

Βιολογία

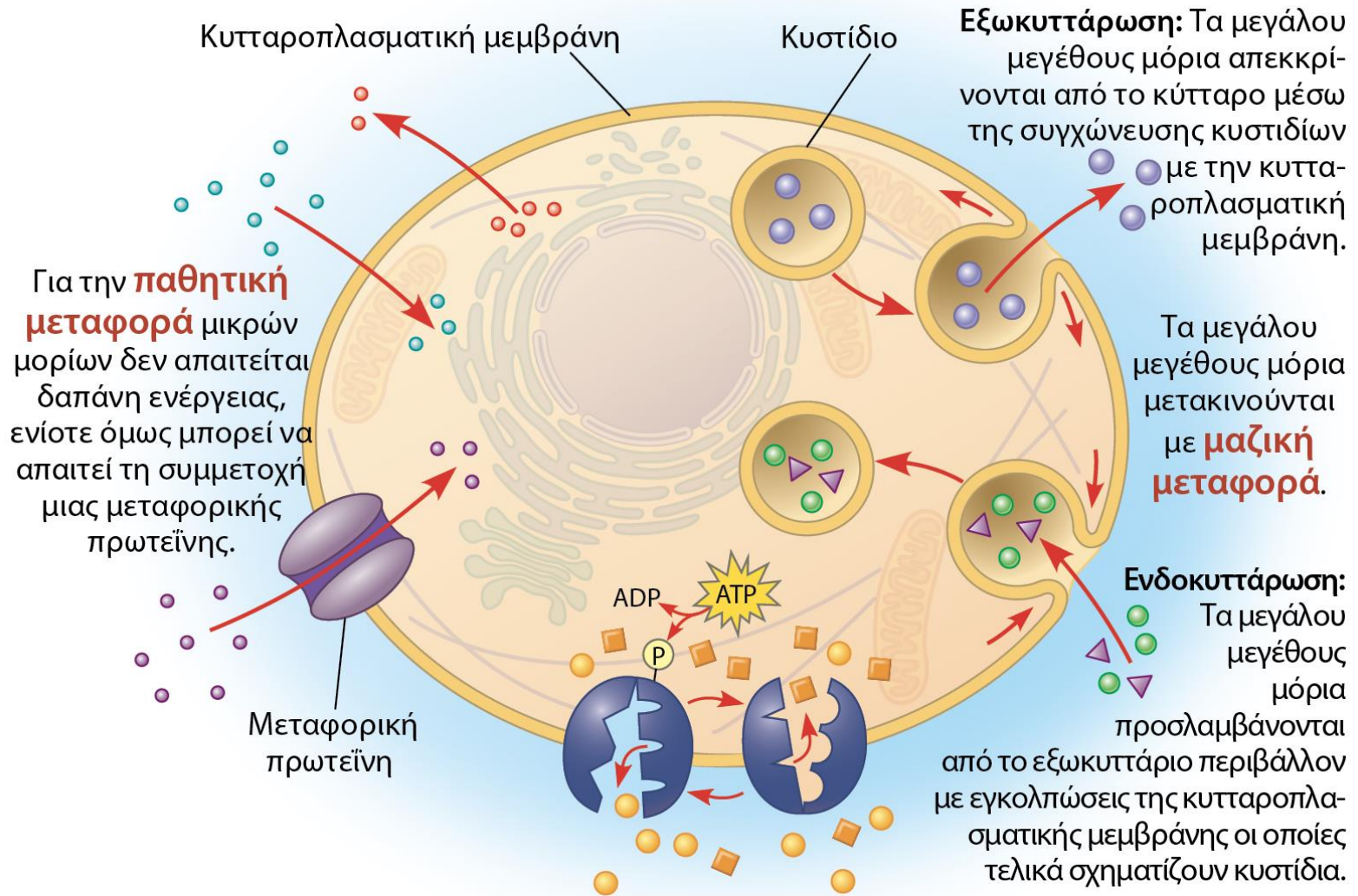
Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλάσσιων Βιοεπιστημών

Διδάσκουσα: Μεζίτη Αλεξάνδρα

Διάλεξη 6: Δομή κ λειτουργία μεμβρανών

13/11/2024

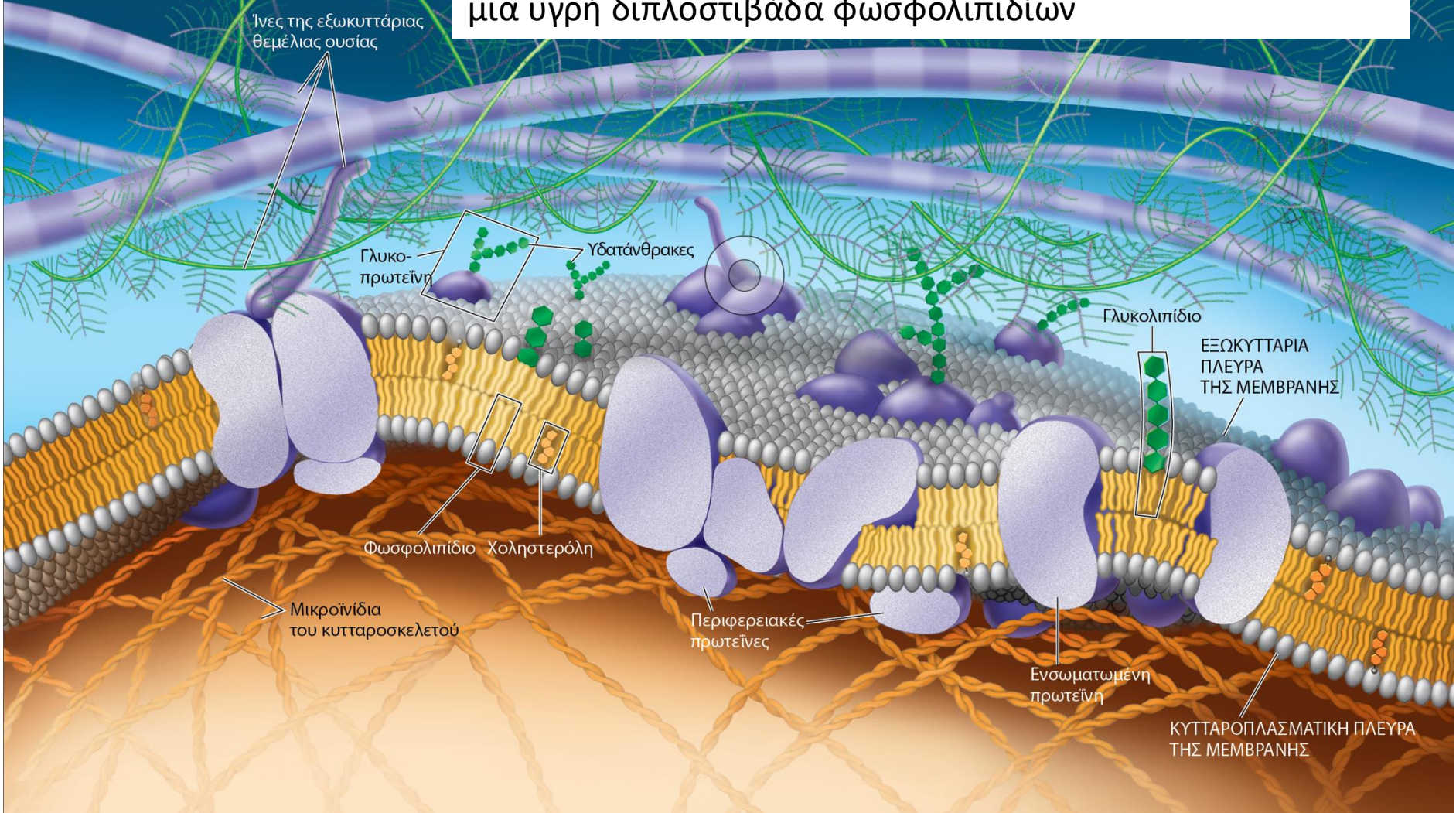
Πώς ρυθμίζει η κυτταροπλασματική μεμβράνη την κίνηση των χημικών ουσιών από και προς το εσωτερικό του κυττάρου;



Τα μικρά μόρια μεταφέρονται με **ενεργητική μεταφορά**, έναν μηχανισμό που απαιτεί ενέργεια και μια μεταφορική πρωτεΐνη.

▼ **Εικόνα 7.3** Το σύγχρονο μοντέλο για την κυτταροπλασματική μεμβράνη των ζωικών κυττάρων, όπως φαίνεται σε ένα αποκομμένο μεμβρανικό τμήμα. Τα λιπίδια έχουν χρωματιστεί με γκρίζο και χρυσό χρώμα (οι κεφαλές και οι ουρές τους, αντίστοιχα), οι πρωτεΐνες με μοβ και οι υδατάνθρακες με πράσινο.

Μοντέλο ρευστού μωσαϊκού
Μωσαϊκό πρωτεϊνικών μορίων που μετακινούνται μέσα σε
μια υγρή διπλοστιβάδα φωσfolιπιδίων

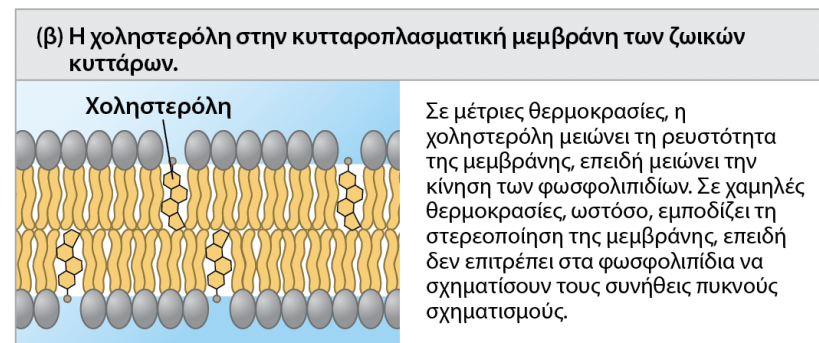
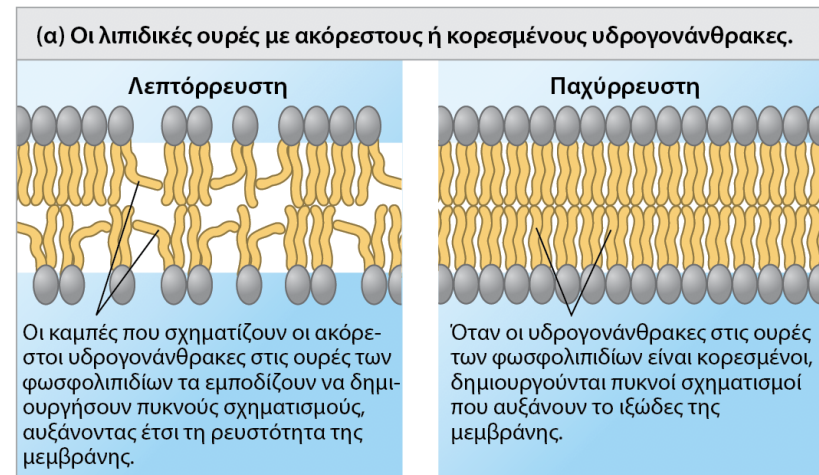


Ρευστότητα των μεμβρανών

- Οι μεμβράνες δεν είναι στατικές
- Συγκρότηση από υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις (ασθενέστερες από ομοιοπολικούς δεσμούς)
- Δυνατότητα πλάγιας μετακίνησης λιπιδίων κ πρωτεϊνών
- Λιπίδια → αλλαγή θέσης 10^7 φορές το sec
- πρωτεΐνες πιο αργή μετακίνηση → πιο καθοδηγούμενη μετακίνηση (από κινητικές πρωτ. Κατά μήκος του κυτταροσκελετού;) ή ακίνητες λόγω πρόσδεσης στον κυτταροσκελετό ή στην θεμέλια ουσία.
- Πτώση θερμοκρασίας → πήξη μεμβρανών (εξαρτάται από το είδος των φωσfolιπιδίων)
- Πολλές ακόρεστες ουρές → πήξη σε χαμηλότερες T από τα φωσfolιπίδια με κορεσμένες ουρές
- Σημασία της χοληστερόλης στην διατήρηση της ρευστότητας
- **Η ρευστότητα είναι απαραίτητη για την σωστή λειτουργία**

[cell_membrane](#)

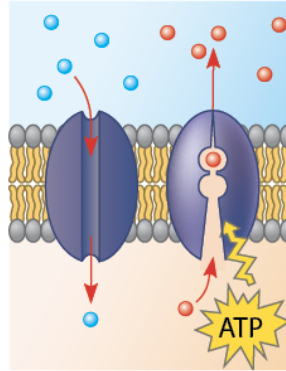
▼ **Εικόνα 7.5** Παράγοντες που επηρεάζουν τη ρευστότητα των μεμβρανών.



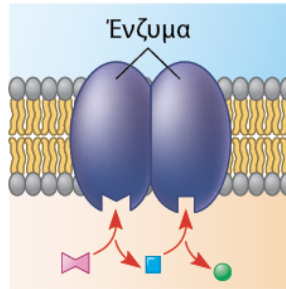
Μεμβρανικές πρωτεΐνες κ η λειτουργία τους

▼ **Εικόνα 7.7** Ορισμένες λειτουργίες των μεμβρανικών πρωτεϊνών. Σε πολλές περιπτώσεις, η ίδια πρωτεΐνη μπορεί να επιτελεί πολλαπλές λειτουργίες.

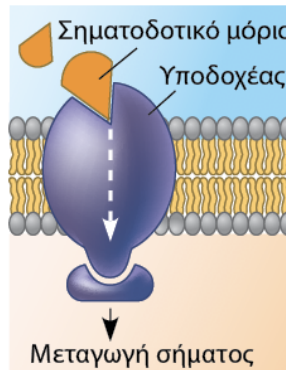
(α) **Μεταφορά.** Αριστερά: Οι πρωτεΐνες που διαπερνούν όλο το πάχος της μεμβράνης μπορεί να λειτουργούν ως υδρόφιλοι διάλυοι, οι οποίοι επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση συγκεκριμένων μόνο διαλυτών ουσιών (βλ. Εικόνες 6.32α και 7.15α). Δεξιά: Άλλες μεταφορικές πρωτεΐνες διακινούν ουσίες από τη μια πλευρά της μεμβράνης στην άλλη, αλλάζοντας το σχήμα τους (βλ. Εικόνα 7.15β). Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες υδρολύουν ATP προκειμένου να αντλήσουν την ενέργεια που απαιτείται για την ενεργητική μεταφορά των ουσιών διαμέσου της μεμβράνης.



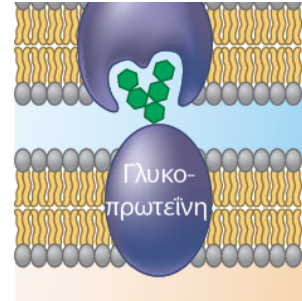
(β) **Ενζυμική λειτουργία.** Μια πρωτεΐνη ενσωματωμένη στη μεμβράνη μπορεί να λειτουργεί ως ένζυμο, έχοντας το ενεργό της κέντρο (στο οποίο προσδένεται το αντιδρών σώμα) εκτεθειμένο στις ουσίες του διαλύματος με το οποίο γειτονεύει. Σε κάποιες περιπτώσεις, αρκετά μεμβρανικά ένζυμα οργανώνονται σε ομάδες που καταλύουν τα διαδοχικά στάδια μιας μεταβολικής οδού.



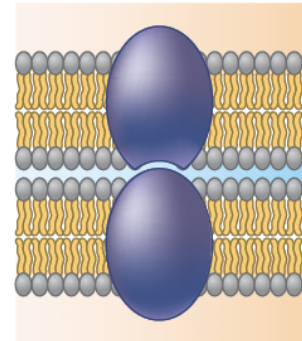
(γ) **Μεταγωγή σήματος.** Μια μεμβρανική πρωτεΐνη (υποδοχέας) μπορεί να έχει μια θέση δέσμησης με σχήμα που «ταιριάζει» συγκεκριμένα με το σχήμα κάποιου χημικού αγγελιαφόρου (π.χ. μιας ορμόνης). Η πρόσδεση του εξωτερικού αγγελιαφόρου (δηλαδή του σηματοδοτικού μορίου) σε τούτη τη θέση μεταβάλλει το σχήμα του πρωτεϊνικού υποδοχέα, και έτσι μεταδίδεται το μήνυμα στο εσωτερικό του κυττάρου, συνήθως με τη διαμεσολάβηση κάποιας κυτταροπλασματικής πρωτεΐνης (βλ. Εικόνες 6.32α και 11.6).



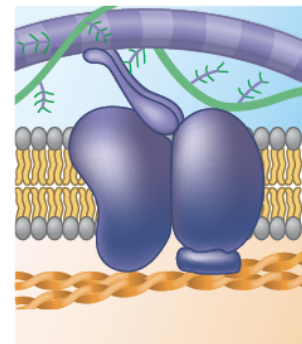
(δ) **Διακυτταρική αναγνώριση.** Κάποιες γλυκοπρωτεΐνες λειτουργούν ως «στοιχεία ταυτότητας» που αναγνωρίζονται ειδικά από τις μεμβρανικές πρωτεΐνες άλλων κυττάρων. Ο συγκεκριμένος τύπος διακυτταρικής σύνδεσης είναι, κατά κανόνα, βραχυπρόθεσμος σε σχέση με αυτόν που παρουσιάζεται στο (ε).



(ε) **Διακυτταρική σύνδεση.** Οι μεμβρανικές πρωτεΐνες γειτονικών κυττάρων μπορεί να συνδεθούν ισχυρά μεταξύ τους, σχηματίζοντας διαφόρων ειδών συνδέσεις, π.χ. χασματικές συνδέσεις ή στενές συνδέσεις (βλ. Εικόνα 6.30). Αυτού του τύπου οι διακυτταρικές συνδέσεις έχουν μεγαλύτερη διάρκεια από εκείνες που παρουσιάζονται στο (δ).

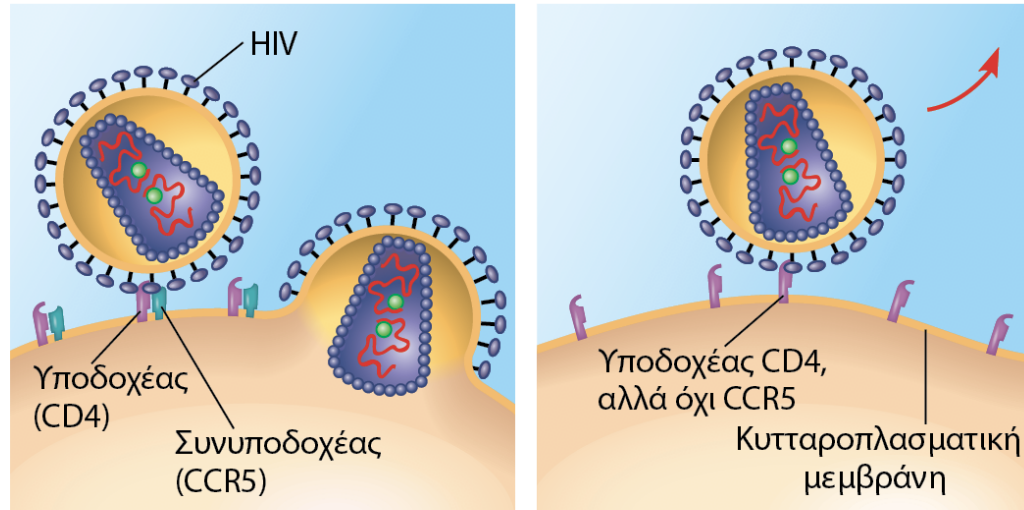


(στ) **Προσκόλληση στον κυτταροσκελετό και στην εξωκυττάρια θεμέλια ουσία.** Οι μεμβρανικές πρωτεΐνες μπορεί να συνδεθούν μη ομοιοπολικά με μικρονημάτια ή άλλα στοιχεία του κυτταροσκελετού, συνεισφέροντας έτσι στη διατήρηση του κυτταρικού σχήματος και στη σταθεροποίηση της θέσης ορισμένων μεμβρανικών πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες που συνδέονται με μόρια της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας μπορούν να συντονίσουν διάφορες εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια μεταβολές (βλ. Εικόνα 6.28).



Μεμβρανικές πρωτεΐνες κ η λειτουργία τους

▼ **Εικόνα 7.8** Η γενετική βάση της ανθεκτικότητας στον HIV.



(α) Στους περισσότερους ανθρώπους, ο HIV μπορεί να μολύνει τα κύτταρα που φέρουν στην επιφάνειά τους τον συνυποδοχέα CCR5.

(β) Στα ανθεκτικά άτομα, ο HIV δεν μπορεί να μολύνει τα κύτταρα στα οποία απουσιάζει από την επιφάνεια ο συνυποδοχέας CCR5.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΕ Συμβουλευτείτε τις Εικόνες 2.16 και 5.17, στις οποίες παρουσιάζονται ζεύγη μορίων δεσμευμένων μεταξύ τους. Με βάση τις εικόνες αυτές, ποιες πιστεύετε ότι είναι οι ιδιότητες του συνυποδοχέα CCR5 που επιτρέπουν στον HIV να δεσμευτεί σε αυτόν; Πώς θα μπορούσε το μόριο ενός φαρμάκου να απορρυθμίσει μια τέτοια δέσμευση;

Ο ρόλος των μεμβρανικών υδατανθράκων στη διακυτταρική αναγνώριση

Η διακυτταρική αναγνώριση είναι ζωτικής σημασίας για την φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού

- Πολύ σημαντική κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη
- Σημαντική για την απόρριψη 'ξένων' κυττάρων από το ανοσοποιητικό σύστημα
- Βασίζεται στην αναγνώριση μορίων (συνήθως υδατάνθρακες) στην εξωτερική πλευρά της ΚΜ

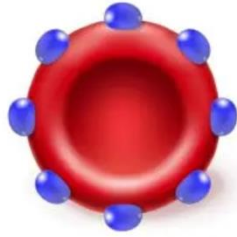
Μεμβρανικοί υδατ/κες

- Βραχείες διακλαδισμένες αλυσίδες με συνήθως <15 σάκχαρα
- Πιθανή ομοιοπολική σύνδεση με λιπίδια (γλυκολιπίδια) ή πρωτεΐνες (γλυκοπρωτεΐνες)
- Οι ομάδες αίματος καθορίζονται από διαφορετικούς υδατάνθρακες στις γλυκοπρωτεΐνες της ΚΜ των ερυθρών αιμοσφαιρίων

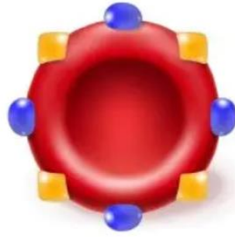
ABO Blood group



Type A⁻



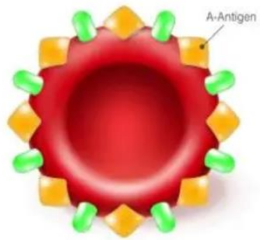
Type B⁻



Type AB⁻

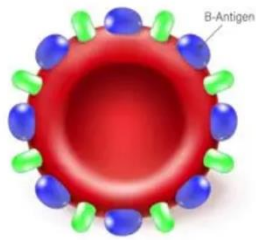


Type O⁻



Type A⁺

A-Antigen

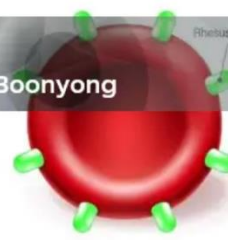


Type B⁺

B-Antigen



Type AB⁺

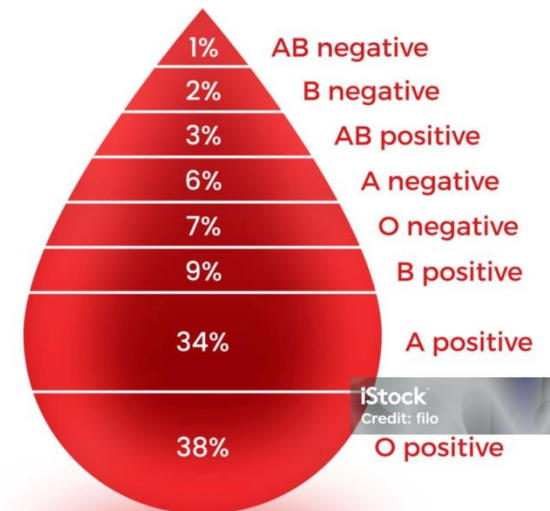


Type O⁺

Rhesus D factor

iStock
Credit: Rujirat Boonyong

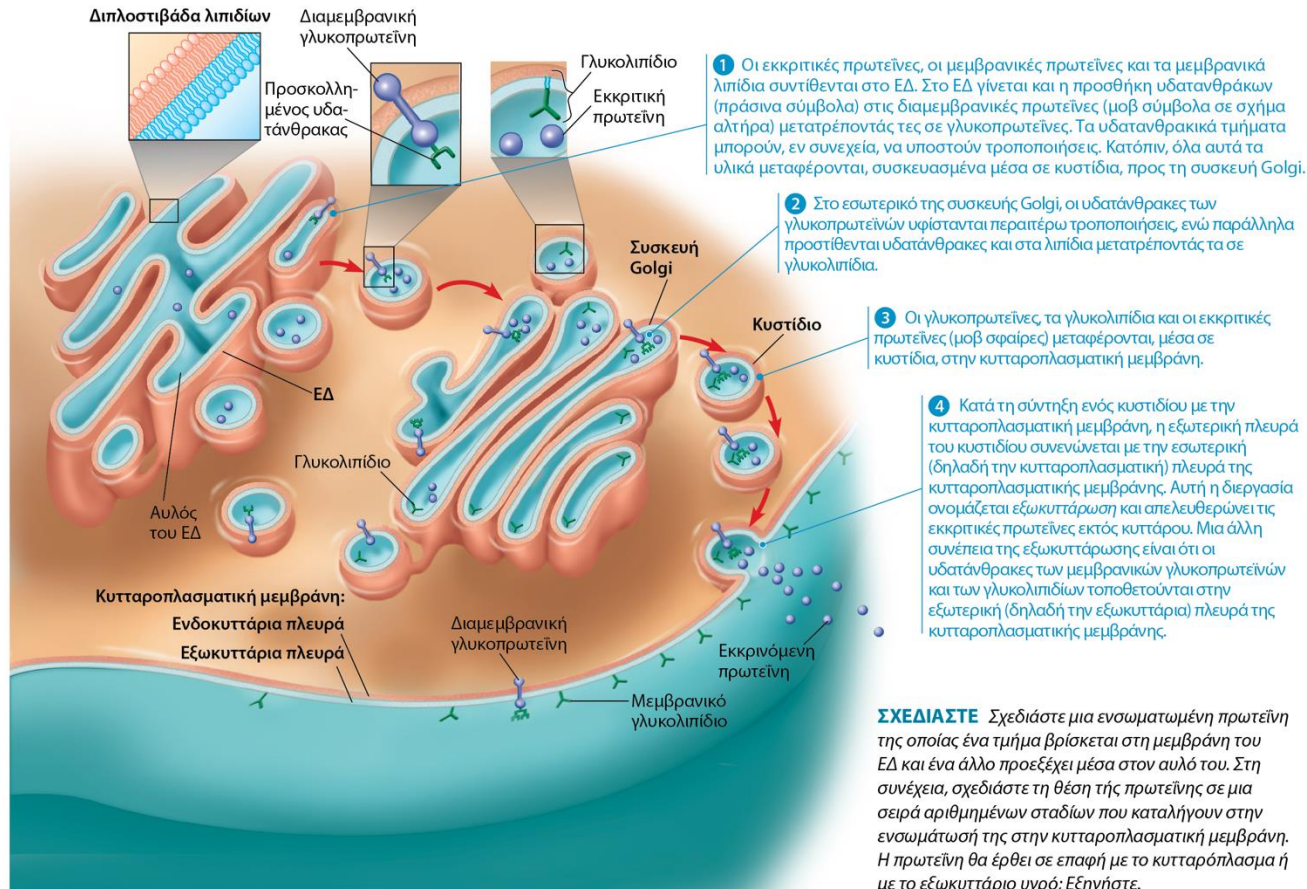
1477428447



iStock
Credit: filo

Σύνθεση κ ποιλικότητα μεμβρανών

▼ **Εικόνα 7.9** Σύνθεση των μεμβρανικών συστατικών και προσανατολισμός τους στη μεμβράνη. Η ενδοκυττάρια πλευρά (πορτοκαλί) της κυτταροπλασματικής μεμβράνης διαφέρει από την εξωκυττάρια (γαλάζια). Η εξωκυττάρια πλευρά παράγεται από τις μεμβράνες της εσωτερικής πλευράς του ενδοπλασματικού δικτύου (ΕΔ), της συσκευής Golgi και των κυστιδίων.



- Η εσωτερική κ η εξωτερική πλευρα της μεμβράνης διαφέρουν
- Μπορεί να διαφέρει η λιπιδική σύσταση
- Είναι πολύ σημαντικός ο προσανατολισμός των πρωτεϊνών

Η εκλεκτική διαπερατότητα των μεμβρανών οφείλεται στη δομή τους

Εκλεκτική διαπερατότητα: κάποιες ουσίες περνανε πιο εύκολα από άλλες.

Υπάρχει συνέχεια κ από τις δύο κατευθύνσεις μία σταθερή ροή μικρών μορίων κ ιόντων.
Τα μη πολικά μόρια (CO₂, κ.α.) → εύκολη διέλευση από τη λιπιδική διπλοστιβάδα
Πολικά μόρια (ιόντα, γλυκόζη κ.α.) → δυσκολία διέλευσης, διέλευση με αργό ρυθμό
Φορτισμένα άτομα κ μόρια (μαζί με το κέλυφος ενυδάτωσης) → **απαγορευτική διέλευση**

Μεταφορικές πρωτεΐνες

Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες που διευκολύνουν τη διέλευση **πολικών κ φορτισμένων μορίων**

- **Πρωτεΐνες διάυλοι** → υδρόφοβος αυλός στο εσωτερικό
- **Υδατοπορίνες** → πρωτεΐνες διάυλοι που επιτρέπουν τη διέλευση του νερού ($3 \cdot 10^9$ μόρια H₂O/ sec
→ 4 πανομοιοτυπες πολυπεπτιδικές αλυσίδες
- **Πρωτεΐνες φορείς** → στιγμιαία δέσμευση → αλλαγή δομής κ μεταφορά
- Εξαιρετικά εξειδικευμένες ως προς την ουσία μεταφοράς!!!!
- Ο μεταφορέας της γλυκόζης απορρίπτει ακόμα κ τη φρουκτόζη (συντακτικό ισομερές)

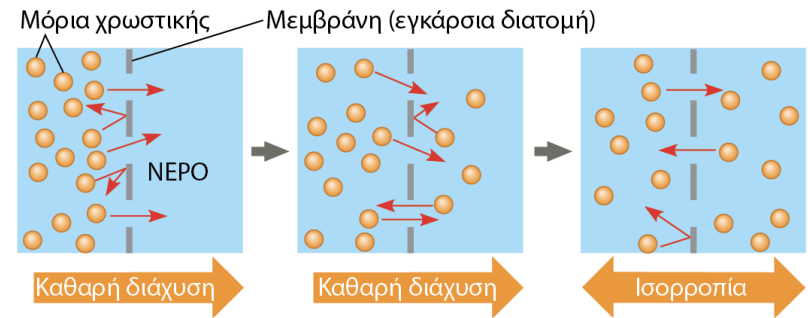
Παθητική μεταφορά: η διαχυσή μίας ουσίας διαμέσω της μεμβράνης χωρίς δαπάνη ενέργειας

Λόγω της κινητικότητας όλα τα μόρια έχουν θερμική ενέργεια → διάχυση

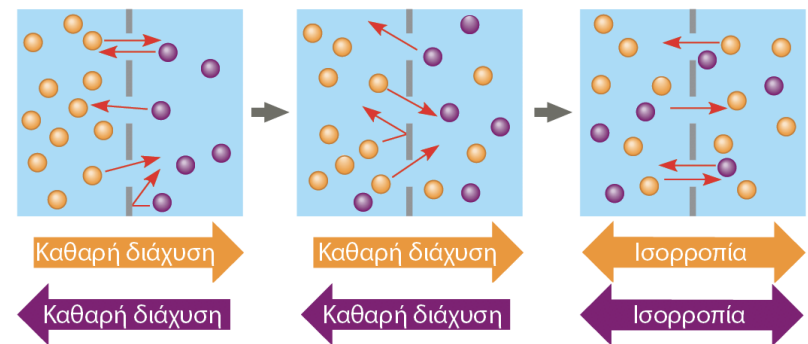
Η διάχυση πληθυσμού μορίων έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση → ίσες συγκεντρώσεις και στις δύο πλευρές της μεμβράνης → δυναμική ισορροπία

!!! Δεν χρειάζεται ενέργεια!!!

[metafora](#)



(α) **Διάχυση ενός είδους μορίου.** Τα μόρια της χρωστικής μπορούν να περάσουν μέσα από τους πόρους της μεμβράνης. Λόγω της τυχαίας κίνησής τους, μερικά από αυτά θα διέλθουν από τους πόρους. Η διέλευση θα είναι συχνότερη από την πλευρά της μεμβράνης με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση μορίων χρωστικής. Έτσι, η χρωστική θα διαχυθεί από την πλευρά με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προς την πλευρά με τη μικρότερη συγκέντρωση (δηλαδή, σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της). Αυτή η κίνηση θα οδηγήσει σε δυναμική ισορροπία, κατά την οποία τα μόρια της διαλυμένης ουσίας θα εξακολουθούν μεν να περνούν τη μεμβράνη, αλλά με την ίδια περίπου ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις.



(β) **Διάχυση δύο ειδών μορίων.** Δύο διαλύματα, καθένα από τα οποία περιέχει διαφορετική χρωστική, χωρίζονται με μια μεμβράνη διαπερατή από αμφότερες. Κάθε χρωστική θα διαχυθεί σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της. Παρότι αρχικά η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών αριστερά είναι μεγαλύτερη από εκείνη στα δεξιά, τελικά θα υπάρξει καθαρή διάχυση της μοβ χρωστικής προς τα αριστερά.

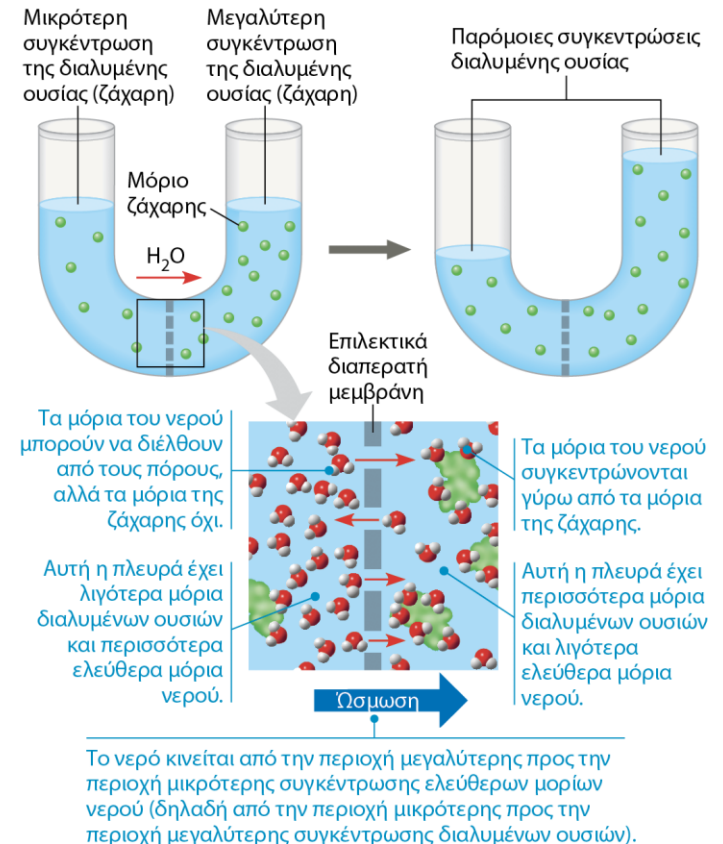
▲ **Εικόνα 7.11** Διάχυση διαλυμένων ουσιών μέσω μιας τεχνητής μεμβράνης. Τα μεγάλα βέλη κάτω από κάθε διάγραμμα δείχνουν την καθαρή διάχυση των ομόχρωμων μορίων χρωστικής.

Επιδραση της ώσμωσης

Το διάλυμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση μορίων που δεν περνάνε μέσα από την μεμβράνη έχει λιγότερο ελεύθερο νερό!!!

Διάχυση νερού από την χαμηλή συγκέντρωση ουσίας (υψηλή συγκέντρωση ελεύθερου νερού) στην υψηλή συγκέντρωση διαλυμένης ουσίας (χαμηλή συγκέντρωση ελεύθερου νερού) → **ΩΣΜΩΣΗ**

▼ **Εικόνα 7.12** Ώσμωση. Δύο διαλύματα ζάχαρης με διαφορετική συγκέντρωση το καθένα διαχωρίζονται με μια μεμβράνη, η οποία είναι διαπερατή από τον διαλύτη (το νερό), αλλά αδιαπέρατη από τη διαλυμένη ουσία (τη ζάχαρη). Τα μόρια του νερού μπορούν, κινούμενα τυχαία, να διέρχονται μέσω της μεμβράνης προς αμφότερες τις κατευθύνσεις. Συνολικά, ωστόσο, το νερό διαχέεται από το διάλυμα της ζάχαρης με τη μικρότερη συγκέντρωση προς το διάλυμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Αυτή η παθητική μετακίνηση του νερού ονομάζεται ώσμωση και εν πολλοίς εξισώνει τις συγκεντρώσεις της ζάχαρης στις δύο πλευρές της μεμβράνης.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Αν στην αριστερή πλευρά του σωλήνα προστεθεί μια πορτοκαλί χρωστική, ικανή να διέρχεται μέσω της μεμβράνης, ποια θα είναι η κατανομή της στο τέλος του πειράματος; (Βλ. Εικόνα 7.11.) Πώς θα επηρεαστεί η τελική στάθμη του διαλύματος σε κάθε πλευρά του σωλήνα; Σε ποιο κυτταρικό συστατικό αντιστοιχεί η μεμβράνη του παραπάνω πειράματος;

Φαινόμενα ώσμωσης σε κύτταρα

Τονικότητα: ικανότητα ενός δ/τος να επάγει την πρόσληψη ή την απώλεια νερού από το κύτταρο, βάσει των [C] των ουσιών που δεν μπορούν να διαπεράσουν την μεμβράνη

Κύτταρο σε ισότονο διάλυμα → καμία μετακίνηση

Κύτταρο σε υπέρτονο διάλυμα → απώλεια νερού → συρρίκνωση → θάνατος

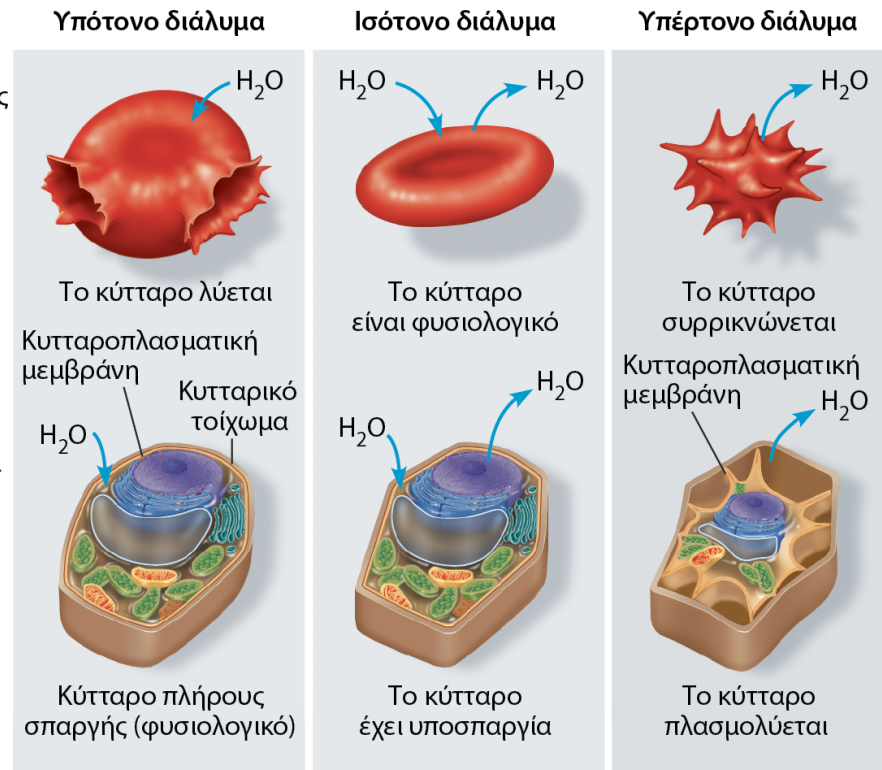
Κύτταρο σε υπότονο διάλυμα → εισαγωγή νερού → διόγκωση → διάρρηξη

► **Εικόνα 7.13** Η υδατική ισορροπία στα ζωντανά κύτταρα. Ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν τα ζωντανά κύτταρα, όταν μεταβάλλεται η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στο περιβάλλον τους, εξαρτάται από το αν έχουν κυτταρικό τοίχωμα ή όχι. (α) Τα ζωικά κύτταρα, όπως το ερυθρό αιμοσφαίριο της εικόνας, δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα ή όχι. (β) Τα φυτικά κύτταρα έχουν κυτταρικό τοίχωμα. (Τα βέλη δείχνουν την καθαρή κίνηση του νερού όταν τα κύτταρα τοποθετούνται στα υποδεικνυόμενα διαλύματα.)

! Γιατί γίνονται πιο «σφιχτοί» οι βλαστοί του σέλινου όταν τοποθετηθούν μέσα σε ένα ποτήρι με νερό;

(α) **Ζωικά κύτταρα.** Τα ζωικά κύτταρα, όπως το ερυθρό αιμοσφαίριο της εικόνας, δεν διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα· λειτουργούν καλύτερα όταν βρίσκονται σε ισότονο περιβάλλον, εκτός αν διαθέτουν ειδικές προσαρμογές που εξισορροπούν την ωσμωτική πρόσληψη ή την απώλεια νερού.

(β) **Φυτικά κύτταρα.** Τα φυτικά κύτταρα είναι πλήρους σπαργής και συνήθως λειτουργούν καλύτερα όταν βρίσκονται σε υπότονο περιβάλλον. Σε τέτοιες συνθήκες, η πρόσληψη του νερού εξισορροπείται τελικά από την πίεση του τοιχώματος πάνω στο κύτταρο.



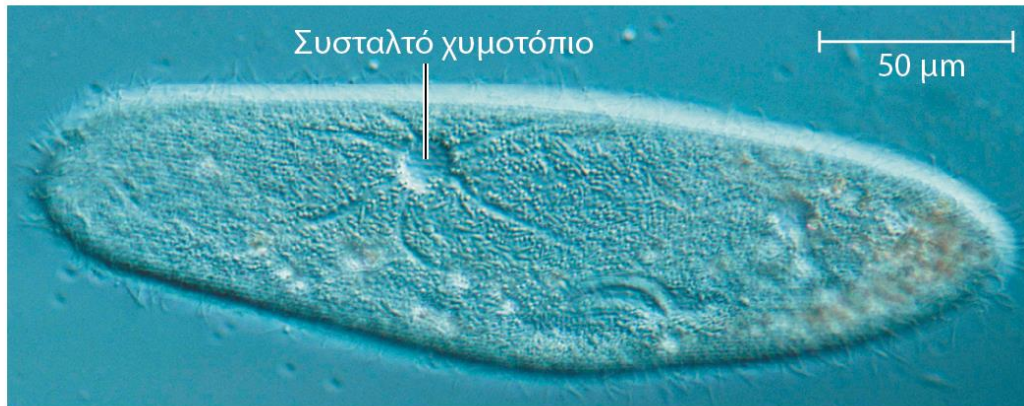
Φαινόμενα ώσμωσης σε κύτταρα

Τα κύτταρα που στερούνται τοιχωμάτων δεν μπορούν να αντέξουν ούτε υπερβολική πρόσληψη ούτε απώλεια νερού

→ Προσπάθεια διαβίωσης σε ισότονα περιβάλλοντα (π.χ. υδρόβια ασπόνδυλα)

→ Σε υπέρτονα ή υπότονα περι/ντα → ωσμωρρύθμιση → προσαρμογές για την ρύθμιση της [C] των διαλυμένων ουσιών κ της μετακίνησης του H₂O.

→ *Paramecium* → διαβίωση σε γλυκό νερό (υπότονο διάλυμα) → συνεχής εισαγωγή νερού → απορρόφηση νερού από συσταλτό χυμοτόπιο και ταυτόχρονη αποβολή του (σαν αντλία)



▲ **Εικόνα 7.14** Το συσταλτό χυμοτόπιο του *Paramecium*. Το χυμοτόπιο συλλέγει υγρό μέσω διαύλων στο κυτταρόπλασμα. Όταν γεμίσει, συστέλλεται (το ίδιο και οι διάυλοι), με αποτέλεσμα να εκτοξεύεται υγρό από το κύτταρο. Η εικόνα προέρχεται από οπτική μικροσκοπία.

[paramecium](#)

Διευκολυνόμενη διάχυση

Διάχυση με την βοήθεια μεταφορικών πρωτεϊνών

Πρωτεΐνες διάυλοι

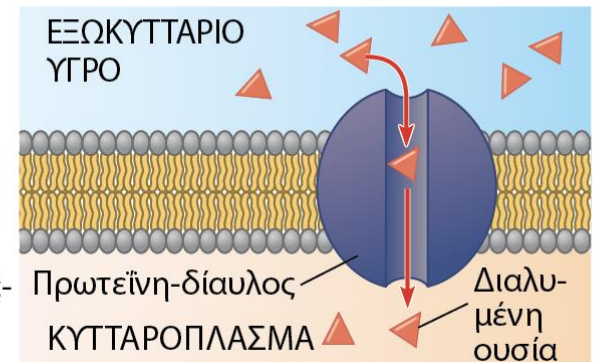
- π.χ. Υδατοπορίνες → μαζική διάχυση νερού (ώσμωση)
- Ελεγχόμενοι διάυλοι: πύλες που ανοίγουν κ κλείνουν σύμφωνα με ερεθίσματα

Πρωτεΐνες φορείς

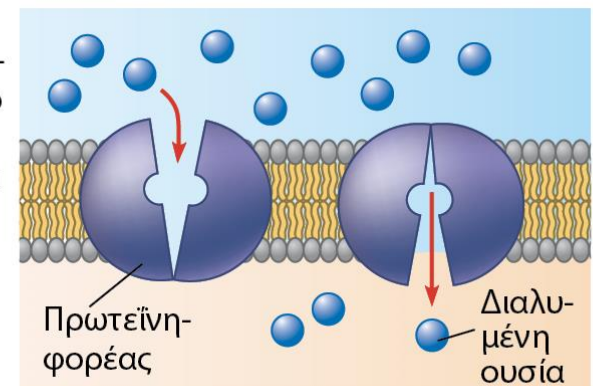
- Αλλαγές στην στερεοδιαμόρφωση και μετακίνηση της θέσης δέσμευσης στην άλλη πλευρά της πρωτεΐνης

▼ **Εικόνα 7.15** Η διευκολυνόμενη διάχυση επιτελείται από δύο είδη μεταφορικών πρωτεϊνών. Και στις δύο περιπτώσεις, η πρωτεΐνη μπορεί να μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία προς οποιαδήποτε κατεύθυνση· ωστόσο, η καθαρή μετακίνηση της ουσίας καθορίζεται τελικά από τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της.

(α) Η πρωτεΐνη-διάυλος φέρει στο εσωτερικό της ένα «κανάλι» από το οποίο μπορούν να περάσουν μόρια νερού και ορισμένες διαλυμένες ουσίες.



(β) Η πρωτεΐνη-φορέας εναλλάσσεται μεταξύ δύο διαμορφώσεων. Κατά τη διάρκεια αυτής της εναλλαγής μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία διαμέσου της μεμβράνης.

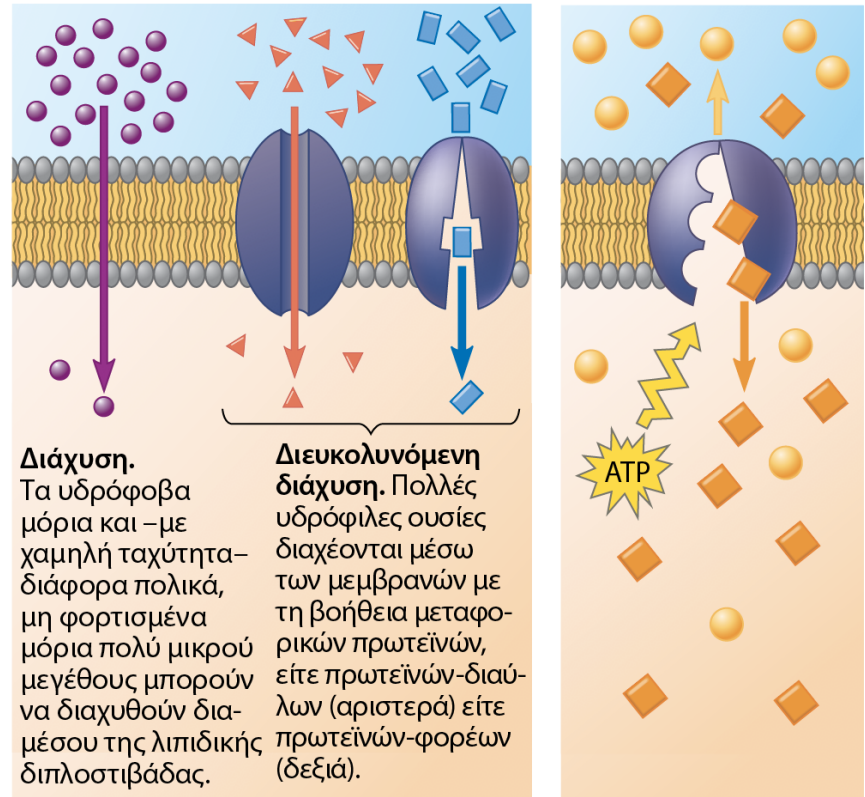


Παθητική κ Ενεργητική μεταφορά

▼ **Εικόνα 7.17** Συνοπτική περιγραφή της παθητικής και της ενεργητικής μεταφοράς.

Παθητική μεταφορά. Οι ουσίες διαχέονται αυθόρμητα ακολουθώντας τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής τους και διαπερνούν τη μεμβράνη χωρίς να απαιτείται από το κύτταρο κατανάλωση ενέργειας. Η παρουσία μεταφορικών πρωτεϊνών στη μεμβράνη μπορεί να αυξήσει σημαντικά τον ρυθμό διάχυσης.

Ενεργητική μεταφορά. Ορισμένες μεταφορικές πρωτεΐνες λειτουργούν ως αντλίες που, καταναλώνοντας ενέργεια, μεταφέρουν διάφορες ουσίες μέσω της μεμβράνης αντίθετα προς την ηλεκτροχημική διαβάθμιση ή τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής τους. Η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται συνήθως από την υδρόλυση της ATP.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Για κάθε διαλυμένη ουσία στο δεξί τμήμα της Εικόνας περιγράψτε την κατεύθυνση της κίνησής της και υποδείξτε αν κινείται ακολουθώντας τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της ή αντίθετα προς αυτήν.

Ενεργητική μεταφορά: η μεταφορά διαλυμένων ουσιών αντίθετα με τη διαβάθμιση απαιτεί ενέργεια

Η διαμεμβρανική μεταφορά αντίθετα από τη διαβάθμιση της [C] απαιτεί έργο → ενεργητική μεταφορά

Οι πρωτεΐνες στην ενεργητική μεταφορά είναι όλες φορείς και όχι δίαυλοι!!!

Η ενεργητική μεταφορά δίνει στα κύτταρα τη δυνατότητα να διατηρούν διαφορετικές συγκεντρώσεις στο ενδοκυττάριο περ/λον συγκριτικά με το εξωκυττάριο

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας έρχεται από την υδρόλυση του ATP

Οι αντλίες ιόντων και ο ρόλος τους στη διατήρηση του δυναμικού της μεμβράνης

Όλα τα κύτταρα παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο πλευρές της μεμβράνης

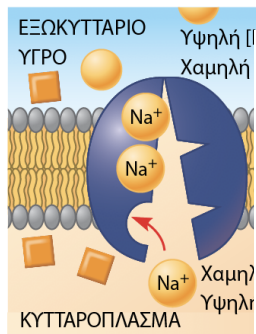
Κυτ/σμα αρνητικά φορτισμένο συγκριτικά με εξωκυττάριο υγρο

Δυναμικό μεμβράνης ή μεμβρανικό δυναμικό: -50/ -200 mV (λειτουργεί σαν μπαταρία)

Η αρνητική τιμή σημαίνει ότι ευνοείται η παθητική μεταφορά κατιόντων (+) μέσα στο κυτταρο.

Η διάχυση λοιπόν δεν καθορίζεται μόνο από την [C] αλλά **συνολικά από την ηλεκτροχημική διαβάθμιση.**

▼ **Εικόνα 7.16 Η αντλία Na^+/K^+ :** Μια ειδική περίπτωση ενεργητικής μεταφοράς. Η αντλία Na^+/K^+ είναι ένα σύστημα μεταφοράς, ικανό να μετακινεί ιόντα αντίθετα προς τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής τους. Η αντλία λαμβάνει εναλλάξ δύο διαμορφώσεις, και μέσω αυτών των μεταβολών μεταφέρει Na^+ από το εσωτερικό του κυττάρου προς τα έξω (στάδια 1–3), και K^+ από το εξωτερικό του κυττάρου στο εσωτερικό του (στάδια 4–6). Οι δύο διαμορφώσεις έχουν διαφορετική συγγένεια δέσμευσης για το Na^+ και το K^+ . Η ενέργεια που απαιτείται για τις μεταβολές της στερεοδιαμόρφωσης της αντλίας προέρχεται από την υδρόλυση της ATP, και συγκεκριμένα από τη μεταφορά μιας φωσφορικής ομάδας της ATP στην αντλία (δηλαδή από τη φωσφορυλίωση της μεταφορικής πρωτεΐνης).



1 Το κυτταροπλασμα δεσμεύεται στην αντλία Na^+/K^+ με υψηλή συγγένεια όταν η πρωτεΐνη έχει αυτή τη διαμόρφωση.

- Μεταφορά ιόντων με κατανάλωση ενέργειας
- Αντλία Na^+/K^+ : Μαζική εξαγωγή 3 Na^+ και ταυτόχρονη εισαγωγή 2 K^+ .
- Καθαρή μεταφορά θετικού φορτίου προς τον εξωκυττάριο χώρο.
- Ηλεκτρογόνος αντλία: μεταφορική πρωτεΐνη που παραγει διαφορά δυναμικού.

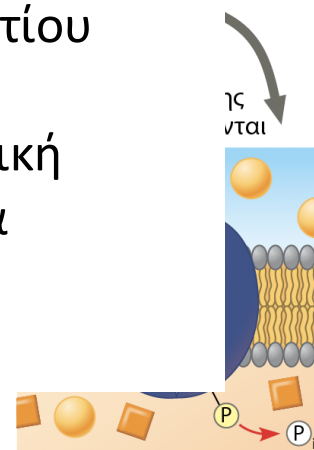
Η κύρια αντλία στα ζωικά κύτταρα



6 Απελευθερώνονται δύο K^+ , η συγγένεια για το Na^+ γίνεται εκ νέου υψηλή, και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.



5 Με την απώλεια της φωσφορικής ομάδας αποκαθίσταται το αρχικό σχήμα της αντλίας, που έχει χαμηλότερη συγγένεια για το K^+ .



4 Η νέα διαμόρφωση της αντλίας έχει υψηλή συγγένεια για το K^+ . Από την εξωκυττάρια πλευρά δεσμεύονται στην αντλία 2 K^+ , γεγονός που επάγει την απομάκρυνση της φωσφορικής ομάδας.

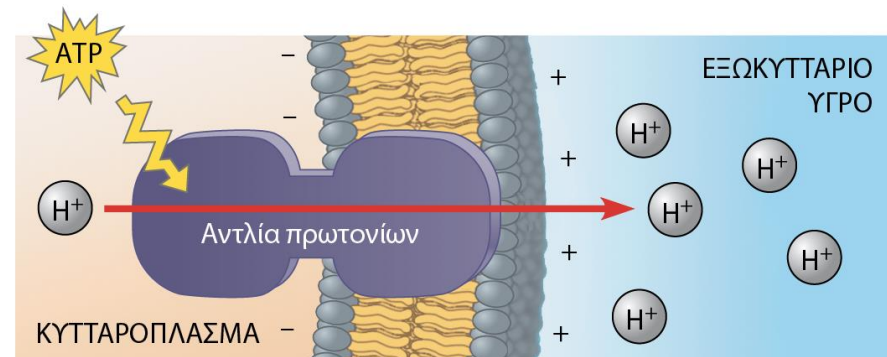
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Περιγράψτε τη συγκέντρωση κάθε ιόντος (Na^+ και K^+) εντός και εκτός κυττάρου. Πόσα ιόντα Na^+ μεταφέρονται έξω από το κύτταρο και πόσα ιόντα K^+ μεταφέρονται στο εσωτερικό του σε κάθε κύκλο λειτουργίας της αντλίας Na^+/K^+ ;

Αντλίες πρωτονίων

- Στα φυτά, τους μύκητες και τα βακτήρια οι κύριες αντλίες είναι οι αντλίες πρωτονίων
- Μεταφορά (με κατανάλωση ενέργειας ιόντων H^+ έξω από το κύτταρο)
- Με τη δημιουργία διαφοράς δυναμικού οι ηλεκτρογόνες αντλίες αποθηκεύουν ενέργεια και βοηθούν στη σύνθεση ATP

AMPBELL, **ΒΙΟΛΟΓΙΑ** (12^η έκδ.), ΠΕΚ 2023, www.cup.gr

▼ **Εικόνα 7.18** Μια αντλία πρωτονίων. Η αντλία πρωτονίων είναι μια ηλεκτρογόνος αντλία που αποθηκεύει ενέργεια δημιουργώντας διαφορά δυναμικού (διαχωρισμό φορτίου) ανάμεσα στις δύο πλευρές της μεμβράνης· μεταθέτει δε θετικά φορτία, και πιο συγκεκριμένα ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια, H^+). Οι δύο αυτές πηγές ενέργειας, δηλαδή η διαφορά δυναμικού και η διαβάθμιση της συγκέντρωσης των H^+ , μπορούν να τροφοδοτήσουν ενεργειακά άλλες διεργασίες, π.χ. την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών. Για τη λειτουργία τους, οι περισσότερες αντλίες πρωτονίων τροφοδοτούνται ενεργειακά από την υδρόλυση της ATP. (Βλ. Εικόνα 6.32α.)

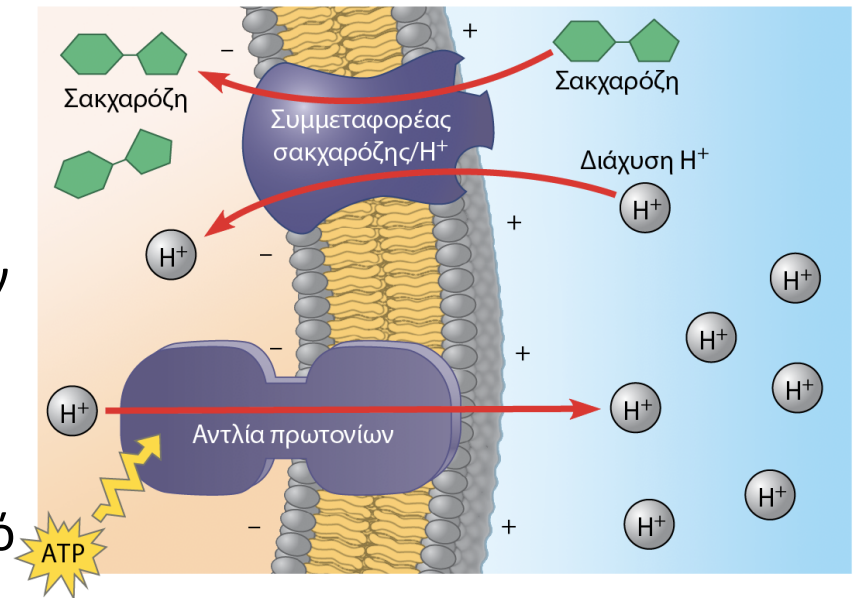


Συμμεταφορά

Όταν μία ουσία διαχέεται κατά τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της παράγει έργο.

Αυτό το έργο μπορεί να συζευχθεί με την μεταφορά άλλης ουσίας αντίθετα από την διαβάθμιση → συμμεταφορά

Συμμεταφορά σακχαρόζης (αντίθετα από την διαβάθμιση) με ενέργεια από την διάχυση H^+ η οποία συντηρείται από την διαβάθμιση που έχουν προκαλέσει οι αντλιες H^+ .



▲ Εικόνα 7.19 Συμμεταφορά: Ενεργητική μεταφορά τροφοδοτούμενη ενεργειακά από μια διαβάθμιση συγκέντρωσης. Μια πρωτεΐνη-φορέας, όπως αυτός ο συμμεταφορέας σακχαρόζης/ H^+ σε ένα φυτικό κύτταρο, έχει την ικανότητα να αξιοποιεί τη διάχυση του H^+ προς το εσωτερικό του κυττάρου (καθώς αυτό ακολουθεί τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής του) προκειμένου να καθοδηγεί την πρόσληψη της σακχαρόζης. (Εδώ το κυτταρικό τοίχωμα δεν παρουσιάζεται.) Στο κάτω μέρος της εικόνας παρουσιάζεται επίσης μια ATP-τροφοδοτούμενη αντλία πρωτονίων, η οποία, αν και τεχνικά δεν αποτελεί συστατικό μέρος του μηχανισμού συμμεταφοράς, συγκεντρώνει πρωτόνια εκτός κυττάρου. Η προκύπτουσα διαβάθμιση συγκέντρωσης των H^+ αντιπροσωπεύει ένα δυναμικό ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργητική μεταφορά ουσιών – εν προκειμένω, της σακχαρόζης. Επομένως, η υδρόλυση της ATP παρέχει εμμέσως την απαραίτητη ενέργεια για τη συμμεταφορά.

Μαζική μεταφορά

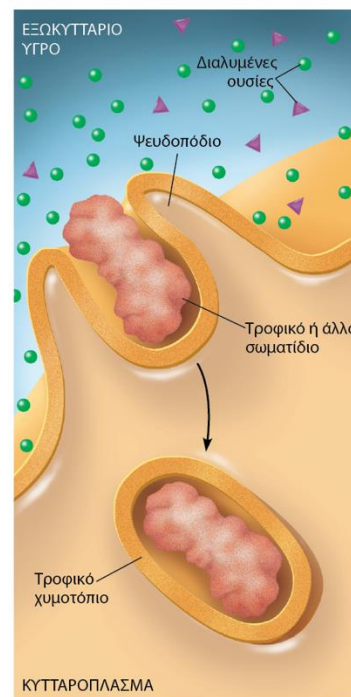
Ενδοκυττάρωση

1. Φαγοκυττάρωση: ολοκληρωσασαμίδια
2. Πινοκυττάρωση: κατάποση εξωκυττάρου υγρού
3. Μέσω υποδοχέα: εξειδικευμένη πινοκυττάρωση

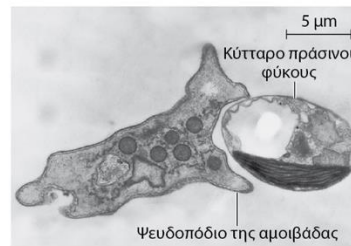
Εξωκυττάρωση

- Έκκριση βιολογικών μορίων μέσω κυστιδίων
- Έκκριση ινσουλίνης
- Απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών

Φαγοκυττάρωση



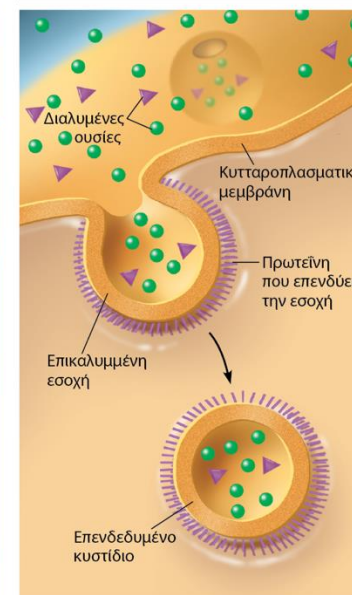
Στη φαγοκυττάρωση, το κύτταρο εγκολπώνει ένα σωματίδιο σχηματίζοντας γύρω του δύο μικρά ψευδοπόδια που στη συνέχεια συγκλίνουν και δημιουργούν ένα μεμβρανικό κυστίδιο, το λεγόμενο τροφικό χυμοτόπιο. Κατόπιν, το χυμοτόπιο συντήκεται με ένα λυσόσωμα το οποίο περιέχει υδrolυτικά ένζυμα, γεγονός που οδηγεί στην πέψη του σωματιδίου (βλ. Εικόνα 6.13α).



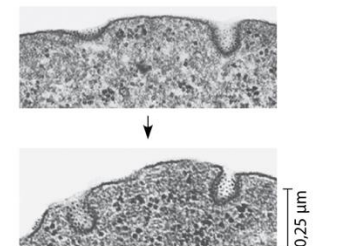
Αμοιβάδα που εγκολπώνει με φαγοκυττάρωση ένα κύτταρο πράσινου φύκους (ΗΜΔ).

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Χρησιμοποιήστε τις ράβδους κλίμακας στις αντίστοιχες φωτογραφίες για να υπολογίσετε τη διάμετρο (α) του τροφικού χυμοτοπίου που θα σχηματιστεί γύρω από το κύτταρο φύκους (αριστερή μικροφωτογραφία- υπολογίστε το μήκος, όχι το πλάτος) και (β) του επενδεδυμένου κυστιδίου (κάτω δεξιά φωτογραφία). (γ) Ποιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο και κατά πόσες φορές;

Πινοκυττάρωση

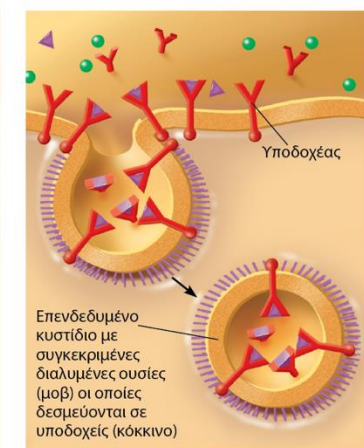


Στην πινοκυττάρωση, το κύτταρο διαρκώς «καταπίνει» σταγονίδια εξωκυττάρου υγρού με τη βοήθεια κυστιδίων, τα οποία σχηματίζονται από εγκολπώσεις της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Με τον τρόπο αυτό, το κύτταρο προσλαμβάνει μόρια που είναι διαλυμένα μέσα στα σταγονίδια. Το εγκολπούμενο σταγονίδιο περιέχει όλα τα είδη διαλυμένων ουσιών, επομένως η πινοκυττάρωση δεν χαρακτηρίζεται από εξειδίκευση ως προς τις μεταφερόμενες ουσίες. Σε πολλές περιπτώσεις, τα τμήματα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης που δημιουργούν τα κυστίδια επενδύονται στην κυτταροπλασματική τους πλευρά από ένα διάχυτο στρώμα ειδικών πρωτεϊνών. Εξαιτίας των επικαλύψεων αυτών, οι εσοχές που δημιουργούνται, όπως και τα κυστίδια που τελικά προκύπτουν από αυτές, ονομάζονται επενδεδυμένες εσοχές.

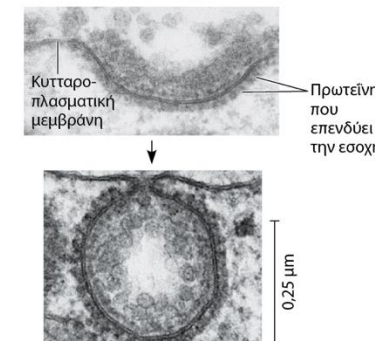


Πινοκυτταρικά κυστίδια ενόσω σχηματίζονται (ΗΜΔ).

Ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα



Η ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα είναι ένας εξειδικευμένος τύπος πινοκυττάρωσης που επιτρέπει στο κύτταρο να προσλαμβάνει μεγάλες ποσότητες συγκεκριμένων ουσιών, ακόμα και όταν η συγκέντρωσή τους στο εξωκυττάρου υγρού είναι σχετικά χαμηλή. Οι πρωτεΐνες-υποδοχείς είναι ενσωματωμένες στη μεμβράνη έτσι ώστε η εξειδικευμένη θέση υποδοχής να στρέφεται προς την πλευρά του εξωκυττάρου υγρού. Πάνω σε αυτούς τους υποδοχείς προσδένονται συγκεκριμένες διαλυμένες ουσίες. Οι υποδοχείς σχηματίζουν ομάδες και συγκεντρώνονται σε επικαλυμμένες εσοχές, καθεμία από τις οποίες σχηματίζει τελικά ένα κυστίδιο που περιέχει τα συγκεκριμένα μόρια. Εδώ το κυστίδιο φαίνεται να περιέχει μόνο δεσμευμένα μόρια (μολβ τρίγωνα)- στην πραγματικότητα, όμως, μπορεί να περιέχει και άλλα μόρια του εξωκυττάρου περιβάλλοντος. Μετά την ενδοκυττάρια απελευθέρωση των προσληφθέντων από το κυστίδιο υλικών, οι υποδοχείς ανακυκλώνονται, δηλαδή επανατοποθετούνται στην κυτταροπλασματική μεμβράνη μέσω του ίδιου κυστιδίου (η διεργασία αυτή δεν παρουσιάζεται εδώ).



Πάνω: Επενδεδυμένο κυστίδιο. Κάτω: Σχηματισμός επενδεδυμένου κυστιδίου κατά τη διάρκεια ενδοκυττάρωσης μέσω υποδοχέα (ΗΜΔ).

Σε τι διαφέρουν μεταξύ τους οι μεμβράνες ενός ευκαρυωτικού κυττάρου;

1. Φωσφολιπίδια υπάρχουν μόνο σε ορισμένες μεμβράνες
2. Κάθε μεμβράνη περιέχει ορισμένες πρωτεΐνες που δεν υπάρχουν σε άλλες
3. Εκλεκτικά διαπερατές είναι μόνο ορισμένες μεμβράνες του κυττάρου
4. Μόνο ορισμένες μεμβράνες αποτελούνται από αμφιπαθή μόρια

Ποιος από τους παρακάτω παράγοντες θα είχε την τάση να αυξήσει τη ρευστότητα της μεμβράνης;

1. ένα υψηλότερο ποσοστό ακόρεστων φωσφολιπιδίων
2. ένα υψηλότερο ποσοστό κορεσμένων φωσφολιπιδίων
3. Χαμηλότερη θερμοκρασία
4. Ένα σχετικά υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών

Ποια από τις παρακάτω διαδικασίες περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες

1. Ώσμωση
2. Διάχυση διαλυμένης ουσίας μέσω της μεμβράνης
3. Παθητική μεταφορά
4. Μεταφορά ιόντος σύμφωνα με την ηλεκτροχημική του διαβάθμιση

Με βάση την εικόνα 7.19 ποιες από τις ακόλουθες πειραματικές επεξεργασίες θα αυξήσουν την ταχύτητα πρόσληψης της σακχαρόζης από το κύτταρο;

1. Η μείωση της εξωκυττάριας C της σακχαρόζης
2. Η μείωση του εξωκυττάριας pH
3. Η μείωση του κυτ/κου pH
4. Η προσθήκη μιας ένωσης που αυξάνει τη διαπερατότητα της μεμβράνης στα ιόντα H