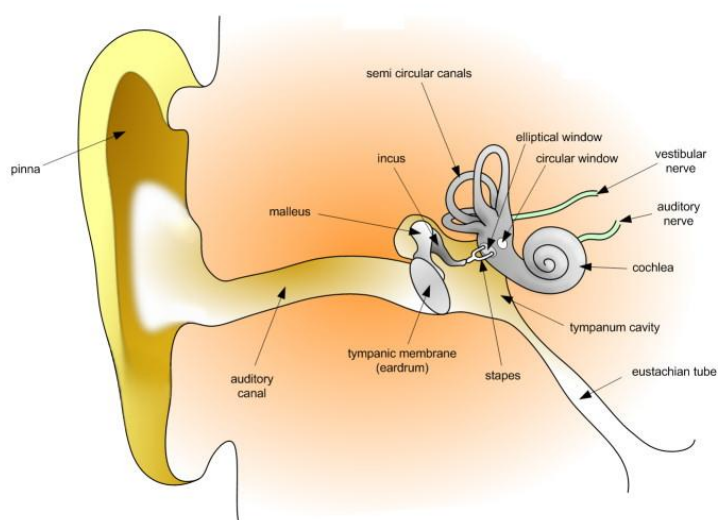


Sistema Auditivo Humano

Tecnologias de Reabilitação
Aplicações de Processamento de Sinal

Constituição do Ouvido Humano

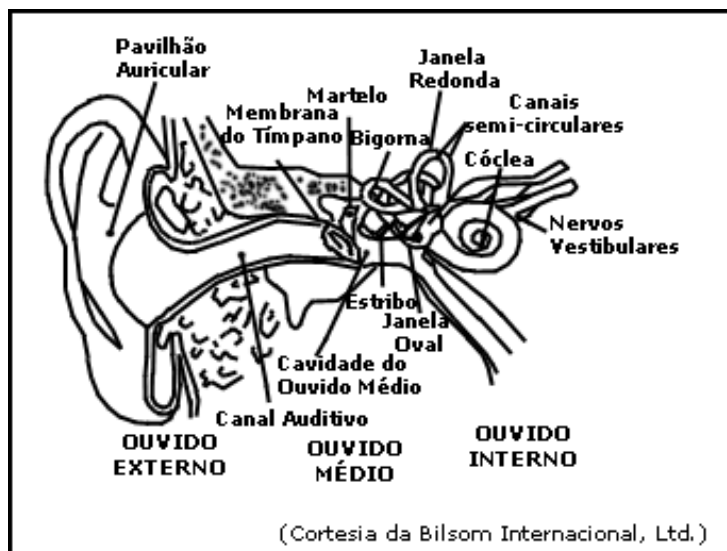


JPT

2



Constituição do Ouvido Humano



JPT

3



Constituição do Ouvido Humano

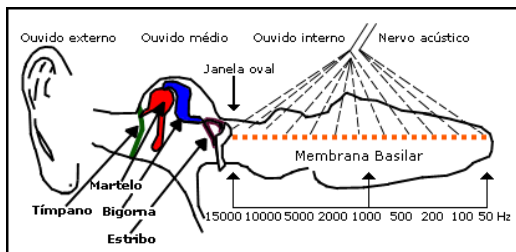
O ouvido é constituído por:

1. **Ouvido externo** (pavilhão auricular e canal auditivo externo) – capta a energia sonora;
2. **Ouvido médio** (membrana do tímpano e os ossículos martelo, bigorna e estribo) – recebe a energia sonora do ouvido externo e transforma-a em energia mecânica que entrega ao ouvido interno;
3. **Ouvido interno** (cóclea ou caracol – responsável pela audição, e canais semi-circulares – responsáveis pelo equilíbrio) – a cóclea converge no nervo acústico que transmite impulsos ao cérebro que interpreta o som.

JPT

4

Funcionamento do Ouvido



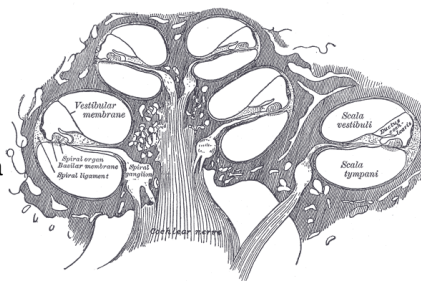
- As ondas sonoras são reflectidas e atenuadas quando chegam ao pavilhão auricular ajudando o cérebro a identificar a origem do som,
- Essas ondas sonoras são conduzidas e amplificadas pelo canal auditivo externo até à membrana do tímpano (que marca o início do ouvido médio),
- As ondas sonoras fazem vibrar a membrana do tímpano que transmite movimento aos ossículos (martelo, bigorna e estribo). Estes ossículos estão protegidos por alguns músculos que limitam o movimento destes limitando também a intensidade do som transmitida ao ouvido interno,

JPT

5

Funcionamento do Ouvido

- A vibração do estribo transmite movimento à janela oval e janela redonda (já no ouvido interno). Desta forma a vibração de baixa pressão sentida pela membrana do tímpano é transformada numa vibração de alta pressão para o ouvido interno (a janela oval contém líquido e não ar),
- A vibração é transmitida no interior da cóclea pelos fluidos atravessando as diversas membranas e secções até ao órgão de Corti (situado à direita no ductus cochlearis),
- Este órgão transforma as vibrações em impulsos eléctricos para as células nervosas (neurónios).



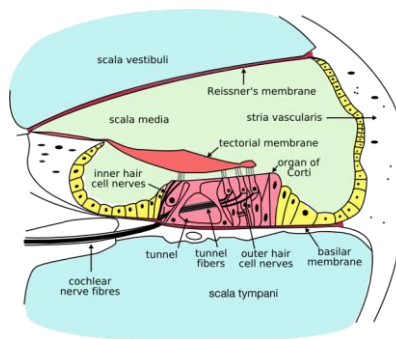
Secção longitudinal da Cóclea

JPT

6

Funcionamento do Ouvido

- O órgão de Corti consiste num elemento sensorial de fibras ao longo da cóclea (células ciliadas). Milhares destas células transformam as ondas dos fluidos em sinais nervosos,
- As sinapses dos neuro-transmissores comunicam os sinais das fibras sensoriais às dendrites dos neurónios auditivos primários.
- *As células ciliadas também produzem um som ao vibrar. Em determinadas situações de perturbação são elas as causadoras de 'zombidos'.*



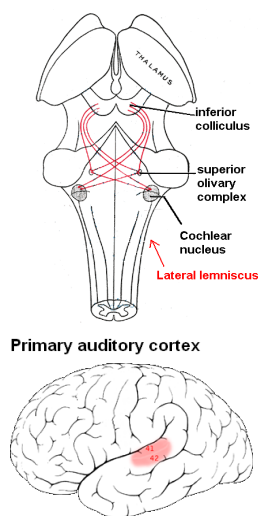
Secção longitudinal em detalhe da Cóclea

JPT

7

Sistema Auditivo Central

- A informação contida no som, agora codificada em impulsos nervosos, é transmitida através do nervo vestibulococlear, nucleo coclear, complexo olivar superior, tronco encefálico, colliculus inferior até ao sistema nervoso central, sendo depois processada em cada ponto. Eventualmente pode chegar ao tálamo e distribuída para o córtex cerebral.
- O córtex auditivo primário localizado nas áreas 41 e 42 das áreas de Brodmann é a primeira região a processar a informação auditiva relacionada com a percepção da entoação (F0) e do ritmo.
- Os sulcos laterais do cérebro (22) processam o sinal acústico distinguindo fala de música ou ruídos.

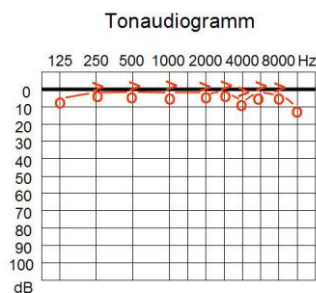


JPT

8

Gama de Frequências Ouvidas

- A sensibilidade do ouvido humano varia com a frequência (*equal-loudness contour*).
- Esta sensibilidade também pode variar ao longo da vida de um indivíduo. Com a idade perde-se sensibilidade às frequências mais altas.
- Genericamente uma pessoa tem a capacidade para ouvir sons entre os 20 Hz e os 20 kHz, embora seja variável entre indivíduos.
- A perda auditiva é medida por um audiograma que compara a sensibilidade auditiva de um indivíduo com a curva padrão da norma ISO 226:2003.
- A sinais de frequência inferior a 20 Hz são denominados de infra-sons e os de frequência superior a 20 kHz são os ultra-sons.

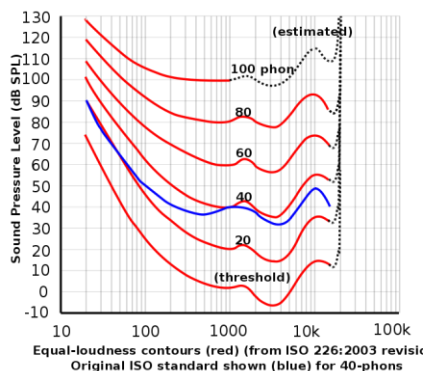


JPT

9

Equal-loudness contour Equalizador de volume

- É a medida da pressão do som em dB que provoca a sensação do mesmo volume de som, em indivíduos jovens, em presença de tons puros.
- A unidade é o phon.
- Norma **ISO 226:2003**



JPT

10

Intensidade Acústica

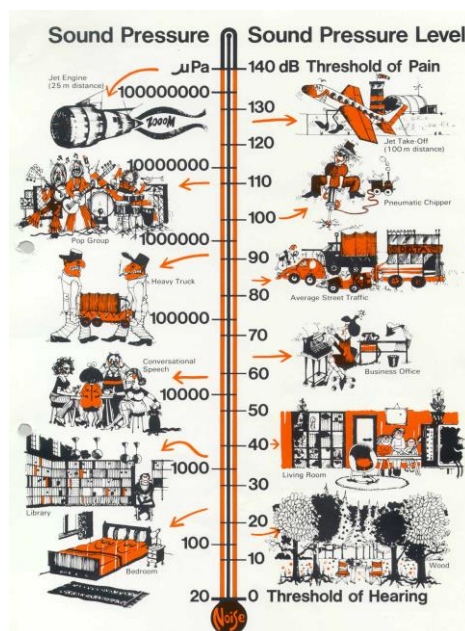
- A intensidade acústica consiste na pressão provocada pelo som. Normalmente transformada numa medida em Decibéis (dB), pela seguinte relação logarítmica:

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (\text{dB})$$

- Em que P_0 é um valor referência. Este valor equivale ao zero *decibel* (0 dB) correspondente ao limiar da audibilidade humana para um som de frequência de 1000 Hz, caracterizado por uma pressão acústica $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

JPT

11



JPT

12



Audição de alguns animais

- O aparelho auditivo dos animais terrestres e alguns marinhos tem um funcionamento semelhante ao dos humanos, com eventuais pequenas diferenças que alteram a gama de frequências ouvida.
- A gama de frequências audível varia entre animais. Por exemplo:
 - Cães – dos 40 Hz aos 40 kHz.
 - Ratos – de 1kHz a 70 ou 90 kHz. Usam as altas frequências (inaudíveis aos humanos) para comunicar. Alertam outros ratos da presença de predadores sem estes ouvirem. Usam as baixas frequências (audíveis pelos humanos) para comunicarem entre longas distâncias – maior propagação das baixas frequências.
 - Morcegos – 20 Hz aos 120 kHz – para compensar a falta de visão. Usam a variação de pitch (Efeito de Doppler) para, em voo, se aperceberem dos objectos à sua volta.
 - Baleias – usam sinais de baixas frequências e impulsos para comunicar.
 - Golfinhos – usam assobios e clicks. Para comunicar usam as baixas frequências até aos 0.25 Hz. Usam também sinais de altas frequências da ordem dos 150 kHz para fazer eco-localização.

JPT

13



Trabalho de casa

- Fazer uma pesquisa sobre os sistemas e tecnologias existentes para ajuda a pessoas com incapacidade parcial ou total de audição.
- Descrever o funcionamento dos aparelhos auditivos electrónicos.
- Improvisar um audiograma.

JPT

14