

CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM OTORRINOLARINGOLOGIA: BASES DA ANATOMIA E DA FISIOLOGIA DA ORELHA INTERNA

Rafael Bittencourt Bins¹;

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS).

<http://lattes.cnpq.br/7177558511573747>

Thiago Bittencourt Bins²;

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS).

<http://lattes.cnpq.br/3505649288049540>

Ana Carolina Soccol dos Santos³;

Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, Rio Grande do Sul (RS).

<http://lattes.cnpq.br/1495188961361062>

Henrique Braescher Nunes⁴.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS).

<http://lattes.cnpq.br/1538549510387584>

RESUMO: A orelha interna é o compartimento mais medial e profundo do aparelho auditivo, contemplando estruturas neurossensoriais responsáveis pela audição e pelo equilíbrio. Situada dentro do osso temporal, bilateralmente, os diversos segmentos e subdivisões da orelha interna fazem com que a compreensão da sua anatomia e da sua fisiologia seja um desafio para muitos médicos e estudantes de Medicina. Durante o curso de Medicina, frequentemente há pouca vivência por parte dos estudantes na área de Otorrinolaringologia, portanto, aliada à complexidade anatômica e fisiológica das estruturas compreendidas por essa especialidade, a escassa vivência dos alunos torna ainda mais desafiador o entendimento das funções da orelha interna. Considerando esse cenário, é essencial que haja um estímulo à melhor compreensão, ainda que básica, acerca dos conceitos fundamentais da anatomia e da fisiologia da orelha interna, uma vez que essa estrutura está interligada a diversos outros sistemas orgânicos, sendo queixa recorrente dos pacientes na prática médica, tanto em ambulatórios especializados quanto na atenção primária à saúde. Perda auditiva, doença de Ménière, vertigem, zumbido, labirintite, neurite vestibular, doenças metabólicas e fístulas, por exemplo, são algumas das condições associadas a alterações desse compartimento do aparelho auditivo: conhecer a fisiopatologia dessas afecções a partir do entendimento do funcionamento normal da orelha interna significa ampliar as possibilidades de diagnósticos diferenciais para uma maior precisão na identificação de doenças, visando garantir uma melhor prática médica e um maior benefício aos paciente.

PALAVRAS-CHAVE: Orelha interna. Anatomia. Fisiologia.

FUNDAMENTAL CONCEPTS IN OTORHINOLARYNGOLOGY: BASES OF ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE INNER EAR

ABSTRACT: The inner ear is the deepest and most medial compartment of the auditory system, containing neurosensory structures responsible for hearing and balance. Located bilaterally within the temporal bone, the various segments and subdivisions of the inner ear make understanding its anatomy and physiology a challenge for many physicians and medical students. During medical school, students often have little experience in the field of Otorhinolaryngology. Therefore, combined with the anatomical and physiological complexity of the structures covered by this specialty, the limited experience of students makes understanding the functions of the inner ear even more challenging. Considering this scenario, it is essential to encourage a better understanding, even if basic, of the fundamental concepts of the anatomy and physiology of the inner ear, since this structure is interconnected with several other organic systems and is a common complaint of patients in medical practice, both in specialized outpatient clinics and in primary health care. Hearing loss, Ménière's disease, vertigo, tinnitus, labyrinthitis, vestibular neuritis, metabolic disorders and fistulas, for example, are some of the conditions associated with changes in this compartment of the auditory system: knowing the pathophysiology of these conditions based on an understanding of the normal functioning of the inner ear means expanding the possibilities of differential diagnoses for more precise identification of diseases, trying to guarantee better medical practice and greater benefit to patients.

KEY-WORDS: Inner ear. Anatomy. Physiology.

INTRODUÇÃO

A orelha interna é um compartimento complexo do aparelho auditivo localizado no interior do osso temporal, bilateralmente, sendo responsável pela audição e pelo equilíbrio. Repleto de estruturas e de subcompartimentos, o estudo da sua anatomia e da sua fisiologia muitas vezes acaba sendo insuficiente para a compreensão satisfatória acerca do assunto ao longo do curso de Medicina, sobretudo ao se considerar o contato limitado à especialidade de Otorrinolaringologia em muitas Faculdades no Brasil. Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo apresentar os fundamentos principais relacionados à fisiologia e à anatomia da orelha interna – tanto para médicos quanto para estudantes de Medicina –, buscando-se ampliar o conhecimento nesse tema, melhorar a prática médica e facilitar a identificação de condições médicas que afetam a qualidade de vida da população.

REFERENCIAL TEÓRICO

Anatomia

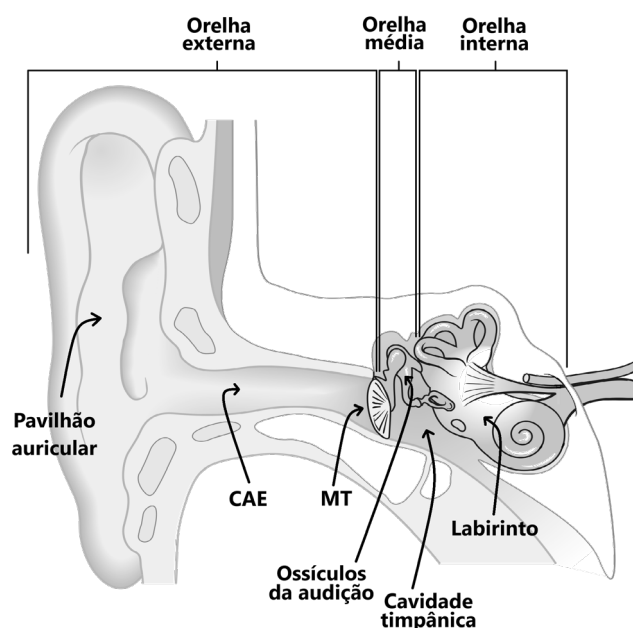
A orelha (antigamente chamada de *ouvido*) é composta, basicamente, por três segmentos principais, que são divididos conforme a sua topografia e função: externa (pavilhão auricular, conduto auditivo externo [CAE], membrana timpânica [MT]), média

(cavidade timpânica, ossículos da audição) e interna (labirinto) (Figura 1).

A orelha interna é composta, fundamentalmente, pelo labirinto, o qual apresenta uma porção óssea (externa [cavidade formada por conformações bem definidas do osso temporal]), cujas principais funções é revestir as estruturas presentes no seu interior e armazenar a perilinfa, e uma porção membranosa (interna), dentro da qual há a endolinfa (fluido essencial para a adequada função labiríntica), sendo responsável, em última análise, pela audição e pelo equilíbrio.

O labirinto é uma estrutura formada por duas porções principais: o aparato vestibular e a cóclea.

Figura 1: representação esquemática dos segmentos da orelha direita.

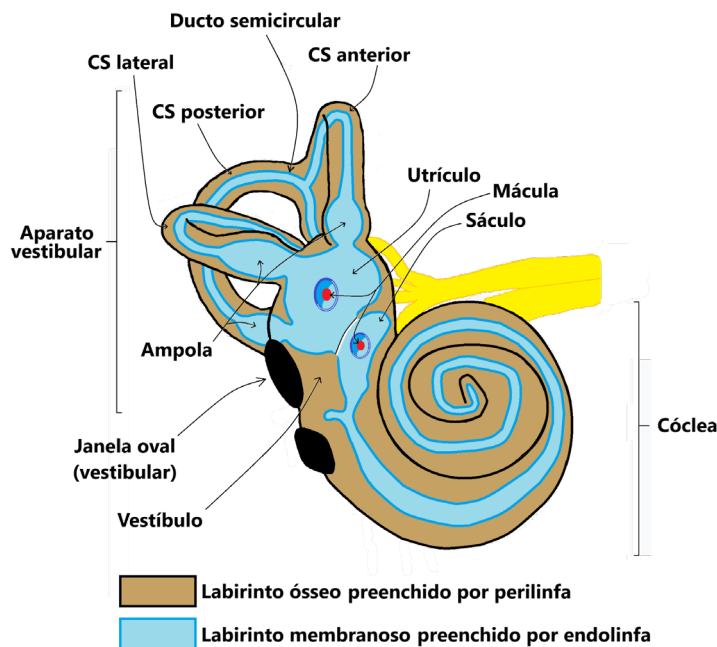


Fonte: Diagrama mostrando as partes da orelha interna (CRUK 328), adaptado de Cancer Research UK, sob a licença Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (CC BY-SA 4.0).

O aparato vestibular, por sua vez, pode ser dividido em dois compartimentos: o vestíbulo e os canais semicirculares (CSs) (Figura 2). O vestíbulo é a estrutura labiríntica mais lateral, situada entre os canais semicirculares e a cóclea, servindo de interface com a orelha média; o vestíbulo se comunica com a cavidade timpânica a partir da janela oval (vestibular), com a qual se articula a base do estribo (o mais medial dos ossículos da audição). Ainda, no interior do vestíbulo estão alocadas duas estruturas essenciais na função vestibular: o utrículo (posteriormente) e o sáculo (anteriormente), dentro dos quais há a mácula (no interior dessa estrutura estão localizados os otólitos, que são cálculos cuja movimentação desempenha papel fundamental para o equilíbrio) e a endolinfa. Os canais semicirculares, por sua vez, são estruturas semicircunferenciais ósseas correspondentes ao labirinto ósseo, localizando-se na porção posterior do labirinto; dentro dos CSs estão situados os ductos semicirculares, que correspondem ao labirinto membranoso; cada

labirinto apresenta três canais semicirculares (anterior, lateral e posterior), de modo que, proximalmente ao utrículo, cada CS tem uma estrutura chamada de ampola, dentro das quais há células ciliadas imprescindíveis para a função vestibular do labirinto.

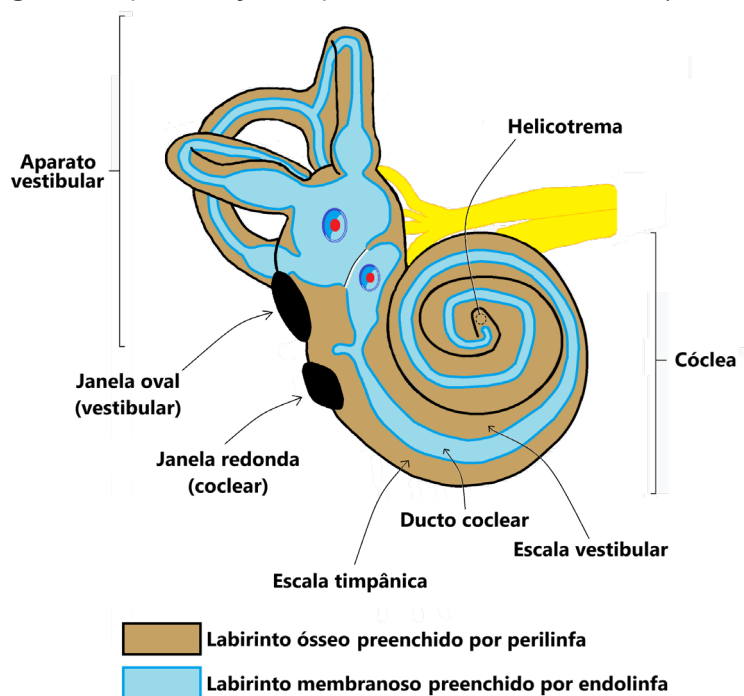
Figura 2: representação esquemática do labirinto direito (aparato vestibular).



Fonte: Autor.

A cóclea é uma estrutura labiríntica espiralada com formato de caracol responsável, sobretudo, pela audição, localizando-se na porção mais anterior da orelha interna. A cóclea apresenta três principais cavidades, das quais duas são preenchidas por perilinfa (escala vestibular e escala timpânica) e uma é preenchida por endolinfa (ducto coclear) (Figura 3); as escalas correspondem ao labirinto ósseo, e o ducto coclear corresponde ao labirinto membranoso. Assim como o vestibulo do aparato vestibular se comunicava com a cavidade timpânica a partir da janela oval (vestibular), a escala vestibular também é interligada à cavidade a partir dessa mesma estrutura anatômica. Por outro lado, também com a finalidade de estabelecer comunicação com a cavidade timpânica, a escala timpânica é vinculada a essa estrutura a partir da janela redonda (coclear), que se localiza, igualmente, na interface da orelha interna com a orelha média, mas inferiormente à janela oval; a estrutura que recobre a janela redonda é a membrana timpânica secundária. A base da cóclea fica localizada proximalmente em relação ao vestibulo, enquanto o seu apex fica situado distalmente em relação ao vestibulo, mais especificamente ao final da espiral labiríntica, próximo ao helicotrema (região de união entre as escalas vestibular e timpânica).

Figura 3: representação esquemática do labirinto direito (cóclea).



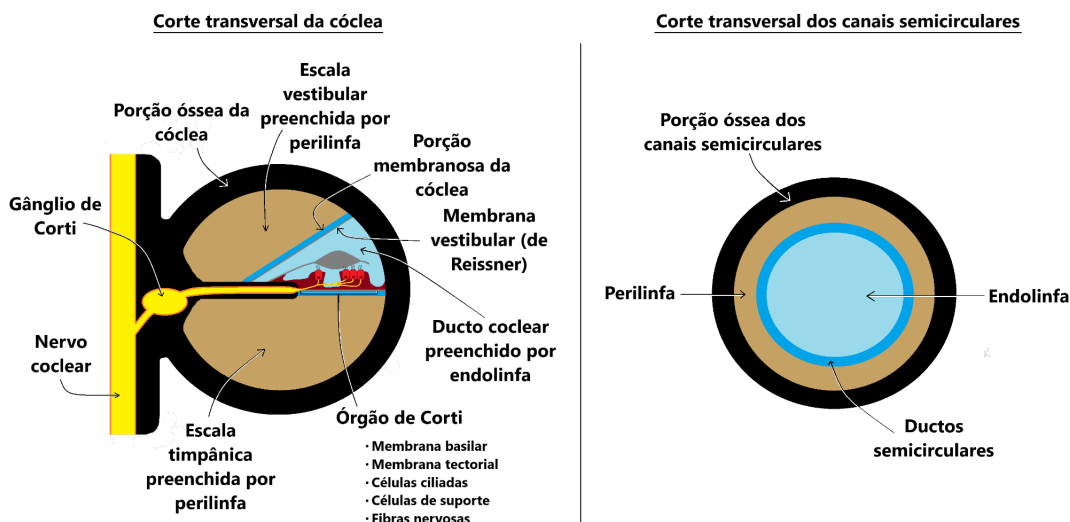
Fonte: Autor.

Na orelha interna existem duas estruturas responsáveis pela regulação da pressão hidrostática dos fluidos do labirinto, tanto da sua porção óssea (perilinfa) quanto da sua porção membranosa (endolinfa): o aqueduto coclear e o aqueduto vestibular, respectivamente. O aqueduto coclear percorre no interior do osso temporal, inferiormente ao labirinto, sendo um conduto entre o espaço subaracnoideo e a escala timpânica, permitindo a regulação pressórica perilinfática. O aqueduto vestibular, por outro lado, percorre no interior do osso temporal superiormente ao labirinto, sendo um conduto – dentro do qual está situado o ducto endolinfático – entre o saco endolinfático (estrutura localizada entre as camadas periosteal [do osso temporal] e meníngea da dura-máter) e o vestíbulo, permitindo a regulação pressórica endolinfática.

Considerando-se um corte transversal da cóclea (óssea e membranosa) (Figura 4), é possível a identificação de membranas fundamentais na compartimentalização das cavidades cocleares e dos fluidos labirínticos: a membrana vestibular (de Reissner) divide a escala vestibular do ducto coclear, e a membrana basilar divide o ducto coclear da escala timpânica. Ainda, dentro do ducto coclear, existe o órgão de Corti, que é responsável, fundamentalmente, pela conversão das ondas sonoras em estímulos elétricos, os quais serão transmitidos até os gânglios espirais (de Corti) para, depois, formarem o nervo coclear, o qual se unirá, posteriormente, aos ramos do nervo vestibular para a formação do nervo vestibulococlear (VIII par craniano), também conhecido como nervo auditivo. O órgão de Corti é complexo, sendo formado por diversas estruturas que auxiliam na formação do impulso elétrico: a própria membrana basilar, membrana tectorial, células ciliadas externas e internas, células de suporte e fibras nervosas.

Considerando-se um corte transversal dos canais semicirculares (Figura 4), é possível a identificação da porção óssea que corresponde a essa estrutura, dentro da qual está situada a perilinfa. Ainda, no interior dos canais semicirculares, podemos observar a presença dos ductos semicirculares, que correspondem ao labirinto membranoso, dentro do qual há endolinfa.

Figura 4: representação esquemática dos cortes transversais da cóclea e dos canais semicirculares.



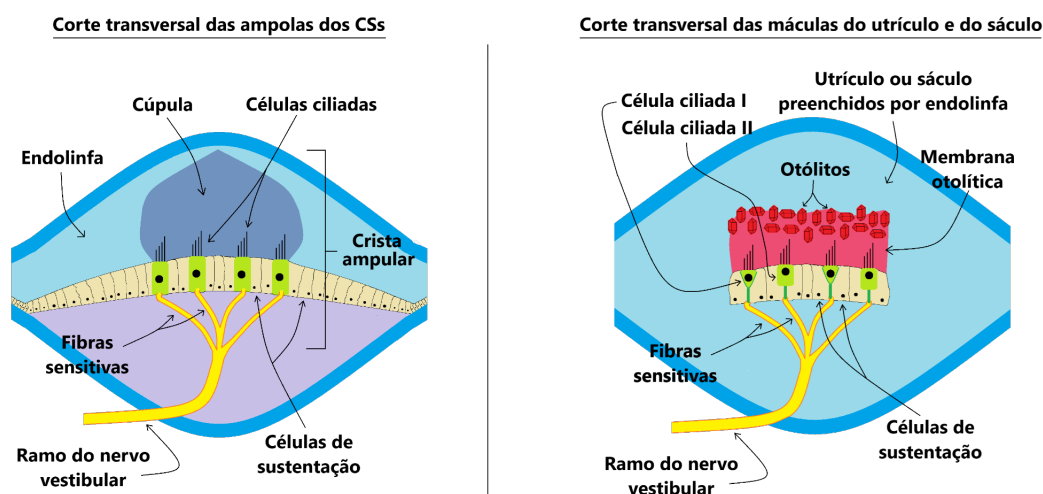
Fonte: Autor.

Considerando-se um corte transversal das ampolas dos canais semicirculares (Figura 5), é possível a identificação da crista ampular, que é a estrutura sensorial responsável pela função do equilíbrio dinâmico do aparato vestibular. A crista ampular é formada, basicamente, pela cúpula (estrutura gelatinosa envolta por endolinfa) e pelas células ciliadas associadas a fibras nervosas sensitivas dos ramos do nervo vestibular, os quais transmitem informações até o gânglio vestibular (de Scarpa); após a passagem do estímulo elétrico pelo gânglio vestibular, o nervo vestibular se une ao nervo coclear para a formação do nervo vestibulococlear. Ainda, na ampola dos CSs, há células de sustentação que fornecem suporte à crista ampular.

Considerando-se um corte transversal das máculas do utrículo e do sáculo (Figura 5), é possível a identificação de diversas estruturas necessárias para o seu correto funcionamento. As máculas são estruturas sensoriais da orelha interna (bem como as cristas ampulares dos CSs) cuja função dentro do aparato vestibular é a de garantir o equilíbrio estático do indivíduo. A membrana otolítica é uma estrutura gelatinosa na qual estão localizados os otólitos, que são cálculos de carbonato de cálcio essenciais para a propagação de estímulos nervosos relacionados ao sistema vestibular. Além disso, a mácula também é formada por células ciliadas (tipos I e II) associadas a fibras nervosas sensitivas dos ramos do nervo vestibular, os quais transmitem informações até o gânglio vestibular (de Scarpa). Por último, as máculas também têm as células de sustentação, que

têm a função de fornecer suporte ao complexo sensorial macular.

Figura 5: representação esquemática dos cortes transversais das ampolas dos CSs e das máculas do utrículo e do sáculo.



Fonte: Autor.

Fisiologia

A orelha externa tem como principal função a captação e a condução de ondas sonoras do ambiente até a membrana timpânica, que, devido às suas características, sofre movimentos de vibração, fenômeno esse que vai possibilitar a continuidade da condução do som pelo aparelho auditivo. A orelha média, por sua vez, atua na amplificação e na manutenção da condução das ondas sonoras do tímpano até a orelha interna.

Fundamentalmente, cada uma das duas porções do labirinto têm funções distintas e bem definidas: o aparato vestibular visa garantir o adequado equilíbrio ao indivíduo, e a cóclea é responsável pela audição.

Após um estímulo sonoro produzir ondas físicas de propagação, elas atingem o pavilhão auricular, passando pelo conduto auditivo externo até atingirem a membrana timpânica, a qual, por sua vez, vibra na frequência das ondas sonoras, amplificando-as. Essa vibração será transmitida para os três ossículos que constituem a orelha média: o martelo, a bigorna e o estribo. Dessa forma, a base do estribo será pressionada contra a janela oval, determinando o movimento da perilinfa no interior da escala vestibular da cóclea e desencadeando, mais tarde, a etapa neurosensorial da audição na orelha interna – nesse momento, faz-se necessário ressaltar a importância da membrana timpânica secundária, que recobre a janela redonda, uma vez que ela atua como um mecanismo de decompressão, fazendo o movimento contrário da membrana timpânica e evitando a elevação súbita e acentuada da pressão nos compartimentos cocleares. A partir da movimentação perilinfática na escala vestibular, surgirão vibrações que serão transmitidas ao ducto coclear, onde haverá, também, vibração endolinfática. A vibração endolinfática será processada, então, pelo órgão de Corti, o qual apresenta estruturas diversas essenciais

na transdução dos estímulos vibratórios em impulsos elétricos. As células ciliadas, que recebem, primariamente, as alterações físicas da endolinfa, estão acopladas a fibras nervosas sensoriais que emitem sinapses que, mais tarde, serão traduzidas e interpretadas como sons específicos. Nas células ciliadas estão presentes canais de potássio, que atuam como maestros na propagação dos estímulos elétricos; o maior influxo de potássio causa despolarização das células ciliadas, havendo estimulação, nas extremidades pré-sinápticas subsequentes, para a fusão entre vesículas glutamatérgicas com a membrana celular, o que causa a liberação desse neurotransmissor na fenda sináptica, estimulando receptores pós-sinápticos a propagarem os potenciais de ação. As células ciliadas externas do órgão de Corti são quantitativamente predominantes; entretanto, 90% das sinapses com os gânglios espirais são estabelecidas a partir das células internas. As células ciliadas do órgão de Corti respondem a diferentes frequências de sons conforme a sua posição: esse fenômeno advém dos diferentes comprimentos de ondas gerados pelos estímulos sonoros – bem como da dissipação de energia pela membrana basilar. Sons de altas frequências (agudos), por exemplo, apresentam ondas de menor comprimento, sendo sua energia rapidamente dissipada. Em contraste, sons de baixas frequências (graves) apresentam comprimentos de ondas maiores, dificultando a dissipação de energia e aumentando a penetração na região coclear, o que faz com que elas se propaguem até o apex da cóclea. Em suma, as células ciliadas localizadas na base da cóclea detectam sons de maiores frequências e, conforme se afastam da porção proximal, detectam, paulatinamente, frequências menores. Dá-se o nome de tonotopia a esse fenômeno em que cada frequência desencadeia vibrações em localidades específicas da membrana basilar do órgão de Corti.

Ademais, é de suma importância ressaltar a indispensabilidade do labirinto na manutenção do equilíbrio, sobretudo quando se fala em propriocepção, postura, motricidade e visão. As máculas – do utrículo e do sáculo – e as cristas ampulares – dos canais semicirculares – são as estruturas sensoriais envolvidas nas funções vestibulares labirínticas: por um lado, as máculas são responsáveis pela manutenção do equilíbrio estático (alterações gravitacionais, posição da cabeça, acelerações lineares); por outro, as cristas ampulares são responsáveis pela manutenção do equilíbrio dinâmico (rotações, acelerações angulares). Os fenômenos inerciais no interior dessas estruturas supracitadas, as quais, bem como a cóclea, também apresentam células ciliadas, são os responsáveis pela manutenção do equilíbrio. Os otólitos presentes na membrana otolítica das máculas e a endolinfa que envolve a cúpula das cristas ampulares, conforme se movimentam, alteram a conformação dos cílios das células sensoriais dessas estruturas, o que desencadeia estímulos elétricos que, mais tarde, serão interpretados como informações vestibulares específicas.

A inervação da orelha interna é fundamentalmente sensitiva, contando, ao longo das suas vias nervosas, com fibras aferentes; além disso, o nervo que recebe informações do labirinto é o VIII par craniano (nervo vestibulococlear), que é formado pela união dos nervos coclear (capta informações da cóclea) e vestibular (capta informações do aparato

vestibular).

As fibras nervosas dos órgãos de Corti unem-se, em um primeiro momento, para fazerem sinapse nos gânglios espirais (de Corti); depois, a união das fibras emitidas por esses gânglios formará o nervo coclear, o qual se unirá, posteriormente, aos ramos do nervo vestibular para a formação do nervo vestibulococlear (VIII par craniano), também conhecido como nervo auditivo. A partir desse momento, o VIII par passará (juntamente com o nervo facial [VII par craniano]) através do meato acústico interno do osso temporal, de modo que o VIII par chegará até o bulbo do tronco encefálico. Nesse momento, parte das fibras do nervo auditivo fará sinapses com os núcleos cocleares (anterior e posterior), e parte com os núcleos vestibulares (medial, lateral, superior e inferior). Após as sinapses nos núcleos cocleares, haverá transmissão dos estímulos elétricos até a ponte, mais especificamente nos núcleos olivares superiores (tanto ipsi quanto contralateralmente), os quais, a partir daí, ascenderão através do lemnisco lateral até a transição pontomesencefálica para fazerem sinapse com os núcleos lemniscais laterais. Dando seguimento à via ascendente, após a saída das informações elétricas dos núcleos do lemnisco lateral, o próximo ponto de sinapse será nos colículos inferiores – no mesencéfalo –, de onde o impulso elétrico sairá, mais uma vez, para fazer sinapse nos corpos geniculados mediais do tálamo. Finalmente, os corpos geniculados mediais têm os corpos neuronais dos últimos neurônios dessa via nervosa, os quais emitirão as informações cocleares ao córtex auditivo primário, localizado no lobo temporal, bilateralmente – os sons de alta frequência serão interpretados, sobretudo, na porção mais lateral do córtex auditivo, enquanto que os sons de baixa frequência serão interpretados principalmente na sua porção mais medial. É nessa etapa que as informações recebidas serão decodificadas e processadas em sons específicos.

As fibras nervosas sensitivas das máculas – do utrículo e do sáculo – e das cristas ampulares – dos canais semicirculares – formarão os ramos do nervo vestibular. O ramo vestibular superior carrega informações do utrículo e dos CSs anterior e lateral; o ramo inferior, por outro lado, carrega informações do sáculo e do CS posterior. Esses ramos, por sua vez, transmitem informações até o gânglio vestibular (de Scarpa); após a passagem do estímulo elétrico pelo gânglio vestibular, o nervo vestibular se une ao nervo coclear para a formação do nervo vestibulococlear. Após a chegada das fibras nervosas do VIII par craniano no bulbo, parte das fibras fará sinapses com os núcleos vestibulares. A partir dos núcleos vestibulares, diversas conexões neurais são estabelecidas na via nervosa vestibular com o objetivo principal de manter adequadamente o equilíbrio, condição que contempla, sobretudo, estruturas envolvidas na visão e na propriocepção, bem como o cerebelo. Os núcleos vestibulares fazem sinapses, por exemplo, com os núcleos dos nervos oculomotor (III NC), troclear (IV NC) e abducente (VI NC), formando o chamado fascículo longitudinal medial (FLM), auxiliando nos movimentos oculares e na manutenção do equilíbrio. Ainda, os núcleos vestibulares também emitem fibras nervosas em direção à medula espinhal através do trato vestibuloespinhal, cujo principal objetivo é garantir o equilíbrio e a postura, levando informações sobre o movimento da cabeça e a posição do corpo para os músculos,

ajustando sua atividade para manter a estabilidade. Além disso, os núcleos vestibulares também estabelecem conexões com o cerebelo a partir do trato vestibulocerebelar, que chega ao cerebelo através do pedúnculo cerebelar inferior; as informações emitidas ao cerebelo auxiliam na coordenação dos movimentos e na manutenção do equilíbrio. Finalmente, os núcleos vestibulares também mantêm sinapses com o núcleo talâmico ventral posterior, cujos neurônios emitirão sinapses ao córtex cerebral: dentre as regiões principais do córtex vestibular, pode-se destacar o córtex insular posterior, o córtex parietal posterior e a junção temporoparietal.

METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido nos moldes de uma revisão bibliográfica, utilizando-se fontes secundárias para a coleta de dados e de informações, objetivando o incentivo ao aprofundamento dos conhecimentos acerca dos fundamentos principais relacionados à anatomia e à fisiologia da orelha interna. Busca-se, dessa forma, estimular a maior compreensão desse objeto de estudo da especialidade de Otorrinolaringologia, que, por vezes, é pouco explorada nos cursos de Medicina no Brasil. O trabalho foi estruturado em seções que abordam a anatomia e a fisiologia da orelha interna, respeitando a estrutura modelo para publicação. Para a sua realização, foram utilizadas bases de dados acadêmicas e científicas, como *Google Scholar*, *PubMed*, livros de anatomia e livros de fisiologia. Ademais, utilizaram-se termos de busca específicos, como “inner ear anatomy”, “inner ear physiology”, entre outros, para, assim, garantir a abrangência e a pertinência das informações coletadas. A escolha dessas fontes se deu pela sua relevância e credibilidade nas áreas de interesse. As informações coletadas foram analisadas e organizadas de forma sistemática, buscando uma conceitualização coerente, didática e inteligível para médicos e para estudantes de Medicina. Não foram realizadas análises estatísticas, uma vez que o trabalho contou com a coleta de informações em fontes secundárias com posterior organização dos principais conceitos a respeito do assunto.

CONCLUSÃO

Levando em consideração o contato limitado à especialidade de Otorrinolaringologia em muitas Faculdades no Brasil associado aos desafios muitas vezes encontrados quando do estudo de temas que abordam estruturas complexas e mutisegmentadas, esse estudo procurou aprofundar o conhecimento da anatomia e da fisiologia da orelha interna. Dessa forma, a expansão da compreensão acerca da transformação de energia como um processo imprescindível para a audição, bem como a indispensabilidade do aparato vestibular no senso de equilíbrio, têm como objetivo primordial otimizar a prática médica no que tange à otologia, auxiliando no estabelecimento de diagnósticos de condições prevalentes e de grande impacto na qualidade de vida da população.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, política, acadêmica ou pessoal.

REFERÊNCIAS

Artigos científicos

DÍAZ, Carmen; PUELLES, Luis. **Segmental analysis of the vestibular nerve and the efferents of the vestibular complex.** *Anatomical Record*, Hoboken, New Jersey, v. 302, 2018. DOI: 10.1002/ar.23828.

DRIVER, Elizabeth Carroll; KELLEY, Matthew W. **Development of the cochlea.** *Development*, Cambridge, 2020. DOI: 10.1242/dev.162263.

HACKETT, Troy A. **Information flow in the auditory cortical network.** *Hearing Research*, Nashville, v. 271, 2011. DOI: 10.1016/j.heares.2010.01.011.

LEE, Charles C.; SHERMAN, S. Murray. **On the classification of pathways in the auditory midbrain, thalamus, and cortex.** *Hearing Research*, Chicago, v. 276, 2011. DOI: 10.1016/j.heares.2010.12.012.

LEÃO, Ricardo M. **The ion channels and synapses responsible for the physiological diversity of mammalian lower brainstem auditory neurons.** *Hearing Research*, Ribeirão Preto, v. 376, 2019. DOI: 10.1016/j.heares.2018.12.011.

Capítulos de livros

PICKLES, James O. **Auditory pathways: anatomy and physiology.** In: *Handbook of Clinical Neurology*. St. Lucia, Queensland, v. 129, 2015. DOI: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00001-9.

Livros

HALL, John E.; HALL, Michael E. **Guyton & Hall tratado de fisiologia médica.** 14. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021.

NETTER, Frank H. **Atlas de anatomia humana.** 8. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2024.