



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL (PET-FARMÁCIA)
Tutora: Profa. Dra. Leônia Maria Batista



1º Consultoria Acadêmica – Disciplina: Fisiologia Humana
Bolsista: Nicolly Karolyne Almeida da C. Bezerril – Graduanda do 4º período
Orientador: Profa. Dra. Fabiana de Andrade Cavalcante Oliveira

A INFLUÊNCIA DO SISTEMA VESTIBULAR NA MANUTENÇÃO DO EQUILÍBRIO CORPORAL

1. JUSTIFICATIVA

No que tange aos distúrbios de equilíbrio corporal, aqueles de origem vestibular, como a labirintite, são os mais comuns. Nessa perspectiva, torna-se importante compreender o funcionamento do sistema vestibular na manutenção do equilíbrio corporal, uma vez que, trata-se de uma temática complexa, não abordada no curso de farmácia, necessária para compreensão das vestibulopatias e de suas respectivas alternativas terapêuticas.

2. INTRODUÇÃO

O equilíbrio corporal compreende um estado de estabilidade física, seja estática ou dinâmica, mantida por meio do funcionamento do sistema vestibular, proprioceptivo e óptico, que detectam e conduzem a informação sensorial, relativa à posição do corpo no espaço, para o sistema nervoso central, que processa e coordena uma resposta motora adequada para que o equilíbrio corporal seja mantido (SILVERTHORN, 2017; MASSION, 1998).

3. SISTEMA VESTIBULAR

O sistema vestibular exerce um importante papel na manutenção do equilíbrio geral do corpo, sendo constituído por três componentes: um sistema sensorial periférico, denominado aparelho vestibular, um processador central, constituído pelo cerebelo e núcleos vestibulares, e um mecanismo de resposta motora, composto por neurônios motores que induzem os músculos a realizar movimentos oculares e ajustes posturais a fim de manter o equilíbrio (HERDMAN, 2002).

O aparelho vestibular (Figura 1) é um órgão sensorial localizado no interior da orelha interna, posterior ao osso temporal, sendo dividido em labirinto ósseo (porção óssea) e labirinto membranoso (porção membranosa). O labirinto ósseo apresenta três canais semicirculares (anterior, posterior e lateral), o vestíbulo e a cóclea, que compreende a região sensorial do aparelho vestibular especializada na audição, tendo pouca relação com o equilíbrio. Esses canais semicirculares apresentam uma dilatação em uma de suas extremidades, denominada ampola. Além disso, o labirinto ósseo é preenchido por um líquido chamado perilinfa, que apresenta alta concentração de Na^+ e baixa de K^+ , sendo essa composição semelhante a do líquido cerebrospinal, uma vez que, comunica-se com ele por meio do aqueduto coclear (HERDMAN, 2002; GUYTON, 2017; KANDEL et al., 2014).

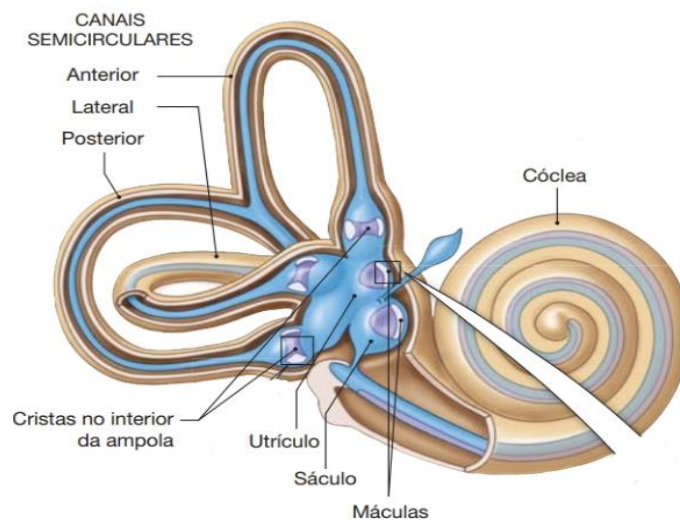


Figura 1 – Aparelho vestibular.

Fonte: Adaptado de Silverthorn (2017).

O labirinto membranoso, por sua vez, consiste na porção funcional do aparelho vestibular, situando-se suspenso dentro do labirinto ósseo, sendo constituído por tecido conjuntivo de suporte e um fluido, denominado endolinfa, que apresenta alta concentração de K^+ e baixa de Na^+ . Essa região apresenta a porção membranosa dos três canais semicirculares e da cóclea, e os dois órgãos otolíticos, utrículo e sáculo, que localizam-se dentro do vestíbulo da porção óssea (GUYTON, 2017; HERDMAN, 2002).

Na superfície interna dos órgãos otolíticos há uma pequena área sensorial denominada mácula (Figura 2), composta por milhares de células pilosas, que são os receptores sensoriais não neurais do sistema vestibular. As máculas são revestidas

por uma camada gelatinosa, denominada membrana otolítica, onde ficam imersos vários pequenos cristais de carbonato de cálcio, denominados estatocônias. Já a área sensorial da superfície interna da ampola, por sua vez, é denominada crista (Figura 3), sendo constituída por células pilosas e pela cúpula, uma massa gelatinosa que se projeta da base ao teto da ampola, fechando-a (GUYTON, 2017; SILVERTHORN, 2017).

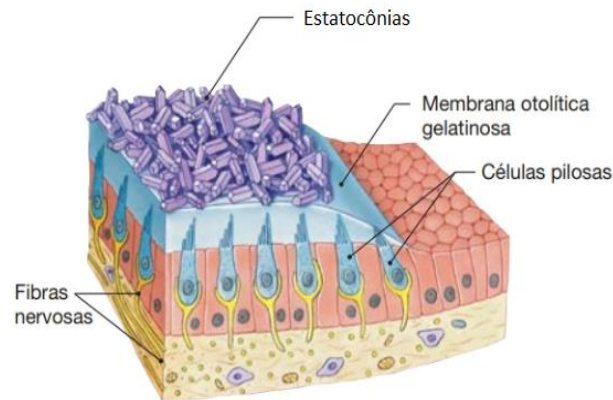


Figura 2 – Mácula.

Fonte: Adaptado de Silverthorn (2017).

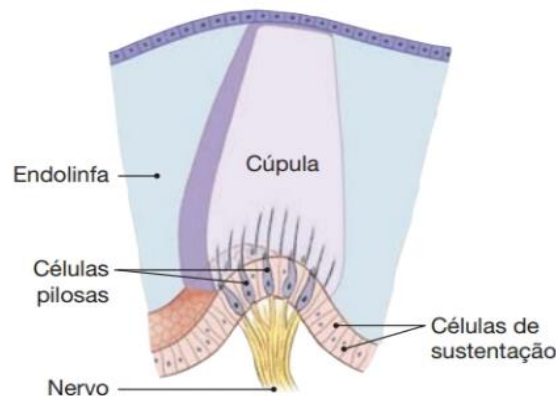


Figura 3 – Crista.

Fonte: Silverthorn (2017).

As células pilosas (Figura 4) apresentam vários pequenos cílios, denominados estereocílios, e um único grande cílio, o cinocílio, que localiza-se em uma das extremidades da superfície apical da célula pilosa, enquanto os estereocílios ficam cada vez mais curtos em direção a outra extremidade (GUYTON, 2017).

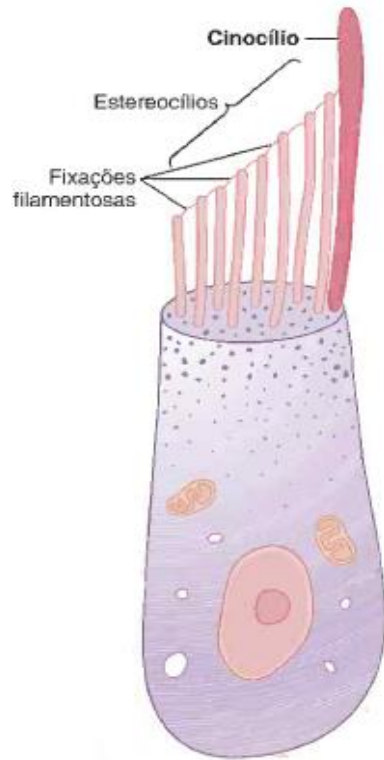


Figura 4 - Célula pilosa.

Fonte: Adaptado de Guyton (2017).

O movimento da cabeça promove, indiretamente, a curvatura dos cílios das células pilosas. Caso essa curvatura ocorra na direção do cinólio (Figura 5), ocorrerá a abertura de canais iônicos seletivos a íons positivos, como o K^+ , amplamente distribuído na endolinfa, líquido extracelular do labirinto membranoso. Desse modo, verifica-se o influxo de K^+ , que atua despolarizando a membrana da célula pilosa e assim, promovendo a abertura de canais de cálcio dependentes de voltagem, e conseqüentemente, aumento da frequência de impulsos nervosos (GUYTON, 2017; KANDEL et al., 2014).

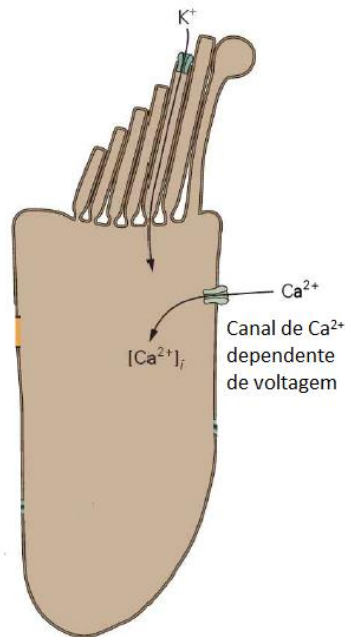


Figura 5 – Despolarização da célula pilosa.

Fonte: Adaptado de Kandel et al. (2014).

Inversamente, caso a curvatura dos cílios ocorra na direção oposta ao cinocílio, haverá o fechamento dos canais de K^+ , e, indiretamente, dos canais de cálcio dependentes de voltagem, resultando na hiperpolarização da membrana da célula pilosa, e conseqüentemente, diminuição da frequência de impulsos nervosos (GUYTON, 2017).

Os canais semicirculares e os órgãos otolíticos são capazes de responder seletivamente aos diferentes movimentos da cabeça, em virtude das suas diferentes orientações. Em razão disso, os canais semicirculares detectam a aceleração angular (rotação da cabeça), enquanto os órgãos otolíticos detectam a aceleração linear (movimentos lineares) e a posição da cabeça em relação à gravidade, uma vez que, a gravidade consiste em uma forma de aceleração linear (HERDMAN, 2002; KANDEL et al., 2014).

→ **Como os canais semicirculares detectam a aceleração angular?**

Os canais semicirculares estão dispostos em três planos bilaterais (anterior, posterior e lateral), portanto, cada canal semicircular consegue detectar o movimento dentro de um plano específico. Nesse caso, o canal semicircular anterior identifica o movimento de flexão e extensão da cabeça, ou seja, os movimentos que acontecem no plano sagital, enquanto o canal semicircular lateral detecta os movimentos de

rotação da cabeça, ou seja, aqueles que acontecem no plano transversal. Já o canal semicircular posterior, por sua vez, identifica o movimento de flexão lateral da cabeça, ou seja, aqueles que ocorrem no plano coronal (HERDMAN, 2002; SILVERTHORN, 2017).

Quando a cabeça começa a rotacionar, o canal semicircular se move junto, porém, a endolinfa não consegue acompanhar de imediato esse movimento, devido a sua inércia, e por esse motivo, ela movimenta-se em direção oposta ao da cabeça. Logo, nas ampolas dos canais semicirculares, a endolinfa inclina a cúpula na direção contrária à da cabeça (Figura 6), alterando o potencial de membrana das células pilosas, e, conseqüentemente, a frequência de impulsos nervosos (SILVERTHORN, 2017; KANDEL et al., 2014).

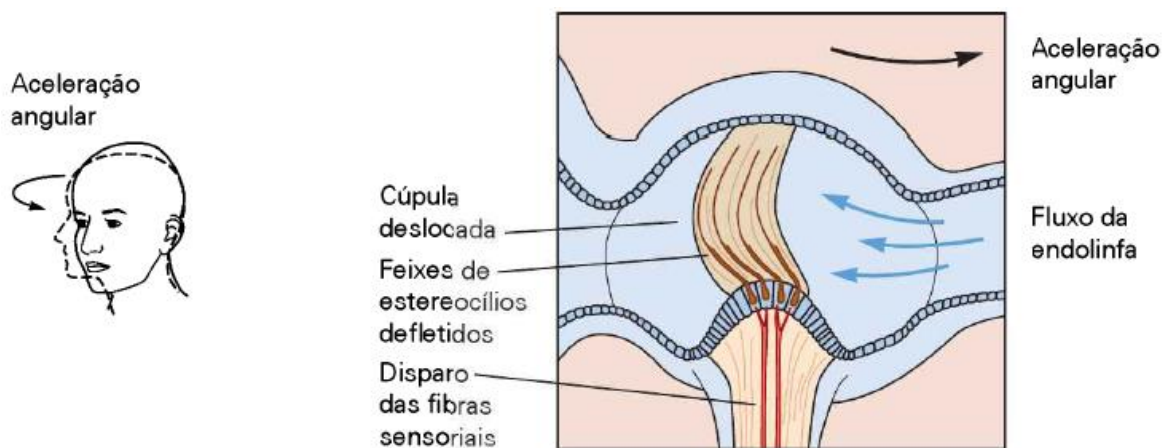


Figura 6 – A cúpula é deslocada pelo fluxo da endolinfa em direção contrária à da cabeça.
Fonte: Kandel et al. (2014).

→ **Como os órgãos otolíticos detectam a aceleração linear?**

Em um indivíduo na posição ereta, os sáculos encontram-se dispostos na vertical, enquanto os utrículos na horizontal. Desse modo, a mácula do sáculo está orientada verticalmente, identificando a aceleração linear vertical da cabeça, enquanto a mácula do utrículo está orientada horizontalmente, detectando a aceleração linear horizontal da cabeça (GUYTON, 2017; SILVERTHORN, 2017).

Quando a cabeça movimenta-se de forma linear, o peso das estatocônias curva os cílios na direção da tração gravitacional. É importante destacar que, em cada mácula, as células pilosas estão orientadas em direções diferentes, de modo que, diferentes células são estimuladas em cada orientação da cabeça. Logo, ocorre um

padrão diferente de despolarização e hiperpolarização das células pilosas para cada orientação cefálica (Figura 7), sendo esse padrão analisado pelo encéfalo, para calcular a posição da cabeça e a direção do movimento (GUYTON, 2017).

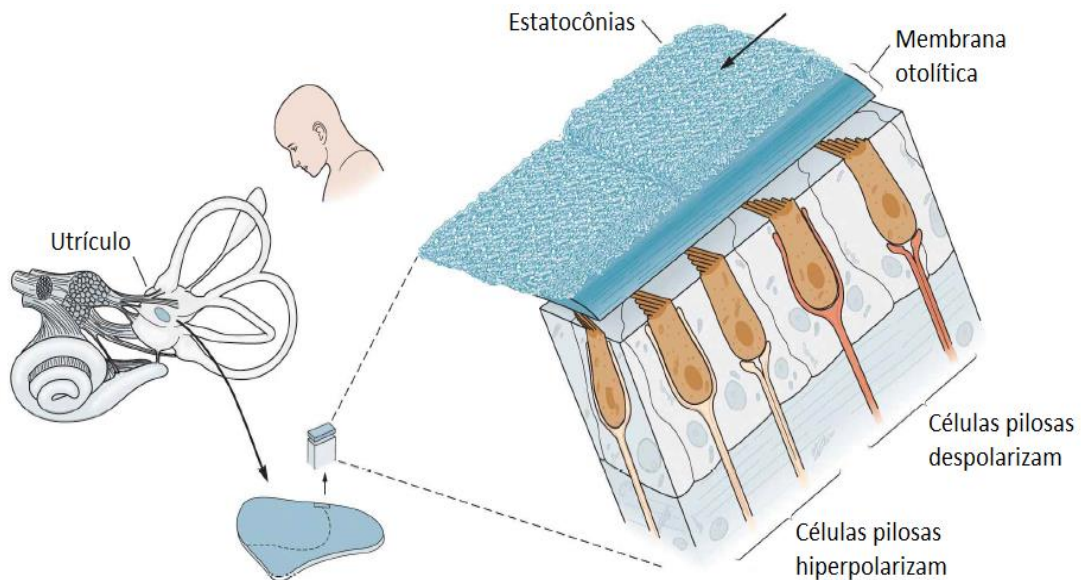


Figura 7 – O utrículo está organizado para detectar a inclinação da cabeça.

Fonte: Adaptado de Kandel et al. (2014).

As células pilosas fazem sinapse com as terminações nervosas do nervo vestibular (nervo craniano VIII), que, por sua vez, fazem sinapse nos núcleos vestibulares do bulbo, ou se projetam diretamente para o cerebelo, onde as informações sensoriais vestibulares são processadas. A resposta motora dos núcleos vestibulares e do cerebelo é transmitida aos músculos extra-oculares e a medula espinal, gerando dois reflexos importantes, o reflexo vestibulo-ocular e o reflexo vestibulo-medular, respectivamente (SILVERTHORN, 2017; HERDMAN, 2002).

O reflexo vestibulo-ocular é responsável por manter os olhos imóveis durante o movimento cefálico, enquanto o reflexo vestibulo-medular é responsável por induzir o músculo esquelético a promover ajustes posturais, a fim de compensar o movimento da cabeça (HERDMAN, 2002; KANDEL et al., 2014).

4. REFERÊNCIAS

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Tratado de Fisiologia Médica. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HERDMAN, S. J. **Reabilitação vestibular**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2002.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. **Princípios de neurociências**. 5.ed. São Paulo: AMGH, 2014.

MASSION, J. Postural control systems in developmental perspective. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 4, p. 465-472, 1998.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia Humana – Uma abordagem integrada**. 6 ed.

Porto Alegre: Artmed, 2017.