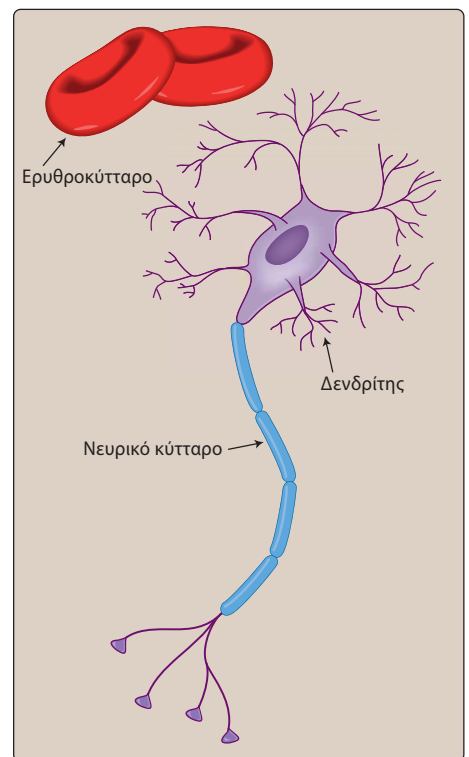


# Φυσιολογία του κυττάρου και της μεμβράνης 1

## Ι. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από πολλά διαφορετικά όργανα, το καθένα από τα οποία έχει έναν μοναδικό ρόλο στην υποστήριξη της ζωής και της ευημερίας του ανθρώπου. Τα όργανα, με τη σειρά τους, αποτελούνται από ιστούς. Οι ιστοί είναι αθροίσματα κυττάρων εξειδικευμένων για την εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών που απαιτούνται από το όργανο. Παρ' ότι τα κύτταρα από δύο όργανα μπορούν να φαίνονται εντυπωσιακά διαφορετικά σε μικροσκοπικό επίπεδο (για παράδειγμα, συγκρίνετε το σχήμα ενός ερυθροκυττάρου με τη διακλαδιζόμενη δομή των δενδριτών ενός νευρικού κυττάρου στην Εικόνα 1.1), η μορφολογία μπορεί να αποβεί παραπλανητική, καθώς συγκαλύπτει ένα σύνολο από κοινές αρχές διάταξης και λειτουργίας που ισχύουν σε όλα τα κύτταρα. Όλα τα κύτταρα περιβάλλονται από μια μεμβράνη, η οποία χωρίζει το εσωτερικό του κυττάρου από το εξωτερικό του. Αυτός ο φραγμός επιτρέπει στα κύτταρα να δημιουργήσουν ένα εσωτερικό περιβάλλον ιδιαίτερως κατάλληλο για την υποστήριξη των απαιτούμενων για την ομαλή λειτουργία βιοχημικών αντιδράσεων. Αυτή η εσωτερική σύσταση παρουσιάζει λίγες διαφορές από κύτταρο σε κύτταρο. Τα περισσότερα κύτταρα περιέχουν, επίσης, το ίδιο σύνολο μεμβρανικών οργανιδίων: **πυρήνες, ενδοπλασματικό δίκτυο (ΕΔ), λυσοσώματα, συσκευές Golgi και μιτοχόνδρια**. Μια εξειδικευμένη λειτουργία κυττάρου ή οργάνου προκύπτει συνήθως με την προσθήκη ενός καινούργιου οργανιδίου ή μιας καινούργιας δομής ή με αλλαγή στο μείγμα των μεμβρανικών πρωτεϊνών, οι οποίες παρέχουν οδούς (pathways) μετακίνησης ιόντων και άλλων διαλυμένων ουσιών διά μέσου της μεμβράνης. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει ορισμένες κοινές αρχές της μοριακής και κυτταρικής λειτουργίας, οι οποίες θα χρησιμεύσουν ως βάσεις για τις περαιτέρω συζητήσεις όσον αφορά στη συμβολή διαφόρων οργάνων στη φυσιολογική λειτουργία του σώματος.



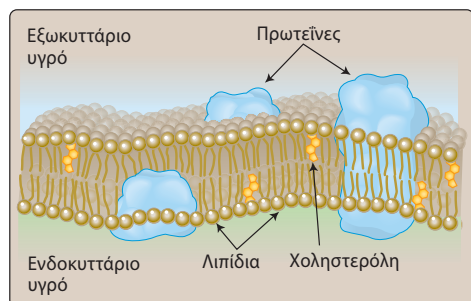
Εικόνα 1.1

Διαφορές στη μορφολογία του κυττάρου.

**Πίνακας 1.1: Σύσταση του εξωκυττάρου και του ενδοκυττάρου υγρού**

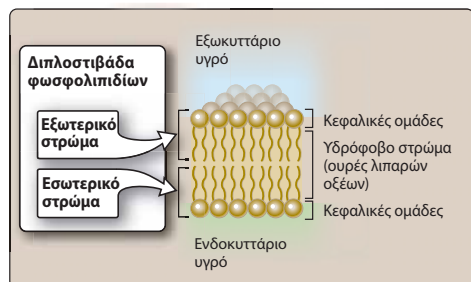
Διαλυμένη ουσία	ΕΞΥ	ΕνΥ
Na <sup>+</sup>	145	12
K <sup>+</sup>	4	120
Ca <sup>2+</sup>	2,5	0,0001
Mg <sup>2+</sup>	1	0,5
Cl <sup>-</sup>	110	15
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24	12
Φωσφορικά	0,8	0,7
Γλυκόζη	5	<1
Πρωτεΐνες (g/dL)	1	30
pH	7,4	7,2

Οι τιμές είναι κατά προσέγγιση και αντιπροσωπεύουν τις ελεύθερες συγκεντρώσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες μεταβολισμού. Όλες οι τιμές (με εξαίρεση αυτές της συγκέντρωσης πρωτεϊνών και του pH) δίδονται σε mmol/L. ΕΞΥ, εξωκυττάριο υγρό· ΕνΥ, ενδοκυττάριο υγρό.



**Εικόνα 1.2**

Η δομή της μεμβράνης.



**Εικόνα 1.3**

Λιπιδική διπλοστιβάδα της μεμβράνης.

## II. ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα κύτταρα περιβρέχονται από **εξωκυττάριο υγρό (ΕΞΥ)**, το οποίο περιέχει ιοντισμένο νάτριο (Na<sup>+</sup>), κάλιο (K<sup>+</sup>), μαγνήσιο (Mg<sup>2+</sup>), χλώριο (Cl<sup>-</sup>), φωσφορικά (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) και διττανθρακικά (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ιόντα, γλυκόζη, καθώς και μικρές ποσότητες πρωτεϊνών (Πίνακας 1.1). Επίσης, περιλαμβάνει περίπου 2 mmol ελεύθερο ασβέστιο (Ca<sup>2+</sup>). Το Ca<sup>2+</sup> είναι ουσιαστικό για τη ζωή, αλλά πολλές βιοχημικές αντιδράσεις που απαιτούνται για τα κύτταρα μπορούν να λάβουν χώρα μόνον εάν οι συγκεντρώσεις του ελεύθερου ασβεστίου μειωθούν περίπου 10.000 φορές, δηλαδή γύρω στο 10<sup>-7</sup> mol. Έτσι, τα κύτταρα εγείρουν έναν φραγμό αδιαπέρατο για τα ιόντα (**την κυτταρική μεμβράνη**), για να διαχωρίσουν το **ενδοκυττάριο υγρό (ΕνΥ)** ή **κυτοσόλη** από το ΕΞΥ, και στη συνέχεια τροποποιούν επιλεκτικά τη σύσταση του ΕνΥ, για να διευκολυνθούν οι βιοχημικές αντιδράσεις που διατηρούν τη ζωή. Το ΕνΥ χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> και Cl<sup>-</sup> σε σύγκριση με το ΕΞΥ, ενώ η συγκέντρωση K<sup>+</sup> είναι αυξημένη. Τα κύτταρα, επίσης, περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα ελεύθερων πρωτεϊνών σε σχέση με το ΕΞΥ και το pH του ΕνΥ είναι ελαφρώς πιο όξινο.

## III. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ

Οι μεμβράνες περιέχουν λιπίδια και πρωτεΐνες (Εικόνα 1.2). Τα λιπίδια αποτελούν το κύριο στοιχείο όλων των μεμβρανών. Είναι κατ' εξοχήν κατάλληλα ως φραγμός, καθώς είναι **υδρόφοβα**: απωθούν το νερό και οτιδήποτε είναι διαλυμένο σε αυτό (τα **υδρόφιλα** μόρια). Οι πρωτεΐνες επιτρέπουν στα κύτταρα να αλληλεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους, και παρέχουν οδούς που επιτρέπουν στο νερό και στα υδρόφιλα μόρια να διασχίσουν τη λιπιδική στιβάδα.

### A. Λιπίδια

Οι μεμβράνες περιλαμβάνουν τρεις βασικούς τύπους λιπιδίων: **φωσφολιπίδια**, **χοληστερόλη** και **γλυκολιπίδια**. Όλα είναι **αμφιπαθή** (amphipathic), που σημαίνει ότι διαθέτουν μία πολική (υδρόφιλη) περιοχή και μία μη πολική (υδρόφοβη) περιοχή. Η πολική περιοχή αναφέρεται ως **κεφαλική ομάδα** (Εικόνα 1.3). Η υδρόφοβη συνήθως απαρτίζεται από τις «ουρές» λιπαρών οξέων διαφόρου μήκους. Ορισμένες από αυτές τις αλυσίδες των λιπαρών οξέων δεν περιέχουν διπλούς ομοιοπολικούς δεσμούς και θεωρούνται «κορεσμένες». Η εισαγωγή ενός διπλού ομοιοπολικού δεσμού σε αυτήν την αλυσίδα (ή ουρά) την εξαναγκάζει να αναδιπλωθεί, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός «ακόρεστου» λιπαρού οξέος (Εικόνα 1.4). Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα αυξάνουν την «ευπλαστότητα» της κυτταρικής μεμβράνης. Όταν η μεμβράνη είναι άρτια, τα λιπίδια με φυσικό τρόπο διατάσσονται σε μια συνεχή διπλοστιβάδα (Εικόνα 1.3). Οι πολικές κεφαλικές ομάδες συγκεντρώνονται στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια, όπου οι δύο στιβάδες εφάπτονται στο ΕνΥ και στο ΕΞΥ, αντιστοίχως. Οι ομάδες των υδρόφοβων ουρών βρίσκονται ανάμεσα στις κεφαλικές ομάδες, απαρτίζοντας τη λιπιδική μεμβρανική στιβάδα. Παρ' όλο που τα δύο μισά της διπλοστιβάδας παρατίθενται στενά, δεν συμβαίνει σημαντική ανταλλαγή λιπιδίων μεταξύ των δύο φύλλων της μεμβράνης.

**1. Φωσφολιπίδια:** Τα φωσφολιπίδια είναι ο πιο κοινός τύπος μεμβρανικών λιπιδίων. Περιέχουν μία ουρά λιπαρού οξέος συνδεδεμένη μέσω γλυκερόλης με την κεφαλική ομάδα, η οποία αποτελείται από ένα φωσφορικό και μία επισυναπτόμενη αλκοόλη.

**2. Χοληστερόλη:** Η χοληστερόλη είναι το δεύτερο πιο κοινό μεμβρανικό λιπίδιο. Είναι υδρόφοβο, αλλά περιέχει μία πολική υδροξυλική ομάδα, η οποία το έλκει προς την εξωτερική επιφάνεια της διπλοστιβάδας, όπου και αναπαύεται ανάμεσα σε γειτονικά φωσφολιπίδια (Εικόνα 1.4). Μεταξύ της υδροξυλικής ομάδας και της υδατανθρακικής ουράς βρίσκεται ο στεροειδικός πυρήνας. Οι τέσσερις στεροειδικοί ανθρακικοί δακτύλιοι καθιστούν την ένωση σχετικά άκαμπτη, έτσι ώστε η προσθήκη της χοληστερόλης στη μεμβράνη να μειώνει τη ρευστότητά της, καθιστώντας την πιο ισχυρή και άκαμπτη. Η χοληστερόλη συγκεντρώνεται στις -και βοηθά να σταθεροποιηθούν οι- λιπιδιακές μικροδομές (π.χ., των εισολκών της μεμβράνης- βλ. 13-II-Γ). Αυτές οι λιπιδιακές μικροδομές λειτουργούν ως οργανωτικά κέντρα για υποδοχείς και για σηματοδοτικά μόρια.

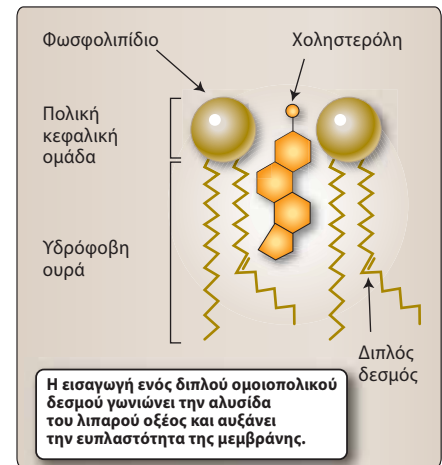
**3. Γλυκολιπίδια:** Το εξωτερικό φύλλο της διπλοστιβάδας περιέχει τα γλυκολιπίδια, έναν ολιγάριθμο αλλά φυσιολογικά σημαντικό τύπο λιπιδίων, ο οποίος περιέχει μία ουρά λιπαρού οξέος συνδεδεμένη μέσω της σφιγγοσίνης με μία υδατανθρακική κεφαλική ομάδα. Τα γλυκολιπίδια σχηματίζουν ένα υδατανθρακικό κυτταρικό επικάλυμμα, το οποίο εμπλέκεται σε διακυτταρικές αλληλεπιδράσεις και σε μετάδοση αντιγονικότητας.

## B. Πρωτεΐνες

Η λιπιδιακή μεμβρανική στιβάδα εσωκλείει το κύτταρο μέσα σε ένα περίβλημα, μέσα από το οποίο μπορούν να διέρχονται μόνο λιποδιαλυτές ουσίες, όπως  $O_2$ ,  $CO_2$  και αλκοόλη. Εν τούτοις, τα κύτταρα υπάρχουν μέσα σε έναν υδάτινο κόσμο και τα περισσότερα μόρια που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους είναι υδρόφιλα και δεν μπορούν να περάσουν τη λιπιδιακή στιβάδα. Έτσι, η επιφανειακή (**κυτταρική**) μεμβράνη περιέχει, επίσης, πρωτεΐνες, των οποίων η λειτουργία είναι να βοηθούν τα ιόντα και άλλα φορτισμένα μόρια να διασχίσουν τον λιπιδιακό φραγμό. Επίσης, οι μεμβρανικές πρωτεΐνες διαμεσολαβούν στη διακυτταρική επικοινωνία και παρέχουν στα κύτταρα αισθητηριακές πληροφορίες για το εξωτερικό περιβάλλον. Οι πρωτεΐνες ομαδοποιούνται σύμφωνα με το αν εντοπίζονται στην επιφάνεια της μεμβράνης (**περιφερικές**) ή **ενσωματωμένες** στη λιπιδιακή διπλοστιβάδα (Εικόνα 1.5).

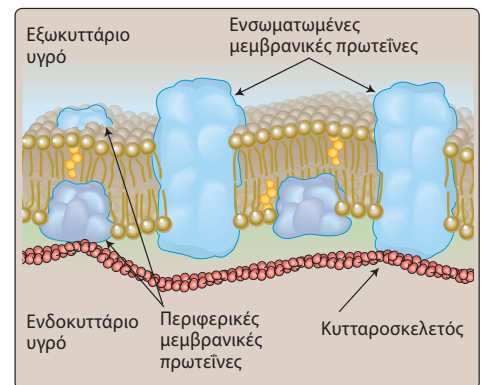
**1. Περιφερικές πρωτεΐνες:** Οι περιφερικές πρωτεΐνες βρίσκονται επάνω στην επιφάνεια της μεμβράνης, χαλαρά προσδεσμένες σε πολικές κεφαλικές ομάδες ή γλυκολιπίδια. Η πρόσδεσή τους είναι σχετικά χαλαρή και, έτσι, αυτές οι πρωτεΐνες μπορούν εύκολα να εκπλυθούν με τη χρήση απλών αλατούχων διαλυμάτων. Οι περιφερικές πρωτεΐνες γενικώς απαντώνται συνδεδεμένες τόσο με την εξωτερική όσο και με την εσωτερική επιφάνεια της μεμβράνης.

**α. Ενδοκυττάρειες:** Οι πρωτεΐνες που εντοπίζονται στην εσωτερική επιφάνεια περιλαμβάνουν πολλά ένζυμα, ρυθμιστικές υπομονάδες ιοντικών διαύλων, υποδοχείς και μεταφορείς, καθώς και τις πρωτεΐνες που εμπλέκονται στη μεταφορά κυστιδίων και στη σύντηξη μεμβρανών, καθώς και αυτές που ενώνουν τη μεμβράνη με ένα πυκνό δίκτυο σωληνίσκων, το οποίο βρίσκεται αμέσως κάτω από την εσωτερική της επιφάνεια. Αυτό το δίκτυο αποτελείται από σπεκτρίνη (spectrin), ακτίνη, αγκυρίνη (ankyrin) και ορισμένα άλλα μόρια, τα οποία προσδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν τον **υποφλοιώδη** (subcortical) **κυτταροσκελετό** (βλ. Εικόνα 1.5).



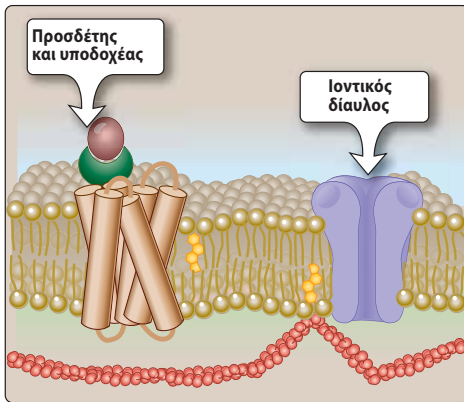
**Εικόνα 1.4**

Η θέση της χοληστερόλης στη μεμβράνη.



**Εικόνα 1.5**

Πρωτεΐνες της μεμβράνης.



**Εικόνα 1.6**

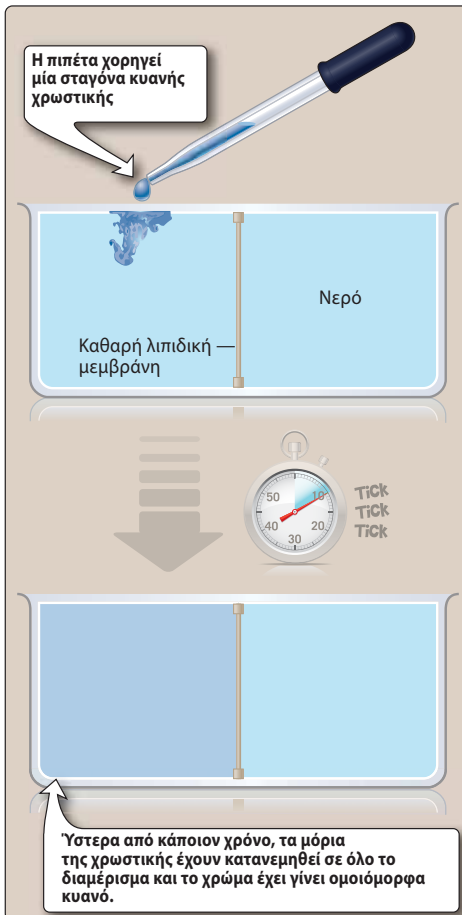
Πρωτεΐνες που διασχίζουν τη μεμβράνη.

**β. Εξωκυττάρειες:** Οι εντοπιζόμενες στην εξωτερική επιφάνεια πρωτεΐνες συμπεριλαμβάνουν ένζυμα, αντιγόνα και μόρια προσκόλλησης. Πολλές περιφερικές πρωτεΐνες συνδέονται με τη μεμβράνη με τη **γλυκοφωσφατιδυλινοσιτόλη (GPI)**, ένα γλυκοζυλιωμένο φωσφολιπίδιο) και είναι γνωστές από κοινού ως **GPI-αγκυροβολημένες πρωτεΐνες**.

**2. Ενσωματωμένες πρωτεΐνες:** Οι ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες διαπερνούν το λιπιδικό τείχος. Προσδένονται με ομοιοπολικούς δεσμούς στις περιβάλλουσες δομές και μπορούν να απομακρυνθούν μόνο με πειραματική επεξεργασία της μεμβράνης με απορρυπαντικά. Ορισμένες ενσωματωμένες πρωτεΐνες παραμένουν σε μία από τις δύο λιπιδικές στιβάδες χωρίς να διαπερνούν όλο της το πάχος. Άλλες πάλι πλέκονται διά μέσου της μεμβράνης πολλές φορές (**διαμεμβρανικές πρωτεΐνες**), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.6. Ως παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν διάφορες κατηγορίες **ιοντικών διαύλων**, **μεταφορέων** και **υποδοχέων**.

### Κλινική εφαρμογή 1.1: Παροξυσμική νυχτερινή αιμοσφαιρινουρία

Η παροξυσμική νυχτερινή αιμοσφαιρινουρία (ΠΝΑ) είναι μια σπάνια νόσος προκαλούμενη από ένα ελάττωμα στο γονίδιο PIGA που κωδικοποιεί τη φωσφατιδυλινοσιτολ-γλυκάνη A PIGA που εδράζεται στο Χ χρωμόσωμα. Η PIGA είναι απαραίτητη για τη σύνθεση της «άγκυρας» γλυκοσυλ-φωσφατοδουλ-ινοσιτόλης, που χρησιμοποιείται για την πρόσδεση περιφερικών πρωτεϊνών στο εξωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης. Το ελαττωματικό γονίδιο δεν επιτρέπει στα αιμοποιητικά βλαστοκύτταρα να εκφράσουν πρωτεΐνες, που υπό φυσιολογικές συνθήκες προστατεύουν τους απογόνους τους (ερυθρά αιμοσφαίρια και αιμοπετάλια) από το ανοσοποιητικό σύστημα. Η κατά τη διάρκεια της νύχτας εμφάνιση της αιμοσφαιρίνης στα ούρα (αιμοσφαιρινουρία) αντανακλά τη λύση των ερυθροκυττάρων από το ανοσοποιητικό σύστημα του συμπληρώματος. Οι ασθενείς συνήθως εμφανίζουν συμπτώματα που σχετίζονται με την αιμολυτική αναιμία (κόπωση, δύσπνοια). Η ΠΝΑ συνδέεται με σημαντικό κίνδυνο νοσηρότητας, εξαιτίας της καταστολής του μυελού, η οποία αυξάνει την ευπάθεια σε λοιμώξεις και θρομβοεμβολικές διαταραχές (φλεβοθρόμβωση).



**Εικόνα 1.7**

Απλή διάχυση στο νερό.

## IV. ΔΙΑΧΥΣΗ

Η κίνηση διά μέσου της μεμβράνης απαιτεί μια κινητήριος δύναμη. Οι περισσότερες ουσίες διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη με **διάχυση**, έτσι ώστε η κίνησή τους να καθορίζεται από τη διαμεμβρανική κλίση συγκέντρωσης. Όταν, όμως, η διαμεμβρανική διαφορά συγκέντρωσης δεν ευνοεί τη μετακίνηση, το κύτταρο αναγκάζεται να δαπανά ενέργεια, προκειμένου να εξασφαλίσει την «ανηφορίζουσα» κίνηση ενάντια στην κλίση συγκέντρωσης (**ενεργός μεταφορά**).

### A. Απλή διάχυση

Ας φανταστούμε ένα δοχείο γεμάτο με νερό και χωρισμένο σε δύο διαμερίσματα με μία λιπιδική μεμβράνη (Εικόνα 1.7). Μία κυανή χρωσι-



κή προστίθεται στάγδην στην αριστερή πλευρά του δοχείου. Αρχικά, η χρωστική περιορίζεται σε μια μικρή περιοχή, όπου προστέθηκε, αλλά τα μόρια αερίων, νερού ή οποιασδήποτε άλλης ουσίας διαλυμένης στο νερό παραμένουν σε διαρκή θερμική κίνηση. Αυτή η κίνηση κάνει τα μόρια της χρωστικής να κατανέμονται με τυχαίο τρόπο σε όλο το δοχείο, μέχρις ότου το νερό κάποια στιγμή να έχει ένα ομοιογενές χρώμα, πιο ανοιχτό από το αρχικό χρώμα της σταγόνας της χρωστικής. Το παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.7, υπό την προϋπόθεση ότι η χρωστική δεν μπορεί να περάσει τη μεμβράνη. Ως αποτέλεσμα, η δεξιά πλευρά του δοχείου παραμένει καθαρή, παρ' όλο που η διαφορά των συγκεντρώσεων εκατέρωθεν αυτού του φραγμού είναι πολύ υψηλή. Εν τούτοις, αν η χρωστική είναι λιποδιαλυτή ή διαθέτει έναν τρόπο να περάσει τον φραγμό (μια πρωτεΐνη), η διάχυση θα οδηγήσει τα μόρια στο δεύτερο διαμέρισμα, έτσι ώστε ολόκληρο το δοχείο να γίνει μπλε χρώματος (Εικόνα 1.8).

## B. Νόμος του Fick

Ο ρυθμός με τον οποίο τα μόρια της χρωστικής διαπερνούν τη μεμβράνη μπορεί να καθοριστεί, χρησιμοποιώντας μια απλοποιημένη εκδοχή του **νόμου του Fick**:

$$J = P \times A (C_1 - C_2)$$

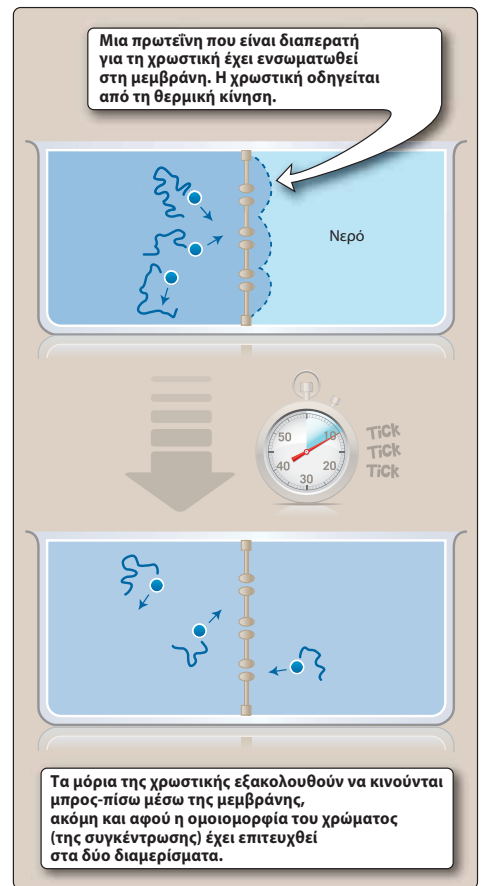
όπου  $J$  είναι ο ρυθμός διάχυσης (mmol/s),  $P$  είναι ο **συντελεστής διαπερατότητας**,  $A$  είναι το **εμβαδόν της επιφάνειας της μεμβράνης** (cm<sup>2</sup>) και  $C_1$  και  $C_2$  είναι οι συγκεντρώσεις της χρωστικής στα διαμερίσματα 1 και 2, αντιστοίχως.

**1. Συντελεστής διαπερατότητας:** Ο συντελεστής διαπερατότητας λαμβάνει υπ' όψιν τον συντελεστή διάχυσης του μορίου, τον συντελεστή κατανομής (partition) και το πάχος του φραγμού που πρέπει να διαπεράσει.

**α. Συντελεστής διάχυσης:** Ο ρυθμός διάχυσης αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας των κινούμενων μορίων, η οποία καθορίζεται με τη σειρά της από τον **συντελεστή διάχυσης**. Ο συντελεστής είναι ευθέως ανάλογος προς τη θερμοκρασία και αντιστρόφως ανάλογος προς τη μοριακή ακτίνα και το ιξώδες του μέσου στο οποίο διαχέεται. Πρακτικά μιλώντας, τα μικρά μόρια διαχέονται γρήγορα σε ζεστό νερό, ενώ τα μεγάλα μόρια διαχέονται πολύ αργά μέσα από κρύα και κολλώδη διαλύματα.

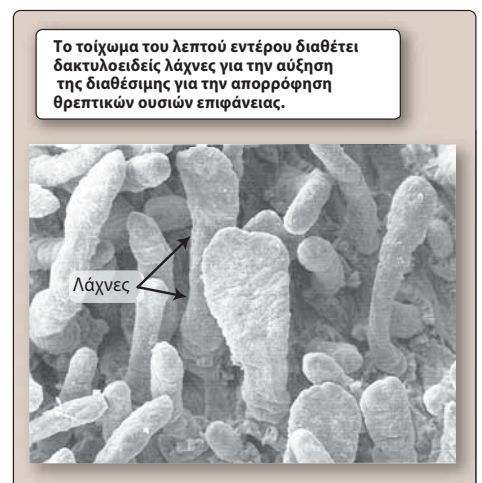
**β. Συντελεστής κατανομής:** Τα λιποδιαλυτά μόρια, όπως τα λιπίδια, οι αλκοόλες και ορισμένα αέρια (π.χ., O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, αναισθητικά), μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη διαλυόμενα στο λιπιδικό της στοιχείο και έχουν έναν υψηλό συντελεστή διαχωρισμού. Αντιθέτως, τα ιόντα, όπως Na<sup>+</sup> και Ca<sup>2+</sup>, απωθούνται από τα λιπίδια και έχουν, αντιστοίχως, πολύ χαμηλούς συντελεστές κατανομής. Ο συντελεστής κατανομής ενός μορίου καθορίζεται μέσω της μέτρησης της διαλυτότητάς του στο λάδι σε σχέση με τη διαλυτότητά του στο νερό.

**γ. Πάχος του φραγμού:** Ο καθαρός ρυθμός διάχυσης μειώνεται όταν τα μόρια πρόκειται να περάσουν παχιές μεμβράνες σε σύγκριση με τις λεπτές. Οι πρακτικές συνέπειες είναι εμφανείς στους πνεύμονες (βλ. 22-II-Γ) και στον εμβρυϊκό πλακούντα (37-III-B), όργανα που έχουν σχεδιαστεί για να μεγιστοποιήσουν τον ρυθμό διάχυσης, ελαχιστοποιώντας την απόσταση διάχυσης μεταξύ δύο διαμερισμάτων.



**Εικόνα 1.8**

Διάχυση μέσα από μια λιπιδική διπλοστιβάδα.



**Εικόνα 1.9**

Εντερικές λάχνες.