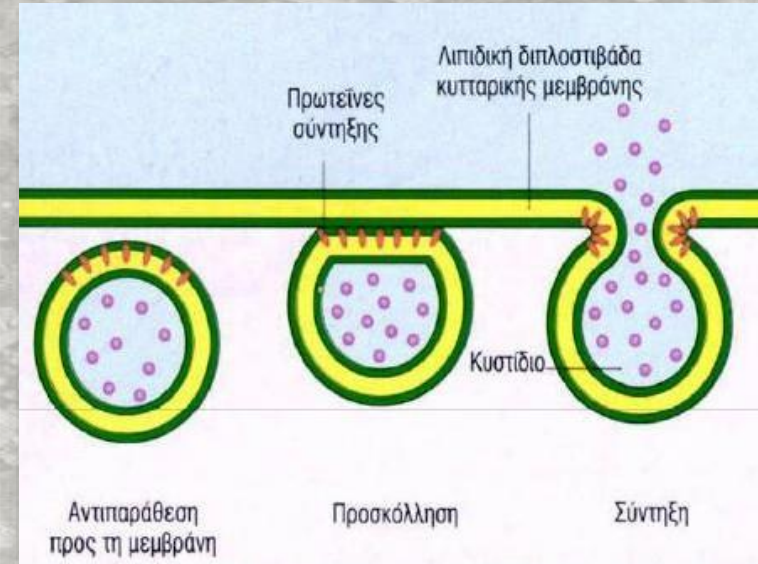
- Φέρουν σε επαφή τα νημάτια του κυτταροσκελετού με την κυτταρική μεμβράνη.
- Φέρουν σε επαφή τα κύτταρα με την εξωκυττάρια ουσία.
- Μεταφέρουν μόρια μέσα και έξω από τα κύτταρα (πρωτεΐνες-μεταφορείς, πρωτεΐνες-αντλίες, διάυλοι)
- Λειτουργούν ως υποδοχείς για τη λήψη σημάτων από άλλα κύτταρα
- Παρουσιάζουν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

Κυστιδιακή Μεταφορά Ουσιών

Ενδοκυττάρωση



Εξωκυττάρωση



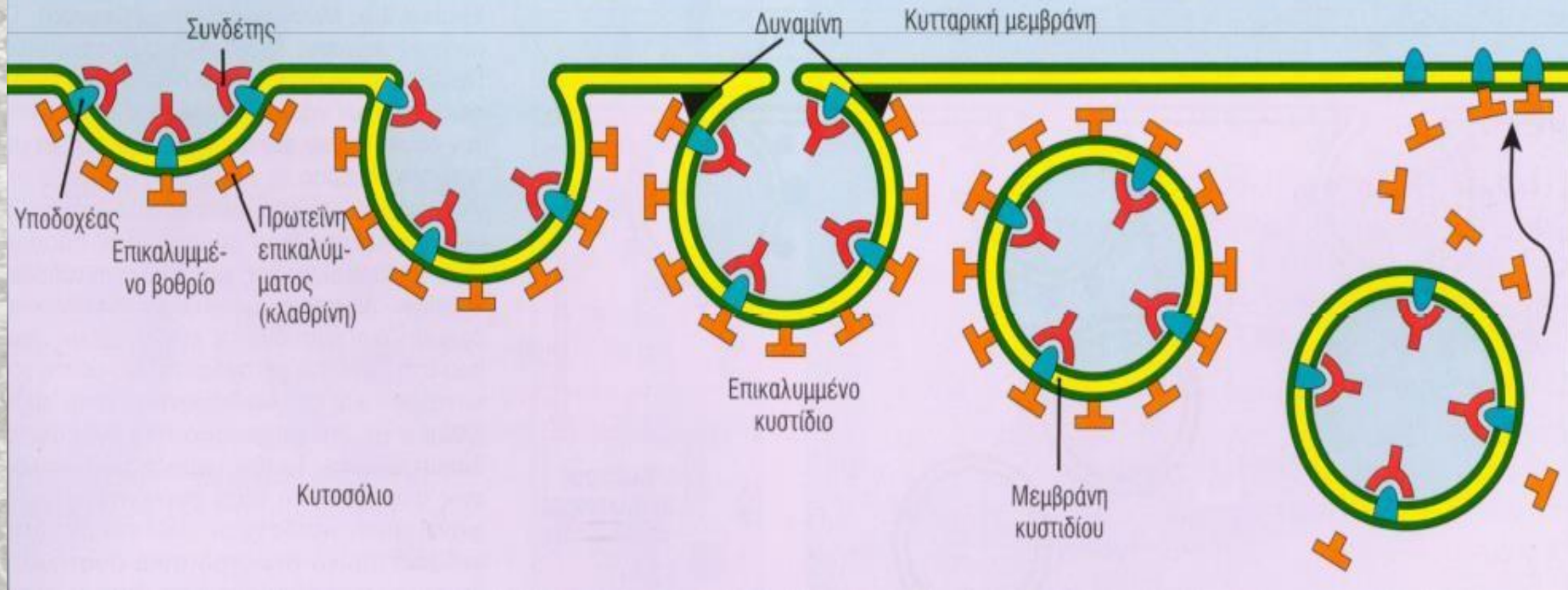
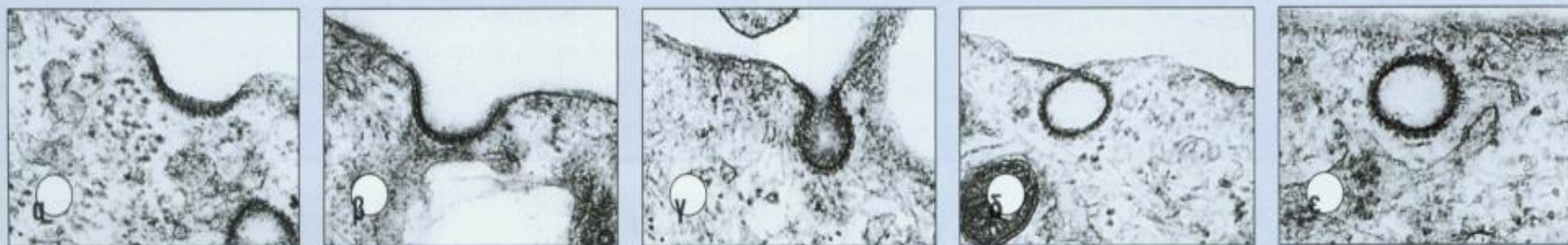
Ενδοκυττάρωση (endocytosis): μεταφορά εξωκυττάριου υλικού από την πλασματική μεμβράνη μέσα στο κύτταρο, μέσω ενδοσωμάτων που σχηματίζονται από τα επικαλυμμένα κυστίδια.

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

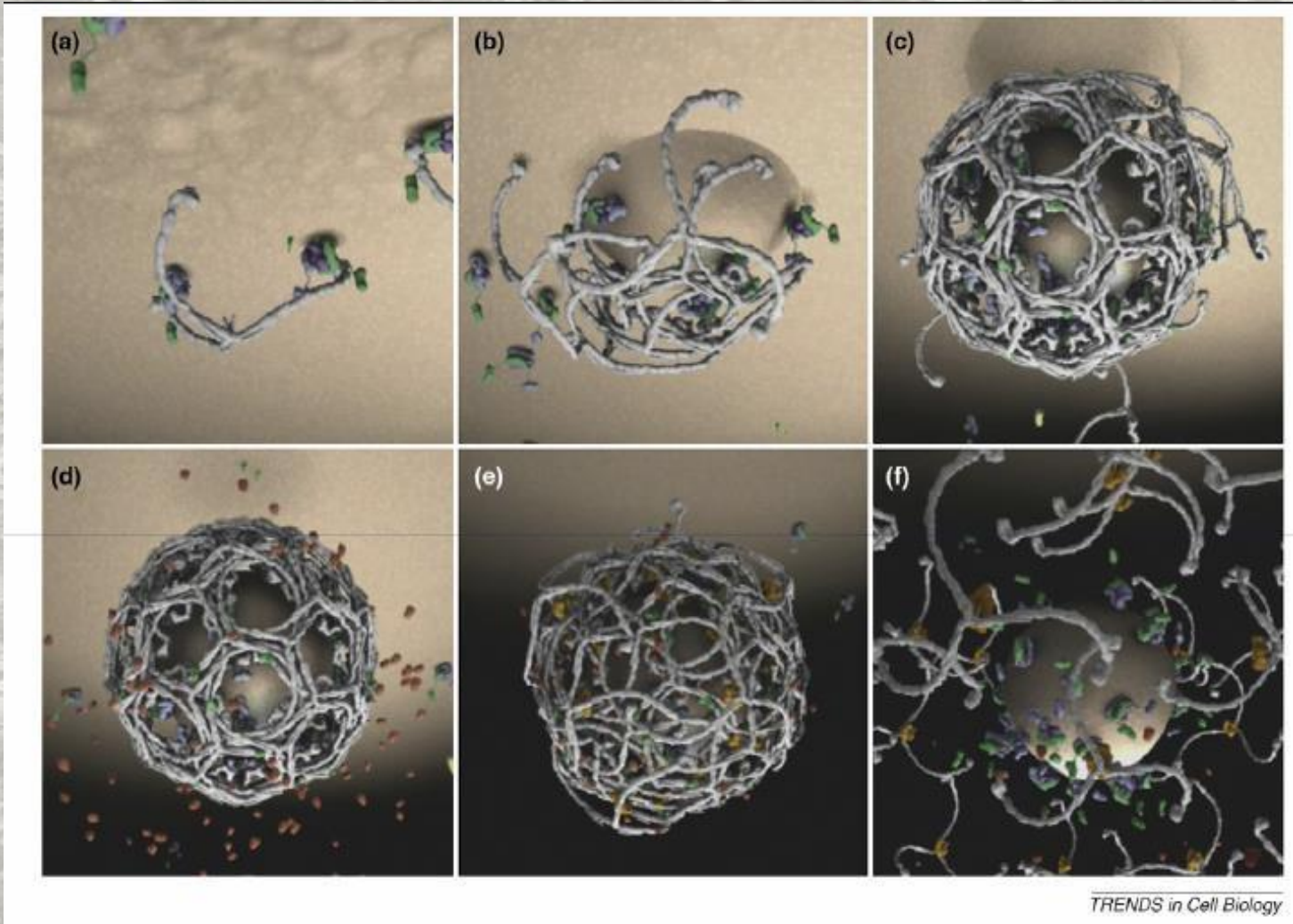
Επικαλυμμένα Βοθρία

Ενδοκυττάρωση με μεσολάβηση υποδοχέα



Επικαλυμμένα Βοθρία

Επικαλυμμένα Βοθρία: εγκοιλώσεις κυτταρικής μεμβράνης που στερεώνονται με κλαθρίνη





Κυτταρικά Οργανίδια

Μιτοχόνδρια

Παραγωγή ενέργειας μέσω οξειδωτικής φωσφορυλίωσης

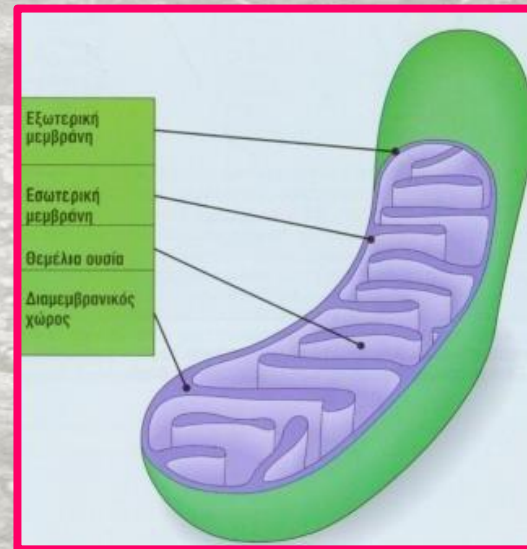
Αποτελούνται από:

Εξωτερική μεμβράνη

Εσωτερική μεμβράνη → ακρολοφίες

*Διαμεμβρανικός χώρος
Στρώμα*

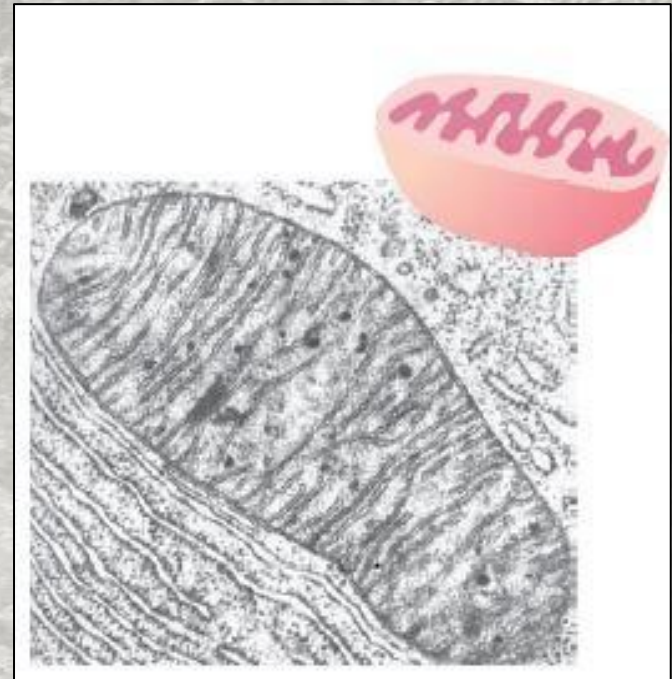
Περιέχουν δικό τους DNA, RNA και συστήματα πρωτεϊνοσύνθεσης



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 μακρών 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)

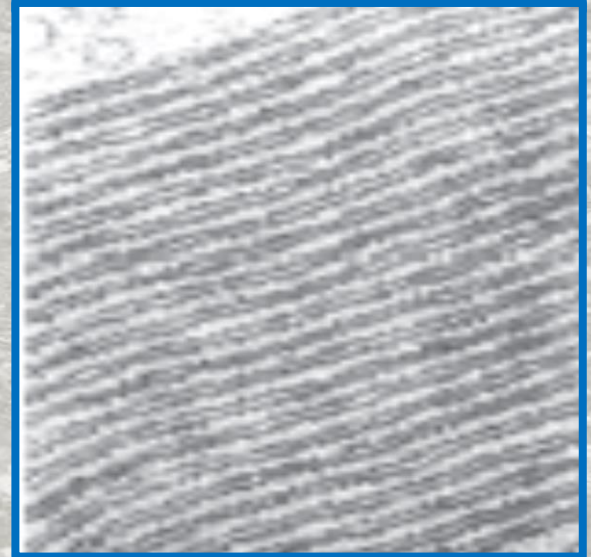
✓ Σύστημα πολυπτυχτών πεπλατυμένων μεμβρανικών σχηματισμών με προσκολλημένα ριβοσώματα στην επιφάνειά τους

✓ Ρόλος:

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

✓ Λειτουργίες:

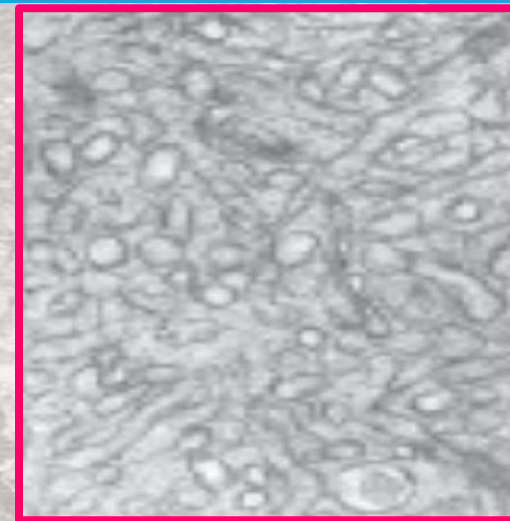
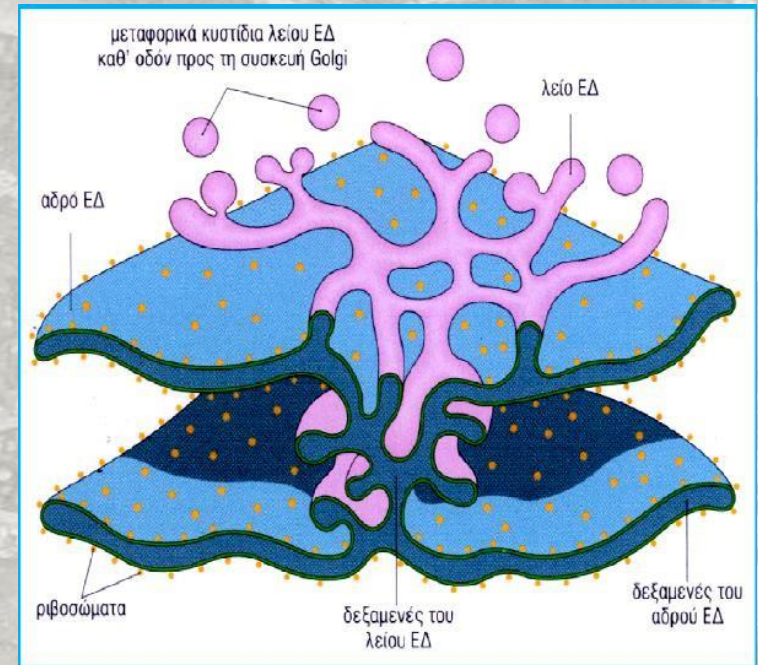
Μετα-μεταφραστική τροποποίηση πρόσφατα σχηματισμένων πολυπεπτιδίων, γλυκοζυλίωση πρωτεϊνών, συνάθροιση πολυαλυσιδικών αμινοξέων, σύνθεση φωσφολιπιδίων



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

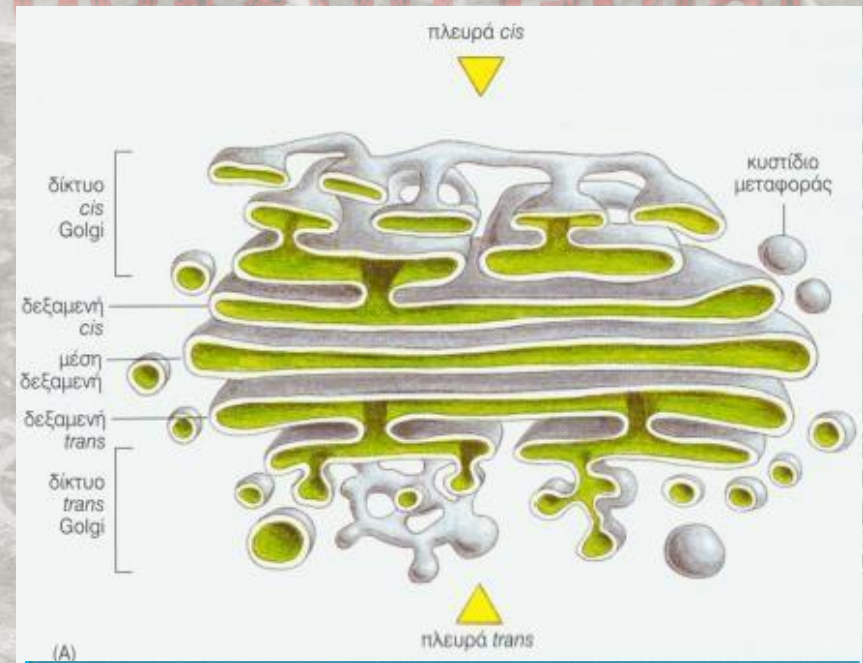
✓ Σύστημα πεπλατυσμένων σάκων (δεξαμενές) που περιβάλλονται από μεμβράνες. Τοποθετούνται υπό τη μορφή στοίβας.

✓ Διαθέτουν 3 λειτουργικά τμήματα:

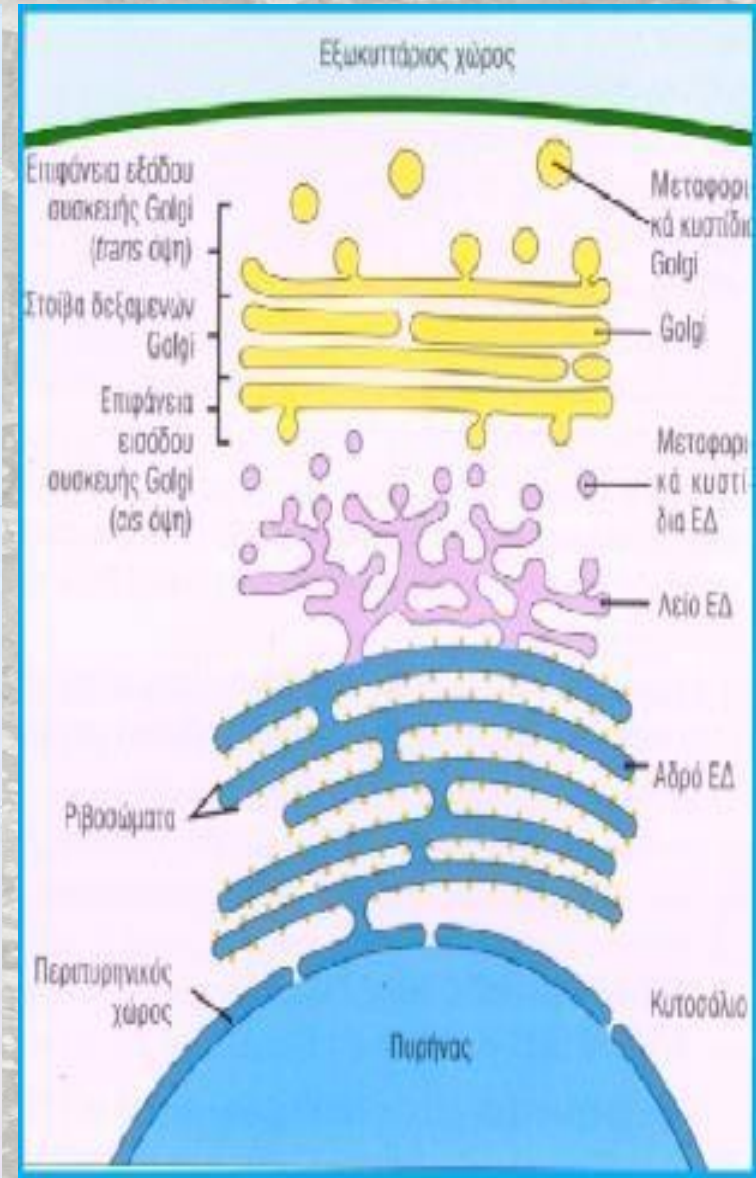
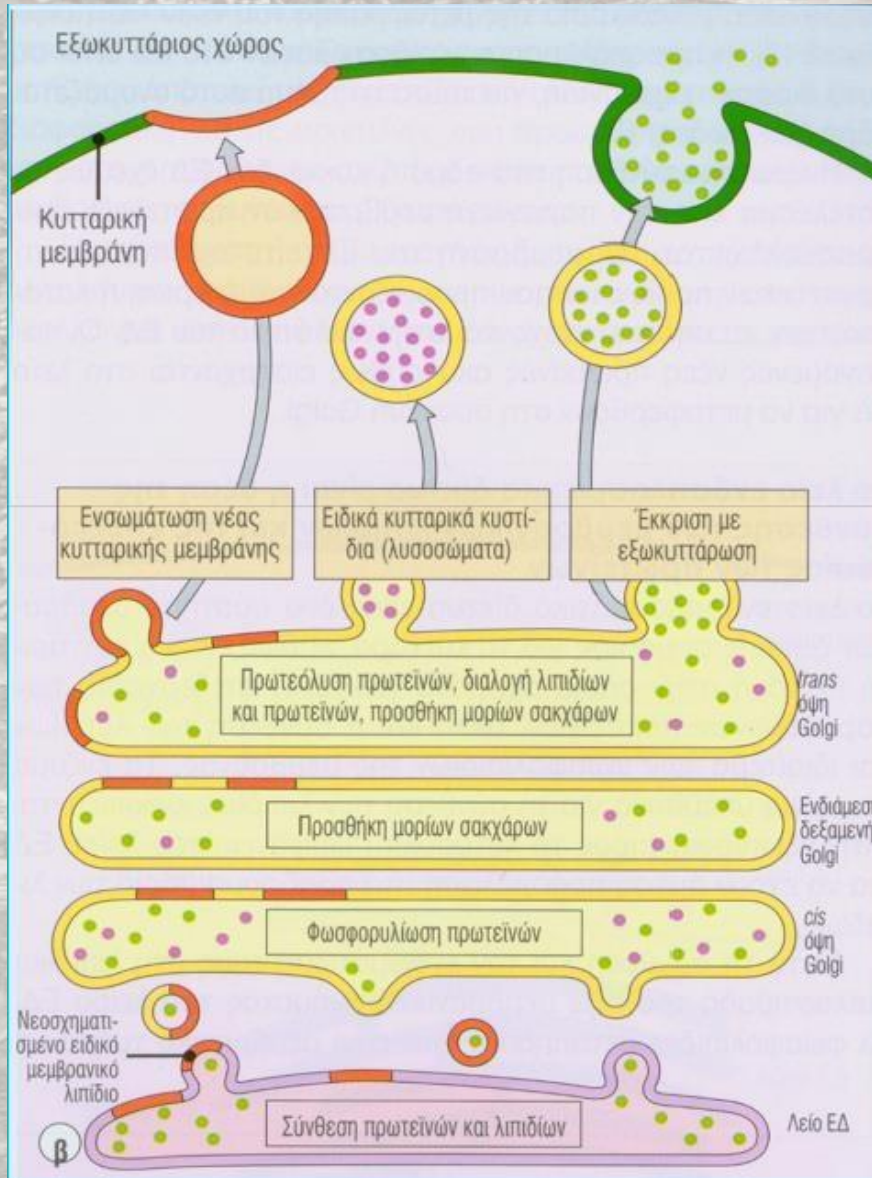
✓ Cis-όψη (επιφάνεια εισόδου) προς ΕΔ

✓ Ενδιάμεση 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

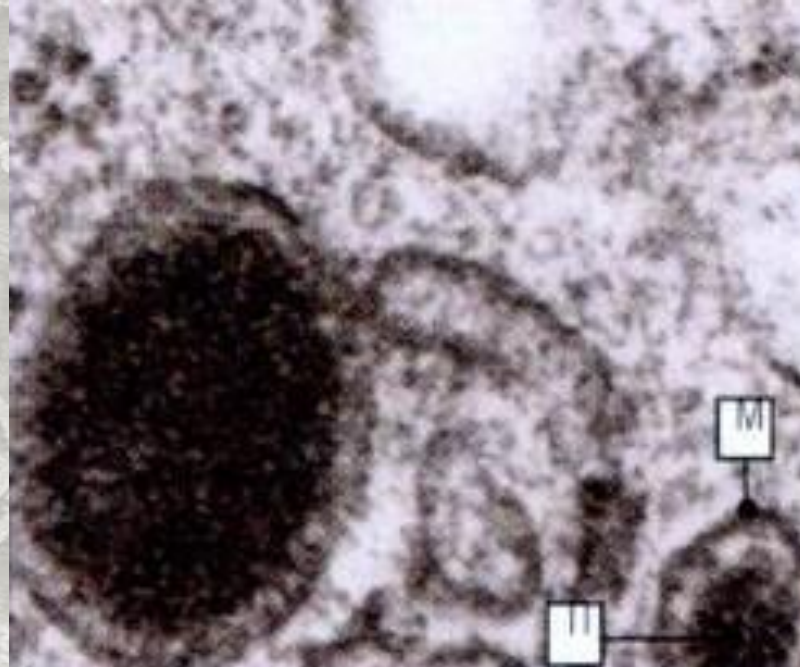
Σύστημα όξινων Κυστιδίων / Λυσοσώματα

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

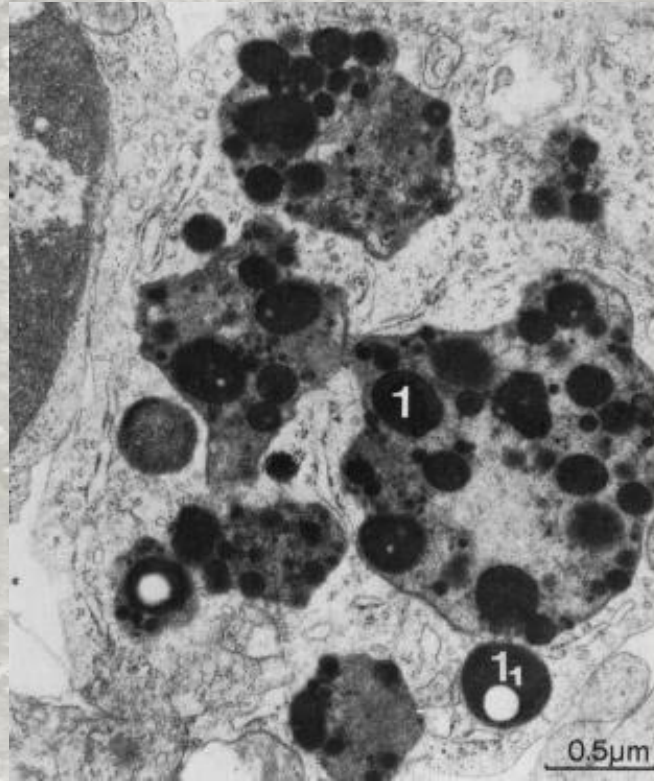
Πρωτογενή Λυσοσώματα



Πρωτογενή Λυσοσώματα

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

Δευτερογενή Λυσοσώματα



Δευτερογενή Λυσοσώματα

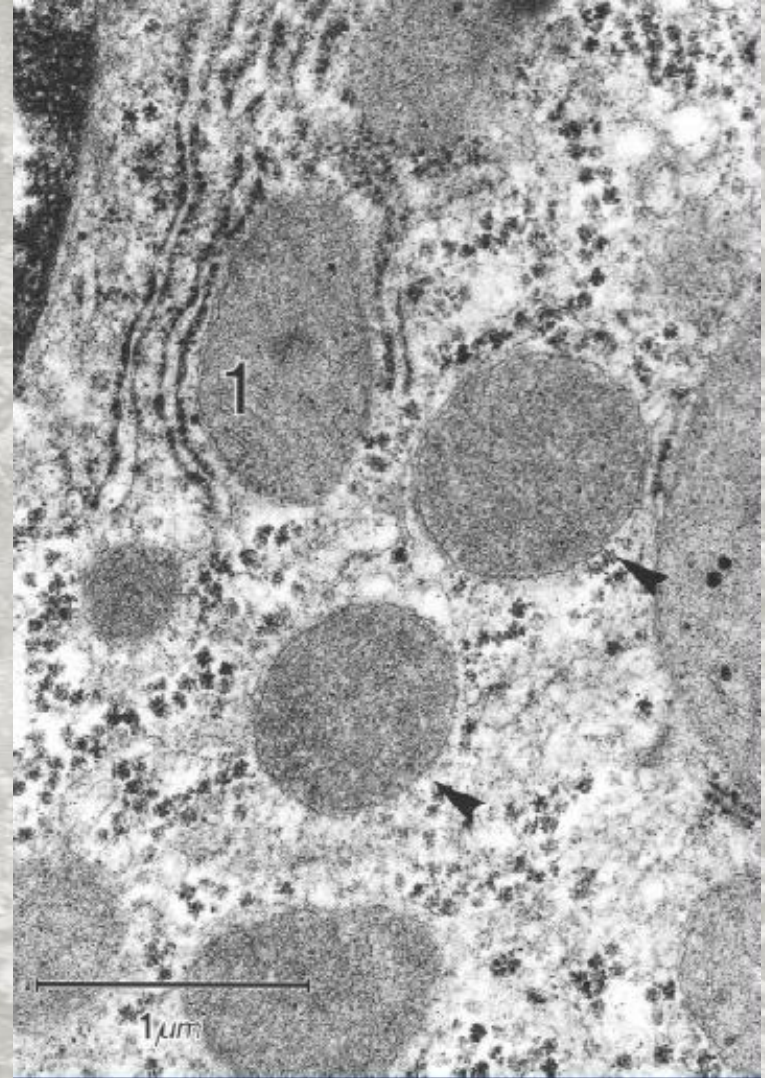
Πρωτογενή λυσοσώματα + ενδοσώματα →
ενδολυσοσώματα

Επιτελούνται καταλυτικές διεργασίες

Υπεροξειδιοσώματα

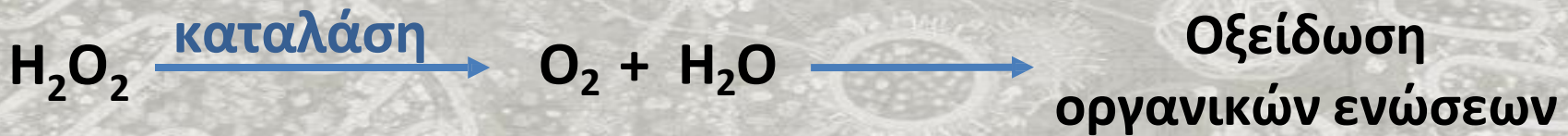
Είναι μικρά σφαιρικά μεμβρανικά οργανίδια (διαμέτρου 0,5-1 μm).

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)

- Νηματοιειδείς 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)

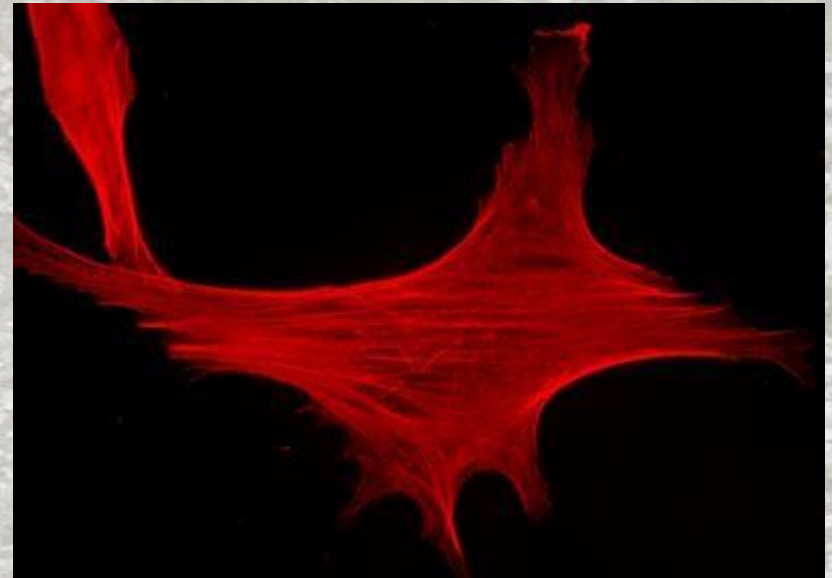
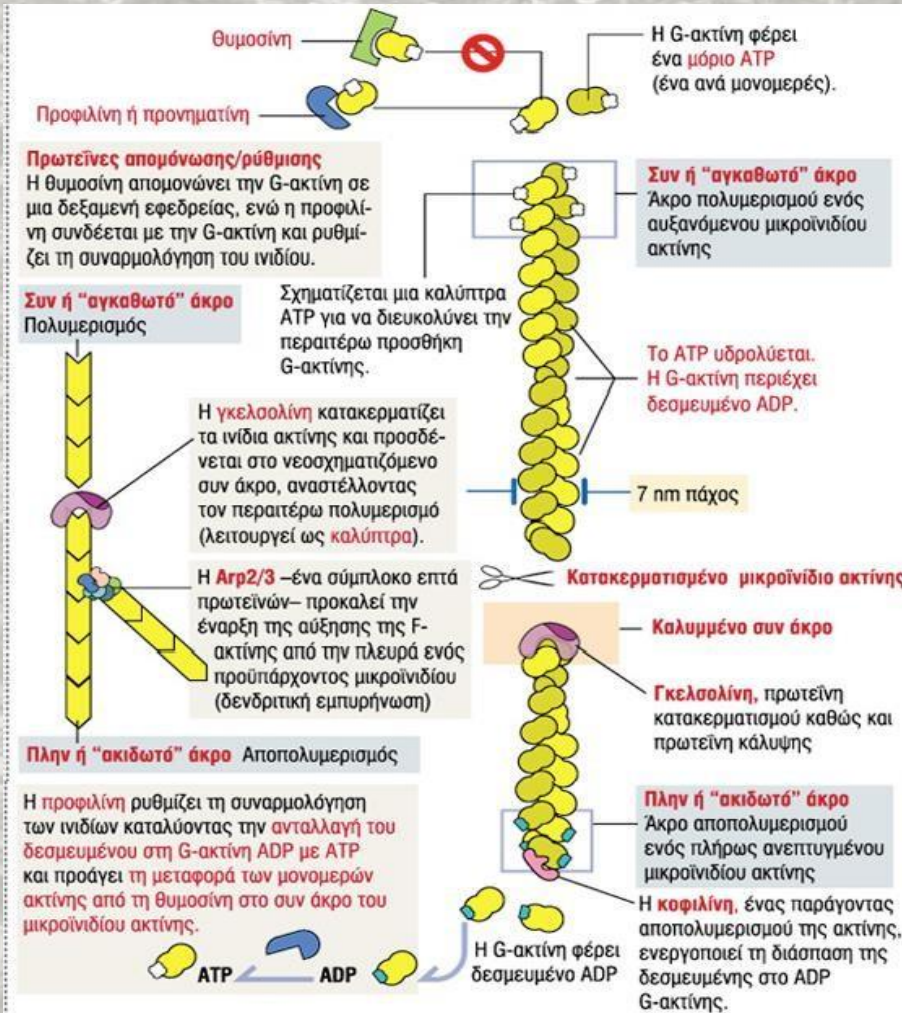
➤ Λειτουργίες:

- 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)

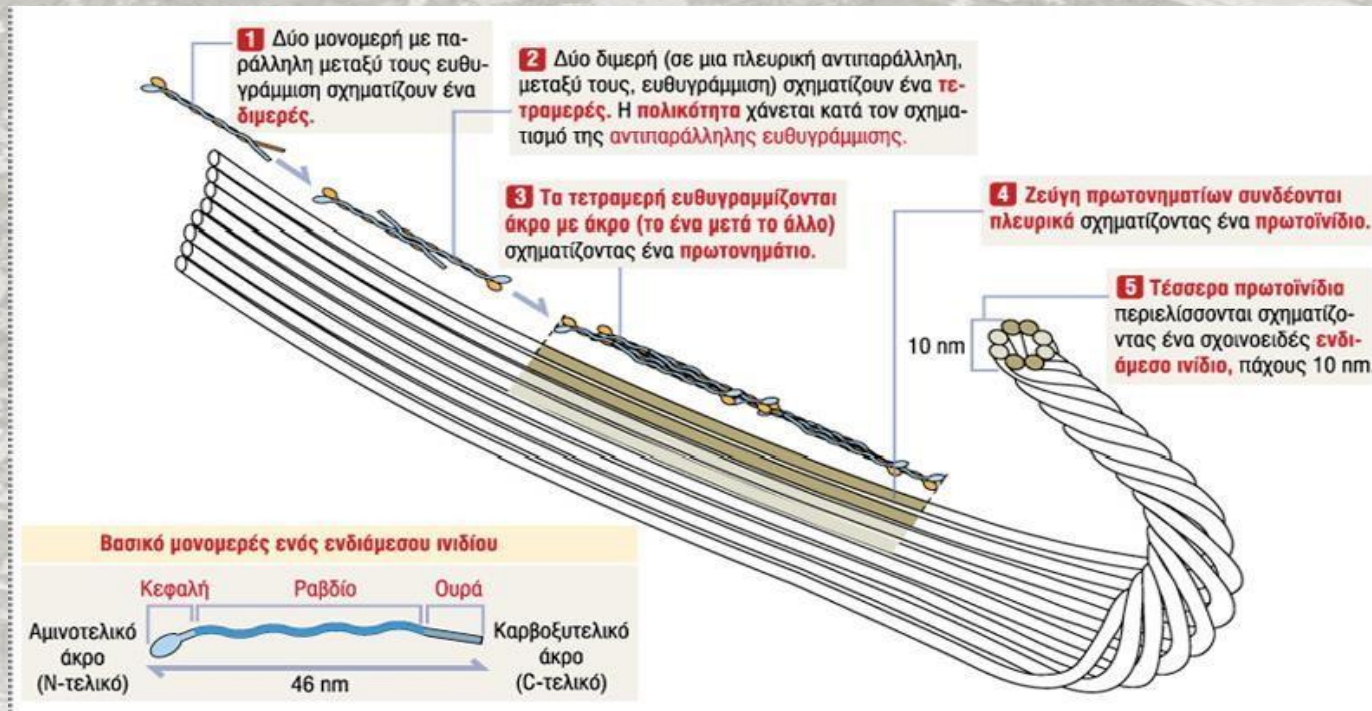
Μικροϊνίδια



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)

Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate filaments)



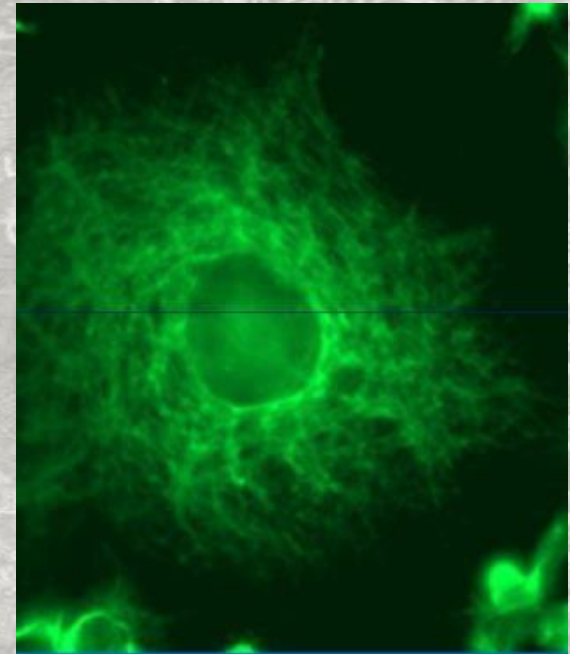
Οι πιο σταθερές κυτταροσκελετικές δομές

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

Ενδιάμεσα ινίδια (intermediate filaments)

Λειτουργίες:

- Συγκρότηση ιστού —————> 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 —————> 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

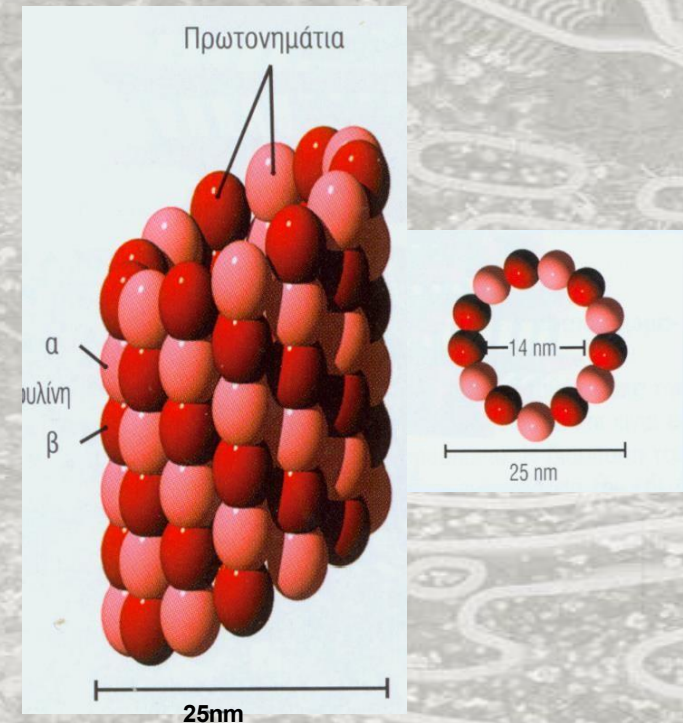
Μικροσωληνίσκοι (microtubules)

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.

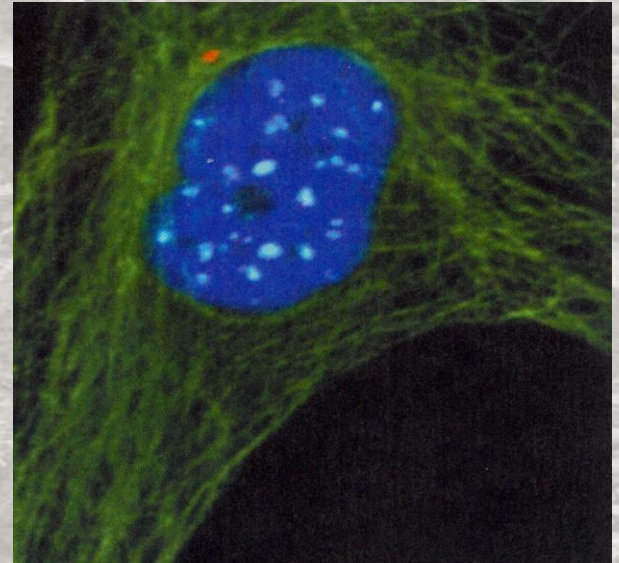
➤ Εμφανίζουν πολική διάταξη: συν άκρο (άκρο πολυμερισμού και πλην άκρο (άκρο αποπολυμερισμού)



Μικροσωληνίσκοι (microtubules)

Λειτουργίες:

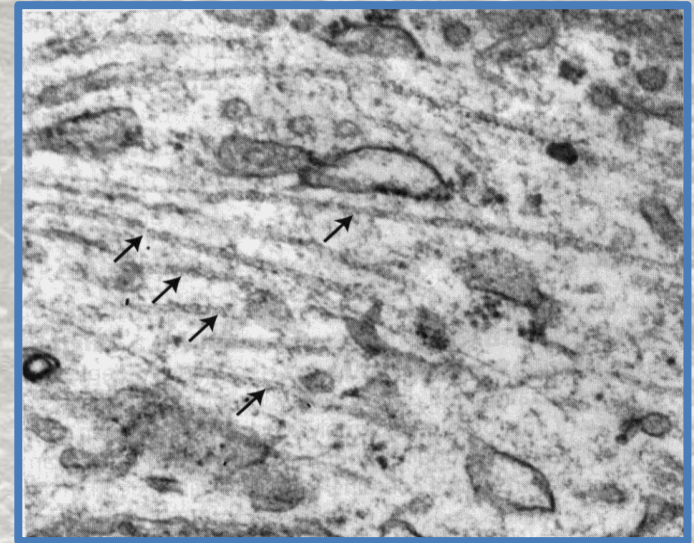
- Σταθεροποιούν τα κυτταρικά οργανίδια (π.χ. διατήρηση της εκτεταμένης σωληνώδους διάταξης του ΕΔ).
- Καθοδηγούν την κίνηση κυστιδίων και οργανιδίων κατά την ενδοκυττάρια μεταφορά.
- Σχηματισμός της κυτταρικής ατράκτου κατά τη φάση της κυτταρικής διαίρεσης.
- Βασικά δομικά συστατικά εξειδικευμένων κινητικών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



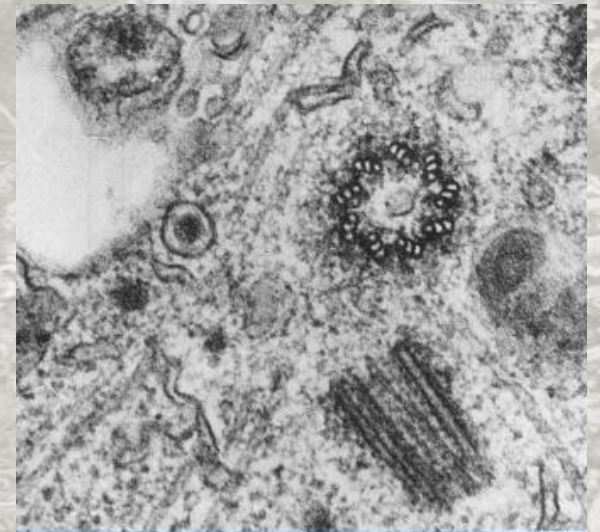
Κεντριόλιο

➤ 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)



Πυρήνας

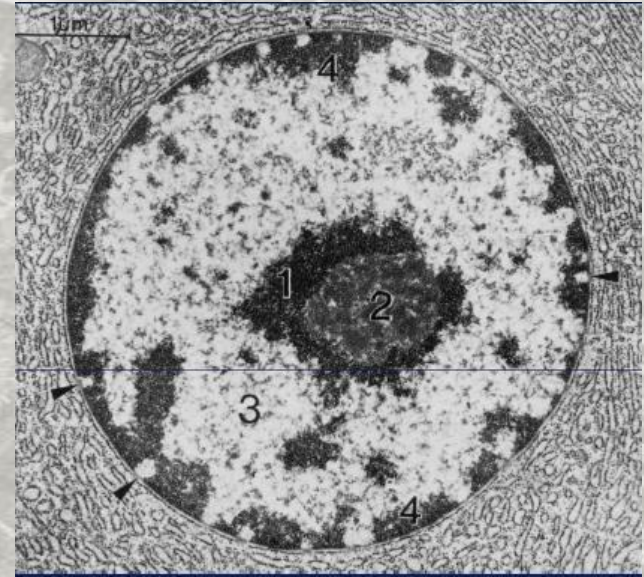
ΠΥΡΗΝΑΣ (nucleus)

- 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**

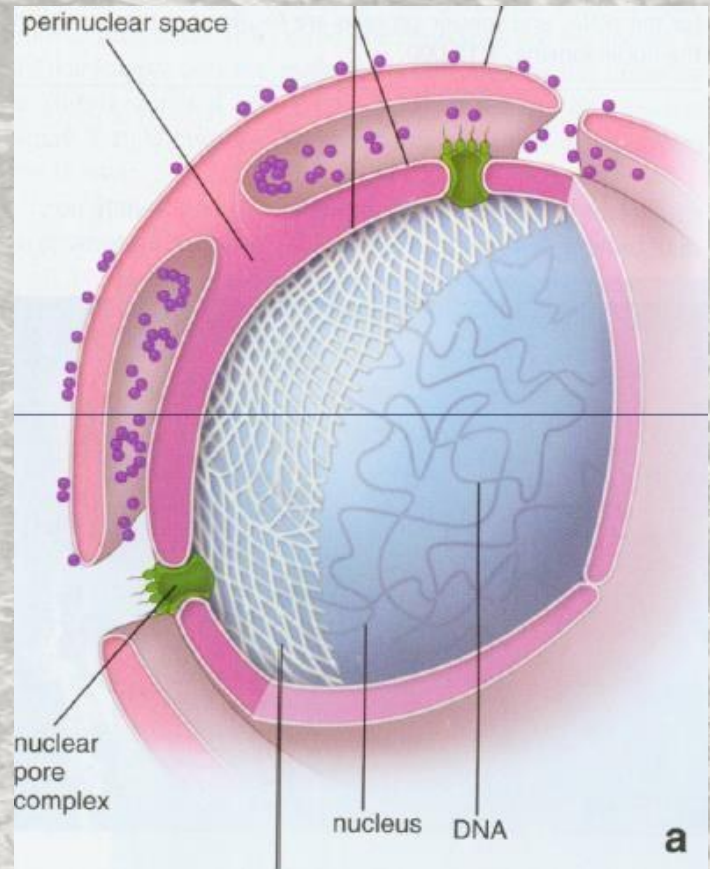
Ευχρωματίνη: αραιοχρωματικές περιοχές → χαλαρή χρωματίνη → μεταγραφικά ενεργό **DNA**



Διπλή πυρηνική μεμβράνη

Έξω πυρηνική μεμβράνη: περιβάλλει τον περιπυρηνικό χώρο, ο οποίος συνδέεται με την κοιλότητα του ΕΔ.

Στην έξω πυρηνική μεμβράνη μπορούν να εντοπίζονται ριβοσώματα.

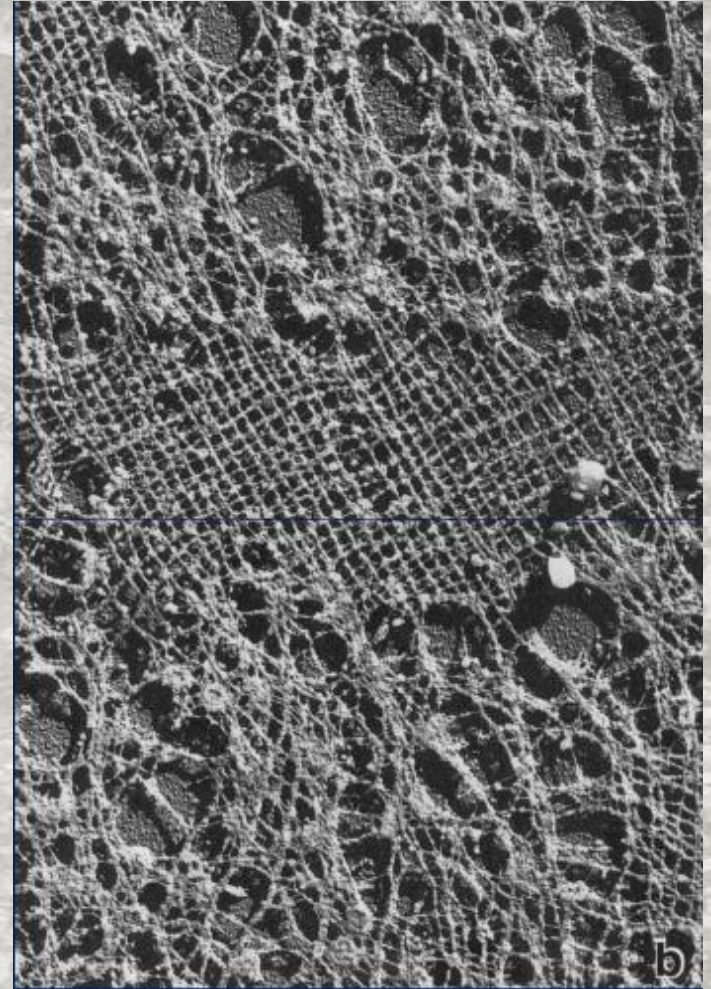


Διπλή πυρηνική μεμβράνη

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

Ρόλοι:

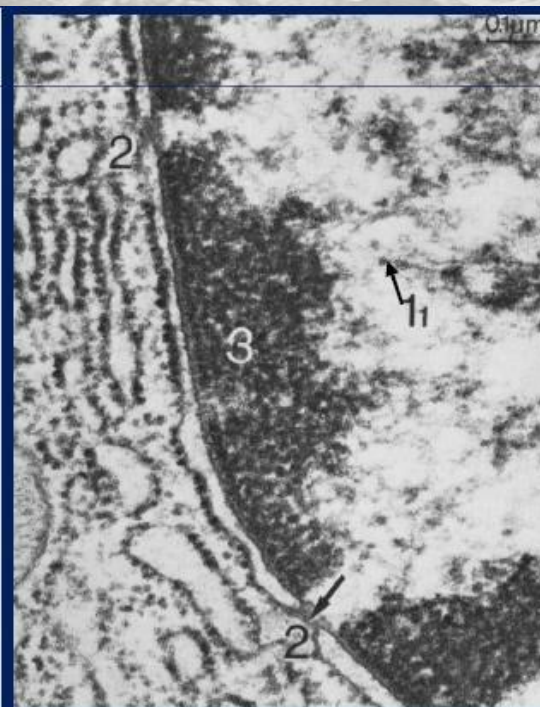
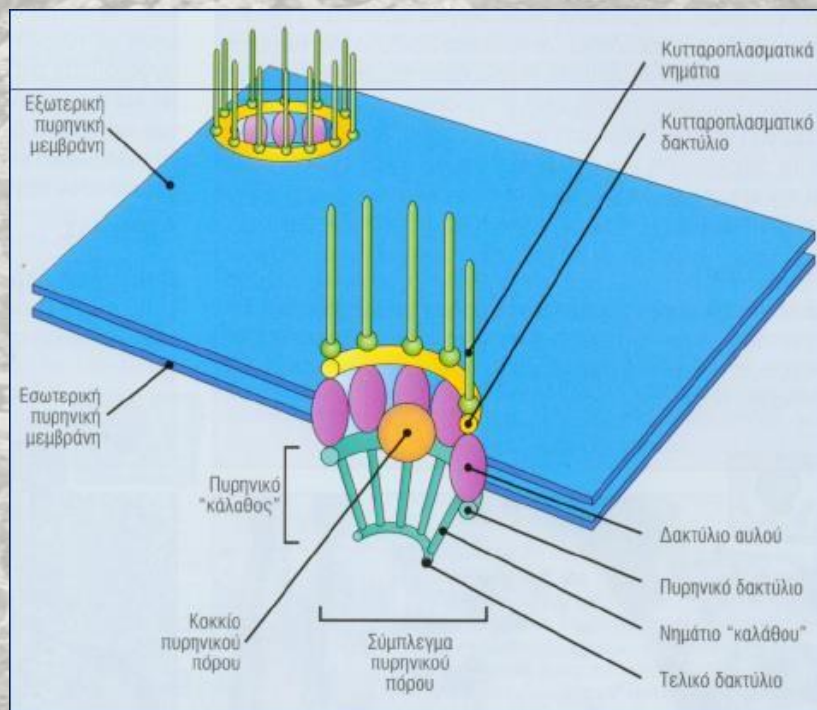
- α) στήριξη και διατήρηση του σχήματος του πυρήνα
- β) πρόσδεση της χρωματίνης
- γ) αντιγραφή DNA, μεταγραφή, διαμερισματοποίηση και οργάνωση της χρωματίνης,



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

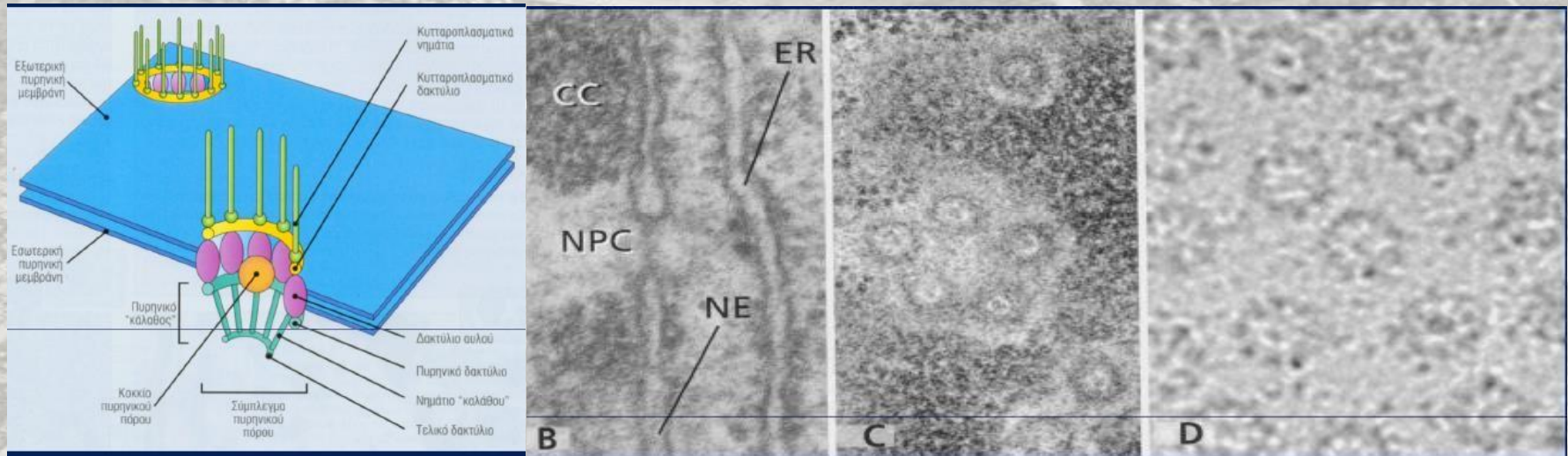
Πόροι πυρηνικής μεμβράνης

- 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.



- 1: ευχρωματίνη
- 2: πόρος
- 3: ετεροχρωματίνη

Πόροι πυρηνικής μεμβράνης



Δομή

Κυτταροπλασματικά νημάτια (8)

Κυτταροπλασματικός δακτύλιος

Δακτύλιος υδρόφιλου διαύλου (8 πρωτεϊνικές υπομονάδες)

Πυρηνικός δακτύλιος

Πυρηνικά νημάτια (8)

Τελικός δακτύλιος

Συμμετρική δομή ~30 είδη πρωτεϊνών: νουκλεοπορίνες (NUPS)

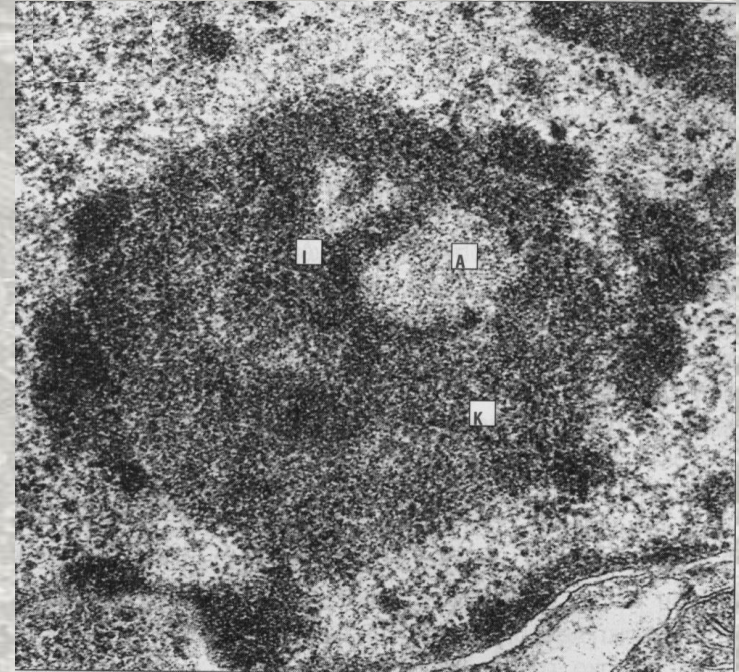


Πυρηνικό καλάθι (nuclear basket)

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 φμπριλλαρίνη 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

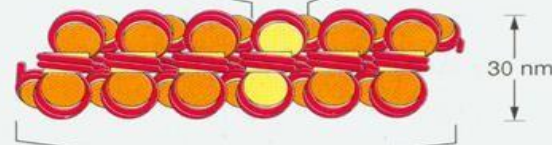
μια μικρή περιοχή της διπλής έλικας του DNA



χρωματίνη στη μορφή «χάντρες πάνω σ' ένα κορδόνι»



ένα χρωματίνης διαμέτρου 30 nm από συσκευασμένα νουκλεοσωμάτια



διατομή ενός χρωμοσώματος σε εκτεταμένη μορφή



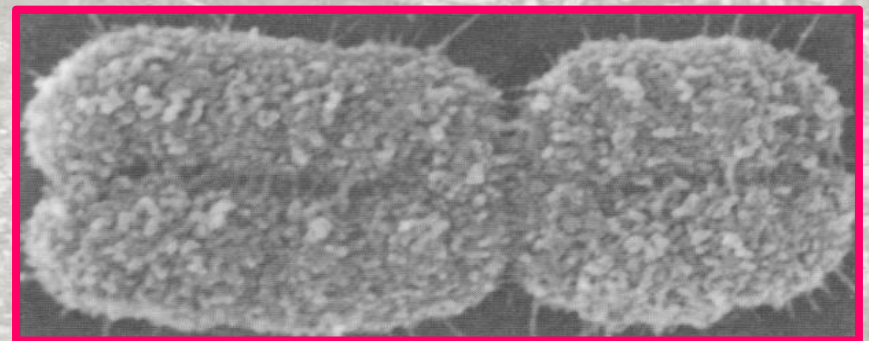
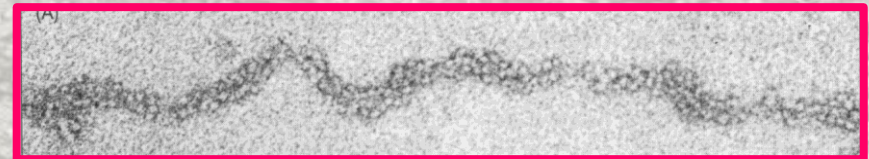
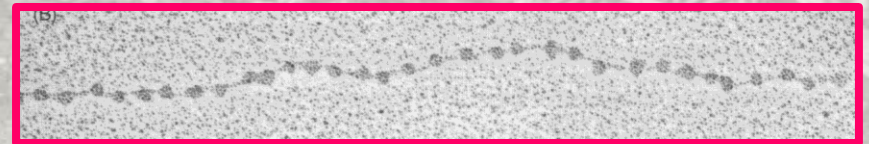
διατομή ενός συμπυκνωμένου χρωμοσώματος



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!**

ΠΡΟΣΟΝ