

David Sadava
David M. Hillis
H. Craig Heller
Sally D. Hacker



Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γενική Βιολογία · Γενετική · Εξέλιξη

Κεφάλαιο 6

Κυτταρικές Μεμβράνες

Πρώτη ελληνική έκδοση
Ενδέκατη αμερικανική Έκδοση

Επιστημονική επιμέλεια
της ελληνικής έκδοσης
Μαρία Γαζούλη



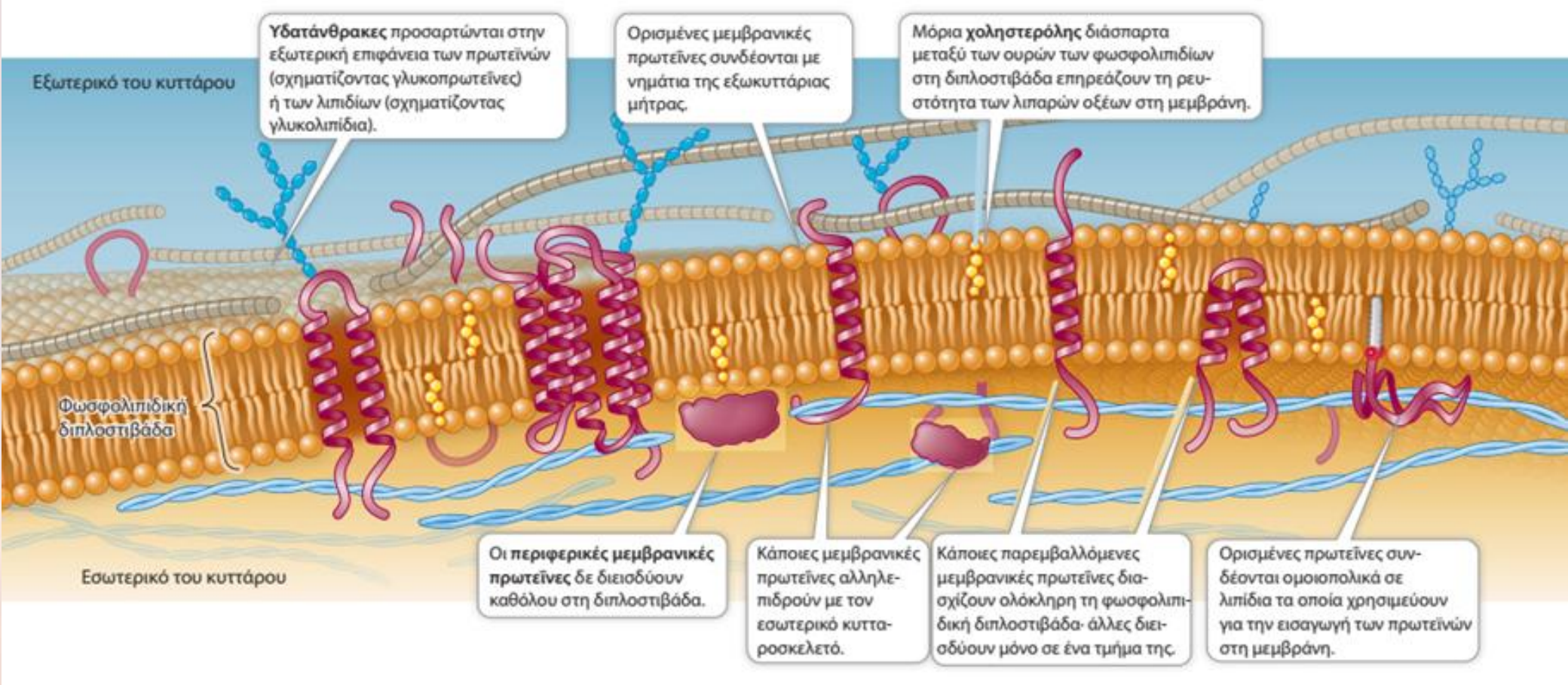
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΙΣΗ

- 6.1 Biological Membranes Are Lipid– Protein Bilayers
- 6.2 The Cell Membrane Is Important in Cell Adhesion and Recognition
- 6.3 Substances Can Cross Membranes by Passive Processes
- 6.4 Active Transport across Membranes Requires Energy
- 6.5 Large Molecules Enter and Leave a Cell through Vesicles

- A lipid bilayer forms as the result of two kinds of interactions: hydrophobic interactions between nonpolar tails of phospholipids, and hydrophilic interactions between polar heads of phospholipids and water molecules.
- Proteins associated with membranes may be embedded in the lipid bilayer or associated with exposed parts of the membrane.
- Membranes are dynamic structures that undergo constant change.
- The degree of a membrane's fluidity is influenced by lipid composition and temperature.

- The fluid mosaic model describes the general structure of biological membranes.
- Phospholipids form a bilayer, which is like a “lake” in which a variety of proteins “float.”
- Phospholipids have a polar, hydrophilic “head” and hydrophobic fatty acid “tails.”
- Phospholipids vary in fatty acid chain length, degree of saturation, and phosphate groups.

Εικόνα 6.1 Το Μοντέλο του Ρευστού Μωσαϊκού



Εικόνα 6.1 Το Μοντέλο του Ρευστού Μωσαϊκού Η γενική μοριακή δομή μιας βιολογικής μεμβράνης είναι μία συνεχής φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα με πρωτεΐνες εγκλεισμένες σε αυτή ή συνδεδεμένες με αυτή.

Ε: Τι είδους χημικές αλληλεπιδράσεις συγκρατούν ορισμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες εγκλεισμένες στη μεμβράνη και άλλες στην επιφάνειά της;

- The membrane interior is somewhat fluid, allowing lateral movement of molecules.
- But molecules rarely flip from one side of the membrane to the other.
- Thus the inner and outer halves of the bilayer may be quite different.

Membrane fluidity depends on

Lipid composition

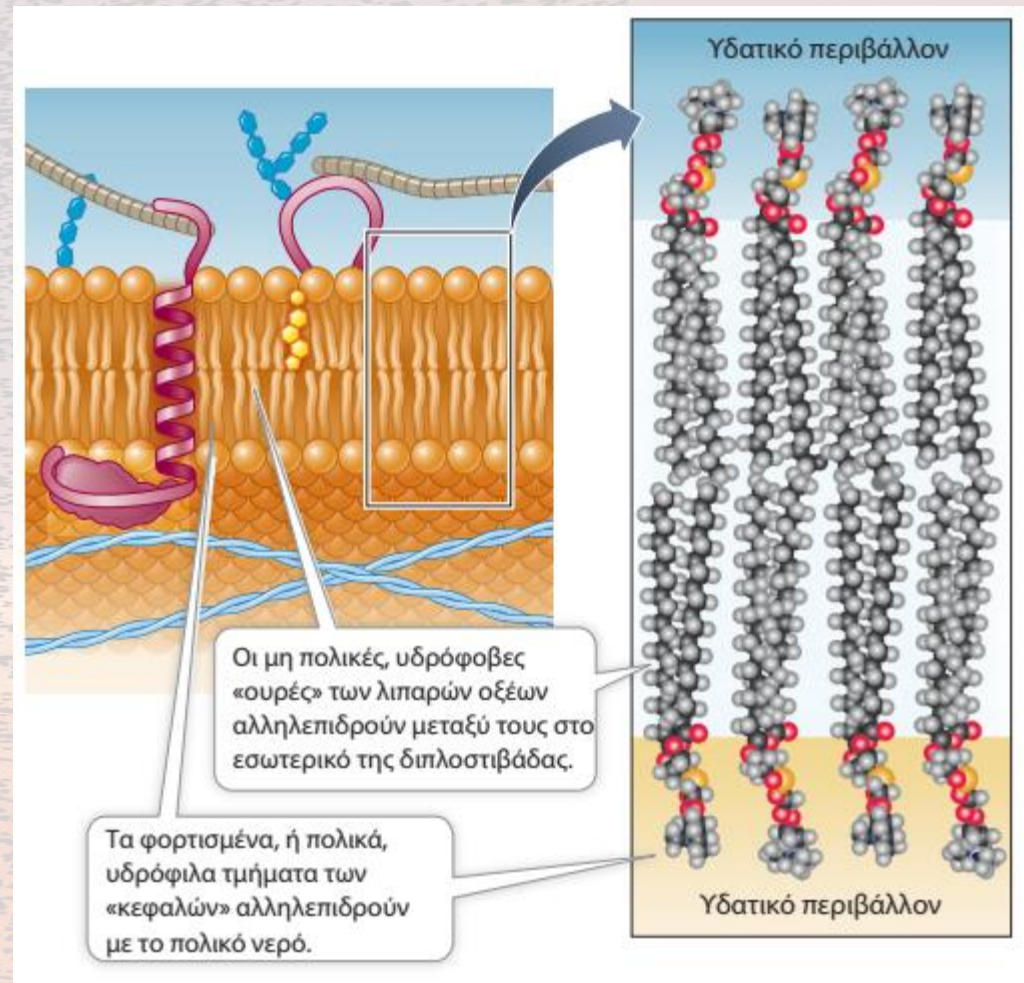
- Cholesterol and long-chain, saturated fatty acids pack tightly, making a less-fluid membrane.
- Unsaturated fatty acids have “kinks” and pack less densely; membrane is more fluid.

Temperature

- Membrane fluidity decreases as temperature drops.
- Some organisms change the lipid content of cell membranes when they get cold, replacing saturated with unsaturated fatty acids and using fatty acids with shorter tails.

Εικόνα 6.2 Φωσφολιπιδική Διπλοστιβάδα

Η φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα διαχωρίζει δύο υδατικές περιοχές. Τα οχτώ μόρια φωσφολιπιδίων που παρουσιάζονται δεξιά αντιπροσωπεύουν μια μικρή εγκάρσια τομή μιας μεμβρανικής διπλοστιβάδας.



- Membranes also contain proteins; the number varies depending on membrane function.

Two types of membrane proteins:

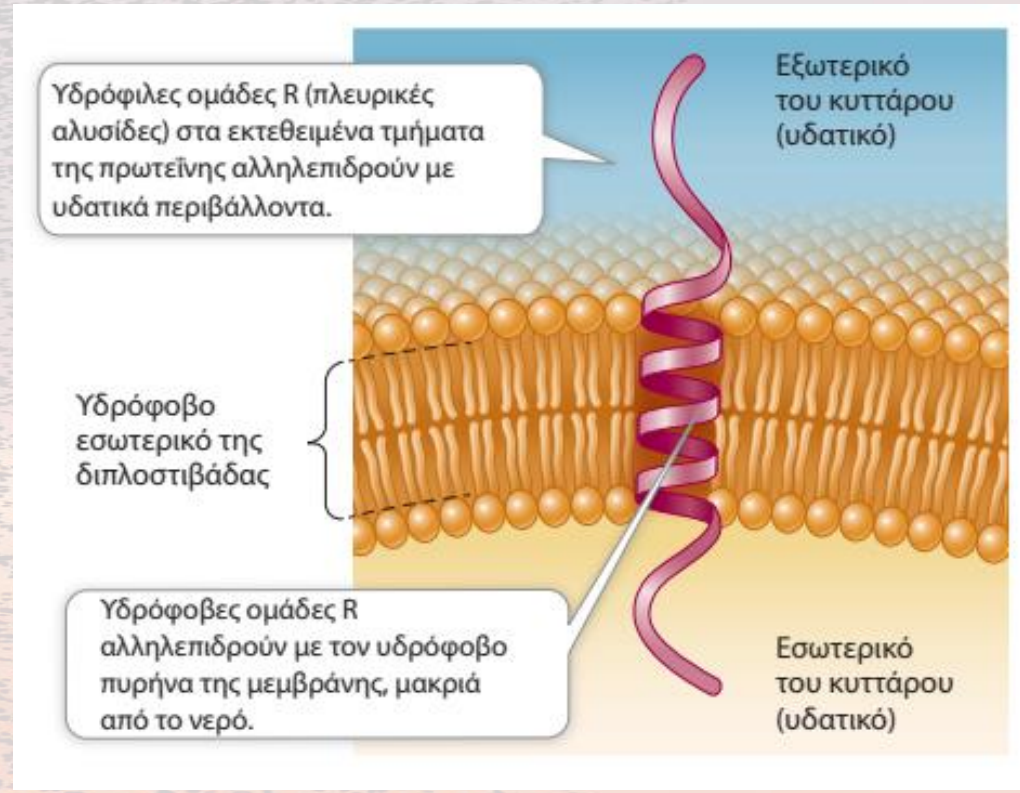
- **Integral:** have hydrophobic and hydrophilic regions or domains. Some extend across the lipid bilayer; others are partially embedded.
- **Peripheral:** lack hydrophobic regions and do not penetrate the bilayer.

Membrane proteins and lipids interact noncovalently.

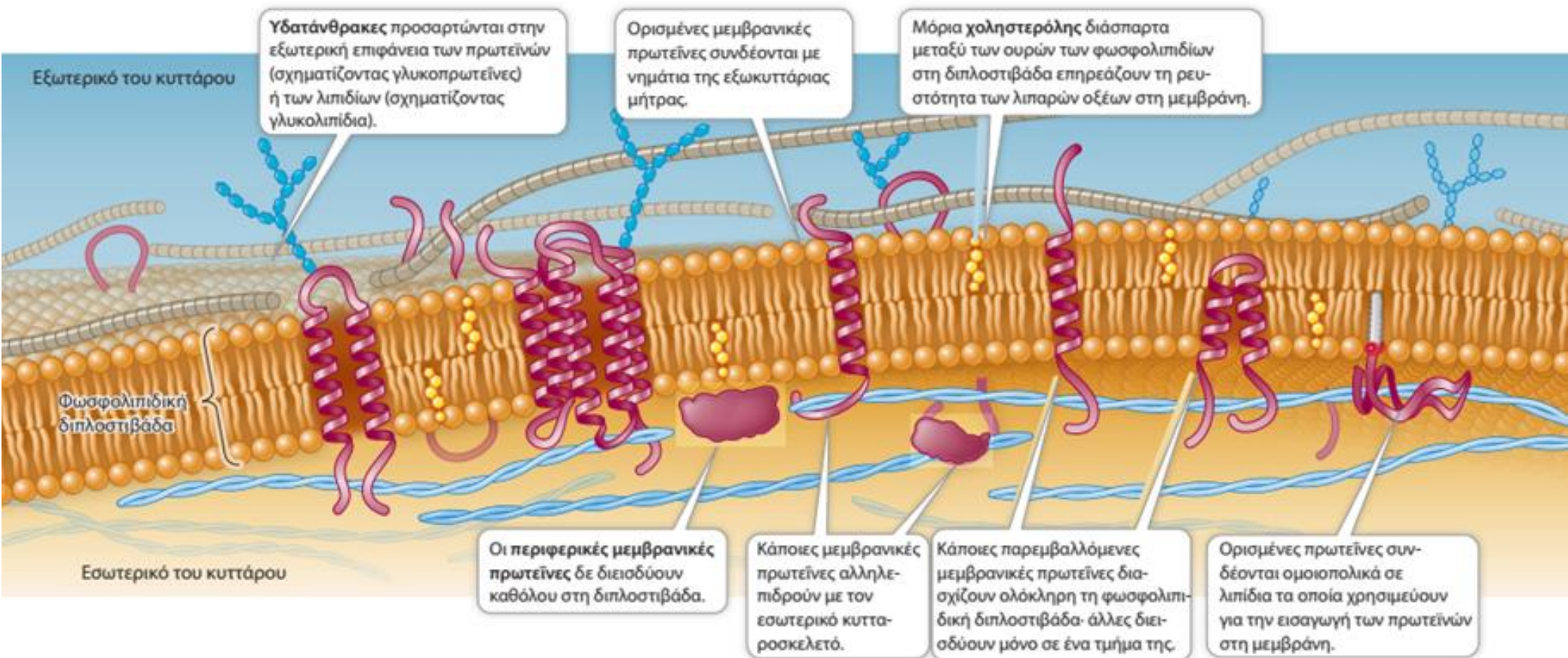
- **Lipid anchored membrane proteins:** have lipid groups covalently attached and are tethered to the lipid bilayer.

Εικόνα 6.3 Αλληλεπιδράσεις των Παρεμβαλλόμενων Μεμβρανικών Πρωτεϊνών

Μια παρεμβαλλόμενη μεμβρανική πρωτεΐνη συγκρατείται στη μεμβράνη μέσω της κατανομής των υδρόφιλων και υδρόφοβων πλευρικών αλυσίδων στα αμινοξέα της. Τα υδρόφιλα τμήματα της πρωτεΐνης εκτείνονται στο υδατικό εξωτερικό περιβάλλον του κυττάρου και στο εσωτερικό κυτταρόπλασμα. Οι υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες αλληλεπιδρούν με τον υδρόφοβο λιπιδικό πυρήνα της μεμβράνης.



Εικόνα 6.1 Το Μοντέλο του Ρευστού Μωσαϊκού



Εικόνα 6.1 Το Μοντέλο του Ρευστού Μωσαϊκού Η γενική μοριακή δομή μιας βιολογικής μεμβράνης είναι μία συνεχής φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα με πρωτεΐνες εγκλεισμένες σε αυτή ή συνδεόμενες με αυτή.

Ε: Τι είδους χημικές αλληλεπιδράσεις συγκρατούν ορισμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες εγκλεισμένες στη μεμβράνη και άλλες στην επιφάνειά της;

- Transmembrane proteins extend all the way through the phospholipid bilayer, with one or more transmembrane domains. The domains on the inner and outer sides can have specific functions.
- Peripheral membrane proteins are located on one side of the membrane.
- Some membrane proteins can move freely within the bilayer; some are anchored to specific regions. When cells are fused experimentally, proteins from each cell distribute themselves uniformly around the membrane.
- Membranes also have carbohydrates on the outer surface that serve as recognition sites for other cells and molecules.
- **Glycolipids**—carbohydrate + lipid
- **Glycoproteins**—carbohydrate + protein

Εικόνα 6.5 Γρήγορη Διάχυση των Μεμβρανικών Πρωτεϊνών

Πρωτότυπη εργασία: Frye, L. D. and M. Edidin. 1970. The rapid intermixing of cell surface antigens after formation of mouse-human heterokaryons. *Journal of Cell Science* 7: 319–335.

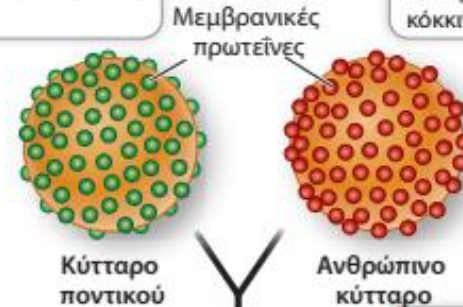
Δύο ζωικά κύτταρα μπορούν να συντηχθούν μεταξύ τους στο εργαστήριο, σχηματίζοντας ένα ενιαίο μεγάλο κύτταρο (ετεροκάρυο). Αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί αν οι μεμβρανικές πρωτεΐνες μπορούν να διαχέονται ανεξάρτητα στο επίπεδο της κυτταρικής μεμβράνης.

ΥΠΟΘΕΣΗ ► Πρωτεΐνες εγκλεισμένες σε μια μεμβράνη μπορούν να διαχέονται ελεύθερα σε αυτή.

ΜΕΘΟΔΟΣ

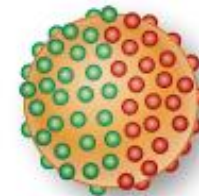
Το κύτταρο του ποντικού έχει μια μεμβρανική πρωτεΐνη η οποία μπορεί να σημειωθεί με μια πράσινη χρωστική.

Το ανθρώπινο κύτταρο έχει μια μεμβρανική πρωτεΐνη η οποία μπορεί να σημειωθεί με μια κόκκινη χρωστική.

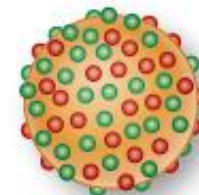


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1 Τα κύτταρα συγχωνεύονται για τη δημιουργία ενός ετεροκάρυου.



2 Αρχικά, οι μεμβρανικές πρωτεΐνες του ποντικού και του ανθρώπου βρίσκονται σε διαφορετικές πλευρές του ετεροκάρυου.



3 Μετά από 40 λεπτά, οι μεμβρανικές πρωτεΐνες του ποντικού και του ανθρώπου έχουν αναμειχθεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ► Οι μεμβρανικές πρωτεΐνες μπορούν να διαχέονται γρήγορα στο επίπεδο της μεμβράνης.

- Cell adhesion and cell recognition are specific and depend on protein and carbohydrate molecules on the cell membrane.
- After two cells recognize and bind to one another, they form stable cell junctions that enhance protective, structural, or communication functions in the organism.

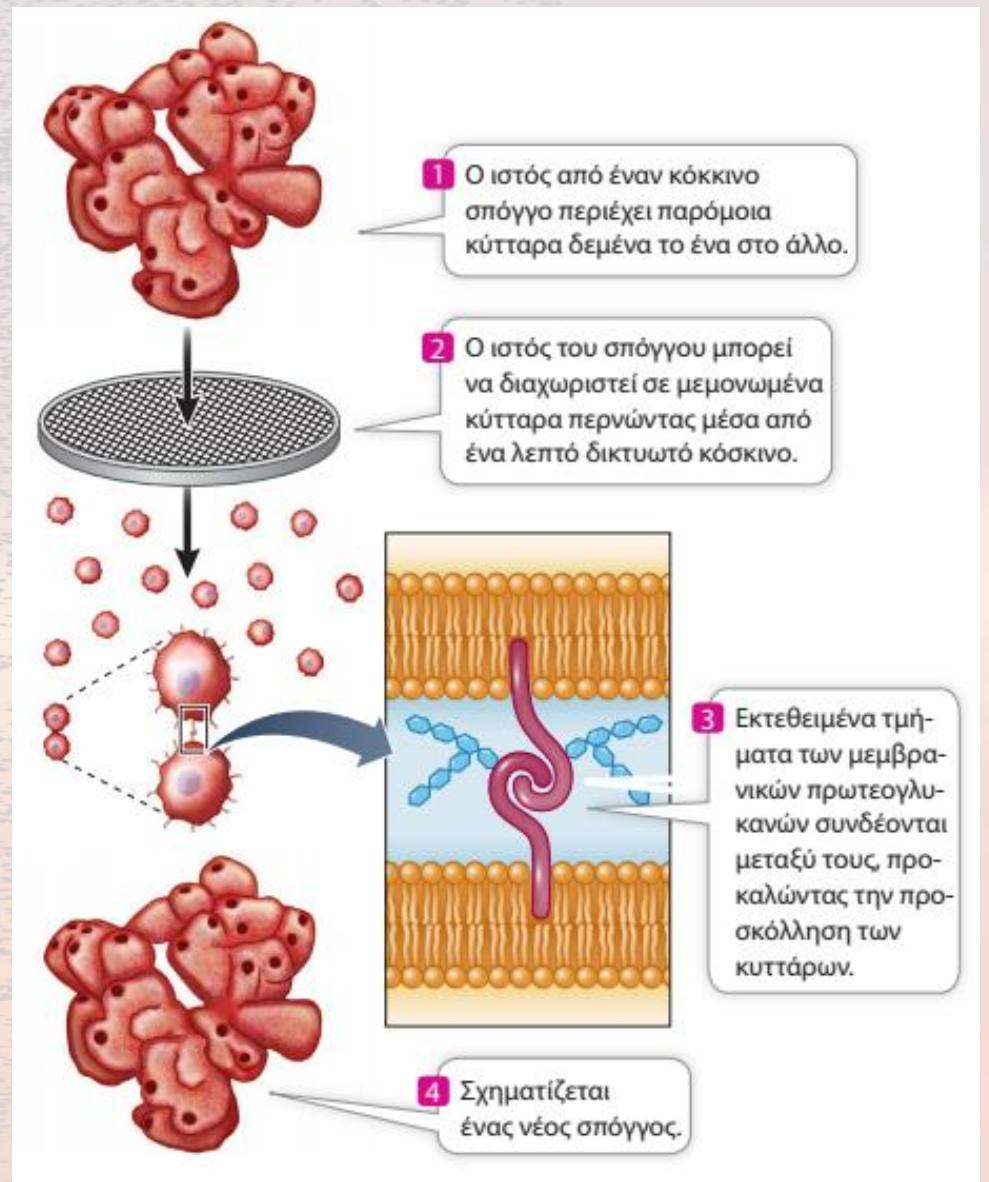
Molecules involved in cell recognition and adhesion are surface proteins and carbohydrates.

Cell adhesion is usually **homotypic**— the same molecule sticks out from both cells and bind to each other.

Heterotypic binding: The cells have different proteins that bind together.

Εικόνα 6.6 Κυτταρική Αναγνώριση και Προσκόλληση

Στις περισσότερες περιπτώσεις (συμπεριλαμβανομένης της συσσωμάτωσης των ζωικών κυττάρων στους ιστούς), η σύνδεση μεταξύ μορίων είναι ομοτυπική (όμοιο προς όμοιο).

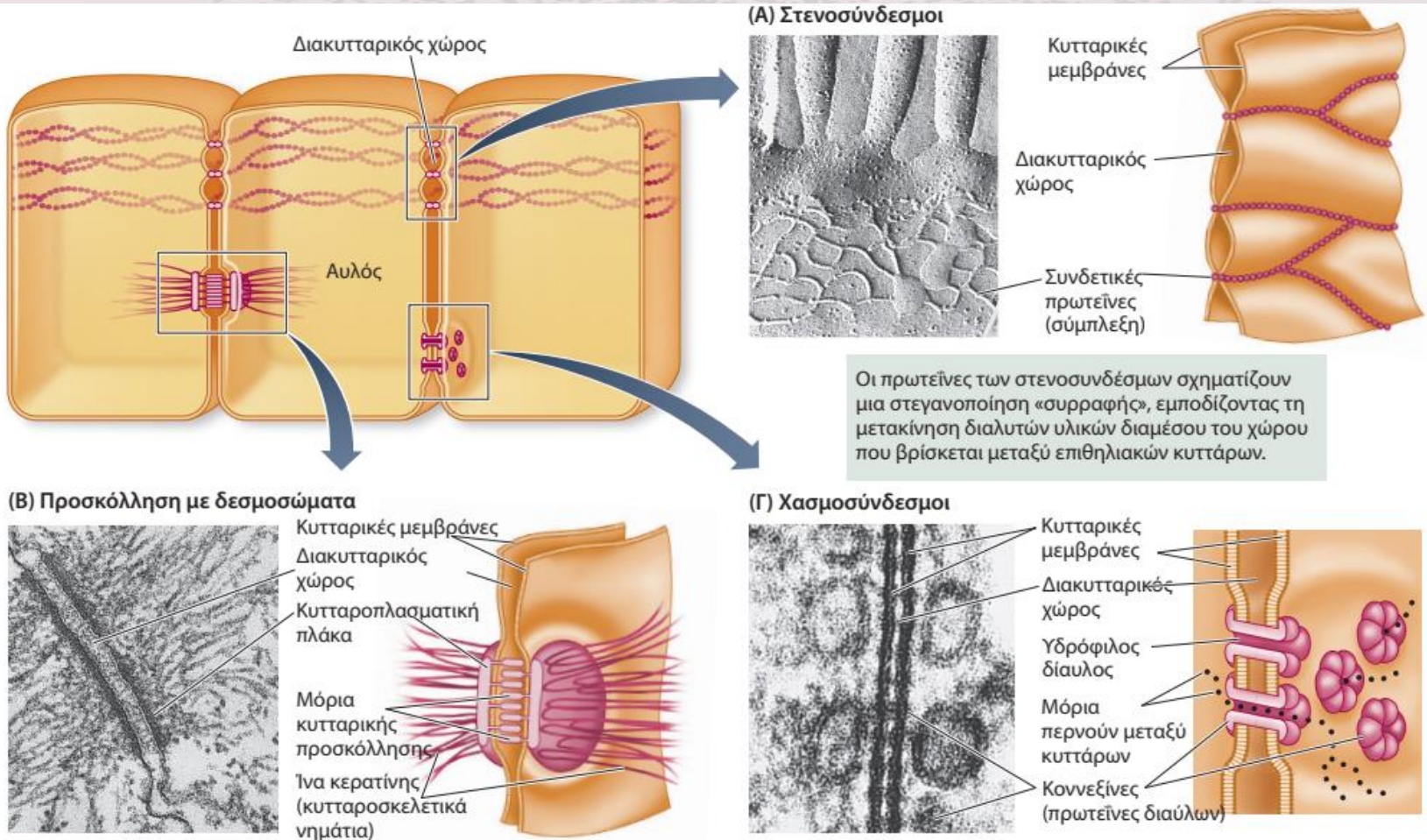


Cell junctions are specialized structures that hold cells together.

- **Tight junctions** help ensure directional movement of materials.
- **Adherens junctions**
- **Desmosomes** are like “spot welds.”
- **Gap junctions** allow communication.

Εικόνα 6.7 Σύνδεσμοι Συνενώνουν τα Ζωικά Κύτταρα

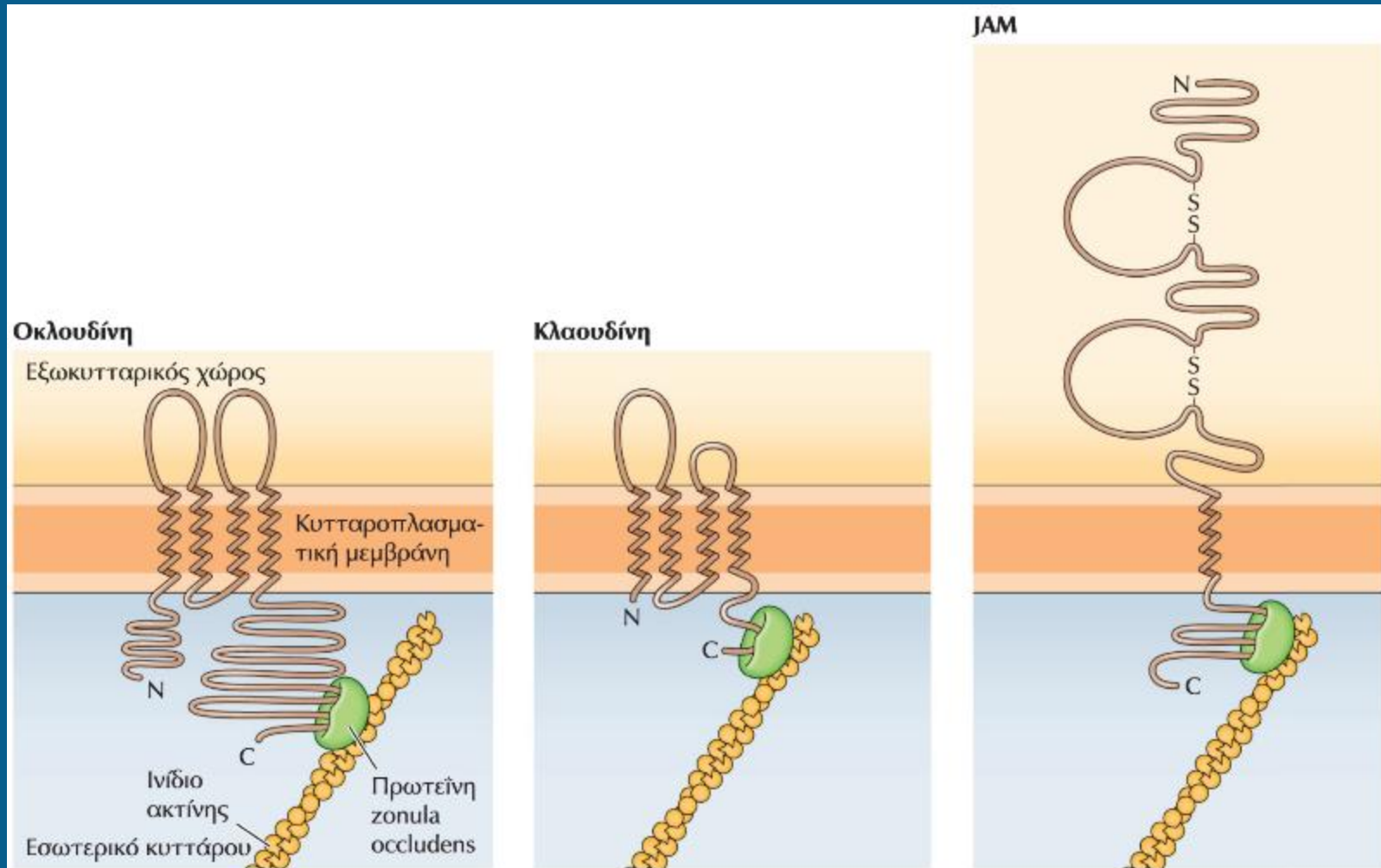
Εικόνα 6.7 Σύνδεσμοι Συνενώνουν τα Ζωικά Κύτταρα Στενοσύνδεσμοι (Α) και δεσμοσώματα (Β) είναι άφθονα στους επιθηλιακούς ιστούς. Χασμοσύνδεσμοι (Γ) βρίσκονται επίσης σε ορισμένους μυϊκούς και νευρικούς ιστούς, στους οποίους είναι σημαντική η γρήγορη επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων. Παρότι και οι τρεις τύποι συνδέσμων παρουσιάζονται στο κύτταρο που βρίσκεται πάνω αριστερά, δεν είναι απαραίτητο να εμφανίζονται ταυτόχρονα και οι τρεις στα πραγματικά κύτταρα.



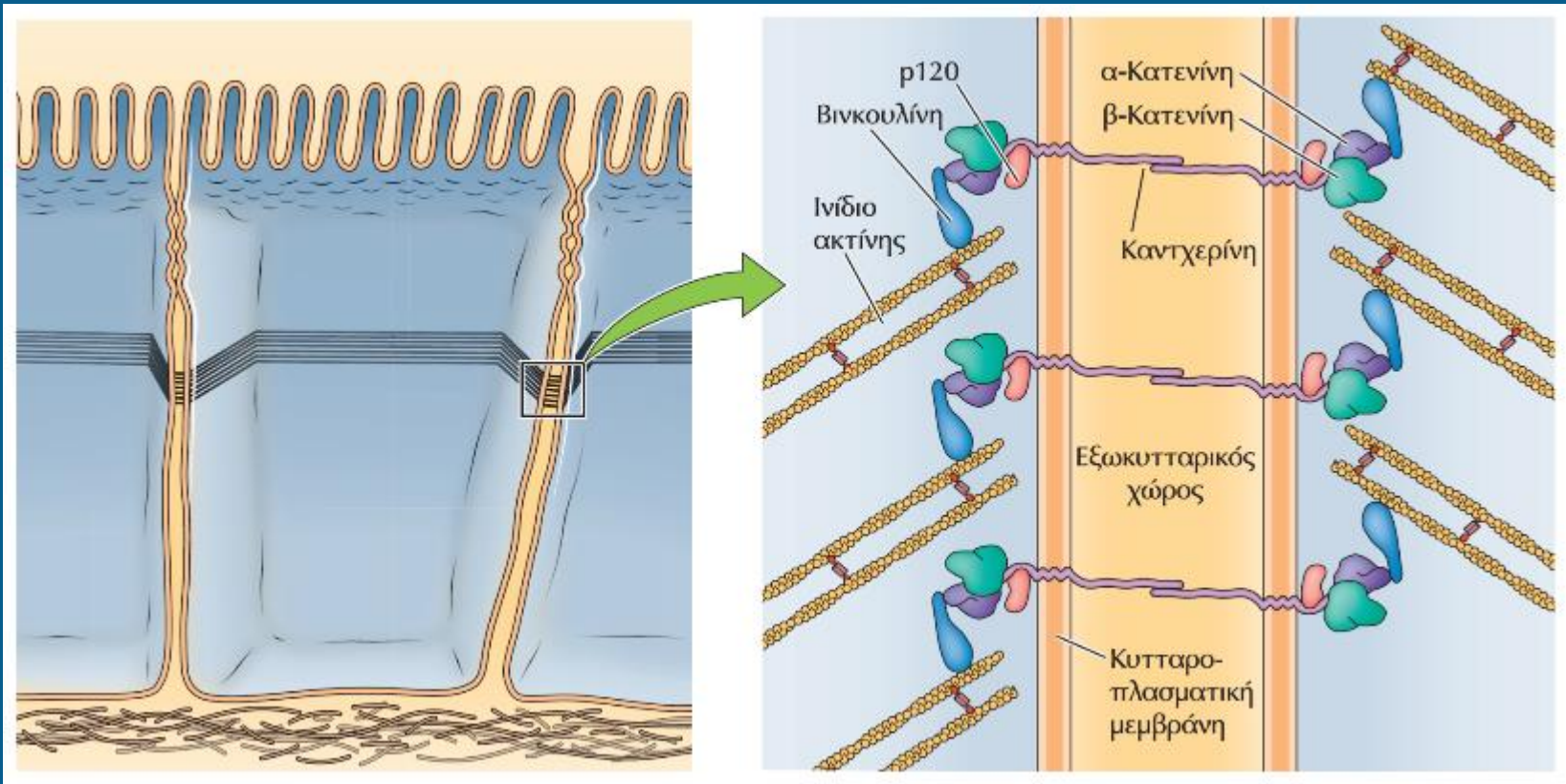
Οι πρωτεΐνες των στενοσυνδέσμων σχηματίζουν μια στεγανοποίηση «συρραφή», εμποδίζοντας τη μετακίνηση διαλυτών υλικών διαμέσου του χώρου που βρίσκεται μεταξύ επιθηλιακών κυττάρων.

Τα δεσμοσώματα συνδέουν σφικτά γειτονικά κύτταρα αλλά επιτρέπουν την κίνηση υλικών γύρω από αυτά στον διακυτταρικό χώρο.

Οι χασμοσύνδεσμοι επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ παρακείμενων κυττάρων.

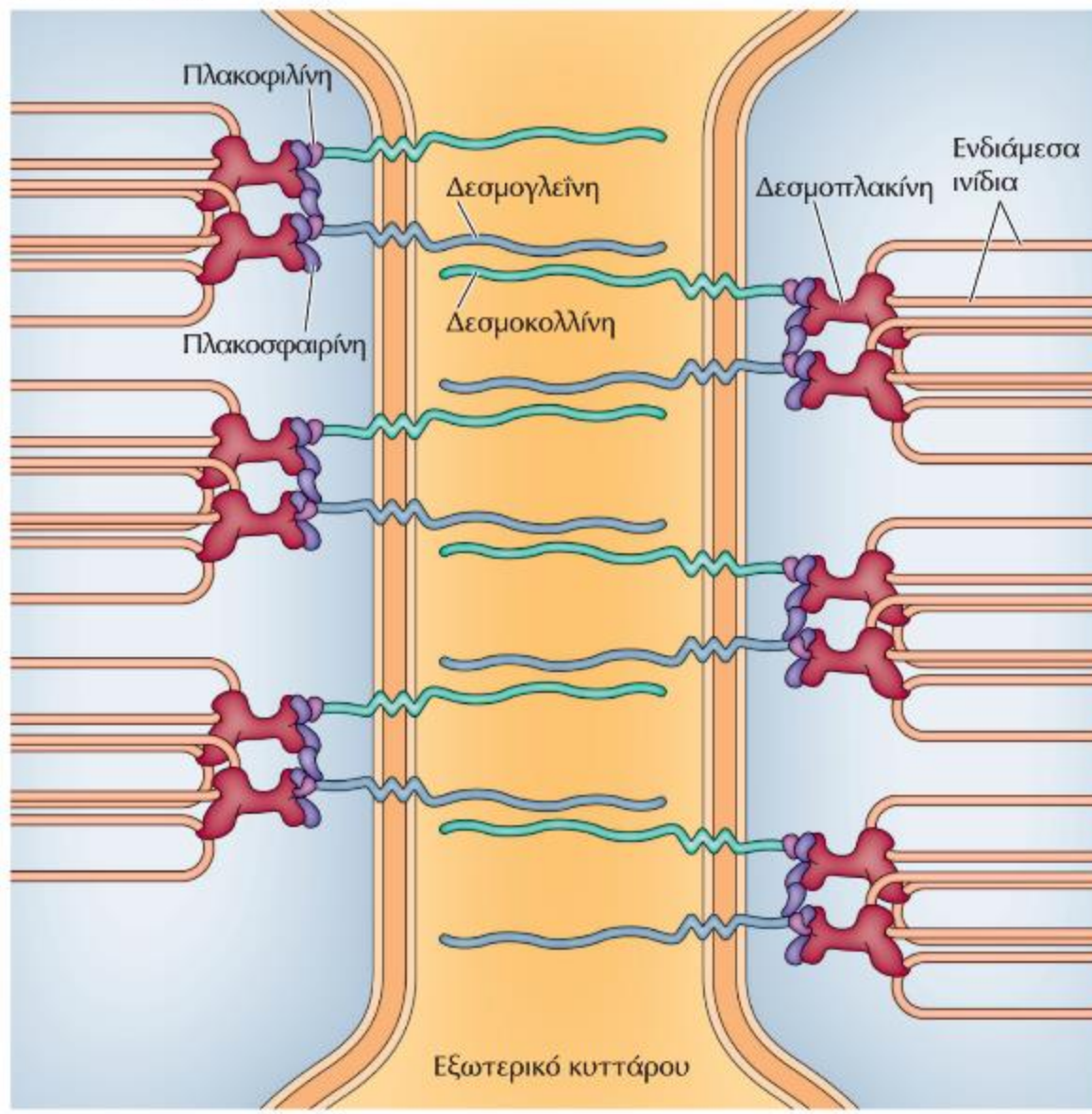


ΕΙΚΟΝΑ 15.28 Πρωτεΐνες στενοσυνδέσμων. Οι κύριες διαμεμβρανικές πρωτεΐνες σε έναν στενοσύνδεσμο είναι τρεις: η οκλουδίνη, η κλαουδίνη και το συνδετικό μόριο πρόσφυσης (JAM). Και οι τρεις αυτές διαμεμβρανικές πρωτεΐνες αλληλεπιδρούν με παρόμοιες πρωτεΐνες που προέρχονται από ένα γειτονικό κύτταρο, καθώς και με πρωτεΐνες της οικογένειας zonula occludens οι οποίες συνδέονται με ινίδια ακτίνης.



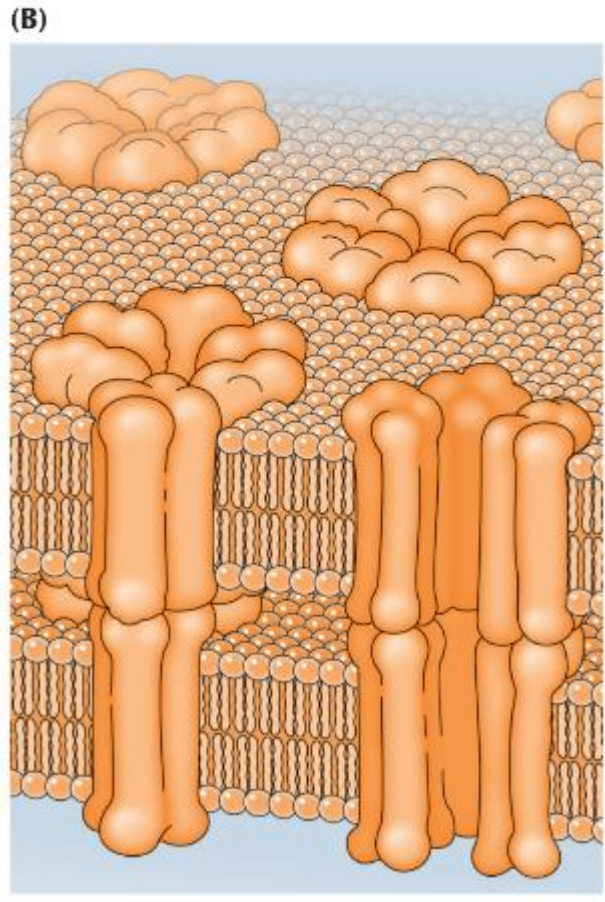
ΕΙΚΟΝΑ 13.16 Πρόσδεση των ινιδίων ακτίνης στους συνδέσμους πρόσφυσης. Οι επαφές μεταξύ κυττάρων στους συνδέσμους πρόσφυσης σχηματίζονται μέσω καντχερινών, οι οποίες λειτουργούν ως θέσεις πρόσδεσης των ινιδίων ακτίνης. Στις στιβάδες των επιθηλιακών κυττάρων, οι σύνδεσμοι αυτοί σχηματίζουν μια συνεχή ζώνη ινιδίων ακτίνης γύρω από κάθε κύτταρο. Οι διαμεμβρανικές καντχερίνες ρυθμίζουν τη σταθερότητα των συνδέσμων πρόσφυσης μέσω της πρόσδεσης β-κατενίνης και p120. Η β-κατενίνη προσδέεται επίσης στην α-κατενίνη, η οποία, μέσω της αλληλεπίδρασής της με τη βινκουλίνη, επιτρέπει τη σύνδεση των ινιδίων ακτίνης με τους συνδέσμους πρόσφυσης.

(B) Δεσμός



ΕΙΚΟΝΑ 13.55 Πρόσδεση των ενδιάμεσων ινιδίων στα δεσμοσώματα και στα ημιδεσμοσώματα. (B)

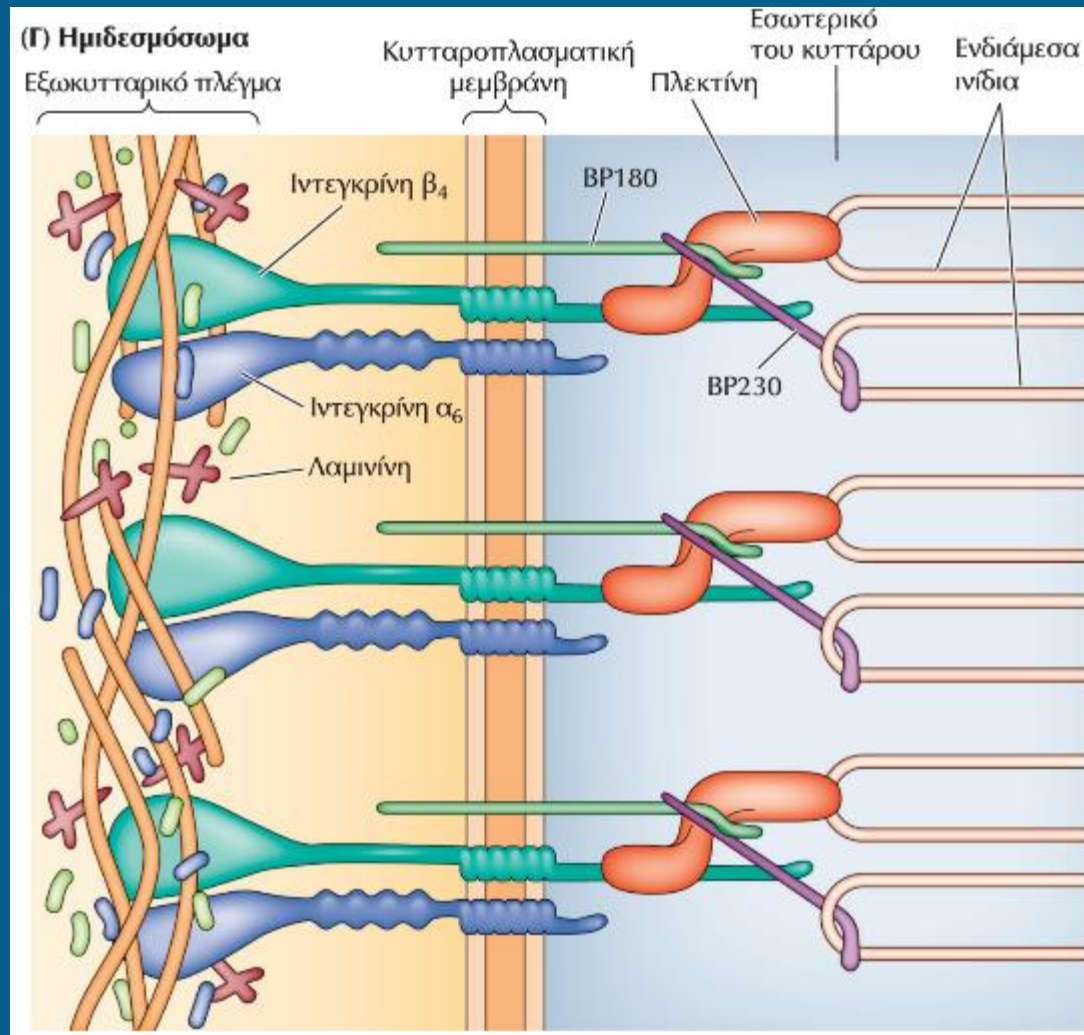
Σχηματική αναπαράσταση ενός δεσμοσώματος. Οι καντχερίνες των δεσμοσωμάτων (δεσμογλεΐνη και δεσμοκολλίνη) διασυνδέουν τα ενδιάμεσα ινίδια γειτονικών κυττάρων μέσω πλακοσφαιρίνης, πλακοφιλίνης και δεσμοπλακίνης.



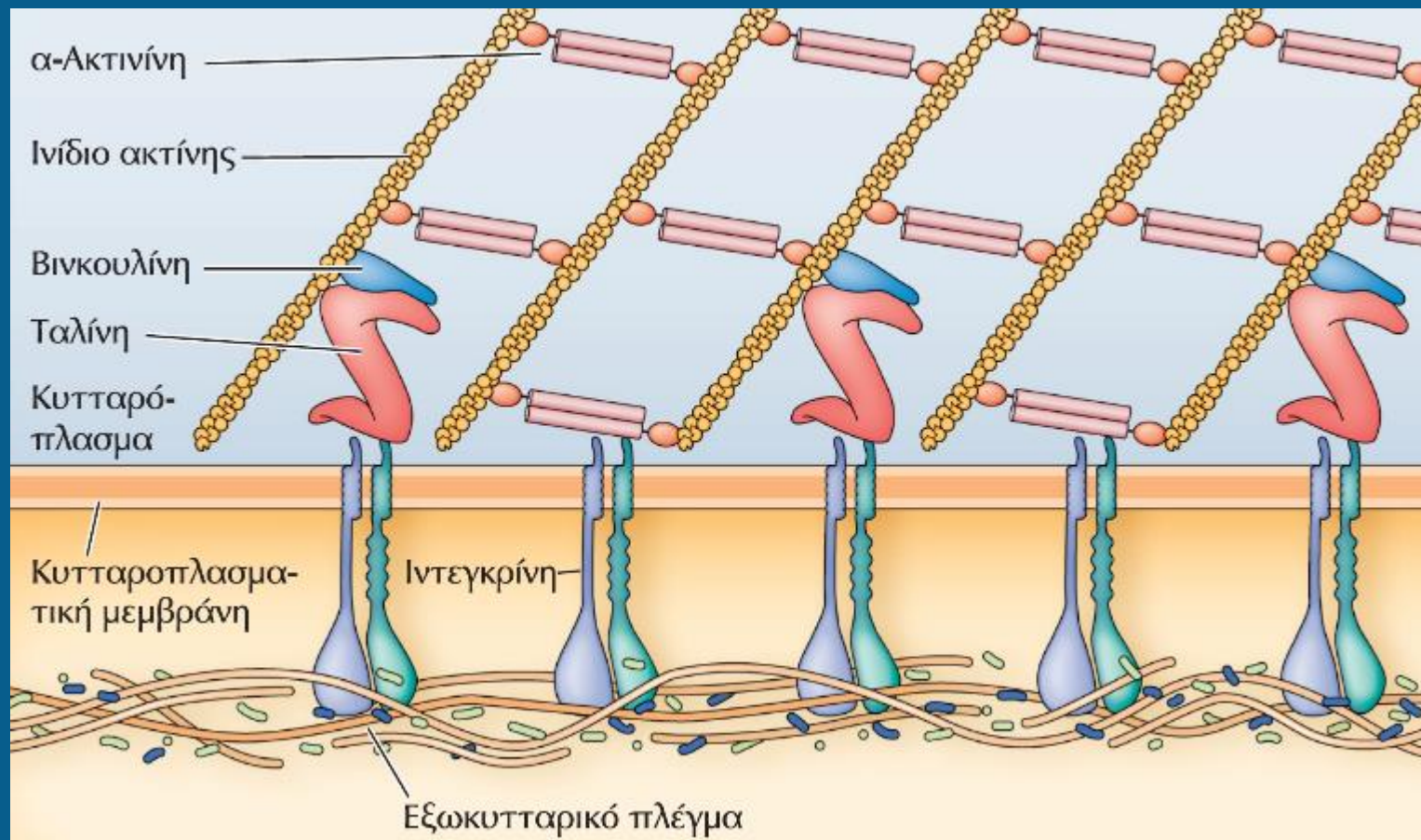
ΕΙΚΟΝΑ 15.29 Χασμοσύνδεσμοι. (A)

Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου που δείχνει έναν χασμοσύνδεσμο (βέλη) ο οποίος σχηματίζεται μεταξύ δύο ηπατικών κυττάρων. (B) Κάθε χασμοσύνδεσμος αποτελείται από συγκροτήματα έξι κονεξινών (σύμπλοκο που ονομάζεται κονεξόνιο), τα οποία σχηματίζουν συνεχόμενους ανοικτούς διαύλους μέσα από τις κυτταροπλασματικές μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων.

- Cell membranes also adhere to the extracellular matrix.
- The transmembrane protein integrin binds to the matrix outside epithelial cells and to actin filaments inside the cells. The binding is noncovalent and reversible.
- Cells can move within a tissue by the binding and reattaching of integrin to the extracellular matrix. This is important for cell movement within developing embryos and for the spread of cancer cells.

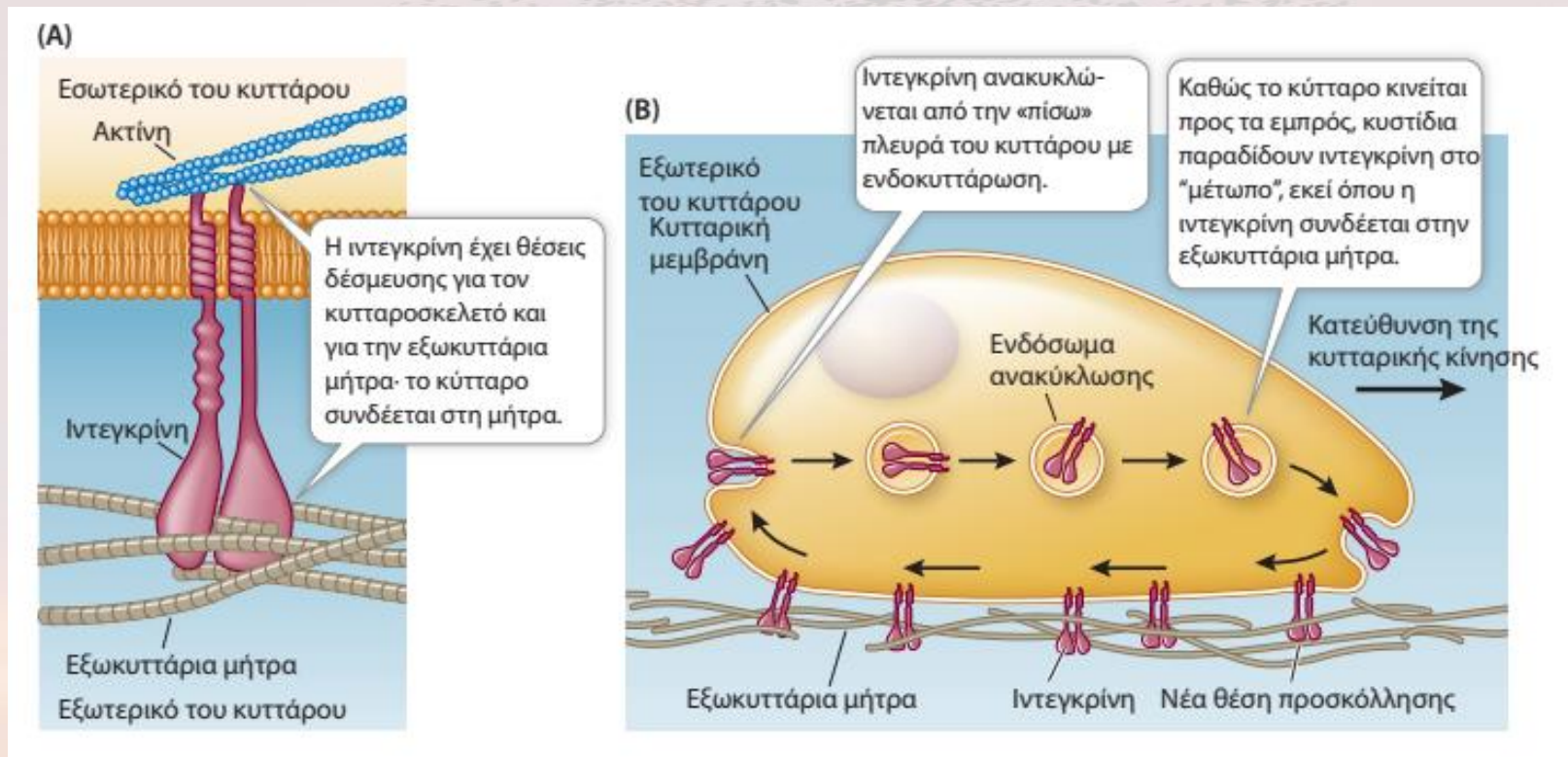


ΕΙΚΟΝΑ 13.55 Πρόσδεση των ενδιάμεσων ινιδίων στα δεσμοσώματα και στα ημιδεσμοσώματα. (Γ) Σχηματική αναπαράσταση ενός ημιδεσμοσώματος. Η ιντεγκρίνη $\alpha_6\beta_4$ συνδέει τα ενδιάμεσα ινίδια στο εξωκυτταρικό πλέγμα μέσω πλεκτίνης. Οι πρωτεΐνες BP180 και BP230 ρυθμίζουν τη συναρμολότητα και τη σταθερότητα των ημιδεσμοσώματων.



ΕΙΚΟΝΑ 13.15 Πρόσδεση των ινιδίων απόκρισης σε μηχανικό στρες στις εστιακές προσφύσεις. Εστιακές προσφύσεις σχηματίζονται μέσω της πρόσδεσης ιντεγκρινών στο εξωκυτταρικό πλέγμα. Ινίδια απόκρισης σε μηχανικό στρες (δεμάτια ινιδίων ακτίνης που διασυνδέονται μέσω της α-ακτινίνης) προσδένονται στην κυτταροπλασματική επικράτεια των ιντεγκρινών μέσω σύνθετων συνδέσεων που απαιτούν τη συμμετοχή ενός αριθμού πρωτεϊνών. Στην εικόνα φαίνονται δύο από τις συνδέσεις που μπορεί να γίνουν: (1) πρόσδεση της ταλίνης τόσο στην ιντεγκρίνη όσο και στη βινκουλίνη και πρόσδεση του συμπλόκου ταλίνης και βινκουλίνης στην ακτίνη και (2) πρόσδεση της ιντεγκρίνης στην α-ακτινίνη.

Εικόνα 6.8 Ιντεγκρίνες και Εξωκυττάρια Μήτρα



Εικόνα 6.8 Ιντεγκρίνες και Εξωκυττάρια Μήτρα (A) Οι ιντεγκρίνες διαμεσολαβούν τη σύνδεση των κυττάρων στην εξωκυττάρια μήτρα. (B) Οι συνδέσεις ιντεγκρίνης διαμεσολαβούν στις κυτταρικές μετακινήσεις.

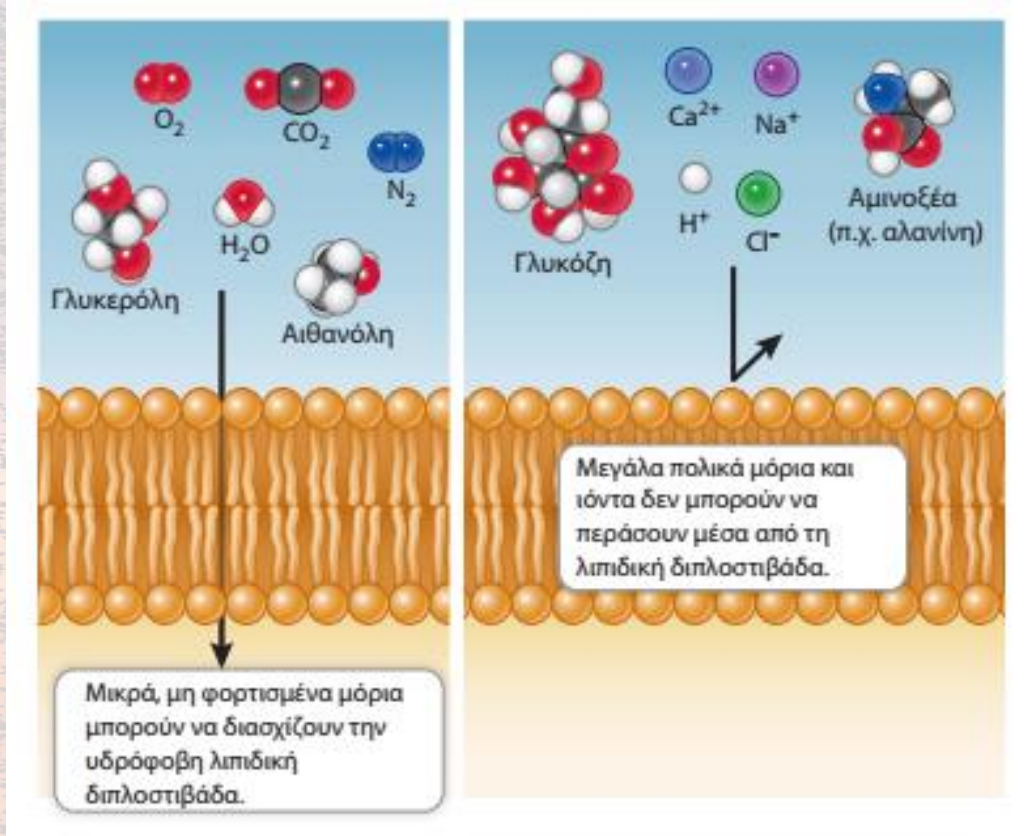
- The rate of diffusion of a substance across a membrane is influenced by the size of the particles, the temperature and density of the solution, and the size of the concentration gradient.
- Osmosis is diffusion of water across a biological membrane.
- Proteins that act as channels facilitate diffusion across membranes.

- Membranes have selective permeability—some substances can pass through, but not others.
- Passive transport—no energy input required (diffusion)
- Active transport—energy required
- Energy for passive transport comes from the concentration gradient: the difference in concentration between one side of the membrane and the other.

Diffusion: The process of random movement toward equilibrium.

- Net movement is directional until equilibrium is reached.
- Diffusion is the net movement from regions of greater concentration to regions of lesser concentration.
- Diffusion works very well over short distances (e.g., within a cell).
- A membrane is permeable to solutes that can easily cross it; impermeable to those that cannot.
- Molecules move across a permeable membrane until the concentration is equal on both sides.
- Thereafter, molecules will continue to diffuse across the membrane, but there will be no net change in concentrations.

Simple diffusion: Small molecules pass through the lipid bilayer. Lipid-soluble molecules can diffuse across the membrane. Electrically charged and polar molecules cannot pass through easily.



Εικόνα 6.9 Διαπερατότητα των Φωσφολιπιδικών Διπλοστιβάδων

Μικρά, μη φορτισμένα μόρια μπορούν να διαχέονται διαμέσου της μεμβράνης, αλλά ιόντα και μεγάλα πολικά μόρια, όχι.

Osmosis: Diffusion of water.

- Depends on the relative concentrations of water molecules.
- Isotonic: equal solute concentrations
- Hypertonic: higher solute concentration
- Hypotonic: lower solute concentration

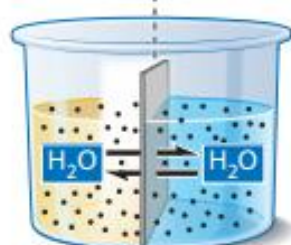
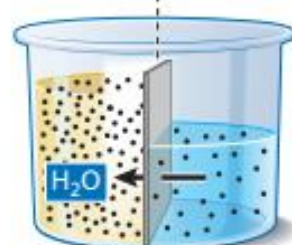
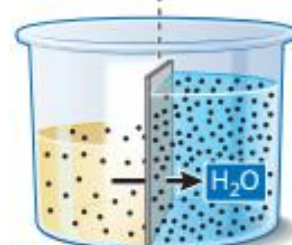
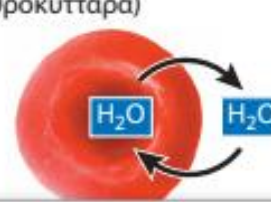


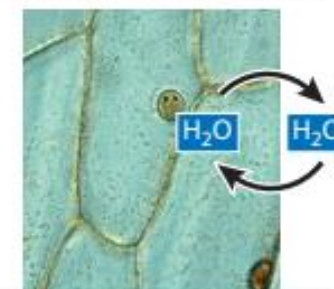
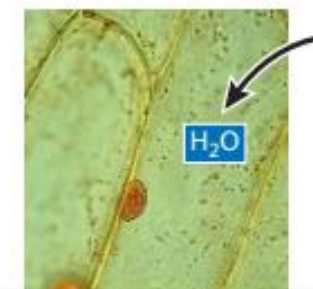
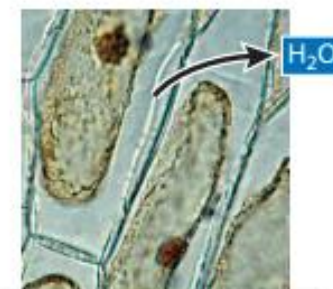
If two solutions are separated by a membrane that allows water, but not solutes, to pass through: Water will diffuse from the region of higher water concentration (hypotonic) to the region of lower water concentration (hypertonic).

Εικόνα 6.10 Η Ώσμωση Μπορεί να Τροποποιεί το Σχήμα των Κυττάρων

Εικόνα 6.10 Η Ώσμωση Μπορεί να Τροποποιεί το Σχήμα των Κυττάρων

Σε ένα διάλυμα που είναι ισότονο με το κυτταρόπλασμα (Α), ένα φυτικό ή ζωικό κύτταρο διατηρεί ένα φυσιολογικό, χαρακτηριστικό σχήμα, γιατί δεν υπάρχει καθαρή μετακίνηση νερού μέσα ή έξω από αυτό. Σε αυτά τα μοντέλα, θεωρείται ότι οι διαλυμένες ουσίες δε μετακινούνται διαμέσου της μεμβράνης. Σε ένα διάλυμα που είναι υπότονο ως προς το κυτταρόπλασμα (Β), εισέρχεται στο κύτταρο νερό. Ένα περιβάλλον υπέρτονο ως προς το κυτταρόπλασμα (Γ) έχει ως αποτέλεσμα την έξοδο νερού από το κύτταρο.

Ε: Αν υπερ-λιπάνετε το χώμα ενός φυτού σε γλάστρα, αυτό συχνά μαραίνεται. Γιατί;

(Α) Ισότονο (ίδια συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών)	(Β) Υπότονο στο εξωτερικό (μικρή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών εξωτερικά)	(Γ) Υπέρτονο στο εξωτερικό (μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών έξω)
<p>Εσωτερικό του κυττάρου Εξωτερικό του κυττάρου</p> 		
<p>Ζωικό κύτταρο (ερυθροκύτταρα)</p>  <p>Οι ρυθμοί μετακίνησης του νερού μέσα και έξω είναι ίσοι.</p>	 <p>Τα κύτταρα προσλαμβάνουν νερό, διογκώνονται και διαρρηγνύονται.</p>	 <p>Τα κύτταρα χάνουν νερό και συρρικνώνονται.</p>
<p>Φυτικό κύτταρο (επιθηλιακά κύτταρα φύλλου)</p>  <p>Οι ρυθμοί μετακίνησης του νερού μέσα και έξω είναι ίσοι.</p>	 <p>Το κύτταρο σκληραίνει αλλά γενικά διατηρεί το σχήμα του γιατί υπάρχει ένα κυτταρικό τοίχωμα.</p>	 <p>Το κύτταρο συρρικνώνεται, έλκοντας την κυτταρική μεμβράνη μακριά από το κυτταρικό τοίχωμα (πλασμόλυση).</p>

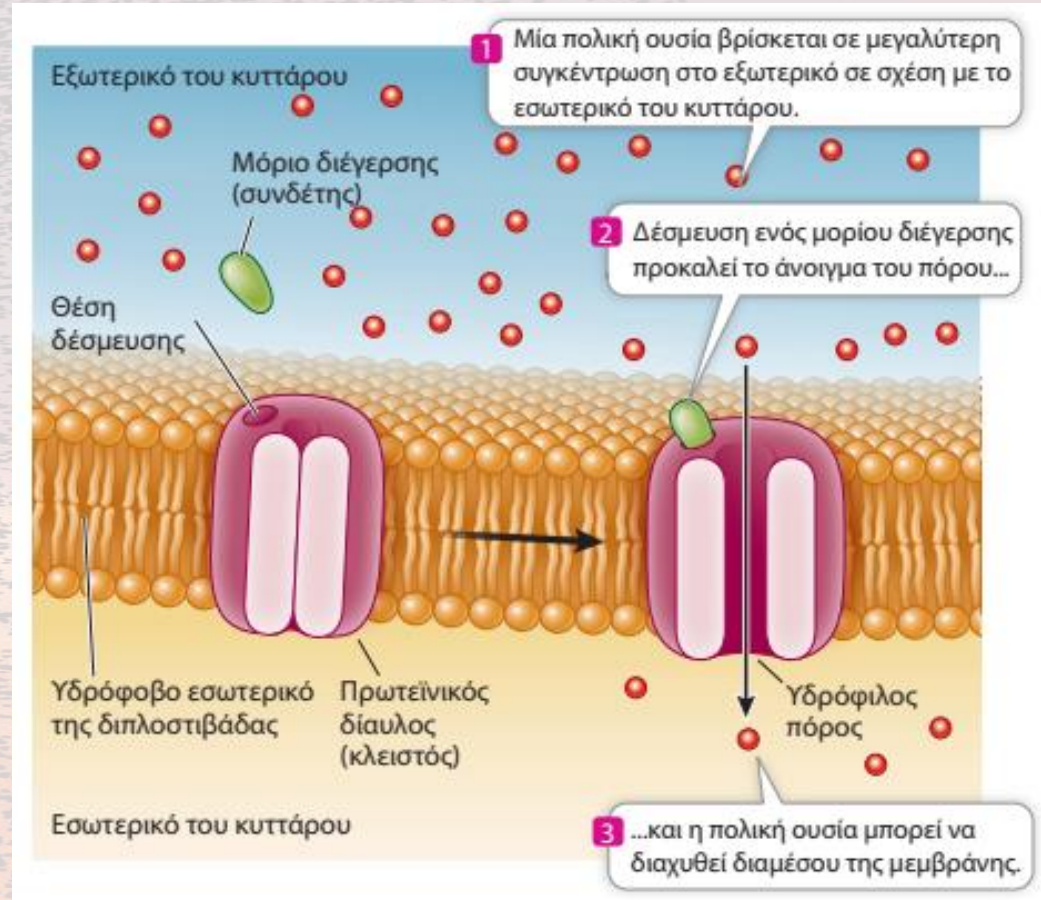
Facilitated diffusion of polar molecules (passive)

- **Channel proteins:** Integral membrane proteins that form a tunnel.
- **Carrier proteins:** Membrane proteins that bind some substances and speed their diffusion through the bilayer.

Ion channels: Channel proteins with hydrophilic pores. Most are gated—can be closed or open to ion passage. Gate opens when the protein is stimulated to change shape by a chemical signal (ligand) or electrical charge difference (voltage-gated).

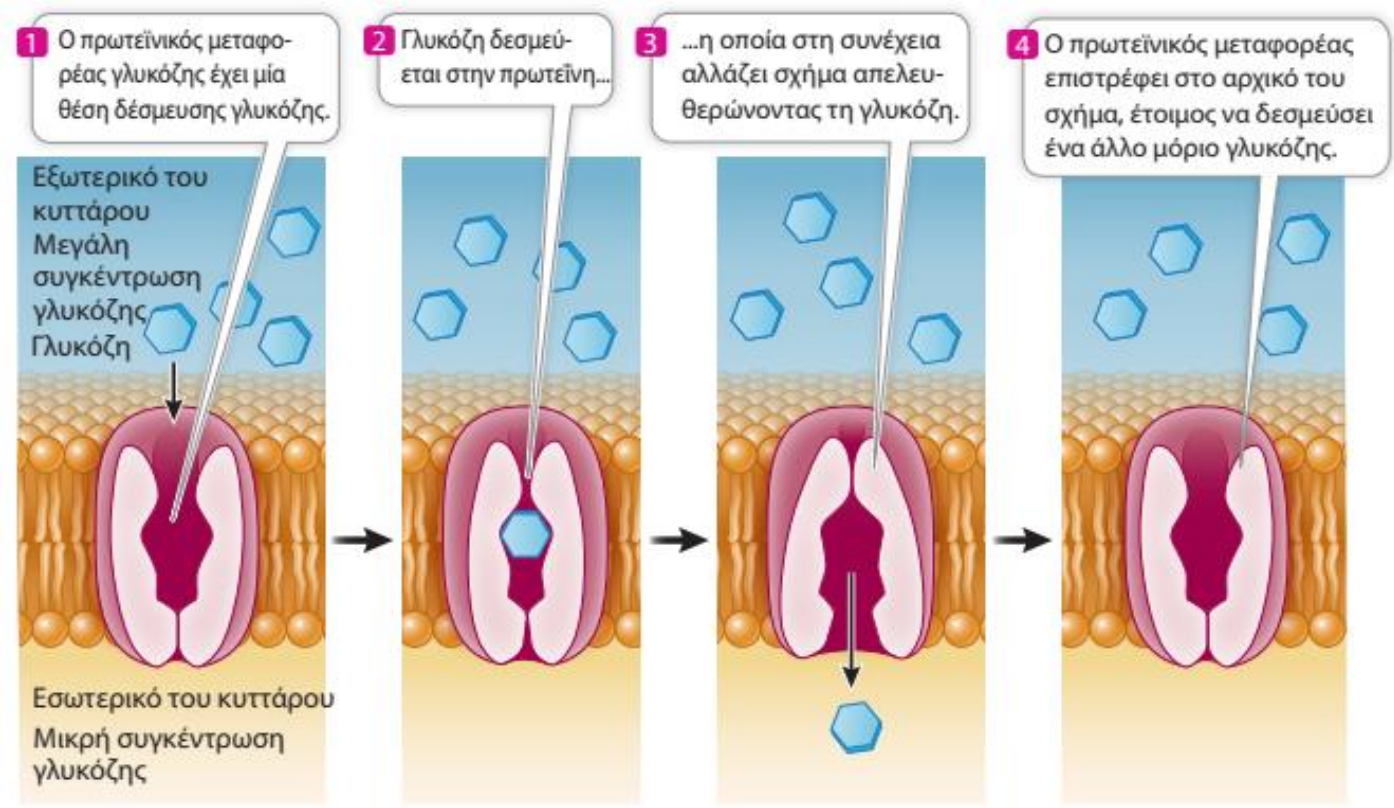
Carrier proteins transport polar molecules, such as glucose, across membranes in both directions. Glucose binds to the glucose transporter, causing it to change shape and release the glucose on the other side.

Εικόνα 6.11 Ένας Ελεγχόμενος Πρωτεϊνικός Δίαυλος Ανοίγει ως Απόκριση σε ένα Ερέθισμα Ο πρωτεϊνικός διάυλος έχει έναν πόρο από πολικά αμινοξέα και νερό. Είναι αγκυροβολημένος στην υδρόφοβη διπλοστιβάδα μέσω του εξωτερικού του καλύμματος που αποτελείται από μη πολικές ομάδες R. Η πρωτεΐνη υφίσταται αλλαγή στο τρισδιάστατο σχήμα της όταν ένα μόριο διέγερσης (συνδέτης) δεσμεύεται σε αυτή, ανοίγοντας τον πόρο ώστε να μπορούν να περάσουν μέσα από αυτόν συγκεκριμένες υδρόφιλες ουσίες. Άλλοι διάυλοι ανοίγουν ανταποκρινόμενοι σε ένα ηλεκτρικό δυναμικό (τάση) ή σε μηχανικά ερεθίσματα.

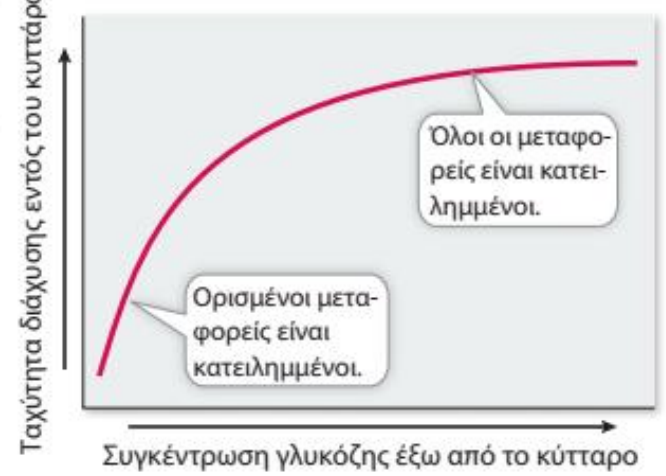


Εικόνα 6.12 Ένας Πρωτεϊνικός Μεταφορέας Διευκολύνει τη Διάχυση

(Α) Πρόσληψη γλυκόζης μέσω του μεταφορέα γλυκόζης



(Β) Σταδιακός κορεσμός των μεταφορέων γλυκόζης



Εικόνα 6.12 Ένας Πρωτεϊνικός Μεταφορέας Διευκολύνει τη Διάχυση Ο μεταφορέας γλυκόζης είναι ένας πρωτεϊνικός μεταφορέας ο οποίος επιτρέπει στη γλυκόζη να εισέρχεται στο κύτταρο με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι θα ήταν εφικτό με απλή διάχυση. (Α) Ο μεταφορέας δεσμεύει γλυκόζη, τη φέρνει στο εσωτερικό της μεμβράνης και στη συνέχεια αλλάζει σχήμα, απελευθερώνοντάς τη στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου.

(Β) Το γράφημα δείχνει τον ρυθμό εισαγωγής γλυκόζης μέσω ενός μεταφορέα ως προς τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο εξωτερικό του κυττάρου. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση της γλυκόζης, ο ρυθμός διάχυσης αυξάνεται μέχρι το σημείο στο οποίο χρησιμοποιούνται όλοι οι διαθέσιμοι μεταφορείς (το σύστημα είναι κορεσμένο).

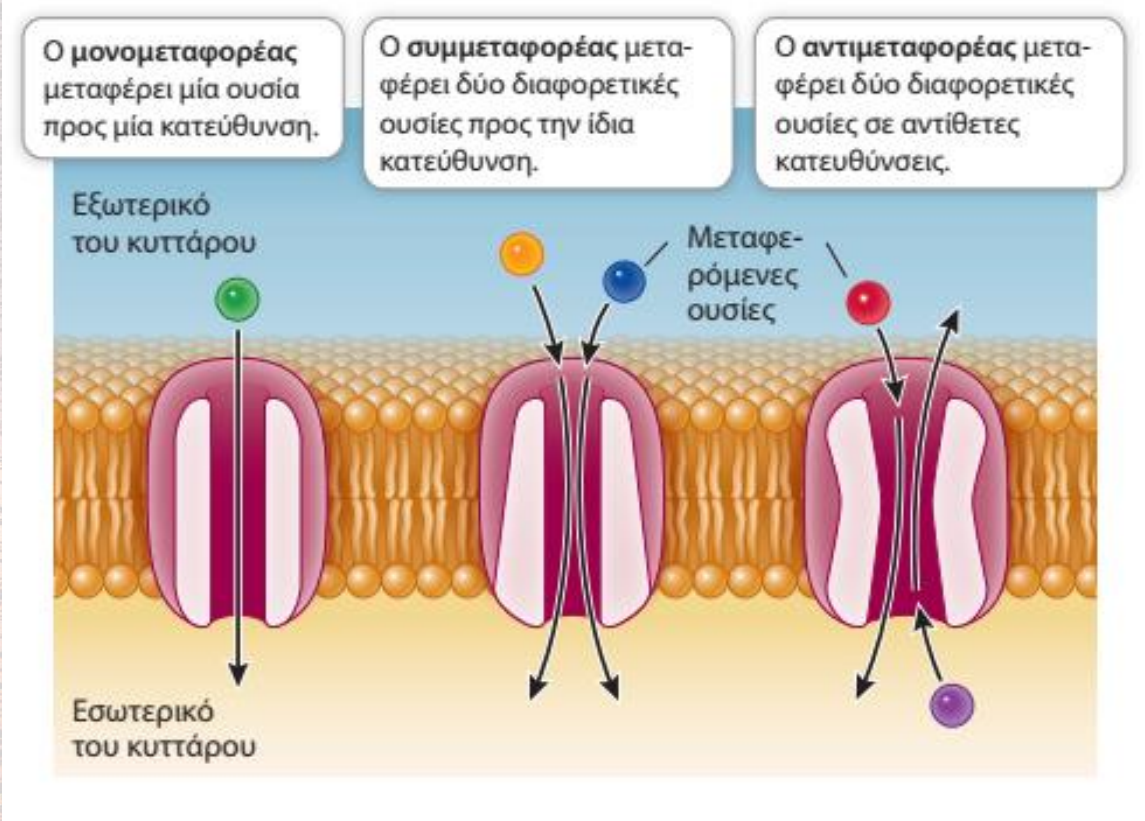
- Active transport requires energy to move a substance against its concentration gradient.
- Three kinds of membrane proteins are involved in active transport: uniporters, symporters, and antiporters.
- Primary active transport uses ATP hydrolysis directly to provide the energy for transport, whereas secondary active transport uses an ion concentration gradient that was established by ATP hydrolysis.

	Απλή διάχυση	Υποβοηθούμενη διάχυση (μέσω διαύλου ή μεταφορέα)	Ενεργητική μεταφορά
Απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια;	Όχι	Όχι	Ναι
Κινητήρια δύναμη	Κλίση συγκέντρωσης	Κλίση συγκέντρωσης	Υδρόλυση ATP (αντίθετα στην κλίση συγκέντρωσης)
Απαιτείται μεμβρανική πρωτεΐνη;	Όχι	Ναι	Ναι
Εξειδίκευση	Όχι	Ναι	Ναι

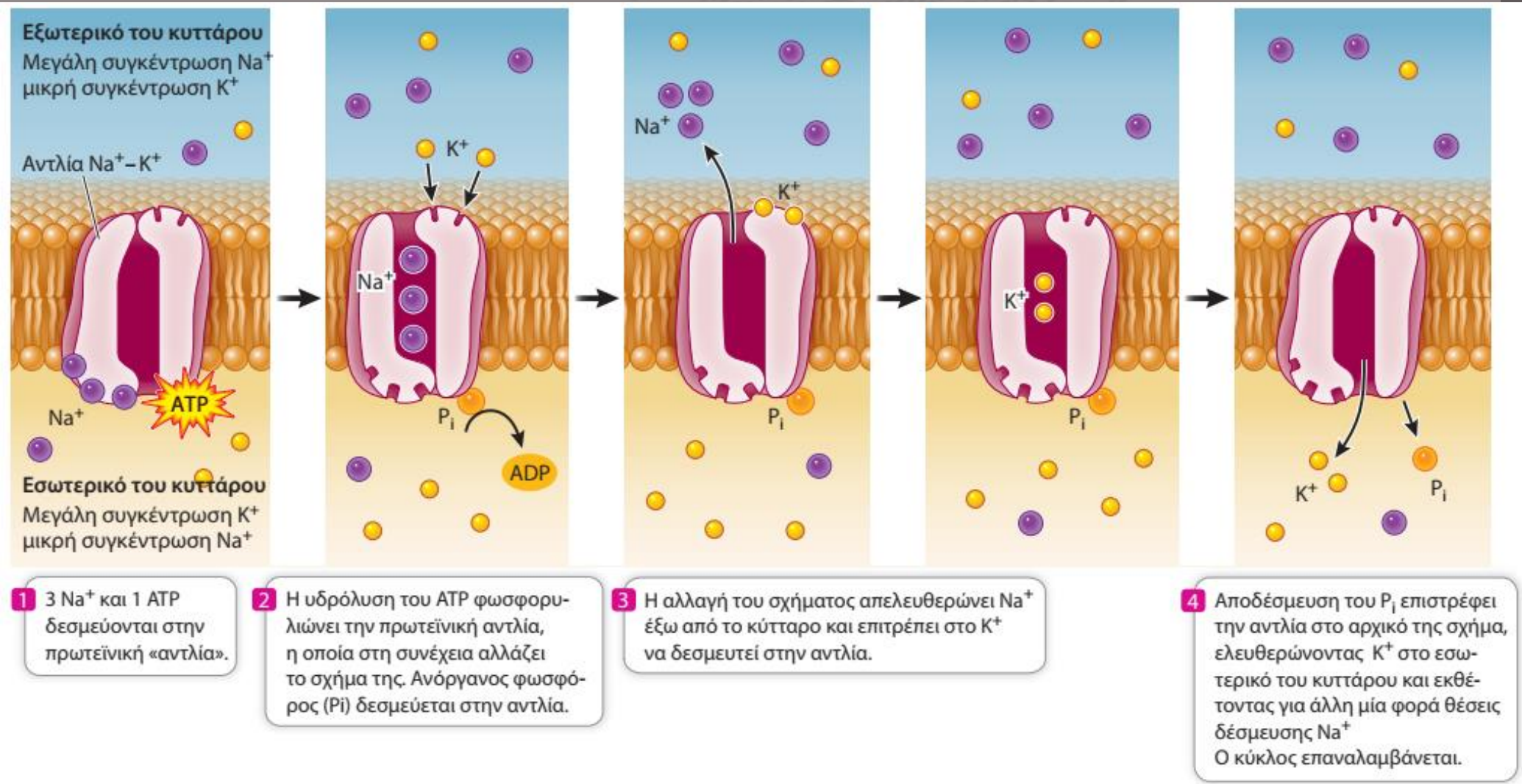
- **Active transport:** Moves substances against a concentration and/or electrical gradient; requires energy. The energy source is often adenosine triphosphate (ATP).
- Active transport is directional. It involves three kinds of proteins:
- **Uniporter**—moves one substance in one direction
- **Symporter**—moves two substances in one direction
- **Antiporter**—moves two substances in opposite directions

Εικόνα 6.13 Τρεις Τύποι Πρωτεϊνών για Ενεργητική Μεταφορά

Σημειώστε ότι σε καθεμία από τις τρεις περιπτώσεις η μεταφορά είναι κατευθυνόμενη. Συμμεταφορείς και αντιμεταφορείς είναι παραδείγματα συζευγμένων μεταφορέων. Και οι τρεις τύποι μεταφορέων είναι συζευγμένοι με πηγές ενέργειας προκειμένου να μετακινούν ουσίες αντίθετα στην κλίση συγκέντρωσής τους.



Εικόνα 6.14 Πρωτογενής Ενεργητική Μεταφορά: Αντλία Νατρίου-Καλίου



Εικόνα 6.14 Πρωτογενής Ενεργητική Μεταφορά: Αντλία Νατρίου-Καλίου Στην ενεργητική μεταφορά, χρησιμοποιείται ενέργεια για τη μετακίνηση μίας διαλυμένης ουσίας αντίθετα στην κλίση συγκέντρωσής της. Εδώ, χρησιμοποιείται ενέργεια από το ATP για τη μετακίνηση Na^+ και K^+ αντίθετα στις κλίσεις συγκέντρωσής τους.

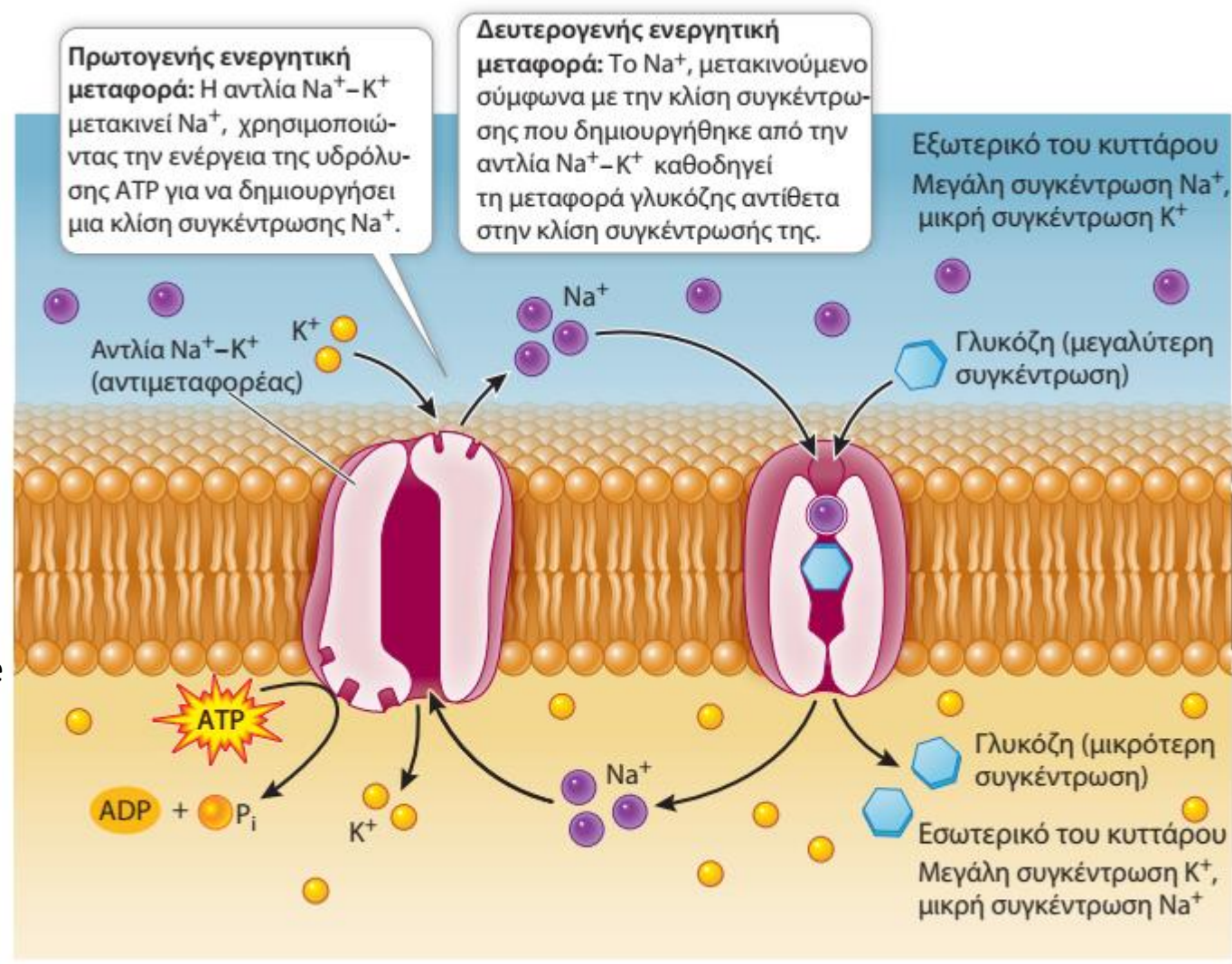
Εικόνα 6.15 Δευτερογενής Ενεργητική Μεταφορά

Primary active transport: Requires direct hydrolysis of ATP.
Secondary active transport: Energy comes from an ion concentration gradient that is established by primary active transport.
The sodium–potassium ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$) pump:

- Primary active transport
- Found in all animal cells
- An integral membrane glycoprotein (an antiporter)

In secondary active transport, energy can be “regained” by letting ions move across a membrane with the concentration gradient.

- Aids in uptake of amino acids and sugars
- Uses symporters and antiporters



Εικόνα 6.15 Δευτερογενής Ενεργητική Μεταφορά

Η κλίση συγκέντρωσης Na^+ που δημιουργήθηκε από πρωτογενή ενεργητική μεταφορά μέσω μιας αντλίας νατρίου-καλίου (αριστερά) παρέχει ενέργεια για δευτερογενή ενεργητική μεταφορά γλυκόζης (δεξιά). Ένας πρωτεϊνικός συμμεταφορέας συνδυάζει τη μετακίνηση της γλυκόζης διαμέσου της μεμβράνης αντίθετα στην κλίση συγκέντρωσής της με την παθητική μετακίνηση του Na^+ μέσα στο κύτταρο.

- Three types of endocytosis occur in cells.
- Cells take in specific molecules from the environment through receptor mediated endocytosis.
- Exocytosis is the process by which substances are secreted by a cell.

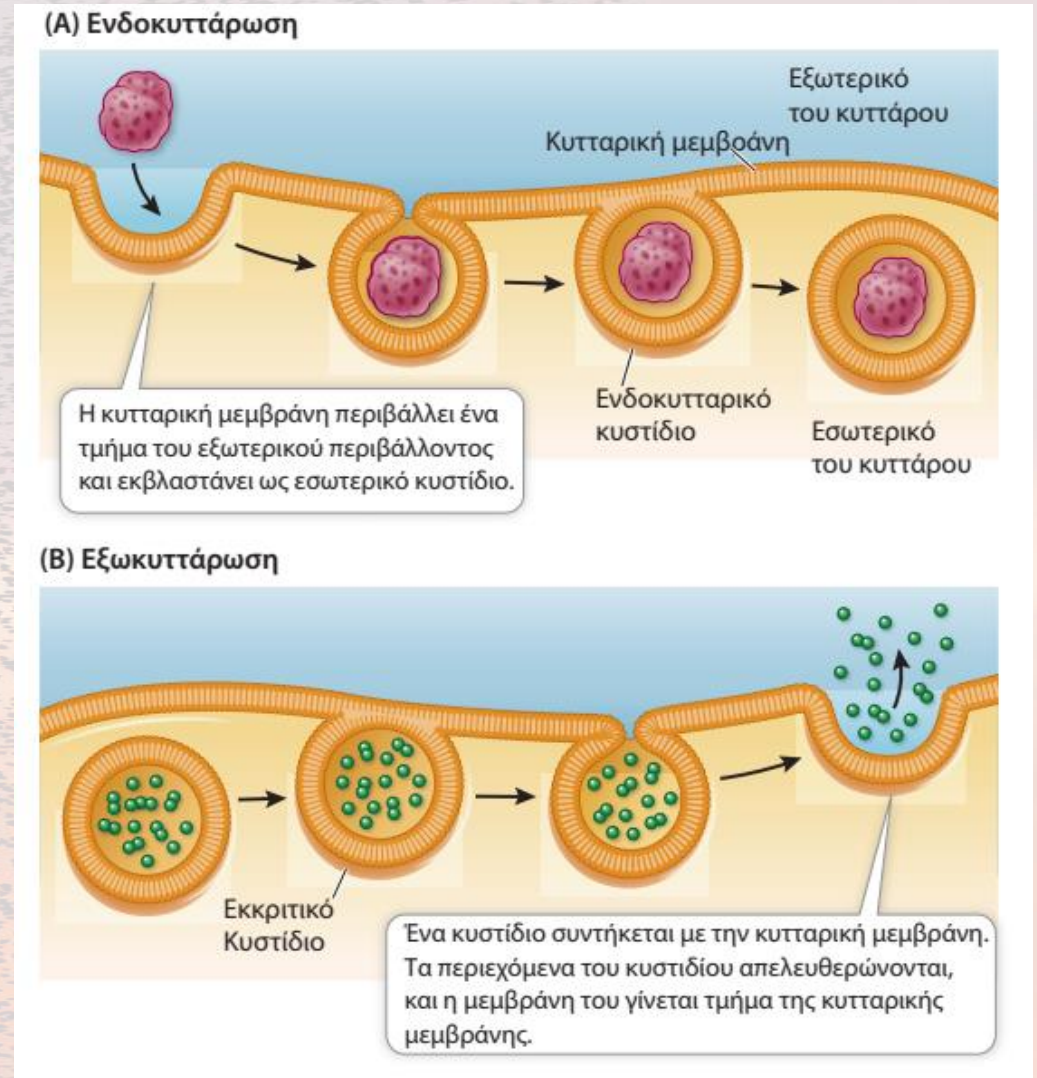
Macromolecules (proteins, polysaccharides, nucleic acids) are too large to cross the membrane. They can be taken in or secreted by means of membrane vesicles.

- **Endocytosis:** Brings molecules and cells into a eukaryotic cell. The cell membrane folds inward, or invaginates, around the material, forming a vesicle.
- **Phagocytosis:** Molecules or entire cells are engulfed. Some protists feed in this way. Some white blood cells engulf foreign substances in this way. A food vacuole or phagosome forms, which fuses with a lysosome.
- **Pinocytosis:** A vesicle forms to bring small dissolved substances or fluids into a cell. Vesicles are much smaller than in phagocytosis. Pinocytosis is constant in endothelial (capillary) cells.

Εικόνα 6.16 Ενδοκυττάρωση και Εξωκυττάρωση

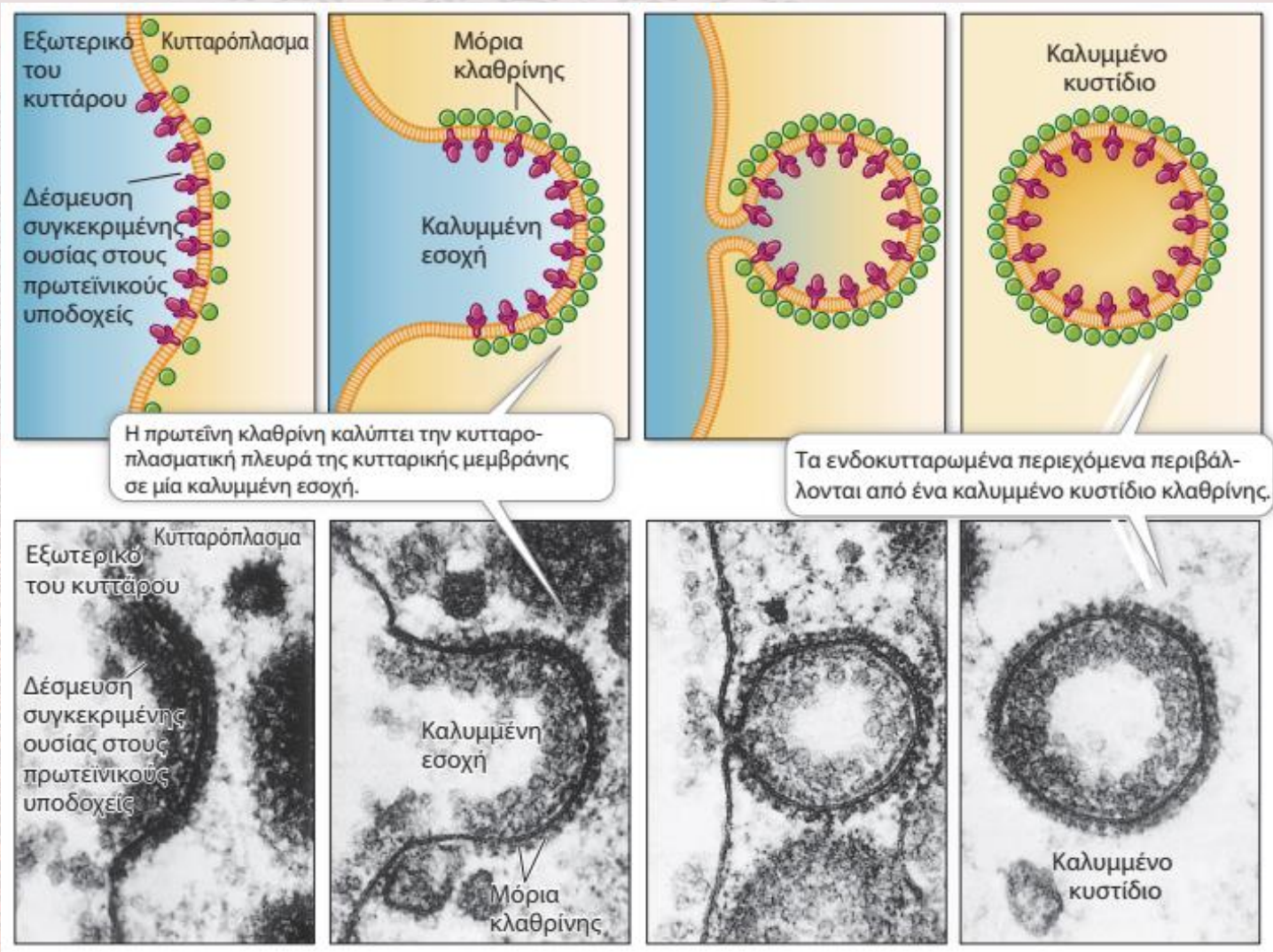
Ενδοκυττάρωση (A) και εξωκυττάρωση (B) χρησιμοποιούνται από τα ευκαρυωτικά κύτταρα για να προσλαμβάνουν και να απελευθερώνουν υγρά, μεγάλα μόρια και σωματίδια. Μικρότερα κύτταρα, όπως εισβάλλοντα βακτήρια, μπορούν να προσλαμβάνονται με ενδοκυττάρωση.

Exocytosis: Material in vesicles is expelled from a cell. Indigestible materials are expelled. Other materials leave cells, such as digestive enzymes and neurotransmitters.



Receptor mediated endocytosis is highly specific.

- Macromolecules to be moved bind to receptor proteins—integral membrane proteins located at specific sites on the cell membrane.
 - The sites are coated with other proteins, such as clathrin, on the inside.
- Mammalian cells take in cholesterol by receptor-mediated endocytosis. In the liver, cholesterol is packaged into low-density lipoprotein, or LDL, and secreted to the bloodstream. Cells that need cholesterol have receptors for the LDLs in clathrin coated pits.



Εικόνα 6.17 Ενδοκυττάρωση με Μεσολάβηση Υποδοχέων Οι πρωτεϊνικοί υποδοχείς σε μία καλυμμένη εσοχή δεσμεύουν συγκεκριμένα μακρομόρια, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται μέσα στο κύτταρο με ένα καλυμμένο κυστίδιο.

πίνακας 6.2 Ενδοκυττάρωση και Εξωκυττάρωση

Τύπος διαδικασίας	Παράδειγμα
Ενδοκυττάρωση	
Ενδοκυττάρωση με μεσολάβηση υποδοχέων	Ειδική πρόσληψη μεγάλων μορίων (π.χ. LDL)
Κυτταροποσία	Μη ειδική πρόσληψη εξωκυττάρου υγρού (π.χ. υγρά και διαλυμένες ουσίες από το αίμα)
Φαγοκυττάρωση	Μη ειδική πρόσληψη μεγάλων, αδιάλυτων σωματιδίων (π.χ. εισβάλλοντα βακτήρια από κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος)
Εξωκυττάρωση	
Απελευθέρωση μεγάλων μορίων	Σύντηξη κυστιδίου με την κυτταρική μεμβράνη (π.χ. πεπτικά ένζυμα στο πάγκρεας)
Απελευθέρωση μικρών μορίων	Σύντηξη κυστιδίου με την κυτταρική μεμβράνη (π.χ. νευροδιαβιβαστές στη σύναψη)