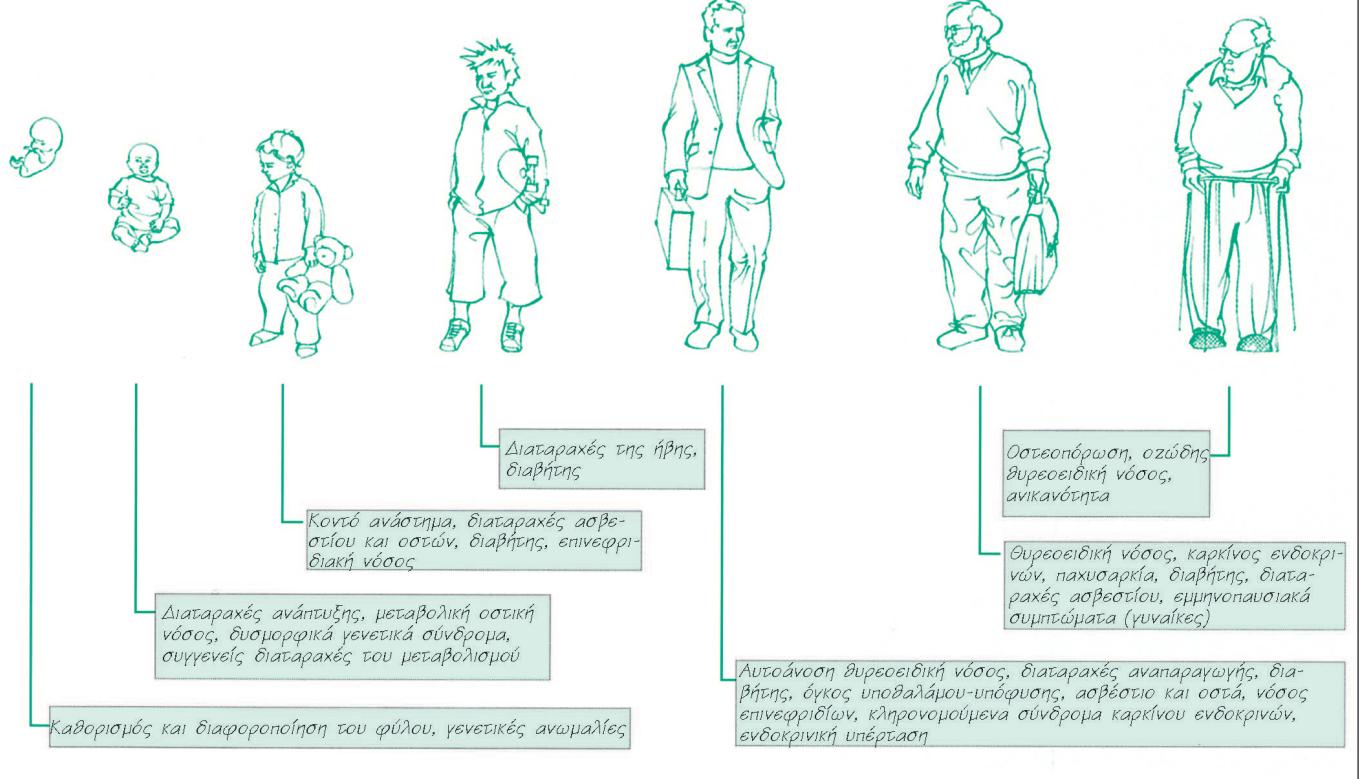


(α) Παραδείγματα ενδοκρινικών διαταραχών κατά τη διάρκεια της ζωής



Κλινική περίπτωση

Ενδοκρινολογία είναι η μελέτη των ενδοκρινών ορμονών και των οργάνων που σχετίζονται με την έκκρισή τους. Κλασικά οι ορμόνες έχουν περιγραφεί ως χημικοί διαμεσολαβητές που απελευθερώνονται και έχουν τη δράση τους σε απομακρυσμένες θέσεις. Είναι ωστόσο πλέον σαφές ότι υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ των ορμονών και άλλων παραγόντων όπως νευροδιαβιβαστές και αυξητικοί παράγοντες που δρουν κατά τρόπο αυτοκρινικό ή παρακρινικό. Οι ορμόνες είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της φυσιολογικής λειτουργίας του οργανισμού και τυχόν διαταραχές τους μπορεί να εμφανιστούν σε οποιοδήποτε από τα στάδια της ανθρώπινης ζωής. Η κλινική ενδοκρινολογία λοιπόν ασχολείται με ασθενείς όλων των ηλικιών και με μεγάλο εύρος διαταραχών (Εικ. 1a).

Οι κύριοι ενδοκρινιείς αδένες

Ο **εγκέφαλος** είναι ο ελεγκτής του νευρικού συστήματος, αλλά είναι επίσης ένας από τους πιο σημαντικούς ενδοκρινείς αδένες. Εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα, ιδιαίτερα στον υποθάλαμο, συνθέτουν ορμόνες οι οποίες μεταφέρονται κατά μήκος του νευράξονα στις νευρικές απολήξεις. Εκεί απελευθερώνονται μέσα στο πυλαίο υποθαλαμο-υπόφυσιακό σύστημα με το οποίο μεταφέρονται στην υπόφυση. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο ίδιος ο άξονας του νευροενδοκρινικού κυττάρου φτάνει μέχρι το υπόφυσιακό κύτταρο. Οι κύριες υποθαλαμικές νευροορμόνες είναι:

1 **Εκλυτική ορμόνη της ACTH (CRH)**, ελέγχει την έκκριση της ACTH

2 **Ντοπαμίνη**: αναστέλλει την έκκριση της προλακτίνης

3 **Εκλυτική ορμόνη της αυξητικής ορμόνης (GHRH)**: προκαλεί έκκριση της αυξητικής ορμόνης

4 **Σωματοστατίνη**: αναστέλλει την έκκριση της αυξητικής ορμόνης

5 **Εκλυτική ορμόνη γοναδοτροφινών (GnRH)**: προκαλεί έκκριση της ωχρινοτρόπου (LH) και θυλακιοτρόπου (FSH) ορμόνης

6 **Εκλυτική ορμόνη της Θυρεοειδοτρόπου (TRH)**: προκαλεί έκκριση της TSH

7 **Ωκυτοκίνη**: προκαλεί έκκριση γάλακτος και συμπάσεις της μήτρας κατά τον τοκετό – συντίθεται στον υποθάλαμο και αποθηκεύεται στον οπίσθιο λοβό της υπόφυσης, απ' όπου και εκλύεται στην κυκλοφορία.

8 **Βαζοπρεσσίνη (αντιδιουρητική ορμόνη – ADH)**: προάγει την επαναρρόφηση νερού από τα νεφρικά σωληνάρια – συντίθεται στον υποθάλαμο και αποθηκεύεται στον οπίσθιο λοβό της υπόφυσης, απ' όπου και εκλύεται στην κυκλοφορία.

Η **υπόφυση** αποτελείται από 2 λοβούς (πρόσθιο και οπίσθιο) οι οποίοι έχουν διαφορετικές εμβρυολογικές καταβολές – ο πρόσθιος προέρχεται από την εμβρυονική στοματική κοιλότητα και ο οπίσθιος από τη βάση του εγκεφάλου (νευρική καταβολή). Οι δύο λοβοί έρχονται σε στενή επαφή και σχηματίζουν την υπόφυση. Ο άνθρωπος έχει έναν μη λειτουργικό **ενδιάμεσο λοβό**, που είναι πολύ μεγαλύτερος σε κάποια ζώα. Οι κύριες ορμόνες της υπόφυσης είναι:

1 **Πρόσθιος λοβός**

(α) **Φλοιοεπινεφριδιοτρόπος ορμόνη (ACTH)**: προάγει την έκκριση γλυκοκορτικοειδών και άλλων στεροειδών από τον φλοιό των επινεφριδίων.

(β) **Θυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH)**: προάγει τη σπερματογένεση στους άνδρες και την αρίμαση του ωθυλακίου στις γυναίκες.

(γ) **Ωχρινοτρόπος ορμόνη (LH)**: προάγει τη σύνθεση τε-

στοστερόνης στους άνδρες και προκαλεί ωθυλακιορρηξία στις γυναίκες.

(δ) **Προλακτίνη (PRL):** προάγει τη γαλουχία και ίσως έχει ανοσορρυθμιστικό ρόλο στις μη θηλάζουσες γυναίκες και στους άνδρες.

(ε) **Θυρεοειδοτρόπος ορμόνη (TSH):** προάγει την παραγωγή και απελευθέρωση θυρεοειδικών ορμονών από τον θυρεοειδή.

(στ) **Αυξητική ορμόνη (σωματοτροπίνη - GH):** προάγει την αύξηση των μυών και του σκελετού.

2 Οπίσθιος λοβός

(α) **Ωκυτοκίνη:** προκαλεί έκκριση γάλακτος και συσπάσεις της μήτρας κατά τον τοκετό

(β) **Βαζοπρεσσίνη (αντιδιουρητική ορμόνη ADH):** προάγει την επαναρρόφηση του νερού στα νεφρικά σωληνάρια.

Ο θυρεοειδής αδένας βρίσκεται ακριβώς μπροστά από την τραχεία στους ανθρώπους. Τα ορμονοπαραγωγά κύτταρα οργανώνονται σε θυλάκια και συγκεντρώνουν ιώδιο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύνθεση των ορμονών. Οι κυκλοφορούσες ορμόνες είναι η **θυροξίνη (T₄)** και η **τριιωδοθυρονίνη (T₃)**. Οι **παραθυρεοειδείς αδένες** είναι πίσω από τον θυρεοειδή και παράγουν **παραθορμόνη (PTH)**. Η PTH είναι σημαντική για τη ρύθμιση του μεταβολισμού του ασβεστίου και του φωσφόρου. Τα **παραθυλακιώδη κύτταρα** είναι μέσα στον θυρεοειδή, διάσπαρτα στον χώρο μεταξύ των θυλακών. Παράγουν **καλσιτονίνη** η οποία αναστέλλει την απορρόφηση ασβεστίου από τα οστά.

Τα επινεφρίδια βρίσκονται ακριβώς πάνω από τους νεφρούς και αποτελούνται από μια εξωτερική μοίρα (ή φλοιό) και μια εσωτερική μοίρα (ή μυελό). Οι ορμόνες που παράγουν είναι:

1 Φλοιός

(α) **γλυκοκορτικοειδή,** κυρίως κορτιζόλη στους ανθρώπους. Σχετίζεται με τον μεταβολισμό των υδατανθράκων και την απόκριση στο stress.

(β) **αλατοκορτικοειδή,** κυρίως αλδοστερόνη. Ρυθμίζει το ισοζύγιο των ηλεκτρολιτών.

(γ) **ανδρογόνα,** κυρίως τεστοστερόνη, θεική δευτεροπλανδροστενεδιόνη (DHEA-S) και 17-υδροξυπρογεστερόνη. Ρυθμίζουν τα δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου και έχουν αναβολική δράση.

2 Μυελός

(α) **επινεφρίνη (αδρεναλίνη),** ρυθμίζει την καρδιαγγειακή και μεταβολική απόκριση στο stress.

(β) **νορ-επινεφρίνη (νορ-αδρεναλίνη),** είναι κυρίως νευροδιαβιβαστής του περιφερικού συμπαθητικού νευρικού συστήματος.

(γ) **ντοπαμίνη,** νευροδιαβιβαστής του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

Το ενδοκρινές πάγκρεας αποτελείται από νησίδια διάσπαρτα μέσα στο μεγαλύτερο εξωκρινές πάγκρεας, το οποίο βρίσκεται στο πίσω και άνω μέρος της περιτοναϊκής κοιλότητας. (Το «εξωκρινές» αναφέρεται σε αδένες με εκφορητικούς πόρους, οι οποίοι δεν καλύπτονται σε αυτό το βιβλίο.) Το ενδοκρινές πάγκρεας εκκρίνει:

1 ινσουλίνη που ρυθμίζει τον μεταβολισμό γλυκόζης και λιπιδίων

2 γλυκαγόνη που είναι ανταγωνιστική της ινσουλίνης ορμόνη που αυξάνει τη γλυκόζη του αίματος.

3 σωματοστατίνη που ρυθμίζει την κινητικότητα του γαστρεντερικού

4 παγκρεατικό πολυπεπτίδιο το οποίο ρυθμίζει τις εκκρίσεις του γαστρεντερικού

Η ωοθήκη είναι ο κύριος αναπαραγωγικός αδένας στα θήλεα και παράγει:

1 οιστρογόνα τα οποία ρυθμίζουν την αναπαραγωγική λειτουργία και τα δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου.

2 προγεστερόνη η οποία διεγείρει την αγγειοβρίθεια του ενδομητρίου και διατηρεί την κύηση.

3 ριλαξίνη ένα πολυπεπτίδιο το οποίο βρίσκεται επίσης στον πλακούντα και στη μήτρα. Μπορεί να είναι σημαντικό κατά τον τοκετό μαλακώνοντας τον τράχηλο και χαλαρώνοντας τις πυελικές συνδέσεις.

4 ινχιμπίνη (ανασταλτίνη) η οποία αναστέλλει την παραγωγή FSH.

Ο πλακούντας είναι το όργανο της εγκυμοσύνης που εξυπηρετεί την ανάπτυξη του εμβρύου. Οι ορμόνες που παράγονται από τον πλακούντα περιλαμβάνουν:

1 χοριακή γοναδοστροπίνη (hCG): διατηρεί τη σύνθεση προγεστερόνης από τον πλακούντα.

2 πλακουντιακό γαλακτογόνο (PL)

3 οιστριόλη: η κύρια μορφή οιστρογόνων που παράγεται από τον πλακούντα

4 προγεστερόνη: διατηρεί τα αναπαραγωγικά όργανα κατά την εγκυμοσύνη

5 ριλαξίνη

Ο όρχεις είναι ο κύριος αναπαραγωγικός αδένας στα άρρενα και παράγουν:

1 τεστοστερόνη η οποία ελέγχει την αναπαραγωγική λειτουργία και τα δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου.

2 ινχιμπίνη (ανασταλτίνη): αναστέλλει την έκκριση FSH

3 ανασταλτική ορμόνη των πόρων του Müller: μια εμβρυούχη ορμόνη η οποία αποδιαφοροποιεί τους πόρους του Müller.

Ο γαστρεντερικός σωλήνας είναι το μεγαλύτερο ενδοκρινές όργανο και παράγει διάφορες αυτοκρινικές, παρακρινικές και ενδοκρινικές ορμόνες:

1 χολοκυστοκινίνη (CCK)

2 γαστρικό ανασταλτικό πεπτίδιο (GIP)

3 γαστρίνη

4 νευροτενσίνη

5 εκκριμάτην (σεκρετίνη)

6 ουσία P

7 αγγειοδραστικό εντερικό πεπτίδιο (VIP)

Τα λιποκύτταρα παράγουν την πεπτιδική ορμόνη λεπτίνη η οποία είναι σημαντική στον έλεγχο της πρόσληψης τροφής και της κατανάλωσης ενέργειας.

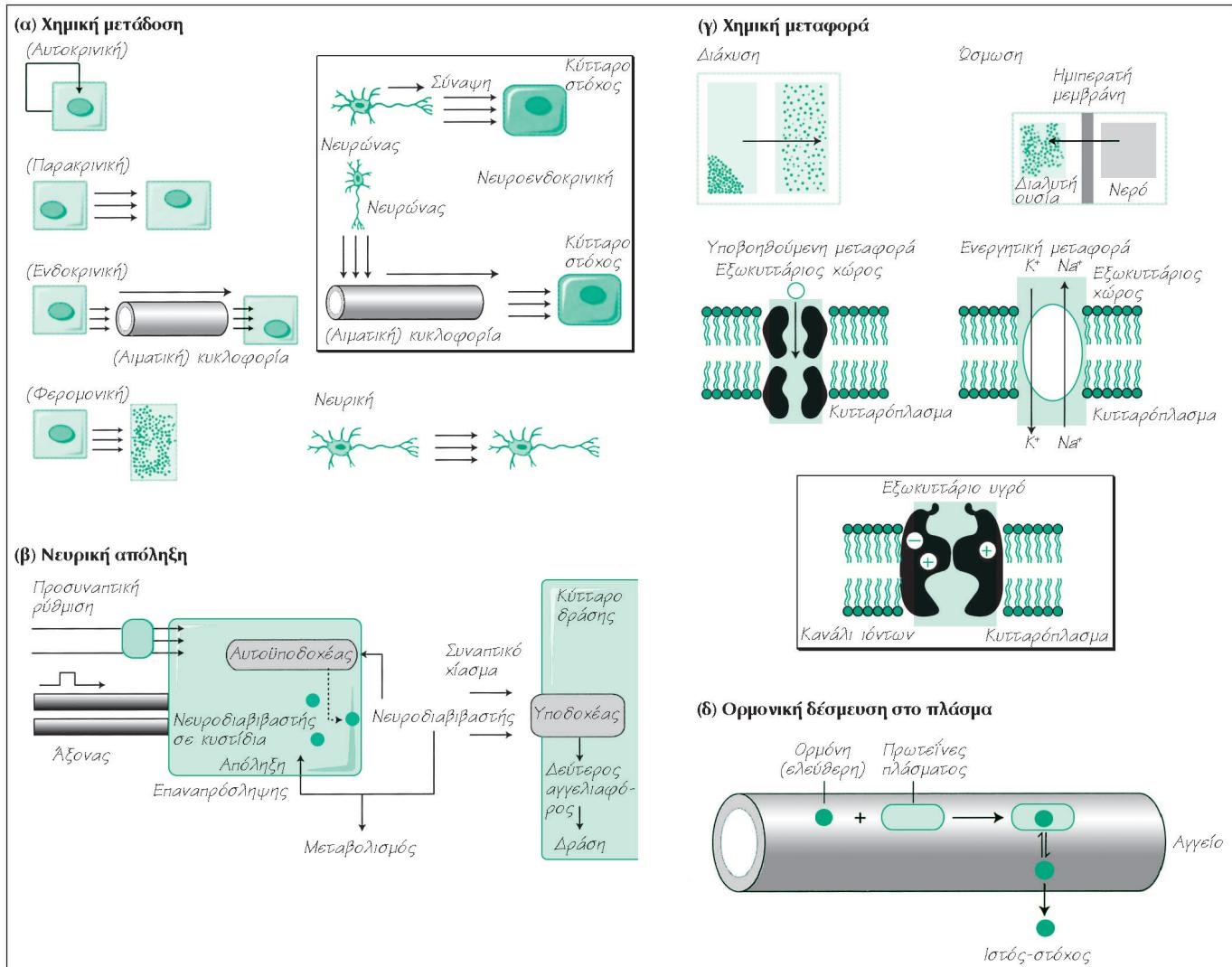
Ο νεφρός παράγει ορμόνες που εμπλέκονται στον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης και στην ερυθροποίηση. **Η ρενίνη** μετατρέπει το αγγειοτασινογόνο σε αγγειοτασίνη | στον νεφρό και στο πλάσμα. **Η ερυθροποιητίνη** διεγείρει την παραγωγή ερυθρών αιμοσφαρίων στον μυελό των οστών.

Δέρμα – ήπαρ και νεφρό συμμετέχουν στην παραγωγή βιταμίνης D που έχει διάφορες ενδοκρινικές λειτουργίες.

Η καρδιά παράγει το κολπικό νατριουρητικό πεπτίδιο. **Κυκλοφορούντα συστατικά του αίματος** (συμπεριλαμβανομένων των μακροφάγων) παράγουν πεπτίδια όπως οι κυτταροκίνες που εμπλέκονται στην ανοσολογική λειτουργία.

Το κωνάριο (επίφυση) βρίσκεται στον εγκέφαλο και σχετίζεται με ρυθμούς, για παράδειγμα τους αναπαραγωγικούς ρυθμούς στα ζώα τα οποία ζευγαρώνουν εποχιακά. Ο ρόλος του στους ανθρώπους δεν είναι στα σίγουρα γνωστός. Το κωνάριο παράγει **μελατονίνη**.

Οι αναγνώστες θα πρέπει να έχουν υπ' όψιν τους ότι νέες ενδοκρινικές ορμόνες ανακοινώνονται ακόμη και ενώ το παρόν βιβλίο γράφεται.



Κατάταξη των ενδοκρινικών ορμονών

Οι ορμόνες είναι χημικοί μεσολαβητές. Μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους (Εικ. 2α)

1 Αυτοκρινικές: Δρουν στα ίδια τα κύτταρα που τις συνθέτουν. Για παράδειγμα ο IGF-1 ο οποίος διεγέρει την κυτταρική διαίρεση στο κύτταρο που τον παρήγαγε.

2 Παρακρινικές: Δρουν σε γειτονικά κύτταρα. Παράδειγμα η ινσουλίνη που εκκρίνεται από β-κύτταρα του παγκρέατος και επιδρά στην έκκριση γλυκαγόνης από τα παγκρεατικά α-κύτταρα.

3 Ενδοκρινικές: Δρουν σε κύτταρα ή όργανα στα οποία μεταφέρονται μέσω της συστηματικής κυκλοφορίας ή μέσω άλλων υδάτινων συστημάτων με πόρους όπως η λέμφος. Παραδείγματα η ινσουλίνη, η οιστραδιόλη και η κορτιζόλη.

4 Νευροενδοκρινικές: Είναι πραγματικά παρακρινικές ή ενδοκρινικές εκτός από τις ορμόνες οι οποίες συντίθεται σε ένα νευρικό κύτταρο (νευρώνας) το οποίο είτε την απελευθερώνει (την ορμόνη) στο διπλανό κύτταρο – στόχο (παρακρινική) είτε στην κυκλοφορία με την οποία μεταφέρεται στο κύτταρο – στόχο, για παράδειγμα από τον υποθάλαμο στον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης μέσω του πυλαίου συστήματος.

5 Νευρικές: Πρόκειται για νευροδιαβίβαση όταν μια χημική

ουσία απελευθερώνεται από έναν νευρώνα και δρα σε διπλανό νευρώνα (Εικ. 2β). Αυτές οι ουσίες ονομάζονται νευροδιαβιβαστές. Προκαλούν ακαριαία αποτελέσματα (π.χ. έκκριση ακετυλοχολίνης) ενώ κάποιες άλλες ουσίες έχουν βραδύτερη έναρξη δράσης αλλά μακρύτερη διάρκεια δράσης στο κύτταρο – στόχο και ονομάζονται **νευρορυθμιστές** (για παράδειγμα κάποια οπιοειδή).

6 Φερμονική μεταβίβαση είναι η απελευθέρωση πτητικών ορμονών στην ατμόσφαιρα που ονομάζονται φερμόνες. Έτσι μεταφέρονται σε άλλα άτομα και αναγνωρίζονται ως οσφρητικά σήματα.

Βασικές αρχές της νευρομεταβίβασης

Όταν η νευρική ώστη φτάσει στην τελική απόληξη πυροδοτεί μια ασβεστιο-εξαρτώμενη σύντηξη των κοκκίων ή κυστιδών του νευροδιαβιβαστή με την πλασματική μεμβράνη της νευρικής απόληξης (Εικ. 2β) και ακολουθεί έτσι απελευθέρωση του νευροδιαβιβαστή στο χάσμα (ή σύναψη) μεταξύ των νευρικών κυττάρων. Οι νευροδιαβιβαστές και οι νευρορυθμιστές δεσμεύονται σε ειδικούς μεμβρανικούς υποδοχείς που μεταφέρουν την πληροφορία που ο νευροδιαβιβαστής έχει φέρει στο κύτταρο.

ρο-υποδοχέα διαμέσου άλλων μεμβρανικών και ενδοκυττάριων πρωτεΐνων. Οι νευροδιαβίβαστές απενεργοποιούνται από ένζυμα ή επαναπροσλαμβάνονται από το νεύρο απ' όπου απελευθερώθηκαν και μεταβολίζονται. Η απελευθέρωσή τους μπορεί να ρυθμίζεται και να περιορίζεται μέσω (i) αυτούποδοχέων στην τελική νευρική απόληξη απ' όπου απελευθερώνονται, ούτως ώστε περαιτέρω έκλυση να αναστέλλεται και (ii) μέσω προσυναπτικής αναστολής, όταν άλλοι νευρώνες συνάπτονται με την τελική νευρική απόληξη.

Χημική μεταφορά

Η διακίνηση των χημικών ουσιών μεταξύ των κυττάρων και των οργάνων είναι συνήθως αυστηρά ελεγχόμενη.

Διάχυση είναι η κίνηση των μορίων σε υγρή φάση με τυχαία θερμική κίνηση (κίνηση Brown) (Εικ. 2γ). Εάν δύο διαλύματα που περιέχουν την διαχημική ουσία σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (το ένα σε υψηλή συγκέντρωση και το άλλο σε χαμηλή) χωρίζονται από μια πλήρως διαπερατή μεμβράνη, τότε οι συγκεντρώσεις της ουσίας στα διαλύματα εκπατέρωθεν της μεμβράνης θα καταλήξουν να είναι ίδιες μέσω απλής διάχυσης. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν πολλά μόρια της χημικής ουσίας στο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης και έτσι σταπιστικά υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα μετακίνησής τους προς το πιο αραιό διάλυμα μέσω της μεμβράνης. Τελικά όταν οι συγκεντρώσεις των δύο διαλυμάτων εξασθούν, η διαφορά στη μετακίνηση μεταξύ των δύο μερών μηδενίζεται. Λιπόφιλα μόρια όπως η αιθυλική αλκοόλη και τα στεροειδή (π.χ. οιστραδιόλη) φαίνεται να διαχέονται ελεύθερα διαμέσου όλων των βιολογικών μεμβρανών.

Υποβοηθούμενη μεταφορά είναι η μεταφορά χημικών ουσιών διαμέσου της μεμβράνης με χρήση πρωτεΐνων – φορέων. Η διαδικασία δεν απαιτεί ενέργεια και επομένως δεν μπορεί να μεταφέρει ουσίες αντίθετα στην κλίση συγκέντρωσης. Ο αριθμός των πρωτεΐνων-φορέων μπορεί να βρίσκεται υπό ορμονικό ελεγχό. Η γλυκόζη μεταφέρεται εντός του κυττάρου με πρωτεΐνες μεταφορείς, (βλέπε Κεφ. 38) των οποίων ο αριθμός αυξάνεται από την ινσουλίνη.

Ενεργητική μεταφορά: χρησιμοποιεί ενέργεια υπό μορφή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) ή άλλων μεταβολικών «καυσίμων». Έτσι χημικές ουσίες μπορεί να μεταφερθούν διαμέσου της μεμβράνης ενάντια στην κλίση συγκέντρωσης και η διαδικασία μεταφοράς μπορεί να διακοπεί από μεταβολικά δηλητήρια.

Τα κανάλια ιόντων μεσολαβούν στην ενεργό μεταφορά και αποτελούνται από πρωτεΐνες που περιέχουν φορτισμένα αμινοξέα τα οποία μπορούν να σχηματίσουν «πύλες» ενεργοποίησης

και απενεργοποίησης. Τα κανάλια ιόντων μπορεί να ενεργοποιηθούν από υποδοχείς ή αλλαγές του ηλεκτρικού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη. Τα κανάλια ιόντων Ca^{++} μπορούν να ενεργοποιηθούν και με τους δύο αυτούς τρόπους.

Ωσμωση είναι η παθητική μετακίνηση του νερού μέσω ημιπερατής μεμβράνης από ένα διάλυμα αραιό σε ένα διάλυμα υψηλότερης συγκέντρωσης σε μια δεδομένη χημική ουσία. Τα κύτταρα ενδέχεται να συρρικνωθούν ή να φουσκώσουν ανάλογα με τη συγκέντρωση της διαλυτής ουσίας εκατέρωθεν της κυτταρικής μεμβράνης.

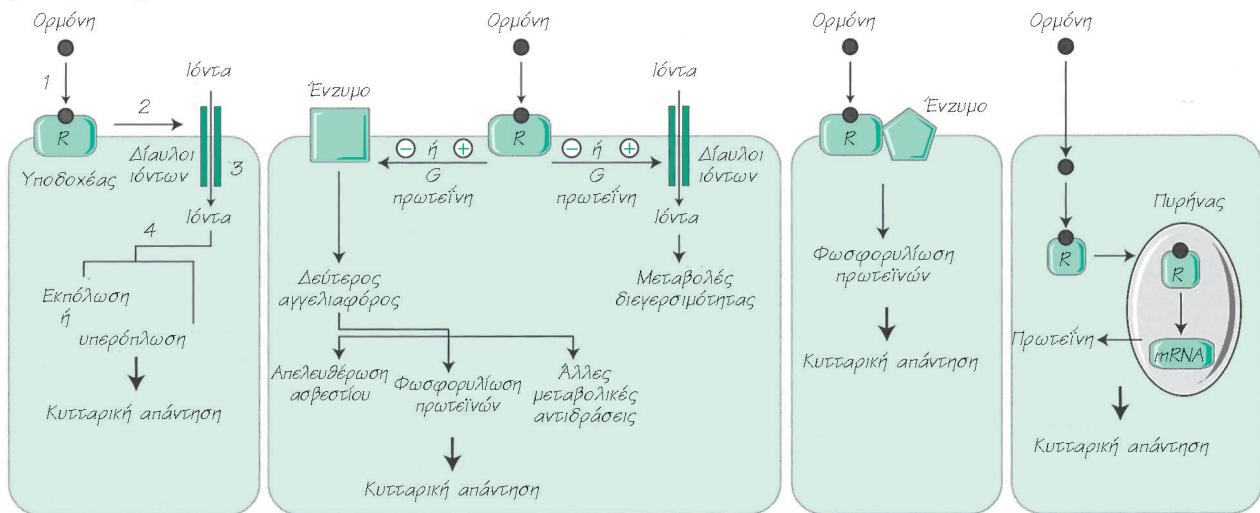
Φαγοκυττάρωση και πινοκυττάρωση: είναι και τα δύο παραδείγματα ενδοκυττάρωσης. Ουσίες μπορούν να εισέλθουν στο κύτταρο χωρίς να διαπεράσουν την κυτταρική μεμβράνη. Φαγοκυττάρωση είναι η «κατάποση» ενός στερεού σωματιδίου από το κύτταρο ενώ πινοκυττάρωση είναι η «κατάποση» υγρού. Στη μεσολαβούμενη από υποδοχείς ενδοκυττάρωση γίνεται αναγνώριση ειδικών ουσιών από τους μεμβρανικούς υποδοχείς κοιλωμάτων της μεμβράνης (coated pits) του κυττάρου. Τα coated pits είναι μέρος της μεμβράνης και επικαλύπτονται από ειδικές μεμβρανικές πρωτεΐνες, για παράδειγμα κλαθίνη. **Εξωκυττάρωση** είναι η μετακίνηση σωματιδίων έξω από το κύτταρο. Χημικές ουσίες που αποθηκεύονται σε μικρά κυττίδια ή κοκκία εντός του κυττάρου εκκρίνονται ή απελευθερώνονται με εξωκυττάρωση όταν γίνεται σύντηξη των κυττίδων με τη μεμβράνη.

Ορμονική μεταφορά στο αίμα. Όταν οι ορμόνες εκκρίνονται στην κυκλοφορία πολλές συνδέονται άμεσα με πρωτεΐνες του πλάσματος (Εικ. 2δ). Οι πρωτεΐνες μπορεί να αναγνωρίζουν ειδικά την ορμόνη και να τη δεσμεύουν με υψηλή συγγένεια και ειδικότητα (π.χ. η δέσμευση των ορμονών του φύλου από τη φυλοδεσμευτική σφαιρίνη, SHBG). Άλλες πρωτεΐνες, όπως η αλβούμινη, δεσμεύουν πολλές ορμόνες, όπως τις θυρεοειδικές και τις ορμόνες του φύλου με πολύ μικρότερη συγγένεια. Εγκαθίσταται έτσι μια ισορροπία μεταξύ της ελεύθερης και της δεσμευμένης ορμόνης, ώστε μια δεδομένη αναλογία της ορμόνης κυκλοφορεί ελεύθερη και αδέσμευτη ενώ το μεγαλύτερο μέρος μεταφέρεται δεσμευμένο. Θεωρείται ότι μόνο το ελεύθερο κλάσμα της ορμόνης είναι βιολογικά δραστικό και διαθέσιμο στους ιστούς και για μεταβολισμό. Η δεσμευμένη με πρωτεΐνες ορμόνη είναι φυσιολογικά αδρανής και επίσης προστατευμένη από μεταβολικά ένζυμα σε όργανα όπως το ήπαρ. Κάποια φάρμακα όπως η ασπιρίνη μπορεί να αντικαταστήσουν άλλες ουσίες (όπως τα αντιπηκτικά) από τις θέσεις σύνδεσης με την πρωτεΐνη-φορέα. Στην περίπτωση των αντιπηκτικών κάτι τέτοιο μπορεί να προκαλέσει αιμορραγία.

3

Μηχανισμοί δράσης ορμονών: Ι μεμβρανικοί υποδοχείς

(α) Οικογένειες υποδοχέων



Τύπος υποδοχέα
Συνδεδεμένοι με διαιύλους υποδοχείς (Ionotropic)
Παράδειγμα Νικοτινικός ACh υποδοχέας
Χρόνος Χιλιοστά δευτερολέπτου απάντησης

Υποδοχέας συνεργαζόμενοι με G-πρωτεΐνης (metabotropic)
Μουσκαρινικός ACh υποδοχέας
Δευτερόλεπτα

Υποδοχέας με ιδιότητες κινάσης
Υποδοχέας ινσουλίνης
Λεπτά

Υποδοχέας στεροειδών
Υποδοχέας οιστρογόνων
Ωρες

(γ) Σύστημα τριφωσφορικής ινοσιτόλης

(β) Αδενυλική κυκλάση

