

Sistema Vestibular – Equilíbrio (movimento e posição)



Qual a relevância do tema no curso de Fisioterapia?

Principais sinais e sintomas decorrentes de alterações do sistema vestibular.

Tontura

Desequilíbrio

Nistagmo

Nausea e vomito

Ataxia

Causas:

Infecção da orelha interna

Tumores

Insuficiência vascular

Trauma

Fistula endolinfatica

Perguntas a serem respondidas na aula

1. Quais são as estruturas e circuitos neurais responsáveis pelo equilíbrio?
2. Quais são os mecanismos de transdução no sistema vestibular?
3. Quais são os mecanismos centrais de transmissão da informação vestibular ?
4. Quais as interações do sistema vestibular com o controle da postura, do movimento ocular, cerebelo, etc...?
5. Quais os principais sinais e sintomas decorrentes de alterações do sistema vestibular?

Sistema Vestibular

A informação sensorial proveniente do sistema vestibular é usada para promover uma imagem visual estável na retina (enquanto a cabeça se move) e fazer ajustes na postura, para manter o equilíbrio.

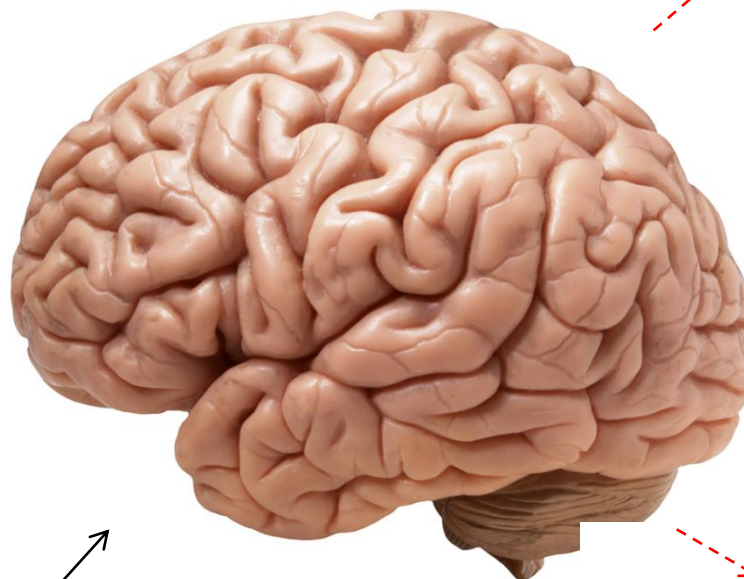
visão



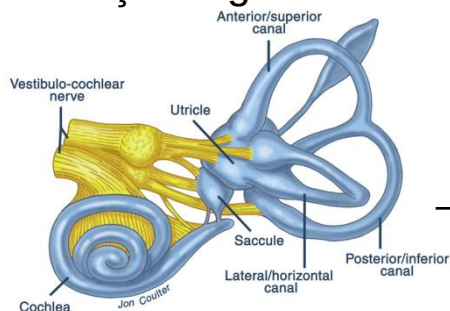
Controle
oculo-motor



Cortex cerebral
Tronco encefálico
Cerebelo



Equilíbrio
rotação e gravidade



Propriocepção



Controle da
postura



Controle de
habilidades
motoras



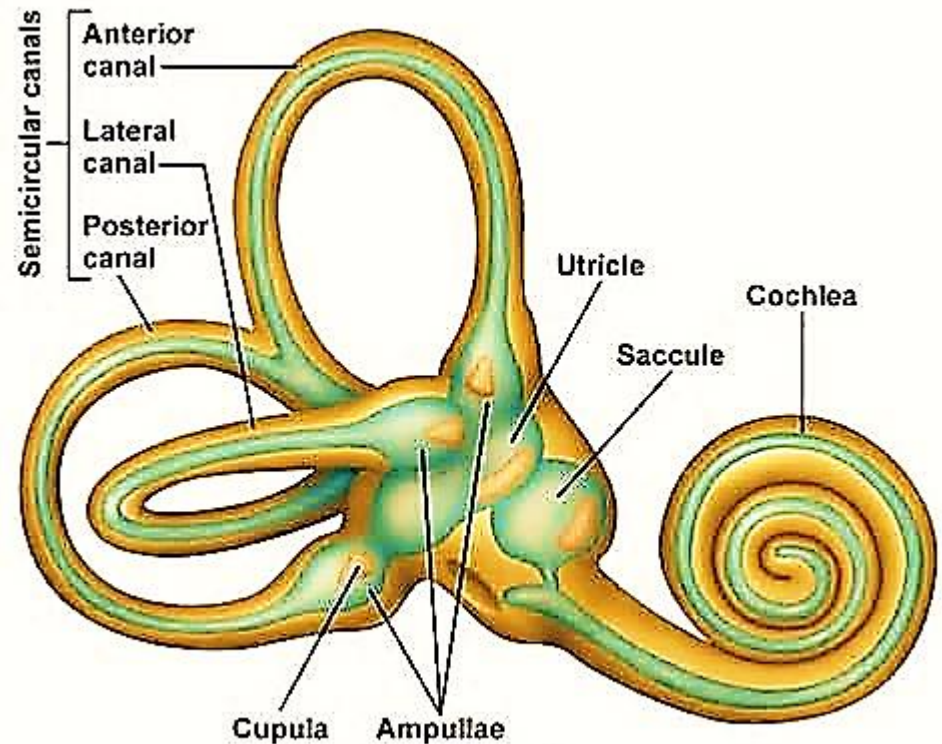
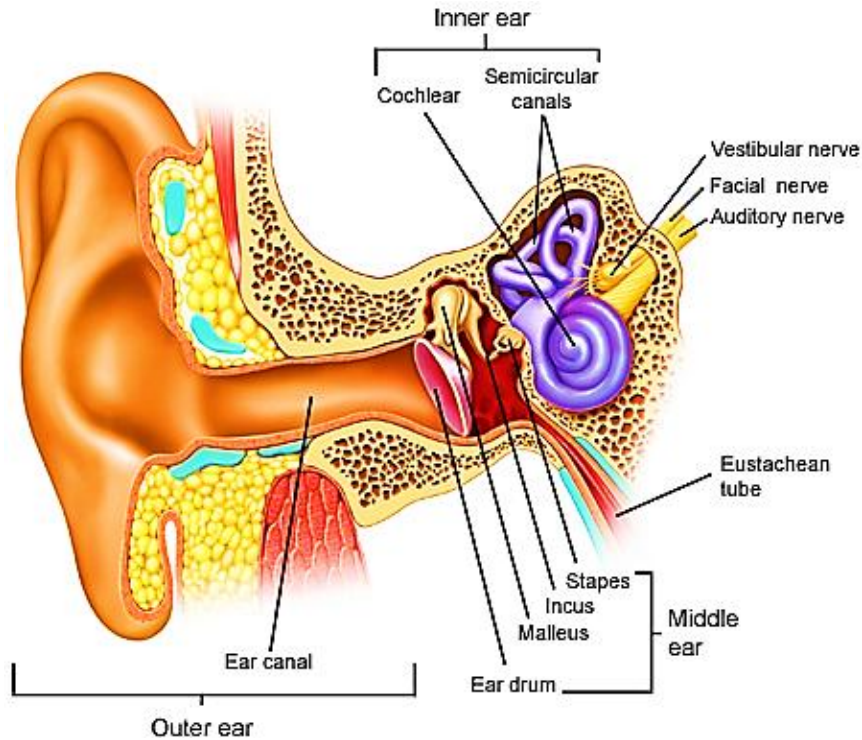
Sistema Vestibular

Controla a postura e movimentos do corpo e dos olhos em relação ao ambiente

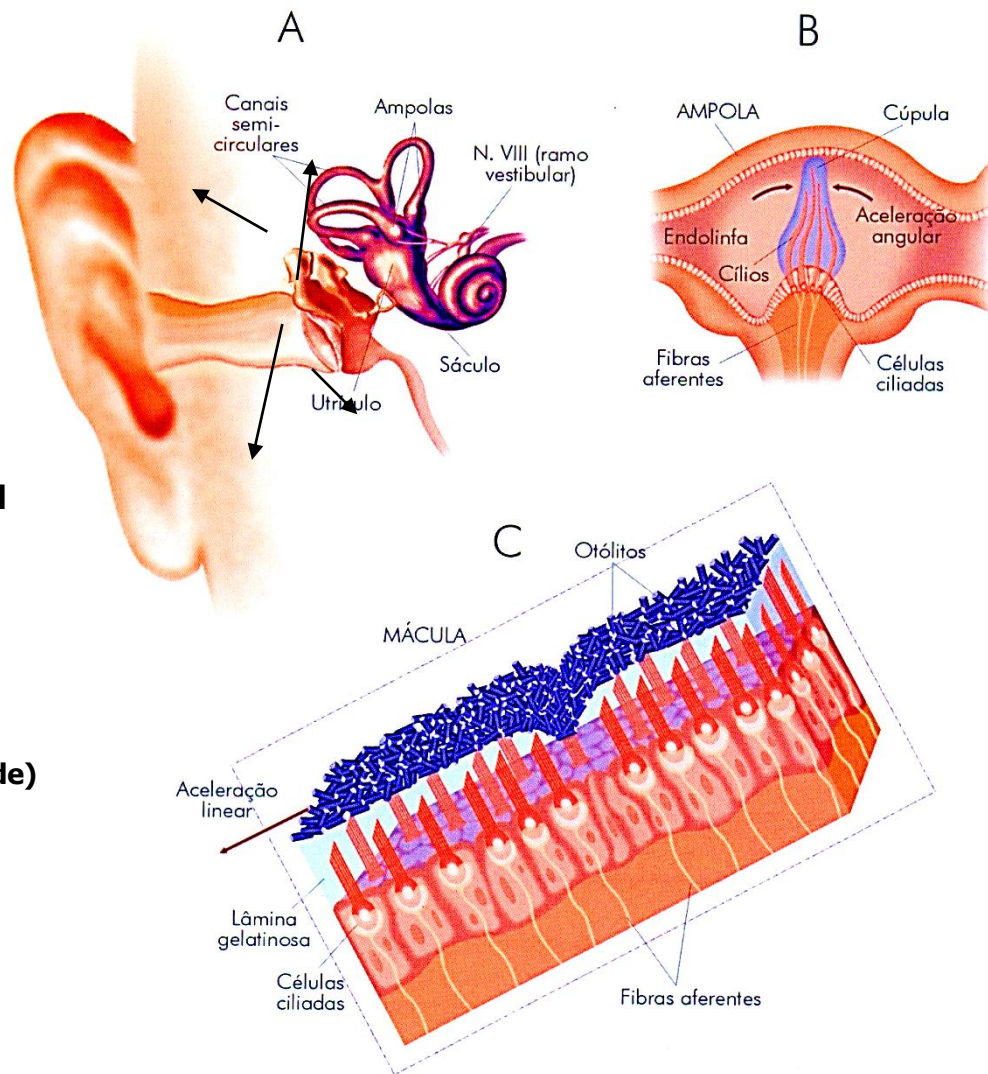
- **Aparelho receptor periférico:** transdução de movimento e posição da cabeça em informação neural
- **Núcleos vestibulares centrais:** conjunto de neurônios no tronco encefálico responsáveis pelo processamento de informações que controlam a atividade motora com os movimentos oculares e da cabeça, reflexos posturais dependentes da gravidade e da orientação espacial
- **Sistema vestibulo-ocular:** neurônios dos núcleos vestibulares associados ao controle dos movimentos oculares
- **Sistema vestibulo-espinal:** neurônios dos núcleos vestibulares associados ao controle dos movimentos da cabeça, a musculatura axial e reflexos posturais
- **Sistema vestibulo-tálamo-cortical:** responsável pela percepção consciente do movimento e pela orientação espacial

Aparelho receptor periférico: Labirinto Vestibular Periférico (= órgão vestibular)

- transdução de movimento e posição da cabeça em informação neural

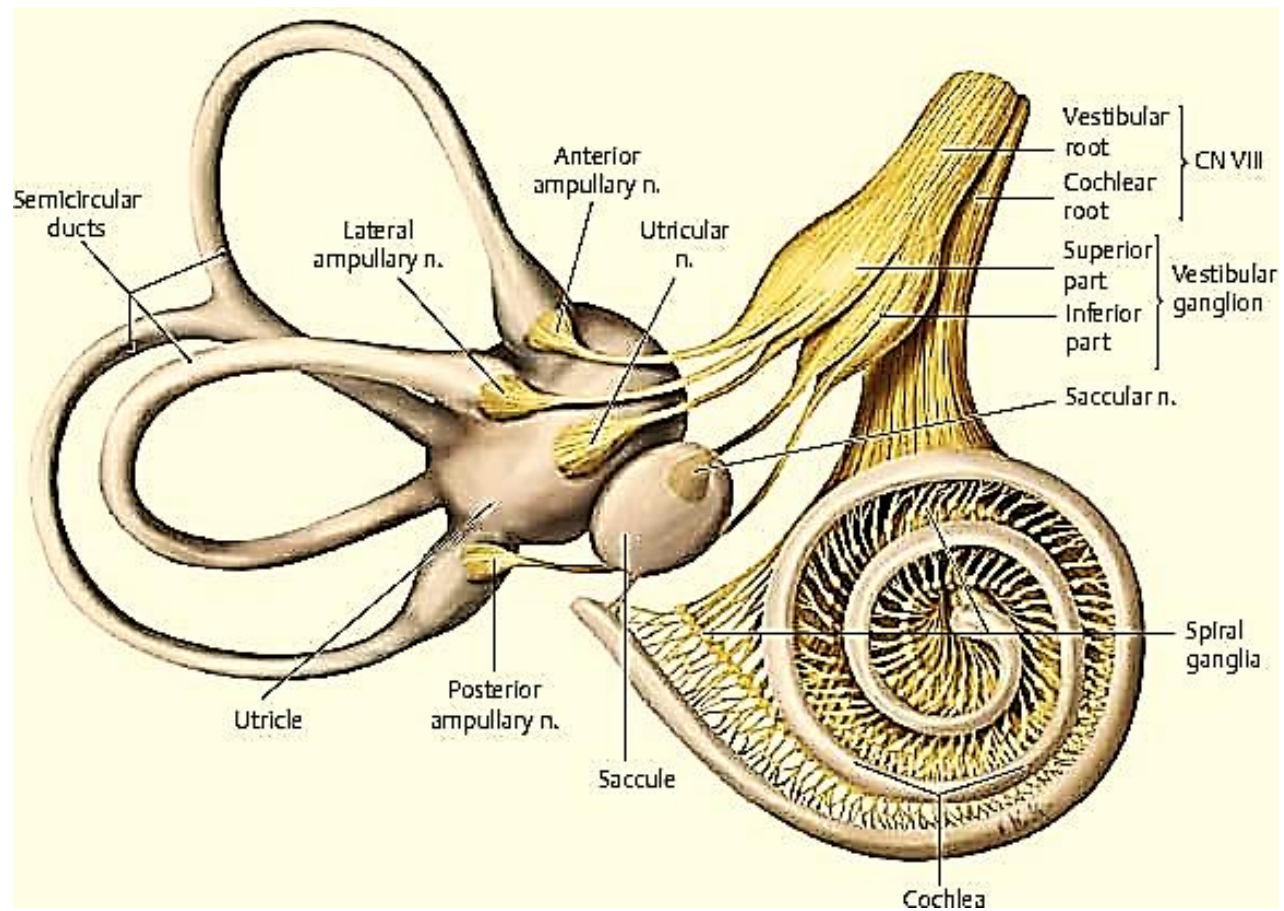


Orgão receptor do equilíbrio (orgão vestibular)



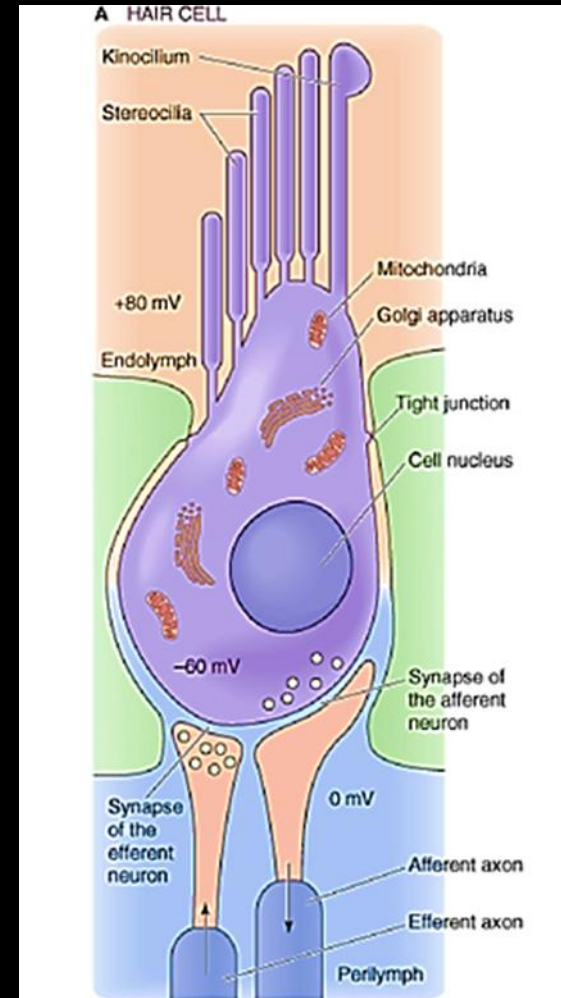
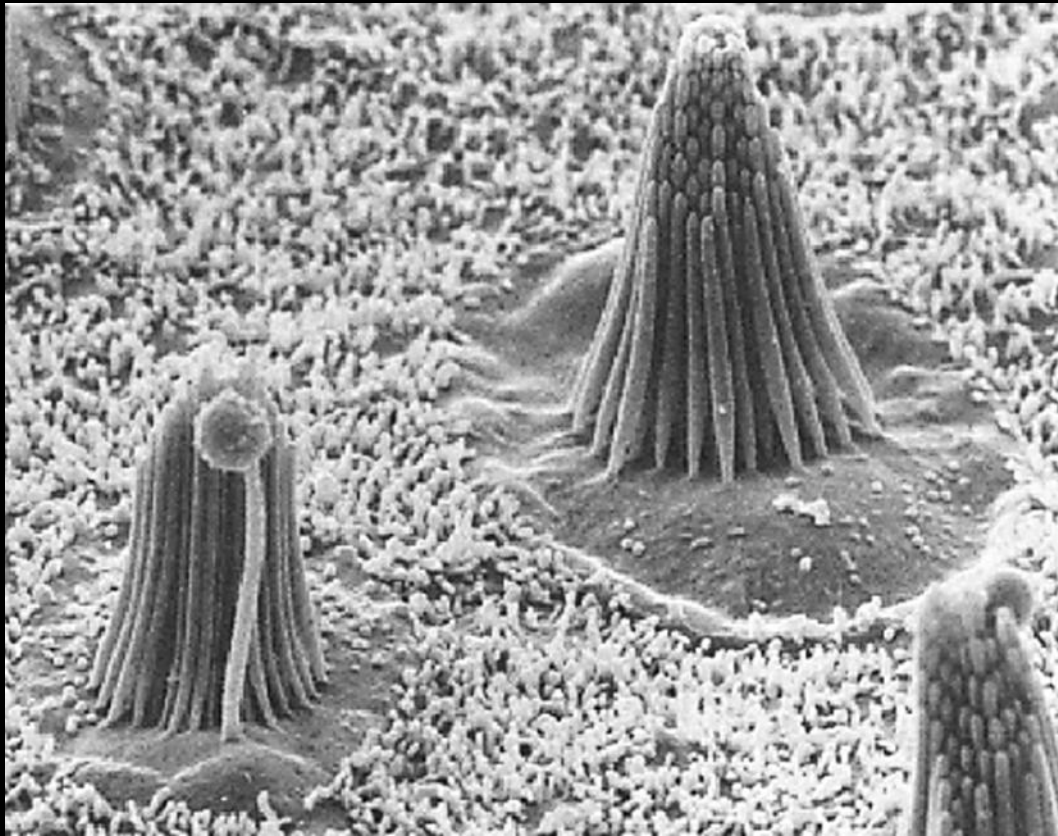
Canais semicirculares: aceleração rotacional (angular)

Orgãos otolíticos (sáculo e utrículo) { **Posição estática (gravidade)**
Aceleração linear



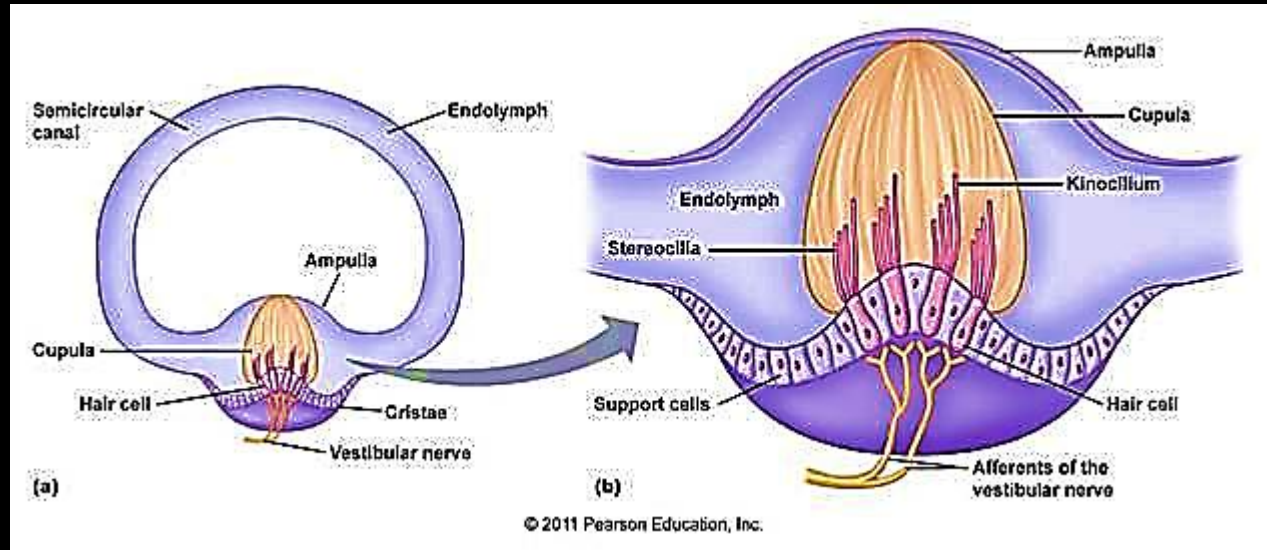
Receptores Sensoriais Vestibulares

Células ciliadas { Estereocílio (60-100): orientados em colunas ascendentes
Cinocílio (1)

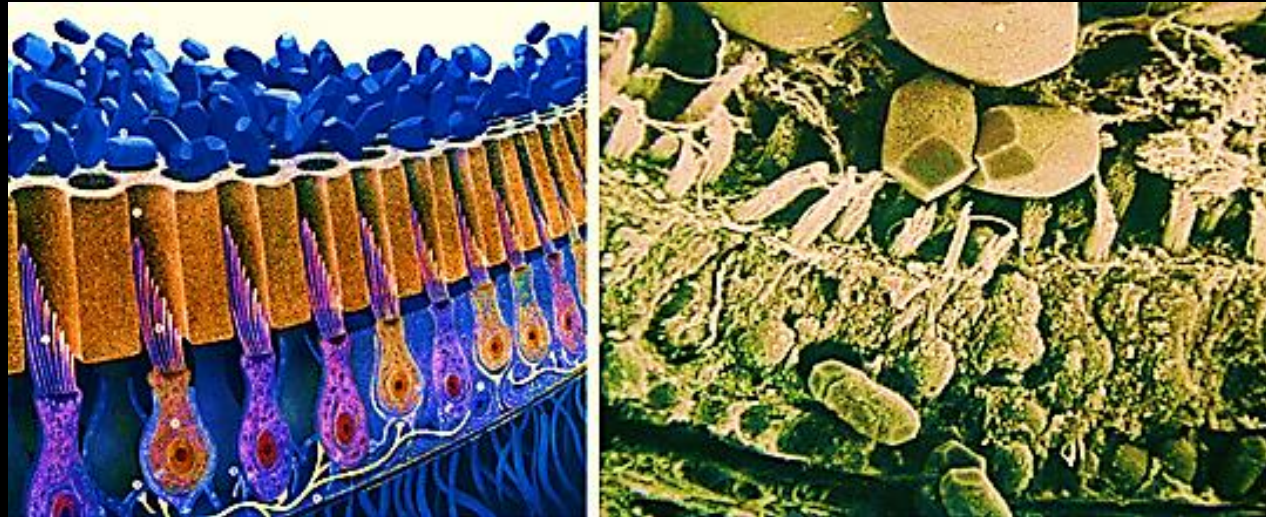


Receptores Sensoriais Vestibulares: células ciliadas

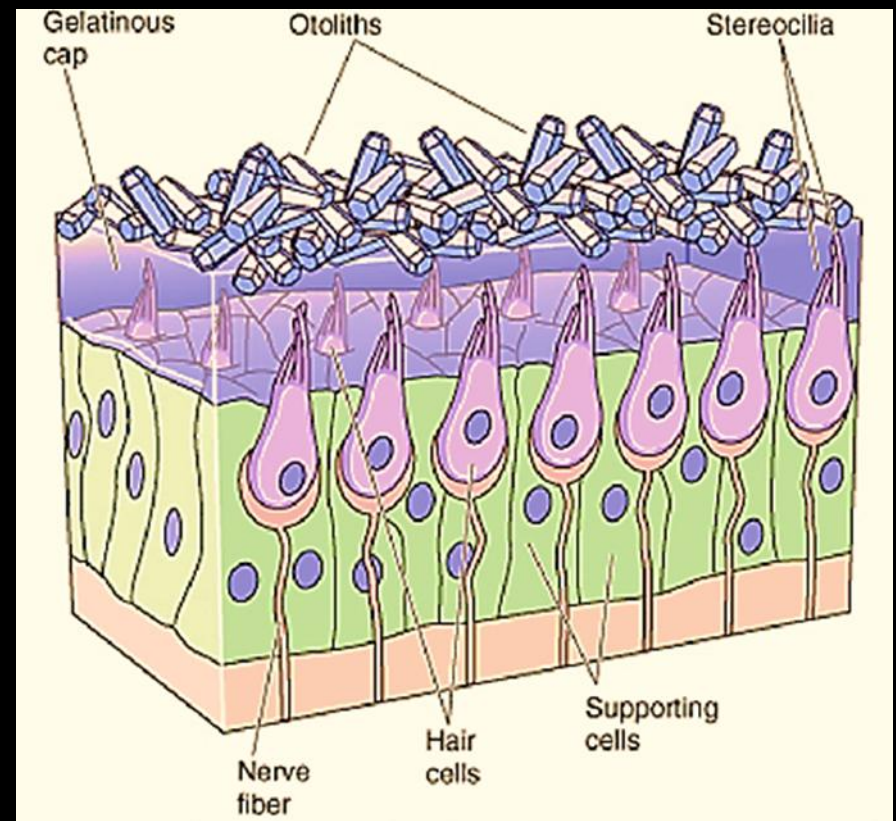
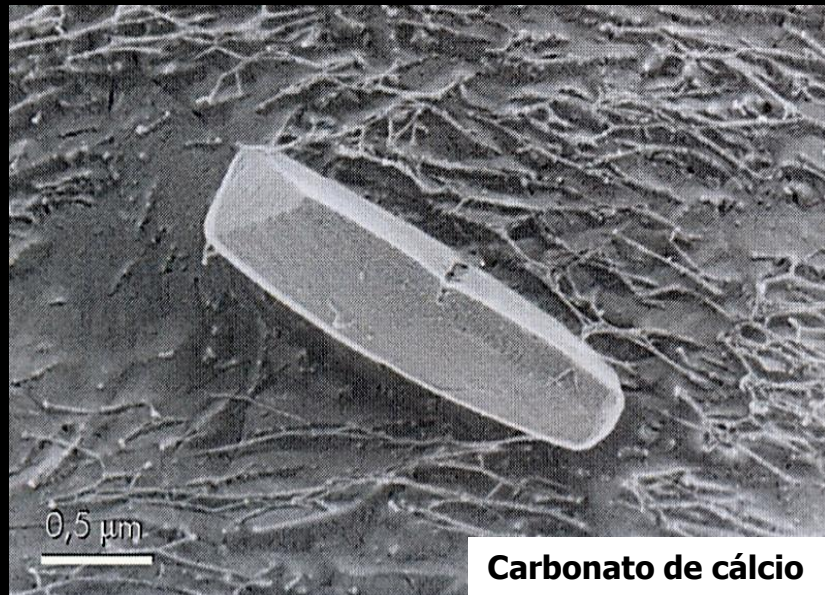
Ampola



Orgão otolítico



Receptores Sensoriais Vestibulares: células ciliadas nos órgãos otolíticos (utrículo e sáculo)



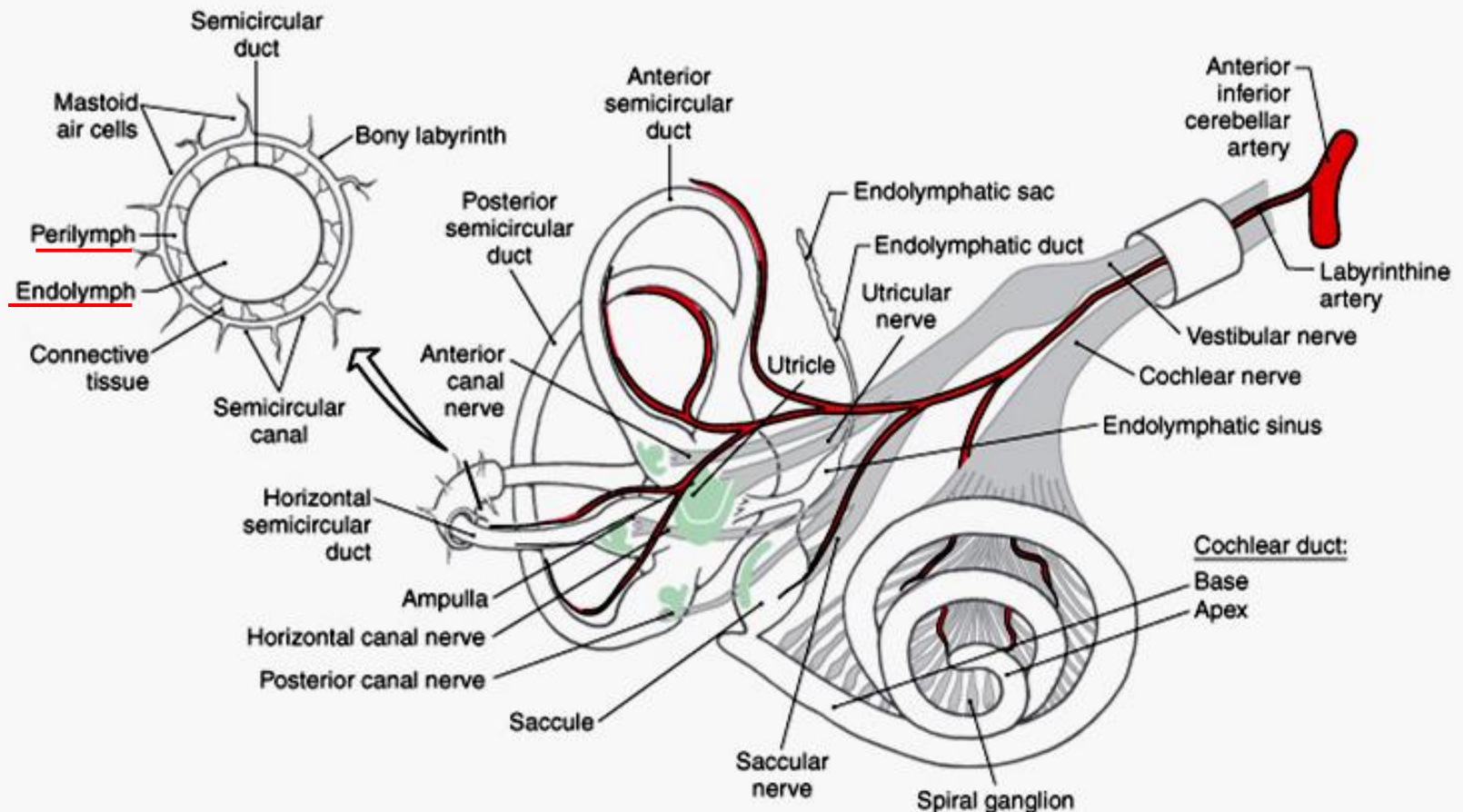
Aparelho receptor periférico: Labirinto Vestibular Periférico

Labirinto ósseo

Perilíngua: alta concentração de Na^+ (150mM) e baixa de K^+ (7 mM)

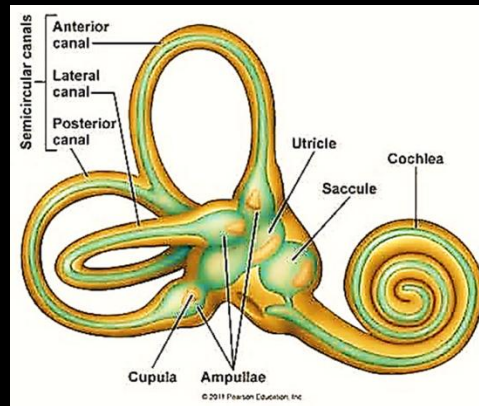
Labirinto membranoso

Endolíngua: alta concentração de K^+ (150mM) e baixa de Na^+ (16mM)



Canais semi-circulares

**Transduzem movimentos
rotacionais da cabeça
(aceleração angular)**

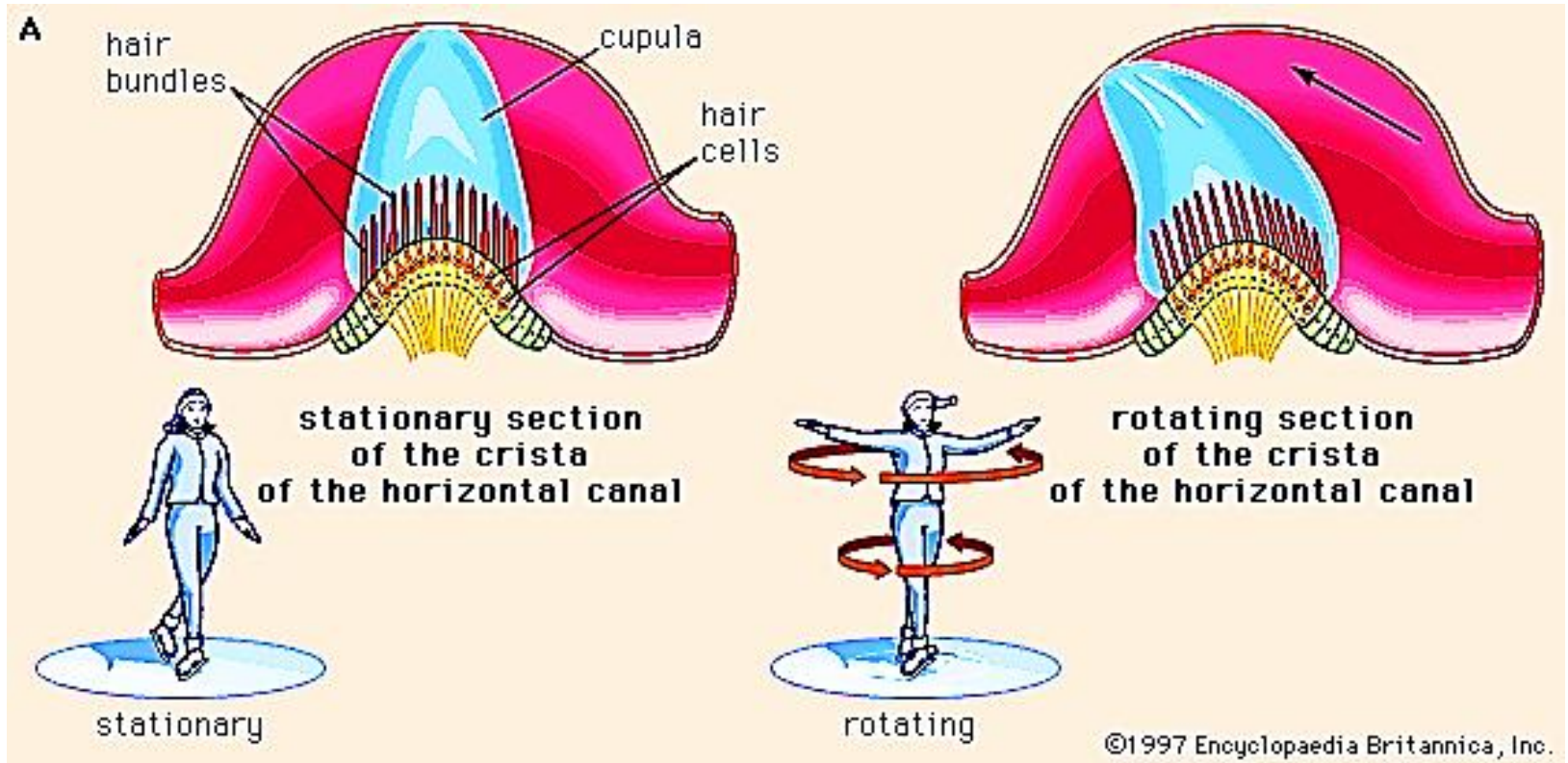


Sáculo e utrículo

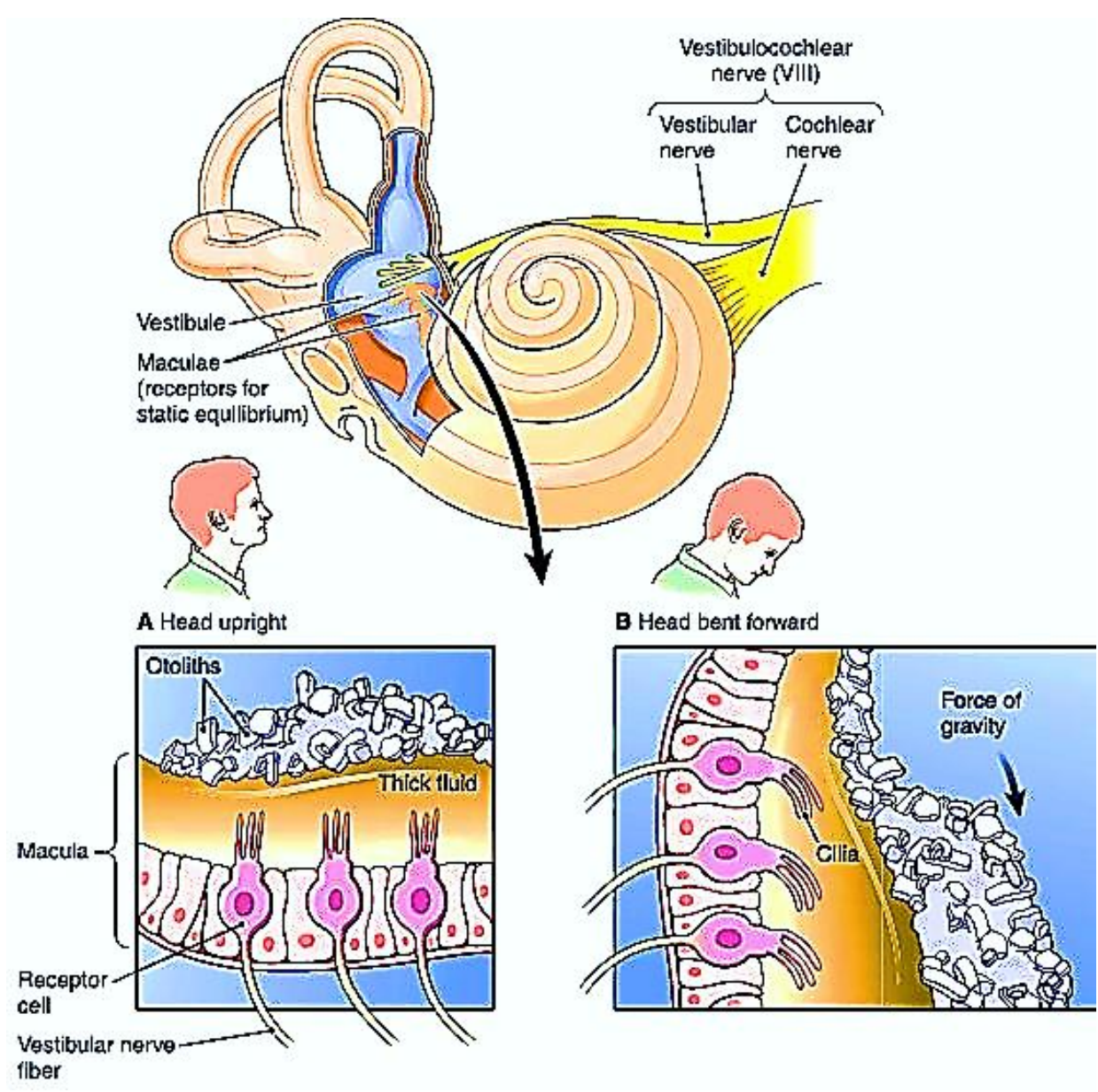
**Transduzem movimentos
translacionais da cabeça
(aceleração linear)
ou
a orientação da cabeça em
relação a gravidade**

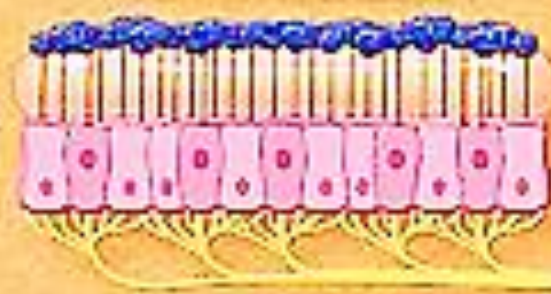


Sistema vestibular: ampola



Sistema vestibular: sáculo e utrículo





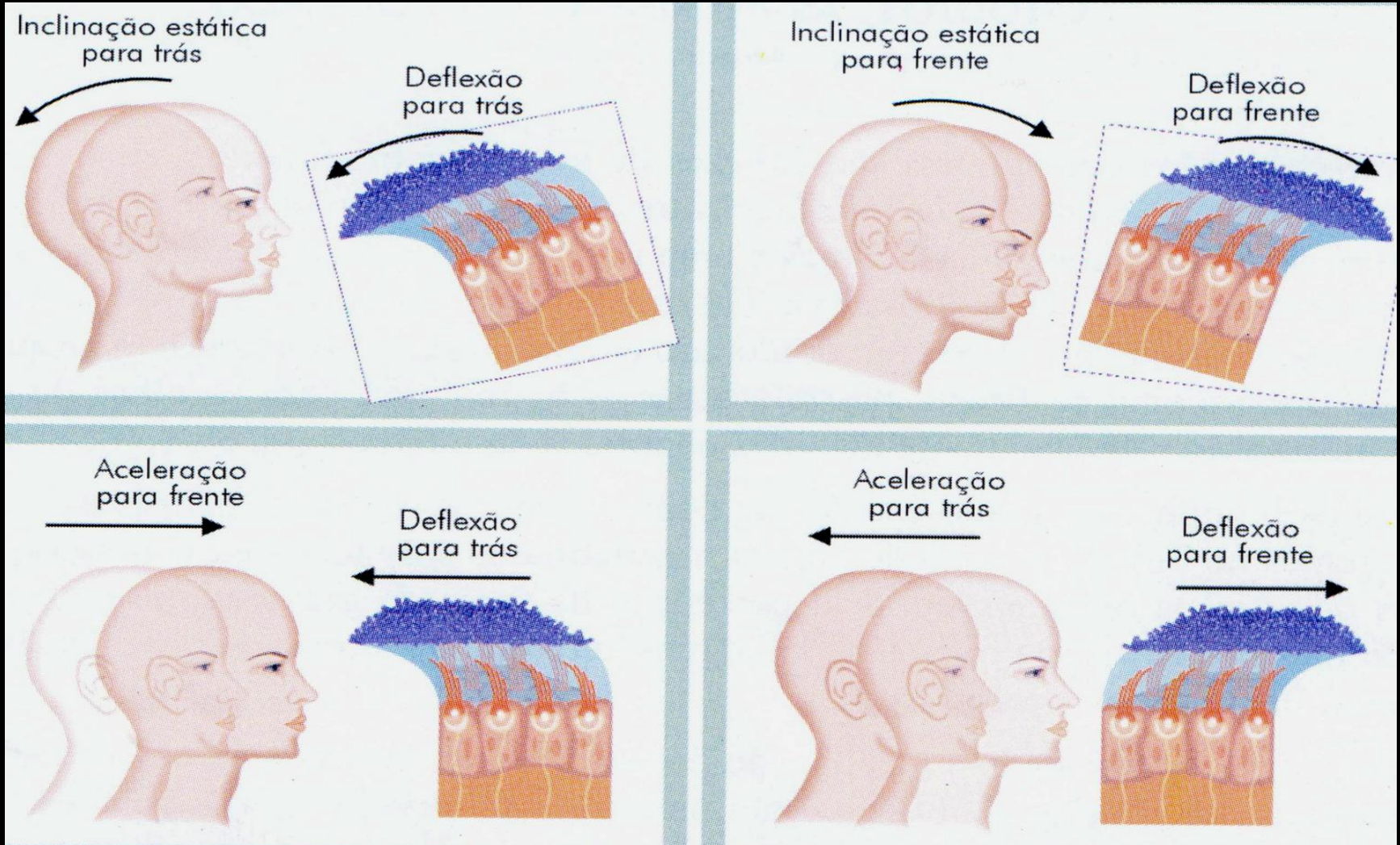
Utricle



Saccule

Função dos Orgãos Otolíticos

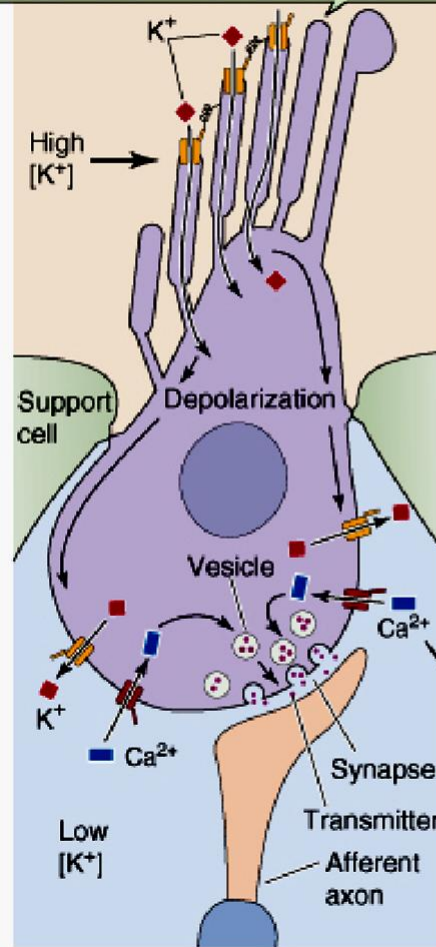
São responsivos à aceleração linear e à inclinação da cabeça



Transdução das Células Ciliadas

Deformação mecânica
positiva

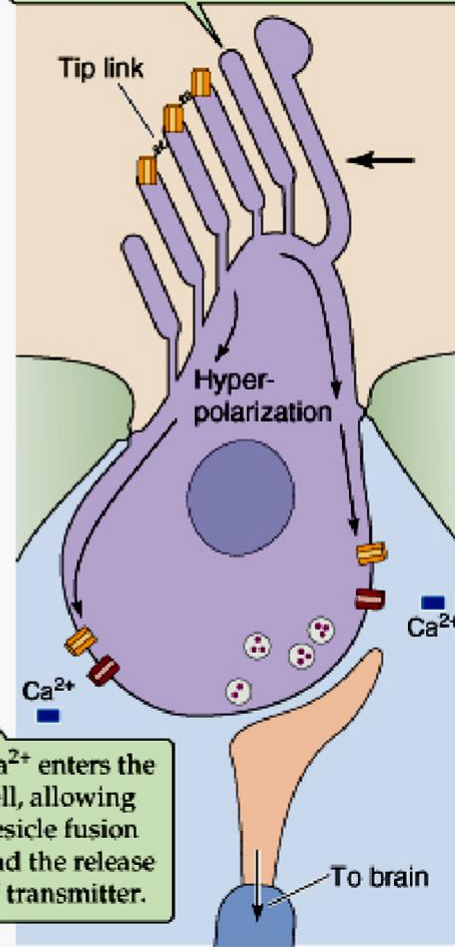
Mechanical deformation toward the kinocilium opens K^+ channels in the stereocilia.



Despolarização

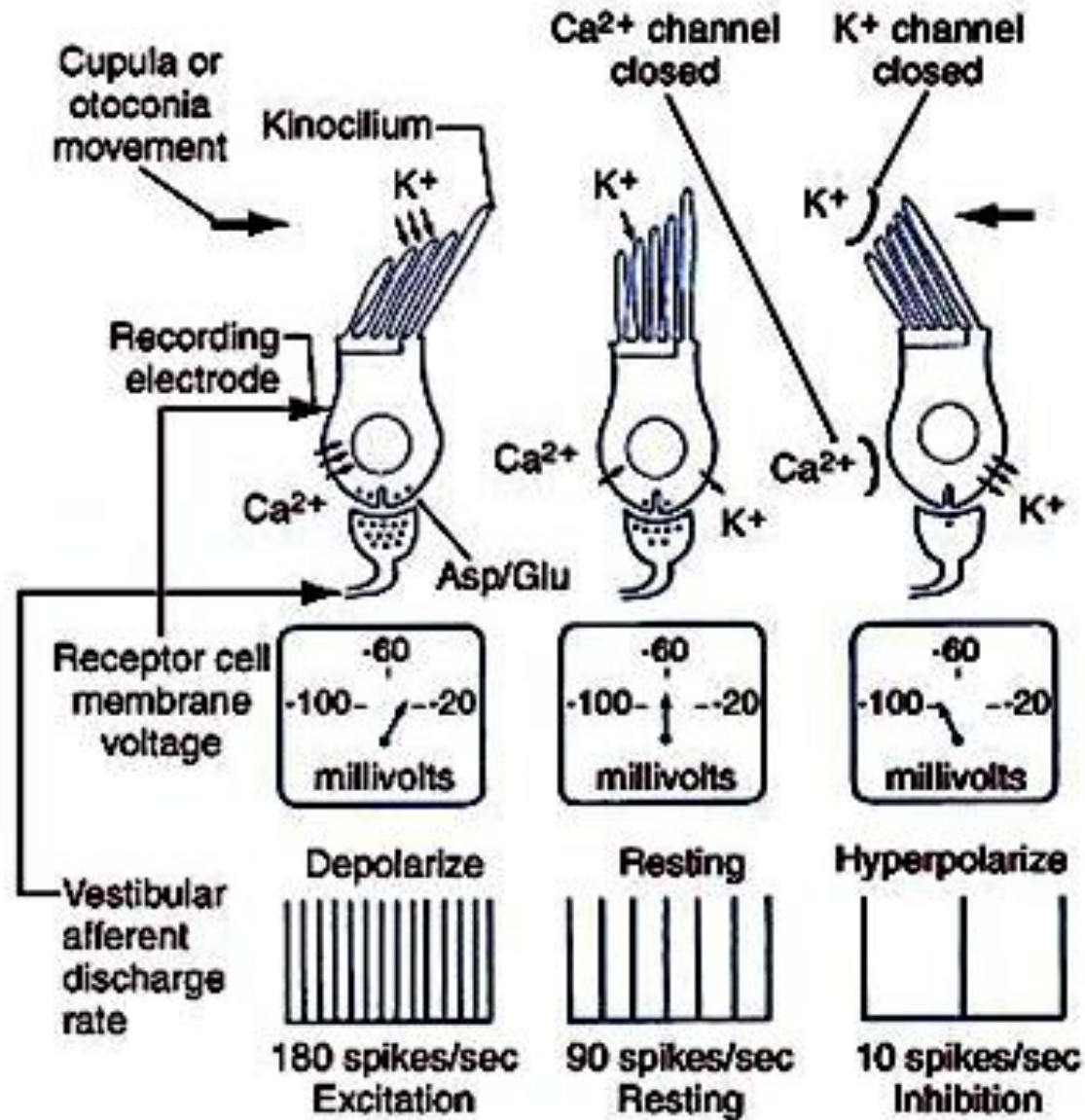
Deformação mecânica
negativa

Mechanical deformation away from the kinocilium causes the K^+ channels to close.



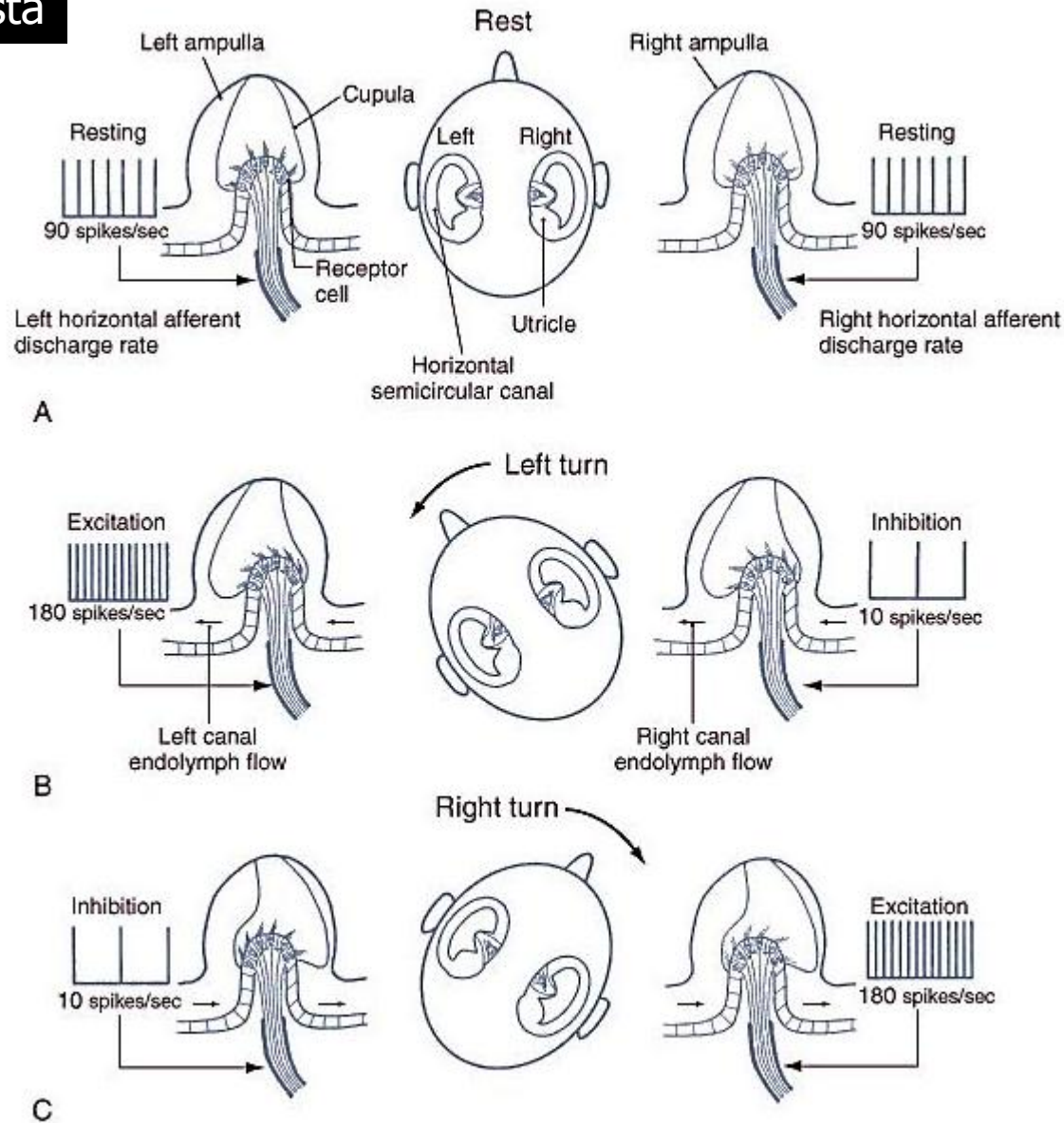
Hiperpolarização

Transdução das Células Ciliadas



Função dos Canais Semicirculares: são responsivos à aceleração rotacional da cabeça ou do corpo

Polarização oposta



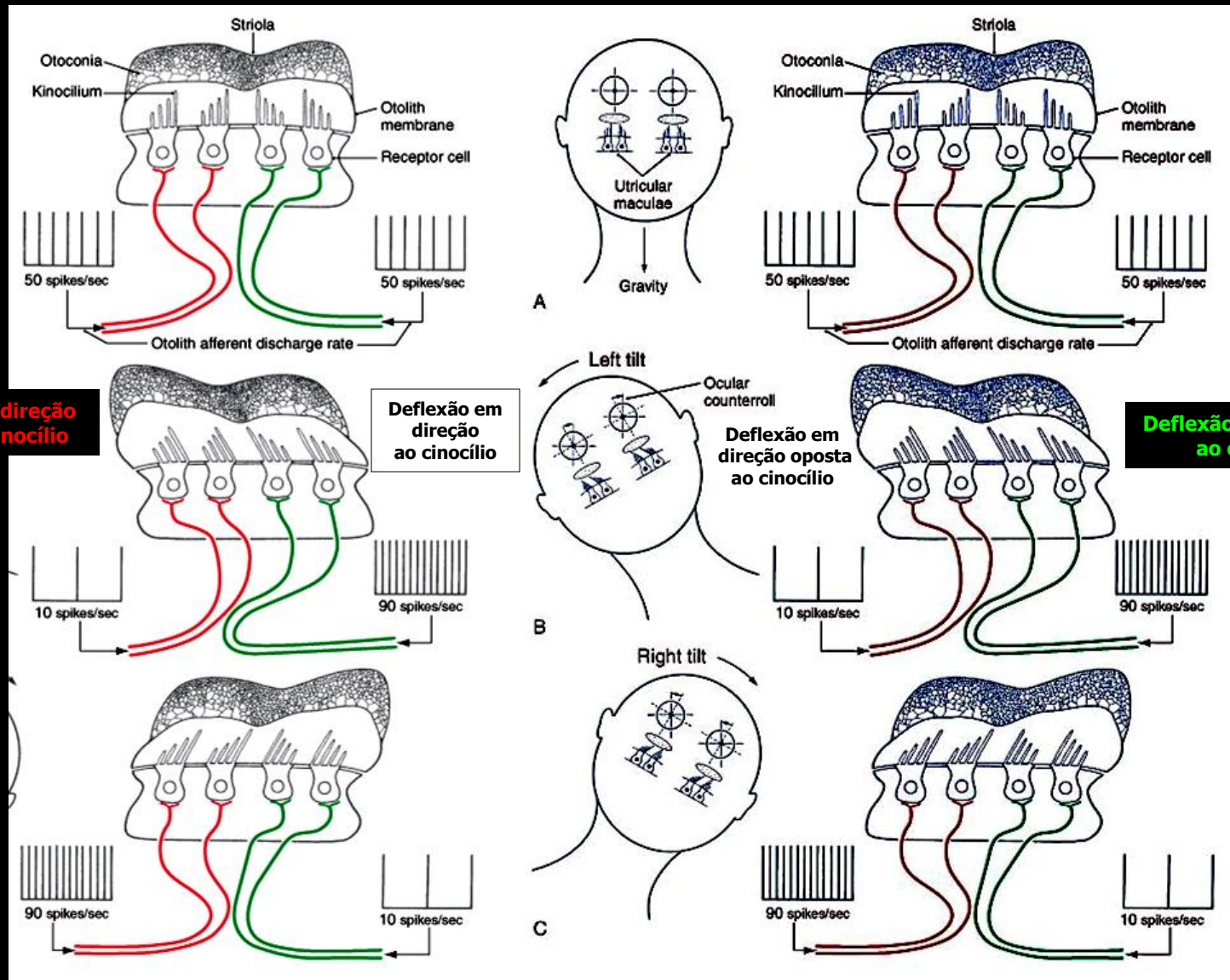
Deflexão em direção
ao cinólio

Deflexão em direção
oposta ao cinólio

Deflexão em direção
oposta ao cinólio

Deflexão em direção
ao cinólio

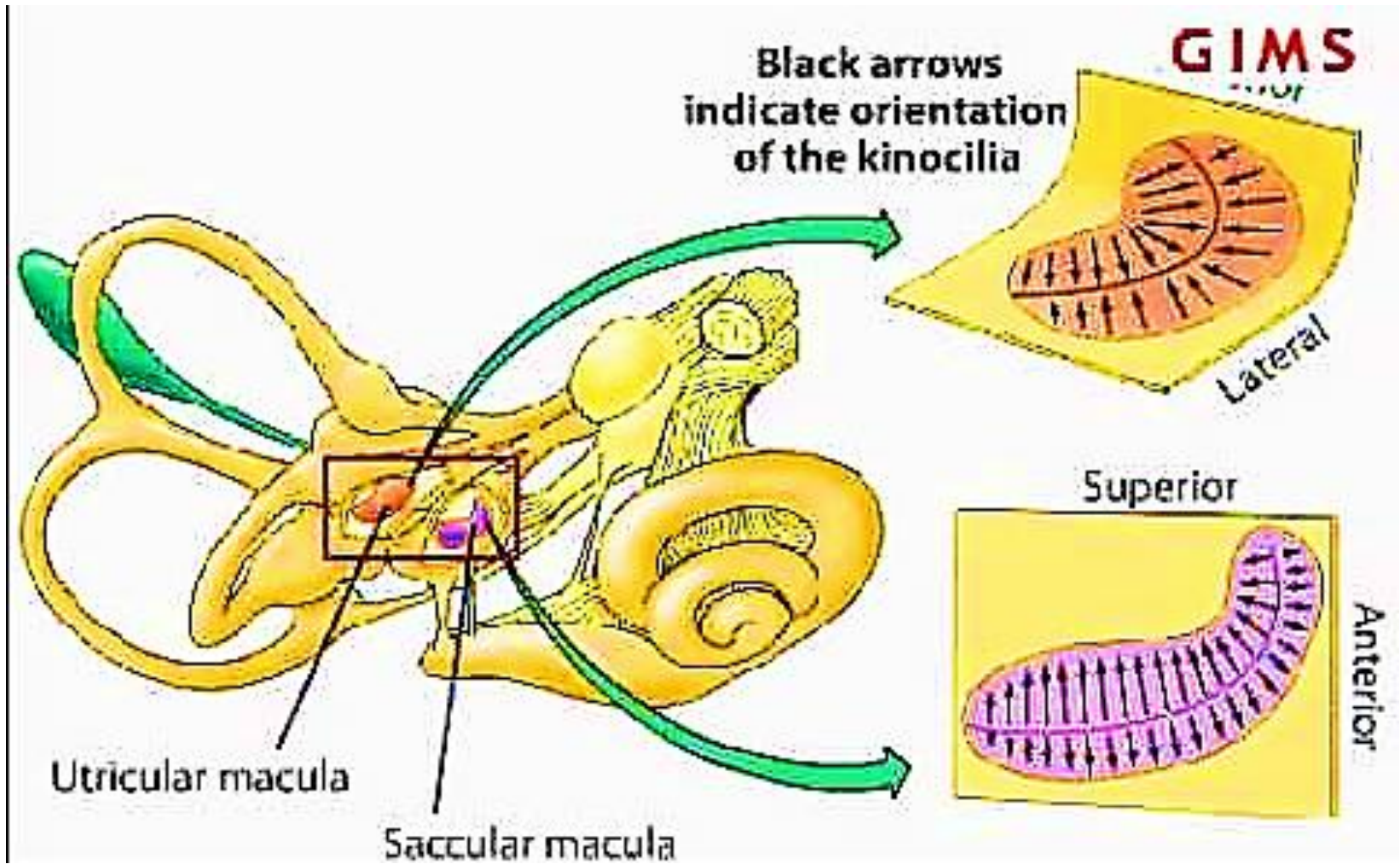
Função dos Orgãos Otolíticos: Polarização oposta



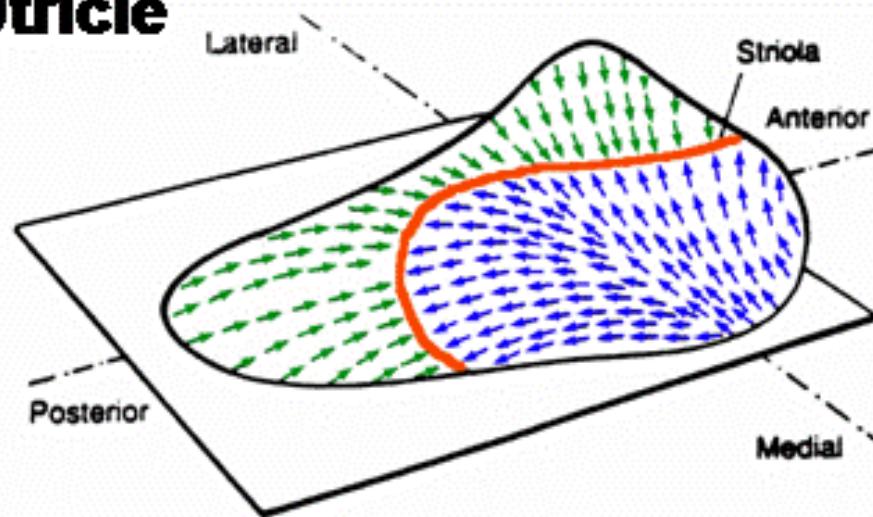
Deflexão em direção oposta ao cinocílio

Deflexão em direção ao cinocílio

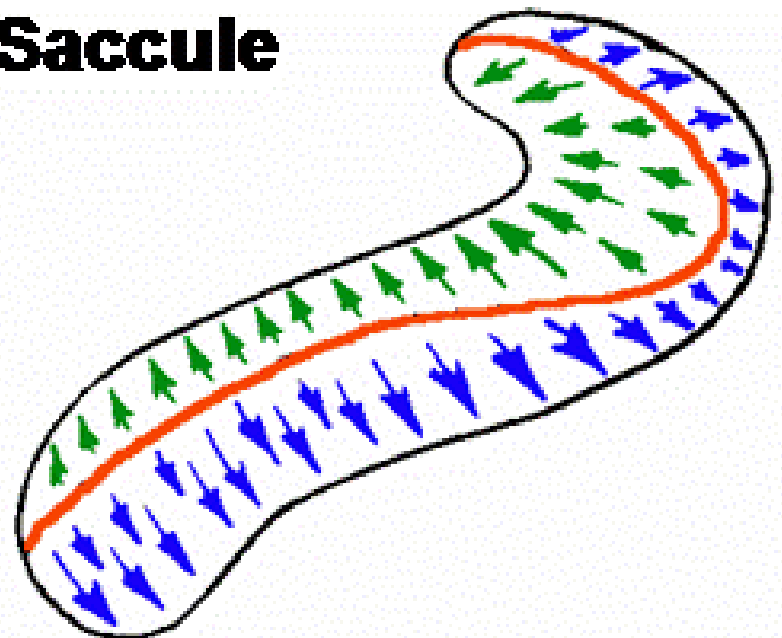
Orientação relativa das células ciliadas: cinocílio em relação aos estereocílios



Utricle



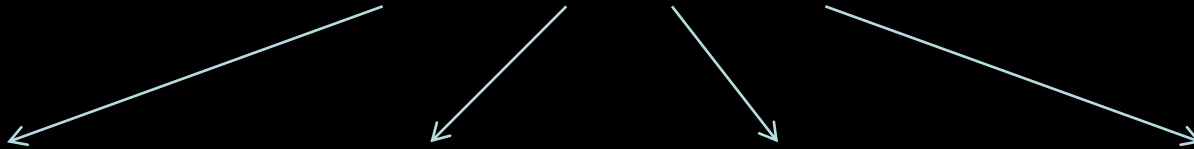
Saccul



Receptores vestibulares



Núcleos vestibulares



Cerebelo

Núcleos
óculo-motores

Medula espinal

Tálamo e córtex



Coordenação do
movimento do
olhos, da cabeça
e da postura



Estabiliza os
olhos durante a
movimentação
da cabeça e
do corpo

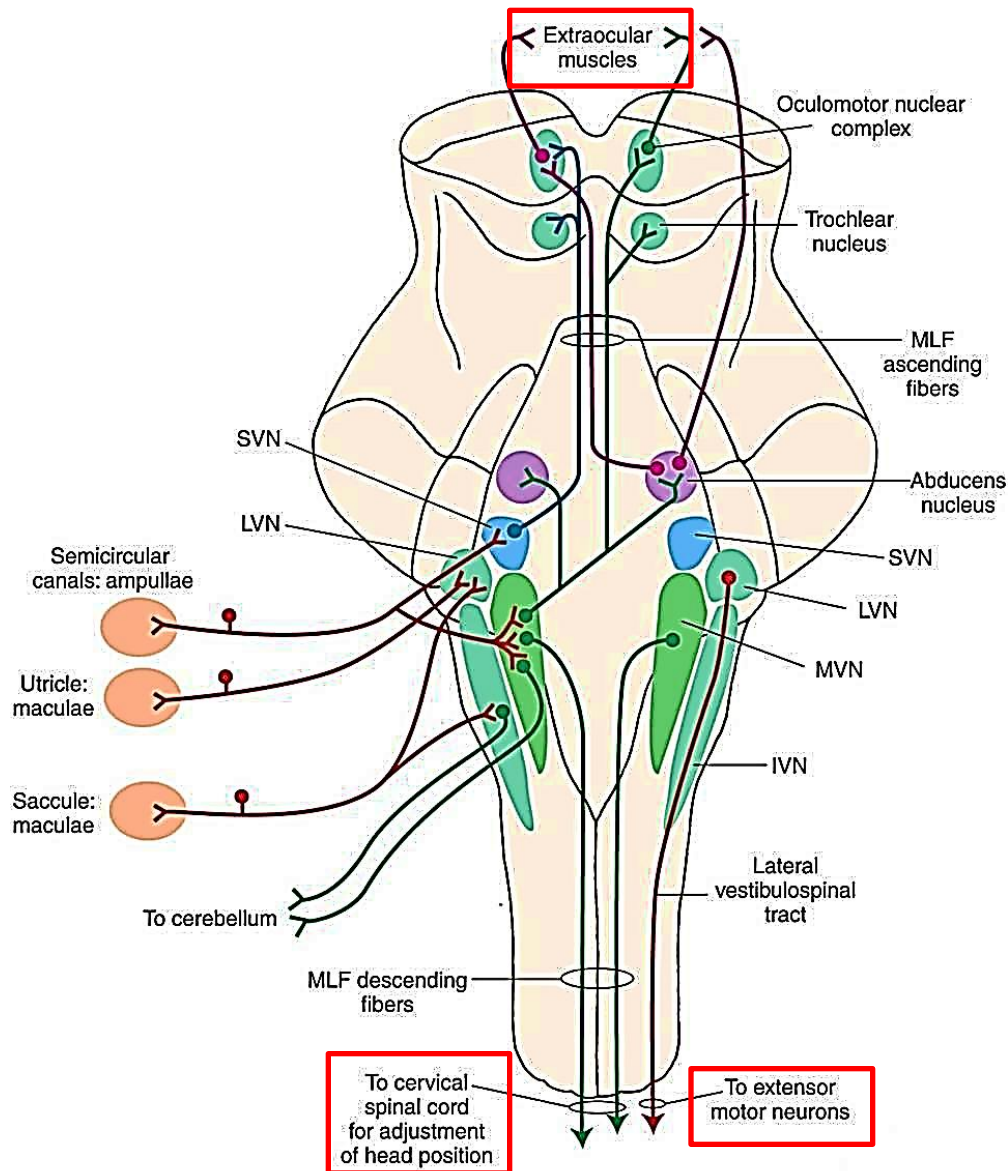


Influencia o tônus
Muscular e os ajustes
posturais



Interpreta as aferências,
controle movimento
e orientação espacial

Núcleos Vestibulares



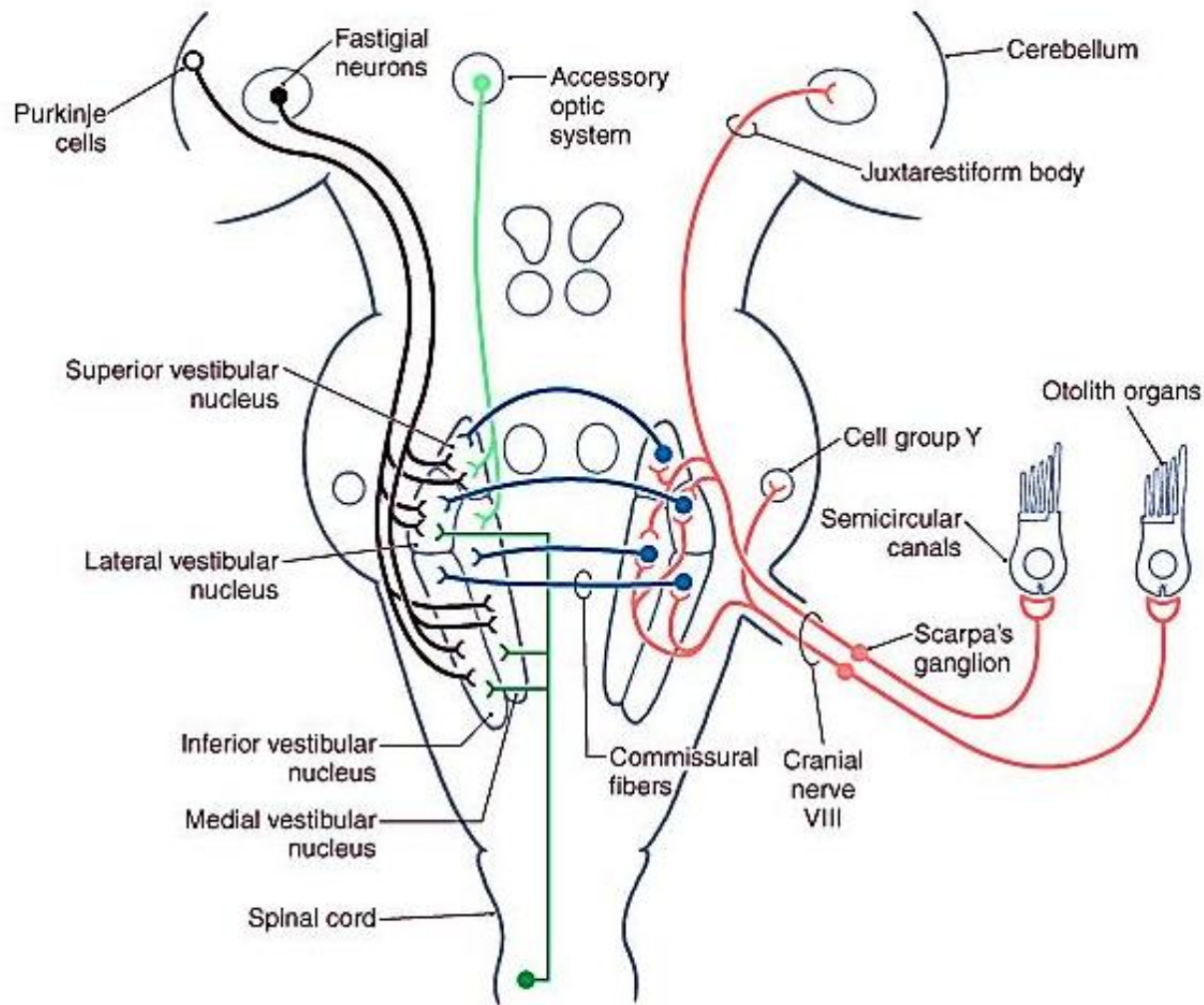
- Núcleo vestibular superior
- Núcleo vestibular medial
- Núcleo vestibular lateral
- Núcleo vestibular inferior

Núcleos medial e superior recebem informações dos ductos semicirculares e se projetam (*fascículo longitudinal medial*) para núcleos que dos nervos que innervam os **músculos extra-oculares**.

Núcleo lateral recebe informações dos utrículos e se projeta para **motoneurônios da medula espinal** (*sistema vestibulo espinal lateral*).

Núcleo inferior recebe informações dos utrículos, do sáculo e dos ductos semi-circulares, se projetando para o **tronco encefálico e cerebelo** (*fascículo longitudinal medial*).

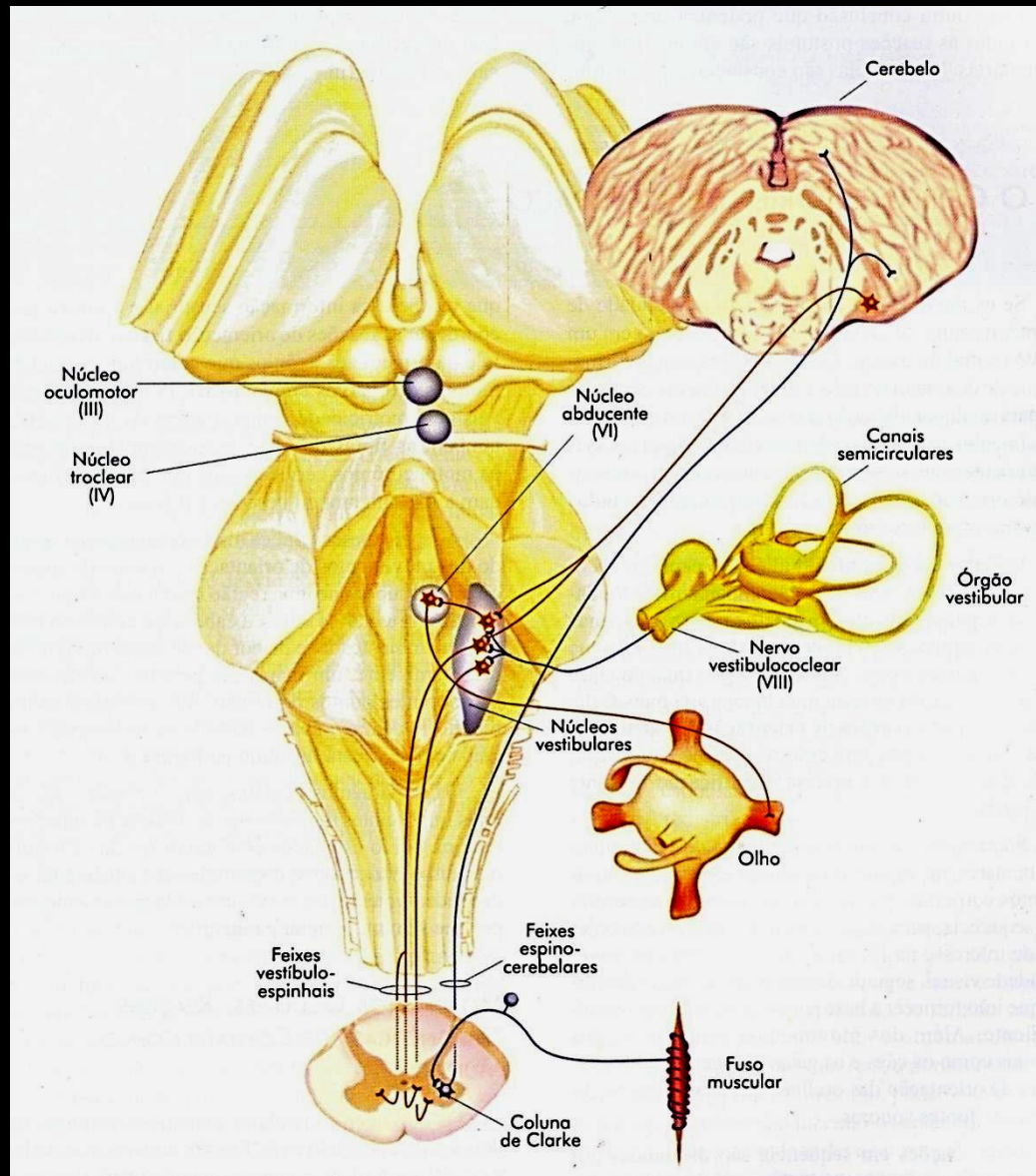
Núcleos Vestibulares: aferências



- **Aferências vestibulares**
- **Conexões cerebelares**
- **Conexões comissurais**
- **Aferências espinais**

Reações posturais de origem vestibular

Cadeias reflexas específicas que permitem ajuste posturais rápidos e eficientes.



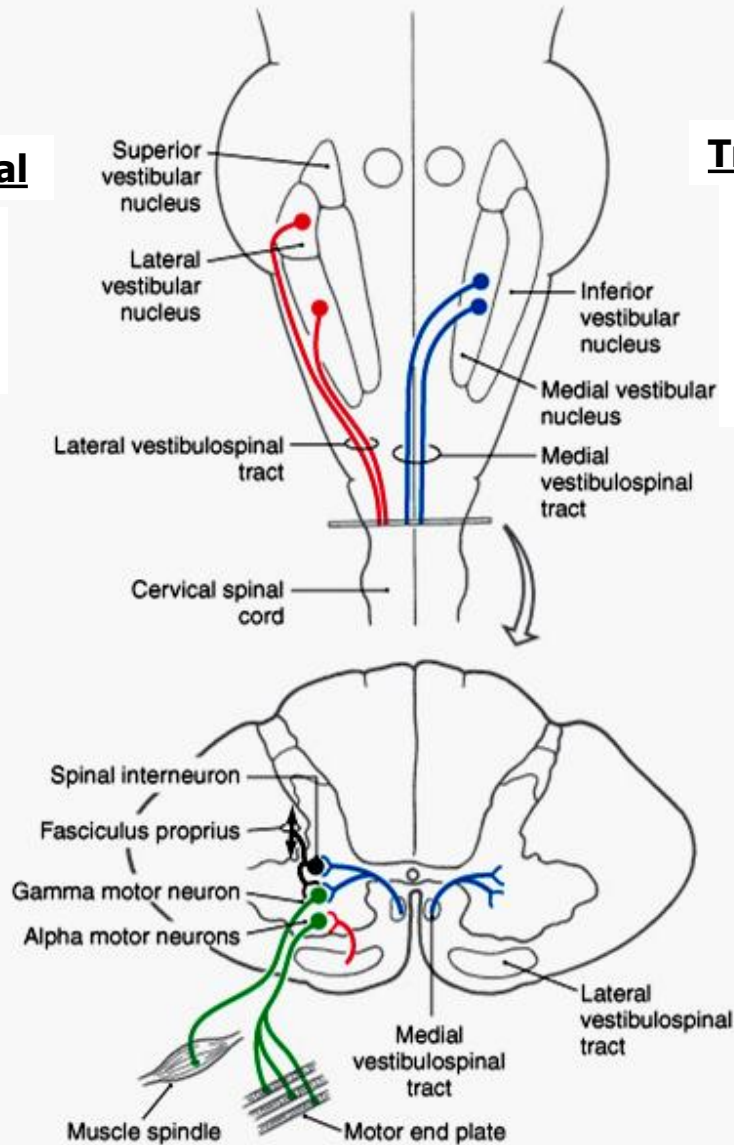
Sistema vestibulo-espinhal

Trato vestibulo-espinhal lateral

Influência excitatória (glutamato e acetilcolina) sobre motoneurônios dos músculos extensores.

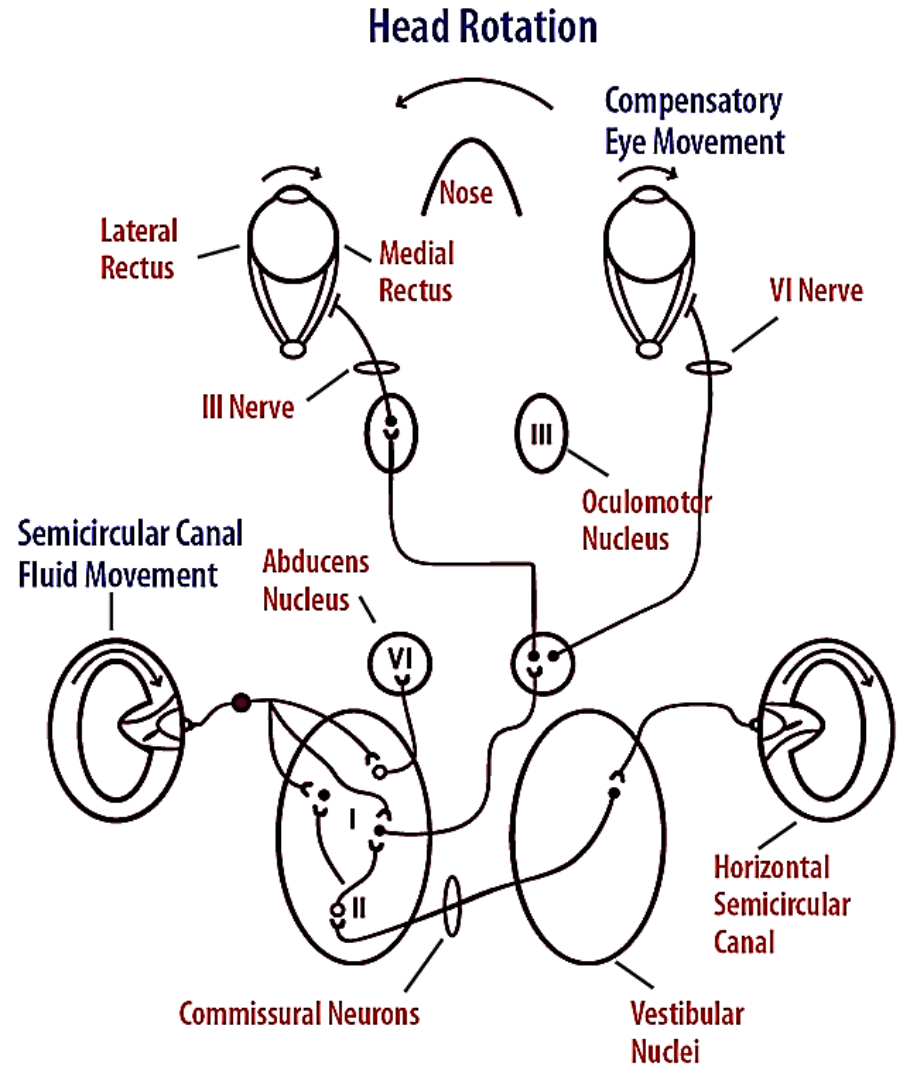
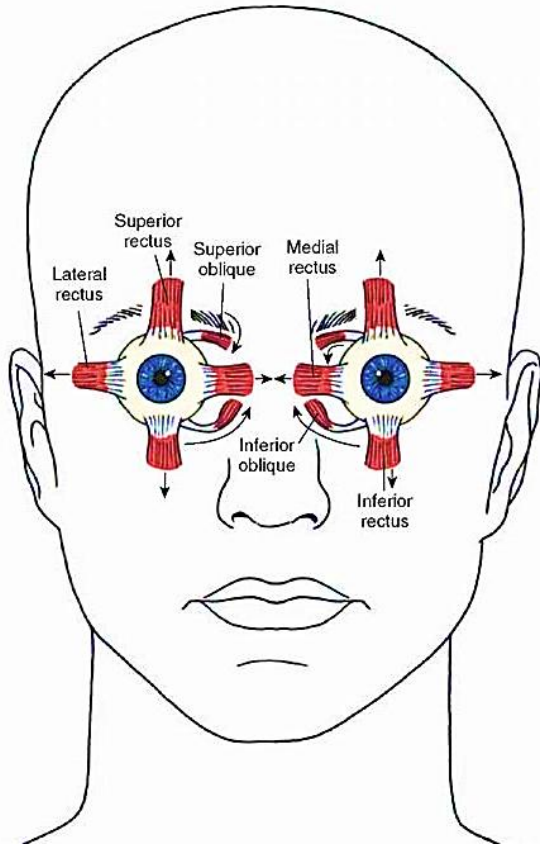
Trato vestibulo-espinhal medial

Influência excitatória e inibitória sobre motoneurônios cervicais dos músculos extensores e flexores do pescoço.

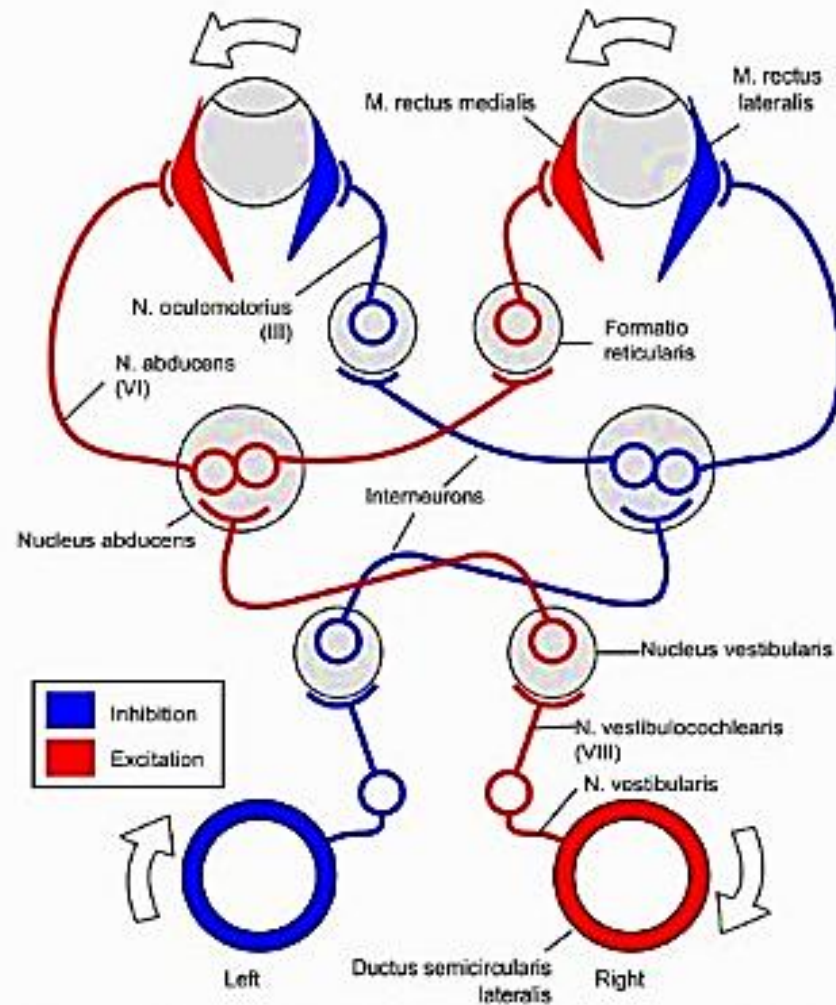


Reflexo vestibulo-ocular

É um movimento ocular de reflexo que estabiliza as imagens na retina durante o movimento da cabeça ao produzir um movimento ocular na direção oposta ao movimento da cabeça, desta maneira preservando a imagem no centro do campo visual.



The Vestibulo-Ocular Reflex (VOR)



The vestibulo-ocular reflex. A rotation of the head is detected, which triggers an inhibitory signal to the extraocular muscles on one side and an excitatory signal to the muscles on the other side. The result is a compensatory movement of the eyes.

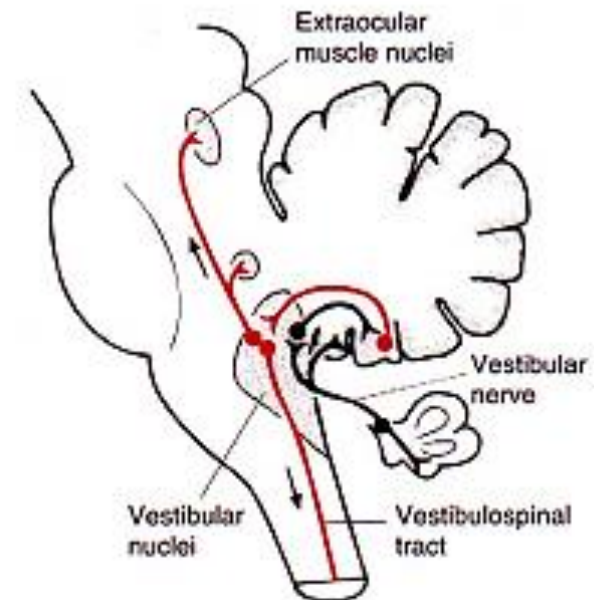
O controle dos movimentos pelo Cerebelo

Coordena o movimento e o controle postural adequando a estimulação motora efetiva ao movimento pretendido.

- **Equilíbrio** (vestíbulo-cerebelo)
- Movimentos grosseiros do membros (espino-cerebelo)
- Movimentos voluntários finos, distais (cerebro-cerebelo)

Movimento de estender um braço (espino-cerebelo) para pegar um livro (cerebro-cerebelo) numa estante alta (vestíbulo-cerebelo).

Vestibulocerebellum



Sistema vestibulo-tálamo-cortical

Sistemas vestibular

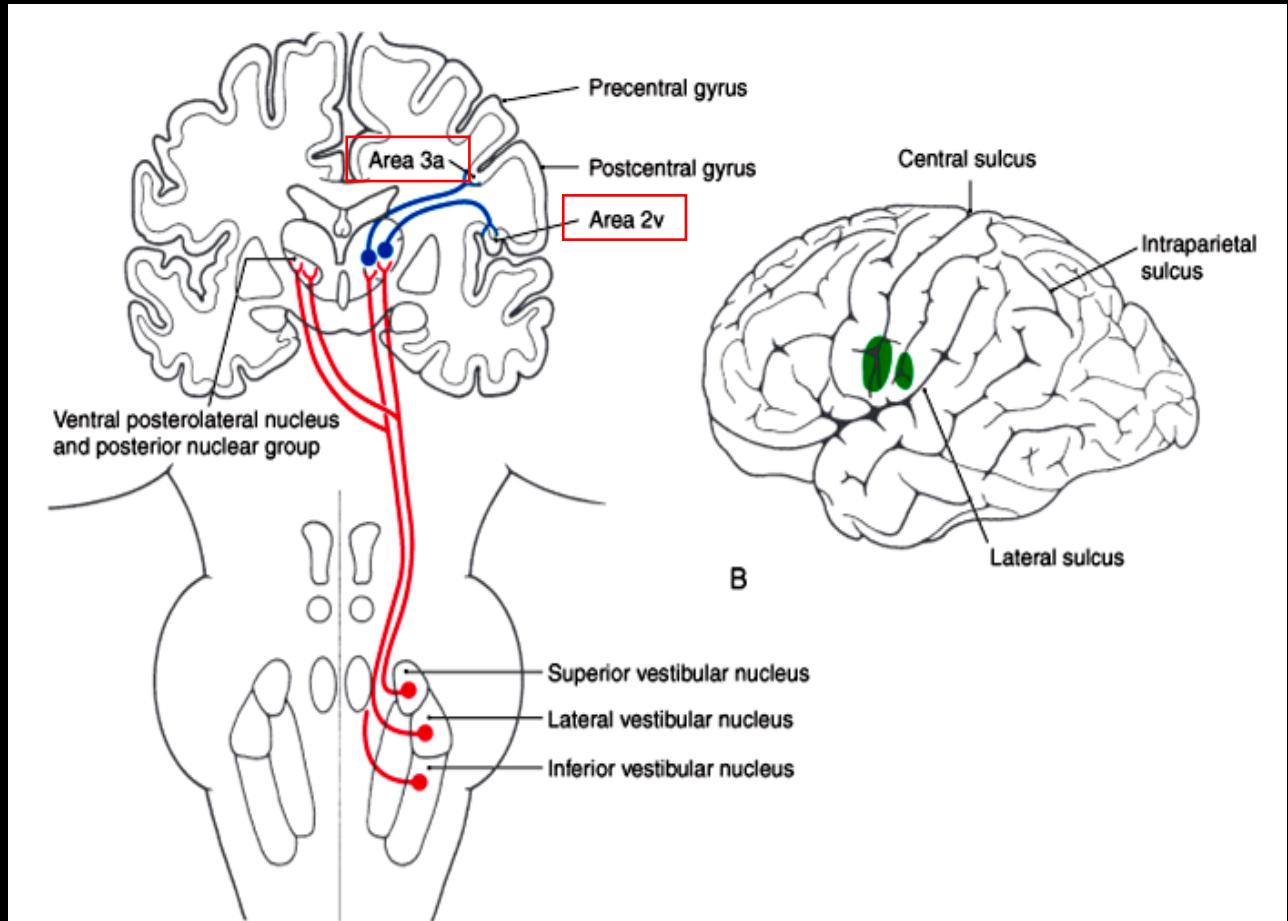
Sistemas visual

Sistema somato-sensorial

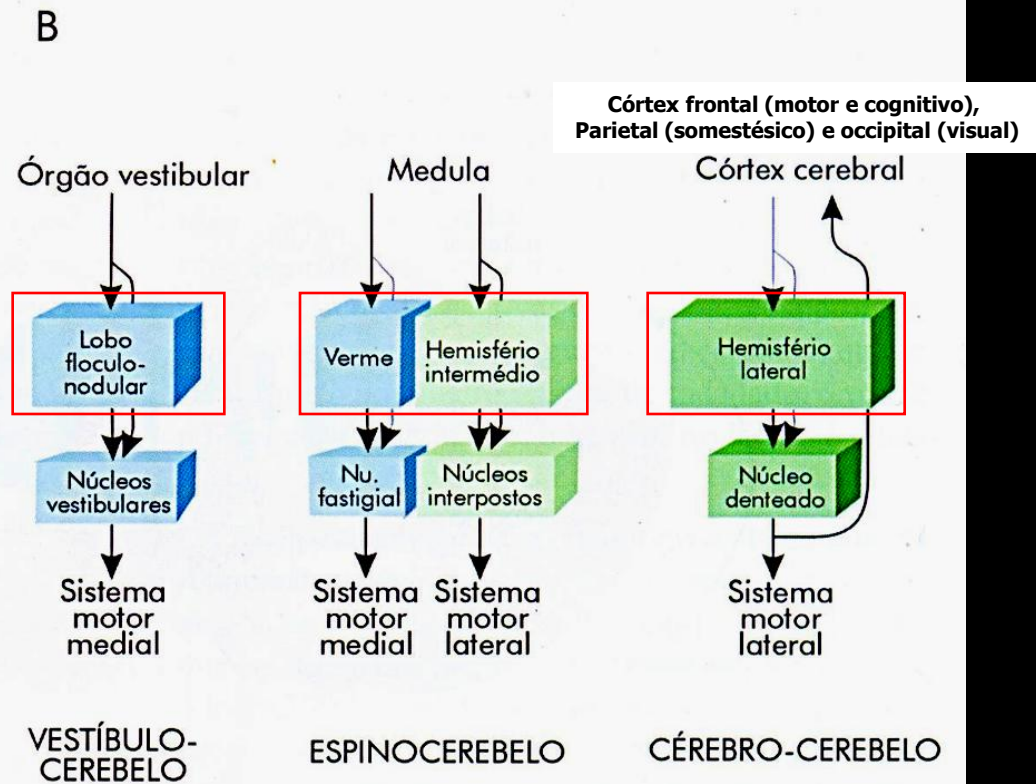
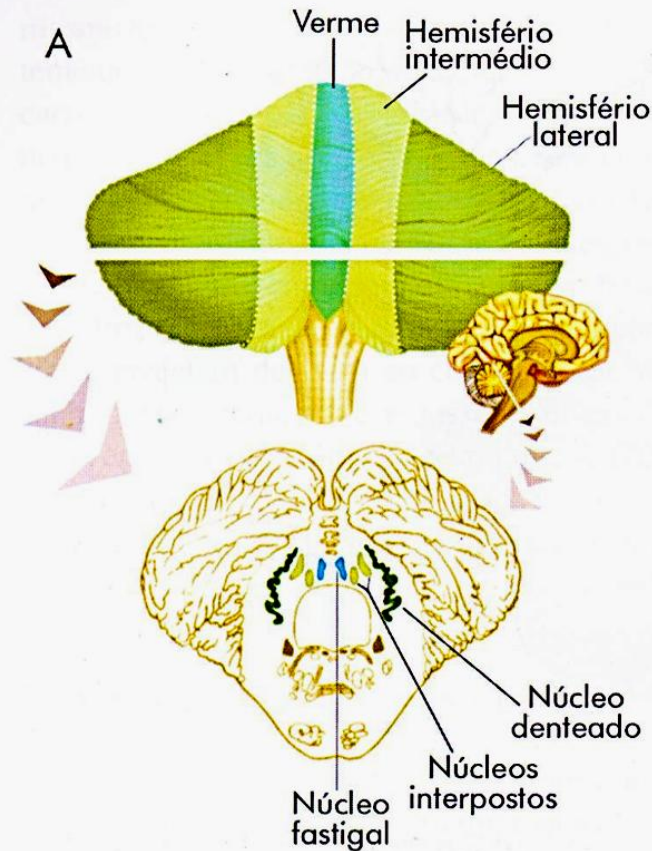
**Percepção cognitiva de movimento e espaço
(tálamo e córtex)**

As áreas corticais relacionadas as representações do Sistema Vestibular:

Córtex visual primário (17 de Brodmann), Córtex Temporal Medial e Súpero-Medial e
Córtex Parietal Posterior e Frontal (8 de Brodmann)



O controle dos movimentos: cerebelo (divisão funcional)



Equilíbrio e reflexos posturais

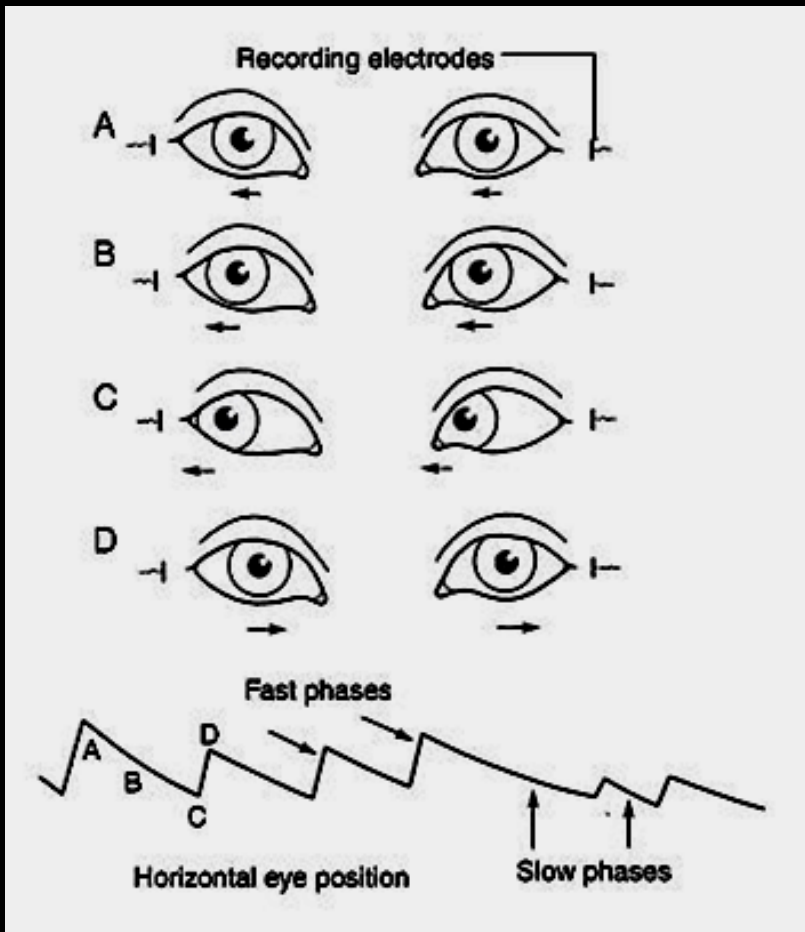
Erro de execução motora por deficiência de informação proprioceptiva

Movimentos complexos de integração sensório-motora

Movimentos de estabilização ocular

Movimentos vestibulo-oculares {

- Reflexos involuntários
- Nistagmo vestibular



Nistagmo são oscilações rítmicas, repetidas e involuntárias de um ou ambos os olhos conjugadamente, nos sentidos horizontal (de um lado para o outro), vertical (de cima para baixo) ou rotatório (movimentos circulares) que podem dificultar muito a focalização das imagens. Como acontecimento fisiológico, o nistagmo é um reflexo que ocorre durante a rotação da cabeça, para estabilizar a imagem.

O reflexo é dividido em duas fases, uma lenta e outra rápida. A fase lenta visa compensar a rotação da cabeça e a fase rápida tem a função de reposicionar o movimento, porque caso contrário o olho atingiria a borda da órbita e se manteria lá enquanto durasse o movimento rotacional da cabeça.

A fase lenta é comandada pelo sistema vestibular e a fase rápida pelo tronco cerebral. O nistagmo patológico ocorre quando os movimentos ocorrem mesmo se a cabeça está parada.