



# Sistemas coclear e vestibular

Desenvolvimento, Organização Anatômica. Vias e Conexões.  
Aspectos Funcionais e Aplicados

Luiza da Silva Lopes

FMRP-USP

## **Sistema Coclear**

### **Audição**

*Capacidade de percepção de sons e avaliação de suas qualidades, como intensidade, localização e timbre.*



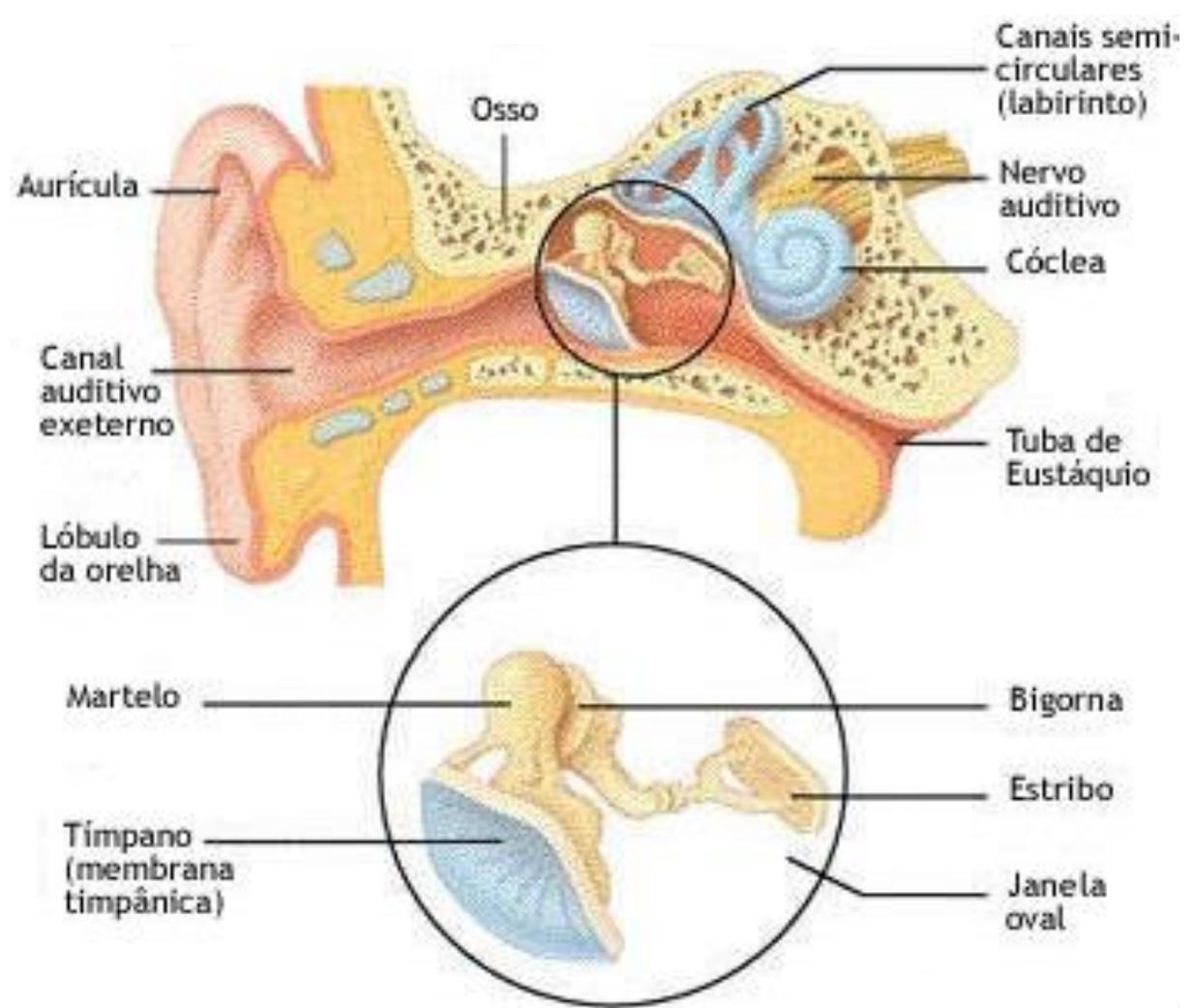
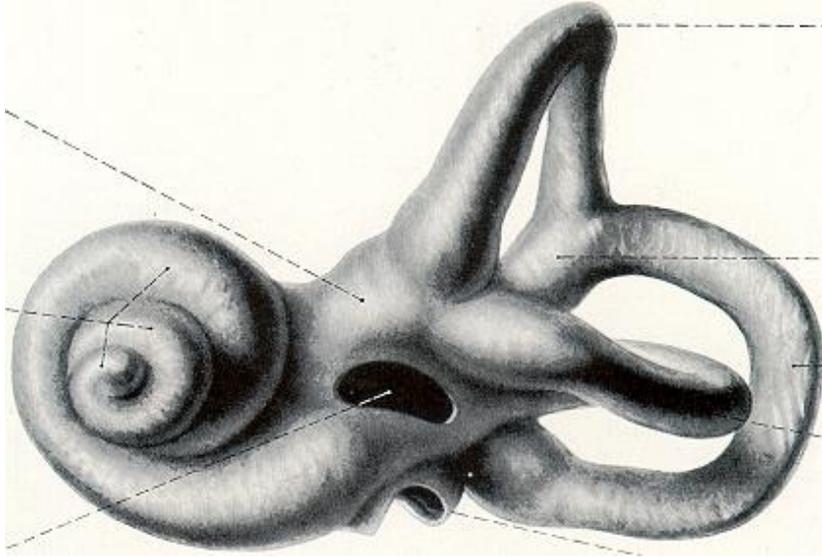
*Importante não só na comunicação com outras pessoas, mas também para evitar perigos.*

## Sistema Coclear

*O processo de audição começa na superfície do corpo conforme os sons são conduzidos pela orelha e pelo meato acústico externo até a membrana timpânica.*



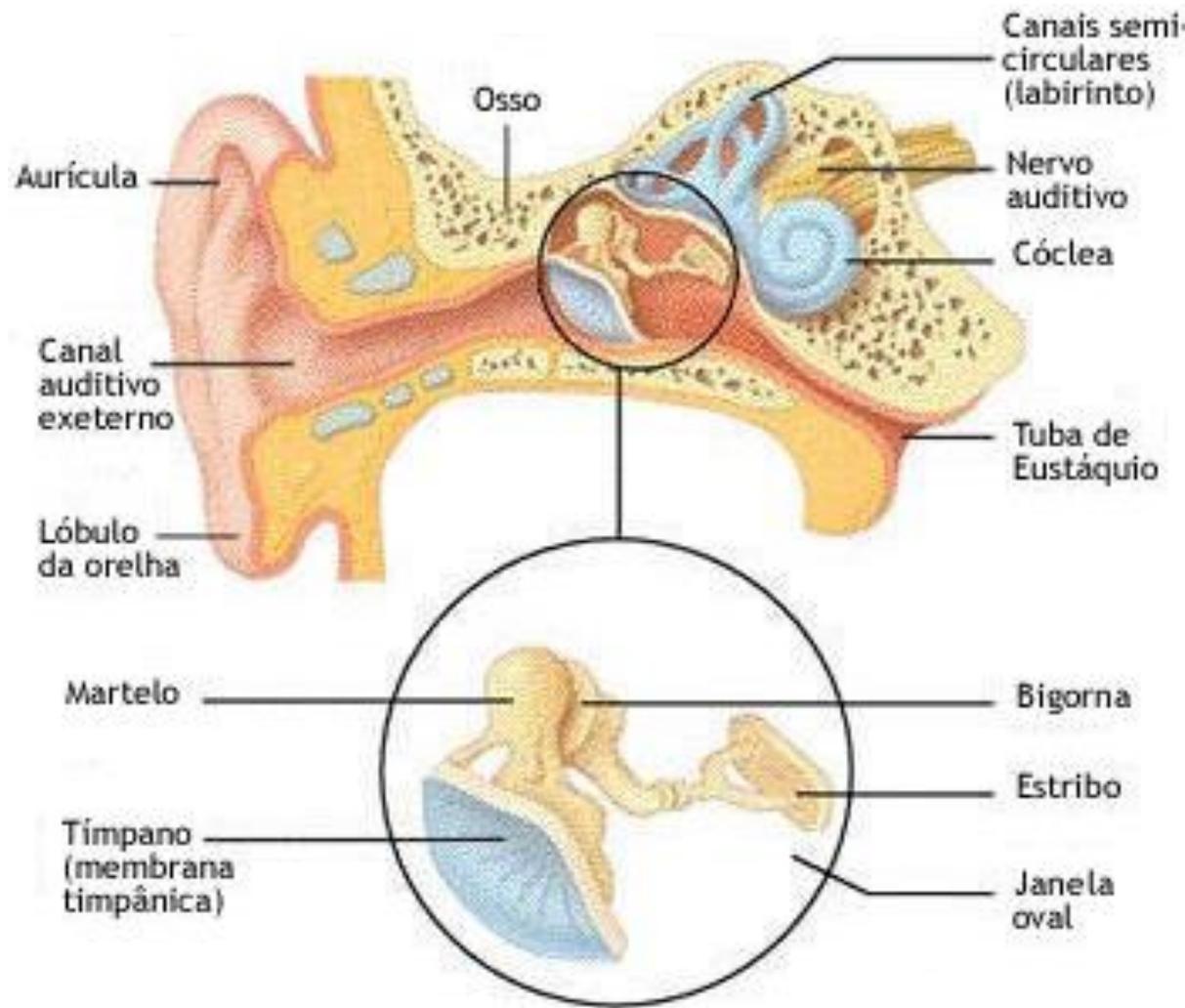
# Sistema Coclear



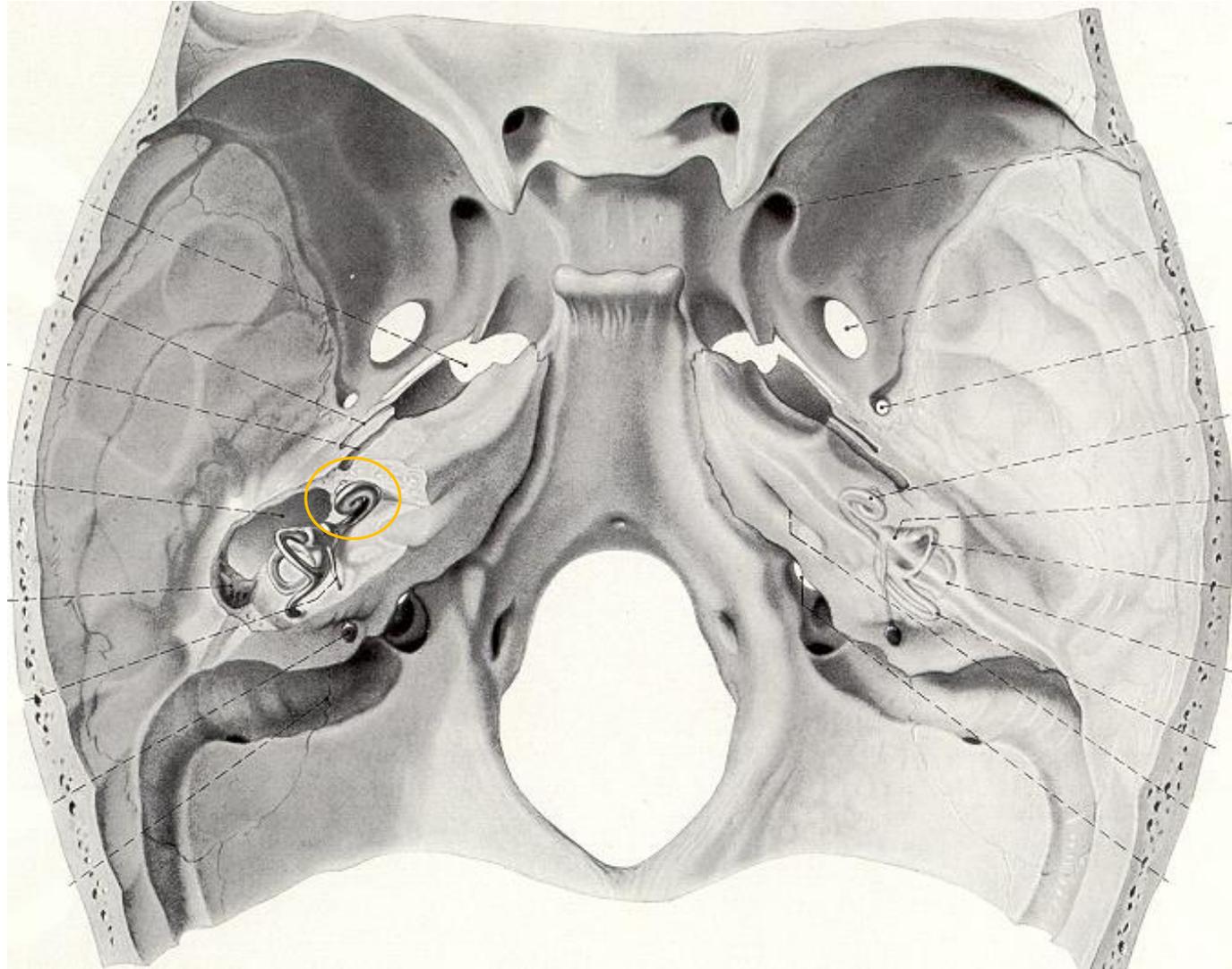
*O deslocamento mecânico da membrana timpânica, produzido por alterações nas ondas de pressão sonora, é transmitido para a orelha interna por uma cadeia de ossos minúsculos, denominados ossículos da orelha média.*

# Sistema Coclear

- *Os ossículos da orelha são: martelo, bigorna e estribo*
- *O cabo do martelo está fixado à face interna da membrana timpânica*
- *Base do estribo ⇒ conecta-se à janela vestibular da cóclea (oval), que se assenta na base da cóclea*



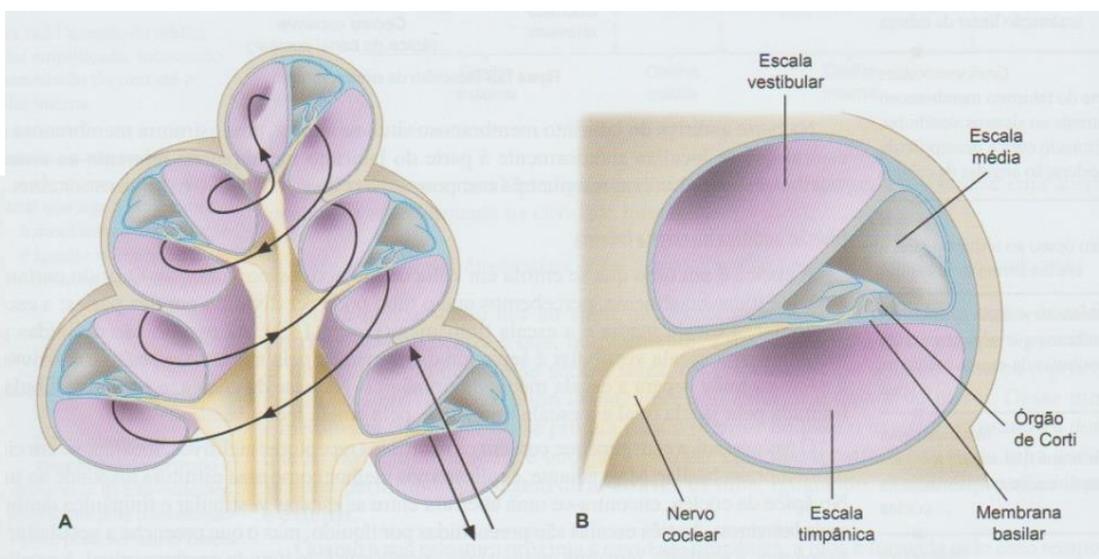
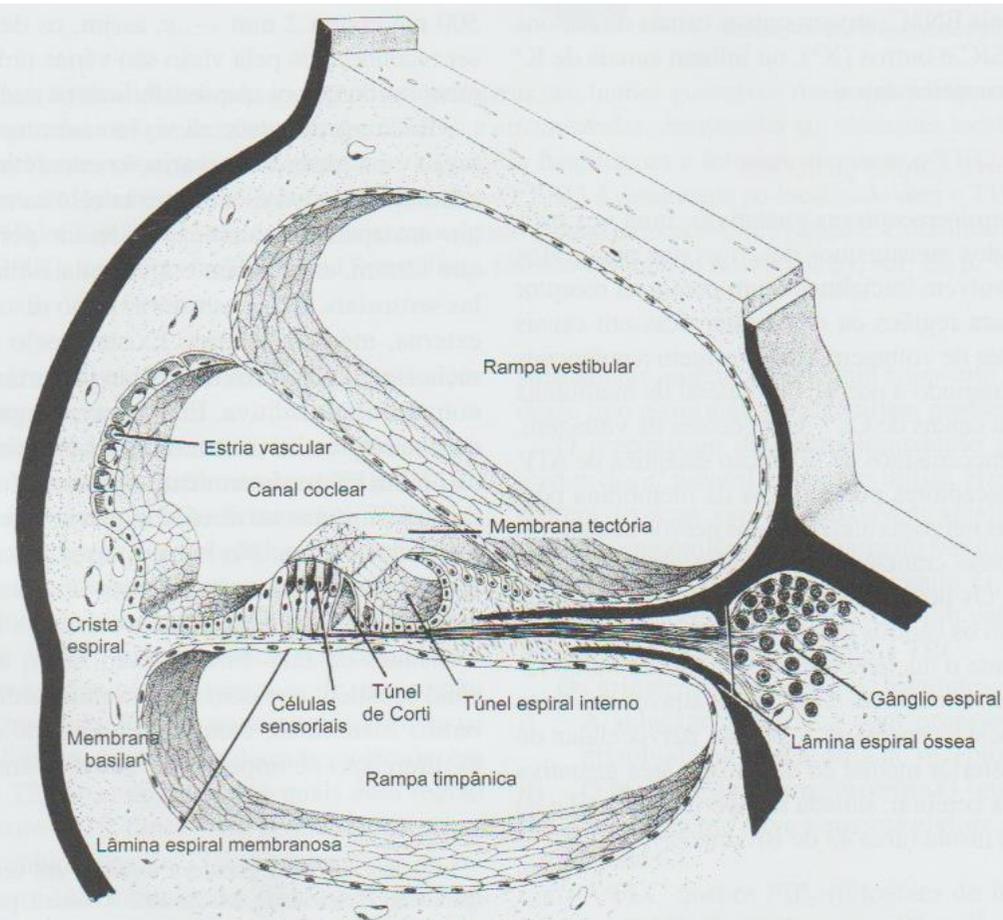
# Sistema Coclear



## ➤ *Cóclea*

- *Contida dentro do labirinto membranoso (dentro do labirinto ósseo na porção petrosa do osso temporal)*

# Sistema Coclear



## ➤ Cóclea

*Tube que se enrola em torno de um eixo central, o modíolo.*

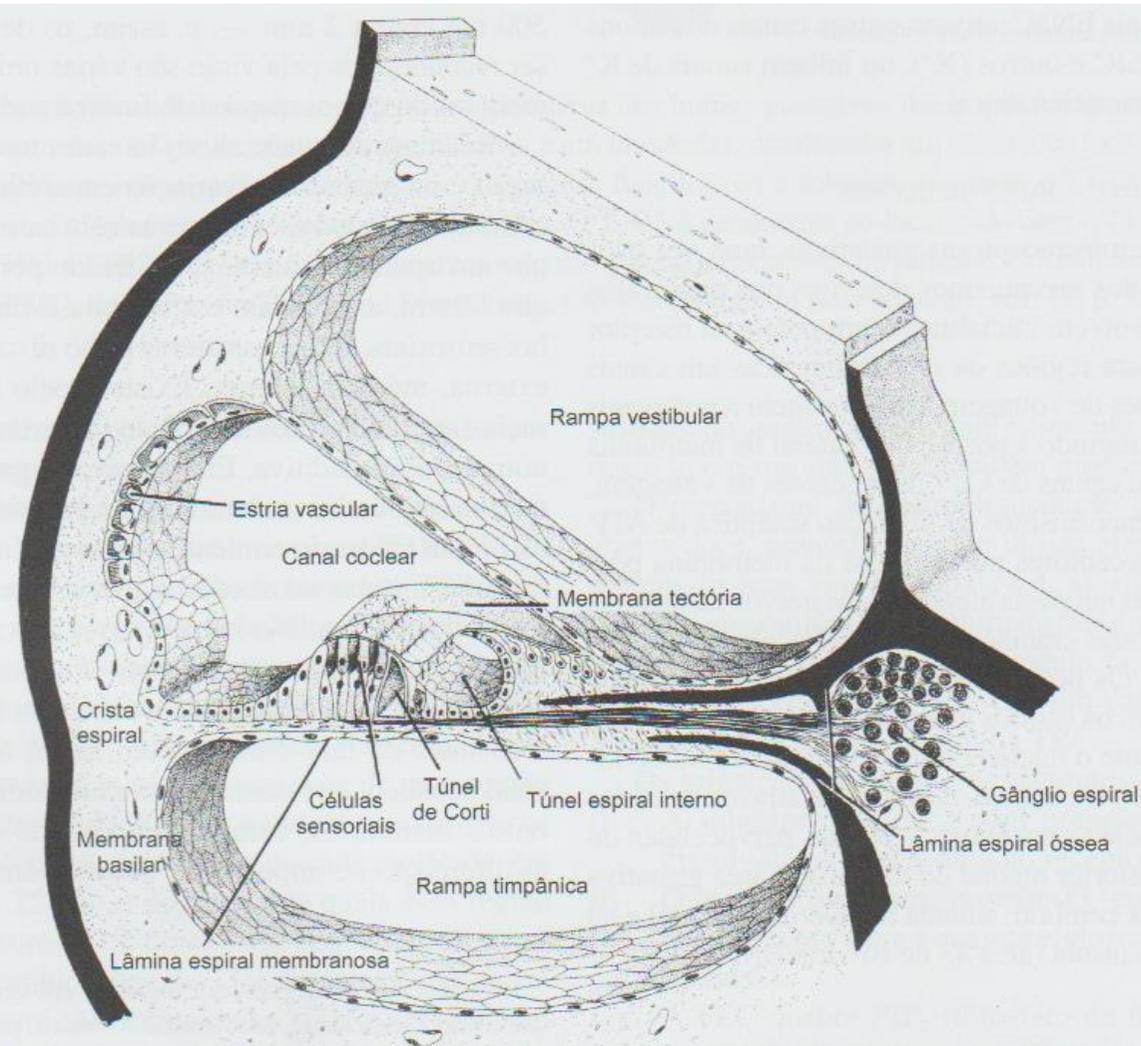
*Dividida em três escalas (rampas), de superior para inferior: vestibular, média e timpânica.*

*As escalas são separadas pelas membranas vestibular (de Reissner) e basilar*

*A escala vestibular é separada da orelha média pela janela oval, enquanto a escala timpânica é separada da orelha média pela janela redonda.*



# Sistema Coclear

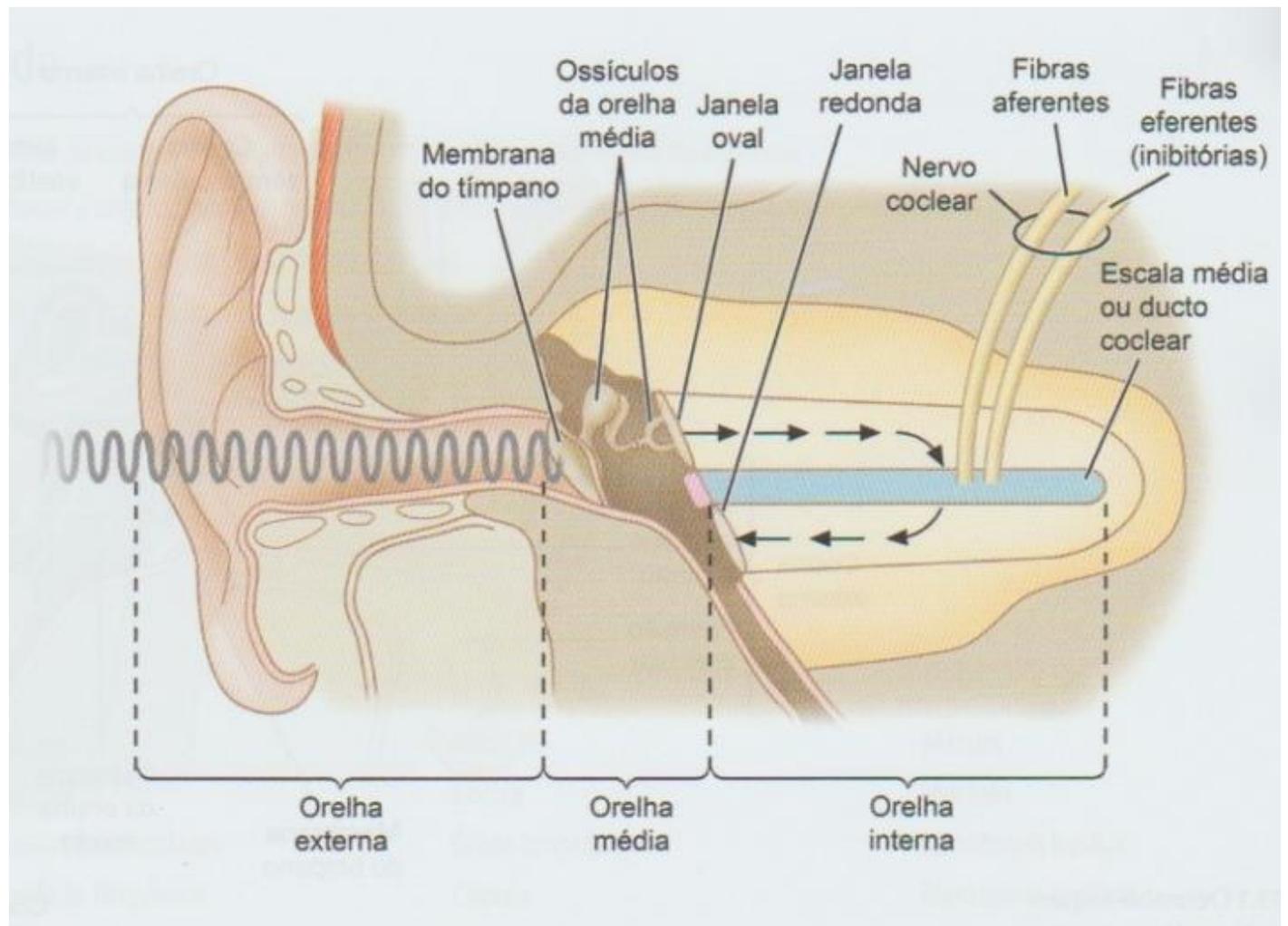


## ► Cóclea

*A escala média contém o órgão de Corti, onde estão os receptores auditivos, sobre a membrana basilar.*

*No ápice da cóclea, encontra-se uma abertura entre as escalas vestibular e timpânica denominada helicotrema.*

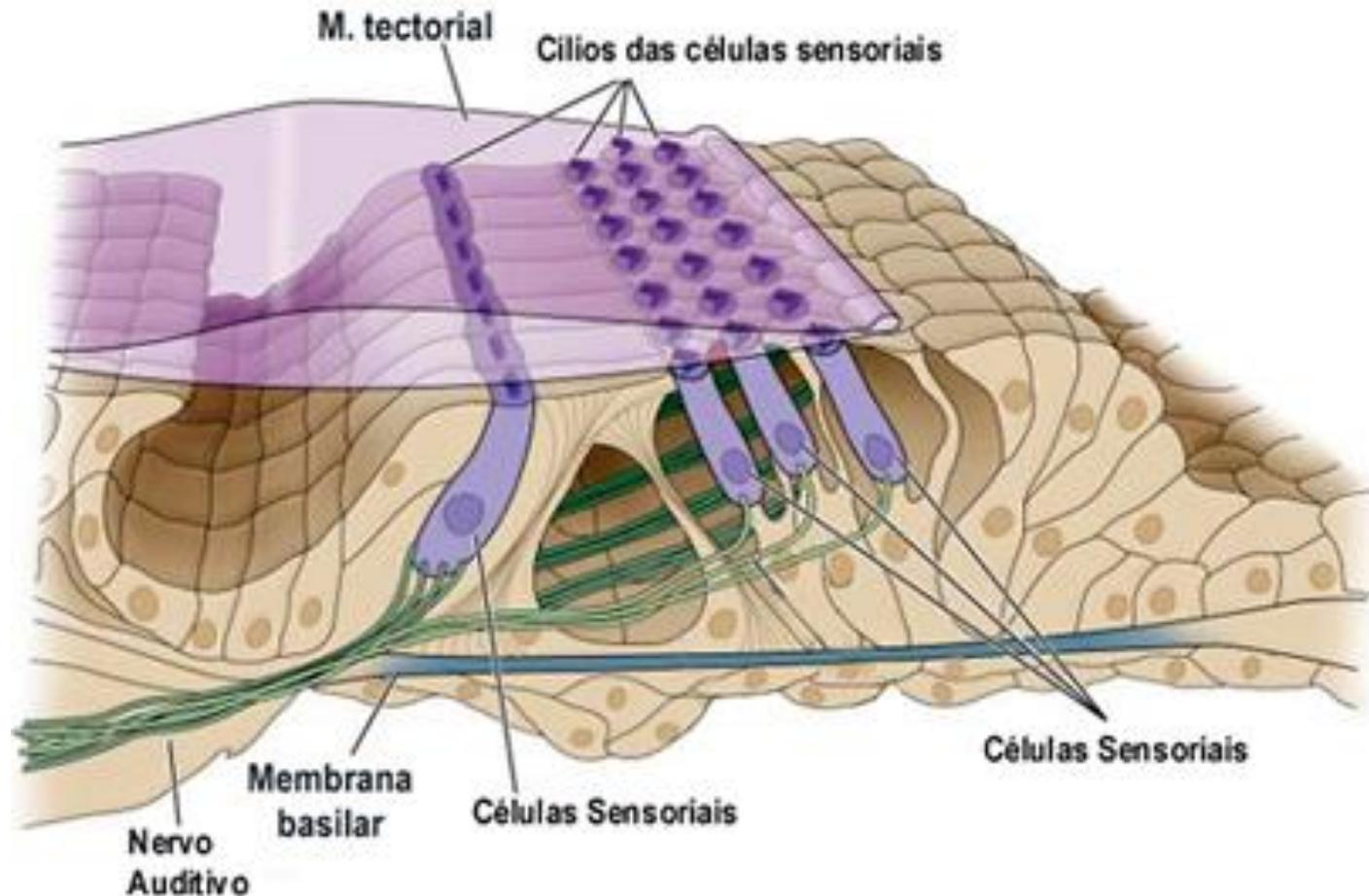
# Sistema Coclear



- *Deslocamento do estribo ⇒ deslocamento líquido na escala vestibular*
- *Células sensoriais do Órgão de Corti têm estereocílios apicais*
- *Por cima dos estereocílios está a membrana tectória, menos complacente que a membrana basilar, onde as células sensoriais estão assentadas.*

# Sistema Coclear

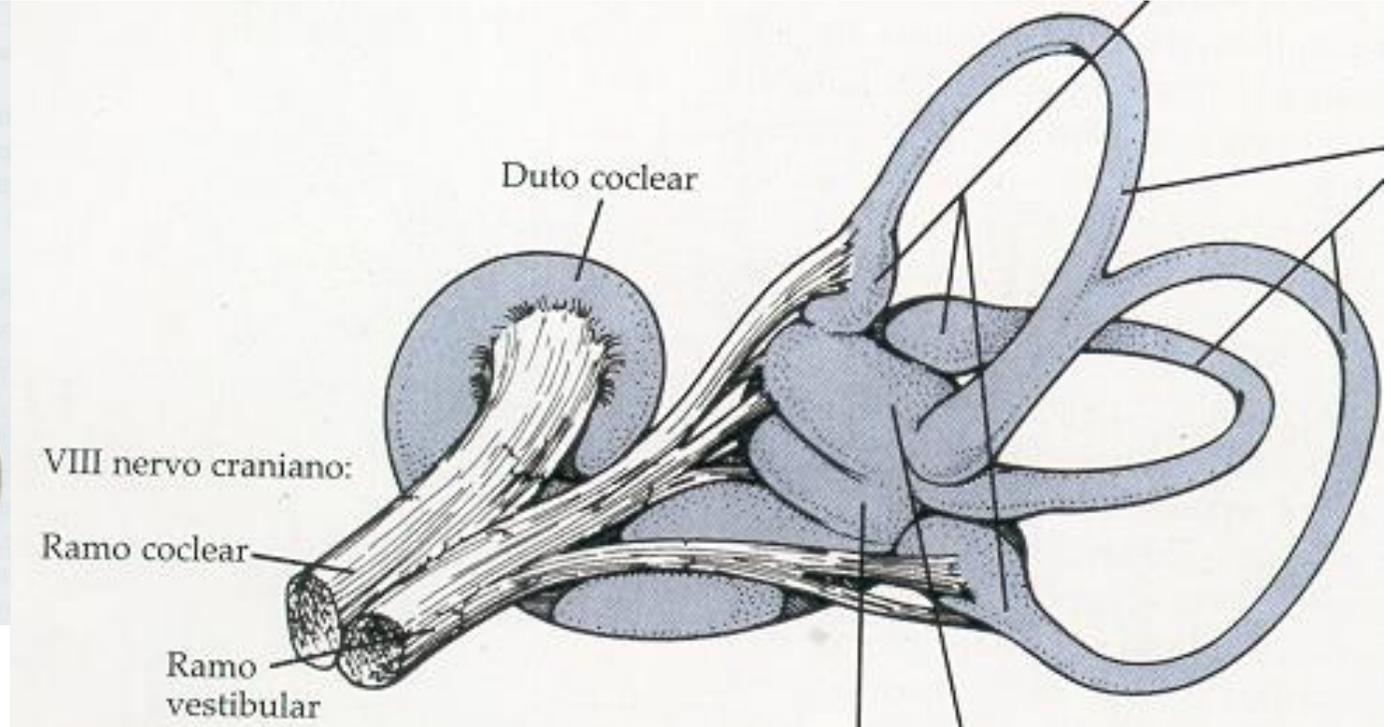
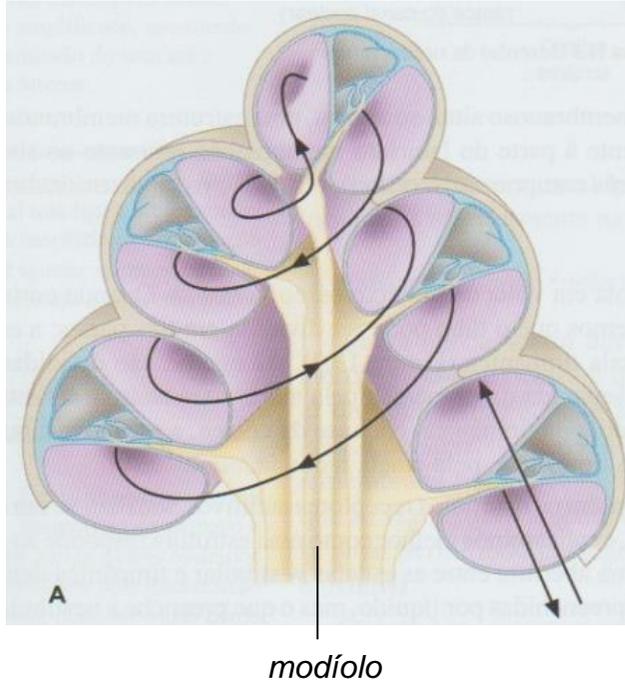
- *Inclinação dos estereocílios apicais resulta em mudança de condutividade da membrana das células sensoriais*
- *Sons transformados em sinais nervosos, levados ao sistema nervoso central por prolongamentos periféricos de neurônios que estão no gânglio espiral.*



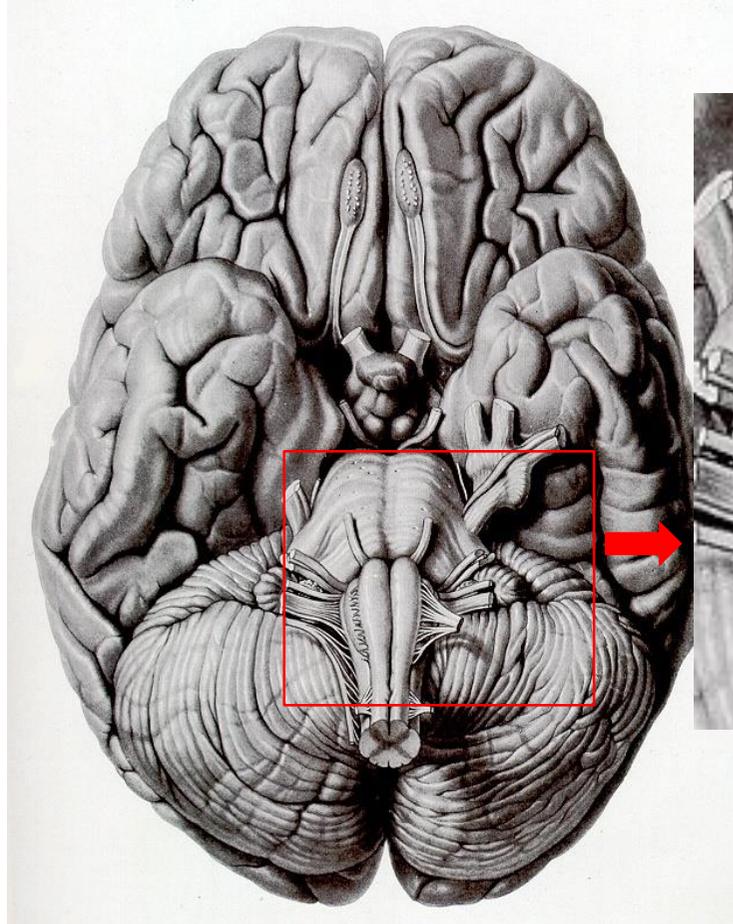
# Sistema Coclear

## Células sensoriais

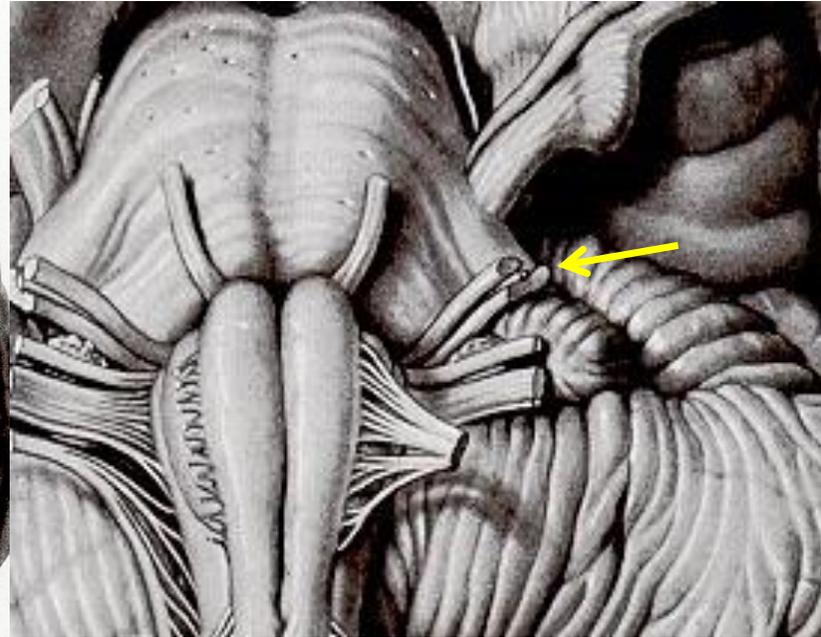
- *Inervação pela divisão coclear do oitavo nervo craniano*
- *Gânglio espiral (corpos celulares dos neurônios I – no modíolo)*
- *Projeções para núcleos cocleares ipsilaterais (no tronco encefálico = neurônio II)*



# Sistema Coclear



*Vista inferior*

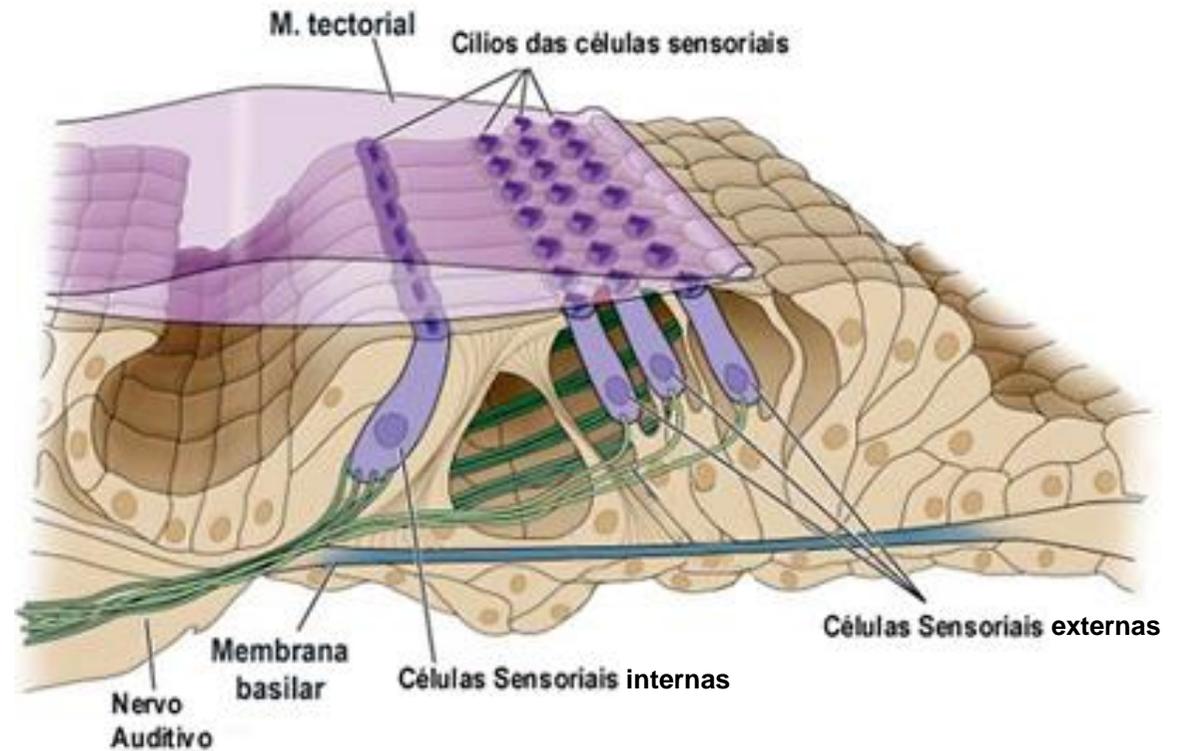


*Oitavo nervo craniano  
(divisão coclear)*



*Vista lateral*

# Sistema Coclear



## Células sensoriais

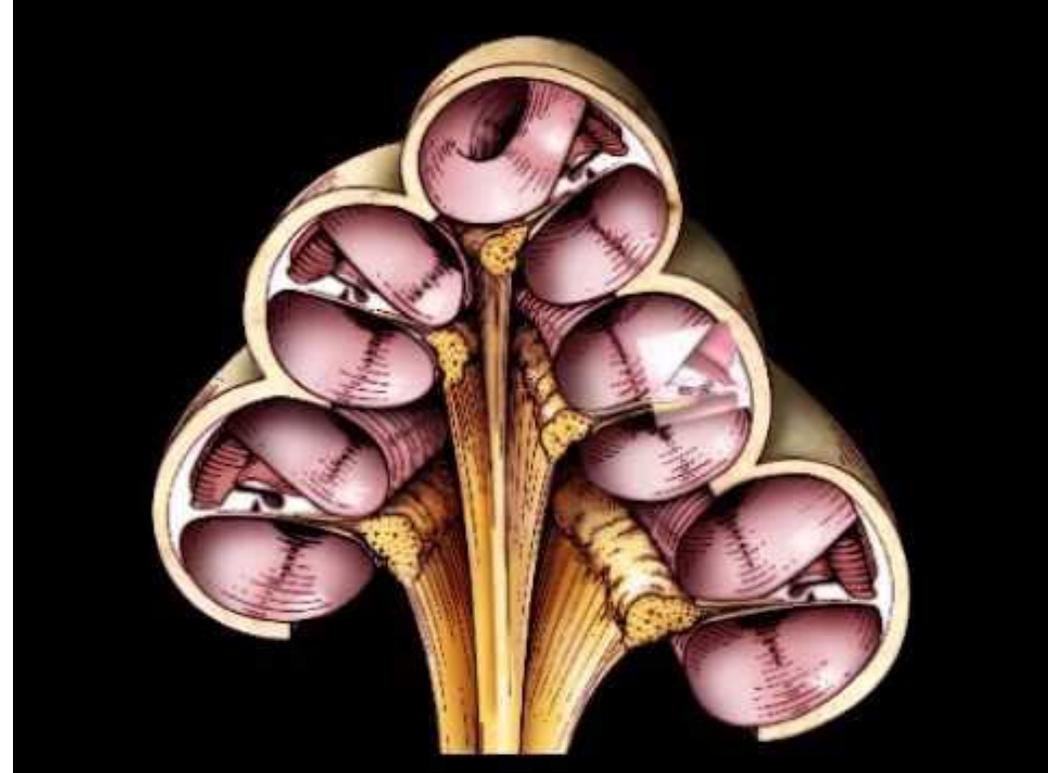
- **Internas**
  - *Fila única*
  - *Responsáveis pela discriminação auditiva*
- **Externas**
  - *Três ou quatro fileiras*

# Sistema Coclear

## *Célula sensorial x Frequência sonora*

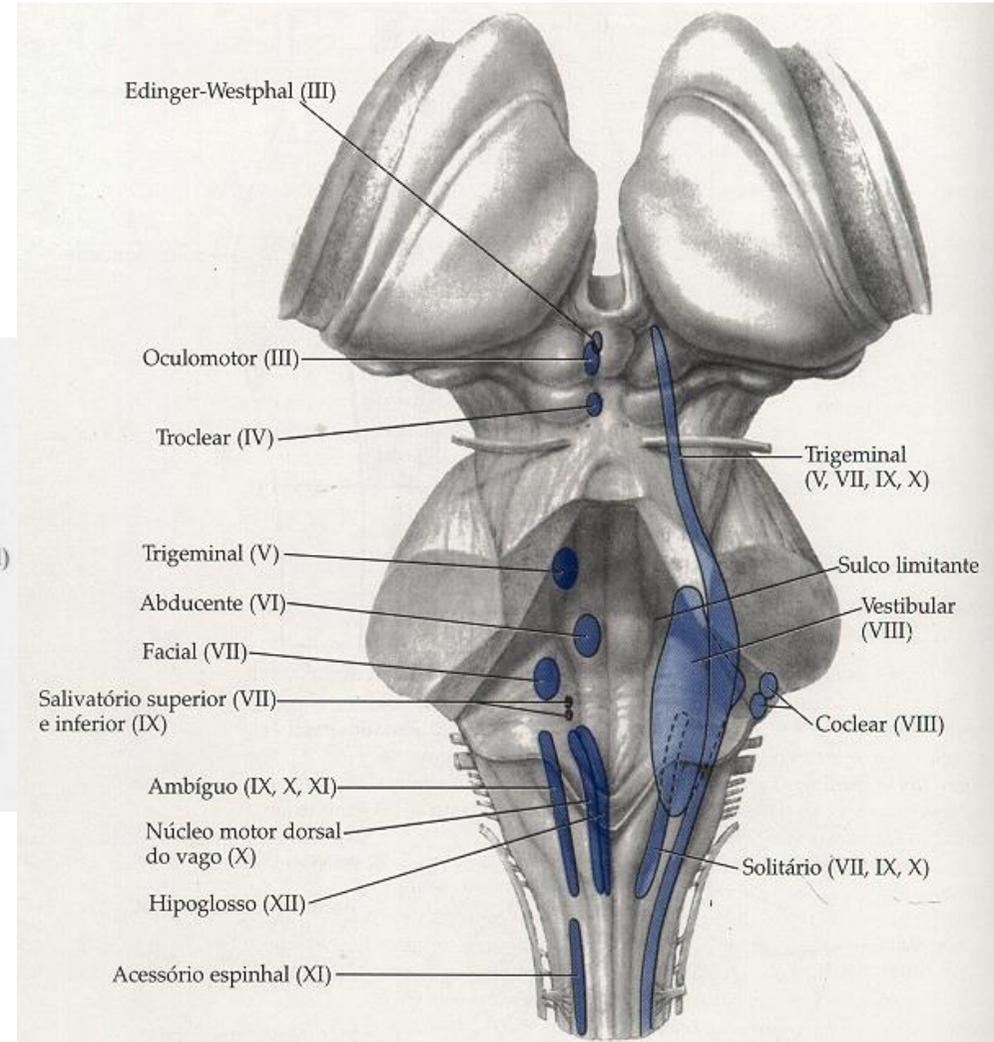
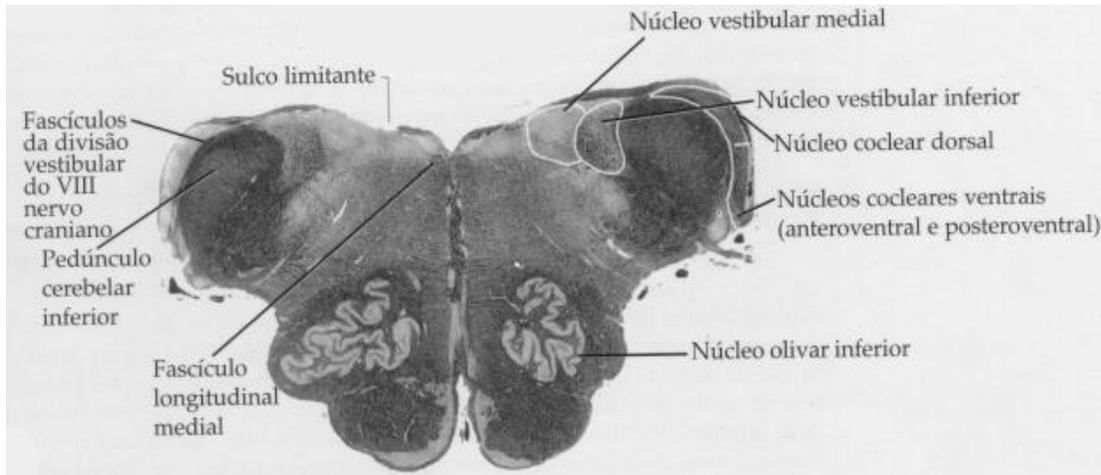
- **Base da cóclea**
  - *Altas frequências sonoras*
- **Ápice da cóclea (helicotrema)**
  - *Baixas frequências sonoras*

*Organização tonotópica*



# Sistema Coclear

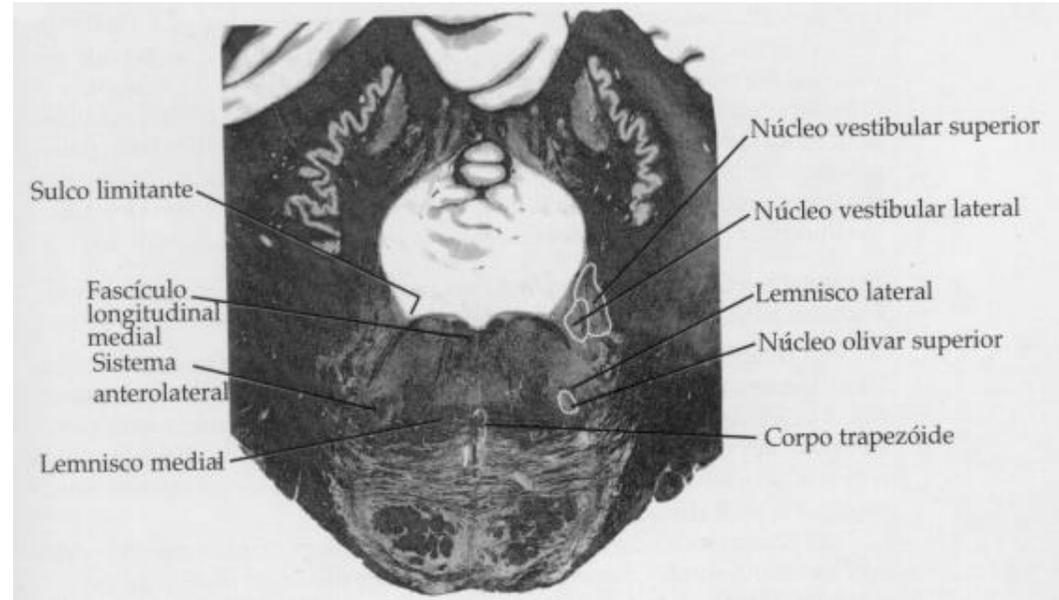
- Núcleos cocleares (tronco encefálico)
  - Anteroventral
  - Dorsal
  - Posteroventral



# Sistema Coclear

## ➤ Núcleo coclear anteroventral

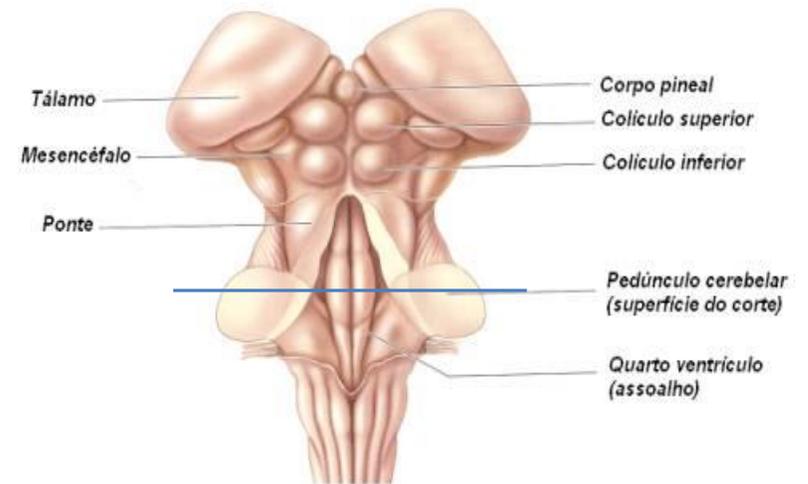
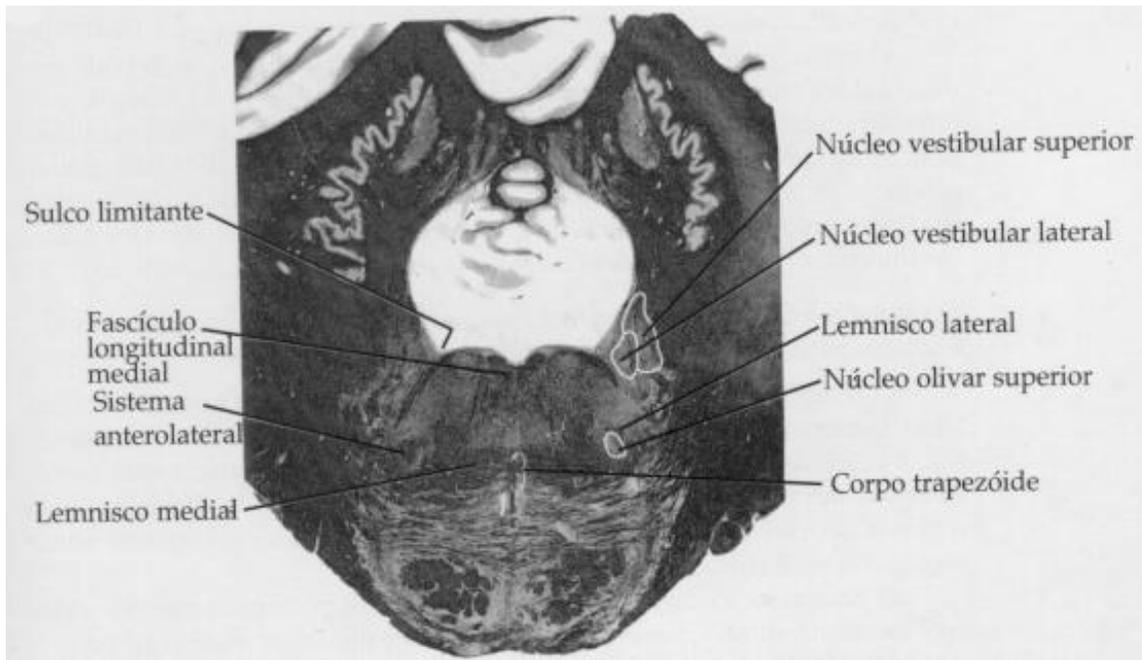
- *Localização horizontal dos sons*
- *Projeções bilaterais ao complexo olivar superior (ponte)*
- *Projeção do COS ao colículo inferior no mesencéfalo (através do lemnisco lateral)*



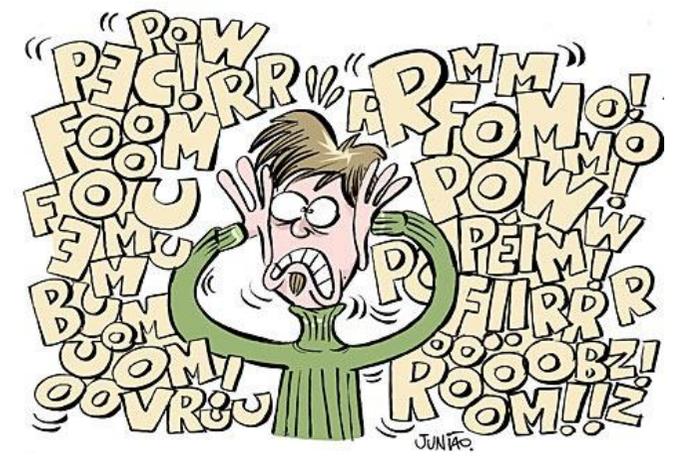
# Sistema Coclear

## ➤ Núcleo coclear dorsal

- *Projeção direta ao colículo inferior contralateral (lemnisco lateral)*
- *Reconhecimento de padrões temporais de sons*
- *Localização sonora vertical*



# Sistema Coclear



## ➤ Núcleo coclear posteroventral

- *Projeção ao colículo inferior contralateral e ao complexo olivar superior*
- *Projeção olivococlear (regulação da sensibilidade das células sensoriais)*
  - *melhora a sensibilidade a estímulos específicos em ambientes barulhentos*
  - *proteje o aparelho periférico a sons muito altos*

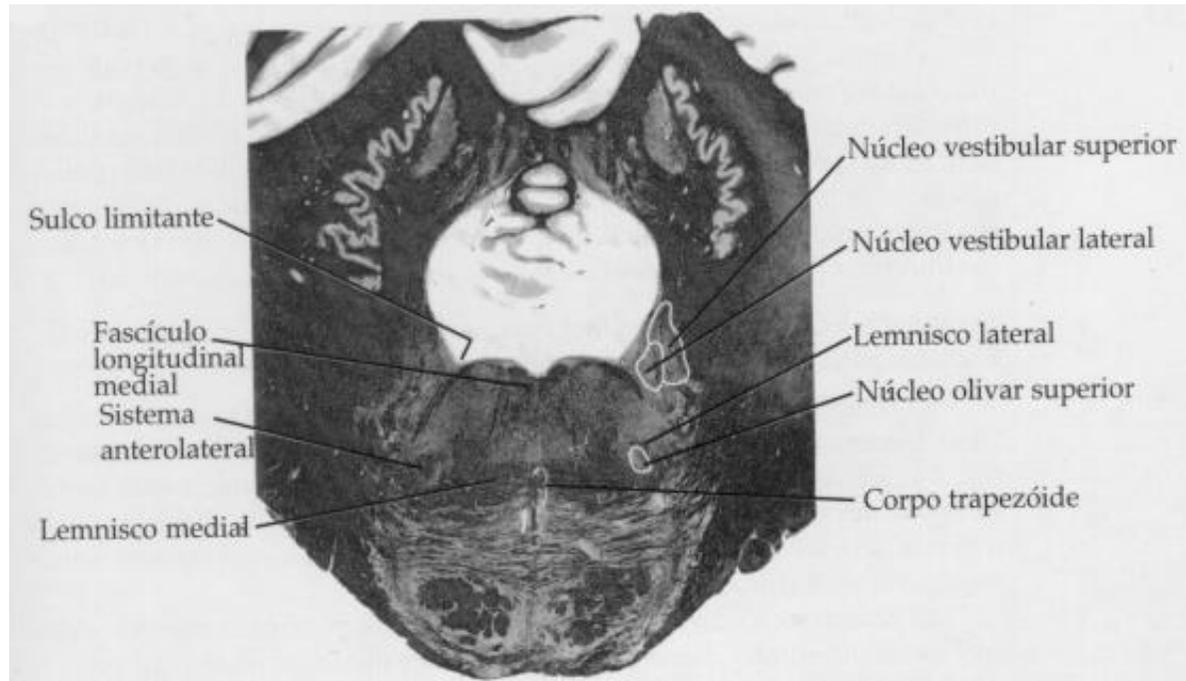
# Sistema Coclear

## Complexo Olivar Superior

### Núcleo do corpo trapezóide (ponte)

*Localização espacial dos sons*

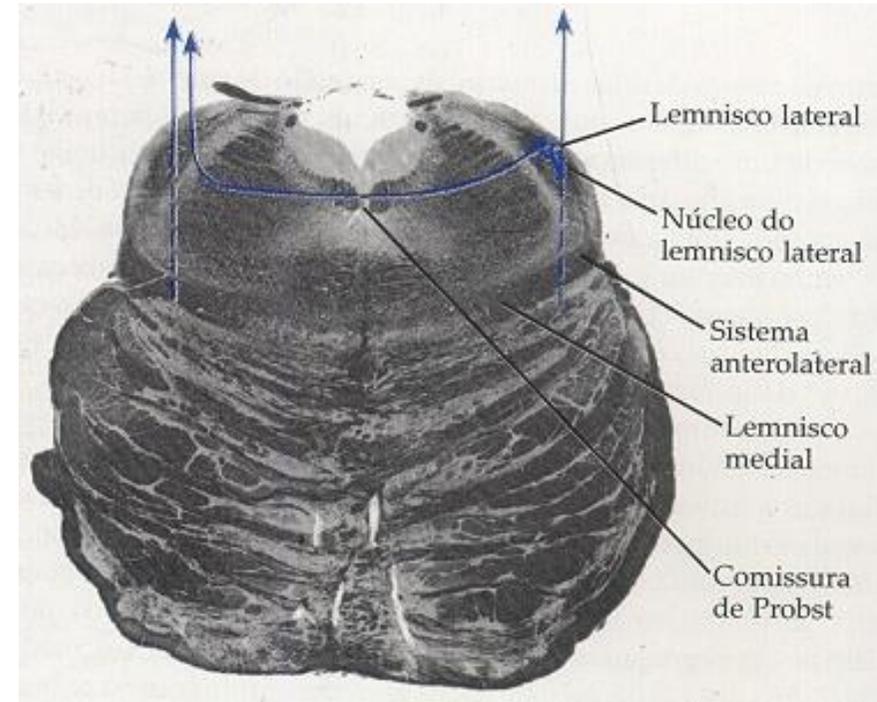
*Recebem estímulos de ambos os ouvidos*



# Sistema Coclear

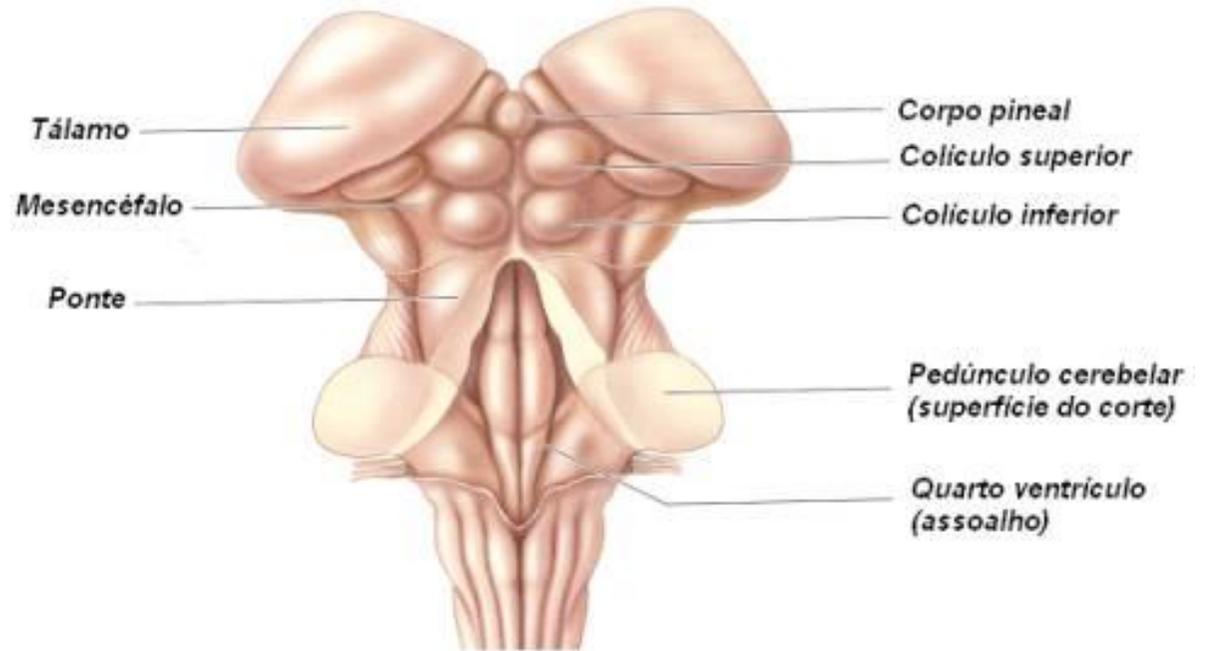
## *Decussações auditivas:*

- *Núcleo coclear dorsal*
  - *Estria acústica dorsal*
- *Núcleo coclear posteroventral*
  - *Estria acústica intermédia*
  - *Corpo trapezóide*
- *Núcleo coclear anteroventral*
  - *Corpo trapezóide*



# Sistema Coclear

- *Colículo inferior (mesencéfalo)*
  - *Núcleo central*
  - *Núcleo externo*
  - *Córtex dorsal*

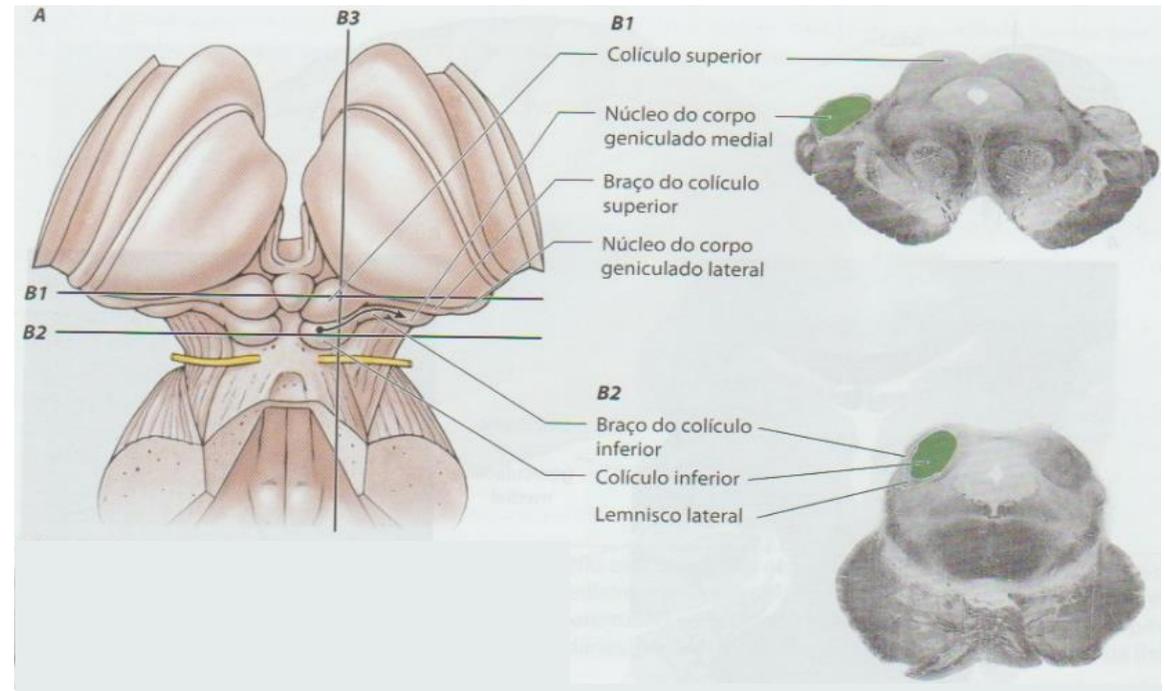


# Sistema Coclear

## ➤ Colículo inferior

### ➤ Núcleo central

- *Projeção ao tálamo e córtex auditivo primário*
- *Recebe projeções ipsi e contralaterais*
- *Percepção auditiva e reflexos de ajuste*
- *Laminado*



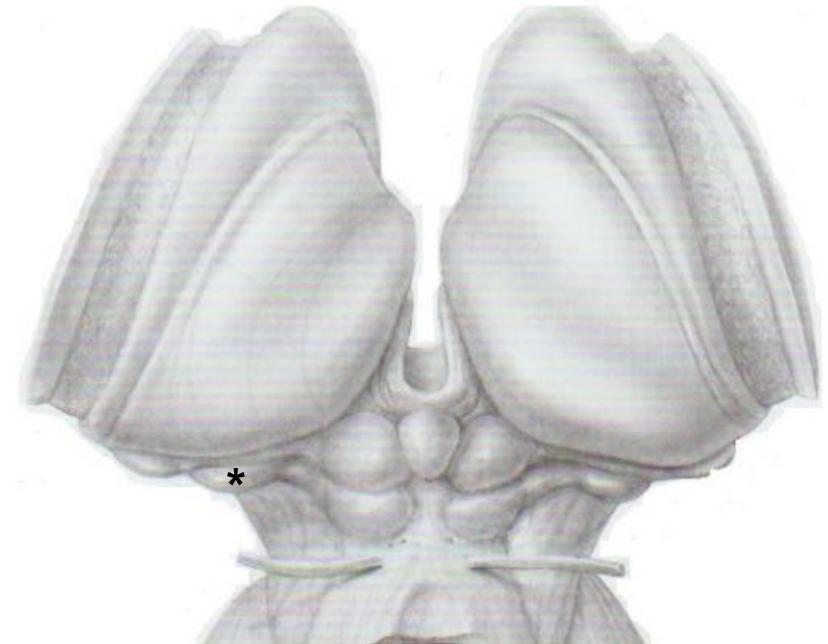
# Sistema Coclear

- *Colículo inferior*
  - *Núcleo externo*
    - *Função acusticomotora (orientação da cabeça e do eixo do corpo)*
  - *Núcleo dorsal*
    - ?



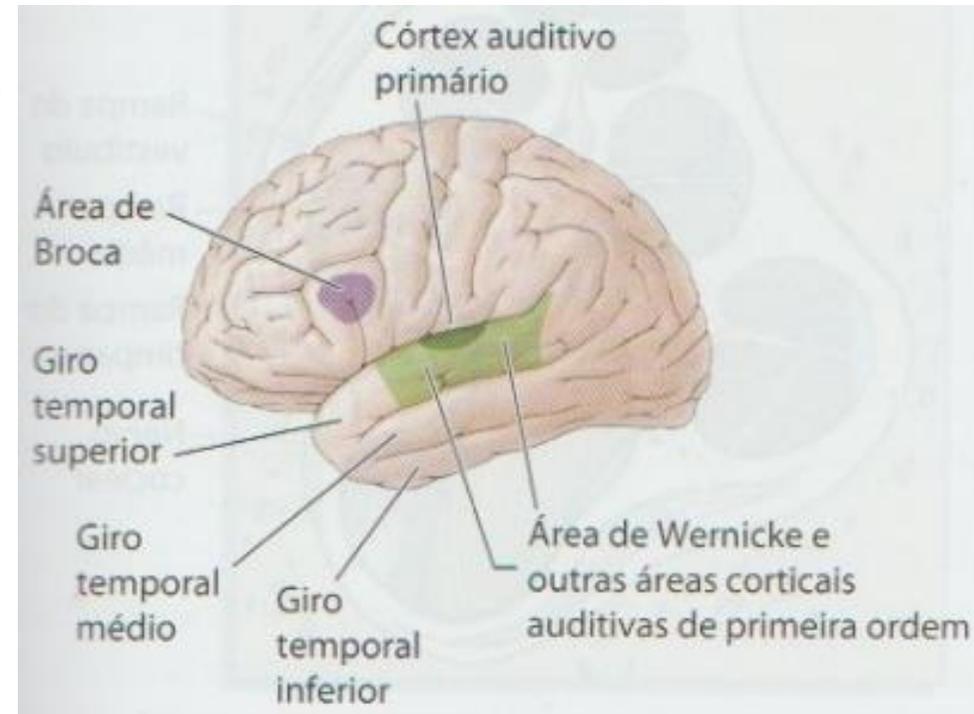
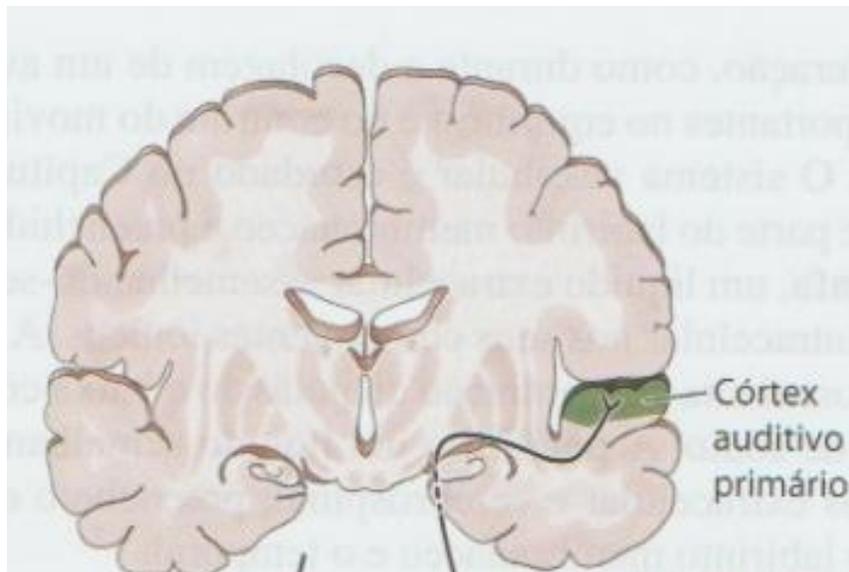
# Sistema Coclear

- *Projeção ao tálamo pelo braço do colículo inferior até o núcleo geniculado medial*
- *Núcleo geniculado medial (tálamo)*
  - *Divisão ventral*
    - *Organização laminar / tonotópica*
    - *Retransmissão auditiva*
  - *Divisões dorsal e medial*
    - *Funções de integração*

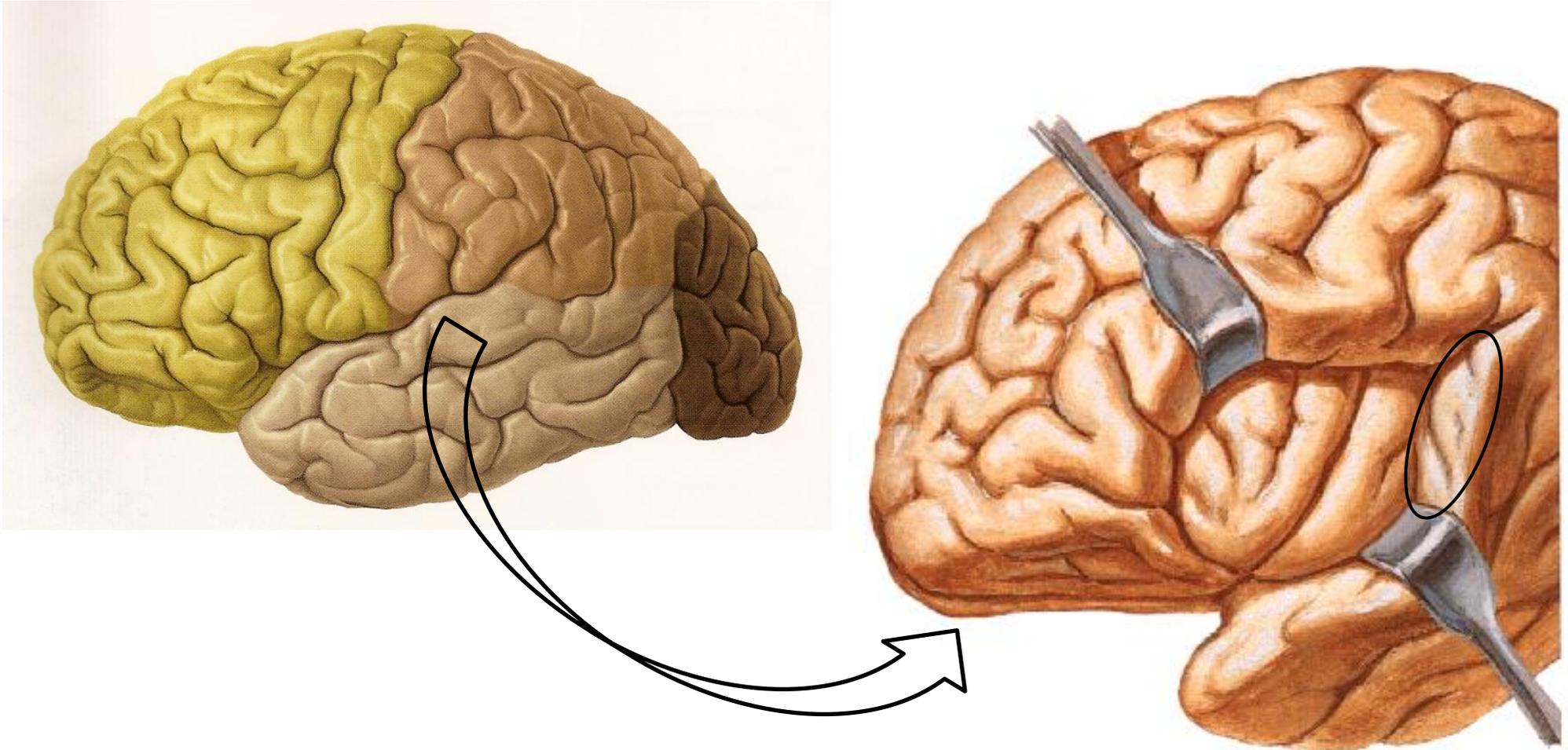


# Sistema Coclear

- *Projeções corticais*
  - *Radiações auditivas / Cápsula interna*
  - *Dois sistemas paralelos*
    - *Córtex auditivo primário (giro de Heschl – lobo temporal)*
      - *Organização tonotópica em colunas de isofrequência*
    - *Áreas auditivas secundárias*
      - *Organização mais complexa*
      - *Interpretação da palavra*



## *Sistema Coclear*

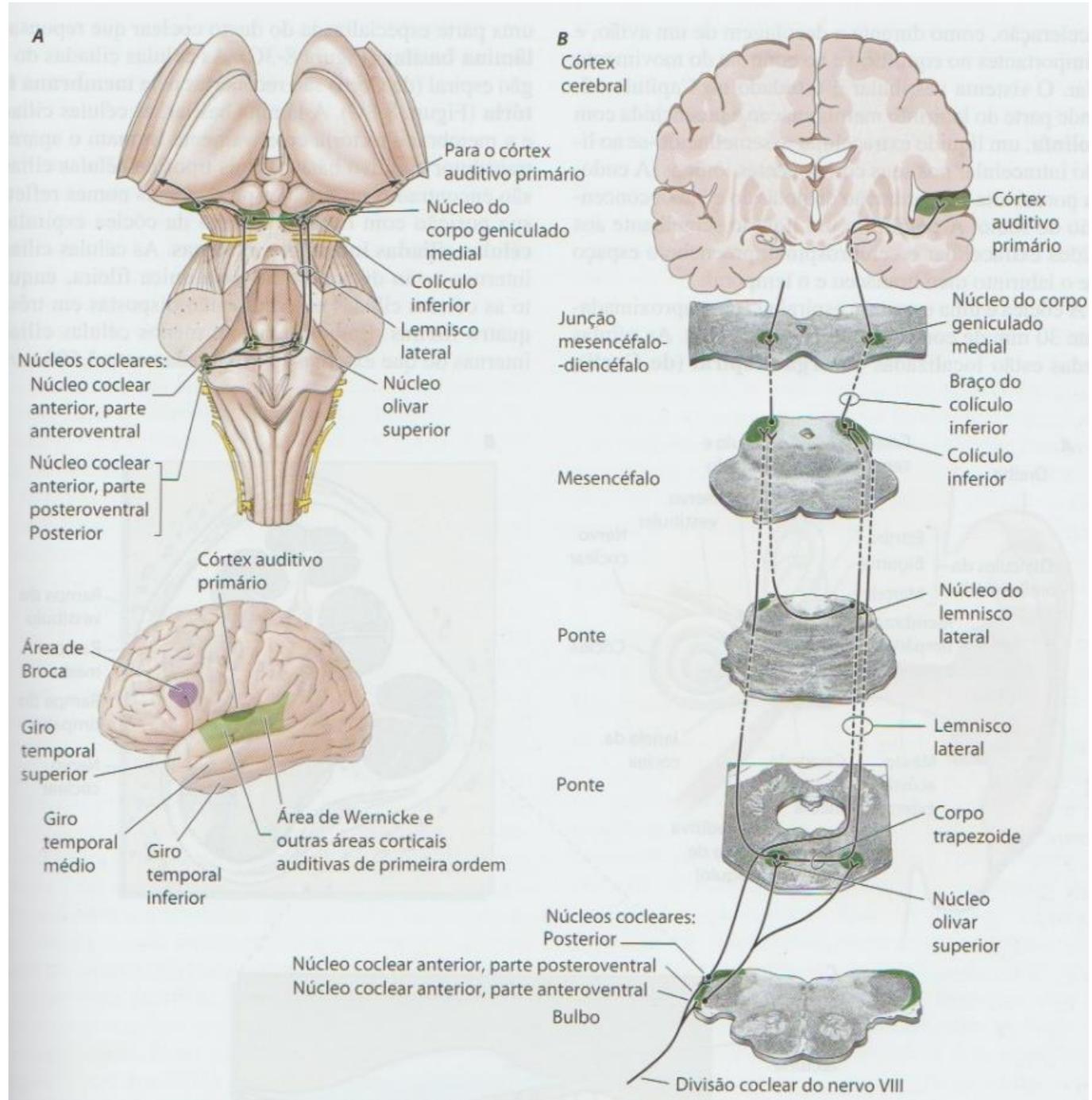


*Córtex auditivo primário (giro de Heschl – lobo temporal)*

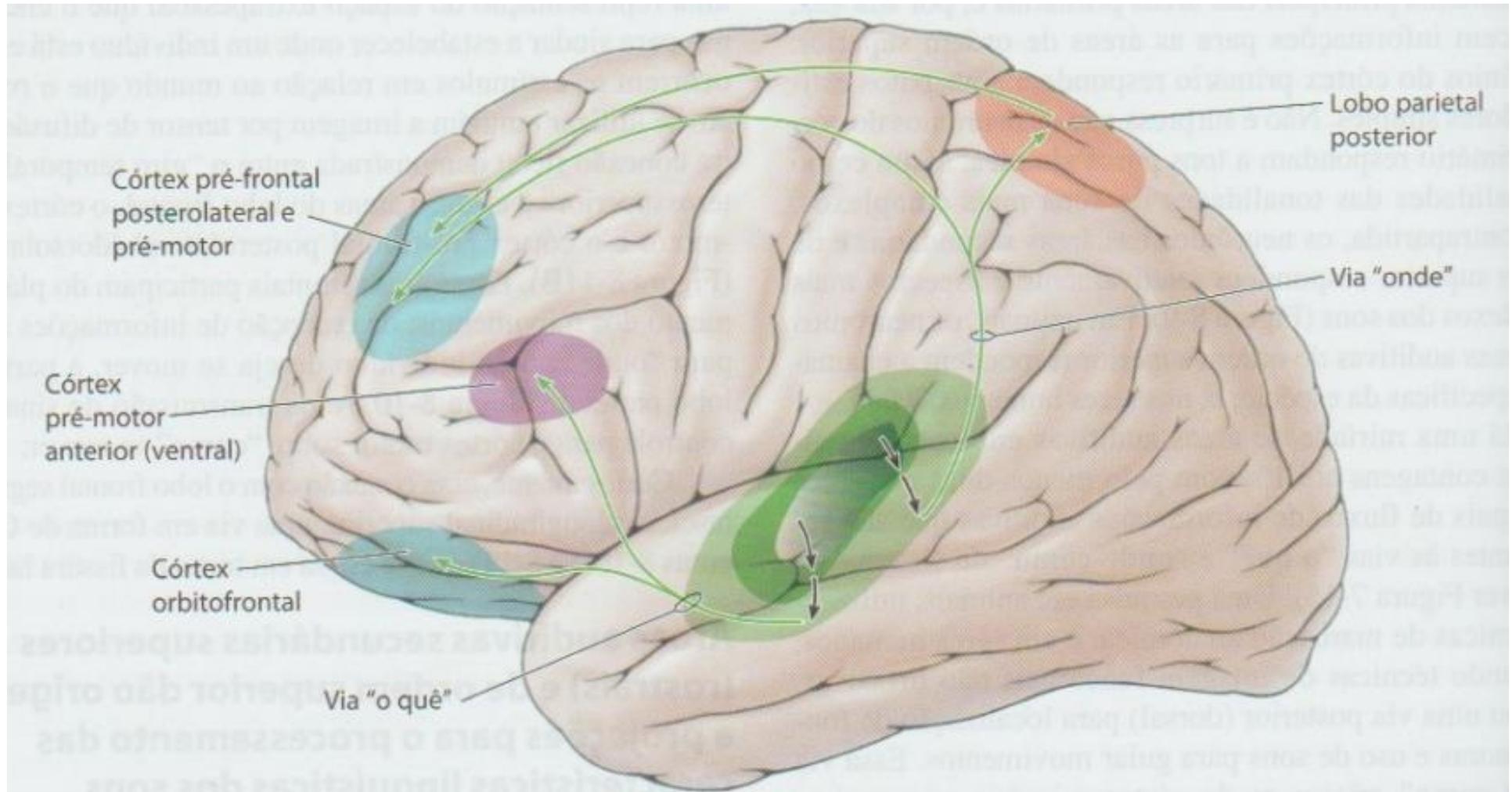
# Sistema Coclear

## Organização do sistema auditivo

- Quatro ou mais neurônios envolvidos desde a periferia até o córtex auditivo (diversas estações intermediárias até o córtex auditivo primário: núcleos cocleares, núcleo olivar superior, núcleo do corpo trapezoide, núcleo do lemnisco lateral, colículo inferior, corpo geniculado medial)
- Projeções bilaterais craniais aos núcleos cocleares de um mesmo ouvido



# Sistema Coclear



*Projeções a partir do córtex auditivo para outras regiões corticais: vias "o que" (fascículo uncinado) e "onde" (fascículo longitudinal superior)*

# Sistema Coclear

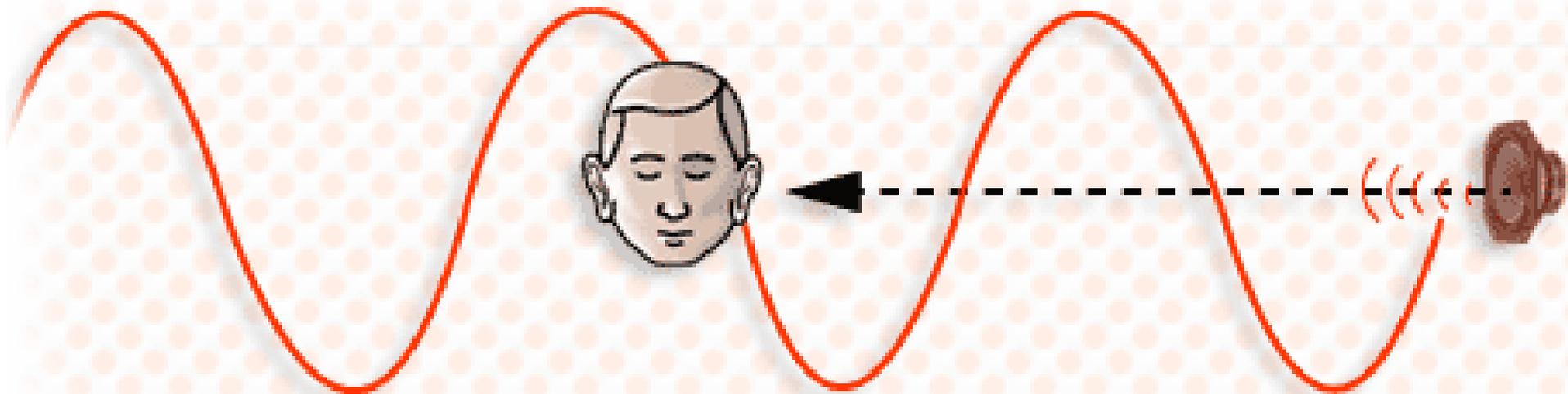
*Localização do som (da fonte sonora)*

➤ **Sons de baixa frequência**

➤ *Diferença de tempo interaural*

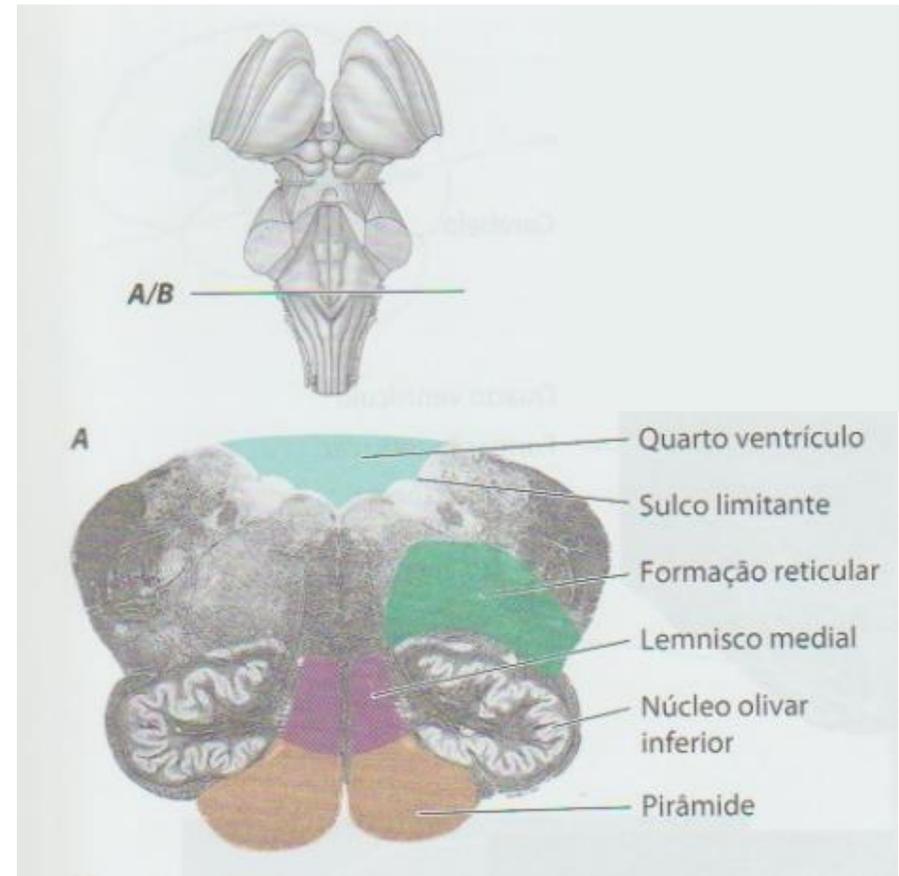
➤ **Sons de alta frequência**

➤ *Diferença de intensidade interaural*

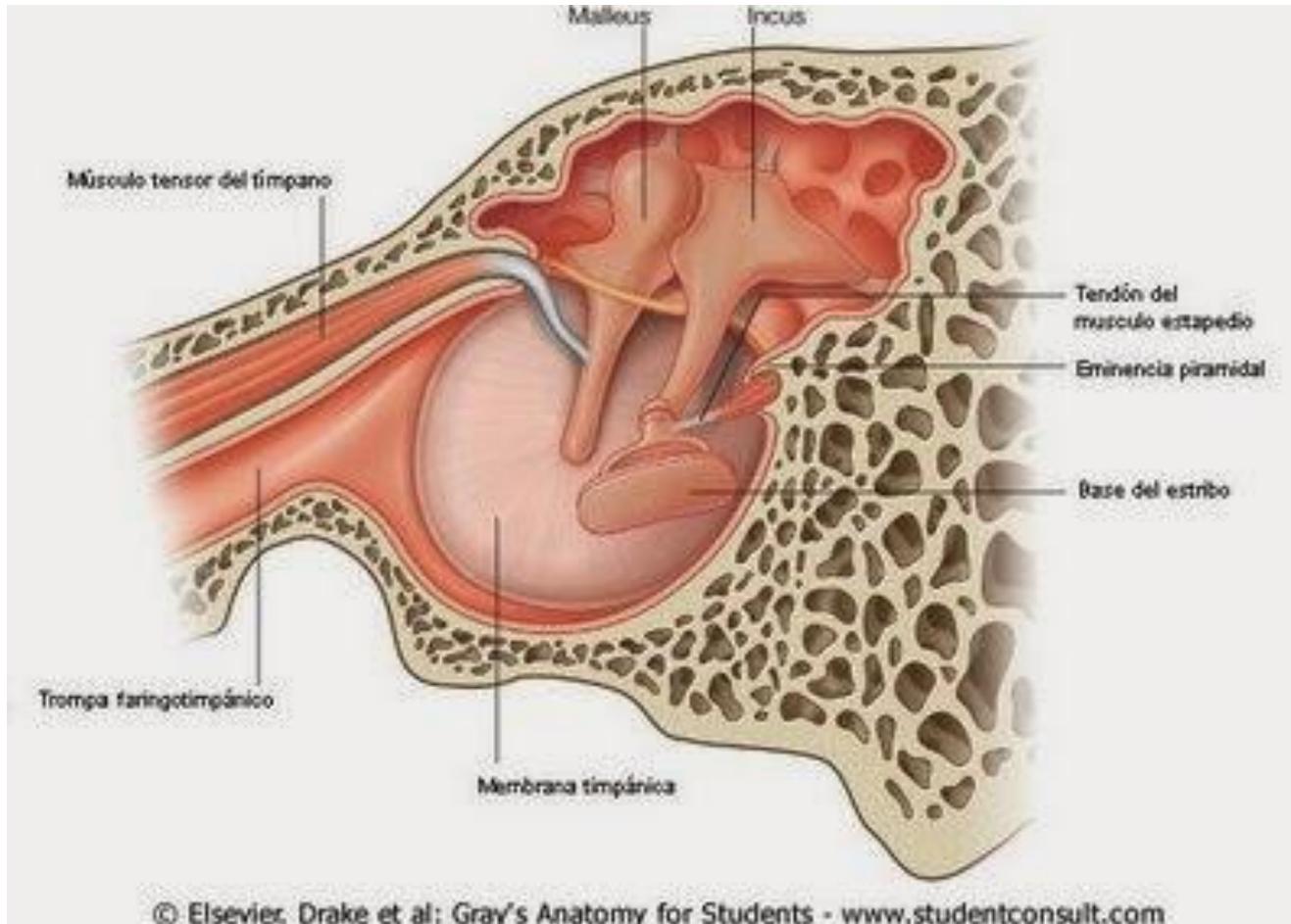


## Sistema Coclear

- *Algumas fibras auditivas penetram na substância reticular do tronco*
- *Reflexos a ruídos intensos (fechamento dos olhos e rotação da cabeça)*



# Sistema Coclear



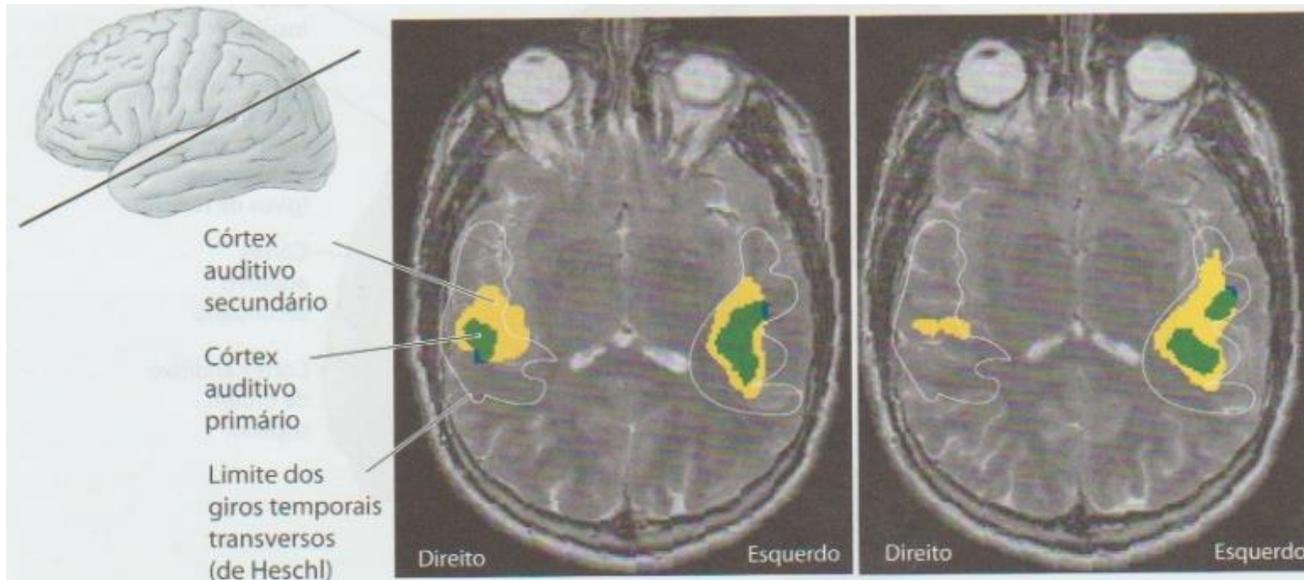
*Músculo estapédio: tendão inserido no colo do estribo. Inervado pelo nervo facial*

*Músculo tensor do tímpano: tendão inserido no cabo do martelo. Inervado pelo nervo trigêmeo.*

*reflexo de atenuação: quando há no ambiente um som muito elevado, esses músculos se contraem, a cadeia de ossículos fica mais rígida e o som fica atenuado.*

# Sistema Coclear

- Lesões
  - Do lemnisco lateral até córtex auditivo
    - Diminuição bilateral (surdez parcial)
    - Pior na orelha contralateral

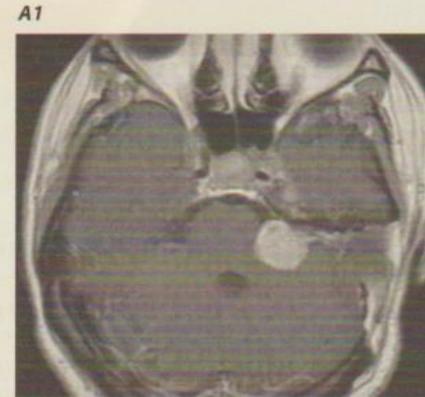


*Ressonância magnética funcional (fMRI)*

# Sistema Coclear

## Lesões

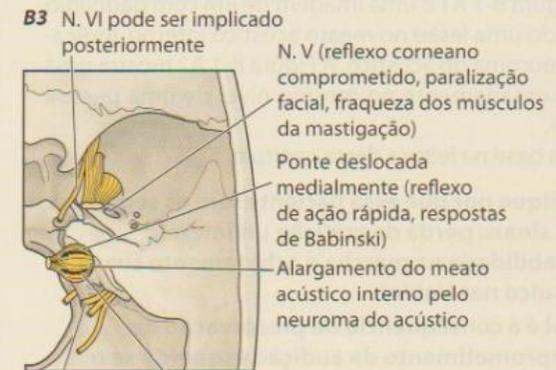
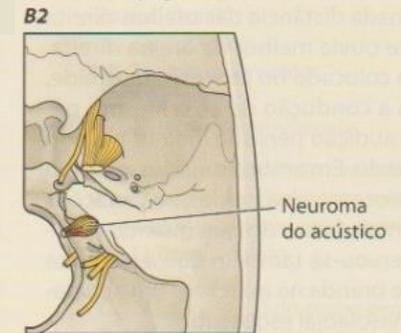
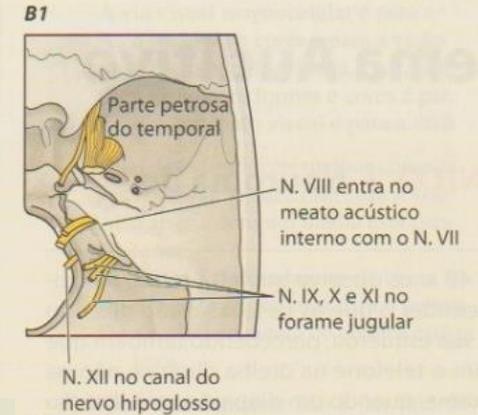
- Surdez completa somente se lesão no nervo coclear ou nos núcleos cocleares
  - Neurinoma do acústico (tumor do VIII° nervo)
  - Lesão de núcleos cocleares envolve lesões de outras estruturas adjacentes
  - Surdez homolateral



RM de paciente com Neuroma do acústico



RM de paciente normal

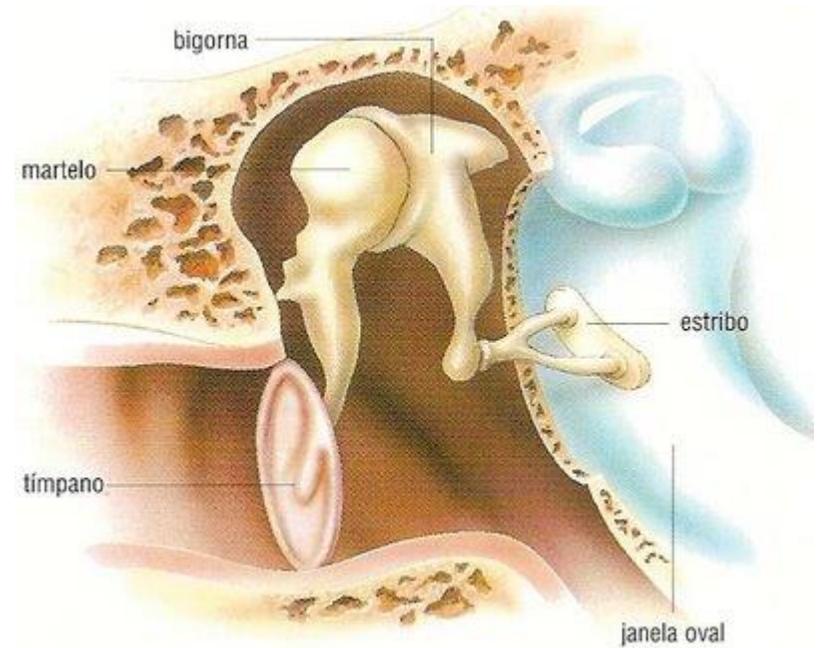


N. IX pode ser implicado posteriormente

Lobo direito do cerebelo comprimido, ataxia ipsilateral dos membros, marcha instável, pendendo para o lado direito

# Sistema Coclear

- **Lesões**
  - *Surdez de condução*
    - *Doença da orelha média (cadeia de ossículos)*
    - *Otosclerose ou infecções*



## **SISTEMA VESTIBULAR**



A **vida** é como andar de bicicleta...  
para ter equilíbrio você tem que se manter  
em movimento. Albert Einstein

## *Sistema Vestibular*

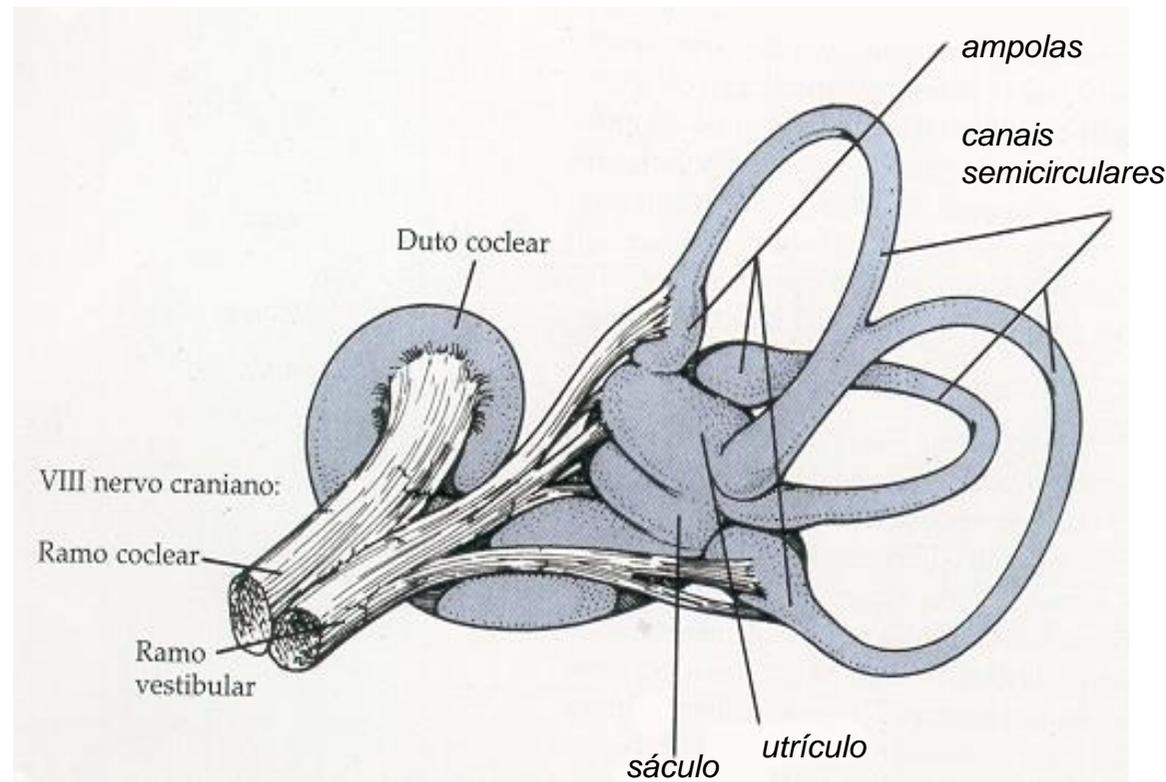
- *Equilíbrio*
- *Posição da cabeça e olhos*
  - *Movimento linear da cabeça*
  - *Movimento angular da cabeça*



# Sistema Vestibular

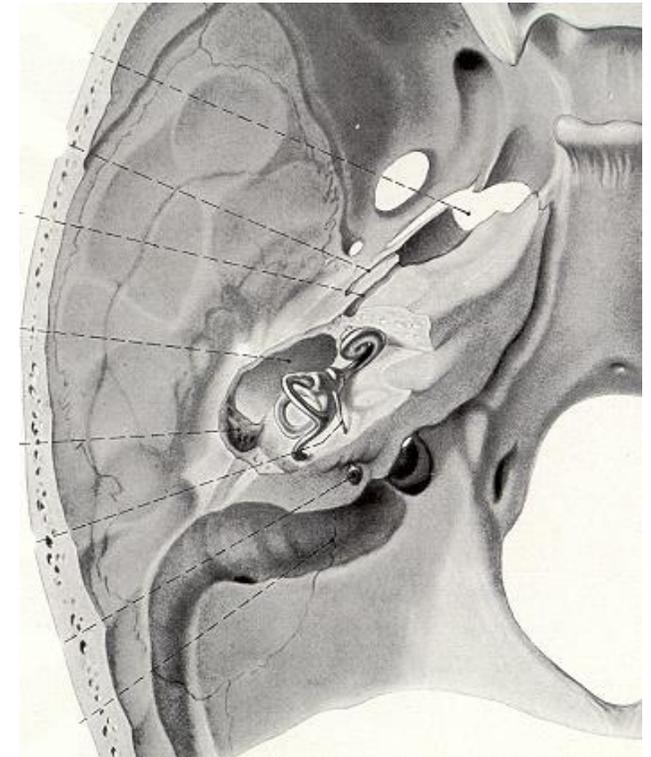
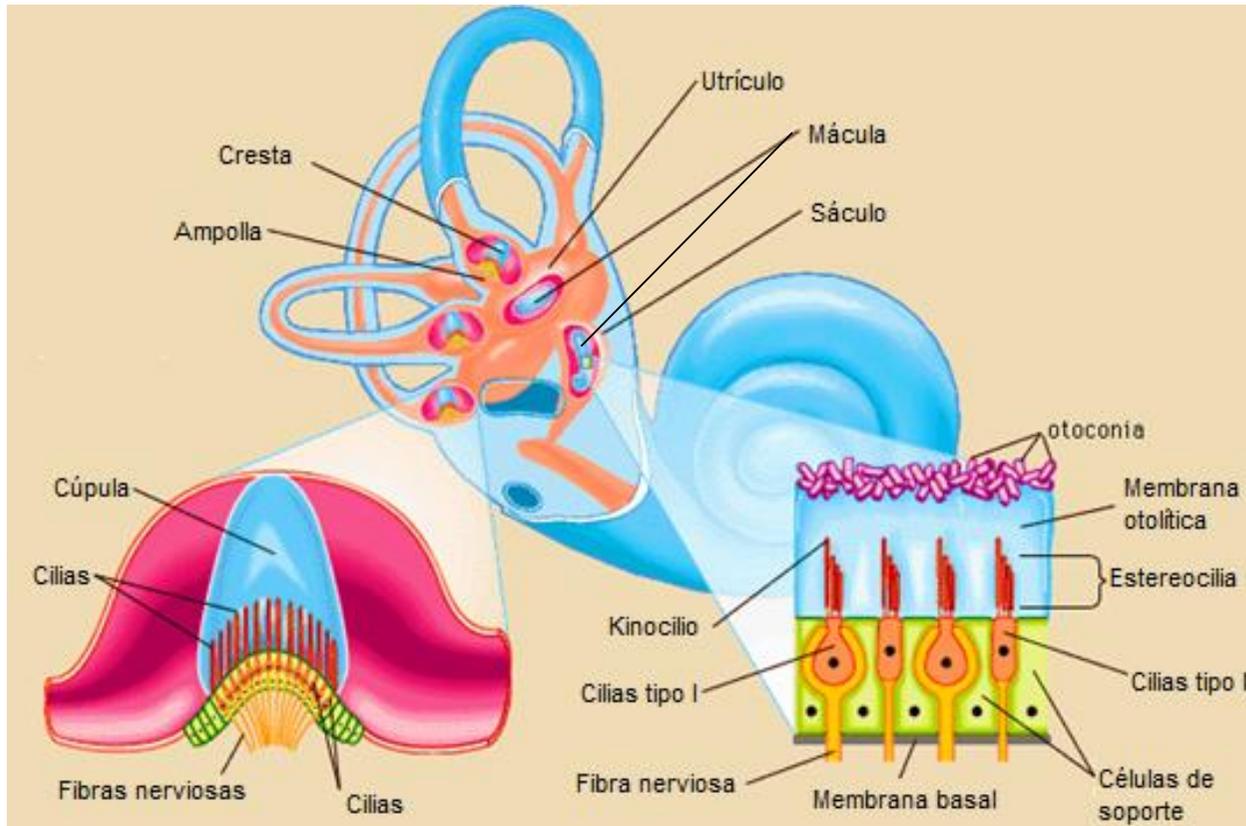
## Composição do aparelho vestibular periférico

- Canais semicirculares (três)
  - Utrículo
  - Sáculo
- 
- Células sensoriais:
    - nas ampolas dos canais semicirculares
    - nas máculas do utrículo e do sáculo



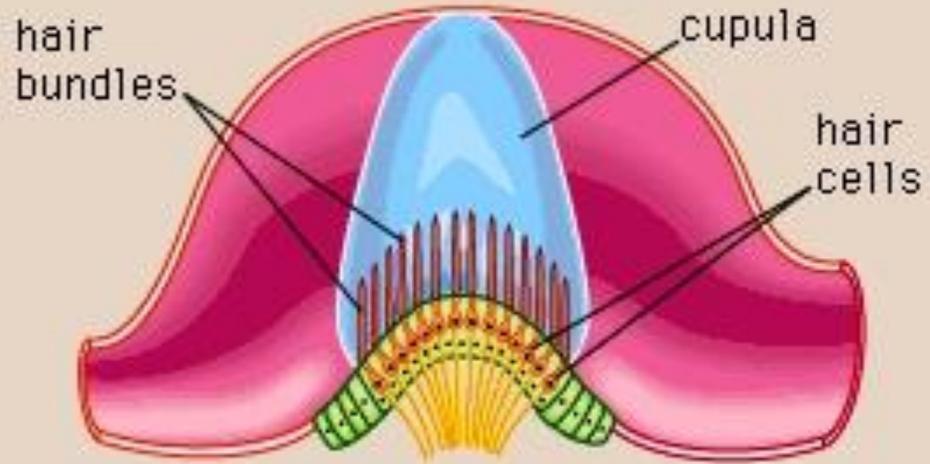
# Sistema Vestibular

- *Aparelho vestibular periférico*
  - *Labirinto membranoso no interior do labirinto ósseo*
  - *Células sensoriais com estereocílios apicais, mergulhados na cúpula gelatinosa*



# Sistema Vestibular

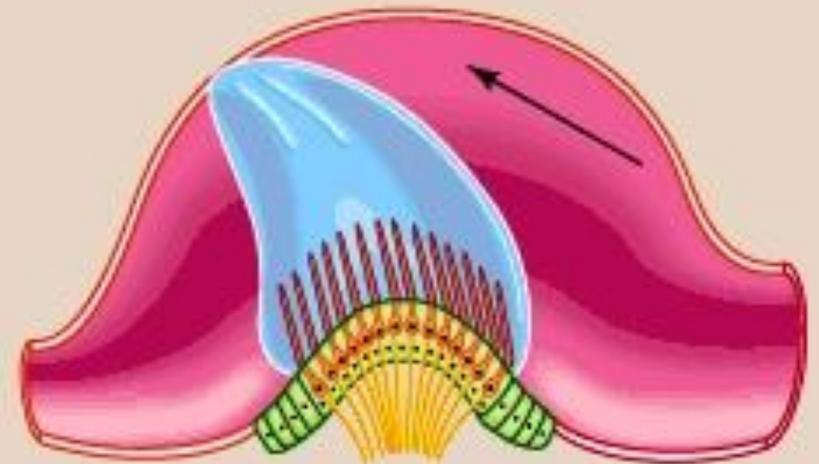
**A**



**stationary section  
of the crista  
of the horizontal canal**



**stationary**



**rotating section  
of the crista  
of the horizontal canal**

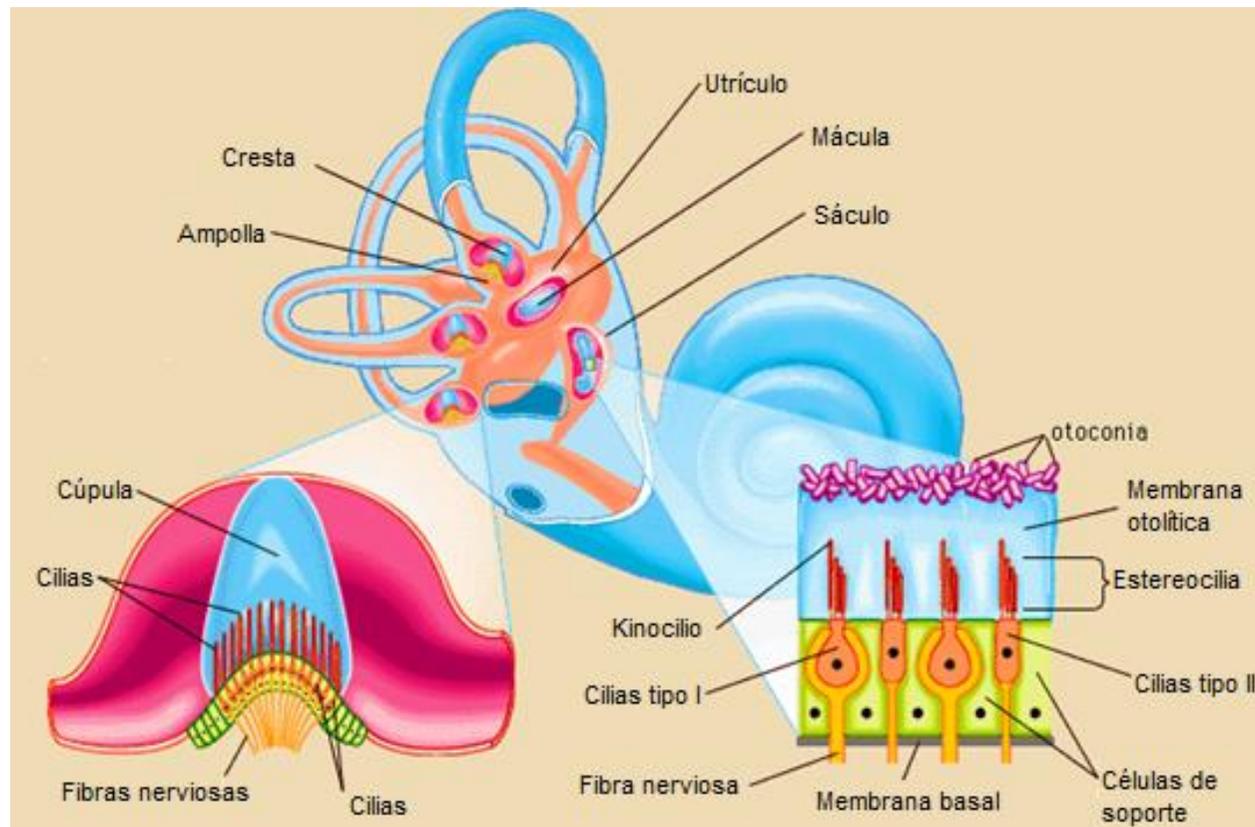


**rotating**

# Sistema Vestibular

## ➤ Aparelho vestibular periférico

- No utrículo e sáculo existem cristais de carbonato de cálcio no material gelatinoso = otólitos
- Canais semicirculares, utrículo e sáculo com orientação espacial diferente em relação à cabeça, “cobrindo os 3 planos cartesianos”



# Sistema Vestibular

## Canais semicirculares

*cada um dos 3 canais posicionam-se em ângulo reto em relação aos outros. São preenchidos por líquido e contêm um órgão sensorial denominado crista, recoberta pela cúpula gelatinosa.*

*quando a cabeça se move, o líquido nos canais desloca a cúpula, estimulando as terminações nervosas da crista*

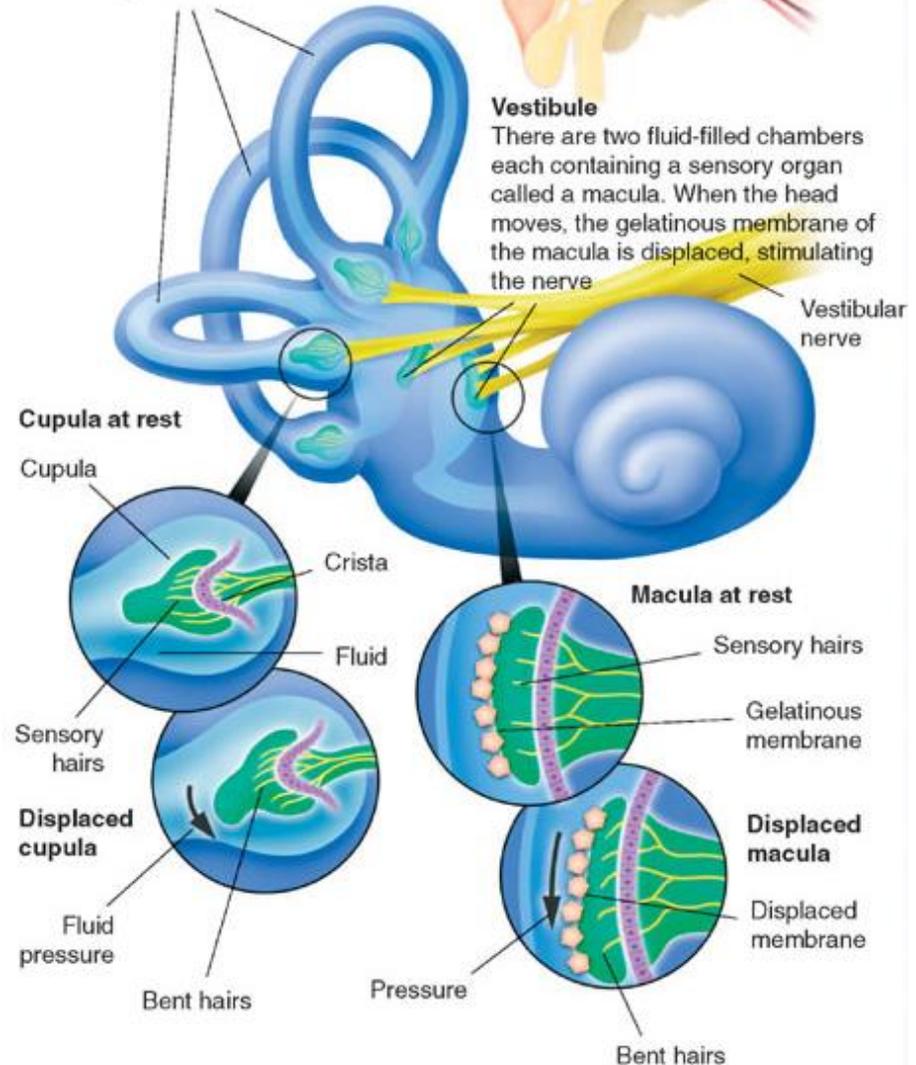
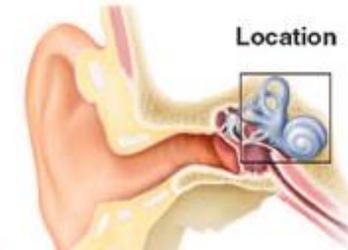
## Vestíbulo

*as duas câmeras (utrículo e sáculo) são preenchidas por líquido. Cada uma contém um órgão sensorial chamado mácula. Quando a cabeça se move, a membrana gelatinosa da mácula se desloca, estimulando as terminações nervosas.*

### Semicircular canals

The three semicircular canals lie at right angles to each other. The canals are fluid filled and each contains a sensory organ called a crista, which is capped by the cupula

When the head moves, the fluid in the canals displaces the cupula, stimulating the nerves in the crista



# Sistema Vestibular

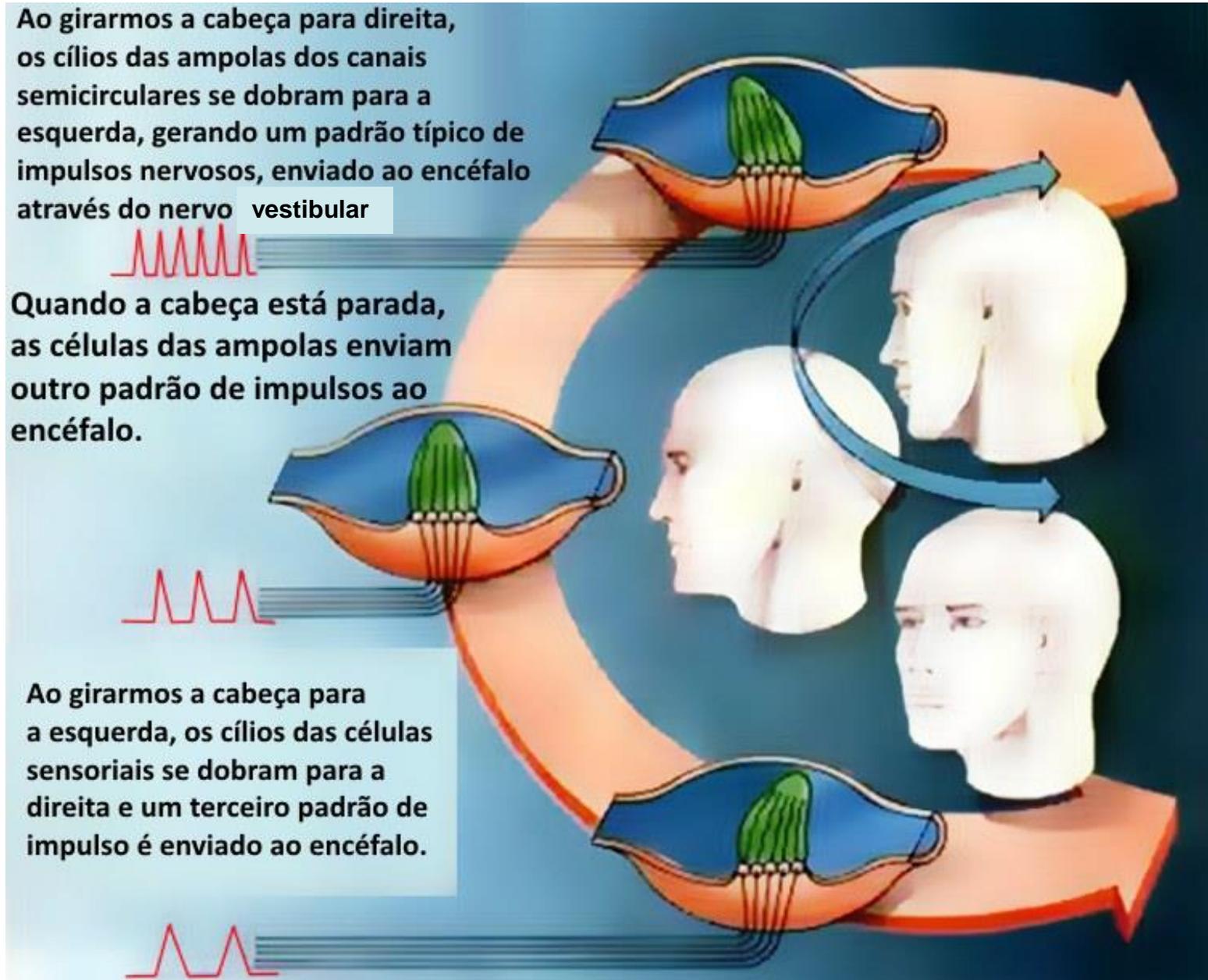
Ao girarmos a cabeça para direita, os cílios das ampolas dos canais semicirculares se dobram para a esquerda, gerando um padrão típico de impulsos nervosos, enviado ao encéfalo através do nervo vestibular



Quando a cabeça está parada, as células das ampolas enviam outro padrão de impulsos ao encéfalo.



Ao girarmos a cabeça para a esquerda, os cílios das células sensoriais se dobram para a direita e um terceiro padrão de impulso é enviado ao encéfalo.

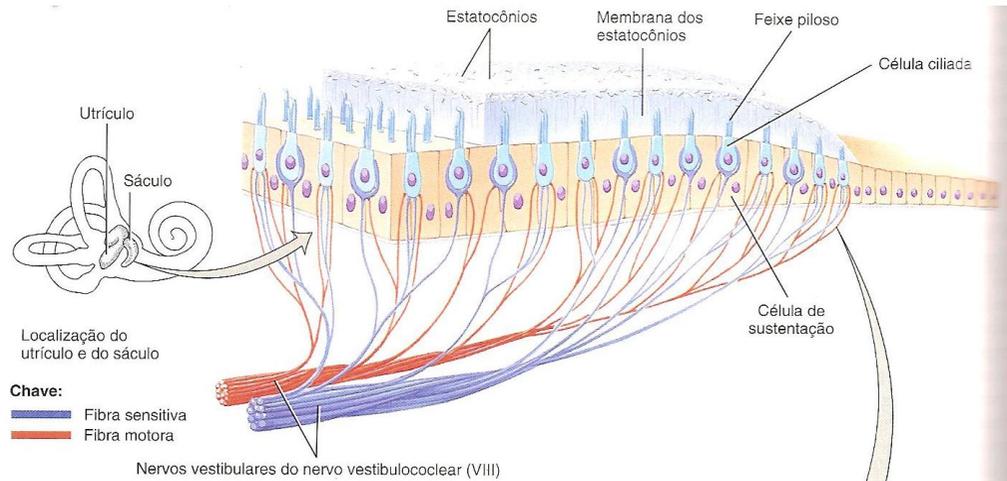


# Sistema Vestibular

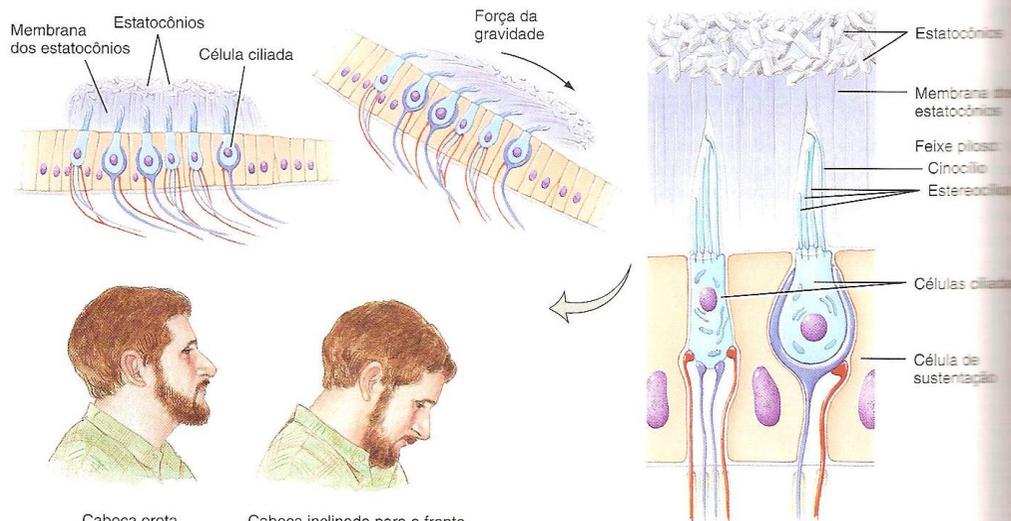
- *Aparelho vestibular periférico*
  - *Deslocamento dos estereocílios = sensação de movimento*
  - *Canais semicirculares = movimento angular da cabeça*
  - *Utrículo e sáculo = movimento linear*



# Sistema Vestibular



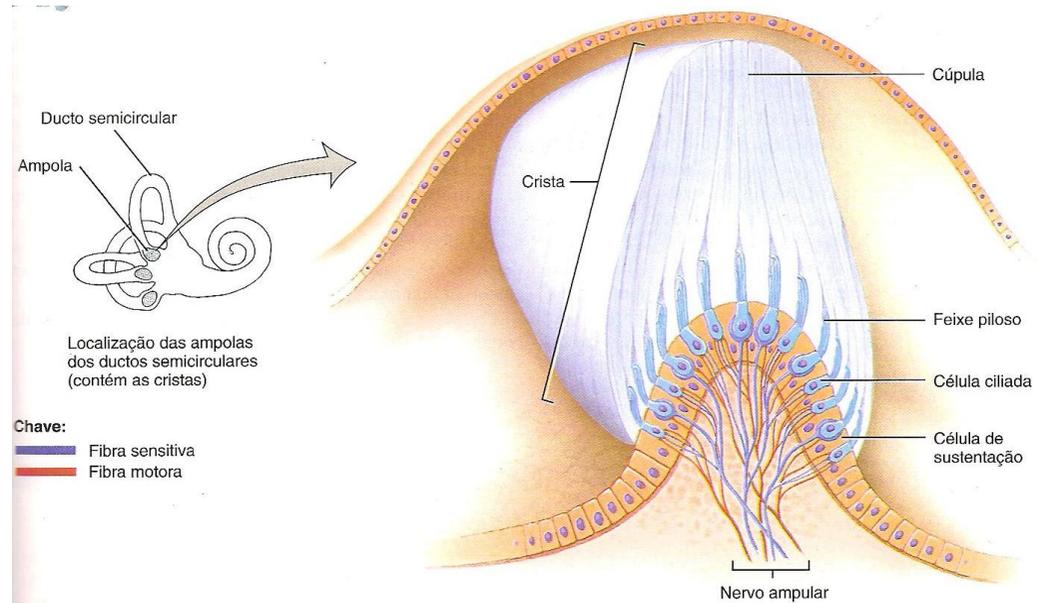
(a) Estrutura geral de um corte na mácula



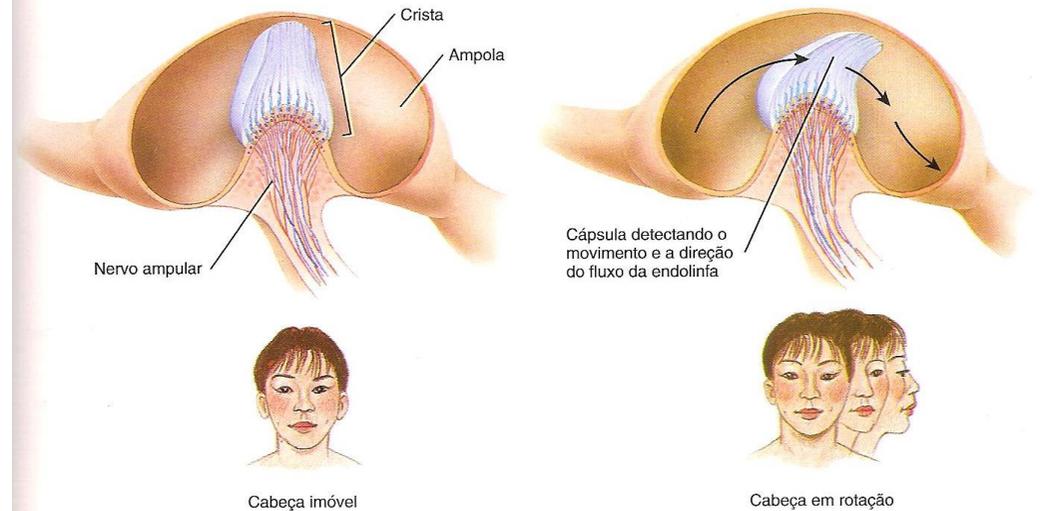
(b) Detalhes de duas células ciliadas



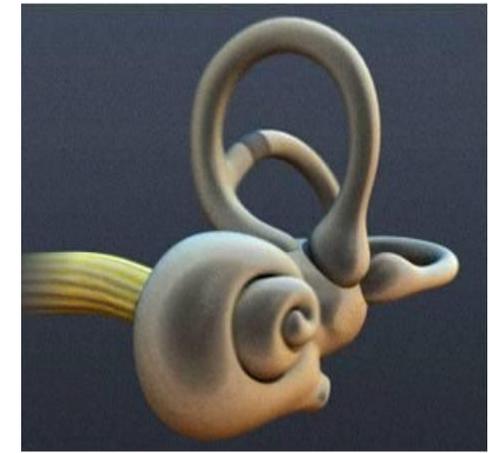
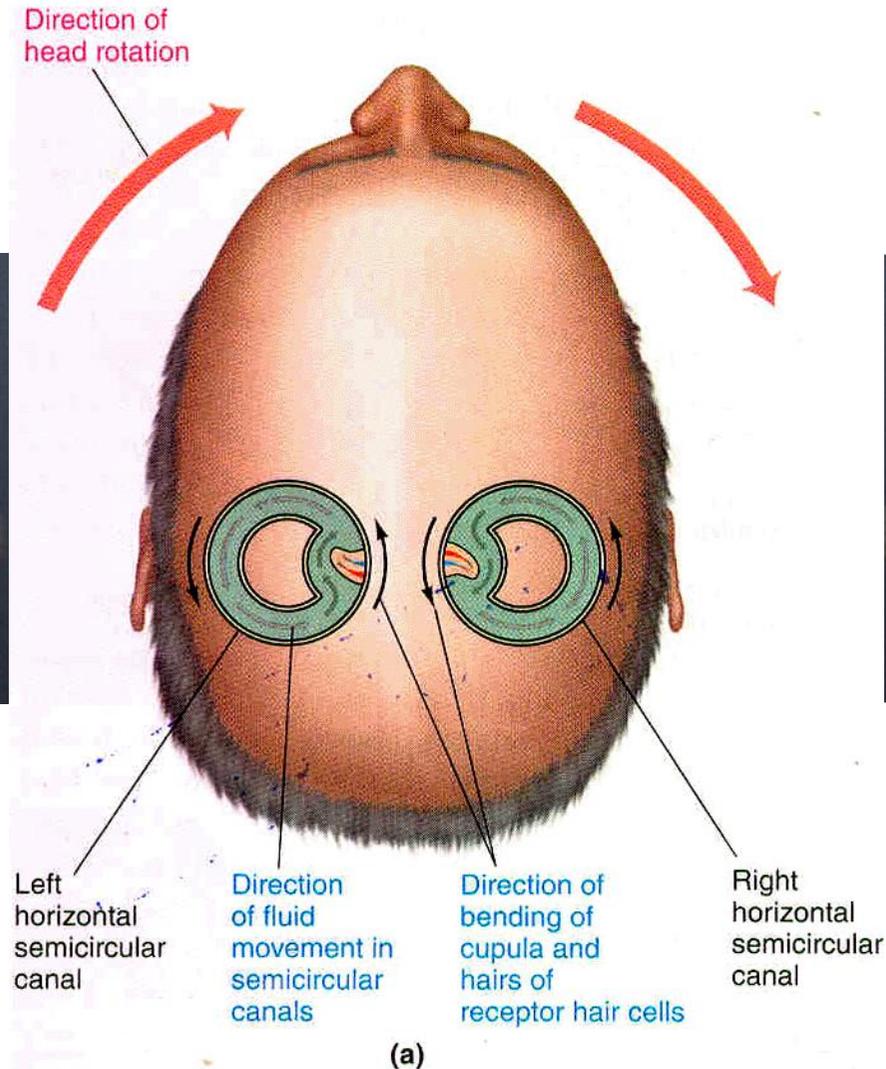
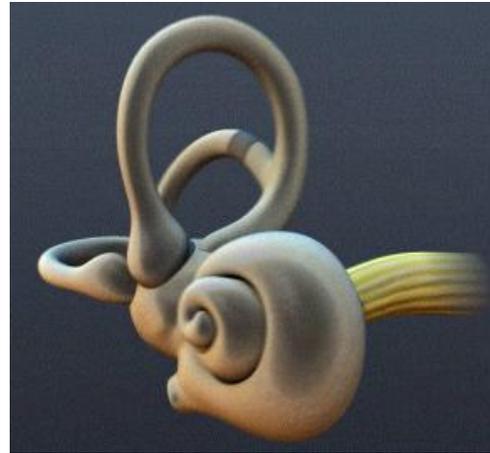
(c) Posição da mácula, com a cabeça ereta (esquerda) e com a cabeça inclinada para a frente (direita)



(a) Detalhes de uma crista

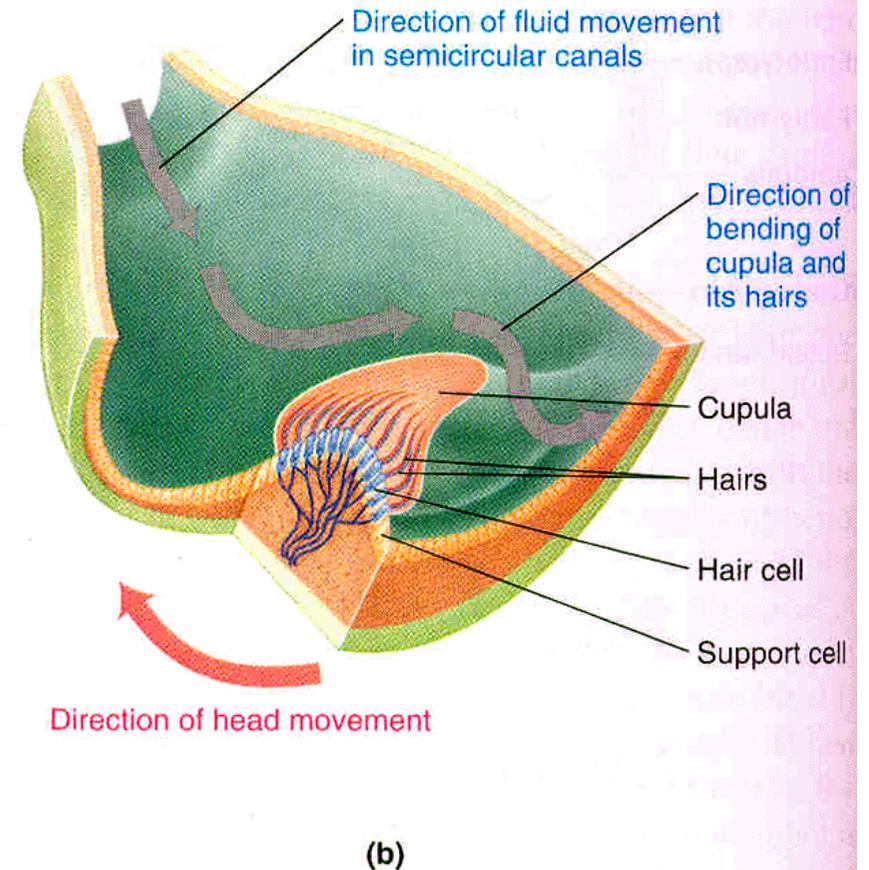
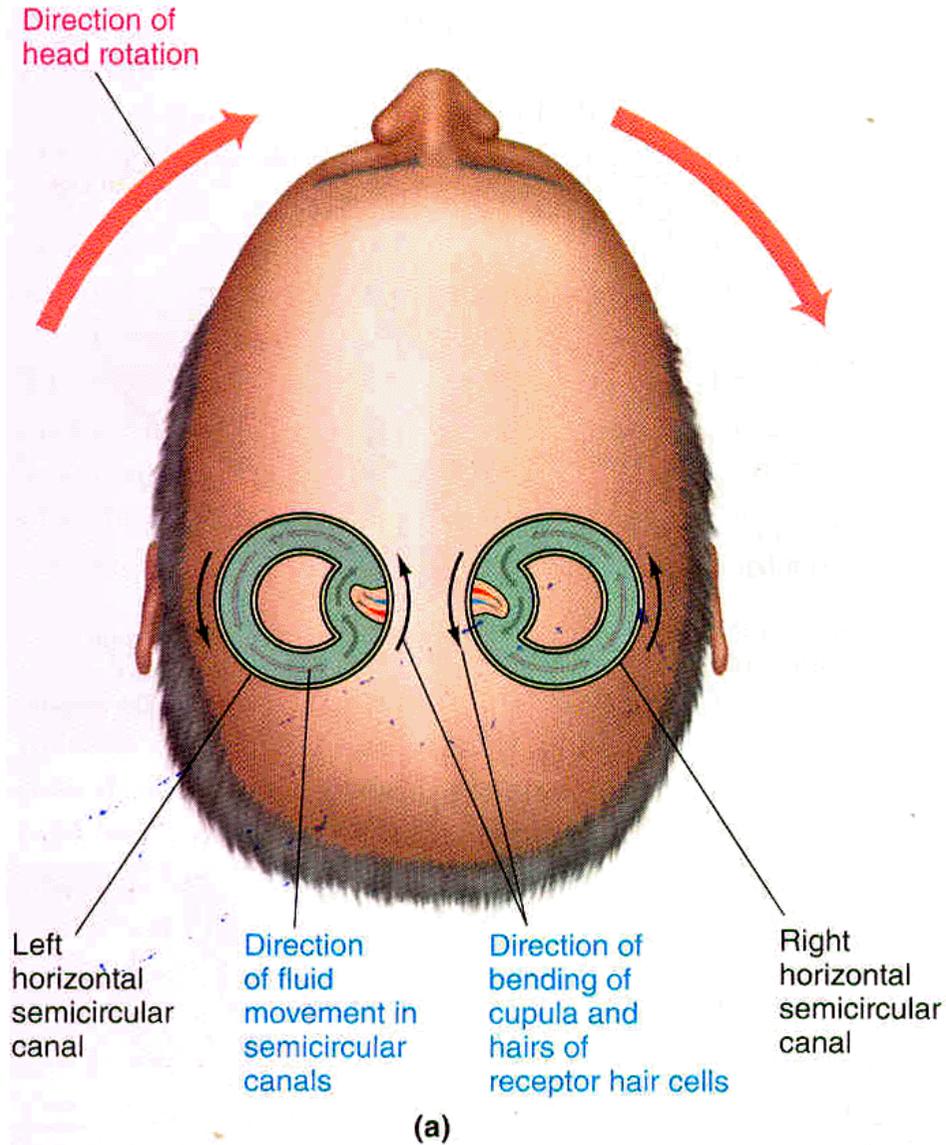


# Sistema Vestibular



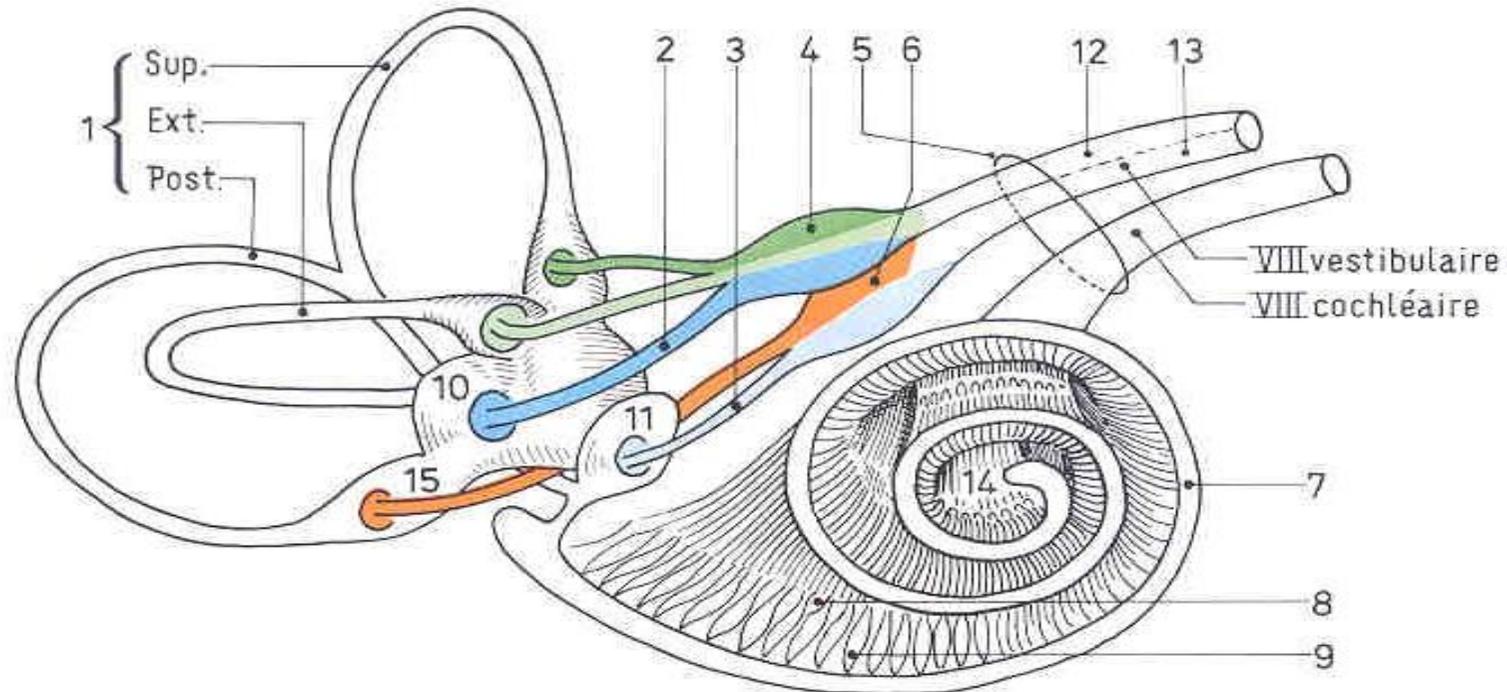
*Os canais semicirculares das duas orelhas internas trabalham em consonância. Em um determinado movimento da cabeça, a cúpulas gelatinosa do canal semicircular de uma orelha move-se em sentido inverso à cúpula do canal semicircular de correspondência na orelha contralateral.*

# Sistema Vestibular



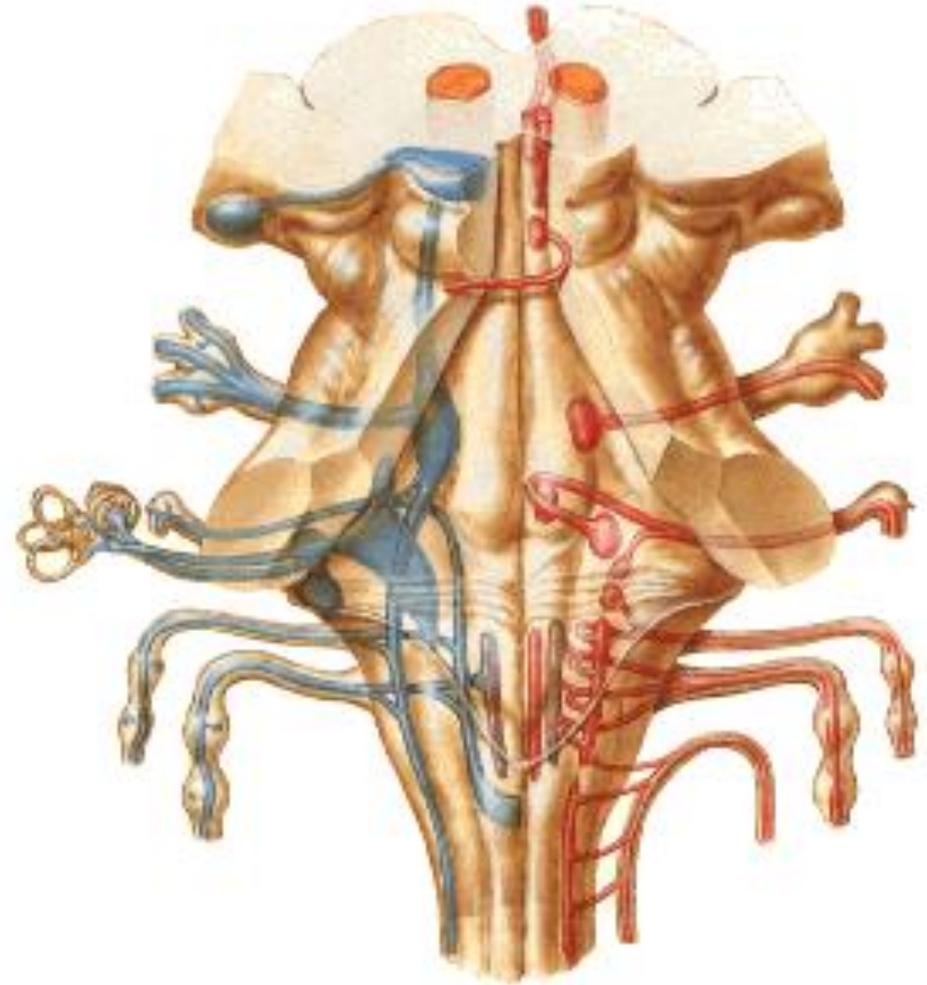
# Sistema Vestibular

- *Células sensoriais*
  - *Inervadas por neurônios bipolares, com corpo celular no gânglio vestibular (Scarpa) e prolongamentos centrais constituindo a divisão vestibular do VIII nervo craniano*



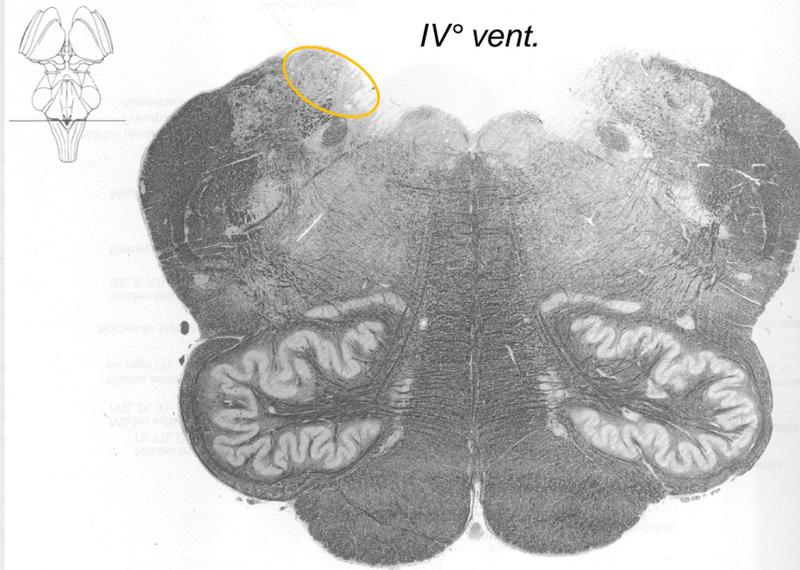
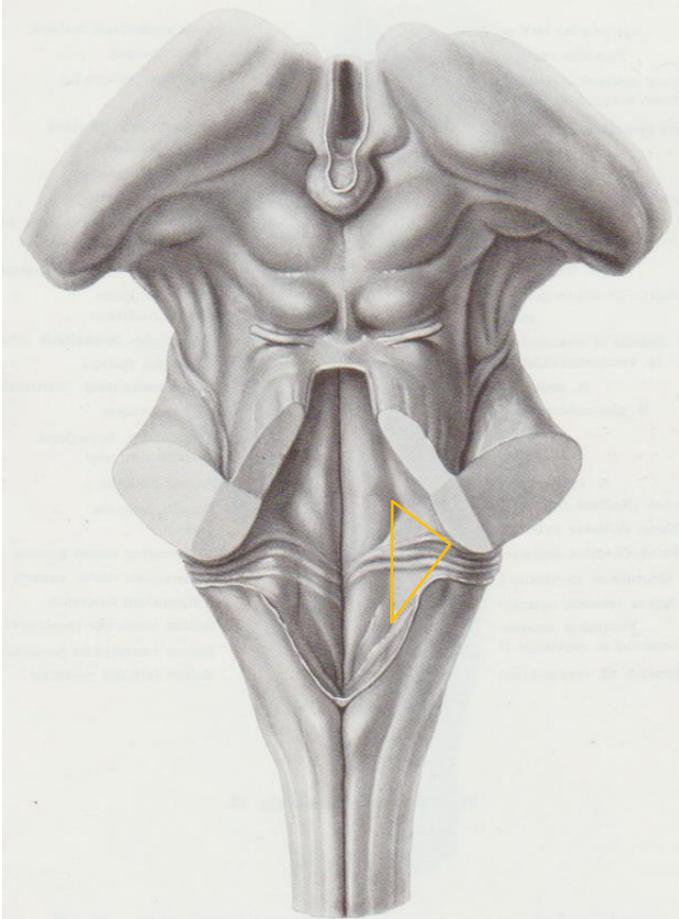
## *Sistema Vestibular*

- *Nervo vestibulococlear (VIII)*
  - *Penetra no tronco encefálico lateralmente à junção pontocerebelar*
  - *Divisão vestibular termina nos 4 núcleos vestibulares (porções rostral do bulbo e caudal da ponte)*

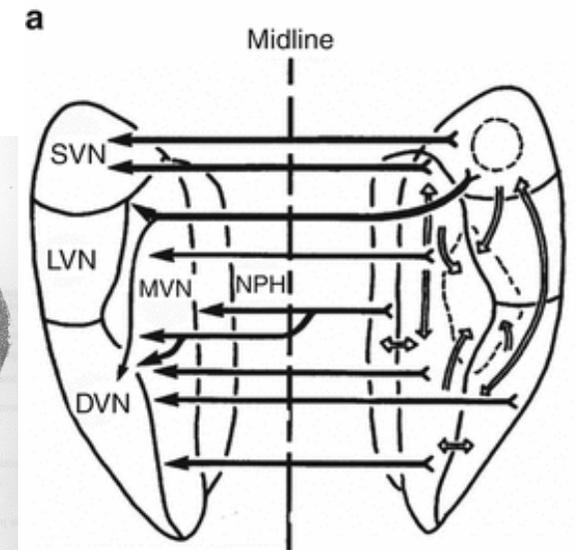


# Sistema Vestibular

- Núcleos vestibulares
  - Localizados no assoalho do IV° ventrículo, dorsolateralmente
  - São quatro: inferior / lateral / medial / superior
  - Estão conectados com mesmo lado (conexões intrínsecas) e com lado oposto (conexões comissurais)

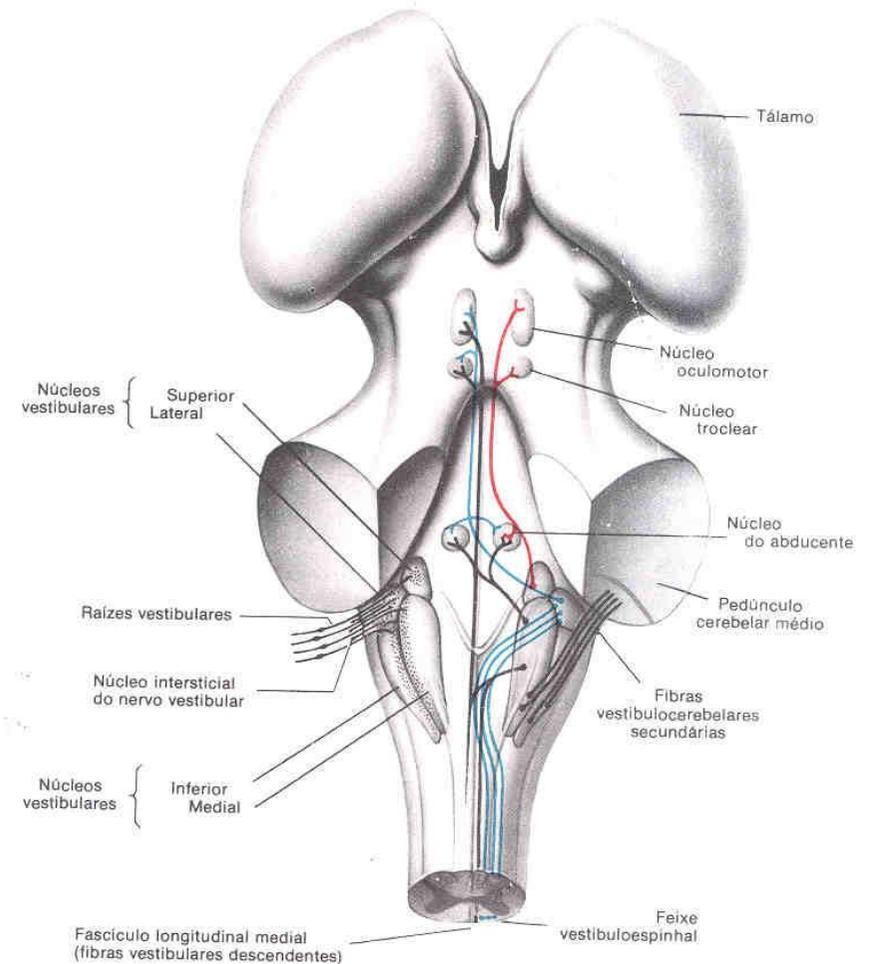


*Bulbo cranial*

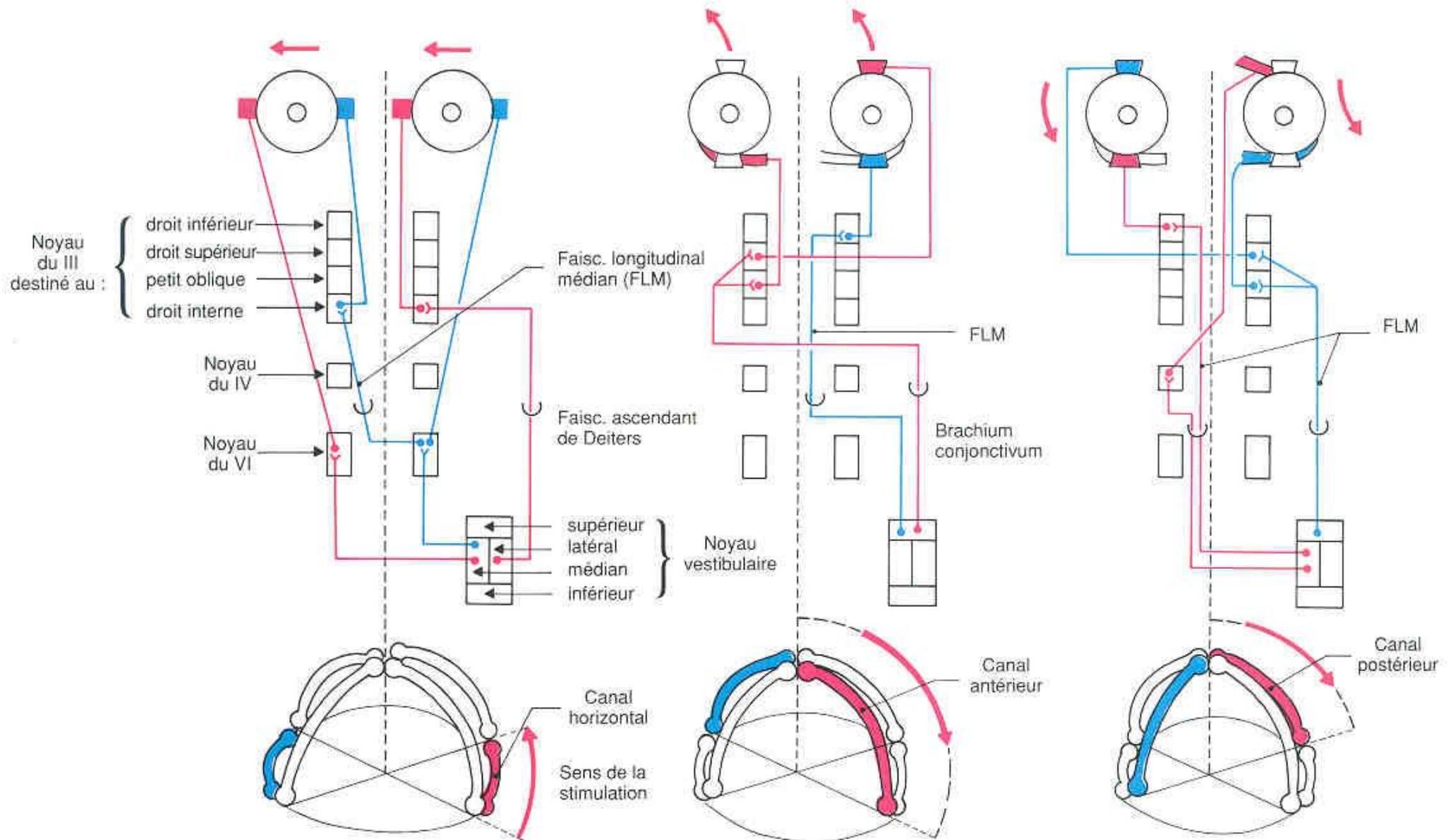


# Sistema Vestibular

- Projeções dos núcleos vestibulares
  - 1. Tratos vestibuloespinais
    - projeção para medula espinhal para controle dos músculos das extremidades e axiais (núcleos lateral e medial)
  - 2. Conexões para núcleos envolvidos no controle dos músculos extra-oculares (III, IV, VI)
    - Fascículo longitudinal medial (FLM)

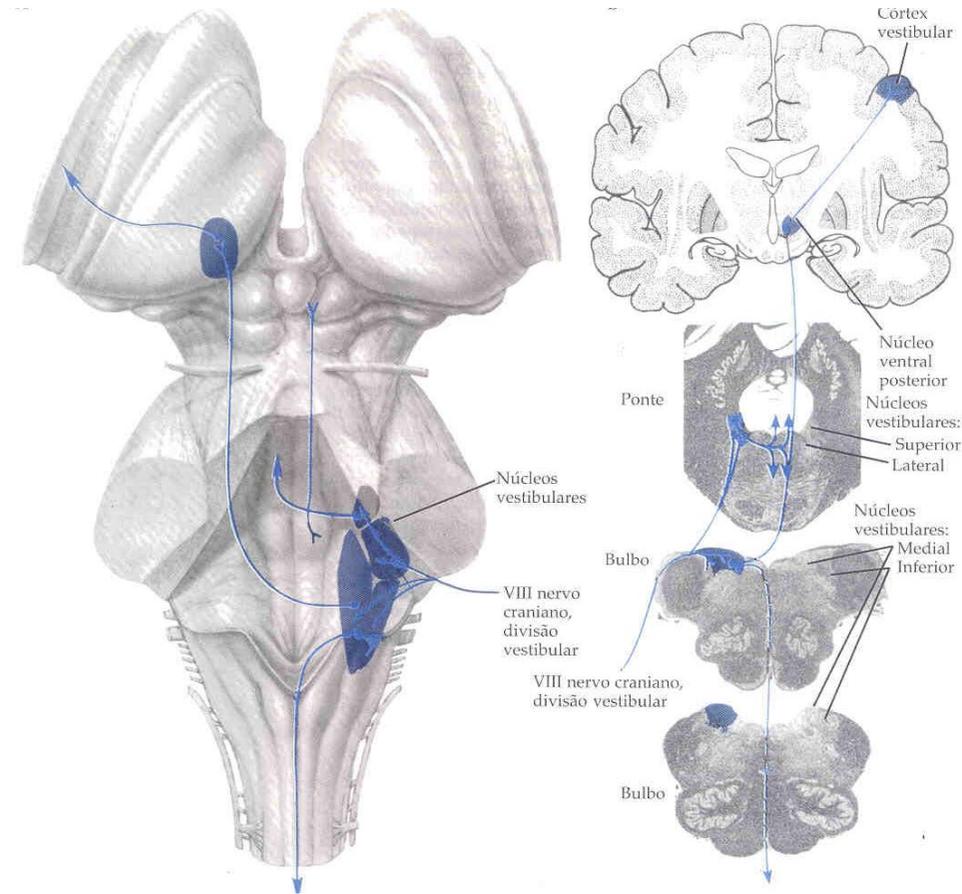


# Sistema Vestibular



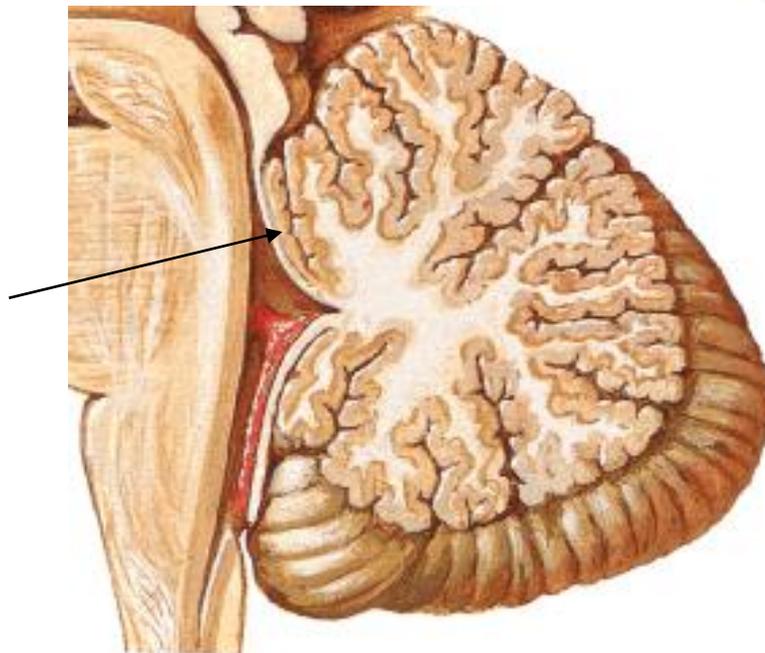
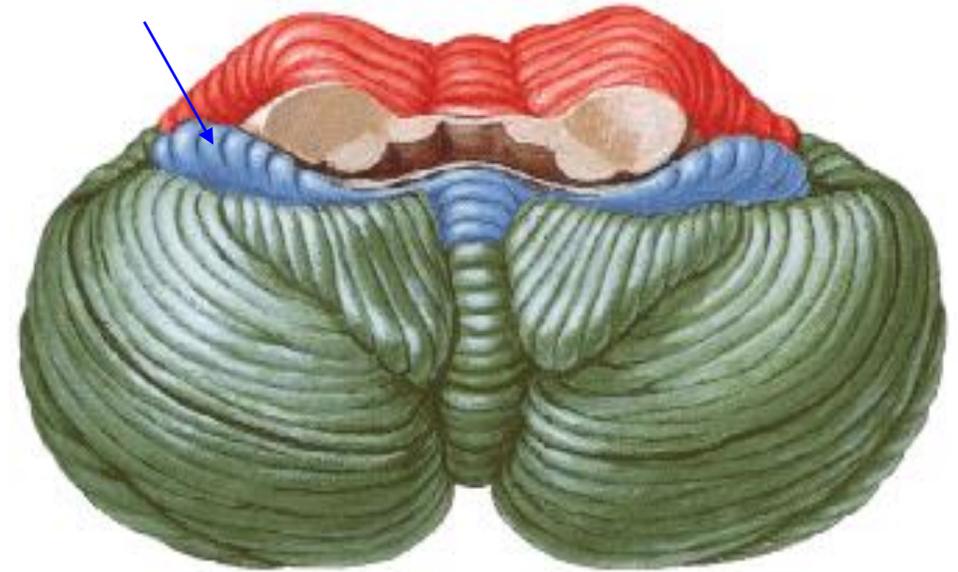
# Sistema Vestibular

- Projeções dos núcleos vestibulares
  - **3. Ascendente talamocortical**
    - *Tálamo = Núcleo ventral posterior*
    - *Córtex parietal (áreas 5 e 7): integração com informações de receptores sensitivos somáticos de músculos e articulações (posição do corpo no espaço, controle dos movimentos, percepção da aceleração do corpo e sensação de vertigem)*

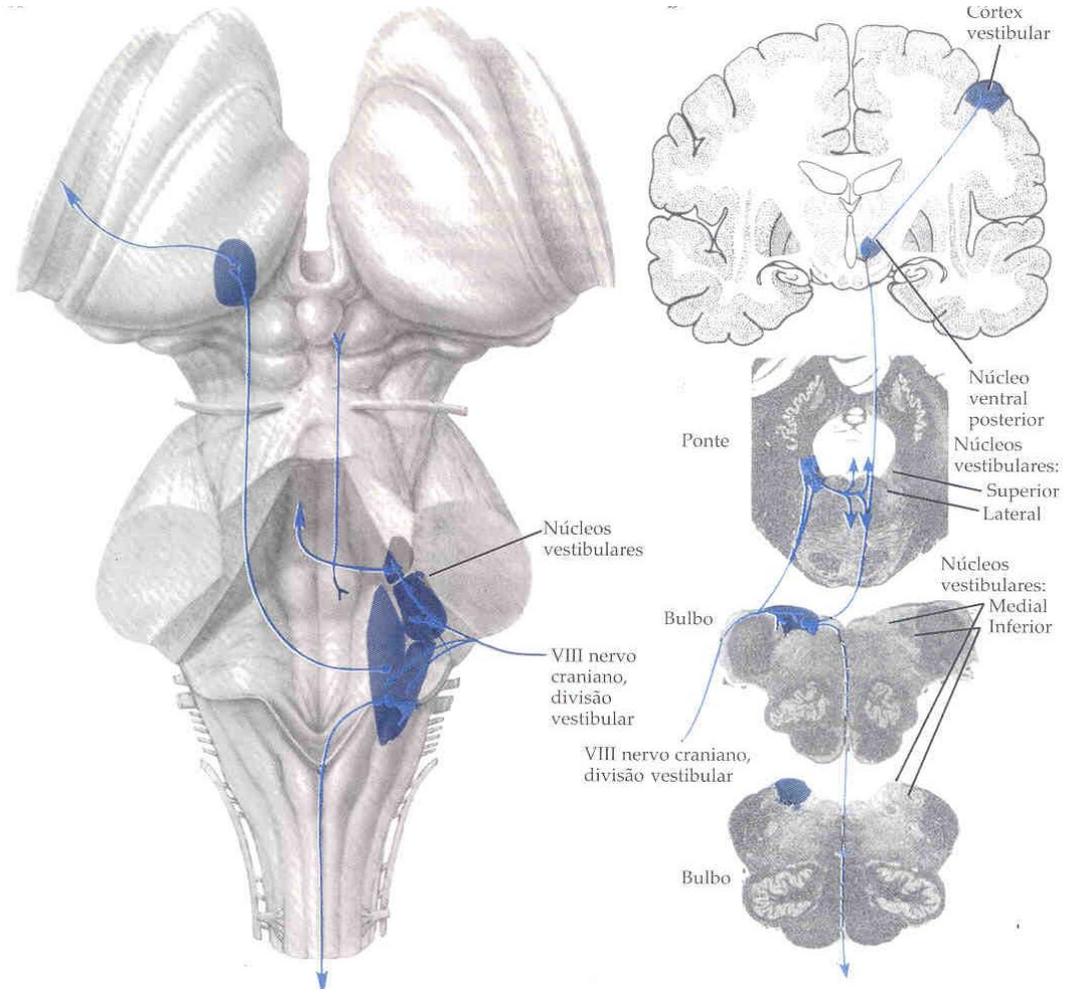
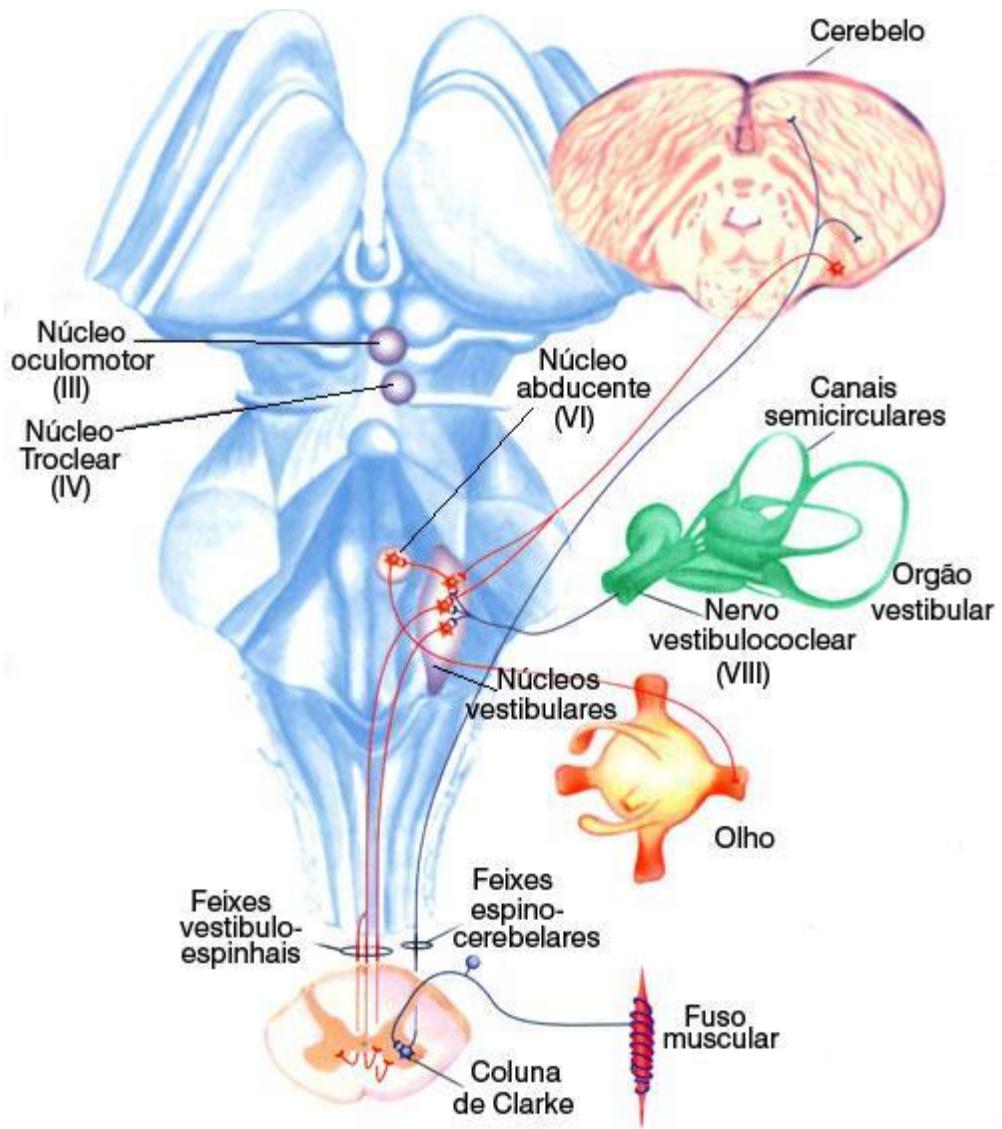


# Sistema Vestibular

- Projeções dos núcleos vestibulares
  - **4. Cerebelo**
    - Coordenação da cabeça com movimentos dos olhos e equilíbrio
    - Projeções para lobo floculonodular e para a língula (verme)



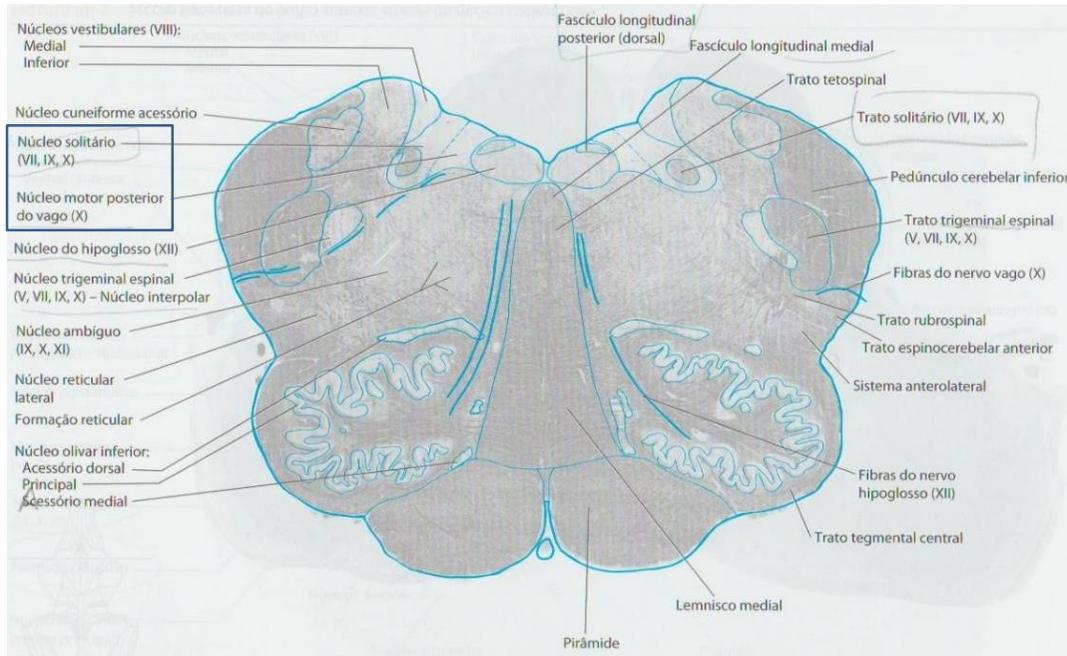
# Sistema Vestibular



Quatro projeções dos núcleos vestibulares

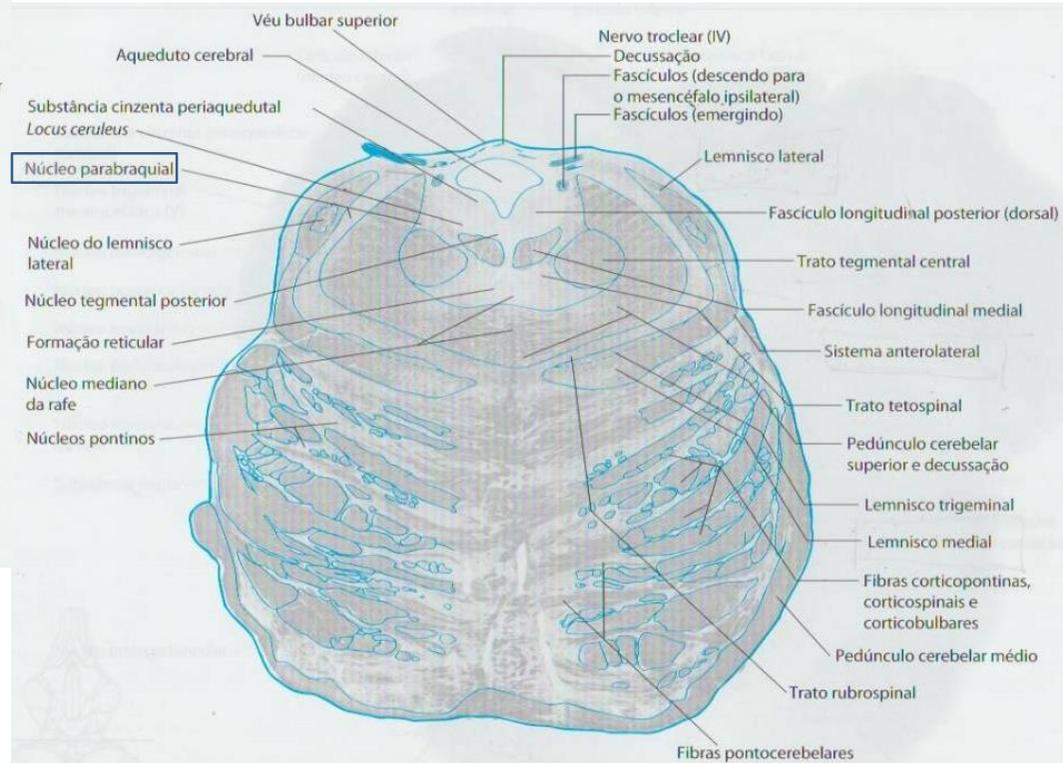
# Sistema Vestibular

O sistema vestibular tem ainda um papel importante na regulação da pressão arterial em resposta às alterações na postura corporal e gravidade. Essa regulação se faz através de conexões vestibulares com os centros de integração visceral do tronco encefálico (núcleos solitário, do nervo vago e parabraquial), que, por sua vez, regulam a função da divisão autônoma do sistema nervoso.



Bulbo cranial

## Istmo pontino



# Sistema Vestibular

## ➤ Lesões

### ➤ Estimulação labiríntica

- *Vertigens*
- *Disbasia*
- *Desvios da marcha*
- *Alterações posturais*
- *Desvios dos globos oculares*
- *Nistagmo*

