


Biofísica da Audição Humana





2014

Pedro Menezes - 2014

Anatomo-fisiologia da audição

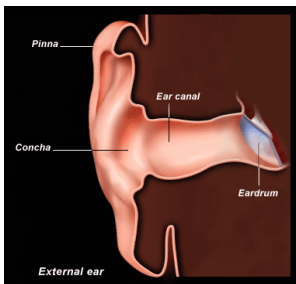
Revisão

Pedro Menezes - 2014

Orelha externa

Pavilhão

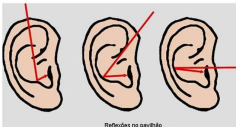


Pedro Menezes - 2014

Orelha externa

Pavilhão

- Concentração da energia sonora na entrada do conduto
- Localização de fontes sonoras no eixo sagital- mediano



Reflexões no pavilhão

Pedro Menezes - 2014

Orelha externa

Ressonância

Ressonância da Orelha Externa

- Pavilhão Auditivo aprox. 5.000 Hz
- Conduto Auditivo Externo aprox. 3.800 Hz

Pedro Menezes - 2014

Orelha externa


Ressonância da orelha externa

Métodos

Materiais Utilizados

- Massa Epox
- Tubo plástico 2,5 cm de comprimento 8 mm de diâmetro
- Microfone Omni direcional Freq. Resposta entre 50 e 20.000 Hz, sensibilidade igual -58 dB + ou - 3 dB, para micro computador.

Obs. O mesmo microfone foi utilizado no modelo padrão.



Pedro Menezes - 2014

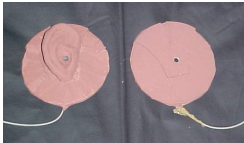
Orelha externa

Ressonância da orelha externa

Modelo Controle
 Reprodução de uma música
 Distância alto-falante – Sistema 20cm
 Intensidade 80 dBA

Modelo de Orelha Externa
 Reprodução da mesma música
 Distância alto-falante – Sistema 20cm
 Intensidade 80 dBA

Número de repetições do teste: 5X



Modelo de Orelha Externa Modelo controle

Pedro Menezes - 2014


Orelha externa

Ressonância da orelha externa

Faixa de Frequência entre 125 e 1.000 Hz
 Os dois modelos apresentaram respostas semelhantes

Faixa de Frequência entre 2.000 e 3.800 Hz
 O Modelo de Orelha Externa obteve uma amplificação significativa em relação ao Modelo Padrão ($p < 0,05$)

Amplificação média de 10 dB



Pedro Menezes - 2014

Orelha externa

Ressonância da orelha externa

Faixa de Frequência entre 4.000 e 10.000 Hz
 O Modelo de Orelha Externa obteve uma amplificação significativa em relação ao Modelo Padrão ($p < 0,05$)

Amplificação média de 3 dB

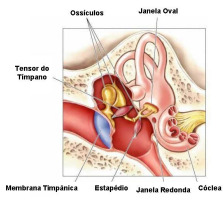
Faixa de Frequência entre 10.100 e 20.000 Hz
 O Modelo de Orelha Externa obteve uma atenuação significativa em relação ao Modelo Padrão ($p < 0,05$)

Atenuação média de 3 dB

Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Revisão

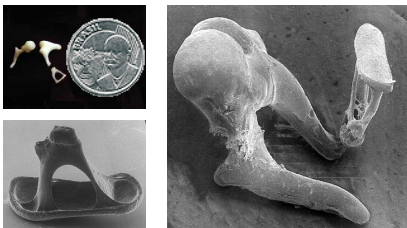


Ossículos Janela Oval
 Tensor do Timpano
 Membrana Timpanica Estapédio Janela Redonda Cúclea

Pedro Menezes - 2014

Orelha média

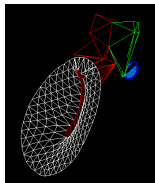
Ossículos



Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Casamento das impedâncias



Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Casamento das impedâncias

Resistência acústica do Ar = 41,5 Ω
 Resistência acústica do Água do mar (Orelha) = 161 kΩ

Relação (r) entre as resistências = $\frac{41,5}{161000} \approx \frac{1}{3880} \approx 0,00026$

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Casamento das impedâncias

Transmissão de energia (T) =

$$T = \frac{4r}{(r+1)^2} = \frac{4 \times 0,00026}{(0,00026+1)^2} = \frac{0,00104}{1,0005} \approx 0,001$$

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Casamento das impedâncias

Transmissão da energia = 0,001

Apenas 0,1% da energia que vem pelo Ar passa para a Orelha

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Amplificação sonora

- Efeito das Áreas
- Efeito Alavanca

Área vibrante = 55 mm²

$$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot A_1 / A_2 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot 55 / 3,2$$

$$P_2 = P_1 \cdot 17,1$$

Amplificação = 17,1x

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Amplificação sonora

- Efeito das Áreas
- Efeito Alavanca

$$F_2 = F \cdot BF / BR \rightarrow F_2 = F_1 \cdot 1,3$$

Amplificação = 1,3x

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Amplificação sonora total

- Efeito das Áreas
- Efeito Alavanca

Efeito1 x Efeito2 = 17,1x 1,3 = 22,2

Amplificação = 22,2x

Wever e Lawrence (1954)
 Pedro Menezes - 2014

Orelha média

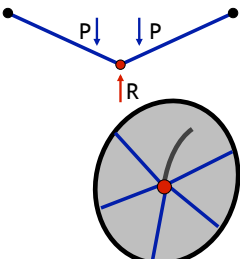
Amplificação sonora total

• **Efeito Alavanca Catenária**

Amplificação pode atingir 2x

Efeito1 x Efeito2 x Efeito3

= 22,2 x 2
= 44,4x

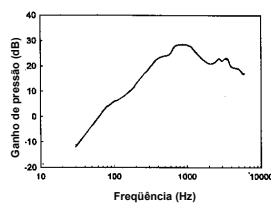


Amplificação total = 44,2x ≈ 32,9 dB

Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Transferência energética da membrana timpânica para a cóclea



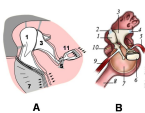
Nedzelinsky (1980)

Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Reflexo estapédico

- Desencadeia com estímulos sonoros próximos a 80 dBNS
- Proteção: função mais difundida
- Atenua sons com frequências inferiores a 2k Hz

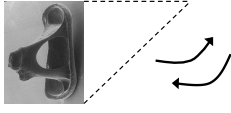


Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Movimentação do estribo

- Intensidades sonora inferiores a 80 dBNS
- Movimento de pistão

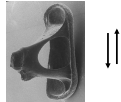


Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Movimentação do estribo

- Intensidades sonora iguais ou superiores a 80 dBNS
- Ação do músculo estapédio
- A platina do estribo desliza sobre a janela oval



Pedro Menezes - 2014

Orelha média

Teorias e limitações

- **Limitações**
 1. Atenuação somente em baixas frequências (1 kHz)
 2. Latências
60 ms → estapédio
150 ms → tensor do tímpano
 3. Fadiga
contração → diminuição gradual → repouso
mudança substancial da frequência → nova contração

Kobrac (1932)

Pedro Menezes - 2014

Orelha média

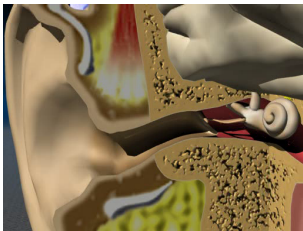
Teorias e limitações

- **Funções**
 - Dessensibilização (sons do próprio corpo)
 - Interferência (ruídos)
 - Proteção
- **Ação subclínica**

Borg (1980)
Pedro Menezes - 2014

Orelha média

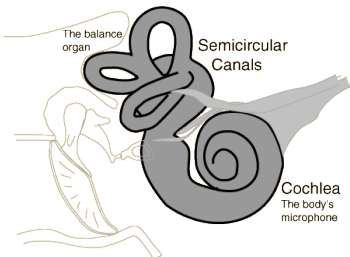
Filme 3



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Revisão

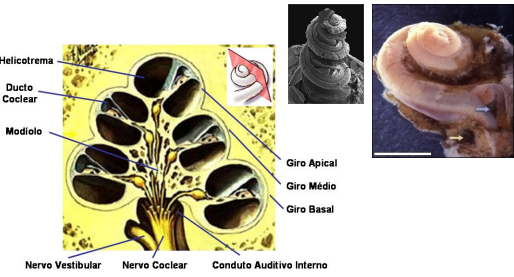


The balance organ
Semicircular Canals
Cochlea
The body's microphone

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Revisão

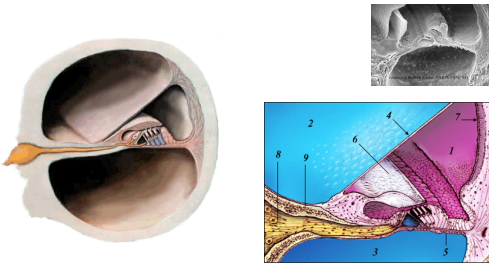


Helicotrema
Ducto Coclear
Modíolo
Giro Apical
Giro Médio
Giro Basal
Nervo Vestibular
Nervo Coclear
Conduto Auditivo Interno

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

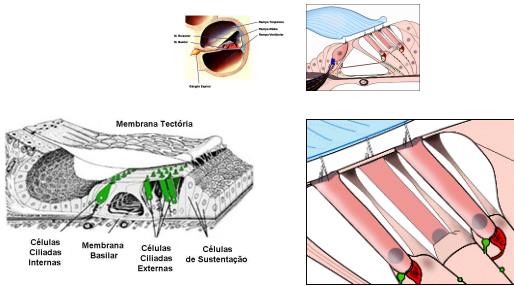
Órgão de Corti



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Órgão de Corti



Membrana Tectória
Células Cilíadas Internas
Membrana Basilar
Células Cilíadas Externas
Células de Sustentação

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Órgão de Corti

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Revisão

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filme 1

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtragem por frequência

- Passiva
 - Comprimento de Onda
 - Ressonância das CCE
- Ativa
 - Movimento das CCE

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Revisão

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filme 2

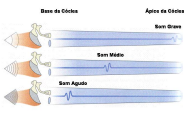

Please wait a few seconds while the animation loads.

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtragem por frequência

- Passiva
 - Comprimento de Onda
 - Ressonância das CCE
- Ativa
 - Movimento das CCE

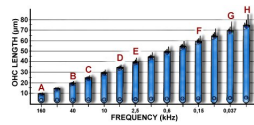



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtragem por frequência

- Passiva
 - Comprimento de Onda
 - Ressonância das CCE
- Ativa
 - Movimento das CCE




Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtragem por frequência

- Passiva
 - Comprimento de Onda
 - Ressonância das CCE
- Ativa
 - Movimento das CCE

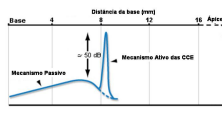


Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtragem por frequência

- Passiva
 - Comprimento de Onda
 - Ressonância das CCE
- Ativa
 - Movimento das CCE



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

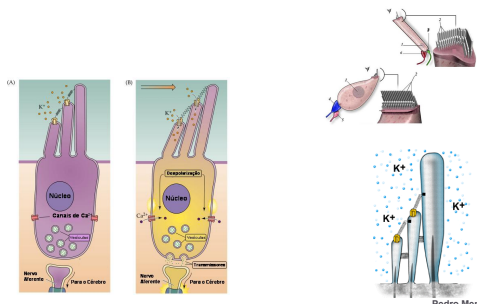
Filme 3



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna


Células ciliadas



Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Ouvindo as EOA



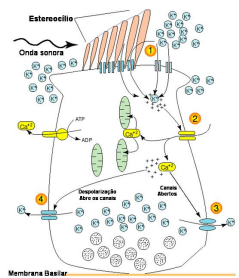
Johann Sebastian Bach

- Padrão – Bach, Partita #3
- Resposta das EOA

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Resumo



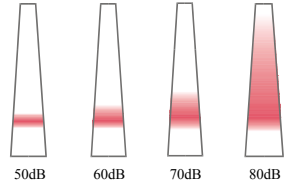
Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

Filtro coclear

- Passa-banda
- Passa-alta

FILTRO COCLEAR

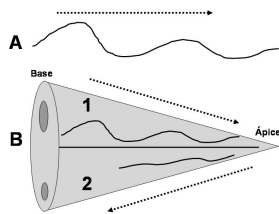


50dB 60dB 70dB 80dB

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna

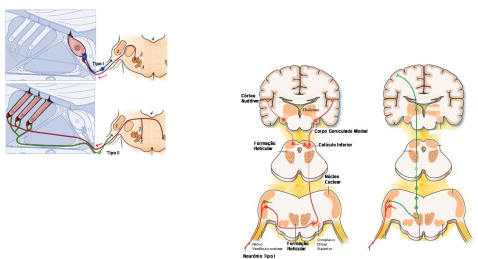
Teoria da forma cônica da cóclea



Pedro Menezes - 2014

Via auditiva

Propagação do impulso

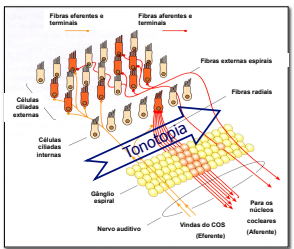


Pedro Menezes - 2014

Via auditiva

Filtragem por frequência

- Fibras Nervosas



Tonotopia

Pedro Menezes - 2014

Via auditiva

Filtragem por frequência

- Fibras Nervosas

Cada fibra responde a um pequeno espectro de frequência.

Evans (1975)

Pedro Menezes - 2014

Via auditiva

Filtragem por frequência

- Via auditiva eferente
 - = 1.800 fibras
 - Proteção ???
 - Discriminação fina de frequências ???
 - Discriminação diante de ruídos ???

Pedro Menezes - 2014

Córtex Auditivo

GTTA

Corresponde ao Ápice da Cóclea

Corresponde à Base da Cóclea

Córtex Auditivo Primário

Córtex Auditivo Secundário

Pedro Menezes - 2014

Orelha interna, via auditiva e SNC

Filtragem por frequência

Pedro Menezes - 2014