

# 1

## Νευρώνας

### Γενικά για τον νευρικό ιστό

Ο νευρικός ιστός αποτελείται από τα **νευρικά κύτταρα** ή **νευρώνες**, τις **αποφυάδες των νευρικών κυττάρων** και τα **νευρογλοιακά κύτταρα**. Να σημειωθεί ότι τα αιμοφόρα αγγεία και οι μήνιγγες δεν υπάγονται στον νευρικό ιστό. Τα νευρικά κύτταρα με τις αποφυάδες τους μεταβιβάζουν διεγέρσεις, ενώ τα νευρογλοιακά κύτταρα χρησιμεύουν για τη στήριξη, τη διατροφή και την απομόνωση των νευρικών κυττάρων.

### ΝΕΥΡΩΝΑΣ

#### Γενικά για τον νευρώνα<sup>1</sup>

Έτσι αποκαλείται το σώμα του νευρικού κυττάρου με όλες τις προεκτάσεις του που καλούνται αποφυάδες. Τα νευρικά κύτταρα που αποτελούν τη δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος, επιτελούν τις εξής δράσεις: α) συλλογή διαφόρων πληροφοριών από τους αισθητικούς υποδοχείς, β) μεταβίβαση των πληροφοριών υπό τη μορφή νευρικής διέγερσης σε απομακρυσμένες από τους αισθητικούς υποδοχείς, περιοχές, γ) επεξεργασία και ανάλυση των πληροφοριών με ταυτόχρονη δημιουργία μνημονικής παρακαταθήκης και δ) δημιουργία και αποστολή των διαφόρων ερεθισμάτων των νευρικών οδών στα εκτελεστικά κύτταρα (π.χ. γραμμωτός, λείος, καρδιακός μυς, αδενικό επιθήλιο).

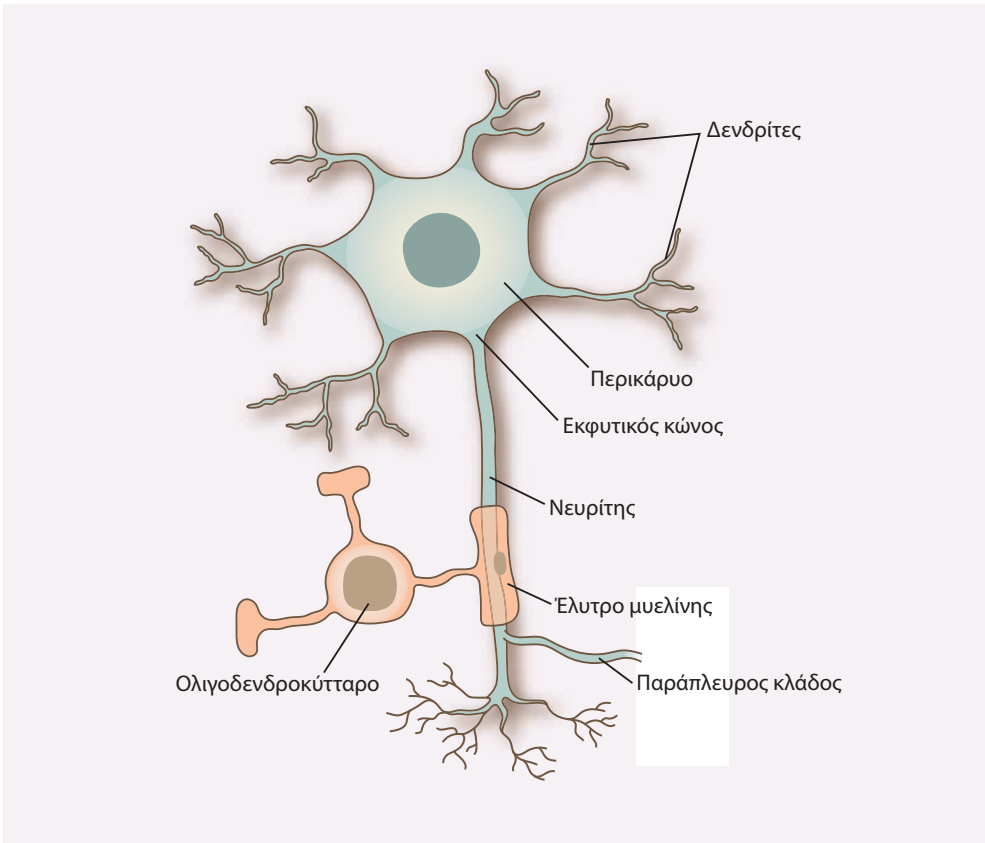
Οι νευρώνες εντοπίζονται στον *εγκέφαλο*, στον *νωτιαίο μυελό* και στα *γάγγλια*.

Στον άνθρωπο, όπως και στα ανώτερα ζώα η συντριπτική πλειοψηφία των νευρώνων βρίσκεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Ο υψηλός αριθμός νευρώνων στο ανθρώπινο σώμα, καθώς και η πολυπλοκότητα και εξειδίκευση των συνδέσεων τους παρέχει στον άνθρωπο μια ποικιλομορφία αντιδράσεων και συμπεριφορών.

Ο νευρώνας αποτελείται από το **κυτταρικό σώμα** ή **περικάρυο**, από πολυάριθμες και πολύσχιστες **αποφυάδες**, τους **δενδρίτες** και από μία επιμήκη αποφυάδα, τον **νευρίτη** ή **άξονα**. Κάθε νευρώνας εμφανίζει έναν νευρίτη και έναν ή περισσότερους δενδρίτες. Ο νευρίτης λειτουργικά διαφέρει από τους δενδρίτες, γιατί μεταφέρει το ερέθισμα από το κύτταρο στην περιφέρεια. Οι δενδρίτες μεταφέρουν τις διεγέρσεις από την περιφέρεια προς το νευρικό κύτταρο (Σχ. 1).

---

1. Η πρώτη περιγραφή των νευρώνων του κεντρικού νευρικού συστήματος έγινε από τον Johannes Purkinje (1787-1869). Αργότερα το 1865, ο Otto Deiters, περιέγραψε τους νευρώνες με τις αποφυάδες τους, ενώ το 1873 ο Gamillo Golgi ασχολήθηκε με τη γενική μορφολογία των νευρώνων. Τέλος, ο όρος «νευρώνας» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1891, από τον Waldeyer.



**Σχήμα 1** Νευρώνας.

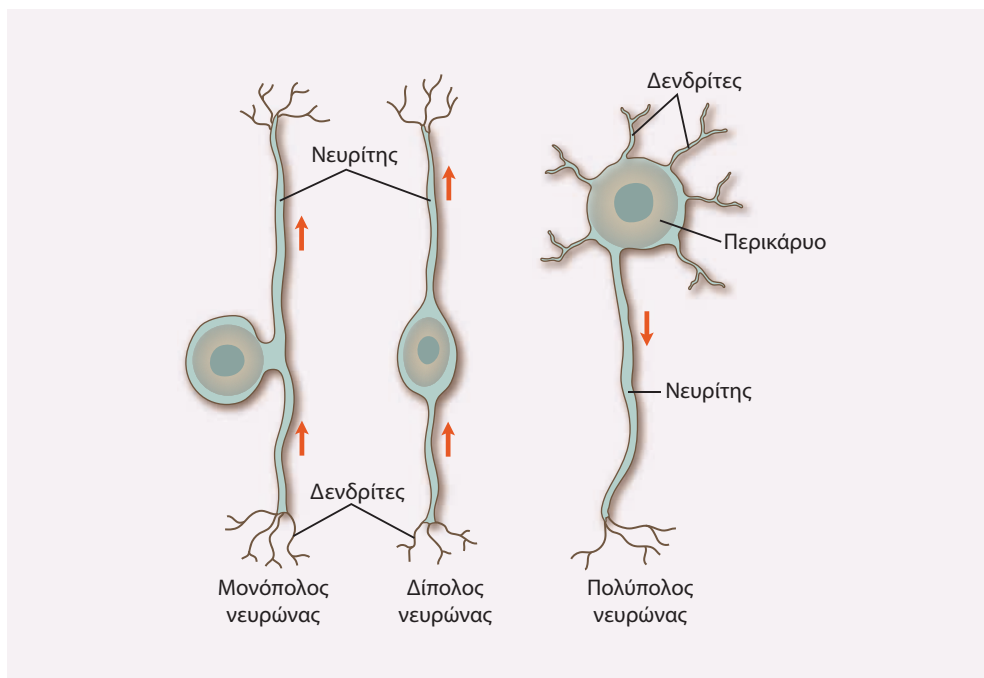
Στο κεντρικό νευρικό σύστημα, τα περισσότερο διακριτά ανατομικά στοιχεία είναι τα σώματα των νευρικών κυττάρων. Συναθροίσεις κυτταρικών σωμάτων απεργάζονται τον επονομαζόμενο *πυρήνα*, ενώ όταν τα κυτταρικά σώματα διατάσσονται σε οριζόντια ή κάθετη κατεύθυνση γίνεται λόγος για *κυτταρικές στιβάδες* ή *στήλες*, αντίστοιχα. Οι νευρίτες και οι денδρίτες όπου συντελείται η συναπτική επαφή, αποκαλούνται και *νευρικές ίνες*, ενώ οργανωμένες δεσμίδες νευρικών ινών που φέρονται κεντρομόλα ή φυγόκεντρα και μεταδίδουν ένα ερέθισμα συγκεκριμένης ποιοτικής διαβάθμισης καλούνται *νευρικές οδοί*.

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΩΝ

Οι νευρώνες ποικίλλουν ανάλογα με το σχήμα, το μέγεθος και τον αριθμό των νευριτών τους και ιδιαίτερα ανάλογα με τη σχέση του νευρίτη και των δενδριτών με το κυτταρικό σώμα και διακρίνονται σε **μονόπολους**, **δίπολους** και **πολύπολους νευρώνες**<sup>1</sup> (Σχ. 2).

**Μονόπολοι ή ψευδομονόπολοι νευρώνες:** Απαντώνται στα αισθητικά γάγγλια, εμφανίζουν σφαιρικό σχήμα και φέρουν έναν μόνο νευρίτη, ο οποίος αποσχίζεται σύντομα

1. Τις διάφορες μορφές των νευρώνων περιέγραψε για πρώτη φορά, ο Kölliker στα μέσα του 19ου αιώνα.



**Σχήμα 2** Χαρακτηριστικοί τύποι νευρώνων.

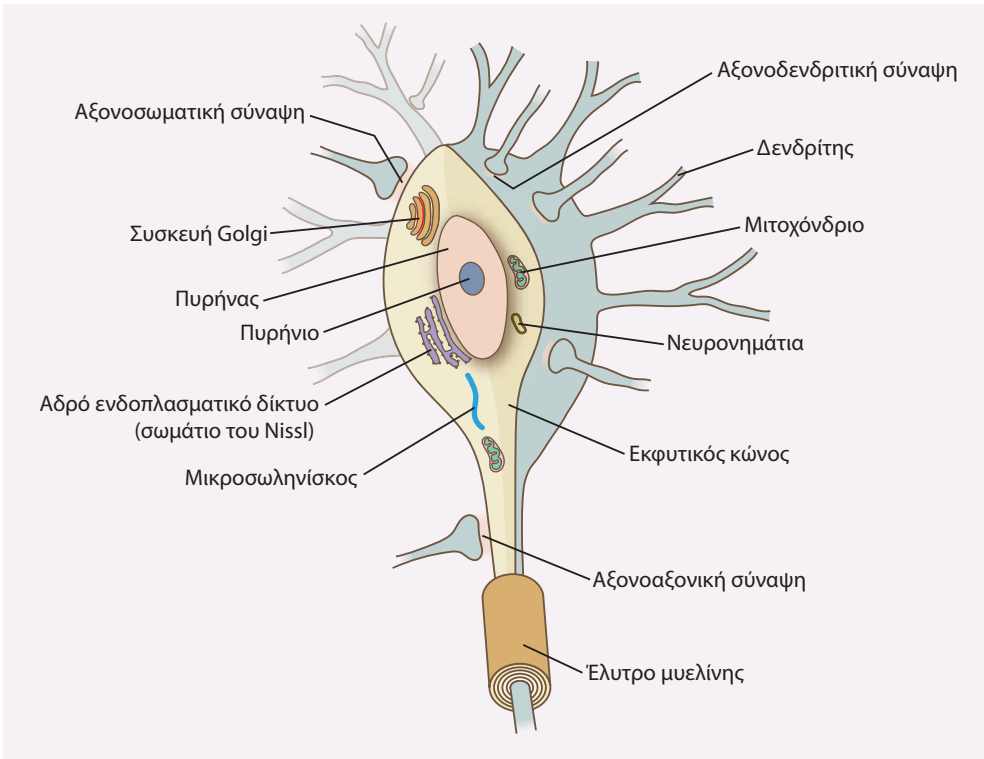
δίκην Τ σε κεντρομόλο και φυγόκεντρο κλάδο. Ο κεντρομόλος κλάδος μεταφέρει τις διεγέρσεις προς το κεντρικό νευρικό σύστημα, ενώ ο φυγόκεντρος κλάδος μεταφέρει τις διεγέρσεις από κάποια περιφερική ανατομική δομή.

**Δίπολοι νευρώνες:** Απαντώνται στον αμφιβληστροειδή, στον οσφρητικό βλεννογόνο, καθώς και στα αισθητικά γάγγλια του αιθουσαίου και του κοχλιακού νεύρου. Οι νευρώνες αυτοί αποτελούνται από ένα επίμηκες σώμα, με μία αποφυάδα σε κάθε πόλο του. Οι αποφυάδες αυτές, μία δενδριτική και μία αξονική είναι ισοδύναμα αναπτυγμένες. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι *διάμεσοι νευρώνες* που εξυπηρετούν τοπικές συνδέσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

**Πολύπολοι νευρώνες:** Απαντώνται στο κεντρικό νευρικό σύστημα και εμφανίζουν πολλές αποφυάδες, εκφυόμενες από ένα, ανώμαλου σχήματος, ευμέγεθες κυτταρικό σώμα. Ουσιαστικά, εμφανίζουν έναν μακρό νευρίτη και πολυάριθμους δενδρίτες. Αποτελούν την πλειοψηφία των νευρώνων.

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

► Υπάρχουν και οι λεγόμενοι **αναξονικοί νευρώνες** που δεν έχουν νευράξονες, αλλά μόνο δενδρίτες που παραλαμβάνουν ερεθίσματα αλλά και στέλνουν εκτελεστικά μηνύματα. Αυτοί εντοπίζονται στον αμφιβληστροειδή. Επίσης, υπάρχουν και κύτταρα που χαρακτηρίζουν ορισμένα τμήματα του εγκεφάλου, όπως είναι τα κύτταρα του Purkinje της παρεγκεφαλίδας που είναι ευμεγέθη με πολλαπλές αποφυάδες.



**Σχήμα 3** Δομή του νευρώνα.

## ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΩΝΑ Ή ΠΕΡΙΚΑΡΥΟ

Το κυτταρικό σώμα αποτελεί διατροφικό, μεταβολικό και γενετικό κέντρο του νευρώνα. Η δομική ακεραιότητα του κυτταρικού σώματος είναι απαραίτητη για την επιβίωση των αποφυάδων του.

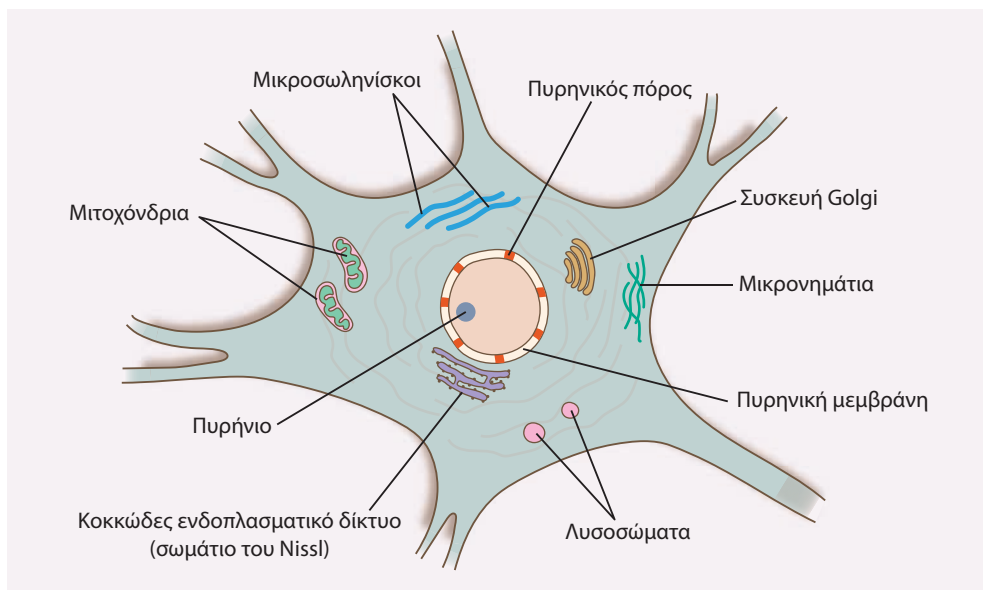
Αρκετές φορές ο όγκος του κυτταρικού σώματος είναι μικρότερος του συνολικού όγκου του κυτταροπλάσματος των αποφυάδων του νευρώνα. Το μέγεθος του κυτταρικού σώματος αντανακλά την «ποσότητα» του κυτταροπλάσματος που υπάρχει στις αποφυάδες. Έτσι, μερικά από τα μεγαλύτερα κυτταρικά σώματα είναι εκείνα που βρίσκονται σε νευρώνες με μακρούς και παχείς νευράξονες.

Το κυτταρικό σώμα που περιβάλλεται από την κυτταροπλασματική μεμβράνη, περικλείει τον πυρήνα του (Σχ. 3).

### Πυρήνας

Βρίσκεται στο κέντρο περίπου του κυτταρικού σώματος και είναι ευμεγέθης, ωχρός και στρογγυλός ή ωσειδής.

Περιέχει, όπως σε όλα τα κύτταρα, το γενετικό υλικό του νευρώνα. Συνήθως, περιέχει ένα μεγάλο κεντρικό **πυρήνιο**, το οποίο σχετίζεται με υψηλού βαθμού μεταγραφική δραστηριότητα. Το πυρήνιο αυτό στα θήλεια άτομα εμπεριέχει το *σώματιο του Barr*, δηλαδή



**Σχήμα 4** Κατασκευή του νευρώνα.

τη χρωματίνη του φύλου από το δεύτερο X χρωματόσωμα που είναι ιδιαίτερα εμφανής στο πυρηνόπλασμα.

### Κυτταρόπλασμα (ή περικάρυο)

Είναι πλούσιο σε κοκκώδες και άκοκκο ενδοπλασματικό δίκτυο (Σχ. 4).

Περιέχει τα ακόλουθα *οργανίδια* και *έγκλειστα*: **σωμάτια του Nissl** (θεωρείται ότι παράγουν πρωτεΐνη, που αντικαθιστά τις πρωτεΐνες που διασπώνται κατά την κυτταρική λειτουργία), πολυάριθμα **μιτοχόνδρια**, **συσσκευή του Golgi** (μεταξύ των άλλων «ευθύνεται» για τον σχηματισμό των συναπτικών κυστιδίων στα τελικά δενδρύλια των νευριτών), **μικροσωληνίσκοι** (αξονική μεταφορά ουσιών από το περικάρυο στις αποφυάδες), **μικρονημάτια** (συμβάλλουν στη μεταφορά μέσα στο κύτταρο, με την ακτίνη και μυοσίνη που περιέχουν), **νευρονημάτια** (λειτουργούν ως εσωτερικός σκελετός για τη διατήρηση του σχήματος του νευράξονα και του κυτταροπλάσματος), **κεντριόλιο**, **λυσοσώματα** και **κοκκία γλυκογόνου** και **μελανίνης**, καθώς και **λιπίδια** και **σωμάτια λιποφουσκίνης** (υπολειμματικά λυσοσώματα που εμφανίζονται κατά τη γεροντική ηλικία).

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- ▶ Τα πορφυρόχρωμα **σωμάτια του Nissl** είναι βασικά διακριτικά γνωρίσματα των νευρώνων. Αποτελούνται από κοκκώδες ενδοπλασματικό δίκτυο και δεν εντοπίζονται στον νευράξονα.
- ▶ Ανάλογα με τη διάρκεια και τη βαρύτητα του βλαπτικού παράγοντα, ο νευρώνας θα πεθάνει ή θα ανακτήσει τη λειτουργία του. Για να γίνουν εμφανείς οι μορφολογικές μεταβολές της κυτταρικής βλάβης (οίδημα κυτταροπλάσματος και πυρήνα και διασπορά των κοκκίων του Nissl) απαιτείται ένα ελάχιστο όριο επιβίωσης 6-12 ωρών.

► Άφθονα κοκκία μελανίνης παρατηρούνται στον υπομέλανα τόπο, στη μέλαινα ουσία, στον οσφρητικό βολβό, σε ορισμένα κύτταρα του δικτυωτού σχηματισμού και σε κύτταρα των νωτιαίων και συμπαθητικών γαγγλίων.

## ΑΠΟΦΥΑΔΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΩΝΑ

Αυτές διακρίνονται στον **άξονα** ή **νευρίτη** και στους **δενδρίτες** (Σχ. 5).

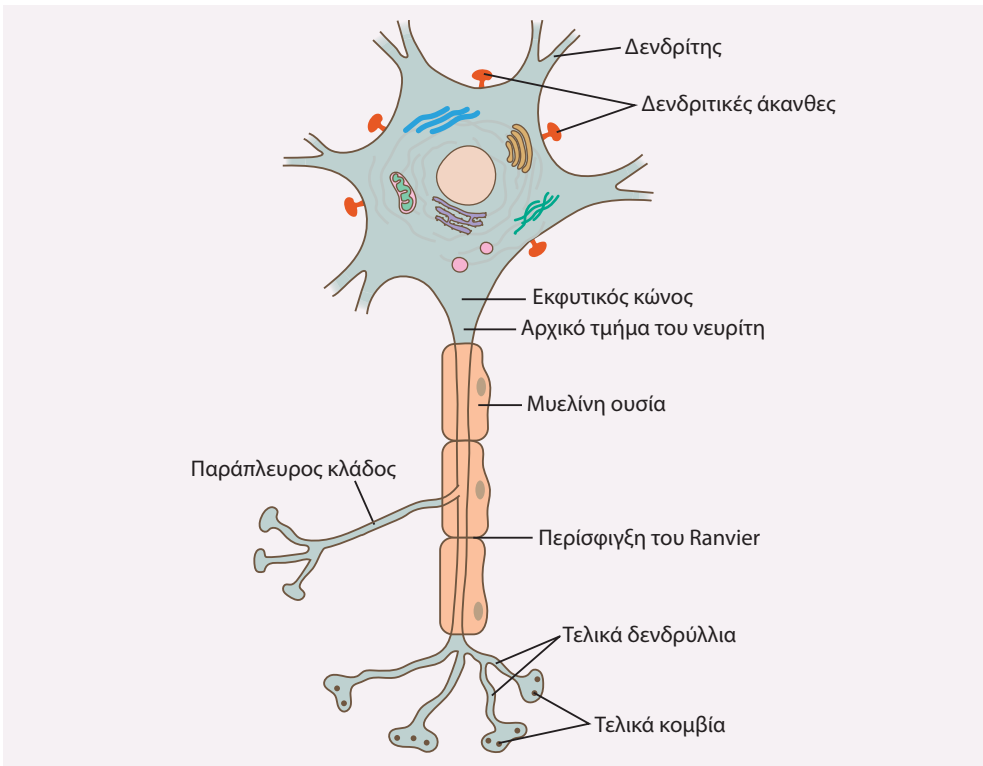
### Νευρίτης

Πρόκειται για την επιμηκέστερη λεπτή κυλινδρική αποφυάδα του κυτταρικού σώματος.

Εκφύεται από ένα κωνοειδές έπαρμα του κυτταρικού σώματος, τον **εκφυτικό κώνο**. Ο τελευταίος στερείται σωματίων του Nissl και αποτελεί χαρακτηριστικό σημείο αναγνώρισης του νευρίτη.

Ως **αρχικό τμήμα του νευρίτη** χαρακτηρίζεται το τμήμα μεταξύ του εκφυτικού κώνου και του σημείου, όπου αρχίζει η μυελίνωση. Το τμήμα αυτό παριστάνει το πιο διεγέρσιμο τμήμα του άξονα, καθώς παρουσιάζει υψηλή πυκνότητα αντλιών νατρίου.

Η κυτταρική μεμβράνη του άξονα συχνά καλείται **αξονείλημα** και το κυτταρόπλασμα του **αξονόπλασμα**. Το τελευταίο χαρακτηρίζεται από απουσία σωματίων του Nissl και συ-



**Σχήμα 5** Αποφυάδες του νευρώνα.

σκευής του Golgi και παρουσία μιτοχονδρίων, μικροσωληνίσκων (μεταφορά ουσιών προς τις αποφυάδες) και νευρονηματίων και νευροϊνιδίων που δημιουργούν το σκελετικό υπόστρωμα του νευρίτη.

Οι άξονες μπορεί να παρουσιάζουν **παράπλευρους κλάδους** κατά την πορεία τους (όπως συμβαίνει με τα κοκκώδη κύτταρα της παρεγκεφαλίδας). Επίσης, είναι δυνατόν ο παράπλευρος κλάδος μετά από σύντομη πορεία να επανέλθει στην αρχική του θέση, οπότε και γίνεται λόγος για **παλίνδρομο κλάδο** (όπως συμβαίνει με τα πυραμιδικά κύτταρα της παρεγκεφαλίδας).

Ο νευρίτης τελικά αποσχίζεται στα **τελικά δενδρύλλια**, τα άκρα των οποίων εμφανίζουν μικρές παχύνσεις σαν κομβία, τα **τελικά κομβία**. Με τα τελικά κομβία, οι νευρίτες απολήγουν στα εκτελεστικά και στα αισθητήρια όργανα του σώματος. Οι μεγάλοι νευρώνες μπορεί να έχουν χιλιάδες τελικών κομβίων.

Το πάχος των νευριτών διαφέρει στους διάφορους νευρώνες (από 0,1 μm έως και πάνω από 20 μm). Μάλιστα, οι λεπτότεροι μεταβιβάζουν τις νευρικές διεγέρσεις βραδέως, ενώ οι παχύτεροι ταχέως.

Όταν ο νευρίτης έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 1 μm τότε περιβάλλεται συνήθως από **μυελίνη ουσία**. Η μυελίνη κατά μήκος του νευρίτη διακόπτεται από τις **περισφιγξεις ή κόμβους του Ranvier**.

Τέλος, οι νευρίτες μπορεί να είναι αρκετά επιμήκεις (μέχρι και πάνω από ένα μέτρο) ή να είναι αρκετά βραχείς (λίγα μικρά), όπως συμβαίνει με πολλούς συνδεδετικούς νευρώνες του κεντρικού νευρικού συστήματος.

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

► Οι μεταβολές που επισυμβαίνουν σ' έναν νευρώνα μετά τη βλάβη ή διατομή του νευρίτη του εξαρτώνται από τη βαρύτητα του τραυματισμού του νευρίτη, καθώς και από την απόσταση της βλάβης από το κυτταρικό σώμα (πλησιέστερα προς αυτό: βαρύτερος τραυματισμός). Στο κεντρικό νευρικό σύστημα παρατηρείται μη αναστρέψιμη εκφύλιση.

### Δενδρίτες<sup>1</sup>

Πρόκειται για τις βραχείες αποφυάδες του περικάρου.

Αποτελούν προεκτάσεις του κυτταρικού σώματος και με τις διακλαδώσεις τους επαυξάνουν την εξωτερική επιφάνεια του νευρώνα παρέχοντας για παράδειγμα τη δυνατότητα στους μεγάλους νευρώνες να υποδεχτούν έως και 100.000 τελικά κομβία νευριτών.

Εμφανίζουν πολλαπλές μικρές προσεκβολές, τις **δενδριτικές άκανθες<sup>2</sup>**, που προσομοιάζουν με μανιτάρι.

Αποτελούν τις θέσεις υποδοχής των νευριτών άλλων νευρώνων, χρησιμεύοντας για

1. Για πρώτη φορά το 1865 ο Otto Deiters περιέγραψε τους δενδρίτες αποκαλώντας τους «πρωτοπλασματικές αποφυάδες». Αργότερα, ο His θα χρησιμοποιήσει για πρώτη φορά τον όρο «δενδρίτες».

2. Οι άκανθες αυτές περιγράφηκαν για πρώτη φορά από τον S. Cajal, το 1891.

τη μεταβίβαση των ερεθισμάτων προς το κύτταρο. Αποτελούν, δηλαδή, μαζί με το κυτταρικό σώμα τον «υποδεκτικό πόλο» του νευρώνα.

## ΣΥΝΑΨΕΙΣ

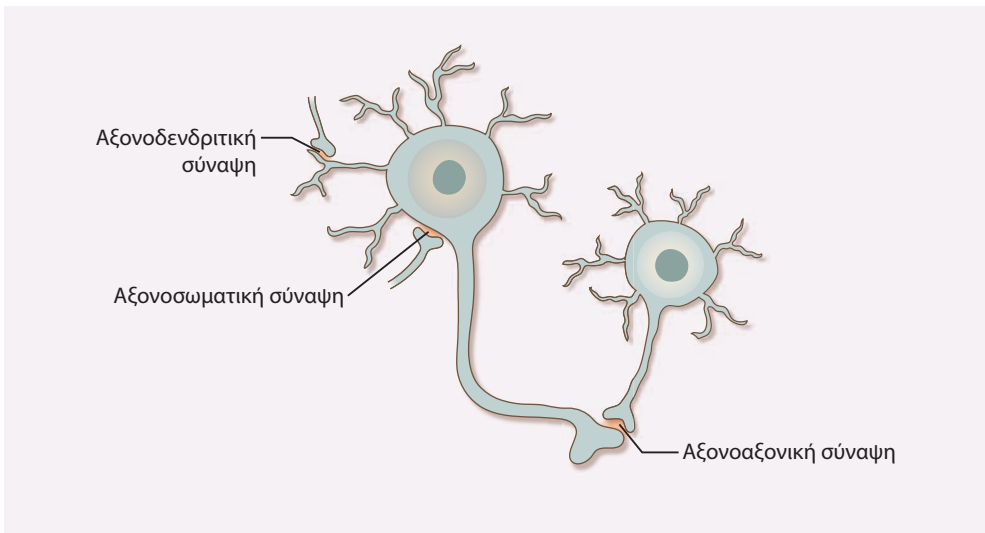
### Ορισμός της σύναψης

Ως **σύναψη** χαρακτηρίζεται η θέση, όπου δύο γειτνιαζόντες νευρώνες έρχονται σε στενή σχέση μεταξύ τους, έτσι ώστε να συντελεστεί μία λειτουργική εξειδικευμένη μεσοκυττάρια σύνδεση<sup>1</sup>. Στο περιφερικό νευρικό σύστημα ο στόχος μπορεί να είναι ένα άλλο εκτελεστικό κύτταρο, όπως η γραμμωτή μυική ίνα ενός μύος, η λεία μυική ίνα των σπλάγγνων, των αγγείων, του δέρματος, του οφθαλμού ή η μυοκαρδιακή ίνα της καρδιάς ή το αδενικό κύτταρο ενός αδένου.

### Θέση της σύναψης

Τα τελικά κομβία ενός νευρίτη μπορεί να συνάπτονται με τους δενδρίτες ενός άλλου νευρώνα (**αξονοδενδριτική σύναψη**), με το κυτταρικό σώμα (**αξονοσωματική σύναψη**) ή με τον άξονα άλλου νευρώνα (**αξονοαξονική σύναψη**). Οι αξονοδενδριτικές συνάψεις είναι συνήθως διεγερτικές, οι αξονοσωματικές ανασταλτικές, ενώ οι αξονοαξονικές συνάψεις ρυθμίζουν συνήθως την απελευθέρωση της νευροδιαβιβαστικής ουσίας από το προσυναπτικό τμήμα της σύναψης (Σχ. 6).

Οι συχνότεροι τύποι συνάψεων που συναντώνται είναι οι αξονοδενδριτικές και οι αξονοσωματικές συνάψεις.



**Σχήμα 6** Θέσεις των συνάψεων.

1. Ο όρος «σύναψη» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Sherrington, το 1897.