



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ζωολογία II

Ενότητα 3^η. Αισθήσεις (Διάλεξη 2^η)

Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Βιολογίας

Αισθήσεις – Αισθητήρια Όργανα II

Θα αναπτυχθούν τα εξής θέματα:

- Περιφερειακό Νευρικό Σύστημα
 - Αισθητήρια όργανα
- Αισθήσεις στα Σπονδυλόζωα

Σκαρλάτος Ντέντος
(sdedos@biol.uoa.gr)



Περιφερειακό Νευρικό Σύστημα

1) Το αισθητικό (ή προσαγωγό τμήμα)

2) Το κινητικό (ή απαγωγό τμήμα)

Το **κινητικό** τμήμα απαρτίζεται από δύο τμήματα:

1. Το **σωματικό νευρικό σύστημα** (νευρώνει σκελετικούς μύες).
2. Το **αυτόνομο νευρικό σύστημα** (νευρώνει λείους μύες, τον καρδιακό μυ και αδένες).
 - Το αυτόνομο νευρικό σύστημα ελέγχει τις λειτουργίες που **δεν ελέγχονται από τη θέληση**.
 - Οι νευρώνες του αυτόνομου νευρικού συστήματος σχηματίζουν **συνάψεις** με γάγγλια έξω από το νωτιαίο μυελό (**προγαγγλιακές** και **μεταγαγγλιακές ίνες**).
 - Οι υποδιαίρεσεις του αυτόνομου νευρικού συστήματος είναι το: **Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό σύστημα**.

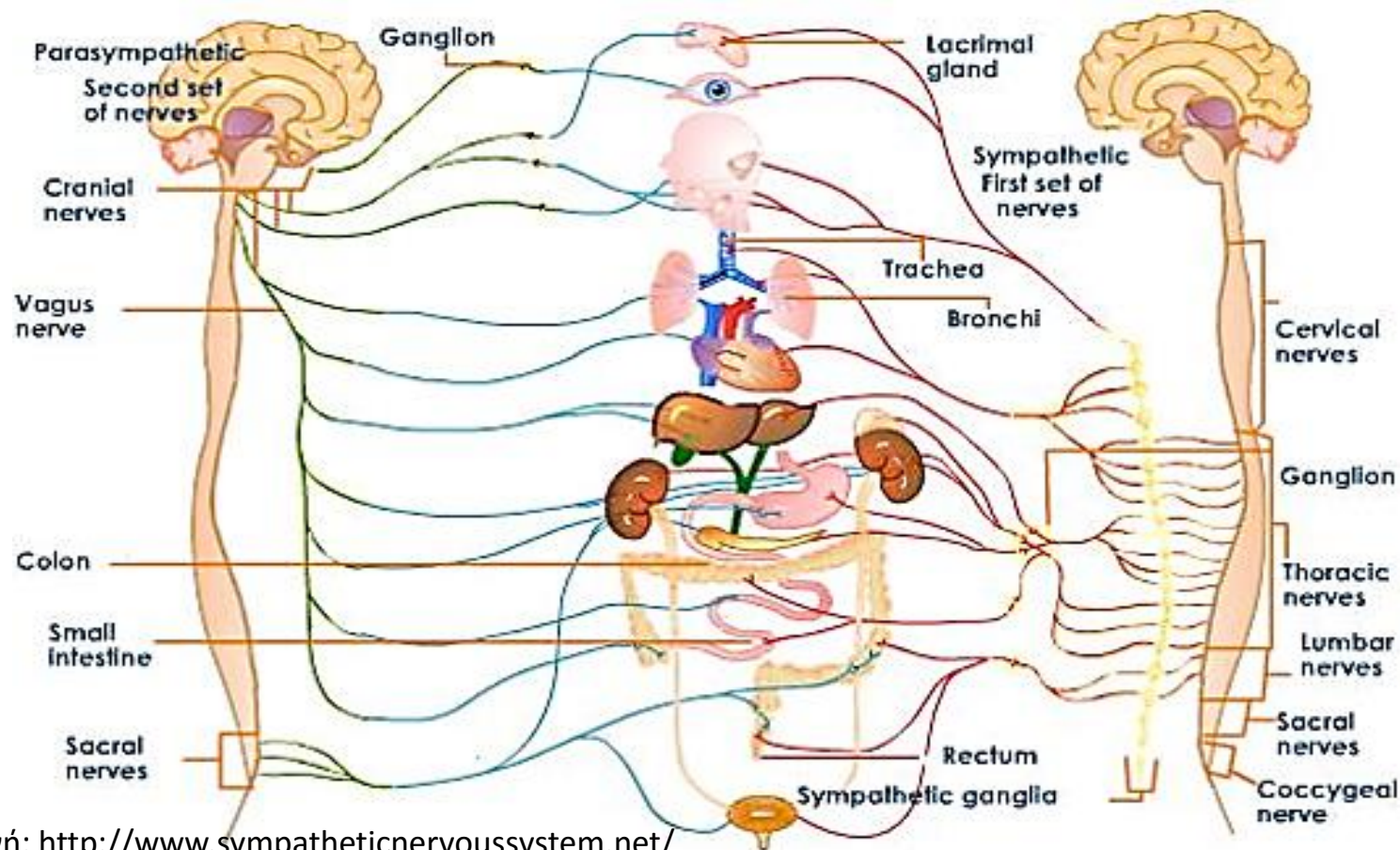


Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Σύστημα I

- Μερικά βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να θυμάστε:
 - 1) Όλες οι **προγαγγλιακές ίνες** (παρασυμπαθητικές ή συμπαθητικές) εκκλύουν **ακετυλοχολίνη** στο σημείο σύναψης με μεταγαγγλιακά κύτταρα.
 - 2) Οι **παρασυμπαθητικές μεταγαγγλιακές ίνες** ελευθερώνουν ακετυλοχολίνη στις απολήξεις τους.
 - 3) Οι **συμπαθητικές μεταγαγγλιακές ίνες** εκκρίνουν νορεπινεφρίνη (νοραδρεναλίνη).
 - 4) Η συμπαθητική υποδιαίρεση δραστηριοποιείται **σε στρεσογόνες δραστηριότητες**.
 - 5) Η παρασυμπαθητική υποδιαίρεση συνδέεται **με μη στρεσογόνες δραστηριότητες**.



Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Σύστημα II



Πηγή: <http://www.sympatheticnervoussystem.net/>



Αισθητήρια όργανα

- Τα αισθητήρια όργανα είναι βιολογικοί μετατροπείς μιας μορφής ενέργειας σε μια άλλη
- Διακρίνουμε 3 βασικές κατηγορίες αισθησιακών μηχανισμών:
 - 1) τη χημειοαίσθηση
 - 2) τη μηχανοαίσθηση και
 - 3) την αίσθηση του φωτός

Η πλέον διαδεδομένη και βασική αίσθηση είναι η χημειοαίσθηση.

Εδώ διακρίνουμε 2 διαφορετικές μορφές αντίληψης:

1) Αυτή που διαμεσολαβείται από χημειοϋποδοχείς επαφής (χημειοτακτισμός στους μονοκύτταρους οργανισμούς).

2) Αυτή που διαμεσολαβείται από χημειοϋποδοχείς απόστασης (όσφρηση-φερομόνες).

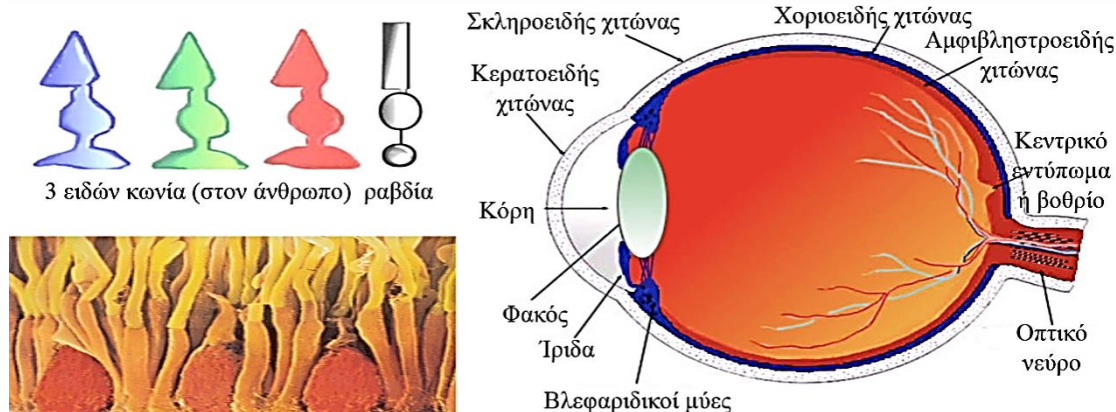


Αισθητήρια όργανα

Όραση 1/2

- Η αίσθηση του φωτός γίνεται αντιληπτή από ειδικούς φωτοϋποδοχείς που βρίσκονται στους οφθαλμούς.
- Ουσιαστικά έχουμε 2 είδη αίσθησης του φωτός:
 - 1) Την αίσθηση της παρουσίας/απουσίας του φωτός που γίνεται αντιληπτή από φωτοϋποδοχείς στα ραβδία.
 - 2) Την αίσθηση του μήκους κύματος του φωτός που γίνεται αντιληπτή από φωτοϋποδοχείς στα κωνία.

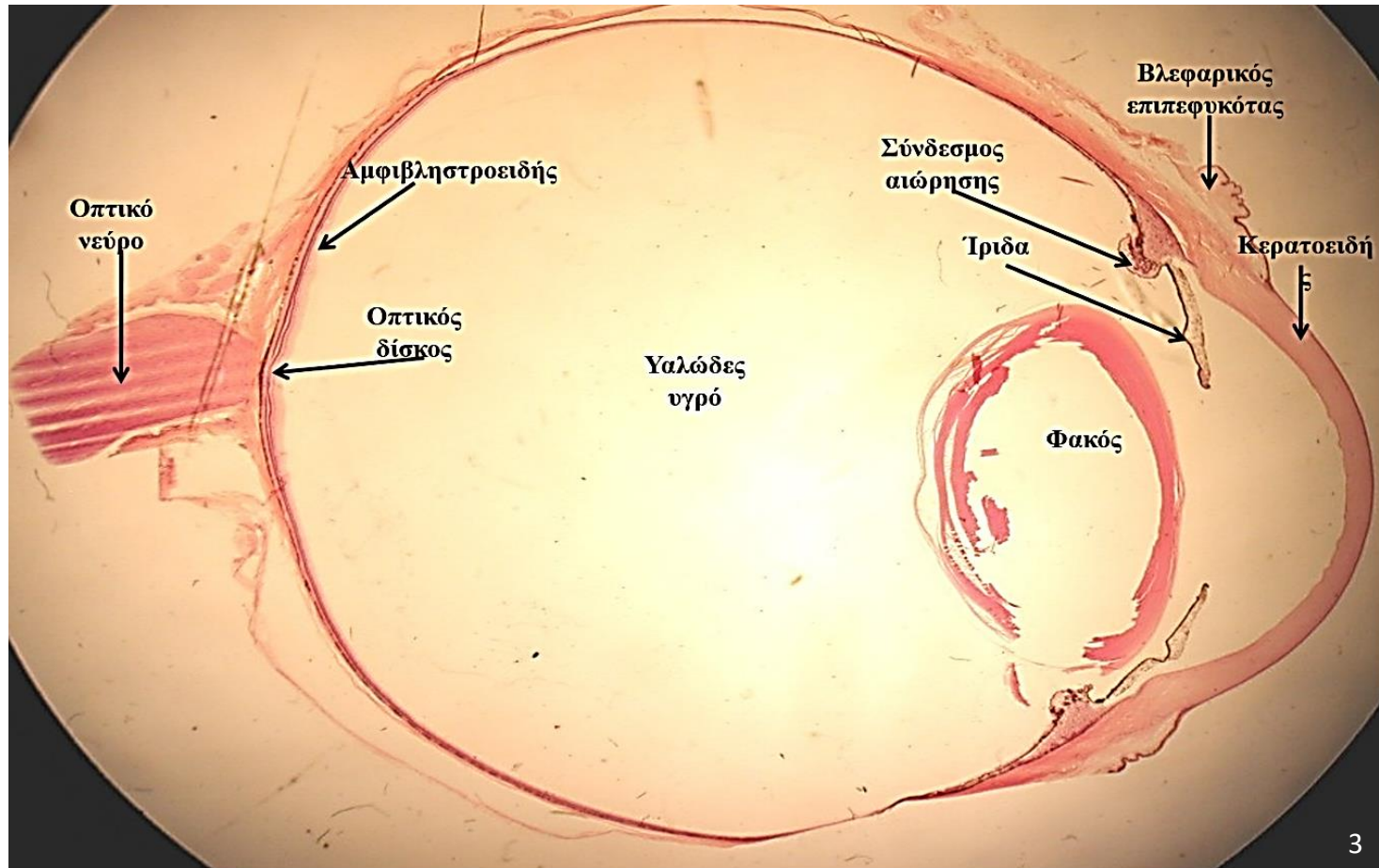
Τα σχέδια προέρχονται από την ιστοσελίδα: <http://webvision.med.utah.edu/>



2



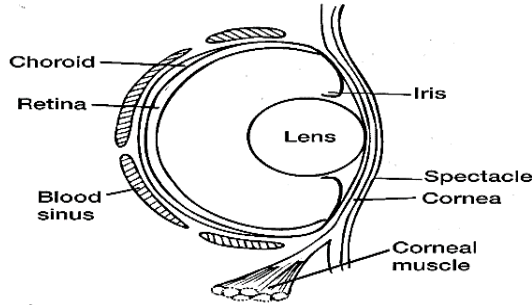
Πως βλέπουμε;



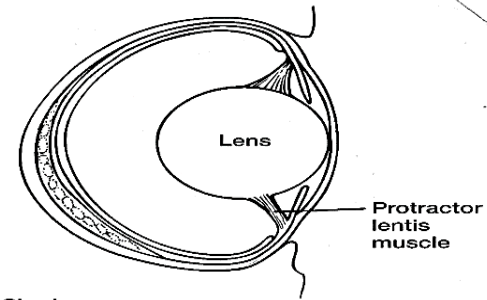
Δομή οφθαλμού πιθήκου σε κάθετη τομή



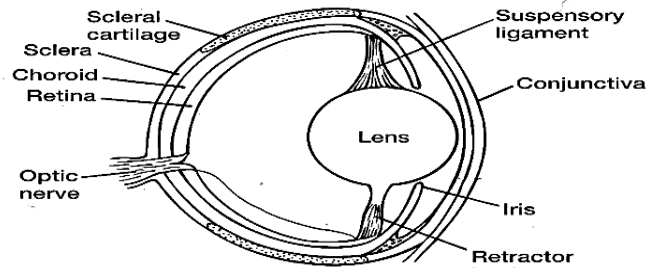
Δομή οφθαλμών στα Σπονδυλόζωα



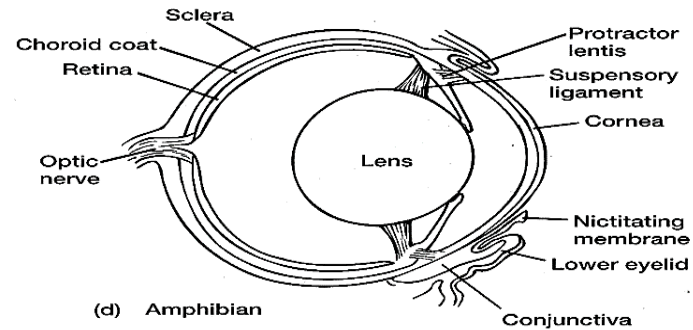
(a) Lamprey



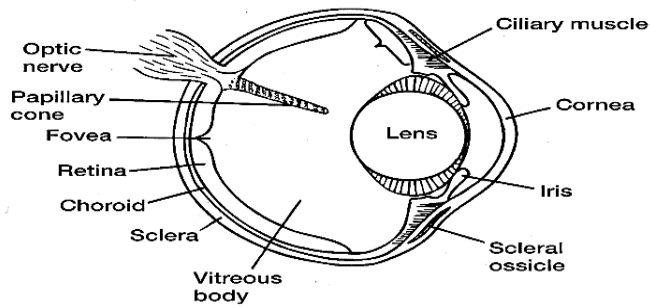
(b) Shark



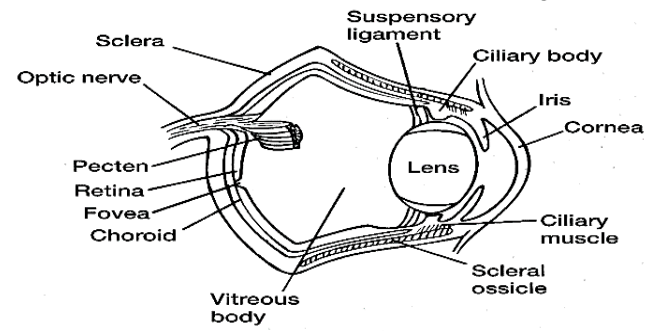
(c) Teleost



(d) Amphibian



(e) Lizard



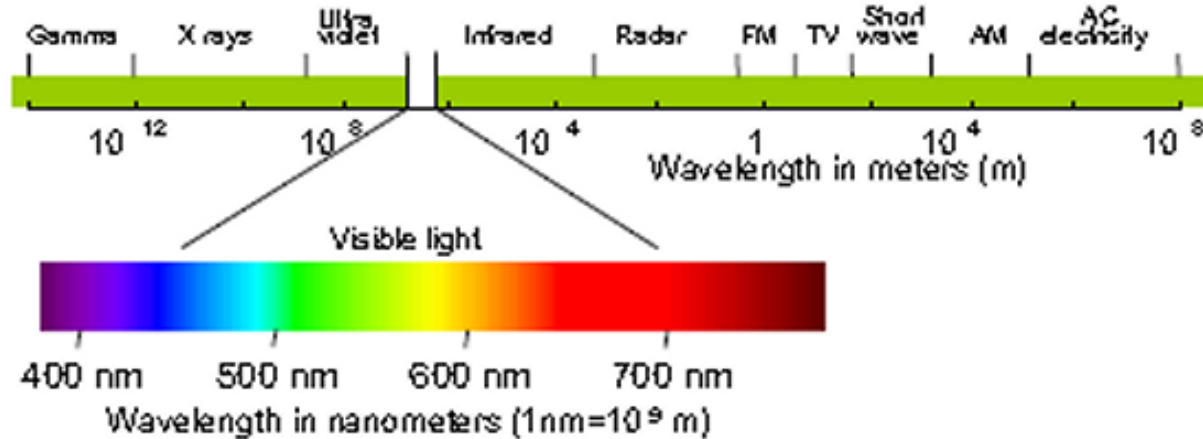
(f) Bird



Τι βλέπουμε;

Visible Light Spectrum and Colors

Light is an electro-magnetic radiation



- **Hue:** distinguished among colors
- **Saturation:** how far is color from a gray of equal intensity
- **Lightness:** perceived intensity of a reflective surface
- **Brightness:** perceived intensity of emitting surface

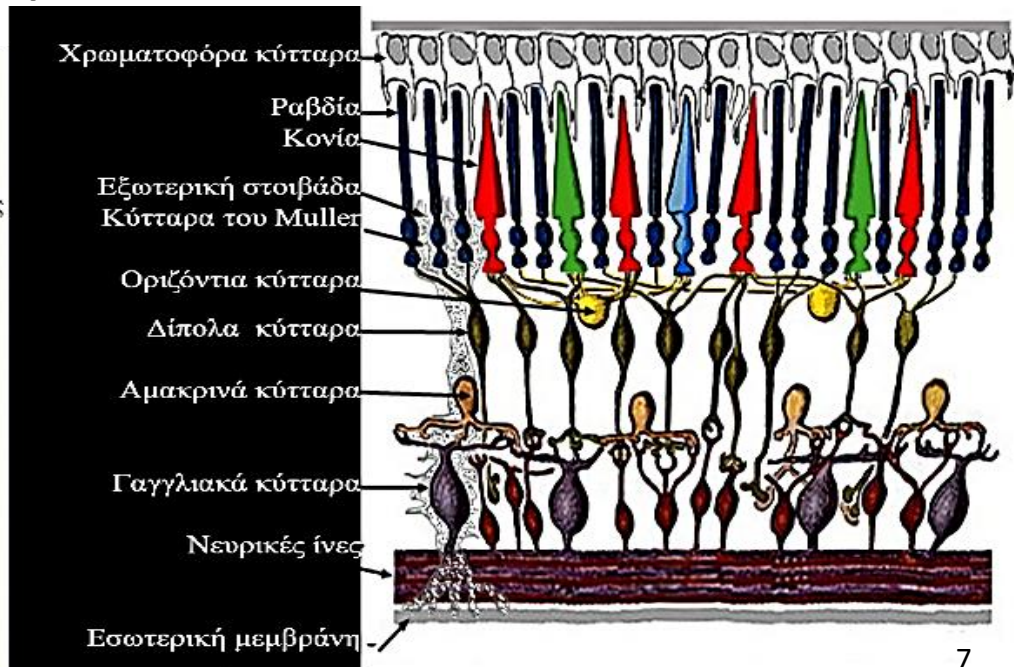
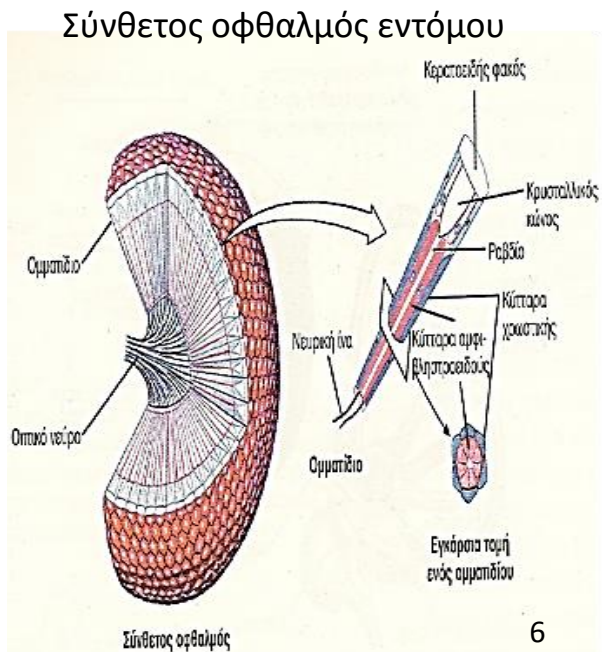
5



Αισθητήρια όργανα

Όραση 2/2

- Οι φωτοϋποδοχείς βρίσκονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Τα κωνία βρίσκονται εντοπισμένα κυρίως και γύρω από το κεντρικό εντύπωμα ενώ τα ραβδία βρίσκονται σε μεγαλύτερη πυκνότητα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς.



Αισθητήρια όργανα

Αντίληψη χρωμάτων 1/8

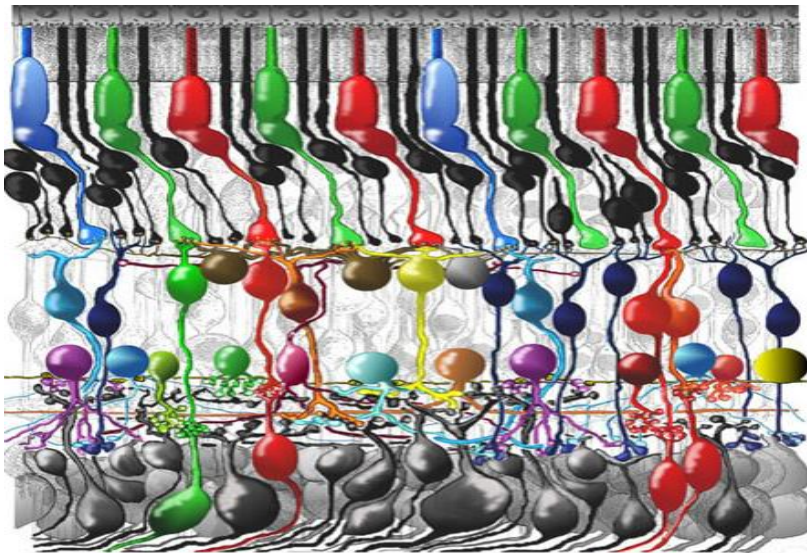
- Τα **κωνία αντιλαμβάνονται τα χρώματα** και χρειάζονται πολύ περισσότερο φως από τα ραβδία για να διεγερθούν
- Άρα, η **νυκτερινή όραση είναι σχεδόν αποκλειστικά όραση των ραβδίων**
- Έτσι, τα νυκτόβια ζώα έχουν **αμφιβληστροειδείς που αποτελούνται από ραβδία**
- Ο άνθρωπος έχει 3 τύπους κωνίων: Τα **μπλέ** απορροφούν στα 430 nm, τα **πράσινα** στα 540 nm και τα **κόκκινα** στα 575 nm.
- Η αντίληψη του χρώματος γίνεται ανάλογα με το ποσοστό των κωνίων που ενεργοποιούνται



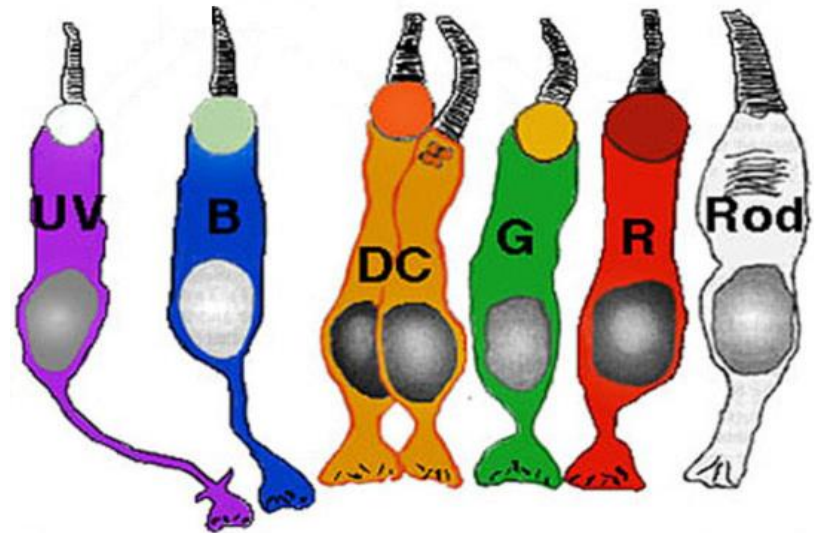
Αισθητήρια όργανα Αντίληψη χρωμάτων 2/8

Κωνία και ραβδία ανθρώπου

και χελώνας



8



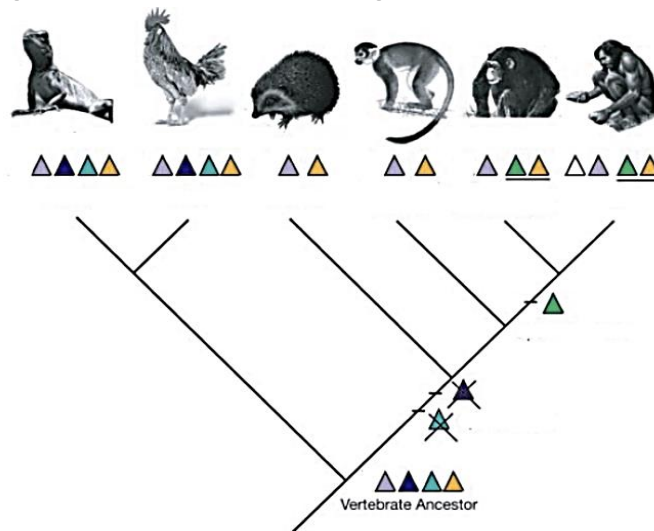
9



Αισθητήρια όργανα

Αντίληψη χρωμάτων 3/8

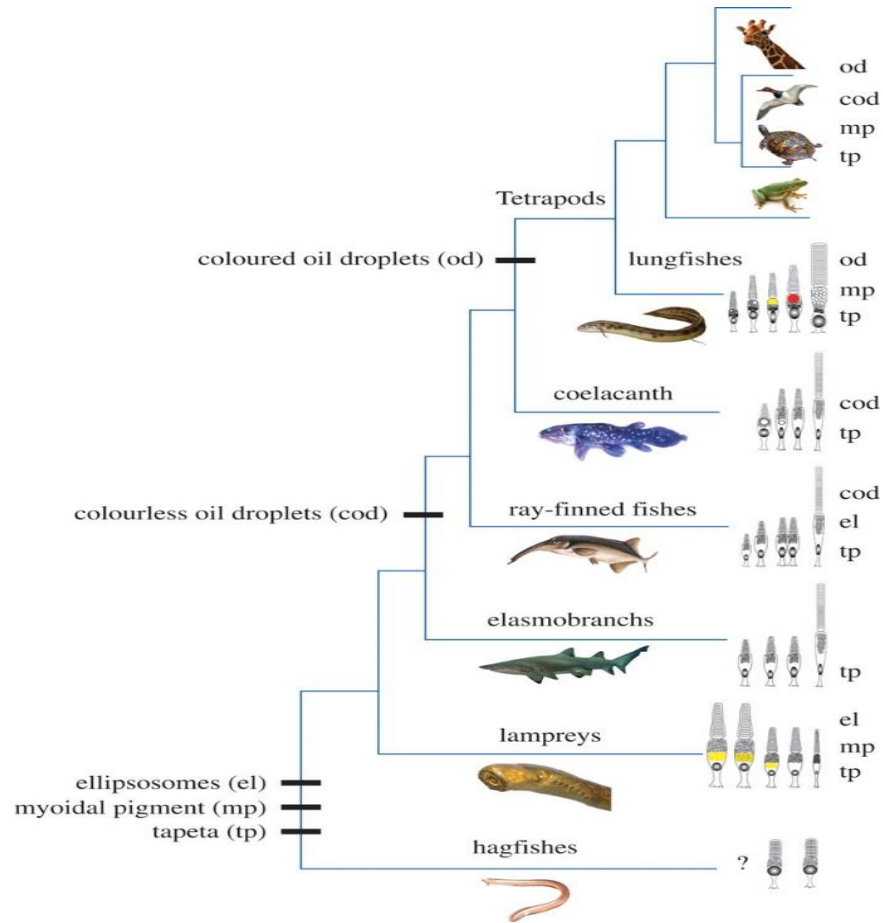
- Ζώα που είναι **νυκτόβια** ή ζούν σε **βαθιά νερά** έχουν **λίγα** ή **δεν έχουν κωνία**.
- Κρίσιμο σημείο στην ικανότητα για διάκριση των χρωμάτων είναι η **παρουσία σταγονιδίων λαδιού (oil droplet)** στους **φωτοϋποδοχείς**.
- Τα πρωτόγονα Σπονδυλόζωα είχαν 4 φωτοϋποδοχείς με ευαισθησία στο **βιολετί** (370 nm), **μπλέ** (445 nm) **πράσινο** (508 nm) και **πορτοκαλί** (560 nm).



10



Αισθητήρια όργανα Αντίληψη χρωμάτων 4/8



11



Αισθητήρια όργανα

Αντίληψη χρωμάτων 5/8

- Στους **Χονδριχθύες** πολύ πρόσφατα βρέθηκαν 3 διαφορετικοί φωτοϋποδοχείς (γονίδια της οψίνης). Άλλες μελέτες λένε ότι δε βλέπουν χρώματα!
- Στην **Ομοταξία Σαρκοπτερύγιοι** βρέθηκαν 4 διαφορετικοί φωτοϋποδοχείς.
- Στους **Οστεϊχθύες** έχουν βρεθεί **περισσότεροι από 3** φωτοϋποδοχείς λόγω διπλασιασμού των γονιδίων της οψίνης με μεγάλη ποικιλία ανάμεσα στα είδη.
- Τα Πτηνά έχουν **4 διαφορετικούς** φωτοϋποδοχείς.



Αισθητήρια όργανα

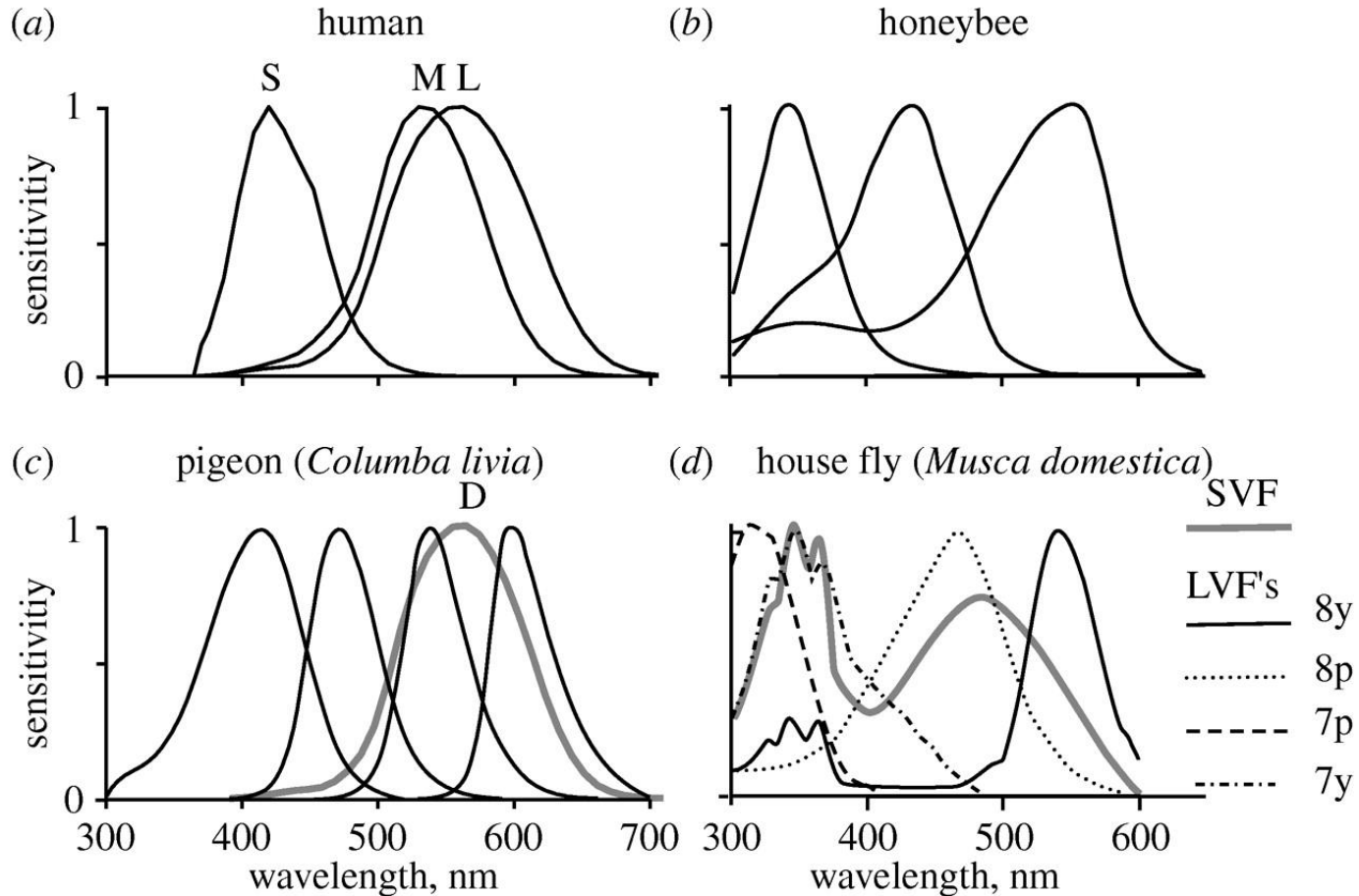
Αντίληψη χρωμάτων 6/8

- Τα Ερπετά έχουν 4 διαφορετικούς φωτοϋποδοχείς.
- Τα Αμφίβια (όσα έχουν φωτοϋποδοχείς) έχουν 3 διαφορετικούς.
- Τα Θηλαστικά έχουν 2 φωτοϋποδοχείς και άρα τα περισσότερα Θηλαστικά είναι διχρωματικά.
- Τα Πρωτεύοντα Θηλαστικά έχουν 3 διαφορετικούς φωτοϋποδοχείς λόγω διπλασιασμού ενός γονιδίου της οψίνης. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία στις ιδιότητες των φωτοϋποδο-χέων και θεωρείται ότι υπάρχουν φωτοϋποδοχείς ευαίσθητοι στο UV.



Αισθητήρια όργανα

Αντίληψη χρωμάτων 7/8

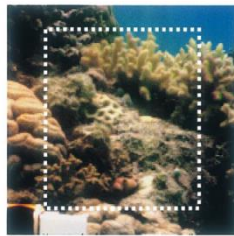


Αισθητήρια όργανα

Αντίληψη χρωμάτων 8/8

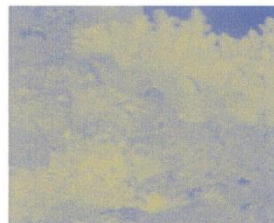
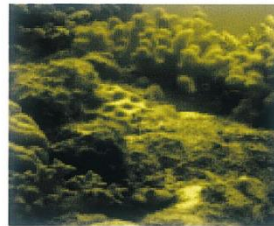
- Η αντίληψη των χρωμάτων όμως είναι μια σύνθετη διαδικασία που βασίζεται επιπλέον στην **απόχρωση (Hue)**, στη **φωτεινότητα (Lightness)** και στον **κορεσμό (Saturation)** του χρώματος. Αυτές οι ιδιότητες του φωτός διαχωρίζουν τον τρόπο που βλέπουν τα ζώα. Έτσι...

Άνθρωπος



Ψάρι

430/530

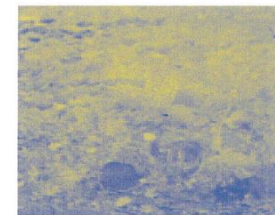
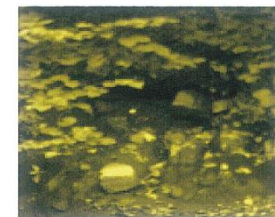


Άνθρωπος



Σκύλος

430/565



13



Τι βλέπουν μερικά άλλα ζώα;



Άνθρωπος

Γάτα

14



15



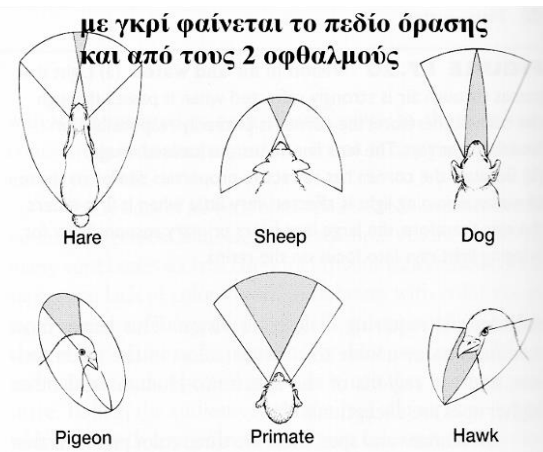
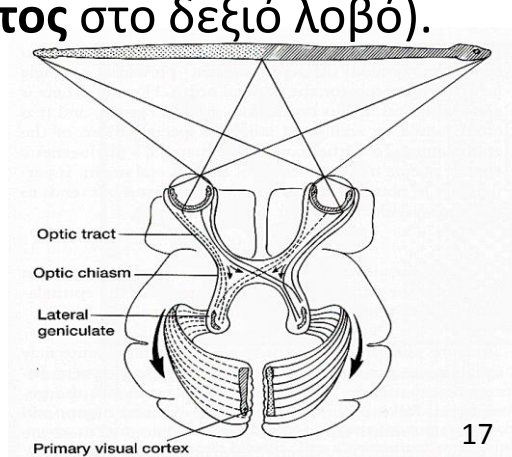
16



Αισθητήρια όργανα

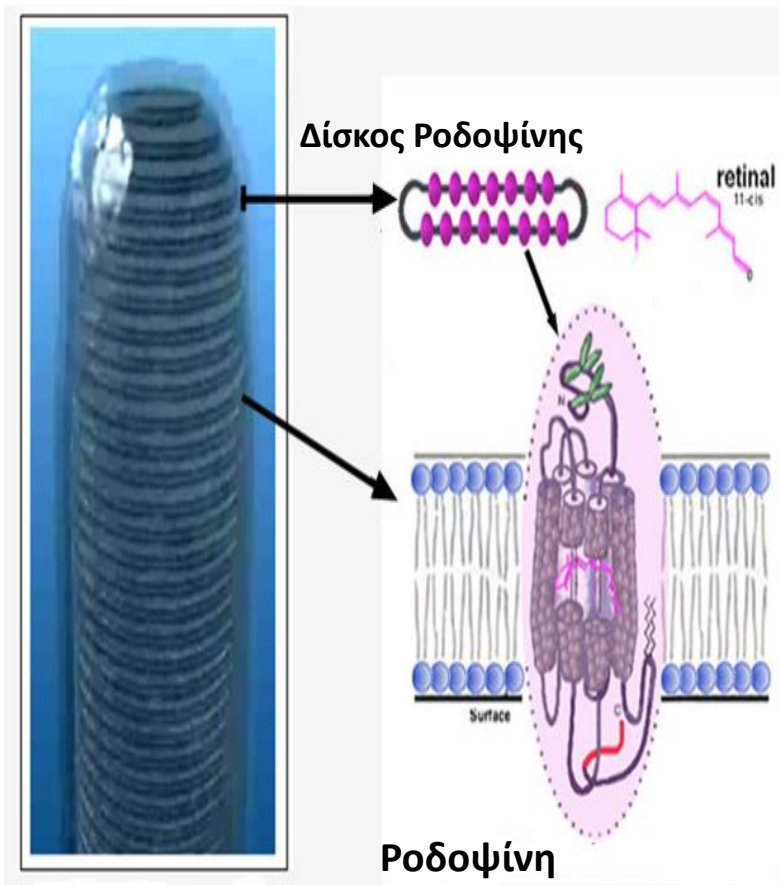
Όραση: Μηχανισμός 1/2

- Η αίσθηση του φωτός πρέπει ωστόσο να συνδυάζεται με την αντίληψη της θέσης ενός αντικειμένου. Έτσι τα ζώα χρησιμοποιούν τη **διοπτρική όραση** ενώ ζώα με πολλούς θηρευτές έχουν **μεγάλη πανοραμική όραση**.
- Η ακριβής θέση του αντικειμένου αποκωδικοποιείται με οπτικά ερεθίσματα που φτάνουν στον εγκέφαλο από διαφορετικές κατευθύνσεις (**κεφάλι θηράματος στον αριστερό λοβό, ουρά θηράματος στο δεξιό λοβό**).

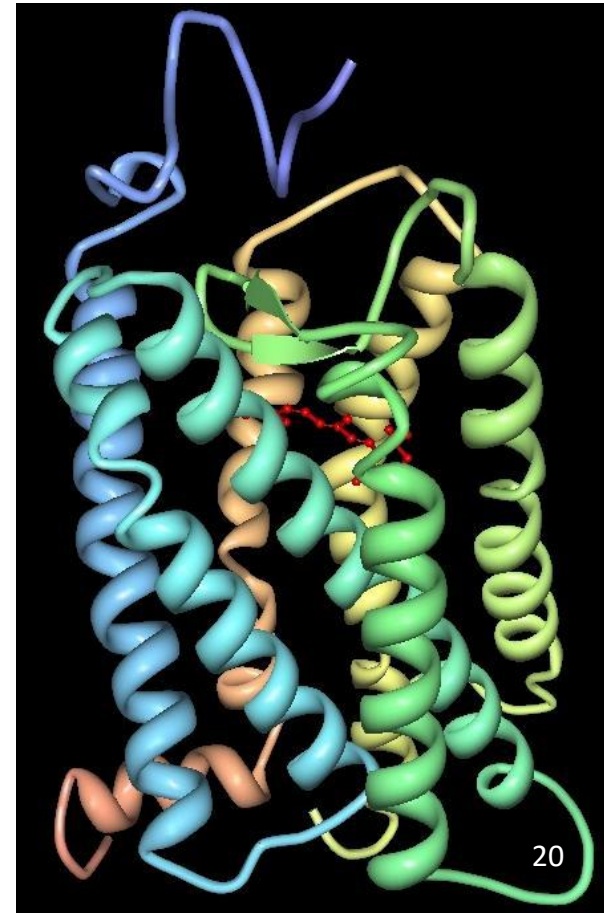


Αισθητήρια όργανα

Όραση: Μηχανισμός 2/2



19



Αισθητήρια όργανα

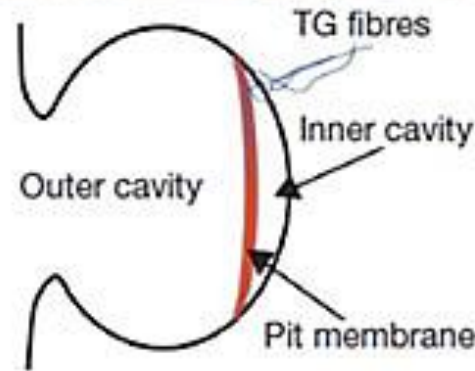
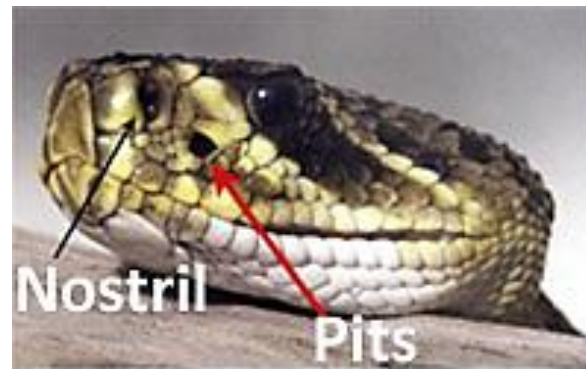
«Όραση» Υπέρυθρης Ακτινοβολίας 1/2

- Η ενέργεια οποιασδήποτε ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματός της. Έτσι, ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος δεν έχει επαρκή ενέργεια για να δημιουργήσει φωτοχημικές αντιδράσεις. Ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος προκαλεί βλάβες σε οργανικά υλικά. Η υπεριώδη ακτινοβολία δε διαπερνά συνήθως το φακό του οφθαλμού.
- Υπάρχουν ωστόσο ζώα που μπορούν να αναγνωρίσουν την υπέρυθη και τη θερμική ακτινοβολία όπως ο **κροταλίας, crotalus atrox**, που χρησιμοποιεί ένα εξειδικευμένο όργανο, το **pit organ**, για αυτό το σκοπό.
- Στο όργανο αυτό εντοπίστηκε το **κανάλι κατιόντων TRPA1** ως ο υποδοχέας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η ενεργοποίηση του καναλιού αυτού γίνεται με θερμική διέγερση και όχι με φωτοχημική αντίδραση. Η πρωτεΐνη αυτή θεωρείται ως ο πλέον θερμοευαίσθητος υποδοχέας στα Σπονδυλόζωα.

Πηγή: Gracheva, E.O. et. al., (2010). Molecular basis of infrared detection by snakes. Nature, 464, 1006-1011.



Αισθητήρια όργανα «Όραση» Υπέρυθρης Ακτινοβολίας 2/2



21

Πηγή: Gracheva, E.O. et. al., (2010). Molecular basis of infrared detection by snakes. *Nature*, 464, 1006-1011.



Αισθητήρια όργανα

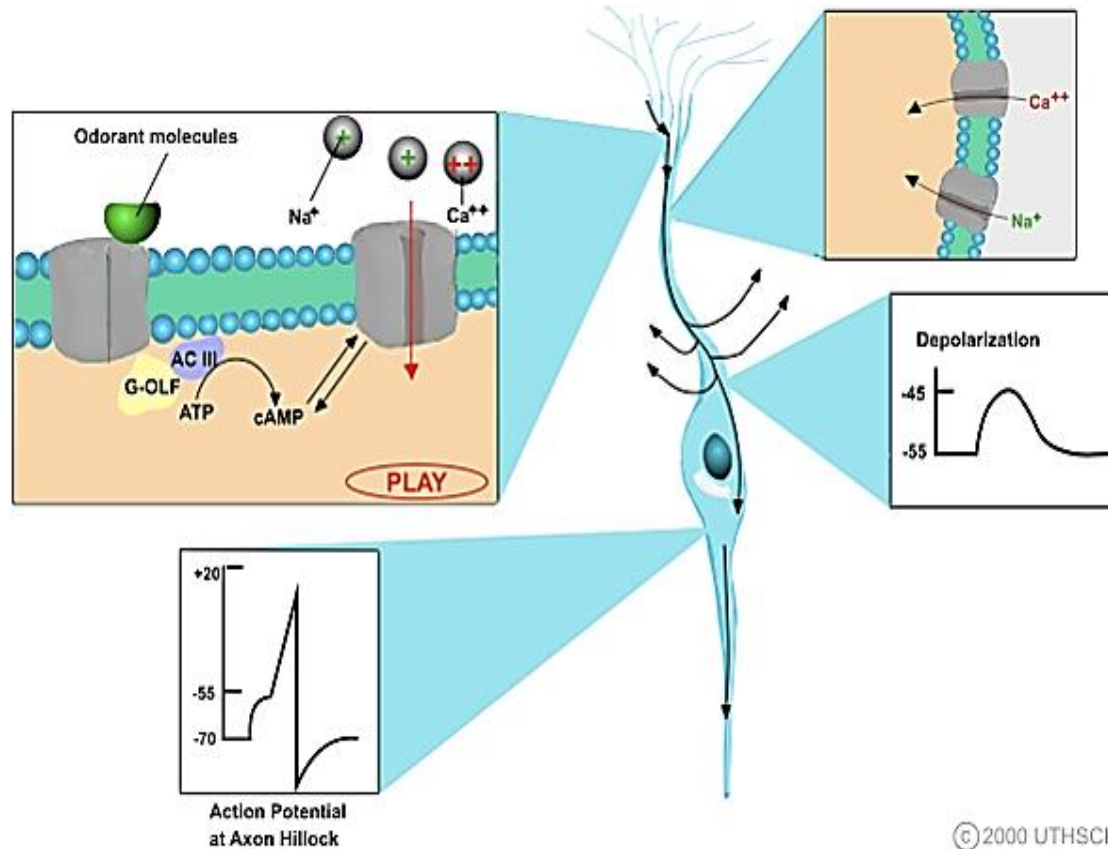
Όσφρηση 1/4

- Κάθε 1 κύτταρο-υποδοχέας εκφράζει στις βλεφαρίδες του 1 μόνο υποδοχέα για μια ουσία.
- Κάθε 1 υποδοχέας μπορεί να ενεργοποιείται (πρόσδεση) από περισσότερες από 1 ουσίες.
- Κάθε 1 κύτταρο-υποδοχέας καταλήγει σε 1 ή 2 σπειράματα στον οσφρητικό λοβό.
- Οι άνθρωποι έχουν 388 λειτουργικούς υποδοχείς και 414 ψευδογονίδια και αναγνωρίζουν περίπου 10000 οσμές: Κάντε τους υπολογισμούς...
- Ο εγκέφαλος λέει **«παίρνω σήμα από νευρώνα 22, 110 και 251: Άρα είναι δυόσμος»**. Τα τρωκτικά έχουν περίπου 1200 υποδοχείς, οι σκύλοι 870, αλλά δεν μπορούν να μας πουν πόσες οσμές αναγνωρίζουν!
- Επειδή μιλάμε για πτητικές ενώσεις στα θαλάσσια Θηλαστικά, η όσφρηση δεν χρησιμοποιείται.



Αισθητήρια όργανα

Όσφρηση 2/4



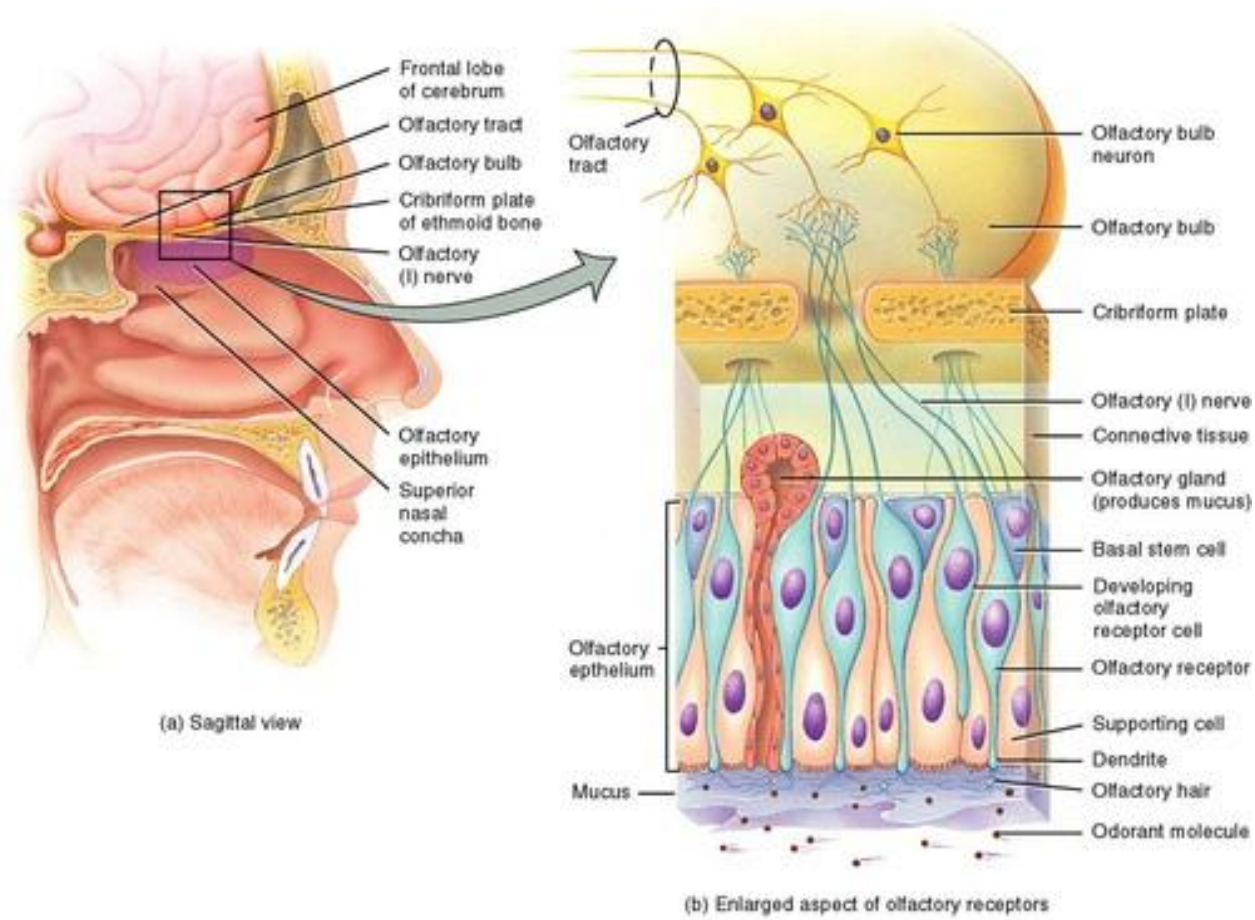
© 2000 UTHSCH

22



Αισθητήρια όργανα

Όσφρηση 3/4



23



Ποικιλομορφία στη δυνατότητα των ζώων να διακρίνουν οσμές

	Αριθμός λειτουργικών γονιδίων	Αριθμός ψευδογονιδίων
Χοίρος	1,113	188
Αγελάδα	881	190
Αρουραίος	1,201	292
Σκύλος	872	222
Ποντίκι	1,037	354
Ψάρι-Ζέβρα	102	35
Άνθρωπος	388	414
Βάτραχος	410	478
Κότα	82	476

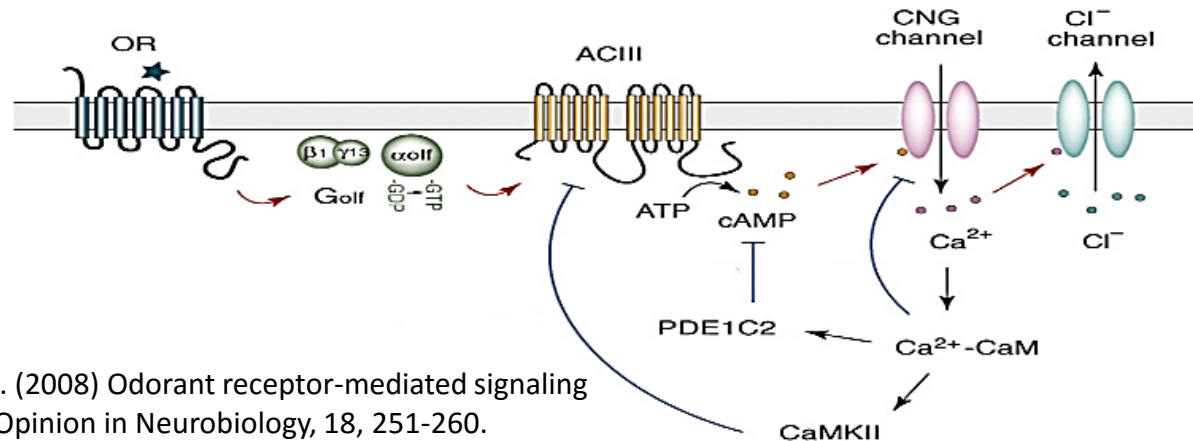
Ο πίνακας αυτός εξηγεί γιατί οι χοίροι είναι οι καλύτεροι ανιχνευτές!



Αισθητήρια όργανα

Όσφρηση 4/4

- Στην αίσθηση της όσφρησης κύριο ρόλο παίζουν τα κανάλια CNG (Cyclic Nucleotide Gated channels).
- Πιο συγκεκριμένα τα CNG κανάλια που ενεργοποιούνται από το **cAMP** ευθύνονται για τη μεταφορά των **οσφρητικών αισθήσεων**.
- Αλλά τα CNG κανάλια που ενεργοποιούνται από το **cGMP** ευθύνονται για τη μεταφορά των **οπτικών αισθήσεων**.



Πηγή: Imai T., Sakano H. (2008) Odorant receptor-mediated signaling in the mouse. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 251-260.

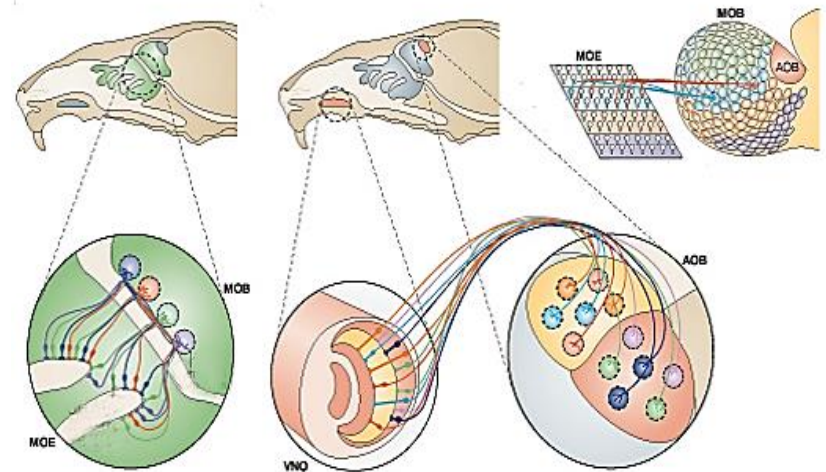
24



Αισθητήρια όργανα

Όσφρηση : Όργανο του Jakobson

- Υπάρχει στα περισσότερα χερσαία Σπονδυλόζωα αλλά όχι στον άνθρωπο.
- Χρησιμεύει για τον εντοπισμό φερομονών (κυρίως ενώσεις σε υγρή φάση) και είναι όργανο που συμβάλλει στην αναπαραγωγική διαδικασία και στην κοινωνική συμπεριφορά των ζώων. Οι νευρικές απολήξεις των νευρώνων από το όργανο αυτό καταλήγουν στον υποθάλαμο. Οι μορφασμοί των ζώων σχετίζονται με τη μεταφορά φερομονών στο όργανο του Jacobson (**flehmen**). Τα φίδια χρησιμοποιούν τις γλωσσίδες τους με τον ίδιο τρόπο.



25



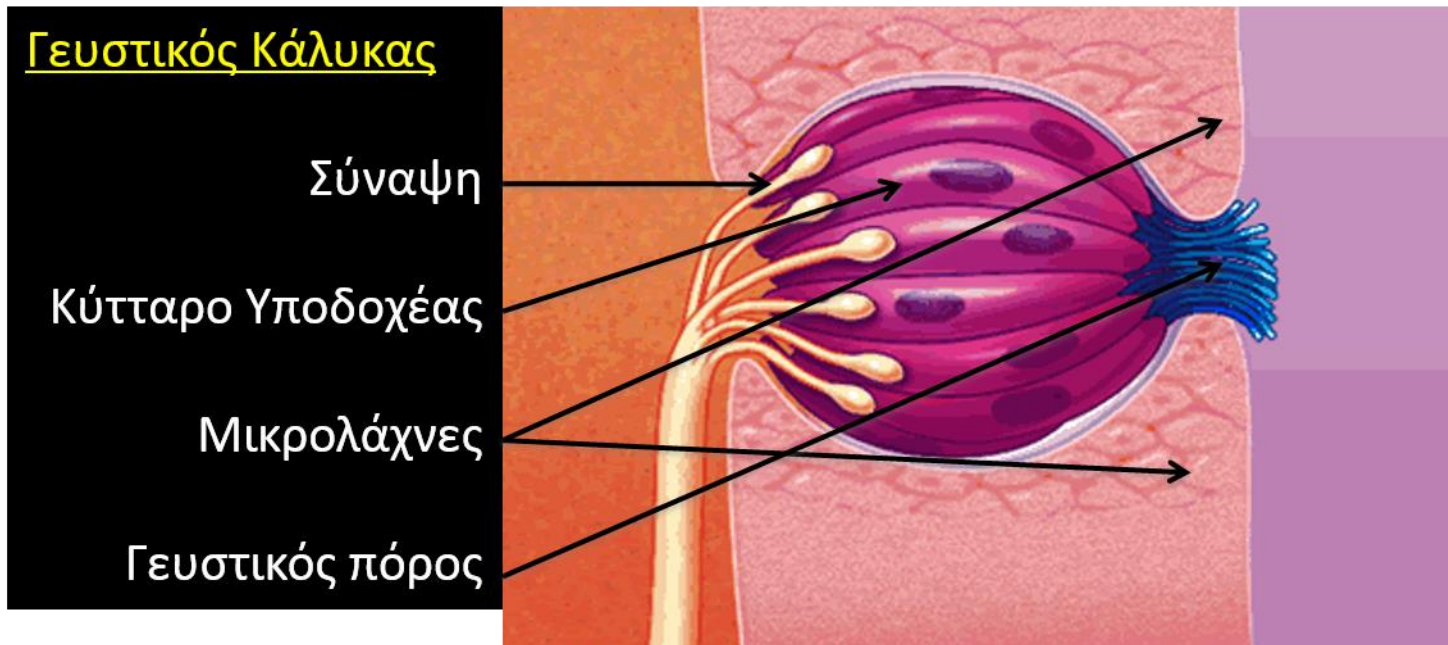
Αισθητήρια όργανα

Γεύση 1/6

- Στα Σπονδυλόζωα έχουν εντοπιστεί 4 κατηγορίες κυττάρων που λειτουργούν ως υποδοχείς γεύσεων (πηγή: Ishimaru (2009) Odontology, 97, 1-7).
- Η κατηγορία 1 δεν φέρει γευστικούς υποδοχείς και παίζει ρόλο υποστηρικτικό στις άλλες κατηγορίες.
- Η κατηγορία 2 φέρει τους υποδοχείς για το γλυκό, πικρό και το ουμάμι.
- Η κατηγορία 3 φέρει τους υποδοχείς για το ξινό.
- Η κατηγορία 4 θεωρείται ότι είναι τα πρόδρομα κύτταρα των άλλων υποδοχέων.
- Στα Ασπόνδυλα η αντίληψη των γεύσεων είναι πιο περίπλοκη λόγω της παρουσίας αισθητήριων τριχών σε διαφορετικά σημεία του σώματος .



Αισθητήρια όργανα Γεύση 2/6



26



Αισθητήρια όργανα

Γεύση 3/6

Στα θηλαστικά έχουν ταυτοποιηθεί υποδοχείς για 5 διαφορετικές κατηγορίες ουσιών που παρέχουν 5 διαφορετικές αισθήσεις γεύσεων.

Κατηγορία γεύσεων που αναγνωρίζονται από διαμεμβρανικούς υποδοχείς:

1) **Πικρή γεύση:** Μηχανισμός που αναπτύχθηκε για την αποφυγή βρώσης τοξικών ουσιών. Οι υποδοχείς για το πικρό είναι η οικογένεια των πρωτεϊνών T2R (25 γονίδια στον άνθρωπο, 34 στο ποντίκι). Εκφράζονται σε διαφορετικά κύτταρα του γευστικού κάλυκα από τους άλλους υποδοχείς γευστικών ερεθισμάτων.

2) **Γλυκιά γεύση:** Οι υποδοχείς για το γλυκό είναι ετερομερή των πρωτεϊνικών υποδοχέων T1R2/T1R3. Εικάζεται ότι διαφορετικές ουσίες με γλυκιά γεύση προσδέονται σε διαφορετικές περιοχές των υποδοχέων και έτσι διαφοροποιούν το αισθητικό αποτέλεσμα. Στις γάτες το T1R2 είναι ψευδογονίδιο, ενώ στις κότες το γονίδιο αυτό λείπει.



Αισθητήρια όργανα

Γεύση 4/6

3) **Ουμάμι γεύση:** Οι υποδοχείς για το ουμάμι είναι ετερομερή των πρωτεϊνικών υποδοχέων T1R1/T1R3. Οι υποδοχείς αυτοί μπορούν να συνυπάρχουν στο ίδιο κύτταρο υποδοχέα. Ενεργοποιούνται από 1) το όξινο γλουταμινικό νάτριο (E621) και το ασπαρτικό οξύ 2) πουρινικά νουκλεοτίδια όπως τη μονοφωσφορική ινοσίνη και μονοφωσφορική γουανοσίνη. Τα δεύτερα ενισχύουν τη γεύση του πρώτου.

Οι υποδοχείς του ποντικού ενεργοποιούνται από τα L-αμινοξέα.

Στην αναγνώριση όλων αυτών των γεύσεων κύριο ρόλο παίζει το κανάλι TRPM5.



Αισθητήρια όργανα

Γεύση 5/6

Κατηγορία γεύσεων που αναγνωρίζονται από διαμεμβρανικά κανάλια ιόντων:

1) **Ξινή γεύση:** Οι υποδοχείς για το ξινό πιστεύεται πως είναι οι πρωτεΐνες PKD2L1 PKD1L3 που ανήκουν στην κατηγορία των πρωτεϊνών TRPP που είναι μη-επιλεκτικά κανάλια κατιόντων που ενεργοποιούνται από το ασβέστιο. Πιστεύεται ότι η σεροτονίνη ελευθερώνεται στις νευρικές απολήξεις των νευρικών αυτών κυττάρων στον εγκέφαλο.

2) **Αλμυρή γεύση:** Δεν είναι πλήρως εξακριβωμένο πως μεταβιβάζεται το σήμα αναγνώρισης του αλμυρού αν και είναι γνωστό ότι σχετίζεται με το Νάτριο.

Τα δεδομένα δείχνουν τα Επιθηλιακά Κανάλια Νατρίου (ENaCs) ως υπεύθυνα.

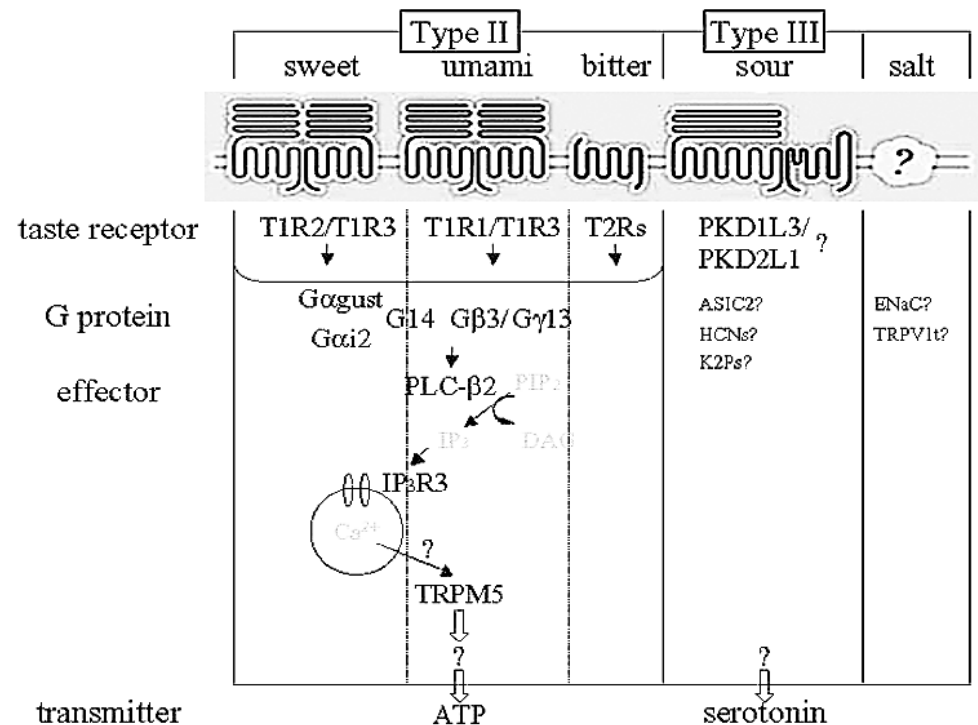


Αισθητήρια όργανα

Γεύση 6/6

Δύο λόγια για το κανάλι TRPM5:

- Ανήκει στην κατηγορία των καναλιών TRPM και είναι ειδικό μόνο για μονοσθενή κατιόντα. Απενεργοποιείται από όξινο pH, είναι θερμο-ευαίσθητο και ενεργοποιείται από το ασβέστιο.
- Στην ίδια κατηγορία ανήκει το κανάλι TRPM8 με το οποίο αναγνωρίζουμε την αίσθηση της μέντας!



27



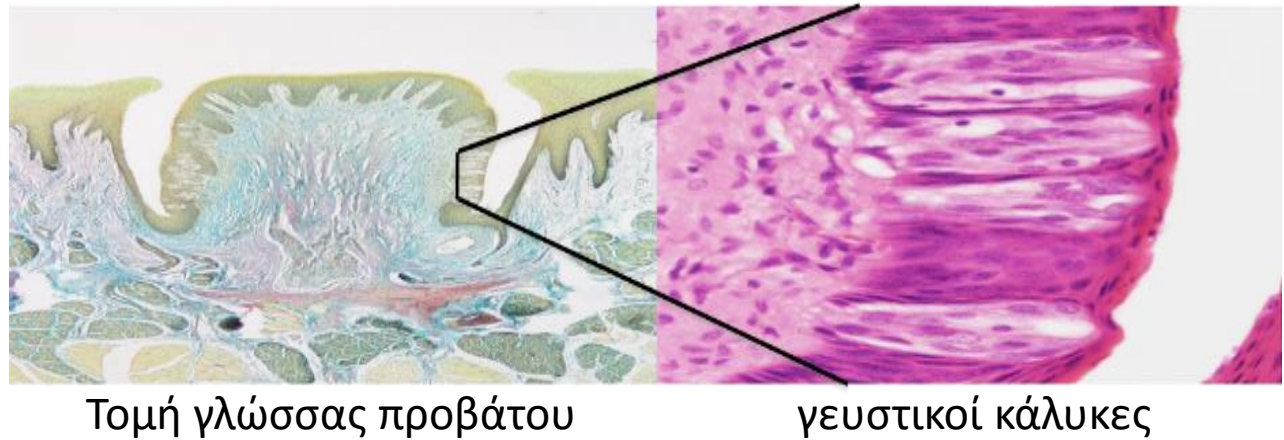
Ποιες γεύσεις αναγνωρίζουν οι άνθρωποι και μερικά άλλα ζώα;

- Οι υποδοχείς για το ουμάμι και το γλυκό έχουν σημαντική εξελικτική σημασία για την αναγνώριση τροφών πλούσιων σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες αντίστοιχα.
- Οι υποδοχείς για το πικρό εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία στα Σπονδυλόζωα με τους περισσότερους στα χορτοφάγα Θηλαστικά.
- Οι υποδοχείς για το γλυκό έχουν βρεθεί να σχετίζονται με συμπεριφορές εθισμού.
- Οι κότες και οι γάτες δεν αναγνωρίζουν το γλυκό.
- Κάποια είδη νυχτερίδων δεν αναγνωρίζουν τη γεύση ουμάμι, ενώ άλλες νυχτερίδες δεν αναγνωρίζουν το γλυκό.



Δομές – Χημικά χαρακτηριστικά γεύσεων

Οι άνθρωποι αναγνωρίζουν 5 γεύσεις: Το ουμάμι, το γλυκό, το πικρό, το αλμυρό και το ξινό.



Τομή γλώσσας προβάτου

γευστικοί κάλυκες

28

Ουμάμι	Γλυκό	Πικρό	Αλμυρό	Ξινό
T1R1+T1R3	T1R2+T1R3	~30 T2Rs	ENaC	PKD2L1 CA IV
Άλατα γλουταμικού οξέος	Μono- ή δισακχαρίτες	Συνθετικές πικραντικές ενώσεις	Νάτριο	Οξέα
Νουκλεοτίδια	Συνθετικές γλυκαντικές ενώσεις	Κινίνες Ατροπίνη		Ανθρακούχα ποτά

29



Αισθητήρια Όργανα

Αφή (μία σύνθετη αίσθηση) 1/2

Για την αίσθηση της αφής χρησιμεύουν κυρίως 2 μικρά σωμάτια που φέρουν μηχανο-υποδοχείς:

1) Το σωμάτιο του Meissner και

2) Το σωμάτιο του Pacini

αλλά και **3) Τα κύτταρα (δίσκοι) Merkel**

4) Το σωμάτιο του Ruffini

5) Λογχοειδείς απολήξεις

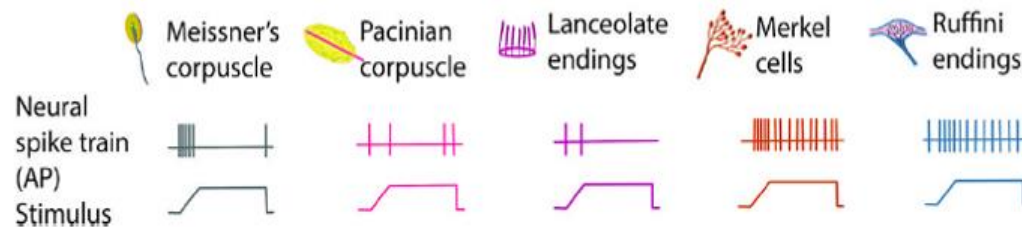
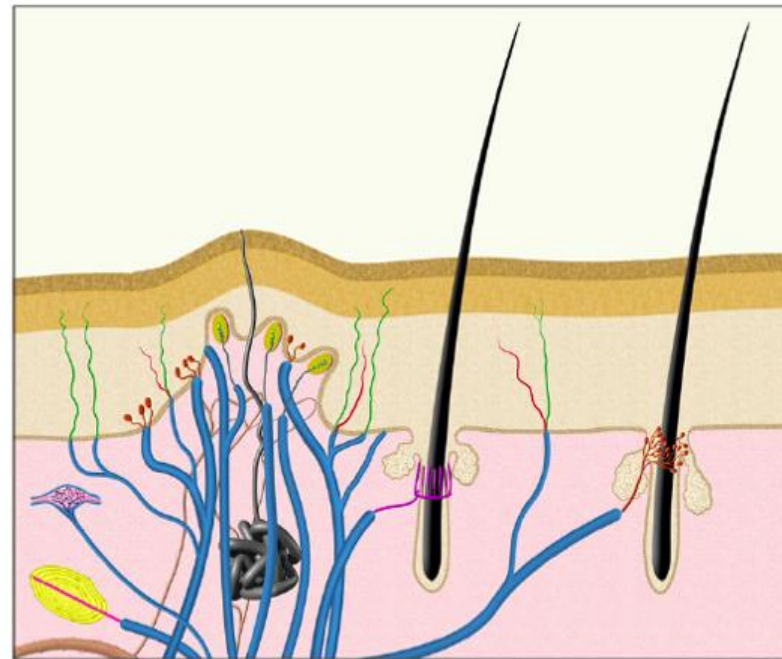
Το σωμάτιο του Pacini ενεργοποιείται από πιο ισχυρές δονήσεις (βέλτιστο 250 Hz) και βρίσκεται στο όριο δερμίδας-υποδερμίδας.

Τα σωμάτια του Pacini είναι λιγότερα σε αριθμό από τα σωμάτια του Meissner. Είναι άγνωστο τι είδους μηχανο-υποδοχείς φέρουν. Χαρακτηρίζονται από γρήγορη προσαρμογή.

Και εδώ εμπλέκεται η ομάδα των TRP καναλιών ως μηχανο-υποδοχείς.



Αισθητήρια Όργανα Αφή (μία σύνθετη αίσθηση) 2/2



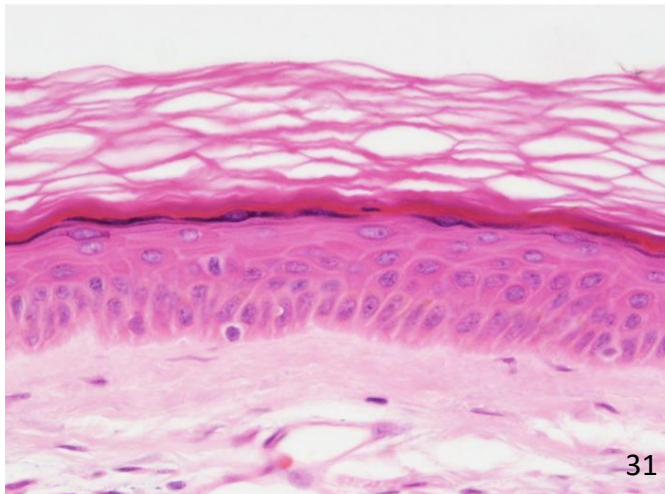
30



Πως αισθανόμαστε ότι αγγίζουμε κάτι;

- Η αφή που αφορά την απτική ή ψηλαφητή αίσθηση, δηλαδή την ικανότητα να αισθανόμαστε λεπτές διαφορές στην υφή των υλικών αφορά και διεκπεραιώνεται δύο «ανατομικές διαμορφώσεις».

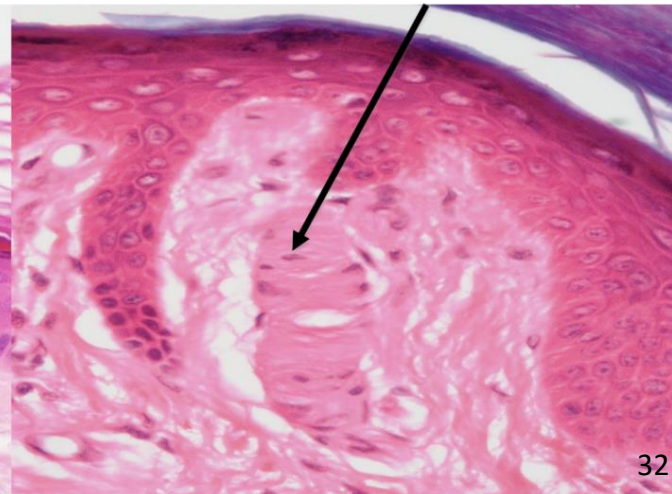
Τις ελεύθερες νευρικές απολήξεις
των κυττάρων (δίσκων) Merkel



31

Τομή επιδερμίδας

το σωματίο του Meissner



32

Τομή επιδερμίδας/δερμίδας



Τι αισθανόμαστε όταν αγγίζουμε κάτι;

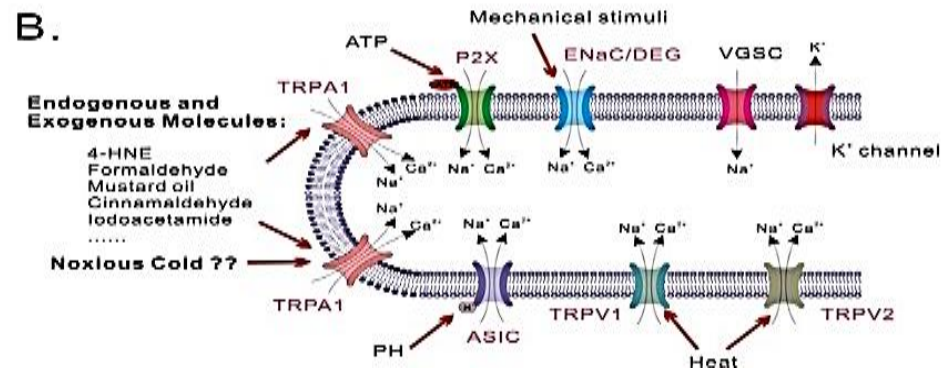
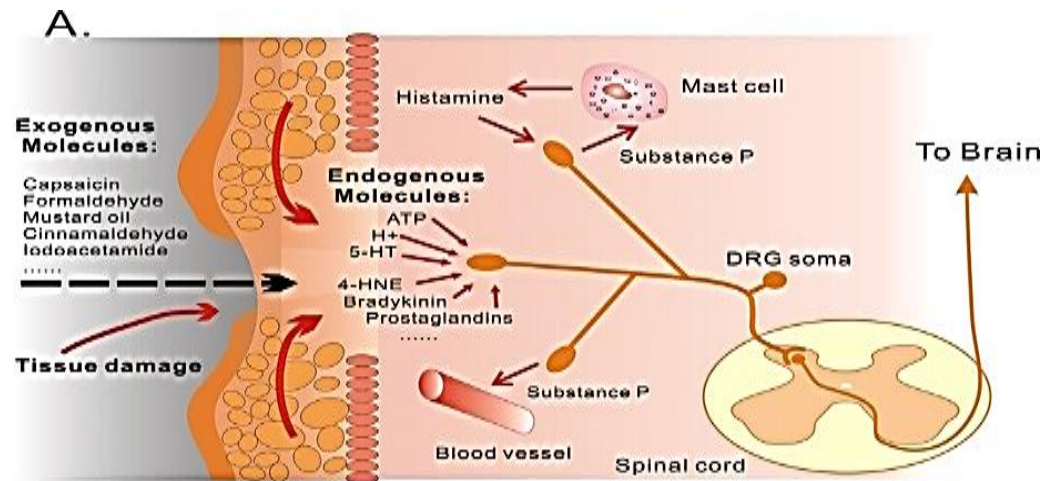
- Όταν το σώμα μας έρθει σε επαφή με ένα αντικείμενο τότε καταλαβαίνουμε τις αλλαγές στη συχνότητα της πίεσης που ασκείται στο δέρμα μας.
- Το σωμάτιο του Meissner φέρουν μηχανοϋποδοχείς που αναγνωρίζουν αλλαγές της τάξης των 5 – 100 Hz.
- Τα κύτταρα Merkel θεωρούνται ότι φέρουν εξαιρετικά ευαίσθητους μηχανοϋποδοχείς που αναγνωρίζουν μικρές διαφορές στην υφή των υλικών.
- Ποντίκια που δεν έχουν κύτταρα Merkel δεν μπορούν να διακρίνουν την υφή των υλικών με τα πόδια τους.
- Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι τα δάκτυλά μας μπορούν να διακρίνουν διαφορές ύψους >10 nm στην επιφάνεια ενός υλικού.



Αισθητήρια Όργανα

Αφή – Αίσθηση του πόνου

- Χημικά ερεθίσματα που παράγονται όταν έχουμε καταστροφή ιστών ενεργοποιούν διαφορετικά κανάλια κατιόντων. Τα TRPV1 και TRPV2 ενεργοποιούνται από τη θερμότητα, τα ENaC/DEG από μηχανική πίεση, ASICs από οξέα, το TRPA1 από ψύξη.



33

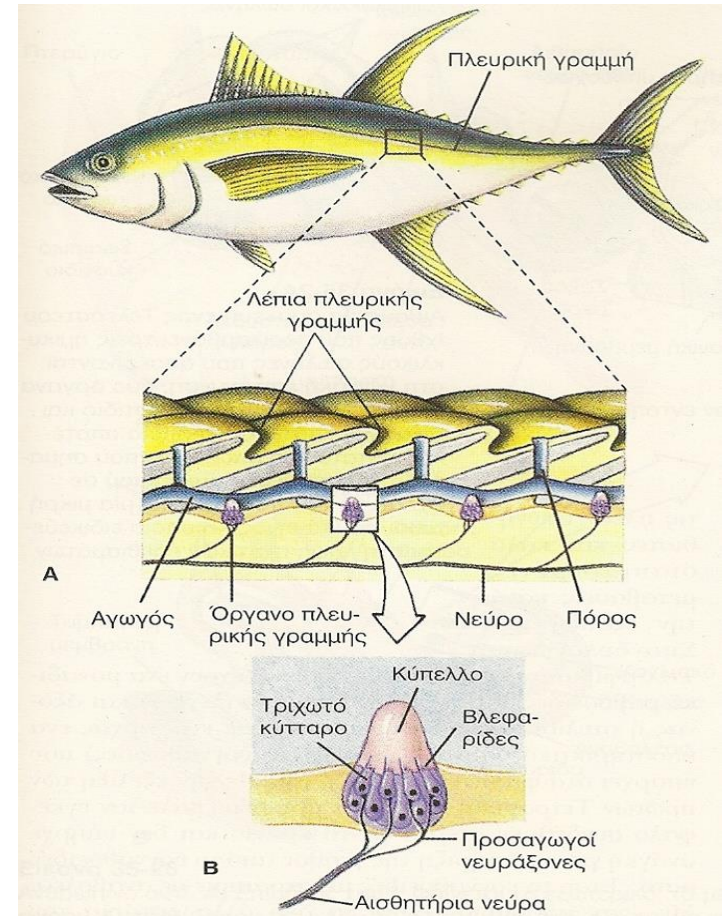


Αισθητήρια Όργανα

Αφή 1/2

Το σύστημα πλευρικής γραμμής:

- Η πλευρική γραμμή είναι ένας εξ αποστάσεως υποδοχέας αφής για την ανίχνευση δονήσεων κυμάτων και ρευμάτων στο νερό.
- Τα όργανα-υποδοχείς καλούνται **νευρομαστοί** και είναι τοποθετημένα στην επιφάνεια του σώματος των υδρόβιων αμφιβίων και των ψαριών.
- Σε πολλά ψάρια βρίσκεται κάτω από την επιδερμίδα και λαμβάνει ώσεις μέσω αγωγών. Οι νευρομαστοί βρίσκονται επίσης σε μεγάλη πυκνότητα στο κεφάλι των ψαριών.
- Είναι το κύριο αισθητήριο σύστημα αφής και **πλοήγησης** των ψαριών.



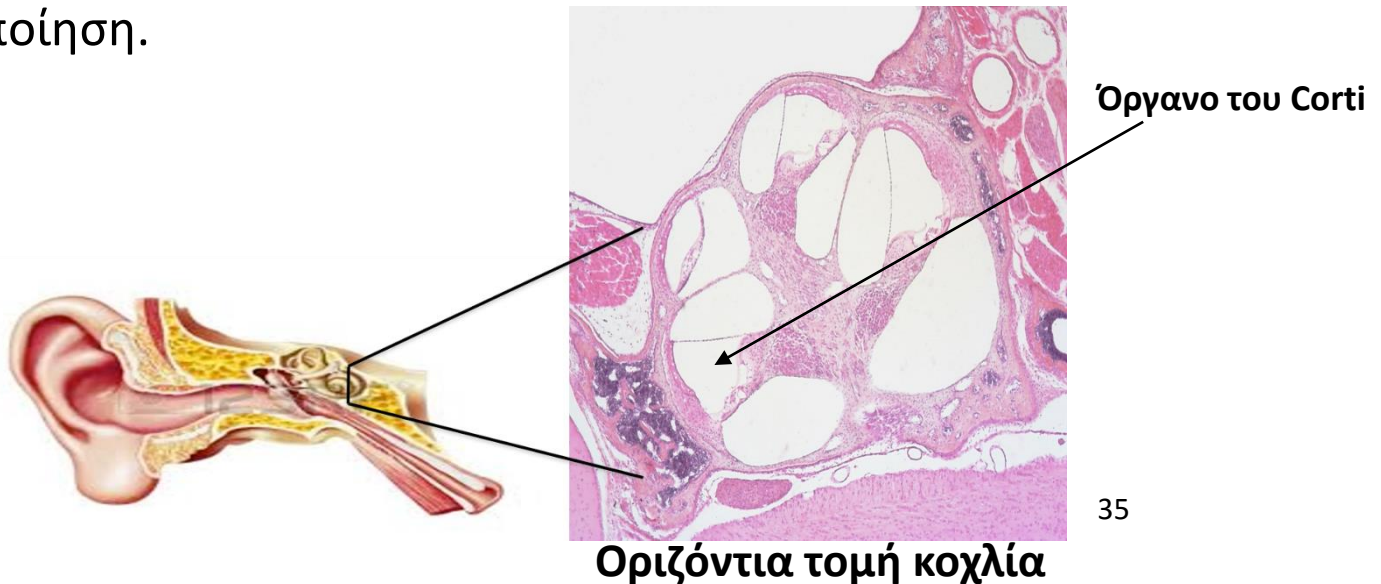
34



Αισθητήρια Όργανα

Αφή 2/2

- Η αίσθηση της ακοής ενεργοποιείται όταν ηχητικά κύματα προκαλέσουν ταλάντωση στο τύμπανο του αυτιού μας. Αυτό με τη σειρά του ενεργοποιεί τον κοχλία μέσα στον οποίο βρίσκεται το αισθητήριο της ακοής που ονομάζεται όργανο του Corti.
- Στα διάφορα είδη ζώων η ανατομία του αυτιού εμφανίζει ευρεία διαφοροποίηση.



Αισθητήρια Όργανα

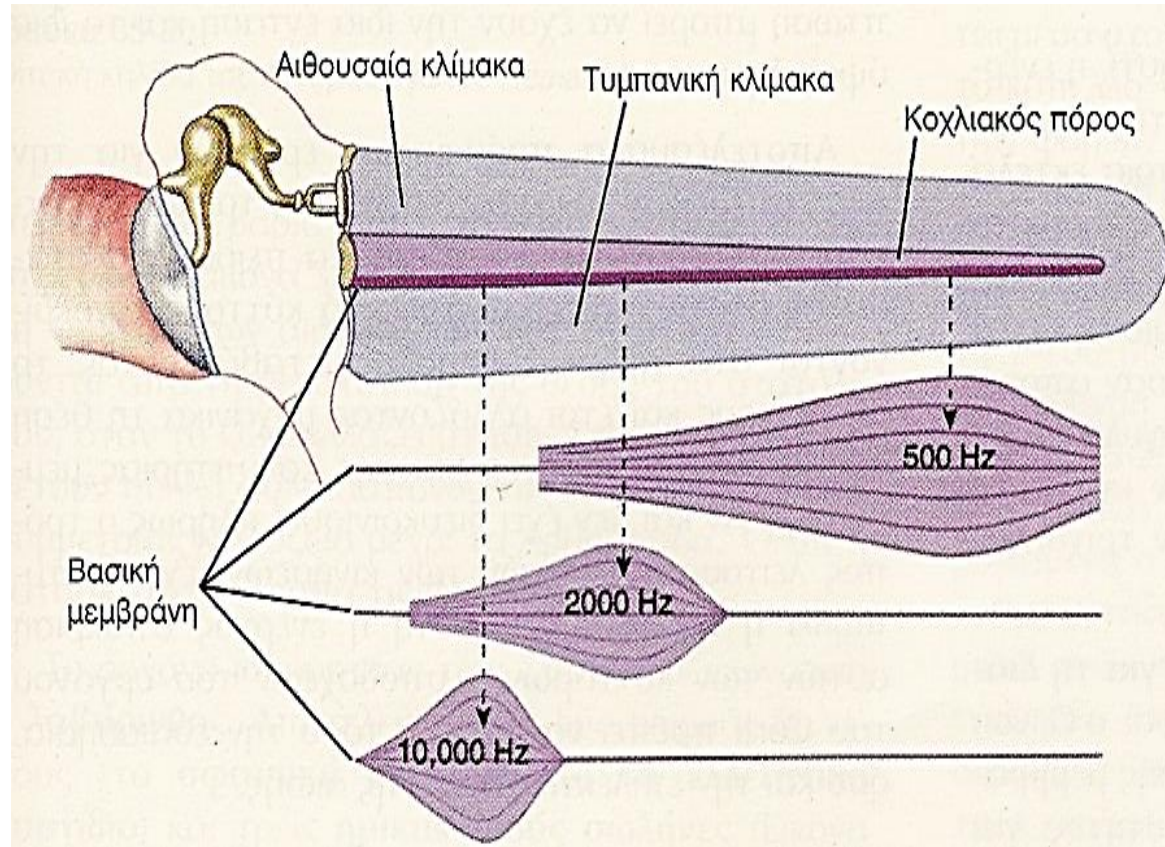
Ακοή 1/5

- Οι **άνθρωποι** έχουν ένα εύρος ακοής σε συχνότητες από 20 έως 20000 Hz, ωστόσο άλλα ζώα μπορούν να ακούσουν υπέρηχους ενώ άλλα μπορούν να ακούσουν υπόηχους
- Οι **νυχτερίδες** χρησιμοποιούν τον **Ηχοεντοπισμό** για την αναγνώριση της λείας τους και ο μηχανισμός αυτός βασίζεται στην δημιουργία ήχων υψηλής συχνότητας και στην λήψη των κυμάτων που ανακλούνται. Κάποια έντομα μπορούν να εντοπίσουν τους ήχους αυτούς και ενεργοποιούν μηχανισμούς αποφυγής τους ή παρεμβολής τους
- Οι **φάλαινες** και τα **δελφίνια** μπορούν να αντιληφθούν υπέρηχους ενώ κάποιες φάλαινες χρησιμοποιούν ήχους υψηλής συχνότητας για τον εντοπισμό της τροφής τους.



Αισθητήρια Όργανα

Ακοή 2/5



36



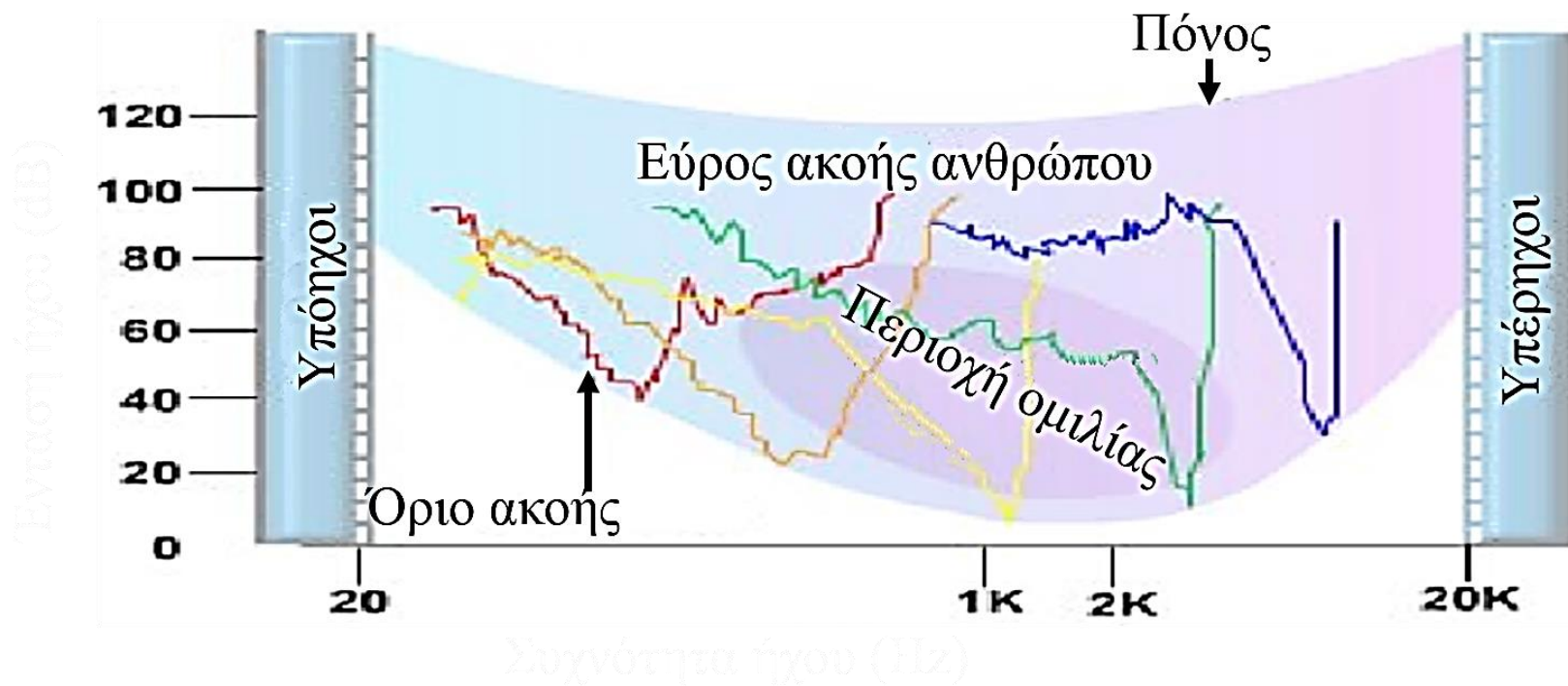
Αισθητήρια Όργανα

Ακοή 3/5

- Τα **σκυλιά** επίσης μπορούν να ακούσουν ήχους υψηλής συχνότητας μέχρι 40000 Hz.
- Οι **νυχτερίδες** ήχους που φτάνουν τα 100000 Hz.
- Τα πουλιά εμφανίζουν την ικανότητα να ακούν υπόηχους της τάξης του 0.05 Hz (δηλαδή 1 ηχητική ταλάντωση ανά 20 δευτ.) και σαν αποτέλεσμα μπορούν να αντιληφθούν ήχους από σεισμούς ή ρεύματα αέρα.
- Η **διάκριση της τονικότητας του ήχου (συχνότητα) γίνεται μέσω της ικανότητας συγκεκριμένων ήχων να ενεργοποιήσουν συγκεκριμένα τριχωτά κύτταρα.**



Αισθητήρια Όργανα Ακοή 4/5

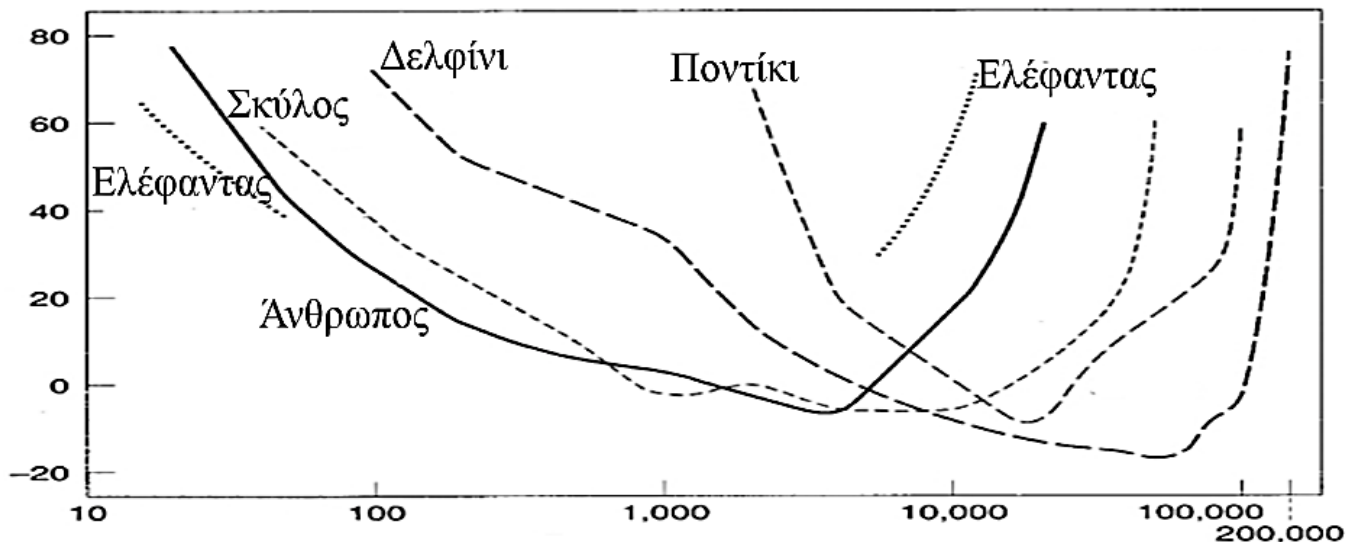


37



Τι ακούμε ;

- Η ακοή είναι μια αίσθηση που συνδυάζει την πίεση (ένταση) των ηχητικών κυμάτων με τη συχνότητα των ηχητικών κυμάτων.
- Έτσι μπορούμε να ακούμε ήχους χαμηλών η υψηλών συχνοτήτων μόνο αν είναι υψηλής έντασης.
- Τα περισσότερα είδη ζώων ακούνε ήχους που δεν μπορούμε να ακούσουμε εμείς.



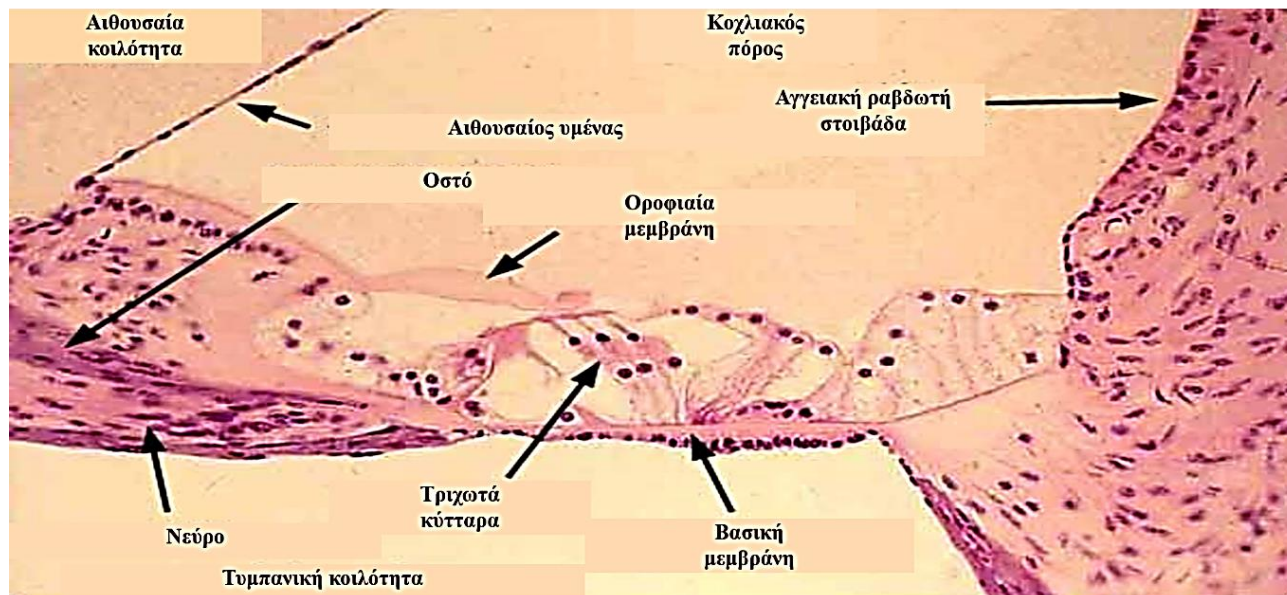
38



Αισθητήρια Όργανα

Ακοή 5/5

Έχει βρεθεί ότι το κανάλι **TRPA1** που ανήκει και αυτό στην οικογένεια των καναλιών TRP είναι αυτό που ενεργοποιεί τα τριχωτά κύτταρα στο όργανο του Corti (Corey DP. et al. (2004) TRPA1 is a candidate for the mechanosensitive transduction channel of vertebrate hair cells. Nature, 432, 723-730). Στον ψάρι-μοντέλο **Danio rerio** στον μηχανισμό αυτό συμμετέχει και το κανάλι **TRPN1**.



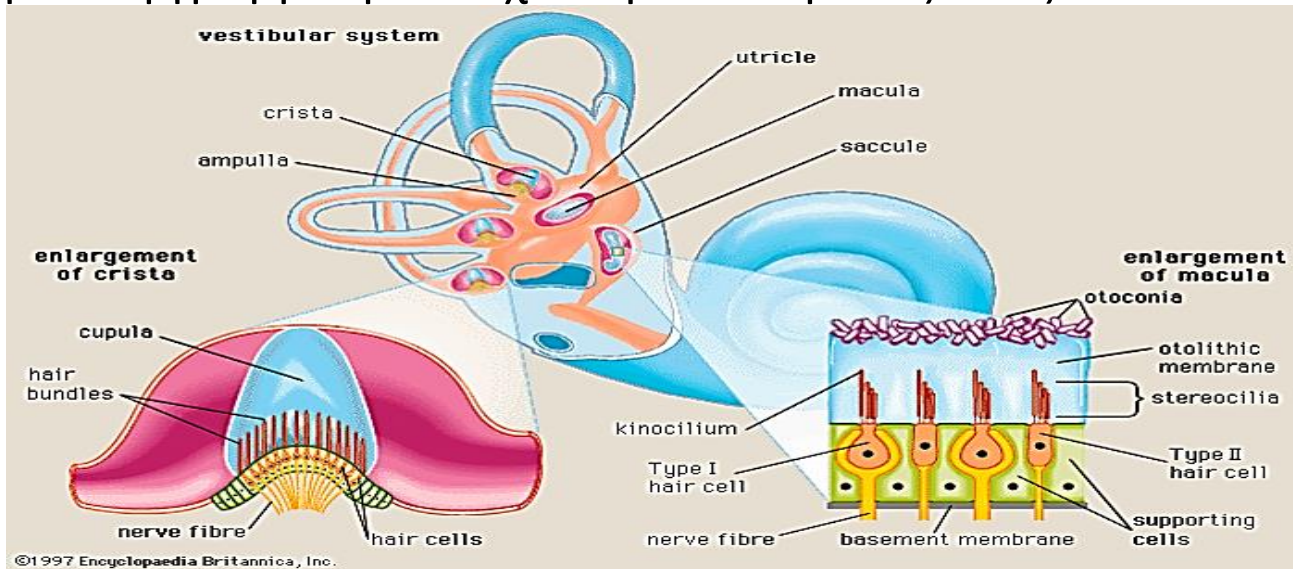
39



Αισθητήρια Όργανα

Όργανο Ισορροπίας 1/2

Το όργανο ισορροπίας στα Σπονδυλόζωα είναι ο λαβύρινθος. Φέρει δύο μικρούς θαλάμους (σφαιρικό κυστίδιο (sacculle) και ελλειπτικό κυστίδιο (utricle) που ευθύνονται για την αναγνώριση της θέσης του σώματος σε σχέση με το βαρυτικό πεδίο. Για την αναγνώριση της περιστροφικής επιτάχυνσης χρησιμοποιούνται οι ημικυκλικοί σωλήνες που είναι σχετικά ανενεργοί στη γραμμική επιτάχυνση του σώματος του ζώου.



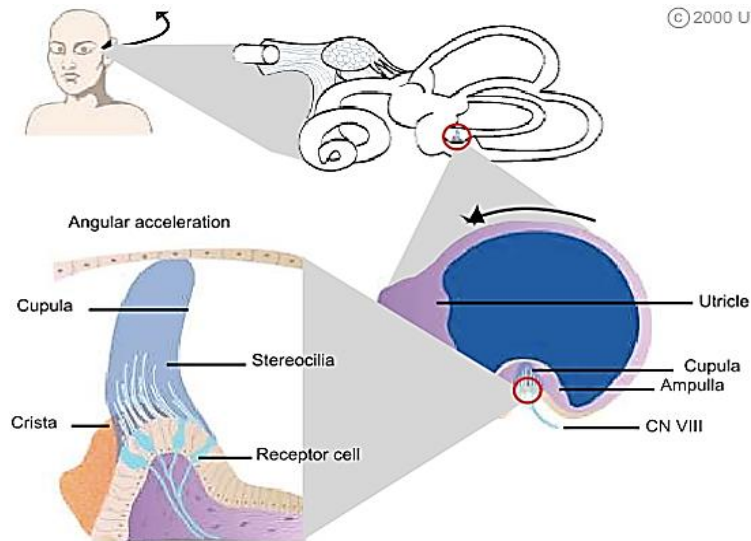
40



Αισθητήρια Όργανα

Όργανο Ισορροπίας 2/2

Οι ημικυκλικοί σωλήνες φέρουν υγρό (ενδολέμφο) που περιβάλλει μια βολβοειδή διεύρυνση, τη **λήκυθο** (ampulla), που φέρει τριχοφόρα κύτταρα μέσα σε μια ζελατινώδη μεμβράνη, το **κύπελλο** (cupula). Όταν υπάρχει περιστροφή του κεφαλιού, τότε η ενδολέμφος κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση και διεγείρει τα τριχοφόρα κύτταρα. Το αποτέλεσμα είναι αναγνώριση της περιστροφής γιατί οι 3 ημικυκλικοί σωλήνες βρίσκονται σε 3 διαφορετικά επίπεδα (x,y,z) και ένας από αυτούς θα αντιληφθεί την κίνηση.



41



Αισθητήρια Όργανα

Ηλεκτροϋποδοχείς – Ηλεκτρικά όργανα 1/4

Οι ηλεκτροϋποδοχείς και τα ηλεκτρικά όργανα βρίσκονται στους Ιχθύες και σε είδη της τάξης Μονοτρήματα, αλλά όχι σε άλλα τετράποδα.

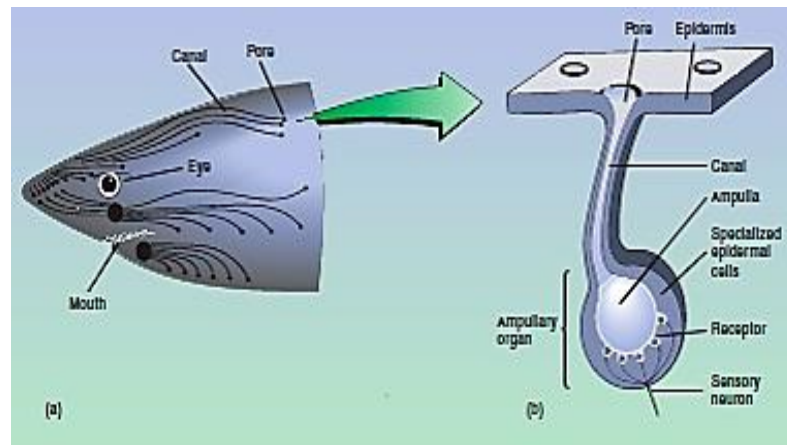
Υπάρχουν 2 ειδών ηλεκτροϋποδοχείς:

1) Οι κύστεις του Lorenzini και

2) Οι κονδυλώδεις υποδοχείς (tuberous receptors)

Στους Χονδριχθύες κυρίως (αλλά και σε κάποια άλλα είδη Ιχθύων) συναντάμε τις **κύστεις του Lorenzini**. Αυτές είναι όργανα που αναγνωρίζουν **χαμηλής συχνότητας αλλαγές στο δυναμικό εκπόλωσης και αλλαγές στην ένταση του ηλεκτρικού πεδίου**.

Αποτελούνται από κανάλια γεμάτα ζελατινώδες υγρό που ανοίγουν στην επιδερμίδα και φέρουν στη βάση τους αισθητήρια κύτταρα. **Στα ψάρια που ζούν σε γλυκά νερά τα κανάλια των κύστεων έχουν μικρότερο μέγεθος.**

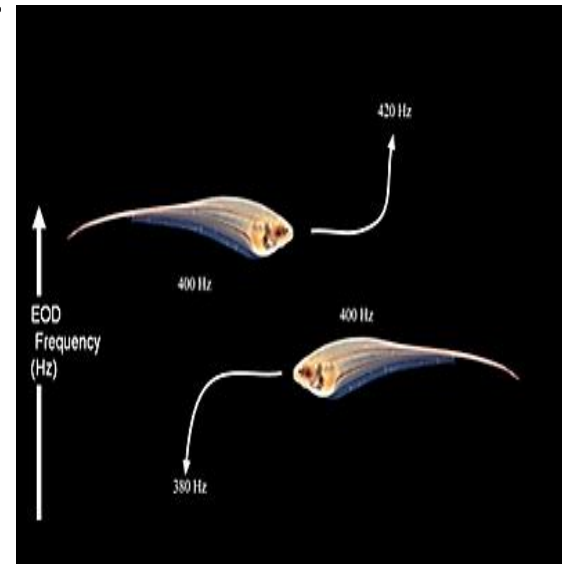


Αισθητήρια Όργανα

Ηλεκτροϋποδοχείς – Ηλεκτρικά όργανα 2/4

Οι ηλεκτροϋποδοχείς στις κύστεις του Lorenzini μπορούν να αναγνωρίσουν διαβαθμίσεις στη διαφορά δυναμικού της τάξης του 10^{-8} V/cm. **Η δυνατότητα να διακρίνουν διαφορές δυναμικού, και να μην μπερδεύονται από τη συχνότητα των παλμών που εκπέμπουν άτομα του ίδιου είδους, βασίζεται στην ικανότητά τους να μεταβάλλουν το εύρος αναγνώρισης των συχνοτήτων των ηλεκτρικών παλμών που μπορούν να διακρίνουν.**

Έτσι μπορούν να διακρίνουν **κινήσεις και συσπάσεις των μυών (που παράγουν ασθενή ηλεκτρικά πεδία)** σε θηράματα που βρίσκονται κοντά τους (μερικά μέτρα) ακόμα και αν είναι καλυμμένα κάτω από άμμο ή λάσπη.



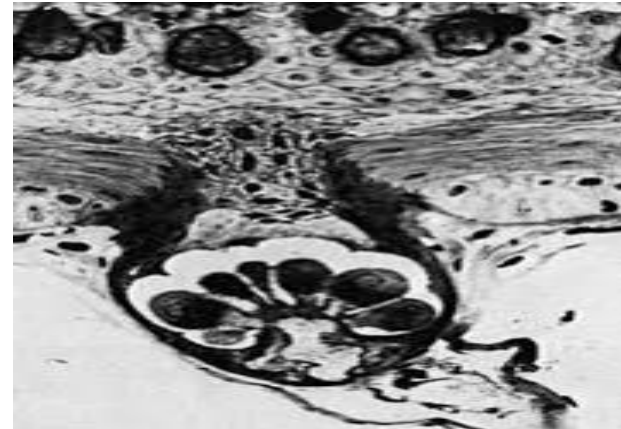
Αισθητήρια Όργανα

Ηλεκτροϋποδοχείς – Ηλεκτρικά όργανα 3/4

Οι κονδυλώδεις υποδοχείς (tuberous receptors) υπάρχουν σε Ιχθύες που μπορούν να παράγουν ηλεκτρικές εκπολώσεις μέσω των ηλεκτρικών οργάνων τους. Τα ηλεκτρικά όργανα χρησιμοποιούνται για τον ηλεκτροεντοπισμό.

Η ανατομία των κονδυλώδων υποδοχέων διαφέρει από αυτή των κύστεων του Lorenzini. Εδώ έχουμε ένα στρώμα επιθηλιακών κυττάρων που καλύπτουν σφηνοειδή κύτταρα κάτω από τα οποία βρίσκονται οι ηλεκτροϋποδοχείς.

Λόγω αυτής της ανατομικής διαφοράς οι ηλεκτροϋποδοχείς είναι ευαίσθητοι σε ηλεκτρικές εκπολώσεις μεγαλύτερων συχνοτήτων, όπως αυτές που παράγονται από τα ηλεκτρικά όργανα κάποιων ψαριών. Οι κονδυλώδεις υποδοχείς αναγνωρίζουν συχνότητες μερικών εκατοντάδων Hz.



44



Αισθητήρια Όργανα

Ηλεκτροϋποδοχείς – Ηλεκτρικά όργανα 4/4

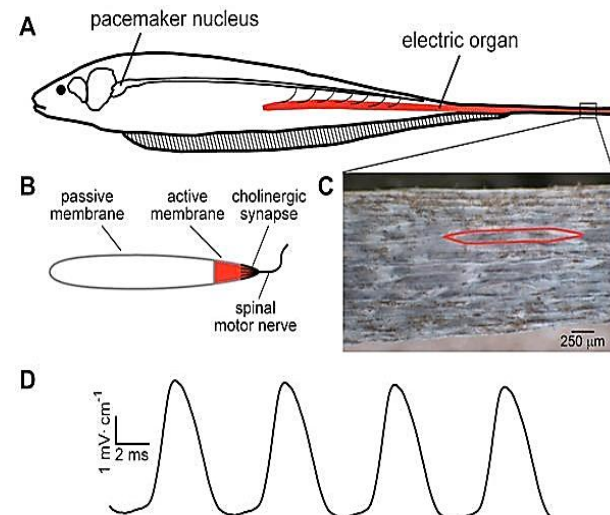
Τα ηλεκτρικά όργανα των Ιχθύων αποτελούνται από κύτταρα με κυματοειδή μορφή που λέγονται **ηλεκτροπλάκες (electroplaques)** και είναι τοποθετημένα σε **στήλες**. Κάθε στήλη φέρει χιλιάδες ηλεκτροπλάκες και δεκάδες στήλες υπάρχουν αμφίπλευρα στο σώμα του ψαριού.

Δρούν όπως οι μύες και φέρουν μετασυναπτικούς νικοτινικούς ακετυλχολινικούς υποδοχείς.

Κάθε ηλεκτροπλάκα του ηλεκτρικού χελιού (*Electrophorus electricus*) μετά από νευρική διέγερση παράγει 0.15 V και όλες

μαζί, λόγω της τοποθέτησής τους σε **στήλες**, παράγουν μια εκπόλωση 500 V.

Τα ηλεκτρικά όργανα χρησιμοποιούνται κυρίως για επικοινωνία και λιγότερο συχνά για αναισθητοποίηση της λείας.



45

Πηγή: Michael R. Markham, M. Lynne McAnelly, Philip K. Stoddard, Harold H. Zakon. *Circadian and Social Cues Regulate Ion Channel Trafficking*. *PLoS Biology*, 2009;7(9): e1000203 DOI: 10.1371/journal.pbio.1000203



Οι 20 αισθήσεις: ας τις αναλύσουμε ...

Μπορούν να διαχωριστούν σε:

Ενισχυτικές αισθήσεις



Ρευστές Αισθήσεις



Διακλαδισμένες αισθήσεις



1) Όραση

- Η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε εικόνες, χρώματα, κίνηση και σχήματα. Όλα τα σπονδυλωτά ζώα έχουν την αίσθηση της όρασης αλλά είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη στα Πτηνά και τα Ερπετά.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Άγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



15) Η αίσθηση της Θερμότητας

- Είναι η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τη μεταφορά θερμότητας μέσα και έξω από το σώμα μας.
- Μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τι είναι κρύο και τι ζεστό.
- Παίζει ρόλο στη ρύθμιση της ομοιόστασης και καθορίζει τα αισθήματα άνεσης.
- Νιώθουμε καλύτερα όταν δεν είναι σε λειτουργία η αίσθηση αυτή.

Απαντάται:

**Λάμπραινες
(Άγναθα)**

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



2) Η αίσθηση του Φωτός

- Η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα να αναγνωρίζουν τις αλλαγές στην παρουσία του φωτός μέσω υποδοχέων στο παρακωναριοειδές όργανο και να προσαρμόζουν τους αναπαραγωγικούς τους κύκλους.

Απαντάται:

Αμφίβια

Ερπετά



46



3) Η αίσθηση του Χρόνου

- Η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα να αναγνωρίζουν τις αλλαγές στο χρόνο μέσω υποδοχέων που βρίσκονται στην επίφυση και ρυθμίζουν τα βιολογικά ρολόγια.

Απαντάται:

Λάμπραινες (Αγναθα)	Καρχαρίες
Ψάρια	Αμφίβια
Ερπετά	Πτηνά
Θηλαστικά	



4) Η όσφρηση

- Είναι μια αίσθηση ανίχνευσης και εντοπισμού που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε που είναι η τροφή.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



5) Γεύση

- Είναι μια αίσθηση αναγνώρισης της τροφής για προτίμηση ή αποφυγή.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



6) Η αίσθηση της έλξης

Είναι η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα αλλά και στους ανθρώπους να αναγνωρίζουν τους γονείς, τους συγγενείς, τους ομοίους τους αλλά και τους ξένους.

Απαντάται:



7) Ακοή

Η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τα φυσικά χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων. Όλα τα σπονδυλωτά ζώα έχουν την αίσθηση της ακοής αλλά υπάρχουν έντονες διαφορές στην αντίληψη των ηχητικών κυμάτων.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Άγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



8) Η αίσθηση της Ισορροπίας

Η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα να αναγνωρίζουν τη διάταξη του σώματός τους στο χώρο, τι είναι πάνω και τι κάτω, ποιά θέση πρέπει να έχουν για να επιπλέουν και να κολυμπούν.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Άγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



10) Η αίσθηση του Ηλεκτρισμού

Η αίσθηση που επιτρέπει την αντίληψη ηλεκτρικών πεδίων και παλμών που προέρχονται από άλλους οργανισμούς. Είναι μια παραλλαγή της αίσθησης της Ροής.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια



11) Αφή

Η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε λεπτές διαφορές στην υφή των υλικών. Μας επιτρέπει να διακρίνουμε το δέρμα από το μέταλλο, το μαλακό από το σκληρό...

Απαντάται:

Λάμπραινες (Αγναθα)	Καρχαρίες
Ψάρια	Αμφίβια
Ερπετά	Πτηνά
Θηλαστικά	Άνθρωπος



12) Η αίσθηση της Πίεσης

Είναι η πρόσκαιρη αίσθηση που μας επιτρέπει να πιάνουμε κάτι και να το κρατάμε, να αγγίζουμε κάτι χωρίς να το σπάμε...

Είναι μια πολύ καλά αναπτυγμένη αίσθηση στα Πρωτεύοντα Θηλαστικά

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



13) Η αίσθηση του Πόνου

- Η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε την παρουσία βλαβερού ερεθίσματος ή ασθένειας.
- Μια ιδιαίτερα πολύπλοκη αίσθηση που στο μέλλον μπορεί να διαχωριστεί σε πολλές άλλες αισθήσεις .
- Επιτρέπει την ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος.
- Επιτρέπει την ενεργοποίηση του μηχανισμού μάχης ή φυγής .

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Ανθρώπος



14) Η αίσθηση της Δόνησης

- Η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα να αναγνωρίζουν ότι κάτι δονείται.
- Μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τις μουσικές δονήσεις, τις βροντές, τα ωστικά κύματα, το έδαφος.
- Είναι η αίσθηση που μας επιτρέπει να χορεύουμε.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



15) Η αίσθηση της Θερμότητας

- Είναι η αίσθηση που μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τη μεταφορά θερμότητας μέσα και έξω από το σώμα μας.
- Μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε τι είναι κρύο και τι ζεστό.
- Παίζει ρόλο στη ρύθμιση της ομοιόστασης και καθορίζει τα αισθήματα άνεσης.
- Νιώθουμε καλύτερα όταν δεν είναι σε λειτουργία η αίσθηση αυτή.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Αγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



16) Υπέρυθρη όραση

Είναι η αίσθηση που επιτρέπει στα φίδια να αναγνωρίζουν τη λεία τους μέσω της θερμικής ακτινοβολίας που αυτή εκπέμπει.

Απαντάται:

Ερπετά



17) Η αίσθηση της Βαρύτητας

Είναι η αίσθηση αναγνώρισης της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Εντοπίζεται αποκλειστικά στα Πτηνά.

Επιτρέπει στα Πτηνά να ρυθμίζουν με ακρίβεια το ύψος στο οποίο πετούν ακόμα και όταν σύννεφα καλύπτουν το έδαφος από κάτω ή τον οπτικό τους ορίζοντα .

Επιτρέπει τη συγχρονισμένη πτήση σε κοπάδια ακόμη και ανάμεσα στα σύννεφα.

Απαντάται:

Πτηνά



18) Η αίσθηση μέσω του Ρύγχους

Είναι η αίσθηση που επιτρέπει την αναγνώριση του χώρου και της οργάνωσης των αντικειμένων σε αυτόν.

Είναι μια αίσθηση αποκλειστική στα Θηλαστικά.

Επιτρέπει τη δημιουργία ενός νοητικού χάρτη της περιοχής στην οποία κινείται το ζώο.

Στην αίσθηση αυτή χρησιμοποιούνται οι τρίχες του ρύγχους των ζώων οι οποίες μπορούν να κινούνται με συγχρονισμένο ή ακανόνιστο τρόπο.

Απαντάται:

Θηλαστικά



19) Η αίσθηση του Μαγνητικού Πεδίου

Είναι η αίσθηση που επιτρέπει στα ζώα να αναγνωρίζουν την κατεύθυνση του Μαγνητικού Βορρά.

Παρούσα σε μεταναστευτικά είδη ζώων.

Επιτρέπει τα ζώα να αναγνωρίζουν την κατεύθυνση μετανάστευσης ακόμα και αν το τοπίο ή η εποχή έχει αλλάξει.

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Άγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Πτηνά



20) Ιδιοδεκτικότητα

Είναι η αίσθηση αναγνώρισης του ιδίου, της «χαρτογράφησης» του σώματός μας και της μέτρησης των κινήσεων.

Μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε που είναι π.χ. το πίσω μέρος του κεφαλιού μας χωρίς να το έχουμε δει ποτέ.

Είναι η αίσθηση που μας κάνει να κουνιόμαστε ρυθμικά σε καταστάσεις οδύνης.

Είναι άλλη μια αίσθηση που ενεργοποιείται όταν χορε

Απαντάται:

Λάμπραινες
(Άγναθα)

Καρχαρίες

Ψάρια

Αμφίβια

Ερπετά

Πτηνά

Θηλαστικά

Άνθρωπος



Οι 20 αισθήσεις : ας συνοψίσουμε ...

11 αισθήσεις είναι κοινές σε όλα τα Σπονδυλόζωα.

6 αισθήσεις είναι ιδιαίτερες για κάποιες Ομοταξίες.

3 αισθήσεις είναι περιορισμένες σε κάποιες Ομοταξίες.

**Λάμπραινες
(Αγναθα)**

15 αισθήσεις

Καρχαρίες

15 αισθήσεις

Ψάρια

15 αισθήσεις

Αμφίβια

15-17 αισθήσεις

Ερπετά

14-16 αισθήσεις

Πτηνά

15 αισθήσεις

Θηλαστικά

13 αισθήσεις

Άνθρωπος

12 αισθήσεις



Τέλος Παρουσίασης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής. «Ζωολογία II. Ενότητα 3. Αισθήσεις (Διάλεξη 2η)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 1/6

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες

- **Εικόνα 1.** © copyright 2003- 2015 Study.com. All other trademarks and copyrights are the property of their respective owners. All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://study.com/academy/lesson/parasympathetic-nervous-system-definition-function-effects.html>. Πηγή: <http://www.sympatheticnervoussystem.net>.
- **Εικόνα 2.** Copyright © 2015 Webvision: Attribution, Noncommercial, No Derivative Works Creative Commons license. Σύνδεσμος: <http://webvision.med.utah.edu/>.
- **Εικόνα 3.** Copyright © 1995 by J. Stein Carter. All rights reserved. Σύνδεσμος: biology.clc.uc.edu. Πηγή: University of Cincinnati, Science and health.
- **Εικόνα 4.** Copyrighted.
- **Εικόνα 5.** All content copyright 2015, The Above Network, LLC. Σύνδεσμος: <http://www.abovetopsecret.com/forum/thread631600/pg6>. Πηγή: <http://www.abovetopsecret.com/>.
- **Εικόνα 6.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 2/6

- **Εικόνα 7.** © Nital S.p.A. P.IVA 06047610016. Σύνδεσμος: <https://www.nikonschool.it/experience/sulla-via-del-colore.php>. Πηγή: <https://www.nikonschool.it/>.
- **Εικόνα 8.** Copyright © 2015 Tum haklari saklidir. Σύνδεσμος: <http://www.retina.tc/> Πηγή:
- **Εικόνα 9.** Copyright © 2015 Webvision: Attribution, Noncommercial, No Derivative Works Creative Commons license. Σύνδεσμος: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-ii-anatomy-and-physiology-of-the-retina/photoreceptors/> Πηγή: <http://webvision.med.utah.edu/>.
- **Εικόνα 10.** Copyrighted.
- **Εικόνα 11.** Σύνδεσμος: <http://picshype.com/first-vertebrates/download-figure/19065>. Πηγή: <http://picshype.com/>.
- **Εικόνα 12.** Copyright © 2015 The Royal Society. Σύνδεσμος: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/272/1574/1745> Πηγή: Photoreceptor spectral sensitivities in terrestrial animals: adaptations for luminance and colour vision. D Osorio, M Vorobyev. Published 7 September 2005. DOI: 10.1098/rspb.2005.3156 .
- **Εικόνα 13.** Copyrighted.
- **Εικόνα 14.** Σύνδεσμος: <http://www.hanbio.net/xueshu/item/126>. Πηγή:
- **Εικόνα 15.** Copyright Nickolay Lamm. Σύνδεσμος: <http://www.popsci.com/article/science/see-world-through-eyes-cat>. Πηγή: <http://www.popsci.com>



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 3/6

- **Εικόνα 16.** Image is copyright © Dr Schmitt, Weinheim, Germany uvir.eu, © 2014 Nature Education. Σύνδεσμος: http://www.nature.com/scitable/blog/the-artful-brain/alternate_realities. Πηγή: <http://www.nature.com>.
- **Εικόνα 17.** Copyrighted.
- **Εικόνα 18.** Copyrighted.
- **Εικόνα 19.** Schematic diagram of Rhodopsin in the outer segment discs. Copyright © 2015 Webvision: Attribution, Noncommercial, No Derivative Works Creative Commons license. Σύνδεσμος: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-ii-anatomy-and-physiology-of-the-retina/photoreceptors/>. Πηγή: <http://webvision.med.utah.edu>
- **Εικόνα 20.** Wikimedia Commons. Creative Commons Licence. Σύνδεσμος: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Rhodopsins> Πηγή: <https://commons.wikimedia.org>.
- **Εικόνα 21.** © 2015 Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved. Σύνδεσμος: <http://phenomena.nationalgeographic.com/2010/03/14/wasabi-protein-responsible-for-the-heat-seeking-sixth-sense-of-rattlesnakes/>. Πηγή: Gracheva, E.O. et. al., (2010). Molecular basis of infrared detection by snakes. Nature, 464, 1006-1011.
- **Εικόνα 22.** © 2000 UTHSCH.
- **Εικόνα 23.** Study Everywhere! © 2015 Quizlet Inc. Σύνδεσμος: <https://quizlet.com/5940830/olfaction-gustation-flash-cards/> Πηγή: <https://quizlet.com>.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 4/6

- **Εικόνα 24.** Πηγή: Imai T., Sakano H. (2008) Odorant receptor-mediated signaling in the mouse. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 251-260.
- **Εικόνα 25.** © 2015 Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved. Σύνδεσμος: http://www.nature.com/nrn/journal/v5/n4/fig_tab/nrn1365_F4.html. Πηγή: Genes and ligands for odorant, vomeronasal and taste receptors. Peter Mombaerts *Nature Reviews Neuroscience* 5, 263-278 (April 2004).
- **Εικόνα 26.** © 2013 Morphonix LLC. All rights reserved. Σύνδεσμος: http://morphonix.com/software/education/science/brain/game/specimens/taste_bud.html. Πηγή: <http://morphonix.com>.
- **Εικόνα 27.** Copyrighted.
- **Εικόνα 28.** Copyrighted.
- **Εικόνα 29.** Copyrighted.
- **Εικόνα 30.** Copyright © 2014 Higher Education Press, All Rights Reserved. Powered by Beijing Magtech Co. Ltd. Σύνδεσμος: <http://journal.hep.com.cn/fib/EN/10.1007/s11515-013-1271-1> Πηγή: The anatomy, function, and development of mammalian A β low-threshold mechanoreceptors. Michael S. FLEMING, Wenqin LUO(). Department of Neuroscience, University of Pennsylvania Perelman School of Medicine, Philadelphia, PA 19014, USA.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 5/6

- **Εικόνα 31.** Σύνδεσμος:
<http://lecannabiculteur.free.fr/SITES/UNIV%20W.AUSTRALIA/mb140/CorePages/Integumentary/Integum.htm>. Πηγή: <http://lecannabiculteur.free.fr/>.
- **Εικόνα 32.** © Dr Mark Hill 2015, UNSW Embryology ISBN: 978 0 7334 2609 4 - UNSW CRICOS Provider Code No. 00098G. Σύνδεσμος:
https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/Sensory_-_Touch_Development. Πηγή:
<https://embryology.med.unsw.edu.au>.
- **Εικόνα 33.** Copyright 2008 by Society for Neuroscience. Πηγή: The Journal of Neuroscience. Tai C et al. J. Neurosci. 2008;28:1019-1021.
- **Εικόνα 34.** 2015 © Секреты рыбалки. Σύνδεσμος: <http://www.ulovanet.ru/shestoe-chuvstvo-bokovaya-liniya/>. Πηγή: www.ulovanet.ru.
- **Εικόνα 35.** Copyrighted.
- **Εικόνα 36.** Copyrighted.
- **Εικόνα 37.** Copyrighted.
- **Εικόνα 38.** Copyrighted.
- **Εικόνα 39.** Copyrighted.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 6/6

- **Εικόνα 40.** © 1997 Encyclopedia Britannica Inc. Σύνδεσμος: <http://www.britannica.com/science/utricle/images-videos/The-membranous-labyrinth-of-the-vestibular-system-which-contains-the/68878>. Πηγή: Encyclopædia Britannica, Inc.
- **Εικόνα 41.** © 2000 UTHSCH.
- **Εικόνα 42.** Copyrighted.
- **Εικόνα 43.** Jamming avoidance response. Text is available under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License; additional terms may apply. Images, videos and audio are available under their respective licenses. Σύνδεσμος: http://www.wikiwand.com/en/Jamming_avoidance_response. Πηγή: <http://www.wikiwand.com>.
- **Εικόνα 44.** Beckman Institute Neuroscience Program, University of Illinois, Urbana-Champaign. Σύνδεσμος: <http://nelson.beckman.illinois.edu/electrolocation.html>. Πηγή: Electrosensory Signal Processing Lab. Mark E. Nelson (m-nelson at uiuc.edu).
- **Εικόνα 45.** Πηγή: Michael R. Markham, M. Lynne McAnelly, Philip K. Stoddard, Harold H. Zakon. Circadian and Social Cues Regulate Ion Channel Trafficking. PLoS Biology, 2009;7(9): e1000203 DOI: 10.1371/journal.pbio.1000203).
- **Εικόνα 46.** Copyright 2000 Melissa Kaplan. Σύνδεσμος: <http://sauntering-down.tumblr.com/page/2>. Πηγή: <http://sauntering-down.tumblr.com>.

