

BIOFÍSICA DA AUDIÇÃO

META

Compreender o mecanismo sensorial responsável pela formação da audição humana, assim como, algumas patologias que afetam este processo.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- descrever a anatomia do aparelho auditivo;
- descrever a função biofísica do ouvido externo, médio e interno;
- descrever o processo de amplificação do som no ouvido médio;
- descrever como a energia mecânica do som é transformada em elétrica no ouvido interno;
- compreender o mecanismo de percepção e análise do som; e
- compreender alguns tipos de surdez

PRÉ-REQUISITOS

Para entender esta aula é preciso de um conhecimento prévio de anatomia do aparelho auditivo.

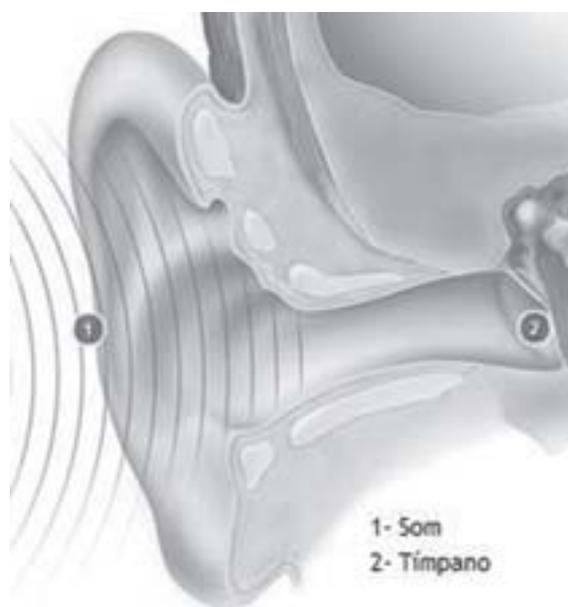


Aparelho auditivo (Fonte: <http://www.gettyimages.com>).

INTRODUÇÃO

O ouvido humano possui três funções distintas: a audição, o equilíbrio corporal e orientação espacial do indivíduo. Neste capítulo, daremos ênfase ao sentido da audição.

Ouvir é um dos cinco sentidos do corpo humano e para que uma pessoa escute, uma gama considerável de eventos precisam acontecer. Um som audível para ser produzido, precisa se propagar em um dado meio para que chegue ao seu aparelho auditivo. Este deve funcionar e transmitir as informações do som (frequência, amplitude, timbre, localização da fonte sonora) para o nervo auditivo. Este último, por sua vez, deve conduzir tais informações, via células auditivas, para o córtex cerebral que interpretará os impulsos elétricos. Todas estas etapas constituem a audição. É um longo caminho que perpassa muitos fenômenos físicos. Neste capítulo, aprenderemos o trajeto do som pelos ouvidos externo, médio e interno, aprenderemos as várias transformações de energia que o som sofre neste percurso, como acontece a amplificação das ondas sonoras captadas e também o controle desta amplificação. Veremos o mecanismo de controle da pressão dentro do ouvido médio e alguns tipos de surdez e suas respectivas causas.



A vibração do som atinge a membrana do *tímpano* que funciona como se fosse uma membrana de um tambor super sensível. Estas vibrações fazem a membrana timpânica vibrar (Fonte: <http://sentidos5espsmm.blogspot.com>).

CONCEITOS BÁSICOS

O som é um tipo de energia mecânica decorrente da transmissão de energia de partículas de ar em vibração. A *altura* do som depende da frequência da onda sonora e é expressa em Hertz (Hz). O Hz corresponde ao número de ciclos por segundo. Por exemplo, uma onda sonora de 300 Hz equivale a 300 ciclos ou oscilações por segundo. De acordo com a frequência, o som pode ser definido como grave, médio ou agudo. Sons de baixa frequência são graves e de alta frequência são agudos. O ouvido humano é capaz de detectar sons com frequência entre 16 Hz a 17.000 Hz (Conde-Garcia, 1998, p.118). Nossos ouvidos não têm a capacidade de perceber sons com frequências abaixo de 16 Hz (infra-sons) ou frequências acima de 17.000 Hz (ultra-sons). O *timbre* é uma qualidade do som que depende do somatório das muitas frequências que o compõem.

A *intensidade* sonora corresponde à amplitude de vibração de uma onda sonora. De acordo com a intensidade, o som pode ser fraco (pequena amplitude) ou forte (grande amplitude). A unidade de intensidade é o decibel. O ouvido humano é capaz de detectar sons na faixa de 0 a 120 decibéis. Acima de 120 dB, o som pode induzir uma sensação dolorosa.

APARELHO AUDITIVO

O ouvido humano pode ser subdividido em ouvido externo, médio e interno (Fig. 38).

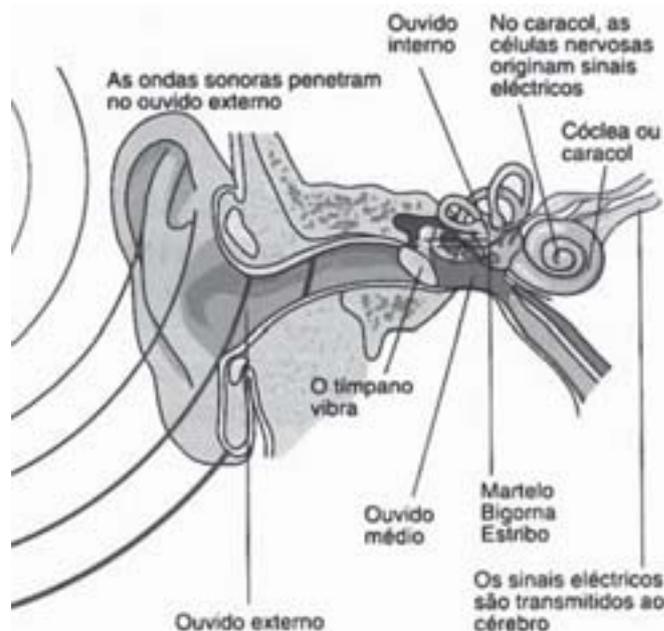


Figura 38. Aparelho auditivo humano mostrando o ouvido externo, médio e interno (Fonte: <http://www.prof2000.pt>).

OUVIDO EXTERNO

O ouvido externo é formado por duas estruturas, o pavilhão auricular ou orelha e canal auditivo externo. A orelha apresenta formas e tamanhos variados. Apenas os mamíferos possuem pavilhão auricular. Os morcegos e baleias emitem e captam ultra-sons e infra-sons, respectivamente. Essas ondas sonoras podem ser refletidas pelos objetos, permitindo que estes animais localizem a posição dos objetos à sua volta.

O pavilhão auricular tem a função de captar as ondas sonoras e direcioná-las para o meato acústico. Entretanto, grande parte dos sons audíveis é refletido no pavilhão auricular, pois ela é menor que a maioria dos comprimentos de onda dos sons (Menezes et al, 2005). O pavilhão também auxilia na localização da fonte sonora.

O meato acústico externo possui um comprimento de aproximadamente 2 a 3 cm, está preenchido por ar e sua extremidade interna é fechada pela membrana timpânica. Sua função é transferir o som captado pela orelha até o ouvido médio.

OUVIDO MÉDIO

O ouvido médio está incrustado numa cavidade óssea. Ele é preenchido por ar atmosférico e comunica-se com a nasofaringe através da trompa de Eustáquio. É formado pela membrana timpânica ou tímpano, uma cadeia de ossículos, trompa de Eustáquio e pelos músculos tensor do tímpano e estapédio.

Tímpano – é uma membrana que delimita o ouvido externo do ouvido médio. Possui uma coloração perolada e com formato de um cone ou funil cujo vértice está ligeiramente voltado para dentro do ouvido médio. Apresenta uma espessura de 1 mm e um diâmetro de 64 mm² (Fig. 39).



Figura 39. Fotografia da membrana timpânica vista pelo ouvido médio. Observe que o tímpano tem com perolada e uma forma de funil (Fonte: <http://www.actaorl.com.br>).

O tímpano apresenta 4 regiões (Conde-Garcia, 1998, p.119):

- 1- Umbo – corresponde ao vértice do funil.
- 2- *Stria mallearis* – é a região do tímpano que faz contato direto com o primeiro ossículo da cadeia auditiva, o martelo. Esse contato cria um aspecto de “cicatriz” no tímpano.
- 3- Porção flácida – região flácida do tímpano também chamada de membrana de Scharapnell. Esta região circunda a *stria mallearis*, ou seja, o local de ligação do martelo.
- 4- Porção tensa – refere-se às bordas do tímpano (Fig. 40).

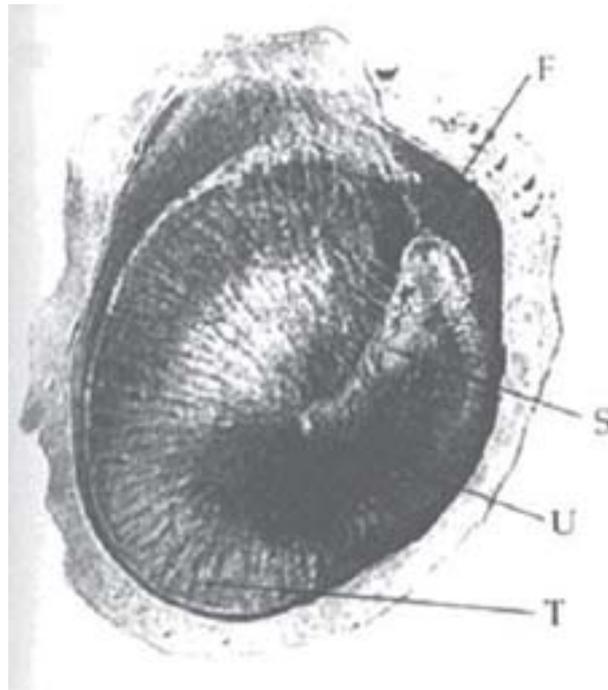


Figura 40. Anatomia do tímpano vista pelo meato acústico externo. F, porção flácida; S, *stria mallearis*; U, umbo e T, porção tensa (Conde-Garcia, 1998, p. 119).

PADRÃO DE VIBRAÇÃO DO TÍMPANO

Grande parte da energia da onda sonora captada pelo pavilhão auricular e conduzida pelo meato acústico externo é transferida para o tímpano. Com o impacto das ondas sonoras, o tímpano vibra. O padrão de vibração do tímpano é bastante complexo e depende da frequência e da intensidade do som recebido. Para frequências baixas, o tímpano vibra como um corpo quase rígido e para frequências maiores do que 2.400 Hz o padrão de vibração é segmentar. Vibrando segmentarmente, o tímpano pode reduzir a sua área de vibração para 60 a 75% de sua área total.

Vibrando menos, o tímpano transfere menos energia ao martelo, primeiro ossículo da cadeia auditiva (Conde-Garcia, 1998, p.123).

Nós vimos que o ouvido humano é capaz de detectar sons com intensidade entre 0 a 120 decibéis. Um som de 0 dB (praticamente o silêncio) já é capaz de vibrar o tímpano. O deslocamento do tímpano para este som é de $1,1 \times 10^{-11}$ m, isto corresponde a um deslocamento de 1/10 do diâmetro do átomo de hidrogênio. Para um som de 120 dB (limiar máximo da audição) a vibração do tímpano é na ordem de $1,1 \times 10^{-5}$ m, o que corresponde a 1/100 do milímetro (Heneine, 2006, p. 329).

Ossículos – o ouvido médio possui em seu interior 3 ossículos (Fig. 41):

- Martelo – conectado internamente ao tímpano, o martelo pesa aproximadamente 20 mg e é formado por uma cabeça, uma apófise longa, uma apófise curta e um braço (Conde-Garcia, 2008, p. 120).
- Bigorna – está situada entre o martelo e estribo, pesa cerca de 27 mg e é formado por um ramo curto e outro longo.
- Estribo – é o último ossículo da cadeia auditiva e está em contato com a cóclea através da janela oval. O estribo pesa cerca de 2,5 mg e é formado por uma cabeça, um ramo e uma base.

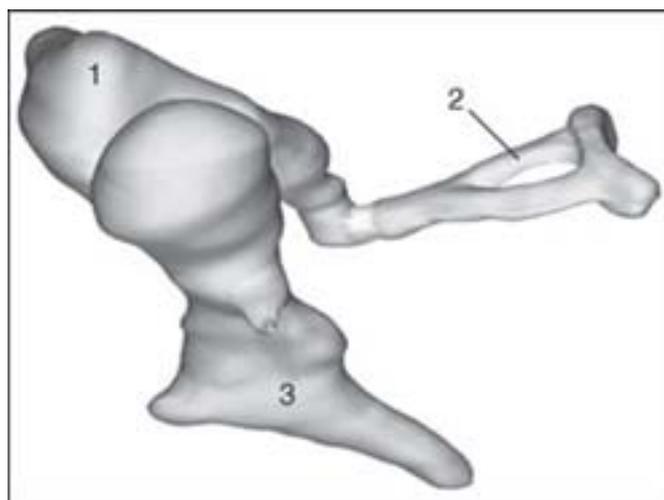


Figura 41. Cadeia de ossículos mostrando o sistema de alavanca constituído pela bigorna (1), estribo (2) e martelo (3) (www.jewishhospital.org).

Estes ossículos estão conectados e formam uma alavanca tendo um papel importante na transmissão das vibrações sonoras desde a membrana timpânica até a base do estribo. A alavanca, formada pelos ossículos, promove um ganho mecânico de 1,3 vez, ou seja, a pressão exercida pelo estribo sobre a janela oval (pertence ao ouvido interno) é 1,3 vez ou 30 % maior do que aquela aplicada pelo tímpano sobre o primeiro ossículo, o martelo. Outro ganho mecânico é promovido pela relação entre a superfície da área da membrana timpânica (64 mm^2) e da janela oval ($3,2 \text{ mm}^2$). A área da janela oval é de aproximadamente 13 a 16 vezes menor do que

a área da janela oval. O ganho global promovido pelo ouvido médio é calculado multiplicando-se o ganho da alavanca 1,3 pela relação entre as áreas das duas membranas.

Considerando que a relação entre as áreas das duas membranas é de 13 vezes, o ganho total (Gt) será:

$$Gt = 1,3 \times 13 = 16,9 \text{ vezes}$$

Considerando que a relação entre as áreas das duas membranas é de 16 vezes, o ganho total (Gt) será:

$$Gt = 1,3 \times 16 = 20,8 \text{ vezes}$$

Podemos concluir que a amplificação global promovida pelo ouvido médio pode chegar até 21 vezes, o que corresponde a um ganho de 27 a 35 dB. Sem este mecanismo de amplificação do som haveria uma perda auditiva de aproximadamente 30 dB.

O ganho mecânico é fundamental para que as ondas sonoras captadas pelo pavilhão auricular consigam chegar ao ouvido interno e ativar as células sensoriais que irão transmitir as informações ao cérebro. Entretanto, existe uma grande barreira à propagação do som. Quando um som propagado pelo meio aéreo (ouvido médio) atinge a interface com o meio líquido (ouvido interno), a maior parte de sua energia sonora (99,9 %) sofre reflexão em função da diferença de densidade entre esses dois meios (ar e água). Apenas 0,1 % sofre refração e consegue passar para o ouvido interno (Aires, 2006, p. 285).

Outra perda de energia sonora acontece quando o som se propaga pelo ar. No ar, o som sofre um fenômeno de amortecimento, ou seja, a intensidade do som diminui à medida que o som se afasta da fonte emissora. O amortecimento do som acontece tanto no ouvido externo, quanto no interno.

Trompa de Eustáquio - é um conduto que comunica o ouvido médio ao nasofaringe. O equilíbrio entre a pressão atmosférica e a do ar contido no ouvido médio é dada pela trompa de Eustáquio. Esse equilíbrio é indispensável para que a unidade tímpano-ossicular vibre sem obstáculos. Este canal se encontra fechado sob a ação do palato. Durante a deglutição ou bocejo ocorre a abertura

ATIVIDADES

Será que há perda total da audição na ausência de ossículos e do tímpano?



COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Quando não se tem nem a cadeia de ossículos nem a membrana timpânica, as ondas sonoras chegam até a cóclea pela janela oval através do ar ou vibrando diretamente a janela redonda. Com isso, ocorre uma diminuição de cerca de 15 a 20 decibéis na sensibilidade auditiva, em virtude da falta da transmissão ossicular.

da trompa de Eustáquio e equalização das pressões entre os ouvidos médio e externo. Algumas situações alteram a pressão dentro do ouvido médio:

1. Mergulho – quando o indivíduo mergulha a pressão externa aumenta. Com isso, a pressão dentro do ouvido médio fica inferior à pressão externa. Esta pressão negativa dentro do ouvido médio traciona a membrana timpânica para dentro do ouvido médio.

2. Obstrução da trompa de Eustáquio – em situações de inflamação com obstrução da trompa o ar, contido dentro do ouvido médio, é absorvido e a pressão dentro desta cavidade fica menor do que a pressão atmosférica. Isto empurra o tímpano para dentro do ouvido médio. Em caso de obstrução crônica da trompa de Eustáquio pode-se colocar um tubo de ventilação no tímpano. Este tubo é um microcapilar, que perfura a membrana e iguala as pressões entre os ouvidos externo e médio.

3. Altitude – em grandes altitudes, por exemplo durante uma viagem em avião com cabine não-pressurizada, a pressão atmosférica é reduzida, empurrando o tímpano para o meato acústico externo. Para igualar as pressões entre as duas faces da membrana timpânica é recomendado bocejar ou mastigar chiclete, condições que abrem a trompa de Eustáquio.

As três situações explicadas acima tensionam o tímpano. Este, por não vibrar corretamente, promove a perda da acuidade auditiva. Quando a diferença pressão entre os dois lados da membrana timpânica alcança valores entre -60 a -80 mmHg inicia-se a sensação dolorosa. Uma diferença de pressão entre -100 a -150 mmHg pode levar a ruptura do tímpano. Quando o tímpano sofre ruptura o indivíduo escuta intenso acompanhado de dor, náuseas, desmaio e choque (Conde-Garcia, 1998, p. 125). *Músculos tensor do tímpano e estapédio* - quando um ruído muito intenso atinge o tímpano sua amplificação pelo ouvido médio pode danificar o ouvido interno. Para prevenir isto existem dois músculos o tensor do tímpano e o estapédio que, quando se contraem, aumentam a rigidez dos ossículos deformando o tímpano e a janela oval para dentro do ouvido médio (Menezes et al., 2005) e reduzindo a quantidade de energia que é transportada para a janela oval.

OUVIDO INTERNO

A CÓCLEA

A cóclea, do grego caracol, constitui o labirinto anterior. É um órgão de cerca de 9 mm de diâmetro e 35 mm de comprimento, do tamanho de uma ervilha, com estrutura cônica, espiralada, composta por três “tubos” paralelos que se afinam da base para o ápice (Heneine, 2006, p. 330,

Menezes et al., 2005). A base da cóclea corresponde à abertura do caracol, é mais larga do que o ápice, que corresponde à extremidade final da cóclea. A Fig. 42 mostra uma visão esquemática da cóclea desenrolada. Duas membranas dividem a cóclea em três “tubos”, a membrana de Reissner e a membrana basilar. Os “tubos” são chamados de rampas ou escalas. São 3 rampas:

1. Rampa vestibular: é a mais superior, está acima da membrana de Reissner.
2. Rampa média ou coclear: é uma rampa situada entre as membranas de Reissner e basilar.
3. Rampa timpânica: é a rampa inferior, situada abaixo da membrana basilar.

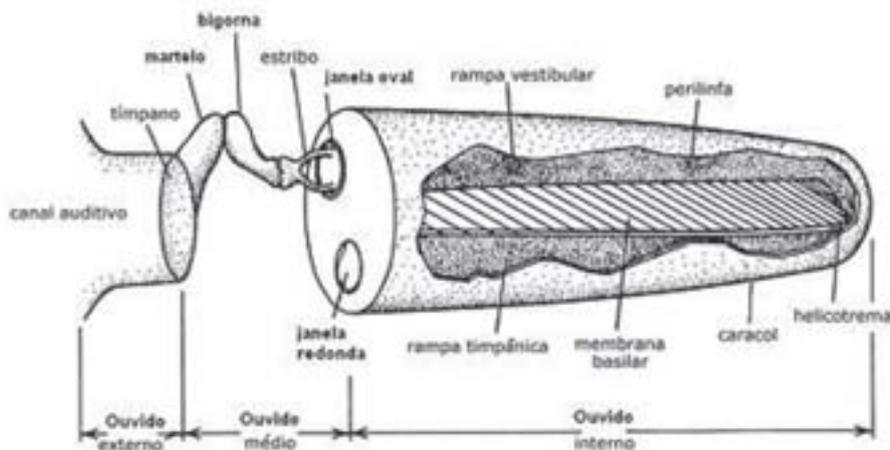


Figura 42. Esquema da cóclea desenrolada | (Fonte: <http://www.eumus.edu.uy>).

As rampas vestibular e timpânica comunicam-se entre si através do helicotrema, um pequeno orifício situado no ápice da cóclea. Na base da cóclea encontram-se 2 janelas ocluídas por membrana, a janela oval situada na rampa vestibular e a janela redonda situada na rampa timpânica (Fig. 42). Estas janelas permitem a comunicação entre os ouvidos médio e interno. Diferente do ouvido médio, o ouvido interno é preenchido por líquidos. São dois líquidos, 1) a perilinfa, que preenche as rampas periféricas tanto a vestibular quanto a timpânica, e 2) a endolinfa, que preenche a rampa média. Estes líquidos não se misturam. A composição química da perilinfa é similar ao do liquor com uma concentração duas vezes maior em proteína. Já a endolinfa tem uma composição química semelhante à do citoplasma de uma célula, pois é rica em potássio (Conde-Garcia, 1998, p.121).

Situado sobre a membrana basilar, encontra-se uma estrutura altamente complexa, o órgão de Corti (Fig. 43). Este órgão é formado essencialmente por células ciliadas interna e externa e por células de sustentação, tais como células de Hensen, Claudius e falangeais (Aires, 2006,

p.296). As células ciliadas estão dispostas em fileiras que se estendem por toda a cóclea, desde a base até o ápice. Existe apenas uma fileira de células ciliadas internas (cerca de 3.400 células) e duas ou mais fileiras de células ciliadas externas (cerca de 12.000 células). O nervo auditivo é formado pelos neurônios que estão em sinapse com as células ciliadas internas e externas. A membrana tectorial é uma estrutura fibrosa posicionada sobre o órgão de Corti (Fig. 44).

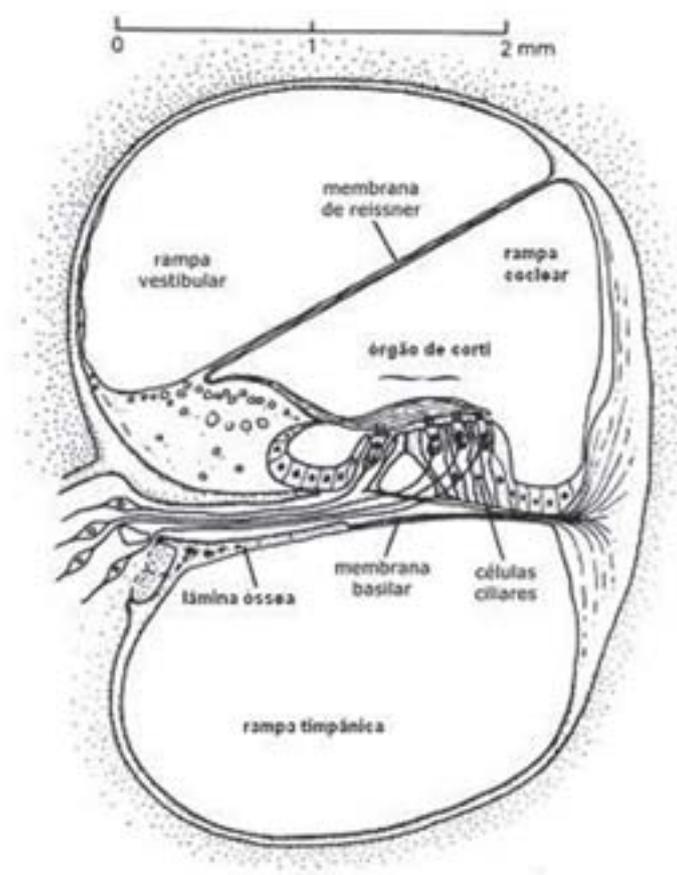


Figura 43. Secção transversal da cóclea mostrando o órgão de Corti apoiado em cima da membrana basilar (Fonte: <http://www.eumus.edu.uy>).

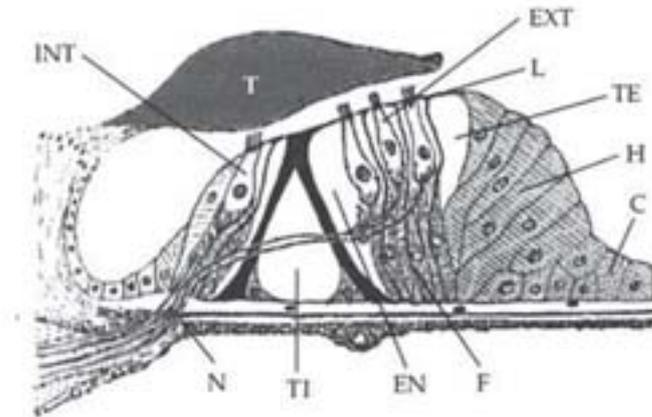


Figura 44. Anatomia do órgão de Corti. T, membrana tectorial; INT, células ciliadas internas; EXT, células ciliadas externas; L, lâmina reticular; TE, túnel externo; TI, túnel interno; H, células de Hensen; F, células falangeais; EN, espaço de Nuel; C, células de Claudius (Conde-Garcia, 1998, p.121).

O estribo, o terceiro ossículo da cadeia auditiva, está posicionado em cima da janela oval. O que acontece quando o estribo vibra a janela oval? O som propagado pelos ouvidos externo e médio faz vibrar o estribo e, conseqüentemente, a janela oval situada na rampa vestibular. A vibração da janela oval desloca a perilinfa contida na rampa vestibular gerando um pulso hidráulico que se propaga da base ao ápice da cóclea. Como a membrana de Reissner é muito fina, a vibração da perilinfa é passada para a endolinfa da rampa média. Esse pulso de propaga até o helicotrema e passa para a rampa timpânica onde o pulso hidráulico vai se propagar do ápice até a base da cóclea, comprimindo a janela redonda. A geração e a propagação do pulso hidráulico dentro da cóclea só é possível devido á elasticidade da janela redonda (Conde-Garcia, 1998, p.125). A diferença de pressão entre as rampas superior e inferior promove uma vibração da membrana basilar em uma direção perpendicular ao seu plano. Esse movimento perpendicular da membrana basilar faz a membrana tectorial se movimentar em uma direção longitudinal (Fig. 45). Ao deslizar, a membrana tectorial comprime os cílios das células ciliadas internas e externas. Com isso, elas são ativadas com conseqüente liberação de neurotransmissores. O principal neurotransmissor liberado é o glutamato. A liberação de glutamato despolariza os neurônios que estão em sinapse com as células ciliadas propagando o impulso elétrico ao cérebro.

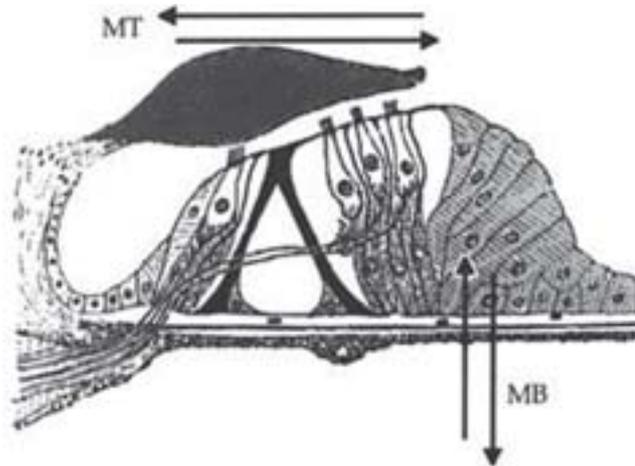


Figura 45. Movimento perpendicular da membrana basilar (MB) em relação à membrana tectorial (MT) (Conde-Garcia, 1998, p.125).

A região do cérebro responsável pela audição é o complexo olivar superior, localizado no lóbulo temporal.

Como o ser humano é capaz de perceber e detectar sons de frequências diferentes? Ou seja, como é possível distinguir entre sons agudos ou graves? Estudos revelaram que a cóclea apresenta regiões definidas para detectar sons de diferentes frequências. Os sons de alta frequência atingem regiões próximas da base da cóclea, frequências intermediárias atingem distâncias intermediárias e frequências baixas causam ativação máxima da membrana basilar próximo ao fim da cóclea, no ápice. É através dos diferentes locais que são estimuladas dentro da cóclea que detectamos quais são as frequências sonoras que estamos recebendo. A Fig. 46 mostra diversas regiões da cóclea sendo ativadas por sons de diferentes frequências.

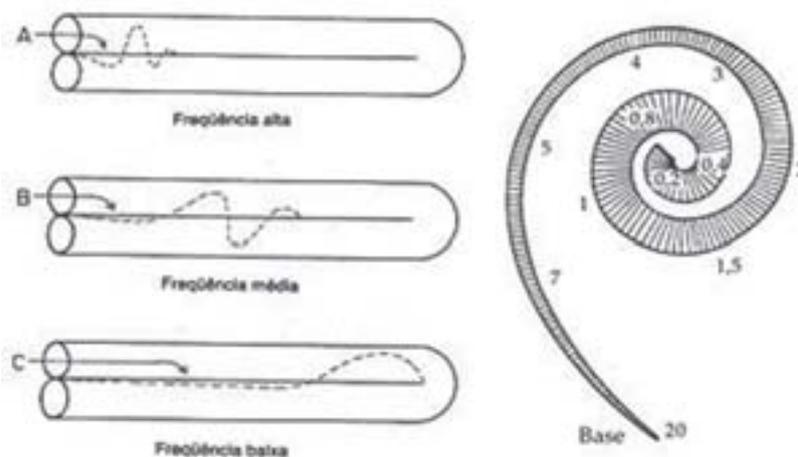


Figura 46. Representação da cóclea desenrolada (esquerda) e enrolada (direita) mostrando as regiões que são ativadas de acordo com a frequência sonora. O números representam a frequência do som em KHz (Conde-Garcia, 1998, p. 128).

Como o ser humano é capaz de determinar a intensidade do som? Sons de alta intensidade promovem mais vibrações da membrana basilar e, conseqüentemente, mais células ciliadas são ativadas. Há tanto um aumento do ritmo de excitação das terminações nervosas quanto da transmissão do sinal elétrico por muitas fibras nervosas e não por poucas fibras. Outro fato importante é que as células ciliadas externas não são estimuladas de forma significativa quando o som não é de alta intensidade. Isto pode informar ao cérebro que o som é intenso.

TRANSMISSÃO DO SOM ATÉ O OUVIDO INTERNO

O som pode chegar ao ouvido interno por 3 vias:

· *Cadeia de ossículos* – por essa via, a onda sonora vibra o tímpano, a cadeia de ossículos (martelo, bigorna e estribo) e a janela oval, que pertence à cóclea. Por essa via, ocorre a amplificação do som, como já foi visto anteriormente.

· *Via aérea* – o som pode se propagar pelo ar contido nos ouvidos externo e médio e vibrar diretamente as janelas oval e redonda. Entretanto, grande parte da energia do som é perdida por reflexão do som na passagem do ar do ouvido médio para o líquido do ouvido interno.

· *Via óssea* (ossos do crânio) – a som também pode chegar ao ouvido interno através dos ossos do crânio. Neste caso, o som não alcançará o ouvido interno quando ele vem se propagando pelo ar devido a grande perda de energia do som ao atingir o tecido ósseo. Essa via só tem importância quando um diapasão em vibração é encostado no crânio. Desta forma, o som pode se propagar pelas estruturas ósseas e alcançar o ouvido interno.

TIPOS DE SURDEZ

Existem três tipos de surdez:

1. *Surdez de condução* – neste tipo de surdez há um impedimento na propagação do som através dos ouvidos externo e médio. Geralmente este tipo de surdez é parcial. Podemos citar como exemplos de surdez de condução:

- Ausência do pavilhão auricular;
- Acúmulo de cera no meato acústico externo;
- Espessamento do tímpano;
- Secreções purulentas no ouvido médio;
- Ruptura do tímpano;
- Quebra dos ossículos;
- Otosclerose – enrijecimento da cadeia de ossículos;

2. *Surdez sensorineural* – este tipo de surdez acomete o ouvido interno ou o nervo auditivo. Neste tipo de surdez ocorre um aumento do limiar de excitabilidade para produzir a excitação das células sensoriais da audição. São causas de surdez sensorineural:

- Exposição a sons de alta intensidade; Os danos à audição devido à exposição permanente em ambientes ruidosos são cumulativos e irreversíveis. Exposição a altos níveis de ruído é uma das maiores causas da surdez permanente.
- Uso de antibióticos ototóxicos (garamicina, kanamicina ou estreptomina) - Estas drogas promovem destruição das células ciliadas do órgão de Corti, levando a uma surdez irreversível.
- Processos inflamatórios;
- Rubéola, toxoplasmose, meningite;
- Tumores benignos ou malignos na cóclea;

3. *Surdez central* – a surdez central acontece quando há lesão do complexo olivar superior, região do cérebro responsável pela audição. São causas possíveis deste tipo de surdez:

- Traumatismo craniano;
- Tumores benignos ou malignos no cérebro;
- Acidente vascular cerebral na região responsável pela audição.

CONCLUSÃO

Como vimos nesta aula, o aparelho auditivo é um órgão sensorial que não tem só a função de captar as ondas sonoras e formar a audição. Os nossos ouvidos têm mais duas funções, a de manter o equilíbrio corporal, função realizada pelos canais semicirculares e a função de orientação espacial (detecção de movimento, noção de distância) do indivíduo, função realizada por outra estrutura do ouvido interno, o vestíbulo. Qual destas 3 funções é a mais importante? É difícil responder esta pergunta. O que vem logo na nossa mente é a função auditiva. Entretanto, sem a audição um ser humano pode ter uma vida “quase normal”. Ele pode se comunicar com outros indivíduos através da linguagem dos sinais. Por outro lado, sem o equilíbrio não é possível sentar ou ficar em pé. Através da audição captamos as ondas sonoras provenientes do meio ambiente, interpretamos o seu conteúdo e, com isso, conseguimos nos relacionar com o meio ambiente e com outros indivíduos. Vale ressaltar que a fala está intimamente relacionada com a audição, pois é ouvindo que aprendemos a falar.

4

RESUMO

Cada parte do ouvido tem uma função específica para permitir que as ondas sonoras sejam captadas, conduzidas até o ouvido interno e transformadas em sinal elétrico para que possam ser interpretadas pelo cérebro. Basicamente ocorre o seguinte: o ouvido externo serve para captar as ondas sonoras e conduzi-las pelo meato acústico externo. No ouvido médio ocorre a amplificação das ondas sonoras e a transformação da energia sonora em vibrações de membranas e ossículos. Estas vibrações serão transformadas em energia hidráulica com a vibração do estribo sobre a janela oval. O ouvido interno transforma a energia hidráulica das linfas contidas dentro da cóclea em impulsos nervosos que podem ser transmitidos ao cérebro. Além disso, o ouvido é capaz de manter constante a pressão no interior do ouvido médio, função esta realizada pela trompa de Eustáquio. O ouvido humano é capaz de perceber ondas sonoras de frequências diferentes de forma simultânea. Isto só é possível devido à cóclea possuir regiões específicas para detectar ondas sonoras de frequências diferentes. Este mecanismo não é possível na visão, ou seja, o olho humano não é capaz de detectar várias cores (diferentes frequências ou comprimento de ondas) simultaneamente chegando ao globo ocular.



ATIVIDADES

1. Como informação complementar assista um vídeo sobre audição. É só acessar o site: <http://www.youtube.com/watch?v=kC2IoapWEJM>



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula você terá a oportunidade de conhecer um método biofísico de estudo que emprega conceitos de eletricidade para realizar a separação de substâncias carregadas eletricamente, tal como as proteínas, lipídios, DNA, etc. Este método é a eletroforese, amplamente usada na pesquisa e em laboratórios de análises clínicas, com fins diagnósticos.



REFERÊNCIAS

- AIRES, M. M. **Fisiologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
CONDE-GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. Ed. Savier, 1998.
HENEINE, F. H. **Biofísica Básica**. Ed. Atheneu, 2006.
MENEZES, P. L., NETO, S. C., MOTTA, M. A. **Biofísica da Audição**. Ed. Lovise, 2005.