

# **Λειτουργική νευροανατομία**

## **Νευρικά κύτταρα**

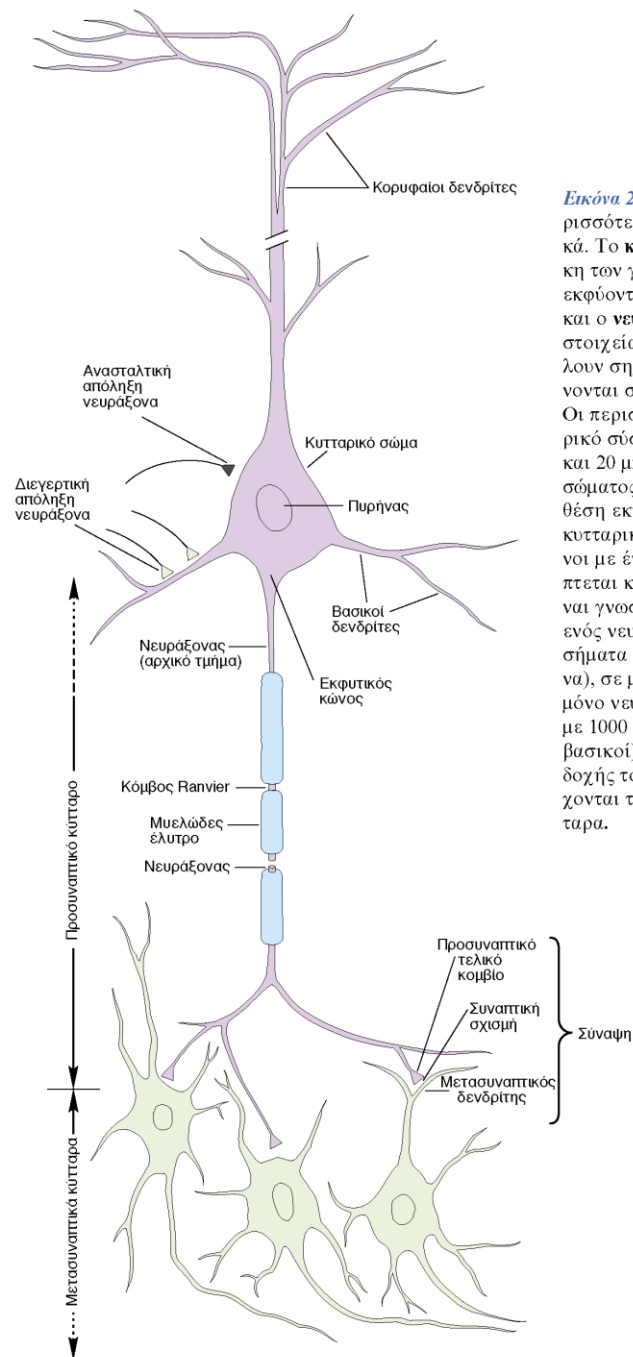
**Αλεξάνδρα Οικονόμου**

# Τα είδη κυττάρων

- Νευρώνες  
περίπου 100 δισ.  
μεταφέρουν πληροφορίες  
ηλεκτροχημική μετάδοση
- Νευρογλοία  
10 φορές μικρότερα από τους νευρώνες  
10 φορές περισσότερα από τους νευρώνες  
καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο

Η πληροφορία μεταδίδεται από τον ένα νευρώνα στον άλλο μέσω συνάψεων

# Δομή των νευρώνων

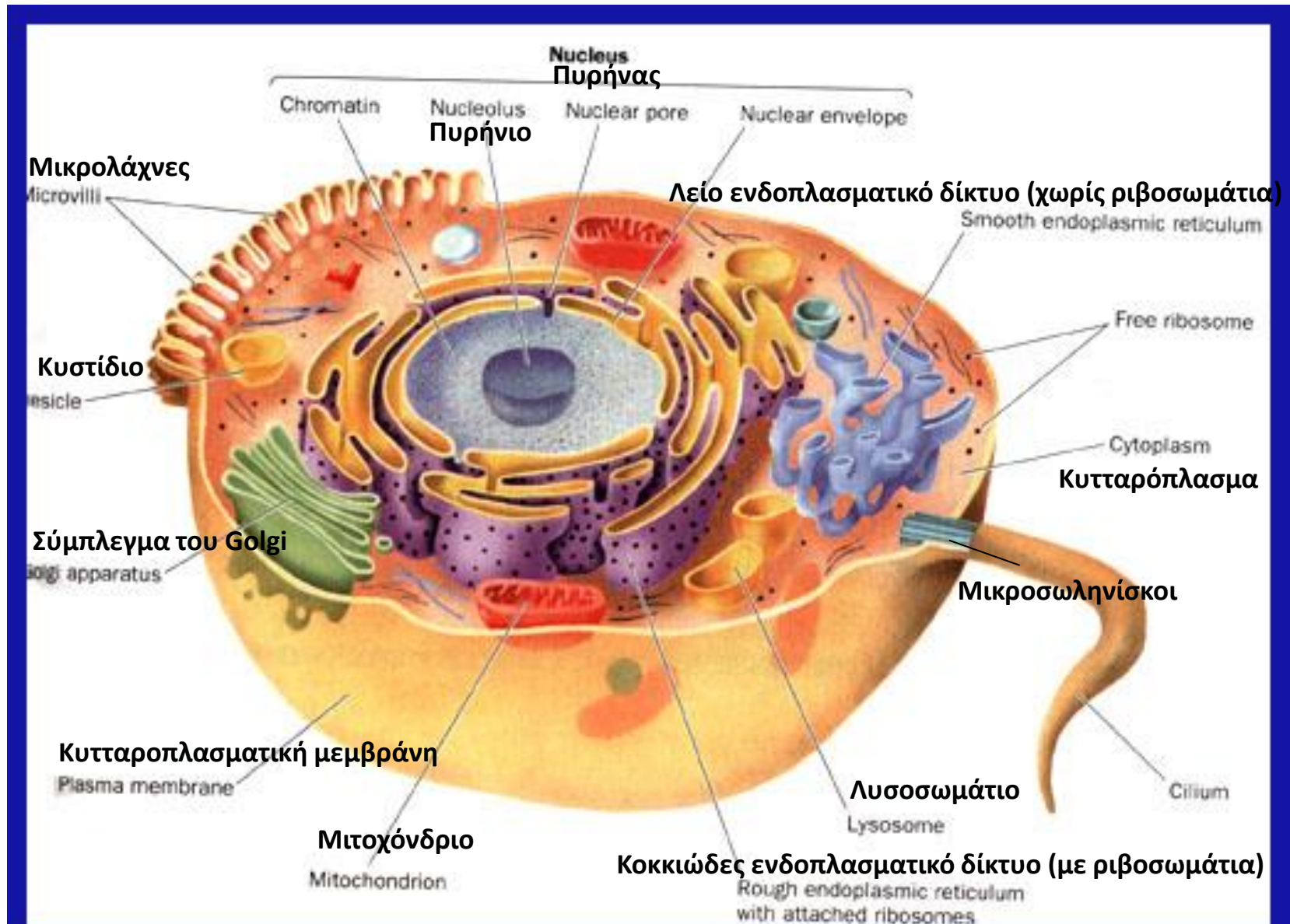


**Εικόνα 2-1** Στο νευρικό σύστημα των σπονδυλωτών οι περισσότεροι νευρώνες έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά. Το **κυτταρικό σώμα** περιέχει τον πυρήνα, την αποθήκη των γενετικών πληροφοριών. Από το κυτταρικό σώμα εκφύονται δύο είδη κυτταρικών αποφυάδων, οι **δένδριτες** και ο **νευράξονας**. Οι νευράξονες, που αποτελούν τα στοιχεία διαβίβασης των νευρώνων, μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά ως προς το μήκος τους – μερικοί εκτείνονται στο σώμα σε απόσταση μεγαλύτερη από 1 μέτρο. Οι περισσότεροι από τους νευράξονες στο κεντρικό νευρικό σύστημα είναι πολύ λεπτοί (με διάμετρο μεταξύ 0,2 και 20 μm) σε σύγκριση με τη διάμετρο του κυτταρικού σώματος (50 και πλέον μm). Ο **εκφυτικός κώνος** είναι η θέση εκκίνησης του δυναμικού ενέργειας, δηλαδή του κυτταρικού σήματος. Πολλοί νευράξονες είναι μονομήνοι με ένα μυελώδες (λιπώδες) έλυτρο, το οποίο διακόπτεται κατά κανονικά διαστήματα από περιοχές που είναι γυμνές ως **κόμβοι Ranvier**. Κλάδοι του νευράξονα ενός νευρώνα (του προσυναπτικού νευρώνα) διαβιβάζουν σήματα σε άλλον νευρώνα (τον μετασυναπτικό νευρώνα), σε μια θέση που ονομάζεται **συναψη**. Οι κλάδοι ενός μόνο νευράξονα είναι δυνατόν να σχηματίζουν συναψεις με 1000 άλλους νευρώνες. Οι δένδριτες (κορυφαίοι και βασικοί) αποτελούν το κύριο μέρος της επιφάνειας υποδοχής του νευρώνα και, μαζί με το κυτταρικό σώμα, δέχονται τα συναπτικά σήματα από τα προσυναπτικά κύτταρα.

**Σύντομο βίντεο για τη δομή του νευρώνα**

<https://www.youtube.com/watch?v=WHowH0kb7n0>

# Δομή των νευρώνων



# Δομή των νευρώνων

Κυτταροπλασματική μεμβράνη

2 στιβάδες λιπιδίων

Ελέγχει διακίνηση ουσιών:

ΝΑΙ: Νερό, οξυγόνο, διοξείδιο άνθρακα, λιποδιαλυτά μόρια

**ΟΧΙ:** Μεγάλα μόρια, ηλεκτρικά φορτισμένα μόρια

Κυτταρόπλασμα: μεταξύ μεμβράνης & πυρήνα

# Δομή των νευρώνων

## Πυρήνας:

περιβάλλεται από διπλή μεμβράνη με πόρους

περιέχει χρωμοσώματα (DNA)

πυρήνιο

## Μιτοχόνδριο

μεταβολικές δραστηριότητες (αερόβιες)

παρέχει ενέργεια

διασπά γλυκόζη

μεταβάλλει σχήμα, μετακινείται

δικές του γενετικές πληροφορίες (DNA), μεταδίδεται  
από μητέρα σε παιδί



# Δομή των νευρώνων

Ενδοπλασματικό δίκτυο: λείο & κοκκιώδες

Πλέγμα σωλήνων

Σύνθεση πρωτεϊνών & λιπιδίων, μεταφορά τους σε  
κυστίδια

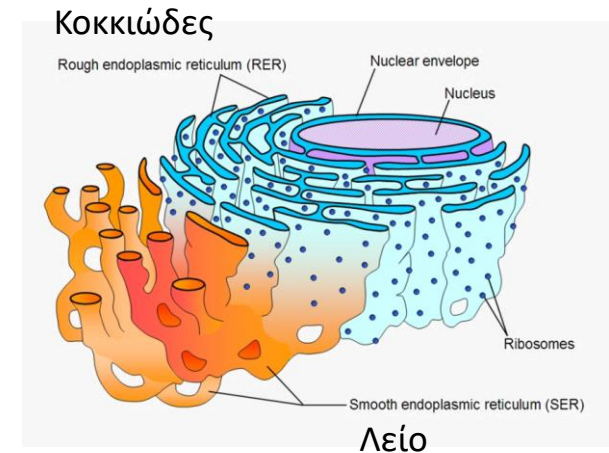
**Λείο** (άκοκκο): χωρίς ριβοσωμάτια,  
σύνθεση λιπιδίων, μεταφορά ουσιών

**Κοκκιώδες**: με ριβοσωμάτια

Ριβοσωμάτια

στο κοκκιώδες ενδοπλασματικό δίκτυο

σύνθεση νέων πρωτεϊνικών μορίων (μεταφράζει  
γενετικές οδηγίες σε πρωτεΐνες)

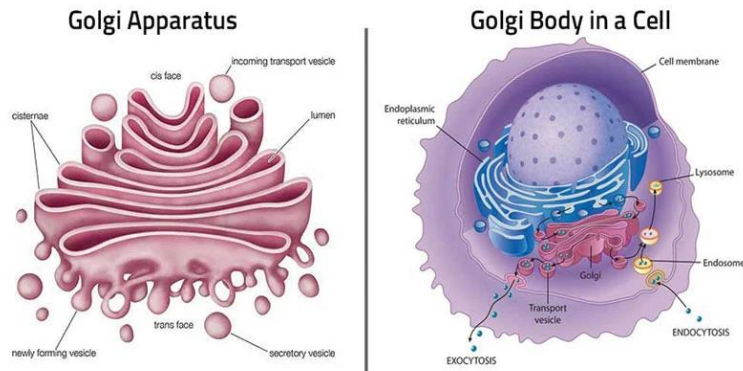


# Δομή των νευρώνων

Σύμπλεγμα του Golgi

σύστημα μεμβρανών

περιέχει και τροποποιεί πρωτεΐνες



Λυσοσωμάτια

περιέχουν υδρολυτικά ένζυμα που διασπούν πρωτεΐνες

# Δομή των νευρώνων

## Κυτταρικό σώμα

Κυτταρικός πυρήνας

Δυνατότητα συναπτικών επαφών

Ζώνες απαρτίωσης: εξειδικευμένες ζώνες συνδυασμού  
εισερχομένων ερεθισμάτων

## Δενδρίτες

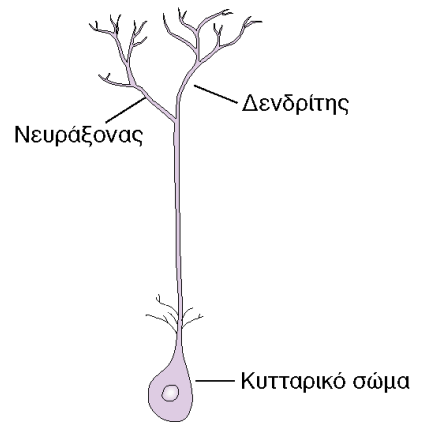
Ζώνη εισόδου του ερεθίσματος

Λαμβάνουν πληροφορίες από άλλους νευρώνες

80% λιπίδια, 20% πρωτεΐνη

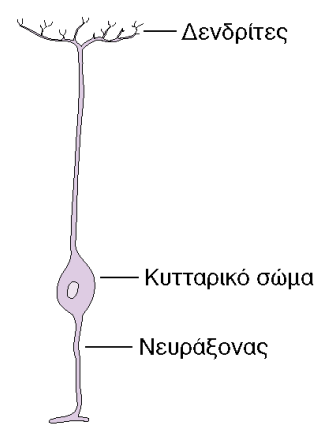
# Είδη νευρώνων

**A** Μονόπολο κύτταρο



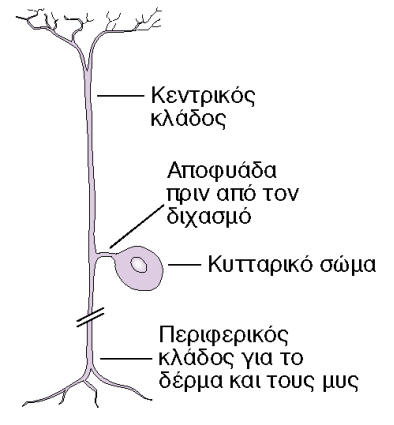
Νευρώνας ασπονδύλου

**B** Δίπολο κύτταρο



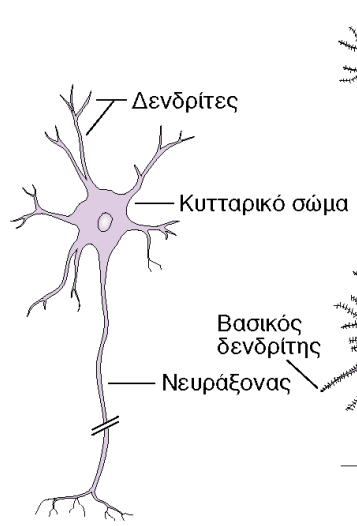
Δίπολο κύτταρο του αμφιβληστροειδούς

**Γ** Ψευδομονόπολο κύτταρο

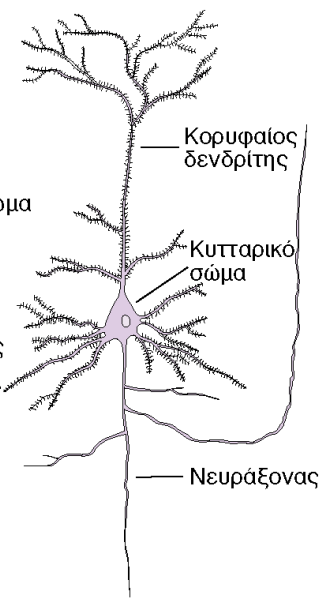


Νευρικό κύτταρο νωτιαίου γαγγλίου

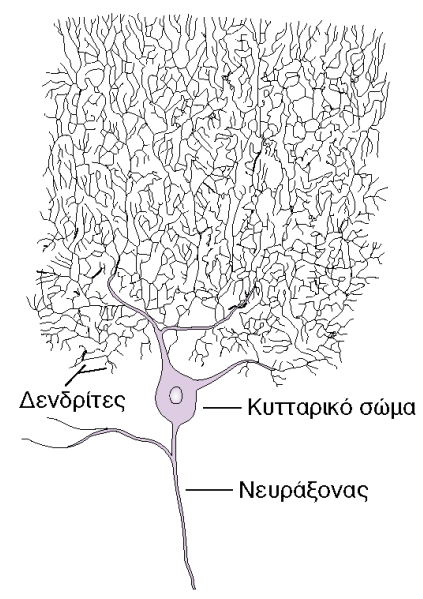
**Δ** Τρεις τύποι πολύπολων κυττάρων



Κινητικός νευρώνας του νωτιαίου μυελού



Πυραμδοειδές κύτταρο του ιπποκάμπου



Κύτταρο Purkinje της παρεγκεφαλίδας

# Είδη νευρώνων

Αισθητικός νευρώνας (υποδοκτικός)

ευαίσθητος σε ένα είδος ερεθισμού

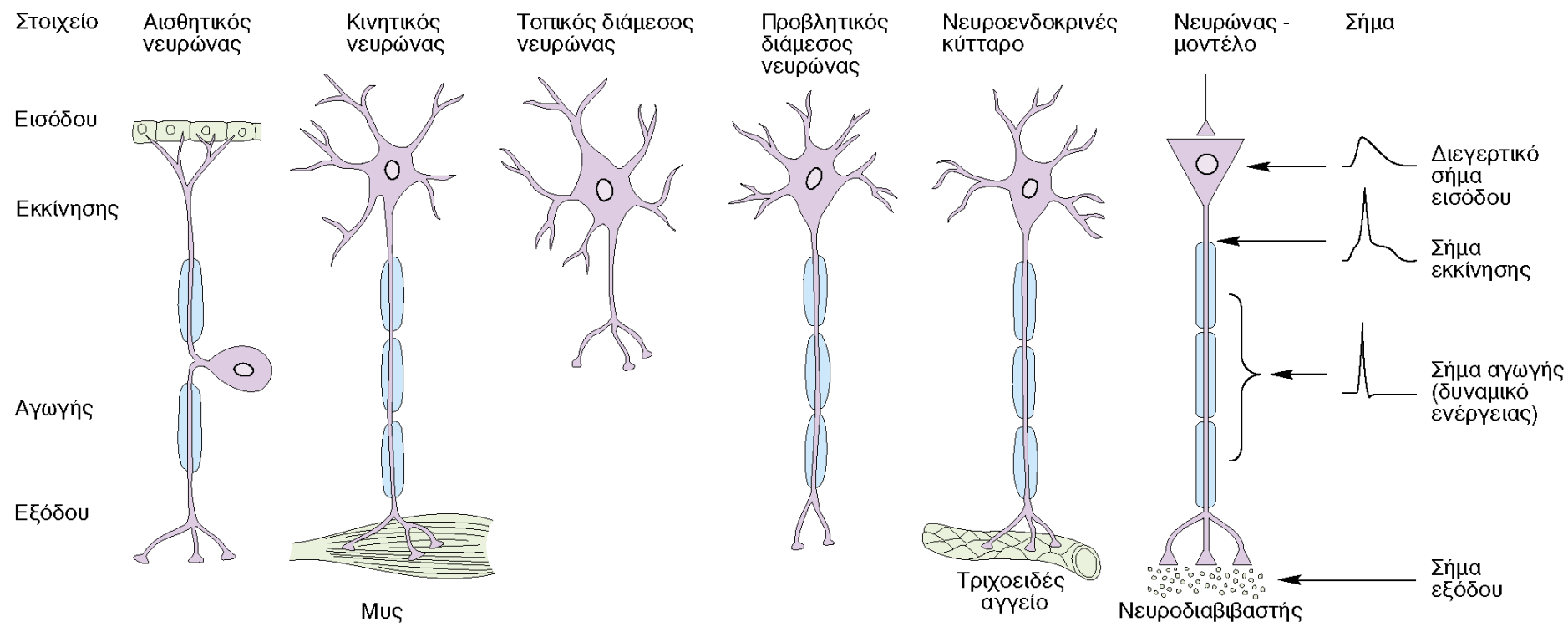
Κινητικός νευρώνας

μεταφορά από νωτιαίο μυελό (κυτταρικό σώμα) προς μύες  
ή αδένες

Ενδιάμεσος (διάμεσος) νευρώνας

η πλειοψηφία

δέχεται πληροφορίες από αισθητικούς, ενδιάμεσους  
στέλνει πληροφορίες σε κινητικούς, ενδιάμεσους



**Εικόνα 2-8** Οι περισσότεροι νευρώνες, ανεξαρτήτως τύπου, έχουν τέσσερις κοινές λειτουργικές περιοχές: ένα στοιχείο εισόδου, ένα στοιχείο εκκίνησης, ένα στοιχείο αγωγής και ένα στοιχείο εξόδου. Έτσι, η λειτουργική οργάνωση των νευρώνων μπορεί σε γενικές γραμμές να αποδοθεί με έναν νευρώνα - μοντέλο. Κάθε στοιχείο παράγει ένα χαρακτηριστικό σήμα: το σήμα εισόδου, το

σήμα εκκίνησης και το σήμα αγωγής είναι ηλεκτρικά, ενώ το σήμα εξόδου αντιπροσωπεύεται από την απελευθέρωση ενός χημικού διαβιβαστή στη συναπτική σχισμή. Τα στοιχεία αυτά δεν απαντούν σε όλους τους νευρώνες: παραδείγματος χάριν, οι τοπικοί διάμεσοι νευρώνες δεν έχουν στοιχείο αγωγής.

# Είδη νευραξόνων

## Απαγωγός νευράξονας

Φυγόκεντρος, μεταφέρει πληροφορίες μακριά από μια δομή (afferent)

## Προσαγωγός νευράξονας

Μεταφέρει πληροφορίες προς μια δομή (efferent)

## Ενδογενής νευράξονας

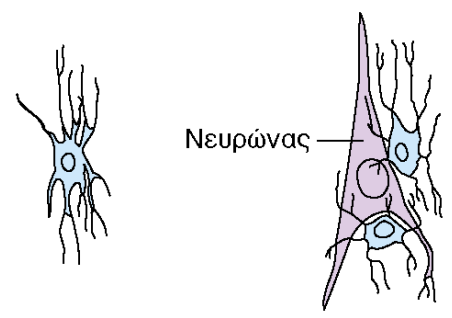
Περιορίζεται σε μια συγκεκριμένη δομή



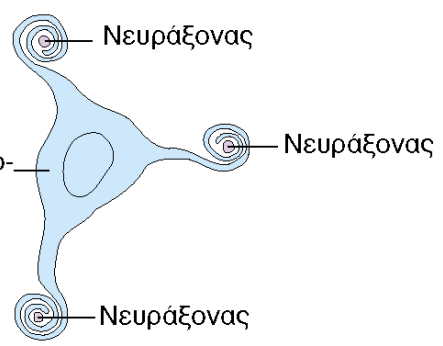
# Νευρογλοία

### A Ολιγοδενδροκύτταρο

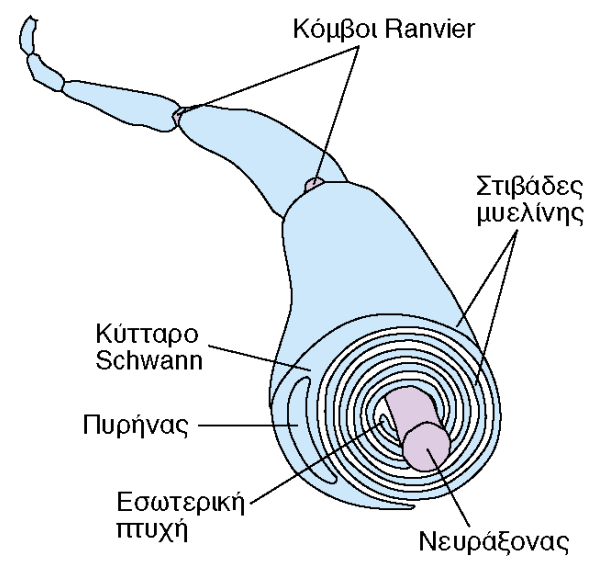
1  
Ολιγοδενδροκύτταρο της λευκής ουσίας      Περινευρωνικό ολιγοδενδροκύτταρο



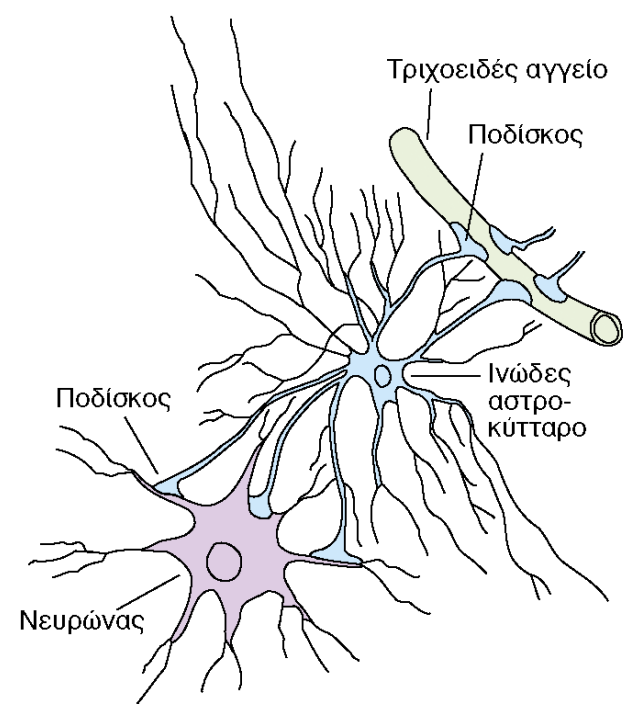
2  
Ολιγοδενδροκύτταρο

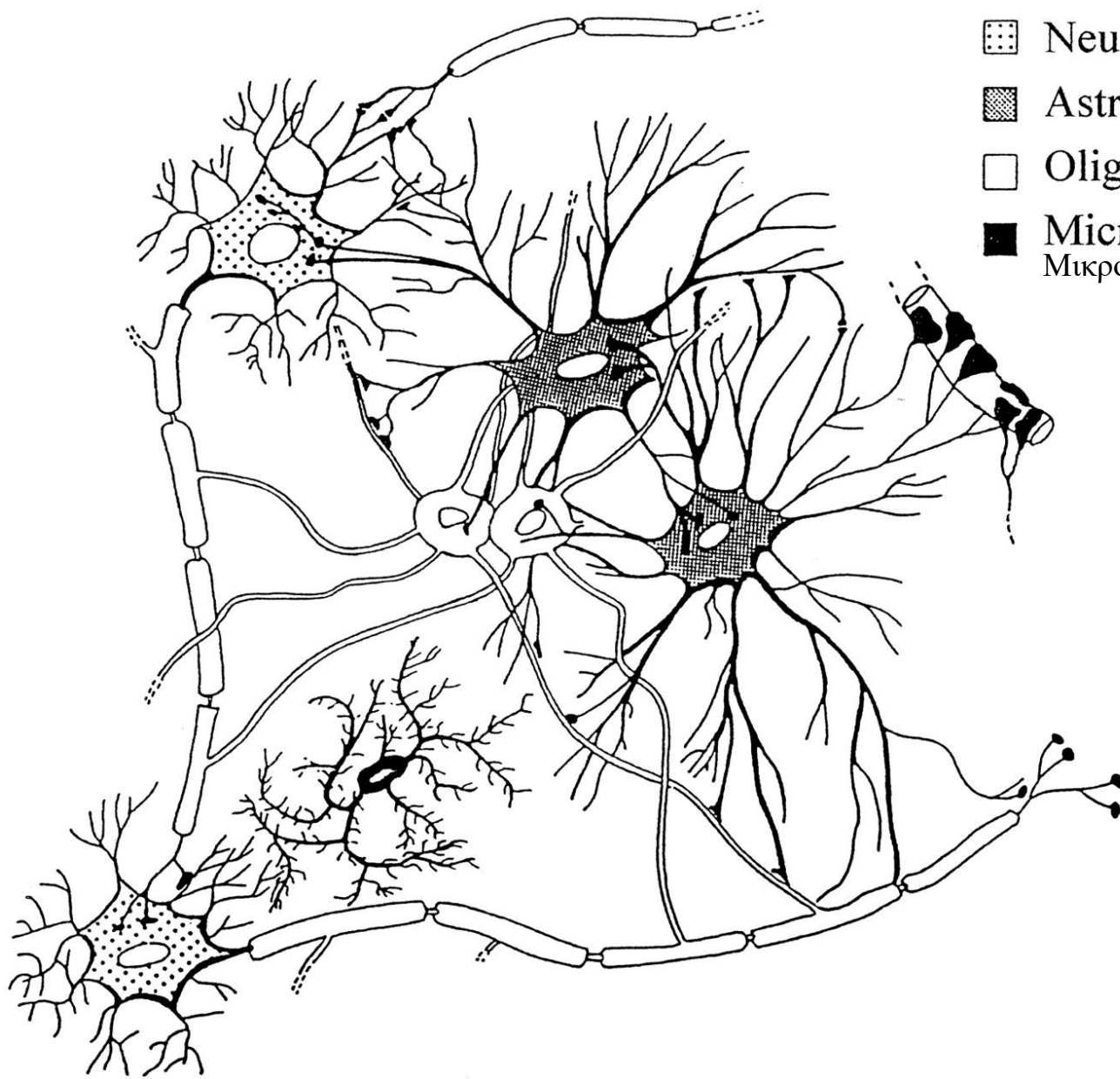






### B Κύτταρο Schwann



### Γ Αστροκύτταρο



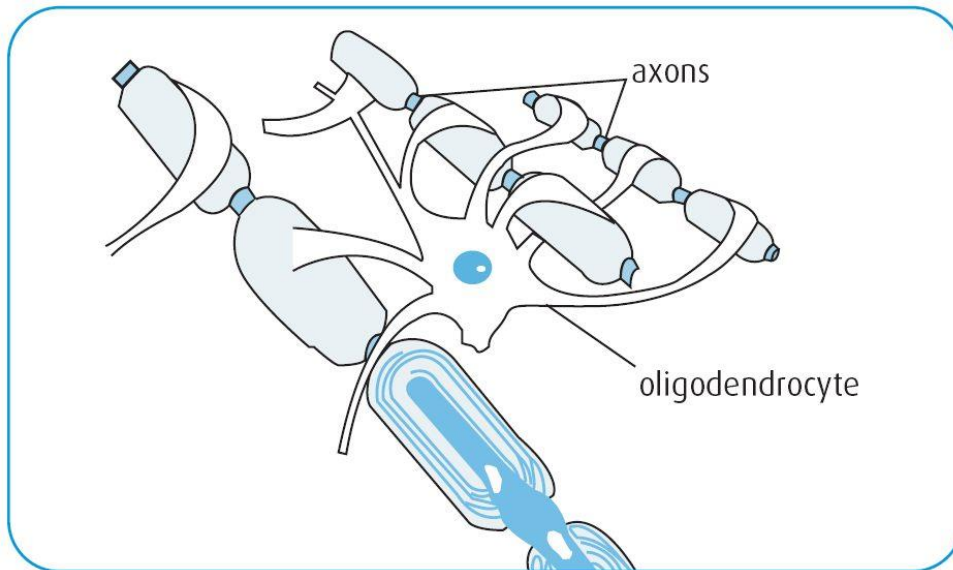


-  **Neurons** Νευρώνες
-  **Astrocytes** Αστροκύτταρα
-  **Oligodendrocytes**  
Ολιγοδενδροκύτταρα
-  **Microglia**  
Μικρογλοία

# Ολιγοδενδροκύτταρα

Σχηματίζουν έλυτρο μυελίνης στο ΚΝΣ

Κάθε κύτταρο σχηματίζει το έλυτρο για αρκετούς παράπλευρους νευρώνες



# Κύτταρα του Schwann

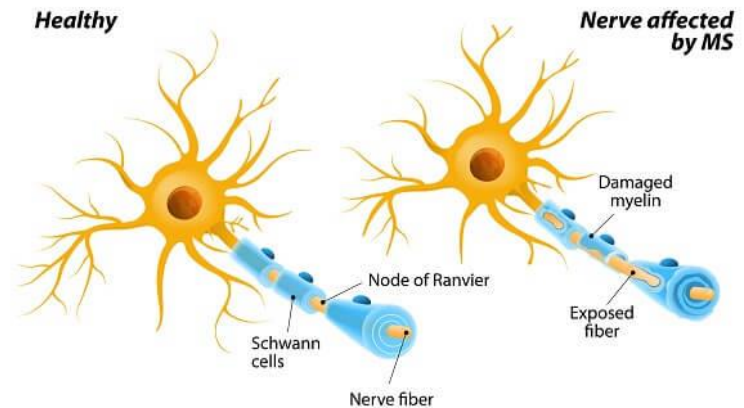
Σχηματίζουν έλυτρο μυελίνης στο ΠΝΣ

Διασπούν νεκρούς άξονες

Βοηθούν στην ανάπτυξη καινούριων νευραξόνων  
(δρουν σαν σωλήνες)

(Στο ΚΝΣ ουλή από αστροκύτταρα εμποδίζει την ανάπτυξη  
καινούριων νευραξόνων, βλ. ΣΚΠ)

## MULTIPLE SCLEROSIS



# Μικρογλοία, αστρογλοία (-κύτταρα)

Διασπούν & απομακρύνουν άχρηστα υλικά

Διαιρούνται, σχηματίζουν ουλή στη θέση των νεκρών νευρώνων

Απελευθερώνουν χημικές ουσίες που σκοτώνουν εξασθενημένα κύτταρα

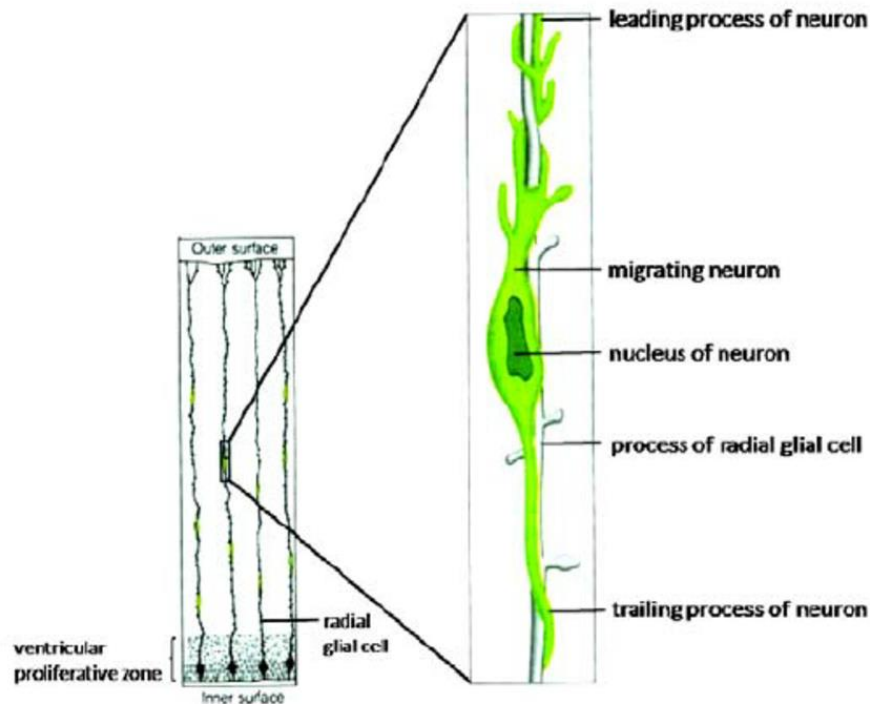
Αποτελούν τμήμα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (αστροκύτταρα)

Απορροφούν νευροδιαβιβαστές,  $K^+$  (αστροκύτταρα)

# Ακτινοειδή νευρογλοία

Είδος αστροκυττάρου

Συντελούν στην ανάπτυξη των νευραξόνων & δενδριτών κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη



# Αλλαγές στη δομή των νευρώνων

Οι νευρώνες δεν αναπαράγονται (εξαιρέσεις)  
Μπορούν όμως να αλλάξουν τη δομή των δενδριτών  
τους (ευπλαστικότητα)

Οινόπνευμα: αρνητική επίδραση στους δενδρίτες

Ηλικία: λιγότεροι νευρώνες, μεγαλύτερες  
διακλαδώσεις (αντιστάθμιση)



# Αιματεγκεφαλικός φραγμός

Οι περισσότερες χημικές ουσίες δεν μπορούν να εισχωρήσουν στον εγκέφαλο

Προσβολή από ιό: εξώθηση από το κύτταρο στην κυτταρική μεμβράνη

Ιός ανιχνεύσιμος από το ανοσοποιητικό σύστημα  
Ανοσοποιητικό σύστημα επιτίθεται

Καταστροφή ιού **και** κυττάρου

ΚΝΣ: ο μηχανισμός εξώθησης ιού δεν ισχύει,  
αντισώματα εισέρχονται στους νευρώνες

Ο νευρώνας επιζεί, το ίδιο και ο ιός

# Παράδειγμα: ιός έρπητα

Δύο τύποι: απλός, γεννητικών οργάνων

Παραμένει για πάντα στο σώμα

Πολλαπλασιάζεται και ανεβαίνει τον πλησιέστερο  
νευράξονα στην περιοχή μόλυνση

Εγκαθίσταται στο κυτταρικό σώμα

Απλός έρπητας: στο γάγγλιο του τρίδυμου κρανιακού  
νεύρου

Δεν δρα πάντα, διότι ελέγχεται από το ανοσοποιητικό  
& νευρικό σύστημα

Ενεργοποιείται με κούραση, στρες...

# Αιματεγκεφαλικός φραγμός –συν.

Τα κύτταρα που σχηματίζουν το τοίχωμα τριχοειδών αγγείων στον εγκέφαλο (ενδοθηλιακά κύτταρα) είναι στενά συνδεδεμένα

Τα αστροκύτταρα περιβάλλουν ενδοθηλιακά κύτταρα, ενισχύουν φραγμό

Μπορούν να περάσουν: οξυγόνο,  $CO_2$ , ουδέτερα μόρια, **λιποδιαλυτά μόρια** (ηρωίνη, νικοτίνη, κανναβινόλη)

# Αιματεγκεφαλικός φραγμός –συν.

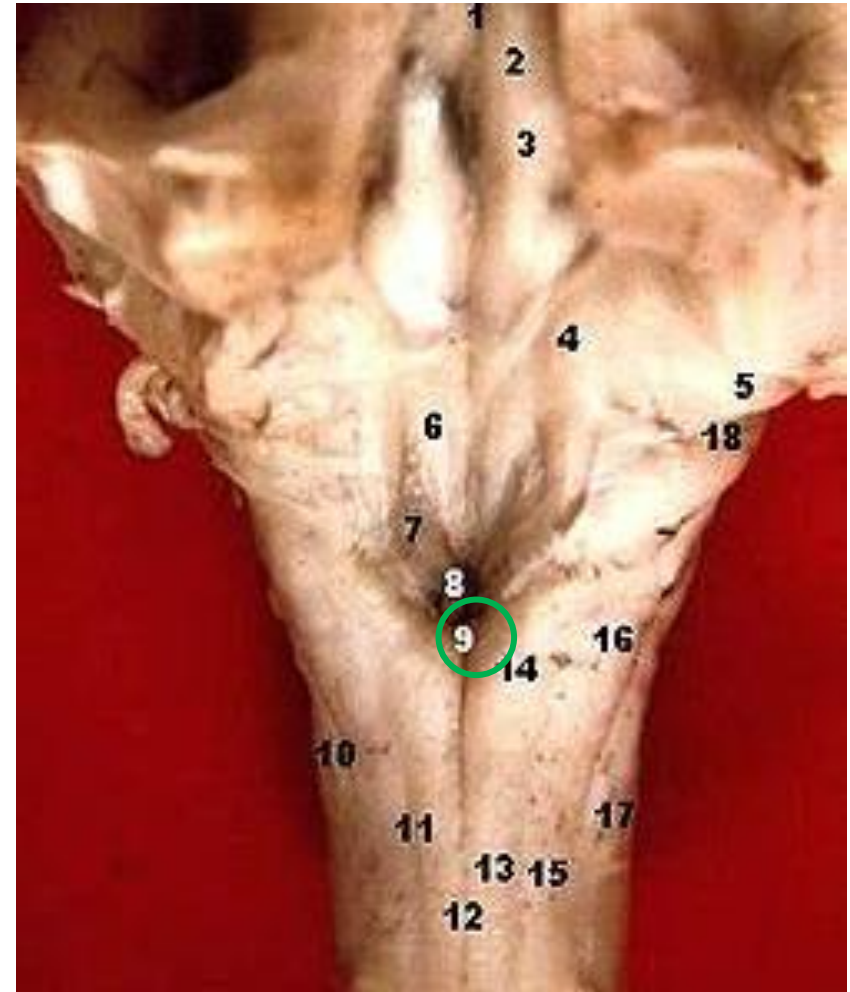
Ο αιματεγκεφαλικός φραγμός δεν είναι ομοιόμορφος σε όλο το ΚΝΣ  
Διαπερατός σε μια περιοχή που ελέγχει τάση για εμετό στον προμήκη μυελό (έσχατη πτέρυγα, *area postrema*)

Διαπερατά τριχοφόρα αγγεία σε χημικές ουσίες εντός της κυκλοφορίας του αίματος, σύνδεση με ΑΝΣ

Λαμβάνει σήματα από το γαστρεντερικό σύστημα

Εισέρχονται ορμόνες, πεπτίδια

Τρόπος ανίχνευσης πιθανών τοξικών ουσιών στο αίμα από τους νευρώνες



Κοιλιακή επιφάνεια

# Θρέψη νευρώνων

## Γλυκόζη

Μεταφέρεται στον εγκέφαλο μέσω του μηχανισμού της ενεργητικής μεταφοράς

Ο μηχανισμός απαιτεί οξυγόνο

(Ο εγκέφαλος απαιτεί το 20% του οξυγόνου του σώματος αλλά αντιστοιχεί στο 2% του βάρους του)

Η B1 (θειαμίνη) δίνει στο σώμα δυνατότητα να χρησιμοποιήσει γλυκόζη

Χωρίς B1 δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί η γλυκόζη

Έλλειμμα B1 στη νόσο Αλτσχάιμερ και μείωση μεταβολισμού γλυκόζης

Έλλειμμα B1 και σύνδρομο Wernicke-Korsakoff

# Σύνδρομο Wernicke-Korsakoff

Σύνδεση με κατάχρηση οινοπνεύματος

Το οινόπνευμα μειώνει την απορρόφηση της B1

Το σύνδρομο χαρακτηρίζεται από σοβαρή μνημονική διαταραχή για πρόσφατα συμβάντα, αποπροσανατολισμό, μυθοπλασία

Μπέρι-μπέρι: περιφερική νευροπάθεια, χαρακτηρίζεται από αδυναμία, σύγχυση, ακούσιες κινήσεις οφθαλμών...

Σε ακραίες περιπτώσεις συνδέεται με το σύνδρομο Wernicke-Korsakoff