

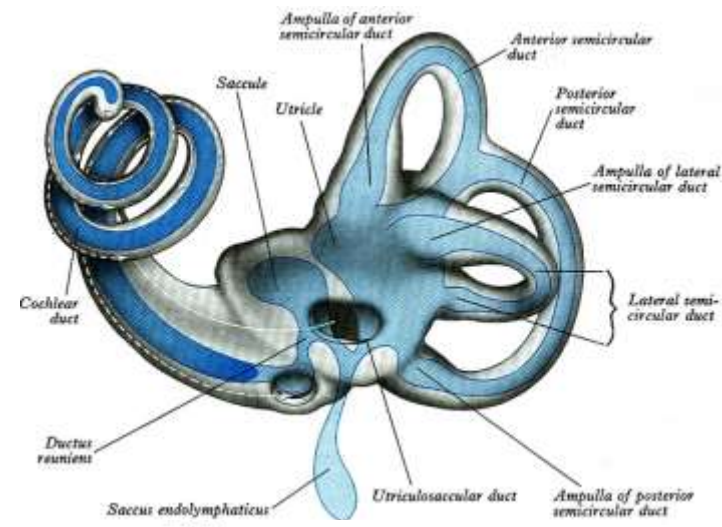
## Орган на слуха и равновесието 2

1. Вътрешно ухо – ципест лабиринт
2. Вестибуларен апарат
3. Ципест охлюв. Кортиев орган
4. Слухово-сензорна система
5. Вестибуларно-сензорна система



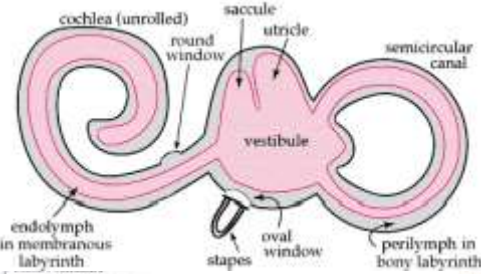
# Labyrinthus membranaceus

- система от постлани с нисък епител
- кухини с ектодермален произход
- разположение – в кухините на костния лабиринт
- изпълнен с ендолимфа
- заобиколен от перилимфа – *spatium perilymphaticum*



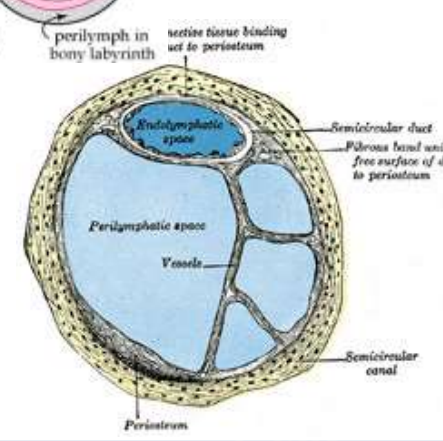
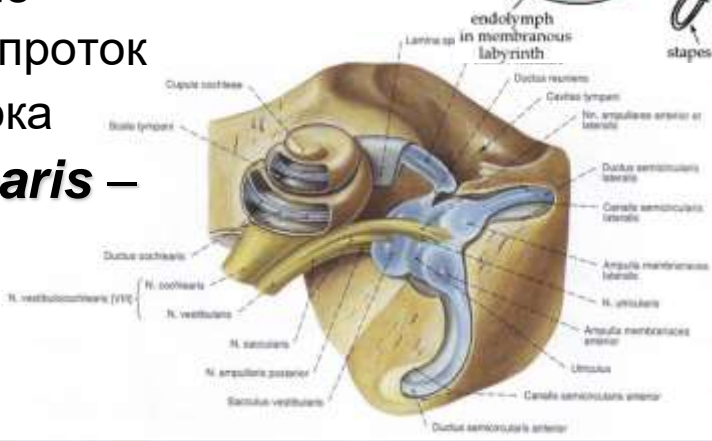
✓ ***labyrinthus vestibularis*** –

- в предверието на костния лабиринт – *utricle et sacculus*
- ендолимфатичен проток
- три ципести протока

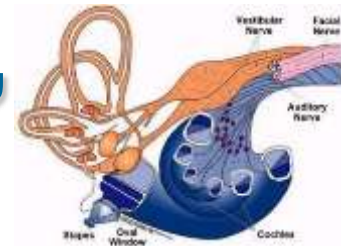


✓ ***labyrinthus cochlearis*** –

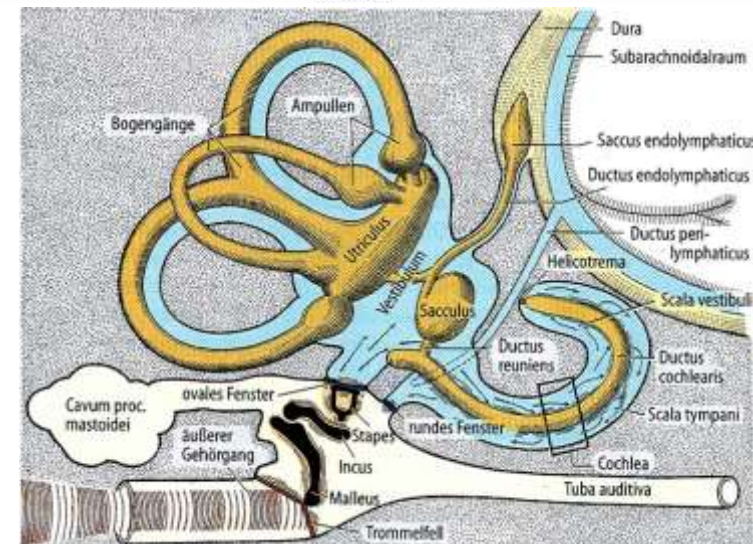
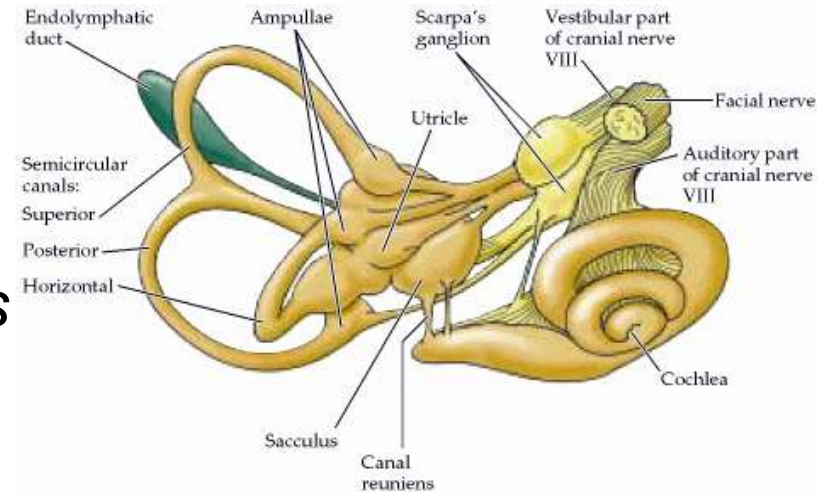
- ципест охлюв (охлювен проток)
- Кортиев орган



# Вестибуларен лабиринт, *labyrinthus vestibularis*

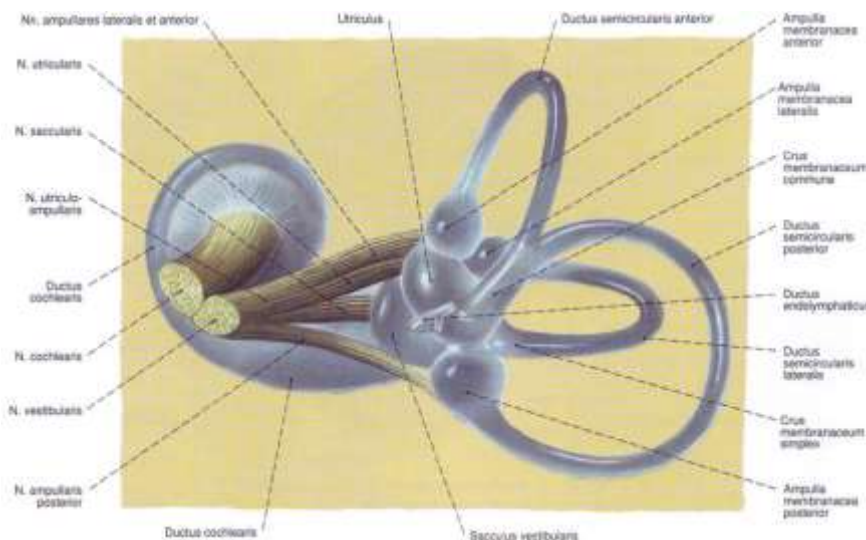
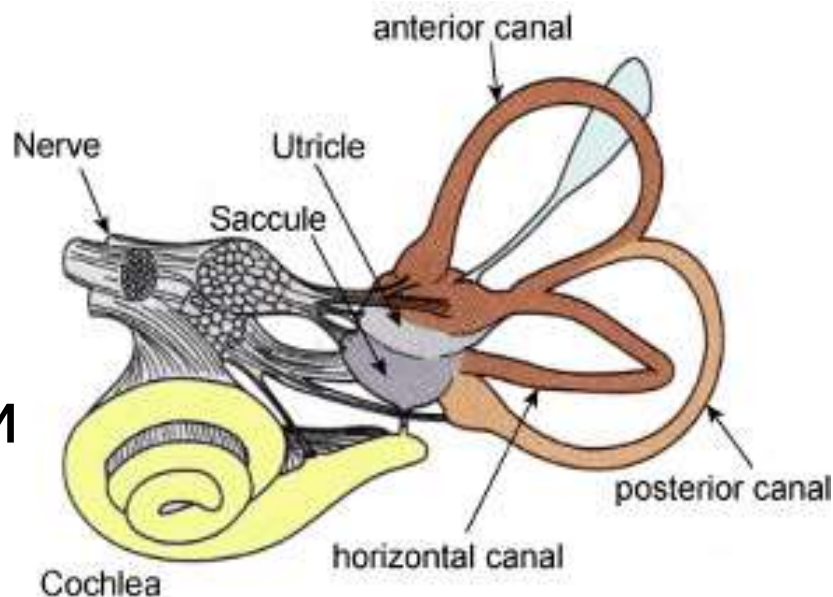


- *utriculus* – в *recessus ellipticus*:
  - ✓ *ductus utriculosaccularis*
  - ✓ *macula utriculi* –  $\frac{2}{3}$  mm: *pars utricularis n. vestibulocochlearis*
- *sacculus* – в *recessus sphericus*:
  - ✓ *ductus reuniens* ⇒ *ductus cochlearis*
  - ✓ *macula sacculi* – *pars saccularis n. vestibulocochlearis*
- *ductus endolymphaticus*  
⇒ *saccus endolymphaticus*



# Labyrinthus vestibularis

- полуокръжни ходове:
  - ✓ *ductus semicircularis lateralis*
  - ✓ *ductus semicircularis anterior*
  - ✓ *ductus semicircularis posterior*
- $\frac{1}{4}$  от полуокръжните канали
- *ampulla membranacea*
- *crus membranaceum*:
  - ✓ *simplex* – за латералния ход
  - ✓ *commune* – преден и заден
- стена:
  - ✓ еднослоен плосък епител
  - ✓ васкуларизирана фиброзна съединителна тъкан



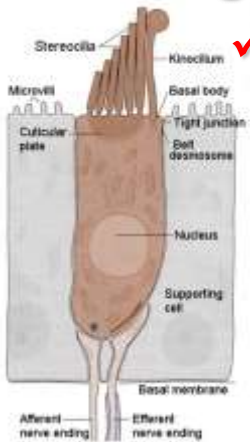
# Вестибуларен апарат



## ■ Статорецепторни зони:

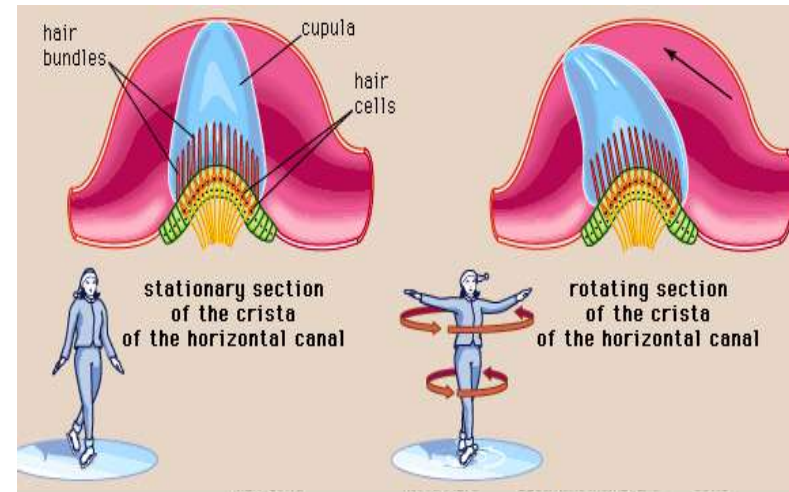
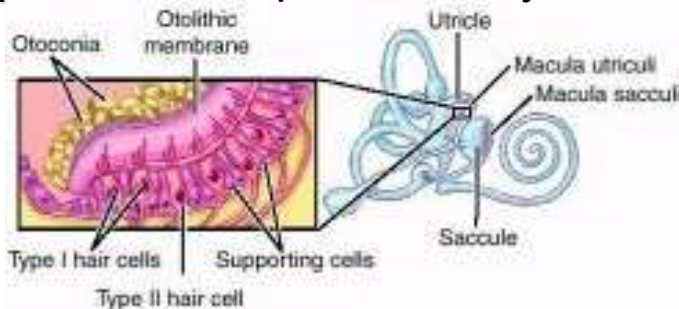
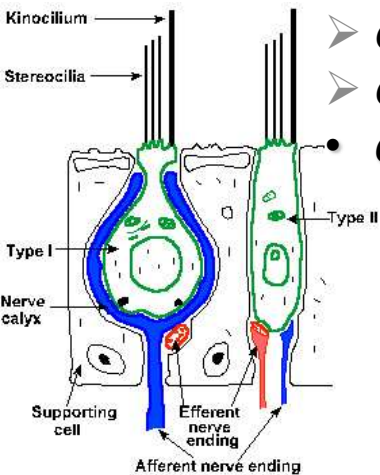
### ✓ *macula utriculi et macula sacculi:*

- невроепител:
- *epitheliocyti sensorii pilosi*  
 ⇨ 40-80 стереоцилии; 1 киноцилия
- *epitheliocyti sustentantes*
- *membrana statoconiorum* – отолити, *statoconia*

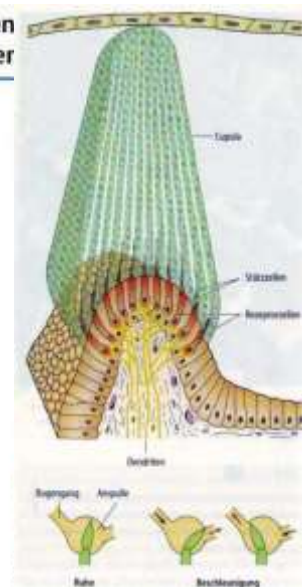
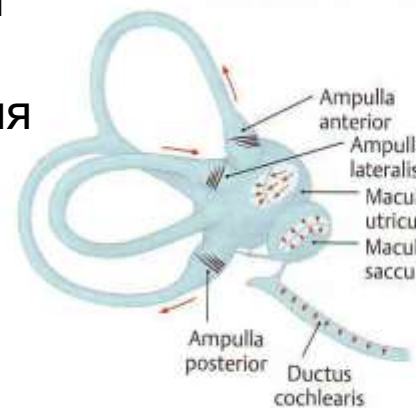


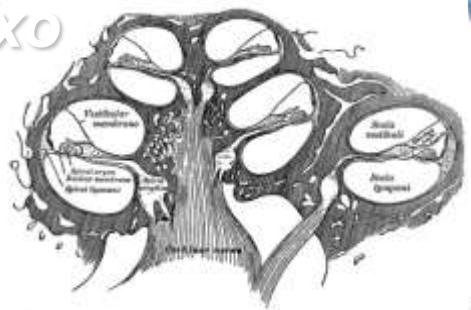
### ✓ *cristae ampullares:*

- невроепител:
- *epitheliocyti sensorii pilosi* – I и II тип
- *epitheliocyti sustentantes*
- *cupula* – гликопротеинна субстанция



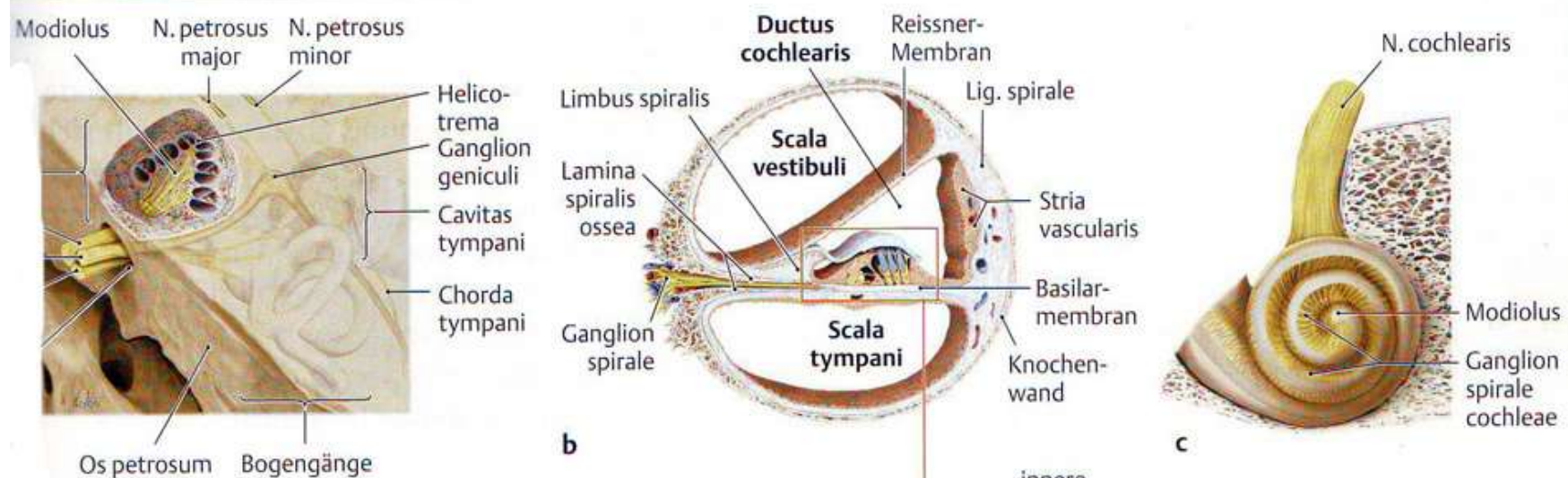
© M-6.15 Orientierung der Stereozilien wirken kontralateraler Boger





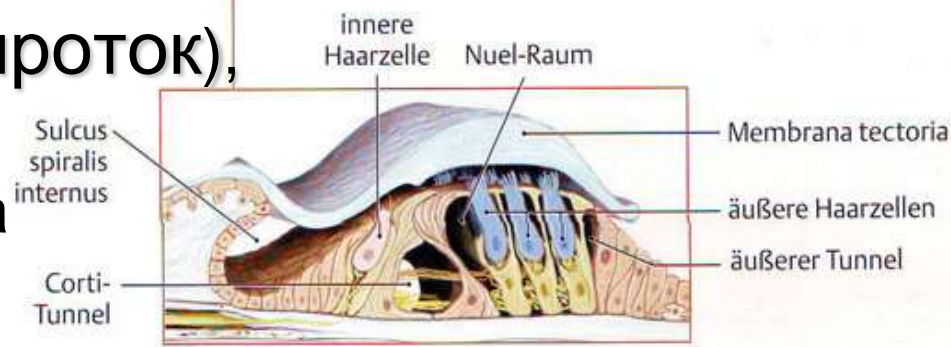
# Охлювен лабиринт, *labyrinthus cochlearis*

Lage und Aufbau des Ductus cochlearis in der knöchernen Schnecke



■ Ципест охлюв (охлювен проток), ***ductus cochlearis***:

- ✓ ***scala media*** – енфолимфа
- ✓ дълъг ~35 mm
- ✓ ***cecum vestibulare*** – в *recessus cochlearis*
- ✓ ***cecum cupulae*** – в *cupula cochleae*



# Охлювен проток, *ductus cochlearis*

- *paries vestibularis* – *membrana vestibularis* (*Reissneri*):

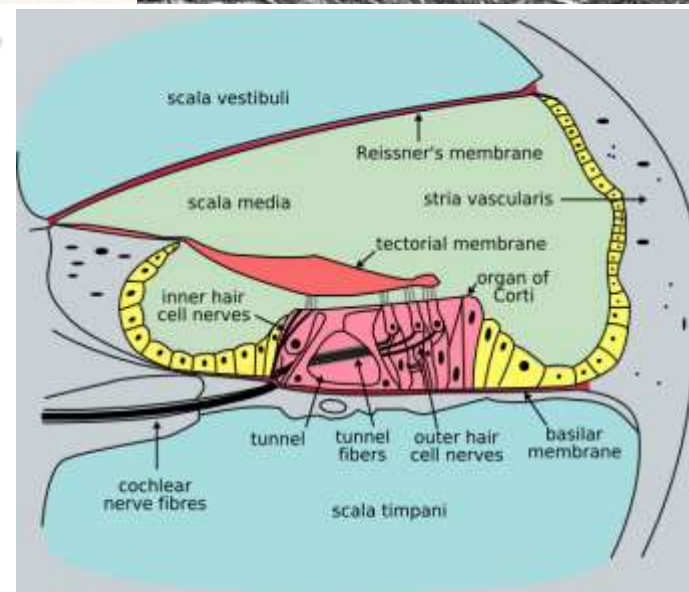
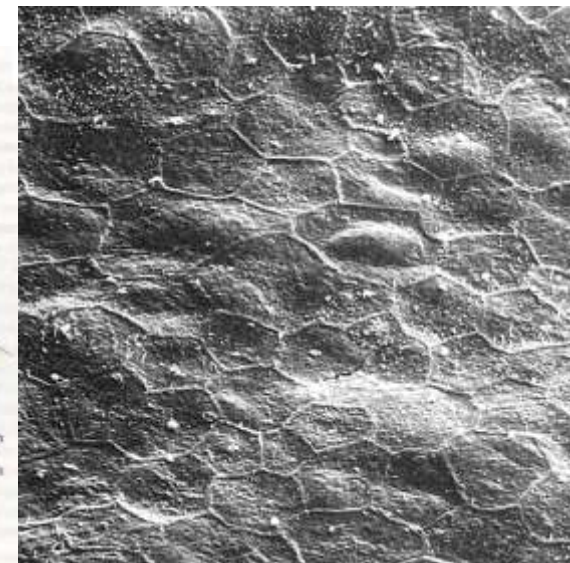
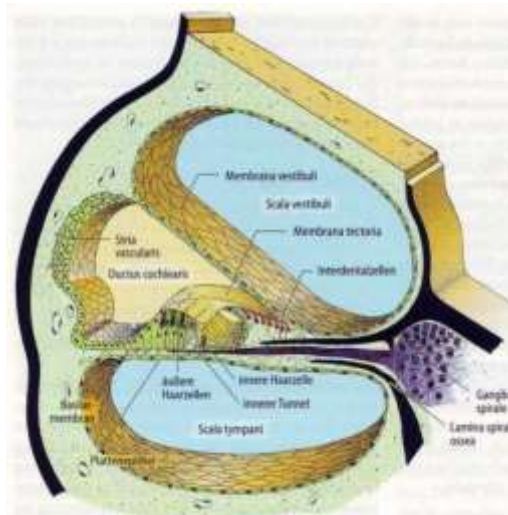
- ✓ базална мембрана
- ✓ еднослоен плосък епител

- *paries externus*:

- ✓ *lig. spirale cochleae*
- ✓ *stria vascularis*: три типа клетки: маргинални, междинни и базални – секретират ендолимфа

- *paries tympanicus* – *membrana basilaris* (*membrana spiralis*) – участъци:

- ✓ вътрешен – *limbus spiralis* (*labium limbi tympanicum et vestibulare* ⇒ *membrana tectoria*), *sulcus spiralis internus*
- ✓ среден – спирален (Кортиев) орган
- ✓ външен – *sulcus spiralis externus*

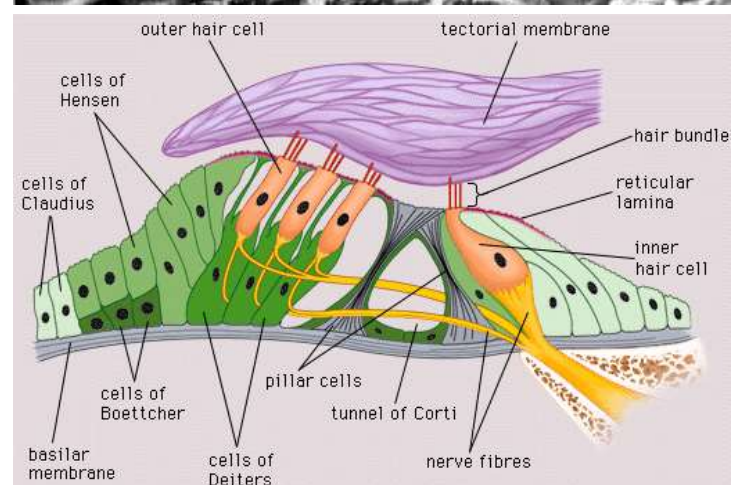
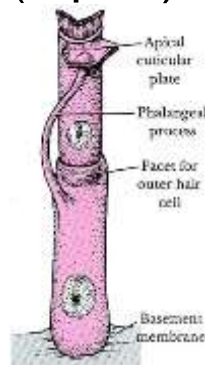
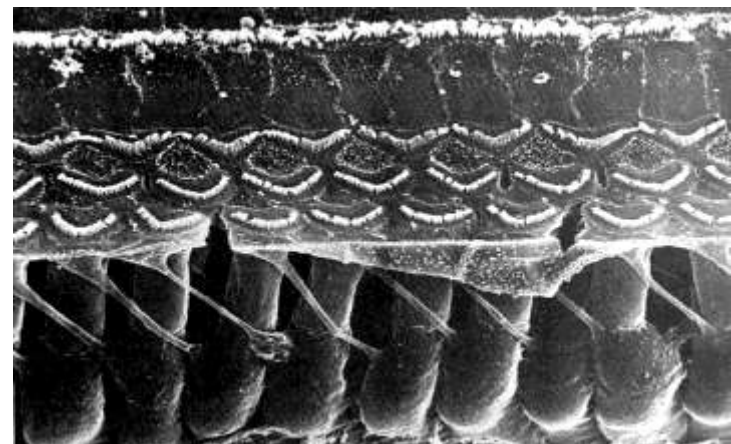




Alfonso Corti  
(1822–1876)

# Спирален орган на Корти, *organum spirale (Cortii)*

- разположен върху *membrana basilaris*: 100 μm базални, 500 μm апикални намотки
- рецепторни (сетивни) и подпорни клетки:
  - ✓ *epitheliocytes pilares (columnarum) interni et externi* ⇒ *cuniculus internus (Corti)*  
⇒ *cuniculus medius* (пространство на *Nuel*)
  - ✓ *epitheliocyti phalangei interni* (1 ред) *et externi* (клетки на *Deiters*) – 3 реда
  - ✓ *epitheliocyti sensorii pilosi interni* (1 ред) *et externi* (3-4 реда)  
⇒ *cuniculus externus*
  - ✓ *epitheliocyti limitantes externi* (клетки на *Hensen*) – 3-4 реда
  - ✓ *epitheliocyti sustentantes externi* (клетки на *Claudius*)
  - ✓ подпорни клетки на *Boettcher* – под тези на *Claudius* в долните намотки
  - ✓ *epitheliocyti limitantes interni* – 1-2 реда
  - ✓ *epitheliocyti sustentantes interni* – 2-3 реда









# Epitheliocyti sensorii pilosi

аферентна инервация – от *ganglion spirale cochleae* (в *modiolus*'a):

✓ големи биполарни неврони (I тип)

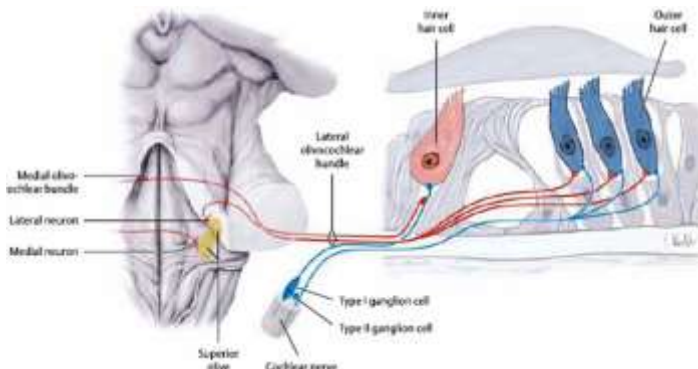
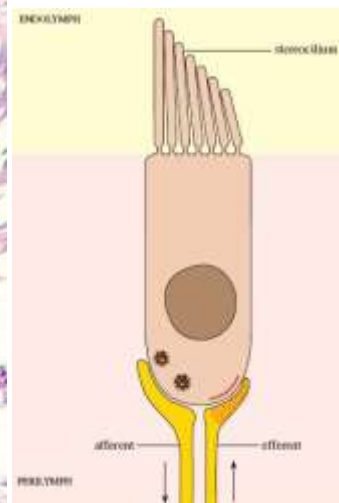
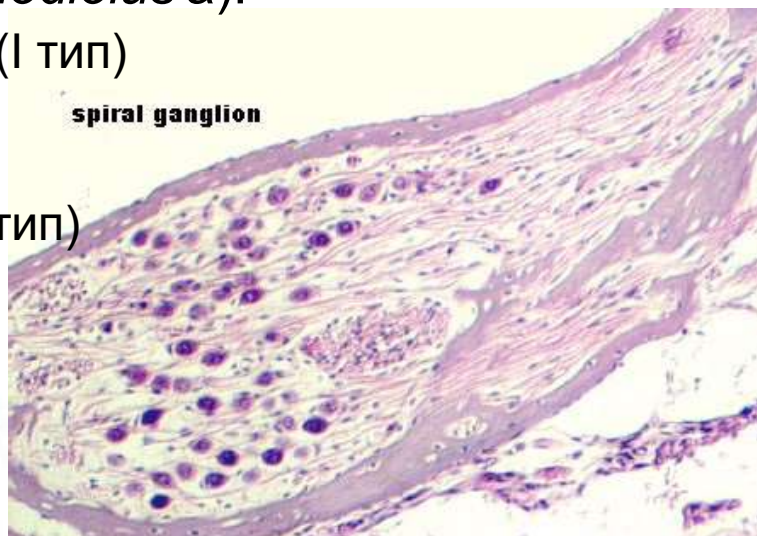
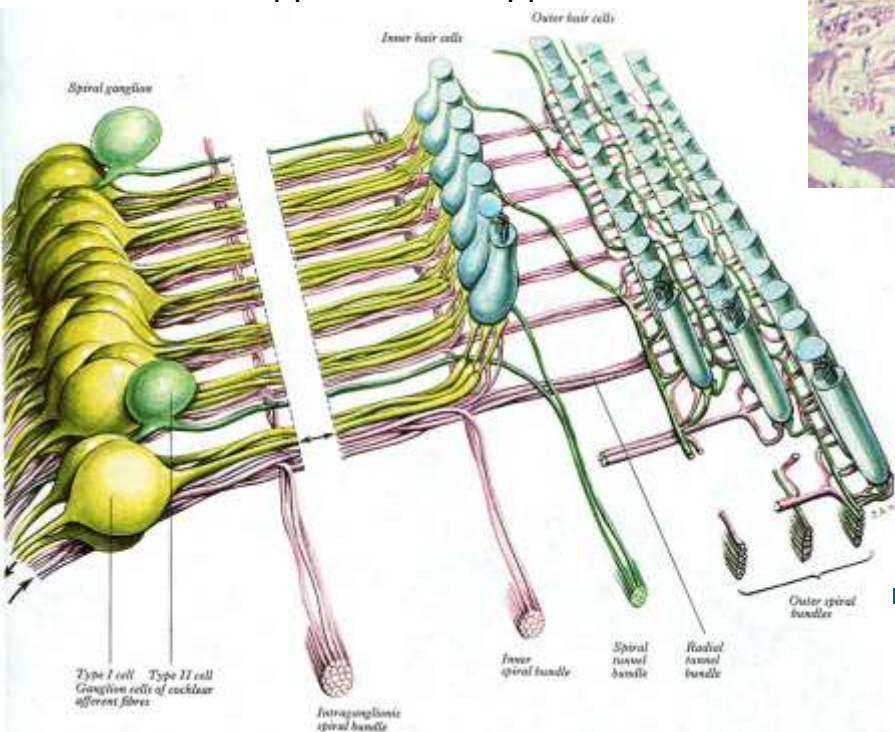
⇒ вътрешни сетивни клетки

➤ 10 влакна до една клетка

✓ малки псевдоуниполарни (II тип)

⇒ външни сетивни клетки

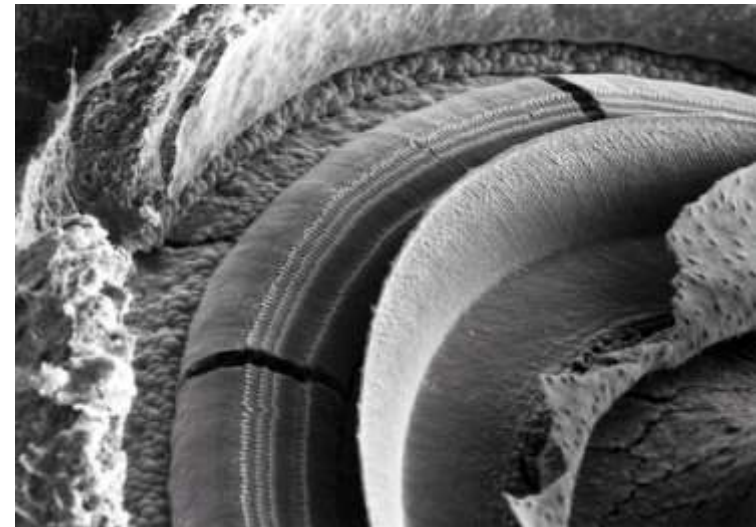
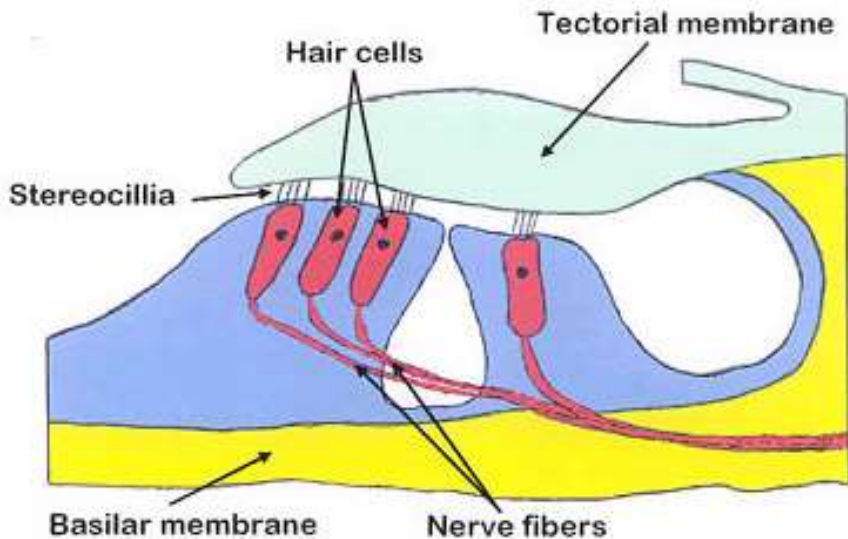
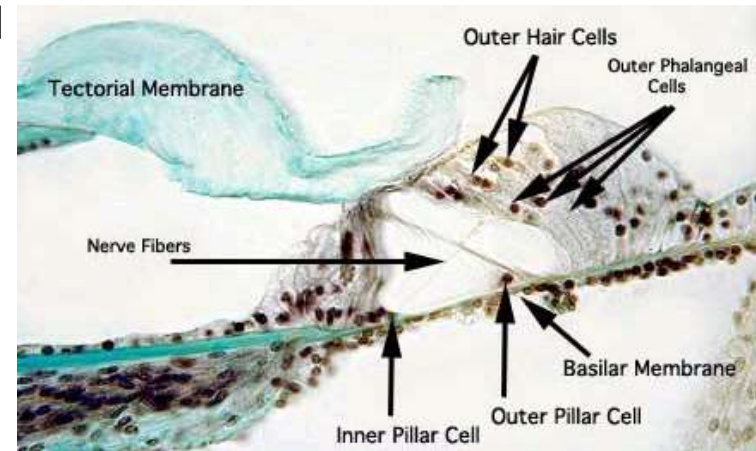
➤ едно влакно до 10 клетки



■ еферентна инервация – чрез *tractus olivocochlearis* (път на *Rasmussen*)  
 ⇒ холинергични инхибиторни синапси

# Покривна мембрана, *membrana tectoria (Cortii)*

- секретирана от епителните клетки на *labium limbi vestibulare*
- желеподобна инертна структура:
  - ✓ кератинови филаменти
  - ✓ глюкозаминогликани
- контактува със стереоцилиите на сетивните рецепторни клетки



# Механизъм на слуховата рецепция

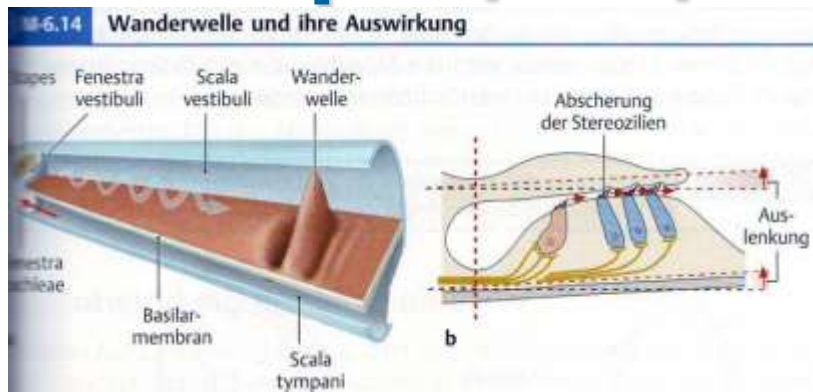
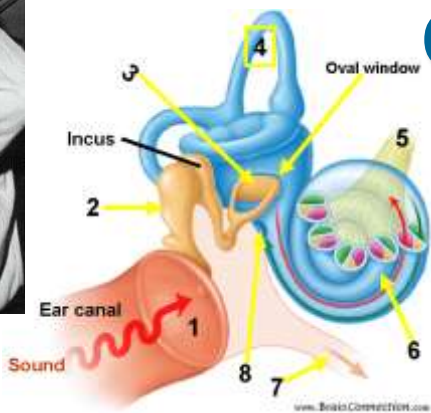


Georg von Békésy (1899-1972)



Нобелова награда за медицина и физиология – 1961

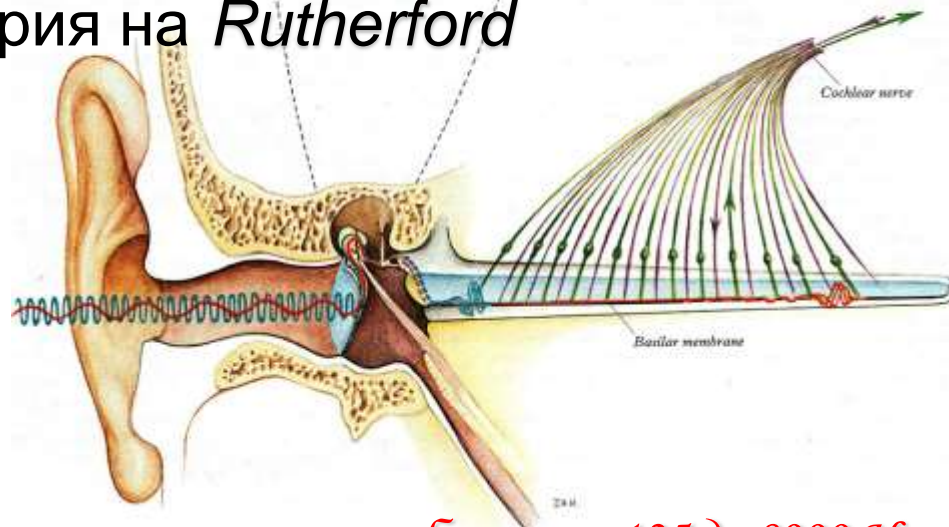
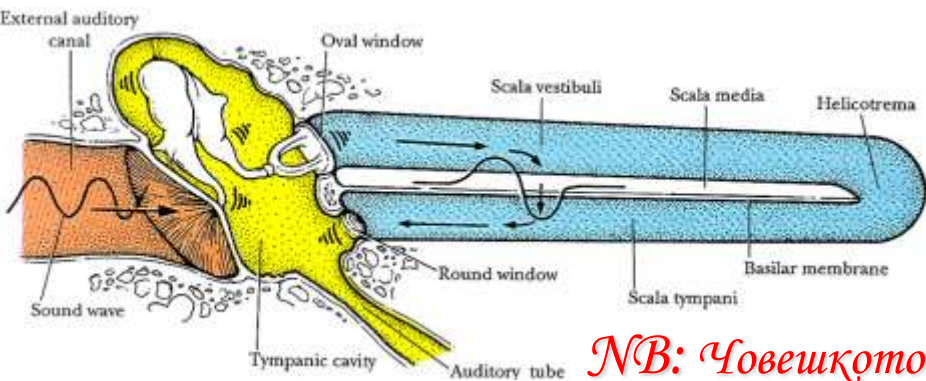
- резонансна теория на *Helmholz* – 1863
- телефонна (фреквентна) теория на *Rutherford*
- вълнова теория на *Békésy*:  
 ✓ basilar-membrane "resonance"



**EXTERNAL EAR**  
 Sound collection and amplification; source location.

**MIDDLE EAR**  
 Amplification of signal (force per unit area); impedance matching between air and water vibrations; neural reflex and mechanical damping of excessive vibration; pressure equalizing through tympanic tube.

**INNER EAR**  
 Mechanical and neural filtering and analysis of signals by spiral organ; stimulus transduction by sensory cells; action potential initiation at synapses between cochlear nerve fibres and sensory cells; central control by centrifugal fibres.



*НВ: Човешкото ухо възприема звук в обхват от 125 до 8000 Hz, със сила от 0 до 20 dB.*

# Слухово-сензорна система: ПЪТ НА СЛУХА



## I неврон – *ganglion spirale cochleae*:

✓ биполарни неврони  
– 30000-33000 клетки

➤ периферни израстъци  
⇒ Кортиев орган

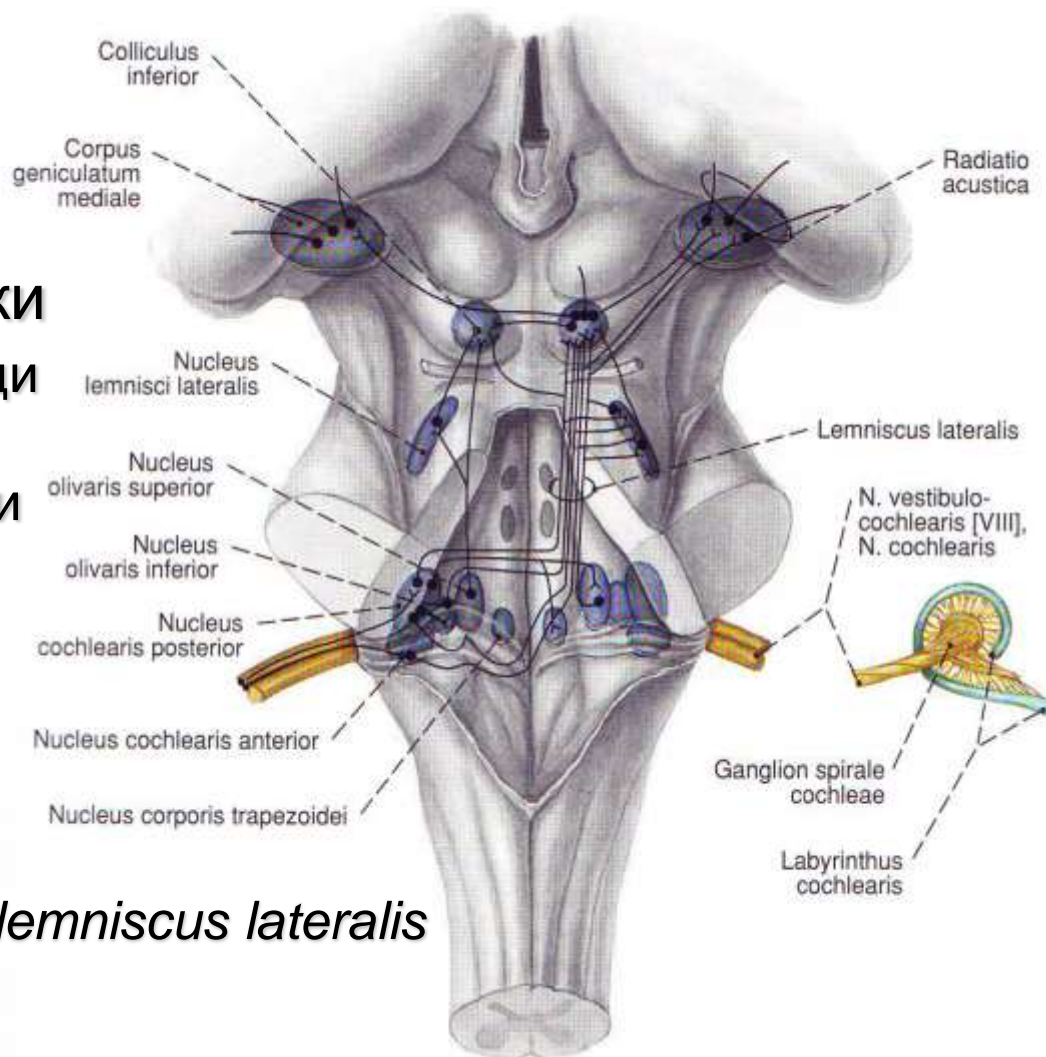
➤ централни израстъци  
⇒ *radix cochlearis*  
*n. vestibulocochlearis*

## II неврон – *nucleus cochlearis*:

✓ *dorsalis (posterior)*

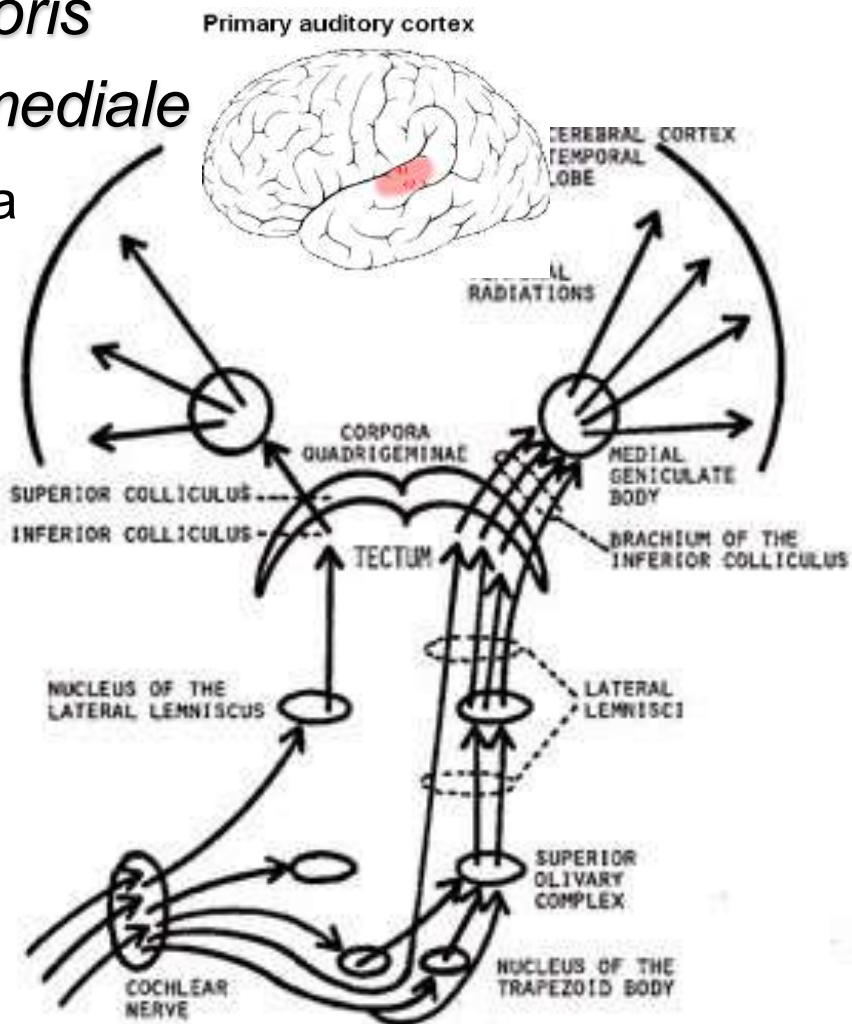
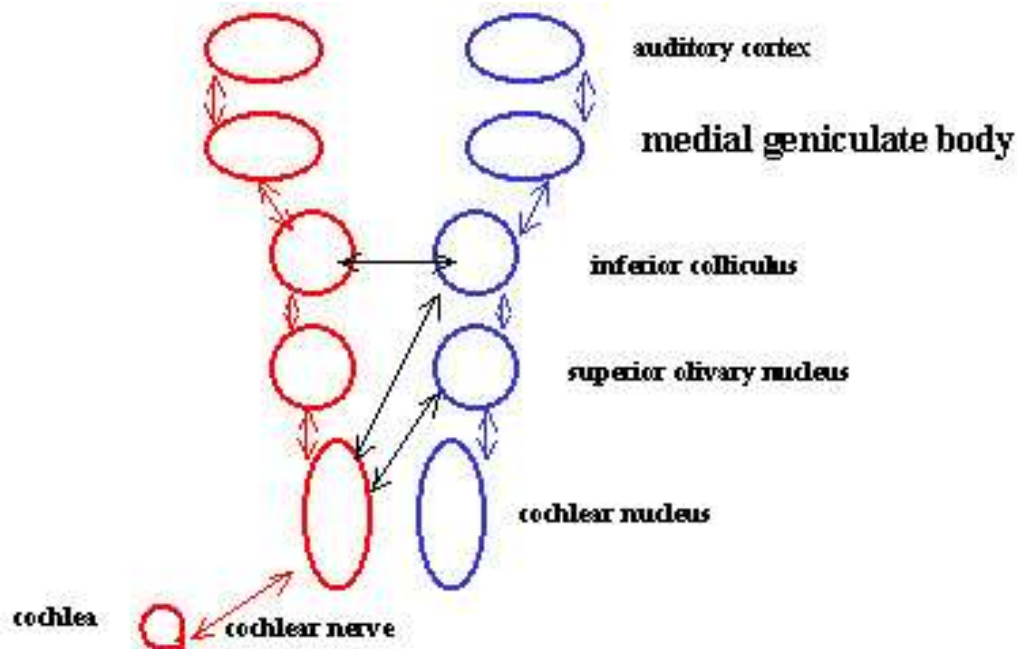
✓ *ventralis (anterior)*

} *lemniscus lateralis*



# Слухово-сензорна система: ПЪТ НА СЛУХА

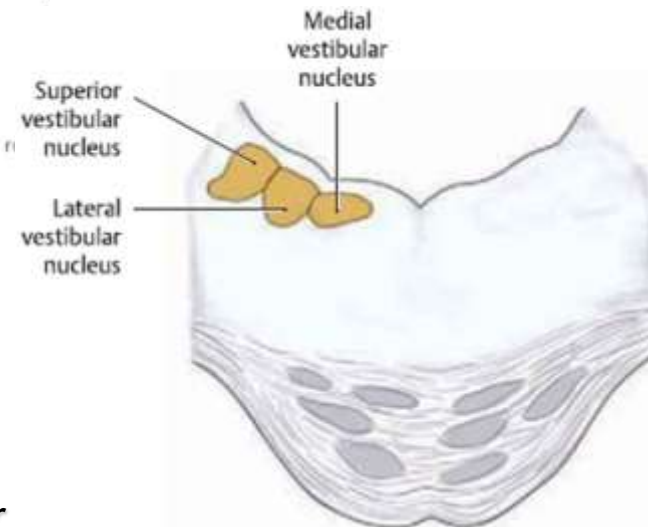
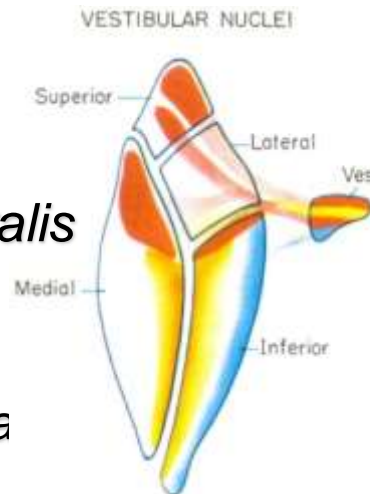
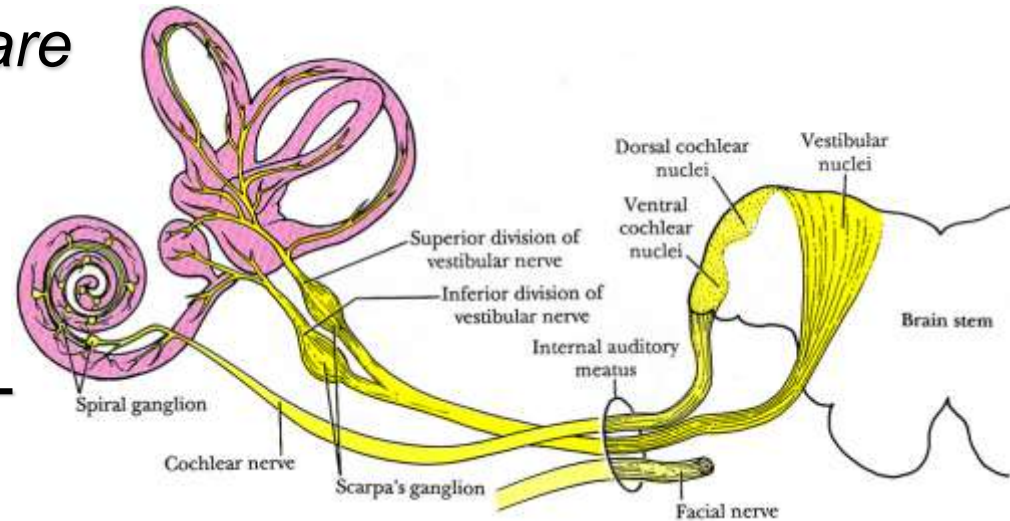
- III неврон – *nucleus colliculi inferioris*
- IV неврон – *corpus geniculatum mediale*
- ✓ *radiatio acustica* ⇒ слухова кора (средна част на *gyrus temporalis superior*): поле 41 и 42 по *Brodmann*



# Вестибуларно-сензорна система: ПЪТ НА РАВНОВЕСИЕТО

## I неврон – *ganglion vestibulare* (Scarpa):

- ✓ биполарни неврони – ~20000 клетки
  - периферни израстъци ⇒ статорецепторни зони в:
    - *maculae utriculi et sacculi* – линейно ускорение
    - полуокръжни канали – ъглово ускорение
  - централни израстъци ⇒ *radix (nervus) vestibularis n. vestibulocochlearis*



## II неврон – ⇒ *lemniscus lateralis nuclei vestibulares*:

- ✓ superior (Бехтерева)
- ✓ inferior (Roller) } *lemniscus la*
- ✓ medialis (Schwalbe)
- ✓ lateralis (Deiters) ⇔ *tractus spinocerebellaris posterior*

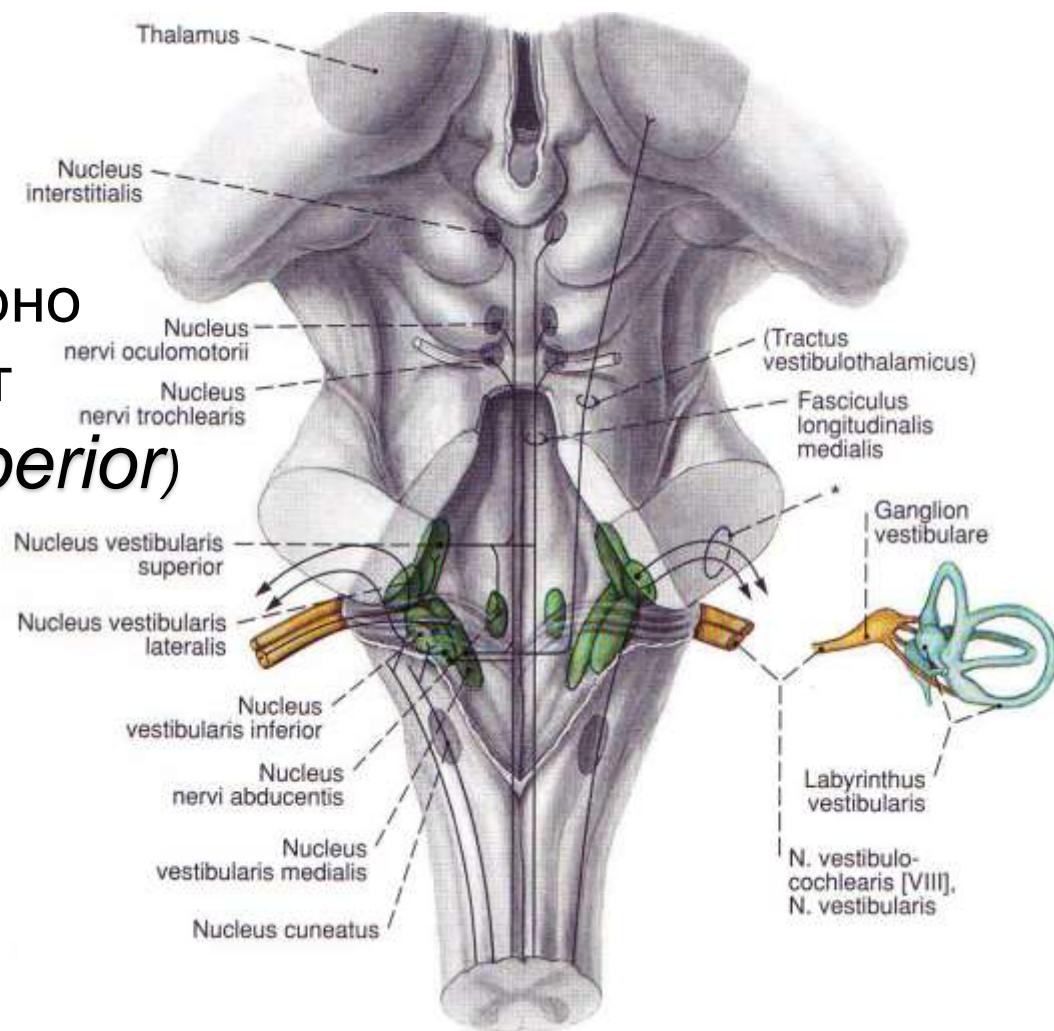


# Вестибуларно-сензорна система: ПЪТ НА РАВНОВЕСИЕТО

- III неврон – *corpus geniculatum mediale*
- IV неврон – вестибуларно корово поле (предна част на *gyrus temporalis superior*)

✓ **tractus vestibulothalamicus** – *nucleus ventralis posterolateralis*; *nucleus ventralis posterior inferior*

✓ **tractus thalamocorticalis** – *capsula interna* ⇒ вестибуларно корово поле, разположено в *gyrus postcentralis (area 3a)* и около *sulcus intraparietalis*



# Път на равновесието до малкия мозък

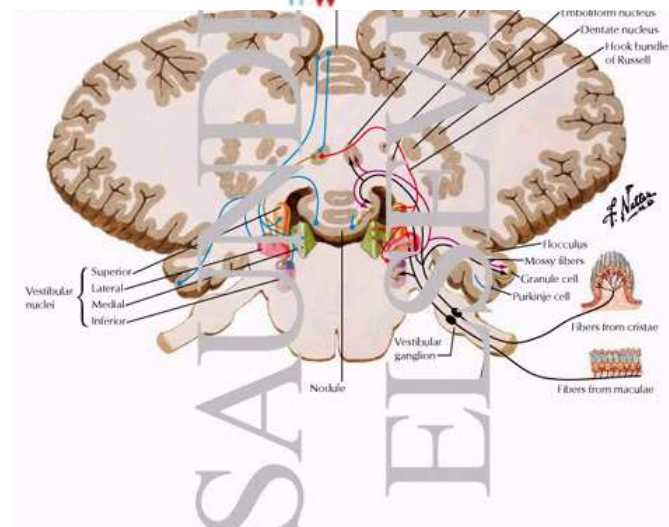
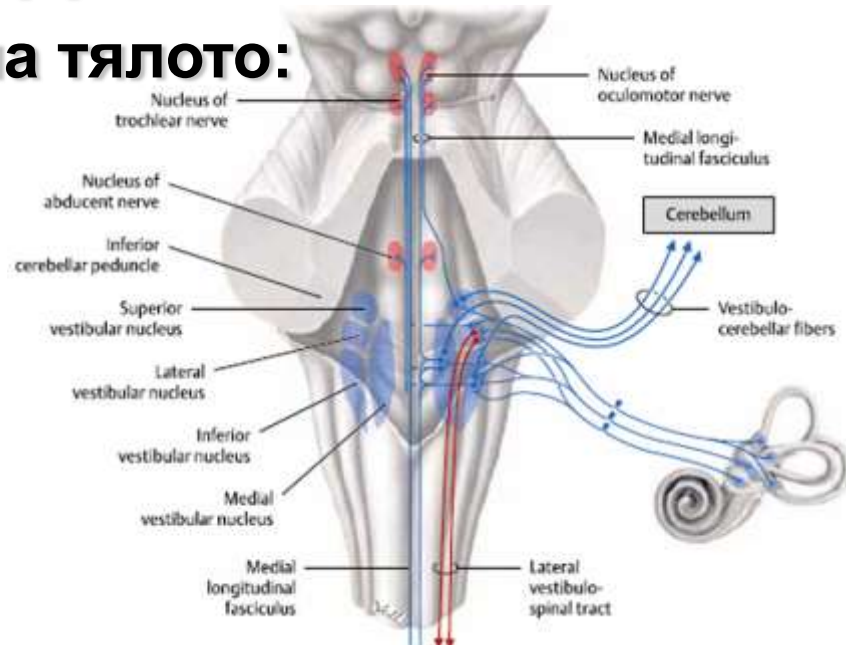
## ■ координация на движенията на тялото:

### ✓ *tractus vestibulocerebellaris:*

- I неврон – *ganglion vestibulare* ⇒ *nervus vestibularis* ⇒ *pedunculus cerebellaris inferior* ⇒ нодуло-флокуларна част на малкомозъчната кора
- II неврон – *nucleus vestibularis superior et lateralis* ⇒ *pedunculus cerebellaris inferior* ⇒ нодуло-флокуларна част на малкомозъчната кора
- II неврон – *nucleus vestibularis superior et lateralis* ⇒ *nucleus olivaris inferior* ⇒ задна част на *vermis'a*

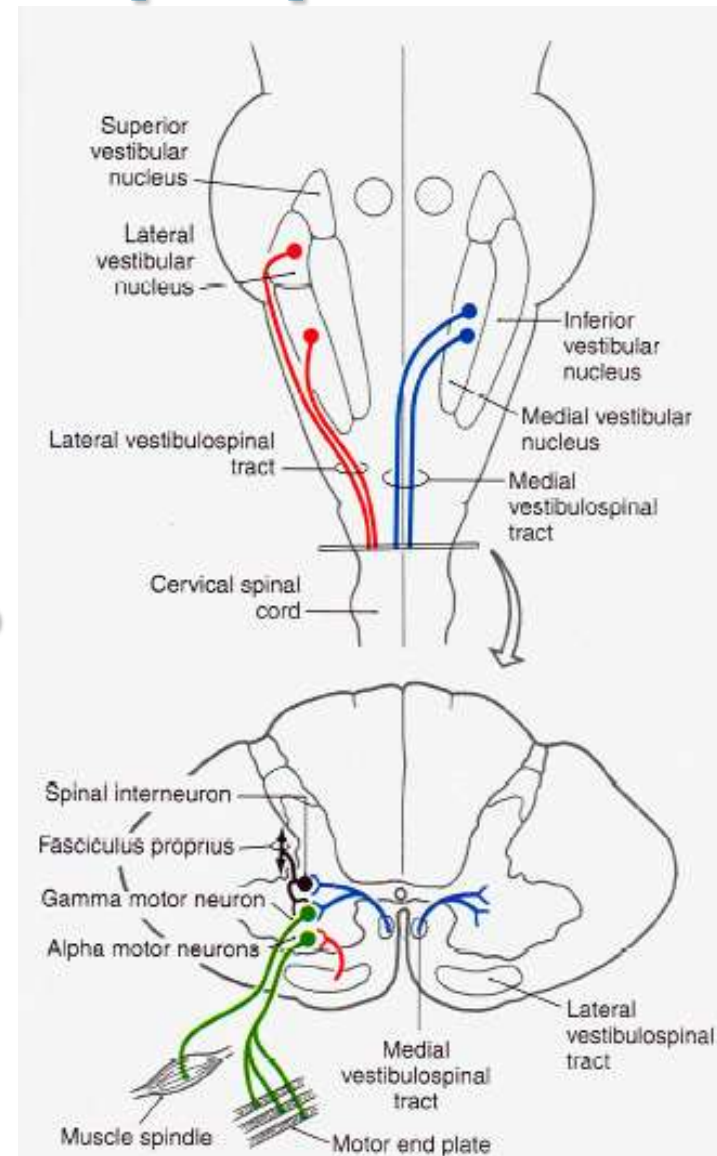
### ✓ *tractus cerebellovestibularis:*

- *nucleus fastigii* ⇒ *pedunculus cerebellaris inferior* ⇒ *nucleus vestibularis lateralis*



# Вестибуло-спинален рефлекс

- рефлекторно съгласуване на движенията на очите и главата:
  - ✓ *nucleus vestibularis medialis et inferior* ⇒ ***tractus vestibulospinalis medialis*** ⇒ спинални мотоневрони за шийната мускулатура
  - ✓ *tractus reticulospinalis*
- контрол и координация на положението (стойката) на тялото и неговите части:
  - ✓ *nucleus vestibularis lateralis (Deiters)* ⇒ ***tractus vestibulospinalis lateralis*** ⇒ (интерневрони) ⇒ ипсилатерално до  $\alpha$ - и  $\gamma$ -мотоневрони за екстензорната мускулатура на крайниците
  - ✓ *tractus spinocerebellaris posterior*



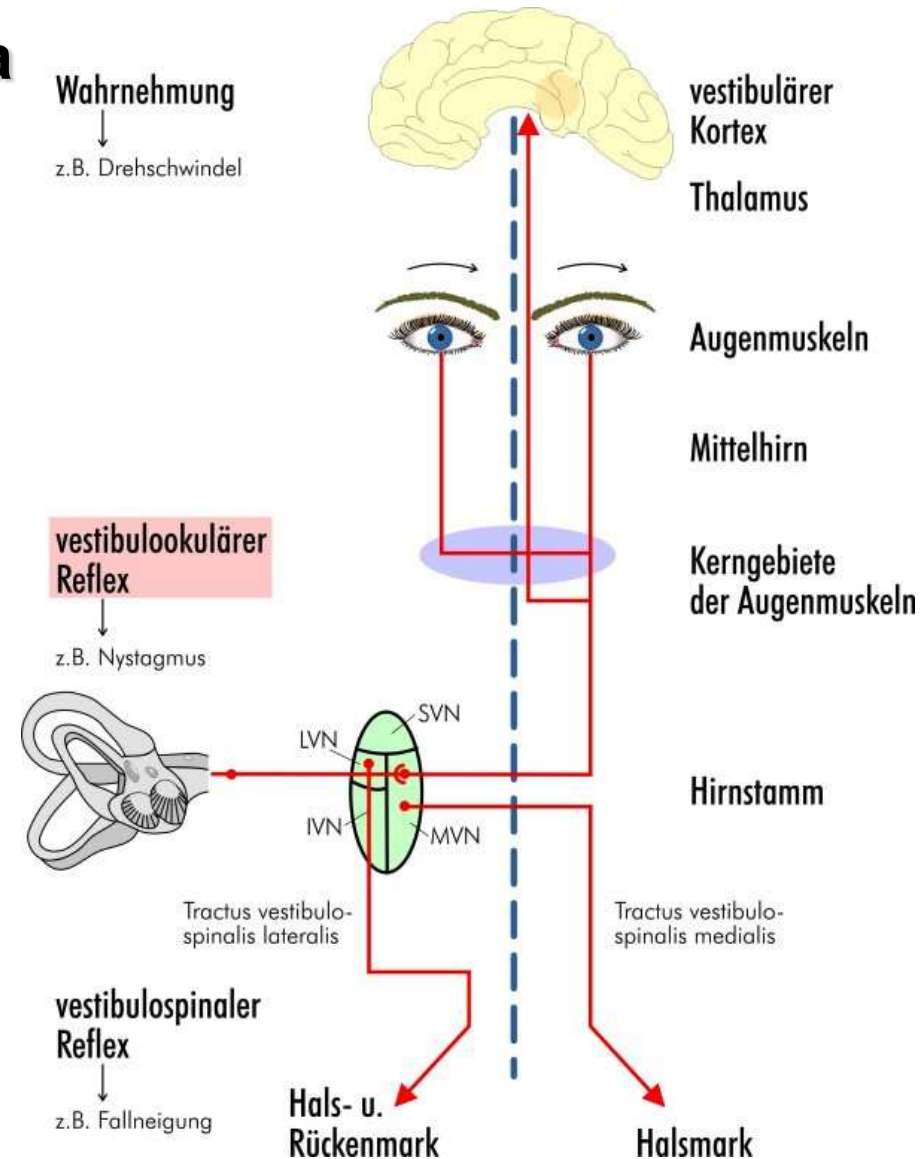
# Вестибуло-окулярен рефлекс

## ■ контрол на очната моторика и спрегнатите движения на очите:

- ✓ *nucleus vestibularis superior* ⇒ *fasciculus longitudinalis medialis* ⇒ *nucleus n. oculomotorii* (*m. rectus medialis*)
- ✓ *nucleus vestibularis medialis* ⇒ контралат. *nucleus n. oculomotorii* (*m. obliquus superior*), *nucleus n. trochlearis* (*m. rectus lateralis*)
- ✓ *nucleus vestibularis inferior* ⇒ *fasciculus longitudinalis medialis* ⇒ *nucleus n. oculomotorii* et *nucleus n. trochlearis*

## ■ ВОЛЕВО ДВИЖЕНИЕ НА ОЧИТЕ:

- ✓ *nucleus interstitialis Cajal* ⇒ *tractus interstitiospinalis*
- ✓ *nucleus praepositus hypoglossi*





# The Hearing Centre

Good news, you're not going to need Hearing Aides!"

"Damn, I was hoping to get something to filter out my wife."



*Средом*

## Благодаря ...