
Sistema vestibular

anatomia e fisiologia

Sistema vestibular: anatomia e fisiologia

INTRODUÇÃO

O sistema vestibular é bastante complexo e muitos consideram sua avaliação um pouco difícil. Esta dificuldade pode ser compreendida se lembrarmos que o sistema vestibular tem três principais funções e que em cada uma destas funções ele é auxiliado ou atua em conjunto com outros sistemas. No entanto, se compreendermos como funciona o labirinto e estudarmos isoladamente cada uma das funções do sistema vestibular, sua avaliação pode se tornar bem mais simples.

As funções do sistema vestibular comentadas acima são: estabilização da imagem na retina, ajuste postural e orientação gravitacional. Para que isto seja realizado, é necessária a informação sobre a posição e movimento da cabeça, o que é feito pelo labirinto. Assim como os olhos percebem os estímulos luminosos, e a cóclea percebe o estímulo auditivo, o labirinto é um sensor de posição e de movimento. Esta informação é transmitida ao tronco cerebral, e aí são estabelecidas conexões com outros sistemas - motor ocular, visual e proprioceptivo – e são realizados os ajustes necessários às três funções do sistema vestibular.

Este texto aborda de uma maneira didática a anatomia e função do labirinto e suas principais conexões. A semiologia do sistema vestibular é descrita em outro texto. Serão abordados os seguintes aspectos: (1) estrutura dos receptores, (2) como ocorre a transformação do estímulo de posição ou movimento em impulso elétrico e (3) quais são as vias envolvidas e suas conexões.

ANATOMIA E FISIOLOGIA DO LABIRINTO

O labirinto ósseo é uma cavidade localizada no osso temporal, onde se encontram cinco órgãos receptores delimitados por uma membrana, constituindo o labirinto membranoso (figuras 1-2). O espaço existente entre o labirinto ósseo e o membranoso é preenchido por perilinfa, líquido com composição igual ao do líquido cefalorraquidiano, enquanto as estruturas do labirinto membranoso contém endolinfa, um líquido rico em K^+ e pobre em Na^+ e Ca^{++} .

Os cinco órgãos receptores podem ser divididos em duas unidades anatômicas e funcionais: os canais semicirculares (CSCs) e os órgãos otolíticos – utrículo e sáculo, e seus receptores são as células ciliadas (figura 2).

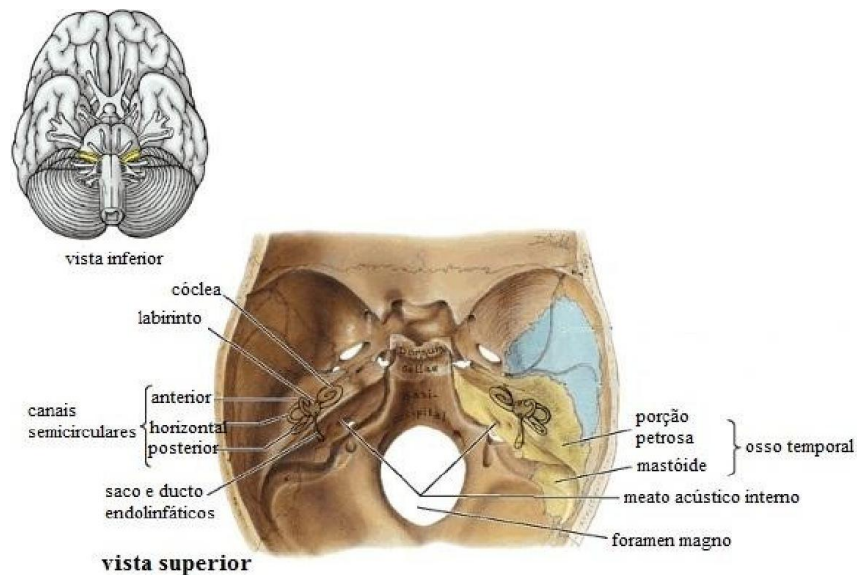


Figura 1

Vista inferior do encéfalo, em amarelo o nervo vestibulo-coclear.

Vista Superior da base de crânio, relação anatômica do labirinto.

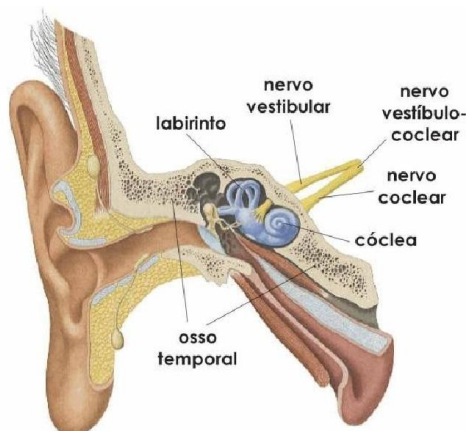
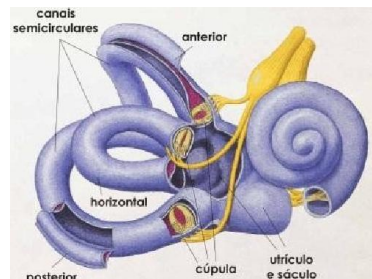


Figura 2

Vista anterior do osso temporal direito.

Detalhe da vista anterior do labirinto direito.



Células ciliadas

Como foi mencionado anteriormente, o labirinto é um sensor de posição e de movimento e para que isso ocorra as células ciliadas são capazes de transformar o estímulo mecânico de aceleração em estímulo elétrico. As células ciliadas detectam: (1) posição da cabeça, através do efeito da gravidade, (2) aceleração linear durante movimentos retilíneos e (3) aceleração angular em movimentos de rotação.

As células ciliadas estão presentes nos CSCs e órgãos otolíticos. São compostas por diversos cílios organizados em relação ao seu tamanho, em ordem crescente na direção de um único cinocílio (figura 3). O potencial de membrana da célula ciliada depende da inclinação destes cílios, da seguinte maneira: inclinação dos cílios na direção do cinocílio leva a uma despolarização de membrana e na direção contrária à hiperpolarização (figura 4).

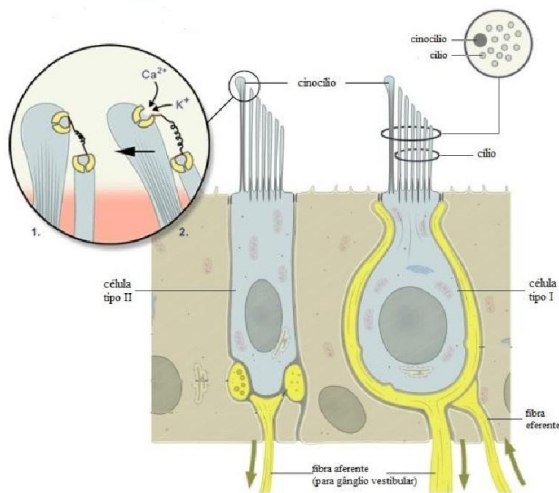


Figura 3

*Células ciliadas tipo I e tipo II.
Posição dos cinocílios e
organização dos cílios.*

Nos CSCs as células ciliadas estão dispostas de tal modo que se forma um eixo de despolarização. No CSC horizontal estas células ciliadas estão organizadas com os cinocílios no sentido do utrículo, e nos CSCs anterior e posterior estão organizadas de maneira inversa, com os cinocílios no sentido oposto ao utrículo.

Na mácula dos órgãos otolíticos estas células estão arranjadas com seus cinocílios na direção de uma linha curva, que atravessa a mácula denominada estríola (figura 5). Como a estríola é uma linha curva, na mácula a disposição das células ciliadas obedece diferentes eixos, abrangendo todas as direções possíveis de inclinação da cabeça, e de aceleração linear no plano horizontal (mácula do utrículo) e pleno vertical (mácula do sáculo).

Canais semicirculares

São três estruturas com formato de uma letra “C” com diâmetro aproximado de 8mm, dispostas ortogonalmente entre si, como se fossem três lados adjacentes de um cubo. O CSC horizontal está localizado aproximadamente a 30° do plano horizontal. Os CSCs anterior e posterior formam entre si e com o CSC horizontal um ângulo de 90°, e com o plano sagital um ângulo de 45°, de maneira que o CSC anterior de um lado se encontra no mesmo plano do CSC posterior do lado oposto (figura 6).

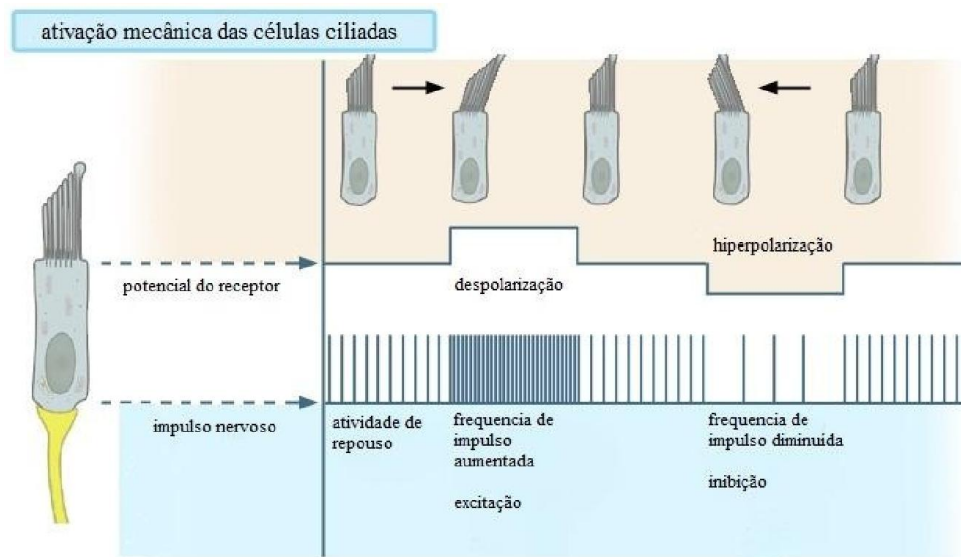


Figura 4

Esquema mostra atividade constante da célula ciliada, e a despolarização desencadeada pela inclinação dos cílios na direção do cinocílio e a hiperpolarização com a inclinação para o lado oposto.

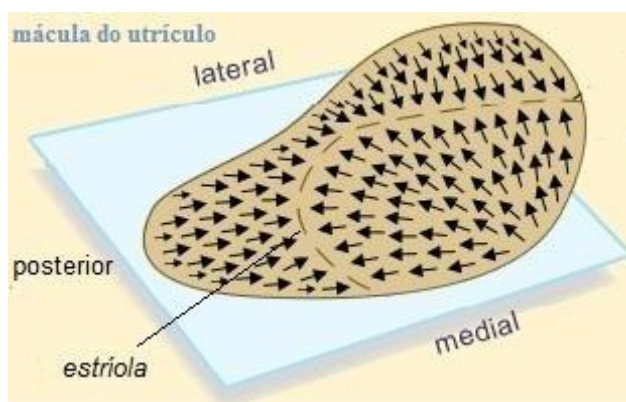


Figura 5

Desenho da mácula do utrículo, evidenciando a estriola e a disposição das células ciliadas, cujos cinocílios e cílios se têm seu eixo de despolarização na direção da estriola.

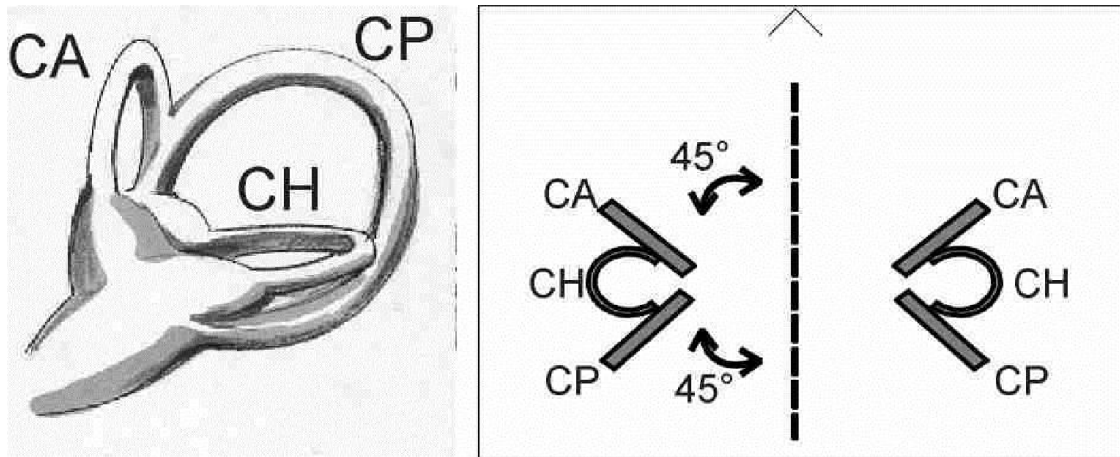


Figura 6

Vista no sentido ântero-posterior do labirinto esquerdo.

Vista do sentido crânio-caudal com nariz à frente. CP: canal semicircular posterior, CA canal semicircular anterior, CH canal semicircular horizontal.

As duas extremidades de cada um dos CSCs terminam no utrículo. Enquanto uma delas é aberta promovendo uma comunicação entre CSC e utrículo, a outra apresenta uma dilatação denominada *ampola*, que contém uma estrutura, a *cúpula*, composta por uma substância gelatinosa, que fecha a comunicação com o utrículo. Na região ampular há também um espessamento epitelial denominado *crista ampular*, que contém as células ciliadas. Localizadas logo abaixo da cúpula, estas células mantêm seus cílios embebidos na substância gelatinosa, de modo que são os movimentos de deflexão da cúpula que levam à inclinação dos cílios (figura 7).

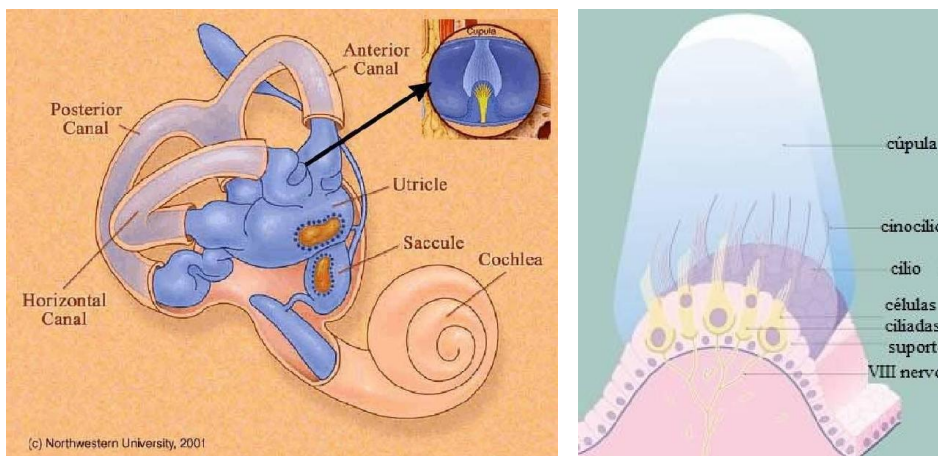


Figura 7

Posição da cúpula nos canais semicirculares. Figura das estruturas da cúpula.

Os CSC respondem a aceleração angular, isto é, a movimentos de rotação da cabeça (figura 8). O movimento da cabeça leva necessariamente ao movimento do CSC. A endolinfa contida no CSC, por outro lado, devido à inércia se desloca na direção oposta, e este deslocamento provoca a deflexão da cúpula com consequente inclinação dos cílios.

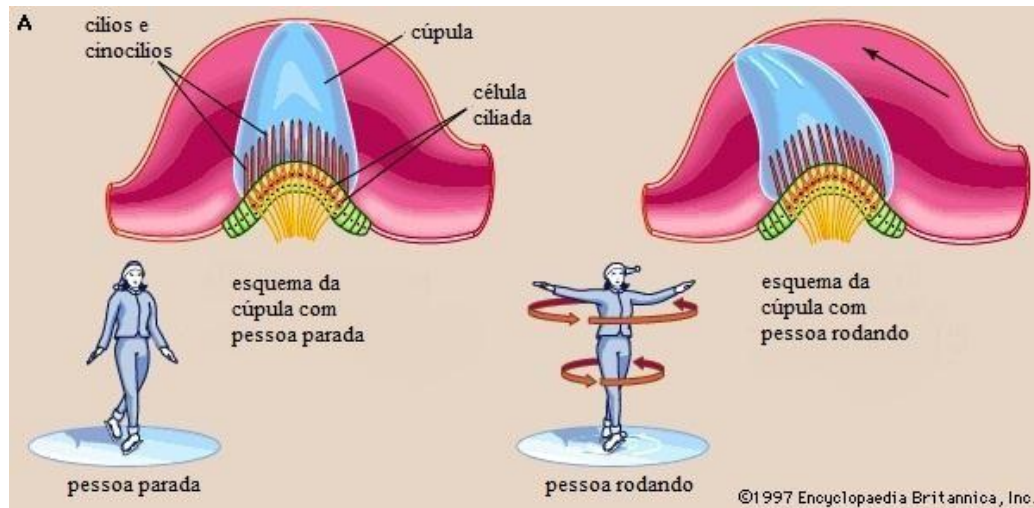


Figura 8

Movimento da endolinfa e deslocamento da cúpula desencadeados por rotação.

Foram mencionados anteriormente dois aspectos importantes: (1) no CSC horizontal os cinocílios estão posicionados com o eixo de polarização na direção do utrículo e nos CSCs anterior e posterior na direção oposta; (2) a inclinação dos cílios na direção do cinocílio leva à despolarização da membrana. Torna-se fácil compreender, portanto, que o deslocamento da endolinfa na direção da ampola (ampulípeto) no CSC horizontal é excitatório, enquanto nos CSCs anterior e posterior a excitação é dada pelo deslocamento da endolinfa na direção oposta à ampola (ampulífugo).

Órgãos otolíticos – utrículo e sáculo

Os órgãos otolíticos – o utrículo e o sáculo – são os dois outros órgãos receptores do labirinto, assim denominados devido às partículas de carbonato de cálcio, os otólitos, aderidos à sua mácula. Ambos são estruturas ovóides e contêm células ciliadas em uma estrutura elíptica denominada mácula. Os cílios destas células também estão embebidos por uma substância gelatinosa, a *membrana otolítica*, acima da qual estão os otólitos (figura 9).

Enquanto a mácula do utrículo está na posição horizontal tornando-o particularmente sensível a movimentos no plano horizontal e a inclinações da cabeça, a mácula do sáculo está em uma posição vertical, parassagital tornando-o sensível a aceleração vertical, sendo a gravidade o exemplo mais importante.

Mudanças na posição da cabeça, e movimentos com aceleração linear levam a movimentos dos otólitos sobre a camada gelatinosa, com consequente inclinação dos cílios (figura 10). Como estas células ciliadas estão dispostas com seu eixo de despolarização na direção de uma linha curva, a estríola, movimentos em qualquer direção são capazes de excitar pelo menos um grupo celular.

Desta maneira os órgãos otolíticos informam sobre situações estáticas, dando a orientação gravitacional em mudanças na posição da cabeça, e sobre movimentos com aceleração linear como subir e descer em um elevador.

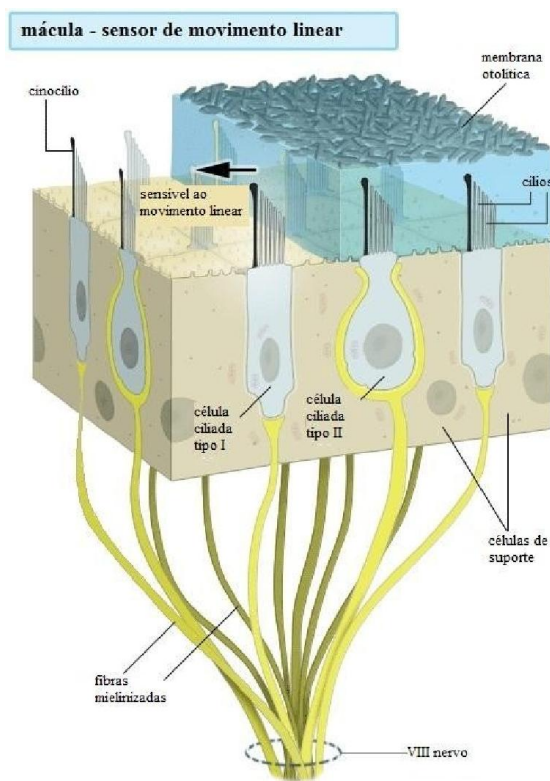


Figura 9

Corte transversal da mácula do utrículo.

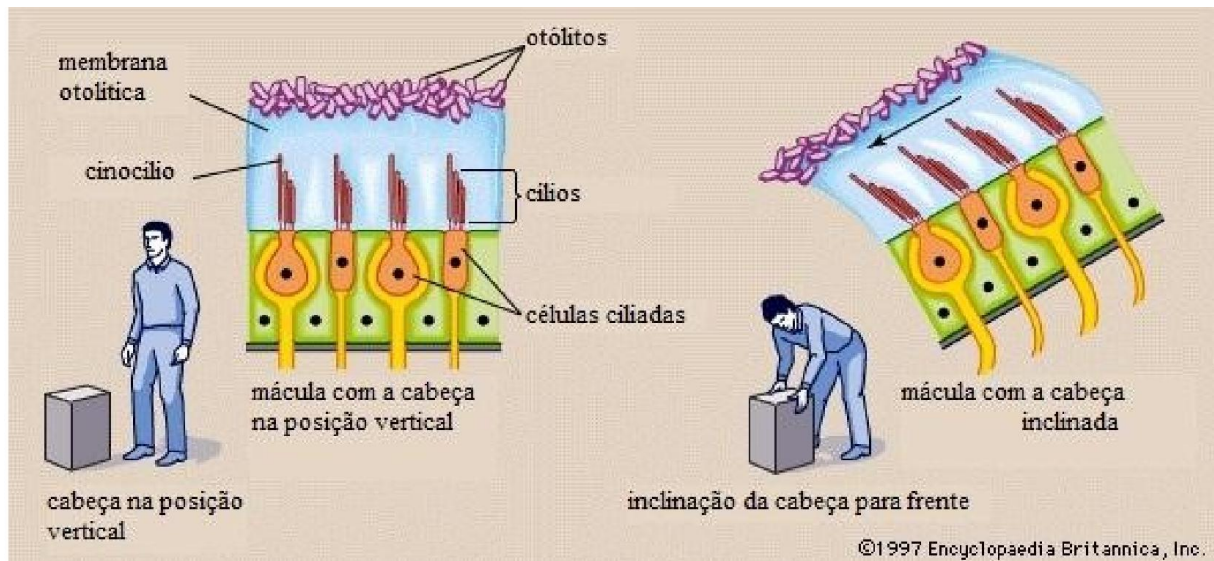


Figura 10

Deslocamento da membrana otolítica e dos otólitos e inclinação dos cílios desencadeados pela inclinação da cabeça.

INERVAÇÃO E IRRIGAÇÃO DO LABIRINTO

As células ciliadas dos órgãos otolíticos e dos CSCs são inervadas pelos prolongamentos distais de neurônios bipolares, cujos corpos celulares se encontram no gânglio vestibular ou gânglio de Scarpa. Os prolongamentos centrais destes neurônios se juntam com prolongamentos centrais do gânglio espiral da cóclea para formar o nervo vestibulo-coclear, que atravessa o meato acústico interno, ao lado do nervo facial, e após curto trajeto no ângulo ponto-cerebelar entra na ponte para fazer sinapse nos núcleos vestibulares.

Os axônios distais dos neurônios vestibulares chegam ao gânglio de Scarpa através de dois ramos: (1) ramo superior com axônios que carregam informações do CSC anterior e horizontal e utrículo e (2) ramo inferior com impulsos do CSC posterior e sáculo.

O labirinto é irrigado pela artéria labiríntica ou artéria auditiva interna, na maioria dos casos ramo da artéria cerebelar ântero-inferior (AICA) e em 15% dos casos ramo da artéria basilar. A artéria labiríntica se divide em: (1) artéria coclear, para irrigação da cóclea, (2) artéria vestibular anterior, para CSC anterior, horizontal e utrículo e (3) artéria vestibular posterior, para CSC posterior, sáculo e parte da cóclea.

VIAS VESTIBULARES

Como foi mencionado acima o sistema vestibular tem três funções: estabilizar a imagem na retina, controle postural e percepção de espaço e movimento. Para cada uma destas funções existem conexões específicas no sistema nervoso central. Estas conexões centrais serão discutidas a seguir.

Reflexo vestibulo-ocular

O reflexo vestibulo ocular (VOR) é responsável por estabilizar a imagem na retina durante movimentos rápidos da cabeça. Outros movimentos oculares também participam da estabilização da imagem na retina e na fóvea e devido a suas particularidades são discutidos em um texto a parte.

Para manter a imagem estável durante movimentos rápidos, o *VOR desencadeia movimentos oculares na mesma velocidade e na direção oposta aos movimentos da cabeça*, ou seja, o VOR desencadeia movimentos dos olhos que contrabalançam os movimentos da cabeça. Por se tratar de um arco reflexo de 3 neurônios – gânglio vestibular, núcleo vestibular e núcleos motores oculares – apresenta características que tornam sua atuação possível com movimentos bastante rápidos, como por exemplo ao caminharmos, correremos ou realizarmos outros esportes (figura 11). O VOR tem uma latência de 16 ms, atua em movimentos com uma frequência de 0,5 a 5,0 Hz e com uma velocidade máxima que varia de 30 a 150°/s.

As informações do labirinto são transmitidas pelos neurônios do nervo vestibular até o complexo nuclear vestibular – núcleo vestibular medial, lateral, superior e inferior – localizados na região dorso-lateral da transição bulbo-pontina, no assoalho do IV ventrículo. Do núcleo vestibular saem fibras que através do fascículo longitudinal medial, brachium conjunctivum e via tegmental ventral alcançam os núcleos dos nervos motores oculares: oculomotor, troclear e abducente.

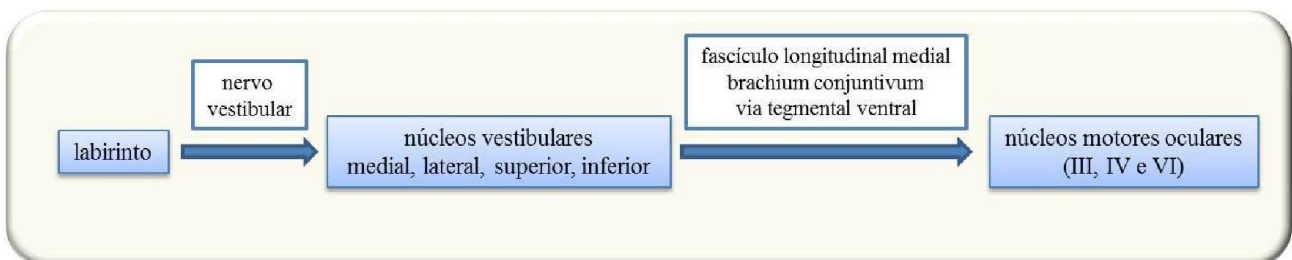


Figura 11

Esquema mostra como é organizada a via do reflexo vestibulo-ocular

Para que os movimentos oculares sejam feitos de maneira precisa, na direção oposta ao movimento da cabeça, cada CSC estimula um único e específico par de músculos motores oculares. Isto é organizado de tal maneira que esta conexão estabelece um movimento dos olhos aproximadamente no mesmo plano do canal semicircular (figura 12),

Do CSC horizontal caminham informações pelo ramo superior do nervo vestibular, que chegam ao núcleo vestibular medial (NVM) onde fazem sinapse com o segundo neurônio que cruza a linha média até o núcleo do nervo abducente. Do núcleo do VI saem dois neurônios, um para o músculo reto lateral do mesmo lado, enquanto o outro cruza na ponte, e pelo fascículo longitudinal medial (FLM), alcança o núcleo do nervo oculomotor contralateral, onde faz sinapse com o neurônio para o músculo reto medial. De maneira prática, o movimento da cabeça para um lado (por exemplo, para direita) desencadeia movimento do olho para o outro lado (no exemplo dado, para esquerda).

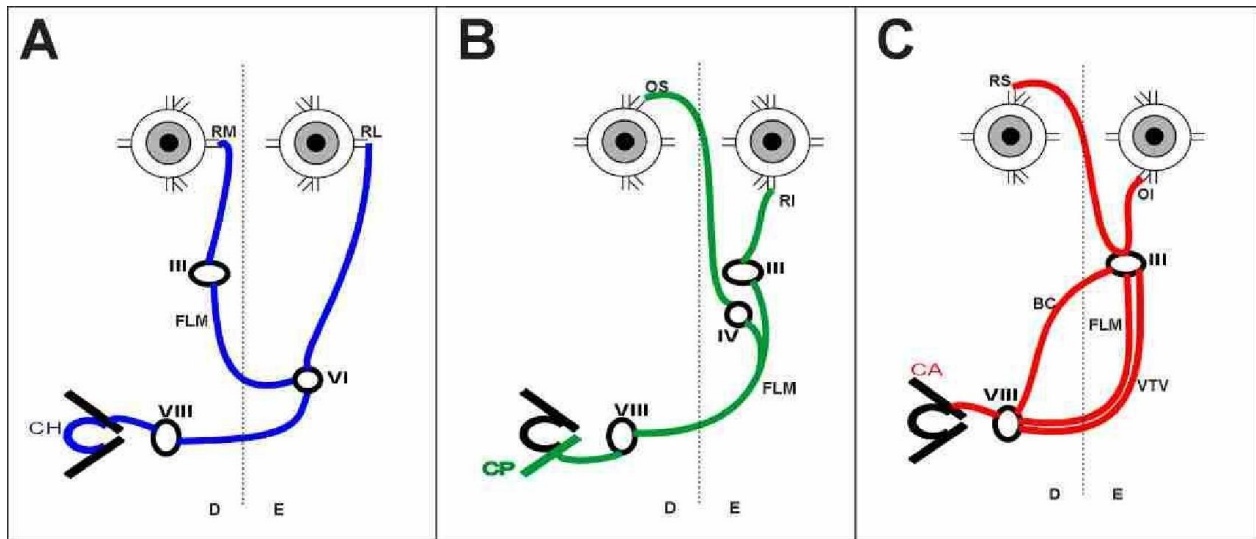


Figura 12

Conexões a partir de cada um dos canais semicirculares: horizontal (A), posterior (B), anterior (C). FLM: fascículo longitudinal medial, BC: brachium conjunctivum, VTV, via tegmental ventral, RM: m. reto medial, RL: m. reto lateral, RI: m. reto inferior, RS: reto superior, OI: m. oblíquo inferior, OS: m. oblíquo superior.

O CSC posterior estimula o músculo reto inferior contralateral e o músculo oblíquo superior ipsilateral. O segundo neurônio também parte no NVM, cruza a linha média na altura da

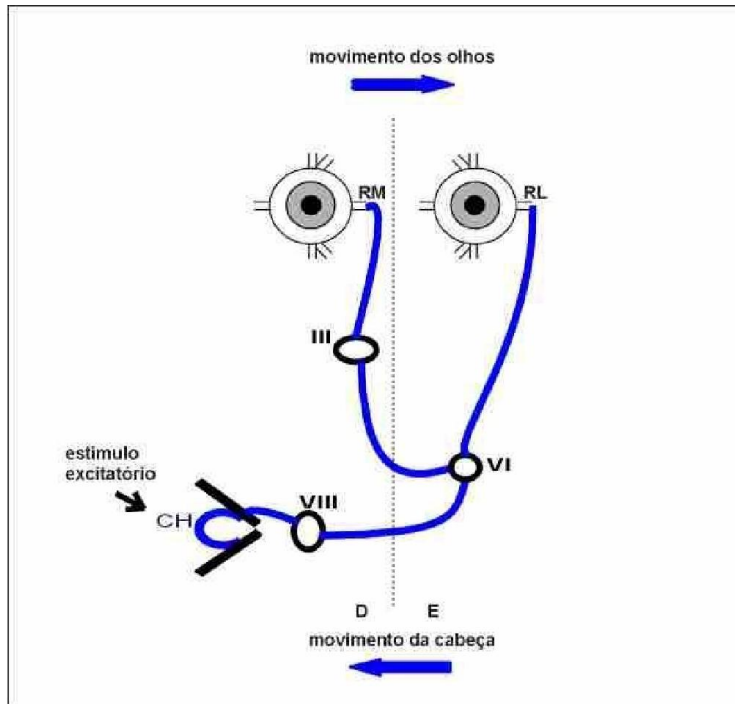
ponte e sobe pelo FLM até os núcleos do IV e III. Do núcleo do III partem fibras para o músculo reto inferior, e vale lembrar que do núcleo do nervo troclear emergem fibras posteriormente que cruzam no véu medular anterior para inervar o músculo oblíquo superior do lado oposto

A via do CSC anterior é a mais complexa. Os neurônios do nervo vestibular que carregam informações do CSC anterior fazem sinapse no núcleo vestibular superior (NVS) e no NVM. Do NVM saem neurônios que cruzam na ponte para subir pelo FLM contralateral até o núcleo do III. Do NVS saem outros dois contingentes de fibras até o núcleo do III. Um deles também cruza na ponte para subir pela via tegmental ventral, enquanto o outro sobe pelo brachium conjuntivum. Do núcleo do III saem fibras para o músculo oblíquo inferior e para o músculo reto superior, lembrando que estas últimas são cruzadas, isto é, inervam o músculo reto superior contralateral.

Do ponto de vista funcional é muito fácil imaginar um movimento que estimule os CSCs horizontais, o que acontece ao virar a cabeça de um lado para o outro como uma negação. Por outro lado, no nosso dia-dia, dificilmente realizamos movimentos que estimulem exclusivamente um dos CSCs verticais. Movimentos como abaixar ou levantar a cabeça (movimentos verticais), ou de inclinação lateral, ao se tentar encostar a orelha no ombro excitam pares de canais verticais. Ou seja, durante movimentos corriqueiros, o que ocorre é um estímulo preferencial ou do CSC horizontal, ou pares de CSCs verticais. Movimento de extensão do pescoço estimula os dois CSCs posteriores, enquanto a flexão estimula os dois CSC anteriores. A inclinação da cabeça para um dos lados estimula o CSC anterior e o CSC posterior do mesmo lado. Portanto, didaticamente e com base em evidências anatômicas, funcionais e clínicas pode-se dividir o VOR em três planos de atuação: horizontal, vertical e rotatório.

VOR horizontal (yaw)

O mais simples e o primeiro a ser exemplificado é o plano horizontal, ou como é referido em literatura de língua inglesa (yaw). Neste caso a cabeça faz um movimento de rotação lateral, como uma negação, e os dois CSCs horizontais são estimulados, sendo um excitado e o outro inibido. O canal estimulado excitatoriamente é aquele do lado para o qual se move a cabeça. De acordo com a via explicada logo acima fica fácil entender o VOR horizontal: o movimento da cabeça para um lado provoca um movimento do olhar conjugado horizontal para o lado oposto (figura 13).

**Figura 13**

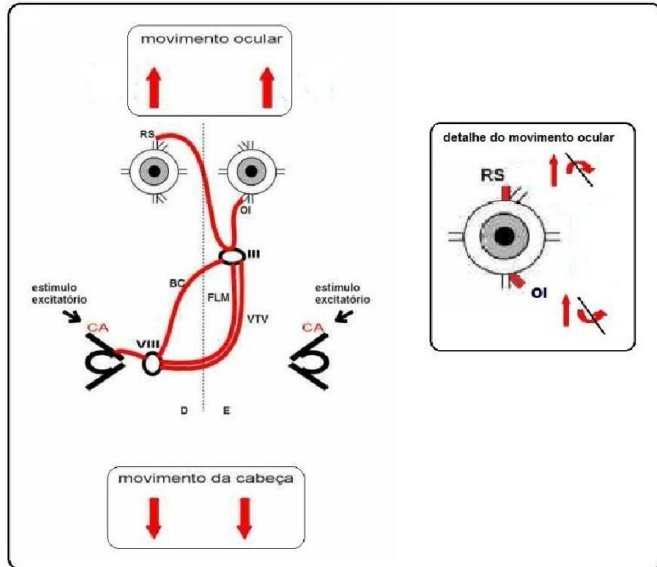
VOR horizontal. Um movimento da cabeça para a direita desencadeia o movimento dos olhos para a esquerda.

VOR vertical (pitch)

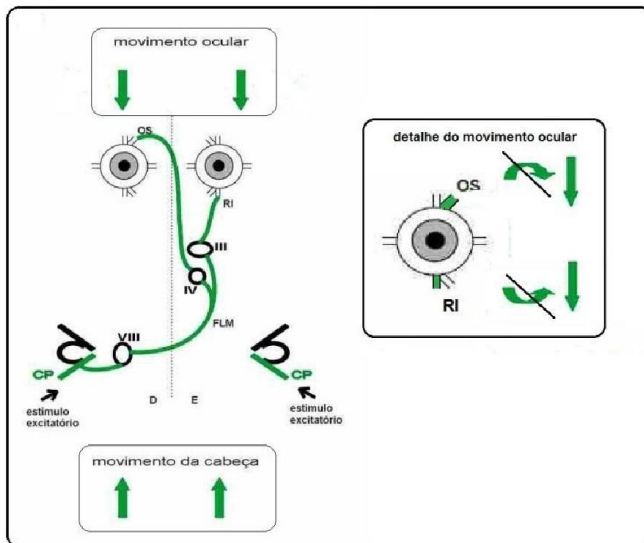
Dois aspectos são particularmente importantes ao se discutir o VOR vertical: (1) para realização de movimentos verticais do olhar é necessária a ativação das vias bilaterais, e (2) as vias para movimentos do olhar para cima e para baixo são diferentes.

Ao se realizar movimentos da cabeça para a frente ocorre um estímulo excitatório nos dois canais anteriores, e para trás, dos dois canais posteriores. Cada um dos CSCs anteriores, através das conexões esquematizadas acima, provoca um movimento dos olhos de elevação e de ciclorrotação para o lado oposto. Como ocorre estímulo nos dois canais anteriores, os componentes rotatórios por serem opostos se anulam, resultando em um movimento vertical dos olhos para cima. É importante lembrar que essa via caminha pelo FLM, pelo brachium conjunctivum e pela via tegmental ventral, e que para realização de movimentos do olhar para cima são necessárias ativações destas estruturas bilateralmente (figura 14).

Os canais posteriores, por sua vez, levam a um movimento dos olhos para baixo e uma ciclorrotação para o lado oposto. Novamente os componentes rotatórios, opostos entre si, se anulam, resultando apenas no movimento vertical dos olhos para baixo. A conexão entre o NVM e o núcleo do III é feita pelo FLM, que também tem de ser estimulado bilateralmente (figura 15).

**Figura 14**

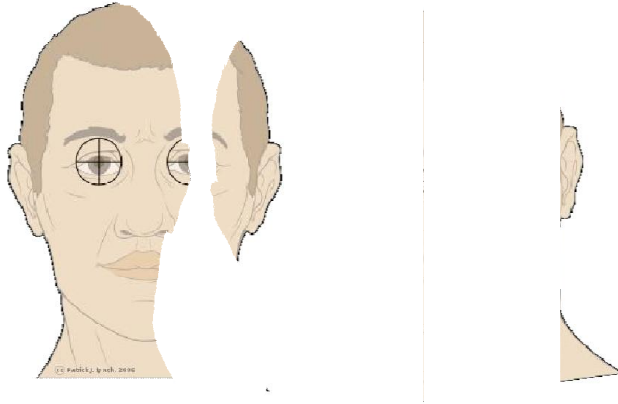
VOR vertical para cima. Um movimento da cabeça para baixo desencadeia o movimento dos olhos para cima. No detalhe a ação dos músculos oculares em um dos olhos. Como os dois canais semicirculares anteriores são ativados, em cada olho ocorre contração dos músculos reto superior e oblíquo inferior, cujas ações rotatórias se anulam.

**Figura 15**

VOR vertical para baixo. Um movimento da cabeça para cima desencadeia o movimento dos olhos para baixo. No detalhe a ação dos músculos oculares em um dos olhos. Como os dois canais semicirculares posteriores são ativados, em cada olho ocorre contração dos músculos oblíquo superior e reto inferior, cujas ações rotatórias se anulam.

VOR frontal (roll)

O VOR no plano frontal, ou que leva a movimentos de ciclorrotação ocular é o mais difícil de ser compreendido e examinado, pois (1) movimentos rotatórios dos olhos são menos amplos que os horizontais e verticais, e (2) clinicamente é possível identificar o movimento rotatório, mas não a ciclorrotação estática (esta é identificada apenas com foto de fundo de olho).

**Figura 16**

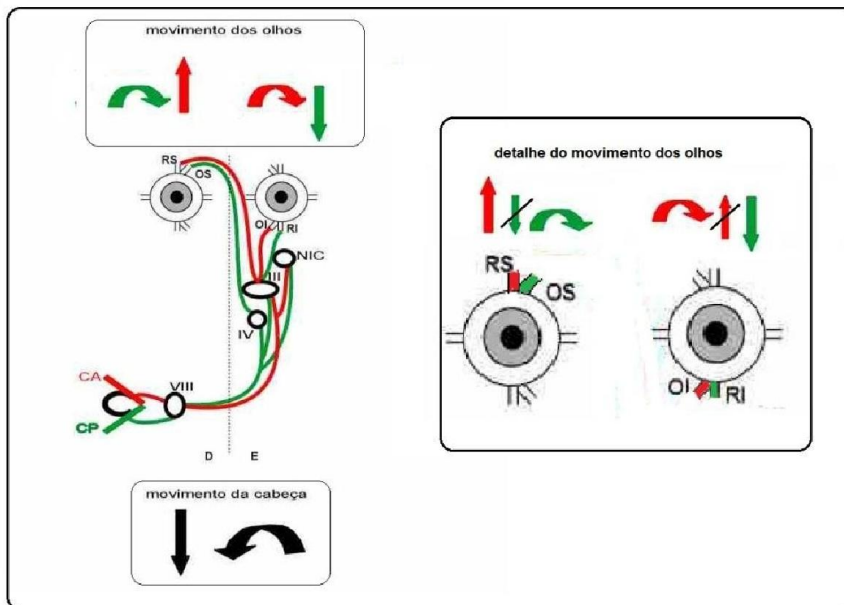
VOR frontal. A inclinação da cabeça para direita desencadeia a ciclorrotação dos olhos no sentido horário, e um movimento vertical: o olho direito se eleva e o esquerdo abaixa.

Para compreendermos melhor como ocorre o movimento ocular no plano frontal, podemos fazer o seguinte raciocínio: o VOR faz o movimento dos olhos na direção oposta ao movimento da cabeça, portanto se inclinarmos a cabeça, com a intenção de encostar a orelha direita no ombro, devemos desencadear um movimento dos olhos em que o olho direito tem que se elevar, o esquerdo abaixar e ambos devem rodar no sentido horário (do ponto de vista do examinador-figura 16).

Do ponto de vista anatômico e fisiológico sabe-se que a inclinação da cabeça no plano frontal, ao se tentar encostar a orelha no ombro, leva ao estímulo excitatório dos canais anterior e posterior do mesmo lado (figura 17). De acordo com as vias já abordadas anteriormente o resultado final deste estímulo é o seguinte:

- (1) no olho ipsilateral aos canais estimulados: há contração do músculo reto superior, levando à elevação do olho, e do músculo oblíquo superior, levando à inciclodução e abaixamento. Como o músculo reto superior é mais potente para elevar o olho do que o músculo oblíquo superior é para abaixar, ocorre uma discreta elevação e uma inciclodução.
- (2) no olho contralateral aos canais estimulados: há contração do músculo reto inferior, abaixando o olho e do músculo oblíquo superior elevando e fazendo uma exciclodução. Outra vez há ações contrárias de abaixar e elevar, com intensidades diferentes, levando a um discreto abaixamento e uma exciclodução.

Considerando-se então o movimento nos dois olhos o que se tem como decorrência de uma inclinação da cabeça no plano frontal é uma ciclorrotação ocular contraversiva, os dois olhos apresentam uma torção no sentido oposto ao do labirinto estimulado, e um discreto desvio vertical, com elevação do olho ipsilateral e abaixamento do contralateral.

**Figura 17**

VOR frontal. Vias envolvidas e no detalhe a ação os músculos oculares. Enquanto o m. reto superior eleva, o m. oblíquo superior abaixa o olho, mas em menor proporção. O efeito final é uma leve elevação. O mesmo princípio faz o olho esquerdo abaixar.

Órgãos otolíticos e VOR

Enquanto os canais semicirculares respondem a estímulo de aceleração angular, ou seja a movimentos rotatórios, o utrículo e o sáculo respondem a aceleração linear e a mudanças na posição da cabeça. Em relação aos movimentos oculares, o utrículo foi particularmente bem estudado e acredita-se que de cada um dos utrículos partem informações capazes de estimular os seis músculos oculares. Provavelmente a mácula é dividida funcionalmente em diferentes regiões, e cada uma delas é capaz de gerar estímulos para um músculo ocular específico. A cada movimento ou nova posição da cabeça uma das porções da mácula utricular é excitada levando então a um movimento dos olhos na direção oposta.

As informações provenientes do utrículo convergem com aquelas dos CSCs no núcleo vestibular para seguirem através das mesmas vias até os núcleos motores oculares. A diferença fundamental entre as duas vias, é o tipo de estímulo para cada uma delas, como comentado acima.

Como os órgãos otolíticos respondem a mudanças na posição da cabeça, ou seja, na orientação estática, gravitacional, estas vias otolíticas também são frequentemente denominadas vias gravitacionais.

Controle postural

A função primária do sistema vestibular é estabilizar a cabeça no espaço e associado a outras vias estabiliza a cabeça em relação ao tronco e mantém a postura ereta. Estímulos labirínticos levam a diferentes padrões de ativação na musculatura cervical e dos membros, com o objetivo de prevenir quedas.

As vias descendentes mediais do controle postural (tratos vestibulo-espinhais, tratos retículo- espinhais e trato tecto-espinhal) descem pela coluna ventral e terminam na área ventro-medial da substância cinzenta da medula espinhal. Em quatro delas há participação direta da aferência vestibular, como se observa na descrição a seguir.

Trato vestibulo-espinhal medial

Inicia no núcleo vestibular medial e desce ipsilateral, até a medula cérvico-torácica. Reflexos fásicos de curta latência são mediados pelos CSCs e através do trato vestibulo-espinhal medial, desencadeiam o reflexo vestibulo-cólico (figura 18). O reflexo vestibulo-cólico atua na musculatura cervical, com consequente estabilização da cabeça no espaço, a partir de estímulos dos CSCs. O objetivo deste reflexo é a realização de um movimento da cabeça oposto ao inicial, ou seja, ele anula o sinal labiríntico original.

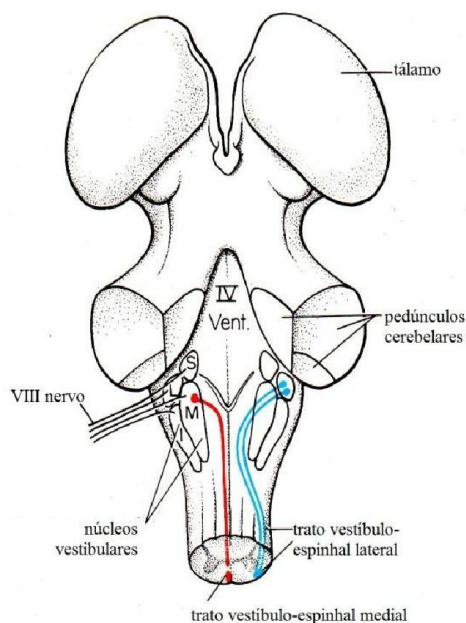


Figura 18

Trato vestibulo-espinhal lateral em azul, e trato vestibulo-espinhal medial em vermelho

Trato vestibulo-espinhal lateral

Inicia no núcleo vestibular lateral de Deiter e desce ipsilateral, pela coluna anterior até a medula cervical, torácica e lombo-sacra, e sua maior influência ocorre nos motoneurônios gama das regiões cervical e lombo-sacra. Reflexos otolíticos tônicos, que respondem a variações de aceleração linear, são mediados principalmente através do trato vestibulo-espinhal lateral. A resposta deste reflexo é uma excitação dos neurônios para musculatura extensora ipsilateral com inibição recíproca dos flexores (figura 18).

Trato retículo-espinhal medial e trato retículo-espinhal lateral

Iniciam nos neurônios da formação reticular da ponte e do bulbo e descem por toda a extensão da medula. A maioria dos neurônios retículo-espinhais pontinos e bulbares recebem aferências dos órgãos otolíticos e CSCs. O trato retículo-espinhal medial inicia na formação reticular pontina e desce ipsilateral pela porção medial do funículo anterior da medula. Sua ação é excitatória nos motoneurônios axiais e extensores dos membros e de maneira mais importante na musculatura do pescoço. O trato retículo-espinhal lateral parte da formação reticular bulbar, e embora a maior parte seja ipsilateral, algumas fibras cruzam na medula. A ação deste trato é inibitória nos neurônios motores de nervos cranianos e da medula, e sua atividade desencadeia perda do tônus muscular (figura 19).

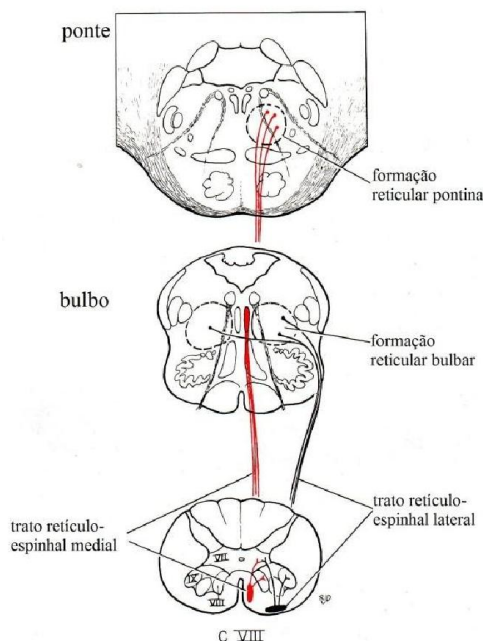


Figura 19

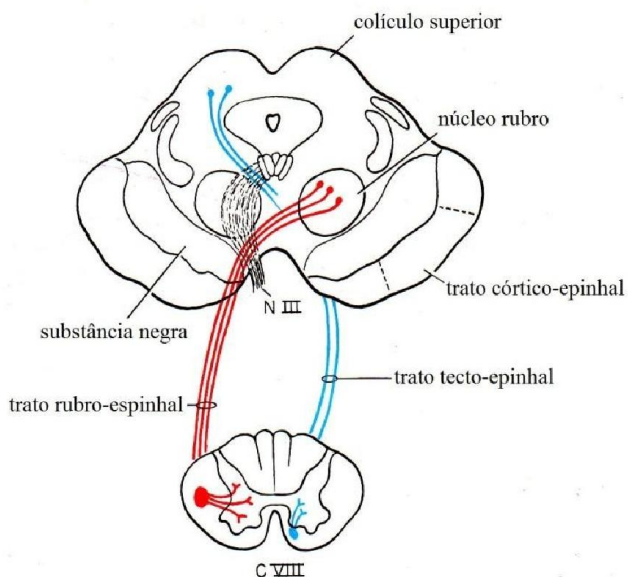
Trato retículo espinhal medial, em vermelho e trato retículo espinhal lateral em preto

Trato tecto-espinhal

O trato tecto-espinhal inicia no colículo superior, cruza a linha média no mesencéfalo e desce anteriormente ao fascículo longitudinal medial. Esta via termina na medula cervical. Recebe informações visuais e auditivas e coordena a posição da cabeça e dos olhos em relação a alvos visuais e auditivos (figura 20).

Trato rubro-espinhal

Complementando as vias descendentes há o trato rubro-espinhal, uma via lateral, que tem origem na porção magnocelular do núcleo rubro. O trato rubro-espinhal cruza no mesencéfalo e desce pelo funículo lateral por toda a extensão da medula. Sua função mais importante é o controle do tônus da musculatura flexora. Sua ação é excitatória nos motoneurônios alfa da musculatura flexora e inibitória nos motoneurônios alfa extensores contralaterais (figura 20).

**Figura 20**

Trato tecto espinhal em azul e trato rubro-espinhal em vermelho

Orientação estática e percepção do movimento

Uma das funções do sistema vestibular é a orientação estática e a percepção de movimento. Como estes são aspectos conscientes, é de se esperar que a informação vestibular alcance o córtex cerebral. Atualmente, sabe-se que dos núcleos vestibulares partem aferências para o tálamo e córtex, que são responsáveis pela orientação estática e percepção de movimento.

No entanto, ao contrário de áreas corticais relacionadas a visão, audição, olfato e sensibilidade, não se acredita que exista uma região cortical vestibular primária. Para percepção da cor de um objeto, por exemplo, a visão é a única aferência necessária, mas para percepção estática e de movimento participam, além do sistema vestibular, os sistemas visual e proprioceptivo, o que torna essa função a princípio multissensorial.

Através de estudos foi possível determinar regiões do córtex que respondem a estímulos visuais e que quando estimuladas geram respostas vestibulares (figura 21). As seguintes áreas corticais contêm grande número de neurônios que respondem a estimulação galvânica e calórica: porção anterior do sulco intraparietal, uma pequena área no sulco central, córtex parietal inferior e córtex vestibular parieto-insular, localizado profundamente a região posterior da ínsula. Sua representação é bilateral, embora haja maior representação no hemisfério não dominante para linguagem.

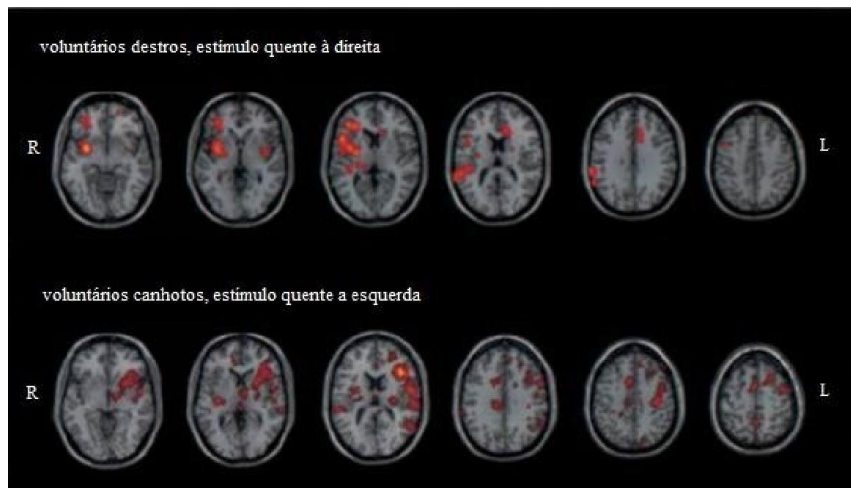


Figura 21

Imagens de ressonância magnética funcional. Em vermelho as áreas corticais ativadas após estímulo calórico quente (excitatório).

RESUMO

Embora possa parecer complexo o sistema vestibular pode ser didaticamente descrito como os outros sistemas sensoriais. Esta complexidade se deve a dois fatos:

- (1) o sistema vestibular tem três funções: estabilização da imagem na retina, controle postural e orientação estática e de movimento;
- (2) em cada uma destas funções, o sistema vestibular é auxiliado por outros sistemas, ou seja nenhuma destas funções sé exclusivamente vestibular.

Didaticamente foram abordados os seguintes aspectos: estrutura dos receptores, transformação do estímulo mecânico em impulso elétrico e as vias vestibulares.

Estrutura dos receptores

O labirinto é composto por 3 canais semicirculares e dois órgãos otolíticos (utrículo e sáculo) e está localizado no osso temporal. Enquanto os canais semicirculares percebem movimentos de rotação, os órgãos otolíticos percebem movimentos de aceleração linear e mudança na posição da cabeça. Na cúpula dos canais semicirculares e na mácula dos órgãos otolíticos existem células ciliadas responsáveis pela percepção de movimento e de posição da cabeça no espaço.

Transformação do estímulo mecânico em impulso elétrico

As células ciliadas são capazes de transformar o estímulo de posição e de movimento da cabeça em impulso elétrico. O movimento e a mudança na posição da cabeça levam a inclinação dos cílios destas células. A inclinação dos cílios, por sua vez, pode levar a uma despolarização ou hiperpolarização das células, e esta informação é transmitida para o nervo vestibular.

Vias vestibulares

Para cada uma das funções do sistema vestibular há uma via correspondente, de tal forma que para estabilizar a imagem na retina há o reflexo vestibulo-ocular, para o controle postural existem as vias vestibulo-espinhais e reticulo-espinhais e para a percepção de movimento e de posição da cabeça no espaço a informação vestibular chega a áreas específicas do córtex cerebral.