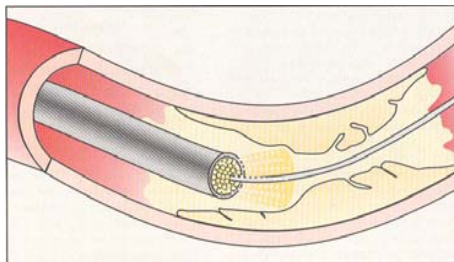
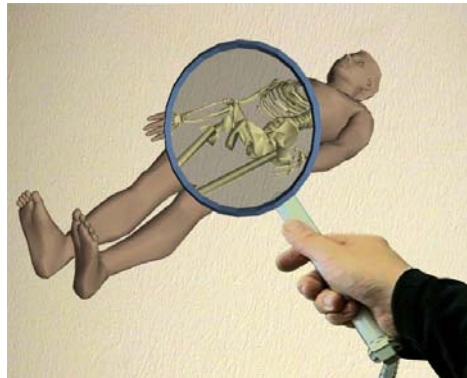
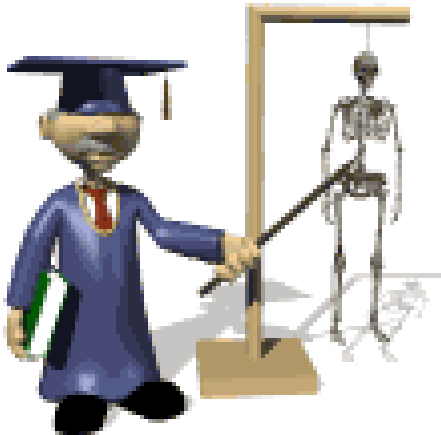




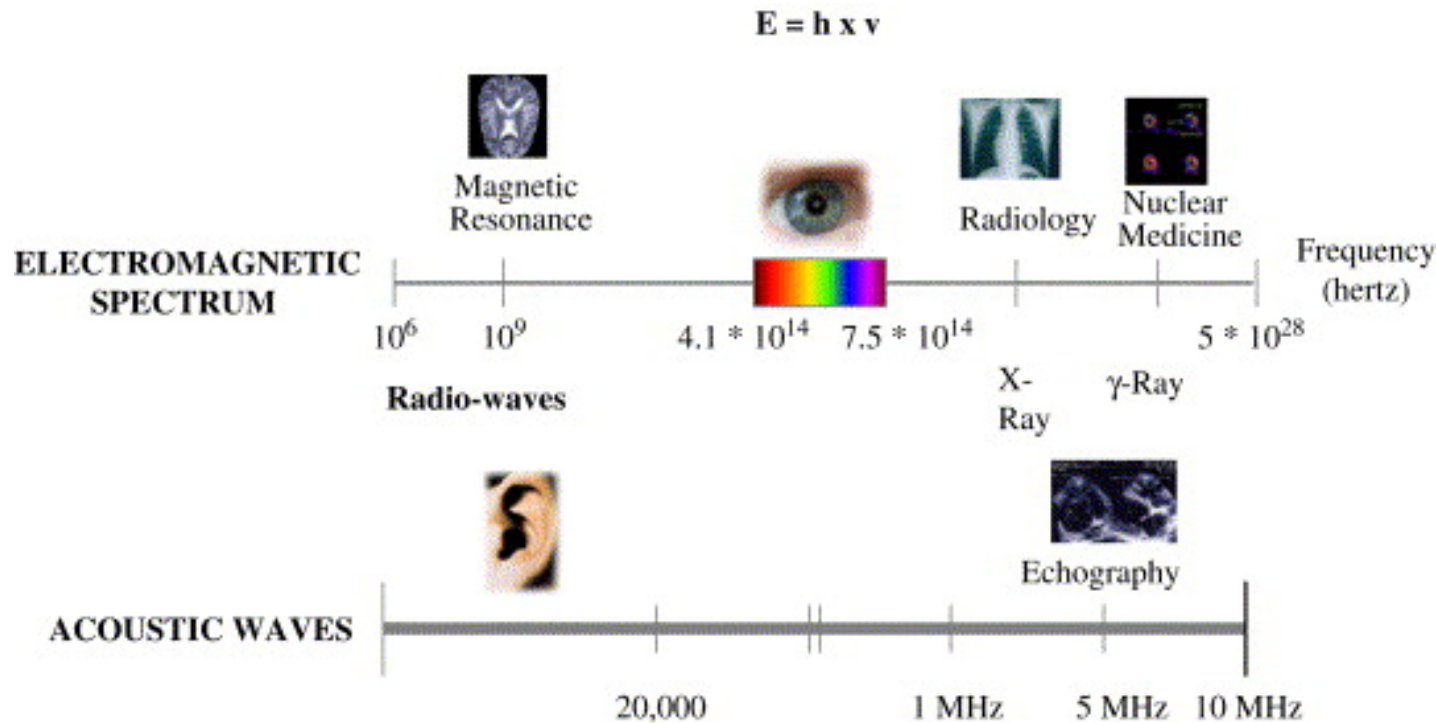
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Εισαγωγή στην Ιατρική Φυσική – Ακοή

Διδάσκουσα: Μυρσίνη Μακροπούλου



🧠 Φυσική της ομιλίας και της ακοής



Τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη κύματα (πυκνώματα - αραιώματα της πυκνότητας και της πίεσης του αέρα) και ανάλογα με τη συχνότητά τους διακρίνονται σε ήχους, υπερήχους και υποήχους.

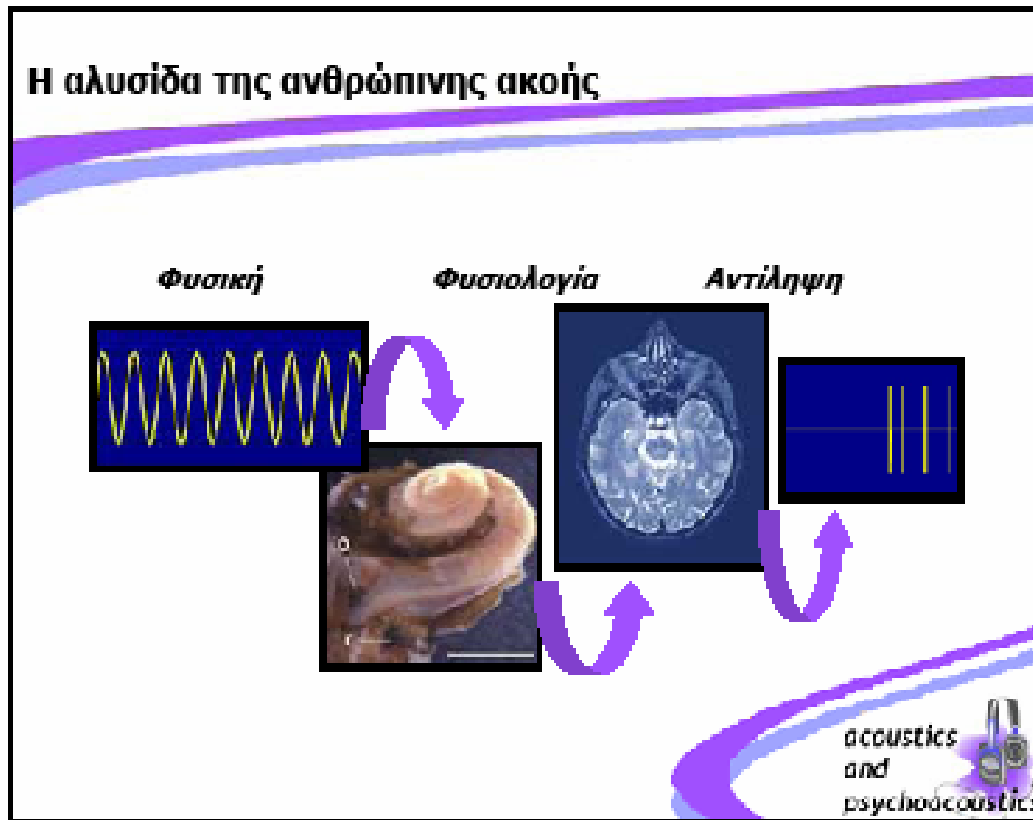
🧠 **Οι ήχοι** είναι ηχητικά κύματα συχνότητας f μεταξύ 20 και 20 000 Hz. Οι ήχοι γίνονται αντιληπτοί από το αισθητήριο ακοής του ανθρώπου, αφού γίνει η κατάλληλη βιοφυσική μετατροπή των μηχανικών ταλαντώσεων σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία επεξεργάζεται έπειτα ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Ήχοι: $20 \text{ Hz} < f < 20\,000 \text{ Hz}$

🚩 Μια εισαγωγή από τη ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΑΚΟΗΣ

- Η **αίσθηση της ακοής** είναι μια από τις πλέον σημαντικές αισθήσεις μας, πολύ σημαντική για την επικοινωνία μας με τον υπόλοιπο κόσμο αλλά και για να ακούμε τον ίδιο μας τον εαυτό!
- Το εύρος των εντάσεων των ήχων που μπορούμε να ακούμε ξεπερνά το 10^{12} , ενώ **οι συχνότητες** που μπορεί να ακούει το ανθρώπινο αυτί διαφέρουν κατά ένα παράγοντα ίσο με 1000 (16 Hz έως 20 000 Hz).
- Η αίσθηση της ακοής έχει τρεις κύριες συνιστώσες:
 - (a) Το μηχανικό σύστημα που συλλέγει και μεταδίδει τις ηχητικές πληροφορίες ώστε να διεγερθούν τα τριχωτά κύτταρα στον κοχλία (το ους – του ωτός, στην καθαρεύουσα, ή απλά το αυτί),
 - (b) Τα αισθητήρια κύτταρα που μετατρέπουν τον μηχανικό παλμό σε ηλεκτρικό, δηλαδή παράγουν νευρικό παλμό, ο οποίος μεταδίδεται μέσω των κοχλιακών νεύρων στον εγκέφαλο,
 - (c) Τον ακουστικό φλοιό, το τμήμα δηλαδή του εγκεφάλου που αποκωδικοποιεί και μεταφράζει τα ηλεκτρικά σήματα των κοχλιακών νεύρων.
- Η **κώφωση** ή η **βαρηκοΐα** προέρχεται από τη δυσλειτουργία οποιουδήποτε από αυτά τα μέρη.

🧠 Φυσική της ακοής



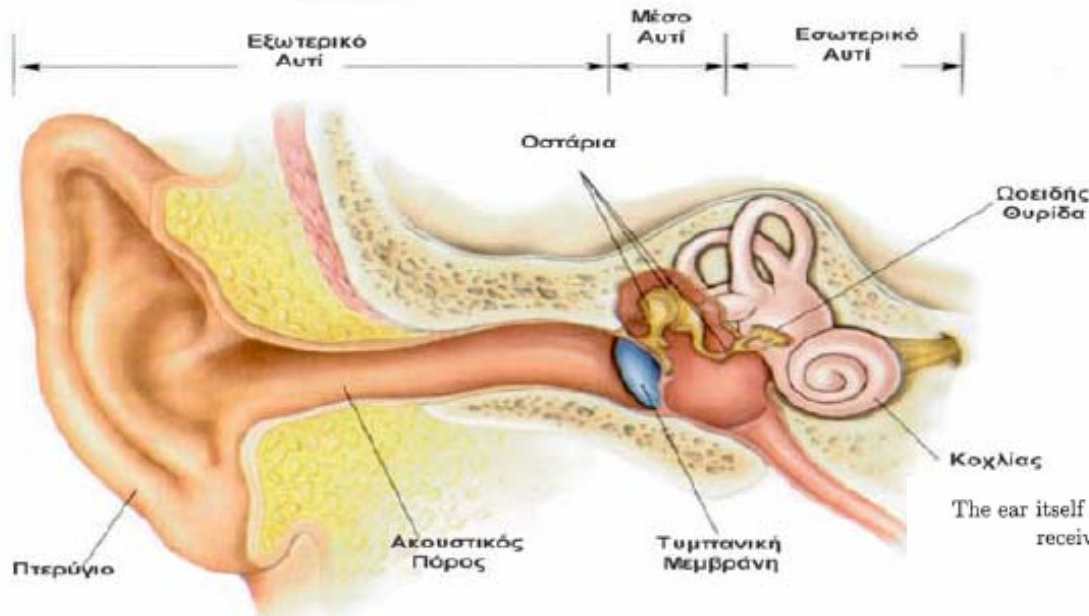
- Λειτουργία παρόμοια με μικρόφωνα μεμβράνης
 - Διαφορετική καμπύλη απόκρισης (μη επίπεδη)
 - Υψηλή ευαισθησία κοντά στις συχνότητες ομιλίας
 - Χαμηλότερη ευαισθησία στις υπόλοιπες συχνότητες



🧠 Το αυτί συνήθως χωρίζεται σε τρία μέρη:

- ⇒ το εξωτερικό αυτί (ή έξω ους),
- ⇒ το μέσο και
- ⇒ το εσωτερικό (ή έσω ους).

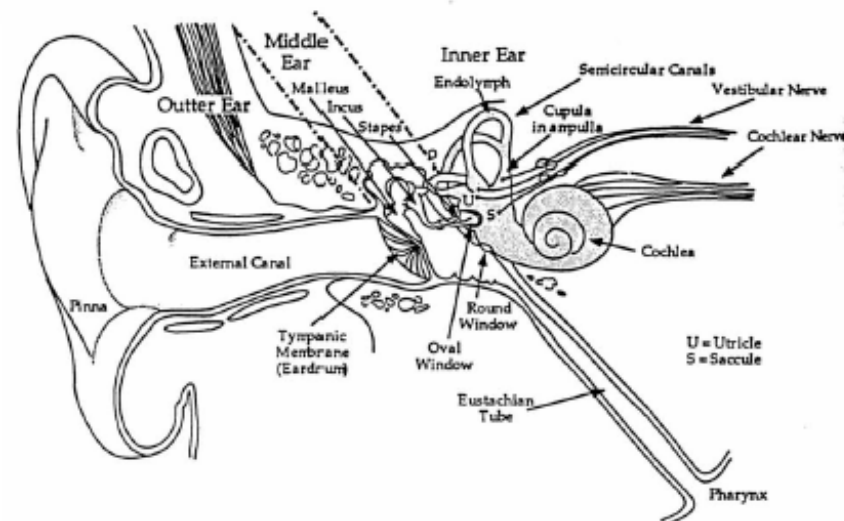
👂 Το εξωτερικό αυτί (ή έξω ους)



The ear itself can be structured into three sections with the purpose to receive acoustical signals and to amplify these signals:

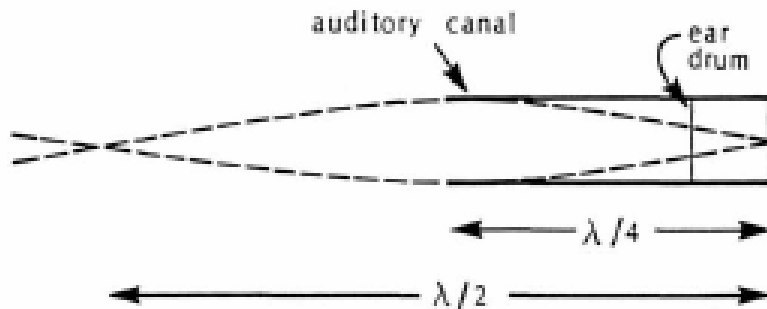
Στο εξωτερικό αυτί διακρίνουμε το **πτερύγιο** (χοάνη αγωγής των ηχητικών κυμάτων) και τον **έξω ακουστικό πόρο**, ο οποίος καταλήγει στο τύμπανο του αυτιού.

Το πτερύγιο του αυτιού είναι μία κατασκευή από χόνδρο που καλύπτεται από δέρμα, στο δε κάτω άκρο του υπάρχει μόνο λίπος που ονομάζεται **λοβίο** του αυτιού.



💡 Το εξωτερικό αυτί (ή έξω ους) (2)

Ο **έξω ακουστικός πόρος** έχει μήκος 2,5 cm και πολύ μικρή διάμετρο, ξεκινάει από το πτερύγιο του αυτιού και ακολουθώντας ελαφρώς τοξοειδή πορεία καταλήγει στον τυμπανικό υμένα. Τα πρώτα 8 mm του έξω ακουστικού πόρου αποτελούνται από χόνδρο και τα υπόλοιπα 16 mm από οστό, προσομοιώνεται δε με κλειστό στο ένα άκρο του ηχητικό σωλήνα με συχνότητα συντονισμού περίπου στα 3300 Hz.



$$f_n = n \cdot \frac{v}{4 \cdot L} \quad (\text{with } n = 1, 3, 5, 7, \dots)$$

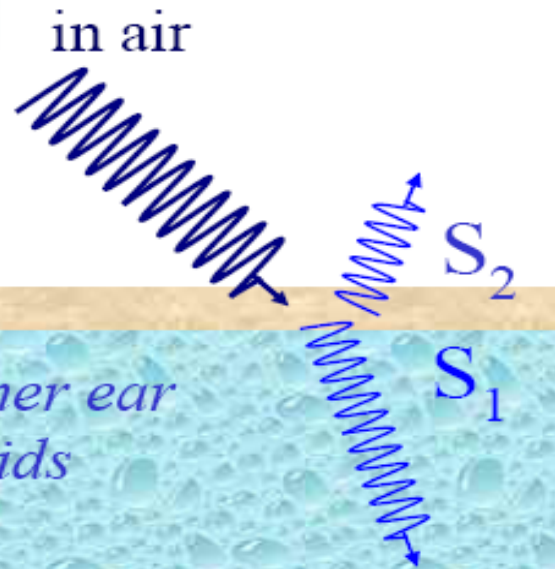
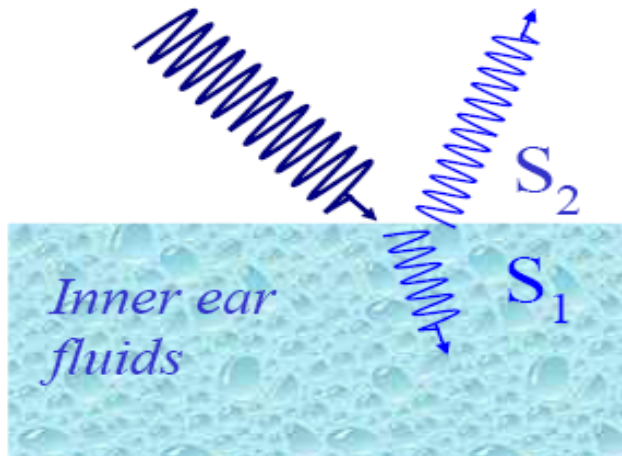
$$f_1 = \frac{330 \text{ [m/s]}}{4 \cdot 0.025 \text{ [m]}} = 3300 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 2 \cdot \frac{330 \text{ [m/s]}}{4 \cdot 0.025 \text{ [m]}} = 6600 \text{ Hz}$$

Ο τυμπανικός υμένας συνιστά μια λεπτή λειτουργική μεμβράνη που χωρίζει το έξω από το μέσο αυτί. Ο **υμένας του τυμπάνου** έχει πάχος περίπου 0,1 mm και εμβαδόν περίπου 65 mm². Το πλάτος των ταλαντώσεων του τυμπάνου μπορεί να φθάσει τα 10⁻¹¹ m, μικρότερο από τη διάμετρο του ατόμου του υδρογόνου! Σε ηχητικές εντάσεις πάνω από 160 dB το τύμπανο μπορεί να υποστεί διάτρηση.

💡 Το εξωτερικό αυτί (ή έξω ους) και ο ρόλος του τυμπάνου

Sound in air



Tympanic membrane and ossicular chain as adaptator of impedance

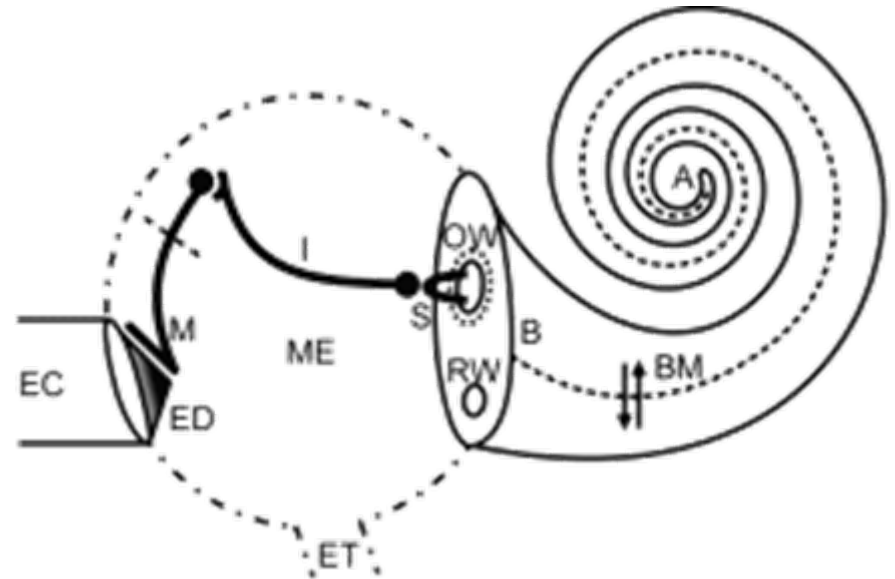
Hearing improved by 30 dB

🧠 Το μέσο αυτί

Είναι μία αεροφόρος κοιλότητα στην οποία βρίσκονται **τα τρία ακουστικά οστά** ή **ακουστική αλυσος**, που είναι η **σφύρα**, ο **άκμονας** και ο **αναβολέας**. Ο χώρος μεταξύ του τυμπανικού υμένα και του έσω ωτός ονομάζεται το κοίλο του τυμπάνου. Μέρος του μέσου αυτιού είναι και η **ευσταχιανή σάλπιγγα**, η οποία αποτελεί αεραγωγό σωλήνα μήκους 3,5 περίπου εκατοστών, μέσω της οποίας το μέσο αυτί επικοινωνεί με τον ρινοφάρυγγα.

Η **μαστοειδής απόφυση** είναι μία άλλη σημαντική ανατομική οντότητα του μέσου αυτιού. Αποτελεί την προς τα πίσω και κάτω συνέχεια του μέσου αυτιού και παριστά μια οστέινη αεροφόρο δομή του κροταφικού οστού του κρανίου.

Scheme of the peripheral auditory system including *ear canal (EC)*, *middle ear cavity (ME, dash-dotted contour)* and *cochlea*. **ED**, *eardrum*; **M**, *malleus* and its *ligaments* (short dashed line); **I**, *incus*; **S**, *stapes*; **OW**, *oval window*; **RW**, *round window*; **ET**, *Eustachian tube*; **BM**, *basilar membrane*; **B**, *base*; **A**, *apex*. The cochlear spiral canal comprises the cochlear partition which can be thought of as a collection of mechanical oscillators (arrow pair) vibrating transversal to the BM plane (dashed line).



🧠 Το μέσο αυτί (2)

Το μηχανικό ερέθισμα (ηχητικό κύμα) μέσω των οσταρίων φθάνει στον κοχλία, όπου μετατρέπεται σε παλμό ηλεκτρικού δυναμικού. Ο κοχλίας και το εσωτερικό αυτί περιέχουν υγρό (λέμφο) και η μετάδοση των πιέσεων στην περιοχή αυτή γίνεται με υδραυλικά κύματα πίεσης.



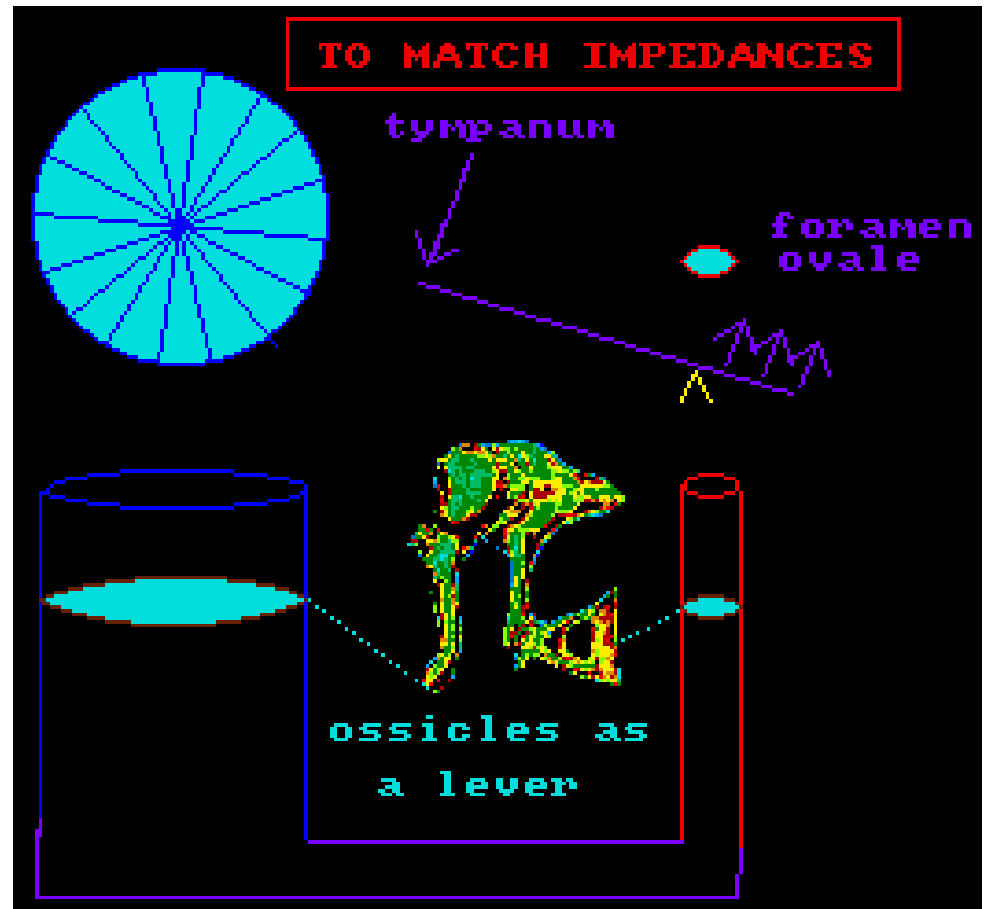
👂 Το μέσο αυτί (3)

Στο **μέσο αυτί** ενισχύεται η ηχητική πίεση που φθάνει μέσω του τυμπάνου διότι τα τρία οστά δρουν ως μοχλός. Περαιτέρω ενίσχυση επιτυγχάνεται λόγω της διαφοράς στα εμβαδά του τυμπάνου και της ωοειδούς θυρίδας (το τμήμα της αιθουσαίας κλίμακας του κοχλίου, στο οποίο ακουμπά ο αναβολέας).

✉ Η συνθήκη ισορροπίας στο σύστημα **τύμπανο - μοχλός - ωοειδής θυρίδα** δίνει τη σχέση:

$$P_m A_m L_m = P_o A_o L_o$$

όπου P_m , P_o η πίεση στο τύμπανο και στην ωοειδή θυρίδα αντίστοιχα, A_m , A_o η επιφάνεια του τυμπάνου και της ωοειδούς θυρίδας αντίστοιχα και L_m , L_o οι μοχλοβραχίονες.



Το έσω αυτί

Το έσω αυτί ονομάζεται και **λαβύρινθος** λόγω της πολύπλοκης κατασκευής του. Μέσα σ' αυτόν το λαβύρινθο κυκλοφορεί ένα υγρό που λέγεται **λέμφος**. Τα βασικά τμήματα του λαβύρινθου είναι ο **κοχλίας**, η **αίθουσα** και οι **τρεις ημικύκλιοι σωλήνες**.

Στο τοίχωμα του κοίλου του τυμπάνου που αντιστοιχεί στην αίθουσα υπάρχουν 2 οπές, η **ωοειδής** και η **στρογγύλη θυρίδα**. Ο κοχλίας είναι ένας ελικοειδής σωλήνας και μέσα σε αυτόν βρίσκεται το αισθητήριο όργανο της ακοής ή **όργανο του Corti**. Από το έσω αυτί ξεκινά το **ακουστικό νεύρο** (όγδοη εγκεφαλική συζυγία) που καταλήγει στα αντίστοιχα εγκεφαλικά κέντρα του ακουστικού φλοιού του εγκεφάλου.

Το ακουστικό νεύρο ανατομικά και λειτουργικά διαιρείται στο **αιθουσαίο**, υπεύθυνο για την ισορροπία του σώματος (σε συνεργασία με άλλα όργανα π.χ. μάτια, παρεγκεφαλίδα) και στο **κοχλιακό**, υπεύθυνο για την ακοή.

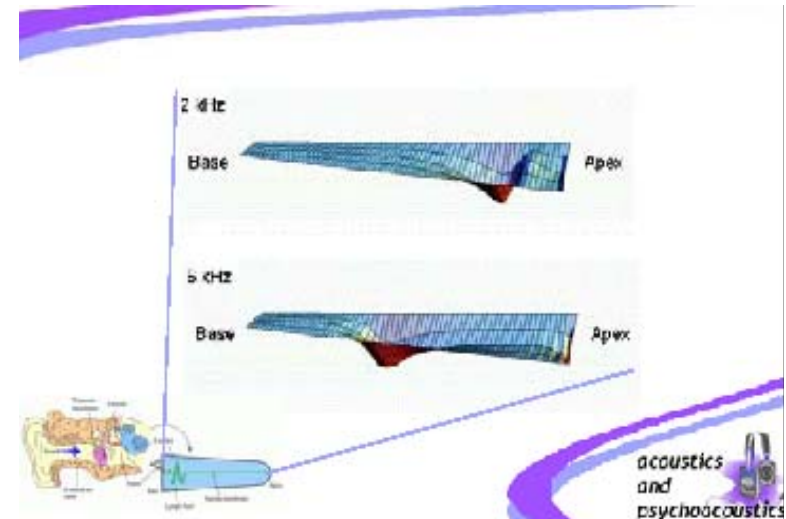
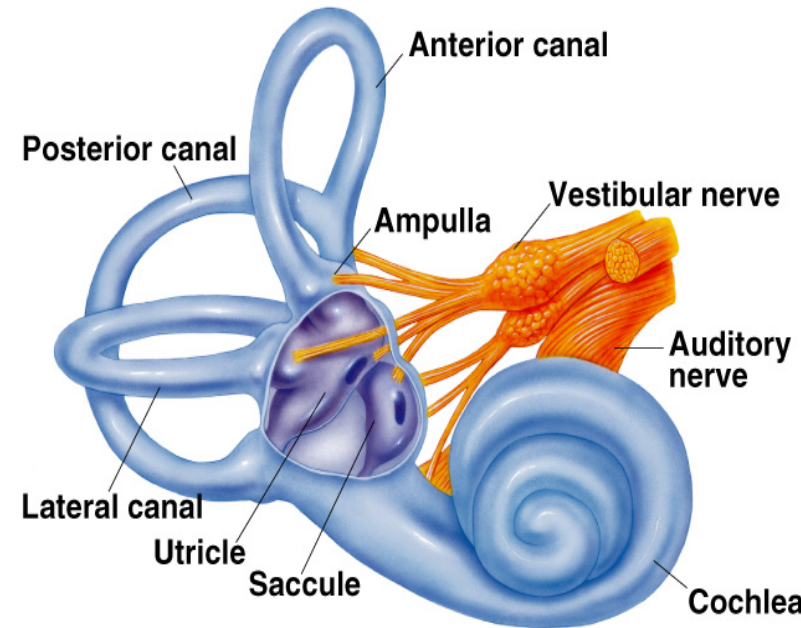
🧠 Το έσω αυτί (2)

👉 Ο **βασικός υμένας του κοχλίου** διαχωρίζει τους ήχους ανάλογα με τη **συχνότητά τους**. Η μεμβράνη του βασικού υμένα είναι λεπτή και σφικτά πακτωμένη στο ένα άκρο (προς τον αναβολέα) και παχιά και χαλαρή στο αντίθετο άκρο.

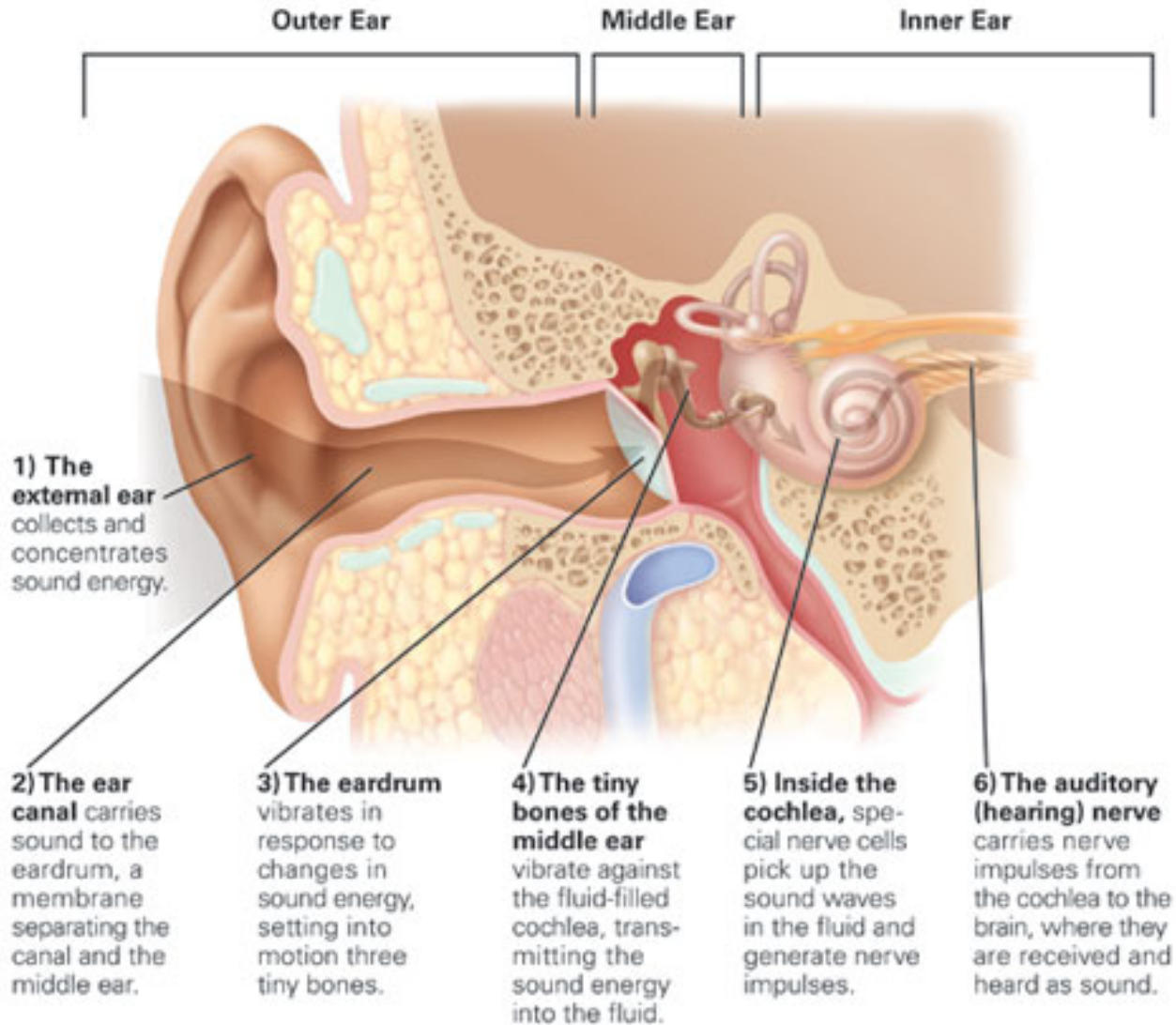
👉 Οι **ήχοι υψηλής συχνότητας** δημιουργούν μέγιστο κύμανσης του βασικού υμένα εκεί που η μεμβράνη είναι σφικτή, ενώ οι **ήχοι χαμηλής συχνότητας** δημιουργούν μέγιστο κύμανσης προς το αντίθετο άκρο.

👉 Η θέση του μεγίστου κύμανσης της βασικής μεμβράνης καθορίζει ποιές νευρικές ίνες θα διεγερθούν και έτσι, μέσω του οργάνου του Corti, μεταφέρεται στον εγκέφαλο κωδικοποιημένη η πληροφορία για τη συχνότητα του ήχου. Το **πλάτος κύμανσης** της βασικής μεμβράνης σχετίζεται με την ένταση του ερεθίσματος.

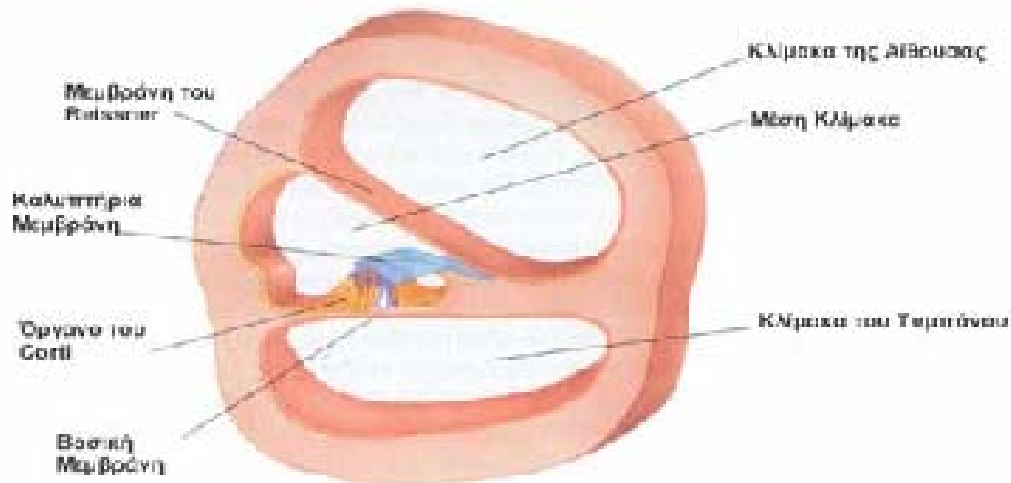
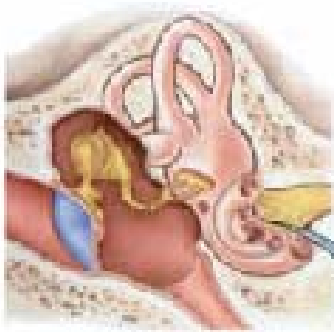
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



🧠 Ανατομία του ωτός – ανακεφαλαίωση

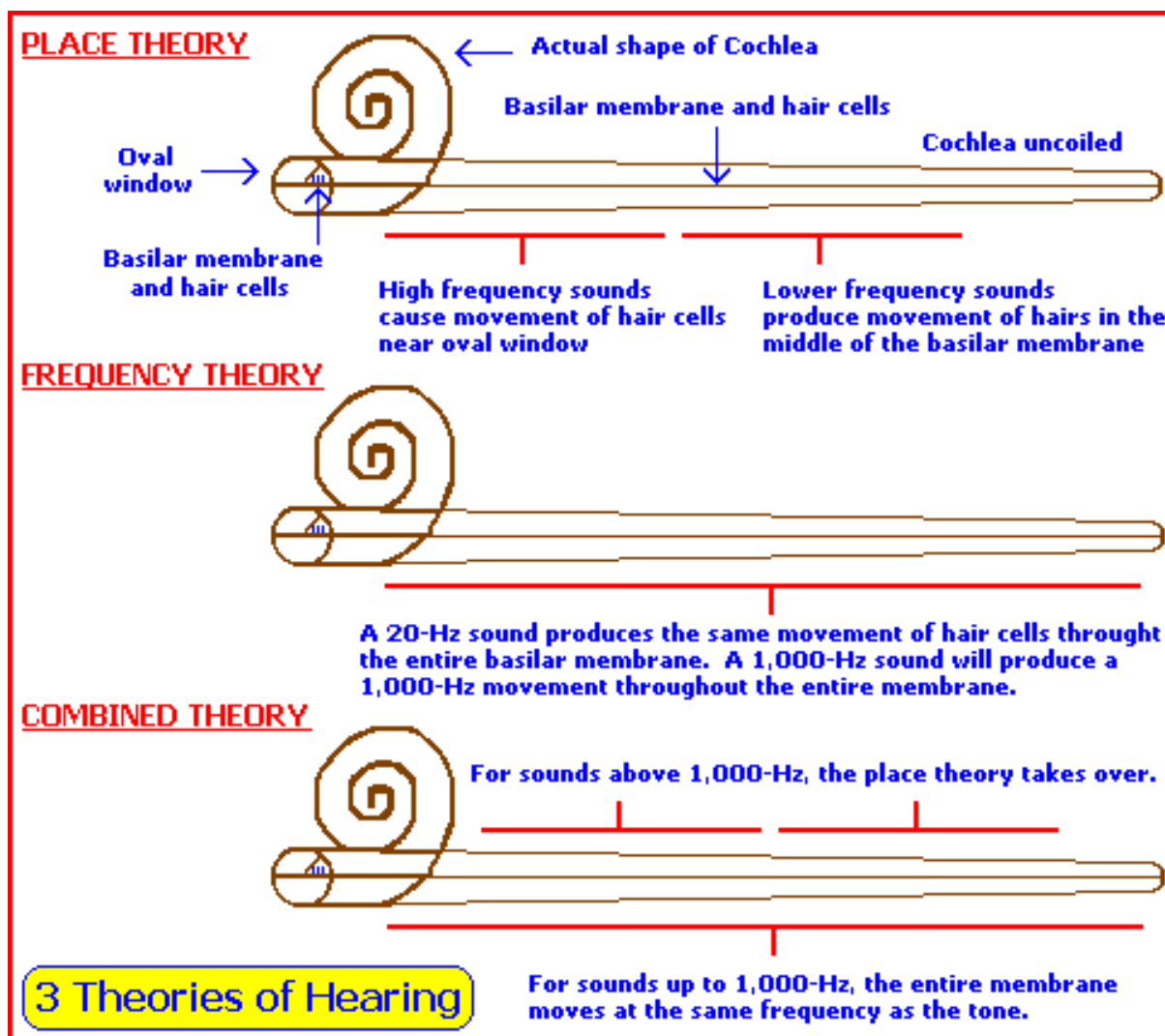


👁️ Ο κοχλίας

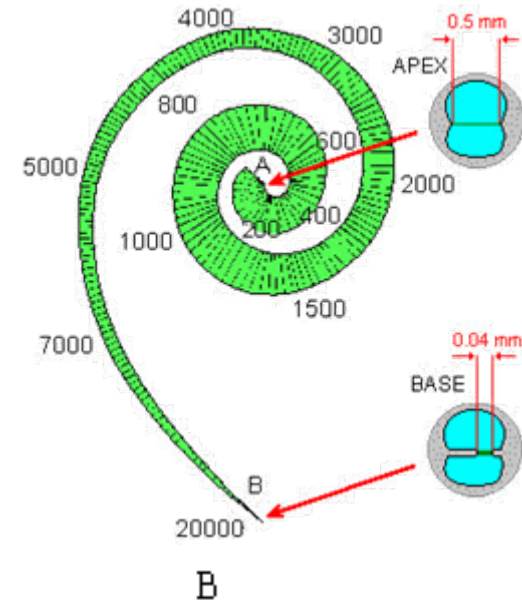
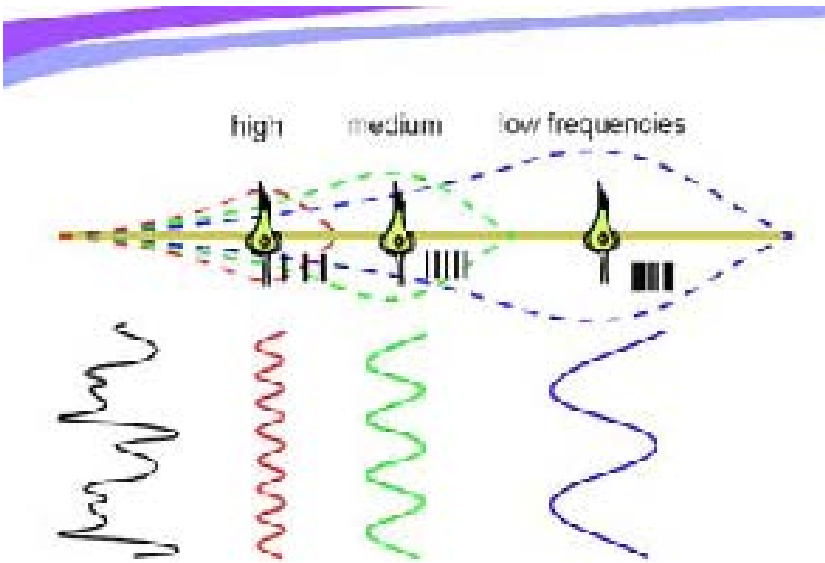


Τρία Παράλληλα Κανάλια Μέσα στον Κοχλία. Αν δούμε τον κοχλία σε μια εγκάρσια τομή φαίνεται να περιλαμβάνει τρεις μικρούς σωλήνες που είναι τοποθετημένοι παράλληλα. Αυτοί οι σωλήνες, οι κλίμακες, χωρίζονται από την μεμβράνη του Reissner και τη βασική μεμβράνη. Το όργανο του Corti περιλαμβάνει τους ακουστικούς υποδοχείς και βρίσκεται πάνω από τη βασική μεμβράνη ενώ καλύπτεται από την καλυπτήρια μεμβράνη. (Τροποποιημένη εικόνα από το βιβλίο των M.F. Bear, B.W. Connors, & M.A. Paradiso, σελ. 281)

Οι τρεις θεωρίες για την ακοή

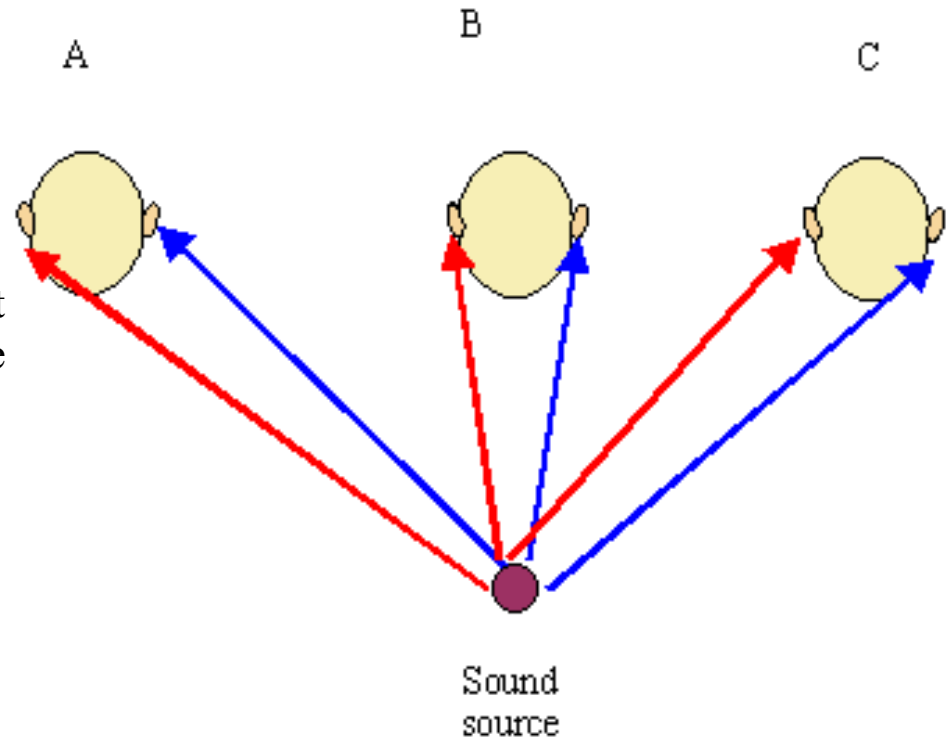


👂 Διάκριση συχνοτήτων και κατεύθυνσης του ήχου

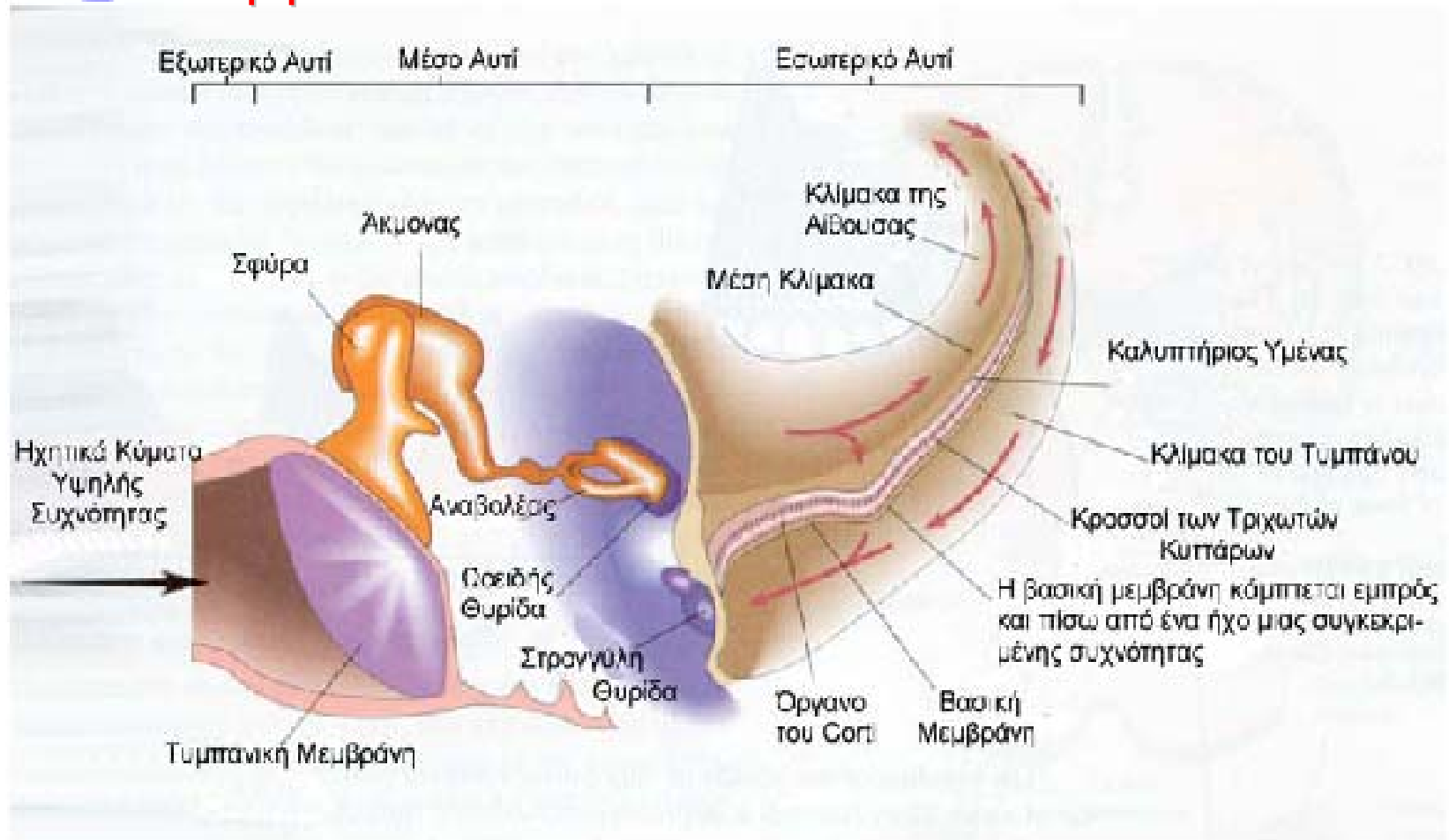


We have two ears (really?) for a purpose. Not only do two ears allow us to hear the sounds, but also give important spatial information about the direction of the sounds and the layout of the sounds. If we listen to a well set up stereo system, we can tell where all the instruments in the orchestra.

The ear can discriminate a time difference of about 10^{-5} s.



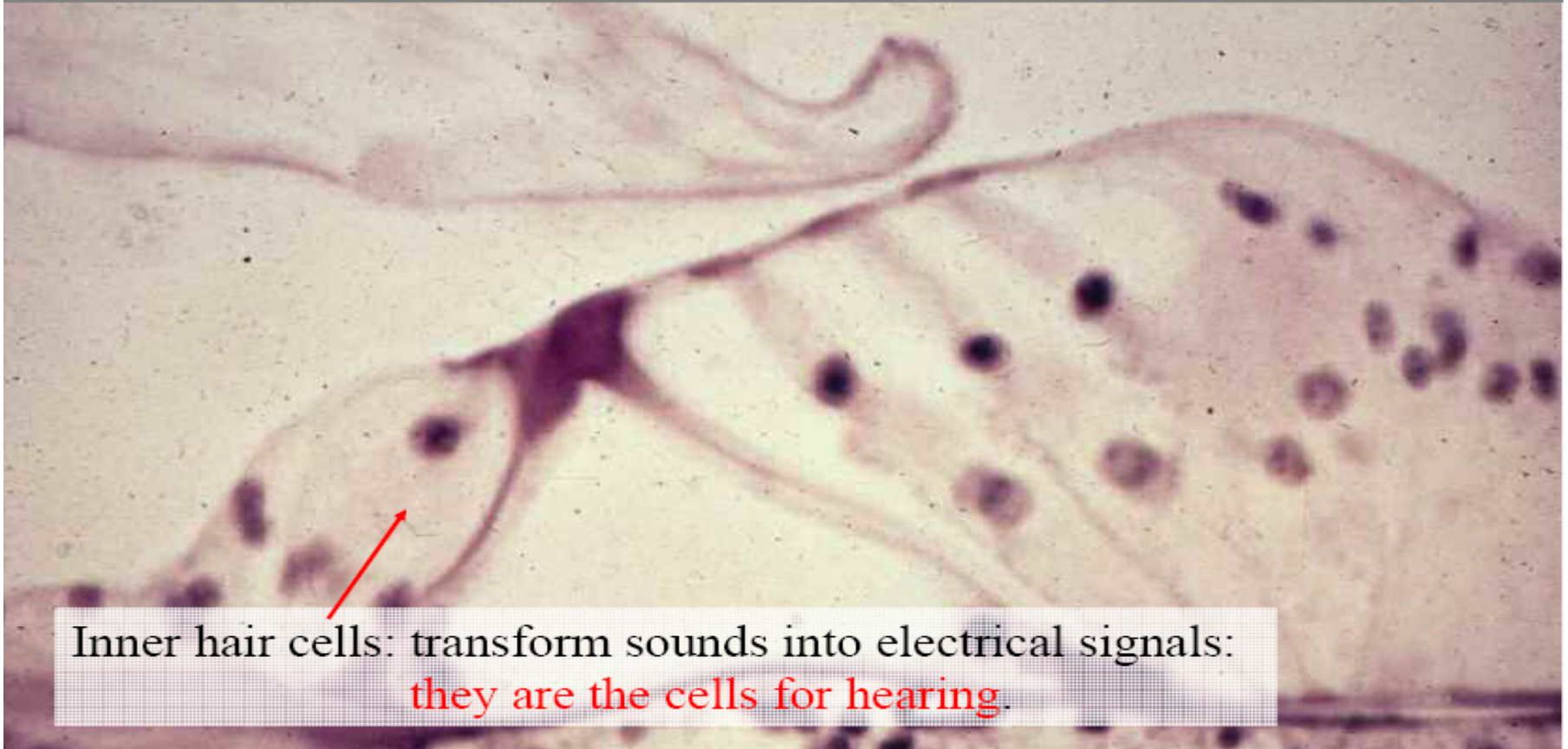
Το όργανο του Corti



Η διέγερση του οργάνου του Corti: τα ηχητικά κύματα συγκεκριμένης συχνότητας που μεταβιβάζονται μέσα από την ωσειδή θυρίδα αλλοιώνουν ένα συγκεκριμένο τμήμα της βασικής μεμβράνης. (Τροποποιημένη εικόνα από το βιβλίο του N.R. Carlson, σελ. 175).

Το όργανο του Corti (2)

Organ of Corti



Inner hair cells: transform sounds into electrical signals:
they are the cells for hearing.

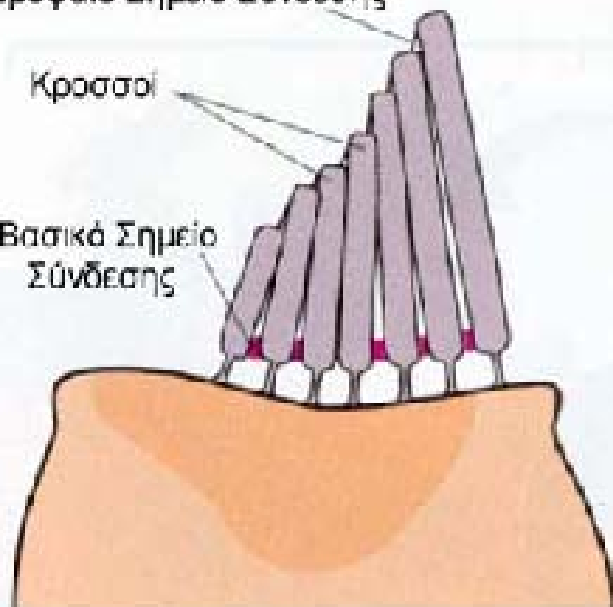
Only 3.000 to code sounds
from 20 to 20.000 Hz (x 1.000), from 0 to 100 dB SPL (x 100.000)

🧠 Τα τριχωτά κύτταρα και ο ρόλος τους

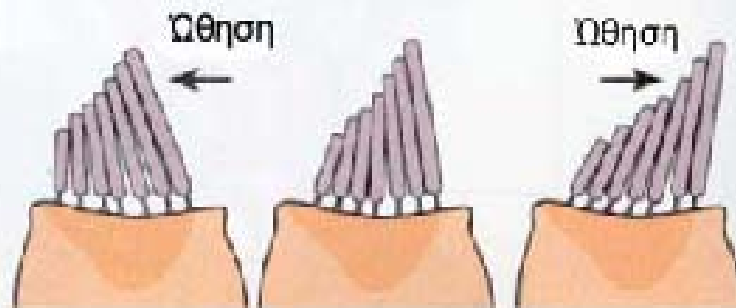
Κορυφαίο Σημείο Σύνδεσης

Κροσσοί

Βασικά Σημεία Σύνδεσης



(α)



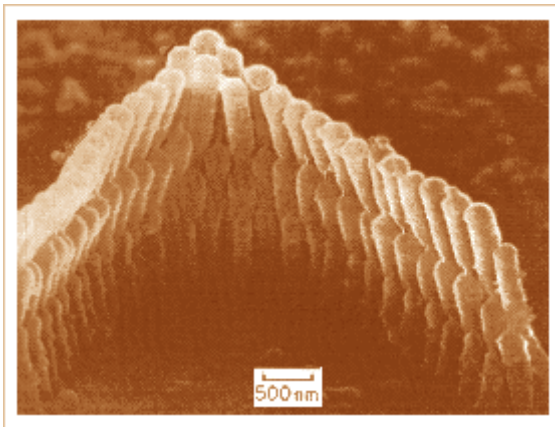
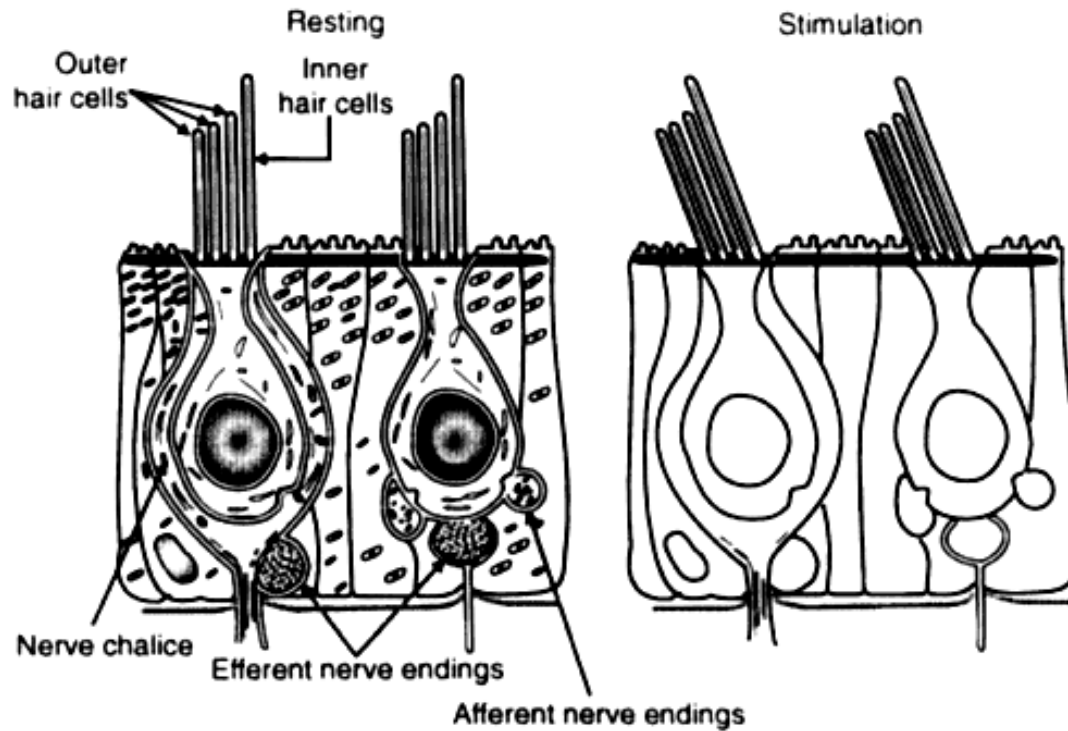
Αναστολή Κατάσταση Ηρεμίας Διέγερση

Δυναμικά ενέργειας στον άξονα
του κοχλιακού νεύρου

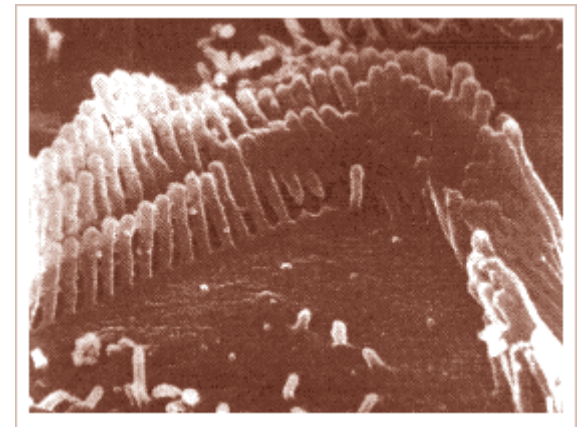
(β)

Οι κροσσοί των ακουστικών τριχωτών κυττάρων. (α) η εμφάνισή τους, (β) η ενεργός μετατροπή. Η κίνηση της δεσμίδας επεκτείνει ή χαλαρώνει την ένταση στα σημεία σύνδεσης μεταξύ των κορυφαίων σημείων των παρακείμενων κροσσών και αλλάζει τη συχνότητα εκφόρτισης του προσαγωγού άξονα. (Τροποποιημένη εικόνα από το βιβλίο του N.R. Carlson, σελ. 176).

💡 Τα τριχωτά κύτταρα και ο ρόλος τους (2)

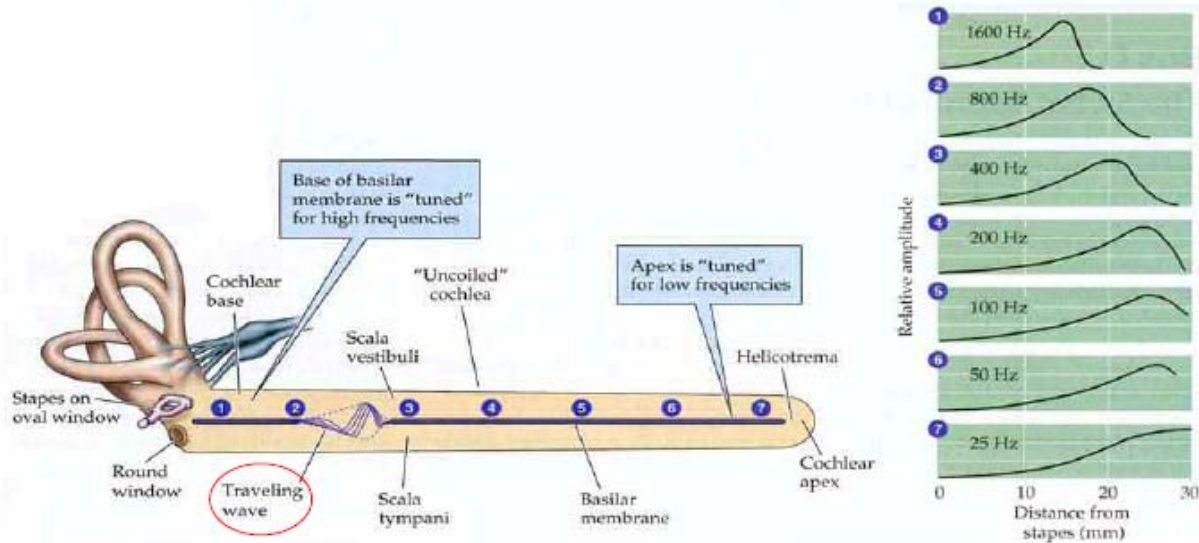


See what happens to your stereocilia while you happily dance in a discotheque! (see also Gale et al. 2004).



The 'dead' cochlea of Békésy

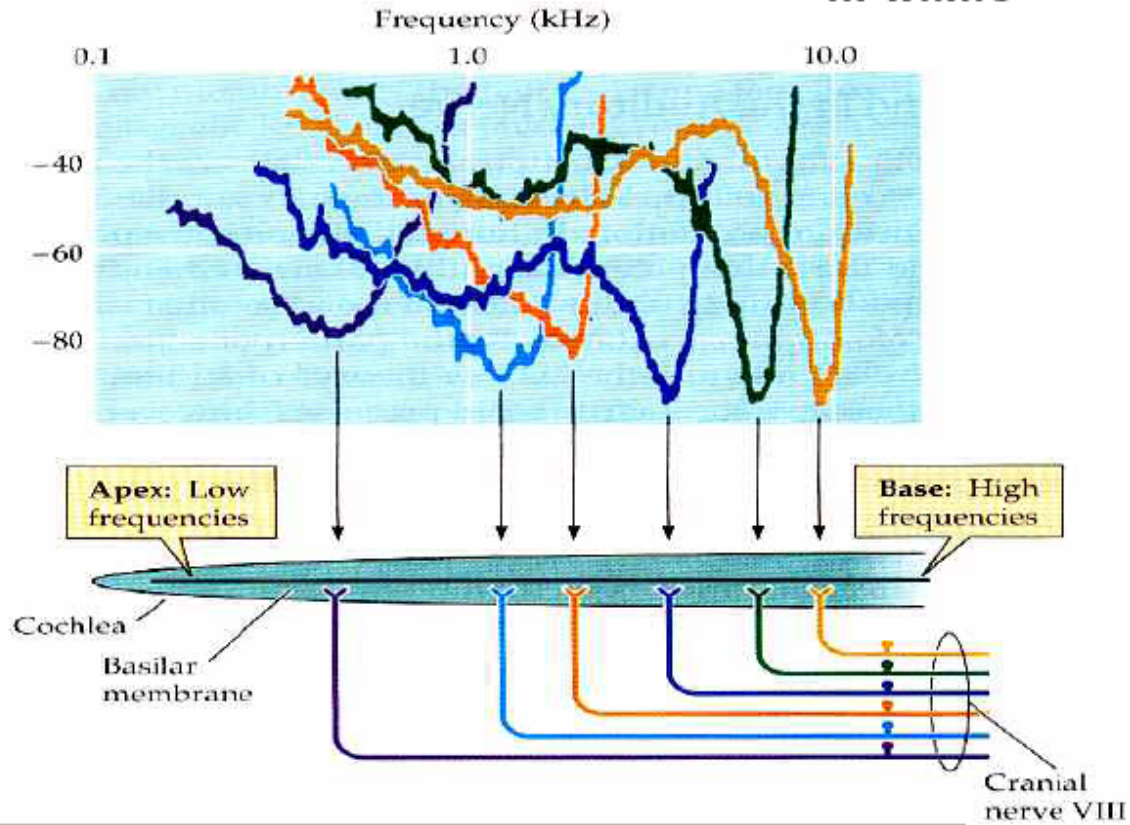
(Nobel prize in 1961)



von Békésy G. The variation of phase along the basilar membrane with sinusoidal vibrations. *J Acoustic Soc Am* 1947; 19:452-460.



*The 'living' cochlea
of Kiang*

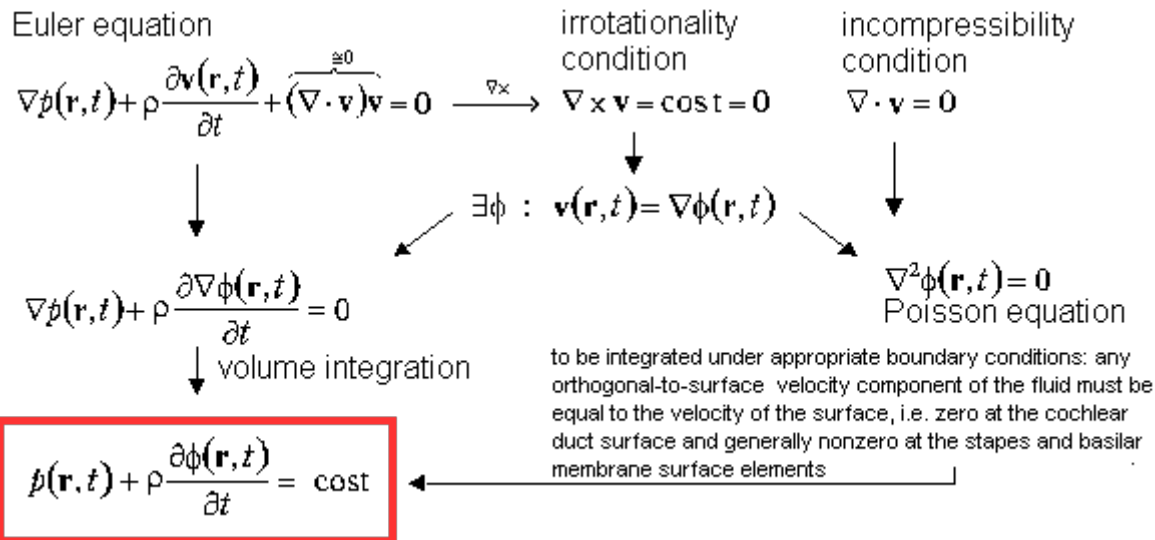
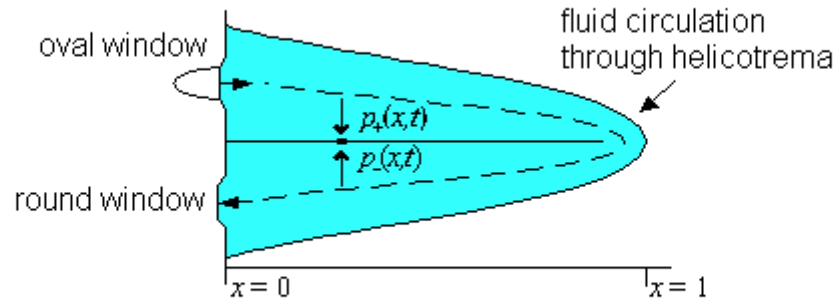


Kiang N

Monograph No 35, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1965.

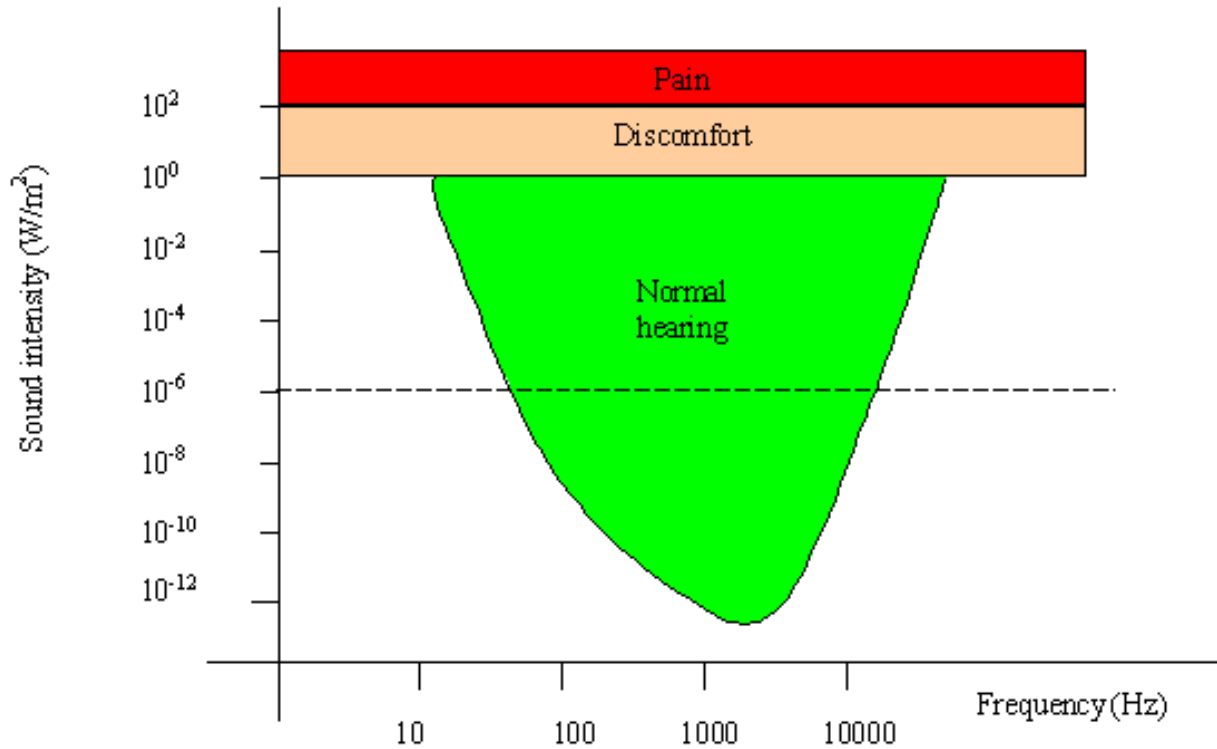


$p(\mathbf{r}, t)$ = pressure field $\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$ = velocity field $\phi(\mathbf{r}, t)$ = kinetic field



The relationship between pressure and kinetic fields is given by the equation in the red box above. The absence of vortices (irrotational fluid), the negligible fluid viscosity and the small velocity magnitudes altogether imply that the kinetic field is harmonic, i.e. it is a solution of Poisson's equation with, in general, moving boundary conditions. These conditions are imposed by the motion of the stapes and of the basilar membrane. Each moving surface element exerts a force on all other elements. This force is proportional to the acceleration of the moving element and acts instantly through the fluid (Pascal principle).

🔊 Η ευαισθησία του ωτός



Η ευαισθησία του ωτός. Η καμπύλη – περίγραμμα της πράσινης περιοχής αφορά το κατώφλι ακοής για νεαρό άτομο με καλή ακοή. Η οριζόντια κλίμακα είναι λογαριθμική.

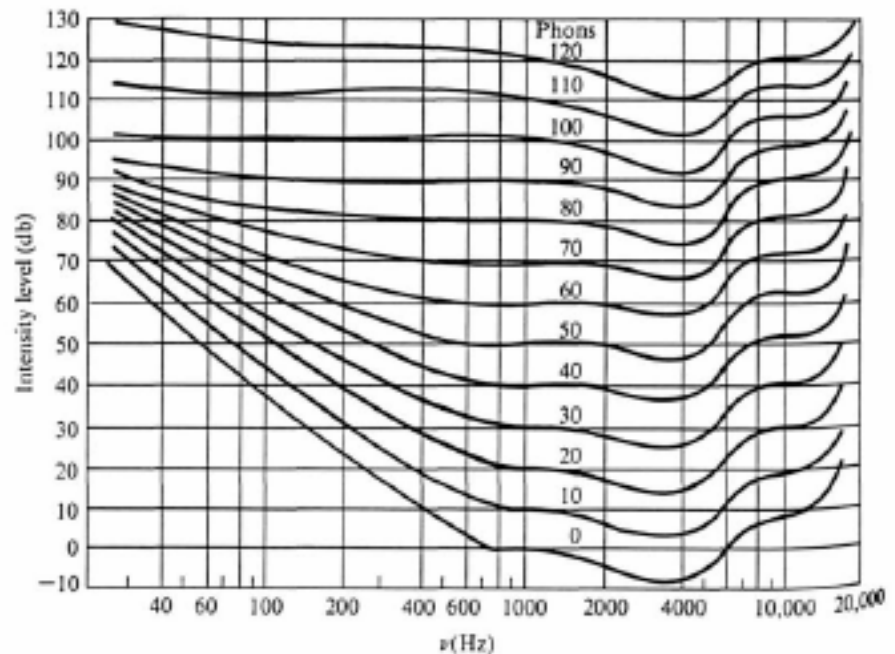
👂 Η ευαισθησία των ωτών – ακουστότητα

Ακουστότητα ονομάζεται το υποκειμενικό αίσθημα που προκαλεί ένας ήχος σε σχέση με το φυσικό μέγεθος που λέγεται **ένταση**. Η ακουστότητα του ήχου εξαρτάται επίσης από τη **συχνότητά** του.

$$1 [\text{phon}] \equiv 1 [\text{db}] \quad \text{at } f = 1000 [\text{Hz}]$$

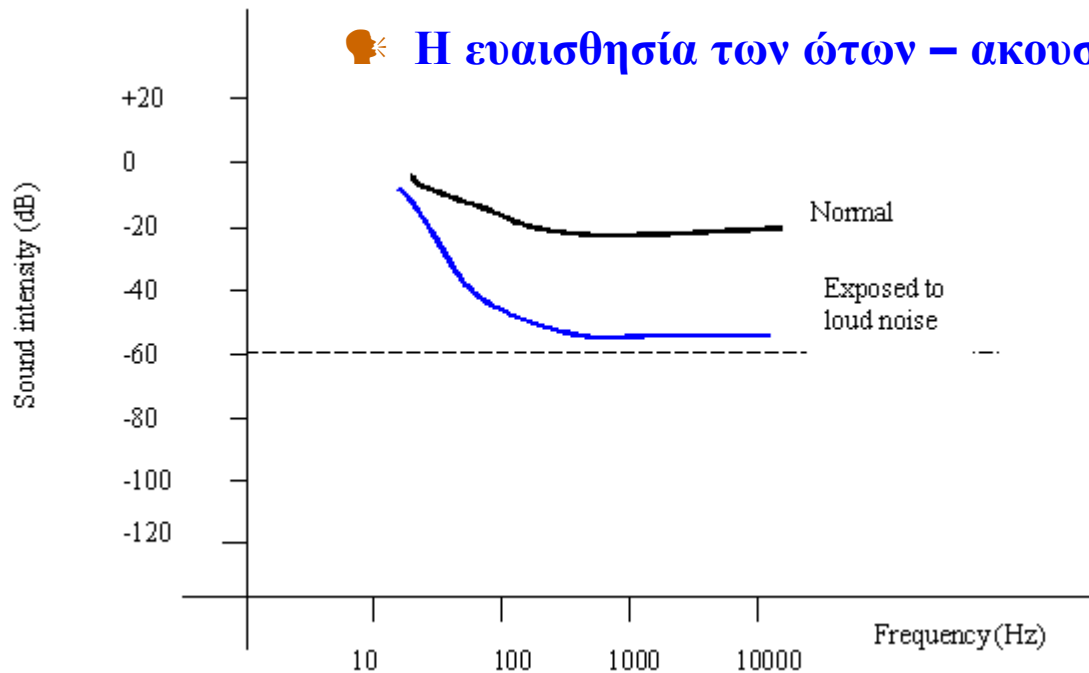
•The threshold of hearing

$$I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2;$$



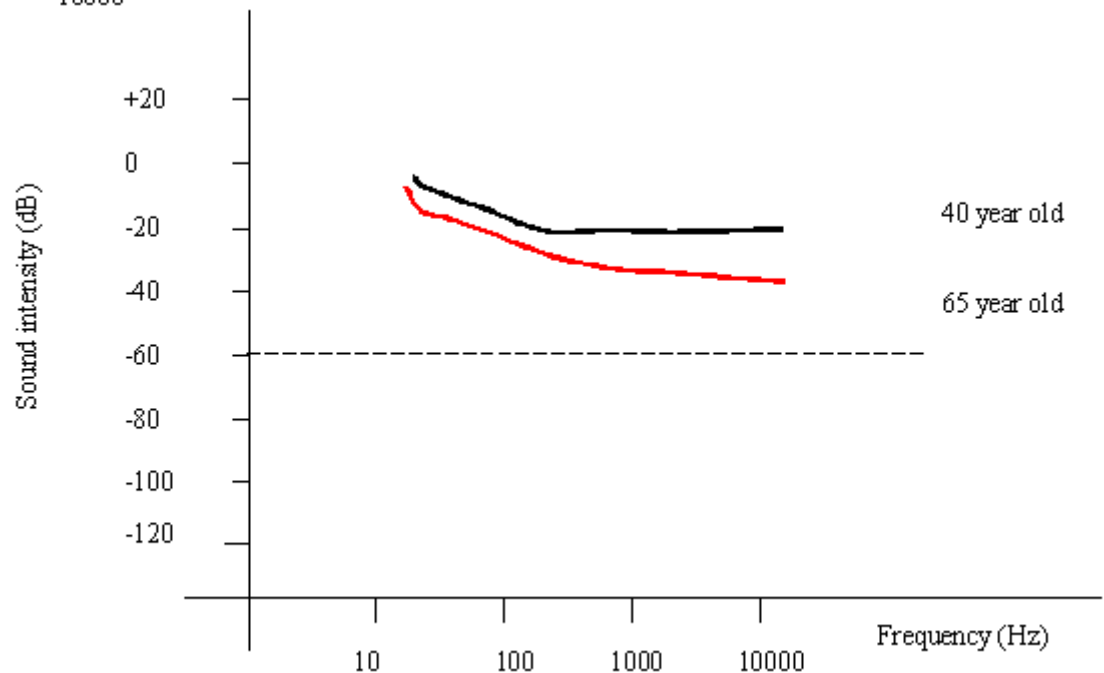
The solid lines indicate the isophones, curves of constant loudness as a function of intensity and frequency. All sounds along the isophone appear equally loud to the listener. The lowest isophone represents the hearing threshold.

👂 Η ευαισθησία των ωτών – ακουστότητα (2)



The graph shows the hearing of a normal 40 year old and one that has been exposed to a loud environment.

Aging also leads to hearing loss. The graph here shows the hearing loss of a 65 year old compared to a 40 year old. Neither has been exposed to prolonged periods of excessive noise.



Εξέταση της ακοής

* **Ωτοσκόπηση:** είναι η επισκόπηση του έξω ακουστικού πόρου και του τυμπανικού υμένα με ειδικό εργαλείο, το ωτοσκόπιο και με κατάλληλο τεχνητό φωτισμό. Η φυσιολογική τυμπανική μεμβράνη έχει λεία υφή και μαργαριταροειδή χροιά.

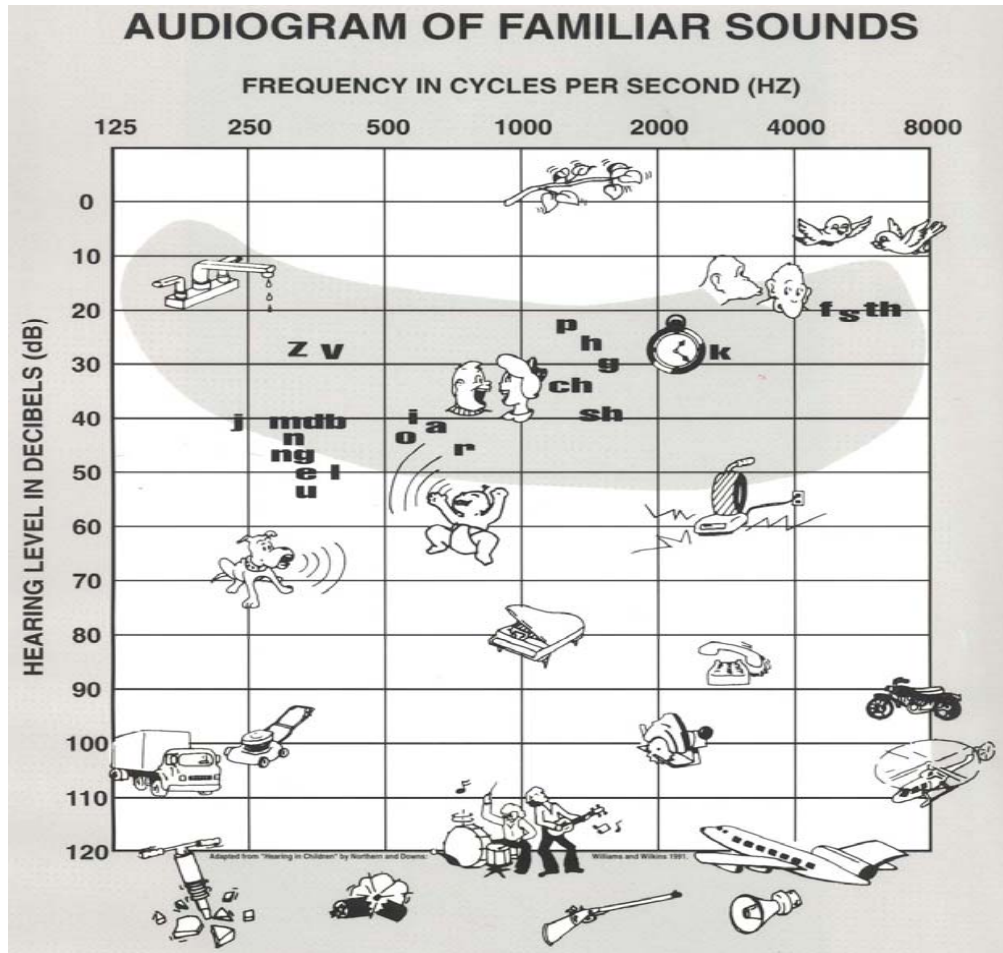
Ανάλογα με τα ευρήματα η εξέταση του ωτός συμπληρώνεται με την **ωτομικροσκόπηση**, δηλαδή την εξέταση με μικροσκόπιο και με ακτινολογικό έλεγχο (απλές ακτινογραφίες, αξονική και μαγνητική τομογραφία). Τα ευρήματα από τα παραπάνω συναξιολογούνται και συνδυάζονται με τα ευρήματα από την εξέταση της ακοής και του λαβυρίνθου.

Ακοόγραμμα: Πραγματοποιείται με ειδικά μηχανήματα, τους ακοογράφους. Με τη βοήθεια ακουστικών χορηγούνται ήχοι διαφόρων συχνοτήτων προοδευτικά μειούμενης έντασης και σημειώνοντας την ελάχιστη ακουστή ένταση ήχου (=ουδός ακοής) σε κάθε συχνότητα προκύπτει το ακοομετρικό διάγραμμα ή ακοόγραμμα.

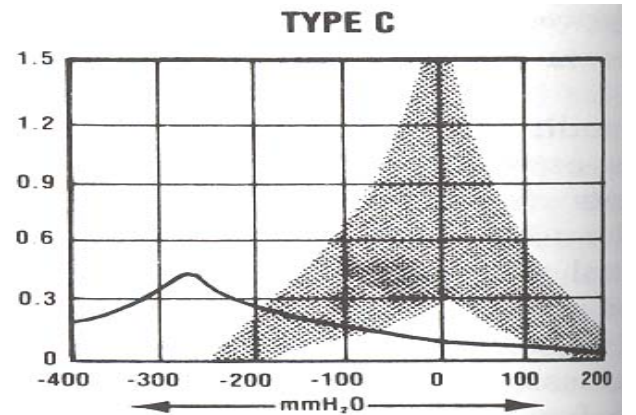
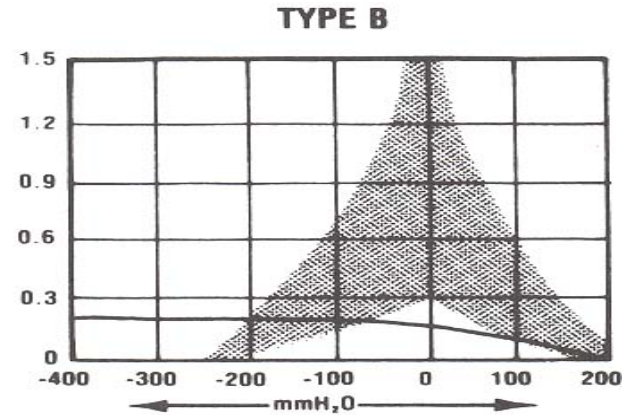
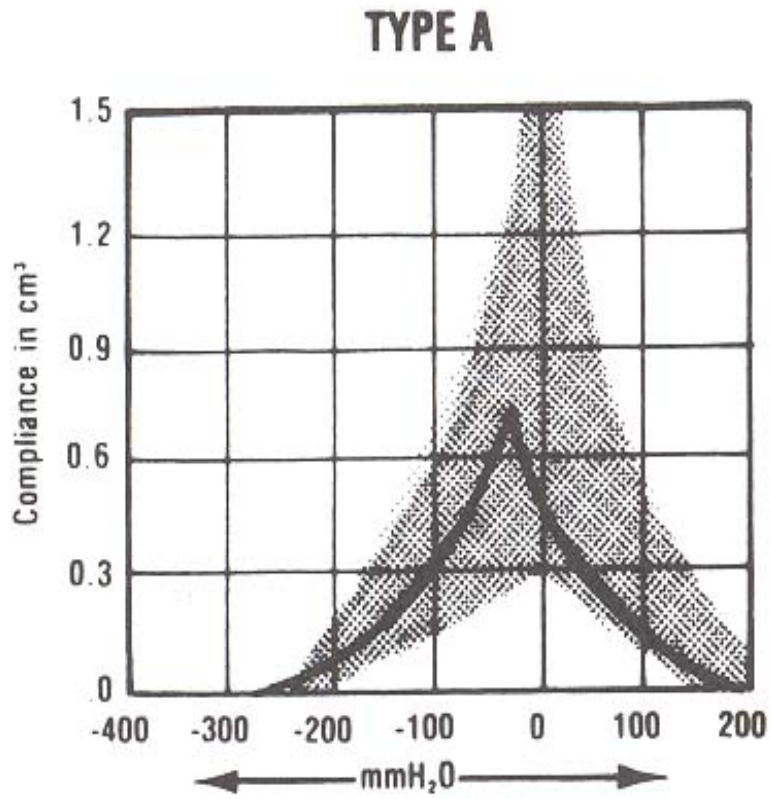
Οι συχνότητες που εξετάζονται είναι αυτές του φάσματος της ομιλίας. Ο φυσιολογικός ουδός ακοής γι' αυτές τις συχνότητες είναι (0) μηδέν db. Εξετάζεται και η αγωγή δια του αέρος και δια των οστών. Αν και πρόκειται για υποκειμενική μέθοδο εξέτασης, σε συνδυασμό με άλλες αντικειμενικές εξετάσεις δίνει σημαντικές πληροφορίες για τα επίπεδα της ακοής.

Τυμπανόγραμμα, δοκιμασία ακουστικού αντανακλαστικού Γίνονται με τον τυμπανογράφο και αποτελούν αντικειμενικές μεθόδους εξέτασεως. Ελέγχουν τον τυμπανικό υμένα και το μέσο αυτί.

Audiogram- Speech Banana



Tympanometry by Jerger



Παθήσεις Λαβυρίνθου: Ο ερεθισμός του λαβυρίνθου προκαλεί διάφορα συμπτώματα π.χ. ίλιγγο, ναυτία, εμετό και την έκλυση ορισμένων αντανεκλαστικών του αυτόνομου νευρικού συστήματος, τα αιθουσαία αντανεκλαστικά, από τα οποία το πιο αξιόλογο αποτελεί ο **νυσταγμός**. Νυσταγμό καλούμε σύγχρονες ρυθμικές και ακούσιες διαφόρων κατευθύνσεων κινήσεις των βολβών των οφθαλμών.

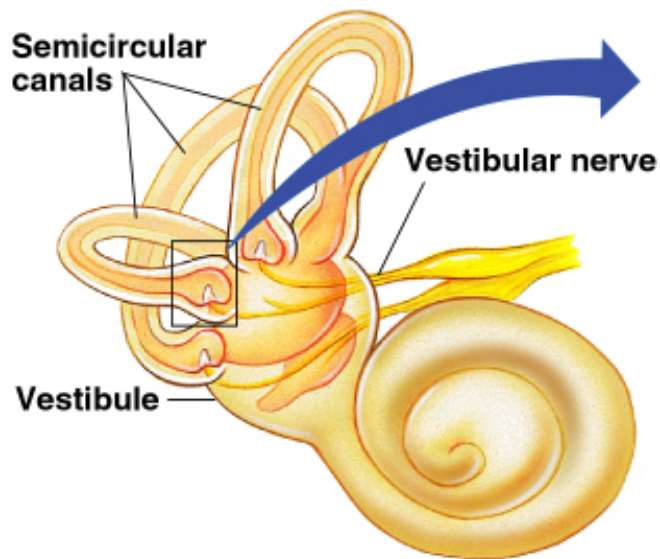
Υπάρχουν διάφορα είδη νυσταγμού, όπως ο οπτοκινητικός, ο αιθουσαίος νυσταγμός, ο νυσταγμός θέσεως, καλοήθης και κακοήθης νυσταγμός. Μπορεί να αποτελεί σύμπτωμα ή να προκληθεί αντανεκλαστικά με ειδικές λειτουργικές λαβυρινθικές δοκιμασίες, τις οποίες εφαρμόζουμε για την εξέταση του αιθουσαίου συστήματος.

Η προσεκτική μελέτη των χαρακτηριστικών και του είδους των προκαλούμενων από τις δοκιμασίες αυτές αιθουσαίων αντανεκλαστικών και κυρίως του νυσταγμού μας δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την κατάσταση του λαβυρίνθου, καθώς και για την διαφορική διάγνωση της αιτίας που τα προκαλεί.

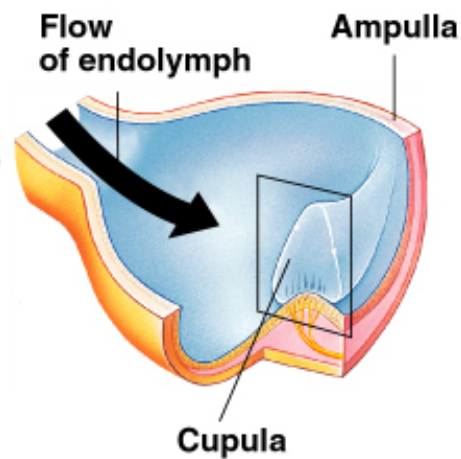
Επίσης, το ηλεκτρο-νυσταγμογράφημα (καταγραφή ηλεκτρικών δυναμικών από τις νυσταγμικές κινήσεις των ματιών) αποτελεί διαγνωστικό μέσο για τον εντοπισμό αιθουσαίων παθήσεων.

Όργανα ισορροπίας

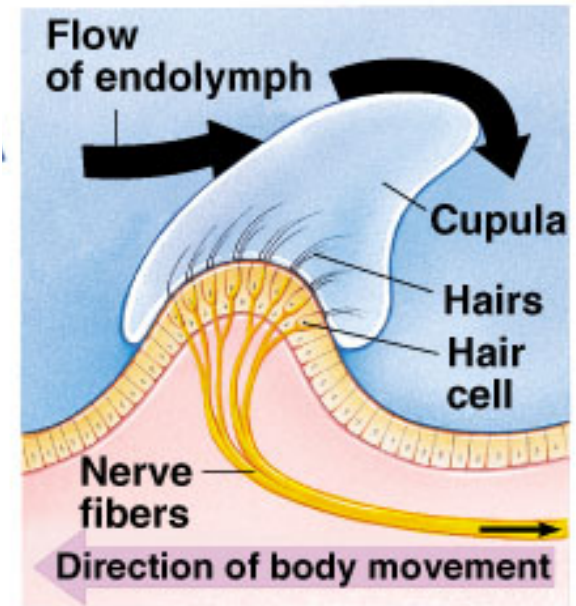
- Τα κύτταρα υποδοχείς βρίσκονται σε δυο τύπους:
 - Αίθουσα
 - Ημικύκλιοι σωλήνες



(a)

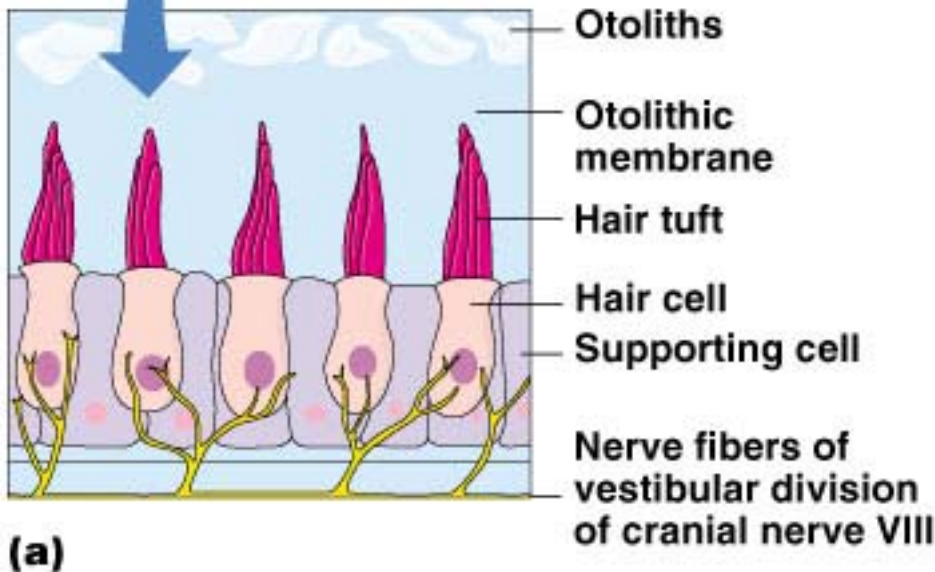
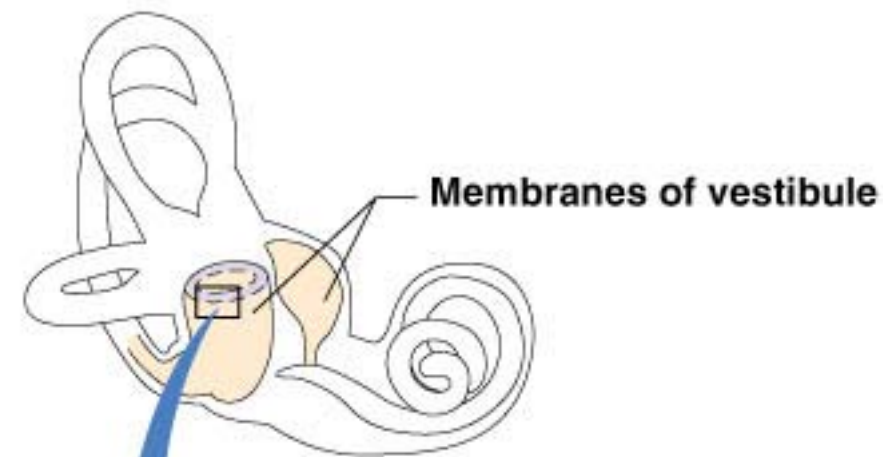


(b)

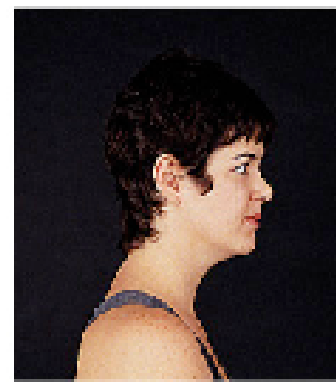
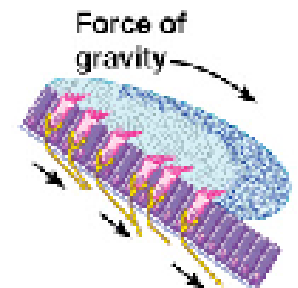
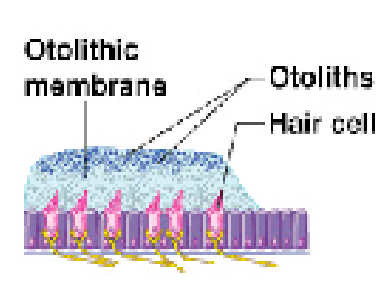
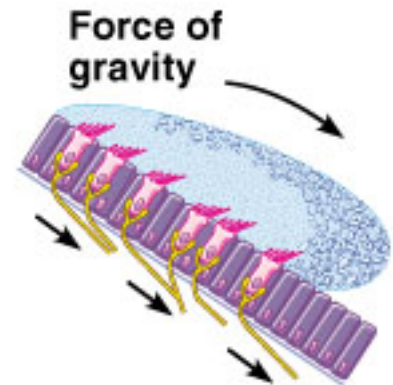
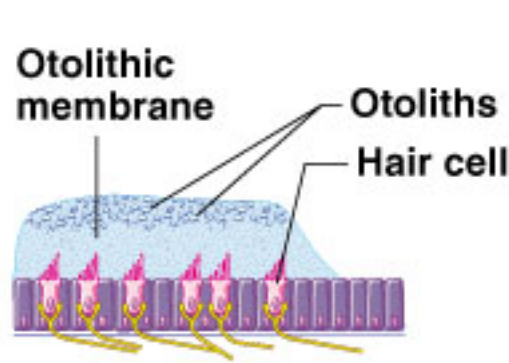


(c)

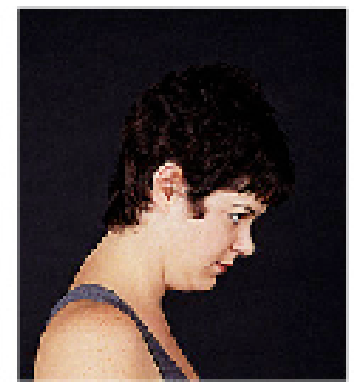
Όργανα ισορροπίας (2)



(a)

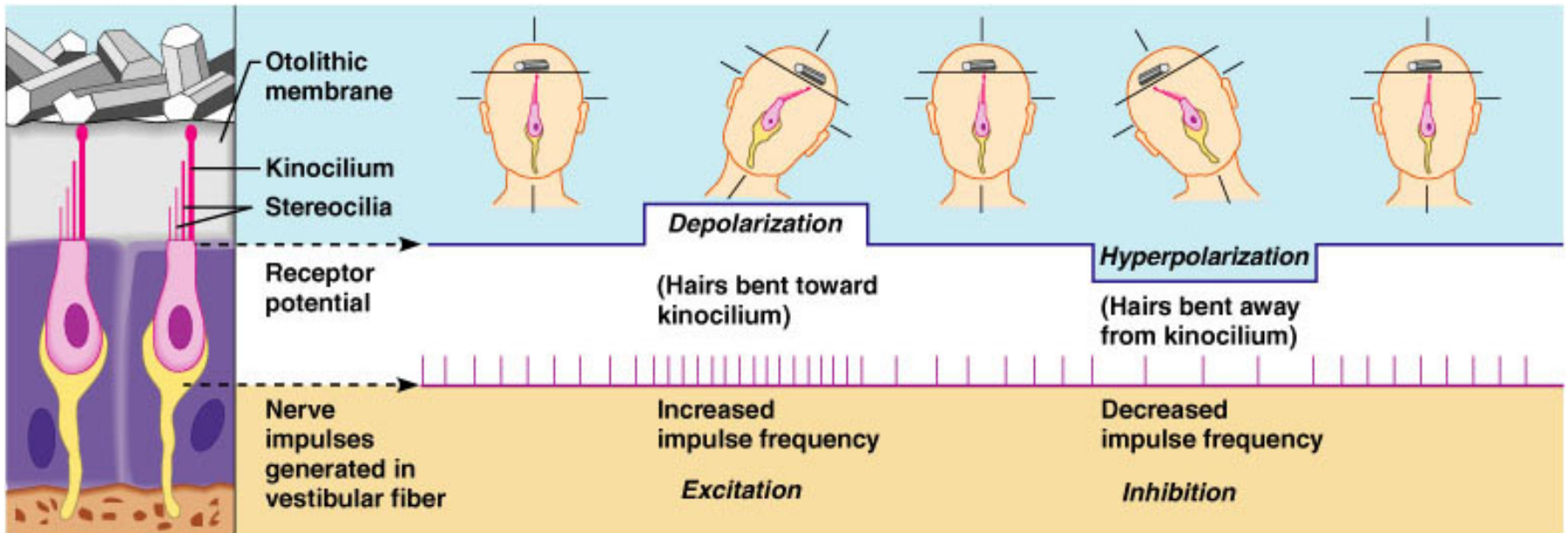


Head upright



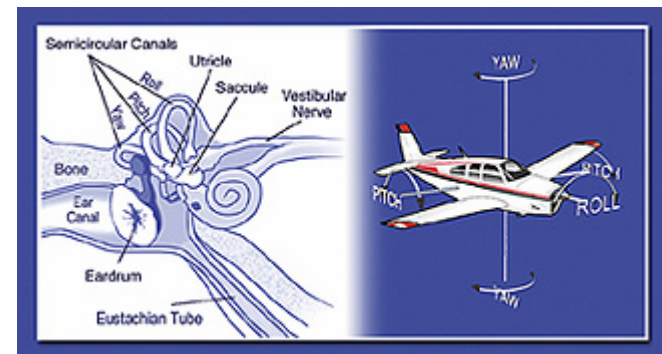
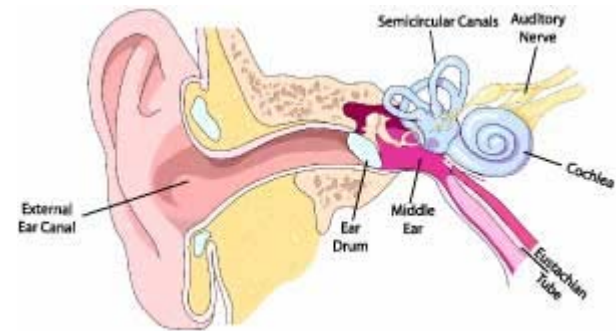
Head tilted

(b)



Το αιθουσαίο

- ❖ Το αιθουσαίο όργανο παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται ο άνθρωπος για να διατηρεί την ισορροπία του όταν κινείται και στέκεται πάνω στη Γη. Κατά την πτήση όμως οι πληροφορίες που δίνει είναι συχνά λανθασμένες γιατί το εύρος και η χρονική διάρκεια των κινήσεων στις οποίες εκτίθεται ο ιπτάμενος, είναι έξω από την φυσιολογική δύναμη του αισθητηρίου οργάνου.



Ο Νυσταγμός.

Είναι η εκδήλωση του ερεθισμού των ημικυκλίων σωλήνων και συνιστάται εις εκκρεμοειδείς κινήσεις των οφθαλμών με ταχεία και βραδεία φάση. Ο νυσταγμός που προκαλείται από την περιστροφή έχει κατεύθυνση της ταχείας φάσεως του την κατεύθυνση της περιστροφής, εμφανίζεται στο επίπεδο του ερεθισμού και η ένταση του είναι ανάλογη προς την ένταση του ερεθισμού.

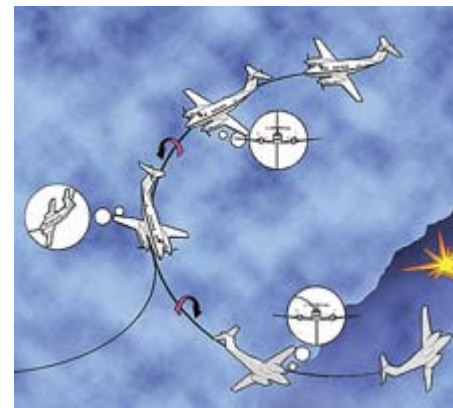
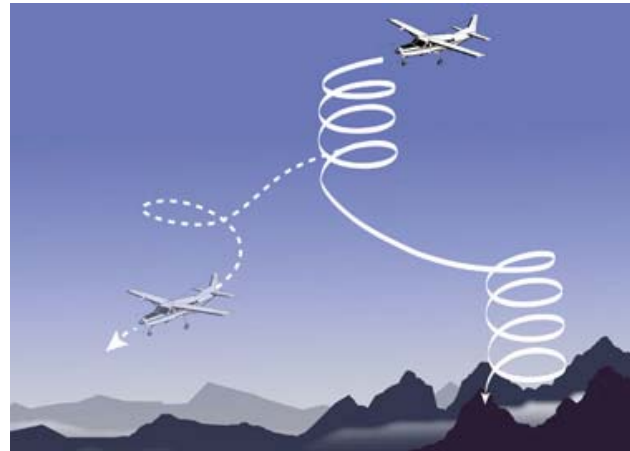
Σώματο – περιστροφική παραίσθηση

Οι ημικύκλιοι σωλήνες ερεθίζονται μόνο από τις γωνιακές επιταχύνσεις και σημειώνουν μεταβολές της γωνιακής κίνησης. Κατά την διάρκεια ενός παρατεταμένου περιστροφικού ελιγμού με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, οι υποδοχείς αυτοί δίνουν σωστές πληροφορίες κατά την διάρκεια των λίγων πρώτων δευτερολέπτων του ελιγμού. Μόλις επιτευχθεί σταθερός ρυθμός της ταχύτητας περιστροφής τα σήματα από το αιθουσαίο σύστημα σταματούν. Ο πιλότος τότε είναι ανίκανος να αντιληφθεί με τους λαβυρινθικούς μηχανισμούς τη συνέχιση της περιδίνησης και βασίζεται μόνο στις οπτικές πληροφορίες των οργάνων ή τη θολή όψη έξω από το cockpit.

Graveyard spiral and spin

- Υπάρχει μια σταθερή περιστροφική κίνηση που δεν γίνεται αντιληπτή, αλλά η γωνιακή ταχύτητα εδώ είναι υπό μορφή μιας στροφής και κλίσεως σε συνδυασμό. Εδώ δημιουργείται ψευδαίσθηση ελαττώσεως του ύψους, ενώ το α/φ βρίσκεται σε στροφή και κλίση, και προσπάθεια διορθώσεως θα προκαλέσει πιο σφικτή περιέλεξη με αποτέλεσμα ψευδαίσθηση περιστροφής σε αντίθετη φορά.

Τελικώς το αεροσκάφος θα καταλήξει στο έδαφος.



Φαινόμενο CORIOLIS

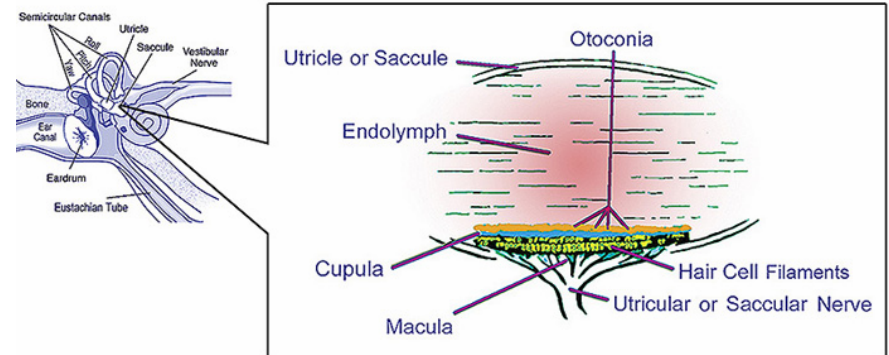
❖ Μεγάλη σημασία έχει το φαινόμενο Coriolis που είναι παραγωγή ψευδούς αντιλήψεως κινήσεως σε επίπεδο του χώρου στο οποίο δεν γίνεται στην πραγματικότητα κίνηση.

❖ Η ψευδαίσθηση Coriolis είναι η πιο επικίνδυνη από τις ψευδαισθήσεις λόγω του έντονου ιλίγγου που προκαλεί αλλά και λόγω του ότι οι χειρισμοί που την προκαλούν γίνονται συχνά κοντά στο έδαφος (π.χ. στην απογείωση).

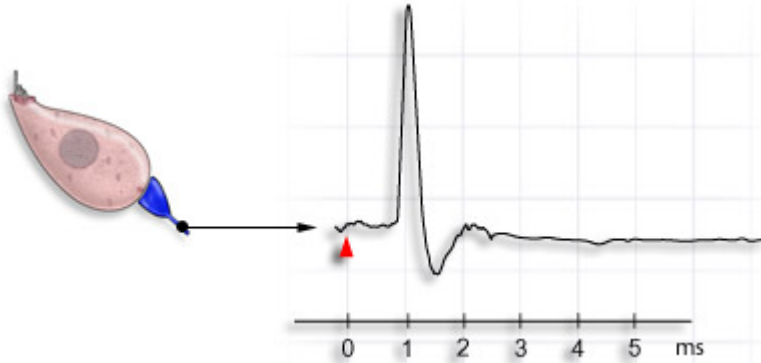


Τα ωτολιθικά όργανα

Τα ωτολιθικά όργανα (κυστιδία) μας πληροφορούν για την διεύθυνση και το μέγεθος των g , είναι όμως ανίκανα να διαχωρίσουν την γήινη βαρύτητα από άλλες γραμμικές επιταχύνσεις που δρουν πάνω σε αυτά. Έτσι προκαλούν ψευδαισθήσεις που καλούνται οφθαλμό – βαρυντικές.

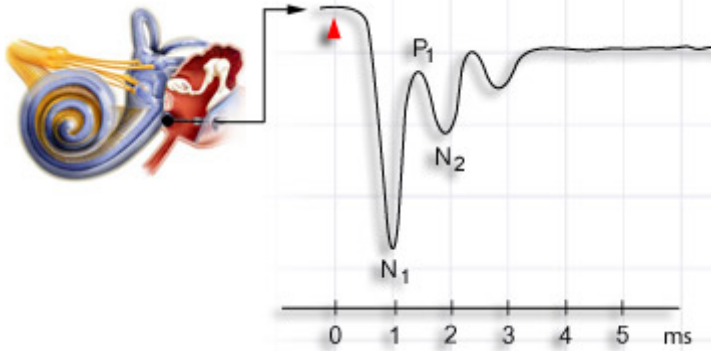


Unit potentials

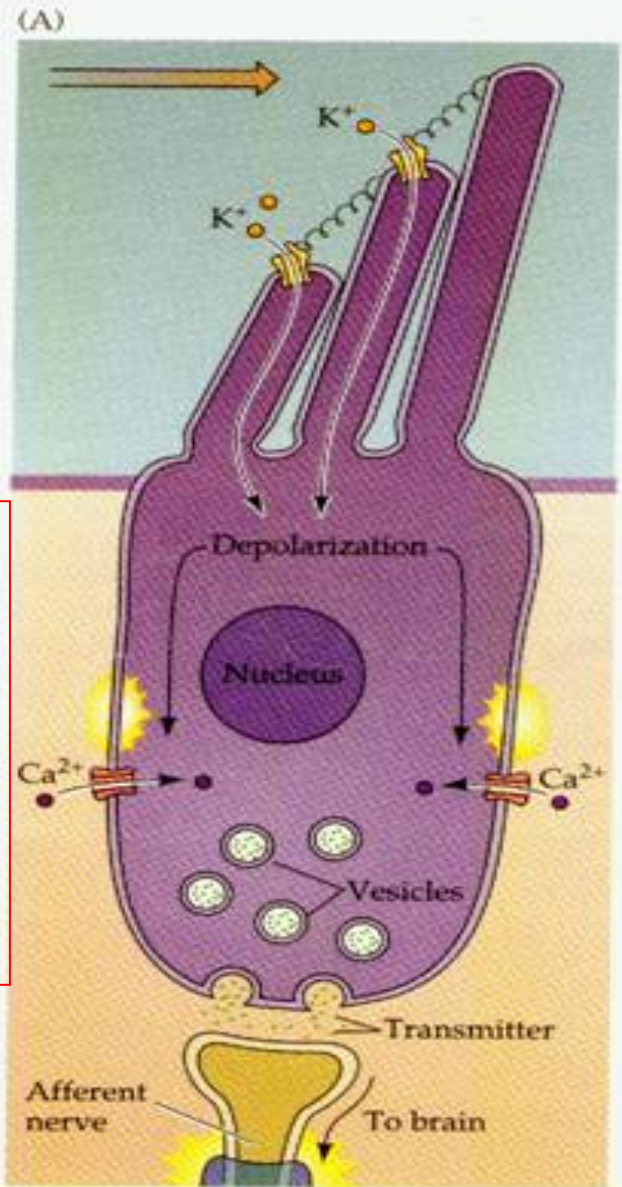


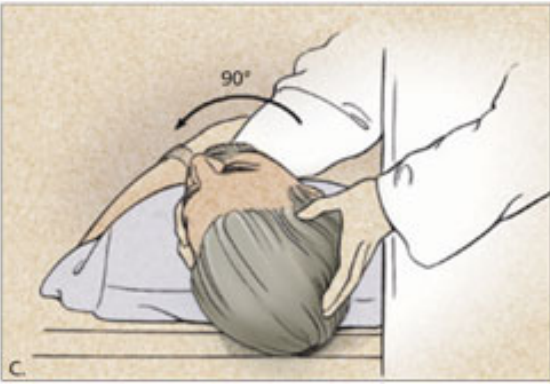
Recording of an **action potential of a single auditory nerve fibre** (experimental technique not used in humans)

Electrocochleography



Recording of the **compound cochlear nerve action potential** at the Round Window This technique is used in human subjects, and is also known as electrocochleography





© 2005 Marcia Hartsock

Ο ήχος ως μέσο επικοινωνίας στη θάλασσα

- Έχει μικρότερη απορρόφηση από το φως
- Οι οργανισμοί μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους εκπέμποντας (πομποί) και λαμβάνοντας (δέκτες) την πληροφορία.
- Το μεγαλύτερο μέρος των υποβρύχιων ήχων που ακούγονται στη θάλασσα είναι βιολογικής προέλευσης

(Hawkins & Myrberg, 1983)

Είδη βιολογικού ήχου

1. Οστρακόδερμα (κυρίως γαρίδες) που προκαλούν λόγω τριβής μεταξύ τους έναν οξύ θόρυβο 1-10 kHz
2. Τελεόστεοι που διαθέτουν νηκτική κύστη και την ταλαντώνουν με τη βοήθεια των μυών τους σε μια συχνότητα 350 - 1500 Hz. Σμήνη ψαριών δημιουργούν «χορωδίες» που αρχίζουν συνήθως κάθε απόγευμα σε ένα είδος τελετουργίας
3. Ψάρια γενικά κατά τη διάρκεια του φαγητού τους όταν η τροφή τους αποτελείται από σκληρά κελύφη που σπάνε (οστρακόδερμα)
4. Ψάρια όταν κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και προκαλούν τυρβώδη κίνηση στο νερό (τονοειδή)

Είδη βιολογικού ήχου (2)

5. Τα θαλάσσια θηλαστικά και ιδιαίτερα τα δελφίνια και οι φάλαινες παράγουν ήχους, με τους οποίους αντιλαμβάνονται τον περιβάλλοντα χώρο στον οποίο κινούνται και εντοπίζουν την τροφή τους (παλμοί υπέρηχων)
 - Οι φάλαινες επίσης παράγουν χαμηλής συχνότητας ήχους (~ 20 Hz) για την μεταξύ τους επικοινωνία που διαδίδονται 2 000 - 10 000 km μακριά
 - Ενδιαφέρον παρουσιάζει το τραγούδι της καμπουρωτής φάλαινας (Megaptera) που τουλάχιστον για μισή ώρα επαναλαμβάνει συγκεκριμένες φράσεις και στροφές που είναι χαρακτηριστικές για το άτομο που τις απαγγέλλει

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Φυσική του ανθρώπινου σώματος**, CAMERON J. SKOFRONICK J. GRANT R. Επιμέλεια:Ε. Γεωργίου - Ε. Γιακουμάκη - Σ. Κόττου - Κ. Νταλλές - Α. Σερέφογλου - Α. Σκυλάκου Λουίζη, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ, 2002.
2. Middle Ear Mechanics in Research and Otology. Editors: Kiyofumi Gyo, Hiroshi Wada, Naohito Hato, Takuji Koike, World Scientific, 2004, ISBN 9812386033, 9789812386038.
3. Διονυσία Γ. Βαλλιανάτου, Διδακτορική διατριβή, “ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΤΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΜΒΟΩΝ ΩΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΑΓΧΟΥΣ” ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ, ΙΑΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ, ΗΡΑΚΛΕΙΟ 1998.
4. Σεμινάριο αεροπορικής ιατρικής, παρουσίαση ppt στο διαδίκτυο.
5. 147.162.36.50/cochlea/cochleapages/theory/main.htm
6. http://www.neuroreille.com/promenade/english/default_gb.htm