

Ανατομική και λειτουργική οργάνωση

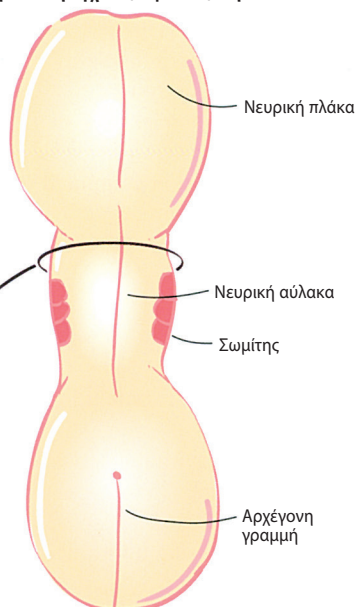
Μέρος 1

- 1 Ανάπτυξη του νευρικού συστήματος 14
- 2 Οργάνωση του νευρικού συστήματος 16
- 3 Αυτόνομο νευρικό σύστημα 18
- 4 Εντερικό νευρικό σύστημα 20
- 5 Μήνιγγες και εγκεφαλονωτιαίο υγρό 22
- 6 Αιμάτωση του εγκεφάλου 24
- 7 Κρανιακά νεύρα 26
- 8 Ανατομία του εγκεφαλικού στελέχους 28
- 9 Οργάνωση του νωτιαίου μυελού 30
- 10 Οργάνωση του εγκεφαλικού φλοιού και του θαλάμου 32
- 11 Υποθάλαμος 34

1 Ανάπτυξη του νευρικού συστήματος

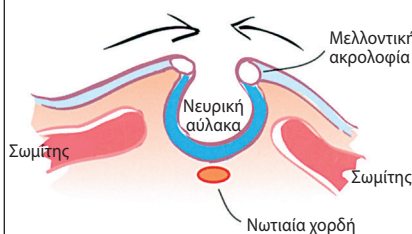
Ραχιαία όψη ανθρώπινου εμβρύου 20 ημερών

Πρόσθιο/ρυγχαίο (κεφαλικό) άκρο

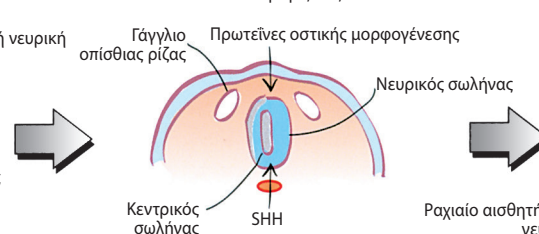


Οπίσθιο ουραίο άκρο

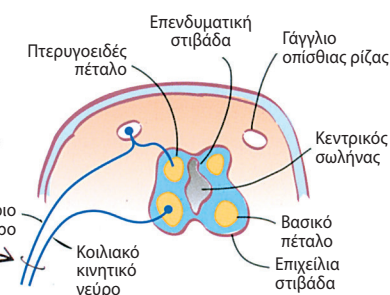
Ανάπτυξη νωτιαίου μυελού



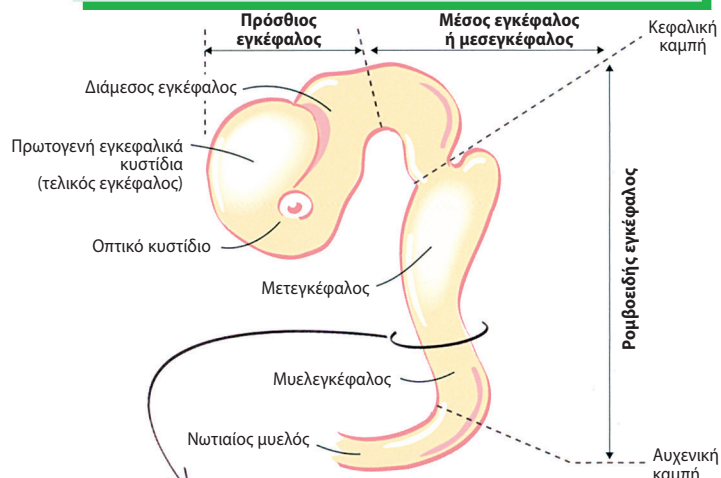
BMP = Πρωτεΐνη οστικής μορφογένεσης
SHH = Κοιλιακό τμήμα νωτιαίας χορδής



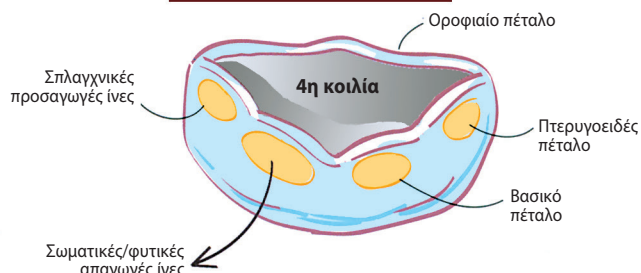
Το ραχιαίο και το κοιλιακό νεύρο συνενώνονται και σχηματίζουν το νωτιαίο νεύρο δηλαδή είναι μικτό νεύρο



Πλάγια όψη των εγκεφαλικών κυστιδίων σε ανθρώπινο έμβρυο 42 ημερών



Ανάπτυξη εγκεφαλικού στελέχους



Εμβρυϊκός εγκέφαλος		Ενήλικος εγκέφαλος (βλ. Κεφάλαιο 2)	Περιοχές κοιλιακού συστήματος (βλ. Κεφάλαιο 5)
Πρόσθιος εγκέφαλος	Τελικός εγκέφαλος	Εγκεφαλικός φλοιός Βασικά γάγγλια Ιππόκαμπος Οσφρητικός βολβός Βασικός πρόσθιος εγκέφαλος	Πλάγιες κοιλίες
	Διάμεσος εγκέφαλος	Ραχιαίος θάλαμος Υποθάλαμος	3η κοιλία
Μέσος εγκέφαλος		Μέσος εγκέφαλος (Άνω και κάτω διδύμια)	Υδραγωγός του εγκεφάλου
Ρομβοειδής εγκέφαλος	Μετεγκέφαλος	Παρεγκεφαλίδα Γέφυρα	4η κοιλία
	Μυελεκέφαλος	Προμήκης μυελός	4η κοιλία
	Νωτιαίος μυελός	Νωτιαίος μυελός	Κεντρικός σωλήνας

Τα πρώτα σημεία ένδειξης της ανάπτυξης του νευρικού συστήματος παρατηρούνται κατά την τρίτη εβδομάδα της κύησης, υπό την επίδραση χημικών παραγόντων από τη **νωτιαία χορδή**, με τον σχηματισμό μιας **νευρικής πλάκας** κατά μήκος της ραχιαίας επιφάνειας του εμβρύου. Αυτή η πλάκα διευρύνεται, πτυχώνεται (σχηματίζοντας τη **νευρική αύλακα**) και τα πλευρικά χείλη της συνενώνονται, για να σχηματιστεί ο **νευρικός σωλήνας**, ο οποίος σχηματίζει τελικά τον εγκέφαλο στο ρυγχαίο (κεφαλικό) του άκρο και τον νωτιαίο μυελό στο ουραίο τμήμα του. Αυτή η συνένωση ξεκινά κατά προσέγγιση στο μέσον της νευρικής αύλακας στο επίπεδο του 4ου σωματίου και συνεχίζει ουραία και κεφαλικά, με το κλείσιμο του οπίσθιου/ουραίου και πρόσθιου/κεφαλικού νευροπόρου κατά την τέταρτη εβδομάδα της κύησης.

Ανάπτυξη του νωτιαίου μυελού

Στο πλαίσιο της διαδικασίας σχηματισμού του νευρικού σωλήνα προκύπτει μια απομονωμένη ομάδα κυττάρων, η οποία αποκαλείται **νευρική ακρολοφία**.

- Η νευρική ακρολοφία επάγει το σχηματισμό μιας ποικιλίας κυττάρων, όπως τα **γάγγλια των οπισθίων ριζών (dorsal root ganglia, DRG)**, καθώς και περιφερικών συστατικών του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ· βλ. Κεφάλαιο 3).
- Τα DRG περιέχουν τα σώματα των αισθητικών κυττάρων, τα οποία προβάλλουν τους υπό ανάπτυξη νευράξονές τους εντός του εξίσου αναπτυσσόμενου νωτιαίου μυελού, αλλά και στο δέρμα.
- Αυτοί οι αναπτυσσόμενοι νευρωνικοί σχηματισμοί, ή αλλιώς νευρίτες, διαθέτουν έναν επεκτεινόμενο **αυξητικό κώνο**, ο οποίος συναντά τον κατάλληλο στόχο στην περιφέρεια και το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), χρησιμοποιώντας σήματα από μόρια κυτταρικής προσκόλλησης και διαχεόμενων νευροτροφικών παραγόντων (βλ. Κεφάλαιο 48).

Ο νευρικός σωλήνας περιβάλλει τον νευρικό αυλό, που σχηματίζει τον νευρικό σωλήνα του πλήρως ανεπτυγμένου νωτιαίου μυελού.

- Ο σωλήνας ο ίδιος περιέχει τους νευροβλάστες (**επενδυματική στιβάδα**), οι οποίοι διαιρούνται και μεταναστεύουν εκτός, προς την **ενδιάμεση στιβάδα**, όπου και πλέον διαφοροποιούνται σε νευρώνες, για να σχηματίσουν τη φαιά ουσία του νωτιαίου μυελού (βλ. Κεφάλαιο 2).
- Οι αναπτυσσόμενοι σχηματισμοί από τους νευροβλάστες επεκτείνονται εξωτερικά, προς την **επιχειλία στιβάδα**, η οποία τελικά σχηματίζει τη λευκή ουσία του νωτιαίου μυελού.
- Οι διαιρούμενοι νευροβλάστες χωρίζονται σε δύο διακριτούς πληθυσμούς, στο **περυγοειδές** και το **βασικό πέταλο**. Αυτοί οι σχηματισμοί στη συνέχεια θα σχηματίσουν τα οπίσθια και πρόσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού, ενώ ένα μικρό πλάγιο κέρα από σπλαγχνικούς απαγωγούς νευρώνες (μέρος του ΑΝΣ) αναπτύσσεται ανάμεσά τους στη θωρακική και ανώτερη οσφυϊκή μοίρα (βλ. Κεφάλαιο 3).
- Αυτός ο προσθιοπίσθιος τρόπος ανάπτυξης οφείλεται κατά ένα μέρος σε χημικούς παράγοντες [**πρωτεΐνες οστικής μορφογένεσης (bone morphogenetic proteins, BMP)**] που εκκρίνονται από το ραχιαίο τμήμα ή σε παράγοντες που εκκρίνονται από το κοιλιακό τμήμα της νωτιαίας χορδής (**sonic hedgehog, SHH**).

Ανάπτυξη του εγκεφάλου

Νευρογένεση μετά την ενηλικίωση

Μέχρι προσφάτως θεωρείτο ότι δεν είναι δυνατόν να υπάρξει νευρογένεση στον εγκέφαλο των ενήλικων θηλαστικών όντων. Ωστόσο, διαφαίνεται πλέον ξεκάθαρα ότι μπορούν να παρατηρηθούν αρχέγονα νευρικά

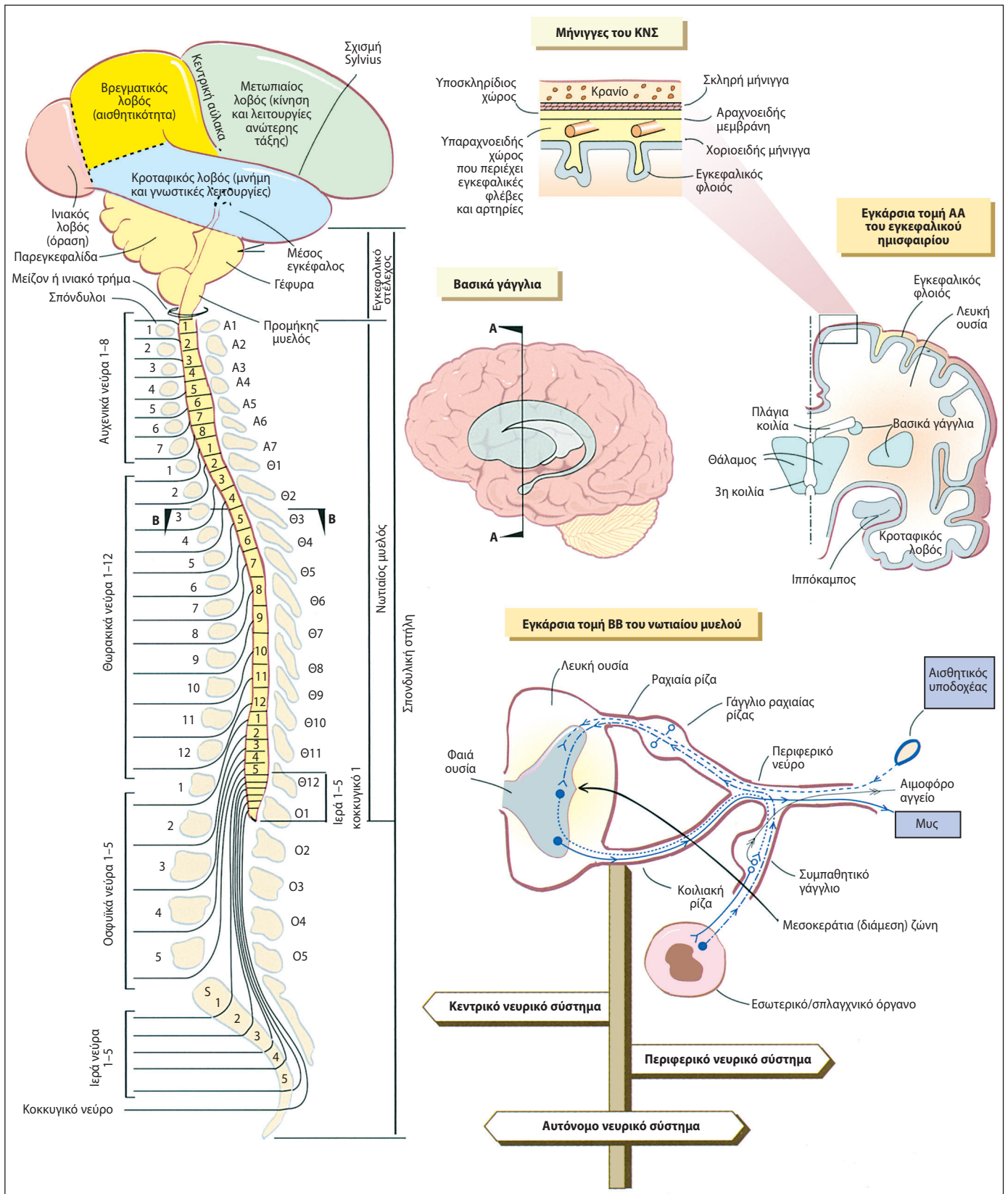
κύτταρα στο ώριμο ΚΝΣ, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου. Αυτά τα κύτταρα απαντώνται κυρίως στην οδοντωτή έλικα του ιπποκάμπου (βλ. Κεφάλαιο 45) και ακριβώς δίπλα από τις πλάγιες κοιλίες στην υποκοιλιακή ζώνη (SVZ). Ενδέχεται αυτά τα κύτταρα να απαντώνται και σε άλλες περιοχές του ώριμου ΚΝΣ. Αυτά τα κύτταρα αντιδρούν σε πλήθος σημάτων και φαίνεται ότι παράγουν λειτουργικούς νευρώνες στον ιππόκαμπο και τον οσφρητικό βολβό, καθώς τα τελευταία (του οσφρητικού βολβού) μεταναστεύουν από την SVZ στον οσφρητικό βολβό μέσω της ρυγχιαίας μεταναστευτικής οδού (RMS). Μπορεί, ως εκ τούτου, να επιτελούν κάποιο ρόλο σε συγκεκριμένα είδη της μνήμης και πιθανότατα στον τρόπο με τον οποίο δρουν θεραπευτικά ορισμένα φάρμακα, όπως τα αντικαταθληπτικά (βλ. Κεφάλαιο 57).

Ανωμαλίες του κεντρικού νευρικού συστήματος κατά την εμβρυογένεση

- Η **ανεγκεφαλία** παρατηρείται όταν παρουσιάζεται αποτυχία στη σύγκλειση του πρόσθιου κεφαλικού νευροπόρου. Τα εγκεφαλικά κυστίδια αποτυγχάνουν να σχηματιστούν και, κατ' αυτόν τον τρόπο, δεν αναπτύσσεται ο εγκέφαλος. Σε μεγάλο ποσοστό έμβρυα με τέτοιου είδους ανωμαλία αποβάλλονται αυτομάτως.
- Η **δισχιδής ράχη** αναφέρεται σε κάθε έλλειμμα του κατώτερου άκρου της σπονδυλικής στήλης ή/και του νωτιαίου μυελού. Η πιο συχνή μορφή της αναφέρεται σε αποτυχία συνένωσης των ραχιαίων τμημάτων των κατώτερων σπονδύλων (**λανθάνουσα δισχιδής ράχη**). Μπορεί να συσχετίζεται με ελλείμματα σύγκλεισης με ενδεχόμενο αποτέλεσμα την προβολή μηνίγγων και νευρικού ιστού μέσω του ελλείμματος της σπονδυλικής στήλης και του σχηματισμού **μηνιγγοκήλης** και **μηνιγγομυελοκήλης**, αντιστοίχως. Η πιο σοβαρή μορφή δισχιδούς ράχης παρουσιάζεται όταν ο νευρικός ιστός εκτίθεται άμεσα, καθώς αποτυγχάνει να συνενωθεί ο οπίσθιος ουραίος νευροπόρος. Η δισχιδής ράχη συχνά συνοδεύεται από υδροκέφαλο (βλ. Κεφάλαιο 5). Κάποιες φορές ελλείμματα οστών ανευρίσκονται στη βάση του κρανίου, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας **μηνιγγοκήλης**. Ωστόσο, σε αντίθεση με την κατάσταση στο κατώτερο τμήμα του νωτιαίου μυελού, συχνά αυτά τα ελλείμματα μπορούν να επιδιορθωθούν, χωρίς να προκύψει κάποια νευρολογική διαταραχή.
- Η **φλοιική δυσπλασία** αναφέρεται σε ένα φάσμα διαταραχών οι οποίες οφείλονται σε ανωμαλίες κατά τη μετανάστευση των αναπτυσσόμενων νευρώνων του φλοιού. Αυτού του είδους οι διαταραχές αναγνωρίζονται με ολοένα αυξανόμενη ταχύτητα, χάρη στη βελτιωμένη απεικόνιση του ανθρώπινου ΚΝΣ. Επιπλέον, είναι γνωστό επί του παρόντος ότι αυτές οι διαταραχές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα αίτια των **επιληπτικών κρίσεων** (βλ. Κεφάλαιο 61).
- Πολλές ενδομήτριες λοιμώξεις (όπως η ερυθρά), αλλά και περιβαλλοντικοί παράγοντες (όπως η ακτινοβολία) προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην ανάπτυξη του νευρικού μας συστήματος. Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός σπάνιων γενετικών παθήσεων συσχετίζονται με διαταραχές στην ανάπτυξη του ΚΝΣ, ωστόσο αυτές δεν περιλαμβάνονται στους σκοπούς αυτού του βιβλίου.

Το γνώριζες αυτό;

Ο ώριμος ανθρώπινος εγκέφαλος συνεχίζει τη δημιουργία νέων νευρώνων καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής· μπορούμε να προωθήσουμε τη δημιουργία νέων νευρώνων με ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, όπως η άσκηση, η εκμάθηση νέων δεξιοτήτων και η κοινωνικοποίηση, για παράδειγμα.



Το νευρικό σύστημα μπορεί να διαιρεθεί σε τρία κύρια μέρη: **αυτόνομο (ΑΝΣ)**, **περιφερικό (ΠΝΣ)** και **κεντρικό (ΚΝΣ) νευρικό σύστημα**. Το ΠΝΣ αποτελείται από τα νεύρα εκείνα που εκτείνονται έξω από τον εγκέφαλο, το εγκεφαλικό στέλεχος (ΣΤΕ: το εγκεφαλικό στέλεχος αποτελεί μέρος του εγκεφάλου) ή τον νωτιαίο μυελό, ενώ το ΚΝΣ περιλαμβάνει τα κύτταρα που εμπεριέχονται στις δομές που μόλις αναφέρθηκαν.

Αυτόνομο νευρικό σύστημα

- Το **ΑΝΣ** εμφανίζει τόσο κεντρική όσο και περιφερική μοίρα και ασχολείται με την εννεύρωση των σπλαγχνικών οργάνων και αδένων (βλ. Κεφάλαιο 3): παίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των ενδοκρινικών και ομοιοστατικών συστημάτων του σώματος (βλ. Κεφάλαιο 3, 11). Η περιφερική του μοίρα περιλαμβάνει το **εντερικό** (βλ. Κεφάλαιο 4), το **συμπαθητικό** και το **παρασυμπαθητικό σύστημα** (βλ. Κεφάλαιο 3).
- Οι απαγωγείς ίνες του προέρχονται είτε μέσω της **μεσοκεράτιας** ή **δι-άμεσης ζώνης** (ή **πλάγιου κέρας**) του νωτιαίου μυελού είτε μέσω ειδικών κρανιακών νευρών και πυρήνων της ιεράς μοίρας και συνάπτονται σε **γάγγλια**, τα οποία είναι διαφορετικά στο συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό σύστημα. Οι προσαγωγείς ίνες που προέρχονται από τα όργανα που εννεύρονται από το ΑΝΣ διέρχονται μέσω των οπισθίων ριζών στον νωτιαίο μυελό.

Περιφερικό νευρικό σύστημα

- Το ΠΝΣ αποτελείται από νευρικές δεσμίδες που αποτελούνται από προσαγωγούς ίνες ή νευράξονες, που μεταφέρουν αισθητηριακές πληροφορίες προς τον νωτιαίο μυελό και το εγκεφαλικό στέλεχος, αλλά και από απαγωγούς ίνες, που μεταβιβάζουν ώσεις κυρίως προς τους μυς.
- Βλάβη σε κάποιο νεύρο οδηγεί σε αδυναμία των μυών που εννεύρονται από αυτό, αλλά και σε απώλεια της αισθητικότητας από την αντίστοιχη περιοχή του σώματος.
- Ορισμένες φορές τα περιφερικά νεύρα σχηματίζουν ένα πυκνό δίκτυο ή πλέγμα κοντά στον νωτιαίο μυελό (π.χ., το βραχιόνιο πλέγμα του άνω άκρου).
- Τα περιφερικά νεύρα συνδέονται με τον νωτιαίο μυελό μέσω οστικών τρημάτων των οστών (ή **σπονδύλων**) της σπονδυλικής στήλης ή με τον εγκέφαλο μέσω τρημάτων του κρανίου.

Νωτιαίος μυελός

- Ο **νωτιαίος μυελός** ξεκινά από το **ινιακό** ή **μείζον τρήμα**, το οποίο βρίσκεται στη βάση του κρανίου, εκεί ακριβώς που τελειώνει το κατώτερο μέρος του εγκεφαλικού στελέχους (προμήκης μυελός). Στα ενήλικα άτομα ο νωτιαίος μυελός τελειώνει στον πρώτο οσφυϊκό σπόνδυλο και δημιουργεί 30 ζεύγη (ή 31, εφόσον συμπεριληφθεί και το κοκκυγικό ζεύγος) νωτιαίων νευρών, τα οποία εξέρχονται από τον νωτιαίο μυελό ανάμεσα από τα οστά της σπονδυλικής στήλης.
- Τα πρώτα 8 ζεύγη νωτιαίων νευρών ξεκινούν από την **αυχενική μοίρα του νωτιαίου μυελού**, με το πρώτο ζεύγος να εξέρχεται πάνω από τον πρώτο αυχενικό σπόνδυλο, ενώ τα επόμενα 12 ζεύγη των κρανιακών νευρών ξεκινούν από τη **θωρακική μοίρα του νωτιαίου μυελού**. Τα υπόλοιπα 10 ζεύγη κρανιακών νευρών εκπορεύονται από το κατώτερο τμήμα του νωτιαίου μυελού, πέντε από την **οσφυϊκή** και άλλα πέντε από την **ιερή μοίρα**.
- Τα νωτιαία νεύρα αποτελούνται από την **πρόσθια** ή **κοιλιακή ρίζα** που εννεύρει τους σκελετικούς μυς, ενώ η **οπίσθια** ή **ραχιαία ρίζα** μεταφέρει αισθητηριακές πληροφορίες προς τον νωτιαίο μυελό από το δέρμα, το οποίο (δέρμα) έχει κοινή εμβρυολογική προέλευση με το συγκεκριμένο σημείο του νωτιαίου μυελού (βλ. Κεφάλαιο 1). Οι ίνες των οπισθίων ριζών έχουν τα κυτταρικά τους σώματα εντός των **οπίσθιων νωτιαίων γαγγλίων**, τα οποία εντοπίζονται ακριβώς έξω από τον σπονδυλικό σωλήνα.
- Ο νωτιαίος μυελός αποτελείται από λευκή και φαιά ουσία. Η **λευκή ουσία** είναι το τμήμα εκείνο του νωτιαίου μυελού που περιέχει τις νευρικές ίνες οι οποίες σχηματίζουν τις **ανιούσες** και τις **κατιούσες οδούς του νωτιαίου μυελού**. Η **φαιά ουσία** εντοπίζεται στο κέντρο του νωτιαίου μυελού και περιλαμβάνει τα κυτταρικά σώματα των νευρώνων (βλ. Κεφάλαιο 9).

Εγκεφαλικό στέλεχος, κρανιακά νεύρα και παρεγκεφαλίδα

- Ο νωτιαίος μυελός οδηγεί στο **εγκεφαλικό στέλεχος**, το οποίο βρίσκεται στη βάση του εγκεφάλου και περιλαμβάνει τον **προμήκη μυελό**, τη **γέφυρα** και τον **μέσο εγκέφαλο** (ή μεσεγκέφαλο, όπως συχνά αποκαλείται, αν και αυτός ο όρος τυπικά παραπέμπει στο μέσο πρωτογενές εγκεφαλικό κυστίδιο που δημιουργείται την 4η εβδομάδα της εμβρυϊκής ανάπτυξης): περιέχει διακριτές ομάδες νευρώνων ή πυρήνων για τα 10 από τα 12 κρανιακά νεύρα, με εξαίρεση το πρώτο (οσφρητικό) και το δεύτερο (οπτικό) νεύρο (βλ. Κεφάλαιο 7).
- Το εγκεφαλικό στέλεχος και η **παρεγκεφαλίδα** αποτελούν τις δομές του οπίσθιου κρανιακού βόθρου.
- Η παρεγκεφαλίδα συνδέεται με το εγκεφαλικό στέλεχος μέσω τριών ζευγαριών παρεγκεφαλιδικών σκελών, ενώ σχετίζεται λειτουργικά με τον συντονισμό των κινήσεων (βλ. Κεφάλαιο 40).

Εγκεφαλικά ημισφαίρια

- Τα **εγκεφαλικά ημισφαίρια** αποτελούνται από **τέσσερις κύριους λοβούς**: **ινιακό**, **βρεγματικό**, **κροταφικό** και **μετωπιαίο λοβό**. Στην εσωτερική πλευρά του κροταφικού λοβού παρατηρείται μία σειρά δομών που αποτελούν μέρος του μεταιχμιακού συστήματος (βλ. Κεφάλαιο 45).
- Το εξωτερικό στρώμα του εγκεφαλικού ημισφαιρίου ορίζεται ως **εγκεφαλικός φλοιός** και περιέχει νευρώνες που οργανώνονται τόσο εγκάρσια (σε οριζόντιες στιβάδες) όσο και κάθετα (σε κάθετες στήλες) (βλ. Κεφάλαιο 10).
- Διάφορες περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού συνδέονται μεταξύ τους μέσω επιμήκων υποφλοιικών νευρικών οδών. Αυτά τα «μονοπάτια», μαζί με εκείνες τις οδούς που συνδέουν τον εγκεφαλικό φλοιό με τον νωτιαίο μυελό, με το εγκεφαλικό στέλεχος και με τους εν τω βάθει πυρήνες, αποτελούν τη **λευκή ουσία του εγκεφαλικού ημισφαιρίου**. Αυτοί οι εν τω βάθει πυρήνες περιλαμβάνουν δομές, όπως τα **βασικά γάγγλια** (βλ. Κεφάλαιο 41 και 42) και ο **θάλαμος** (βλ. Κεφάλαιο 10).

Μήνιγγες

- Το ΚΝΣ, που περιβάλλεται από το κρανίο και τη σπονδυλική στήλη, διαχωρίζεται από αυτές τις δομές μέσω μιας σειράς μεμβρανών, που αποκαλούνται **μήνιγγες**.
- Η **χοριοειδής μήνιγγα** διαχωρίζεται από τη λεπτή **αραχνοειδή μήνιγγα** με τον υπαραχνοειδή χώρο (όπου βρίσκεται το εγκεφαλονωτιαίο υγρό) και αυτή με τη σειρά της διαχωρίζεται από τη **σκληρά μήνιγγα** μέσω του υποσκληρίδιου χώρου (βλ. Κεφάλαιο 5).

Το γνώριζες αυτό;

Κάθε ημισφαίριο επιτελεί συγκεκριμένες κατά βάση (επικρατείς) λειτουργίες: ποιο είναι το δικό σου επικρατές ημισφαίριο; (ΣΤΕ: Ψύχω από το ζήτημα αυτό έχουν αναπτυχθεί ορισμένες υπεραπλουστευτικές προσεγγίσεις και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς δεν λειτουργούν ανεξάρτητα αλλά συμπληρωματικά το ένα προς το άλλο).

