



HMY 370

Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Μηχανική

Οι Αισθήσεις

Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα



- **Περιφερικό Νευρικό Σύστημα**

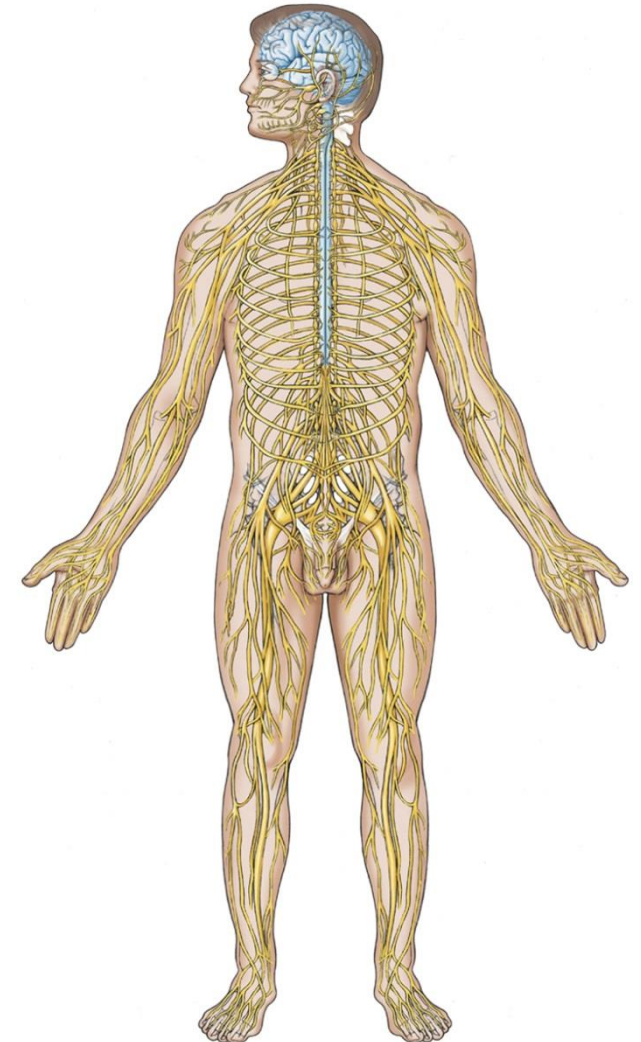
- Προσαγωγός (Afferent) Μοίρα
 - Πληροφορίες από το ΠΝΣ στο ΚΝΣ
- Επαγωγός (Efferent) Μοίρα
 - Πληροφορίες από το ΚΝΣ στο ΠΝΣ

- **Προσαγωγός Μοίρα**

- Σπλαχνικοί (Visceral) προσαγωγοί (υποσυνείδητη πληροφορία)
 - Πίεση, O₂, θερμοκρασία, κλπ.
- Αισθητήριοι (Sensory) Προσαγωγοί (ενσυνείδητη πληροφορία)
 - Σωματικές (Somatic) Αισθήσεις
 - Σωματοαισθητικά ερεθίσματα από το δέρμα
 - Ιδιοδεκτικότητα από μύες, κλειδώσεις, και αιθουσιαίο
 - Ειδικές Αισθήσεις
 - Όραση, Ακοή, Γεύση και Όσφρηση

- **Επαγωγός Μοίρα**

- Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα
 - Καρδιακός Μυς, Λείοι Μύες, οι περισσότεροι εξωκρινείς αδένες, κάποιοι ενδοκρινείς αδένες, λιπώδης ιστός
- Σωματικό Νευρικό Σύστημα
 - Σκελετικοί Μύες

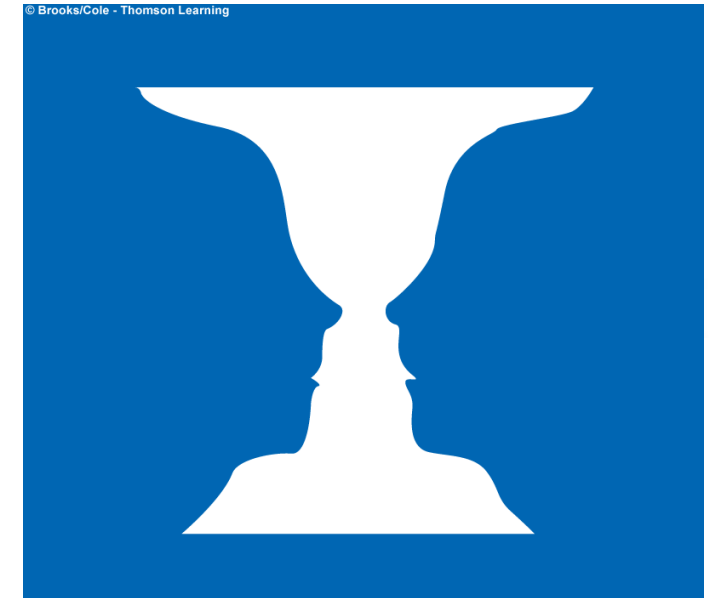


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Αίσθηση και Αντίληψη



- **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**

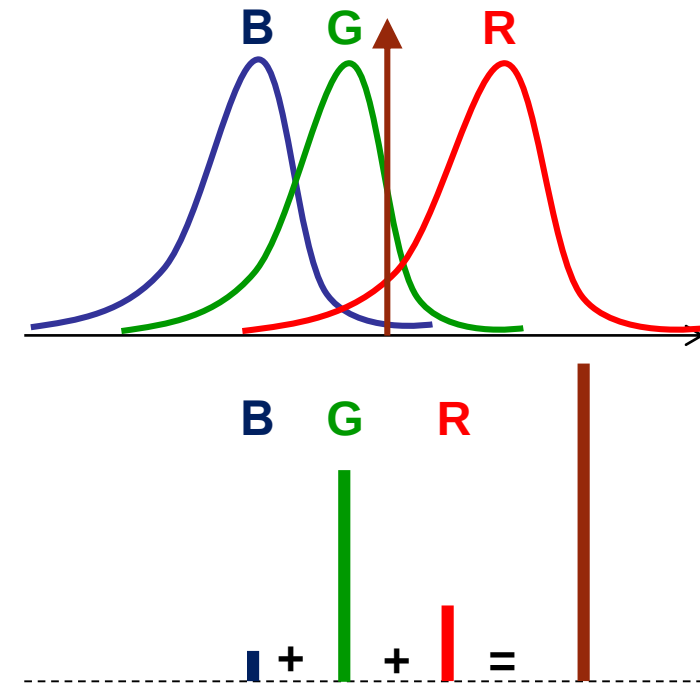
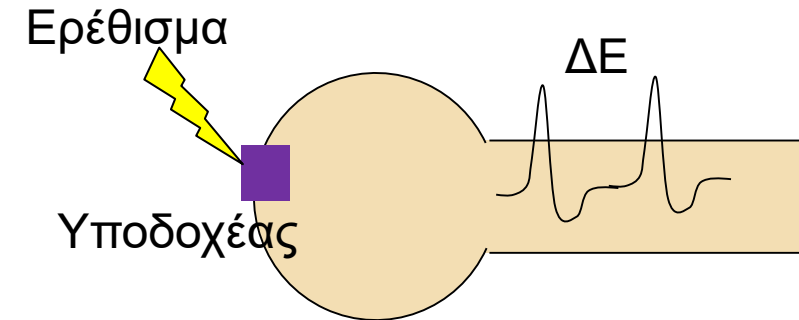
- Μετατρέπουν άλλες μορφές ενέργειας σε ηλεκτρικά σήματα (δυναμικά ενεργείας)

- **Μετατροπή (transduction)**

- Ερέθισμα → υποδοχέας (αισθητήρας) → μετατροπή → ΔΕ

- **Εύρος (bandwidth)**

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

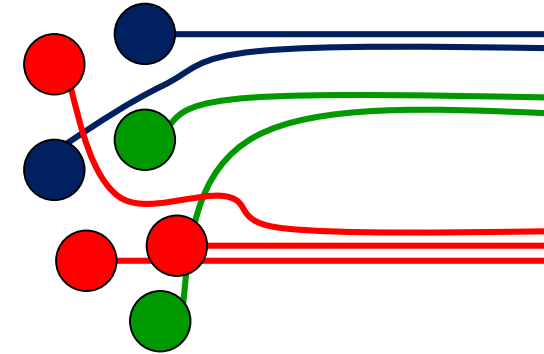


Φυσιολογία των Υποδοχέων



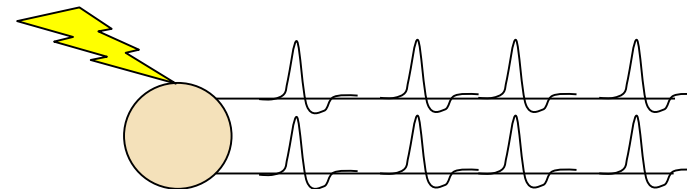
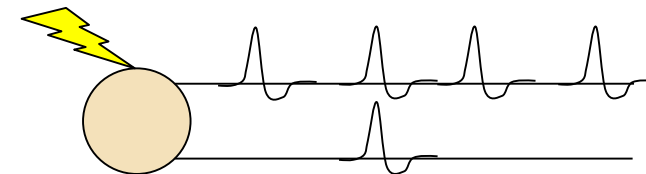
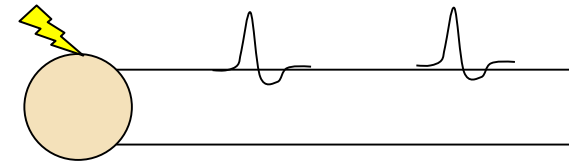
- **Κωδικοποίηση του τύπου του ερεθίσματος**

- Ομαδοποίηση νευρώνων → Γραμμές κατάταξης



- **Κωδικοποίηση της Έντασης**

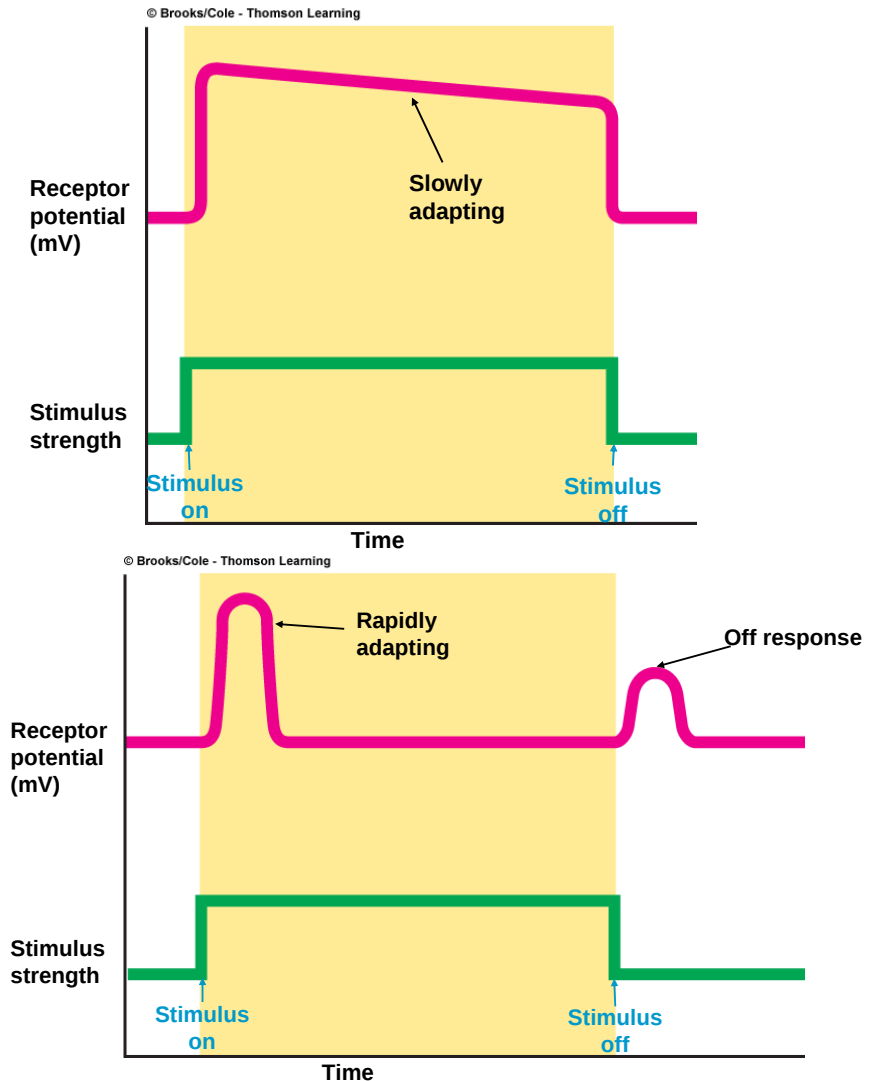
- Τα ΔΕ έχουν πάντα το ίδιο πλάτος (“όλα ή τίποτα”)
- Πως κωδικοποιείται η ένταση του ερεθίσματος;
 - Περισσότερα ΔΕ ανά sec ($\uparrow f$)
 - Περισσότεροι νευρώνες



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





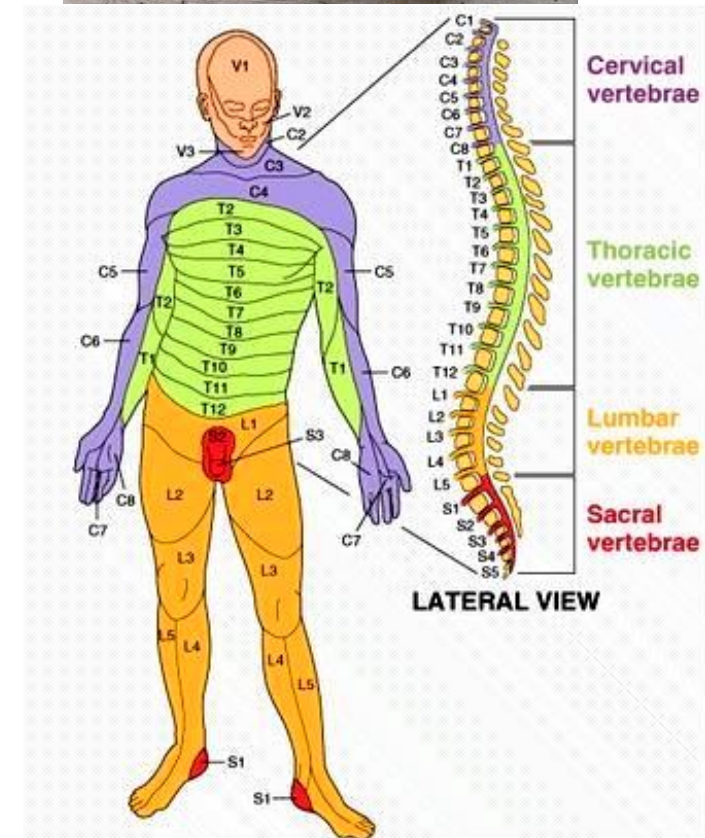
• Τύπο Αισθητήρων

- **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

Σωματοαισθητικό Σύστημα



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





- **Ερέθισμα**

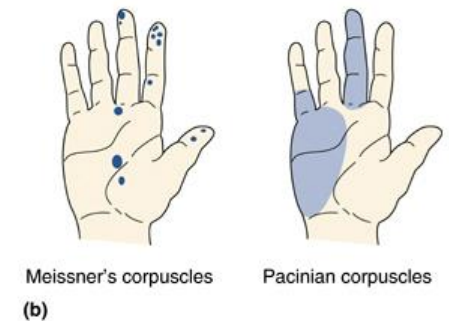
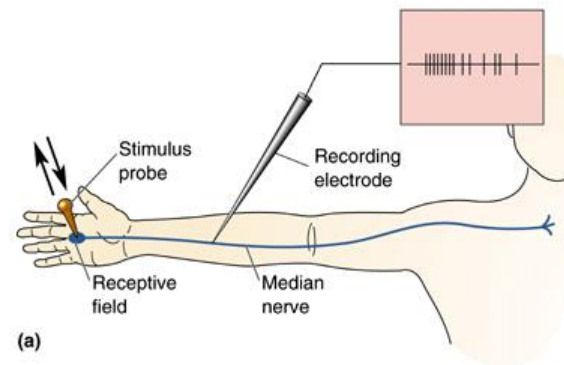
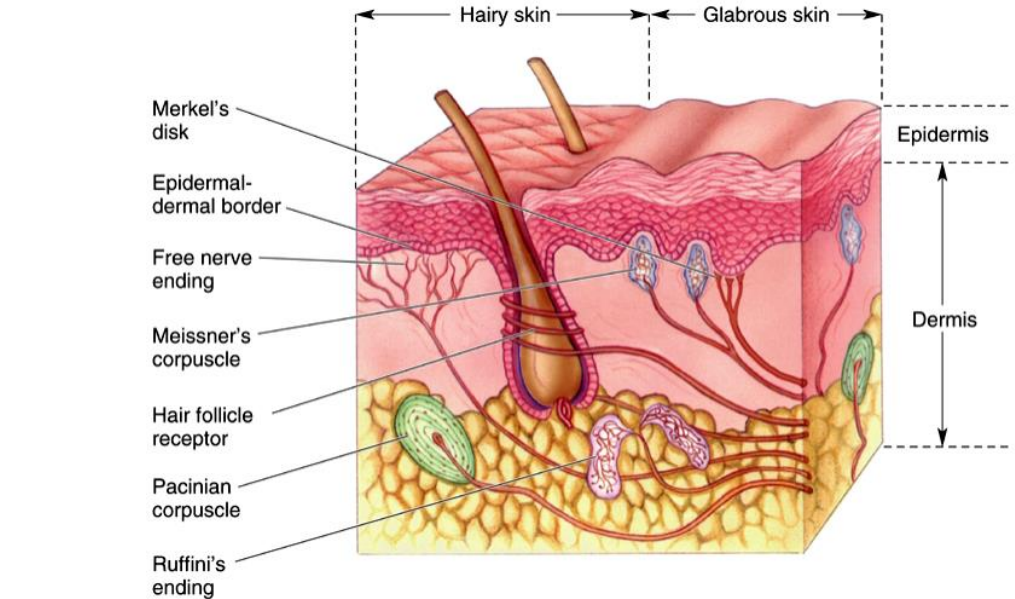
- Πίεση, κίνηση

- **Αισθητήρες**

- Οι περισσότεροι είναι μηχανοϋποδοχείς ενσωματωμένοι στο δέρμα
- Τρίχες
 - Ευαίσθητες στην κίνηση (Εξαιρετικά ευαίσθητες σε κάποια ζώα)

- **Ευκρίνεια:**

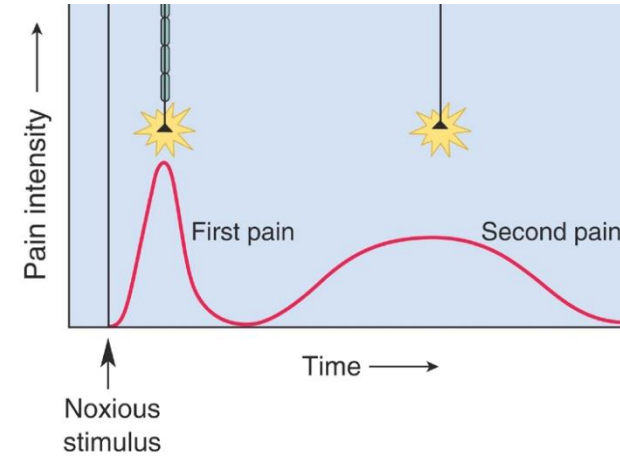
- Διαφέρει σε διαφορετικά μέρη του σώματος
- Ανάλογη της πυκνότητας και μεγέθους των αισθητήρων
- Καλύτερη: 0.006 mm ύψος x 0.04 mm πλάτος
 - Π.χ. άκρα δακτύλων
- Χειρότερη: αρκετά εκατοστά
 - Π.χ. πλάτη



Πόνος



- **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

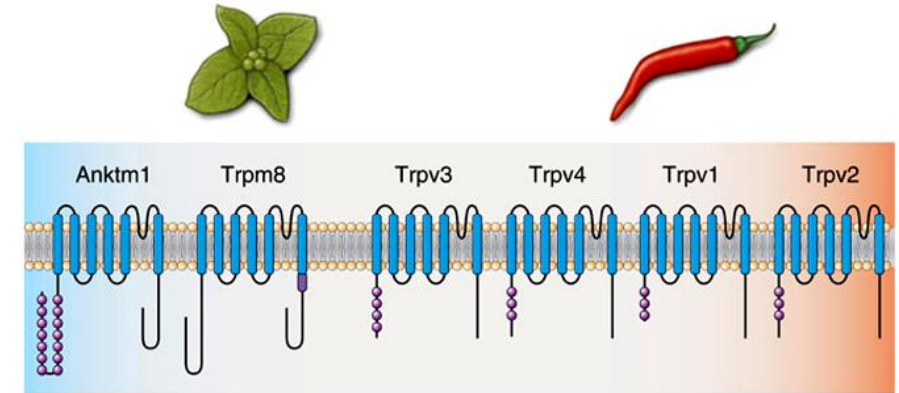
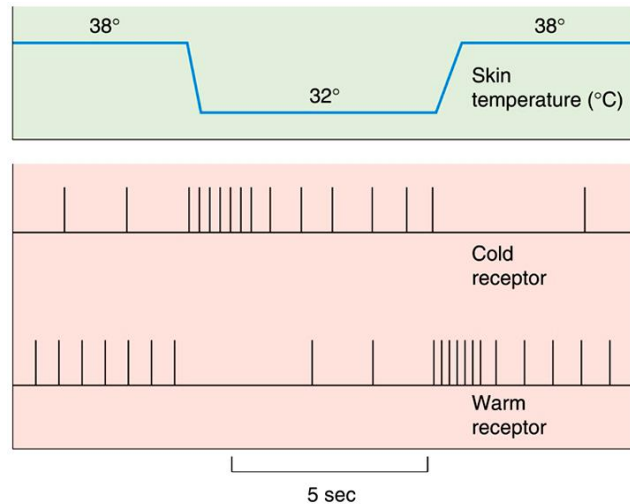


- Ερέθισμα

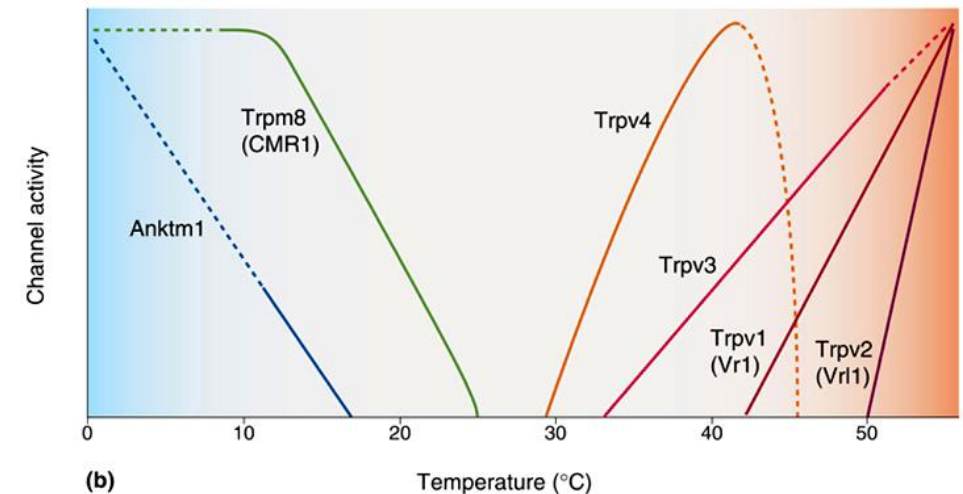
- Θερμότητα

- 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



Γεύση

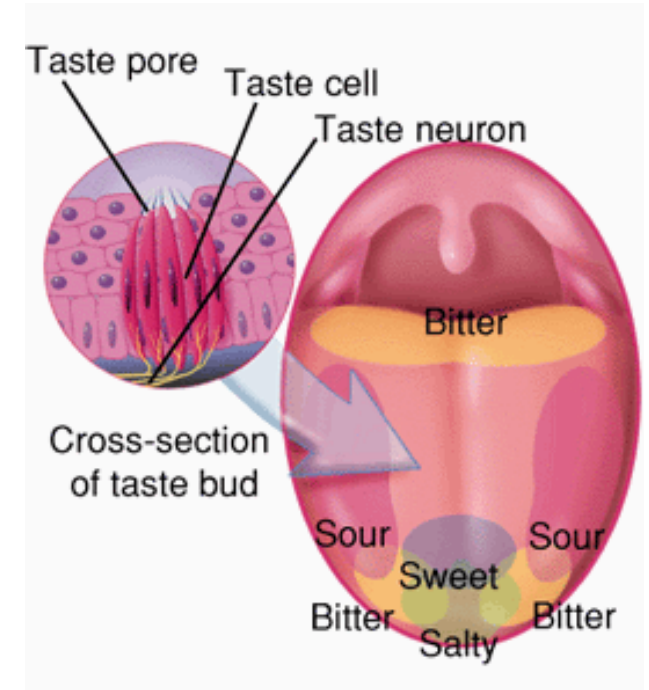
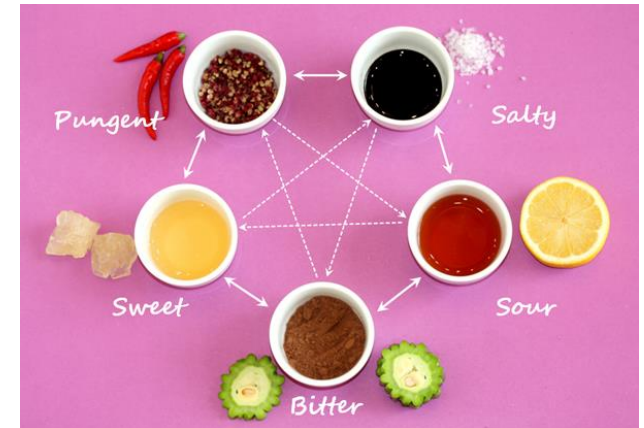


- **Θηλές → γευστικοί κάλυκες → Χημειοϋποδοχείς**

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

- **Αισθητήρες και Ερεθίσματα**

- Πέντε βασικοί τύποι υποδοχέων που αντιπροσωπεύουν τις πέντε γεύσεις
- Αλμυρό
 - Διεγείρεται 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!)





- **Αντίληψη της γεύσης**

- Επηρεάζεται από
 - Οσμή
 - Τι γεύση έχει το φαγητό σας όταν είσαστε κρυωμένοι;
 - Θερμοκρασία και υφή
 - Τι γεύση έχει το κρύο φαγητό;
 - 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



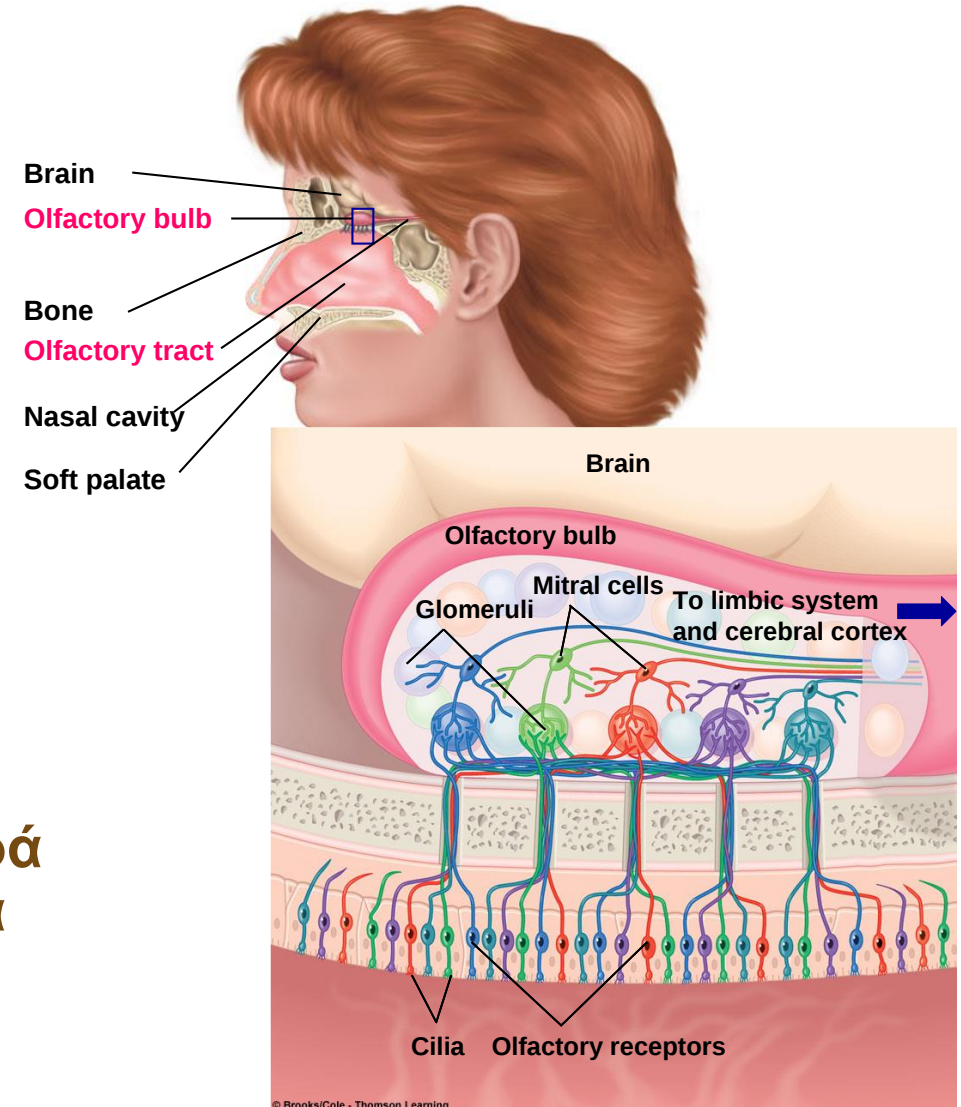
- **Ερεθίσματα**

- Πολλές χιλιάδες διαφορετικά οσμηρά μόρια

- **Αισθητήρες**

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

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

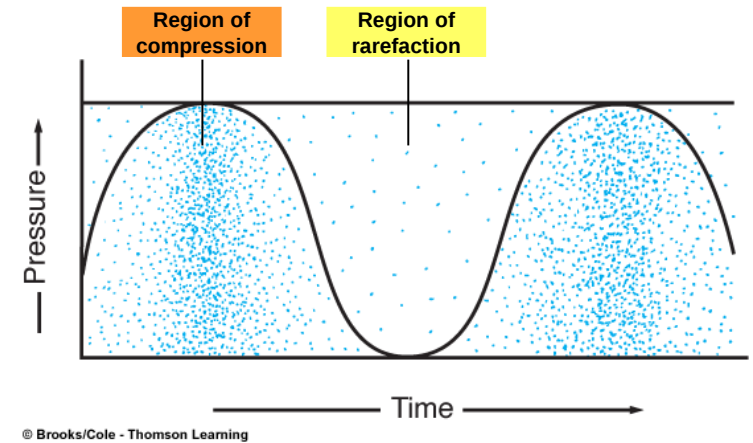


Το Αυτί



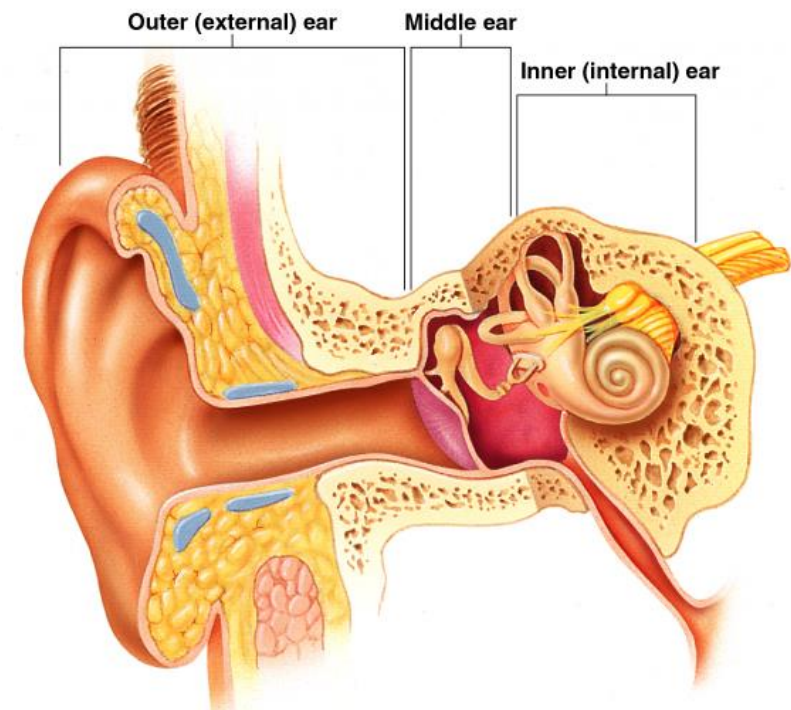
- **Ερέθισμα**

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



- **Μέρη του αυτιού**

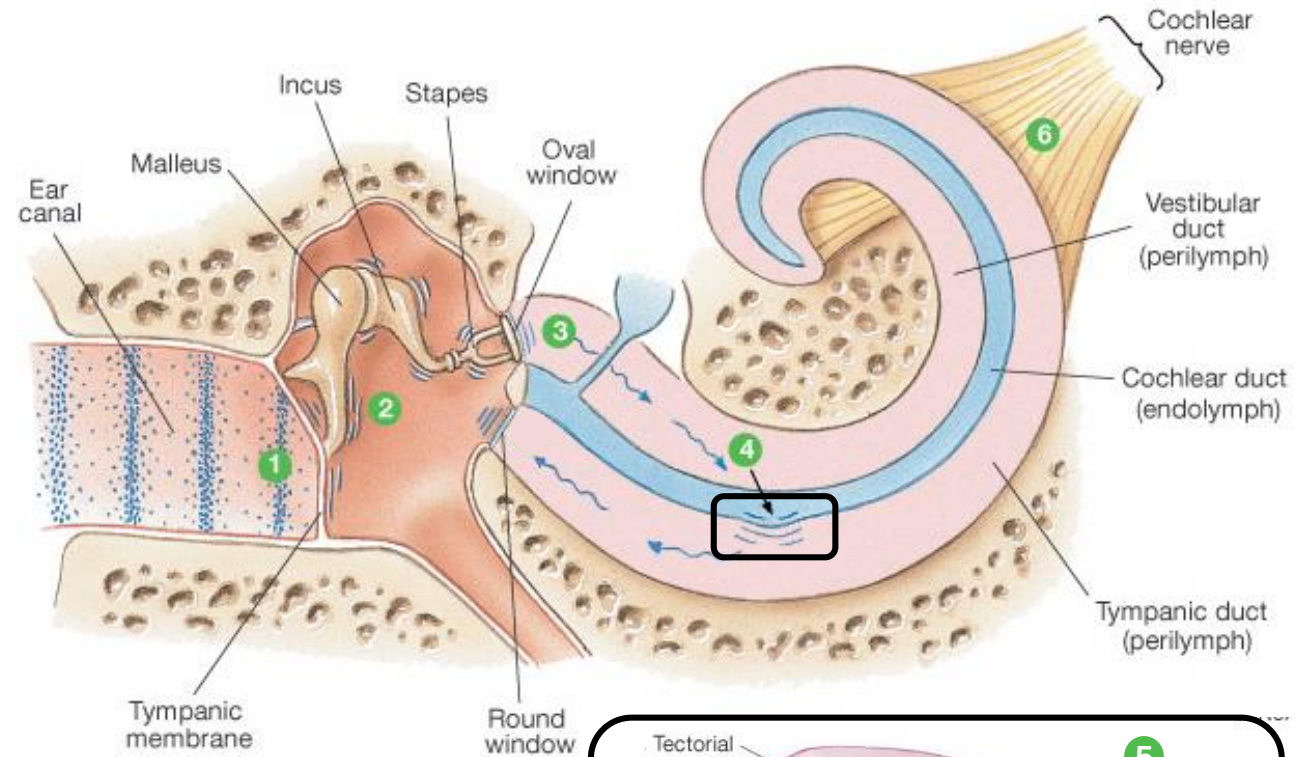
- Έξω Αυτί
 - Συγκεντρώνει την ηχητική ενέργεια
 - Μεταδίδει τα ηχητικά κύματα
- Μέσο Αυτί
 - Οστάρια
 - Μεταδίδουν τα ηχητικά κύματα στο έσω αυτί
 - Ενισχύουν την πίεση 20x
- Έσω αυτί
 - Δύο διαφορετικά αισθητήρια συστήματα
 - Κοχλίας: Μετατροπή των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικά σήματα → ακοή
 - Αιθουσιαίο Σύστημα: Αίσθηση της ισορροπίας



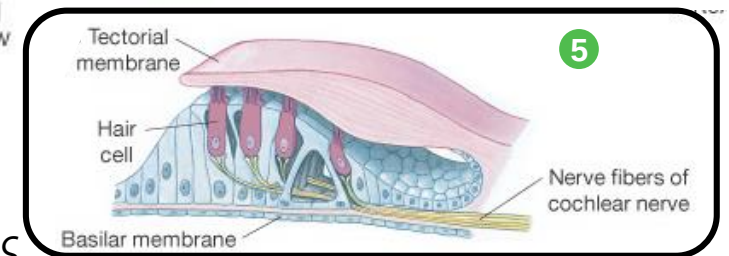


• Μετατροπή

1. Ο ήχος φτάνει στην τυμπανική μεμβράνη και γίνεται δονήσεις
2. Τα οστάρια του μέσου αυτιού μεταφέρουν και ενισχύουν τις δονήσεις
3. Οι δονήσεις διαχέονται στον κοχλία
4. Τα κύματα στο κοχλιακό υγρό θέτουν τη βασική μεμβράνη σε κίνηση
5. Οι δονήσεις μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα από το όργανο του Corti



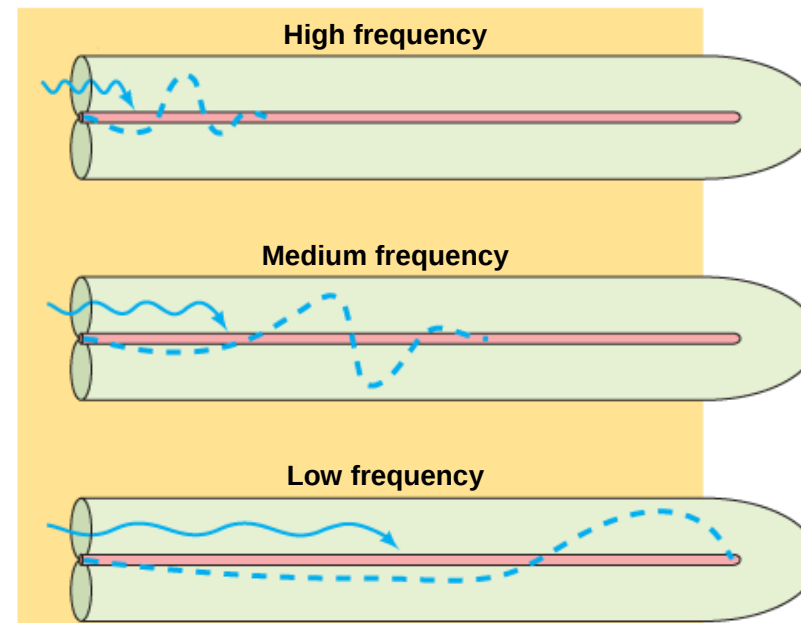
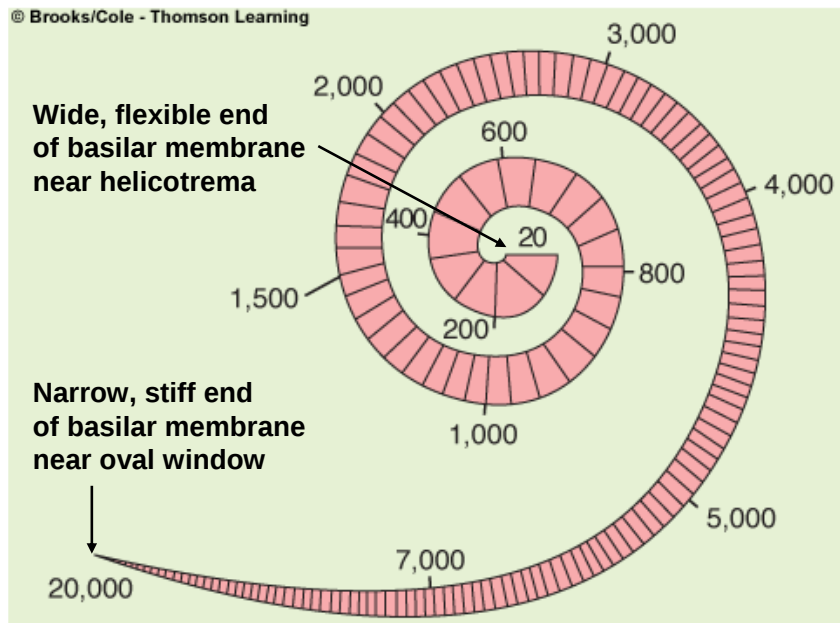
- Τριχωτά κύτταρα → Μηχανικά ελεγχόμενοι δίαυλοι ανοίγουν και κλείνουν → βαθμιδωτά δυναμικά → Σύναψη → Δυναμικά ενεργείας στους ακουστικούς νευρώνες (6)





- **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





- **Κωδικοποίηση της Έντασης**

- Ψηλότερη ένταση προκαλεί μεγαλύτερη κίνηση της βασικής μεμβράνης
 - Ισχυρότερα βαθμιδωτά δυναμικά στα τριχωτά κύτταρα
 - Ταχύτερος ρυθμός δυναμικών ενεργείας από του ακουστικού 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

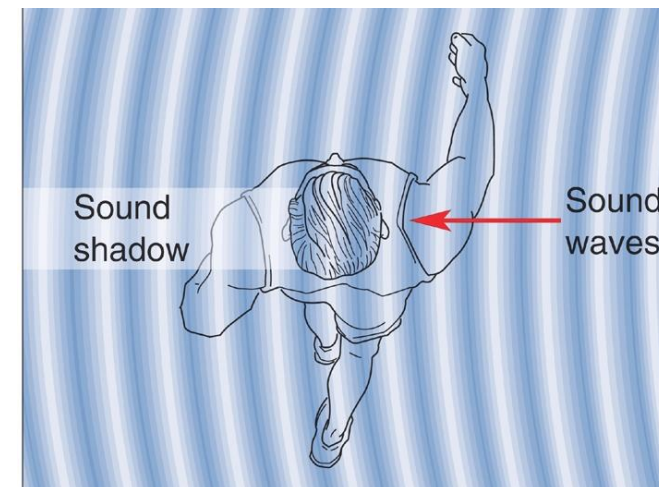
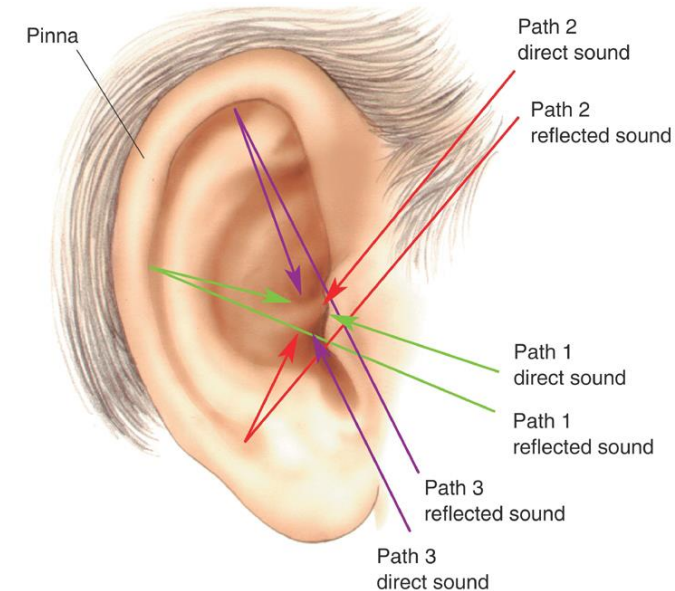


Ήχος	Ένταση (dB)	Σύγκριση με το ασθενέστερο ακουόμενο ερέθισμα
Θρόισμα Φύλλων	10 dB	x10 πιο έντονο
Ήχος Ρολογιού	20 dB	x100
Σσσσ!	30 dB	X1000
Κανονική Συνομιλία	60 dB	x1 εκατομμύριο
Μπλέντερ	90 dB	x1 δισεκατομ.
Συναυλία Ροκ	120 dB	x1 τρισεκατομ.
Απογείωση αεροπλάνου	150 dB	x10 ¹⁵



- **Κωδικοποίηση της Κατεύθυνσης**

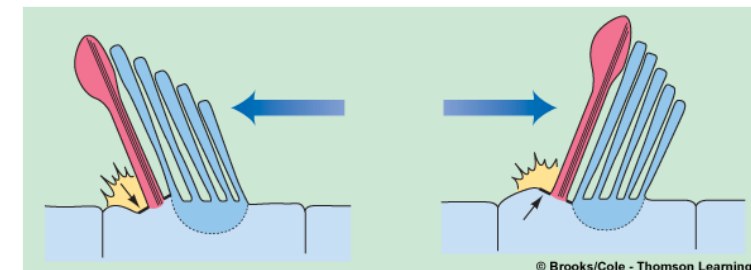
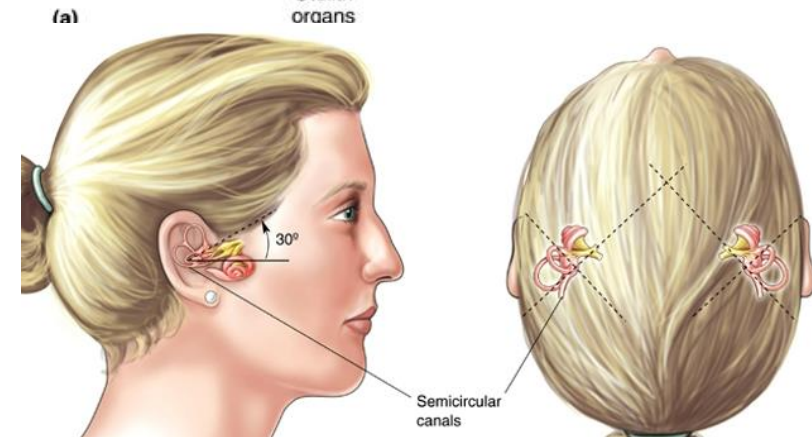
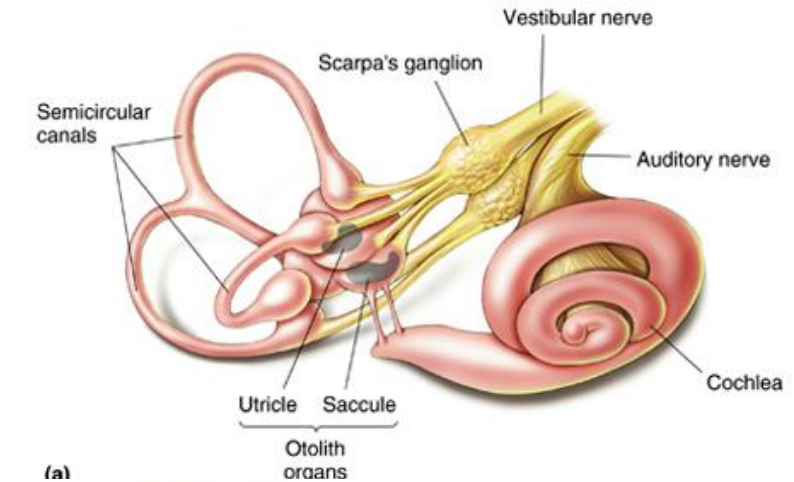
- Εντοπισμός Πάνω-Κάτω (ανύψωση)
 - Το σχήμα του έξω αυτιού (πτερύγιο) αλλάζει ελαφρώς τη χροιά και την ένταση ανάλογα με την ανύψωση
- Εντοπισμός Αριστερά-Δεξιά (αζιμούθιο)
 - Ο ήχος φθάνει στο εγγύς αυτί
 - Λίγο νωρίτερα ($\sim 0,5$ msec)
 - Ελαφρώς ισχυρότερος
 - Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί τις μεταβολές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



Ισορροπία



- **Αιθουσιαίος Λαβύρινθος (Labyrinth)**
 - Σωλήνες γεμάτοι υγρό στο έσω αυτί
- **Ερέθισμα**
 - Επιτάχυνση της κεφαλής
- **Αισθητήρες**
 - Μηχανοαισθητήρες στο αιθουσιαίο σύστημα
- **Μετατροπή Σήματος**
 - Το κεφάλι περιστρέφεται
 - Το υγρό κινείται αντίθετα προς την κατεύθυνση της κίνησης (αδράνεια)
 - Μηχανικά ελεγχόμενοι διάυλοι K⁺ στα τριχωτά κύτταρα ανοίγουν ή κλείνουν
- **Το αιθουσαίο σύστημα διακρίνει επιτάχυνση**
 - Ταχύτητα υπολογίζεται από κυκλώματα στο εγκεφαλικό στέλεχος

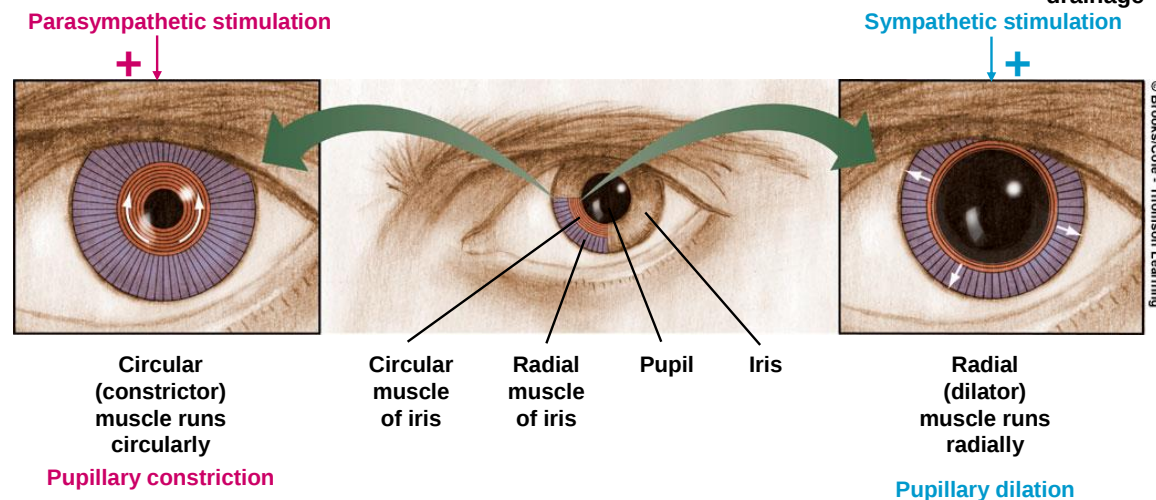
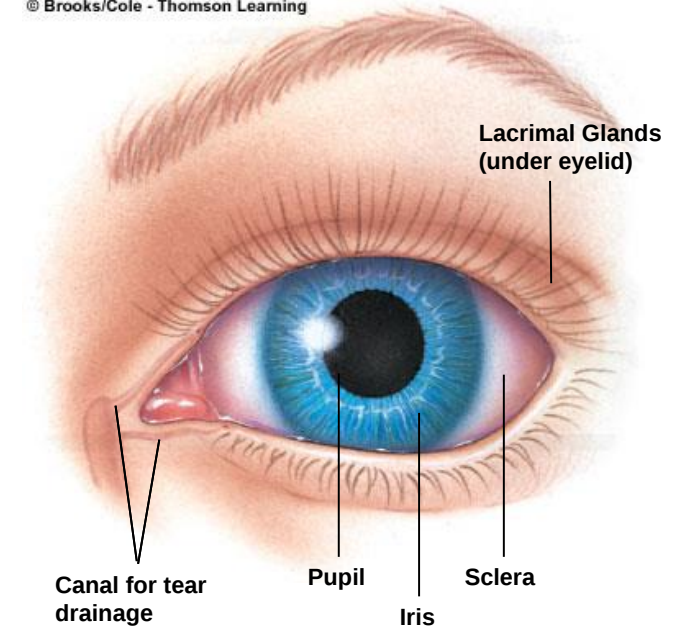




- **Το μάτι εξωτερικά**

- 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



Όραση



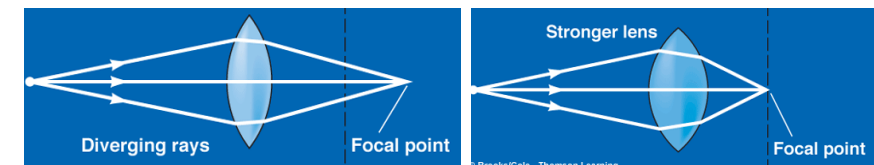
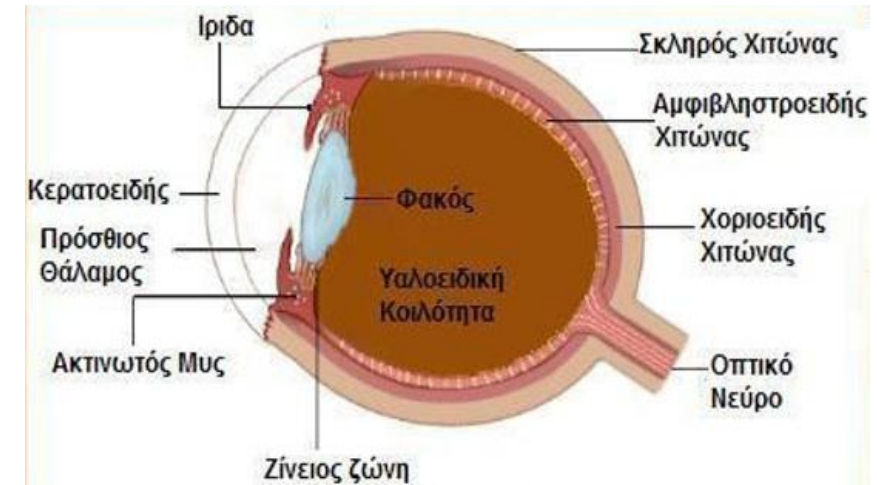
- **Το μάτι εσωτερικά**

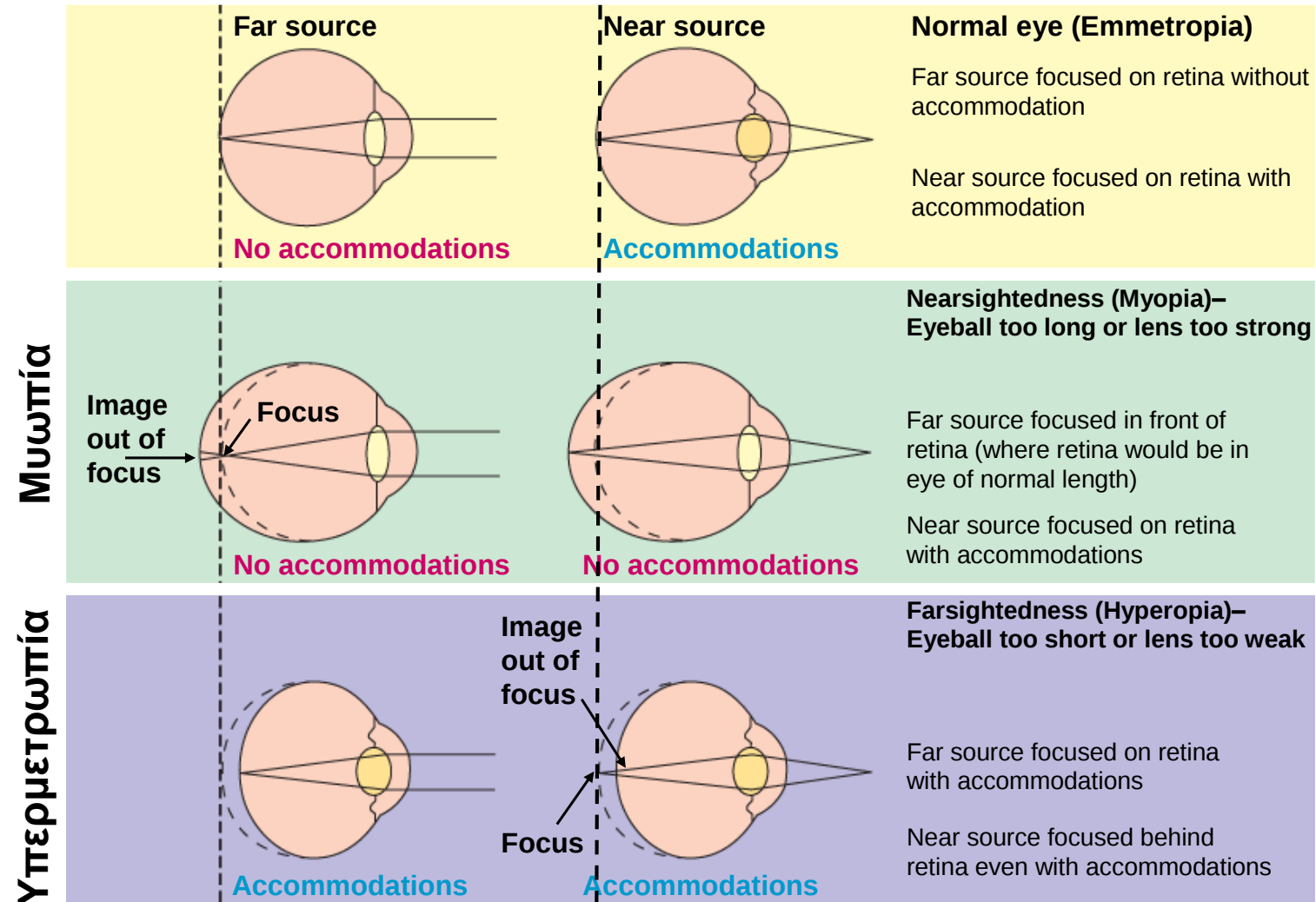
- Σφαιρικό γεμάτο με υγρό
- Κερατοειδής Χιτώνας (Cornea)
 - Πρόσθιο, διάφανο μέρος
- Αμφιβληστροειδής Χιτώνας (Retina)
 - Το εσωτερικό στρώμα
 - Περιλαμβάνει τους φωτουποδοχείς

- **Το μάτι λαμβάνει φως, εστιάζει στον αμφιβληστροειδή και σχηματίζει εικόνα**

- **Διάθλαση του φωτός**

- Κυρίως από τον κερατοειδή
 - Η διάθλαση είναι σταθερή
 - Η κυρτότητα αλλάζει μόνο με εγχείρηση λέιζερ (LASIK)
- Προσαρμογή από τον φακό
 - Αλλαγή στο σχήμα → αλλαγή στη ικανότητα εστίασης (μακρινά/κοντινά)
 - Με την ηλικία μειώνεται αυτή η ικανότητα του φακού → πρεσβυωπία

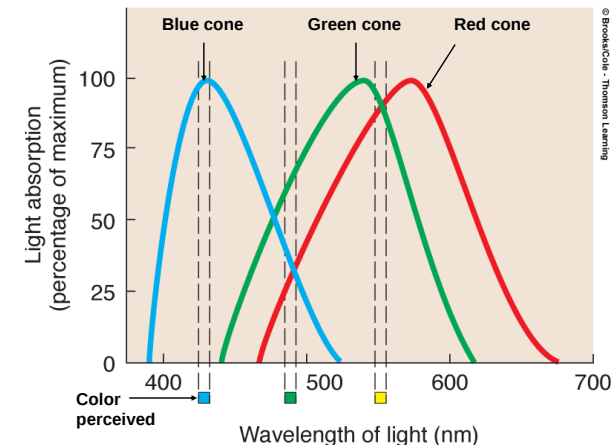
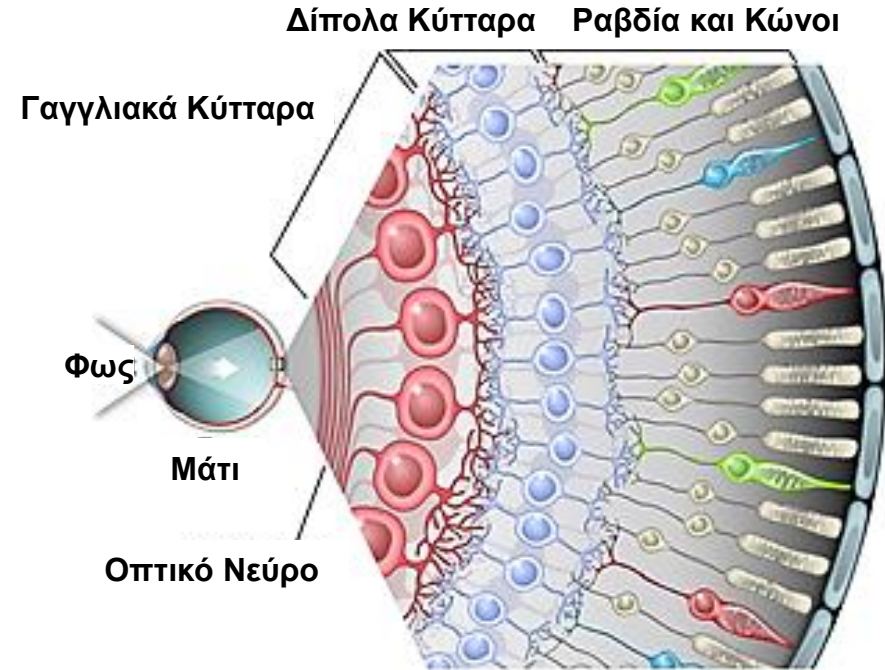




Όραση



- **Ερέθισμα**
 - Φως
- **Αισθητήρες = Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)**
 - Δύο είδη κυττάρων: Ραβδία (Rods) και Κώνοι (Cones)
 - Ραβδία → ενός τύπου
 - Μια χρωστική
 - Κώνοι → τριών τύπων
 - Χρωστικές που απορροφούν κόκκινο, πράσινο, μπλε.
- **Μετατροπή**
 - Χημικές αλλαγές όταν απορροφούν φως
 - Χρωστικές στις μεμβράνες τους
 - Βαθμιδωτά δυναμικά → Σύναψη → Δυναμικά ενεργείας στους οπτικούς νευρώνες
- **Μια πρώτη επεξεργασία της εικόνας**
 - Νευρώνες του αμφιβληστροειδούς





• Χαρακτηριστικά Ραβδίων και Κώνων

Ραβδία

100 εκατομμύρια

Όραση σε επίπεδα γκρίζου

Πολύ ευαίσθητα στο φως (χαμηλός φωτισμός)

Πολύ ευαίσθητα στην κίνηση

Χαμηλή ευκρίνεια (σύγκλιση = πολλά συνδυάζονταν μαζί)

Νυκτερινή Όραση (λόγω ευαισθησίας και σύγκλισης)

Περισσότερα στην περιφέρεια (λιγότερη λεπτομέρεια αλλά ευαισθησία στην κίνηση στην περιφέρεια)

Κώνοι

3 εκατομμύρια

Έγχρωμη Όραση

Λιγότερα ευαίσθητοι στο φως (έντονος φωτισμός)

Λιγότερο ευαίσθητοι στην κίνηση

Ψηλή ευκρίνεια (λίγοι συνδυάζονταν μαζί)

Ημερήσια Όραση (λιγότερη ευαισθησία και σύγκλιση)

Περισσότεροι στο κέντρο (περισσότερη λεπτομέρεια αλλά λιγότερη ευαισθησία στην 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

