



University
of Cyprus

Διεγέρσιμοι Ιστοί και Νευρομυϊκή Λειτουργία

Κωνσταντίνος Πίτρης, MD, PhD
Αναπληρωτής Καθηγητής

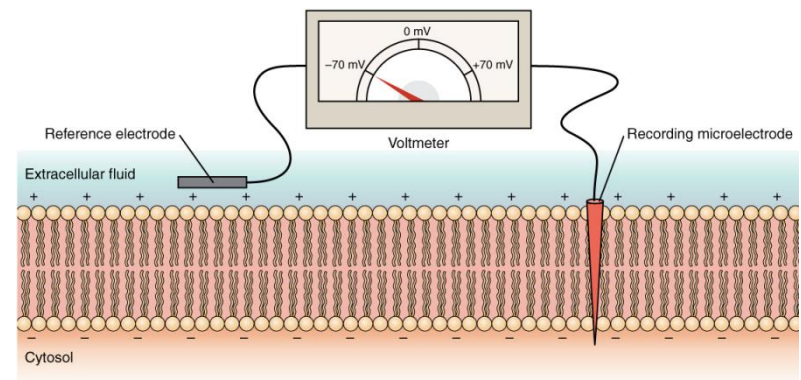
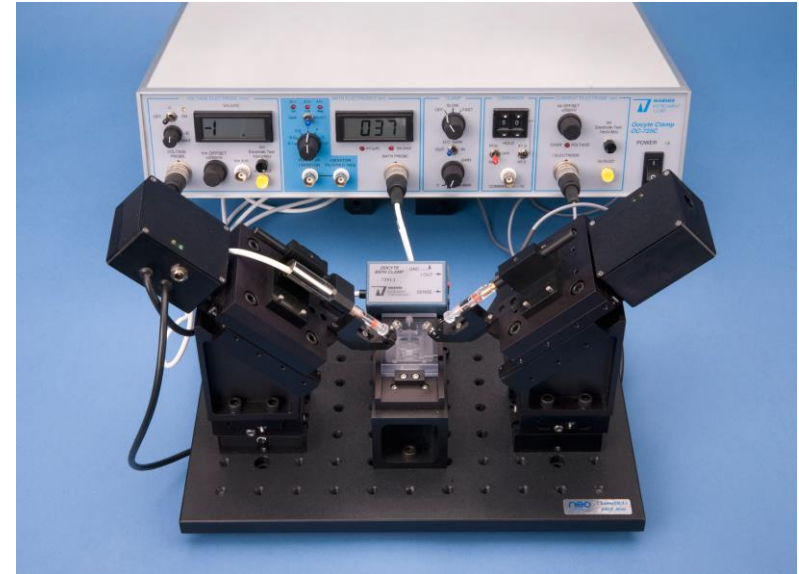
Ερευνητικό Κέντρο Ευφών Συστημάτων και Δικτύων “Κοίος”
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Εργαστήριο Οπτικής Διαγνωστικής



Διεγέρσιμοι (Excitable) Ιστοί



- **Διεγέρσιμοι ιστοί = ιστοί με ηλεκτρική δραστηριότητα**
 - Νευρικός ιστός
 - Μυϊκός ιστός
- **Όλα τα κύτταρα διαθέτουν ηλεκτρικό δυναμικό**
 - Εξωκυτταρικό υγρό = 0 mV (η “γείωση”)
 - Το εσωτερικό του κυττάρου είναι αρνητικό
 - Ερυθρά αιμοσφαίρια = - 9 mV
 - Σκελετικοί Μύες = -100 mV
 - Νευρώνες = - 70 mV
- **Διακυμάνσεις του δυναμικού**
 - Χρησιμοποιούνται ως σήματα πληροφορίας (νευρώνες και μύες)



Κυτταρική Μεμβράνη

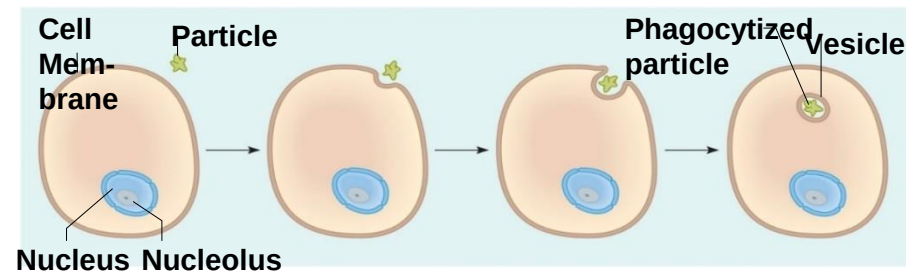
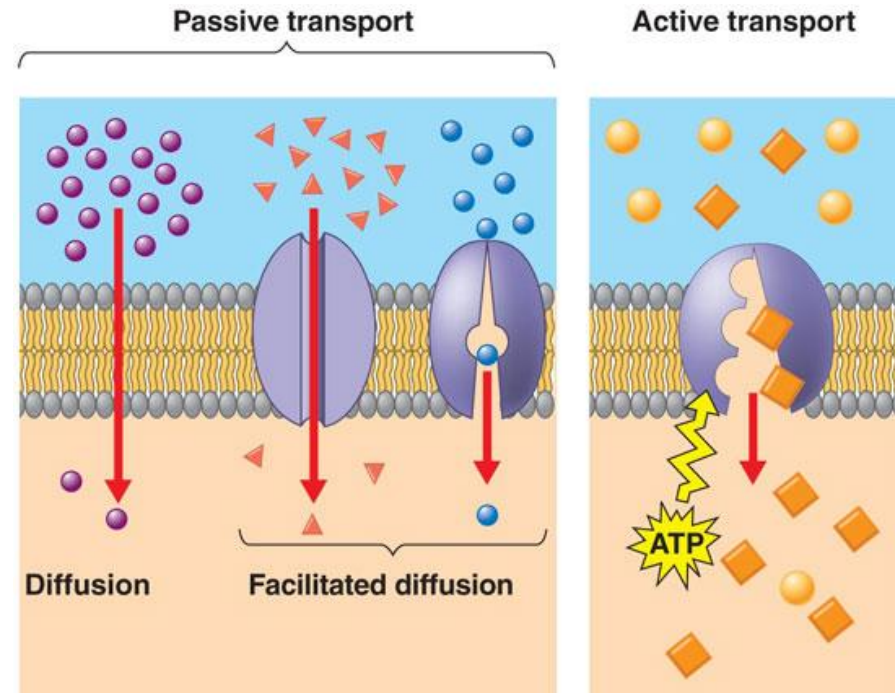


- **Διπλοστοιβάδα φωσfolιπιδίων**

- Υδατοδιαλυτές "κεφαλές" δημιουργούν την επιφάνεια (υδρόφιλες)
- Μη-διαλυτές στο νερό "ουρές" δημιουργούν το εσωτερικό (υδρόφοβες)

- **Επιλεκτικός φραγμός**

- Ελεγχόμενη μετακίνηση διαμέσου της μεμβράνης
- Παθητική Μεταφορά (Δεν απαιτεί κυτταρική ενέργεια)
 - Διάχυση ή Υποβοηθούμενη διάχυση
 - Ελάχιστα μόρια περνούν με απλή διάχυση
- Ενεργητική Μεταφορά (Απαιτεί ενέργεια)



Κυτταρική Μembrάνη

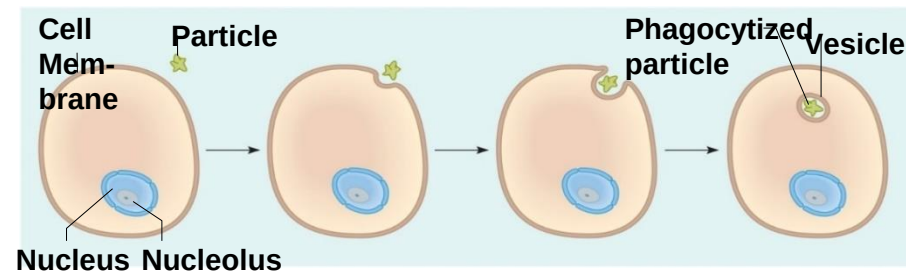
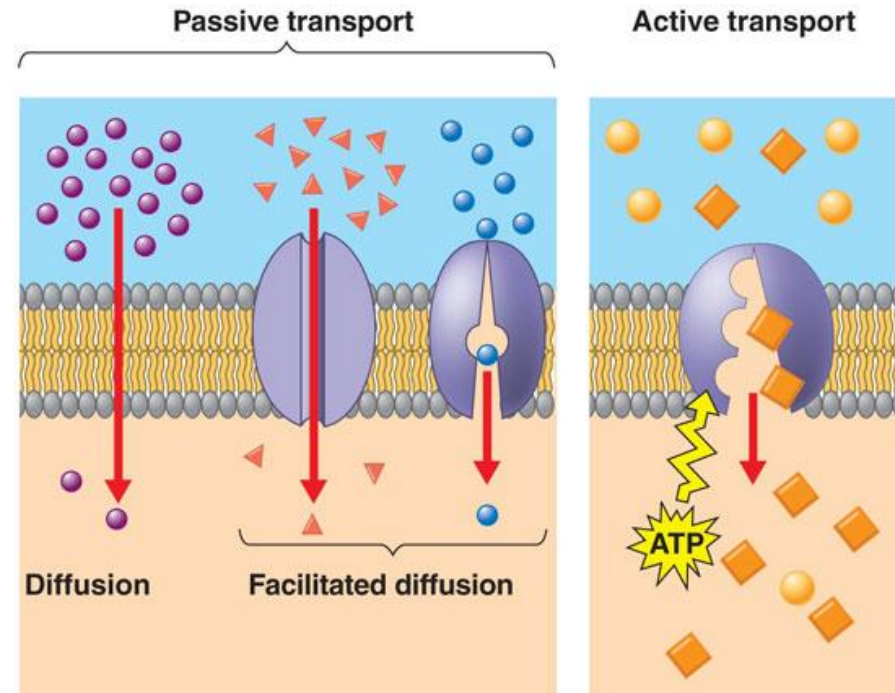


- **Παθητική Μεταφορά**

- Όσμωση (Osmosis)
 - Διάχυση του νερού
- Απλή διάχυση (diffusion)
 - Μικρά (Ουδέτερα) Μόρια (π.χ. O_2 , CO_2)
 - Λιποδιαλυτά Μόρια (π.χ. Βιταμίνες)
- Υποβοηθούμενη Διάχυση (Facilitated diffusion)
 - Μικρά Μόρια (Ιόντα)

- **Ενεργητικές Διεργασίες**

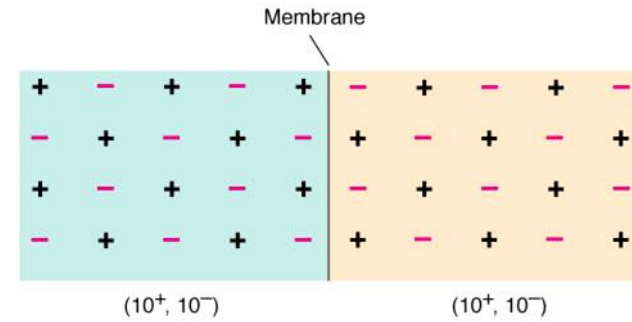
- Ενεργητική Μεταφορά (Active transport)
 - Μεγάλα Μόρια
 - Μικρά Μόρια ενάντια στη διάχυση
- Ενδοκυττάρωση (Endocytosis) και Εξωκυττάρωση (Exocytosis)
 - Μεγαλύτερα Σωματίδια



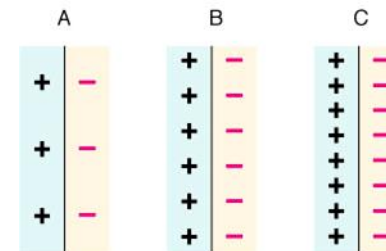
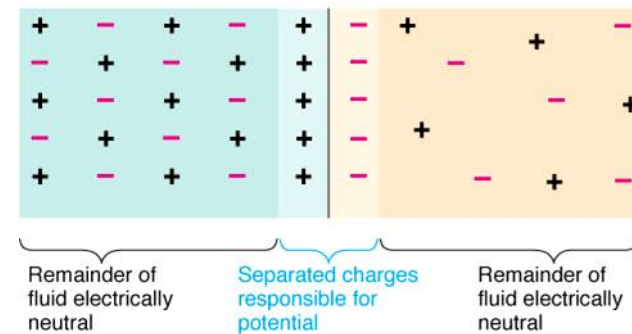
Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης



- **Περιορισμένη περατότητα ιόντων → διαχωρισμός φορτίων**
- Αντίθετα φορτία σε αντίθετες πλευρές της μεμβράνης → Δυναμικό Μembrάνης (Membrane potential)
 - $+ = - \rightarrow$ Ηλεκτρικά ουδέτερη
 - $+ \neq - \rightarrow$ Περισσότερο φορτίο $\rightarrow \uparrow V$
 - Συνήθως mV
- **Σημειώστε:**
 - Ελάχιστος αριθμός φορτίων συμμετέχει $\rightarrow$ η πλειοψηφία του Εξω- και Ένδο-κυτταρικού υγρού παραμένουν ουδέτερα



Membrane has no potential



Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης



- **Δυναμικό Μembrάνης σε Ηρεμία (Resting membrane potential)**

- Δυναμικό σε σταθερή κατάσταση
- Κυρίως από Na^+ , K^+ , και A^- (αρνητικά φορτισμένες ενδοκυτταρικές πρωτεΐνες)
 - A^- μόνο μέσα στα κύτταρα
 - Na^+ και K^+ διαχέονται μέσα από διαύλους διαρροής (Leakage channels) ($\text{K}^+ > \text{Na}^+$)
 - Οι συγκεντρώσεις των Na^+ και K^+ διατηρούνται από την αντλία Na^+-K^+

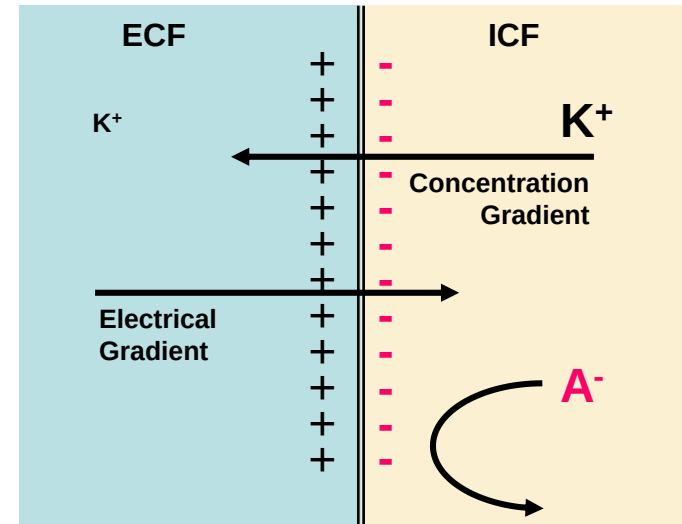
Ιόν	Συγκέντρωση (millmoles/liter)		Σχετική Περατότητα
	Εξω- κυτταρική	Ενδο- κυτταρική	
Na^+	150	15	1
K^+	5	150	50-75
A^-	0	65	0

Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης



- **Δυναμικό Μembrάνης σε Ηρεμία**

- Αποτελέσματα μόνο από K⁺
 - Μόνο K⁺ και A⁻
 - K⁺ ρέει προς τα έξω
 - + φορτίο στο ECF, – φορτίο στο ICF
 - Το δυναμικό αντισταθμίζει αυτή την κίνηση
 - Δυναμικό ισορροπίας (equilibrium potential) για K⁺ (από την εξίσωση Nerst) → Σταματά η ροή
 - Η συγκέντρωση K⁺ δεν αλλάζει σημαντικά μια και πολύ λίγα ιόντα μετακινούνται



$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_o}{C_i}$$

$$E_k = \frac{RT}{zF} \ln \frac{5mM}{150mM} = -90mV$$

R: Σταθερά Αερίων = 8.314472 (V C K⁻¹ mol⁻¹)

F: Σταθερά Faraday = 96 485.3383 (C mol⁻¹)

z: Σθένος

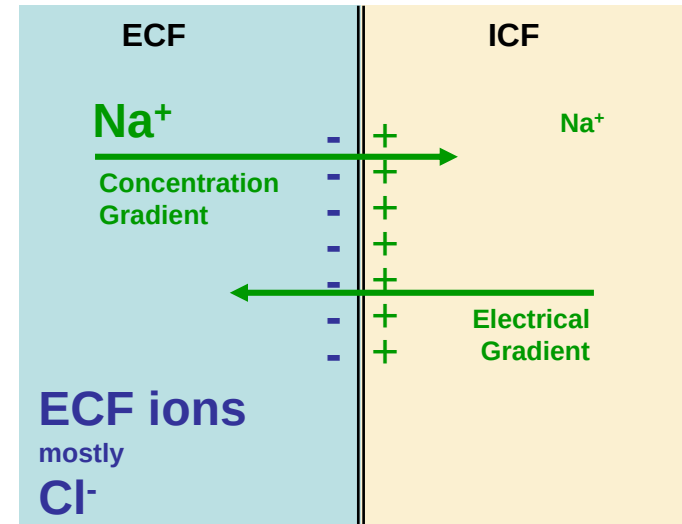
T: Απόλυτη Θερμοκρασία = 273.16 + °C (Kelvin)

Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης



- **Δυναμικό Μembrάνης σε Ηρεμία**

- Αποτελέσματα μόνο από Na⁺
 - Μόνο Na⁺ και Cl⁻
 - Na⁺ ρέει προς τα μέσα
 - + φορτίο στο ICF, – φορτίο στο ECF
 - Το δυναμικό αντισταθμίζεται σε αυτή την κίνηση
 - Δυναμικό ισορροπίας (equilibrium potential) για Na⁺ (από την εξίσωση Nerst) → σταματά η ροή
 - Η συγκέντρωση Na⁺ δεν αλλάζει σημαντικά μια και πολύ λίγα ιόντα μετακινούνται



$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_o}{C_i}$$

$$E_{Na} = \frac{RT}{zF} \ln \frac{150mM}{15mM} = +60mV$$

R: Σταθερά Αερίων = 8.314472 (V C K⁻¹ mol⁻¹)

F: Σταθερά Faraday = 96 485.3383 (C mol⁻¹)

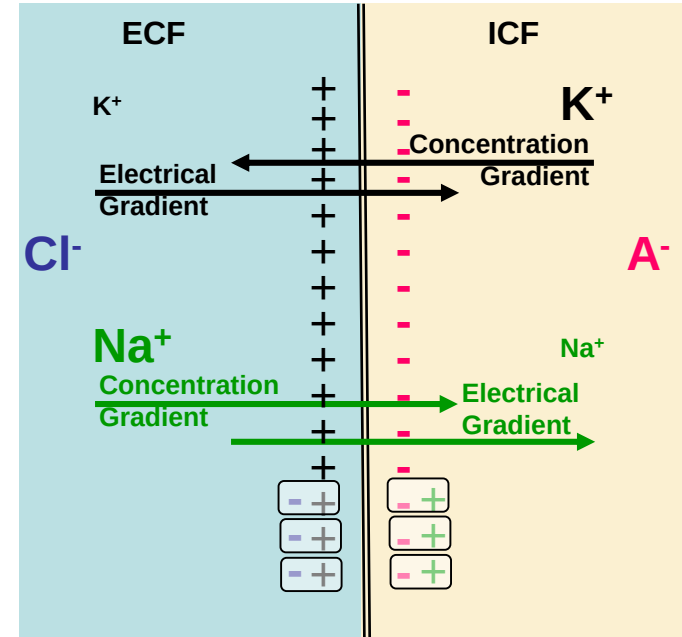
z: Σθένος

T: Απόλυτη Θερμοκρασία = 273.16 + °C (Kelvin)

Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης



- **Δυναμικό Μembrάνης σε Ηρεμία**
 - Συνδυασμός K^+ and Na^+
 - Το ιόν με τη μεγαλύτερη περατότητα θα τείνει να φέρει το δυναμικό στη δική του τιμή ισορροπίας
 - Το Na^+ δεν μπορεί να εξουδετερώσει όλο το K^+
 - Η περατότητα του K^+ είναι πολύ μεγαλύτερη
 - Δυναμικό Μembrάνης σε Ηρεμία = -70mV
 - Τα ιόντα δεν είναι σε ισορροπία → συνεχής ροή!



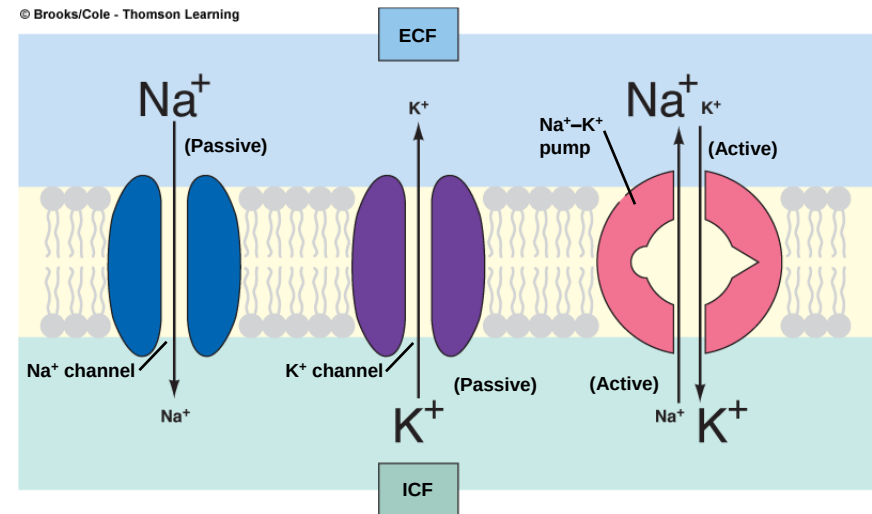
GHK (Goldman-Hodgkin-Katz) equation
(for monovalent molecules)

$$E = \frac{RT}{F} \ln \frac{\sum P_{C^+} [C^+]_o + \sum P_{A^-} [A^-]_i}{\sum P_{C^+} [C^+]_i + \sum P_{A^-} [A^-]_o}$$

Δυναμικό Ηρεμίας της Μembrάνης

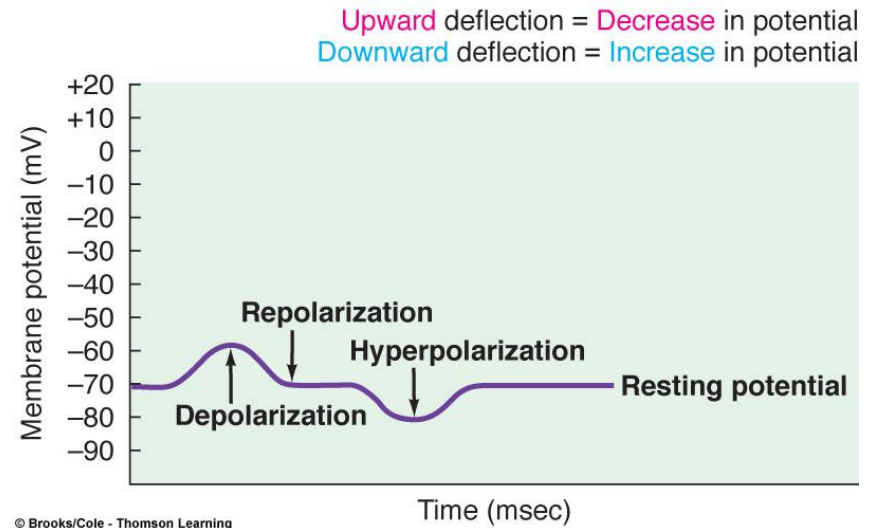


- **Ισορροπία διαρροών με ενεργητική μεταφορά**
 - Η Αντλία Na^+/K^+ διατηρεί τις συγκεντρώσεις
 - Επακόλουθο: Χρειάζεται ασταμάτητα ενέργεια για να διατηρηθεί το δυναμικό της μεμβράνης!
- **Μετακίνηση Χλωρίου στο δυναμικό ηρεμίας**
 - Cl^- είναι το κυριότερο ιόν στο ECF
 - Δυναμικό Ισορροπίας $\text{Cl}^- = -70 \text{ mV}$
 - Συγκέντρωση Cl^- διατηρείται παθητικά λόγω της τιμής του δυναμικού



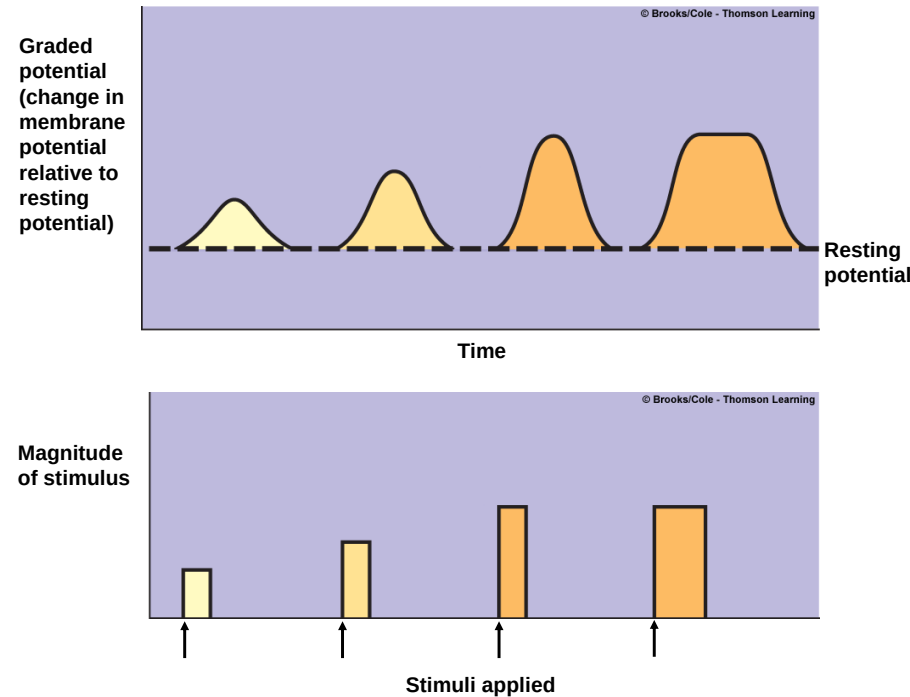


- **Οι νευρώνες και οι μύες είναι διεγέρσιμοι (excitable) ιστοί**
 - Αλλάζει το δυναμικό μεμβράνης τους και παράγονται ηλεκτρικά σήματα
 - Νευρώνες → πληροφορίες
 - Μύες → σύσπαση (contraction)
- **Αλλαγές στο δυναμικό μεμβράνης**
 - Πόλωση (Polarization)
 - Όταν υπάρχει διαφορά δυναμικού (+ ή -) διαμέσου της μεμβράνης
 - Εκπόλωση (Depolarization)
 - Μείωση του πλάτους του δυναμικού (π.χ. -70 mV → -50 mV)
 - Επαναπόλωση (Repolarization)
 - Επιστροφή στο δυναμικό ηρεμίας
 - Υπερπόλωση (Hyperpolarization)
 - Αύξηση του πλάτους του δυναμικού (π.χ. -70 mV → -90 mV)
- **Μετακινήσεις ιόντων → Ηλεκτρικά Σήματα**
 - Βαθμιδωτά Δυναμικά (Graded Potentials)
 - Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)



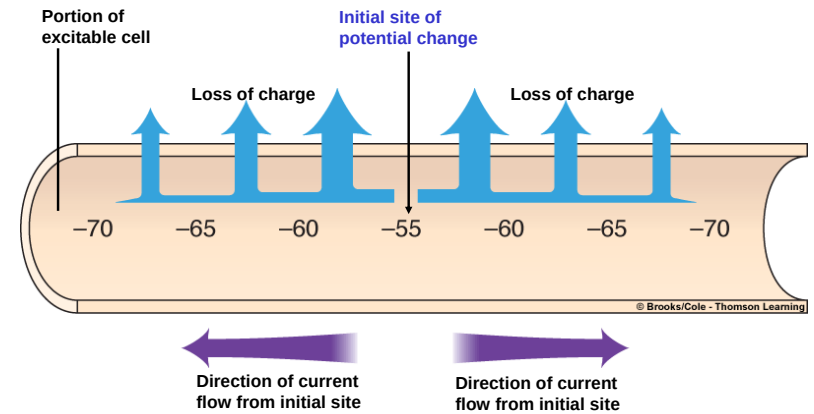
Βαθμιδωτά Δυναμικά (Graded Potentials)

- **Τοπικές αλλαγές στο δυναμικό της μεμβράνης**
 - Περιορισμένα σε μια μικρή περιοχή, την Ενεργό Περιοχή (Active Area)
 - Το υπόλοιπο κύτταρο παραμένει σε δυναμικό ηρεμίας (Inactive Area)
 - Προκαλούνται μετά από συγκεκριμένες ενέργειες
 - π.χ. στη σύναψη ή λόγω κάποιου ερεθίσματος
- **Το πλάτος και η διάρκεια είναι ανάλογα του ερεθίσματος (stimulus) που τα προκάλεσε**
 - Σημαντική διαφορά από τα δυναμικά ενεργείας

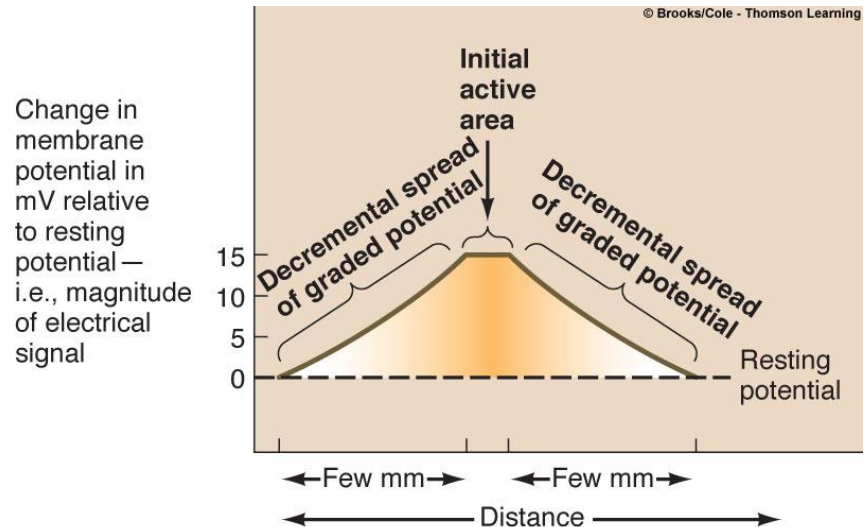


Βαθμιδωτά Δυναμικά (Graded Potentials)

- Τα βαθμιδωτά δυναμικά φθίνουν σε μικρή απόσταση
 - Χάνεται φορτίο
 - Το πλάτος μειώνεται όσο απομακρύνονται από την αρχική περιοχή
 - Εξαφανίζονται τελείως μέσα σε μερικά mm
- Τα βαθμιδωτά δυναμικά είναι σημαντικά
 - Μετασυναπτικά Δυναμικά (Postsynaptic potentials)
 - Δυναμικά Υποδοχέων (Receptor potentials)
 - Βηματοδοτικά Δυναμικά (Pacemaker potentials)
 - κλπ



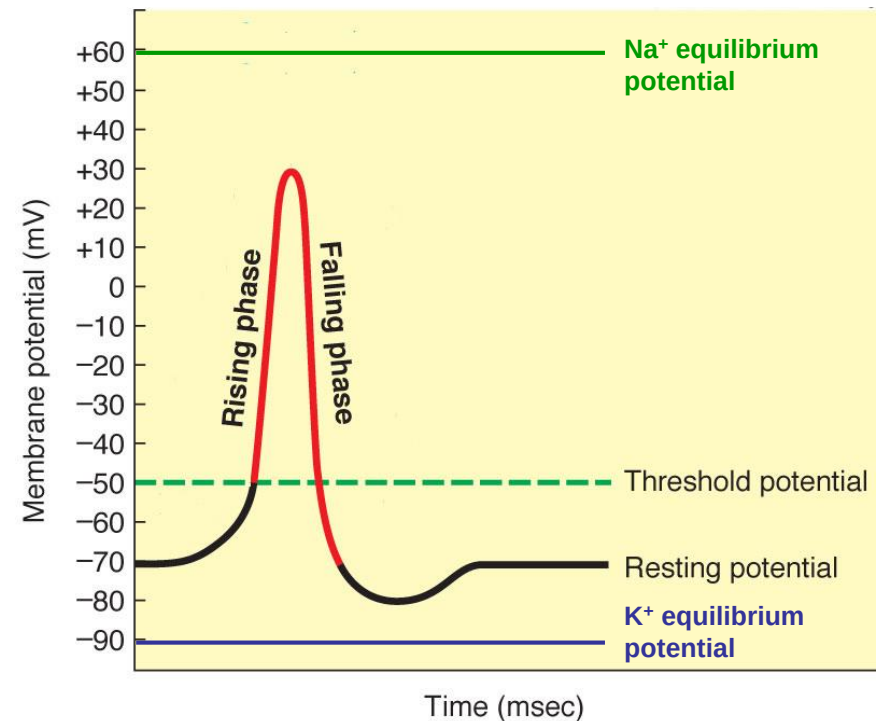
* Numbers refer to the local potential in mV at various points along the membrane.



Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)



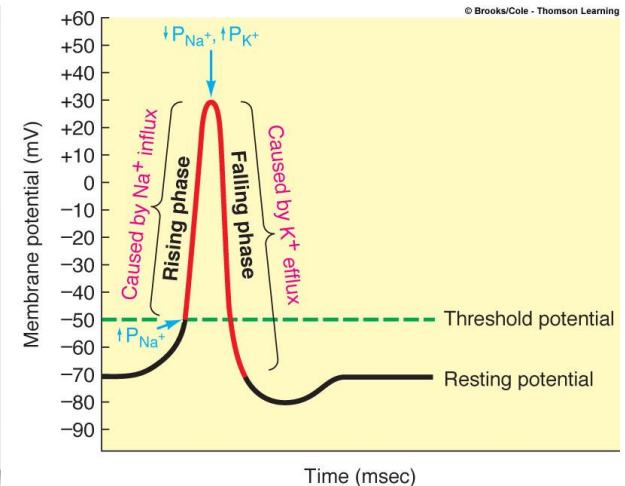
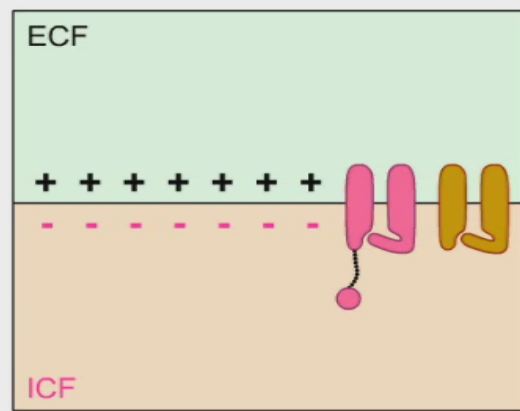
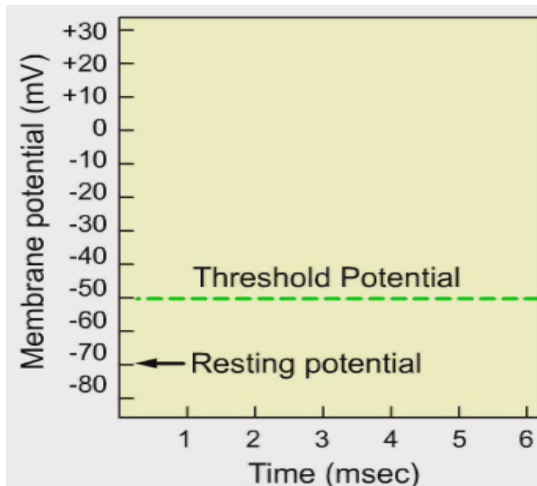
- **Μεγάλες αλλαγές (~100 mV) στο δυναμικό μεμβράνης**
 - Λέγονται και αιχμές (spikes)
 - Το έναυσμα μπορεί να είναι βαθμιδωτά δυναμικά
 - Αντίθετα με τα βαθμιδωτά δυναμικά, τα δυναμικά ενεργείας διαδίδονται
 - Μεταδίδουν πληροφορίες
- **Αλλαγές κατά την διάρκεια ενός ΔΕ**
 - Σταδιακή εκπόλωση μέχρι το κατώφλι δυναμικού (threshold potential) (-50 to -55 mV)
 - Αν δεν φτάσει στο κατώφλι δεν θα δημιουργηθεί ΔΕ
 - Ταχεία εκπόλωση (+30 mV)
 - Το μέρος πάνω από τα 0 mV ονομάζεται υπερύψωση (overshoot)
 - Ταχεία επαναπόλωση που καταλήγει σε υπερπόλωση (-80 mV)
 - Επαναφορά στο δυναμικό ηρεμίας (-70 mV)
- **Η διάρκεια είναι σταθερή για κάθε τύπο κυττάρου**
 - Π.χ. Νευρώνες → 1 msec



Δυναμικά Ενέργειας (Action Potentials)



- Τα ΔΕ προέρχονται από αλλαγές στην περατότητα (permeability) διαφόρων ιόντων
- Τασεοελεγχόμενοι (Voltage-gated) δίαυλοι (channels)
 - Πρωτεΐνες που αλλάζουν διαμόρφωση ανάλογα με το δυναμικό
 - Επιτρέπουν σε ιόντα να περάσουν μέσα από τη μεμβράνη
 - Τασεοελεγχόμενοι δίαυλοι Na^+
 - Πύλες (gates) ενεργοποίησης (άμεση) και απενεργοποίησης (καθυστερημένη)
 - Τασεοελεγχόμενοι δίαυλοι K^+
 - Πύλη ενεργοποίησης (καθυστερημένη)



Δυναμικά Ενέργειας (Action Potentials)

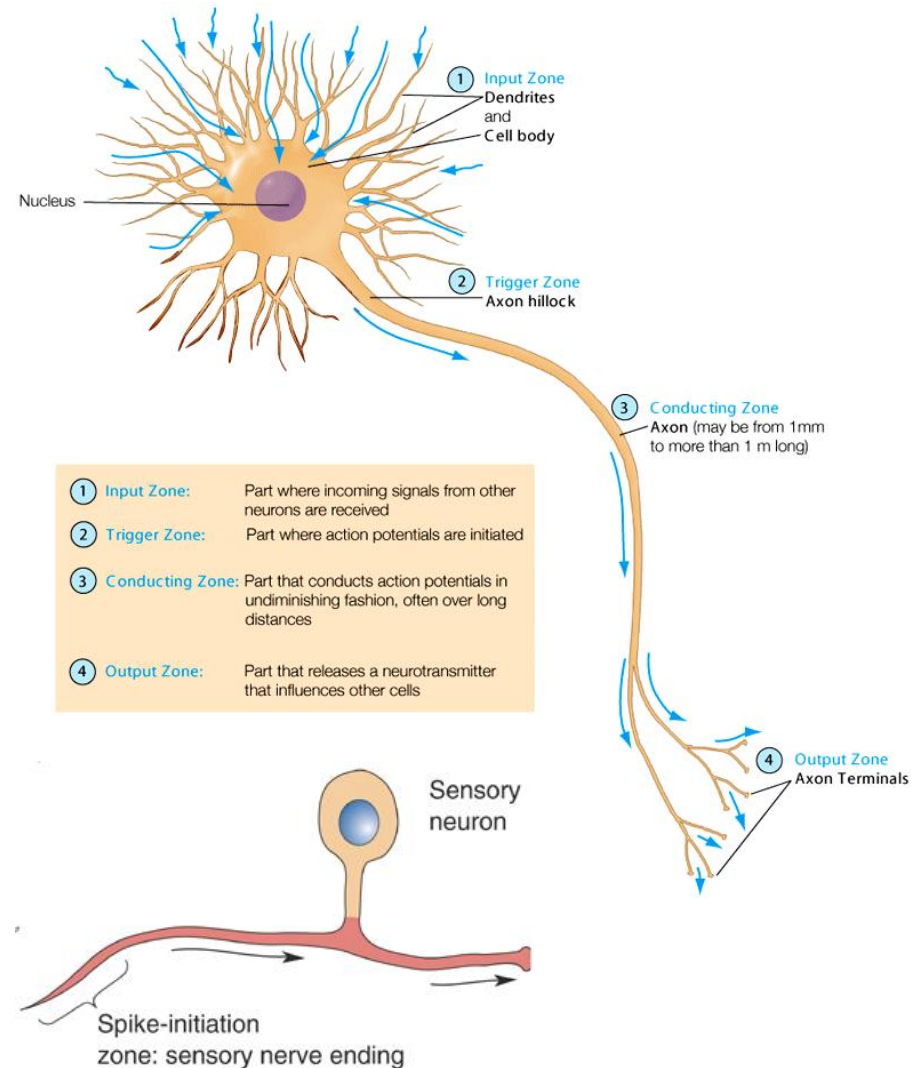


- **Δομή των νευρώνων**

- Περιοχή Εισόδου
 - Δενδρίτες (Dendrites) (μέχρι και 400 000) και Σώμα (Cell Body)
 - Διαθέτουν υποδοχείς χημικών σημάτων (chemical signals)
- Περιοχή Αγωγής (Conduction zone)
 - Άξονας (Axon), ονομάζεται και “νευρωνική ίνα” (nerve fiber)
 - Εκφυτικός κώνος (Axon hillock) μέχρι Απόλυξη (Axon terminal) <1 mm to >1m
- Περιοχή Εξόδου (Output zone)
 - Απόλυξη (Axon terminal)

- **Είσοδος**

- Σύναψη (Synapse)
 - Βαθμιδωτά Δυναμικά (Graded Potentials)
 - Δημιουργούνται στους δενδρίτες σαν αποτέλεσμα χημικών σημάτων
 - Μπορούν να ενεργοποιήσουν ΔΕ
- Τερματικά αισθητήριων νευρώνων (Sensory nerve endings)



Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)

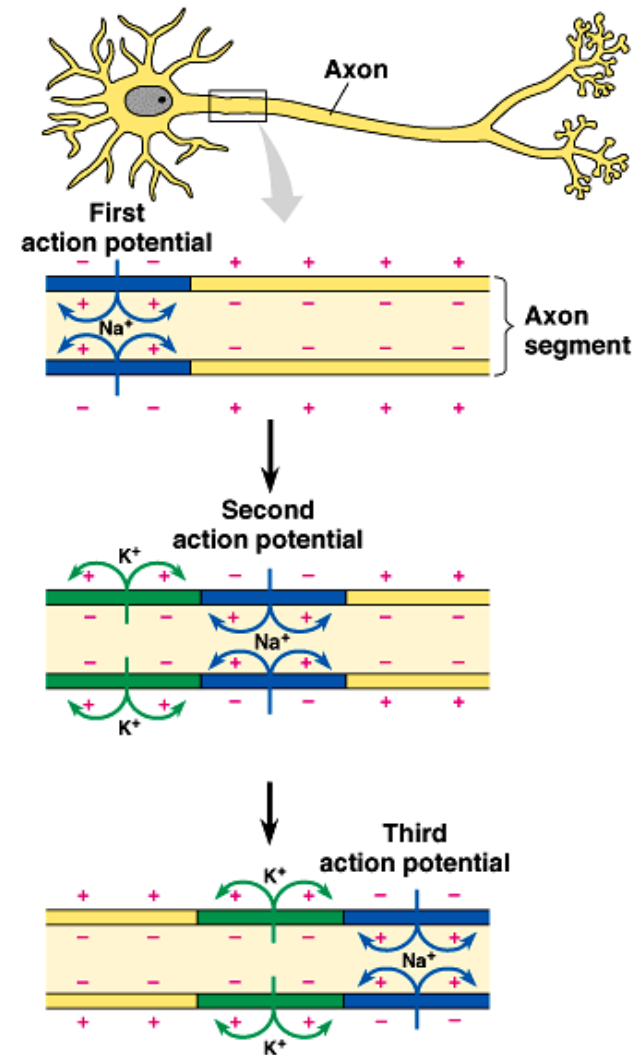


- **Διάδοση ΔΕ (AP Propagation)**

- Τα ΔΕ ξεκινούν από τον Εκφυτικό κώνο (Axon hillock)
 - Διαθέτει περισσότερους τασεοελεγχόμενους διαύλους $\rightarrow$ χαμηλότερο κατώφλι δυναμικού
- Όταν το ΔΕ ενεργοποιηθεί τότε διατρέχει όλο τον άξονα
 - Συνεχής αγωγή (Contiguous conduction)
 - Αλματώδης αγωγή (Saltatory conduction)

- **Συνεχής αγωγή (Contiguous conduction)**

- Ροή ιόντων $\rightarrow$ εκπόλωση παραπλήσιων περιοχών στο κατώφλι δυναμικού
- Καθώς το ΔΕ ξεκινά στη παραπλήσια περιοχή, το αρχικό ΔΕ τελειώνει
- Το ίδιο ΔΕ δεν μεταδίδεται απλά δημιουργούνται καινούργια σε διαδοχικές θέσεις (όπως ένα “κύμα” στο γήπεδο)

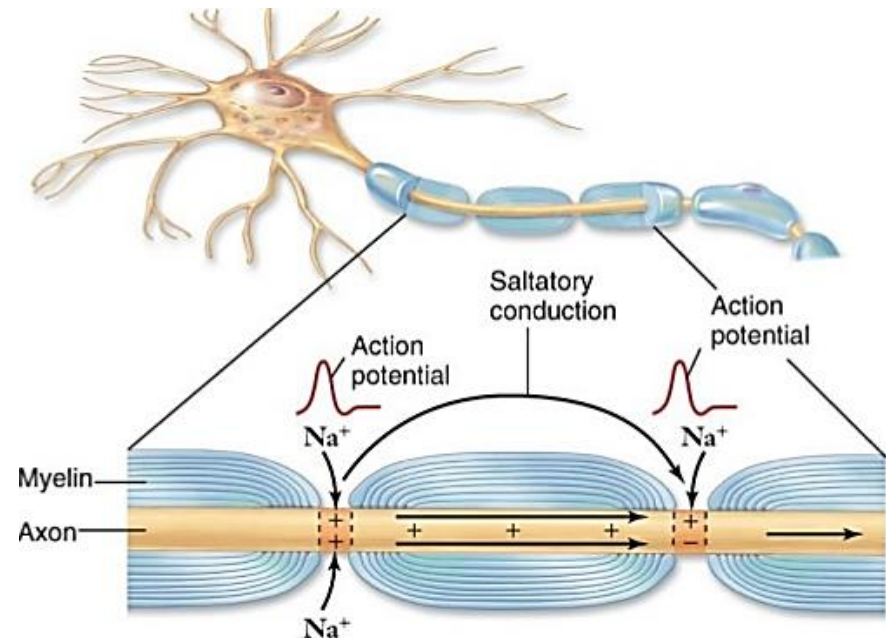


Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)



- **Αλματώδης αγωγή (Saltatory conduction)**

- Κάποιοι νευρώνες είναι καλυμμένοι με μυελίνη (myelin)
 - Πολυστοιβαδική μεμβράνη μυελίνης, μυελωνόδες έλυτρο (myelin sheath)
 - Δεν υπάρχει μετακίνηση ιόντων μέσα από αυτή τη μεμβράνη
 - Από Ολιγοδεντρικά (Oligodendrocytes) (ΚΝΣ) και Schwann κύτταρα (ΠΝΣ)
- Περίσφιξεις (Nodes) Ranvier
 - Περιοχές μεταξύ της μεμβράνης μυελίνης
 - Μετακίνηση ιόντων → Δημιουργία ΔΕ
- Ρεύματα μέσα από τον άξονα δημιουργούν ΔΕ στην επόμενη περίσφιξη
- Τα ΔΕ “πηδούν” από περίσφιξη σε περίσφιξη
 - Πληροφορίες μεταδίδονται 50x γρηγορότερα
 - Λιγότερη ενέργεια στις αντλίες που συντηρούν τις συγκεντρώσεις ιόντων
- Καταστροφή της μυελίνης προκαλεί σοβαρά προβλήματα
 - Π.χ. Σκλήρυνση κατά πλάκα (multiple sclerosis)

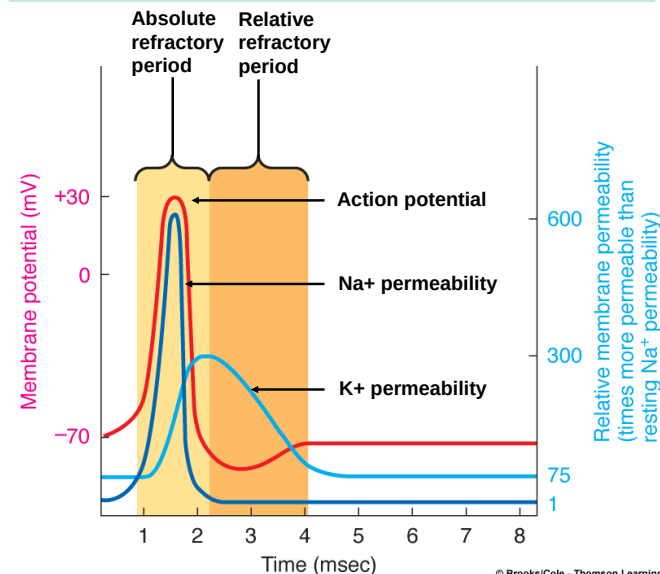
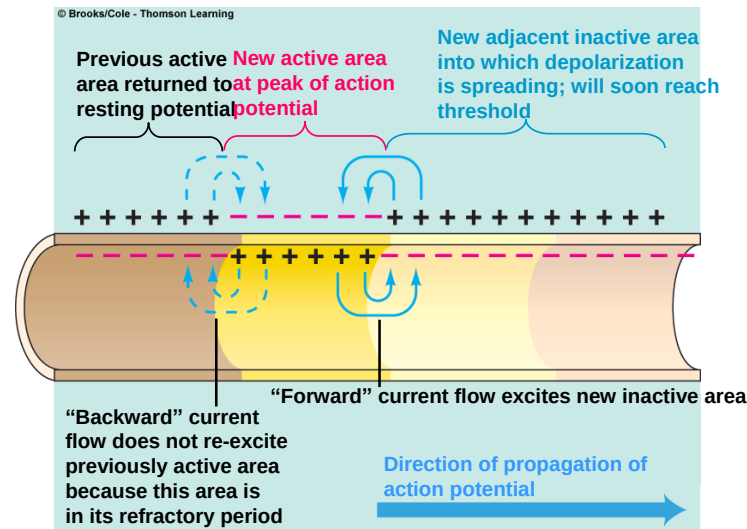


Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)



- **Περίοδος Ανερεθιστότητας (Refractory Period)**

- Τα ΔΕ δεν διαδίδονται προς τα πίσω
 - Τοπικά ρεύματα δεν επαναδημιουργούν ΔΕ σε μια περιοχή όπου μόλις τέλειωσε ένα ΔΕ
- Πρέπει να περάσει κάποιος χρόνος προτού ένα δεύτερο ΔΕ να μπορεί να ξεκινήσει → Περίοδος Ανερεθιστότητας (Refractory Period)
- Περίοδος Απόλυτης Ανερεθιστότητας (Absolute refractory period)
 - Κατά την διάρκεια ενός ΔΕ
 - Δεν μπορούν να ξεκινήσουν καθόλου ΔΕ
- Περίοδος Σχετικής Ανερεθιστότητας (Relative refractory period)
 - Οι περισσότεροι δίαυλοι Na^+ είναι απενεργοποιημένοι
 - Οι περισσότεροι δίαυλοι K^+ δεν έχουν ακόμα κλείσει
 - Μετά από ένα ΔΕ → Δεύτερο ΔΕ μπορεί να ενεργοποιηθεί με υπέρμετρα μεγάλα σήματα
- Η περίοδος ανερεθιστότητας περιορίζει τη μέγιστη συχνότητα ΔΕ → ~2.5 KHz



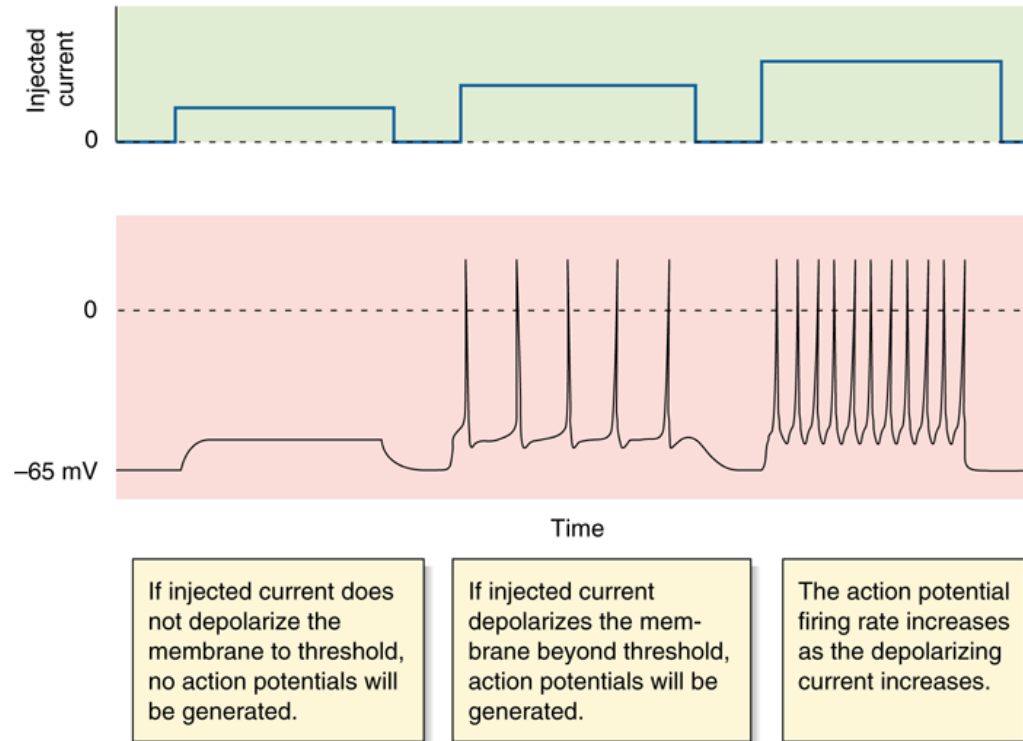
© Brooks/Cole - Thomson Learning

Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)



• Χαρακτηριστικά των ΔΕ

- Πώς μεταβάλλεται το πλάτος τους;
 - Πάντοτε το ίδιο! → Όλα-ή-τίποτα
 - Δεν μειώνεται κατά την διάρκεια της διάδοσης
- Πώς ξεχωρίζουν τα δυνατότερα ερεθίσματα;
 - Περισσότερα ΔΕ → ↑ Συχνότητα
 - Περισσότεροι νευρώνες στέλνουν ΔΕ ταυτόχρονα
- Τι καθορίζει την ταχύτητα των ΔΕ;
 - Μυελίνωση (Myelination)
 - Διάμετρος νευρώνα (↑ διάμετρος → ↓ Αντίσταση στα τοπικά ρεύματα → ↑ Ταχύτητα)
 - Μεγάλοι μυελινώδεις άξονες (Large myelinated fibers) : 120 m/sec (432 km/hr) → επείγουσες πληροφορίες
 - Μικροί μη-μυελινώδεις άξονες (Small unmyelinated fiber) : 0.7 m/sec (2.5 km/hr) → αργές διαδικασίες
 - Χωρίς μυελίνη ο άξονας θα έπρπε να έχει $\sqrt{50}$ φορές μεγαλύτερη διάμετρο!

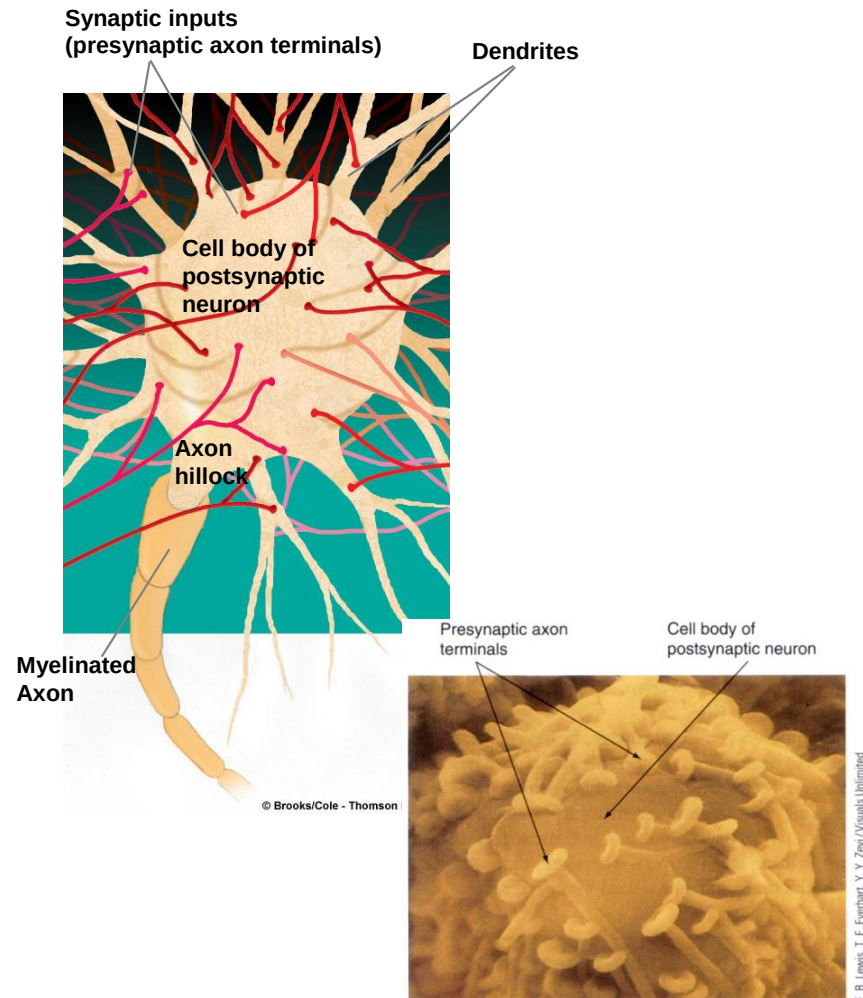


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)



- Ένας νευρώνας εννευρώνει (καταλήγει ή παρέχει σήμα) σε
 - Άλλους νευρώνες, μύες, αδένες
- **Σύναψη (Synapse)**
 - Μια σύνδεση μεταξύ δύο νευρώνων ή νευρώνα και άλλου κυττάρου
 - Προσυναπτικός νευρώνας
 - Κυστίδια με νευροδιαβιβαστή (χημικό αγγελιοφόρο)
 - Συναπτική σχισμή
 - Μετασυναπτικός νευρώνας/κύτταρο
 - Υποδοχείς για τον νευροδιαβιβαστή
 - Οι περισσότερες είσοδοι είναι πάνω σε δενδρίτες
 - Δεν υπάρχει άμεση ροή ιόντων → Χημική επικοινωνία
 - Επικοινωνία προς μια κατεύθυνση

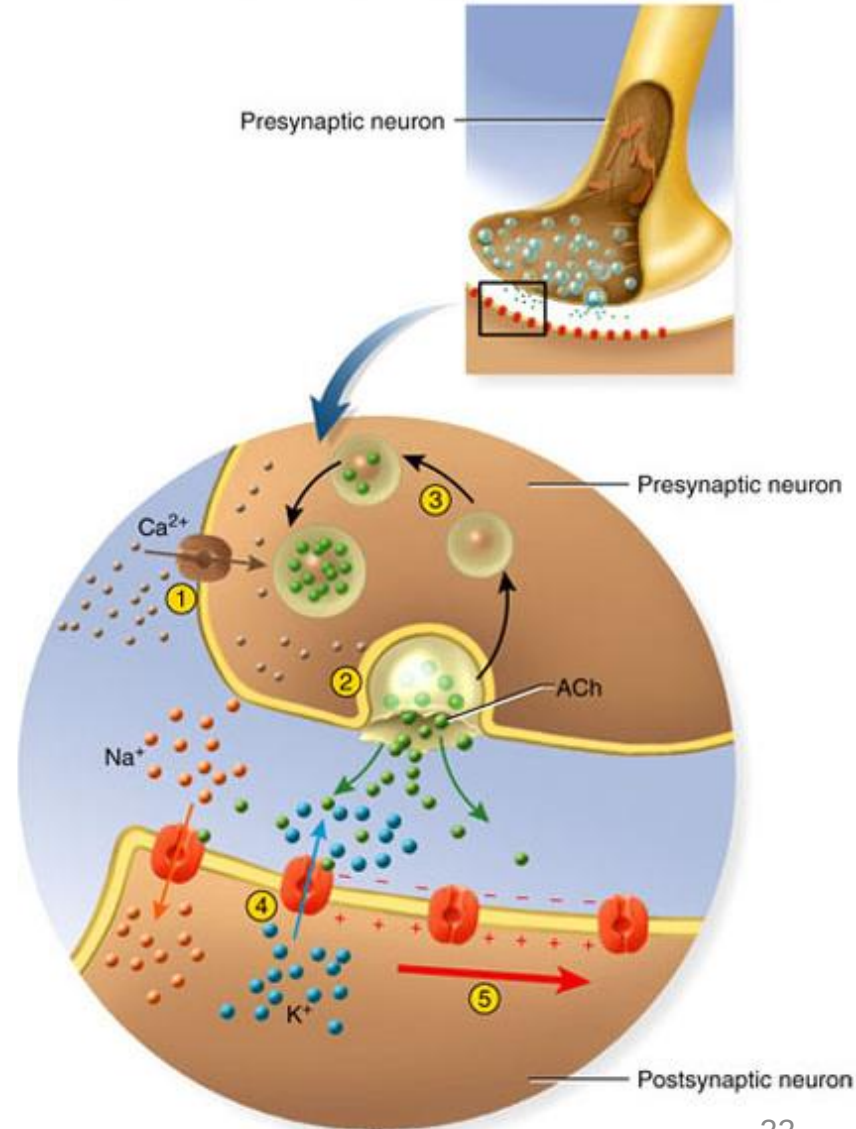


Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)



- **Συναπτική Επικοινωνία**

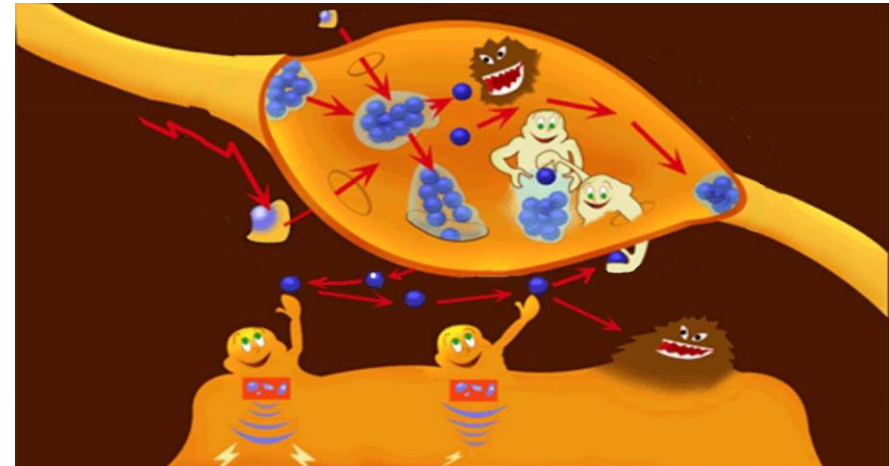
- ΔΕ φτάνει στην απόληξη
- Ανοίγουν τασεοελεγχόμενοι δίαυλοι Ca^{2+}
- Ρέει Ca^{2+} από το ECF μέσα στην απόλυξη
- Το Ca^{2+} προκαλεί εξωκυττάρωση των κυστιδίων και απελευθέρωση νευροδιαβιβαστή
- Διάχυση του νευροδιαβιβαστή στη συναπτική σχισμή μέχρι τον μετασυναπτικό νευρώνα και πρόσδεση σε εξειδικευμένους υποδοχείς
- Η πρόσδεση ανοίγει δίαυλους ιόντων
 - Προκαλεί αλλαγές στην περατότητα των ιόντων → βαθμιδωτά δυναμικά
- Η σύναψη μπορεί να είναι
 - Διεγερτική (excitatory): ροή κατιόντων (cations) → εκπόλωση, ή
 - Ανασταλτική (inhibitory): ροή ανιόντων (anions) → υπερπόλωση
- Τα βαθμιδωτά δυναμικά από διαφορετικές συνάψεις όταν φτάνουν ταυτόχρονα αθροίζονται



Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)



- **Νευροδιαβιβαστές (Neurotransmitters) και Υποδοχείς (Receptors)**
 - Πολλά είδη νευροδιαβιβαστών
 - Κάθε νευροδιαβιβαστής μπορεί να συνδεθεί με διαφορετικά είδη υποδοχέων
 - Κάθε συγκεκριμένος νευρώνας απελευθερώνει ένα συγκεκριμένο νευροδιαβιβαστή και κάθε σύναψη έχει ένα συγκεκριμένο υποδοχέα
 - Κάθε συνδυασμός νευροδιαβιβαστή υποδοχέα παράγει την ίδια απόκριση
 - Οι νευροδιαβιβαστές σε συνδυασμό με διαφορετικούς υποδοχείς μπορούν να παράγουν διαφορετικές αποκρίσεις (σε διαφορετικές συνάψεις), π.χ. ΑΝΣ
- **Εκκαθάριση του νευροδιαβιβαστή**
 - Αφαίρεση ή αδρανοποίηση, ώστε να σταματήσει το σήμα
 - Αδρανοποίηση με ειδικά ένζυμα εντός της μετασυναπτικής μεμβράνης
 - Επαναπρόσληψη πίσω στο άξονα → ανακύκλωση

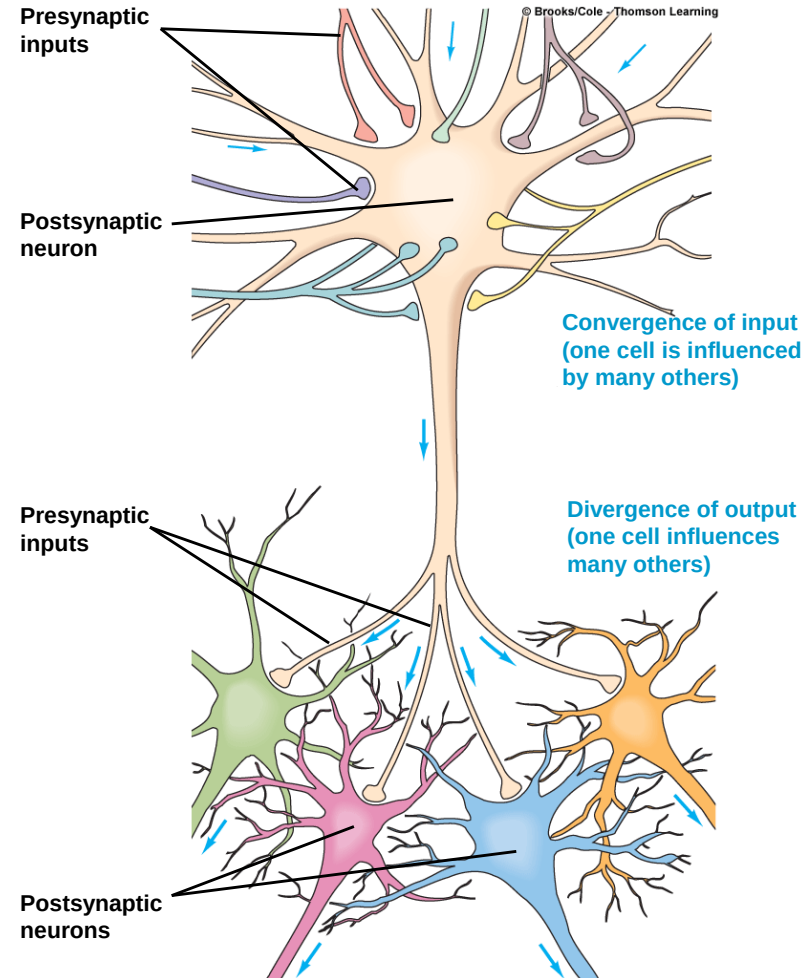


Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)



- **Μετασυναπτική Ολοκλήρωση**

- ΔΕ αρχικοποιούνται ανάλογα με το συνδυασμό των εισόδων
- Ο νευρώνας είναι ένα πολύπλοκο υπολογιστικό σύστημα
 - Συνάψεις = εισοδοί
 - Δενδρίτες = επεξεργαστές
 - Άξονες/ΔΕ = έξοδοι
- Παρουσία και συχνότητα των ΔΕ είναι αποτέλεσμα συνδυασμού (ολοκλήρωσης) πληροφοριών από διάφορες πηγές
- Πληροφορίες που δεν είναι σημαντικές δεν μεταδίδονται καθόλου
- Οι νευρώνες είναι συνδεδεμένοι σε ένα πολύπλοκο δίκτυο (10^{11} νευρώνες και 10^{14} συνάψεις μόνο στον εγκέφαλο!)
 - Συγκλίνουσες (Converging)
 - Αποκλίνουσες (Diverging)
 - Μαζικά παράλληλη επεξεργασία

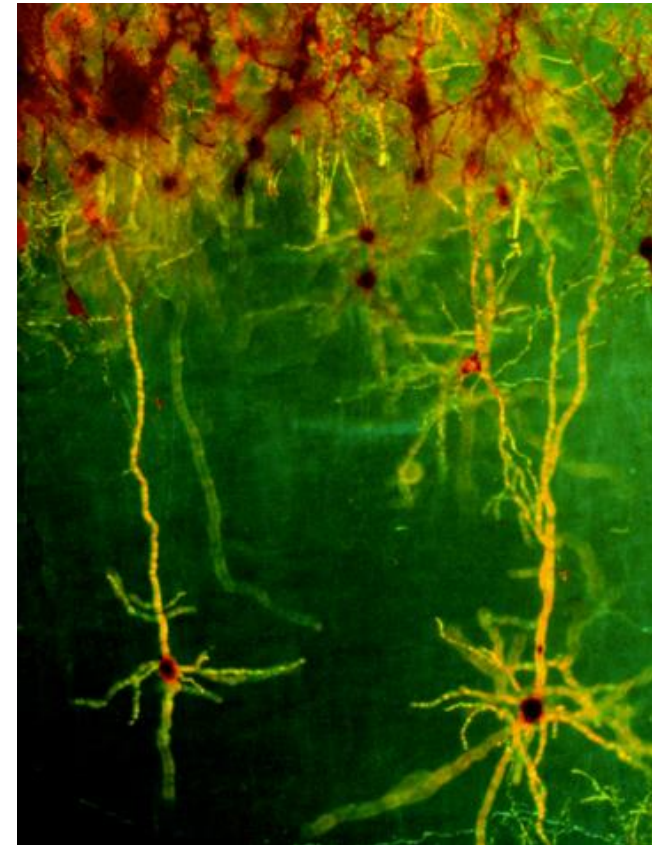


Arrows indicate direction in which information is being conveyed.

Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)



- **Συναπτική Πλαστικότητα (Plasticity) και Μάθηση**
 - Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αλλαγές στη συναπτική λειτουργία
- **Μετά-τετανική Ενίσχυση (Post-tetanic Potentiation)**
 - Ενίσχυση διαρκεί ως 60 δευτερόλεπτα
 - Συσσώρευση Ca^{2+}
- **Εξοικείωση (Habituation)**
 - Η απίκριση εξαφανίζεται σταδιακά
 - Μειωμένο ενδοκυτταρικό Ca^{2+}
- **Ευαισθητοποίηση (Sensitization)**
 - Απόκριση εξοικίωσης σε συνδυασμό (μία ή περισσότερες φορές) με ένα επιβλαβές ερέθισμα
- **Μακρόχρονη ενδυνάμωση (Long-Term Potentiation)**
 - Ταχέως αναπτυσσόμενη και μόνιμη ενίσχυση του μετασυναπτικού δυναμικού
 - Παίζει ρόλο στη μνήμη
- **Μακρόχρονη αποδυνάμωση (Long-Term Depression)**
 - LTD είναι το αντίθετο της LTP



Σύναψη (Synapse) και Ολοκλήρωση (Integration)

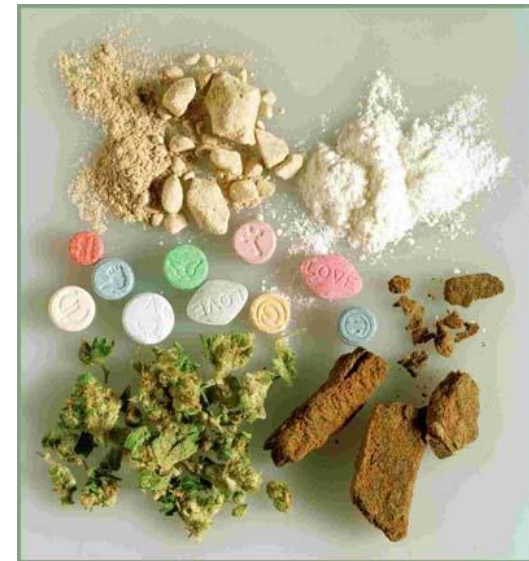


- **Επιδράσεις φαρμάκων και ασθενειών**

- Δράσεις μπορεί να περιλαμβάνουν
 - Αλλοίωση της σύνθεσης, αξονικής μεταφοράς, αποθήκευσης, ή απελευθέρωσης ενός νευροδιαβιβαστή
 - Τροποποίηση της αλληλεπίδρασης του νευροδιαβιβαστή με τον μετασυναπτικό υποδοχέα
 - Επίδραση στον ή καταστροφή του νευροδιαβιβαστή
 - Αντικατάσταση ενός νευροδιαβιβαστή με ένα υποκατάστατο, είτε περισσότερο ή λιγότερο ισχυρό

- **Παραδείγματα**

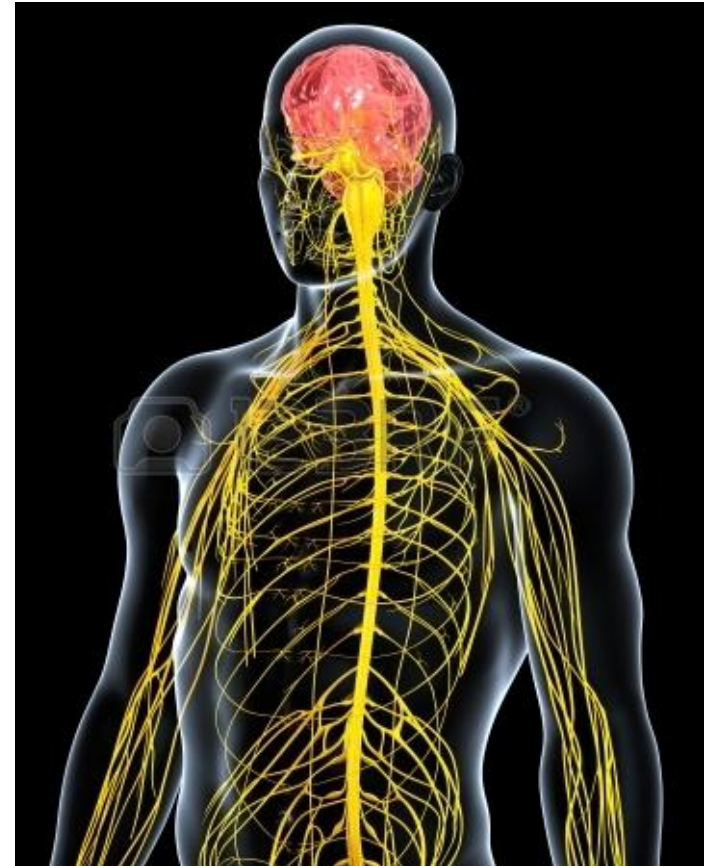
- Κοκαΐνη → εμποδίζει την επαναπρόσληψη του νευροδιαβιβαστή δοπαμίνη → κέντρα ευχαρίστησης στον εγκέφαλο παραμένουν ενεργοποιημένα
- Τοξίνη του τετάνου → εμποδίζει την απελευθέρωση του ανασταλτικού νευροδιαβιβαστή GABA → ανεξέλεγκτη μυϊκή διέγερση → ανεξέλεγκτοι μυϊκοί σπασμοί → παράλυση
- Στρυχνίνη → μπλοκάρει τον υποδοχέα του ανασταλτικού νευροδιαβιβαστή γλυκίνη → σπασμοί, μυϊκή σπαστικότητα → παράλυση



Νευρικό (Nervous) Σύστημα



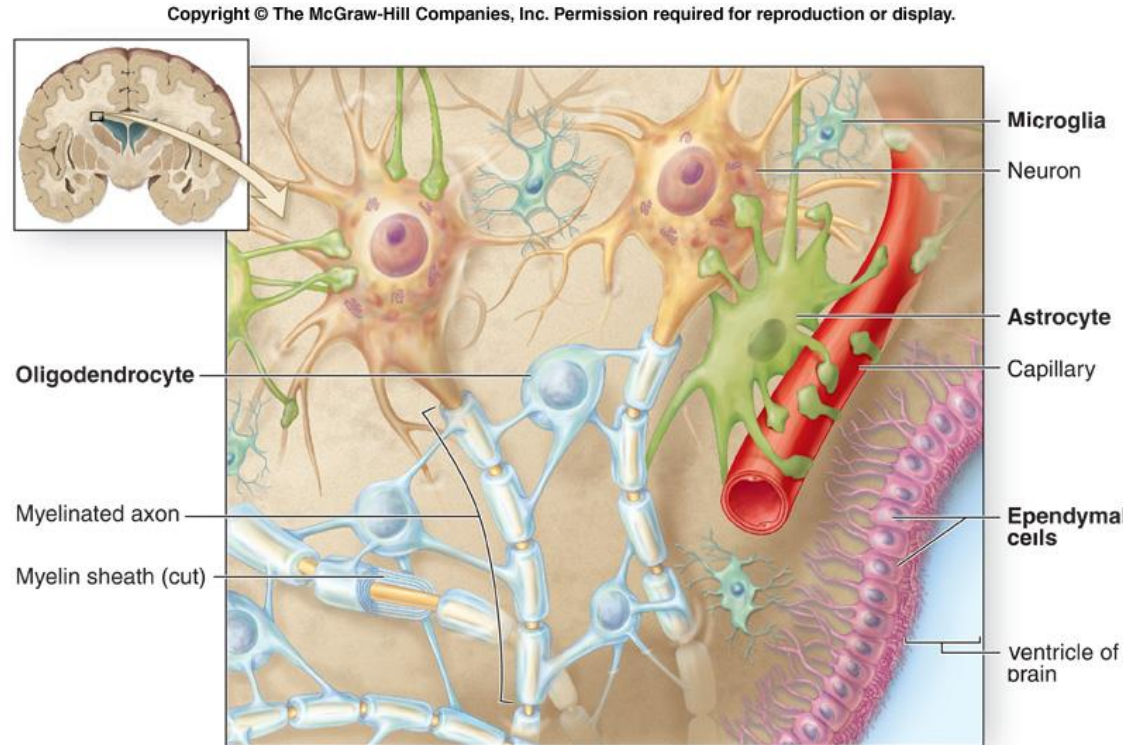
- **Λειτουργικά μέρη του νευρικού συστήματος:**
 - Εγκέφαλος (brain)
 - Νωτιαίος Μυελός (spinal cord)
 - Νεύρα (nerves)
 - Εξειδικευμένα όργανα αισθήσεων
- **Λειτουργίες**
 - Ηλεκτροχημικοί επικοινωνία (είσοδοι – αισθητήρες και έξοδοι - όργανα)
 - Ανιχνεύει, ερμηνεύει και ανταποκρίνεται σε αλλαγές στο περιβάλλον
- **Διεγέρσιμοι ιστοί = Νευρώνες**
- **Ποιο πολλά όμως τα γλοιακά κύτταρα!**



Γλοιακά Κύτταρα



- 90 % των κυττάρων του ΚΝΣ (CNS) ή 50 % του όγκου του
- Επικοινωνούν με χημικά σήματα (όχι ηλεκτρικά)
- Ρόλος
 - Υποστηρίζουν τους νευρώνες φυσικά και μεταβολικά
 - Διαμορφώνουν ενεργώς τη λειτουργία των συνάψεων (σημαντικός ρόλος στη μνήμη και τη μάθηση)
- Είδη
 - Αστροκύτταρα (Astrocytes)
 - Ολιγοδεντροκύτταρα (Oligodendrocytes)
 - Μικρογλοία (Microglia)
 - Επενδυματικά κύτταρα (Ependymal Cells)





- **Αστροκύτταρα (Astrocytes)**

- Κρατούν τους νευρώνες σε κατάλληλες αποστάσεις και σχέσεις
- Καθοδηγούν τους νευρώνες (σαν ικριώματα) στις κατάλληλες θέσεις κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης
- Προκαλούν την δημιουργία, από τα αιμοφόρα αγγεία, του Αιματο-εγκεφαλικού φραγμού (blood-brain barrier)
- Επιδιορθώνουν τραύματα και δημιουργούν ουλές στο ΚΝΣ
- Απορροφούν και διασπούν τους νευροδιαβιβαστές γλουταμινικό οξύ (glutamate) και γ-αμινοβουτυρικό οξύ (GABA) και έτσι περιορίζουν τις ενέργειες τους
- Απορροφούν το επιπλέον K^+ (από τη δράση των νευρώνων) έτσι ώστε το ECF να παραμένει σταθερό
- Επικοινωνούν χημικά μεταξύ τους και με τους νευρώνες και έχουν ρόλο στη μνήμη και στη μάθηση

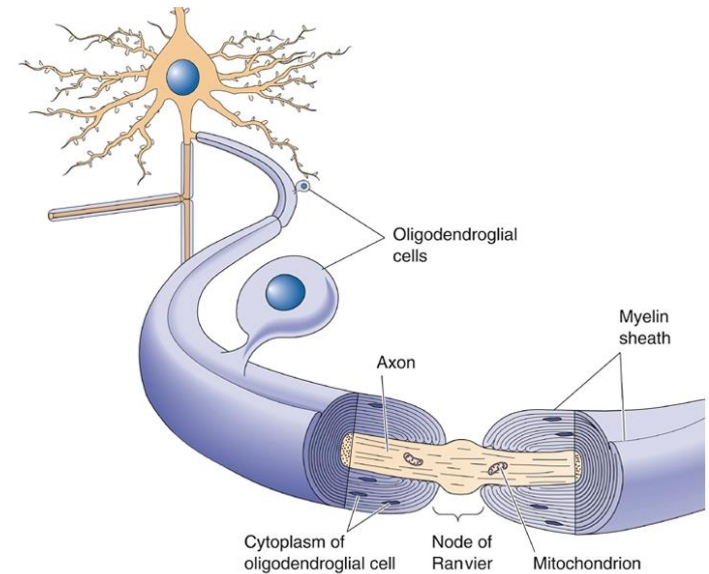


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Γλοιακά Κύτταρα



- **Γλοιακά κύτταρα που παράγουν μυελίνη**
 - Ολιγοδεντρικά (Oligodendrocytes) (ΚΝΣ) και Schwann κύτταρα (ΠΝΣ)
 - Σχηματίζουν πολυστοιβαδική μεμβράνη μυελίνης (myelin sheath)
- **Μικρογλοία (Microglia)**
 - Ανοσοποιητικά κύτταρα του ΚΝΣ
 - Όταν ενεργοποιούνται γίνονται σφαιρικά και κινητικά και επιτίθενται με καταστροφικά χημικά
 - Υπερενεργά μικρογλοία ίσως παίζουν κάποιο ρόλο σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες (neurodegenerative disorders)
 - Εκκρίνουν Νευρικό Αυξητικό Παράγοντα (Nerve Growth Factor) ο οποίος επιτρέπει στα υπόλοιπα κύτταρα του ΚΝΣ να διαβιούν κανονικά



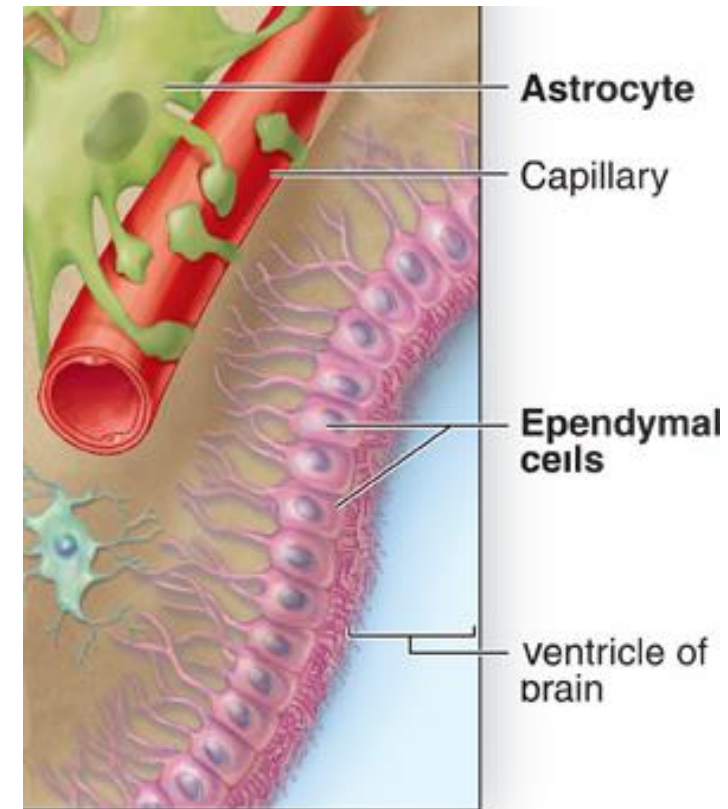


- **Επενδυματικά κύτταρα (Ependymal Cells)**

- Επενδύουν τις κοιλότητες που περιέχουν το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (cerebrospinal fluid - CSF) όπως κοιλίες (ventricles) και κεντρικός αγωγός (central canal)
- Παράγουν το CSF
- Κινούμενα τριχία υποβοηθούν τη ροή του CSF
- CSF
 - Ίδια πυκνότητα (density) όπως και ο εγκέφαλος → επιπλέει και προστατεύεται από κραδασμούς
 - Πίεση (Pressure)
 - 10 mm Hg.
 - Ακόμα και μικρή μείωση (π.χ. κατά την διάρκεια οσφυονωτιαίας παρακέντησης (spinal tap) → σφοδρόι πονοκέφαλοι
- Βλαστικά κύτταρα (stem cells) για άλλα γλοιακά κύτταρα και για νευρώνες στον ιππόκαμπο (hippocampus)

- **Οι περισσότεροι από τους καρκίνους του εγκεφάλου προέρχονται από γλοιακά κύτταρα (gliomas)**

- Οι νευρώνες δεν μπορούν να διαιρεθούν!



Μήνιγγα και ENY

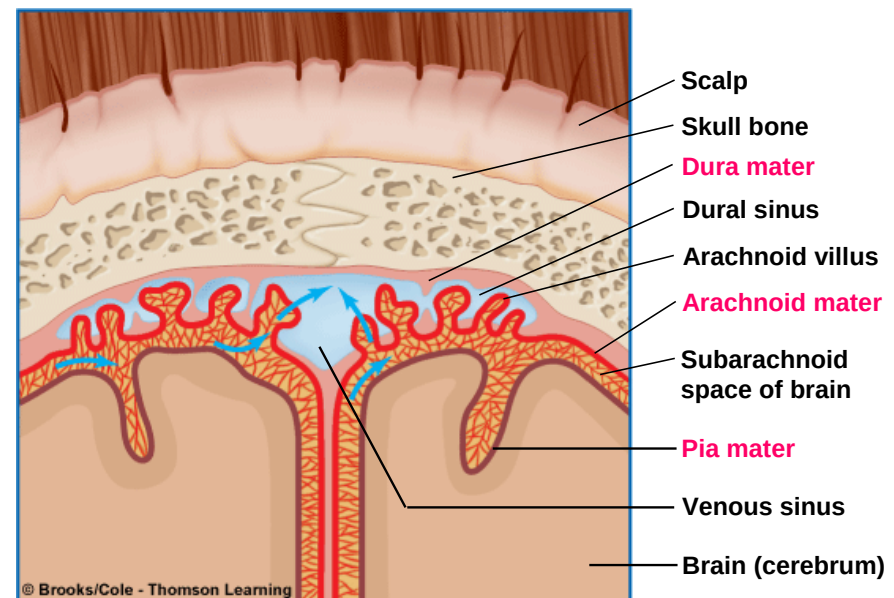
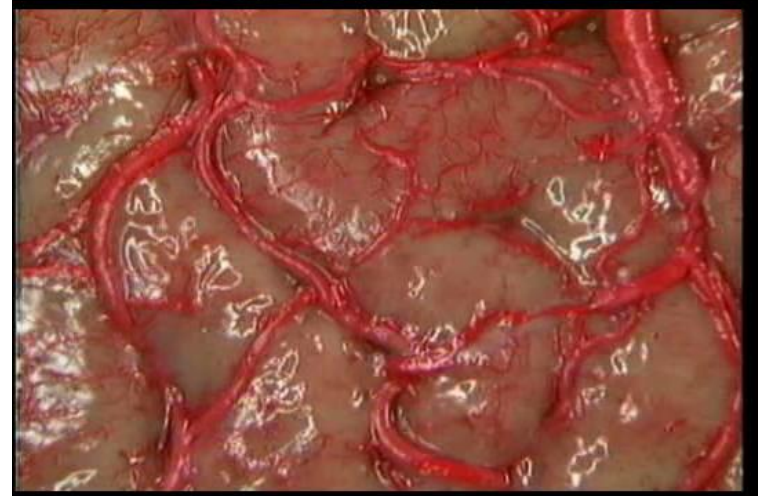


- **Προστασία του ΚΝΣ**

- Σκληρές οστέινες δομές του κρανίου και της σπονδυλικής στήλης (cranium and vertebral column)
- Τρεις μεμβράνες, τα μήνιγγα (meninges) προστατεύουν και τρέφουν το ΚΝΣ
- Ο εγκέφαλος επιπλέει μέσα στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό (cerebrospinal fluid - CSF)
- Ο, πολύ ειδικευμένος, Αιματο-Εγκεφαλικός Φραγμός (blood-brain barrier – BBB) δεν επιτρέπει σε βλαβερές ουσίες να φτάσουν στον εγκέφαλο

- **Μηνιγγικές Μεμβράνες (Meningial Membranes)**

- Σκληρά Μήνιγγα (Dura matter)
 - Δύο σκληρά στρώματα κυρίως ενωμένα
 - Φλεβικοί (venal) και Σκληρικοί (Dural) κόλποι (sinuses) απιστρέφουν το αίμα και το ENY
- Αραχνοειδές Σύστημα (Arachnoid matter)
 - Πολλά αιμοφόρα αγγεία
 - Αραχνοειδείς λάχνες (Arachnoid villi) → το ENY επιστρέφει στις φλέβες
- Μαλακά Μήνιγγα (Pia matter)
 - Η μεμβράνη πιο κοντά στον εγκέφαλο και τα επενδυτικά κύτταρα (ependymal cells)



© Brooks/Cole - Thomson Learning

Μήνιγγα και ENY

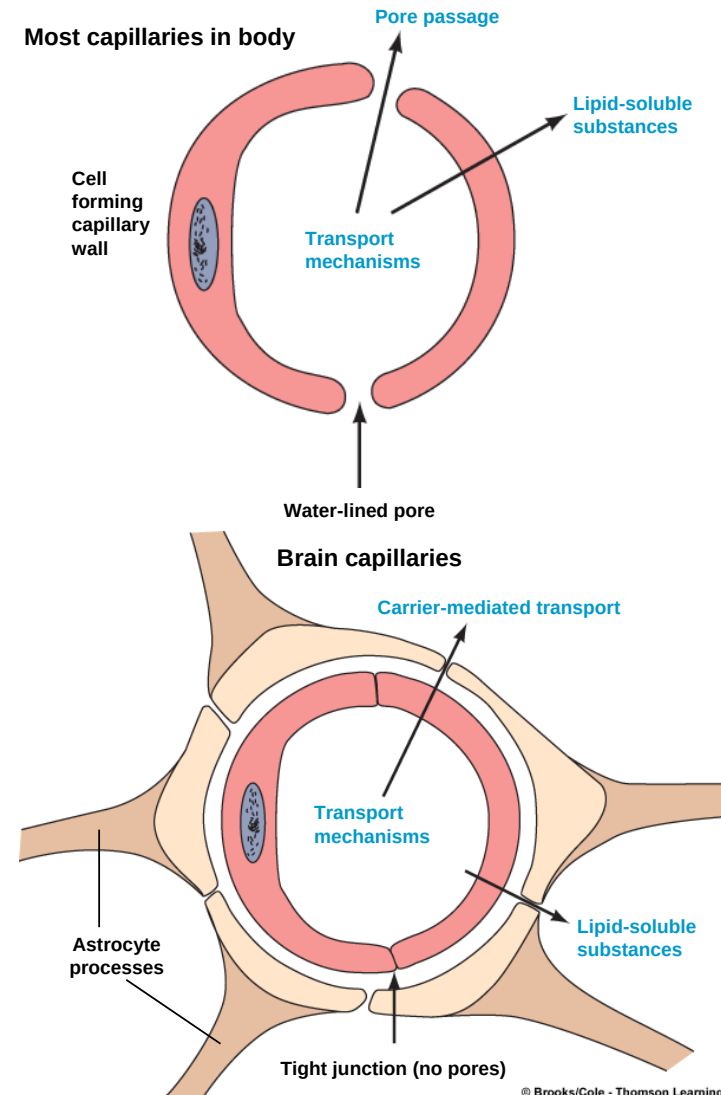


- **Αιματο-Εγκεφαλικός Φραγμός (blood-brain barrier – BBB)**

- Στενές συνδέσεις (Tight junctions) μεταξύ των ενδοθηλιακών κυττάρων των τριχοειδών αγγείων (capillaries) του εγκεφάλου → ανατομικός περιορισμός (restriction)
- Διαχέονται ελεύθερα μόνο ελάχιστα μόρια
 - Λιποδιαλυτά μόρια (O_2 , CO_2 , αλκοόλ, στεροειδείς ορμόνες)
 - Νερό
- Προσεκτική και ελεγχόμενη ανταλλαγή μεταξύ του αίματος και ENY για οτιδήποτε άλλο
- Προτερήματα
 - Ο εγκέφαλος προστατεύεται από αλλαγές στο ECF και επικίνδυνα μόρια στο αίμα
- Μειονεκτήματα
 - Μόνο περιορισμένος αριθμός φαρμάκων μπορεί να διαπεράσει των ΑΕΦ

- **Τροφή του εγκεφάλου**

- Ο εγκέφαλος μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο γλυκόζη (glucose) και μόνο αεροβικά (στην παρουσία O_2)
- Εξαρτάται απόλυτα από την κυκλοφορία του αίματος
- Πολύ ευαίσθητος στις αλλαγές της παροχής αίματος
 - Βλάβη χωρίς $O_2 > 4-5$ mins



Οργάνωση του Νευρικού Συστήματος



- **Κεντρικό Νευρικό Σύστημα**

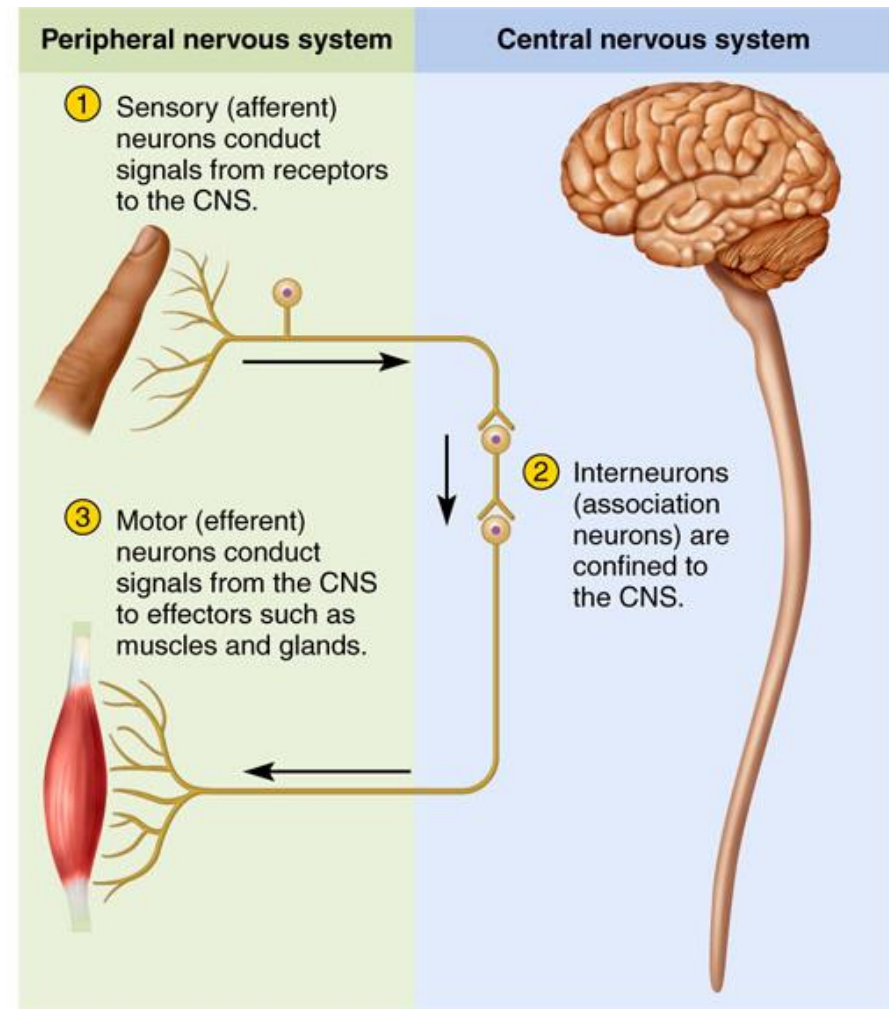
- Εγκέφαλος
- Νωτιαίος Μυελός

- **Περιφερικό Νευρικό Σύστημα**

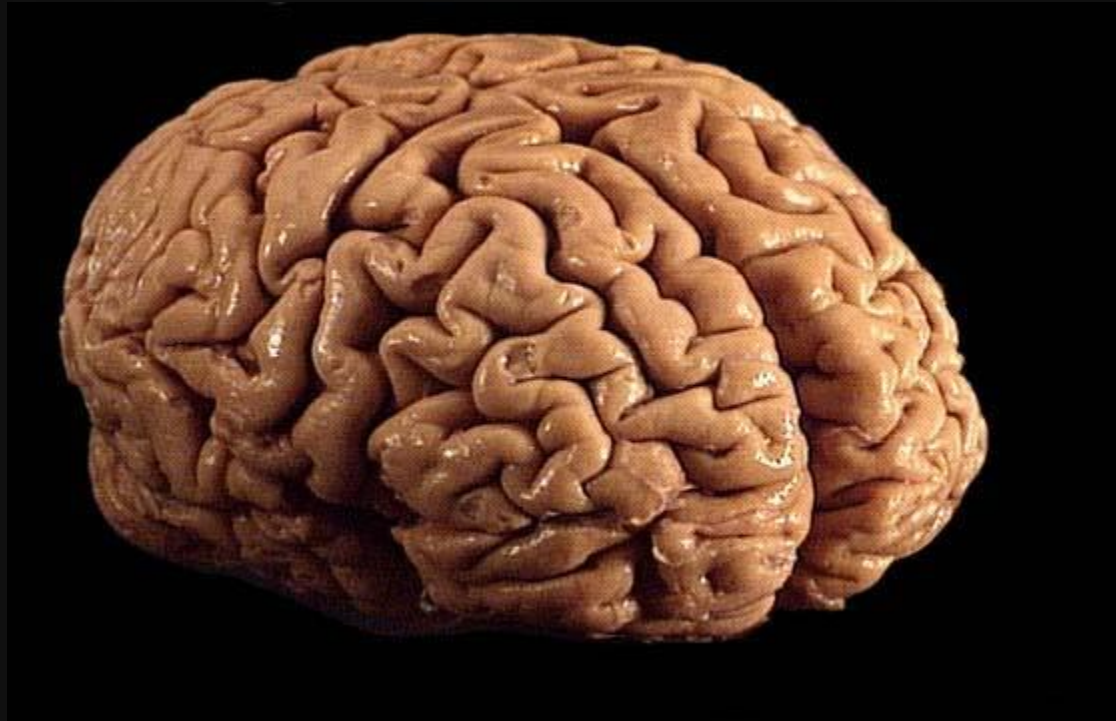
- Προσαγωγοί Νευρώνες (Afferent neurons)
 - Σήματα, από το εξωτερικό και το εσωτερικό του σώματος, στο κεντρικό νευρικό σύστημα ή σε ανώτερα κέντρα επεξεργασίας
- Απαγωγοί Νευρώνες (Efferent neurons)
 - Σήματα από το κεντρικό νευρικό σύστημα προς την περιφέρεια (όργανα και αδένες) ή προς κατώτερα κέντρα επεξεργασίας

- **Διάμεσοι Νευρώνες (Interneurons)**

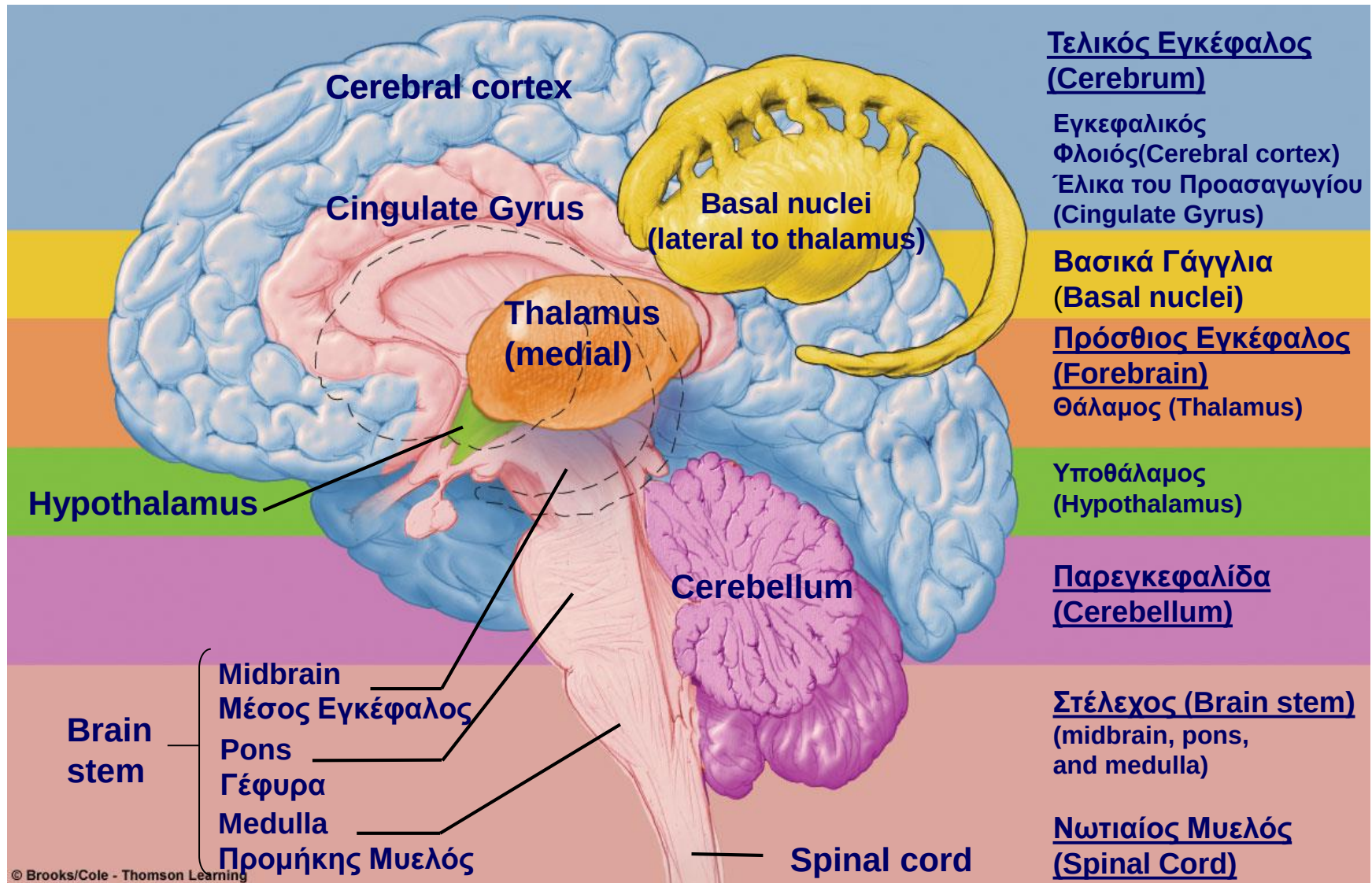
- Βρίσκονται μόνο στο ΚΝΣ
- Ευθύνονται για
 - Ολοκλήρωση της προσαγόμενης πληροφορίας και σχηματισμό αντανακλαστικών αποκρίσεων
 - Στον εγκέφαλο → Ανώτερες διανοητικές (mental) λειτουργίες



Γενική Δομή του ΚΝΣ



Γενική Δομή του ΚΝΣ



Τελικός Εγκέφαλος



- **Τελικός Εγκέφαλος (Cerebrum)**

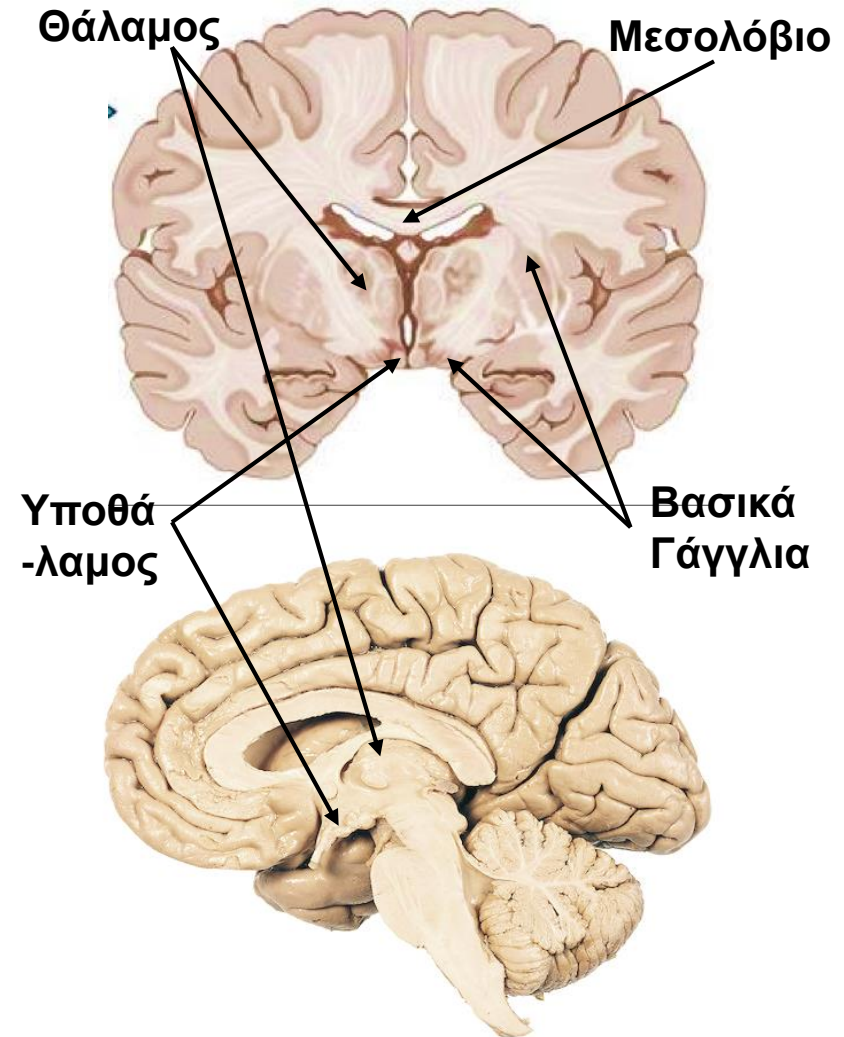
- Δεξί και αριστερό ημισφαίριο (hemisphere)
 - Έλικες (Gyri) και Αύλακες (sulci)
- Μεσολόβιο (Corpus callosum) ενώνει τις δύο πλευρές

- **Λευκή ουσία (White matter)**

- Μυελώδεις άξονες (myelinated axons)
- Διασυνδέσεις (Interconnects)

- **Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)**

- Φαία ουσία (Gray matter)
 - Σώματα των νευρώνων (cell bodies)
- Επεξεργασία
 - Κάθετες στήλες με 6 στρώματα η κάθε μια
 - Κάθε στήλη έχει τη δική της λειτουργία
 - Διαφορετικές εισόδους/εξόδους
 - Διαφορές στα στρώματα
- Μοιράζεται σε 4 ζεύγη λοβών (lobes)



Τελικός Εγκέφαλος



- **Θάλαμος (Thalamus)**

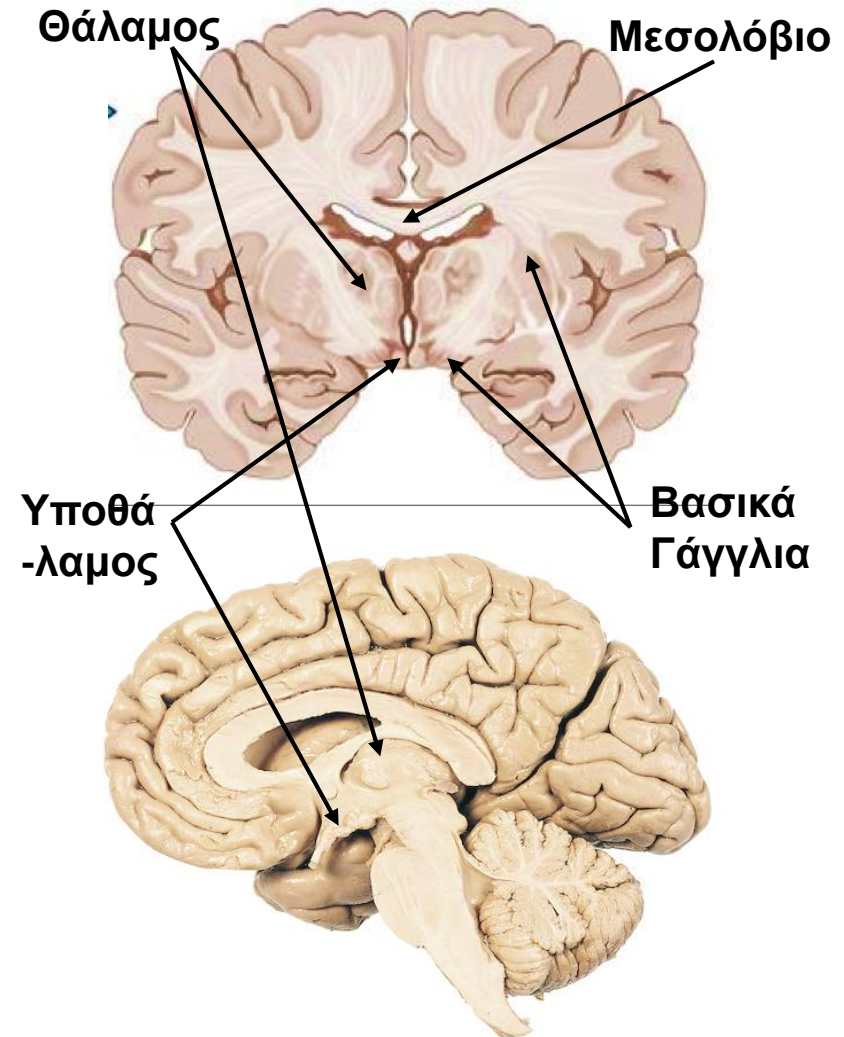
- Σταθμός αναμετάδοσης (relay station)
- Δέχεται τις αισθητήριες πληροφορίες καθ' οδόν προς τον φλοιό
 - Κατευθύνει την προσοχή (π.χ. αφύπνιση όταν κλαίει το μωρό)
- Δέχεται αισθητήριες πληροφορίες από διάφορα μέρη του σώματος
- Ολοκληρώνει (integrates) σημαντικές πληροφορίες για τον έλεγχο της κίνησης

- **Υποθάλαμος (Hypothalamus)**

- Ομοιοστατικός Έλεγχος (Homeostatic control)
- Κέντρο συντονισμού του ΑΝΣ
- Επηρεάζει συναισθηματικές και συμπεριφορικές μορφές έκφρασης
- Συμμετέχει στον κύκλο του ύπνου-αφύπνισης (sleep-wake cycle)

- **Βασικά Γάγγλια**

- Μεταβάλλουν την κινητική δραστηριότητα
 - Θα τα δούμε σε λίγο





- **Λοβοί (lobes) του Εγκεφαλικού Φλοιού**

- **Μετωπιαίος (Frontal)**

- Στρατηγικός Σχεδιασμός (χαρακτήρας)
- Επεξεργασία της σκέψης
- Εκούσια (Voluntary) κίνηση
- Γλώσσα (παραγωγή ομιλίας)

- **Βρεγματικός (Parietal)**

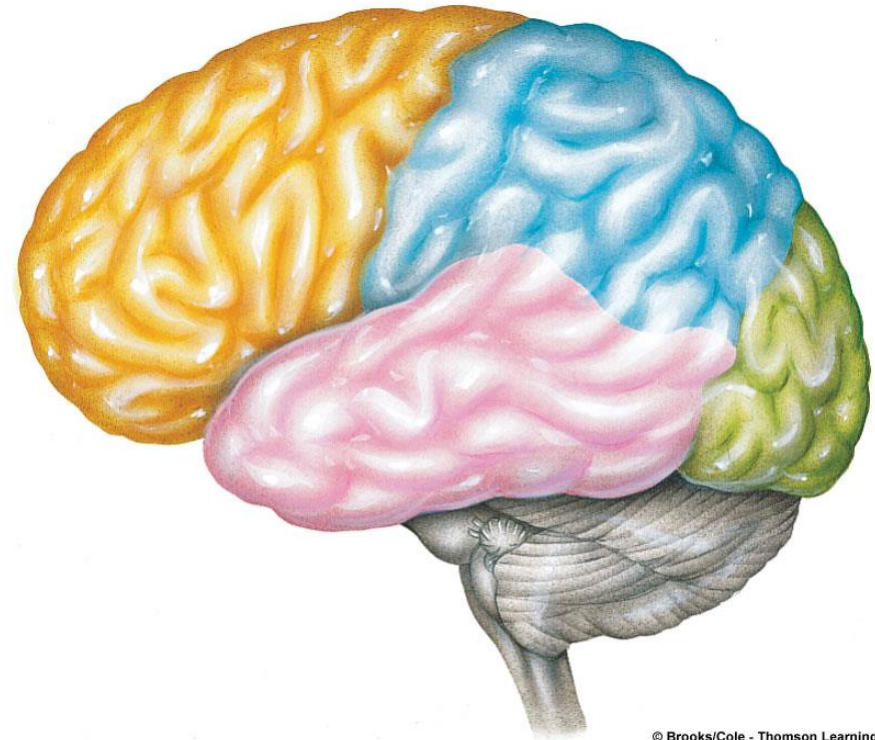
- Σωματοαισθητική επεξεργασία
- Αισθητηριακή Ολοκλήρωση (Sensory Integration)
- Ανώτερη οπτική επεξεργασία (κίνηση)
- Γλώσσα (κατανόηση της ομιλίας)

- **Κροταφικός (Temporal)**

- Ακουστική και Οσφρητική επεξεργασία
- Συναισθήματα, Κίνητρα συμπεριφοράς
- Μνήμη/Μάθηση
- Ανώτερη οπτική επεξεργασία (αναγνώριση)

- **Ινιακός (Occipital)**

- Κύρια οπτική επεξεργασία



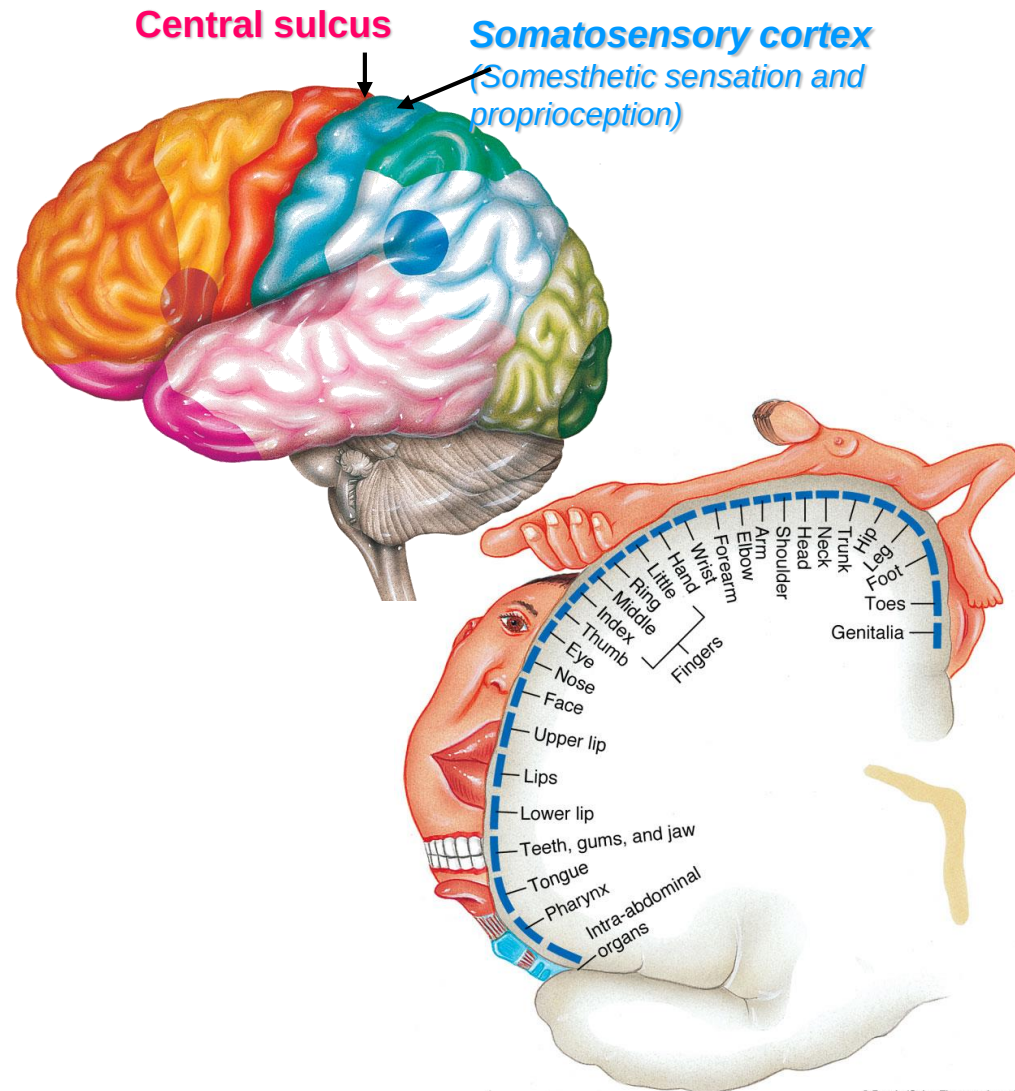
© Brooks/Cole - Thomson Learning

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



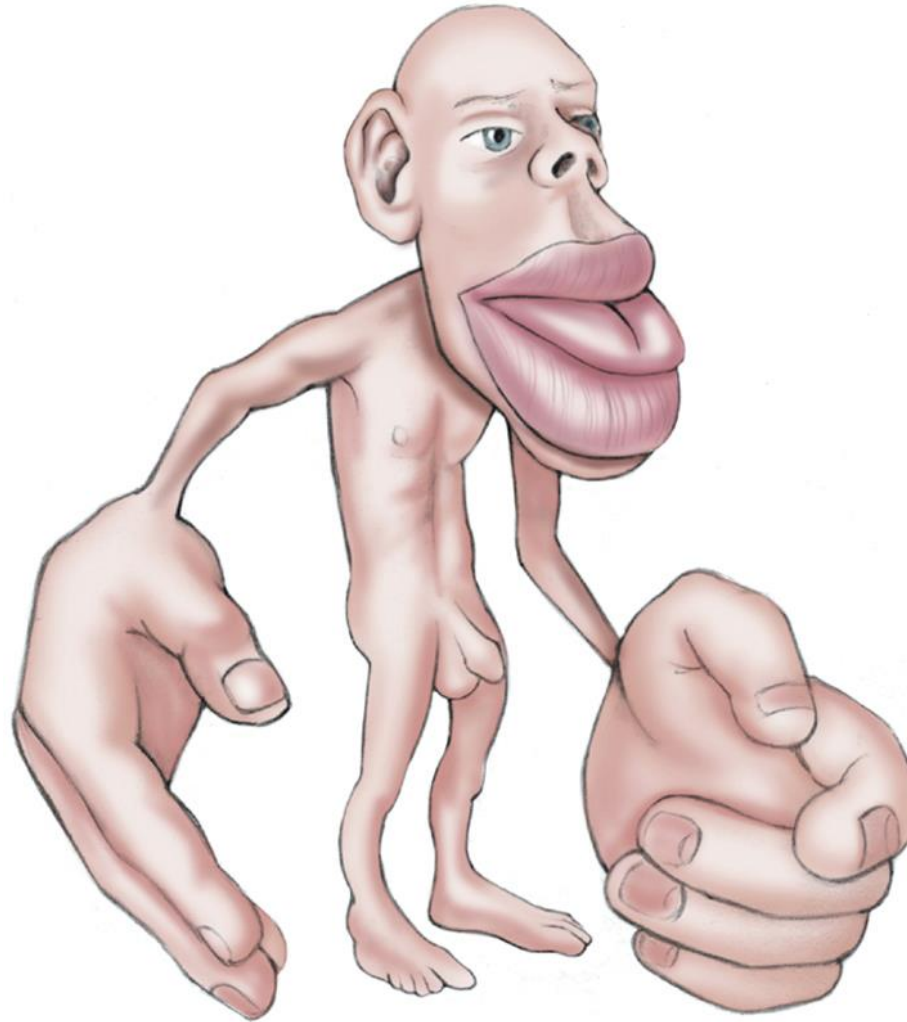
- **Πρωτοταγής Σωματοαισθητικός Φλοιός (Primary Somatosensory Cortex)**

- Αισθήσεις από το σώμα (επιφάνεια)
 - Αφή, Πίεση
 - Πόνος
 - Θερμοκρασία
 - Ιδιοδεκτική αίσθηση (proprioception), δηλαδή αίσθηση θέσης στο χώρο
- Προβάλλονται στον Σωματοαισθητικό Φλοιό
 - Αρχική επεξεργασία και αντίληψη
- Δέχεται πληροφορίες από την αντίθετη πλευρά του σώματος
 - Καταστροφή της δεξιάς πλευράς → αισθητήριο έλλειμμα στην αριστερή πλευρά
- Οι περιοχές του σώματος χαρτογραφούνται τοπογραφικά (topographically mapped)
 - Οι περιοχές κάθε οργάνου δεν αντιπροσωπεύουν μέγεθος
 - Ανάλογες τις ακρίβειας (precision) και ευαισθησίας (sensitivity)
 - Sensory Homunculus



© Brooks/Cole - Thomson Learning

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



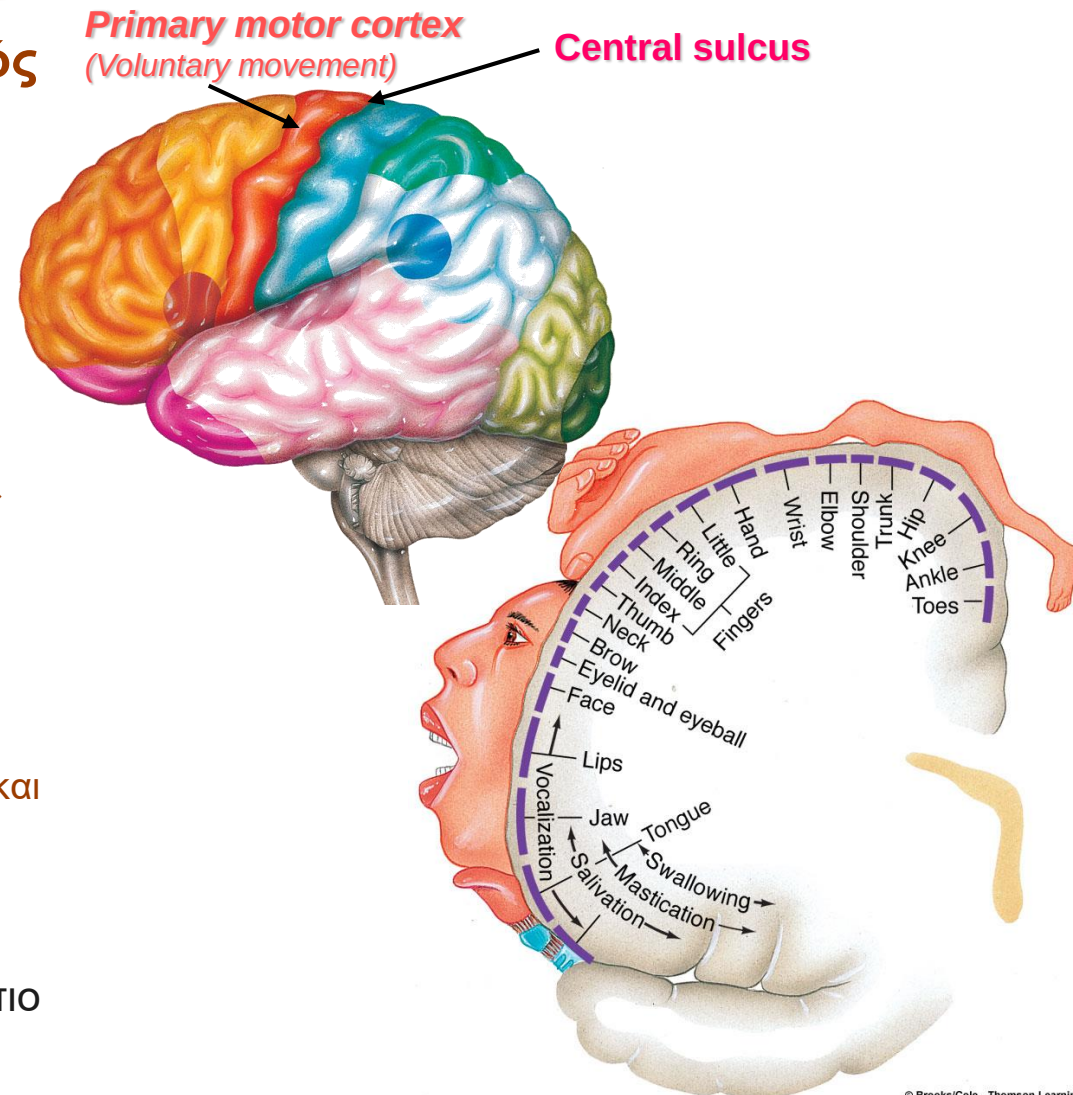
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



- **Πρωτοταγής Κινητικός Φλοιός (Primary Motor Cortex)**

- Έλεγχος της εκούσιας κίνησης των μυών
- Ελέγχει την κίνηση στην αντίθετη πλευρά του σώματος
 - Διαδρομές από τον φλοιό διασταυρώνουν, στο επίπεδο του στελέχους πριν ακολουθήσουν στο νωτιαίο μυελό
 - Καταστροφή της δεξιάς πλευράς → κινητικό έλλειμμα στην αριστερή πλευρά
- Περιοχές του σώματος χαρτογραφούνται τοπογραφικά
 - Οι περιοχές κάθε οργάνου δεν αντιπροσωπεύουν μέγεθος
 - Ανάλογες τις ακρίβειας (precision) και πολυπλοκότητας (complexity) της κίνησης
 - Motor Homonculus
- Ο έλεγχος της κίνησης είναι πολύ πιο πολύπλοκος όπως θα δούμε μετά!



© Brooks/Cole - Thomson Learning

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



- **Ινιακός Λοβός (Occipital Lobe)**

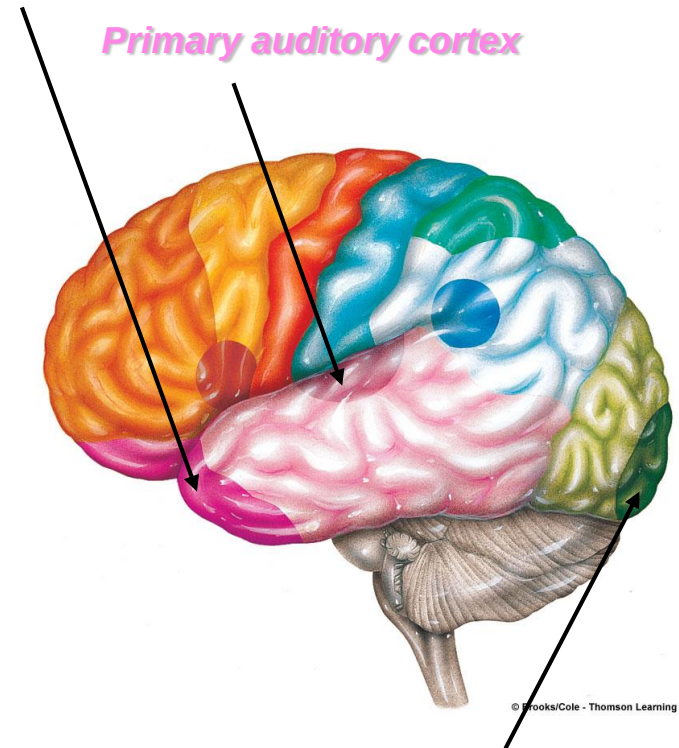
- Πρωτοταγής οπτικός φλοιός (Primary visual cortex)
- Δέχεται πληροφορίες από τα μάτια μέσα από το οπτικό νεύρο
- Παίζει, επίσης, ρόλο στο συντονισμό της κίνησης των ματιών

- **Κροταφικός Λοβός (Temporal Lobe)**

- Περιέχει τα ακουστικά κέντρα τα οποία δέχονται πληροφορίες από το αυτιά
- Ερμηνεία και συσχέτιση ακουστικής και οπτικής πληροφορίας
- Περιλαμβάνει και τον ιππόκαμπο (hippocampus) και το αμυγδαλοειδές σώμα (amygdala)
- Έχουν ρόλο στη μνήμη και στη μάθηση

Limbic association cortex
(motivation, emotion, memory)

Primary auditory cortex



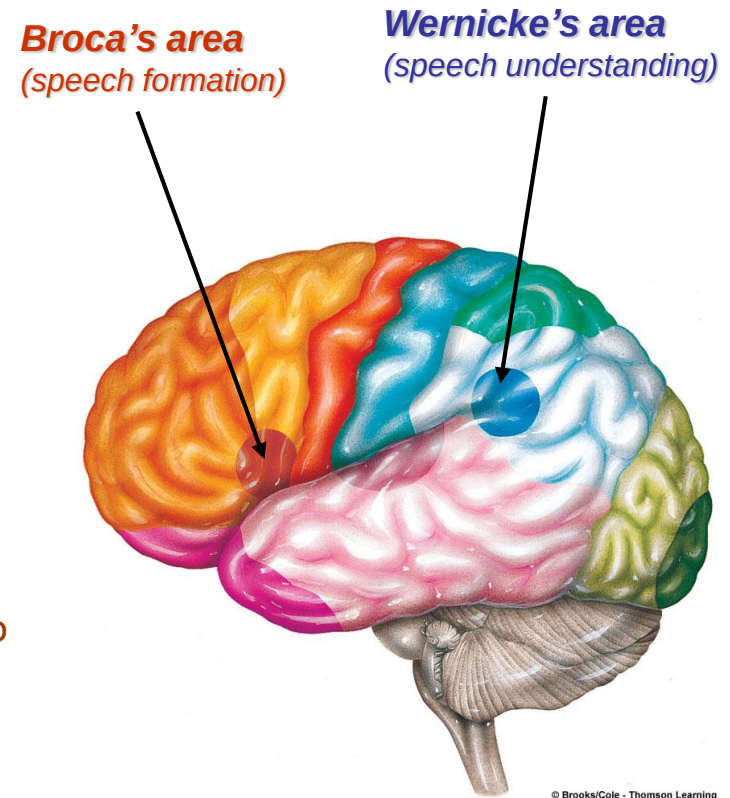
Primary visual cortex

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



- **Γλώσσα (Language)**

- Οι περιοχές της γλώσσας βρίσκονται μόνο σε ένα ημισφαίριο (συνήθως το αριστερό)
- Δυο ξεχωριστές ικανότητες
 - Έκφραση (Expression): η ικανότητα της ομιλίας
 - Κατανόηση (Comprehension): η δυνατότητα να καταλαβαίνεις
- Περιοχή Broca (Broca's area)
 - Ικανότητα της έκφρασης
 - Στον μετωπιαίο λοβό
 - Σε συνεργασία με την περιοχή που ελέγχει τους κατάλληλους μύες
- Περιοχή Wernicke (Wernicke's area)
 - Κατανόηση της γλώσσας
 - Βρεγματο-Κροταφικό-Ινιακή Συνειρμική Περιοχή (association area) → κατανόηση τόσο γραπτής όσο και προφορικής γλώσσας
- Αφασία
 - Απώλεια έκφρασης ή κατανόησης της γλώσσας



Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



- **Συνειρμικές Περιοχές (Association areas)**

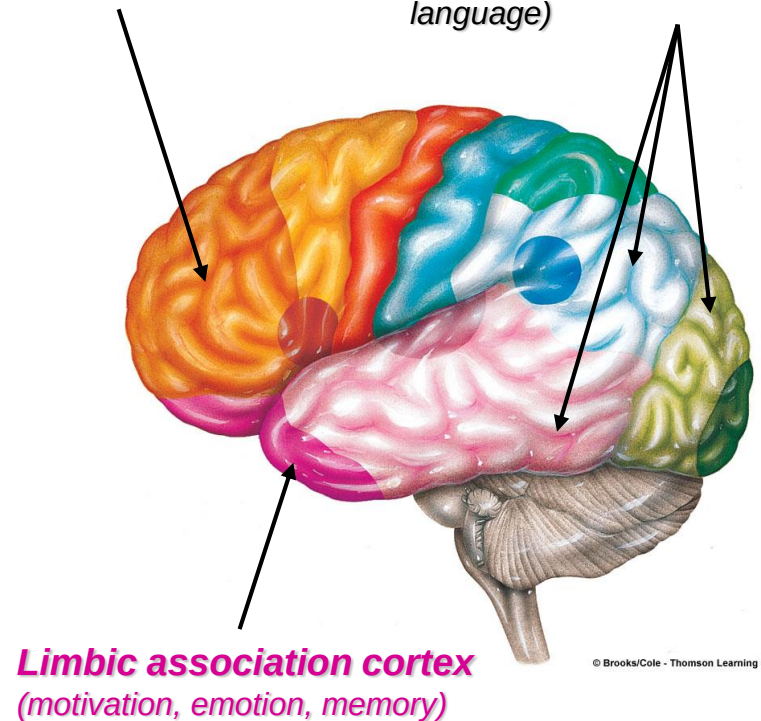
- Προμετωπιαία
 - Ρυθμίζει τη σκέψη, το σχεδιασμό, τη στρατηγική, τη δημιουργικότητα, τον προγραμματισμό ατομικών αναγκών και το συναίσθημα
 - Προγραμματισμός εκούσιας κίνησης (voluntary movement)
 - Προβλήματα οδηγούν σε αλλαγές στην προσωπικότητα
- Βρεγματο-Κροταφικό-Ινιακή
 - Ολοκλήρωση (Integration) σωματικών, ακουστικών και οπτικών αισθήσεων από τους τρεις λοβούς
 - Ενώνουν τις περιοχές Broca και Wernicke
- Μετaihμιακή
 - Κίνητρα Συμπεριφοράς ή Υποκίνηση (Motivation), συναίσθημα (emotion), και μνήμη (memory)

Prefrontal association cortex

(planning for voluntary activity; decision making; personality traits)

Parietal-temporal-occipital association cortex

(integrator of all sensory input- important in language)



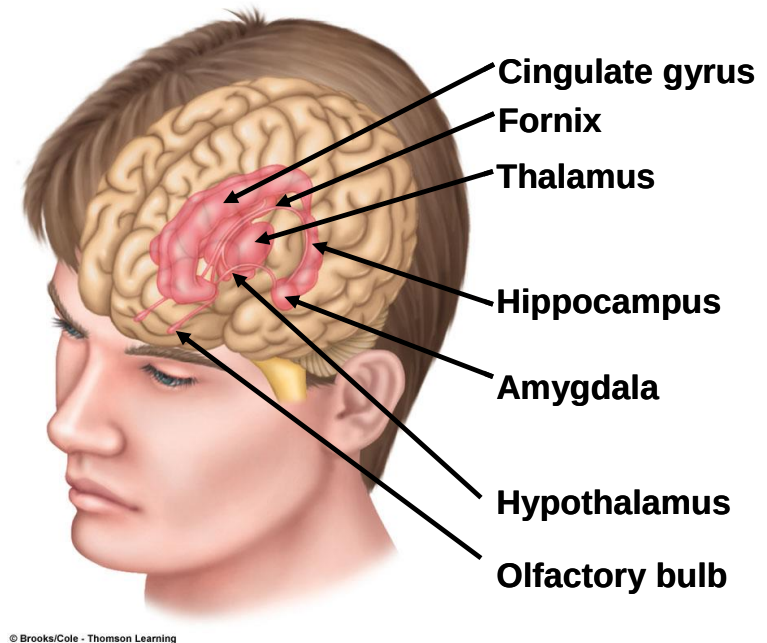
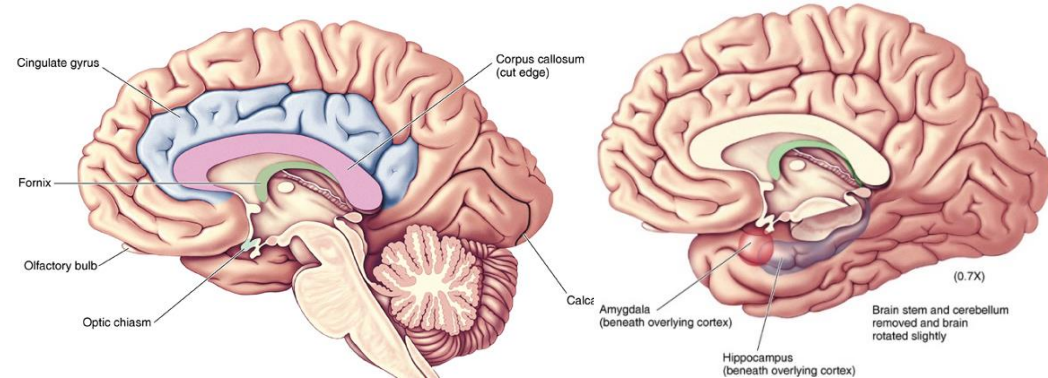
© Brooks/Cole - Thomson Learning

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



- **Μεταιχμιακό Σύστημα (Limbic System)**

- Διάφορες περιοχές που δρουν μαζί
 - Φλοιός → Μαιταιχμιακή Συνειρμική Περιοχή (limbic association cortex)
 - Έλικα του Προασαγωγίου (Cingulate Gyrus)
 - Ιππόκαμπος (Hippocampus)
 - Αμυγαδαλοειδές σώμα (Amygdala)
 - Βασικά Γάγγλια (Basal Ganglia)
 - Θάλαμος (Thalamus)
 - Υποθάλαμος (Hypothalamus)
- Συμμετέχει
 - Συναισθηματική κατάσταση και βασικές μορφές συμπεριφοράς
 - Μνήμη (memory) και μάθηση (learning)

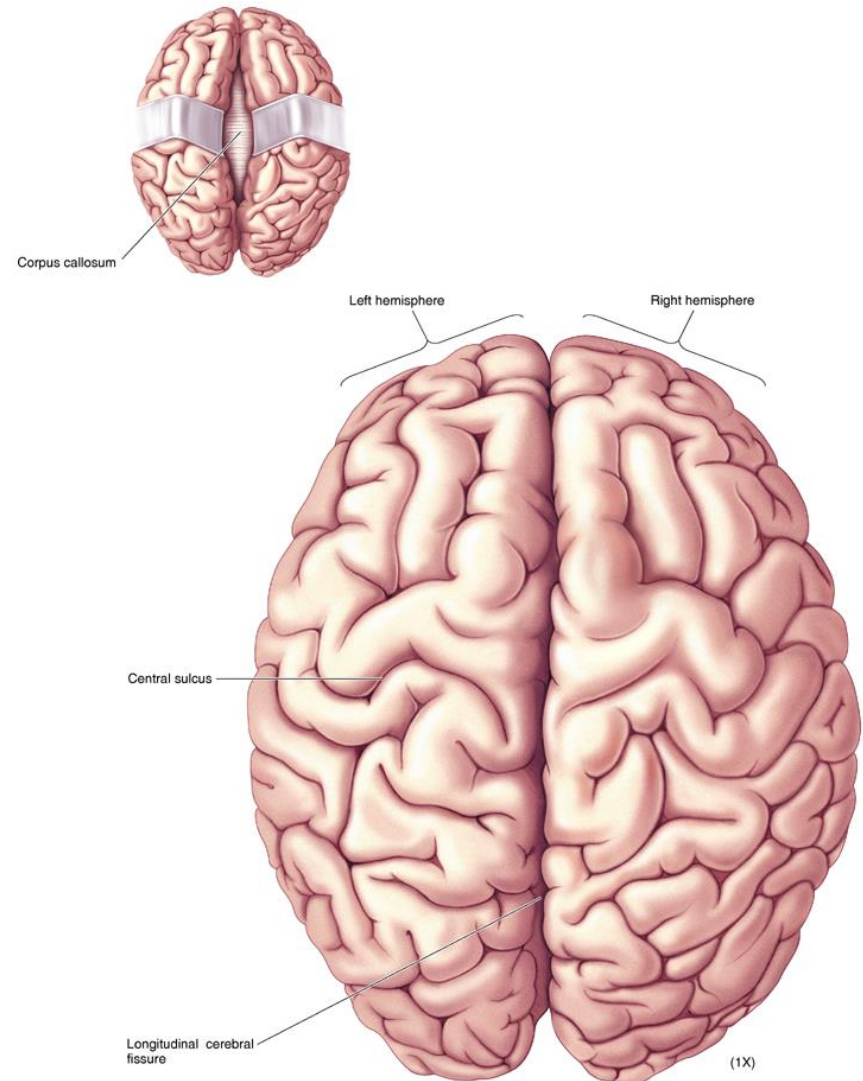


© Brooks/Cole - Thomson Learning

Εγκεφαλικός Φλοιός (Cerebral Cortex)



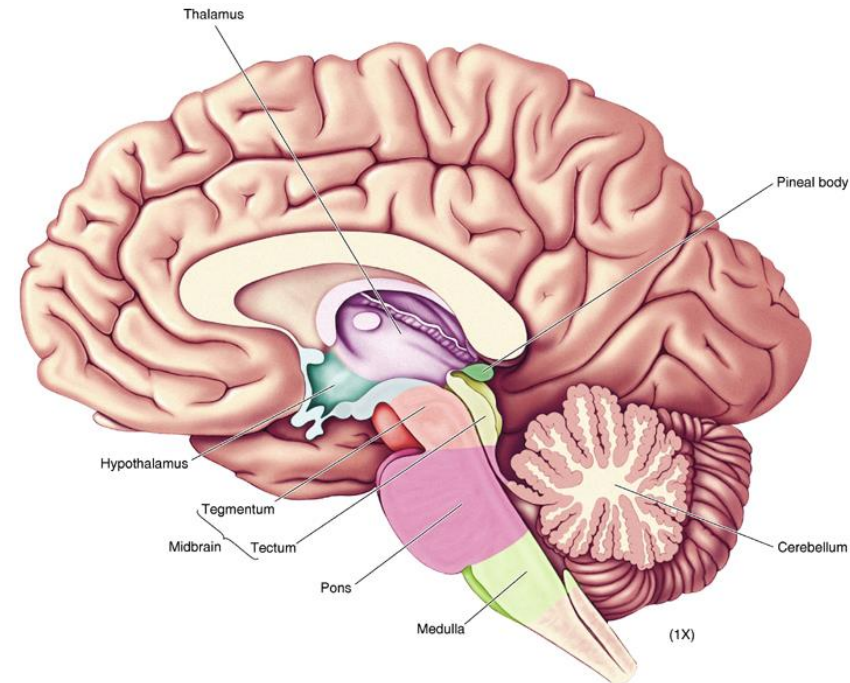
- **Ασυμμετρία και κυριαρχία (dominance) των ημισφαιρίων**
 - Στους πιο πολλούς το αριστερό ημισφαίριο είναι το κυρίαρχο
 - Λογικές, αναλυτικές και αλληλοδιαδοχικές λειτουργίες και ομιλία
 - Καλύτερο στο να περιγράφει εμφάνιση του προσώπου
 - Το δεξιό ημισφαίριο
 - Αντίληψη (perception) του χώρου, καλλιτεχνικές και μουσικές ικανότητες
 - Καλύτερο στο να αναγνωρίζει τα πρόσωπα
 - Κάθε ημισφαίριο δέχεται πληροφορίες και από την αντίθετη πλευρά μέσω του μεσολοβίου (Corpus callosum)



Εγκεφαλικό Στέλεχος (Brain Stem)



- **Συνδετικός κρίκος μεταξύ του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού**
- **Λειτουργίες**
 - Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα
 - Συστοιχίες από νευρώνες ελέγχουν τη λειτουργία της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων, την αναπνοή και πολλές από τις πεπτικές λειτουργίες
 - Κρανιακά νεύρα (cranial nerves)
 - Ξεκινούν από το εγκεφαλικό στέλεχος
 - Κέντρα του βήχα (cough), πνιγμού (gag), κατάποσης (swallow), και εμετού (vomit)
 - Συμμετέχει στον έλεγχο τον μυϊκών αντανakλαστικών της ισορροπίας και της στάσης του σώματος (posture)
 - Κέντρα ελέγχου του ύπνου βρίσκονται στο στέλεχος

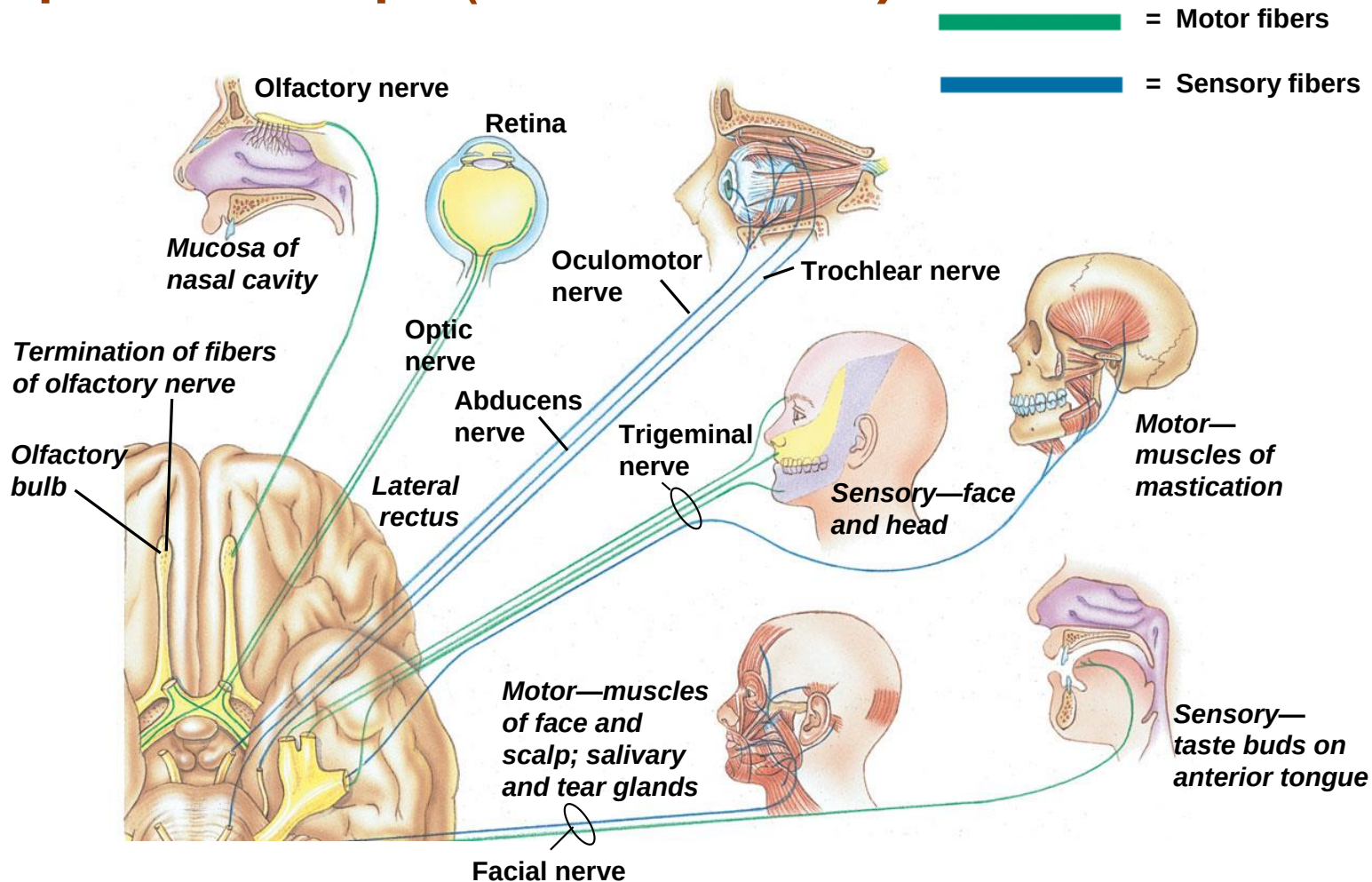


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Εγκεφαλικό Στέλεχος (Brain Stem)



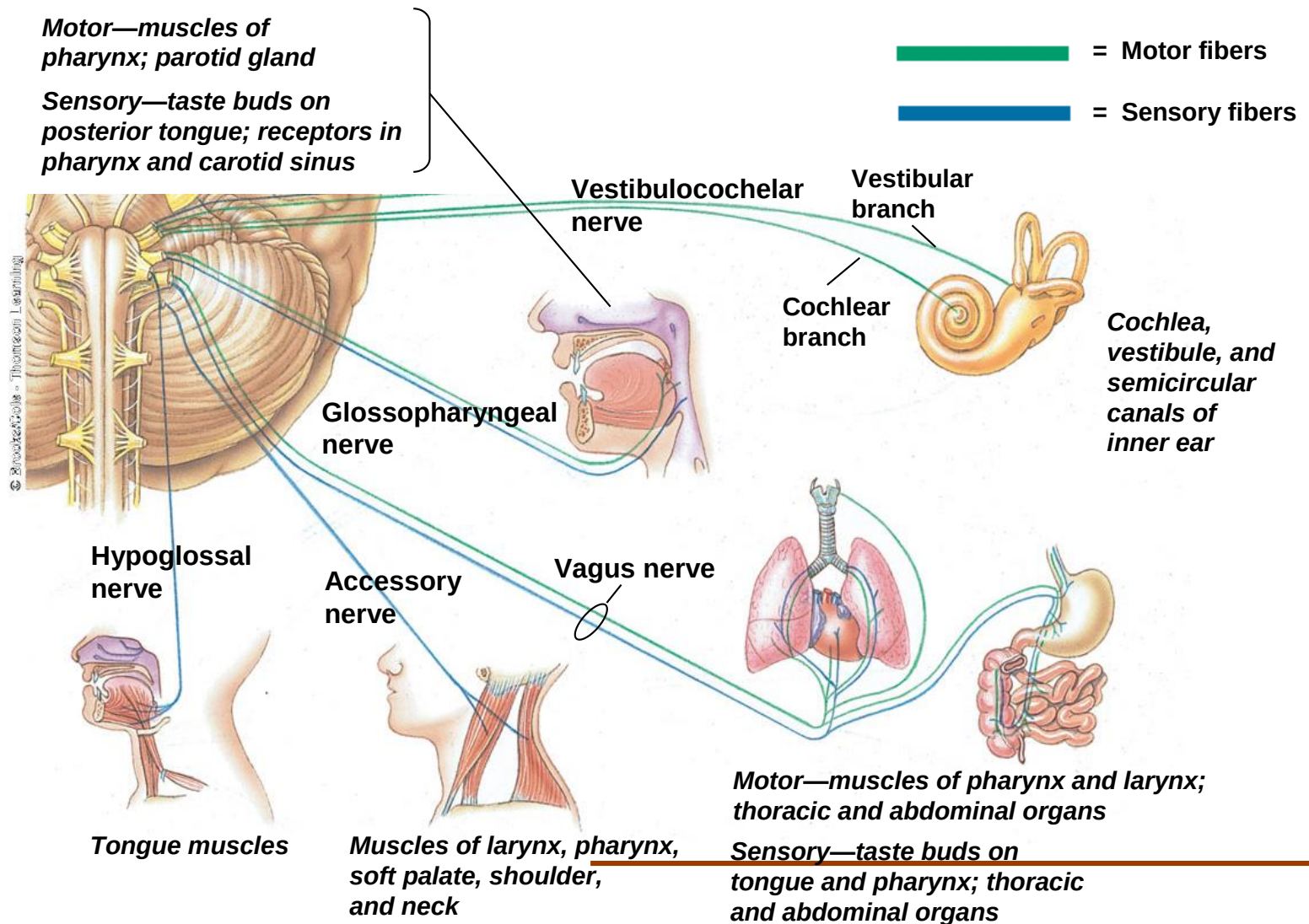
- Κρανιακά Νεύρα (Cranial Nerves)



Εγκεφαλικό Στέλεχος (Brain Stem)



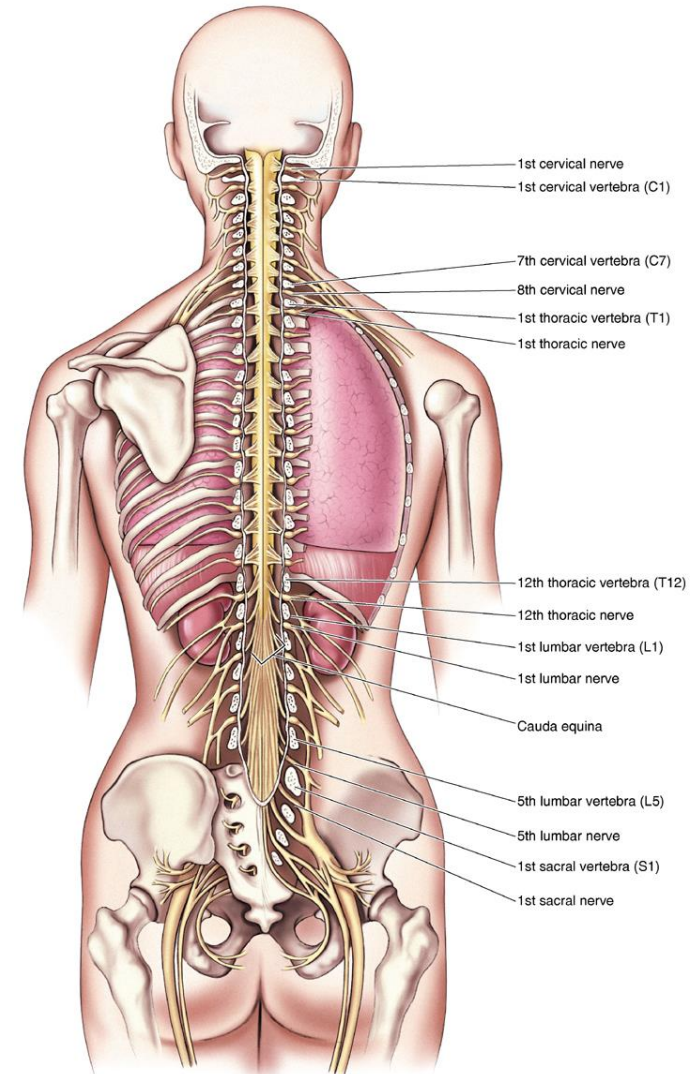
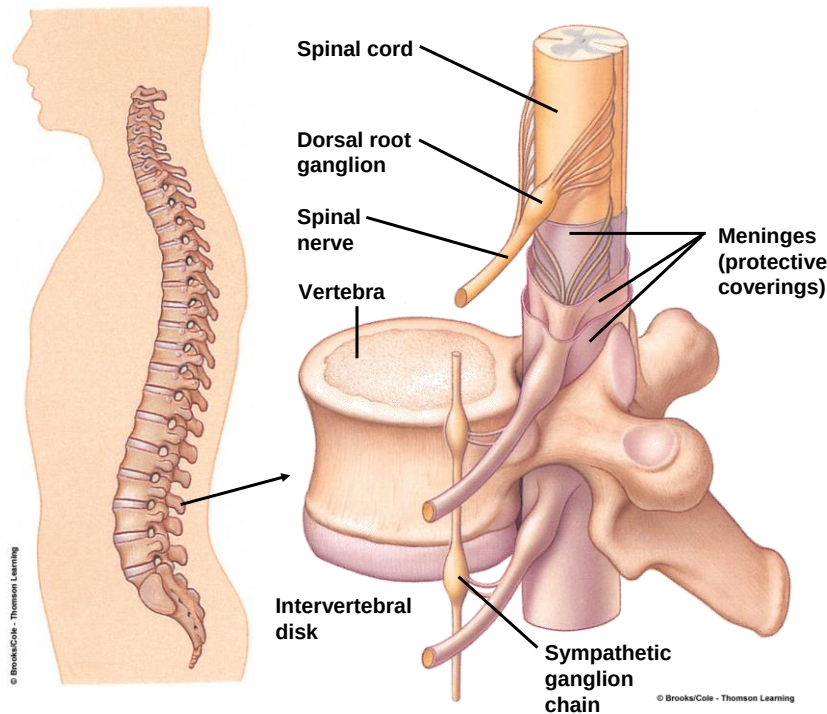
• Κρανιακά Νεύρα (Cranial Nerves)



Νωτιαίος Μυελός (Spinal Cord)



- **Από το στέλεχος μέσα από τη σπονδυλική στήλη**
 - Κάτω από τον σπόνδυλο L2 → μια δέσμη από νεύρα
 - *Cauda equina*
 - Παρακέντηση κάτω από αυτό το σημείο
- **Δύο καίριες λειτουργίες**
 - Σύνδεση μεταξύ του εγκεφάλου και του ΠΝΣ
 - Κέντρο ολοκλήρωσης (Integrating center) των νωτιαίων αντανακλαστικών (spinal reflexes)

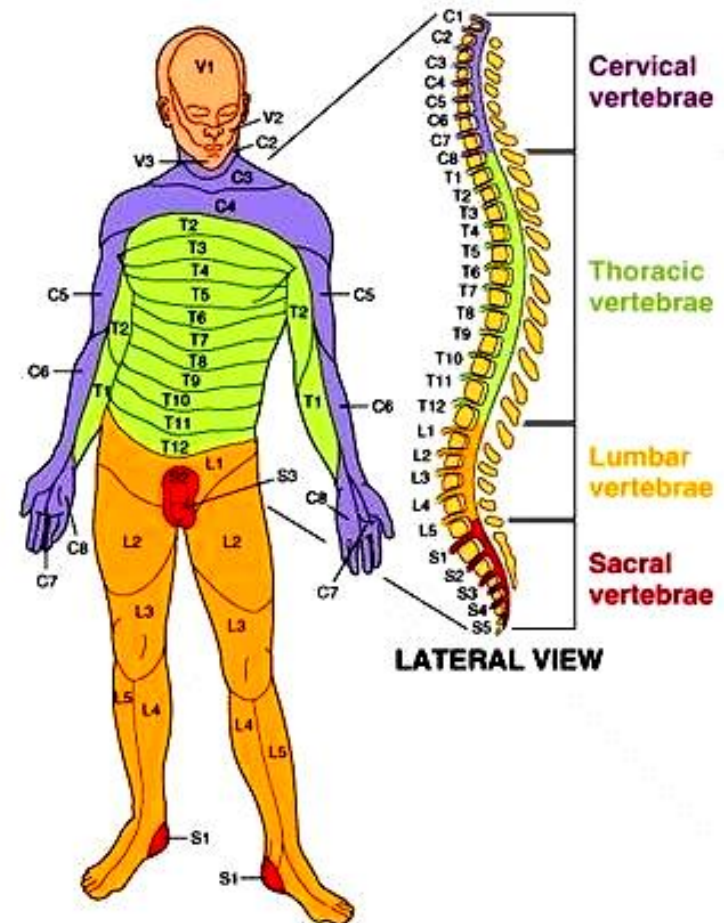
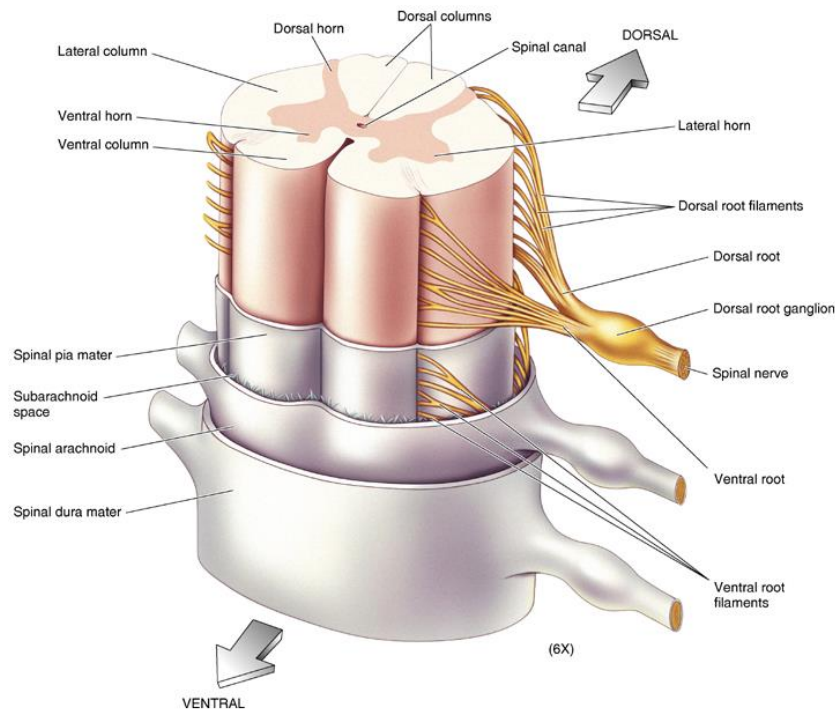


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed. Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Νωτιαίος Μυελός (Spinal Cord)



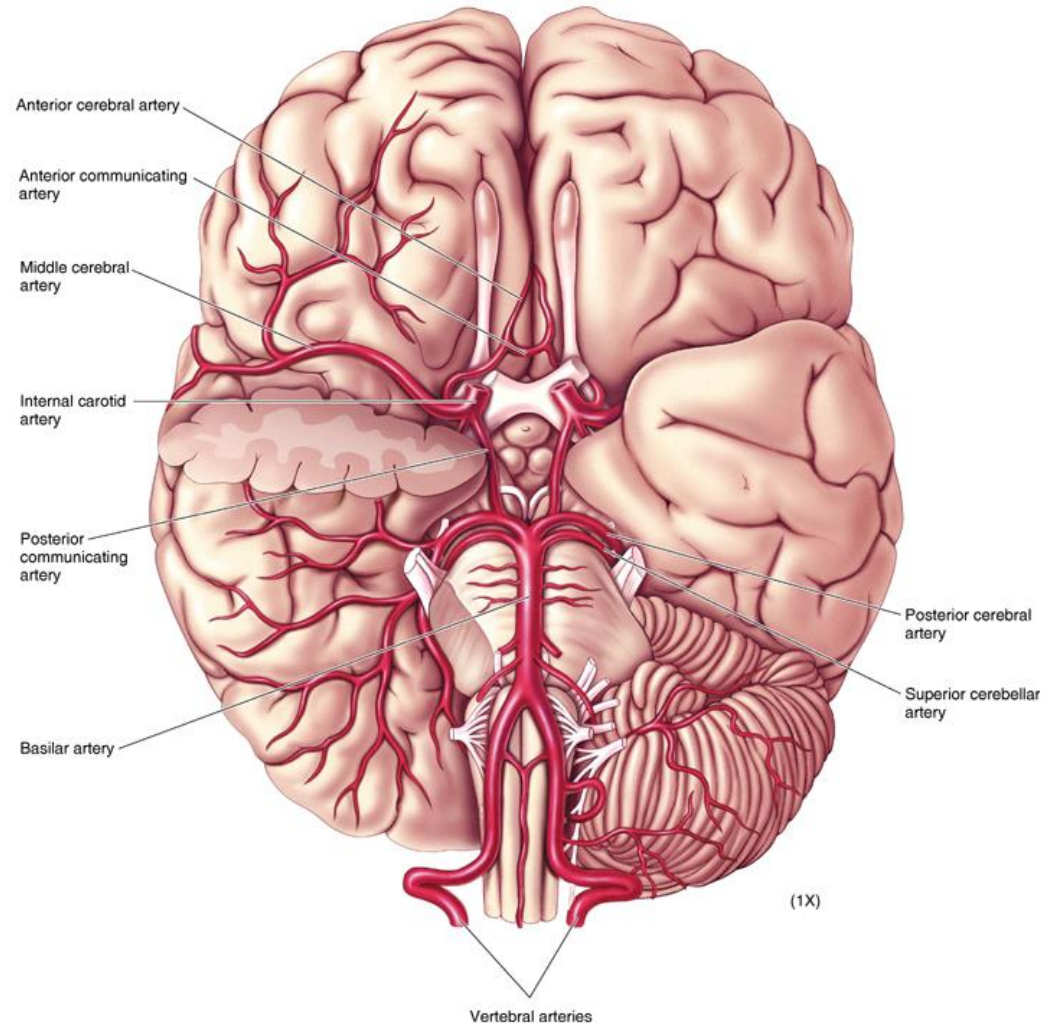
- **31 ζεύγη νωτιαίων νεύρων (spinal nerves) εξέρχονται μεταξύ των σπονδύλων**
- Ονομάζονται από τον σπόνδυλο κάτω από τον οποίο εξέρχονται
 - 8 ζεύγη αυχενικά (cervical (neck)) νεύρα
 - 12 ζεύγη θωρακικά (thoracic (chest)) νεύρα
 - 5 ζεύγη ισχιακά (lumbar (abdominal)) νεύρα
 - 5 ζεύγη ιερά (sacral (pelvic)) νεύρα
 - 1 ζεύγη κοκκυγικά (coccygeal (tailbone)) νεύρα



Κυκλοφορία Αίματος (Blood Supply)



- **Ανεφοδιασμός του εγκεφάλου με αίμα**
 - Τέσσερα κύρια αγγεία
 - Δύο σπονδυλικές αρτηρίες
 - Εισέρχονται στο κρανίο από τη σπονδυλική στήλη
 - Παρέχουν αίμα κυρίως στο στέλεχος και την παρεγκεφαλίδα
 - Δύο καρωτίδες
 - Εισέρχονται το κρανίο από το μπροστινό μέρος του λαιμού
 - Παρέχουν αίμα κυρίως στα δύο ημισφαίρια
 - Οι τέσσερις αρτηρίες ενώνονται σε ένα κύκλο (του Willys)
 - Διατηρείται επαρκής ανεφοδιασμός με αίμα εάν η ροή από μια αρτηρία αποκοπεί
 - Συχνά δεν προστατεύει τους ανθρώπους από τα συμπτώματα ενός εγκεφαλικού επεισοδίου

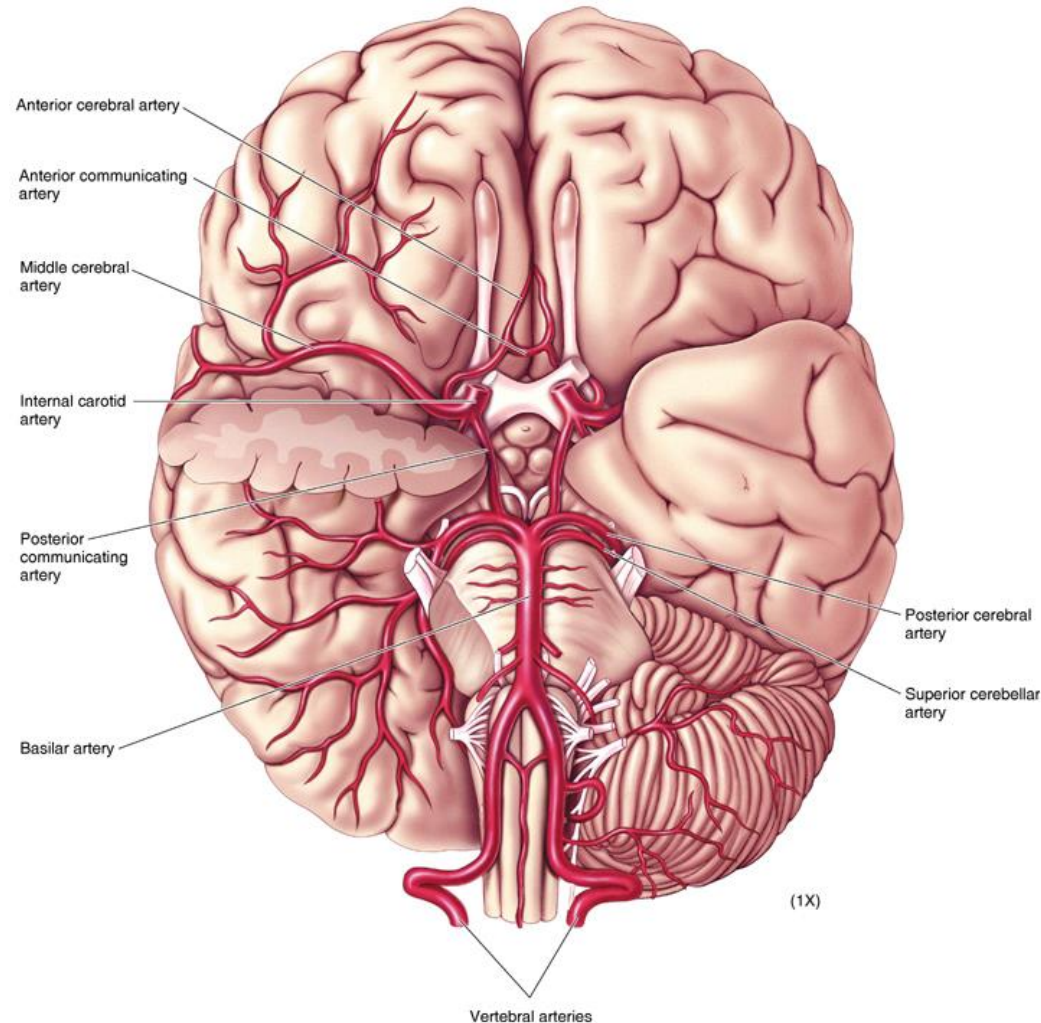


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Κυκλοφορία Αίματος (Blood Supply)



- **Απόφραξη ή ρήξη των αρτηριών → Εγκεφαλικό επεισόδιο**
 - Πιο επικίνδυνη η μέση εγκεφαλική αρτηρία
- **Βαρύτητα ενός ισχαιμικού ΑΕΕ**
 - Μέγεθος και σημασία του αγγείου
 - Καρωτίδα
 - Ημιπληγία, ημιαναισθησία, ημιανοψία, ολική αφασία (σε αριστερή βλάβη).
 - Πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία
 - Θάνατος ή διαταραχές της συνείδησης, μονοπληγία κυρίως κάτω άκρου κ.α
 - Μέση εγκεφαλική αρτηρία
 - Ημιπληγία αφασία, διαταραχές της επικριτικής αισθητικότητας, ημιανοψία κ.α.
 - Οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία
 - Ημιανοψία, θαλαμικά άλγη, οπτική αγνωσία κ.α.

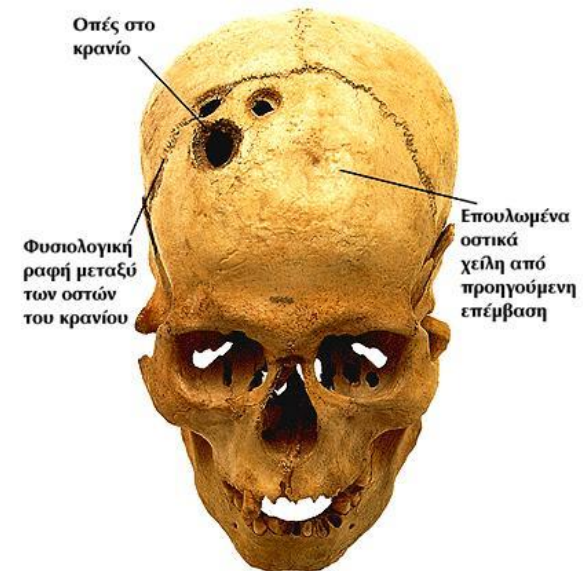
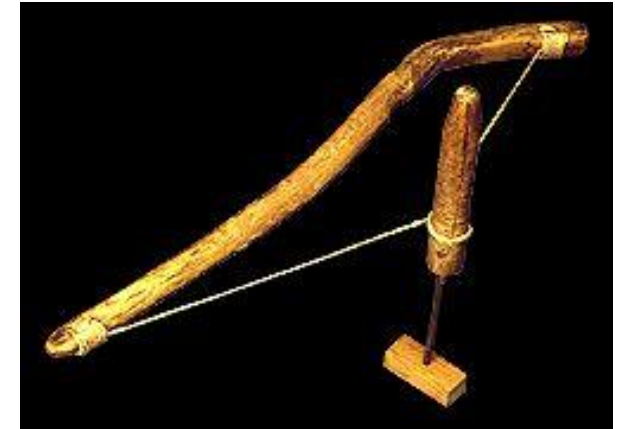


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Οι Ρίζες της Νευροχειρουργικής

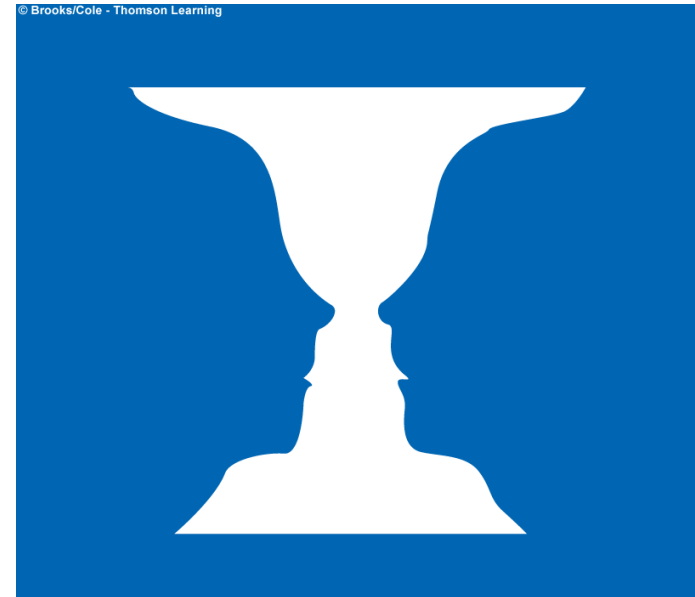


- **Πρώτες νευροχειρουργικές επεμβάσεις;**
- **Τρυπανισμός (20 000 πΧ)**
 - Απομάκρυνση κακών πνευμάτων;
 - Επιληψία;
 - Ψυχικές διαταραχές;
 - Ημικρανία;
- **Τελευταία λέξη στην τεχνολογία**
 - Τρυπάνια από ξύλινη λαβή και αιχμηρό άκρο
 - Τόξο τρυπανισμού
- **Μερικοί από τους ασθενείς επιβίωσαν!**
- **Γίνεται και σήμερα!**





- **Αίσθηση (Sensation) ≠ Αντίληψη (Perception)**
- **Αντίληψη (Perception)**
 - Η συνειδητή μας ερμηνεία (conscious interpretation) του φυσικού κόσμου
 - Ερμηνεία των αισθήσεων
 - Δεν είναι το ίδιο με την πραγματικότητα
 - Τα αισθητήρια όργανα μας αισθάνονται μόνο συγκεκριμένες μορφές/περιοχές ενέργειας
 - Οι πληροφορίες φτάνουν στον εγκέφαλο τροποποιημένες
 - *Κάποιες ενισχύονται και κάποιες υποβαθμίζονται*
 - Ο εγκέφαλος ερμηνεύει τις πληροφορίες και πολλές φορές τις παραποιεί (προσθέτοντας ή αγνοώντας χαρακτηριστικά) για να βγάλει συμπεράσματα
 - *“Συμπληρώνει την εικόνα” ή “γεμίζει τα κενά”*
 - Η ερμηνεία επηρεάζεται από κοινωνικές, πολιτιστικές, και προσωπικές εμπειρίες



Φυσιολογία των Υποδοχέων



- **Αισθητήρες**

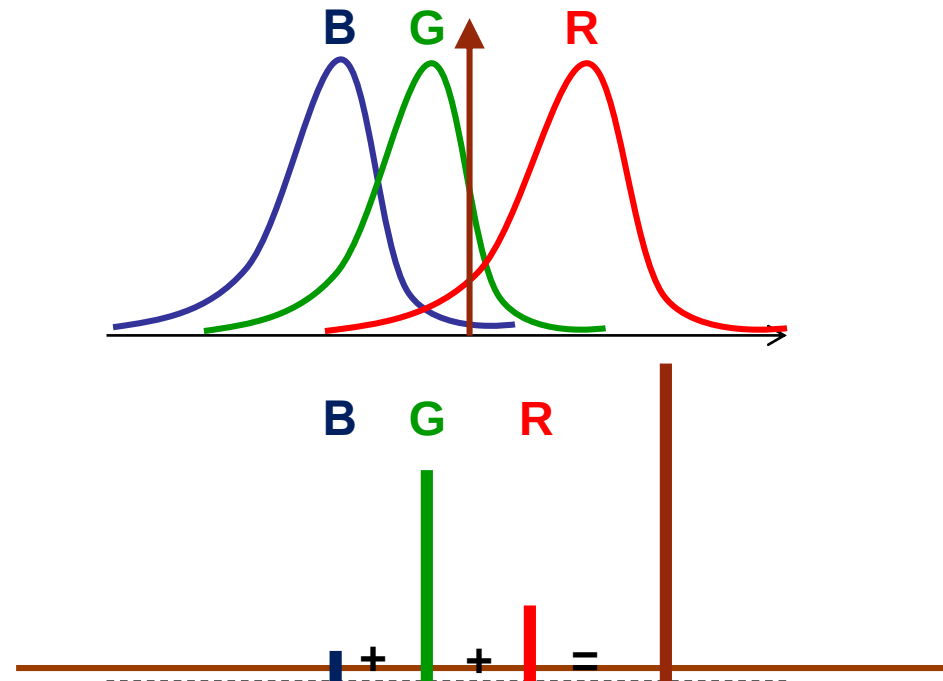
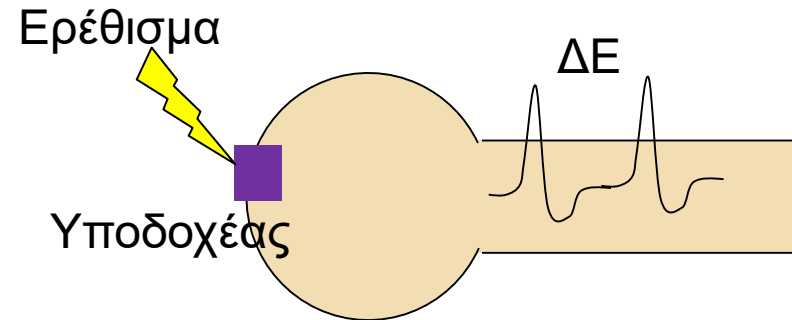
- Μετατρέπουν άλλες μορφές ενέργειας σε ηλεκτρικά σήματα (δυναμικά ενεργείας)

- **Μετατροπή (transduction)**

- Ερέθισμα $\rightarrow$ υποδοχέας (αισθητήρας) $\rightarrow$ μετατροπή $\rightarrow$ ΔE

- **Εύρος (bandwidth)**

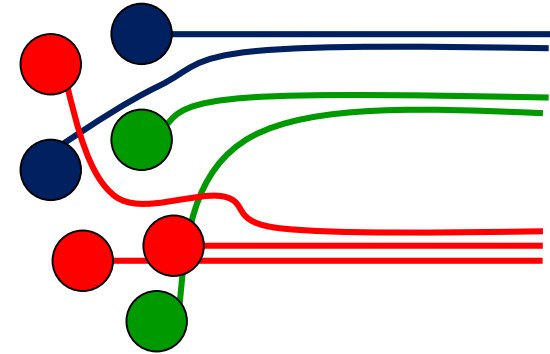
- Κάθε υποδοχέας = Απόκριση σε μεγάλο (διαφορετικό) εύρος ερεθίσματος
- Συνδυασμός διαφορετικών αποκρίσεων $\rightarrow$ αναγνώριση συγκεκριμένου ερεθίσματος (πληθυσμιακή κωδικοποίηση)
- Προτερήματα: λίγα είδη υποδοχέων αναγνωρίζουν μεγάλο αριθμό ερεθισμάτων





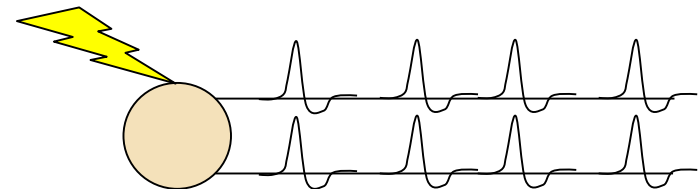
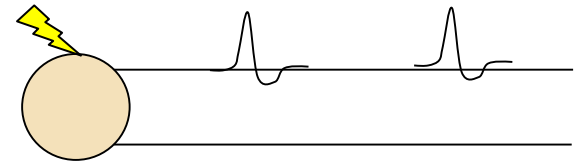
- **Κωδικοποίηση του τύπου του ερεθίσματος**

- Ομαδοποίηση νευρώνων → Γραμμές κατάταξης



- **Κωδικοποίηση της Έντασης**

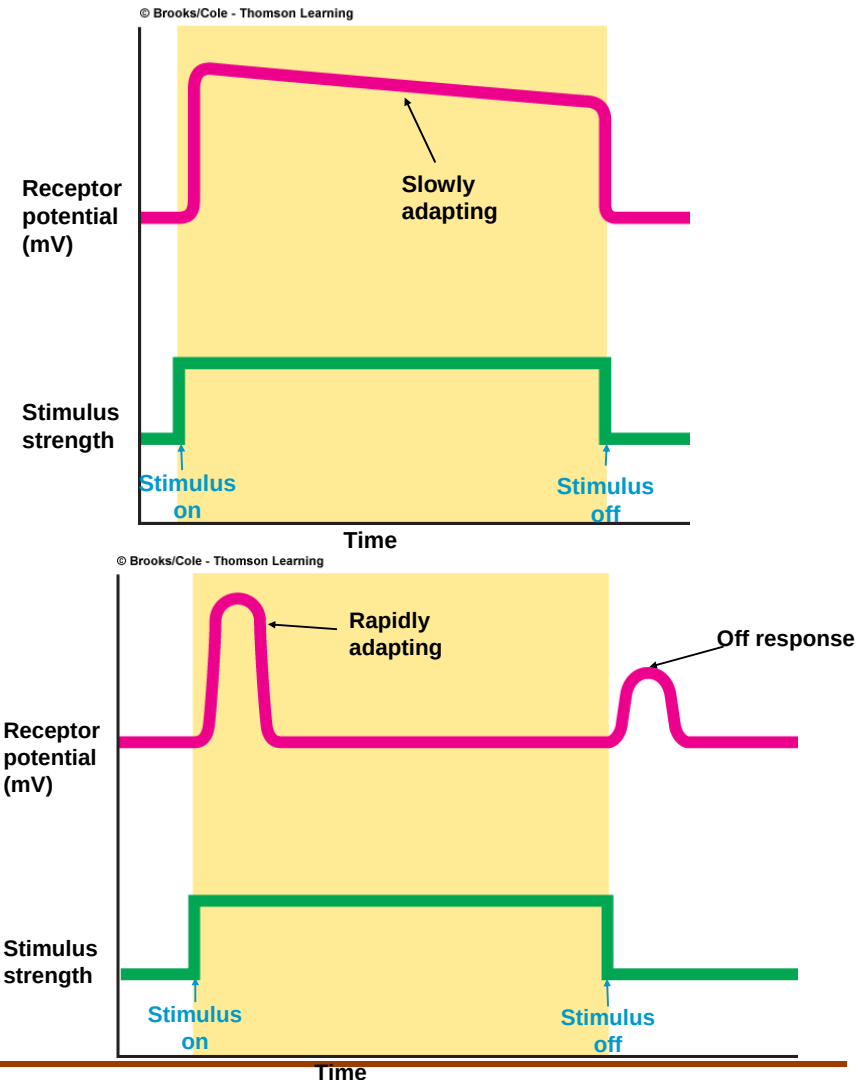
- Τα ΔΕ έχουν πάντα το ίδιο πλάτος (“όλα ή τίποτα”)
- Πως κωδικοποιείται η ένταση του ερεθίσματος;
 - Περισσότερα ΔΕ ανά sec ($\uparrow f$)
 - Περισσότεροι νευρώνες



Φυσιολογία των Υποδοχέων



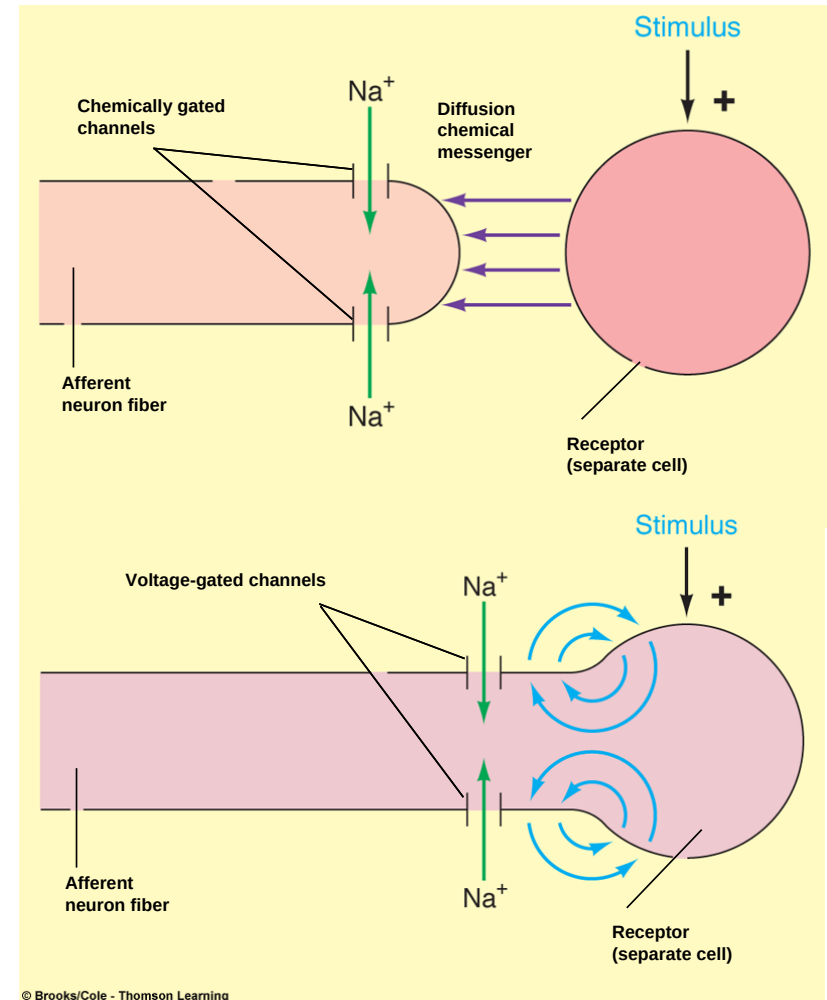
- **Τύποι υποδοχέων ανάλογα με την ταχύτητα προσαρμογής**
- Προσαρμόζονται αργά ή γρήγορα σε παρατεταμένα ερεθίσματα
- Τονικοί (Tonic) υποδοχείς
 - Δεν προσαρμόζονται ή προσαρμόζονται πολύ αργά
 - Αισθητήρες τάσης μυός ή ιδιοδεκτικότητας από τις κλειδώσεις → συνεχής πληροφορία για την στάση και ισορροπία
- Φασικοί (Phasic) υποδοχείς
 - Προσαρμόζονται γρήγορα
 - Αισθητήρες πίεσης στο δέρμα → γι' αυτό δεν αισθάνεστε συνεχώς τα ρούχα σας ή το ρολόι σας





- Οι υποδοχείς μπορεί να είναι

- Ξεχωριστά κύτταρα που συνδέονται με περιφερικούς νευρώνες με σύναψη
 - Ερέθισμα → βαθμιδωτά δυναμικά → σύναψη → δυναμικά ενεργείας
- Εξειδικευμένοι προσαγωγοί νευρώνες
 - Ερέθισμα → δυναμικά ενεργείας





- **Τύπο Αισθητήρων**

- Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)
 - Απόκριση σε ορατό φως
- Μηχανοϋποδοχείς (Mechanoreceptors)
 - Ευαίσθητοι σε μηχανική ενέργεια
- Θερμοϋποδοχείς (Thermoreceptors)
 - Ευαίσθητοι στο ζεστό και κρύο
- Οσμοϋποδοχείς (Osmoreceptors)
 - Αναγνωρίζουν αλλαγές στη συγκέντρωση ουσιών στα υγρά του σώματος και αλλαγές στην τονικότητα
- Χημειοϋποδοχείς (Chemoreceptors)
 - Ευαίσθητοι σε συγκεκριμένα χημικά
 - Περιλαμβάνουν τους αισθητήρες της οσμής και της γεύσης, αισθητήρες συγκέντρωσης O₂ και CO₂ στο αίμα, και χημικής σύστασης στο πεπτικό σύστημα
- Βλαβοϋποδοχείς (Nociceptors)
 - Υποδοχείς πόνου ευαίσθητοι σε τραύματα ή παραμόρφωση του ιστού



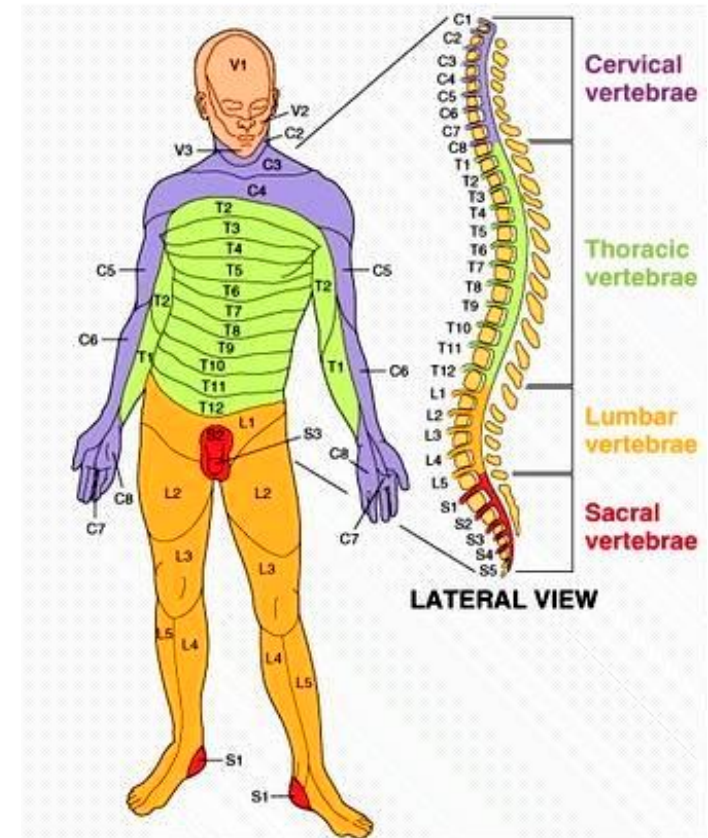
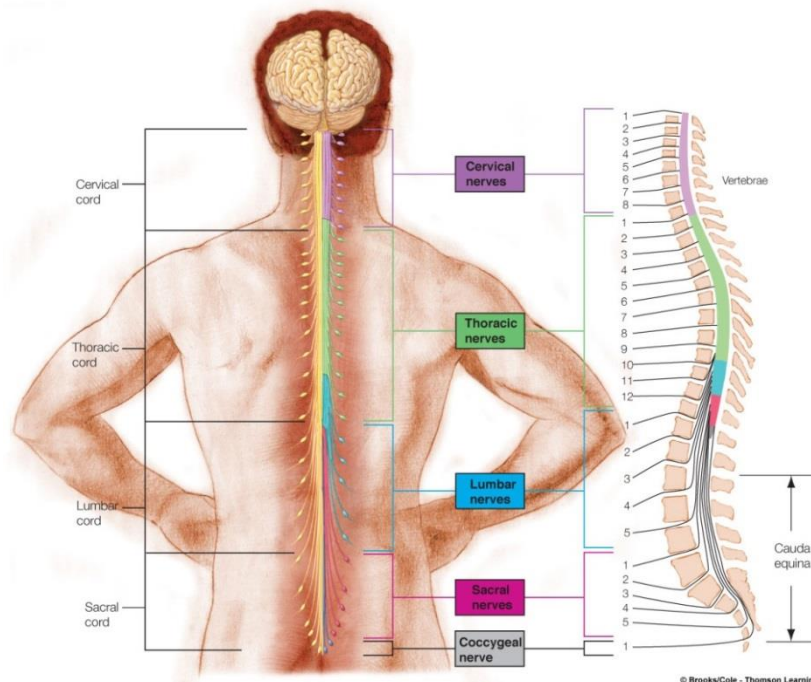
- **Επιτρέπει στο σώμα**
 - Να αισθάνεται
 - Να πονά
 - Να κρυώνει, κλπ
- **Αισθήσεις**
 - Αφής, πόνου και θερμοκρασίας
- **Σωματοαισθητικό σύστημα**
 - Διαφορετικό από άλλα συστήματα
 - Αισθητήρες κατανεμημένοι παντού
 - Ανταποκρίνονται σε διάφορα είδη ερεθισμάτων



Σωματοαισθητικό Σύστημα



- 31 ζεύγη νωτιαίων νεύρων (spinal nerves) εξέρχονται μεταξύ των σπονδύλων
- Δερμοτόμια (Dermatomes)
 - Έρπης ζωστήρας (Shingles)





- **Ερέθισμα**

- Πίεση, κίνηση

- **Αισθητήρες**

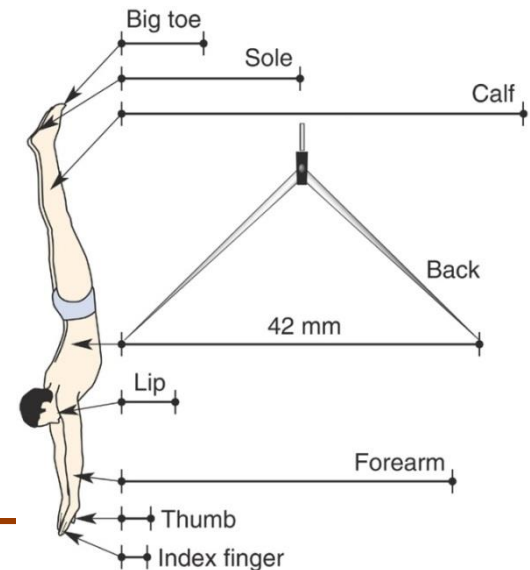
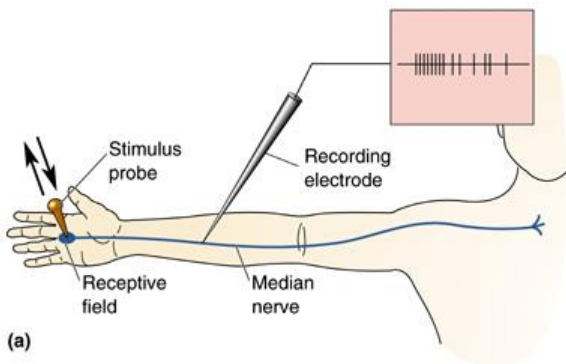
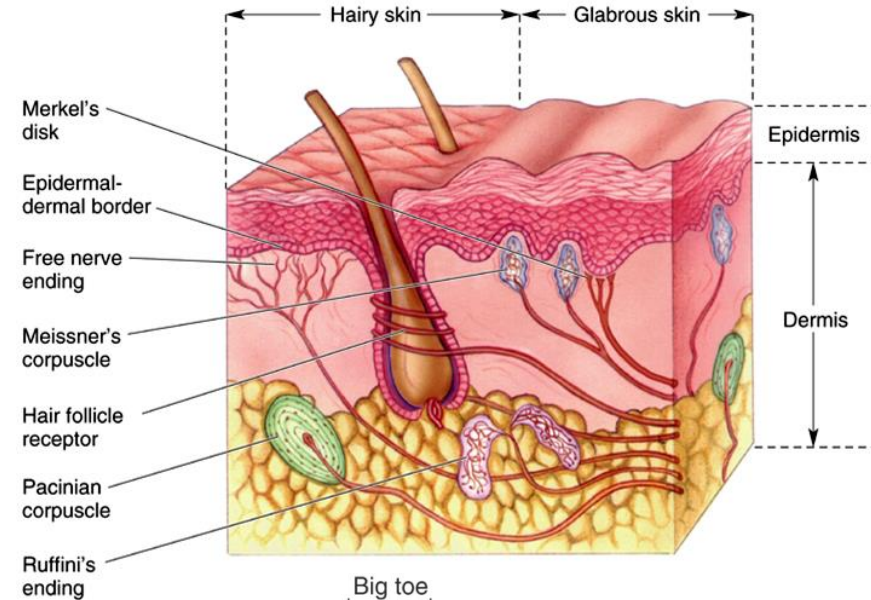
- Οι περισσότεροι είναι μηχανοϋποδοχείς
 - Ενσωματωμένοι στο δέρμα

- **Ευαισθησία:**

- Διαφέρει σε διαφορετικά μέρη του σώματος
- Ανάλογη της πυκνότητας και μεγέθους των αισθητήρων
- Καλύτερη: 0.006 mm ύψος x 0.04 mm πλάτος
 - Π.χ. άκρα δακτύλων
- Χειρότερη: αρκετά εκατοστά
 - Π.χ. πλάτη

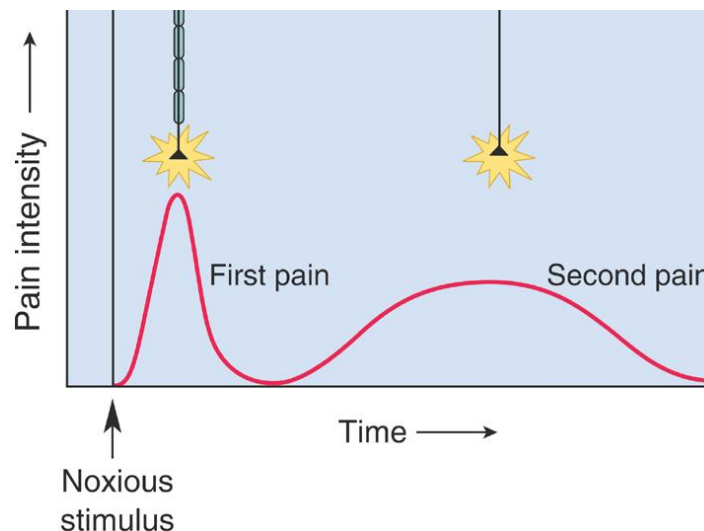
- **Τρίχες**

- Ευαίσθητες στην κίνηση (Εξαιρετικά ευαίσθητες σε κάποια ζώα)





- **Ερέθισμα**
 - Βλάβη ή τραύμα ιστών
- **Αισθητήρες = βλαβοϋποδοχείς**
 - Μηχανοϋποδοχείς
 - Μηχανική βλάβη (κόψιμο, τσίμπημα, κλπ)
 - Θερμοϋποδοχείς
 - Ακραίες θερμοκρασίες (κάψιμο)
 - Χημειοϋποδοχείς
 - Ουσίες που εκκρίνονται από κατεστραμμένους ιστούς
 - Πολυμορφικοί υποδοχείς
 - Ανταποκρίνονται εξίσου σε διάφορα ερεθίσματα
- **Οι βλαβοϋποδοχείς δεν προσαρμόζονται σε παρατεταμένο ερέθισμα**



Πρώτο Άλγος (γρήγορο)	Δεύτερο Άλγος (αργό)
Ερεθισμός μηχανοϋποδοχέων και θερμοϋποδοχέων	Ερεθισμός κυρίως πολυμορφικών υποδοχέων
Παράγεται αιχμηρή επώδυνη αίσθηση	Παράγεται ευρεία επώδυνη αίσθηση και κάψιμο
Επακριβής χωρικός προσδιορισμός	Δεν προσδιορίζεται χωρικά
Παρουσιάζεται πρώτο και διαρκεί λίγο	Παρουσιάζεται δεύτερο, διαρκεί περισσότερο, πιο δυσάρεστο
Απόσυρση	Προστασία



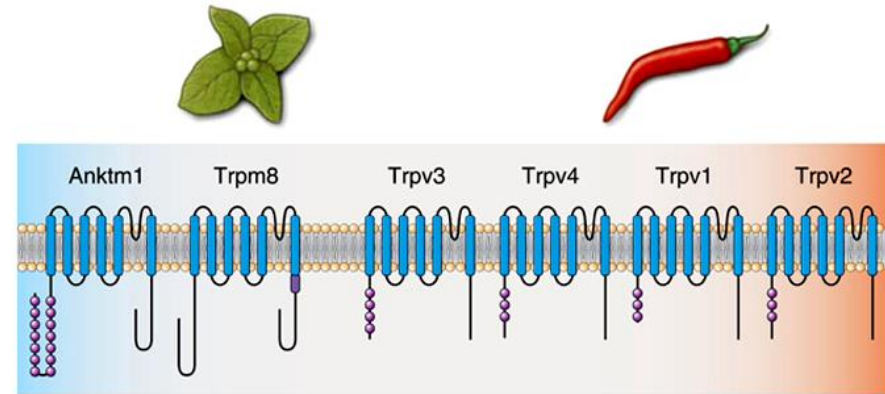
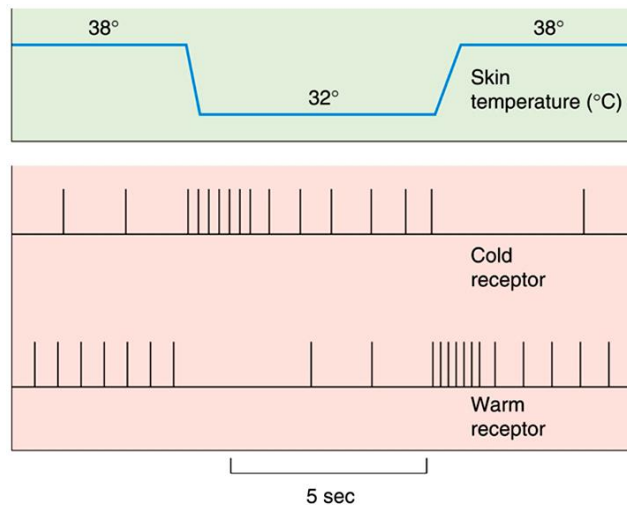
- **Κυρίως ένας μηχανισμός προστασίας**
 - Αποθήκευση επώδυνων εμπειριών στη μνήμη
 - Αποφυγή
 - Επίκτητες συμπεριφορές και συναισθηματικές αντιδράσεις
 - Υποκειμενική αντίληψη
 - Επηρεάζεται από άλλες παλιές ή καινούργιες εμπειρίες
 - Φοβάστε τον οδοντίατρο;
- **Ο εγκέφαλος έχει ενσωματωμένο σύστημα αναλγησίας**
 - Ενδογενή οπιοειδή (Endogenous Opiates)
 - Μόρια σαν μορφίνη (ενδορφίνες, εγκεφαλίνες, δυορφίνες)
 - Καταστέλλουν την έκκριση του νευροδιαβιβαστή του πόνου
 - Άλλοι παράγοντες που μειώνουν τον πόνο
 - Τρίψιμο της γύρω περιοχής
 - Άσκηση ("runner's high")
 - Άγχος (μηχανισμός επιβίωσης)
 - Βελονισμός



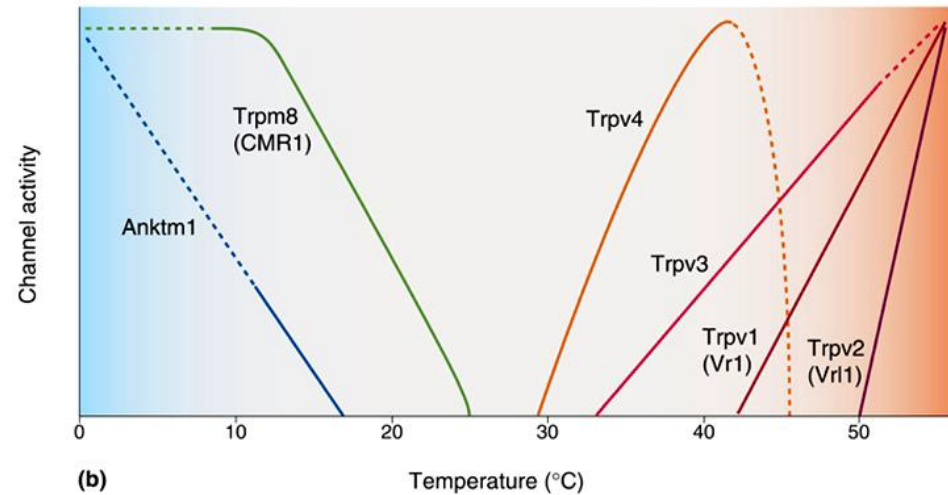
Θερμότητα



- **Ερέθισμα**
 - Θερμότητα
- **Αισθητήρες**
 - Θερμοϋποδοχείς (Thermoreceptors)
 - Υποδοχείς “Ζεστού” και “Κρύου”
 - Ποικίλες ευαισθησίες
 - Μπορούν να διακρίνουν αλλαγές μέχρι και 0.01 °C
 - Προσαρμογή (Adaptation)



(a)



(b)



- **Γεύση (taste or gustation) και όσφρηση (smell or olfaction)**
 - Χημειοϋποδοχείς
 - Μαζί με την πρόσληψη τροφής, επηρεάζουν τη ροή των πεπτικών υγρών και την όρεξη
 - Ευχάριστη ή δυσάρεστη αίσθηση
 - Ερέθισμα προς αναζήτηση ή αποφυγή
 - Σε λιγότερα εξελιγμένα ζώα
 - Προσδιορισμός της κατεύθυνσης
 - Αναζήτηση λείας
 - Αποφυγή κινδύνου,
 - Επιθετικότητα
 - Καθορισμό ταυτότητας και εδαφικής έκτασης
 - Σεξουαλική συμπεριφορά
 - Λιγότερο ανεπτυγμένες και σημαντικές για τον άνθρωπο
 - Αλήθεια; Πόσα χρήματα ξοδεύετε για αρώματα και κολόνιες



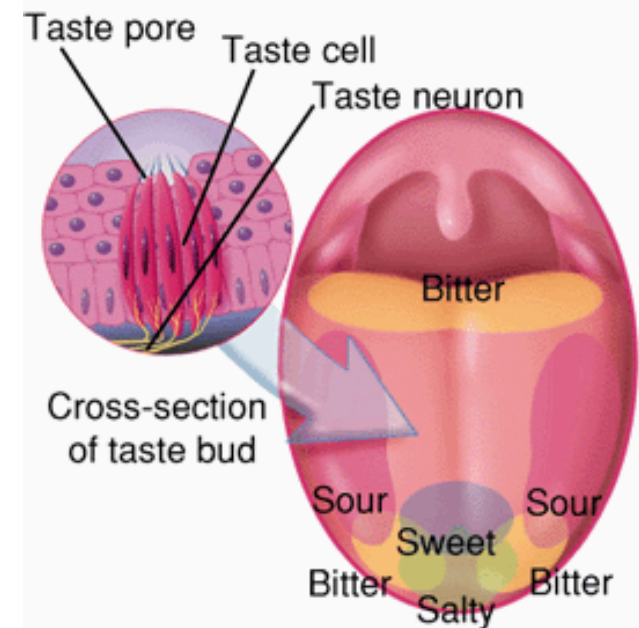
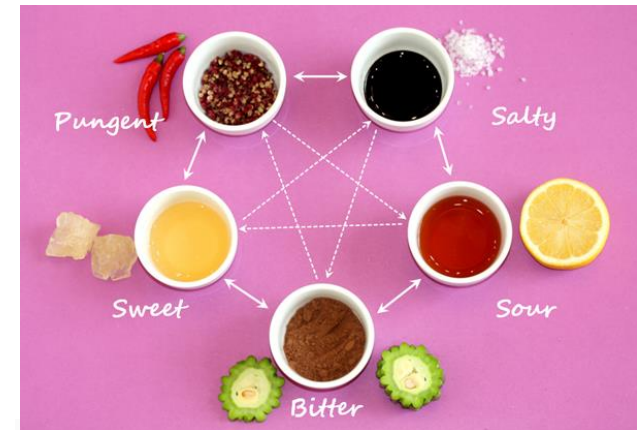


- **Αισθητήρες και Ερεθίσματα**

- Πέντε βασικοί τύποι υποδοχέων που αντιπροσωπεύουν τις πέντε γεύσεις
- Αλμυρό
 - Διεγίρεται από χημικά άλατα, ιδιαίτερα NaCl
- Ξινό
 - Προκαλείται από οξέα τα οποία περιέχουν ελεύθερα ιόντα υδρογόνου (H^+)
- Γλυκό
 - Προκαλείται από ζάχαρες όπως γλυκόζη
- Πικρό
 - Η πιο χημικά ευρεία ομάδα γευστικών μορίων
 - Οι πιο ευαίσθητοι υποδοχείς
 - Παραδείγματα - αλκαλοειδή, τοξικά παράγωγα φυτών, δηλητηριώδεις ουσίες, καφεΐνη
- Umami
 - Κρεατώδης ή πλούσια γεύση (υποδοχέας MSG!)

- **Θηλές → γευστικοί κάλυκες → Χημειοϋποδοχείς**

- Στη στοματική κοιλότητα και στο φάρυγγα
- Οι γευστικοί υποδοχείς έχουν 10 μέρες ζωής



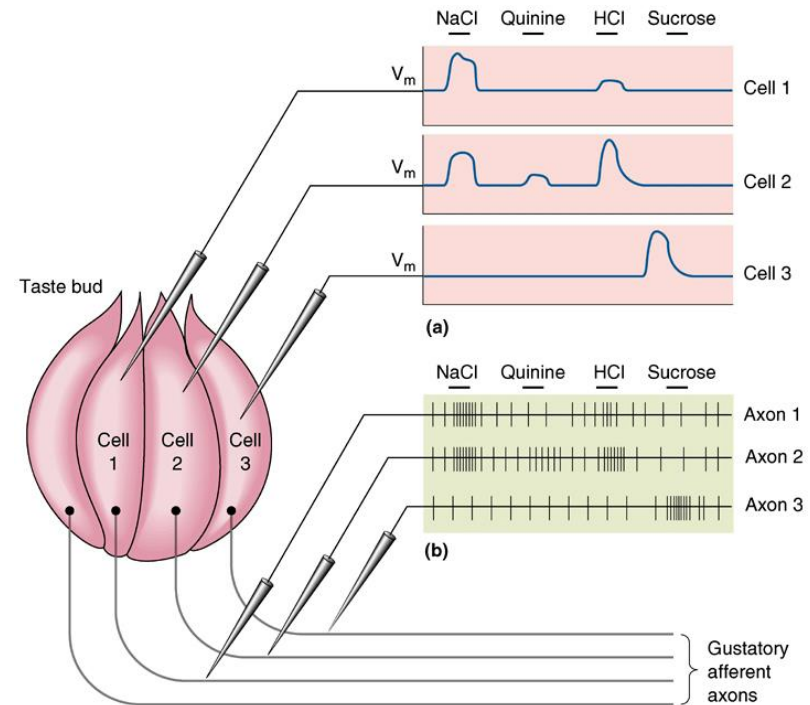


- **Μετατροπή του σήματος**

- Δέσμευση του γευστικού μορίου με τον υποδοχέα
- Εκπόλωση του υποδοχέα
- Έκκριση νευροδιαβιβαστή στη σύναψη
- Δυναμικά ενεργείας στον μετασυναπτικό νευρώνα
- Σήματα μεταδίδονται στο εγκέφαλο (μέσω του Θαλάμου) στο Γευστικό Φλοιό

- **Αντίληψη της γεύσης**

- Επηρεάζεται από
 - **Οσμή**
 - *Τι γεύση έχει το φαγητό σας όταν είσαστε κρυωμένοι;*
 - **Θερμοκρασία και υφή**
 - **Ψυχολογικές εμπειρίες από το παρελθόν**
 - *Μνήμες που διαρκούν δεκαετίες*
- Πώς ο φλοιός πραγματοποιεί την επεξεργασία της αντίληψης της αίσθησης της γεύσης είναι προς το παρόν άγνωστο



Όσφρηση



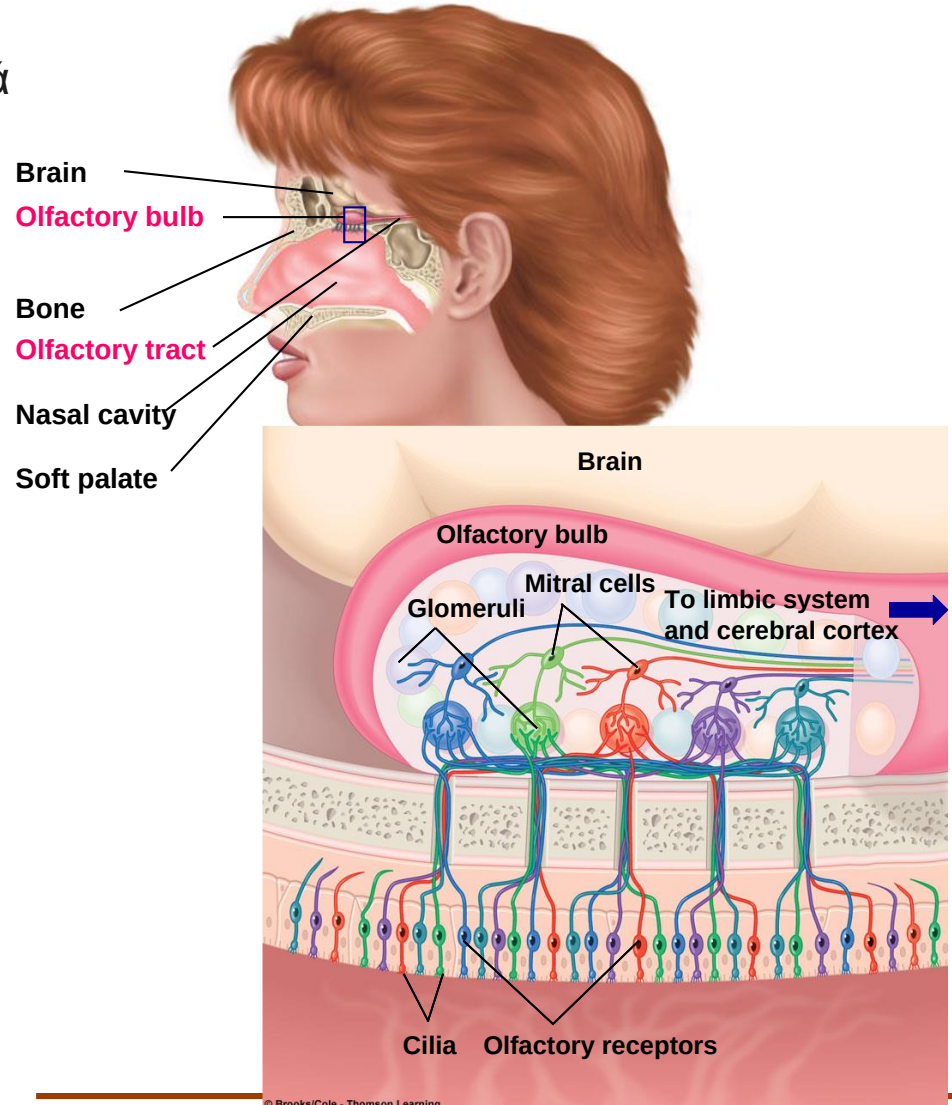
- **Ερεθίσματα**

- Πολλές χιλιάδες διαφορετικά οσμηρά μόρια

- **Αισθητήρες**

- 5 εκατομμύρια υποδοχείς
 - ~ 1000 διαφορετικοί τύποι
- Οσμητικό Επιθήλιο
 - 3 cm² στην οροφή της ρινικής κοιλότητας
- Οι οσφρητικοί υποδοχείς στη μύτη είναι εξειδικευμένοι νευρώνες
 - Ανανεώνονται
 - Ομαδοποιούνται σε σπειράματα με βάση την οσμή

- Η όσφρηση προσαρμόζεται γρήγορα και τα οσμηρά μόρια εκκαθαρίζονται άμεσα (από ένζυμα τα οποία τα καταστρέφουν)



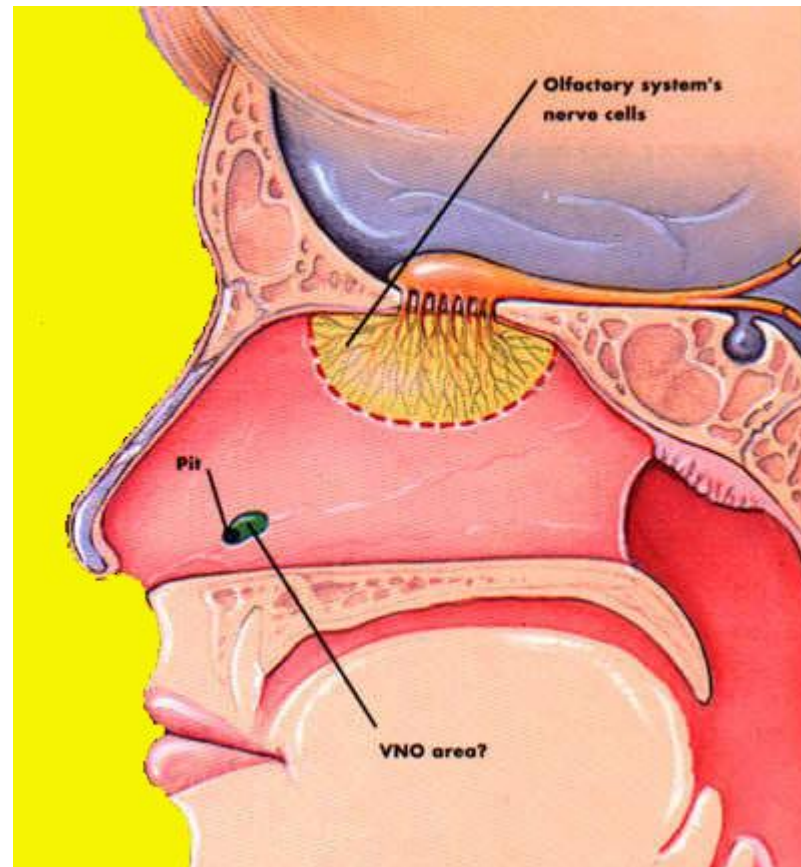
© Brooks/Cole - Thomson Learning

Φερομόνες (Pheromones)



- **Υνιορρινικά Όργανα (Vomeronasal Organ - VNO)**

- Συνηθισμένο στα θηλαστικά αλλά μέχρι πρόσφατα θεωρείτο ανύπαρκτο στον άνθρωπο
 - Ελέγχει τη συναισθηματική και κοινωνική-σεξουαλική συμπεριφορά
- Μέσα στη μύτη δίπλα από το υνιακό (vomer) κόκαλο
- Ανιχνεύει φερομόνες
 - Χημικά σήματα τα οποία περνούν, ασυναίσθητα, από το ένα άτομο στο άλλο
- Δεν έχει ακόμη αποδειχτεί ο ρόλος τους στον άνθρωπο
 - “Καλή Χημεία” ή “Κεραυνοβόλος έρωτας”



Καυτές Πιπεριές



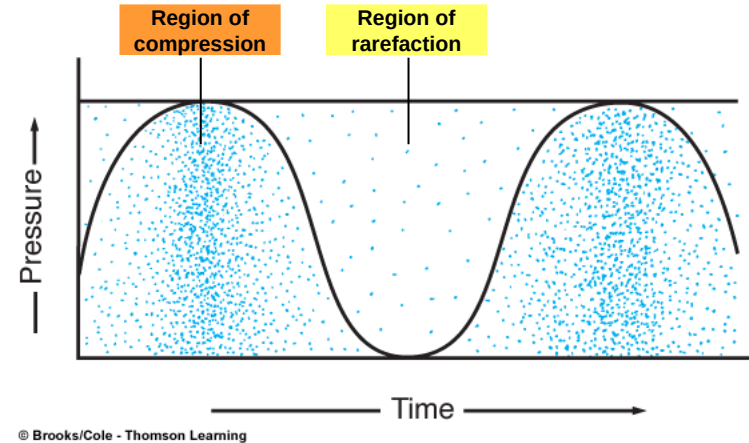
- **Το πιπέρι περιέχει καψεσίνη**
 - Υποδοχείς του ζεστού
 - Αίσθηση καυτού στο στόμα
- **Γιατί καυτά φαγητά έχουν οι θερμές χώρες;**
- **Ομοιόσταση**
 - Αίσθηση του ζεστού → μείωση της θερμοκρασίας του σώματος





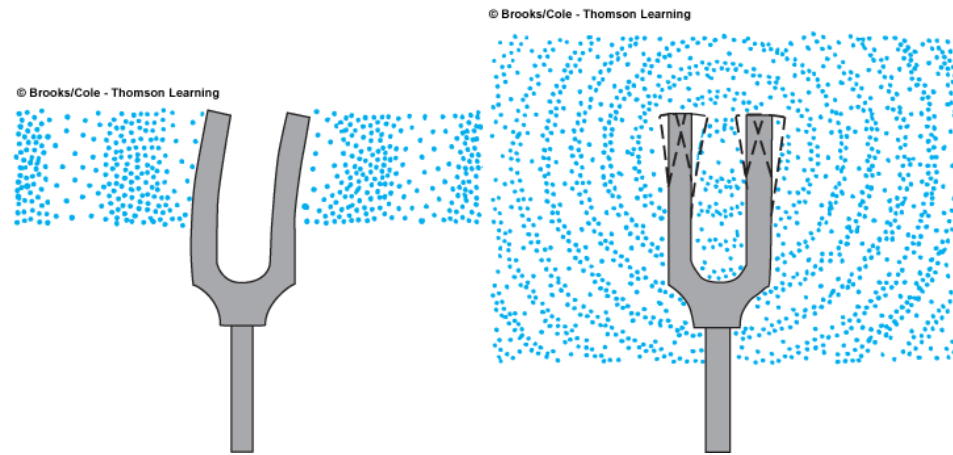
- **Ερέθισμα**

- Ηχητικά κύματα
 - Δονήσεις του αέρα που ταξιδεύουν
 - Εναλλασσόμενες περιοχές συμπίεσης και αραίωσης των μορίων του αέρα



- **Υποδοχείς**

- Τριχωτά κύτταρα στο εσωτερικό του αυτιού
- Νευρωνική αντίληψη της ηχητικής ενέργειας
- Περιλαμβάνει δύο πτυχές:
 - Αναγνώριση των ήχων (“τί”)
 - Εντοπισμός των ήχων (“που”)





- **Το Αυτί**

- Έξω Αυτί

- Πτερύγιο, Εξωτερικός ακουστικός πόρος, και τυμπανική μεμβράνη
 - Συγκεντρώνει την ηχητική ενέργεια
 - Μεταδίδει τα ηχητικά κύματα

- Μέσο Αυτί

- Οστάρια

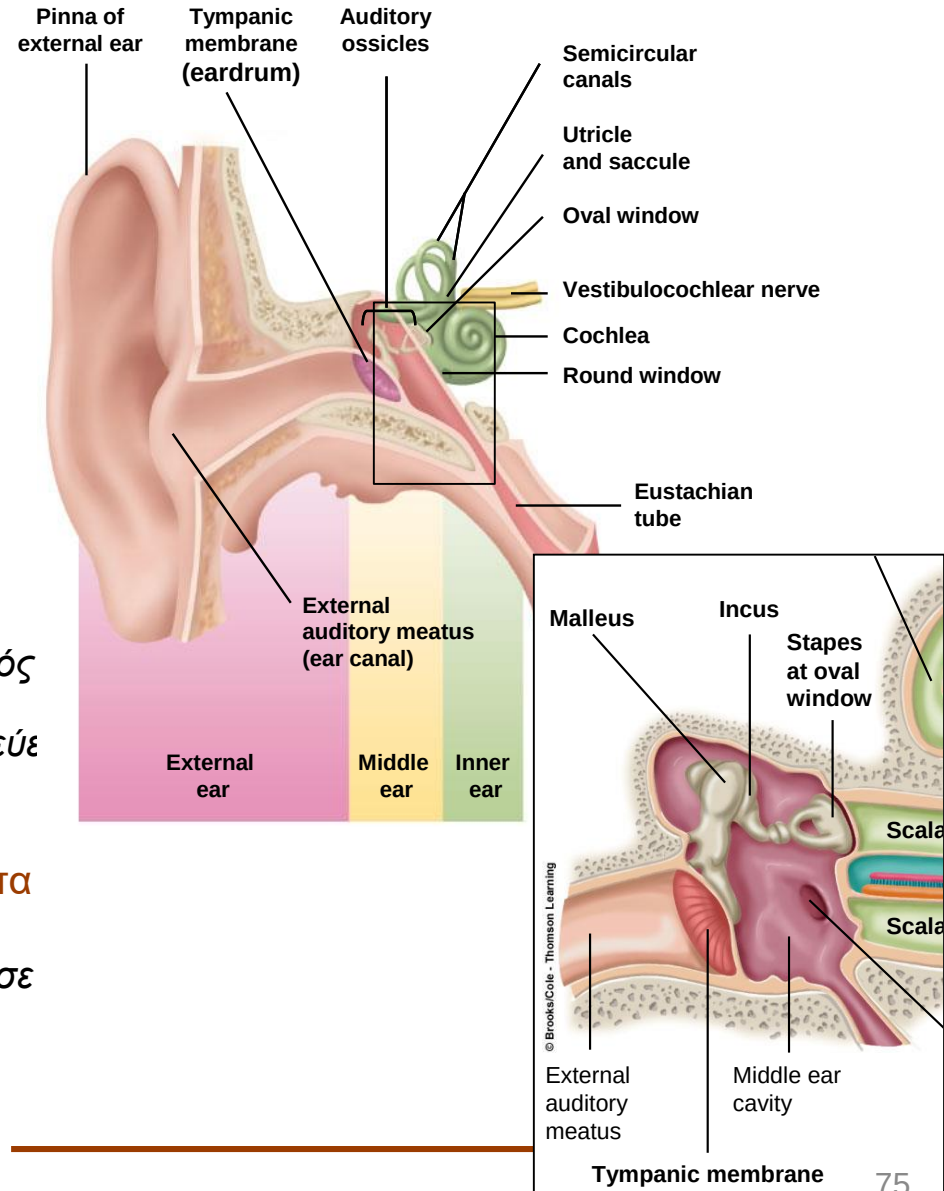
- Μεταδίδουν τα ηχητικά κύματα στο έσω αυτί
 - Ενισχύουν την πίεση 20x

- Μικρές μύες

- Αλλάζουν την ελαστικότητα της τυμπανικής μεμβράνης = Μηχανισμός προστασίας
 - Αργή δράση (40 msec) → προστατεύει μόνο από παρατεταμένους ήχους

- Έσω αυτί

- Δύο διαφορετικά αισθητήρια συστήματα
 - Κοχλίας
 - Μετατροπή των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικά σήματα → ακοή
 - Αιθουσιαίο Σύστημα
 - Αίσθηση της ισορροπίας



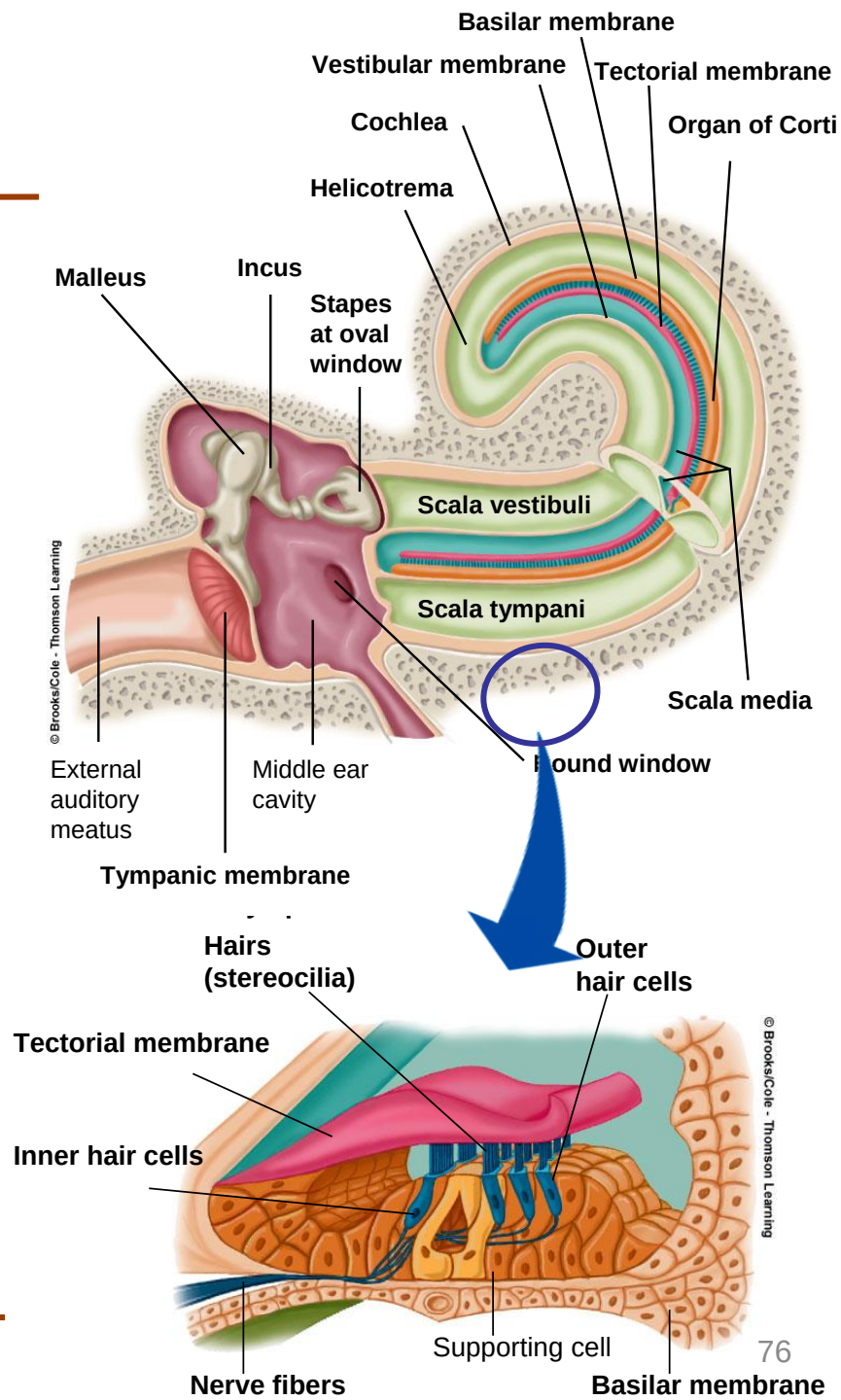
Ακοή

- **Μετατροπή**

- Ο ήχος διαχέεται στον κοχλία
- Τα κύματα στο κοχλιακό υγρό θέτουν τη βασική μεμβράνη σε κίνηση
- Ο ήχος μετατρέπεται σε ηλεκτρικά σήματα από το όργανο του Corti

- **Όργανο του Corti**

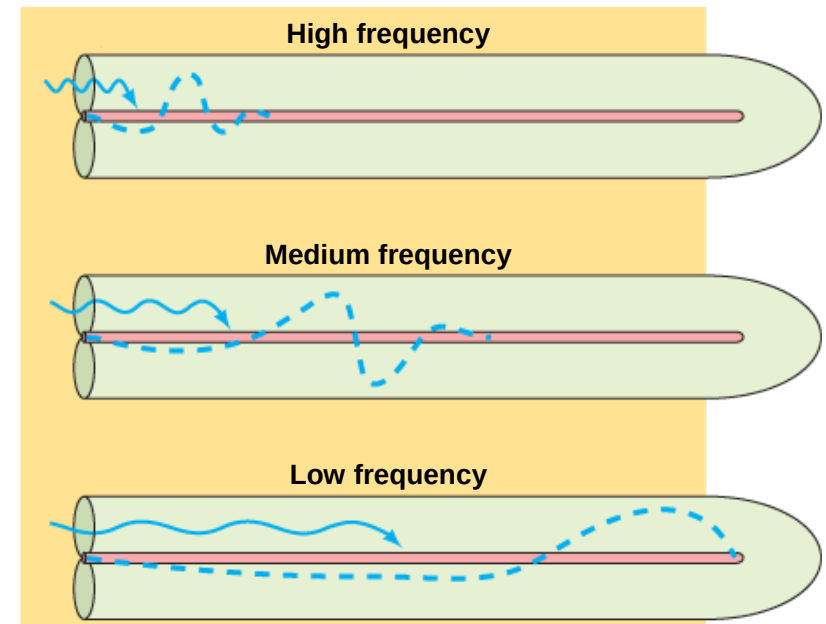
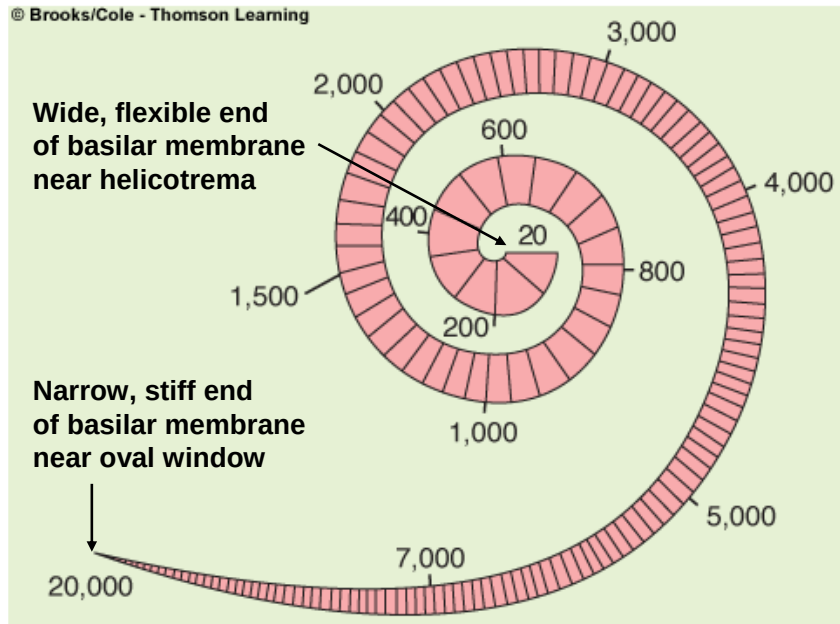
- Τριχωτά κύτταρα με ~ 100 τριχία το καθένα
- Τα τριχία γέρνουν όταν ταλαντώνεται η βασική μεμβράνη
- Μηχανικά ελεγχόμενοι δίαυλοι ανοίγουν και κλείνουν → βαθμιδωτά δυναμικά → Σύναψη → Δυναμικά ενεργείας στους ακουστικούς νευρώνες





• Κωδικοποίηση της συχνότητας

- Φασματική ανάλυση!
- Η βασική μεμβράνη δεν έχει ομοιόμορφες μηχανικές ιδιότητες
- Στενή και σκληρή έως πλατιά και ευλύγιστη
- Διαφορετικές περιοχές δονούνται (συντονίζονται) σε διαφορετικές συχνότητες
- Η συχνότητα (ή συχνότητες) του ήχου διακρίνονται ανάλογα με τη θέση κατά μήκος της βασικής μεμβράνης όπου βρίσκονται τα τριχωτά κύτταρα που διεγείρονται



© Brooks/Cole - Thomson Learning



- **Κωδικοποίηση της Έντασης**

- Ψηλότερη ένταση προκαλεί μεγαλύτερη κίνηση της βασικής μεμβράνης
 - Ισχυρότερα βαθμιδωτά δυναμικά των τριχωτών κυττάρων
 - Ταχύτερος ρυθμός δυναμικών ενεργείας από του ακουστικό νεύρο και περισσότεροι νευρώνες ενεργοποιούνται



- **Ευαισθησία της Έντασης**

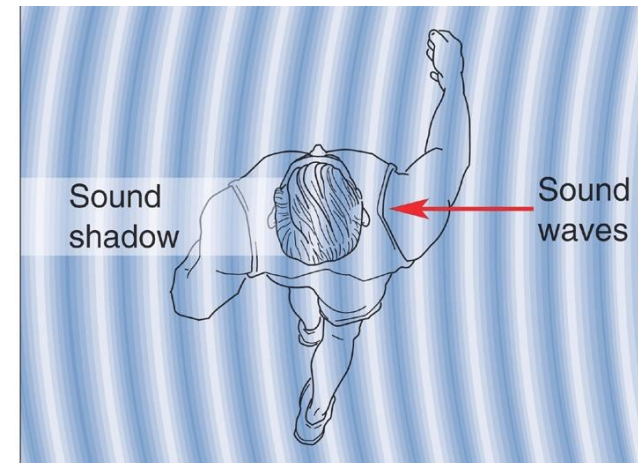
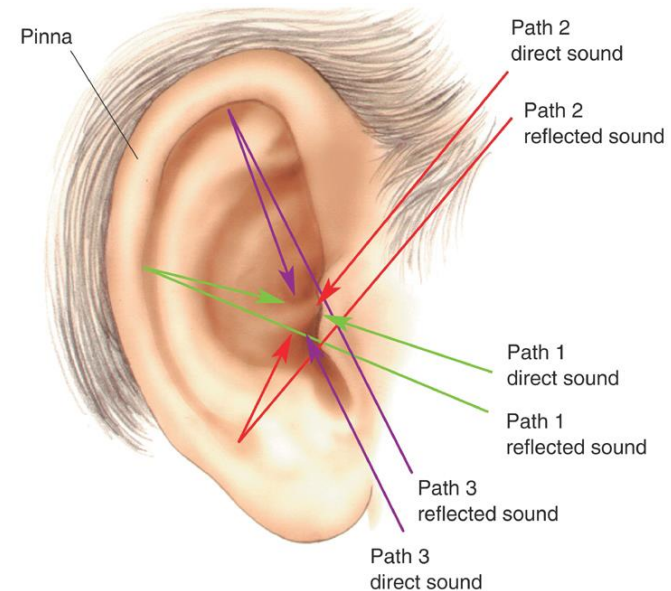
- Μεγάλο εύρος
 - 1 dB – 100 dB
 - Κάθε 10 dB σημαίνει αύξηση κατά x10 φορές σε ένταση
- Εξαιρετικά ευαίσθητο όργανο (κίνηση λιγότερο από ένα μόριο υδρογόνου) → εύκολο να καταστραφεί
 - Οτιδήποτε > 100 dB μπορεί να προκαλέσει μόνιμη βλάβη

Ήχος	Ένταση (dB)	Σύγκριση με το ασθενέστερο ακουόμενο ερέθισμα
Θρόισμα Φύλλων	10 dB	x10 πιο έντονο
Ήχος Ρολογιού	20 dB	x100
Σσος!	30 dB	x1000
Κανονική Συνομιλία	60 dB	x1 εκατομμύριο
Μπλέντερ	90 dB	x1 δισεκατομ.
Συναυλία Ροκ	120 dB	x1 τρισεκατομ.
Απογείωση αεροπλάνου	150 dB	x10 ⁵



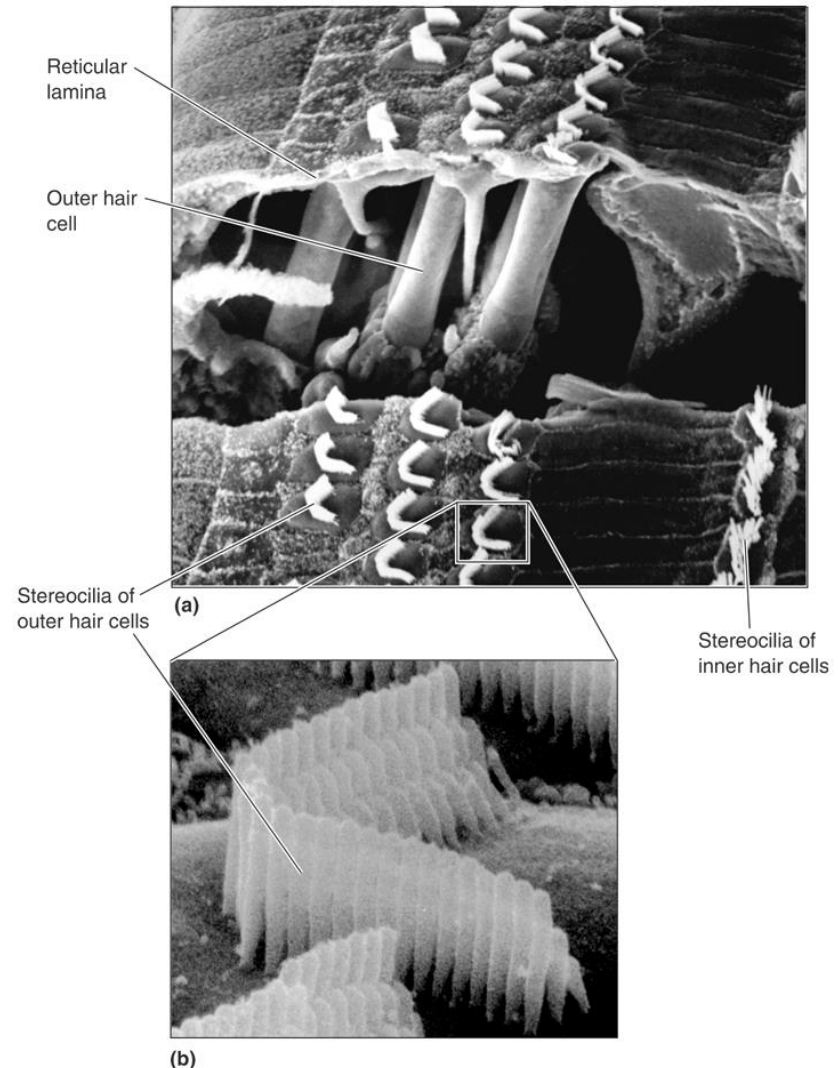
- **Κωδικοποίηση της Κατεύθυνσης**

- Εντοπισμός Πάνω-Κάτω (ανύψωση)
 - Το σχήμα του έξω αυτιού (πτερύγιο) αλλάζει ελαφρώς τη χροιά και την ένταση ανάλογα με την ανύψωση
- Εντοπισμός Αριστερά-Δεξιά (αζιμούθιο)
 - Ο ήχος φθάνει στο εγγύς αυτί
 - Λίγο νωρίτερα ($\sim 0,5 \text{ msec}$)
 - Ελαφρώς ισχυρότερος
 - Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί τις μεταβολές αυτών των δύο για να καθορίσει την κατεύθυνση





- **Κώφωση**
 - Αγώγιμος
 - Τα ηχητικά κύματα δεν μεταδίδονται επαρκώς από το έξω και μέσο αυτί
 - Απόφραξη, ρήξη της τυμπανικής μεμβράνης, λοίμωξη του μέσου αυτιού, συμφύσεις στο αυτί
 - Τα βοηθήματα ακοής μπορεί να βοηθήσουν
 - Νευροαισθητήρια (Sensorineural)
 - Τα ηχητικά κύματα μεταδίδονται, αλλά δεν μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα
 - Νευρωνική πρεσβυακοΐα, ορισμένα αντιβιοτικά, δηλητηρίαση
 - Τα κοχλιακά εμφυτεύματα μπορούν να βοηθήσουν
 - *Ηλεκτρικές συσκευές που διεγείρουν άμεσα το του ακουστικό νεύρο*



Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins



- **Αιθουσιαίος Λαβύρινθος (Labyrinth)**

- Σωλήνες γεμάτοι υγρό στο έσω αυτί

- **Ερέθισμα**

- Επιτάχυνση της κεφαλής

- **Αισθητήρες**

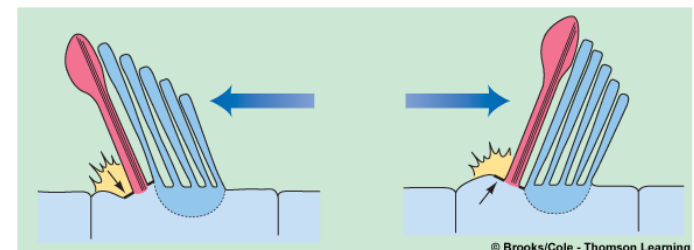
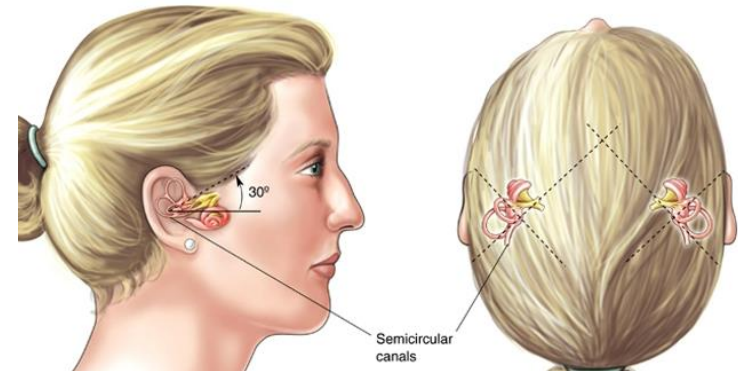
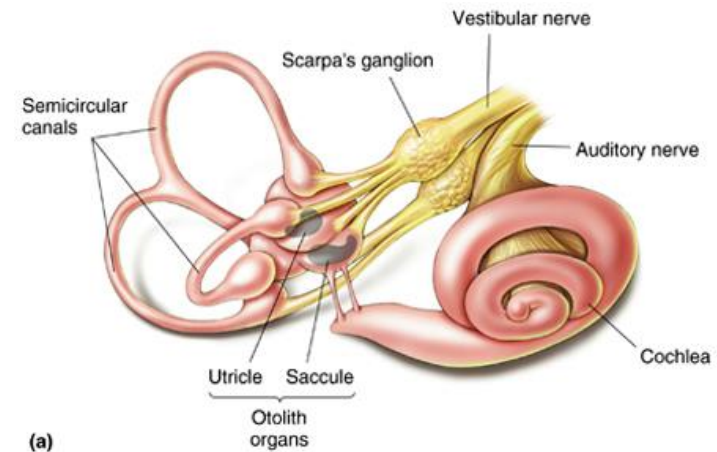
- Τριχωτά κύτταρα στο αιθουσιαίο σύστημα

- **Μετατροπή Σήματος**

- Το κεφάλι περιστρέφεται
- Το υγρό κινείται αντίθετα προς την κατεύθυνση της κίνησης (αδράνεια)
- Τα τριχία λυγίζουν και μηχανικά ελεγχόμενοι διάυλοι K⁺ ανοίγουν ή κλείνουν

- **Το αιθουσιαίο σύστημα διακρίνει επιτάχυνση**

- Ταχύτητα υπολογίζεται από κυκλώματα στο εγκεφαλικό στέλεχος

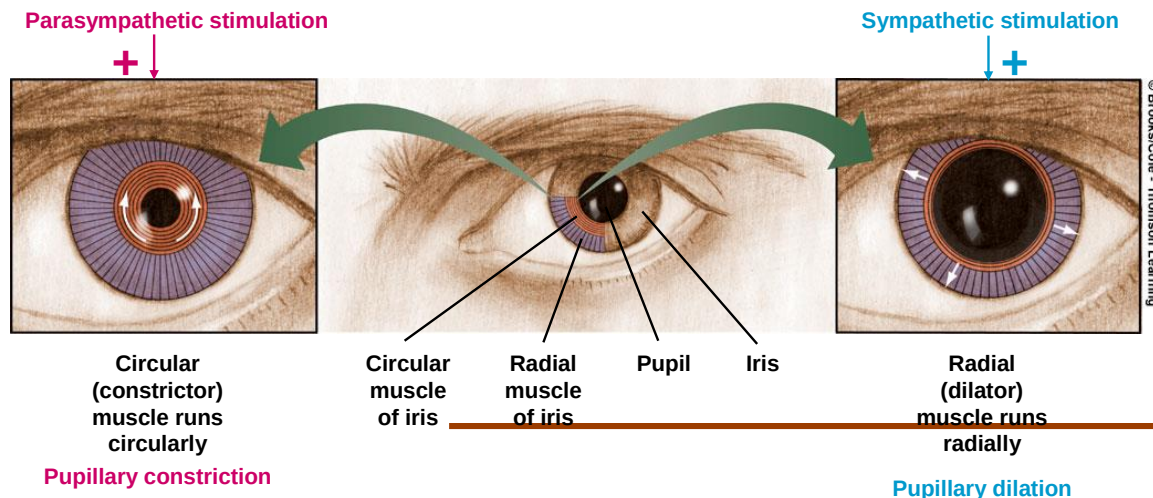
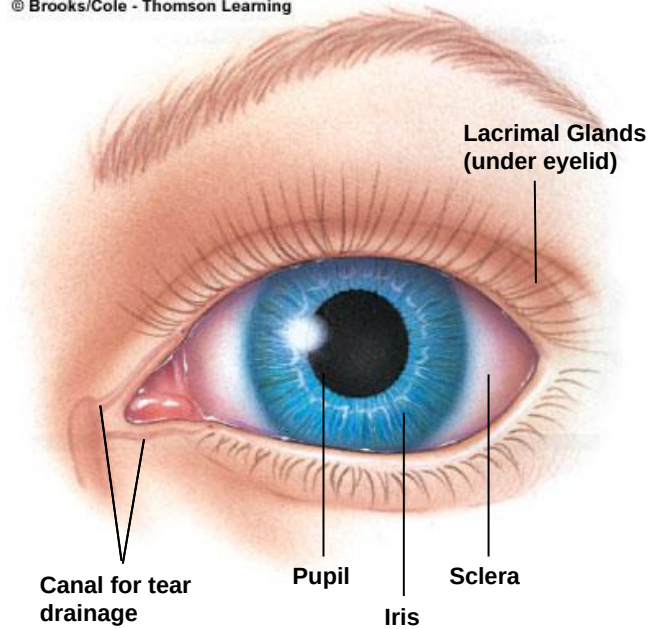




- **Το μάτι εξωτερικά**

- Κόρη (Pupil)
 - Κυκλικό άνοιγμα από το οποίο εισέρχεται το φως στο μάτι
- Ίριδα (Iris)
 - Ελέγχει το πόσο φως εισέρχεται στο μάτι
 - Χρωστική της ίριδας είναι υπεύθυνη για το χρώμα των ματιών
 - Μοναδική για κάθε άτομο
 - Βάση για την τελευταία λέξη της τεχνολογίας αναγνώρισης

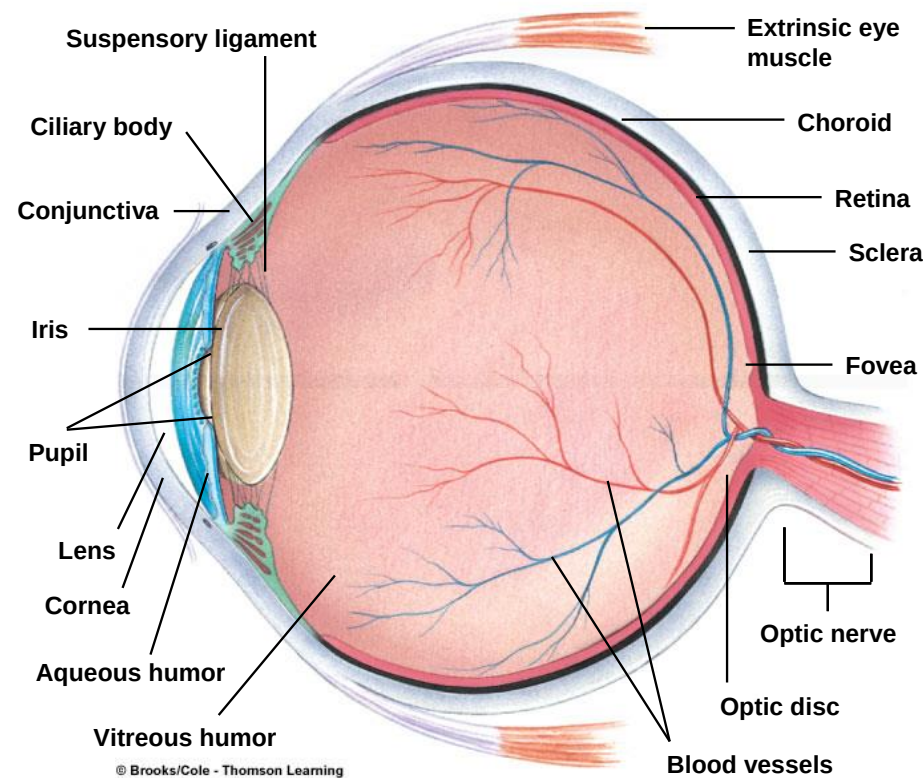
© Brooks/Cole - Thomson Learning





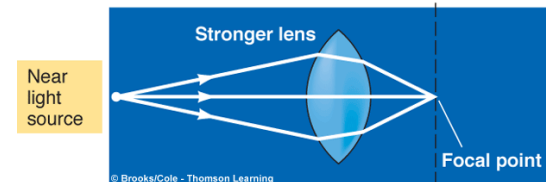
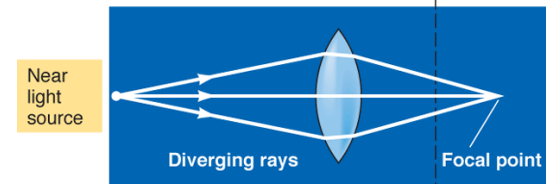
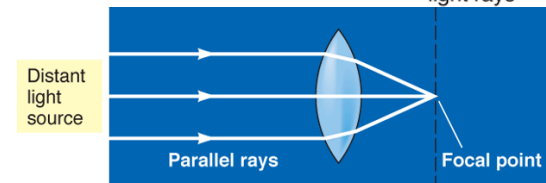
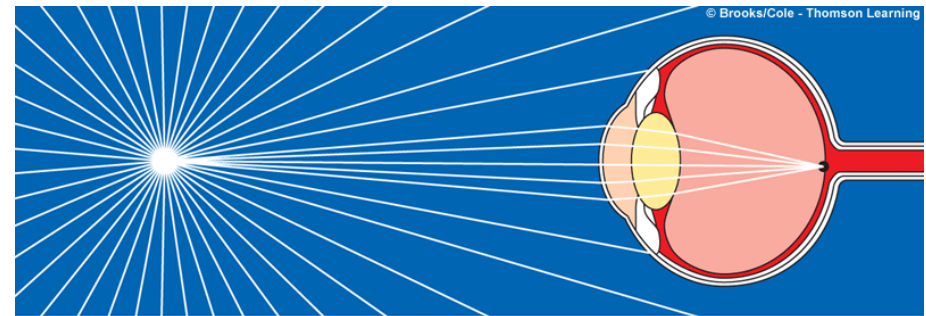
- **Το μάτι εσωτερικά**

- Σφαιρικό γεμάτο με υγρό
- Περιβάλλεται από 3 στρώματα
- Σκληρός (Sclera)/Κερατοειδής (cornea) χιτώνας
 - **Σκληρός Χιτώνας (Sclera)**
 - Ο σκληρός συνδετικός ιστός γύρω από το μάτι
 - Συμπεριλαμβάνει το άσπρο του ματιού
 - **Κερατοειδής Χιτώνας (Cornea)**
 - Πρόσθιο, διάφανο μέρος
 - Διαπερνάται από το φως
- Χοριοειδής Χιτώνας (Choroid)
 - Το μεσαίο στρώμα που περιέχει τα αιμοφόρα αγγεία
 - Περιλαμβάνει και την Ίριδα (iris)
- Αμφιβληστροειδής Χιτώνας (Retina)
 - Το εσωτερικό στρώμα
 - Περιλαμβάνει τους φωτουποδοχείς

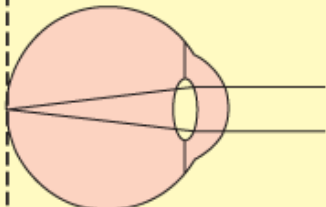
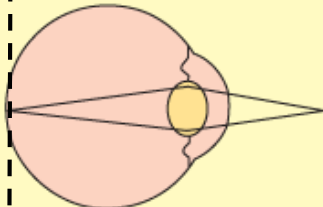
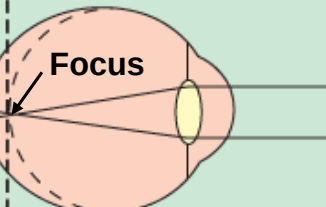
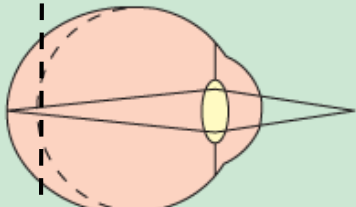
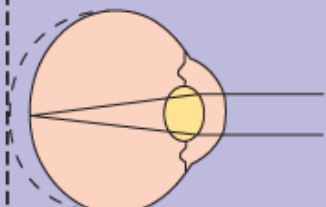
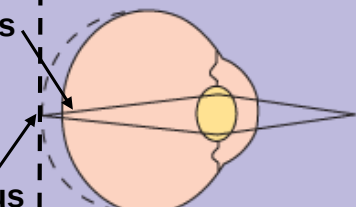




- Το μάτι λαμβάνει φως, εστιάζει στον αμφιβληστροειδή και σχηματίζει εικόνα
- **Διάθλαση του φωτός**
 - Κυρίως από τον κερατοειδή
 - Η διάθλαση είναι σταθερή μια και δεν αλλάζει η κυρτότητα
 - LASIK
 - Προσαρμογή από τον φακό
 - Αλλαγή στο σχήμα → αλλαγή στη ικανότητα εστίασης (μακρινά/κοντινά)
 - Με την ηλικία μειώνεται αυτή η ικανότητα του φακού → πρεσβυωπία



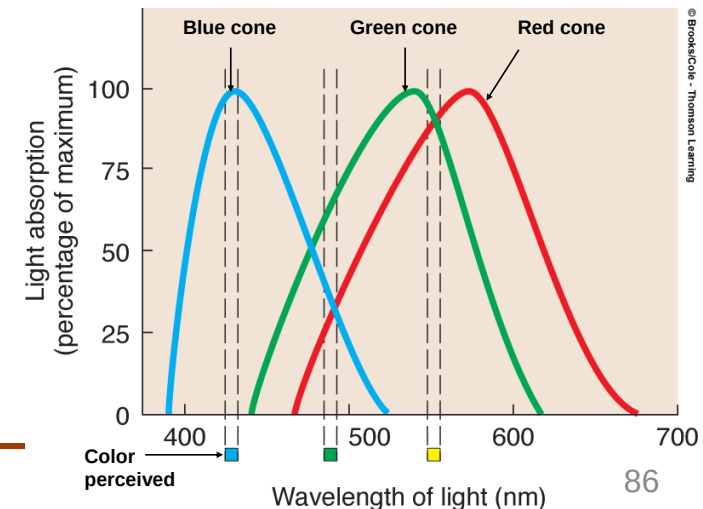
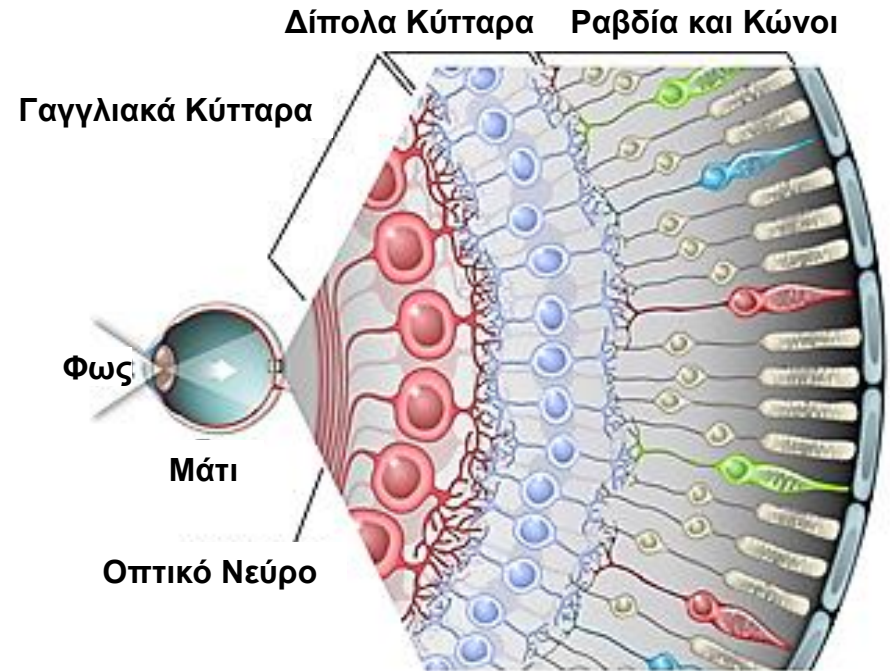


	 Far source No accommodations	 Near source Accommodations	Normal eye (Emmetropia) Far source focused on retina without accommodation Near source focused on retina with accommodation
Μυωπία	1.  Image out of focus Focus No accommodations	 No accommodations	Nearsightedness (Myopia)– Eyeball too long or lens too strong 1. Uncorrected Far source focused in front of retina (where retina would be in eye of normal length) Near source focused on retina with accommodations
Υπερμετρωπία	1.  Accommodations	 Image out of focus Focus Accommodations	Farsightedness (Hyperopia)– Eyeball too short or lens too weak 1. Uncorrected Far source focused on retina with accommodations Near source focused behind retina even with accommodations

Όραση



- **Ερέθισμα**
 - Φως
- **Αισθητήρες = Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)**
 - Χημικές αλλαγές όταν απορροφούν φως
 - Χρωστικές στις μεμβράνες τους
 - Βαθμιδωτά δυναμικά → Σύναψη → Δυναμικά ενεργείας στους οπτικούς νευρώνες
 - Ραβδία (Rods) και Κώνοι (Cones)
 - Ραβδία → ενός τύπου
 - Μια χρωστική
 - Ψηλή ευαισθησία
 - Κώνοι → τριών τύπων
 - Χρωστικές που απορροφούν κόκκινο, πράσινο, μπλε.
 - Χαμηλή ευαισθησία
- **Κυκλώματα**
 - Δίπολα και γαγγλιακά κύτταρα (νευρώνες) → πρώτη επεξεργασία



© Brooks/Cole - Thomson Learning



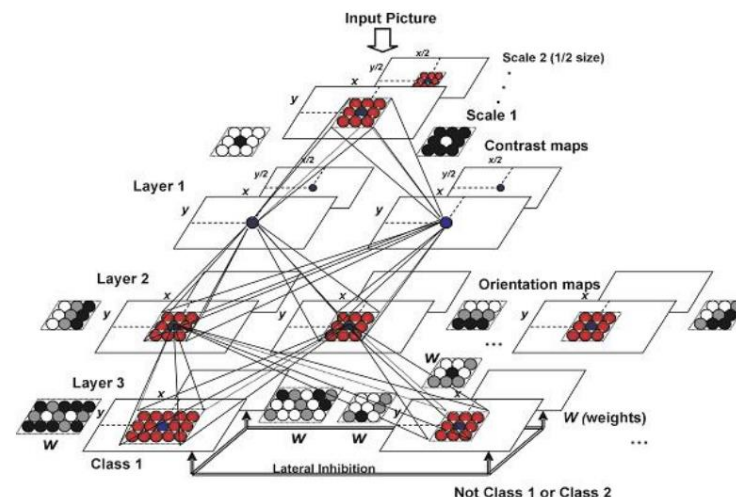
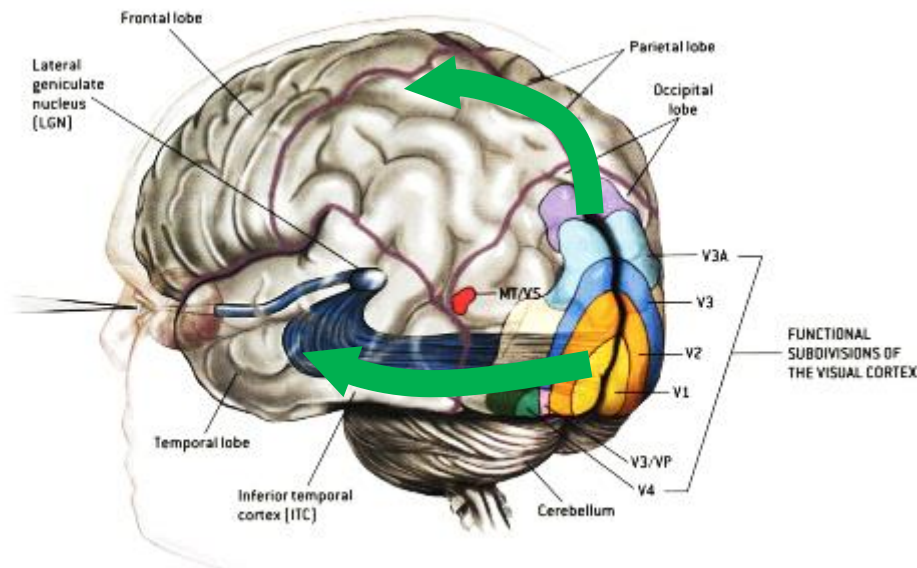
- Χαρακτηριστικά Ραβδίων και Κώνων

Ραβδία	Κώνοι
100 εκατομμύρια	3 εκατομμύρια
Όραση σε <u>επίπεδα γκρίζου</u>	<u>Έγχρωμη</u> Όραση
Πολύ <u>ευαίσθητα</u> στο φως (χαμηλός φωτισμός)	Λιγότερα ευαίσθητοι στο φως (έντονος φωτισμός)
Πολύ ευαίσθητα στην <u>κίνηση</u>	Λιγότερο ευαίσθητοι στην κίνηση
<u>Χαμηλή ευκρίνεια</u> (σύγκλιση = πολλά συνδυάζονταν μαζί)	<u>Ψηλή ευκρίνεια</u> (λίγοι συνδυάζονταν μαζί)
<u>Νυκτερινή Όραση</u> (λόγω ευαισθησίας και σύγκλισης)	<u>Ημερήσια Όραση</u> (λιγότερη ευαισθησία και σύγκλιση)
Περισσότερα στην <u>περιφέρεια</u> (λιγότερη λεπτομέρεια αλλά ευαισθησία και κίνηση στην περιφέρεια)	Περισσότεροι στο <u>κέντρο</u> (περισσότερη λεπτομέρεια αλλά λιγότερη ευαισθησία και κίνηση στο κέντρο)



- **Επεξεργασία Εικόνας**

- Μεγάλο μέρος του εγκεφάλου
 - Ινιακός Λοβός → Πρώτη επεξεργασία
 - Κρωταφικός Λοβός → αναγνώριση και συναισθηματική αξία
 - Βρεγματικός Λοβός → Κίνηση και χωρική τοποθέτηση
- Παράλληλη ανάλυση σε διαδοχικά πιο πολύπλοκα χαρακτηριστικά
 - Δεν υπάρχουν εξειδικευμένοι νευρώνες για το κάθε αντικείμενο
 - Συνδυασμός χαρακτηριστικών



Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα



- **Υποδιαιρέσεις του ΑΝΣ**

- Συμπαθητικό (Sympathetic) νευρικό σύστημα → “φυγή ή πάλη” (“fight or flight”)
 - Αυξάνεται ο καρδιακός ρυθμός (heart rate) και η πίεση του αίματος (blood pressure)
 - Καταστέλλονται οι πεπτικές λειτουργίες (digestive functions)
 - Κινητοποιούνται τα αποθέματα γλυκόζης (glucose reserves)
- Παρασυμπαθητικό (Parasympathetic) νευρικό σύστημα → “ανάπαυση και πέψη” (“rest and digest”)
 - Μειώνεται ο καρδιακός ρυθμός και χαμηλώνει η πίεση του αίματος
 - Αυξάνονται οι πεπτικές λειτουργίες
 - Σταματά η εφίδρωση



Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα



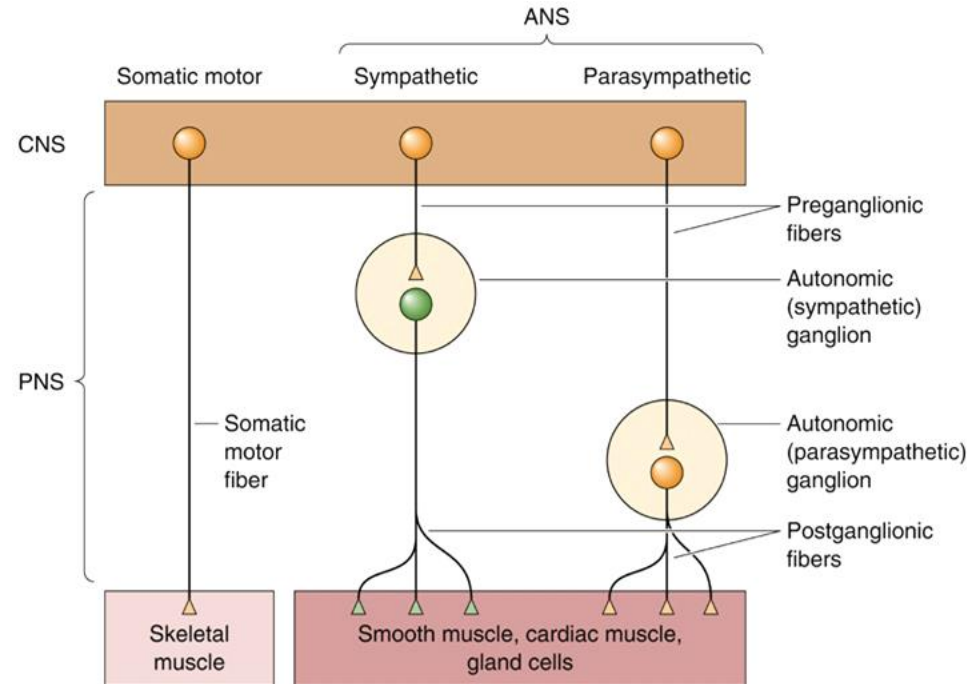
- **Νευρώνες του ΑΝΣ**

- **ΑΝΣ**

- Πολλαπλές δράσεις, εκτεταμένες περιοχές, αργοί
- Εκτεταμένος, συντονισμένος και βαθμιδωτός έλεγχος
- Προς όλα τα όργανα εκτός σκελετικών μυών
- Δισυναπτικές οδοί (Disynaptic pathways)

- **Σωματικοί (somatic)**

- Γρήγοροι και ακριβείς
- Μόνο περιφερικοί στόχοι
- Ελέγχει μόνο σκελετικούς μυς
- Νοσυναπτικές οδοί (Monosynaptic pathways)



Sympathetic Nervous System

Fibers originate in thoracic and lumbar regions of spinal cord

Most preganglionic fibers are short

Long postganglionic fibers

Preganglionic fibers release acetylcholine (ACh)

Most postganglionic fibers release noradrenaline (norepinephrine)

Parasympathetic Nervous System

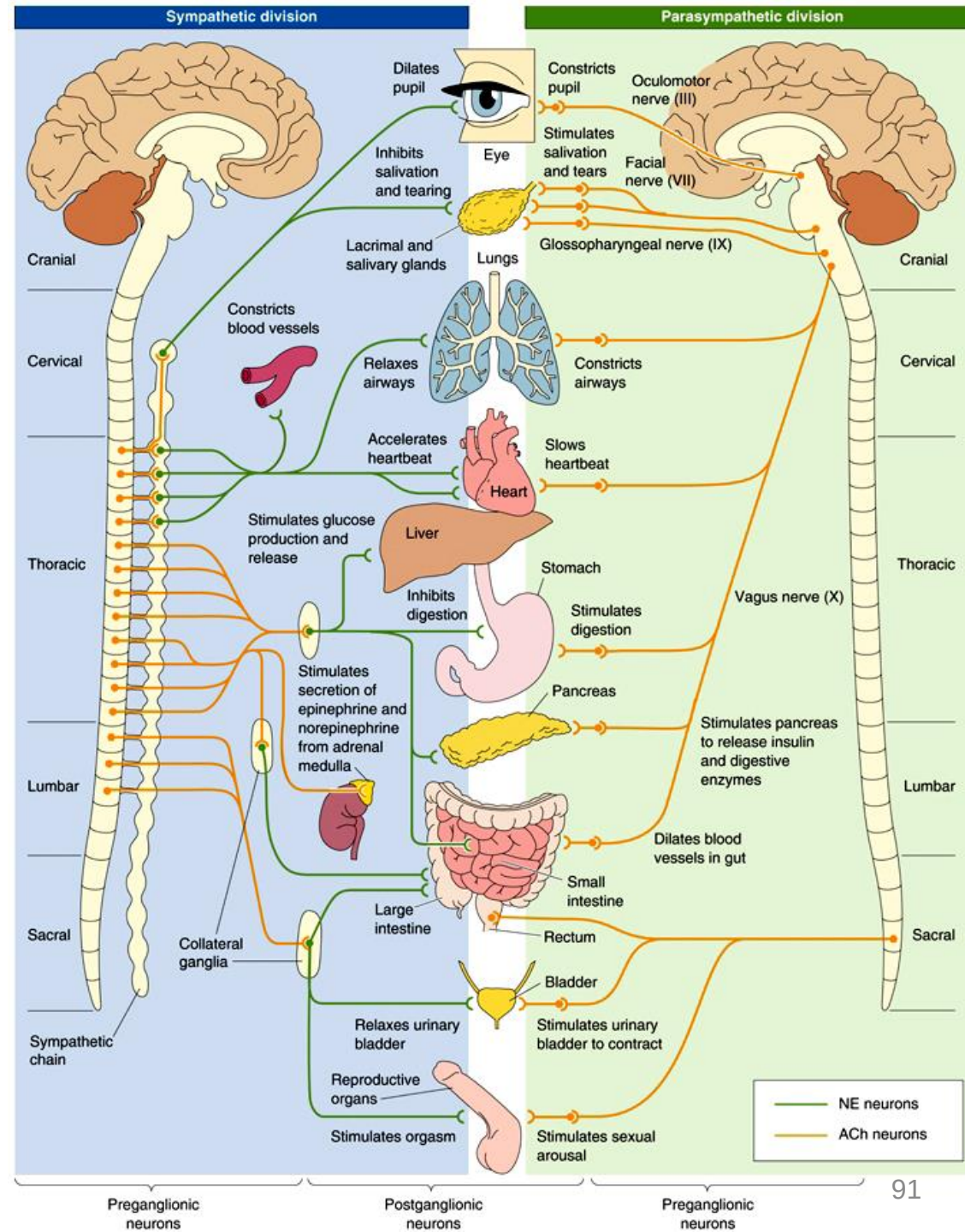
Fibers originate from cranial and sacral areas of CNS

Preganglionic fibers are longer

Very short postganglionic fibers

Preganglionic fibers release acetylcholine (ACh)

Postganglionic fibers release acetylcholine

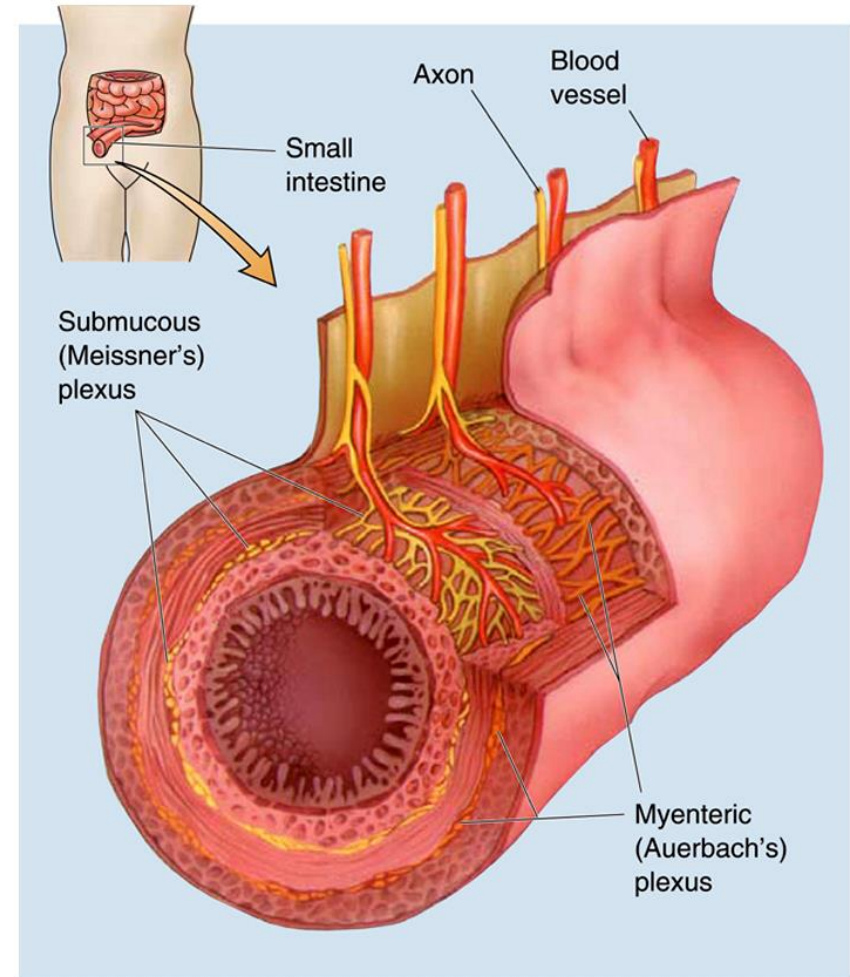


Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα



- **Το Εντερικό (Enteric) νευρικό σύστημα**

- Περιοχή
 - Μέσα στα περιβάλλοντα στρώματα του οισοφάγου, στομάχου, εντέρων, παγκρέατος και χοληδόχου κύστης
- Μέρη
 - Δύο πολύπλοκα δίκτυα
 - Μυεντερικό πλέγμα (*myenteric (Auerbach's) plexus*)
 - Υποβλεννογόνο πλέγμα (*submucous (Meissner's) plexus*)
- Λειτουργία
 - Ελέγχουν τη μετακίνηση και πέψη του φαγητού
- Είσοδοι (Inputs)
 - Από τον εγκέφαλο (μέσω του ΑΝΣ)

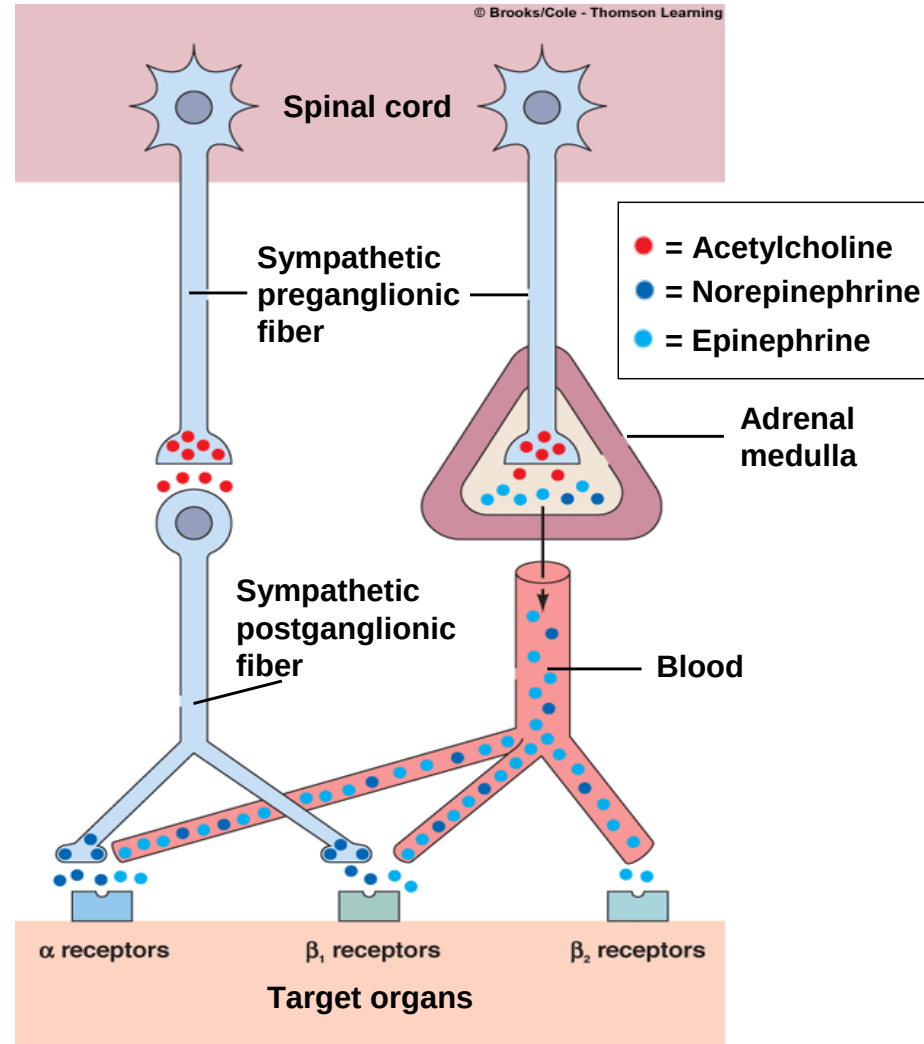


Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα



- **Ο Επινεφριαδικός Μυελός (Adrenal medulla)**

- Μέρος του συμπαθητικού νευρικού συστήματος
- Τροποποιημένο γάγγλιο (χωρίς μεταγαγγλιακό νευρώνα)
- Διέγερση από τον προγαγγλιακό νευρώνα προκαλεί έκκριση ορμόνης στο αίμα
 - 20% νορεπινεφρίνη (norepinephrine)
 - 80% επινεφρίνη (epinephrine, also known as adrenaline)
- Ενισχύει τη δραστηριότητα του συμπαθητικού συστήματος
 - Πιο συνεχής και παρατεταμένη



Sympathetic		Parasympathetic		
	Action	Receptor	Action	Receptor
General Homeostasis	-stress response (fight or flight) -expends energy		-maintains homeostasis -conserves energy	
Heart				
Cardiac muscle	-↑ rate -↑ contractility	β1 β1	-↓ rate (atria only) -↓ contractility (atria only)	M2 M2
Smooth muscle				
Blood vessels -skeletal m. -skin -penis and clitoris	-dilation -constriction -constriction	β2 α α	-dilation	M
Spleen	-contraction	α		
Bronchi	-dilation	β2	-constriction	M3
G.I. tract -walls -sphincters	-↓ motility -contraction	α2 & β2 α1	-↑ motility -relaxes	M3 M3
Genitourinary tract -bladder wall -sphincter -penis	-relaxation -contraction -ejaculation	β2 α2 α	-contraction -relaxation -erection	M3 M3 M
Glands				
Salivary	-↑viscous secretion (small amounts)	α1	-↑ watery secretion	
Sweat -Thermoregulation -Stress	-↑ secretion -↑ secretion	M α		
Metabolism				
Liver Adipose Kidney	-glycogenolysis -lipolysis -renin release	α, β2 β3 β1		
Eye				
Iris Ciliary muscle	-dilation	α1	-constriction -contraction	M3 M3



- **Φαρμακολογία**

- Παρασυμπαθητικομιμητικά (Parasympathomimetic)
 - Μιμούνται ή προάγουν μουσκαρινική δραστηριότητα ACh ή αναστέλλουν δραστηριότητα NE
- Συμπαθητικομιμητικά (Sympathomimetic)
 - Μιμούνται ή προάγουν δραστηριότητα NE ή αναστέλλουν μουσκαρινική δραστηριότητα ACh





- **Αγωνιστές (Agonists)**

- Δεσμεύονται (bind) με τον ίδιο υποδοχέα όπως ο νευροδιαβιβαστής
- Προκαλούν δραστηριότητα παρόμοια με τον νευροδιαβιβαστή
- Π.χ.
 - **Salbutamol**
 - Ενεργοποιεί υποδοχείς β_2
 - Θεραπεία άσθματος
 - **Phenylephrine**
 - Ενεργοποιεί υποδοχείς α_1 & α_2
 - Αγγειοσυσπαστικό (Vasoconstrictor)
 - Ρινικό αποσυμφορητικό (nasal decongestant)
 - **Pilocarpine**
 - Ενεργοποιεί μουσκαρινικούς υποδοχείς
 - Θεραπεία γλαυκώματος (glaucoma)
 - Παρενέργειες περιλαμβάνουν εφίδρωση (sweating)





- **Ανταγωνιστές (Antagonists)**

- Δεσμεύονται (bind) με τον ίδιο υποδοχέα
- Εμποδίζουν τη δραστηριότητα του νευροδιαβιβαστή
- Π.χ.
 - **Atenolol**
 - Επιλεκτικός ανταγωνιστής του υποδοχέα β_1
 - Προκαλεί βραδυκαρδία και χαμηλώνει την πίεση του αίματος



Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα

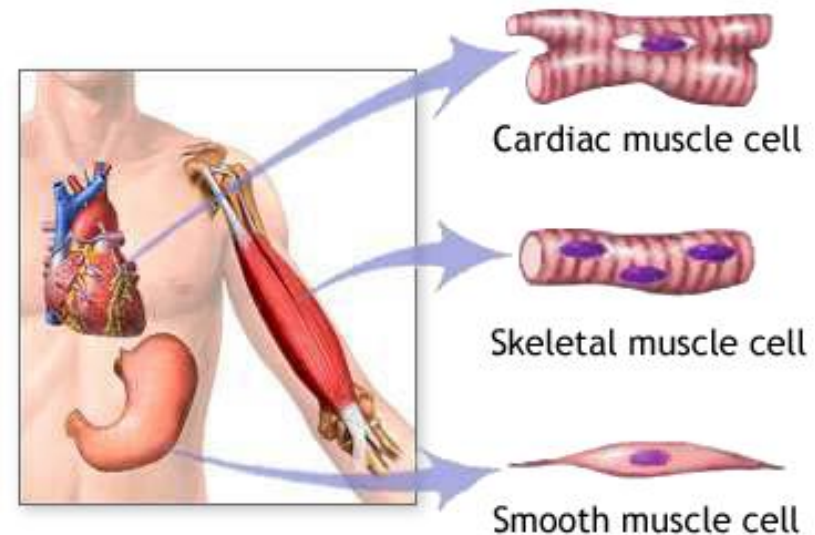


- Σε ποια δραστηριότητα χρειάζεται εναλλαγή από το παρασυμπαθητικό στο συμπαθητικό για να γίνει σωστά;
- Σεξ
 - Στήση → Παρασυμπαθητικό
 - Εκσπερμάτωση → Συμπαθητικό





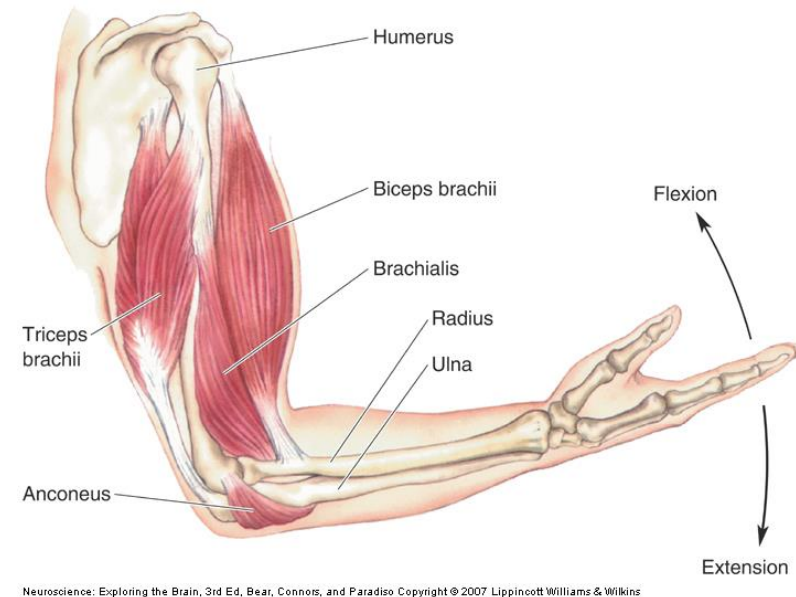
- **Αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα ιστών στο σώμα**
 - Σκελετικός (30-40% BW), λείος και καρδιακός (10% BW)
- **Ελεγχόμενη σύσπαση των μυών επιτρέπει**
 - Σκόπιμη κίνηση ολόκληρου του σώματος ή μερών του σώματος
 - Χειρισμό αντικειμένων
 - Προώθηση του περιεχομένου διαφόρων κοίλων εσωτερικών οργάνων
 - Κένωση του περιεχομένου ορισμένων οργάνων προς το εξωτερικό περιβάλλον
- **Τρεις τύποι μυών**
 - Σκελετικός μυς (εκούσιος)
 - Συνθέτει το μυϊκό σύστημα
 - Καρδιακός μυς (ακούσιος)
 - Βρίσκεται μόνο στην καρδιά
 - Λείος μυς (ακούσιος)
 - Εμφανίζεται σε όλα τα συστήματα του σώματος ως μέρος της δομής των κοίλων οργάνων και αγωγών



Δομή των σκελετικών μυών



- Ο μυς αποτελείται από ομάδες μυϊκών ινών συνδεδεμένων με τα οστά
- Συνδετικός ιστός καλύπτει τον μυ και τον χωρίζει εσωτερικά σε δέσμες
- Ο συνδετικός ιστός εκτείνεται πέρα από τα άκρα του μυός και σχηματίζει τους τένοντες
- Οι τένοντες συνδέουν του μύες με τα οστά

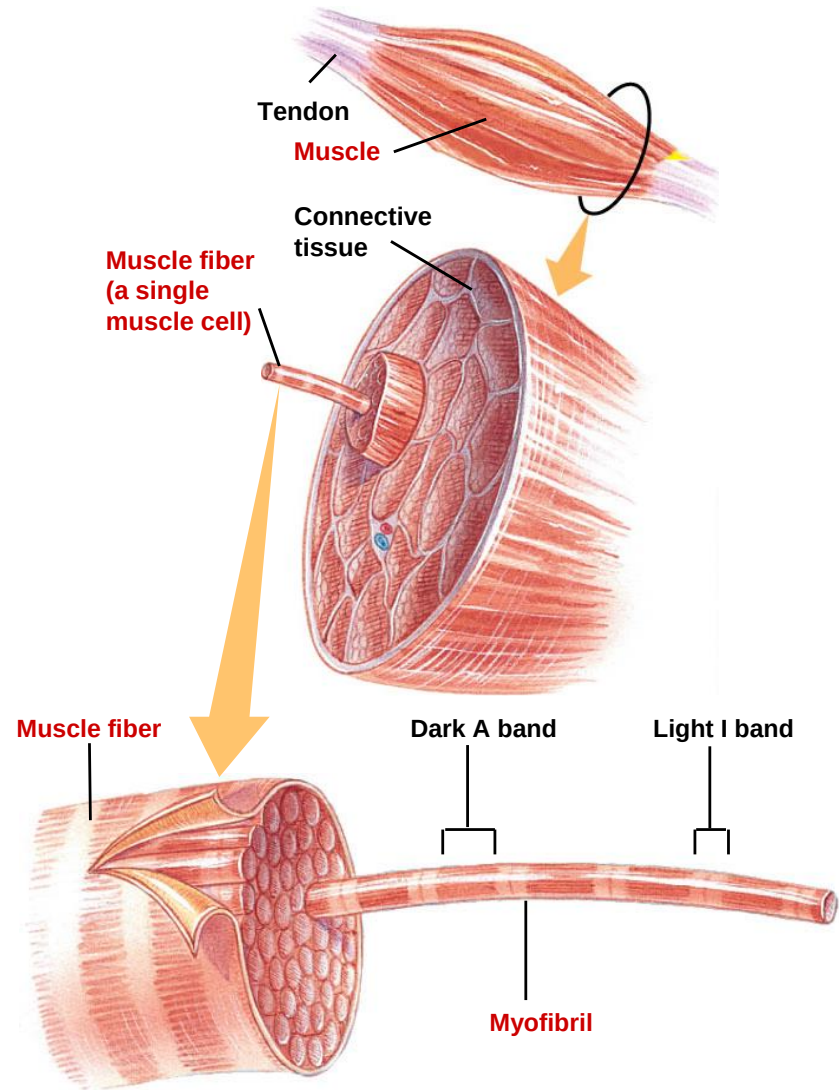


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Δομή των σκελετικών μυών



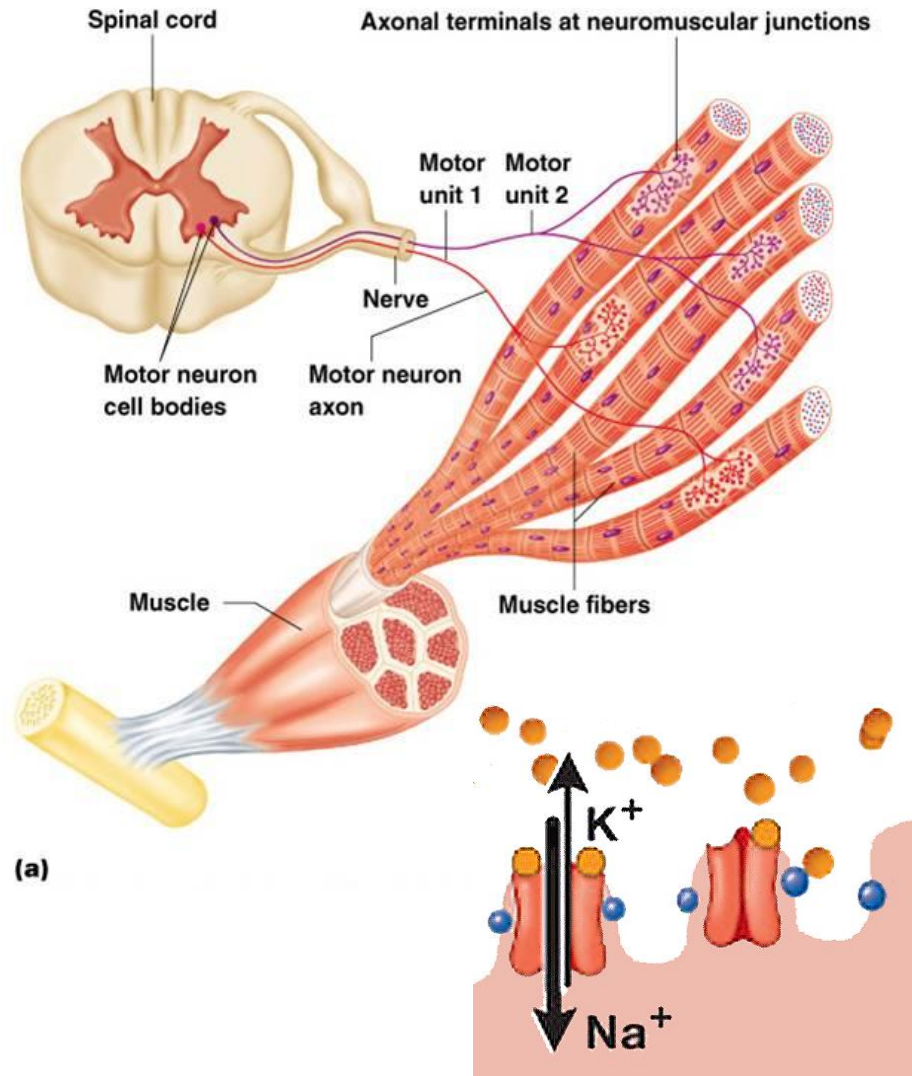
- Ο μύς αποτελείται από έναν αριθμό μυϊκών ινών
 - Παράλληλα ή μια προς την άλλη
 - Συγκρατούνται μεταξύ τους με συνδετικό ιστό
- Ένα σκελετικό μυϊκό κύτταρο (γνωστό και ως μια μυϊκή ίνα)
 - Πολυπύρρηνο
 - Μεγάλο, επίμηκες, και κυλινδρικό σχήμα
 - Οι ίνες συνήθως εκτείνονται σε όλο το μήκος του μυός



Νευρομυϊκή Σύναψη



- **Απώληξη του κινητικού νευρώνα → νευρομυϊκή σύναψη με ένα μυϊκό κύτταρο**
- Ένας νευρώνας μπορεί να στείλει άξονες σε μία ή περισσότερες μυϊκές ίνες
- **Νευροδιαβιβαστής = ακετυλοχολίνη (ACh)**
- **Εστεράση της Ακετυλοχολίνης (Acetylcholinesterase)**
 - Βρίσκεται στους υποδοχείς της ACh στη νευρομυϊκή σύναψη
 - Αδρανοποιεί την ACh
 - Τερματίζει τα μετασυναπτικά δυναμικά και τα δυναμικά ενεργείας
 - Εξασφαλίζει άμεσο τερματισμό της σύσπασης



Νευρομυϊκή Σύναψη



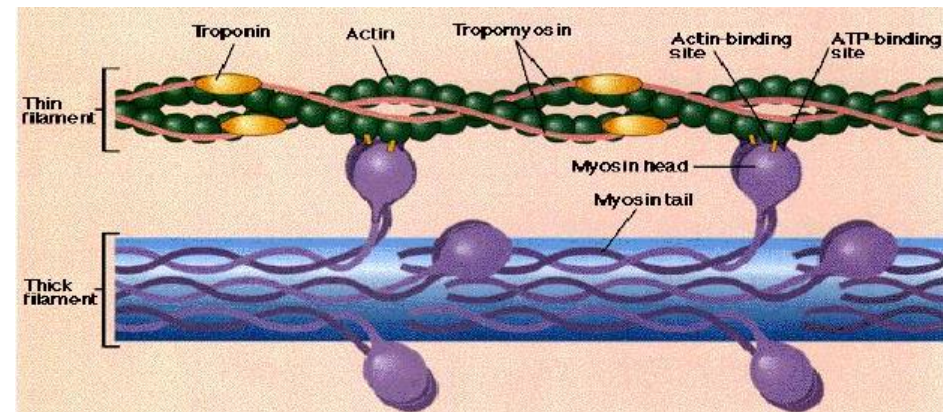
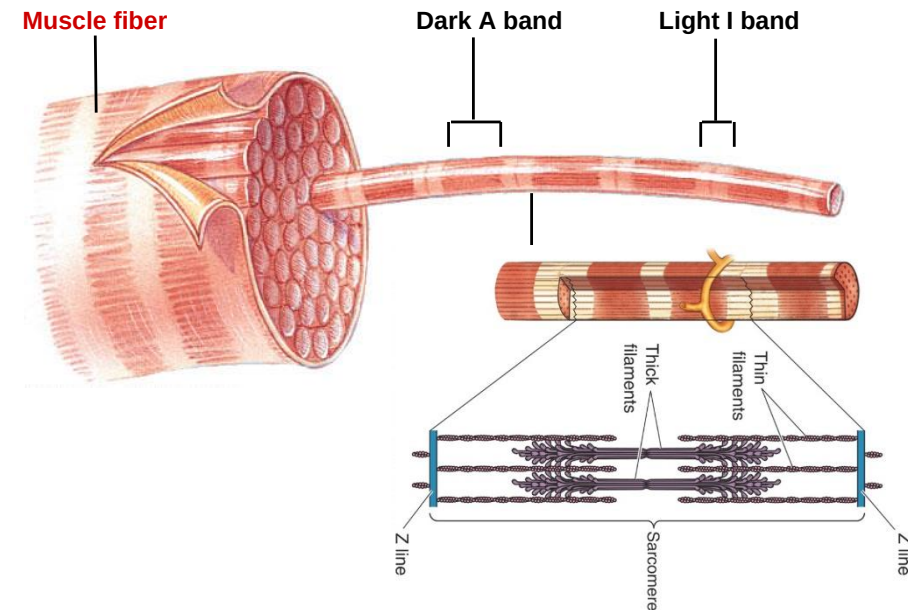
- **Η νευρομυϊκή σύναψη είναι ευάλωτη σε χημικούς παράγοντες και ασθένειες**
 - Αυξημένη ACh → σπασμοί → παράλυση → θάνατος (αναπνευστική ανεπάρκεια)
 - Μειωμένη ACh → καθόλου συσπάσεις → παράλυση → θάνατος (αναπνευστική ανεπάρκεια)
- **Δηλητήρια / Ασθένειες**
 - Δηλητήριο αράχνης Black Widow → Εκρηκτική έκκριση ACh
 - Τοξίνη Αλλαντίασης (Botulism toxin) → Παρεμποδίζει την απελευθέρωση ACh
 - Από τρόφιμα μολυσμένα με *Clostridium Botulinum* → αλλαντίαση
 - Από πλαστικούς χειρουργούς!
 - Curare → Απενεργοποιεί τους υποδοχείς ACh
 - Δηλητηριώδη βέλη ιθαγενών του Αμαζονίου
 - Οργανοφωσφορικά (Organophosphates) → Αναστολή της AChE
 - Φυτοφάρμακα και στρατιωτικό αέριο νεύρων
 - Βαριά μυασθένεια (Myasthenia gravis) → Αδρανοποιεί τους υποδοχείς της ACh
 - Αυτοάνοση πάθηση (αντισώματα έναντι των υποδοχέων ACh)
 - Το αντίδοτο είναι neostigmine (αναστέλλει την AChE)

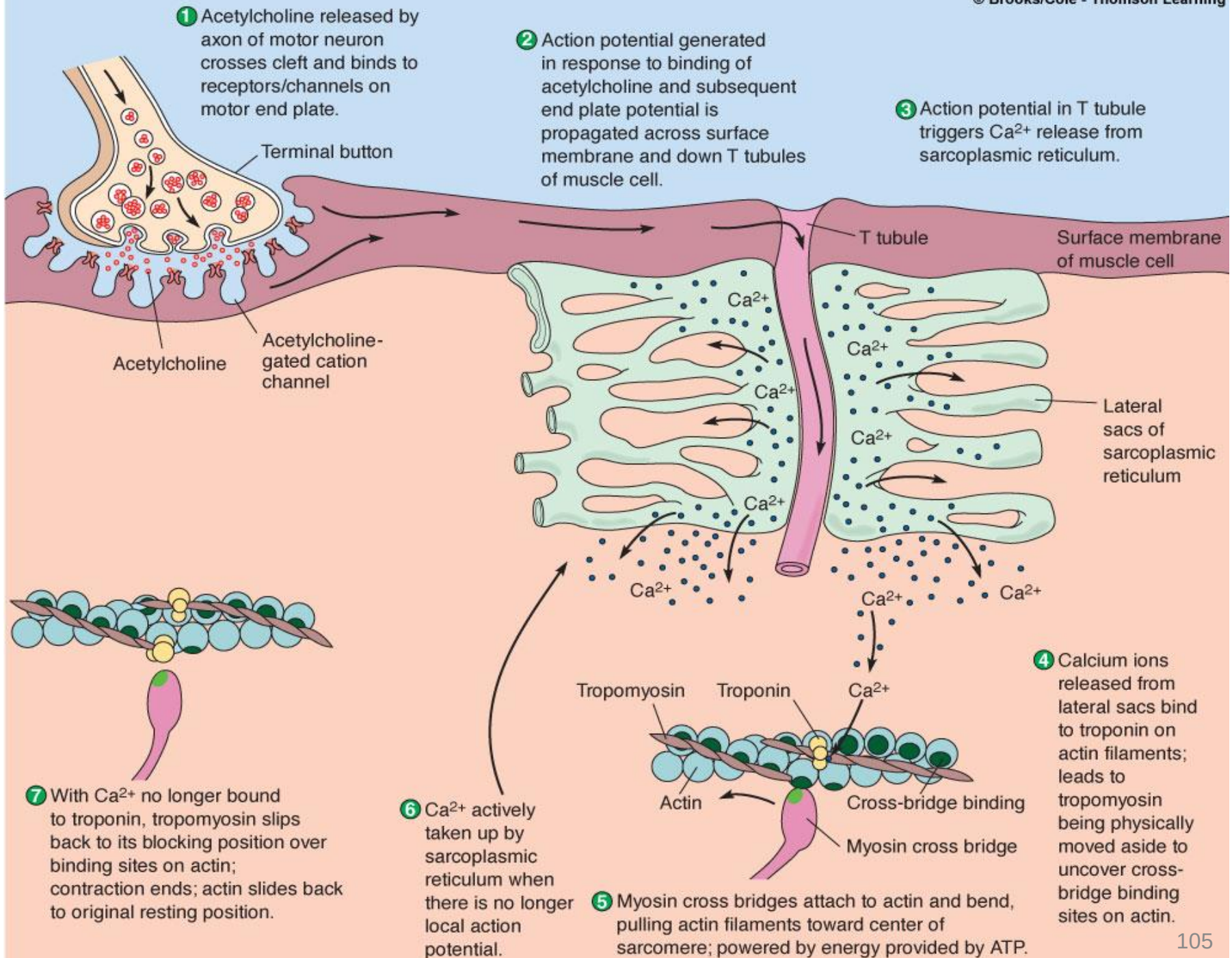


Σύνδεση Διέγερσης-Σύσπασης (Excitation-Contraction Coupling)



- **Μυϊκή ίνα (Muscle fiber)**
 - Κύτταρο (cell)
 - Πολλά μυϊκά ινίδια (myofibrils)
- **Μυϊκά Ινίδια (Myofibrils)**
 - Συσταλτικές (contractile) μονάδες της μυϊκής ίνας
 - Σειρά από σαρκομέρια
- **Σαρκομέριο (Sarcomere)**
 - Λειτουργική μονάδα (Functional unit) του σκελετικού μυός
 - Παχέα νημάτια = μυοσίνη
 - Λεπτά νημάτια = ακτίνη / τροπομυοσίνη / τροπονίνη
 - Προκαλεί την σύσπαση



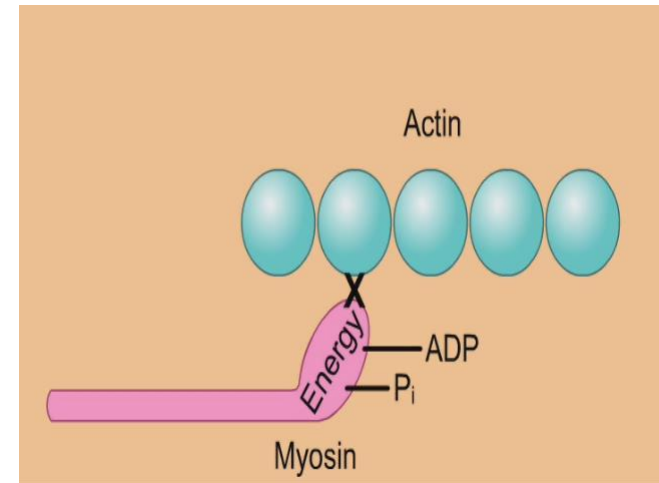


Σύνδεση Διέγερσης-Σύσπασης (Excitation-Contraction Coupling)



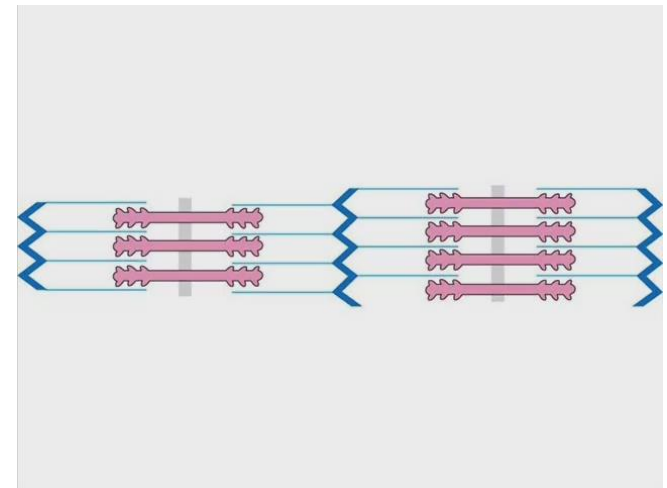
- **Ισχυρή Ώθηση (Power Stroke)**

- Τα παχέα νημάτια τραβούν τα λεπτά νημάτια – Ισχυρή Ώθηση (power stroke)
- ATP μεταφέρει ενέργεια στο σαρκομέριο
 - Αποσύνδεση νηματίων
 - Επόμενη ώθηση ή χαλάρωση



- **Αν δεν υπάρχει ATP;**

- Μεταθανάτια ακαμψία (Rigor Mortis)



Σύνδεση Διέγερσης-Σύσπασης (Excitation-Contraction Coupling)

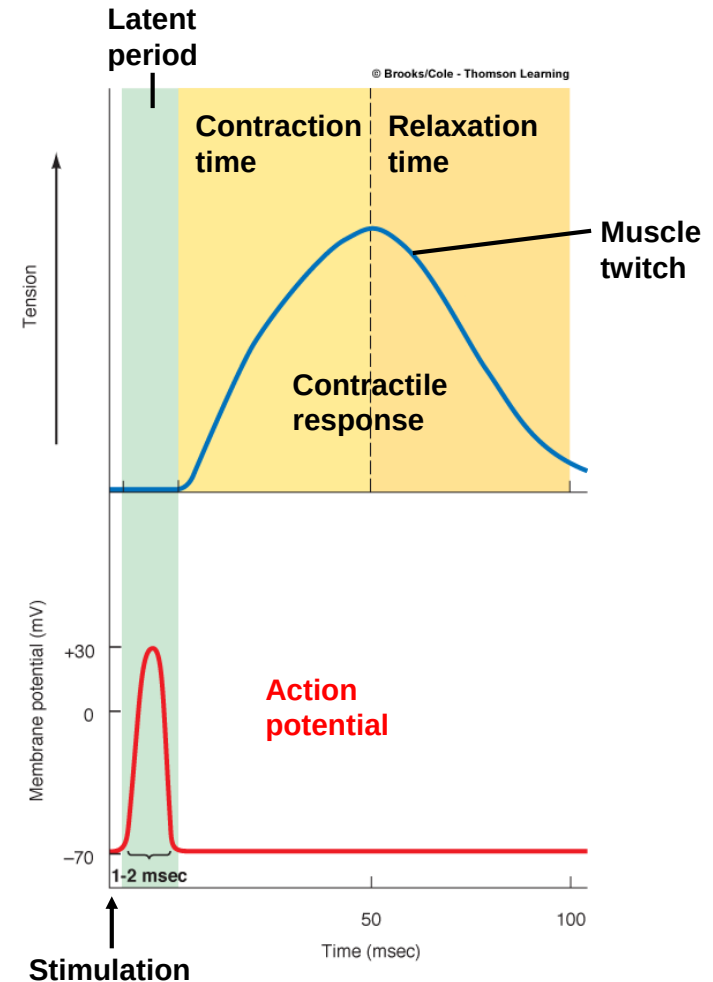


- **Συσταλτική δραστηριότητα**

- ΔΕ (1-2 msec)
- Σύσπαση (~ 50 msec)
- Χαλάρωση (~ 50 msec)

- **Σύσπαση - Συρρίκνωση μιας μυϊκής ίνας από ένα μόνο ΔΕ**

- Από μόνο δυναμικό ενεργείας → Σύντομη και ασθενής σύσπαση
- Πάρα πολύ σύντομη και πολύ αδύναμη για να είναι χρήσιμη
- Κατά κανόνα δεν παρουσιάζεται υπό φυσιολογικές συνθήκες στο σώμα



Σύνδεση Διέγερσης-Σύσπασης (Excitation-Contraction Coupling)



- **Άθροιση συσπάσεων**

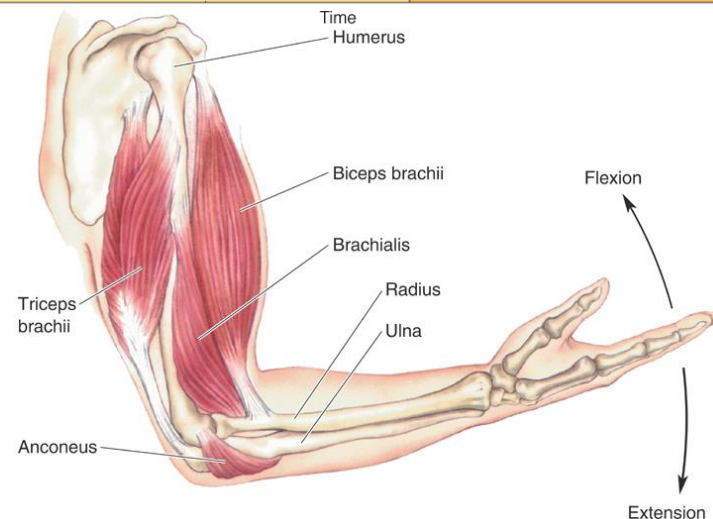
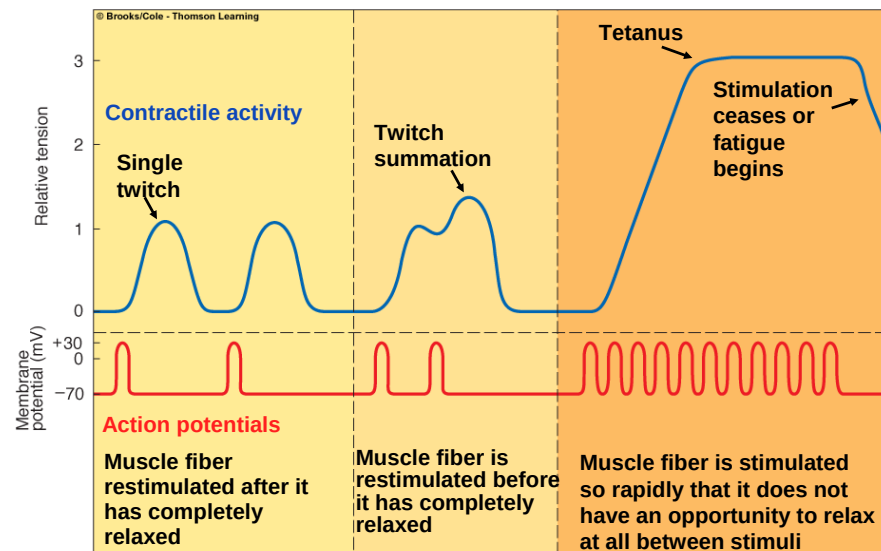
- Ξεχωριστές συσπάσεις μπορεί να προστεθούν
 - Πολλαπλά ΔΕ πριν τελειώσει η σύσπαση
- Η σύσπαση συνεχίζεται και αθροίζεται.

- **Μυϊκός Τέτανος (Tetanus)**

- Μυϊκές ίνες διεγείρονται τόσο γρήγορα που δεν προλαβαίνουν να χαλαρώσουν
- Σύσπαση 3-4x πιο δυνατή από μια μόνη σύσπαση
- Μην το μπερδέψετε με την ασθένεια!

- **Σύσπαση των μυών**

- Οι συσπάσεις ολόκληρων μυών μπορεί να είναι ποικίλης δύναμης
- Δύο παράγοντες μπορούν να ρυθμιστούν για να επιτευχθεί διαβάθμιση στη δύναμη
 - Η ένταση που αναπτύσσεται από κάθε ίνα που συσπάται
 - Ο αριθμός των μυϊκών ινών που συσπώνται παράλληλα μέσα σε ένα μυ





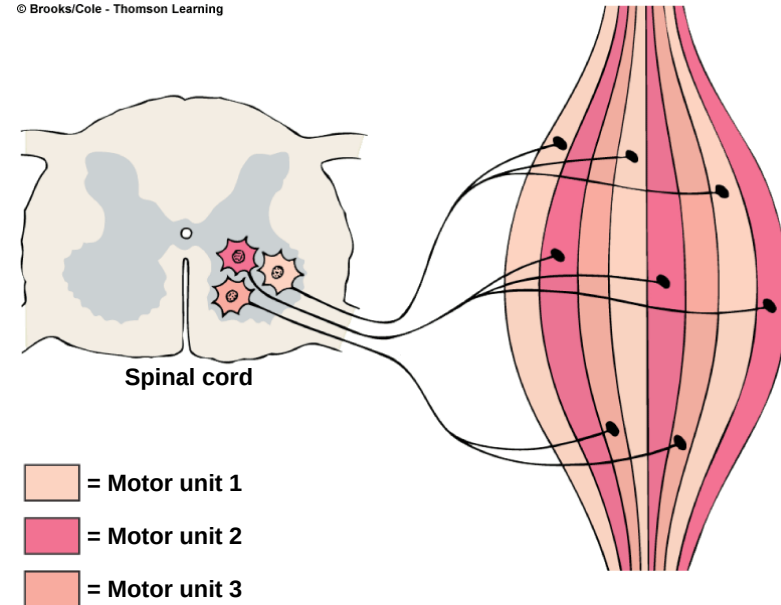
- **Κινητική Μονάδα**

- Ένας κινητικός νευρώνας και οι μυϊκές ίνες που εννερώνει
- Ο αριθμός των μυϊκών ινών ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων κινητικών μονάδων
- Αριθμός των μυϊκών ινών ανά κινητική μονάδα και ο αριθμός των κινητικών μονάδων ανά μυ ποικίλλουν επίσης
 - Μύες που παράγουν ακριβείς, λεπτές κινήσεις → λιγότερες ίνες ανά κινητική μονάδα
 - Μύες που εκτελούν ισχυρές, τραχείς κινήσεις → μεγαλύτερος αριθμός ινών ανά κινητική μονάδα

- **Επιστράτευση Κινητικών Μονάδων**

- Ασύγχρονη επιστράτευση των κινητικών μονάδων → καθυστέρηση ή πρόληψη της κόπωσης
- Οι μυϊκές ίνες που κοπώνονται πιο εύκολα επιστρατεύονται αργότερα
 - Μπορεί να συμμετέχουν σε δραστηριότητες αντοχής για μεγάλο χρονικό διάστημα, αλλά μπορούν να προσφέρουν πλήρη ένταση μόνο για σύντομες χρονικές περιόδους

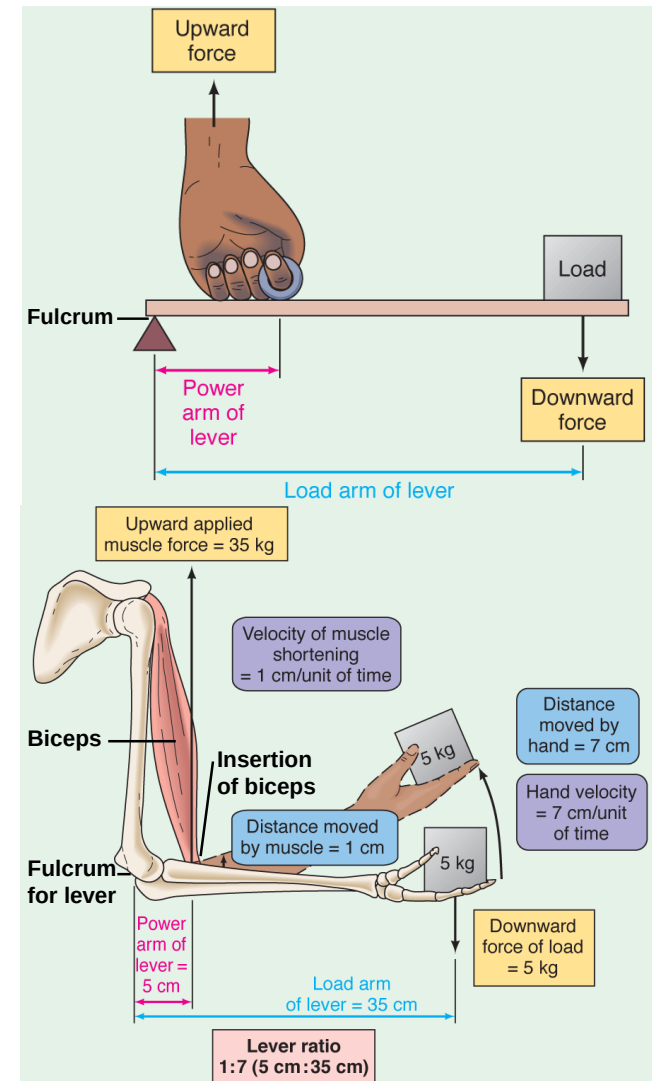
© Brooks/Cole - Thomson Learning





- **Συστήματα μοχλών**

- Οστά, μύες και αρθρώσεις αλληλεπιδρούν για να σχηματίσουν συστήματα μοχλών
 - Τα οστά λειτουργούν ως μοχλοί
 - Οι αρθρώσεις λειτουργούν ως υπομόχλια
 - Οι σκελετικοί μύες παρέχουν δύναμη και κινούν τα οστά
- Οι μύες συνήθως ασκούν περισσότερη δύναμη από ό, τι το πραγματικό βάρος του φορτίου!
 - Πλεονεκτήματα: μεγαλύτερη ταχύτητα, μεγαλύτερη απόσταση





- **Τύποι Μυϊκών Ινών**

- Κόκκινες μυϊκές ίνες
 - Περιέχουν περισσότερα μιτοχόνδρια και μυοσφαιρίνη και να αιματώνονται περισσότερο → κόκκινο κρέας
 - Αργή σύσπαση, μπορούν να διατηρήσουν τη σύσπαση παρατεταμένα
- Λευκές μυϊκές ίνες
 - Λίγα μιτοχόνδρια, αναερόβιος μεταβολισμός
 - Γρήγορη σύσπαση και κόπωση

- **Τύποι Κινητικών Μονάδων**

- Γρήγορες κινητικές μονάδες
 - Μεγαλύτερης διαμέτρου, ταχύτερης αγωγιμότητας νευρώνες
 - Λευκές ίνες (κόπωση σε σύντομο χρονικό διάστημα)
- Αργές κινητικές μονάδες
 - Μικρότερης διαμέτρου, πιο αργής αγωγιμότητας νευρώνες
 - Κόκκινες ίνες (αργή κόπωση)



Προσαρμογή & Επισκευή Μυών



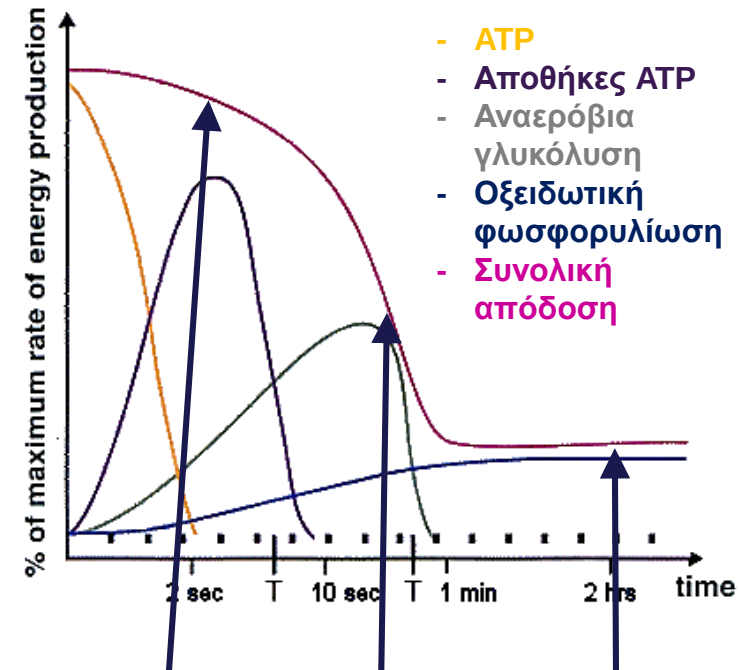
- **Οι μύες έχουν ψηλό βαθμό πλαστικότητας**
 - Βελτίωση της οξειδωτικής ικανότητας
 - Από τακτική αερόβια άσκηση
 - Τριχοειδή αγγεία και αύξηση των μιτοχονδρίων
 - Υπερτροφία
 - Από αναερόβια άσκηση υψηλής έντασης
 - Διάμετρος των μυϊκών ινών αυξάνεται (περισσότερη ακτίνη και μυοσίνη)
 - Κυρίως γρήγορες ίνες
 - Ατροφία
 - Ατροφία μη-χρήσης (π.χ. εξερεύνηση του διαστήματος)
 - Ατροφία απονεύρωσης (π.χ. παράλυση)
- **Οι μύες έχουν περιορισμένες ικανότητες επισκευής**
 - Δεν δημιουργείται καινούργιος μυς
- **Τεστοστερόνη και άλλα στεροειδή**
 - Αυξάνουν τη σύνθεση ακτίνης και μυοσίνης
 - Κατάχρηση στεροειδών



Μεταβολισμός των Σκελετικών Μυών



- **Σύσπαση – χαλάρωση απαιτούν ATP**
- **Πηγές Ενέργειας για τη σύσπαση**
 - Αποθηκευμένο ATP
 - Μικρής διάρκειας ή εκρηκτική άσκηση (~ 12,5 kcal)
 - Π.χ. δρόμος 100 μέτρων ή άρση βαρών
 - Γλυκόλυση σε αναερόβιες συνθήκες
 - Διάσπαση γλυκόζης χωρίς οξυγόνο (~ 20 kcal)
 - Εξάντληση ενέργειας και $\downarrow$ pH $\rightarrow$ πόνος και κόπωση των μυών
 - Π.χ. δρόμος 200 μέτρων
 - Οξειδωτική φωσφορυλίωση
 - Αερόβια άσκηση ή άσκηση αντοχής (Μόνο εάν υπάρχει επαρκές O_2)
 - Π.χ. μαραθώνιος
 - Χρησιμοποιεί γλυκόζη ή λιπαρά οξέα
 - Γλυκόζη στους μύες (Περιορισμένη. ~ 150g ή 600 kcal - Οι αθλητές έχουν περισσότερη. 2000 kcal οι δρομείς μαραθωνίου)
 - Γλυκόζη του ήπατος (Περιορισμένη. ~ 80 - 200g ή 320-800 kcal)
 - Λιπαρά οξέα (Πολλά! ~ 15kg ή 135.000 kcal)



Κόπωση (Fatigue)



- **Η μυϊκή δραστηριότητα δεν μπορεί να διατηρηθεί επ 'αόριστον → Κόπωση**
- **Μυϊκή κόπωση**
 - Εμφανίζεται κατά την άσκηση όταν οι μύες δεν μπορούν πλέον να ανταποκριθούν σε κάθε διέγερση με το ίδιο βαθμό συσταλτικής δραστηριότητας
 - Μηχανισμός άμυνας που προστατεύει από το να φτάσουν οι μύες στο σημείο όπου να μην μπορούν πλέον να παράγουν ATP
- **Κεντρική Κόπωση**
 - Εμφανίζεται όταν το ΚΝΣ δεν ενεργοποιεί πλέον επαρκώς τους κινητικούς
 - νευρώνες των ασκούμενων μυών
 - Συχνά ψυχολογική βάση: Δυσφορία, πλήξη ή κούραση
 - Οι μηχανισμών που εμπλέκονται στην κεντρική κόπωση είναι ελάχιστα κατανοητοί
- **Ανάκτηση**
 - Υπερκατανάλωση O_2 μετά την άσκηση βοηθά
 - Αναπλήρωση θρεπτικών ουσιών και ηλεκτρολυτών (1-2 ημέρες μετά από ένα μαραθώνιο)



Έλεγχος της Κίνησης



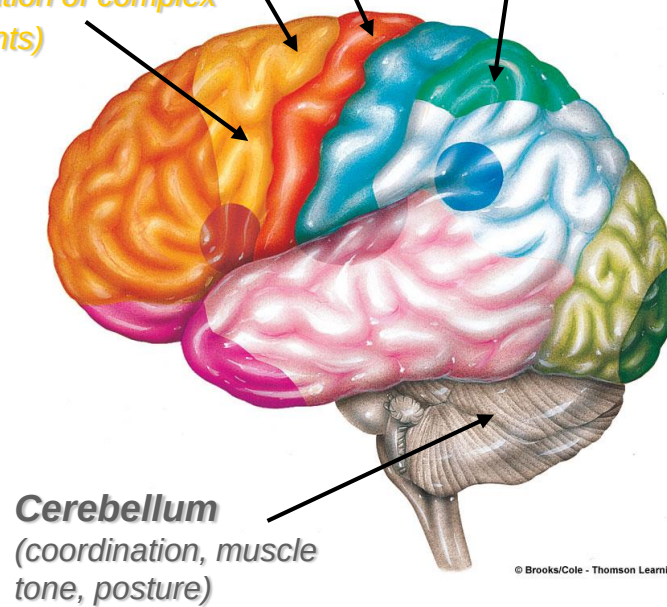
- Ο κινητικός φλοιός από μόνος του δεν προκαλεί κίνηση
- **Μετωπιαίος Λοβός (Προμετωπιαίος) → Στρατηγική**
 - Με εισόδους από τον βρεγματικό (parietal) λοβό (χάρτης του σώματος και του κόσμου)
- **Προκινητικός και Συμπληρωματικός Κινητικός Φλοιός → Προγραμματισμός**
 - Δραστηριοποιείται πριν την κίνηση
- **Πρωτοταγής Κινητικός Φλοιός → Εκτέλεση**
 - Ελέγχει την κίνηση στην αντίθετη πλευρά του σώματος
 - Περιοχές του σώματος χαρτογραφούνται τοπογραφικά

Primary motor cortex
(Voluntary movement)

Supplementary motor area
(programming of complex movement)

Premotor cortex
(coordination of complex movements)

Posterior parietal cortex
(integration of somatosensory and visual input)



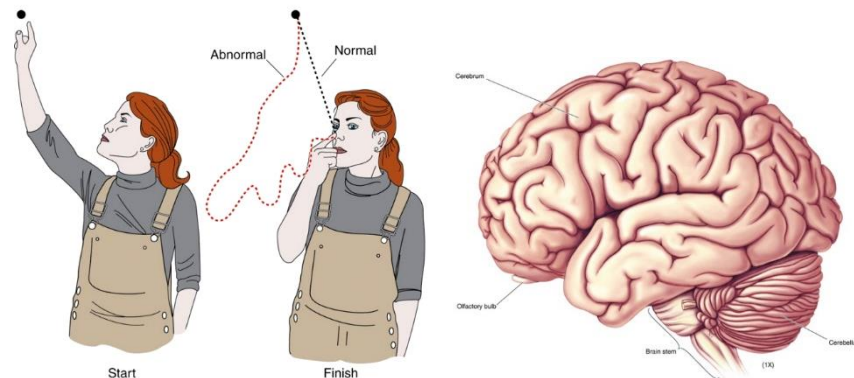
© Brooks/Cole - Thomson Learning

Έλεγχος της Κίνησης



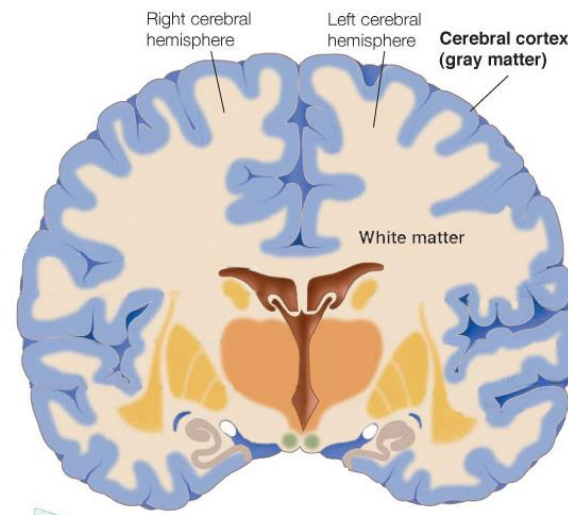
• Παρεγκεφαλίδα → Συντονισμός

- Ισορροπία (Balance)
- Συντονισμό της εθελούσιας κίνησης
- Διαδικαστική μνήμη (π.χ. κινητικές δεξιότητες που αποκτήθηκαν μέσω επαναλαμβανόμενης εξάσκησης)
- Ασθένειες της Παρεγκεφαλίδας = Προθετικός τρομός (κατά την διάρκεια της κίνησης)



• Βασικά Γάγγλια → Αρχικοποίηση και διόρθωση

- Επιλέγουν και συντηρούν σωστή κίνηση και ταυτόχρονα καταστέλλουν ανεπιθύμητες κινήσεις
- Ελέγχουν και συντονίζουν αργές και συνεχείς συσπάσεις
 - Ιδιαίτερα αυτές που έχουν να κάνουν με στάση και στήριγμα του σώματος
- Νόσος του Parkinson
 - Αυξημένος μυϊκός τόνος ή ακαμψία
 - Τρόμος (κατά την στάση)
 - Βραδύτητα στην έναρξη και διεξαγωγή κινητικών συμπεριφορών



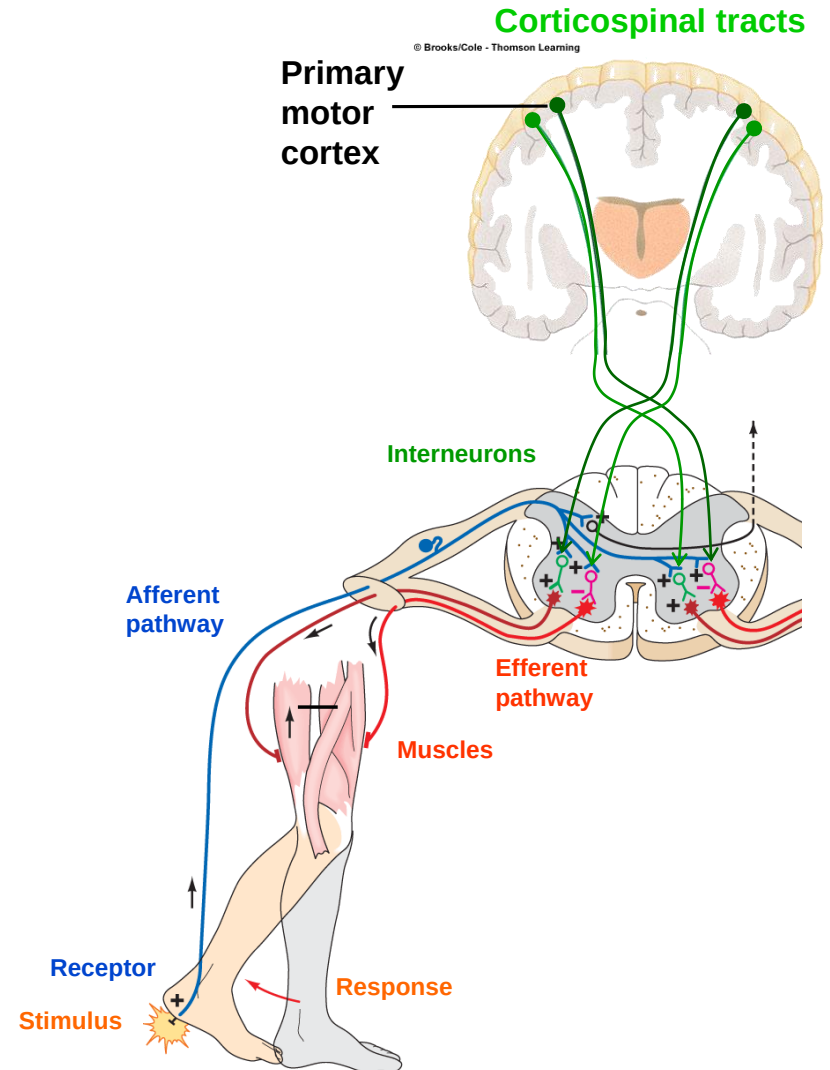


- **Απαγωγές οδοί**

- Πρωτοταγής κινητικός φλοιός → άνω κινητικοί νευρώνες → στέλεχος (περνούν στην άλλη πλευρά) → νωτιαίος μυελός → κάτω κινητικοί νευρώνες

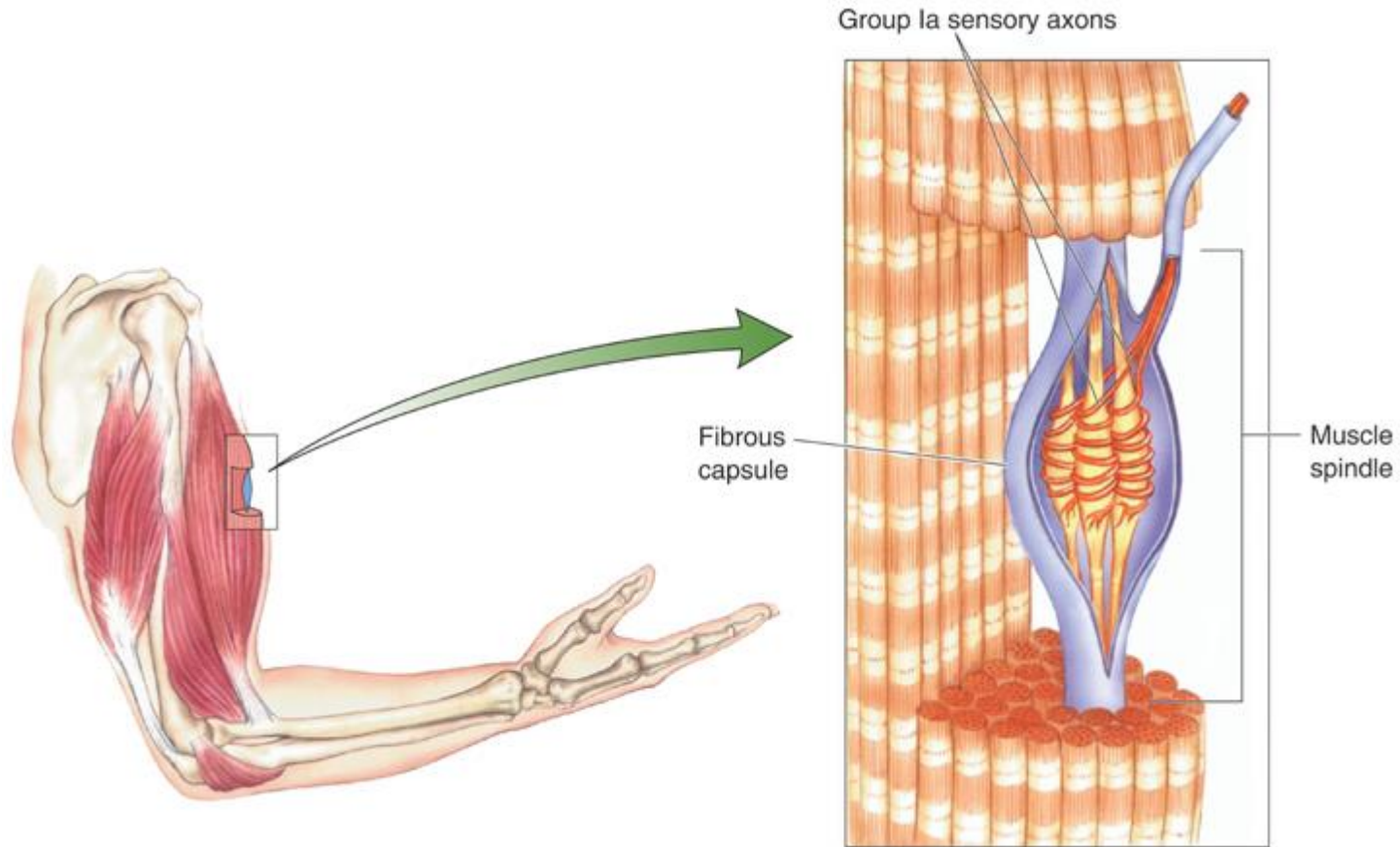
- **Είσοδοι κάτω κινητικών νευρώνων**

- Από τους άνω κινητικούς νευρώνες (πρωτοταγής κινητικός φλοιός)
 - Υπεύθυνοι για εθελούσια κίνηση
- Από προσαγωγούς νευρώνες
 - Συνήθως μέσω διαμέσων νευρώνων
 - Υπεύθυνοι για τα αντανακλαστικά (π.χ. απόσυρση)





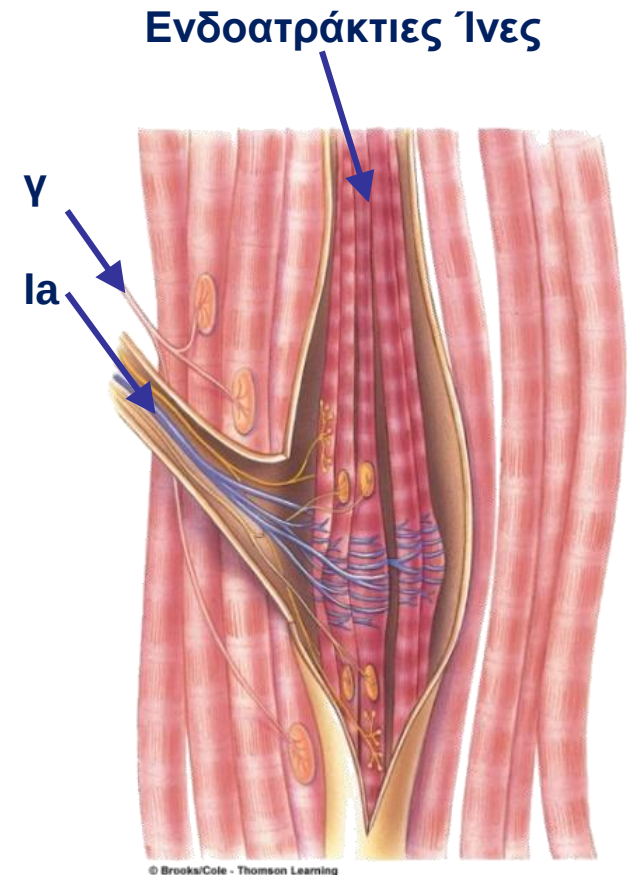
- **Αισθητήρια ανάδραση από τους μύες**
 - Ιδιοδεκτικότητα (Proprioception)





- **Νευρομυϊκές άτρακτοι (Muscle Spindles)**

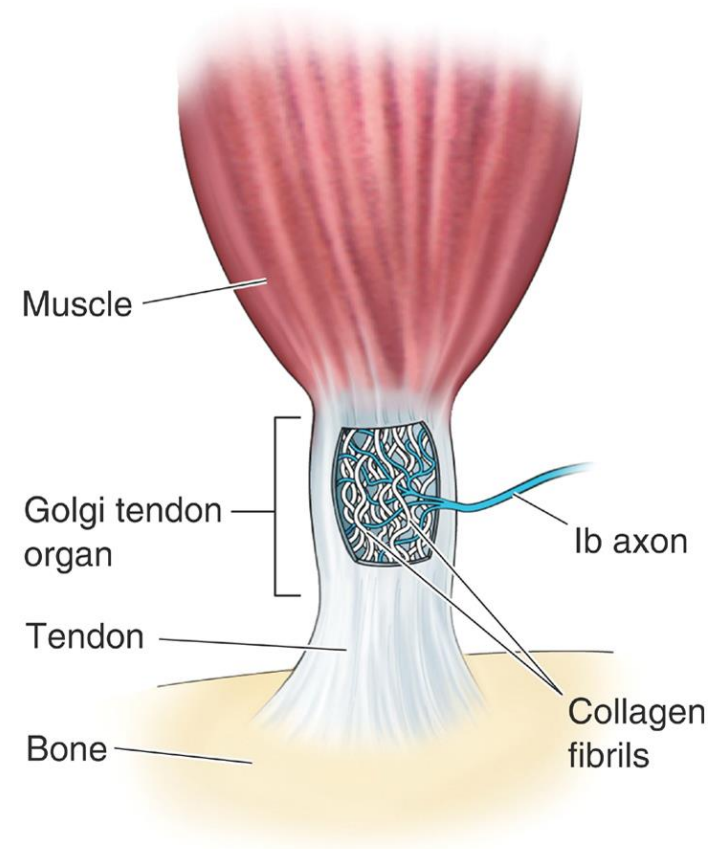
- Μια ομάδα από εξειδικευμένες μυϊκές ίνες = ενδοατράκτιες ίνες (intrafusal fibers)
 - Μέσα σε ένα περίβλημα συνδετικού ιστού που μοιάζει με άτρακτο, παράλληλα με τις εξωατράκτιες ίνες
- Παράλληλα με τον μυ
- Ελέγχουν το μήκος του μυός
- Κάθε άτρακτος έχει τη δική της εννεύρωση
 - Προσαγωγοί (Afferent - Ia)
 - Αισθητήρες διαμέτρου
 - Απαγωγοί (Efferent)
 - γ κινητικοί νευρώνες
 - Συγχρονισμένη σύσπαση με το μυ





- **Τενόντιο Όργανο του Gogli (Gogli Tendon Organ)**

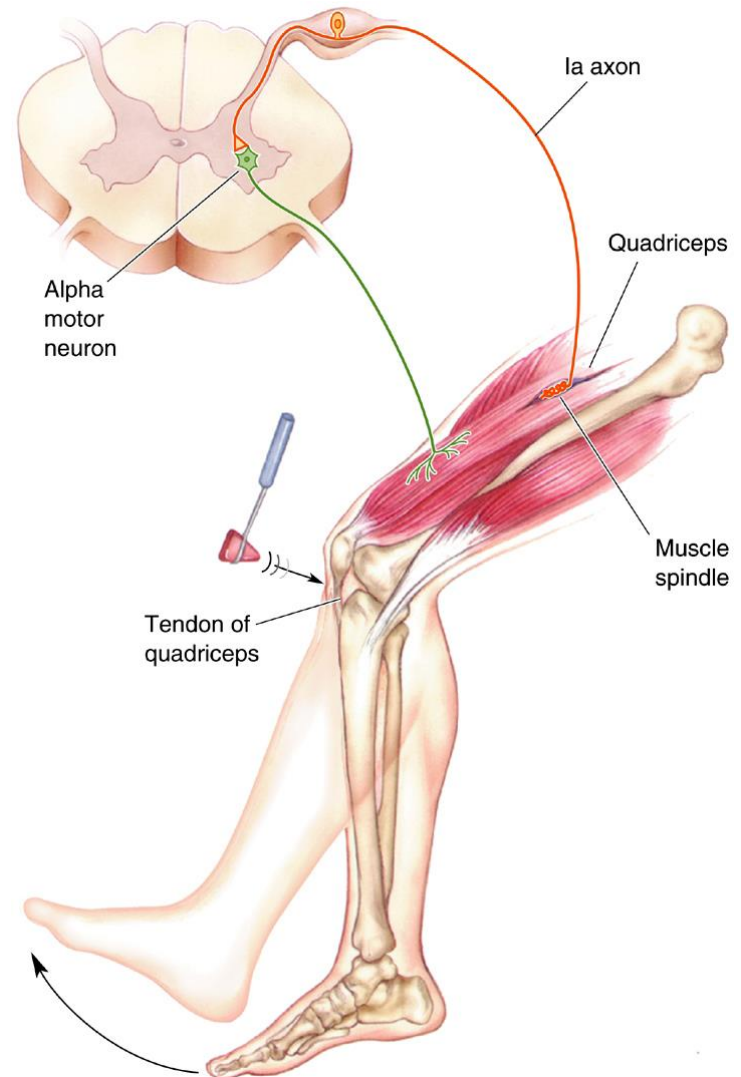
- Σε σειρά με τον μυ
 - Εξειδικευμένοι νευρώνες ενσωματωμένοι στους τένοντες (Ib)
- Ανάδραση σχετικά με την ολική τάση (tension) του μυός
 - Ενσωματώνει όλους του παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την τάση
- Τάνυση του τένοντα ασκεί πίεση στις απολήξεις των νευρώνων
 - Αυξάνεται ο ρυθμός των ΔΕ
 - Αντίστροφο μυοτακτικό αντανακλαστικό
- Πληροφορίες φτάνουν μέχρι και την ενσυνείδητη επίγνωση (conscious awareness)
 - Αισθανόμαστε την τάση (αλλά όχι το μήκος) στους μύες





- **Μυοτακτικό
αντανακλαστικό
(Myotatic Reflex)**

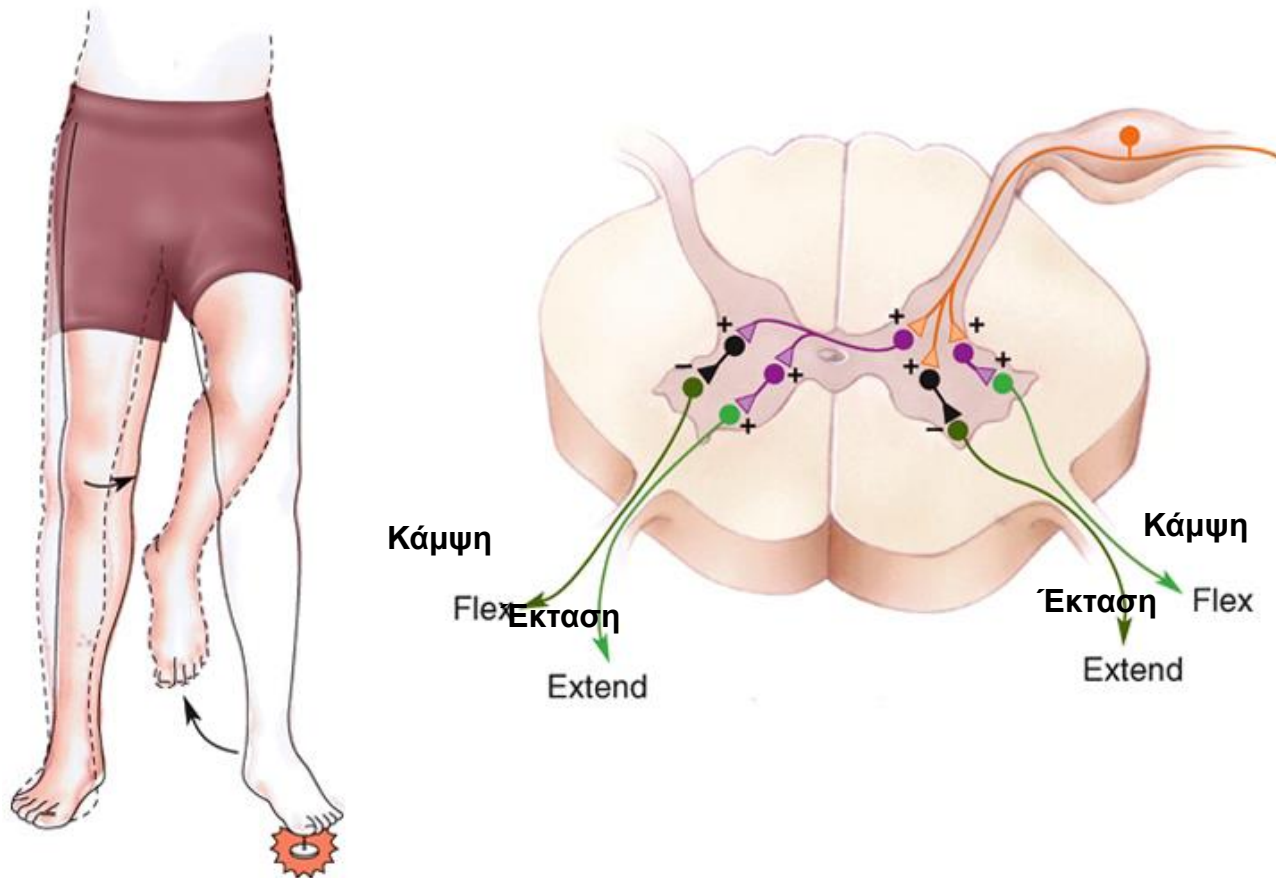
- Τάνυση του μυός → Ο μυς τείνει να επανέλθει στο προηγούμενο μήκος
- Βρόγχος ανάδρασης
- Ο ρυθμός πυροδότησης ΔΕ του αισθητήριου νεύρου είναι ανάλογος του μήκους του μυός
- Μονοσυναπτικό (Monosynaptic)
- Παράδειγμα
 - Αντανακλαστική εκτίναξη του ποδιού (knee-jerk reflex)



Έλεγχος της Κίνησης



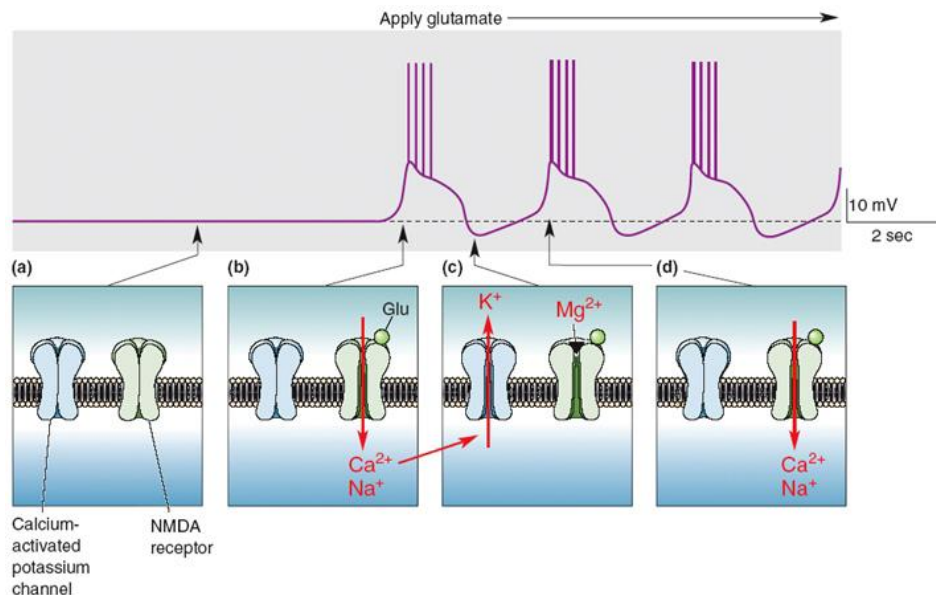
- Πιο πολύπλοκα αντανακλαστικά



Έλεγχος της Κίνησης



- **Γιατί τα αποκεφαλισμένα κοτόπουλα συνεχίζουν να τρέχουν;**
 - Σε κάποιο βαθμό τρέχουν και οι αποκεφαλισμένες γάτες
- **Πρόγραμμα για βάδισμα από τον Νωτιαίο Μυελό (Spinal Motor Programs for Walking)**



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!



... και όπως βλέπετε, με απλά
λόγια, το σύστημα ...

