

## Κεφάλαιο 1

# Εισαγωγή στο νευρικό σύστημα

<b>Βασική οργάνωση του νευρικού συστήματος 1</b>
Νευρώνες και νευρογλοία 1
Κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα 2
Αυτόνομο νευρικό σύστημα 2
Κεντρομόλοι (προσαγωγοί) νευρώνες, φυγόκεντροι (απαγωγοί) νευρώνες και διάμεσοι νευρώνες 3
Φαία και λευκή ουσία, πυρήνες και οδοί 3
Χιασμός αισθητικών και κινητικών οδών 3
<b>Ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος 4</b>
<b>Επισκόπηση της ανατομίας του κεντρικού νευρικού συστήματος 9</b>
Μήνιγγες και αγγεία 9
Ανατομία του νωτιαίου μυελού 11
Ανατομία του εγκεφάλου 12
Οι κυριότερες αισθητικές οδοί 17
Οι κυριότερες κινητικές οδοί 18
<b>Βασικές κλινικές διαγνωστικές αρχές 20</b>
Αιτιολογία των νευρολογικών παθήσεων 20
Χρονική διάρκεια της ασθένειας 23
Θέση της βλάβης και κλινικά σύνδρομα 23
Διερεύνηση των νευρομυϊκών ασθενειών 27

Το ανθρώπινο νευρικό σύστημα είναι το πλέον πολύπλοκο και πολύπλευρο επίτευγμα της πορείας της εξέλιξης. Το νευρικό σύστημα όλων των ζώων έχει ως βασική αποστολή την ανίχνευση των μεταβολών στο εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον, καθώς και τη μεσολάβση για την πραγματοποίηση της κατάλληλης ανταπόκρισης από τους μύς, τα όργανα και τους αδένες. Με την πρόοδο της εξέλιξης υπάρχει, επιπλέον, μία αυξημένη ικανότητα για τις αποκαλούμενες «υψηλές λειτουργίες» του νευρικού συστήματος, όπως η γνώση, η μάθηση, η μνήμη και τελικά η διάνοηση, η αυτογνωσία και η προσωπικότητα. Οι ανατομικές, φυσιολογικές, βιοχημικές και μοριακές βάσεις της νευρικής λειτουργίας αποτελούν τομείς έντονης ερευνητικής δραστηριότητας, τόσο στις βασικές όσο και στις κλινικές επιστήμες. Ενώ λοιπόν έχουμε μάθει πολλά για τον τρόπο λειτουργίας του νευρικού συστήματος, υπάρχουν ακόμα πολλά σημεία που χρήζουν περαιτέρω διευκρίνησης.

Το νευρικό σύστημα μπορεί να καταστραφεί από συγγενείς ή επίκτητες ανωμαλίες, κατά τη διάρκεια παθήσεων, καθώς και από τραυματικές βλάβες. Η πρόληψη, η διάγνωση και η θεραπεία των νευρολογικών παθήσεων έχει κατά συνέπεια τεράστια σημασία από κοινωνικοοικονομική άποψη. Η γνώση και η κατανόηση της νευροανατομικής και των σχέσεών της με τη λειτουργία και τη δυσλειτουργία παραμένει θεμελιώδης για τη σύγχρονη άσκηση των κλινικών νευροεπιστημών και για την προοπτική μελλοντικών προόδων, όσον αφορά στην πρόληψη και στη θεραπεία νευρολογικών διαταραχών.

### Βασική οργάνωση του νευρικού συστήματος

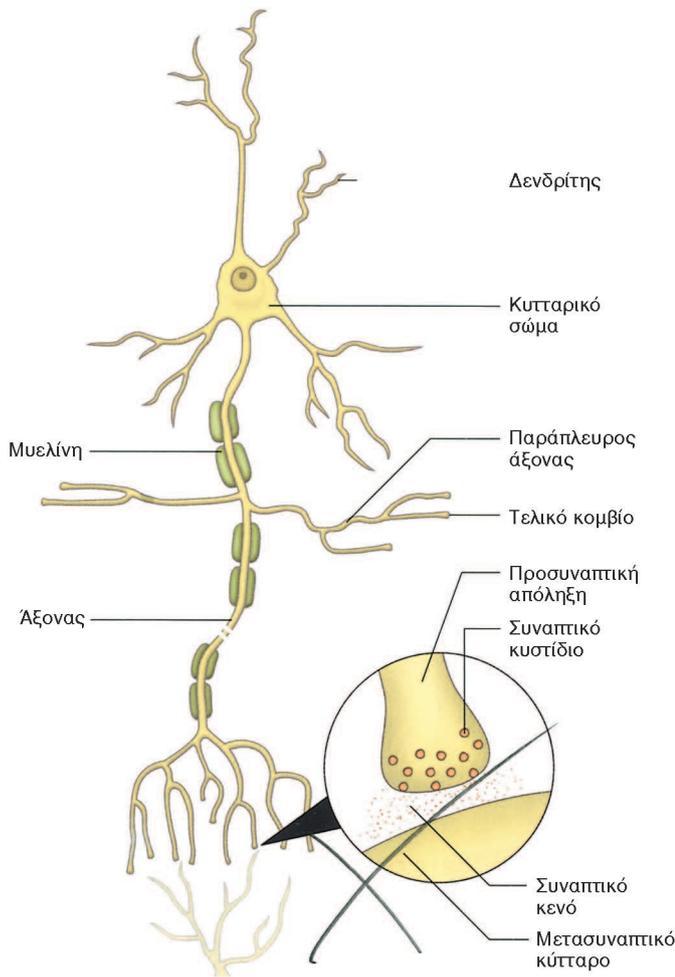
#### Νευρώνες και νευρογλοία

Η βασική δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι το **νευρικό κύτταρο** με τις αποφυάδες του ή

**νευρώνας**, τα οποία στο ανθρώπινο νευρικό σύστημα είναι περίπου  $10^{10}$ . Η λειτουργία του νευρώνα είναι να λαμβάνει και να ολοκληρώνει την επεξεργασία των εισερχομένων πληροφοριών από **αισθητικούς υποδοχείς** ή άλλους νευρώνες και να μεταφέρει πληροφορίες σε άλλους νευρώνες ή **εκτελεστικά όργανα**. Η δομή του είναι υψηλής εξειδίκευσης, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση αυτών των λειτουργιών. Κάθε νευρώνας είναι μια ξεχωριστή οντότητα και περιβάλλεται από μια αφοριστική κυτταρική μεμβράνη. Πληροφορίες μεταφέρονται έτσι διαμέσου των νευρώνων σε εξειδικευμένες περιοχές, οι οποίες καλούνται **συνάψεις**, όπου οι μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων βρίσκονται σε στενή επαφή (Εικ. 1.1).

Υπάρχει μεγάλη ανομοιογένεια στο σχήμα και στο μέγεθος των νευρώνων σε διαφορετικά μέρη του νευρικού συστήματος, αλλά υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά σε όλους τους νευρώνες. Υπάρχει ένα ξεχωριστό κυτταρικό σώμα απ' όπου εκφύεται ένας αριθμός αποφυάδων. Οι περισσότερες από τις αποφυάδες αυτές είναι κεντρομόλες σε λειτουργία και είναι γνωστές ως **δενδρίτες**. Αυτές έχουν εξειδικευμένες συνάψεις, μερικές φορές πολλές χιλιάδες, διαμέσου των οποίων λαμβάνουν πληροφορίες από άλλα νευρικά κύτταρα με τα οποία έρχονται σε επαφή. Στους αισθητικούς νευρώνες, οι δενδρίτες μπορούν να εξειδικεύονται περαιτέρω, στο να ανιχνεύουν τις αλλαγές στο εξωτερικό ή εσωτερικό περιβάλλον. Μια από τις αποφυάδες του κυττάρου ονομάζεται **άξονας** (νευρική ίνα) και μεταφέρει πληροφορίες μακριά από το κυτταρικό σώμα. Ο άξονας ή νευράξονας διαιρείται σε μερικούς κλάδους ή **παράπλευρους**, διαμέσου των οποίων οι πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν ταυτόχρονα σε διαφορετικές θέσεις. Στο τελικό άκρο του άξονα, υπάρχουν εξειδικευμένες θέσεις που καλούνται **τελικά κομβία**, με τα οποία οι πληροφορίες μεταφέρονται στους δενδρίτες των άλλων νευρώνων.

Η πληροφορία κωδικοποιείται μέσα στους νευρώνες με αλλαγές στην ηλεκτρική ενέργεια. Οι νευρώνες σε ηρεμία διαθέτουν ένα ηλεκτρικό δυναμικό (**δυναμικό ηρεμίας**) στη μεμβράνη της τάξεως των 60-70 millivolt (mV), έτσι ώστε το εσωτερικό περιβάλλον να είναι αρνητικά φορτισμένο σε σχέση με το εξωτερικό. Όταν ένας νευρώνας διεγείρεται πάνω από ένα καθορισμένο επίπεδο υπάρχει μια βραχείας διάρκειας μεταβολή της πολικότητας του δυναμικού της μεμβράνης, ονομαζόμενη **δυναμικό ενεργείας**. Τα δυναμικά ενεργείας μεταδίδονται προς τα κάτω στον άξονα και φέρονται στις απολήξεις των νευρώνων. Μεταφορά πληροφοριών μεταξύ νευρώνων συμβαίνει στην πλειοψηφία των περιπτώσεων όχι με ηλεκτρικά, αλλά με χημικά μέσα. Όταν το δυναμικό ενεργείας φτάσει στις νευρικές απολήξεις προκαλεί την απελευθέρωση ειδικών χημικών παραγόντων οι οποίοι ονομάζονται νευροδιαβιβαστές και αποθηκεύονται στα **συναπτικά κυστίδια** στις προσυναπτικές απολήξεις. Η διάχυσή τους διαμέσου της στενής σχισμής μεταξύ της προσυναπτικής και της μετασυναπτικής μεμβράνης δεσμεύει τους **υποδοχείς** στο μετασυναπτικό κύτταρο, επιφέροντας αλλαγές στο δυναμικό της μεμβράνης. Η αλλαγή μπορεί είτε να εκπολώνει τη μεμβράνη και έτσι να κινείται προς τα μπρο-



Εικόνα. 1.1 Σχηματική αναπαράσταση της βασικής δομής του νευρώνα και της σύναψης.

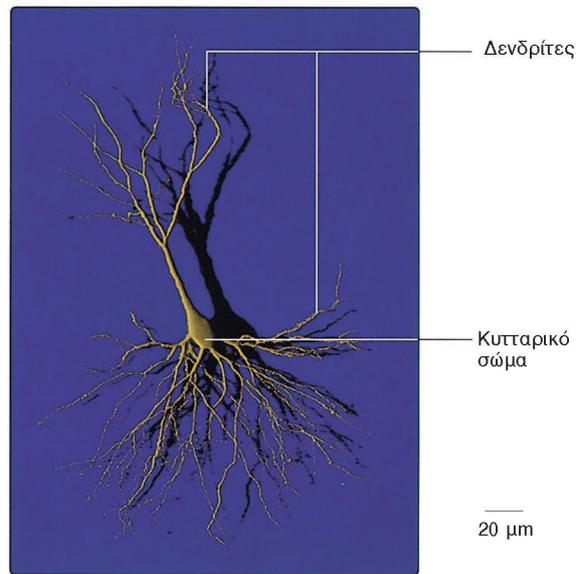
στά η νευρική ώση κατά μήκος του άξονα για να δημιουργηθεί το δυναμικό ενεργείας, είτε να προκαλεί υπερπόλωση με αποτέλεσμα σταθεροποίηση του κυττάρου (δεν προκαλείται νευρική ώση).

Νευρογλοιακά κύτταρα ή **γλοία** αποτελούν το άλλο μεγάλο κυτταρικό τμήμα του νευρικού συστήματος, υπερέχοντας των νευρώνων από αριθμητικής πλευράς. Εκτός από τους νευρώνες, η νευρογλοία δεν έχει έναν απευθείας ρόλο στη διαδικασία της επεξεργασίας των πληροφοριών, αλλά εκτελεί έναν αριθμό από βασικούς ρόλους για την φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων. Αναγνωρίζονται τρεις κύριοι τύποι νευρογλοιακών κυττάρων:

1. **Τα ολιγοδενδρογλοιακά κύτταρα (ολιγοδενδροκύτταρα)**, τα οποία σχηματίζουν το **μυελίνο περίβλημα** που περιβάλλει πολλούς νευράξονες (Εικ. 1.1) παρέχοντας αύξηση στον ρυθμό της μετάδοσης του ενεργητικού δυναμικού.
2. **Τα αστρογλοιακά κύτταρα (αστροκύτταρα)**, τα οποία σχηματίζουν ένα επιλεκτικό διαπερατό φραγμό μεταξύ του κυκλοφορικού συστήματος και των νευρώνων του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, τον **αιματοεγκεφαλικό φραγμό**, ο οποίος έχει μια προστατευτική λειτουργία.
3. **Τα μικρογλοιακά κύτταρα**, τα οποία έχουν φαγοκυτταρικό ρόλο στην τοπική ιστική απόκριση του νευρικού συστήματος σε περίπτωση βλάβης.

### Κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα

Το νευρικό σύστημα (Εικ. 1.3) διαιρείται στο **κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ)** και στο **περιφερικό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ)**. Το κεντρικό νευρικό σύστημα αποτελείται από τον **εγκέφαλο** και το **νωτιαίο μυελό**, τα οποία για την προστασία



Εικόνα 1.2 Ψευδοχρωματισμένη τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός νευρώνα από τον ιππόκαμπο, με Laser μικροσκόπιο σάρωσης. Μια εκ των αποφυάδων στη βάση του νευρώνα είναι ο νευράξονας (Κατόπιν αδείας από Dr R A McKinney, Brain Research Institute, University of Zurich, Switzerland).

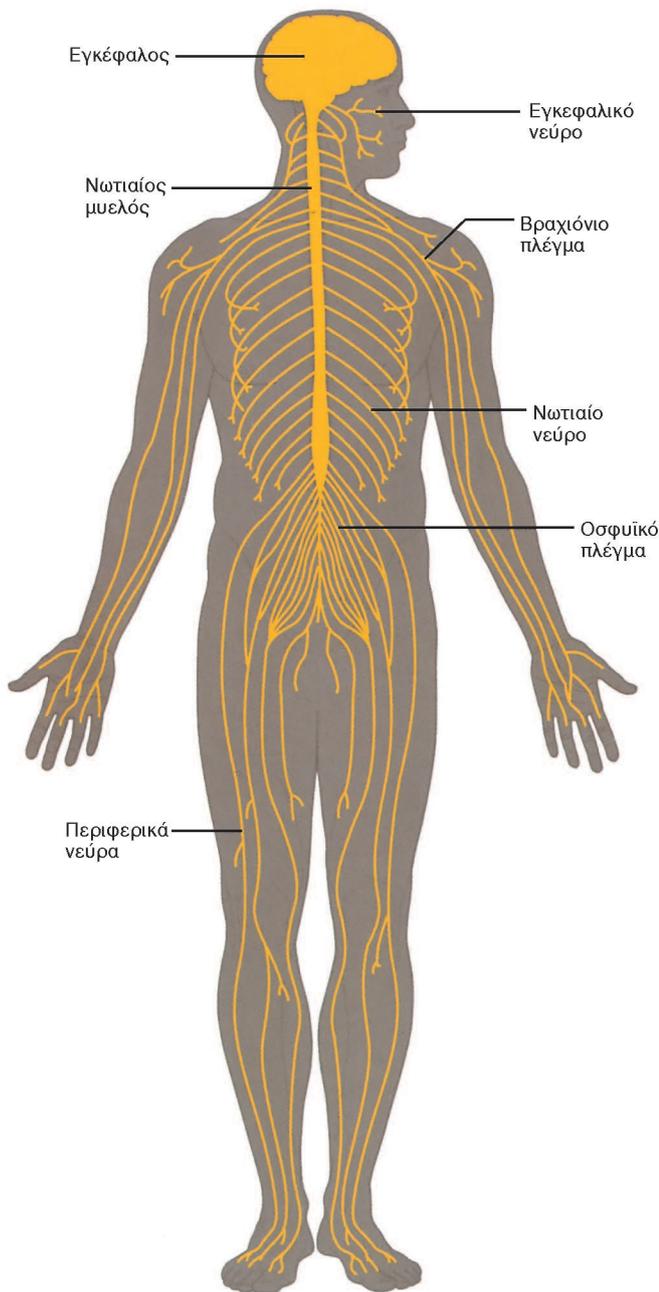
τους βρίσκονται εντός του **κρανίου** και του **σπονδυλικού σωλήνα** αντίστοιχα. Αποτελεί το πιο σύνθετο τμήμα του νευρικού συστήματος. Περιλαμβάνει την πλειονότητα των νευρικών κυττάρων και των συνάψεων. Το περιφερικό νευρικό σύστημα αποτελεί σύνδεσμο μεταξύ του ΚΝΣ και δομών των περιφερικών τμημάτων του σώματος, από τα οποία λαμβάνει αισθητικές πληροφορίες τις οποίες αποστέλλει για τον έλεγχο των ερεθισμάτων. Το περιφερικό νευρικό σύστημα αποτελείται από νεύρα που συνδέονται με τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό (**εγκεφαλικά** και **νωτιαία νεύρα**) καθώς και τις διακλαδώσεις του στο σώμα. Τα νωτιαία νεύρα που νευρώνουν τα άνω και τα κάτω άκρα, σχηματίζουν πλέγματα, το βραχιόνιο και το σφυϊκό αντίστοιχα και οι κλάδοι τους αποτελούν τα **περιφερικά νεύρα**. Το ΠΝΣ περιλαμβάνει επίσης μερικές ομάδες σωμάτων νευρικών κυττάρων που εντοπίζονται στην περιφέρεια και καλούνται **γάγγλια**.

### Αυτόνομο νευρικό σύστημα

Οι νευρώνες που ανιχνεύουν τις αλλαγές και ελέγχουν τις δραστηριότητες των σπλάγχχνων αναφέρονται γενικά ως αυτόνομο νευρικό σύστημα. Τα στοιχεία που το αποτελούν βρίσκονται και στο κεντρικό και στο περιφερικό νευρικό σύστημα. Διαιρείται σε δύο ευδιάκριτα τμήματα και ανατομικά και λειτουργικά, που ονομάζονται **συμπαθητικό** και **παρασυμπαθητικό** σύστημα, τα οποία γενικά έχουν ανταγωνιστική δράση στα όργανα που νευρώνουν. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα νευρώνει τους λείους μυς, το μυϊκό σύστημα της καρδιάς και τους ενδοκρινείς αδένες. Αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του ομοστατικού μηχανισμού που ελέγχει το εσωτερικό περιβάλλον του σώματος.

### Κεντρομόλοι (προσαγωγοί) νευρώνες, φυγόκεντροι (απαγωγοί) νευρώνες και διάμεσοι νευρώνες

Τα νευρικά κύτταρα τα οποία μεταφέρουν πληροφορίες από τους περιφερικούς υποδοχείς στο κεντρικό νευρικό σύστημα αναφέρονται ως **κεντρομόλοι νευρώνες** (Εικ. 1.4). Όταν οι πληροφορίες οι οποίες μεταφέρονται φθάσουν τελικά στο συνειδητό επίπεδο ονομάζονται επίσης **αισθητικοί νευρώνες**. Οι **φυγόκεντροι νευρώνες** μεταφέρουν διεγέρσεις μακριά από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Εκείνοι που νευρώνουν σκελετικούς μυς και προκαλούν κινήσεις αναφέρονται και ως **κινητικοί νευρώνες**. Η τεράστια πλειοψηφία των νευρώνων,



Εικόνα 1.3 Κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα.

εντούτοις, παραμένει εξολοκλήρου μέσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα και συνήθως αναφέρονται ως **διάμεσοι ή συνδετικοί νευρώνες** (μερικές φορές εναλλακτικά χρησιμοποιούνται οι όροι διάμεσοι ή εφεδρικοί νευρώνες). Ο όρος «προσαγωγές ίνες» και «απαγωγές ίνες» χρησιμοποιείται συχνά για την πολικότητα προς και από περιοχές μέσα στο ΚΝΣ, ακόμα και αν οι προβλητικές ίνες περιέχονται εξολοκλήρου μέσα στον εγκέφαλο και στον νωτιαίο μυελό. Μπορεί να αναφέρεται κανείς στις προβλητικές ίνες προς και από τον εγκεφαλικό φλοιό, π.χ. ως φλοιώδεις κεντρομόλες και φυγόκεντρες ίνες αντίστοιχα.

### Φαία και λευκή ουσία, πυρήνες και οδοί

Το κεντρικό νευρικό σύστημα είναι μια δομή μεγάλης ετερογένειας σε σχέση με την κατανομή των νευρικών κυττάρων και των αποφυάδων τους (Εικ. 1.5). Μερικές περιοχές είναι σχετικά πλούσιες σε νευρικά κύτταρα (π.χ. το κεντρικό τμήμα του νωτιαίου μυελού και η επιφάνεια των εγκεφαλικών ημισφαιρίων) και αναφέρονται ως **φαία ουσία**. Άλλες περιοχές περιέχουν κυρίως νευρικές αποφυάδες (συνήθως νευράξονες). Αυτοί είναι συχνά εμμέλοι (περιβάλλονται από

τη μυελίνη), γεγονός το οποίο προσδίδει ένα λευκάζον χρώμα – έτσι δικαιολογείται ο όρος **λευκή ουσία**.

Κυτταρικά σώματα νευρικών κυττάρων με παρόμοιες ανατομικές συνδέσεις και λειτουργίες (π.χ. κινητικοί νευρώνες που νευρώνουν μια ομάδα σχετικών μυών) τα οποία τείνουν να βρίσκονται μαζί σε ομάδες ονομάζονται **πυρήνες**. Παρόμοιες νευρικές αποφυάδες οι οποίες μοιράζονται κοινές συνδέσεις και λειτουργίες που τείνουν να ακολουθήσουν την ίδια πορεία, σχηματίζουν **οδούς ή δεμάτια** (Εικ. 1.5 και 1.19).

### Χιασμός αισθητικών και κινητικών οδών

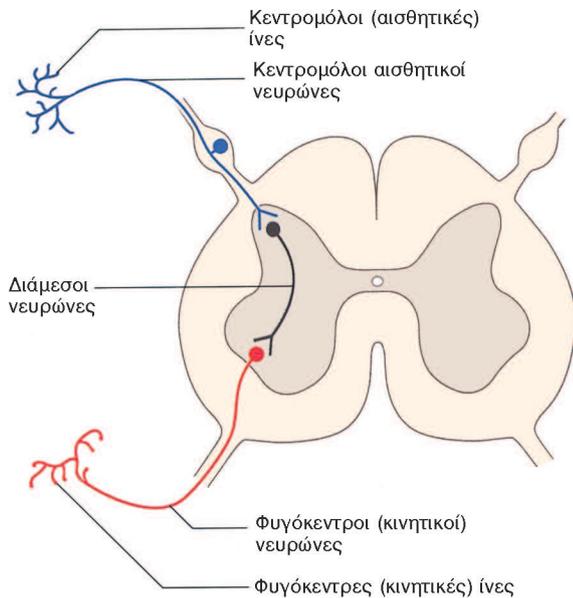
Αποτελεί μια γενική αρχή της οργάνωσης του κεντρικού νευρικού συστήματος ότι οι οδοί οι οποίοι μεταβιβάζουν αισθητικές πληροφορίες σε ένα ενσυνειδητο επίπεδο (το εγκεφαλικό ημισφαίριο) διασταυρώνονται ή **χιάζονται** από τη μία πλευρά του ΚΝΣ στην άλλη. Το ίδιο συμβαίνει και στις φυγόκεντρες οδούς, οι οποίες ξεκινούν από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια και οι οποίες ελέγχουν την κίνηση. Έτσι, γενικά κάθε εγκεφαλικό ημισφαίριο αντιλαμβάνεται την αίσθηση από το αντίθετο ημιμόριο του σώματος και ελέγχει τις κινήσεις αυτού.

### Στοιχεία και βασική οργάνωση του νευρικού συστήματος

- Η βασική δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι το νευρικό κύτταρο ή νευρώνας. Οι νευρώνες διαθέτουν ένα ηλεκτρικό δυναμικό στην μεμβράνη της τάξεως των  $-70$  mV.
- Ο νευρώνας λαμβάνει πληροφορίες πρωταρχικά διαμέσου των δενδριτών του και τα ηλεκτρικά δυναμικά μεταφέρονται μακριά από το κύτταρο με τον άξονα.
- Η πληροφορία διέρχεται μεταξύ των νευρώνων με χημική μεταφορά στις συνάψεις και επιδρούν σε άλλους νευρώνες, απελευθερώνοντας νευροδιαβιβαστές προσυναπτικά. Κατ' αυτόν τον τρόπο ενεργούν επί των υποδοχέων στη μετασυναπτική μεμβράνη με αποτέλεσμα ο νευροδιαβιβαστής να προκαλεί είτε εκπόλωση είτε υπερπόλωση του μετασυναπτικού κυττάρου.
- Τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι περισσότερο πολυάριθμα από τα νευρικά κύτταρα αλλά δεν μετέχουν άμεσα στην επεξεργασία των πληροφοριών.
- Τα ολιγοδενδροκύτταρα σχηματίζουν το μυελίνο έλυτρο το οποίο περιβάλλει τους νευράξονες (άξονες) και αυξάνουν το ρυθμό της αγωγιμότητας.
- Τα αστροκύτταρα μπορεί να σχηματίσουν τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό.
- Η μικρογλοία έχει φαγοκυτταρική λειτουργία όταν το νευρικό σύστημα τραυματίζεται.
- Το νευρικό σύστημα διαιρείται στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), το οποίο αποτελείται από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό και το περιφερικό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ), το οποίο αποτελείται από τα εγκεφαλικά και περιφερικά νεύρα και τους κλάδους τους.
- Το αυτόνομο νευρικό σύστημα νευρώνει σπλαχνικές δομές και είναι σημαντικό στην ομοίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος.
- Μεμονωμένοι νευρώνες προσδιορίζονται είτε ως κεντρομόλοι είτε ως φυγόκεντροι σε σχέση με το ΚΝΣ, ή ως διάμεσοι νευρώνες.
- Μέσα στο ΚΝΣ, περιοχές με άφθονα κυτταρικά σώματα νευρικών κυττάρων ή νευρικές ίνες, αποτελούν τη φαία και τη λευκή ουσία, αντίστοιχα.
- Το άθροισμα κυττάρων με όμοια λειτουργία είναι γνωστό ως πυρήνες.
- Οι οδοί ή τα δεμάτια νευρικών ιών συνδέουν απομακρυσμένες περιοχές.
- Γενικά, οι ανιούσες αισθητικές και κατιούσες κινητικές οδοί στο ΚΝΣ χιάζονται κατά μήκος της πορείας τους, έτσι ώστε κάθε πλευρά του εγκεφάλου να συνδέεται λειτουργικά με το ετερόπλευρο ημιμόριο του σώματος.

## Ανάπτυξη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

Στην αρχή της δεύτερης εμβρυϊκής εβδομάδας σχηματίζονται πρωτογενώς τρεις στιβάδες: το εξώδερμα, το μεσόδερμα και το ενδόδερμα. Ακολούθως, καθεμία από τις στιβάδες αυτές δίνουν γένεση σε ιδιαίτερους ιστούς και όργανα. Το εξώδερμα δίνει γένεση στο δέρμα και στο νευρικό σύστημα. Το μεσόδερμα σχηματίζει τον οστίτη, το μυϊκό και τον συνδετικό ιστό. Το ενδόδερμα δίνει γένεση στην πεπτική, αναπνευστι-

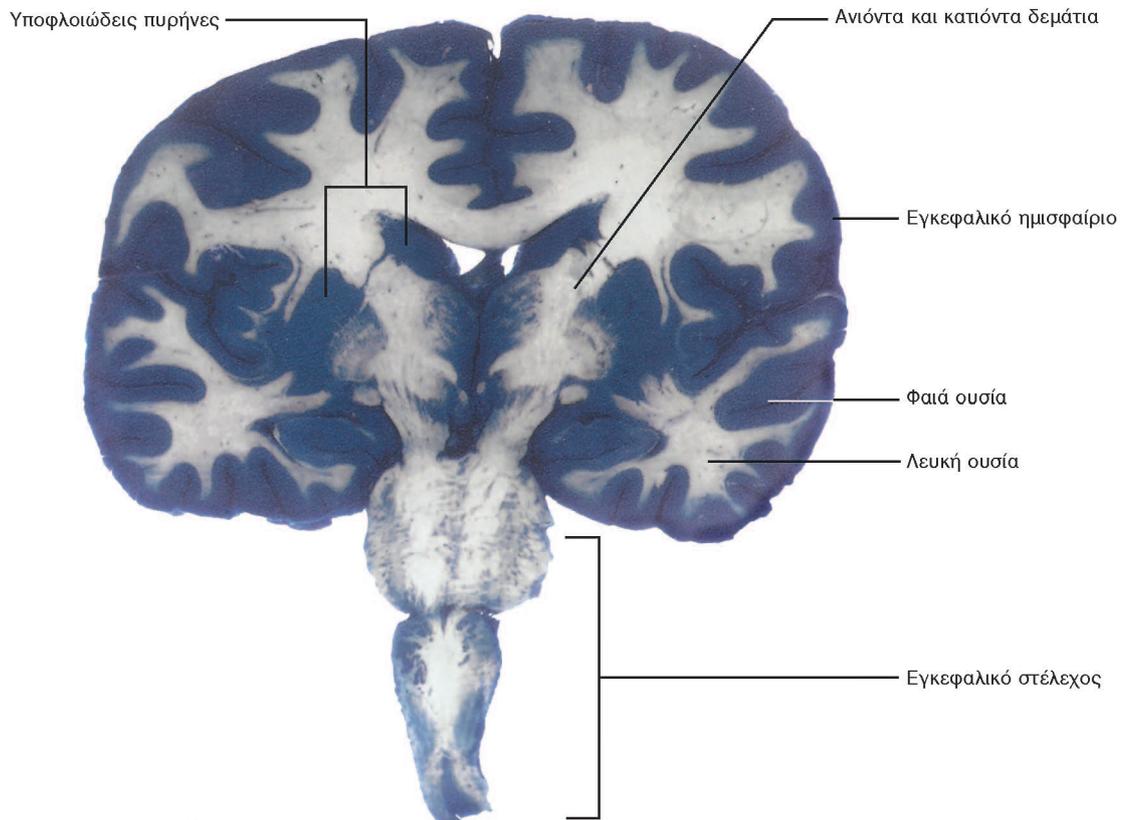


Εικόνα 1.4 Η γενική διεύθυνση των φυγόκεντρων, των κεντρομόλων και των διαμέσων νευρώνων.

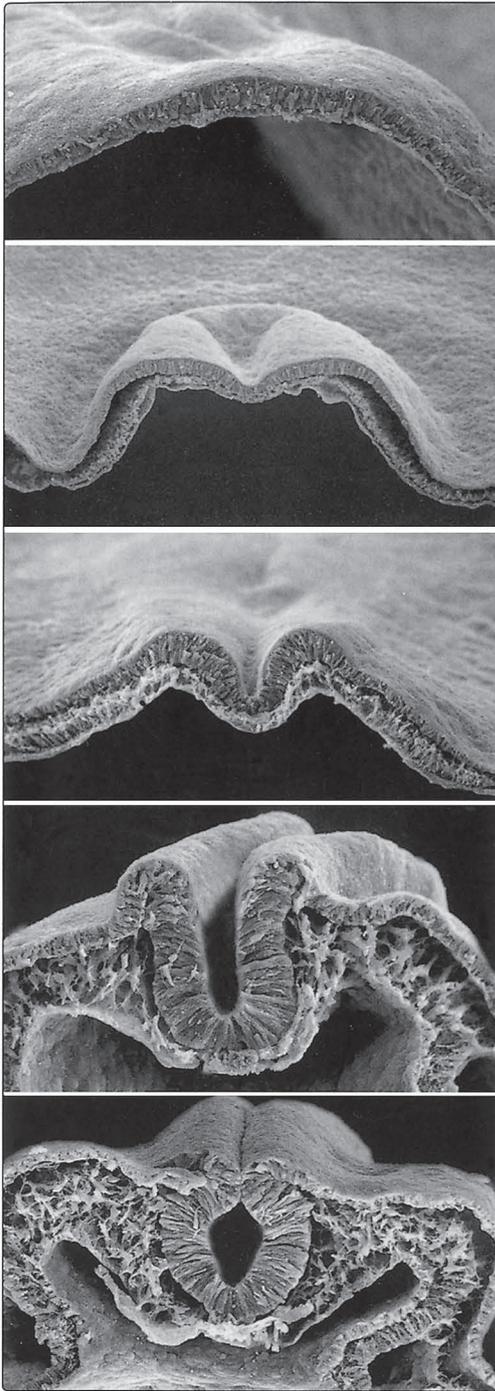
κή οδό και στο ουρογεννητικό σύστημα. Η διαδικασία του σχηματισμού του εμβρυϊκού νευρικού συστήματος καλείται νευρογένεση ή μυελογένεση. Κατά τη διάρκεια της 3ης εβδομάδας της εμβρυϊκής ανάπτυξης, η ραχιαία μέση γραμμή του εξωδέρματος αυξάνεται, παχύνεται και σχηματίζει τη **μυελική ή νευρική πλάκα** (Εικ. 1.6, 1.7). Τα έξω χείλη της μυελικής πλάκας ανέρχονται και σχηματίζουν τις **μυελικές ή νευρικές πτυχές** σε κάθε πλευρά μιας επιμήκουσ εμβάθυνσης στη μέση γραμμή, τη **μυελική ή νευρική αύλακα**. Οι μυελικές πτυχές εν συνεχεία συνενώνονται μεταξύ τους και κλείνουν τη μυελική αύλακα, δημιουργώντας τον **μυελικό ή νευρικό σωλήνα**. Μερικά κύτταρα από τις κορυφές των μυελικών πτυχών αποχωρούν και σχηματίζουν ομάδες οι οποίες βρίσκονται ραχιαία και προς τα έξω του μυελικού σωλήνα. Αυτές είναι γνωστές ως **μυελικές ή νευρικές ακρολοφίες**. Ο σχηματισμός του μυελικού σωλήνα συμπληρώνεται περίπου στα μέσα της 4ης εμβρυϊκής εβδομάδας.

Τεράστια αύξηση, παραμόρφωση και κυτταρική διαφοροποίηση συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ακολουθούσας μεταμόρφωσης του μυελικού σωλήνα στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ενήλικα. Αυτά συμβαίνουν στον μέγιστο βαθμό στο κεφαλικό τμήμα, από το οποίο αναπτύσσεται ο εγκέφαλος, ενώ από το ουραίο τμήμα αναπτύσσεται ο νωτιαίος μυελός. Η κεντρική κοιλότητα μέσα στο μυελικό σωλήνα εξελίσσεται στον κεντρικό σωλήνα του νωτιαίου μυελού και στις κοιλίες του εγκεφάλου. Οι μυελικές ακρολοφίες σχηματίζουν τα αισθητικά γάγγλια των νωτιαίων και των εγκεφαλικών νευρών, καθώς και τα γάγγλια του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

Καθώς η ανάπτυξη συνεχίζεται, μια επιμήκης αύλακα, η **μεθόριος αύλακα**, εμφανίζεται στην έσω επιφάνεια των πλαγίων τοιχωμάτων του εμβρυϊκού νωτιαίου μυελού και του ουραίου τμήματος του εγκεφάλου (Εικ. 1.8 Α). Τα ραχιαία και τα κοιλιακά κύτταρα σχηματίζουν ομάδες οι οποίες αναφέρονται ως πτερυγοειδές πέταλο και βασικό πέταλο αντίστοιχα. Τα νευρικά κύτταρα τα οποία αναπτύσσονται



Εικόνα 1.5 Μετωπιαία τομή διαμέσου του εγκεφάλου: απεικονίζεται η κατανομή της φαίας ουσίας και της λευκής. Η τομή έχει χρωσθεί με τη χρωστική Mulligan, η οποία χρωματίζει τη φαία ουσία μπλε, ενώ η λευκή ουσία είναι σχετικά χωρίς χρωστική.

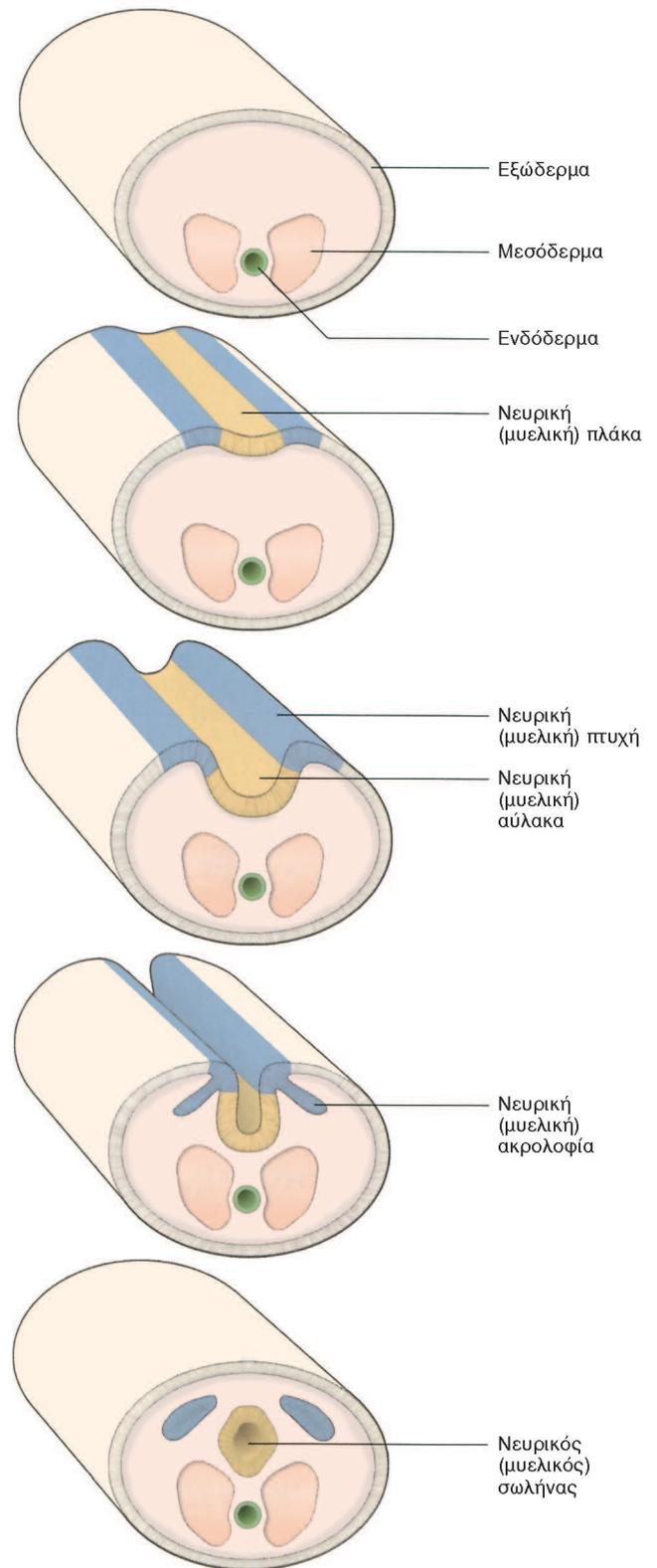


Εικόνα 1.6 Μικρογραφία με σαρωτικό μικροσκόπιο εγκάρσιας διατομής, διαμέσου του ραχιαίου εκτοδέρματος του εμβρύου, όπου παρουσιάζονται τα στάδια (από την κορυφή μέχρι τη βάση) του σχηματισμού του νευρικού σωλήνα (x140).

(Ευγενική προσφορά του Dr G. C. Schoenwolf, Department of Neurobiology and Anatomy, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, USA.)

μέσα στο πτερυγοειδές πέταλο έχουν κυρίως αισθητική λειτουργία, ενώ εκείνα που βρίσκονται στο βασικό πέταλο είναι κυρίως κινητικά. Η περαιτέρω ανάπτυξη επιφέρει διαφοροποίηση στη φαιά και στη λευκή ουσία. Η φαιά ουσία βρίσκεται κεντρικά γύρω από τον κεντρικό σωλήνα, ενώ η λευκή ουσία σχηματίζει την εξωτερική στιβάδα. Αυτό το βασικό αναπτυξιακό πρότυπο μπορεί εύκολα να αναγνωρισθεί στον νωτιαίο μυελό του ενήλικου (1.8B).

Κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη, το κεφαλικό τμήμα του νευρικού σωλήνα παρουσιάζει εκτεταμένη διαφοροποίηση και αναπτύσσεται για να σχηματίσει τον εγκέφαλο (Εικ. 1.9). Περίπου την 5η εβδομάδα μπορούν να αναγνωρισθούν τρία



Εικόνα 1.7 Ο σχηματισμός του νευρικού σωλήνα από το εμβρυϊκό εξώδερμα.

**αρχέγονα εγκεφαλικά κυστίδια:** ο **προσεγκέφαλος** (πρόσθιος εγκέφαλος), ο **μεσεγκέφαλος** (μέσος εγκέφαλος) και ο **ρομβοειδής εγκέφαλος** (οπίσθιος και έσχατος εγκέφαλος). Ο επιμήκης άξονας του αναπτυσσόμενου ΚΝΣ δεν παραμένει ευθύς αλλά ενδιπλώνεται από τον μέσο εγκέφαλο ή κεφαλική κάμψη, στη θέση που συνδέει τον πρόσθιο και τον μέσο εγκέφαλο και την αυχενική κάμψη που σχηματίζεται στο όριο μεταξύ του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού.

Κατά την έβδομη εμβρυϊκή εβδομάδα, περαιτέρω διαφοροποίηση δημιουργεί πέντε ευδιάκριτα **δευτερογενή εγκεφα-**