

# Ouvido humano: Anatomia, doenças e tecnologia

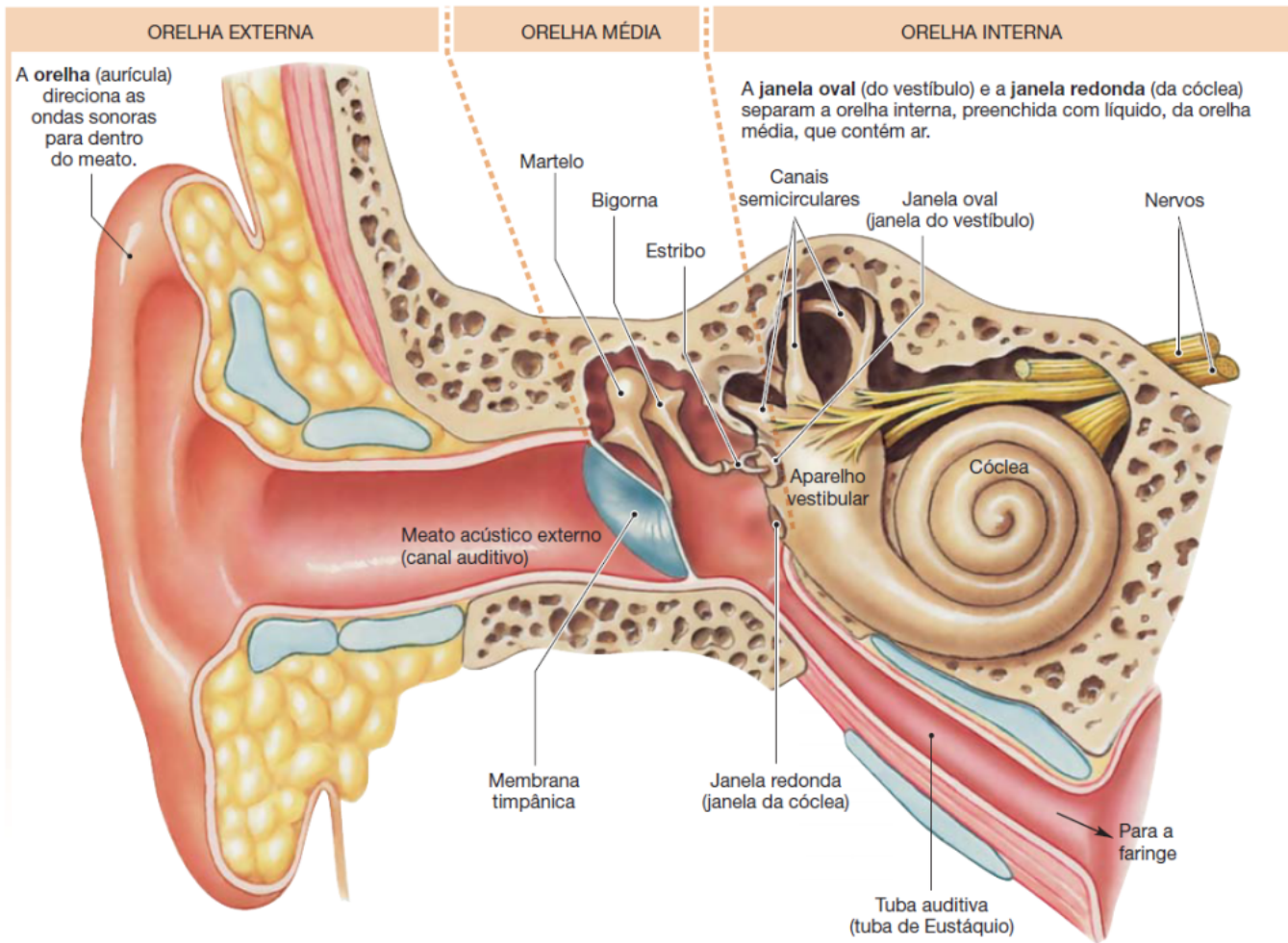
Ms. Bassam Bachour Júnior

Dr. Pedro

# Anatomia

Processo elétricos

Processo mecânico



- Ouvido Externo:
  - Pavilhão auricular (orelha) – coleta e encaminha o som para dentro do canal auditivo
  - Canal auditivo (canal auditivo externo) – direciona o som para o ouvido
- Ouvido Médio:
  - Tímpano (membrana timpânica) – transforma sons em vibrações
  - Martelo, bigorna e estribo – esta cadeia de três pequenos ossos (ossículos) transferem as vibrações para o ouvido interno
- Ouvido Interno
  - Ouvido interno (cóclea) – contém líquido e “células ciliadas” extremamente sensíveis.
  - Sistema ou aparelho vestibular – contém células que controlam o equilíbrio
  - Nervo auditivo – envia sinais da cóclea ao cérebro

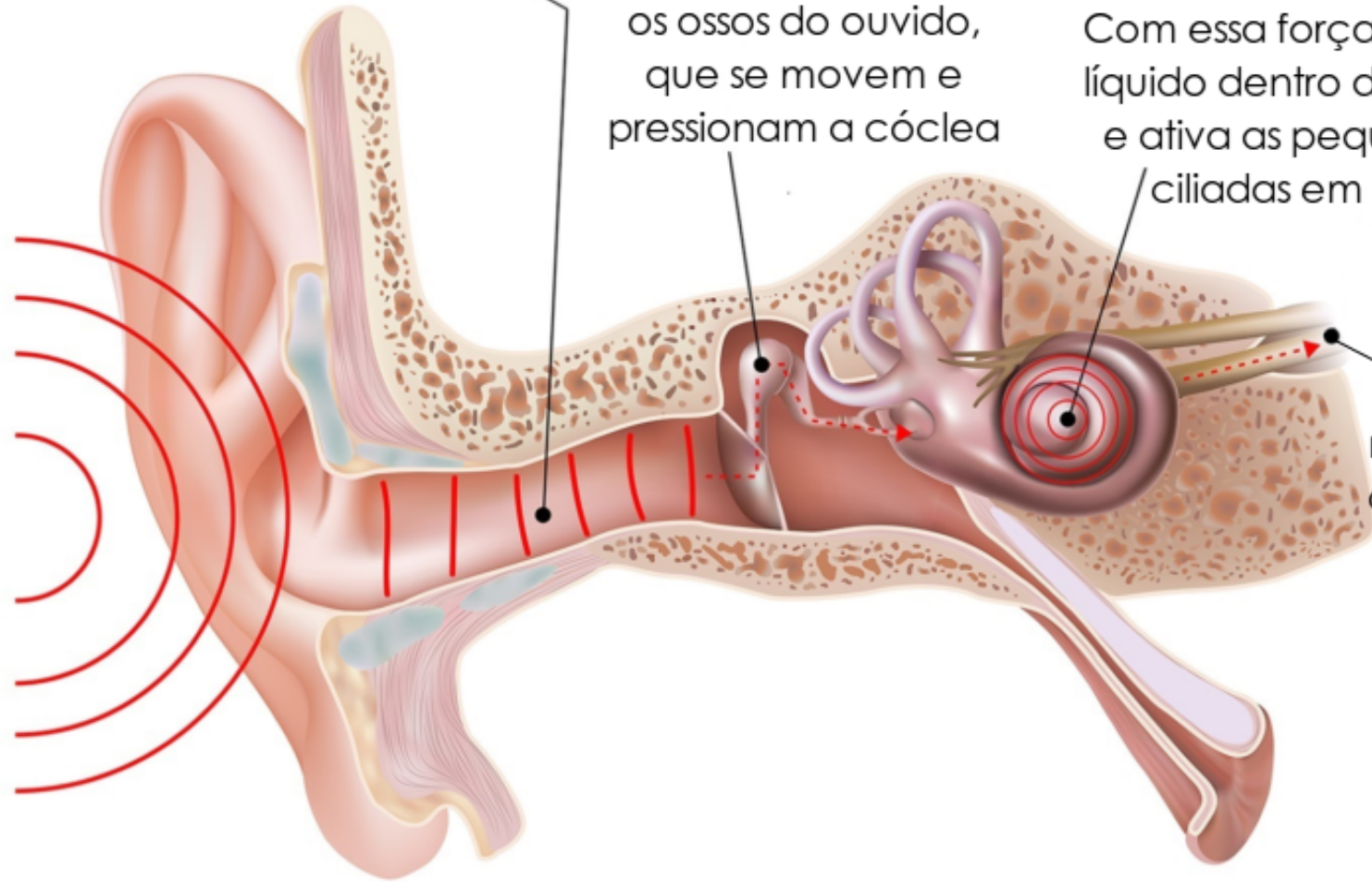
# Anatomia e a Física

O som entra pelo canal auditivo e chega até o tímpano, fazendo ele vibrar

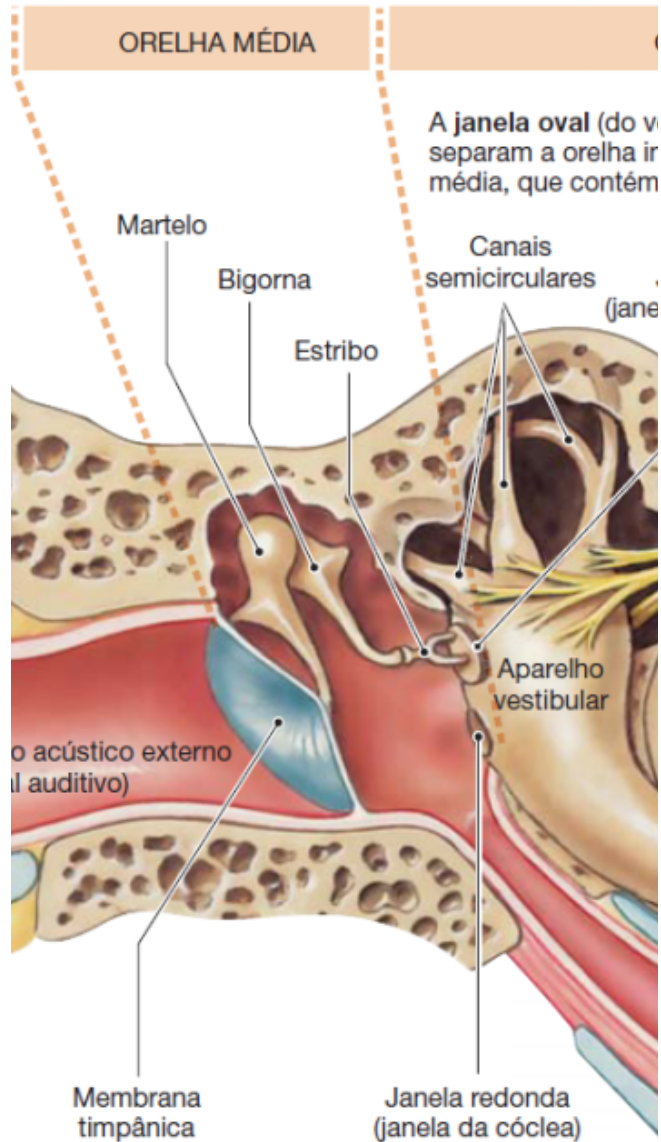
O tímpano aciona os ossos do ouvido, que se movem e pressionam a cóclea

Com essa força, a cóclea e o líquido dentro dela se mexem e ativa as pequenas células ciliadas em seu interior

Após receber esse estímulo, os cílios mandam informação do som até o cérebro



# Anatomia e a Física



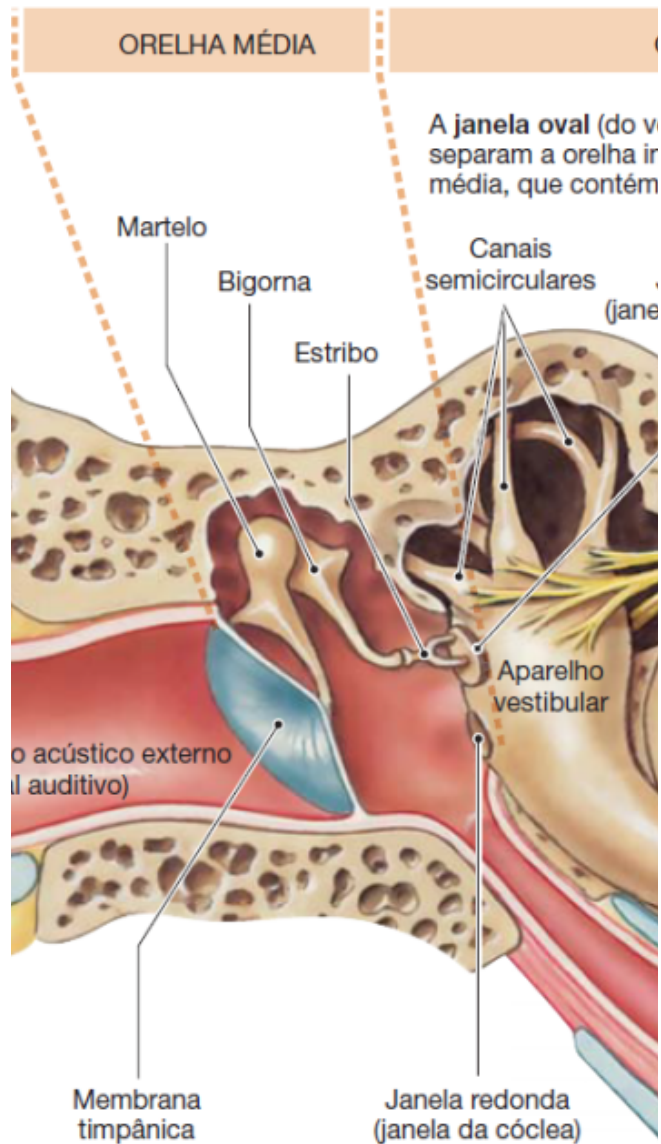
A transformação do processo mecânico para o elétrico começa no ouvido médio quando as ondas sonoras atingem o tímpano fazendo-o vibrar e termina quando o estribo pressiona a janela oval, já no ouvido interno.

Quando o som atinge o tímpano, a energia associada à perturbação do ar (meio em que o som se propagava) é transmitida à membrana timpânica, fazendo-a vibrar de acordo com a frequência e amplitude do som que a atingiu.

Mesmo que os sons que pressionam o tímpano sejam fortes, o tímpano sofre apenas movimentos microscópicos. É necessária uma pressão maior para fazer vibrar um líquido do que para fazer vibrar o ar e são os ossículos os responsáveis por tal amplificação.



# Anatomia e a Física



Considerando que o estribo tem aproximadamente o diâmetro de um grão de arroz, 2 mm, e lembrando que o tímpano tem cerca de 10mm de diâmetro, podemos estimar suas áreas:

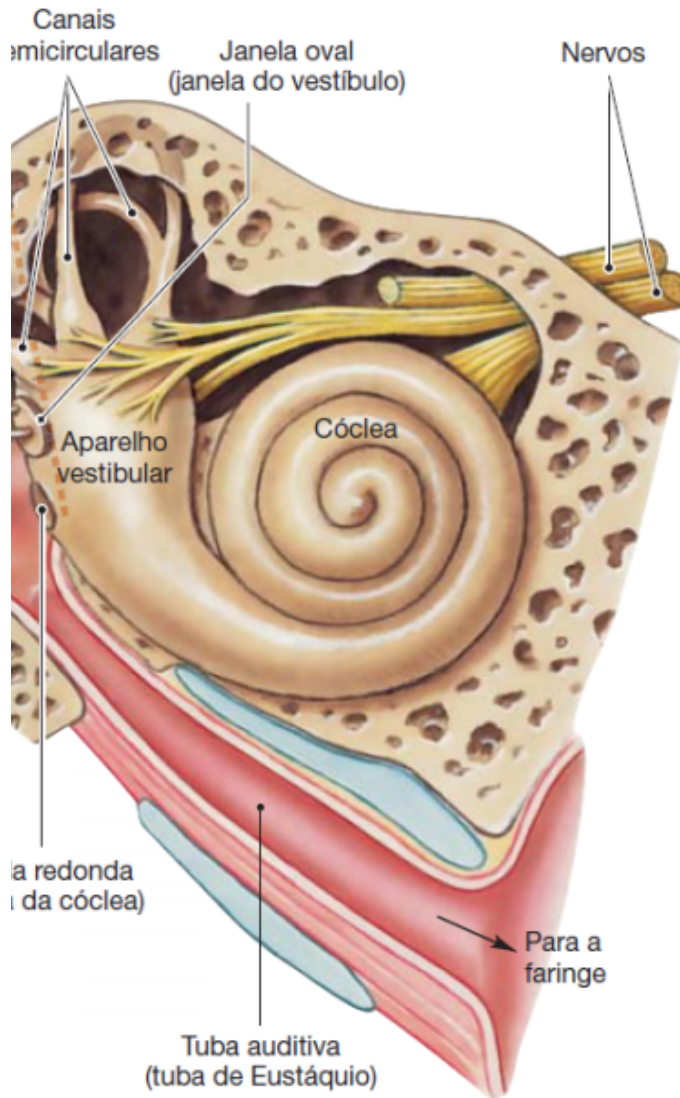
$$\text{Área de um círculo: } 2 \times \pi \times \left(\frac{\text{diâmetro}}{2}\right)^2$$

$$\text{Área do tímpano: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 5^2 = 2 \times 3.14 \times 25 = 157\text{mm}^2$$

$$\text{Área do estribo: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{2}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 1^2 = 2 \times 3.14 \times 1 = 6.28\text{mm}^2$$

Concluimos que a área do estribo é, aproximadamente, 25 vezes menor do que a área do tímpano ( $157/6.28 = 25$ ), por isso a pressão que o estribo faz sobre a janela oval é aproximadamente 25 vezes maior que a pressão que o tímpano faz sobre o martelo! É por isso que dizemos que os ossículos amplificam os sons.

# Anatomia e a Física



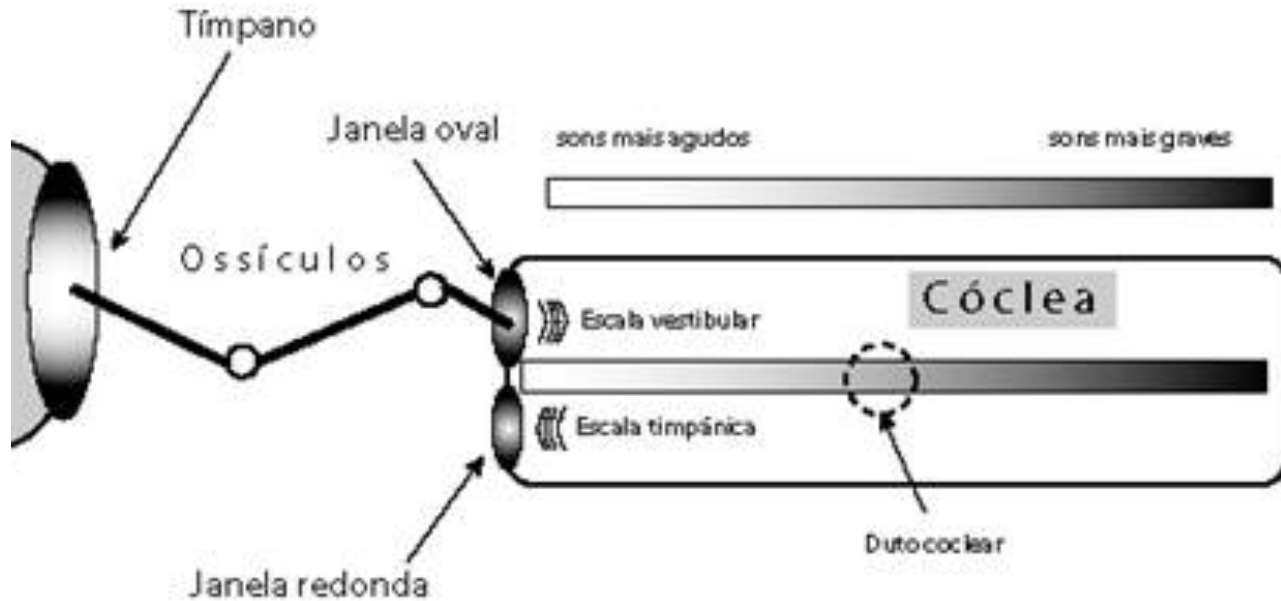
O ouvido interno é formado pela cóclea – que é parte do sistema auditivo responsável pela transformação do som em sinal neural, e pelo labirinto.

A cóclea é aproximadamente do tamanho de uma ervilha e consiste de um canal ósseo espiralado, totalmente preenchida por líquidos.

A membrana basilar é particularmente importante, por dois motivos: é sobre ela que está o órgão sensorial da audição – o órgão de Corti, e é nessa membrana que os sons agudos e graves são distinguidos.

As diferenças de pressão resultantes, através da divisão coclear, deslocam a membrana basilar para cima e para baixo.

# Anatomia e a Física



A membrana basilar é cerca de cinco vezes mais larga no ápice do que na base e, conseqüentemente, a rigidez do ápice é muito menor do que na base.

Se a frequência for alta, a base mais rígida da membrana vibrará muito, dissipando a maior parte da energia e a onda não propagará para muito longe. Sons de baixa frequência, contudo, geram ondas que se propagarão até o ápice flexível da membrana antes que a maior parte da energia tenha se dissipado.

A posição da ondulação de maior amplitude na membrana basilar, determinará qual parte do órgão de Corti será ativada, transformando as informações em impulsos elétricos para serem enviados ao cérebro, via nervo auditivo.

# Causas

## **Rubéola**

A rubéola é uma doença infecto-contagiosa causada pelo Togavírus. O grande perigo dela, no entanto, está na possibilidade de mulheres grávidas contraírem a doença, porque o vírus que causa a rubéola é teratogênico, ou seja, ele tem a capacidade de provocar alterações em tecidos em formação, inclusive no sistema auditivo do feto.

## **Otite Média**

As otites são inflamações que acontecem no ouvido médio. Elas podem surgir a partir da entrada de água no ouvido, de uma gripe ou processo alérgico. São causadas por vírus ou bactérias que fazem com que fique acumulado líquido atrás do tímpano. O problema causa dor e, em alguns casos, pode resultar em problemas auditivos temporários.

## **Meningite**

A inflamação das meninges, membranas de tecido conjuntivo que revestem o encéfalo e a medula espinhal, pode ser causada tanto por vírus como por bactérias. A perda auditiva pode acontecer porque a **cóclea** tem chances de ser diretamente lesionada pela bactéria que causa a meningite e pelas toxinas que ela libera.

## **Genética**

A perda auditiva hereditária é bastante comum e atinge várias crianças ao nascer, tendo como principal causa as mutações genéticas. Por isso, é muito importante realizar o teste da orelhinha em todas as crianças com até 1 mês de vida

## **Dano Físico**

A perda por dano físico pode ocorrer seja por uma colisão ou por um dano direto no ouvido



# INTENSIDADE

- A intensidade do som é medida em decibéis (dB), que pode ser considerado o "volume" do som.
- A escala de decibéis é logarítmica (com base em um fator de 10):
  - Um aumento de 10 dB significa um aumento de 10 vezes na intensidade do som.
  - Um aumento de 20 dB significa que o som é 100 vezes mais intenso.

$$L_{dB} = 10\text{Log}_{10}(I/10^{-12})$$

(onde "I" é a sua intensidade em watts/metro quadrado)

- Os audiogramas padrão testam entre 0 e 110dB.
  - Para referência, a conversa normal é de cerca de 60 dB.

---

## Sons comuns e suas intensidades (dB)

Silêncio quase total	0 dB	Cortador de grama	90 dB
Sussurrar	15 dB	Buzina de carro	110 dB
Zumbido de geladeira	40 dB	Britadeira	120 dB
Conversa normal	60 dB	Tiro de arma ou fogo de artifício	140 dB
Aspirador de pó	70 dB	Decolagem de jato	150 dB

---

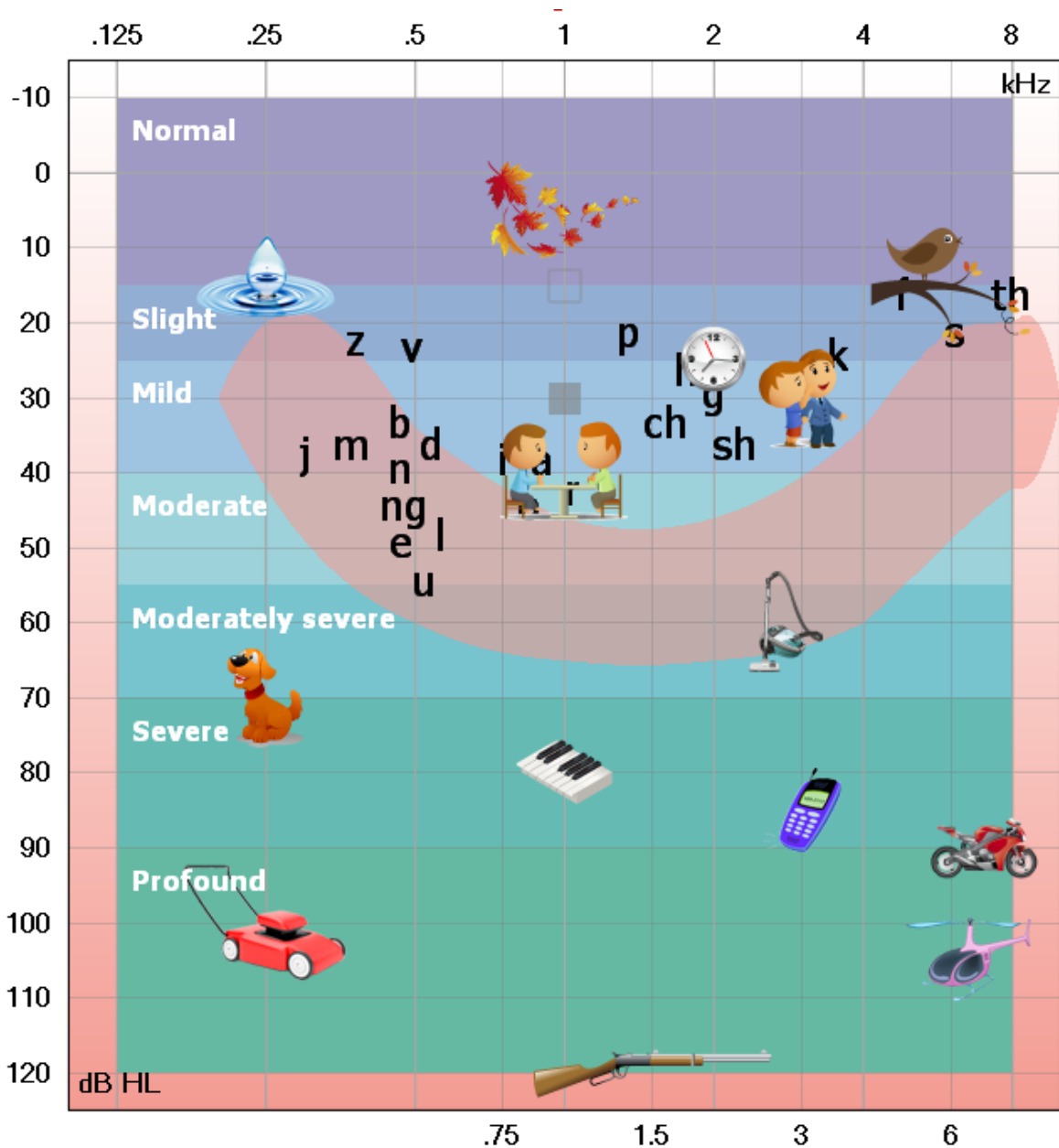
# FREQUÊNCIA

- A frequência é medida em Hertz (Hz), que geralmente é considerado a "altura" do som.
- O ser humano médio pode ouvir entre 20 e 20.000 Hz
- Os audiogramas normalmente testam as frequências entre 250 Hz e 8000 Hz.
  - A fala humana geralmente fica entre 250 Hz e 6.000 Hz.

$$f = \frac{1}{T}$$

# AUDIOMETRIA

- Durante o teste, o audiômetro fornece vários sons de “tom puro” em frequências e intensidades específicas, de baixo a alto.
- A capacidade do paciente de ouvir esses tons é traçada em um gráfico para criar um audiograma.
- Em crianças, o teste varia de acordo com a idade.
  
- Audiometria tonal: avalia a capacidade auditiva do paciente através de estímulos sonoros. É considerado um teste subjetivo porque depende das respostas do paciente aos estímulos auditivos fornecidos pelo avaliador, é um exame imprescindível para o diagnóstico, acompanhamento da evolução e tratamento de doenças da audição.
- Audiometria vocal: avalia a capacidade do paciente para compreender a fala e tem por objetivo detectar o limiar de recepção e do índice de reconhecimento da fala. É um teste complementar a audiometria tonal.



## Graus de perda auditiva

Grau de perda auditiva	Thresholds (dB)	Descrição
Normal	0-25 Adulto 0-15 Criança	Audição normal
Leve	20-40	Incapaz de ouvir sons suaves. Posso ouvir conversas em um ambiente silencioso, mas tenho dificuldade em ambientes barulhentos
Moderada	41-55	Tem dificuldade em ouvir algumas conversas mais baixas
Moderada Severa	56-70	Tem dificuldade em ouvir uma conversa normal. Pode ler os lábios ou usar aparelhos auditivos para auxiliar na comunicação
Severa	71-90	Só consegue entender a fala se o locutor estiver próximo
Profunda	>90	Geralmente, não consegue entender a fala. Incapaz de ouvir estímulos "altos", como cortadores de grama ou carros passando

# TIPOS DE PERDA DE AUDIÇÃO

- A perda auditiva pode ser dividida em dois tipos:
  - Condutiva
  - Neurosensorial
- As perdas auditivas condutivas e neurosensoriais podem ocorrer isoladamente ou em combinação.
- Uma combinação de perda auditiva condutiva e neurosensorial é chamada de "perda auditiva mista".



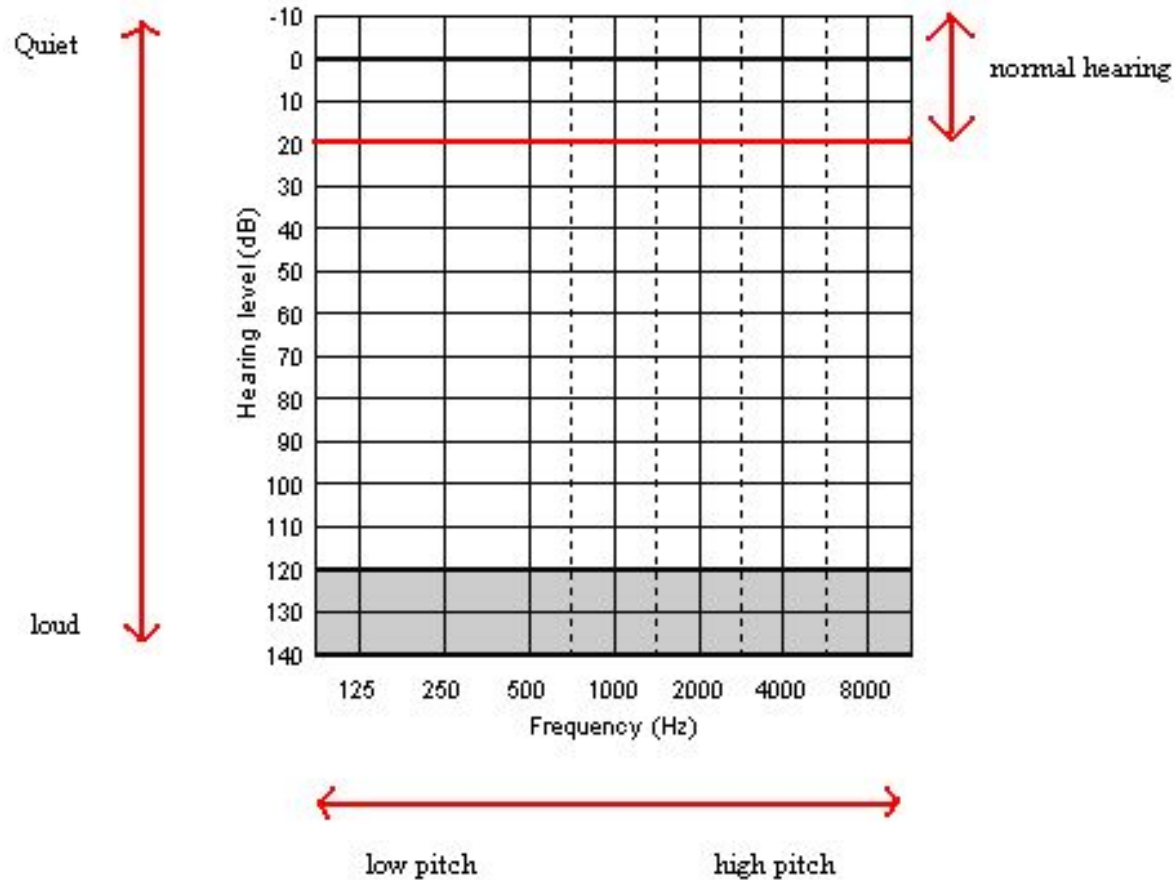
# PERDA AUDITIVA CONDUTIVA (CHL):

- Uma perda auditiva condutiva ocorre quando o som do ambiente não pode ser "conduzido" para as estruturas do ouvido interno.
- O diagnóstico diferencial inclui:
  - Impactação de cerúmen,
  - Membrana timpânica perfurada
  - Fluido no espaço do ouvido médio
  - Otosclerose
- As perdas auditivas condutivas são mais susceptíveis de serem corrigidas com intervenção cirúrgica do que as perdas neurosensoriais.
- A condução aérea se refere à condução através de todo o mecanismo do ouvido externo: incluindo aurícula, conduto auditivo externo, membrana timpânica e ossículos / ouvido médio. A condução óssea refere-se à vibração sonora transmitida ao ouvido interno através do crânio.
- A perda condutiva pode ser avaliada com o teste de Rinne e Weber
- Weber: Coloque o diapasão na linha média e determine qual ouvido é ouvido mais alto. Normal: ouvido igualmente alto em ambas as orelhas (também igual na perda auditiva bilateral simétrica). Perda auditiva condutiva unilateral: lateralize para a orelha afetada. Perda auditiva neurosensorial unilateral: lateralize para a orelha contralateral.
- Rinne: Coloque o diapasão na frente da orelha e sobre a mastóide e determine em que posição ele é ouvido mais alto. Normal: condução aérea > condução óssea (Rinne positivo). Perda auditiva condutiva: condução óssea > condução aérea (Rinne negativo). Perda auditiva neurosensorial: condução aérea > condução óssea (Rinne positivo).
- Um fork invertido de 256 Hz corresponde a uma perda auditiva de 15 dB. A voz sussurrada tem cerca de 20 dB e a voz falada normal é de 50 a 60 dB.

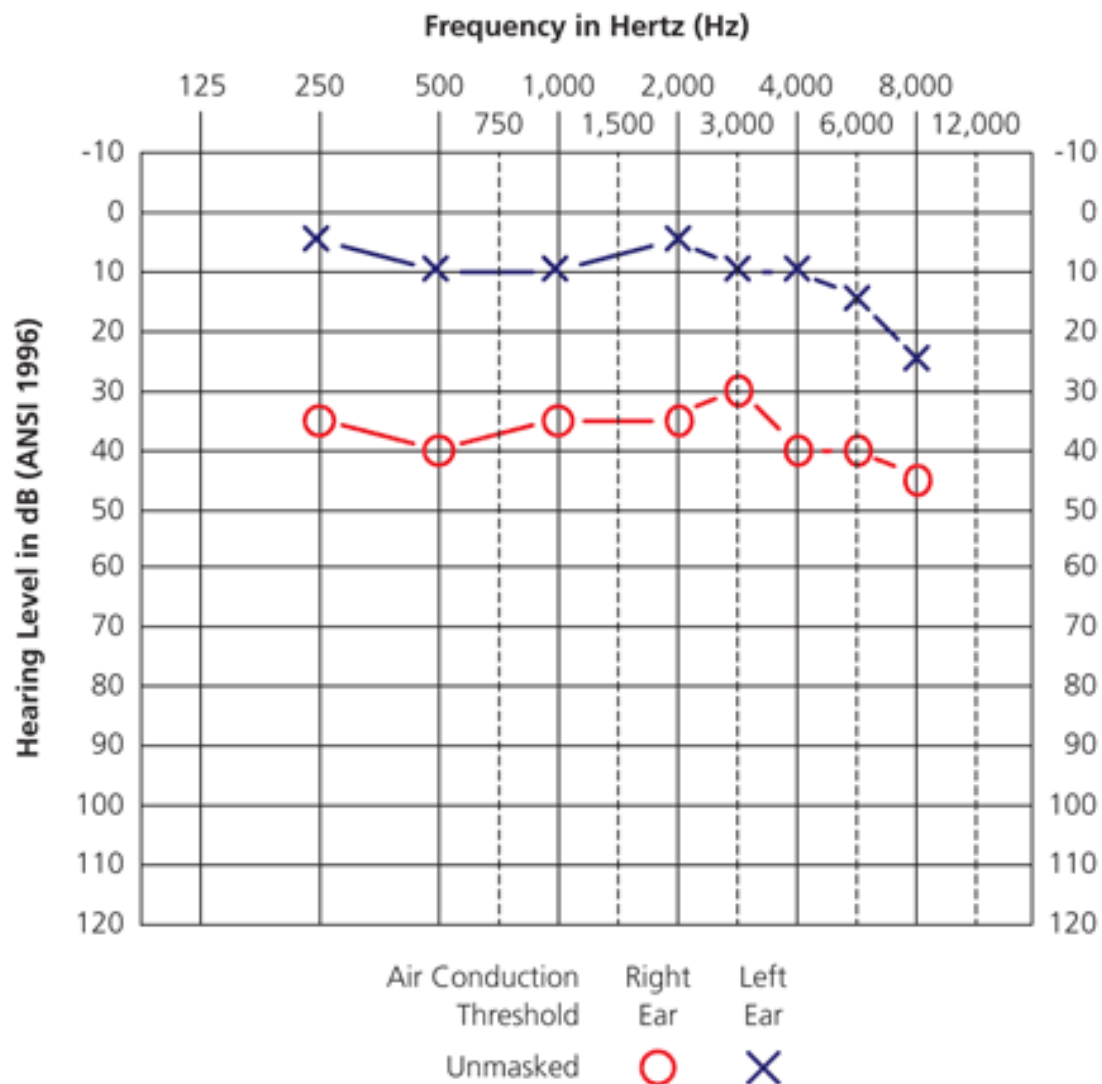
# PERDA DE AUDIÇÃO SENSORINEURAL (SNHL):

- A perda auditiva neurossensorial ocorre quando há danos às estruturas do ouvido interno ou vias nervosas entre o ouvido e o cérebro
- SNHL é o tipo mais comum de perda auditiva permanente.
- A causa mais comum de SNHL nos Estados Unidos é a exposição crônica ao ruído.
- A SNHL geralmente não é tão passível de intervenção cirúrgica em comparação com a perda auditiva condutiva.
- Diagnóstico diferencial para SNHL:
  - Infecioso: meningite, caxumba, sarampo, sífilis, etc.
  - Autoimune
  - Medicamentos ototóxicos: aminoglicosídeos, quimioterápicos de platina, metotrexato, furosemida, aspirina, etc.
  - Familiar
  - Presbiacusia
  - Traumatismo craniano: fraturas do osso temporal
  - Malformações congênitas das estruturas do ouvido interno
  - Perda auditiva induzida por ruído
  - Neoplásico: neuroma acústico ou meningioma

# Audiograma



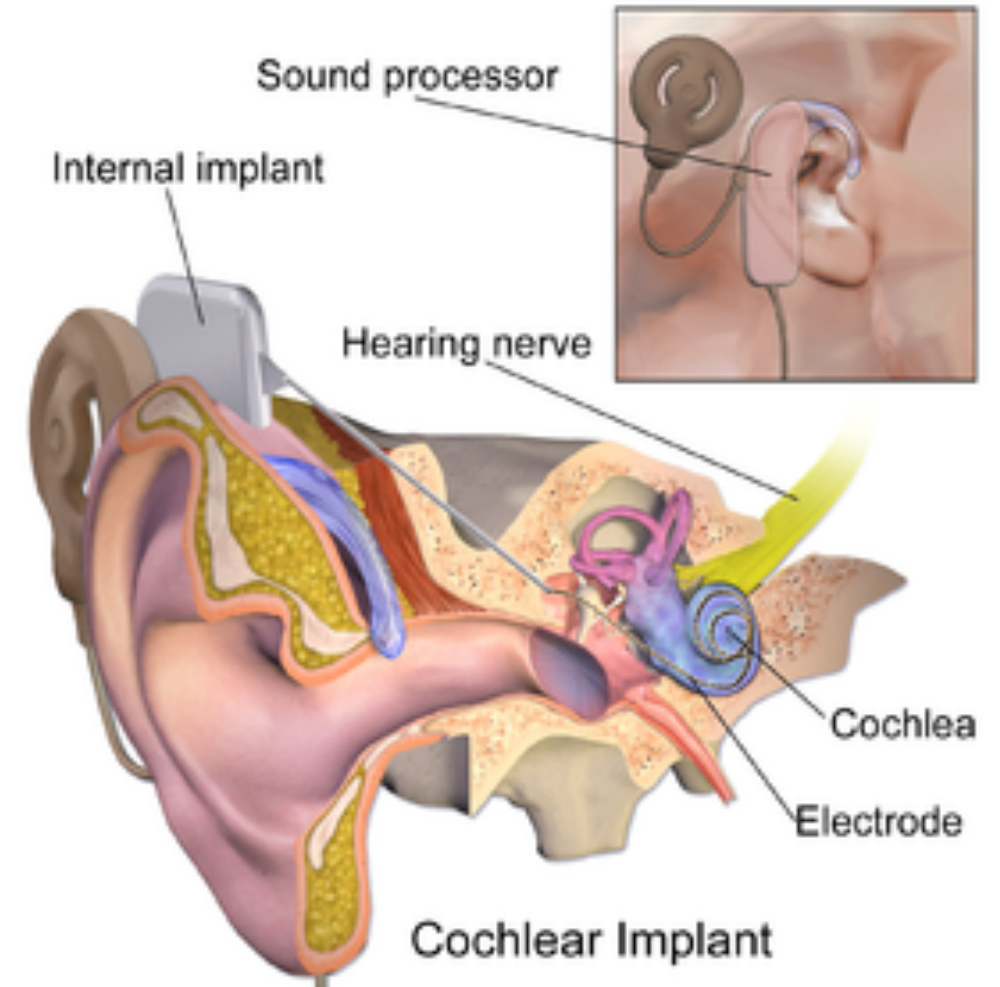
Os resultados do teste de audição são plotados em um gráfico com o eixo y representando o limiar de audição e o eixo x representando a frequência.



- A orelha direita geralmente é plotada com um O e a orelha esquerda com um X.
- A condução óssea também é plotada (para permitir a diferenciação de condutivo e SNHL). A orelha direita é representada graficamente como < e a orelha esquerda como >.
- Medidas comuns:
  - **Limiar** = o nível mais baixo de som que pode ser ouvido 50% do tempo.
  - **Limiar de recepção de fala (LRF)** = palavras espondeu bisilábicas de intensidade mais suave (sílabas balanceadas) podem ser repetidas 50% do tempo
  - **Pontuação de reconhecimento de palavras** = % de palavras discernidas no limiar
  - **Discriminação de fala** = % de palavras silábicas únicas identificadas e repetidas em níveis supralimiáres (geralmente 30 dB acima do SRT)
  - **Reflexo acústico** = contração muscular na orelha média em resposta a estímulos de alta intensidade (reflexos contralateral e ipsilateral testados)
  - **Timpanometria** = avaliação do volume do meato acústico externo e mobilidade da membrana timpânica com pressão de ar.
    - Tipo A: normal
    - Tipo B “plano”: mobilidade limitada, fluido ou dano TM
    - Tipo C: pressão negativa de retração
- Os pacientes costumam perguntar qual é a sua “porcentagem de perda auditiva”. Não existe uma fórmula baseada em evidências para converter a escala logarítmica de dB em uma porcentagem de perda auditiva com qualquer significado.

# Implante Coclear

- Um implante coclear é um dispositivo eletrônico pequeno e complexo que pode ajudar a fornecer uma sensação de som a uma pessoa com surdez profunda ou com deficiência auditiva grave. **Busca mimetizar a função do ouvido interno (cóclea).**
- O implante consiste em uma parte externa que fica atrás da orelha e uma segunda parte que é colocada cirurgicamente sob a pele (veja a figura). Um implante tem as seguintes partes:
  - Um microfone, que capta o som do ambiente.
  - Um processador de fala, que seleciona e organiza os sons captados pelo microfone.
  - Um transmissor e receptor / estimulador, que recebe sinais do processador de fala e os converte em impulsos elétricos.
  - Uma matriz de eletrodos, que é um grupo de eletrodos que coleta os impulsos do estimulador e os envia para diferentes regiões do nervo auditivo.
- Um implante não restaura a audição normal. Em vez disso, pode dar a uma pessoa surda uma representação útil dos sons do ambiente e ajudá-la a compreender a fala.





# Como funciona?

- [https://www.youtube.com/watch?v=LhSpb36\\_1s4](https://www.youtube.com/watch?v=LhSpb36_1s4)

# Quem pode realizar a cirurgia?

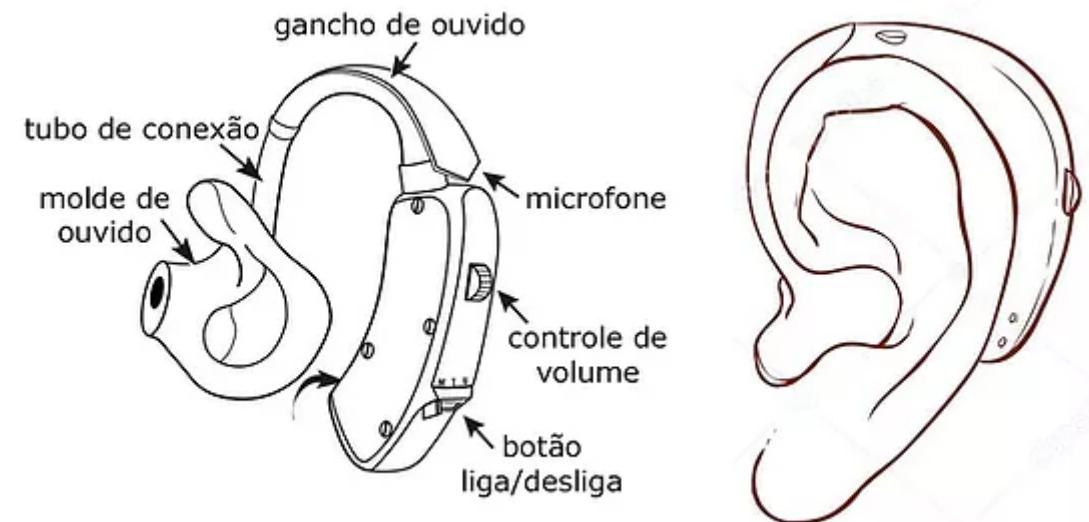
- Crianças e adultos surdos ou com deficiência auditiva severa podem receber implantes cocleares.
- Um candidato deve ter um nervo auditivo em funcionamento e um ouvido com integridade estrutural básica. Os candidatos também devem estar dispostos a fazer a terapia de acompanhamento e, geralmente, há melhores resultados se o candidato for pré-lingual (menor de 3 anos) ou já oral (perda da audição após adquirir a linguagem).
- Em dezembro de 2019, aproximadamente 736.900 dispositivos registrados foram implantados em todo o mundo.
- Nos Estados Unidos, cerca de 118.100 dispositivos foram implantados em adultos e 65.000 em crianças. (Estimativas fornecidas pela Food and Drug Administration [FDA] dos EUA, conforme relatado pelos fabricantes de implantes cocleares aprovados para o mercado dos EUA.)

# Questões

- Custos altos
- Mapeamento auditivo
- “Reabilitação auditiva”
- Expectativa do paciente
- Comunidade de surdos

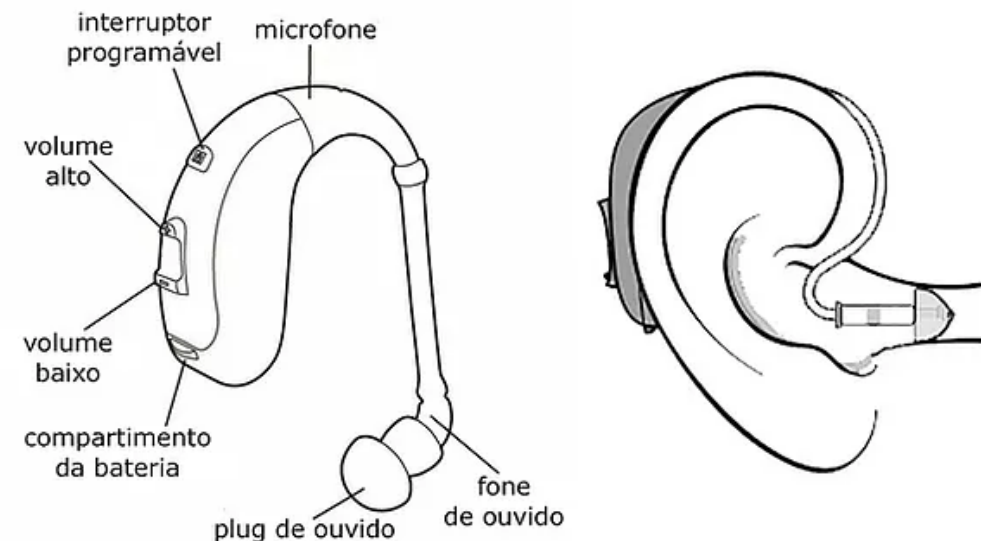
# Aparelho retro auriculares (BTE – Behind the Ear)

- É o tipo de aparelho auditivo mais comum do mundo.
- São aparelhos que podem ajudar todos os tipos de perda auditiva, desde a leve à profunda.
- Possui controles internos de programação, como regulação de volume e compartimento de pilha.
- Esse modelo de aparelho auditivo possui muitos benefícios: são confortáveis, resistentes, flexíveis, são de fácil manuseio e possuem uma maior durabilidade da pilha.
- Desvantagem: podem ser considerados “antiquados” por ser um modelo que é mais visível que os outros.



# Aparelho Receptor no canal (RIC - Receiver-in-Canal) ou Open-Fit (adaptação aberta)

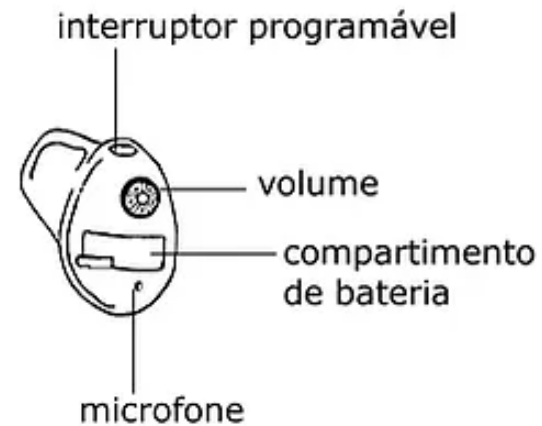
- É um modelo de mini-retroauricular (pequeno aparelho atrás da orelha), porém o tubo e o molde não são convencionais.
- O receptor é usado no canal auditivo e conectado ao aparelho através de um tubo bem fino, uma vez que o receptor não fica mais dentro do aparelho retroauricular (BTE).
- É um modelo de grande aceitação dentre todas as opções existentes, justamente por causa do menor tamanho e pela maior potência.
- Atende pessoas com perda auditiva leve a moderada severa.





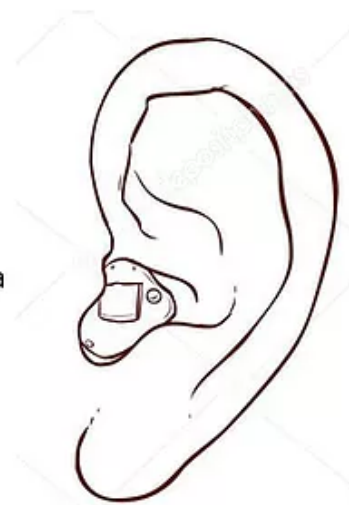
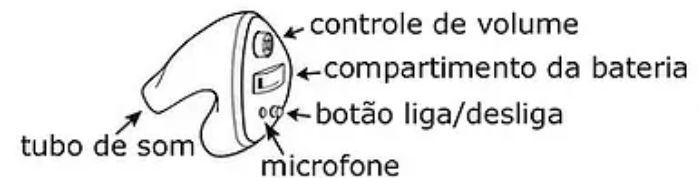
# Aparelho Intra auricular (ITE - In-the-Ear)

- São aqueles aparelhos auditivos que ficam dentro do ouvido.
- Ficam acomodados dentro do canal e totalmente na parte externa (concha).
- Estes aparelhos se encaixam muito bem nos ouvidos: são grandes, muito potentes e em alguns casos desconfortáveis.
- É feito sob medida para ser adaptado aos contornos do ouvido do usuário.
- São mais indicados para perdas auditivas severas a profundas, mas podem ser adaptados para qualquer tipo de perda auditiva.



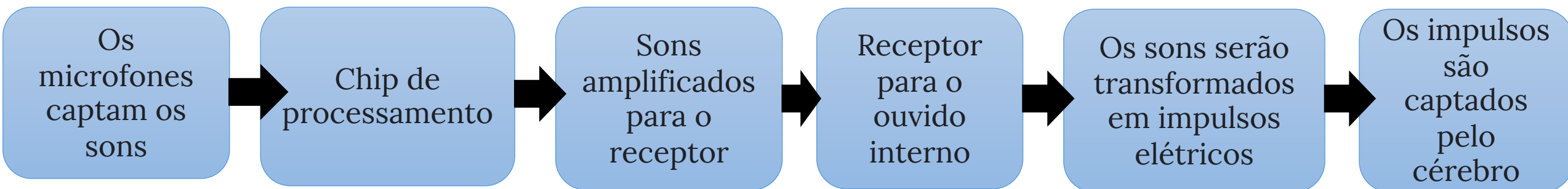
# Aparelho Intracanal (ITC - In-the-Canal)

- São aparelhos auditivos muito discreto mas ainda é levemente visível.
- O aparelho fica acomodado dentro do canal e parcialmente na parte externa (concha).
- O que vai definir o tamanho dele no ouvido são os opcionais: controle de volume, bobina telefônica e botão de programas.
- O tamanho do canal auditivo também influencia no tamanho final do aparelho auditivo. Facilita o uso do telefone, por estar muito inserido no canal auditivo.
- É o preferido por questões estéticas, mas não funcionam bem para todo tipo de perda auditiva: pode ser adaptado em perdas auditivas de grau leve a moderada.



# COMO FUNCIONA O APARELHO AUDITIVO

- *Estrutura do aparelho*
- *O aparelho possui 4 partes básicas*
  - *microfone*: que capta o som;
  - *amplificador*: a maioria já possui processamento digital de sinal;
  - *receptor*: responsável por enviar o som amplificado para o ouvido do paciente;
  - *computador*: manipula os sinais eletrônicos, no sentido de adaptá-los à perda auditiva de cada usuário.
- A maioria dos aparelhos possuem um botão cuja função é de liga-desliga ou esta função funciona da abertura e fechamento do compartimento da bateria (pilha).
- O uso da tecla T:
  - A tecla T ativa a bobina telefônica (ou bobina de indução magnética) que possibilita a captação e amplificação somente dos sons oriundos do telefone.



# COMO FUNCIONA O APARELHO AUDITIVO

- *Estrutura do aparelho Digital*

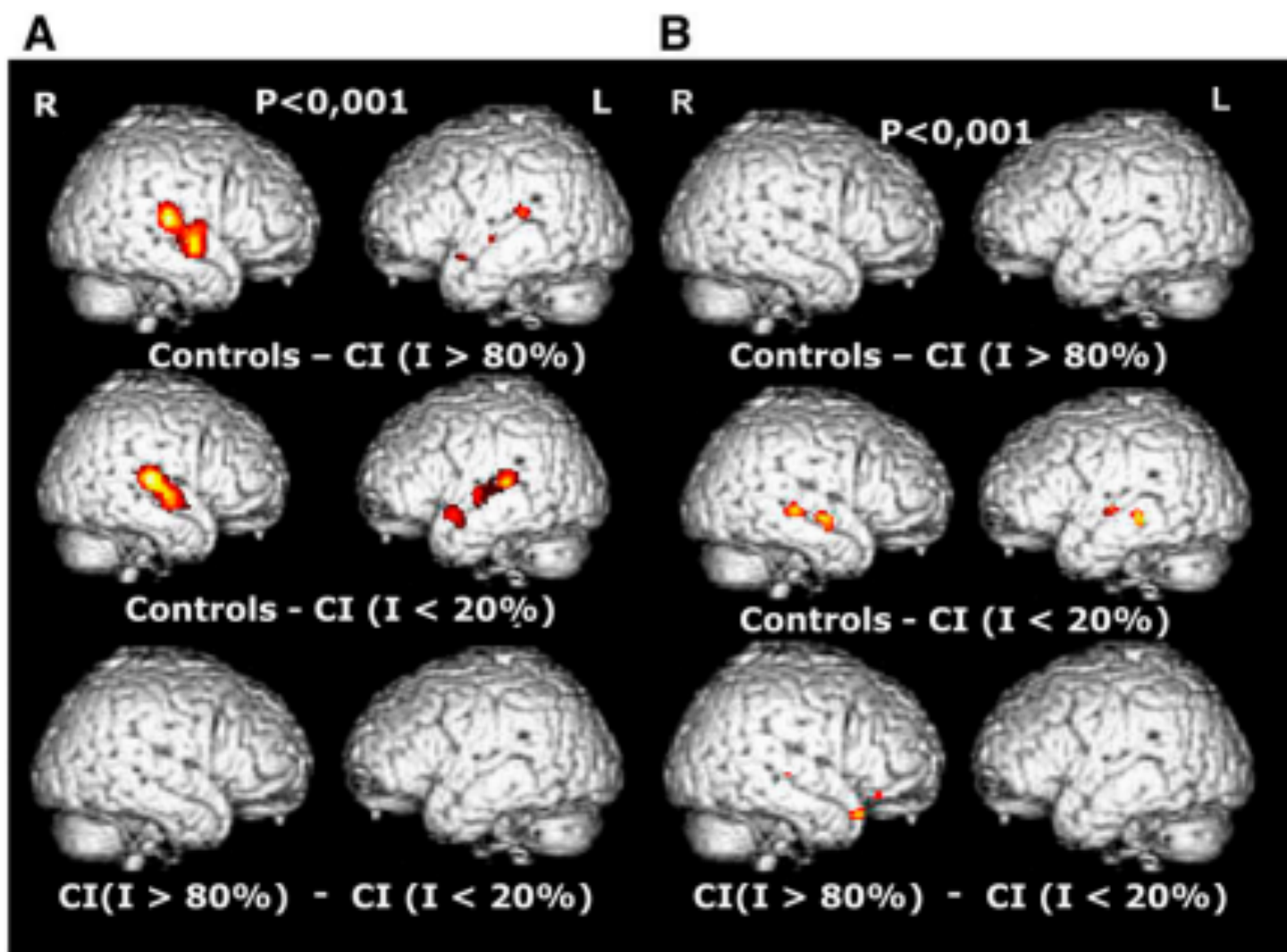
- Em alguns aparelhos mais modernos apresentam conectividade *Wireless* para conectar-se com telefones e computadores e também a tecnologia *Bluetooth* que faz conexão entre equipamentos de áudio e os aparelhos auditivos.
- Existem ainda com outras funções, como *memória de configurações* para serem usadas em ambientes mais barulhentos ou mais quietos, por exemplo.



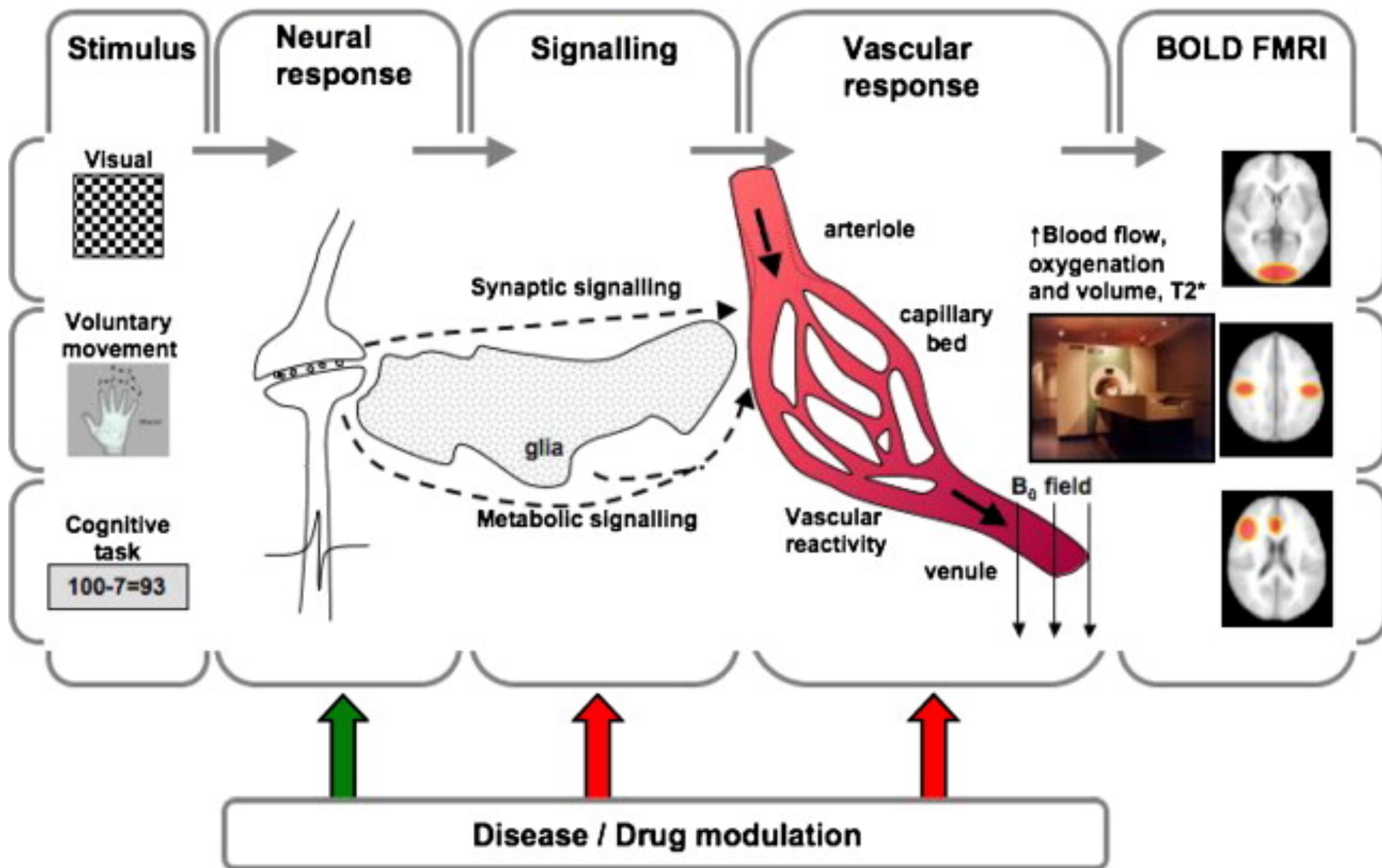


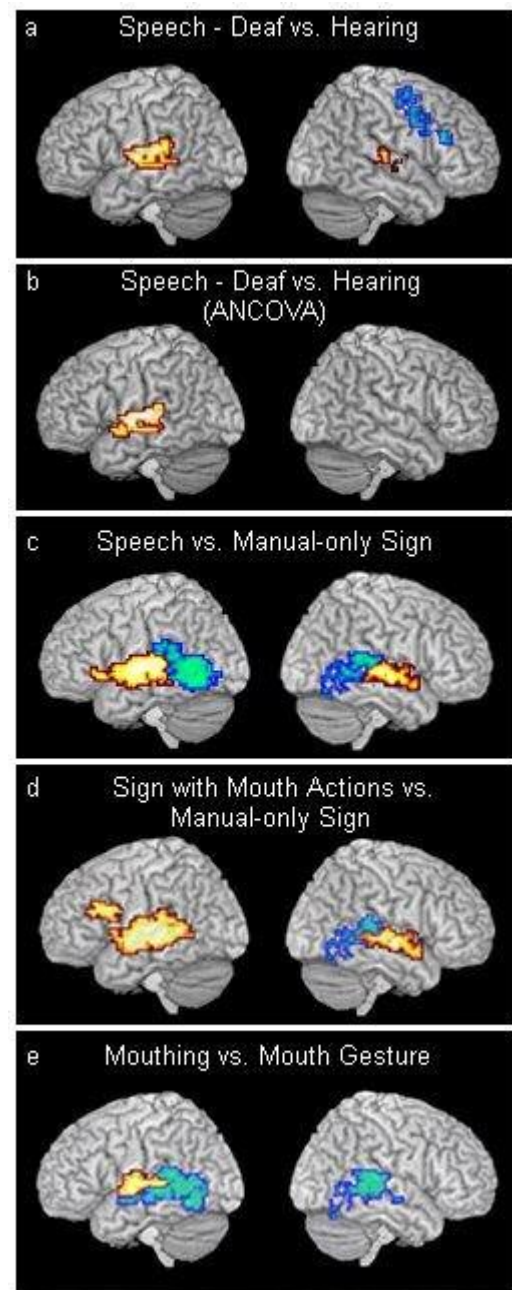
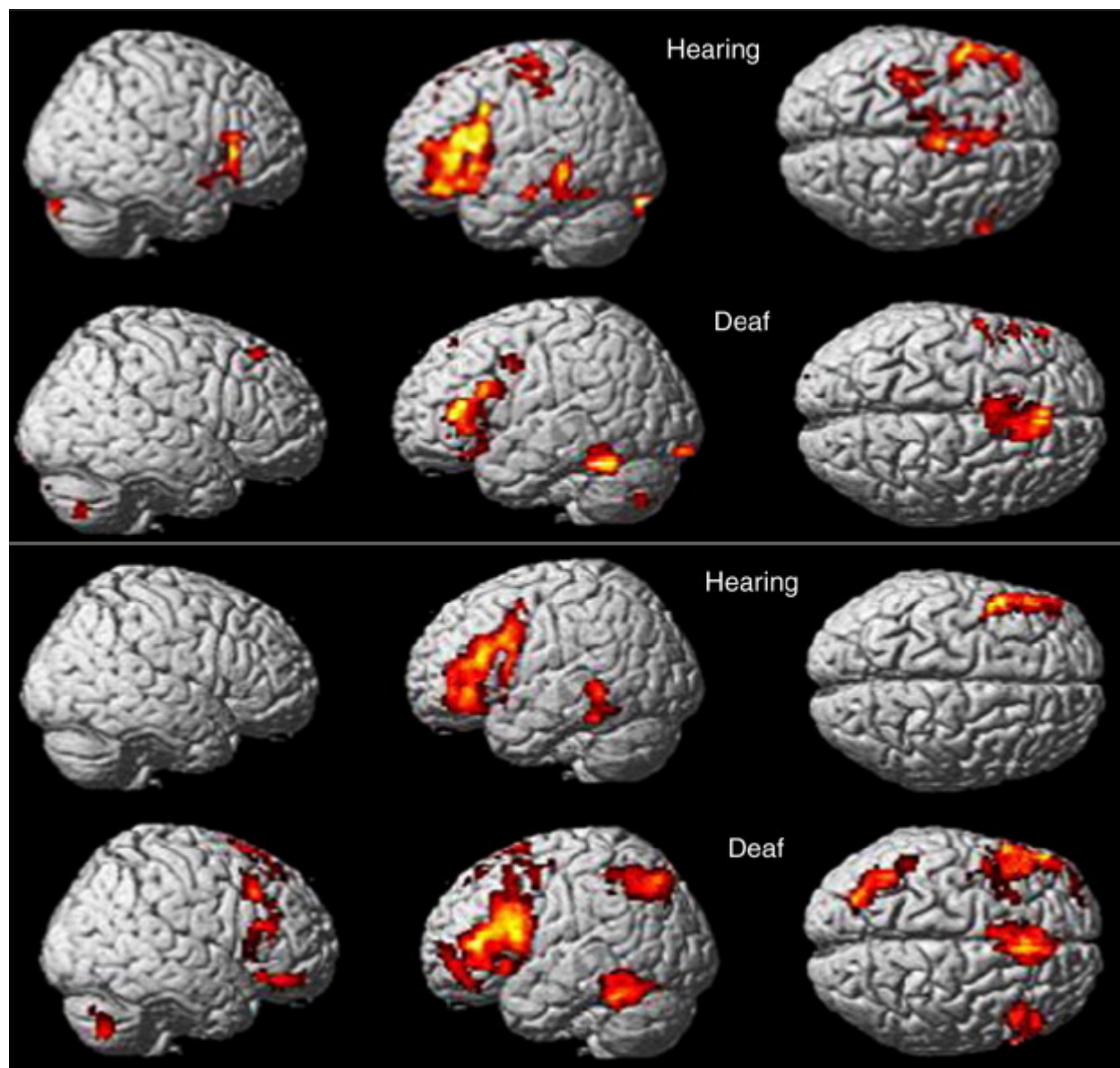




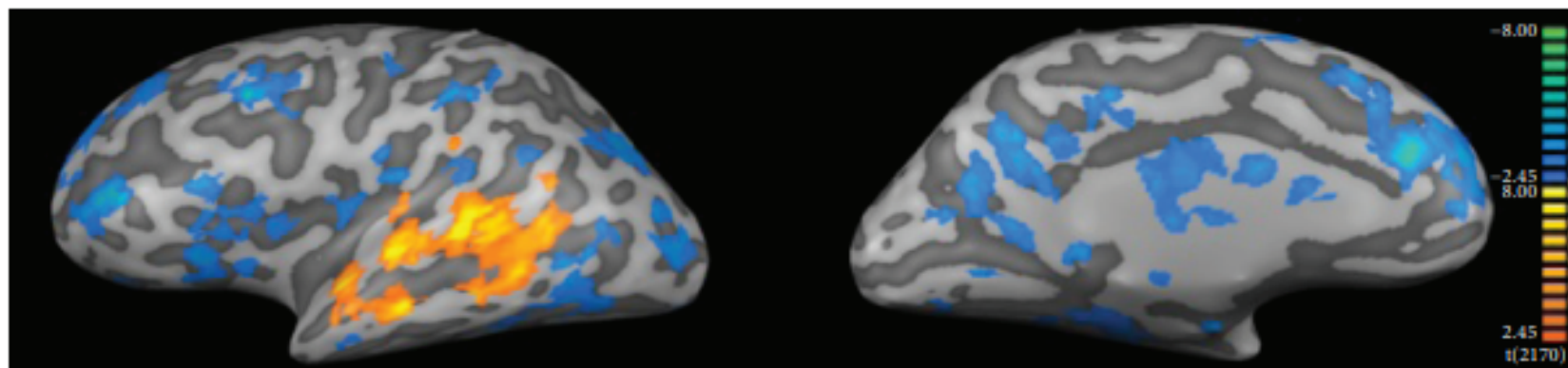


**FIGURE 2.** Intergroup contrasts. Location of differences of activation peaks between 3 groups (normal hearing and cochlear implanted patients) when listening to nonvoice compared with silence (A) and voice compared with nonvoice sounds (B) at  $P < 0.001$  are shown in a lateral view of both hemispheres.

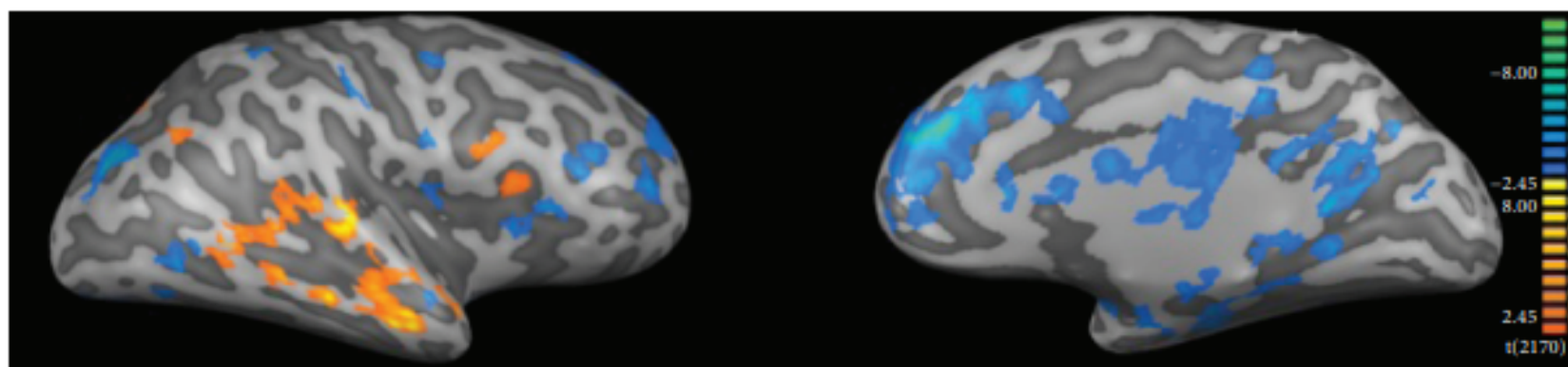








(a)



(b)

FIGURE 3: fMRI group analysis: controls versus patients before HA use. (a) Left and (b) right hemispheres, respectively. Color code indicates statistical significance. Warm colors (red-yellowish) show regions where activity was greater in controls than in PB, and cool colors (blue-greenish) show the opposite contrast (PB > CG). Clusters were selected with a  $q[\text{FDR}] < 0.05$  and size of at least  $50 \text{ mm}^3$ .



# Functional and structural brain connectivity in congenital deafness

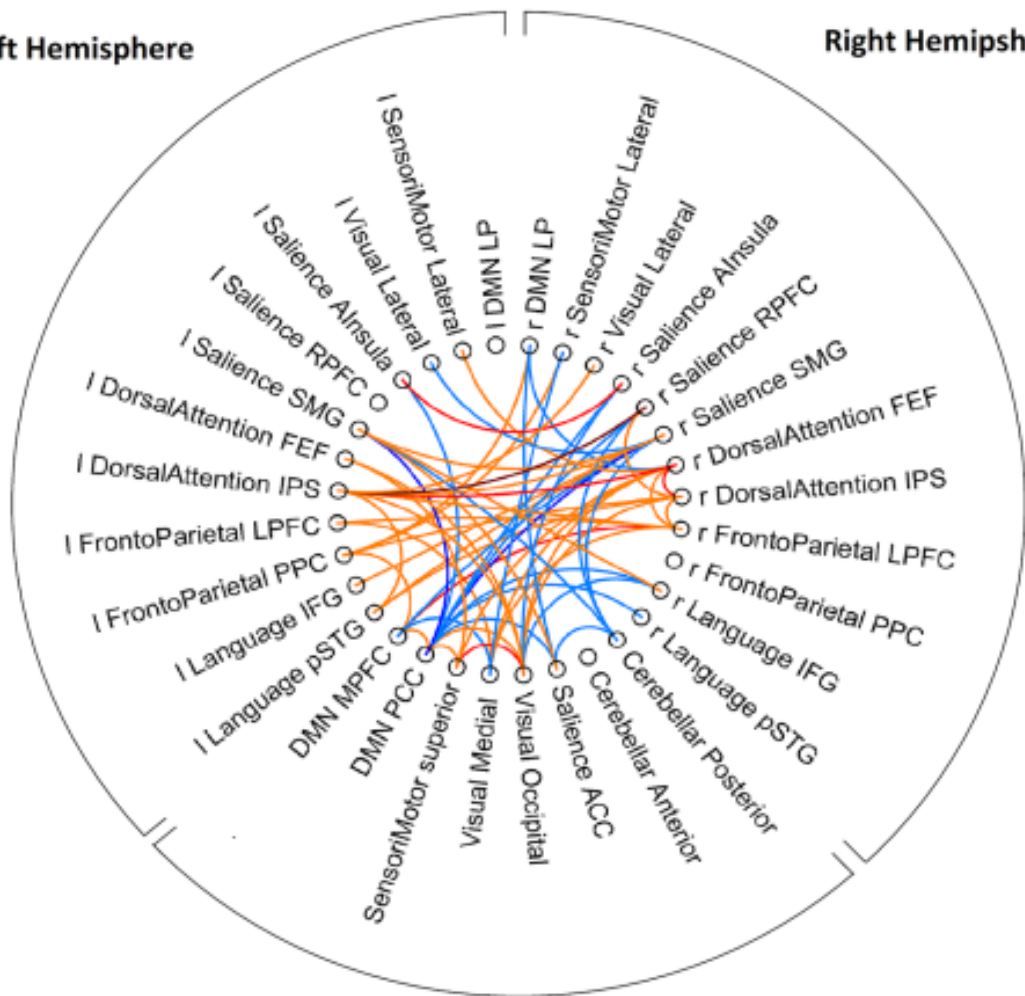
Karolyne Dell Ducas<sup>1</sup> · Antonio Carlos da S. Senra Filho<sup>2,3</sup> · Pedro Henrique Rodrigues Silva<sup>3</sup> ·  
Kaio Felipe Secchinato<sup>3</sup> · Renata Ferranti Leoni<sup>3</sup> · Antonio Carlos Santos<sup>1</sup>

Received: 28 May 2020 / Accepted: 22 February 2021

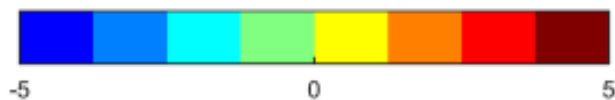
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2021

Left Hemisphere

Right Hemisphere



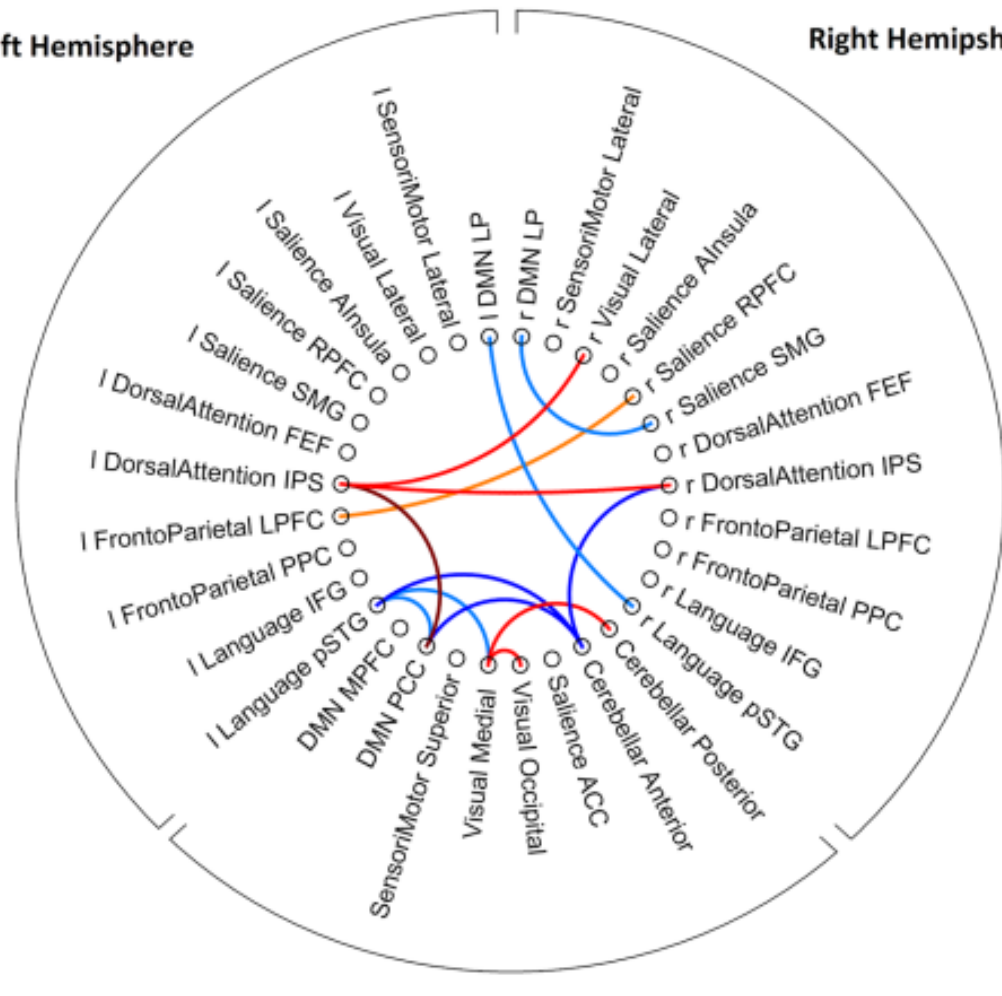
Bilateral



t-values

Left Hemisphere

Right Hemisphere



Bilateral



t-values