



Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις

Διάλεξη 13
Σωματοαισθητικό Σύστημα
(Somatosensory System)

Σωματικές Αισθήσεις (Somatic Sensation)



- Επιτρέπει στο σώμα να αισθάνεται, να πονάει, κλπ.
- Ευαίσθητες σε ερεθίσματα
- Ο λόγος που νοιώθουμε αφή, πόνο και θερμότητα
- Το σωματοαισθητικό σύστημα είναι διαφορετικό από άλλα
 - Αισθητήρες κατανεμημένοι παντού
 - Αντιδρούν σε διαφορετικά ερεθίσματα



Αφή (Touch)



- **Τύπο και στρώματα του δέρματος**

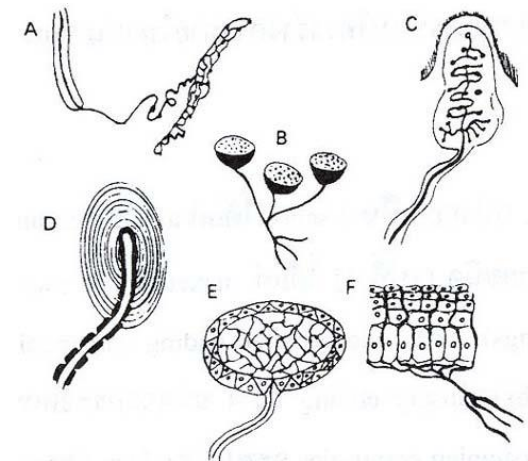
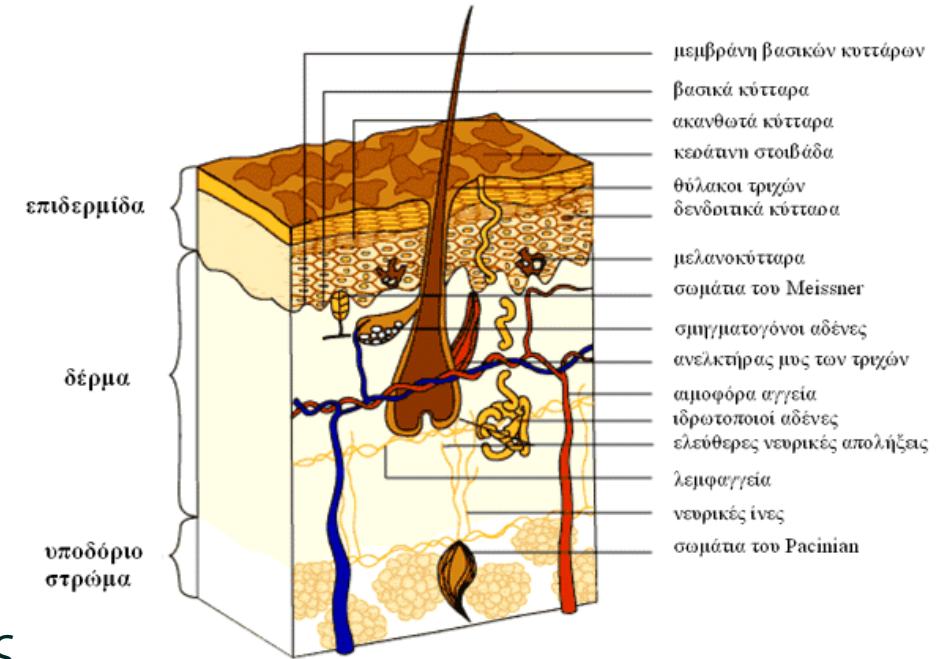
- Με ή χωρίς τριχοφυΐα
- Επιδερμίδα (Epidermis)
- Δέρμα (dermis)

- **Λειτουργίες του Δέρματος**

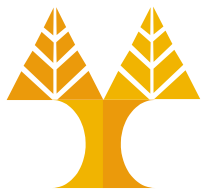
- Προστασία
- Αποτρέπει εξάτμιση των υγρών του σώματος
- Επιτρέπει επαφή με τον έξω κόσμο

- **Μηχανοαισθητήρες (Mechanoreceptors)**

- Ευαισθησία: 0.006 mm ύψος x 0.04 mm πλάτος
- Οι περισσότεροι αισθητήρες του σωματοαισθητικού συστήματος
- Τύποι
 - Σωμάτια (corpuscles) Pacinian (D)
 - Τελικό Όργανο (endings) του Ruffini (A)
 - Σωμάτια (corpuscles) του Meissner (C)
 - Δίσκοι (disks) του Merkel (B)
 - Τελικοί βολβοί (end bulbs) Krause (E)
 - Γυμνή απόληξη (nerve ending) (F)

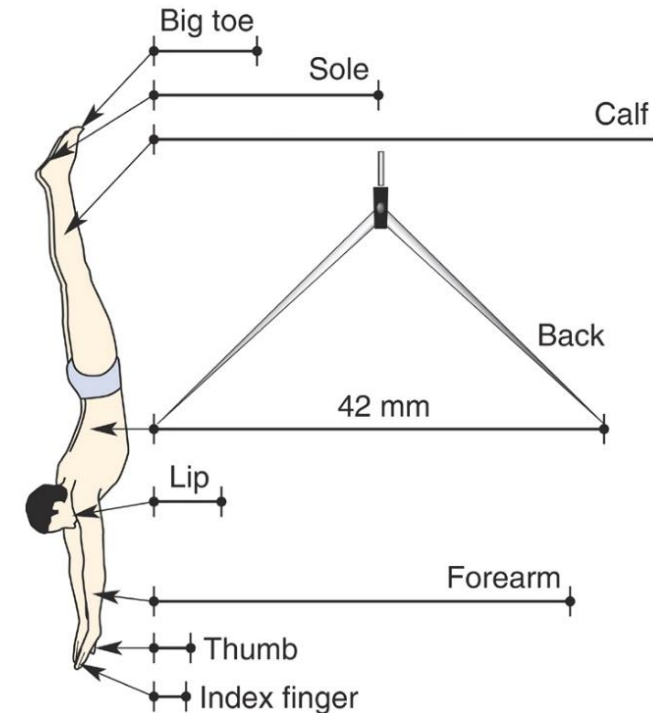
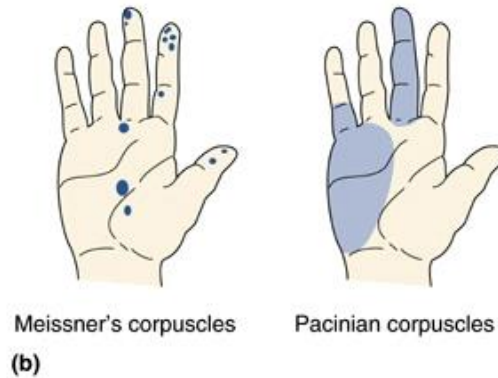
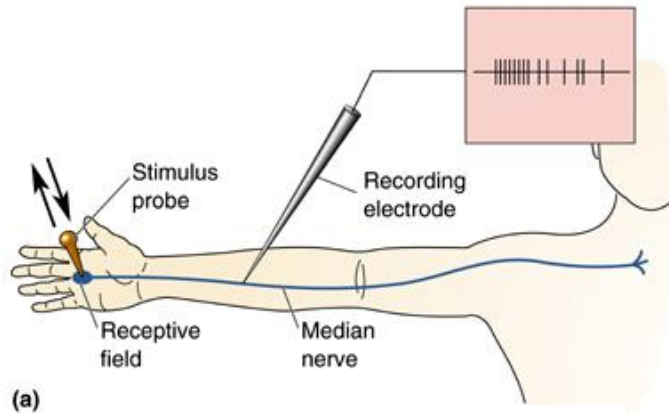


Αφή (Touch)

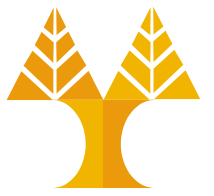


- **Χαρακτηριστικά των μηχανοαισθητήρων**

- Υποδεκτικά Πεδία (Receptive Fields)
- Διάκριση δύο σημείων (Two-point discrimination)
 - Χωρική ευκρίνεια (spatial resolution)
 - Δείχνει πόσο σημαντικά είναι κάποια μέρη στην αφή

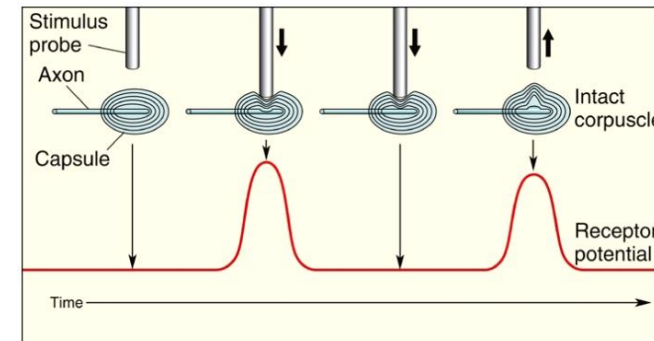
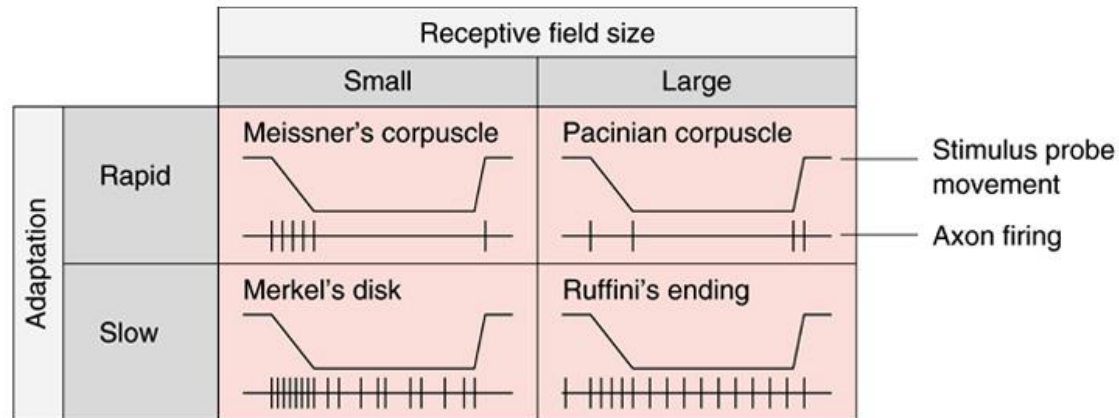


Αφή (Touch)

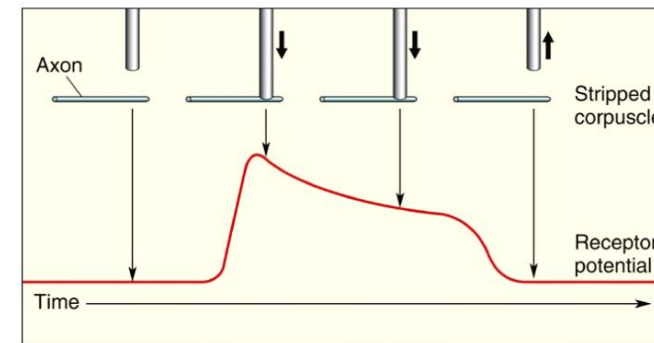


- **Χαρακτηριστικά των μηχανοαισθητήρων**

- Προσαρμογή (Adaptation)
 - Ο ρόλος του σωμάτιου (μοιάζει με κρεμμύδι)

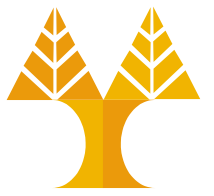


(a)



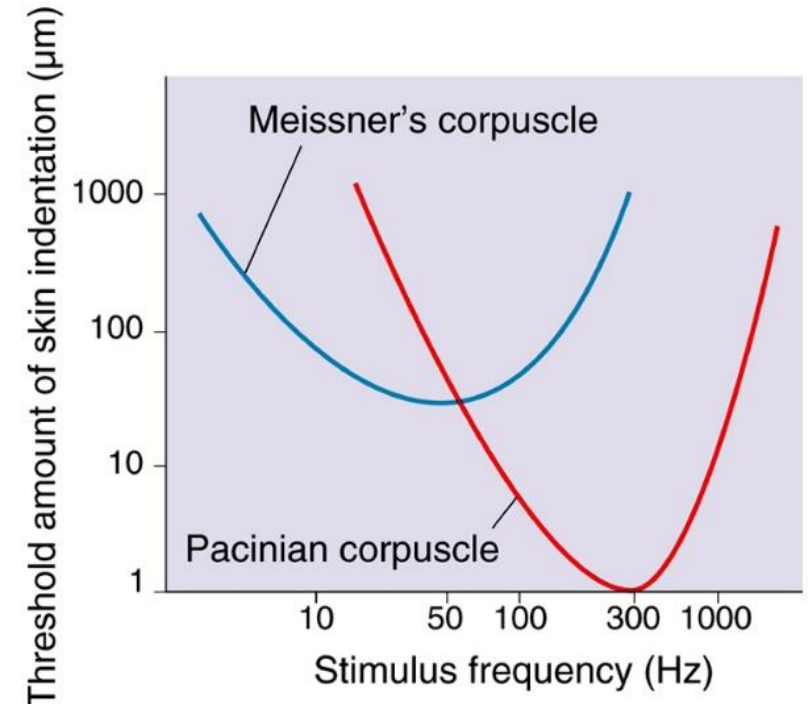
(b)

Αφή (Touch)

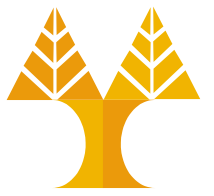


- **Χαρακτηριστικά των μηχανοαισθητήρων**

- Απόκριση στην κίνηση
 - Τρίχωμα
 - Ευαίσθητο στην κίνηση
 - Εξαιρετικά ευαίσθητο σε κάποια ζώα
- Απόκριση στη συχνότητα της δόνησης
 - Ψηλές συχνότητες
 - Pacinian corpuscles
 - Χαμηλές Συχνότητες
 - Meissner's corpuscles
 - Ruffini's endings

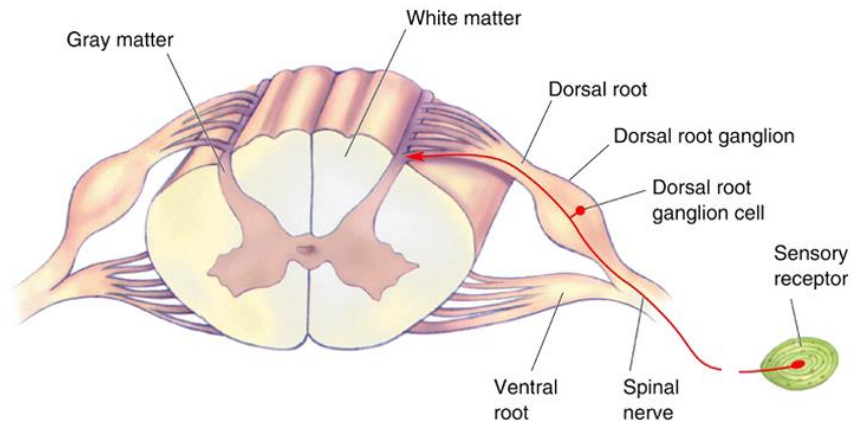


Αφή (Touch)



• Κύριοι Προσαγωγοί (Afferent) Άξονες

- Aa, Ab, Ad, C
- C άξονες μεταφέρουν αίσθηση του πόνου και θερμότητας
- Ab μεταφέρουν μηχανικές αισθήσεις



Axons from skin	Aα	Aβ	Aδ	C
Axons from muscles	Group I	II	III	IV
Diameter (μm)	13–20	6–12	1–5	0.2–1.5
Speed (m/sec)	80–120	35–75	5–30	0.5–2
Sensory receptors	Proprioceptors of skeletal muscle	Mechanoreceptors of skin	Pain, temperature	Temperature, pain, itch
	Ιδιοδεκτικότητα	Μηχανο-αισθητήρες	Πόνος, θερμοκρασία	Πόνος, θερμοκρασία, Φαγούρα

Αφή (Touch)

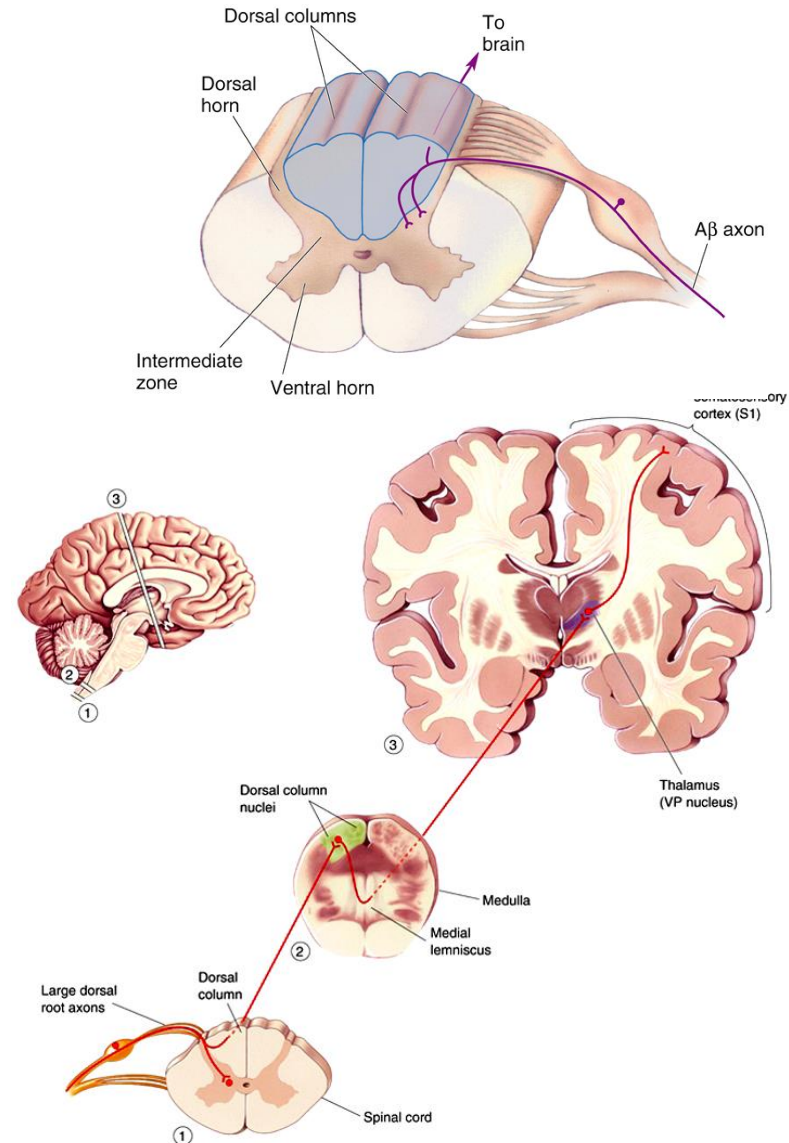


- **Νωτιαίος Μυελός (Spinal cord)**

- Οργάνωση
 - Μέρος της φαιάς ουσίας του μυελού
 - Ραχιαίο κέρατο (Dorsal horn)
 - Ραχιαίες Στήλες (Dorsal Columns)

- **Ανιούσες Οδοί (Ascending Pathways) Αφής**

- Νωτιαίος Μυελός (Ραχιαίες Στήλες)
- Στέλεχος (Μέσος Λημνίσκος)
- Θάλαμος – (Έσω Ραχιαίος Πυρήνας - ventral posterior nucleus)
- Πρωτοταγής Σωματοαισθητικός Φλοιός (primary somatosensory cortex)

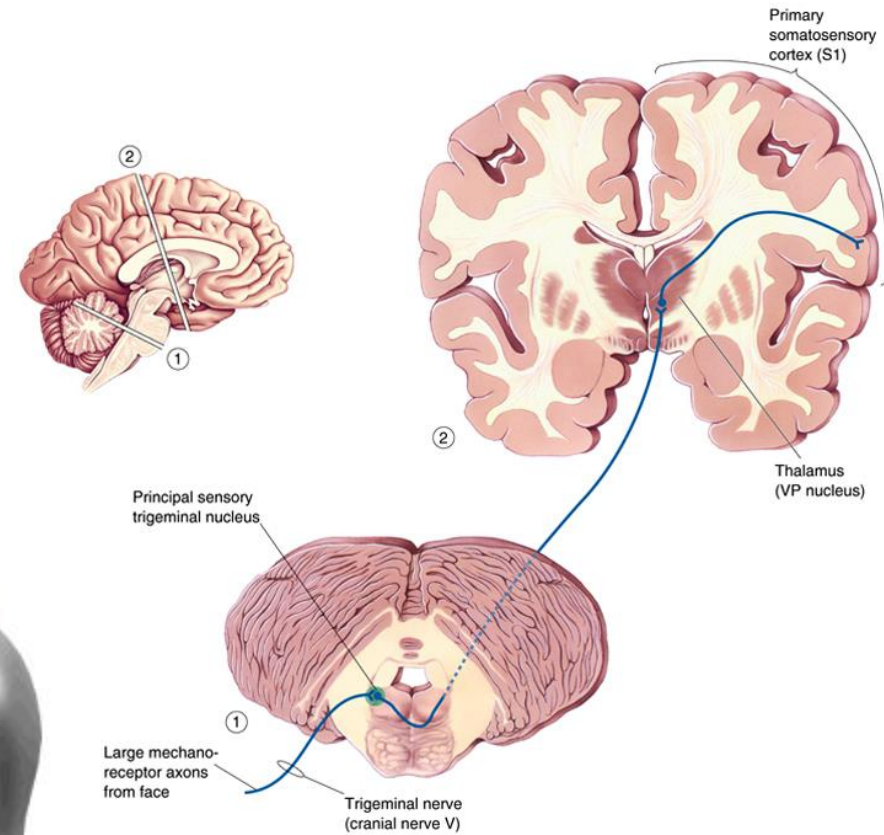
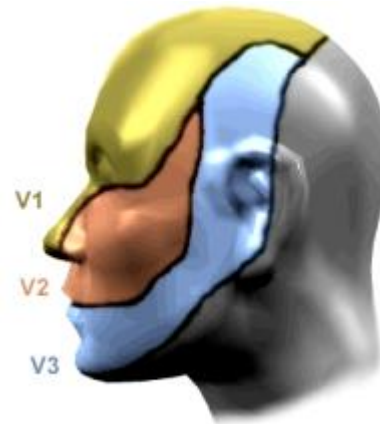
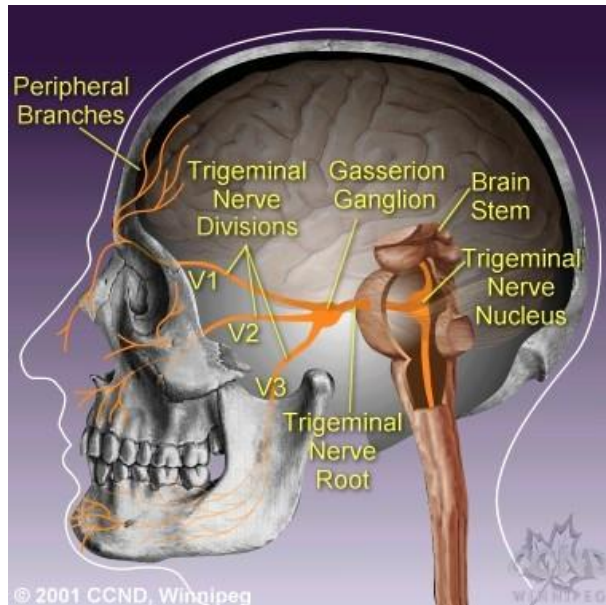


Αφή (Touch)



- Η Τρίδυμη (Trigeminal) Οδός

- Τρίδυμα (Trigeminal) νεύρα
 - Κρανιακά νεύρα

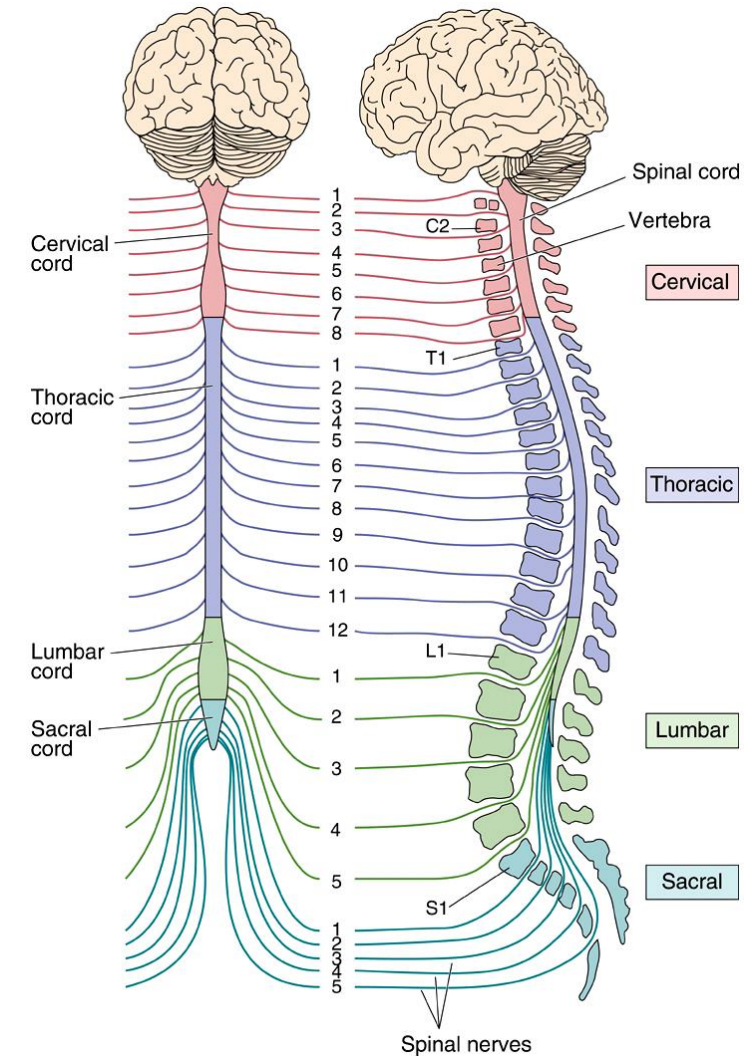


Αφή (Touch)

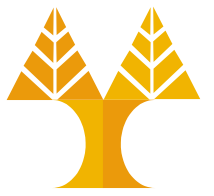


- **Νωτιαίος Μυελός (Spinal cord)**

- Νωτιαία νεύρα (31) σε πέντε υποδιαίρέσεις
- Οργάνωση του Νωτιαίου Μυελού
 - Υποδιαίρέσεις
 - Αυχαινικά - Cervical (C)
 - Θωρακικά - Thoracic (T)
 - Ισχιακά - Lumbar (L)
 - Ιερά - Sacral (S)
 - Κοκκυγικά - coccygeal

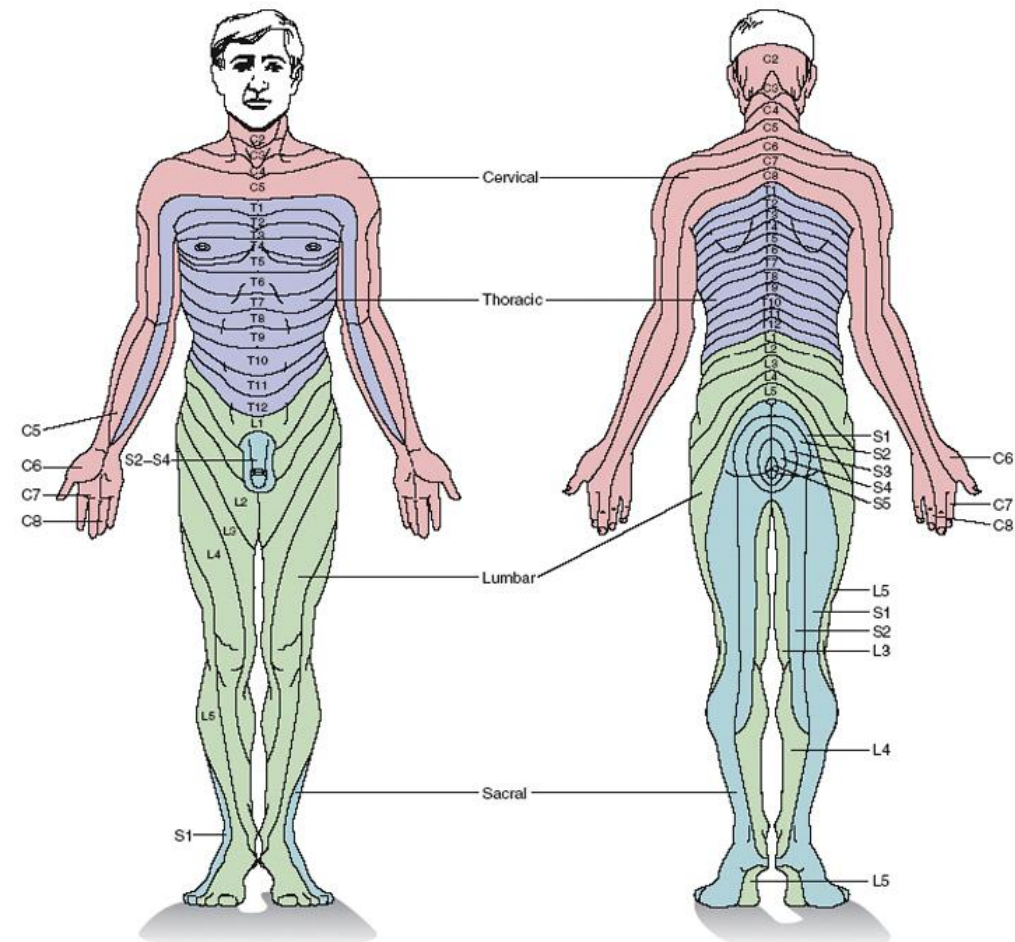
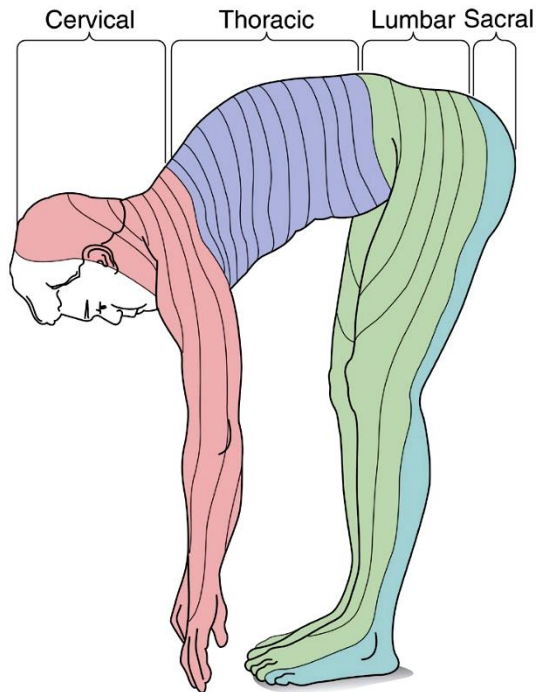


Αφή (Touch)



- **Νωτιαίος Μυελός (Spinal cord)**

- Δερμοτόμια (Dermatomes) αναλογούν 1-προς-1 με τμήματα του δέρματος
 - Έρπης ζωστήρας Shingles



Αφή (Touch)

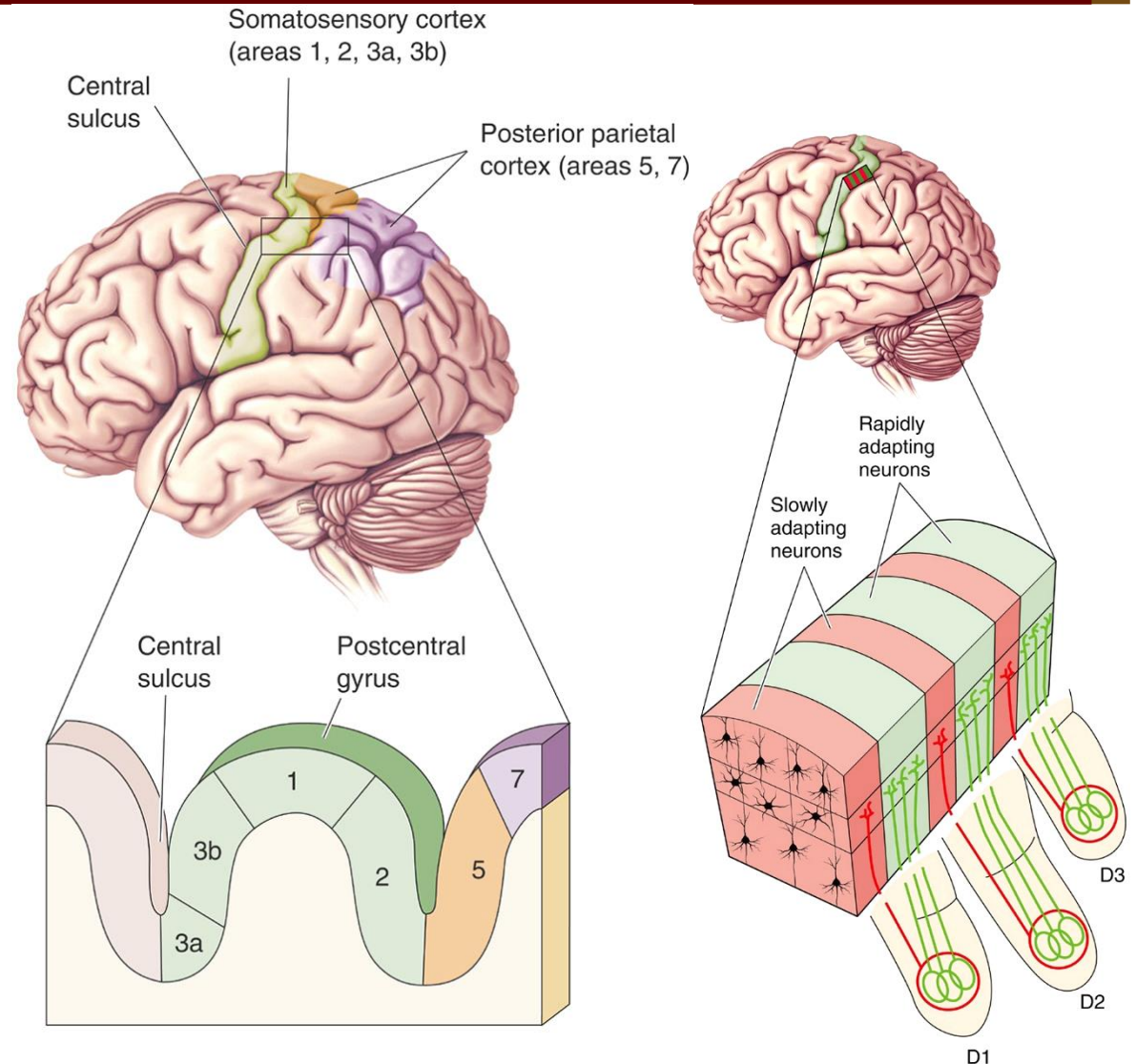


- **Σωματοαισθητικός Φλοιός**

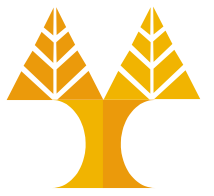
- Πρωτοταγής (Primary)
- Άλλες περιοχές
 - Οπίσθιος Βρεγματικός Φλοιός (Posterior Parietal Cortex)

- **Πρωτοταγής Σωματοσιασθητικός Φλοιός (Primary somatosensory cortex)**

- Λαμβάνει πολλές πληροφορίες από τον θάλαμο
- Νευρώνες αντιδρούν σε ερεθίσματα
- Τραύματα εξαλείφουν σωματικές αισθήσεις
- Ηλεκτρικά ερεθίσματα προκαλούν το αίσθημα της αίσθησης

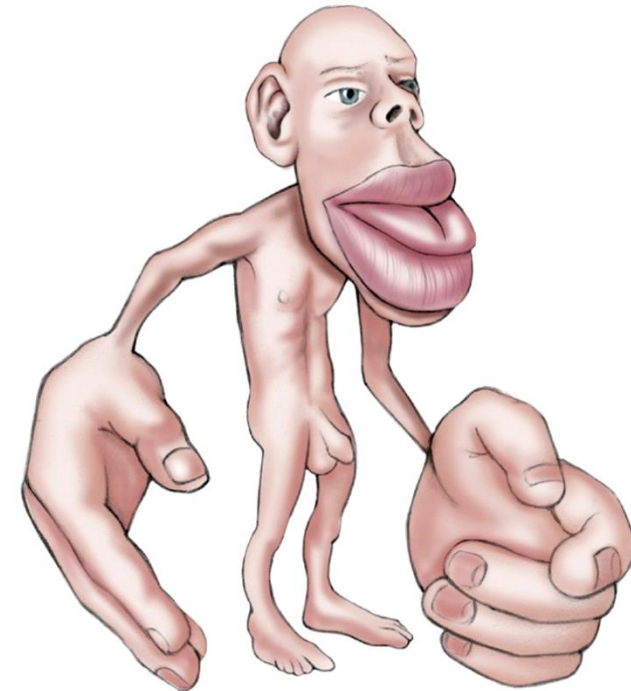
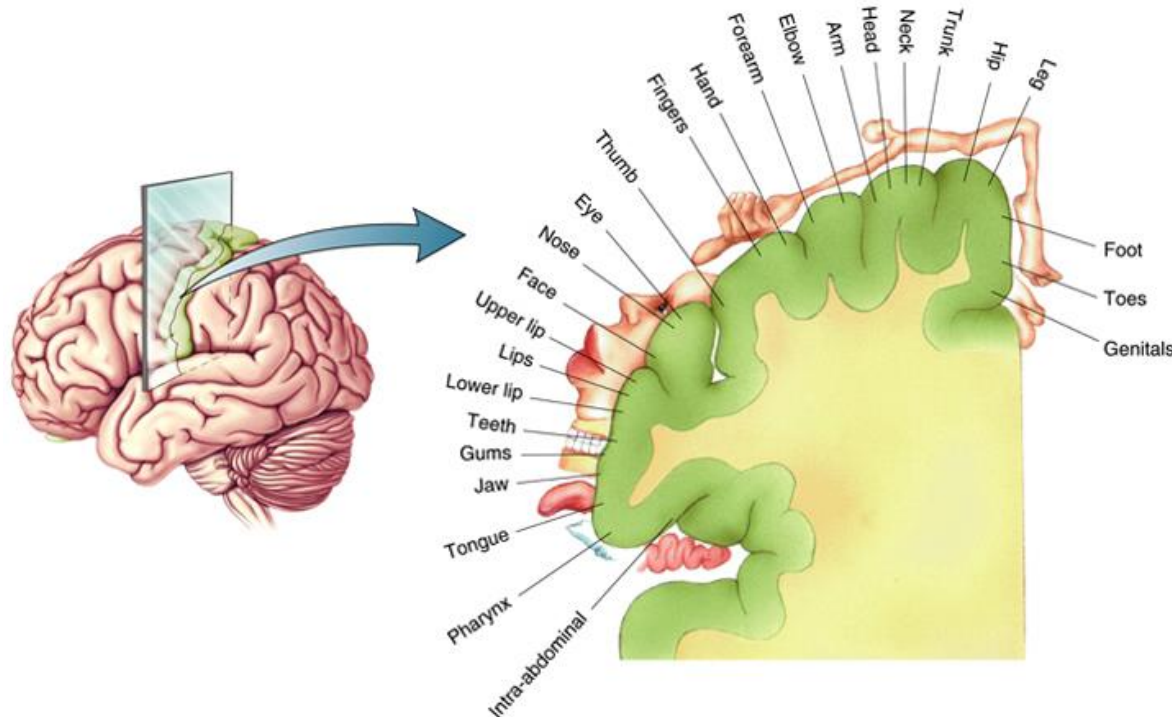


Αφή (Touch)



- **Σωματοαισθητικός Φλοιός**

- Σωματοτοπία (Somatotopia)
 - Homunculus
 - Σημασία του στόματος
 - Αίσθηση της αφής είναι σημαντική για την ομιλία
 - Το χείλη και η γλώσσα είναι το τελευταίο αμυντικό προπύργιο

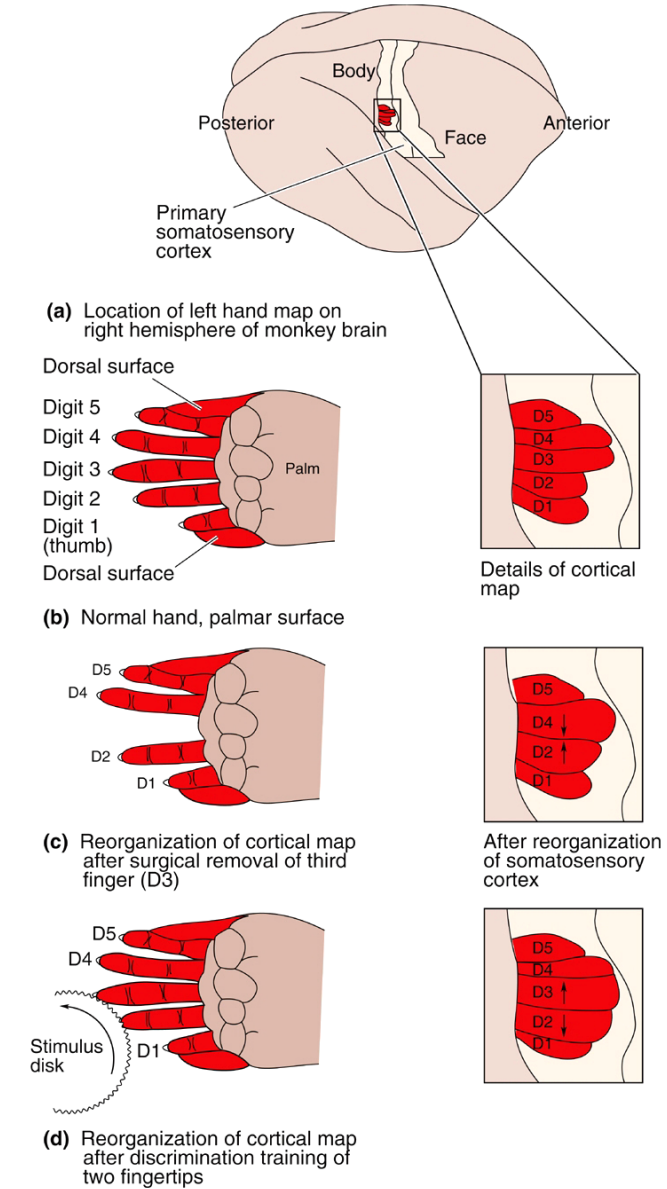


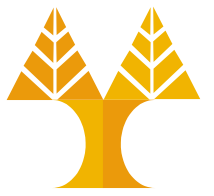
Αφή (Touch)



- **Σωματοαισθητικός Φλοιός**

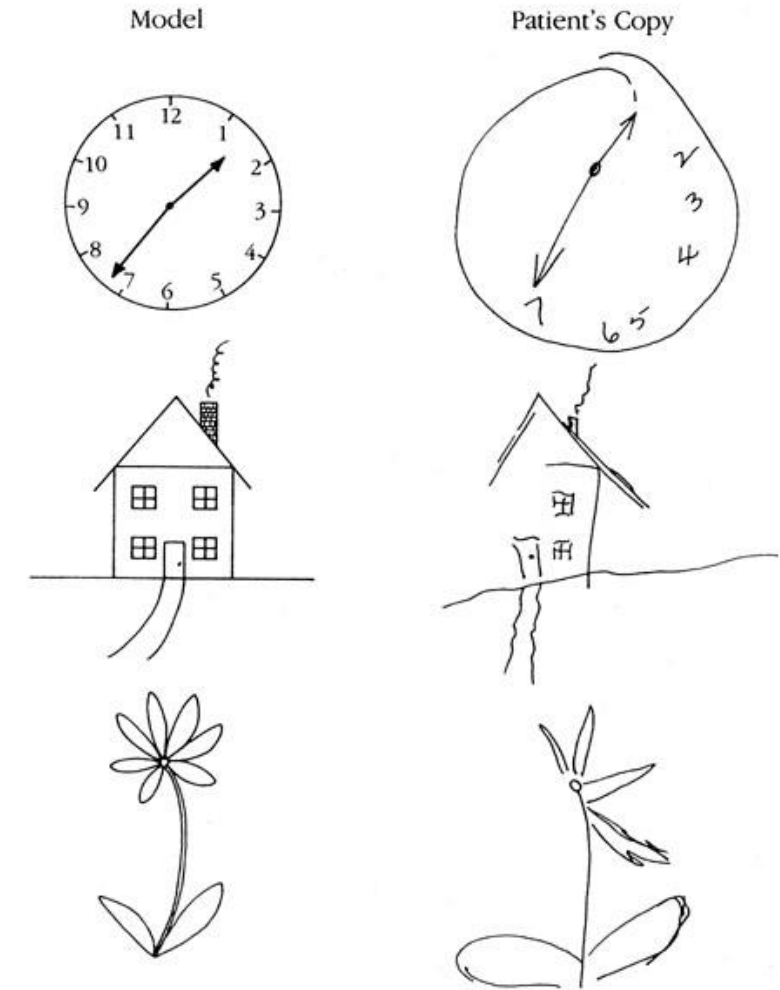
- Ο χάρτης του φλοιού διαθέτει κάποια πλαστικότητα (plasticity)
- Πείραμα: Αφαίρεσε ή ερέθισε υπερβολικά κάποιο δάκτυλο και παρατήρησε τον σωματοτοπικό χάρτη πριν και μετά
 - Αναδιοργάνωση των περιοχών
 - Δυναμική
 - Αλλάζει ανάλογα με τις αισθητικές εμπειρίες



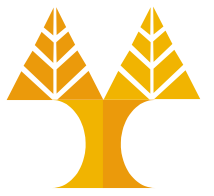


- **Σωματοαισθητικός Φλοιός**

- Οπίσθιος Βρεγματικός Φλοιός (Posterior Parietal Cortex)
 - Δέχεται σωματικές και οπτικές αισθήσεις και βοηθά στο προγραμματισμό της κίνησης και διαμόρφωσης της εικόνας του σώματος και του χώρου
- Αγνωσία (Agnosia)
- Στερεοαγνωσία (Astereognosia)
- Σύνδρομο αμέλειας (Neglect syndrome)



Πόνος (Pain)



- **Βλαβοϋποδοχείς (Nociceptors)**

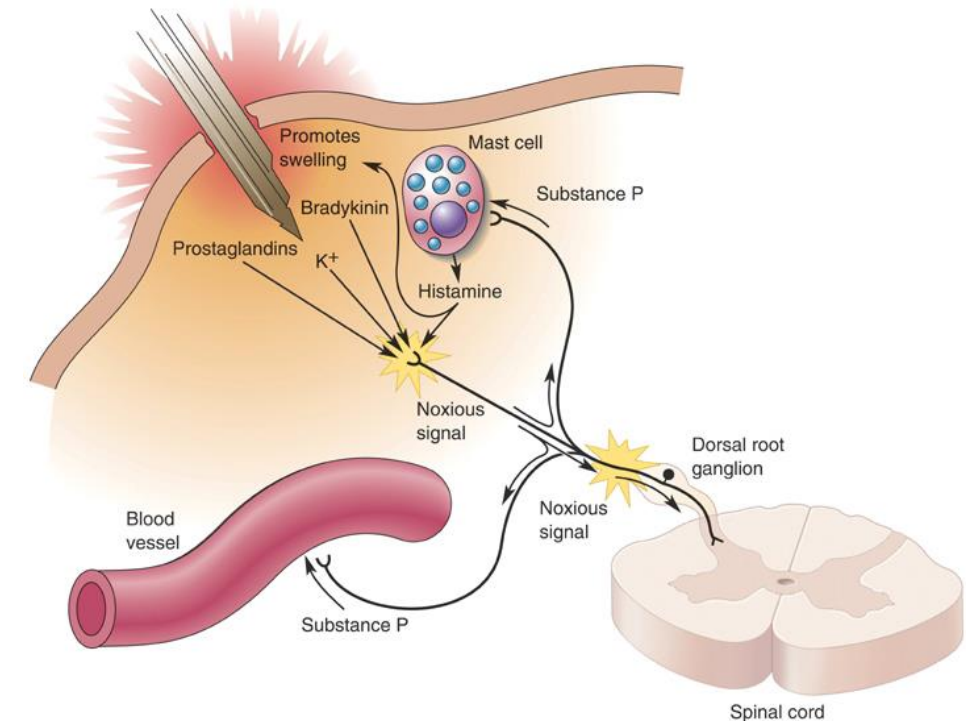
- Πολυμορφικοί (Polymodal)
- Μηχανικοί (Mechanical)
- Θερμικοί (Thermal)
- Χημικοί (Chemical)

- **Πόνος και Αίσθηση Βλάβης**

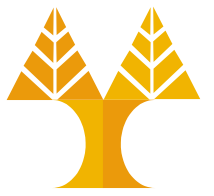
- Πόνος = οδυνηρή αίσθηση με συσφίξεις
- Οι βλαβοϋποδοχείς στέλνουν σήματα στον εγκέφαλο τα οποία ενεργοποιούν το αίσθημα του πόνου

- **Nociceptors: Transduction of Pain**

- Βραδυκινίνη (Bradykinin), Προσταγλανδίνες (Prostaglandins), K^+
- Ενεργοποίηση των Mast cell → έκκριση ισταμίνης (histamine)
- Υπεραλγεία (Hyperalgeia)
 - Οδυνηρές περιοχές βλάβης και γύρω περιοχές
 - Πρωτοταγής και δευτεροταγής υπεραλγεία
 - Βραδυκινίνη (Bradykinin), Προσταγλανδίνες (prostaglandins), και ουσία P (substance P)

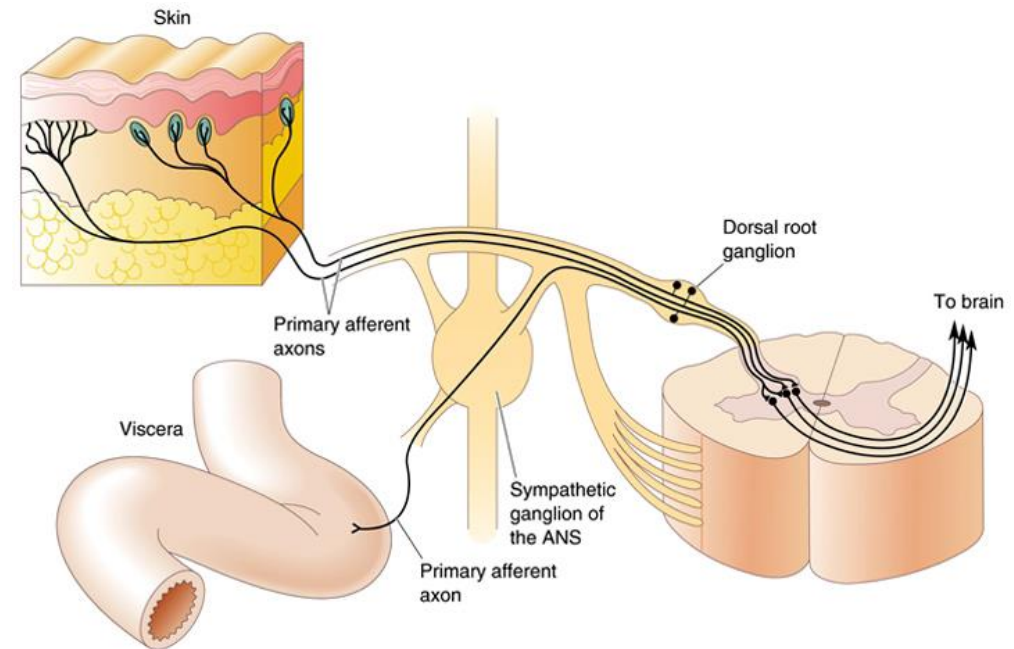
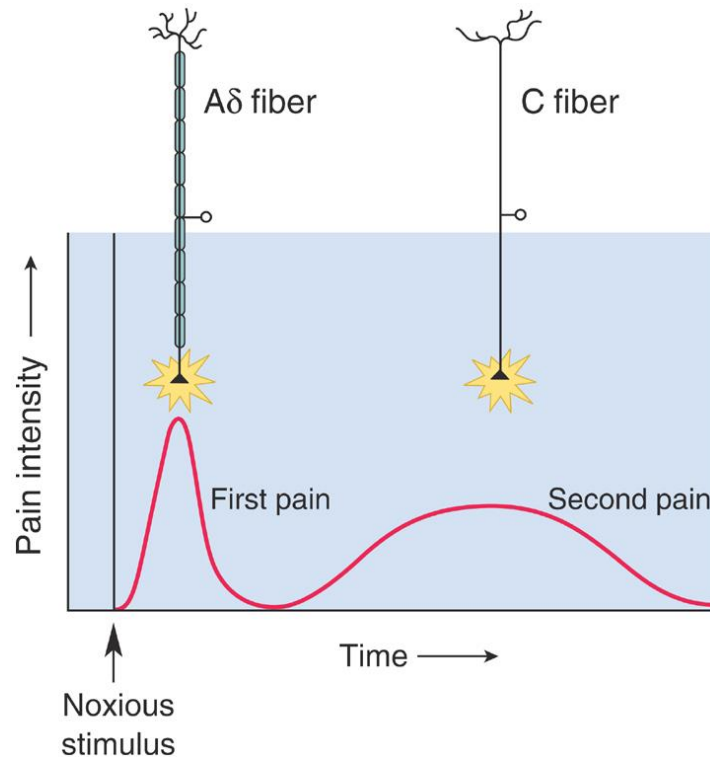


Πόνος (Pain)



- **Κύριοι προσαγωγοί και Νωτιαίοι Μηχανισμοί**

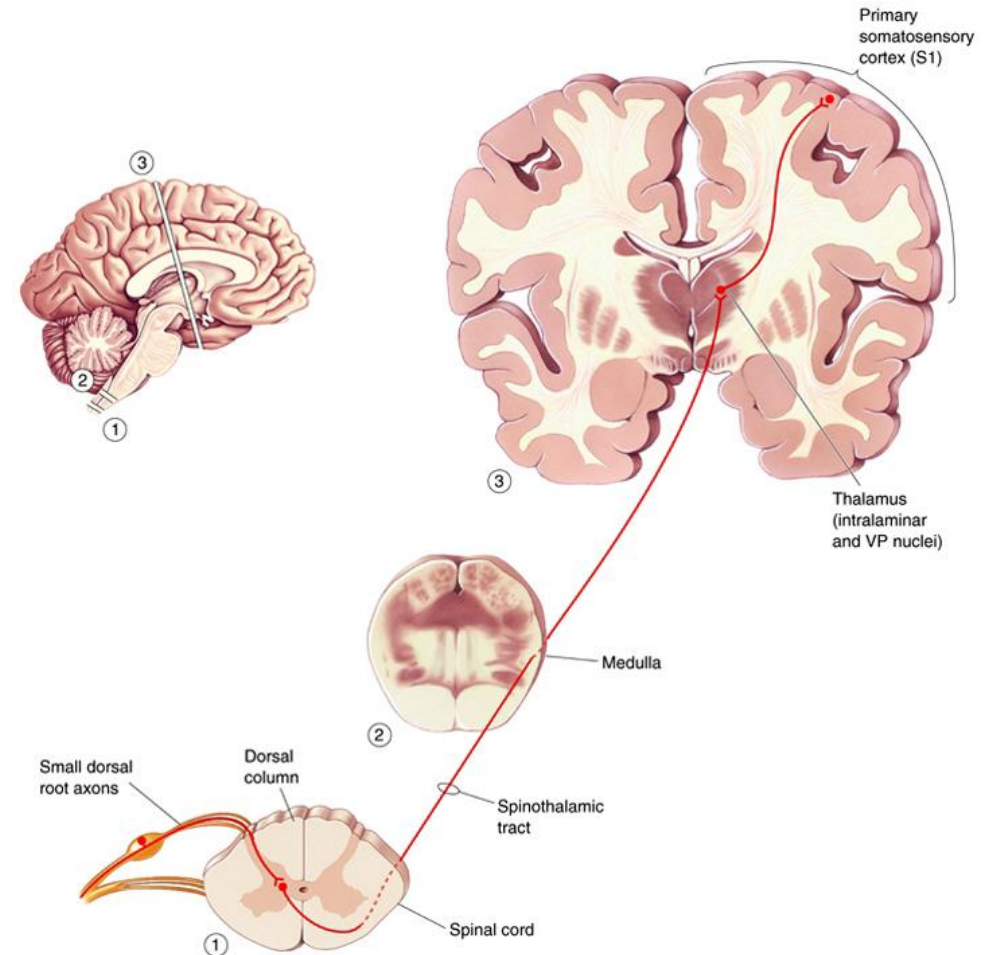
- Πρώτο και δεύτερο άλγος
 - Σημαντικά για την προστασία από/της βλάβης
- Ανακλαστικό Άλγος (Referred pain): Στηθάγχη (Angina)



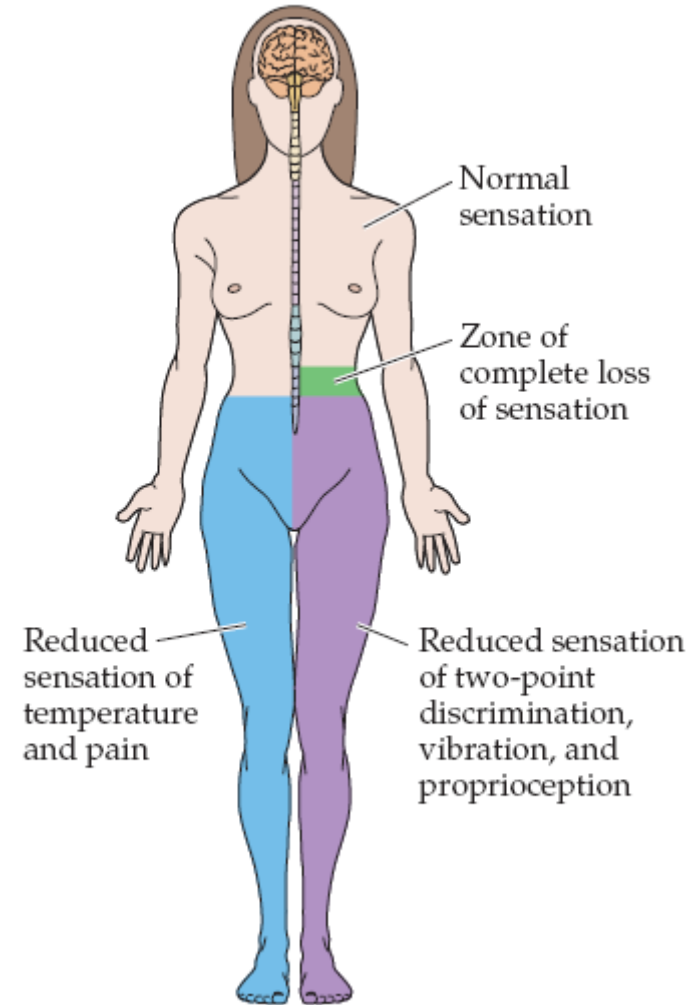
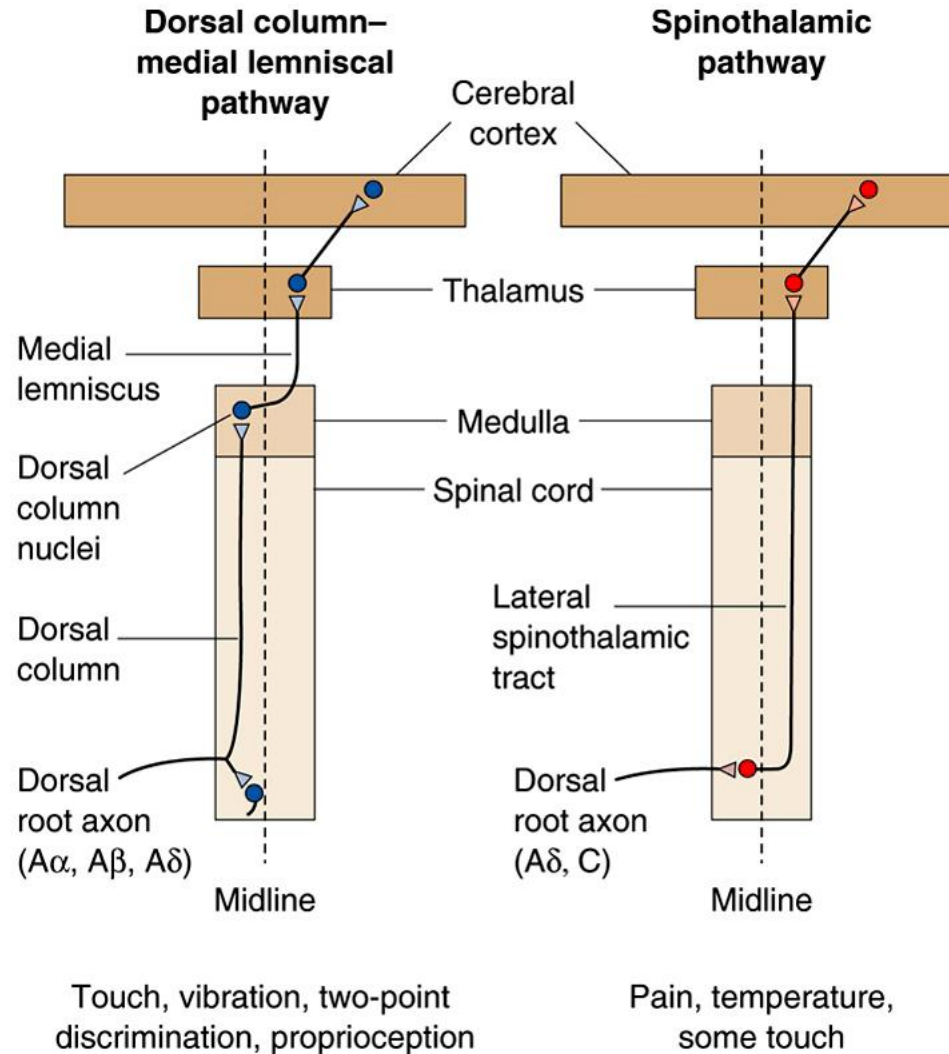
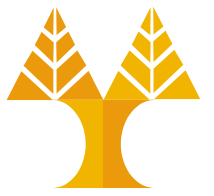


• Ανιούσες Οδοί (Ascending Pathways) Πόνου

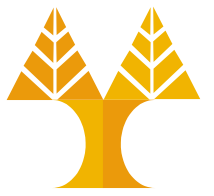
- Διαφορές μεταξύ του πόνου και της αφής
 - Απολήξεις των νευρώνων στο δέρμα
 - Διάμετρος των αξόνων
 - Συνδέσεις στο νωτιαίο μυελό
 - Αφή – ανεβαίνει από την ίδια πλευρά (Ipsilaterally)
 - Πόνος – ανεβαίνει από την αντίθετη πλευρά (Contralaterally)
- Τρίδυμη (Trigeminal) Οδός Πόνου
 - Αίσθηση πόνου και θερμοκρασίας στο πρόσωπο
- Θάλαμος και Φλοιός
 - Αφή και πόνος παραμένουν ξεχωριστά
 - Πληροφορίες πόνου και θερμοκρασίας αποστέλλονται σε διάφορες περιοχές του φλοιού



Πόνος (Pain)

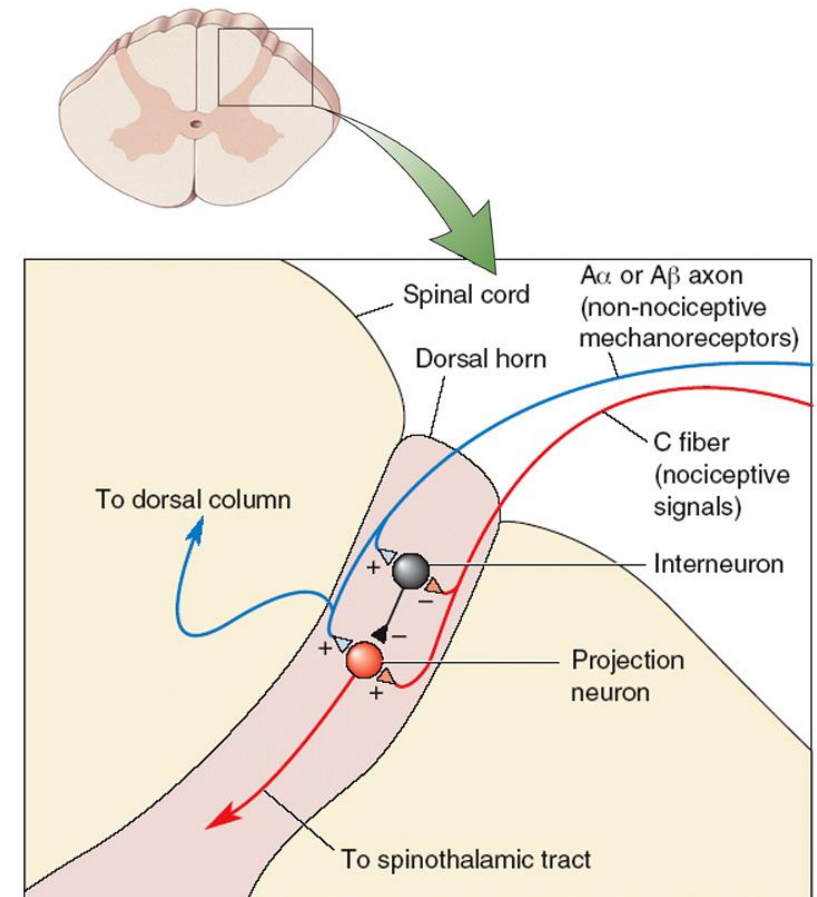


Πόνος (Pain)



- Έλεγχος (Regulation) του Πόνου

- Προσαγωγικός Έλεγχος (Afferent Regulation)
 - Υπεραλγισεία (Hyperalgesia)
 - Αύξηση πόνου
 - Αλλά και μείωση του πόνου;
 - π.χ. τρίξιμο του δέρματος γύρω από την πληγή

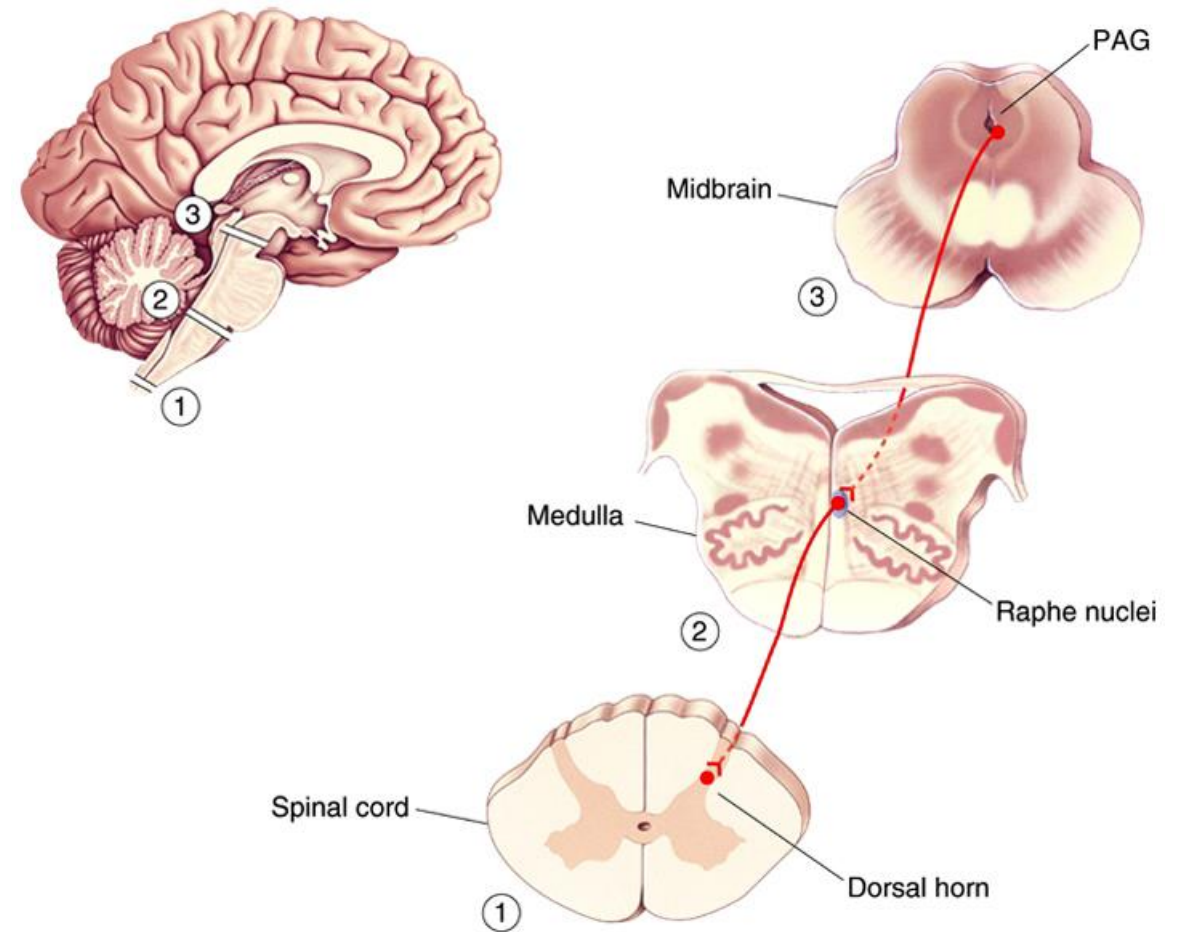


Πόνος (Pain)

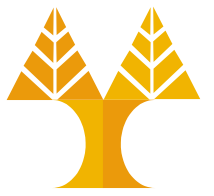


• Έλεγχος (Regulation) του Πόνου

- Ανώτερος Έλεγχος (Descending Regulation)
 - Η φαιά ουσία γύρω από το σωλήνα ΕΝΥ (Periaqueductal gray matter)
 - Ενδογενή Οπιοειδή (endogenous opiates)
 - Οπιοειδή (Opioids) και Ενδομορφίνες (Endomorphins)



Πόνος (Pain)



- **Ενδογενή οπιοειδή (Endogenous Opiates)**

- Πάνω από 20 οπιοειδή πεπτίδια
- Τρεις κατηγορίες
 - Ενδορφίνες (Endorphins)
 - Εγκεφαλίνες (Enkephalins)
 - Δυνορφίνες (Dynorphins)

- **Περιοχή Δράσης**

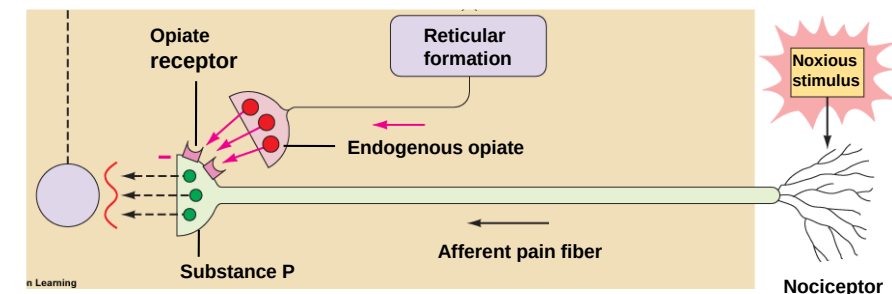
- Ευρέως κατανεμημένα σε όλο τον εγκέφαλο
 - Μαζί με άλλους νευροδιαβιβαστές μικρών μορίων όπως π.χ. GABA and 5-HT

- **Δράση**

- Κατευναστικά (Depressants), Αναλγητικά (analgesics)
- Πολύπλοκες συμπεριφορές όπως σεξουαλική έλξη (sexual attraction) και επιθετική/ενδοτική συμπεριφορά (aggressive/submissive behavior)
- Πιθανών να εμπλέκονται σε ψυχιατρικές ασθένειες όπως σχιζοφρένια και αυτισμός

- **Υποδοχείς**

- μ , δ , κ



Θερμοκρασία (Temperature)

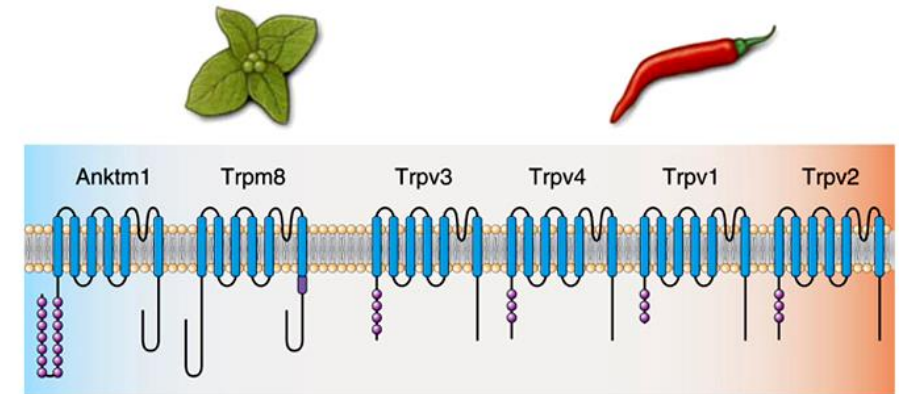
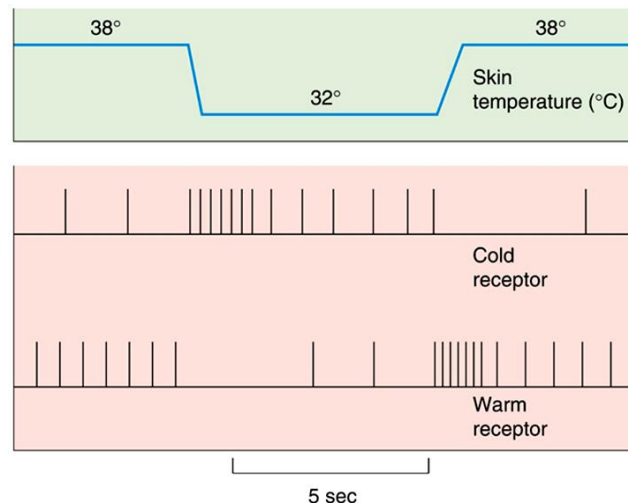


- **Θερμοϋποδοχείς (Thermoreceptors)**

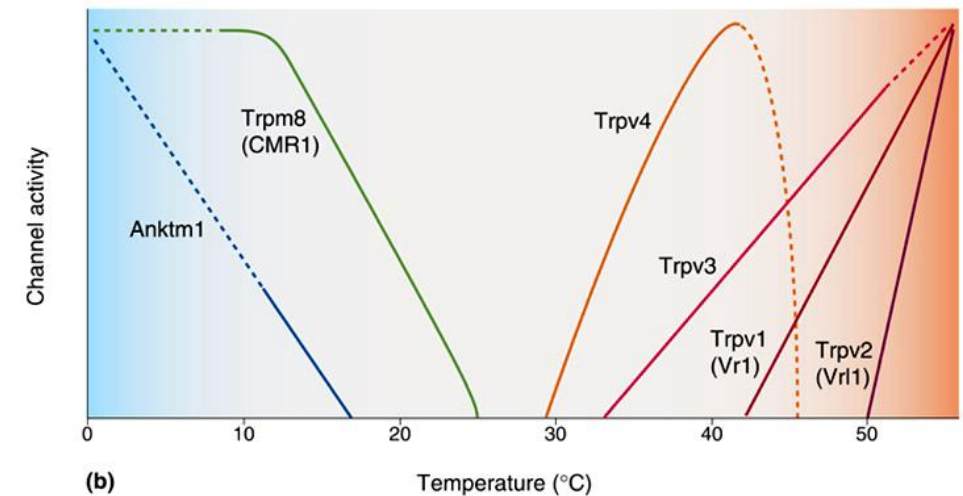
- Υποδοχείς “Ζεστού” και “Κρύου”
- Ποικίλες ευαισθησίες
- Μπορούν να διακρίνουν αλλαγές μέχρι και $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Προσαρμογή (Adaptation)

- **Οι οδός της θερμοκρασίας**

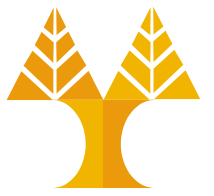
- Οργάνωση
 - Όπως και στη περίπτωση του πόνου
- Οι αισθητήρες κρύου ενώνονται με Ad και C άξονες
- Οι αισθητήρες ζεστού με C



(a)



(b)



- Τα συστήματα των αισθήσεων παρουσιάζουν παρόμοια οργάνωση και λειτουργία
- Οι διάφορες αισθήσεις παραμένον διαχωρισμένες στο νωτιαίο μυελό και στο φλοιό
- Κοινό χαρακτηριστικό = παράλληλη επεξεργασία δεδομένων
- Για να γίνει αντιληπτό ένα αντικείμενο χρειάζεται απρόσκοπτος συντονισμός των πληροφοριών από τις σωματικές αισθήσεις



Διάλεξη 14

Κίνηση από τον Νωτιαίο Μυελό (Spinal Control of Movement)