

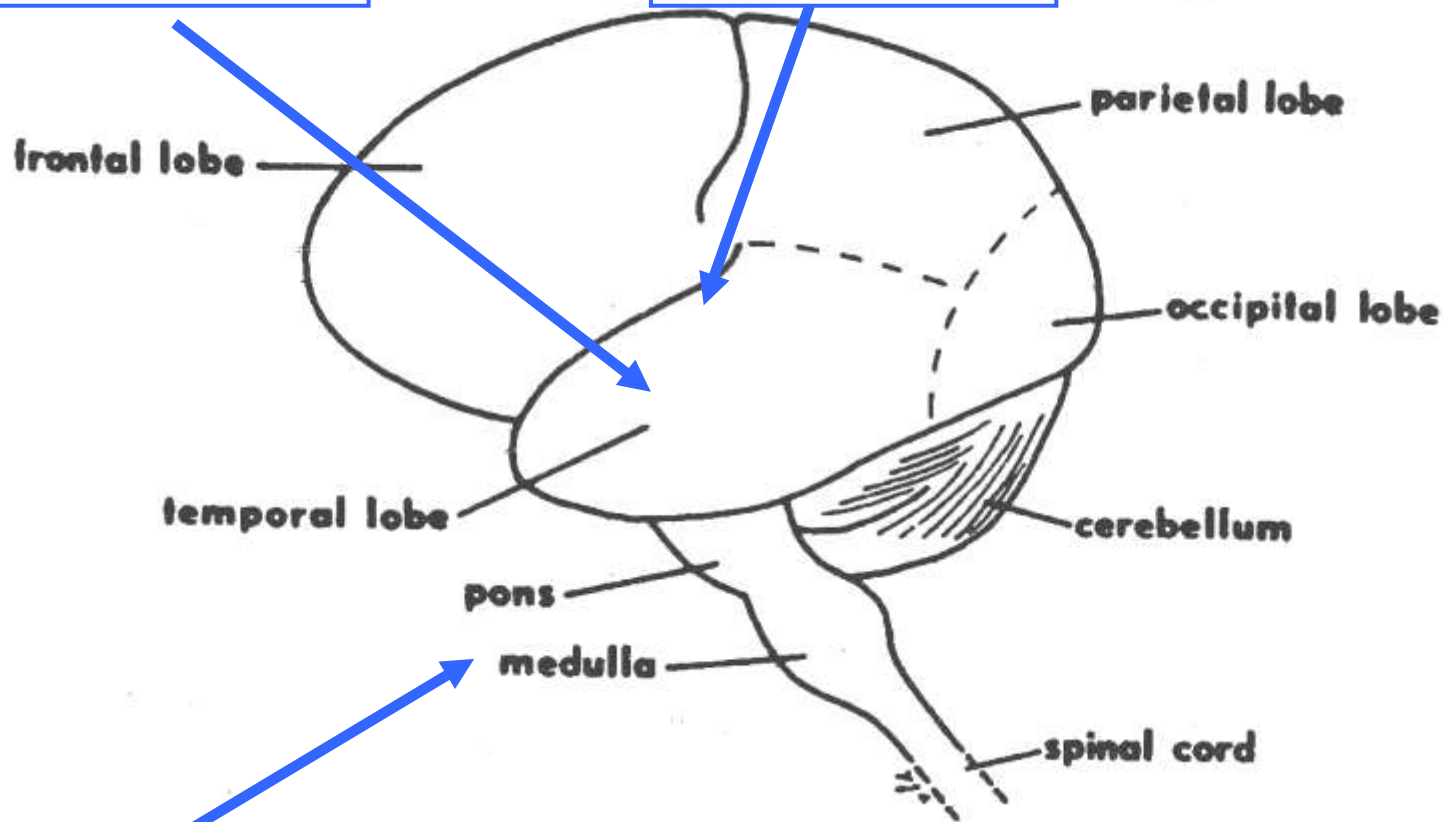
# **The Central Auditory System**

## **Functions:**

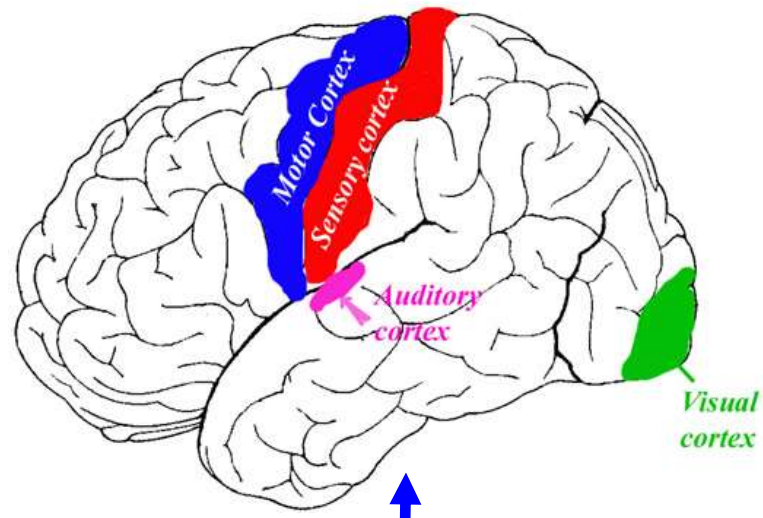
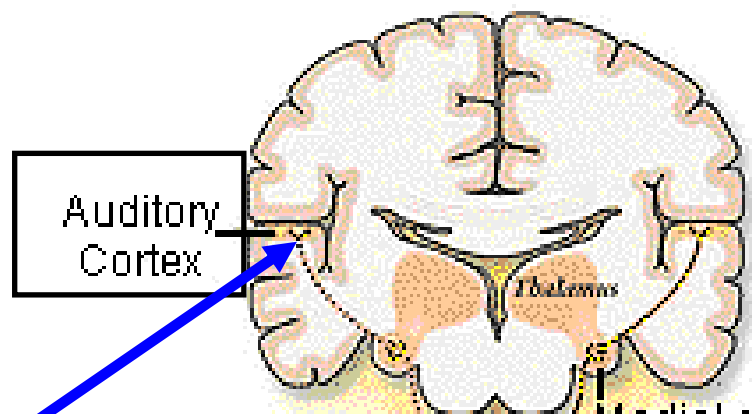
- 1. High-level auditory abilities: “recognition, interpretation, integration” – e.g., speech recognition, speaker recognition, recognition of a familiar melody, etc.**
- 2. The central auditory system plays a role in some more basic auditory abilities, like sound localization and at least part of frequency analysis.**

## The Central Nervous System (CNS) = brain and spinal cord

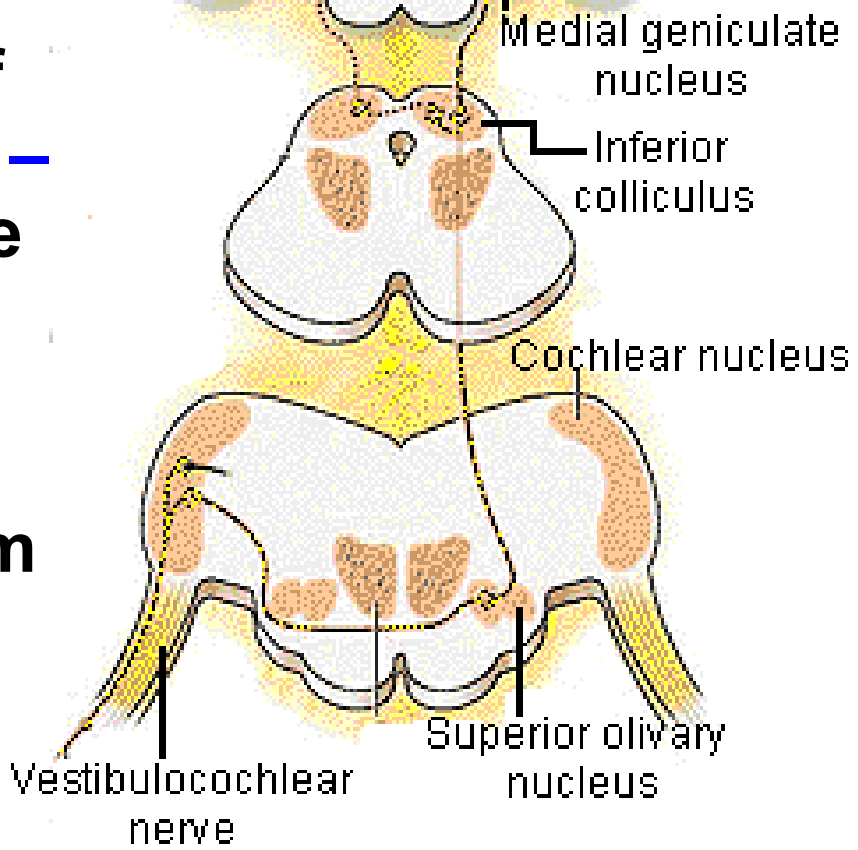
Piece that looks like a boxing glove is the cortex, consisting of several lobes (without sharp dividing lines). The lobe of greatest interest to us is the **temporal lobe**, containing **auditory cortex**.



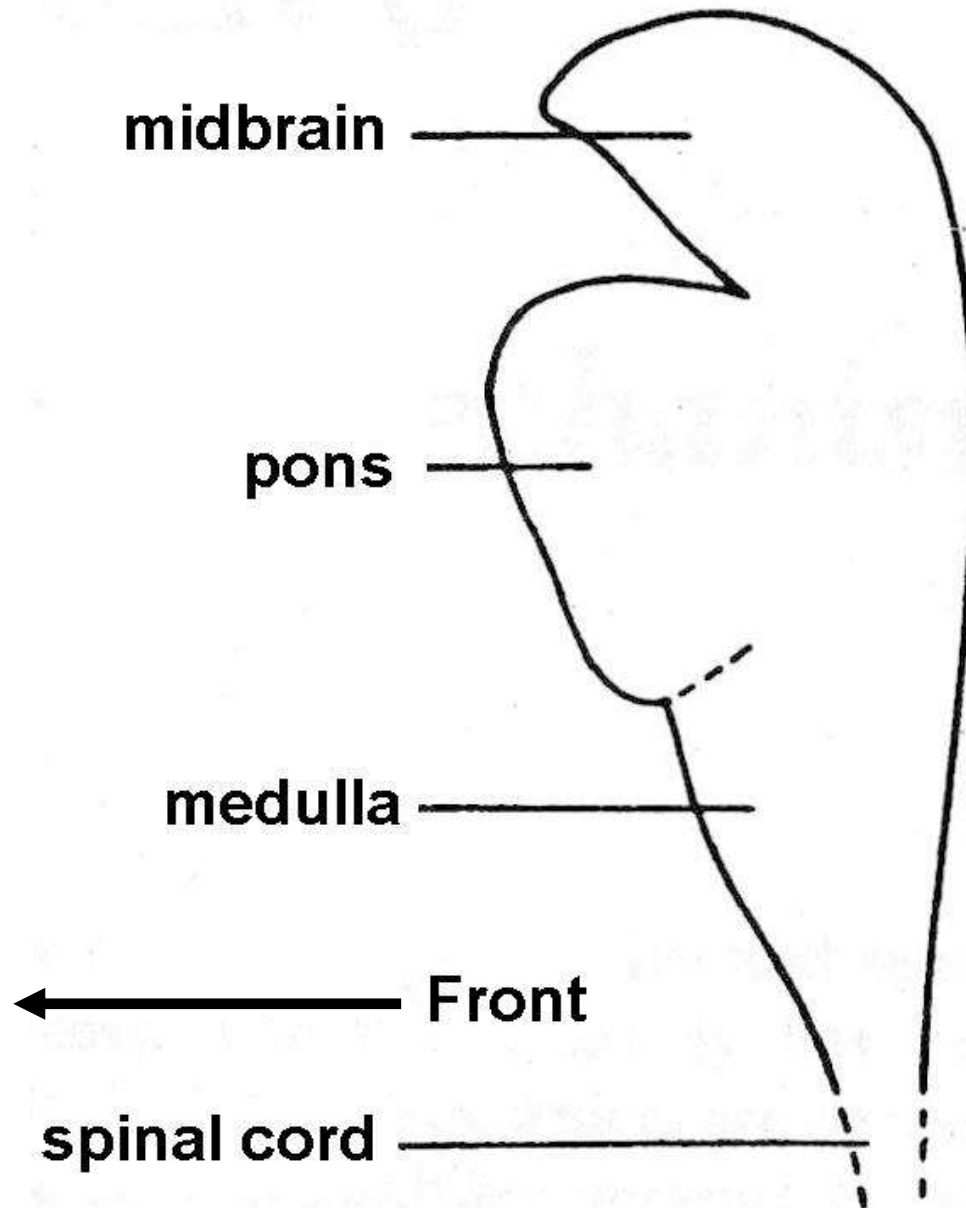
**Pons and medulla** are part of the **brain stem**. Not visible here is the **midbrain**, the upper portion of the brainstem.

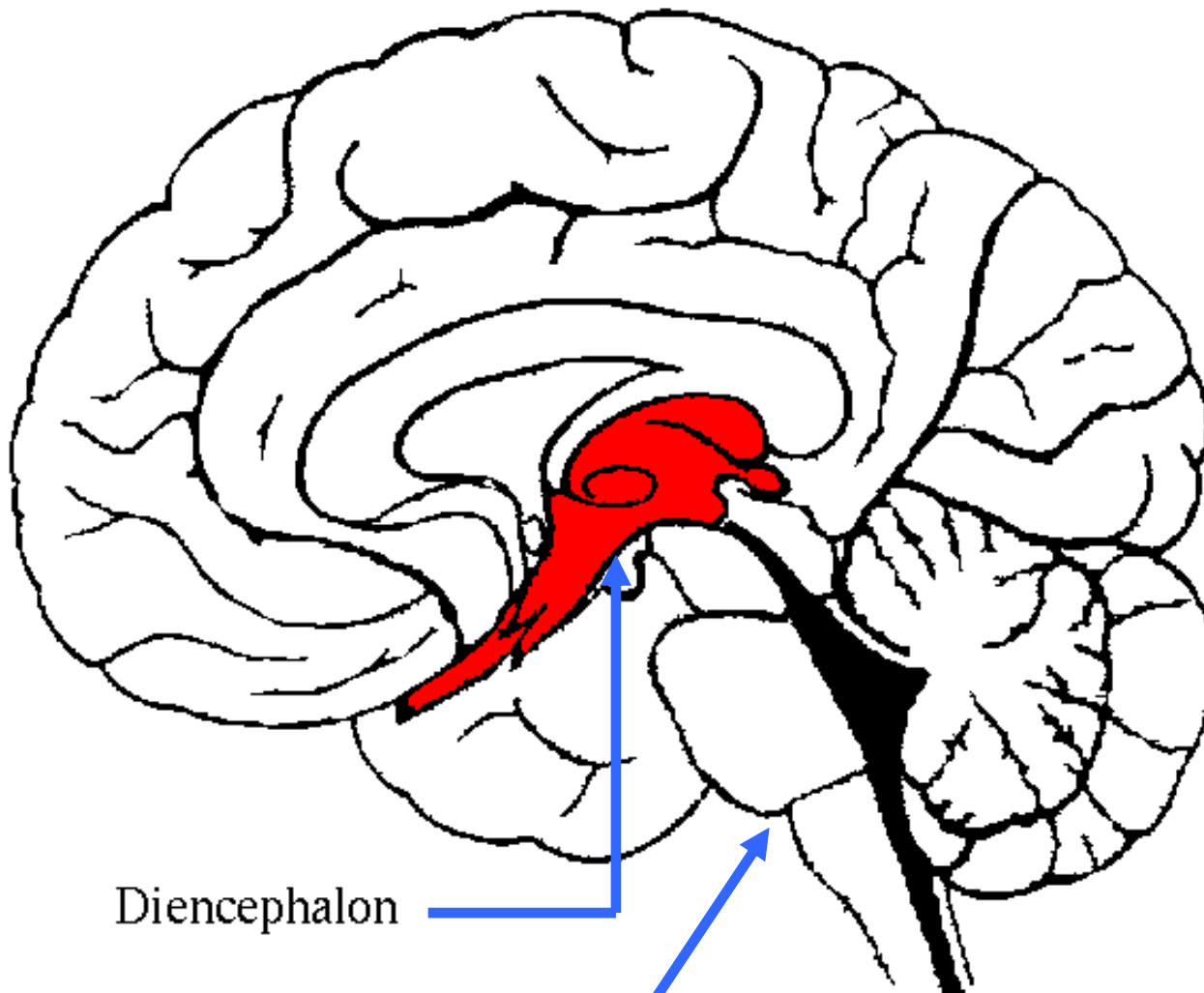


A better view of **auditory cortex** – it's buried in the fissure rather than on the surface, as you might think from the previous picture, or from this one.



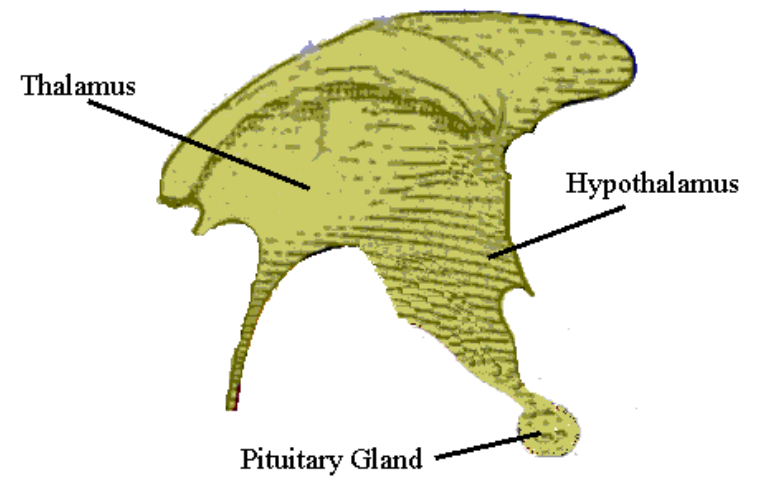
## The Brain Stem





Diencephalon

brain stem



Thalamus

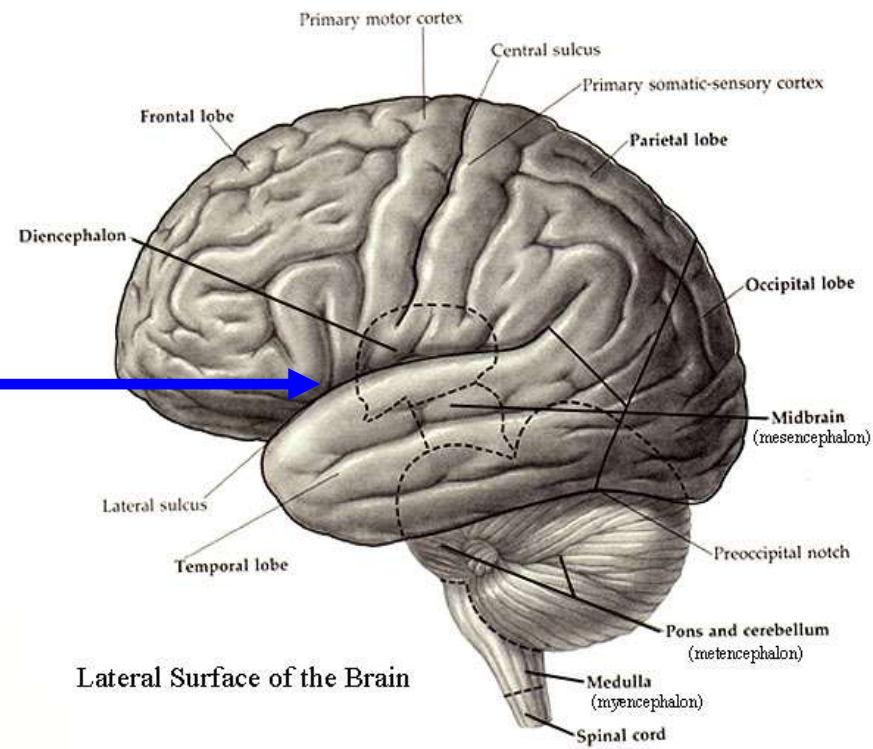
Hypothalamus

Pituitary Gland

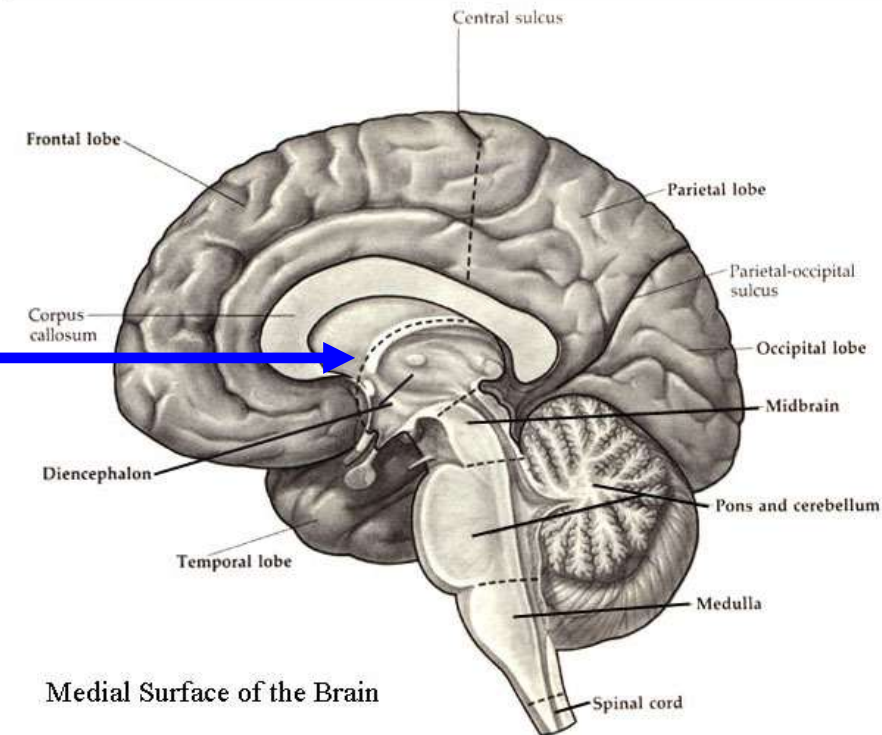
The diencephalon is a core of brain tissue that lies (mostly) just above the brain stem.

The portion of it that's important for hearing is the **thalamus** – as we'll see, the last synapse *before* auditory cortex occurs in the thalamus.

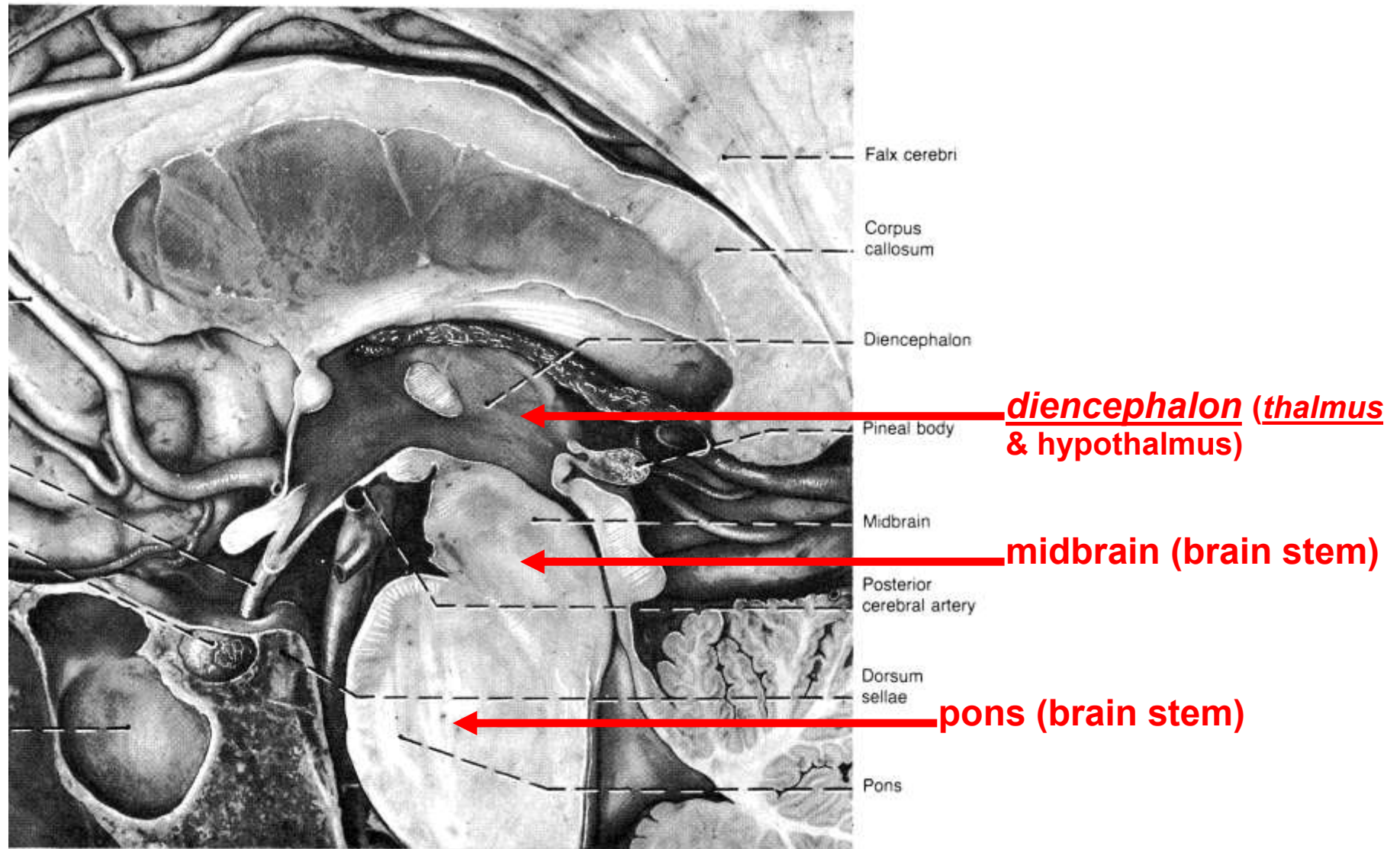
**diencephalon**  
**(thalamus & hypothalamus)**



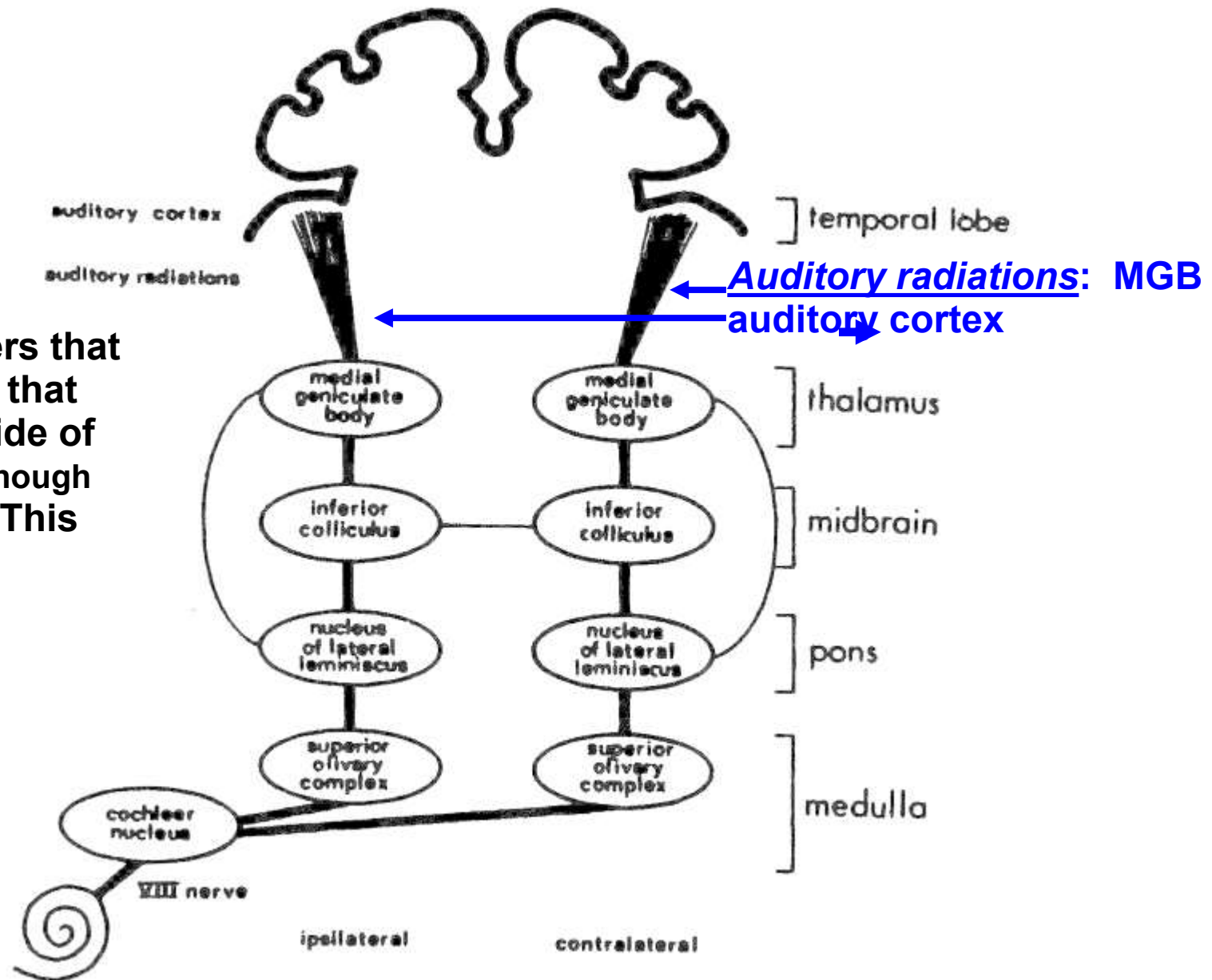
**diencephalon**



Another view of the diencephalon, which includes the thalamus.

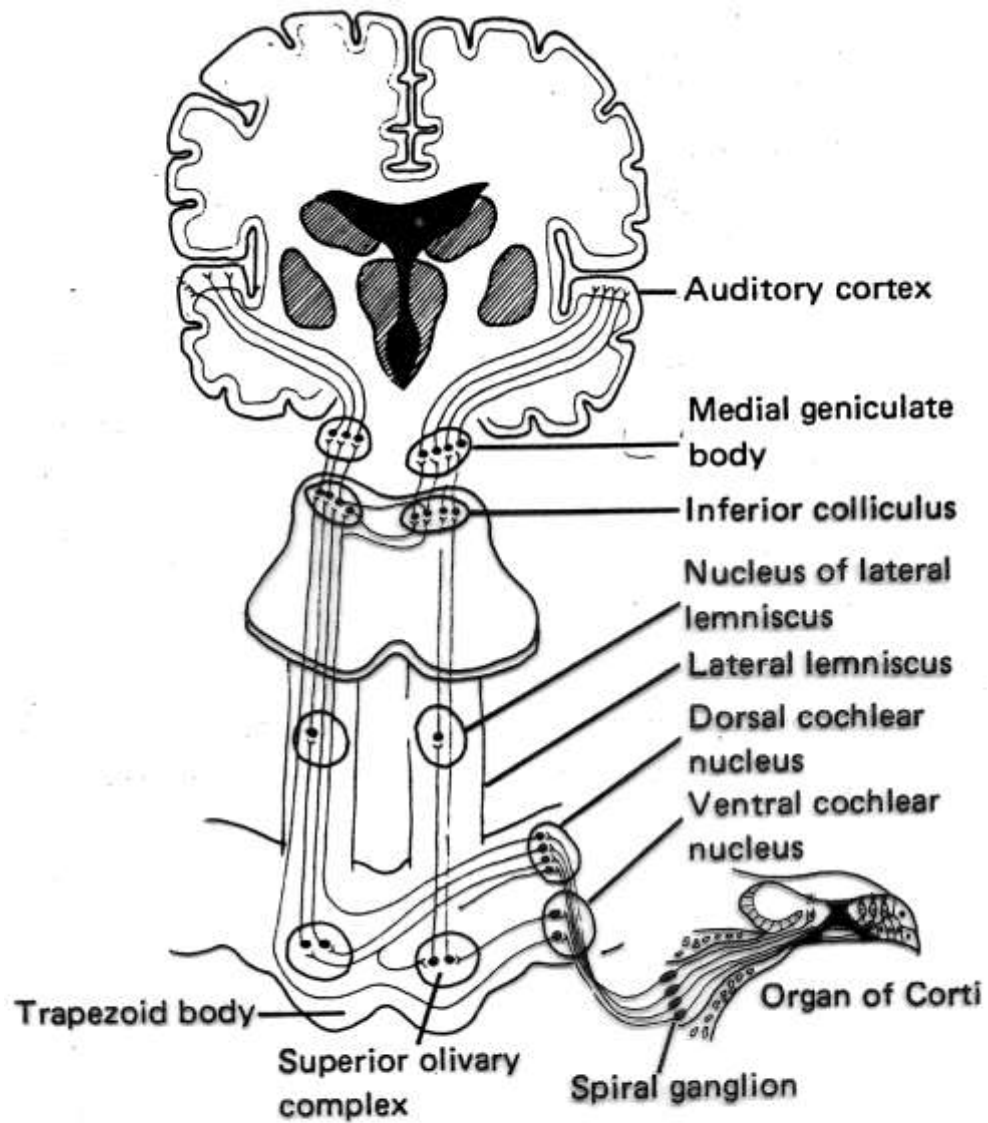


# The Central Auditory Pathway



Note that there are fibers that originate in the left ear that synapse on the right side of the brain (& vice versa, though only 1 ear is shown here). This crossing over is called **decussation**.





**Figure 6-130** The major components of the ascending auditory pathway.

## Key Points about the Central Auditory System

Summarized below are the concepts that are most important to know about the central auditory system:

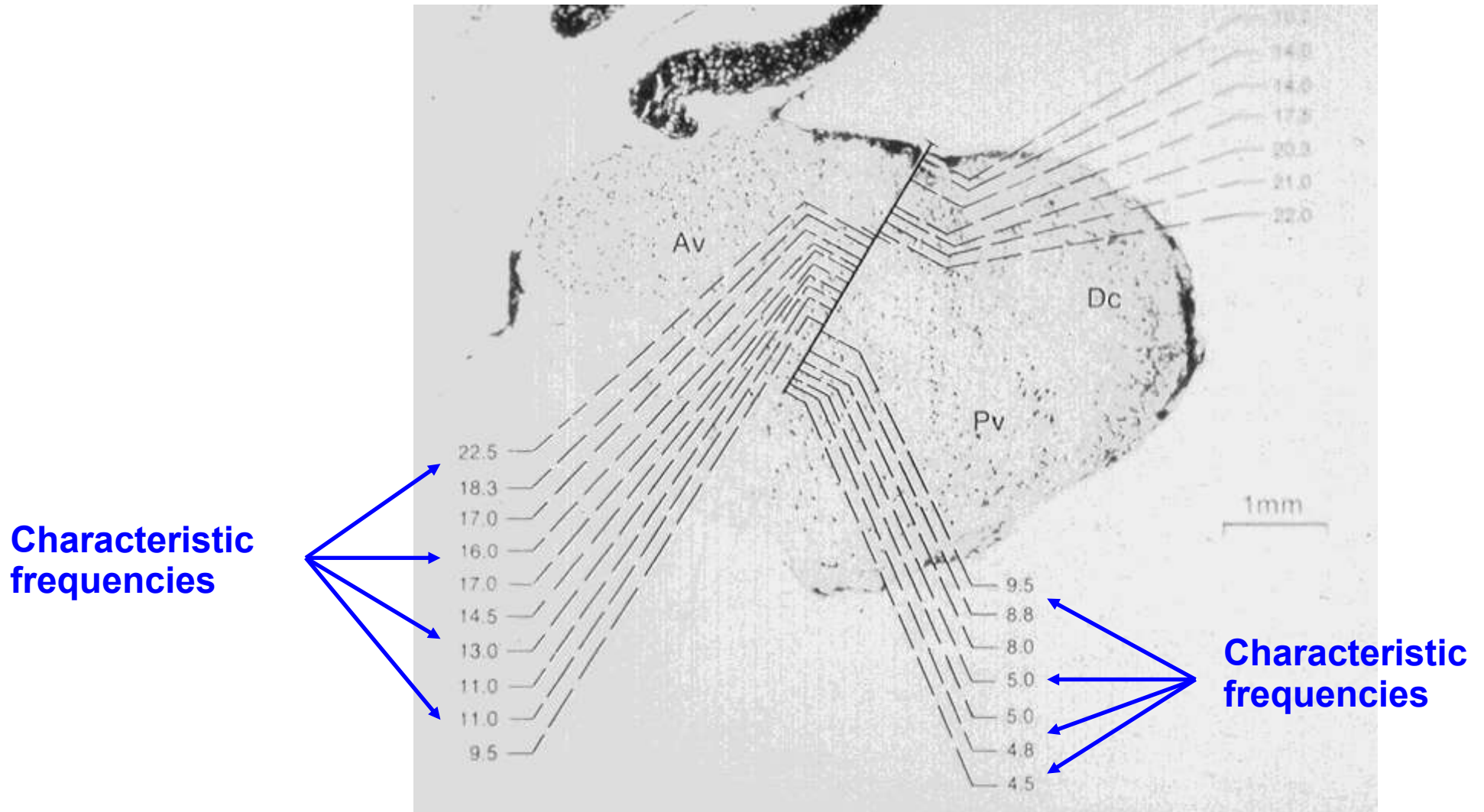
1. ***Endpoints of the Auditory Pathway.*** The pathway begins in the ***cochlear nucleus*** of the ***medulla*** and ends with the ***auditory radiations***, which run from the ***thalamus*** to ***auditory cortex***.
2. ***General Architectural Features***
  - (a) ***decussation (crossing over)***
  - (b) ***tonotopic organization***
  - (c) ***specialization***

a. **Decussation**. Crossing over from one side to the other is a very prominent feature of the auditory pathway. This means that most structures in the auditory pathway will be receiving input from both ears. **This is clearly important for our ability to localize sound.** We'll see later that **sound localization depends** (in part) **on differences between the two ears in time of arrival and intensity.** (More about this later.) **These features can only be analyzed if there are cells that receive input from both ears.** This is one major reason for all the crossing over from one side to the other.

b. **Tonotopic Organization**. This term refers to the relationship between the spatial location of nerve fibers and the ***characteristic frequency (CF)*** or ***best frequency (BF)*** of the fiber.

We know that this relationship exists for 8th nerve fibers connected along the basilar membrane; that is, fibers connected at the base of the cochlea will respond best to high-frequency sound, and fibers connected at the apex of the cochlea will respond best to low-frequency sound. This relationship is called ***tonotopic organization***, and it ***is preserved not just for 8th N fibers, but throughout the entire auditory pathway.***

Tonotopic organization in the central auditory pathway. The numbers below are CFs (in kHz) for a slice of tissue in the brain stem. The simple point to be made here is that the CFs are not randomly distributed – there is a relationship between CF and the physical location of the fiber, just like there is for 8<sup>th</sup> N fibers in the cochlea.



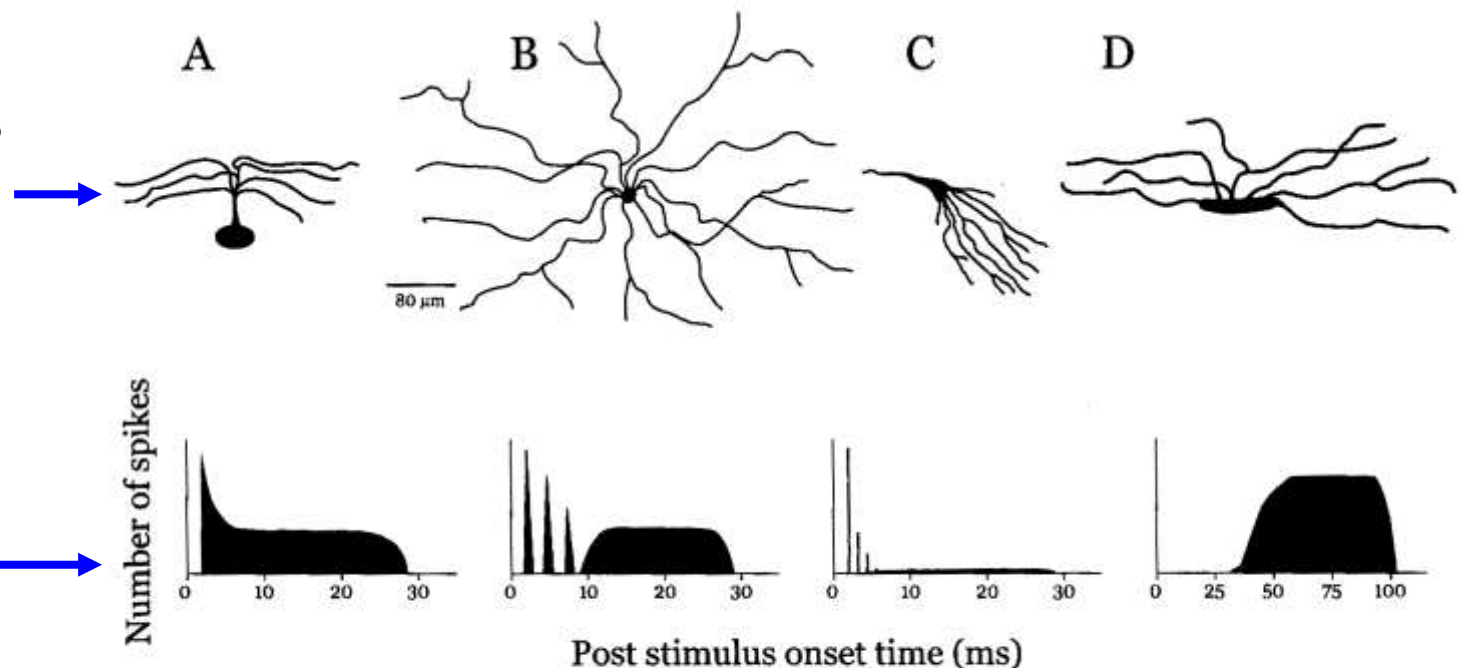
### c. Specialization

**Auditory nerve fibers** (these are in the auditory periphery, not the CNS) show very little specialization; i.e., they're nearly interchangeable with one another, with one exception: Some have low thresholds (and high spontaneous rates), some have high thresholds (and low spontaneous rates). That's about it for specialization. Neurons in central auditory system, on the other hand, are specialized.

### Four Different cell types in the cochlear nucleus

Structurally, the cells look different.

They also respond differently to input from other neurons.



**Figure 26-1.** Upper drawings are stylized impressions of the morphology of 4 cell types of the cochlear nucleus, prompted by the descriptions of Oertel et al<sup>21</sup> and Rhode.<sup>20</sup> Lower panels are schematic, stylized impressions of the poststimulus time histograms of the responses to CF tones that might be expected from the neurons depicted (prompted by those presented by Rhode and Greenberg<sup>18</sup>).

### 3. *Auditory Evoked Response (AER)/Brain Stem Evoked Response (BSER).*

The electrical signals that are generated from the firing of neurons along this pathway can be measured. The technique is called *auditory evoked response (AER)* or *evoked response audiometry (ERA)*.

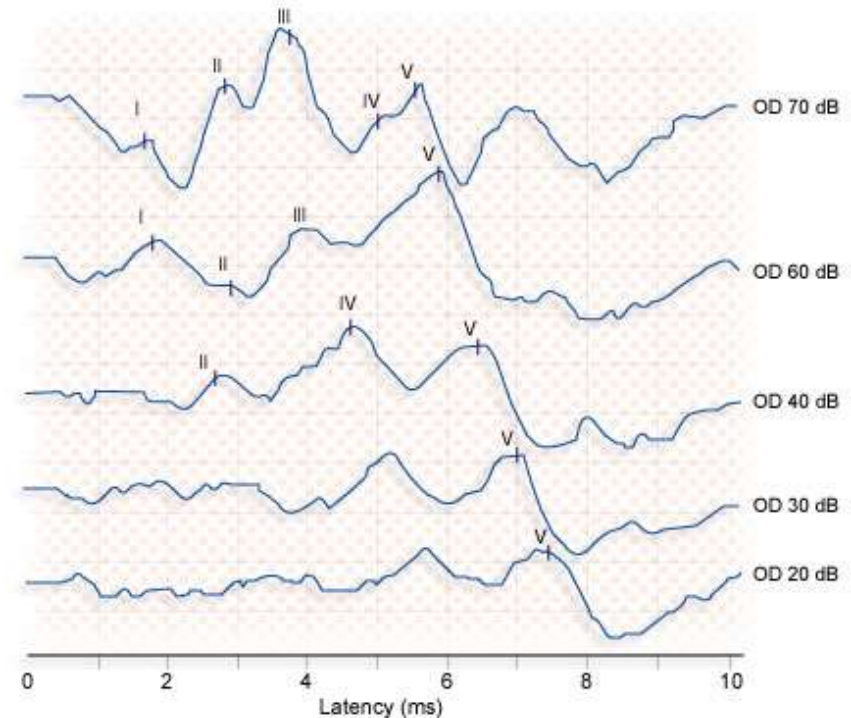
The specific use of this technique to measure the brain stem portion of this pathway is called *brain stem evoked response (BSER)*. **BSER** in particular has become a very powerful tool in diagnosing certain kinds of hearing disorders, especially in difficult-to-test populations.

- Clicks presented over earphones
- The weak electrical signals generated by nerve fibers in the CNS are picked up by **surface electrodes**.
- A computer technique called **signal averaging** is used to recover these very weak electrical signals from the large amount of electrical background noise in which these signals are embedded.

## Auditory Evoked Response (AER) Audiometry



The baby here is listening to a series of clicks; surface electrodes are recording the electrical activity that occurs in the brain in response to those clicks.



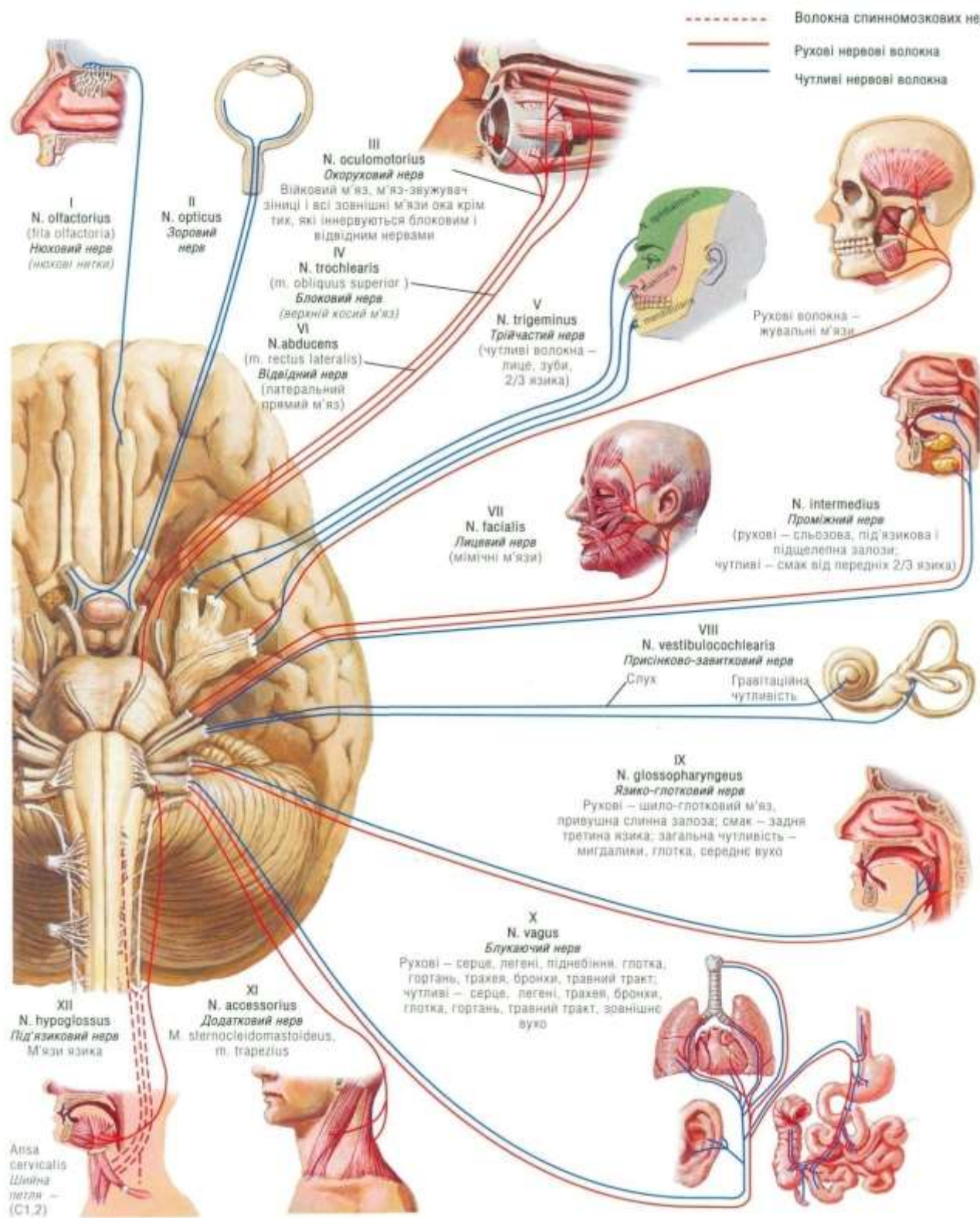
Different features of the signal reveal activity at different locations in the central auditory pathway. The method shown here records activity in the brain stem. It's called **BSER** (*brain stem evoked response*) or **BSAER** (*brain stem auditory evoked response*).

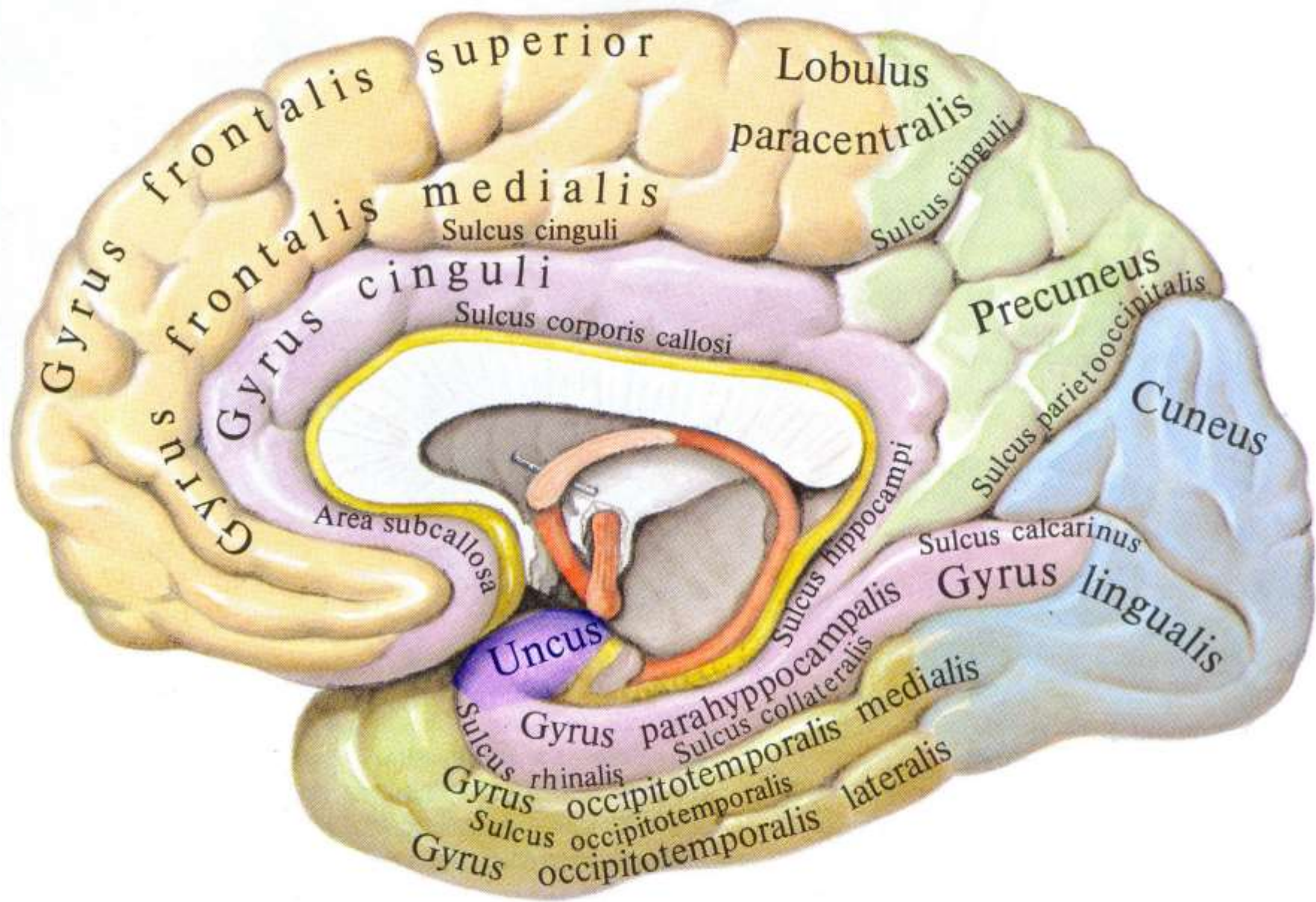
Another look at auditory assessment using *brain stem evoked response (BSER)*

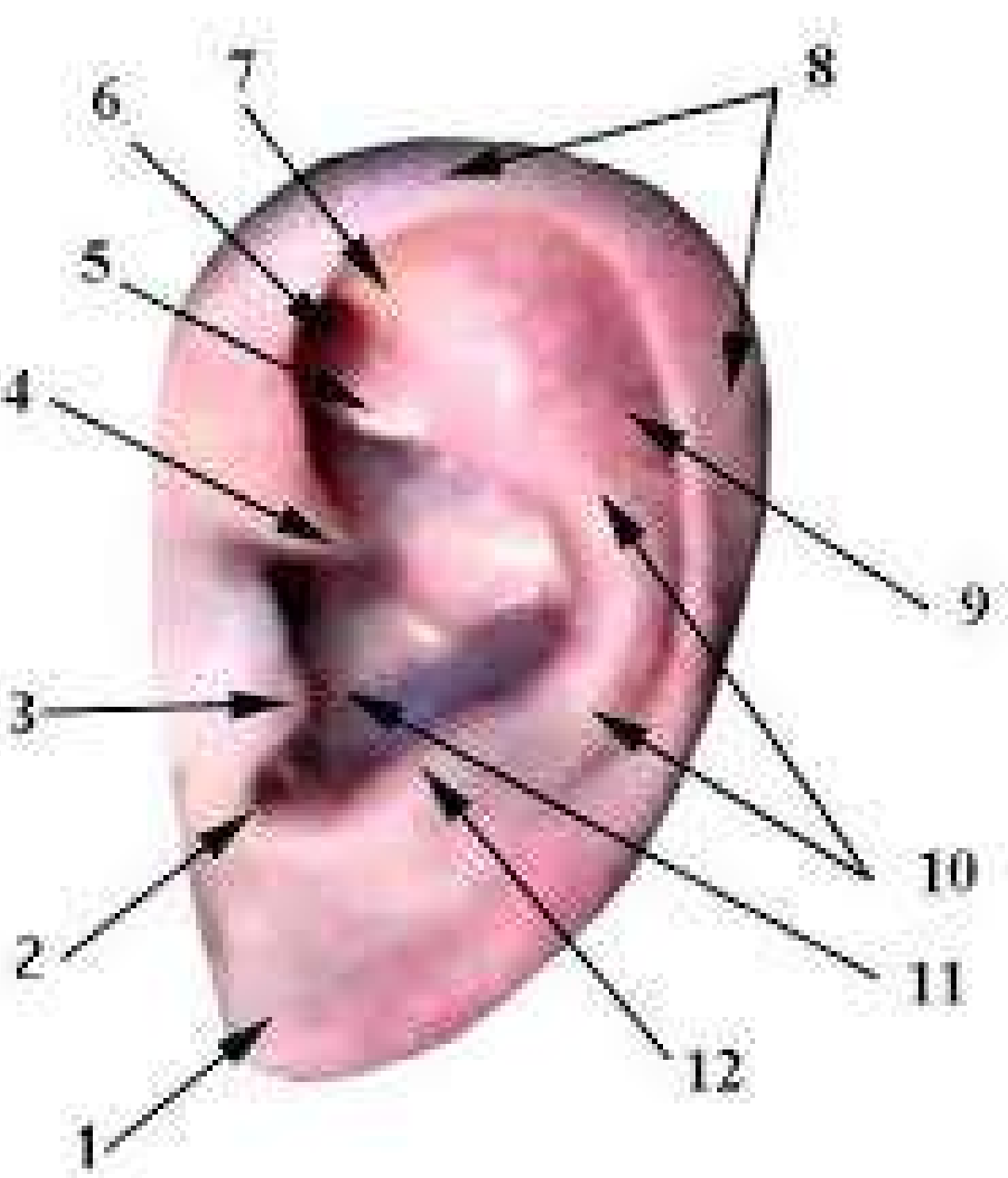


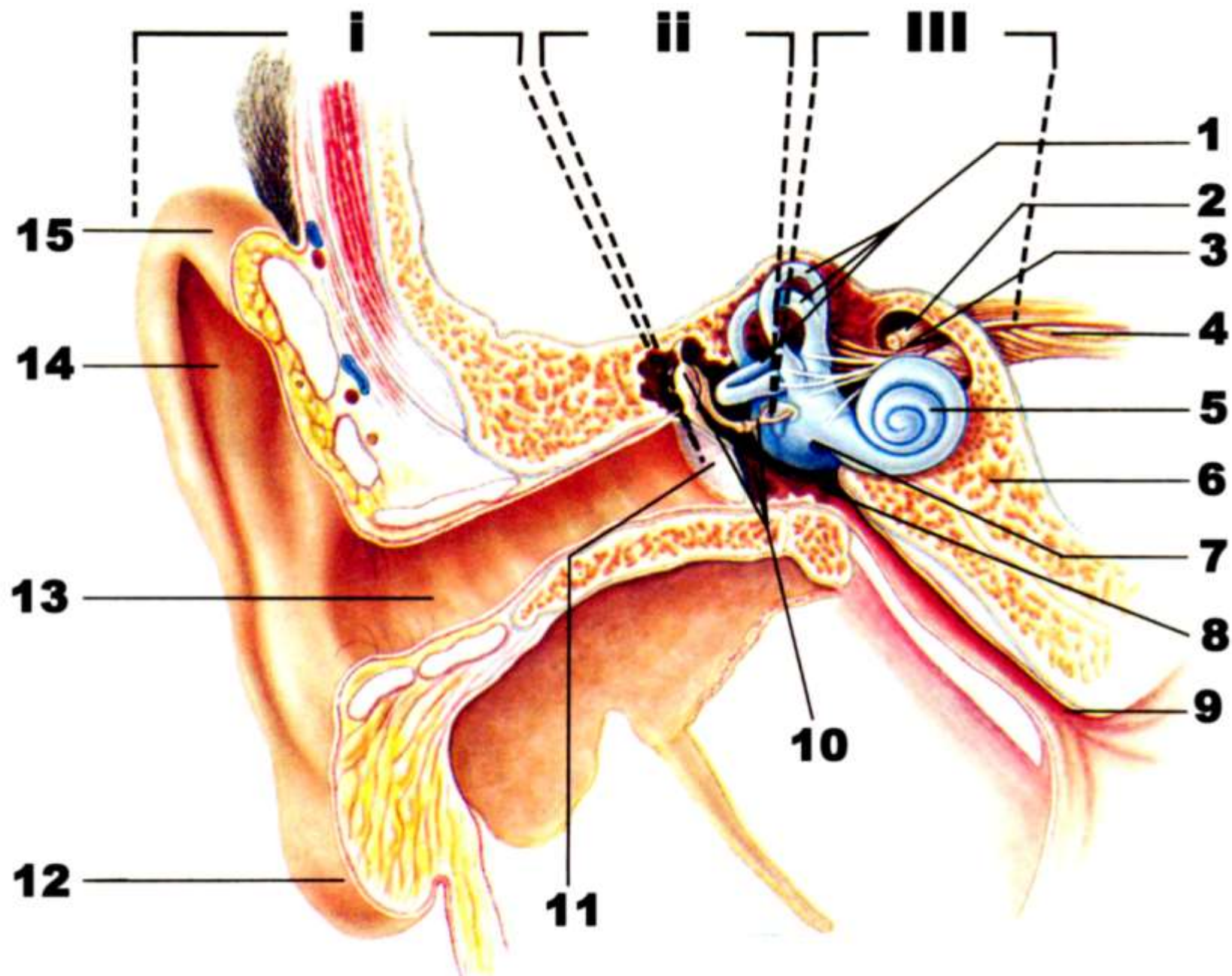
VERTEX POTENTIAL	HL ISO	REPORT
	70 dB	Fairly loud
	50	Moderate
	30	Clear
	20	Clear
	10	Very faint
	5	Only part of the time



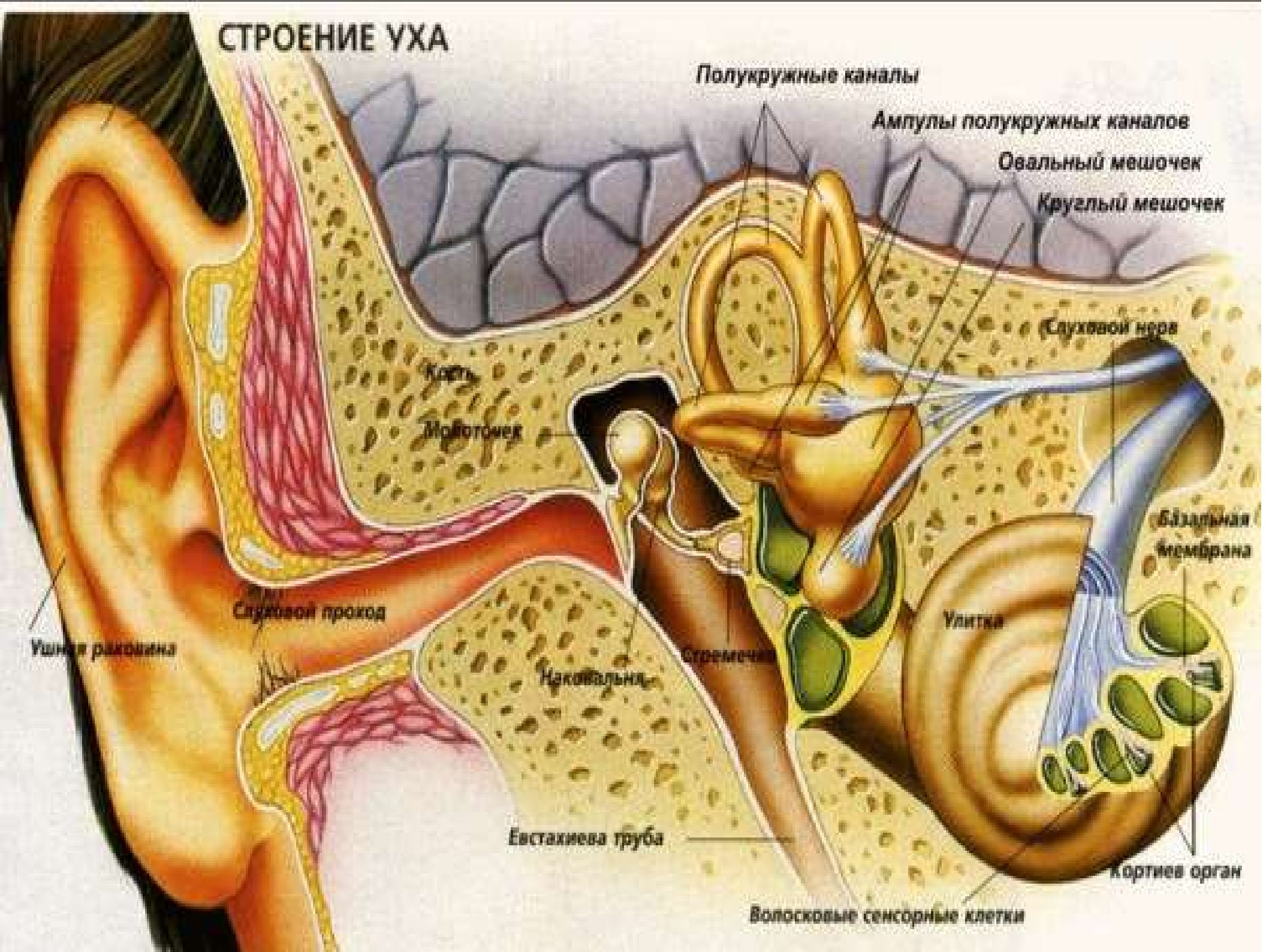








# СТРОЕНИЕ УША



Полукружные каналы

Ампулы полукружных каналов

Овальный мешочек

Круглый мешочек

Слуховой нерв

Базальная мембрана

Улитка

Кортиев орган

Волосковые сенсорные клетки

Кость

Молоточек

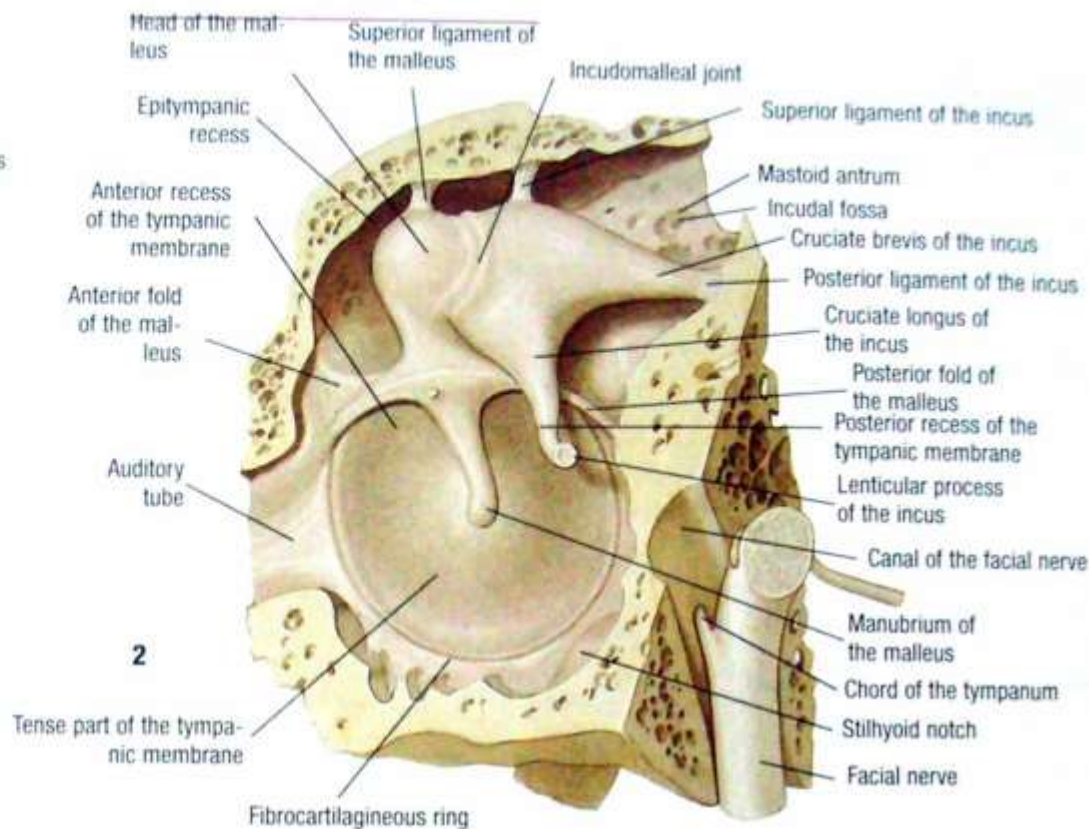
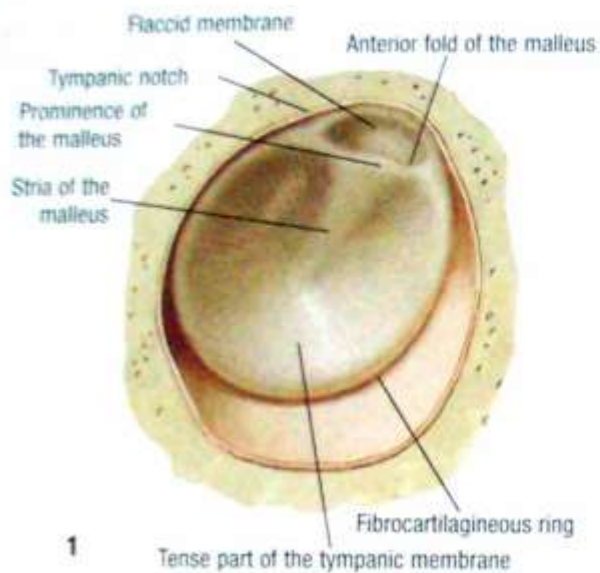
Слуховой проход

Ушная раковина

Наковальня

Стремечко

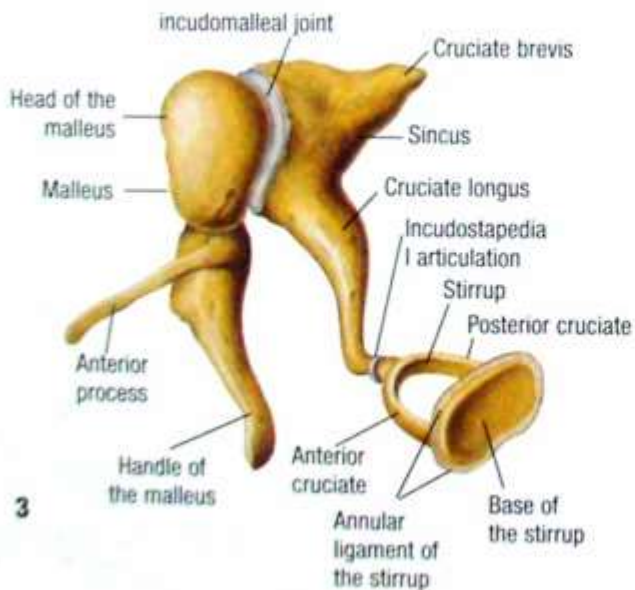
Евстахиева труба



### ►► Ossicles and membranes

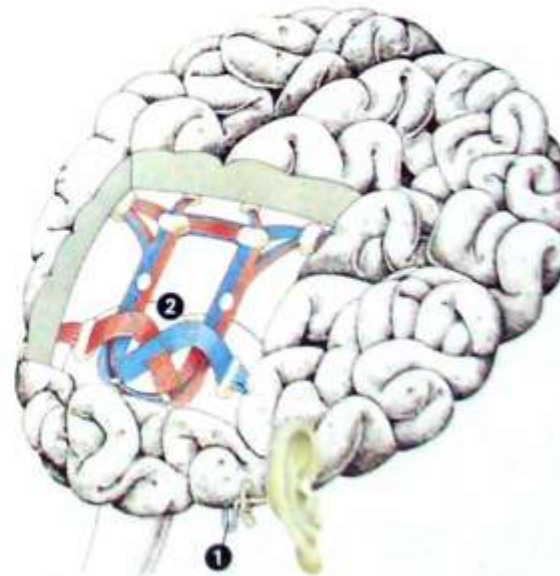
They are anatomical elements that transfer vibrations from the air to the auditory receptors:

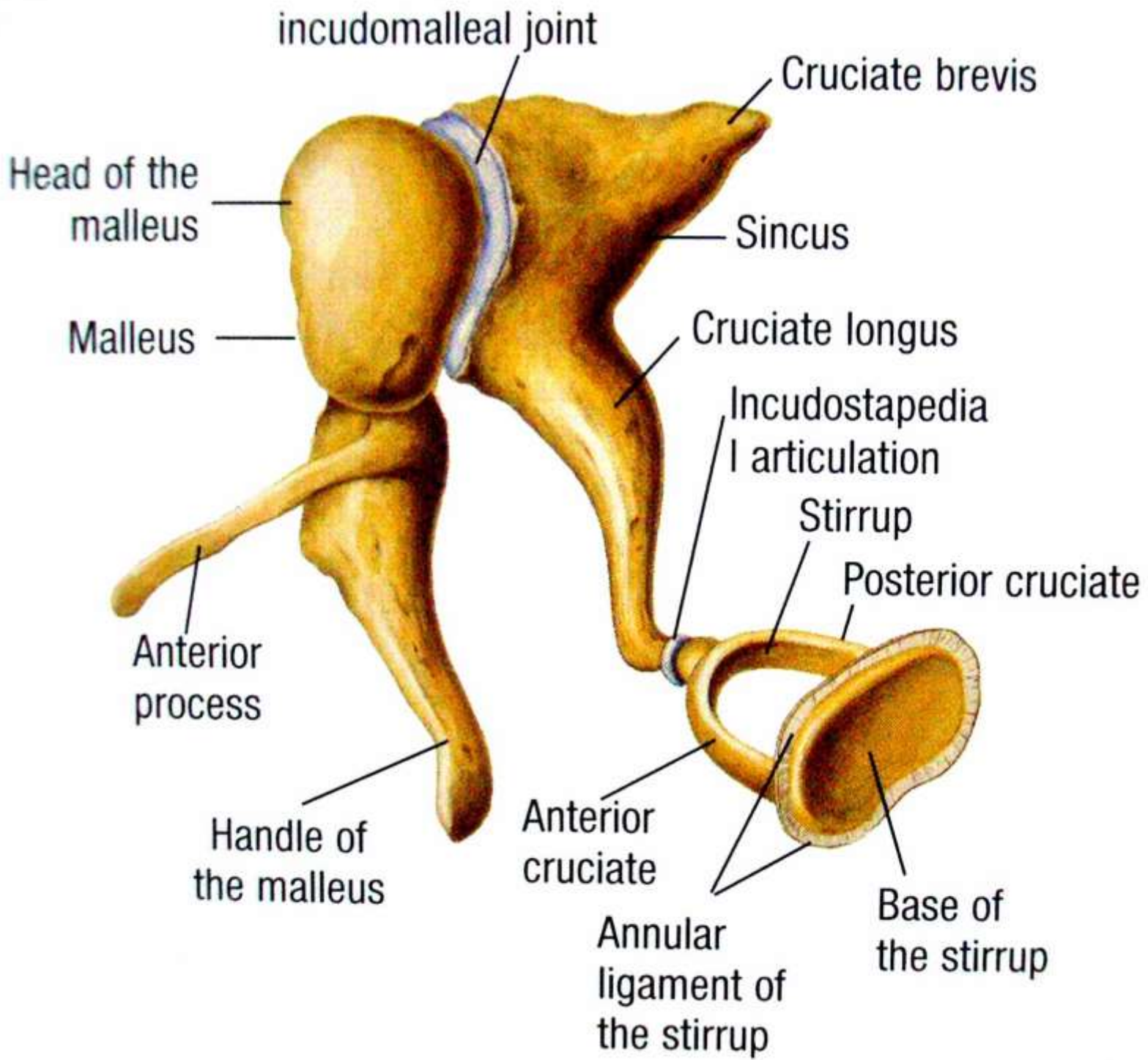
1. Frontal view of the tympanic membrane: it transmits vibrations to the fluid inside the cochlea.
2. Dorsal view of the entire internal ear.
3. Stirrup, incus and malleus: these ossicles are articulated in diarthrosis connected by ligaments.



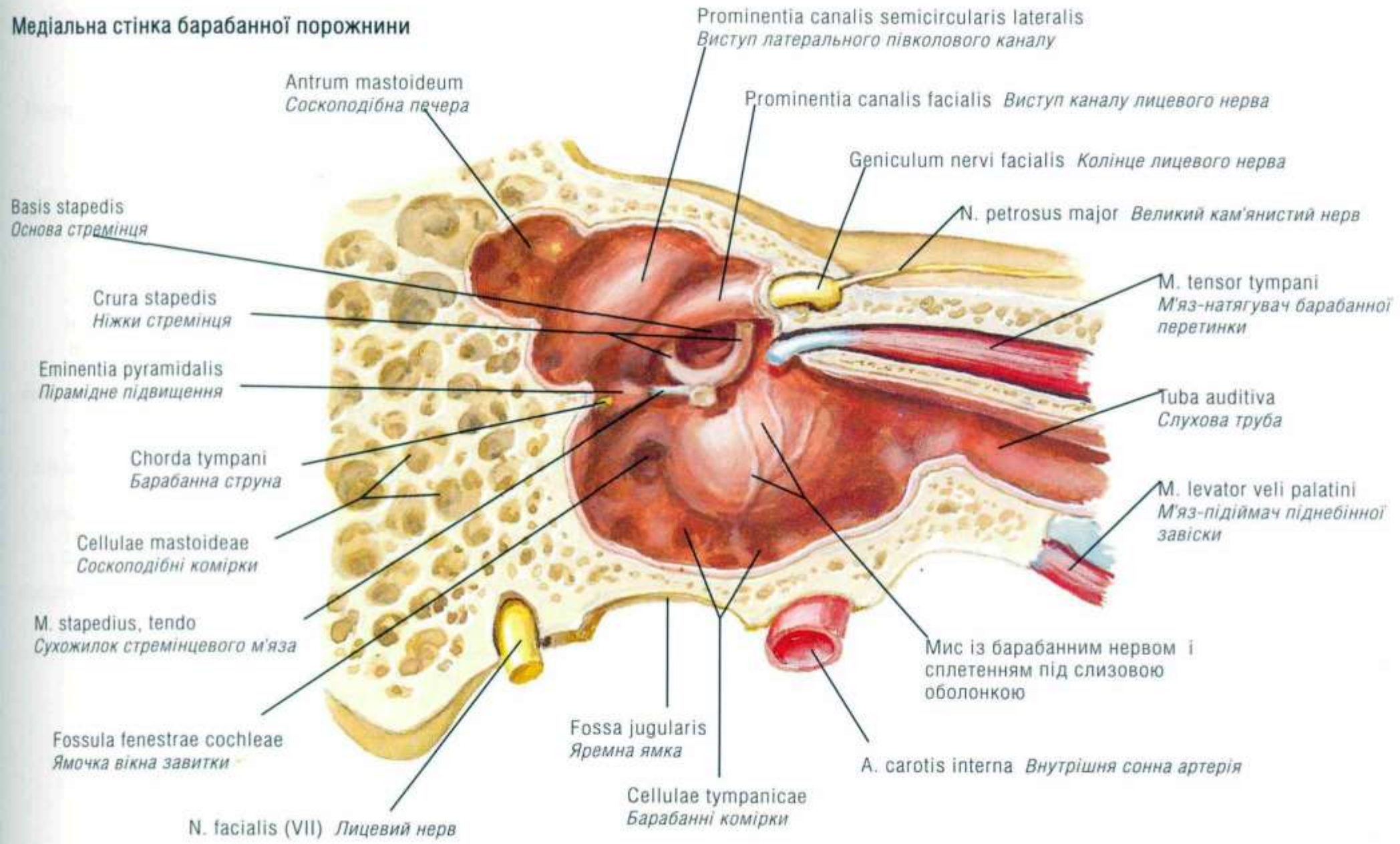
### ► The auditory pathways

They start with the nervous fibers of Corti's organ (internal ear 1) They come (in blue) from the right ear, and (in red) from the left ear. The impulses reach the hearing center, but at the level of the cerebral trunk 2 many fibers cross each other, allowing the messages that come from each ear, to reach both hemispheres.

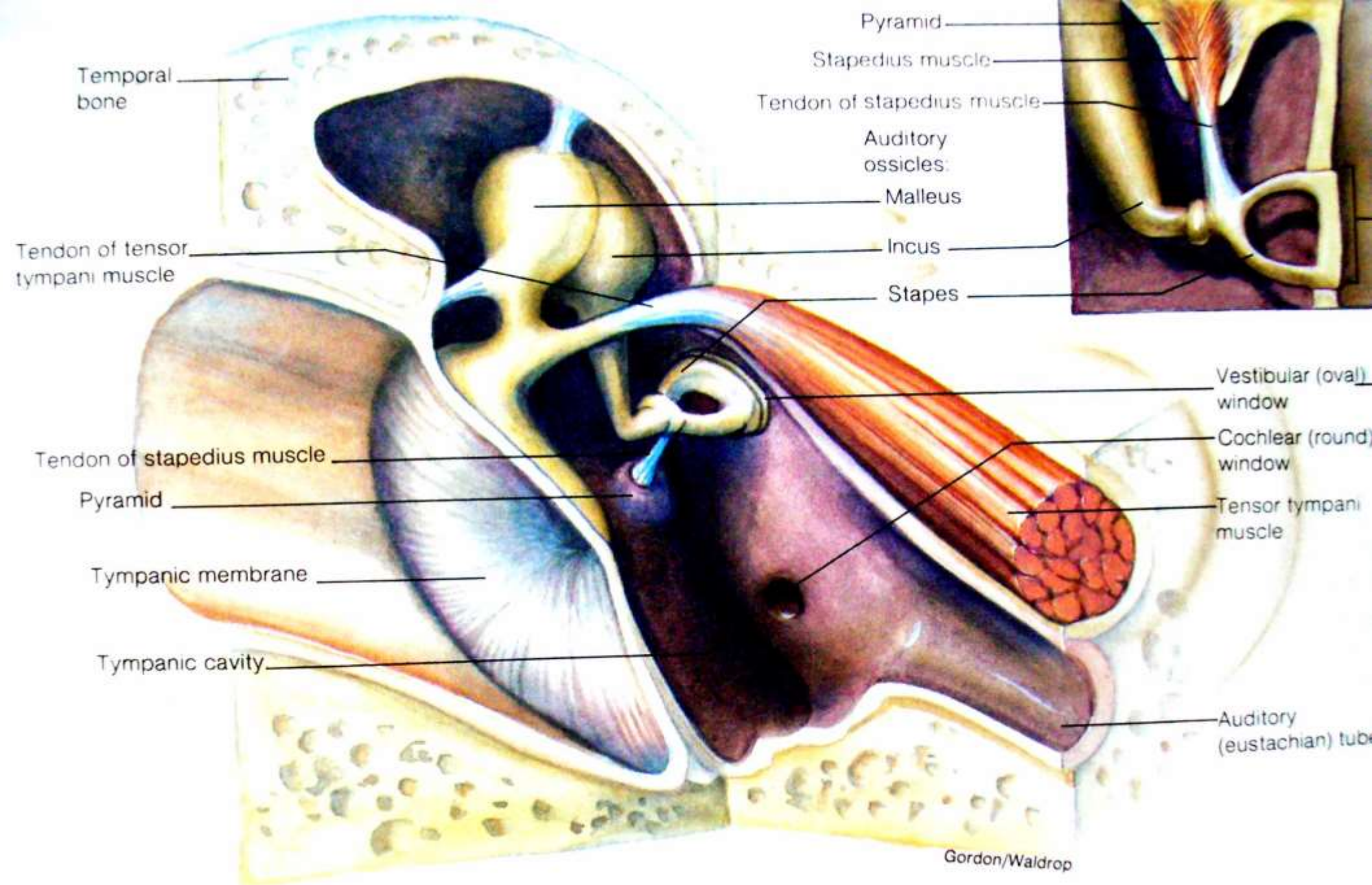




# Медіальна стінка барабанної порожнини



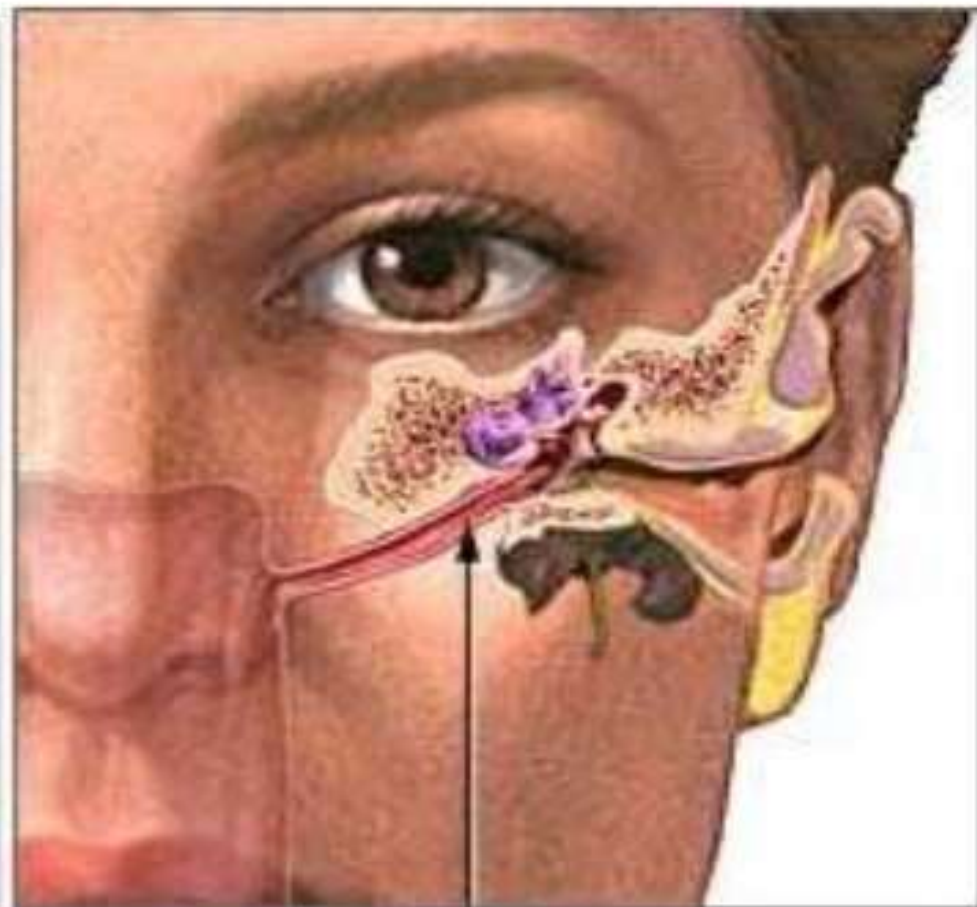




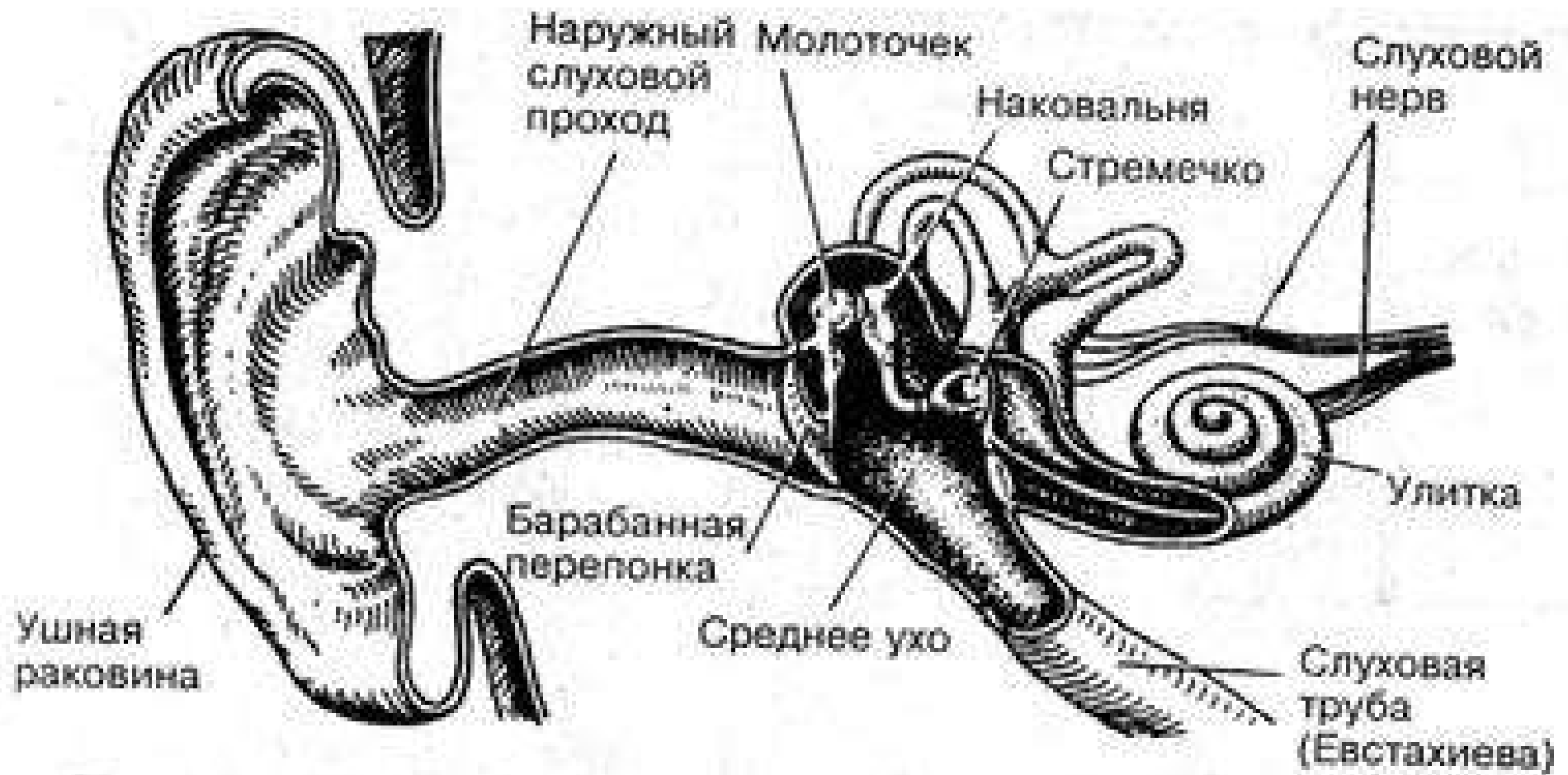
# Слухова труба з'єднана з НОСОГЛОТКОЮ

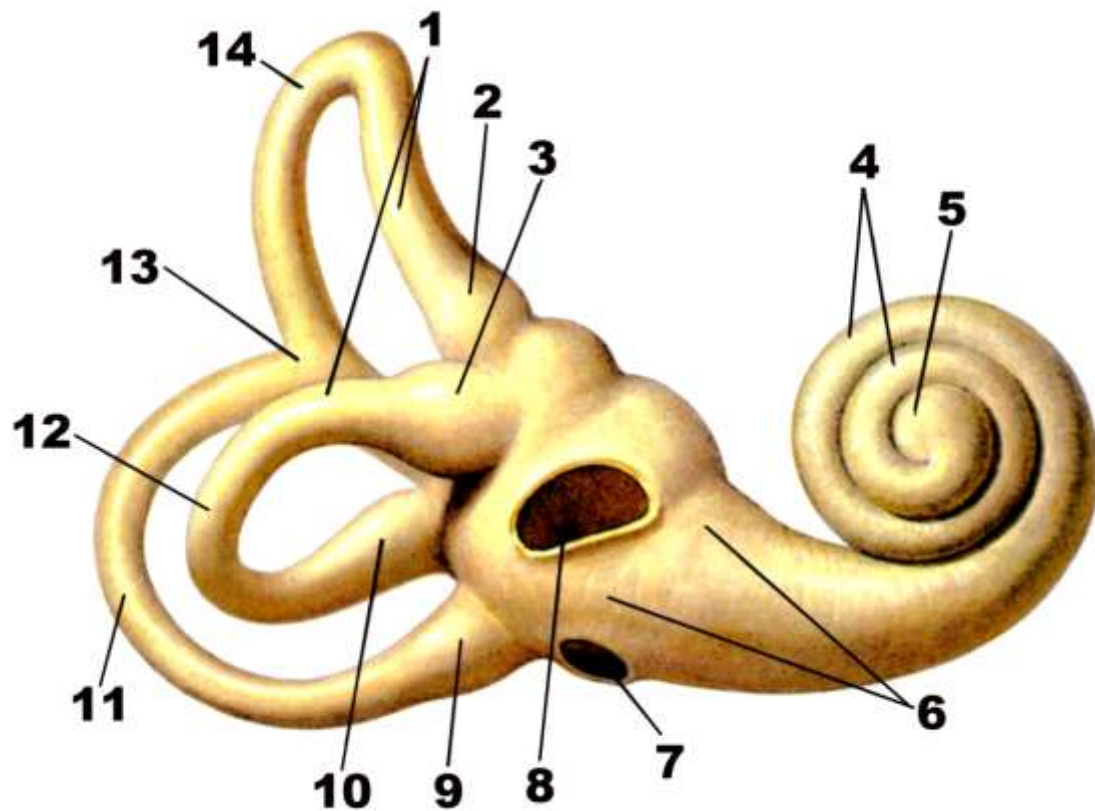


**Слухова труба**



**Слухова труба**



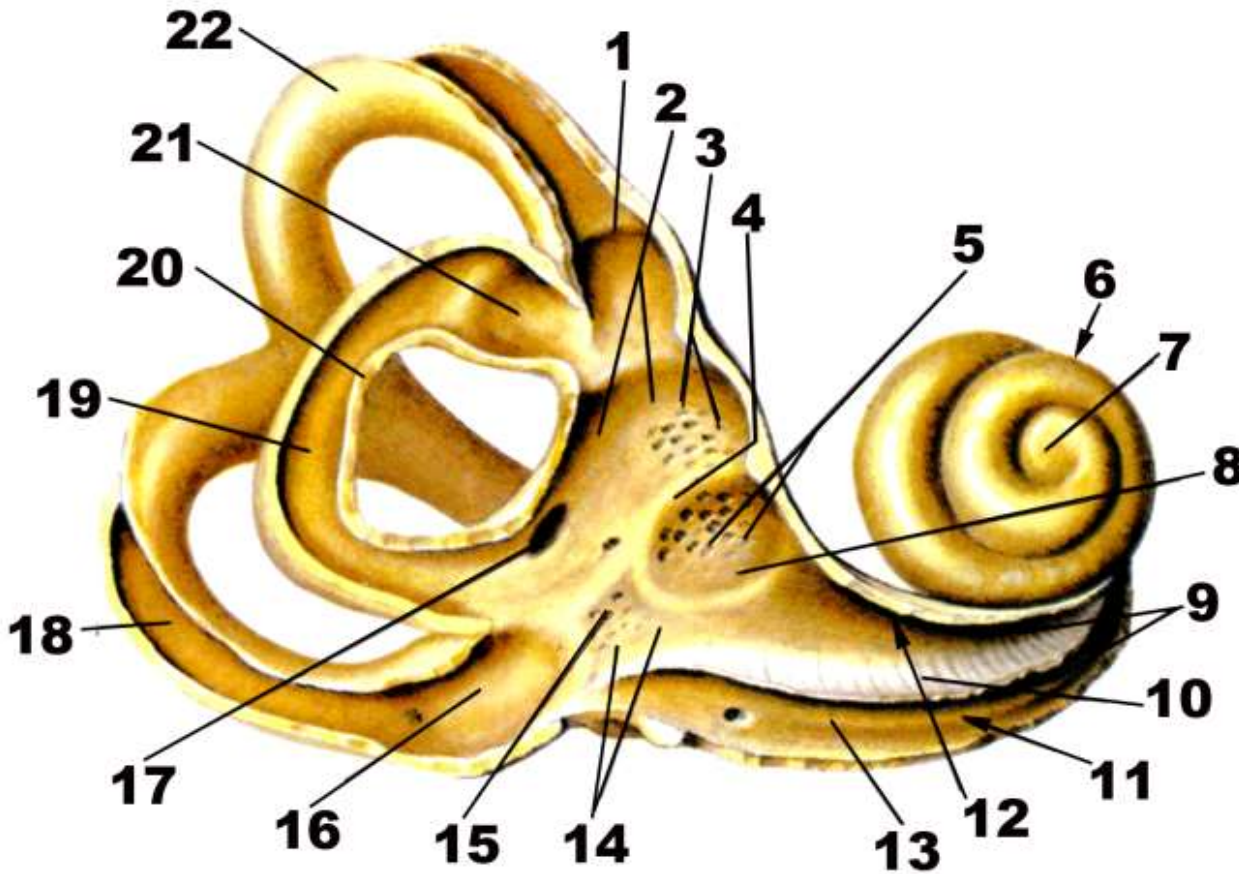


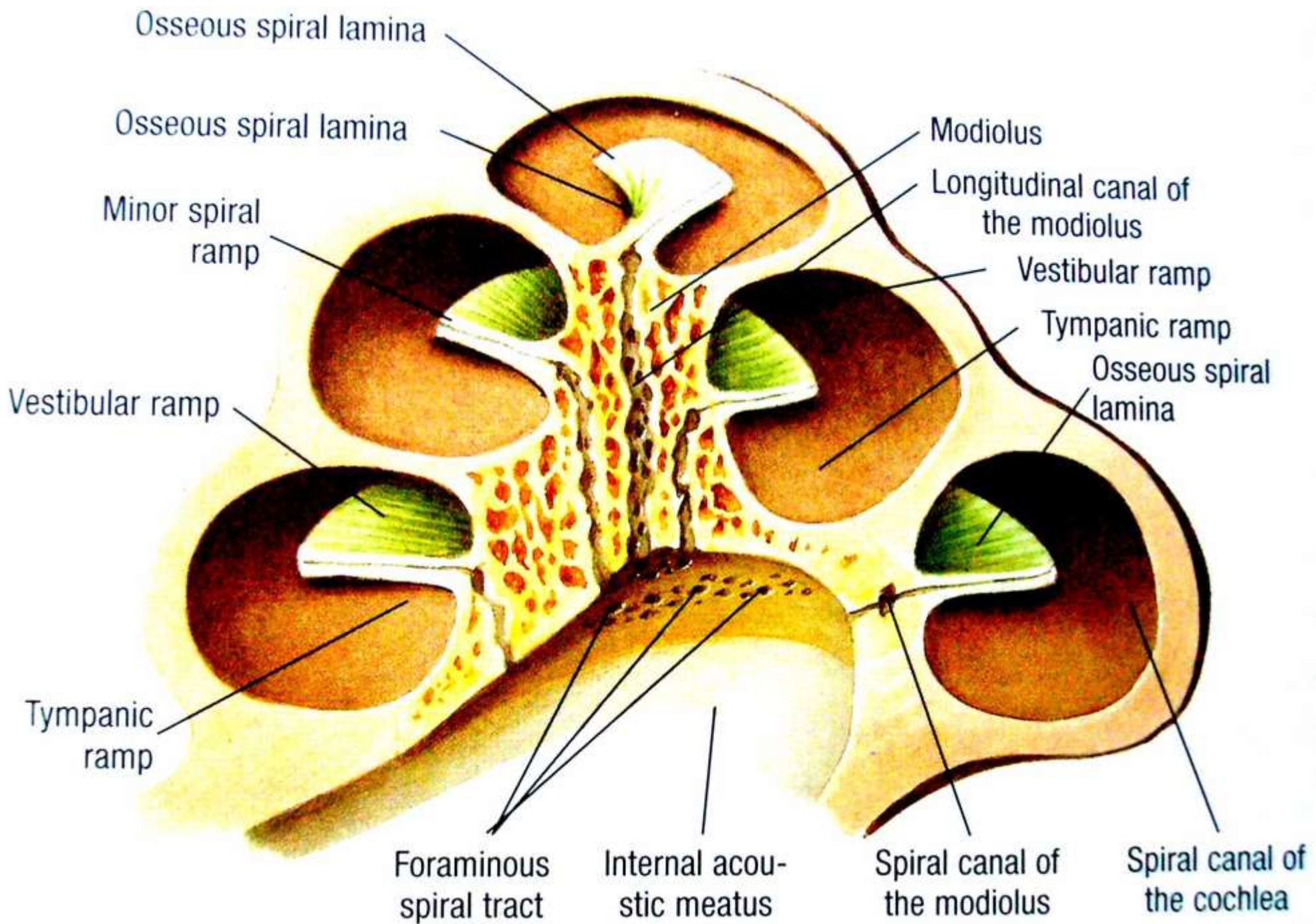
**Кістковий лабіринт  
внутрішнього вуха, правий.  
Вигляд з зовнішнього боку і  
спереду.**

- 1** – ампульні кісткові ніжки;
- 2** – передня кісткова ампула;
- 3** – бічна кісткова ампула;
- 4** – завитка;
- 5** – купол завитки;
- 6** – присінок кісткового лабіринта;
- 7** – вікно завитки;
- 8** – вікно присінка;
- 9** – задня кісткова ампула;
- 10** – проста кісткова ніжка;
- 11** – задній півколовий канал;
- 12** – бічний півколовий канал;
- 13** – спільна кісткова ніжка;
- 14** – передній півколовий канал.

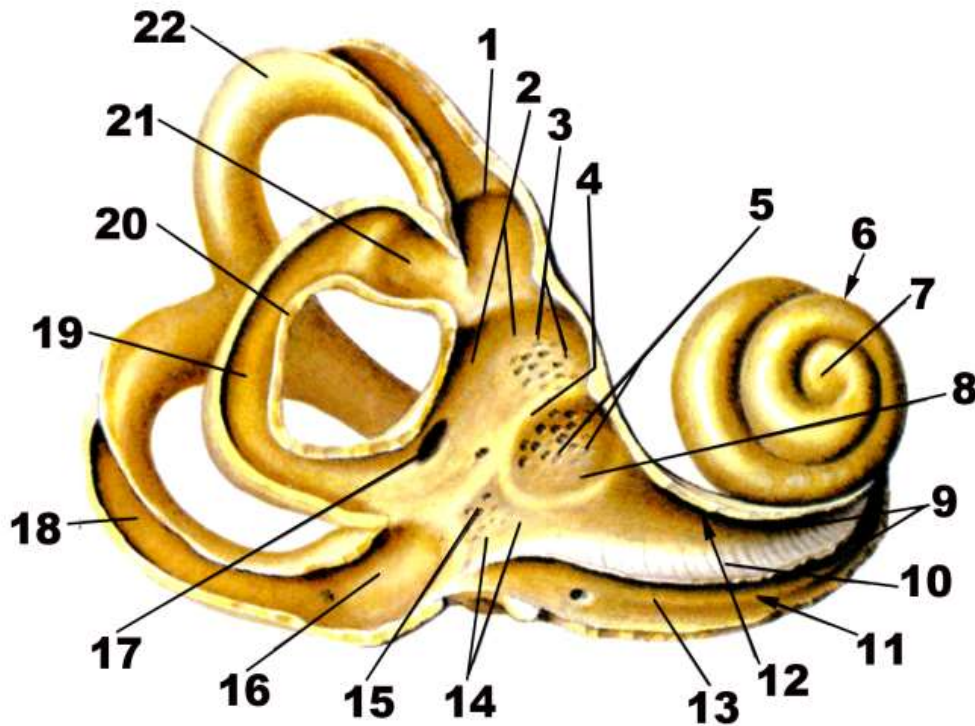
## Кістковий лабіринт внутрішнього вуха, правий (на розрізі). Вигляд з зовнішнього боку і дещо знизу.

- 1 – передня кісткова ампула;
- 2 – еліптичний (маточковий) закуток;
- 3 – верхня решітчаста пляма;
- 4 – присінковий гребінь;
- 5 – середня решітчаста пляма;
- 6 – завитка;
- 7 – купол завитки;
- 8 – кулястий (мішечковий) закуток;
- 9 – спіральний канал завитки;
- 10 – кісткова спіральна пластинка;
- 11 – барабанні сходи;
- 12 – сходи присінка;
- 13 – вторинна спіральна пластинка;
- 14 – завитковий закуток;
- 15 – нижня решітчаста пляма;
- 16 – задня кісткова ампула;
- 17 – вічко спільної кісткової ніжки;
- 18 – задній півколовий канал;
- 19 – бічний півколовий канал;
- 20 – спільна кісткова ніжка;
- 21 – бічна кісткова ампула;
- 22 – передній півколовий канал.



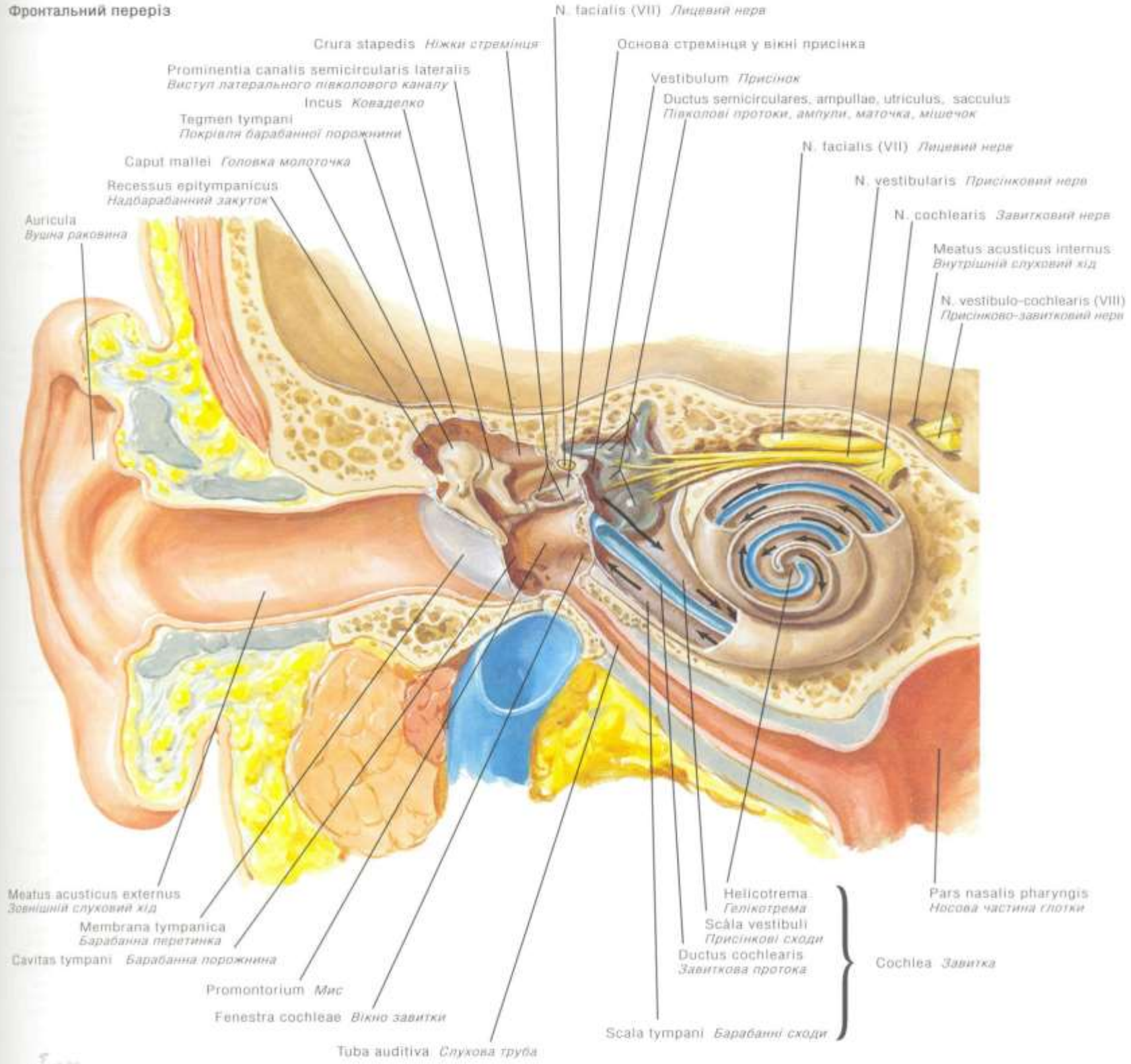


**Кістковий лабіринт внутрішнього вуха,  
правий (на розрізі). Вигляд з зовнішнього  
боку і дещо знизу.**

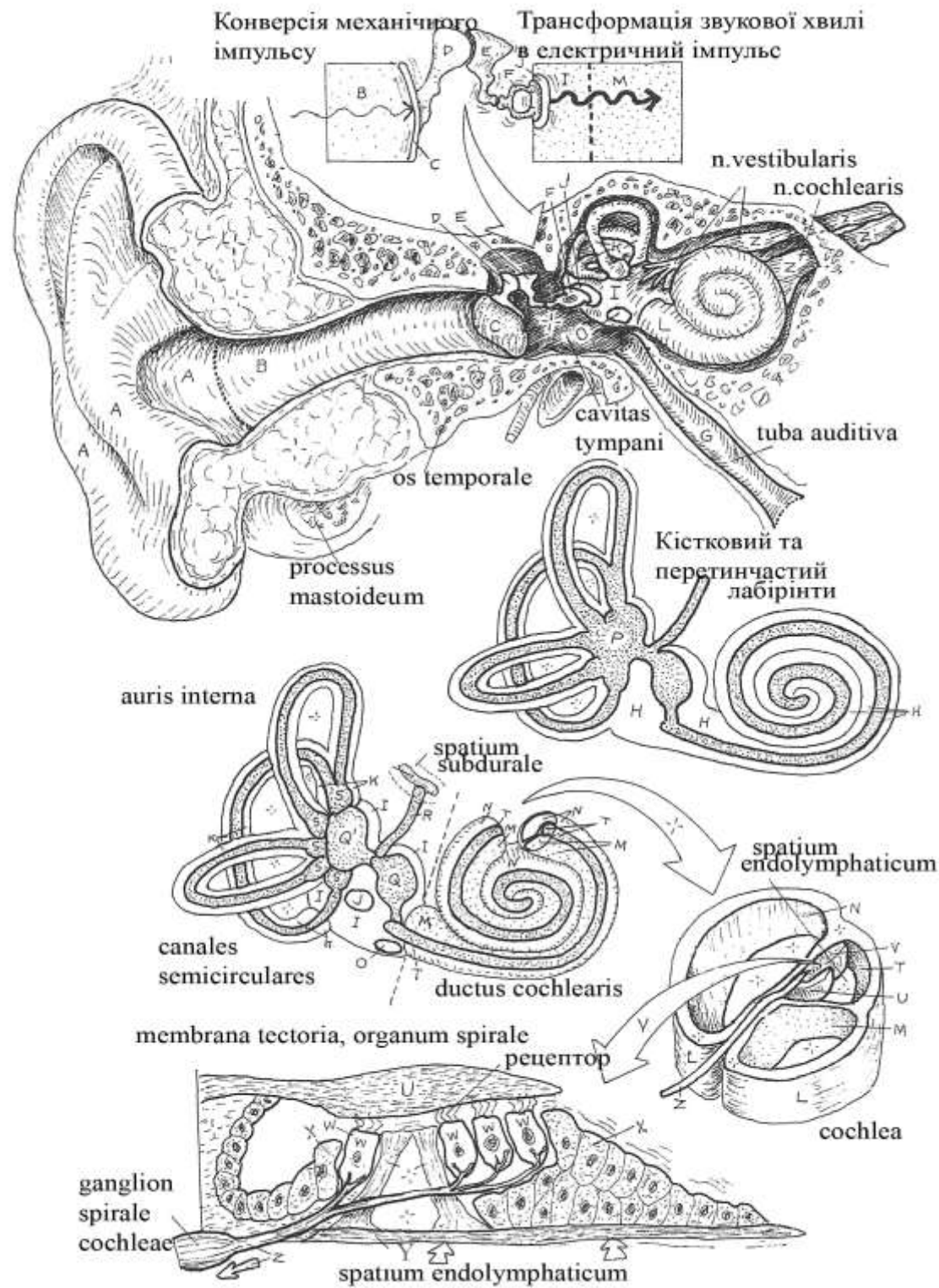


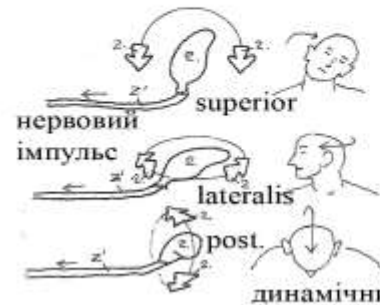
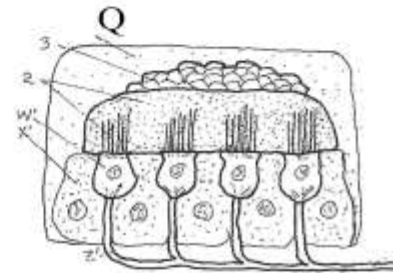
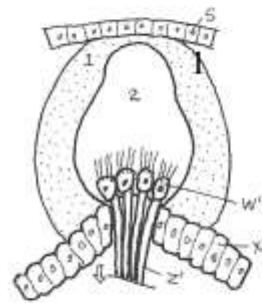
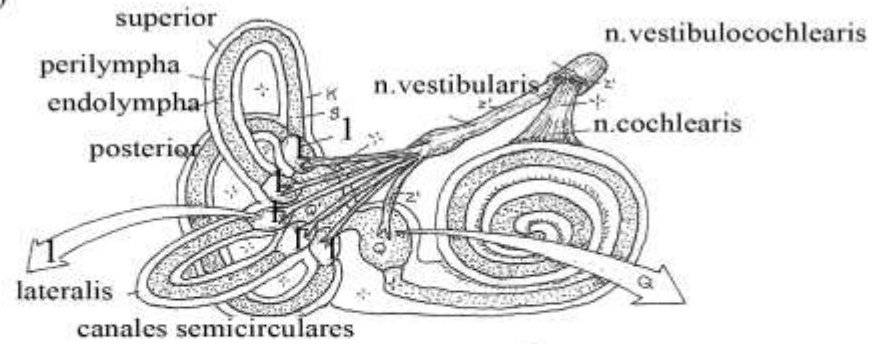
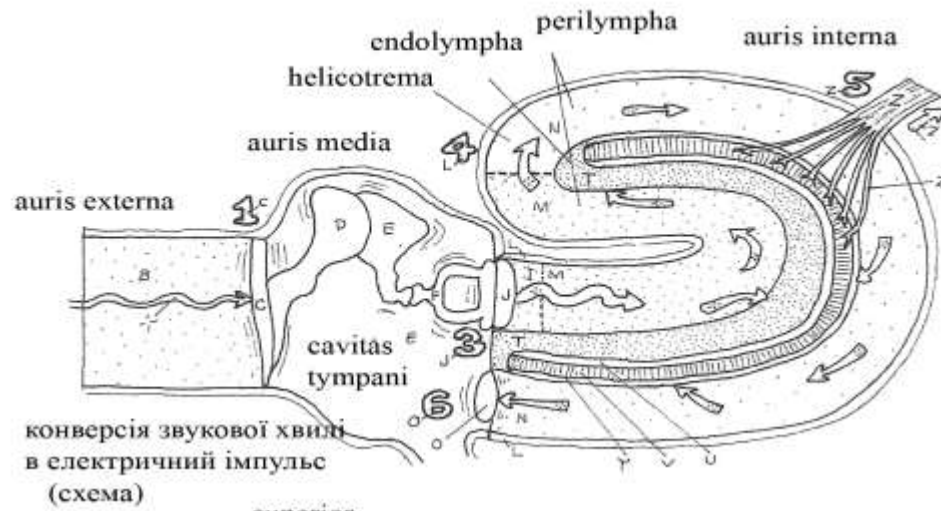
- 1 – передня кісткова ампула;**
- 2 – еліптичний (маточковий) закуток;**
- 3 – верхня решітчаста пляма;**
- 4 – присінковий гребінь;**
- 5 – середня решітчаста пляма;**
- 6 – завитка;**
- 7 – купол завитки;**
- 8 – кулястий (мішечковий) закуток;**
- 9 – спіральний канал завитки;**
- 10 – кісткова спіральна пластинка;**
- 11 – барабанні сходи;**
- 12 – сходи присінка;**
- 13 – вторинна спіральна пластинка;**
- 14 – завитковий закуток;**
- 15 – нижня решітчаста пляма;**
- 16 – задня кісткова ампула;**
- 17 – вічко спільної кісткової ніжки;**
- 18 – задній півколовий канал;**
- 19 – бічний півколовий канал;**
- 20 – спільна кісткова ніжка;**
- 21 – бічна кісткова ампула;**
- 22 – передній півколовий канал.**

**Фронтальний переріз**

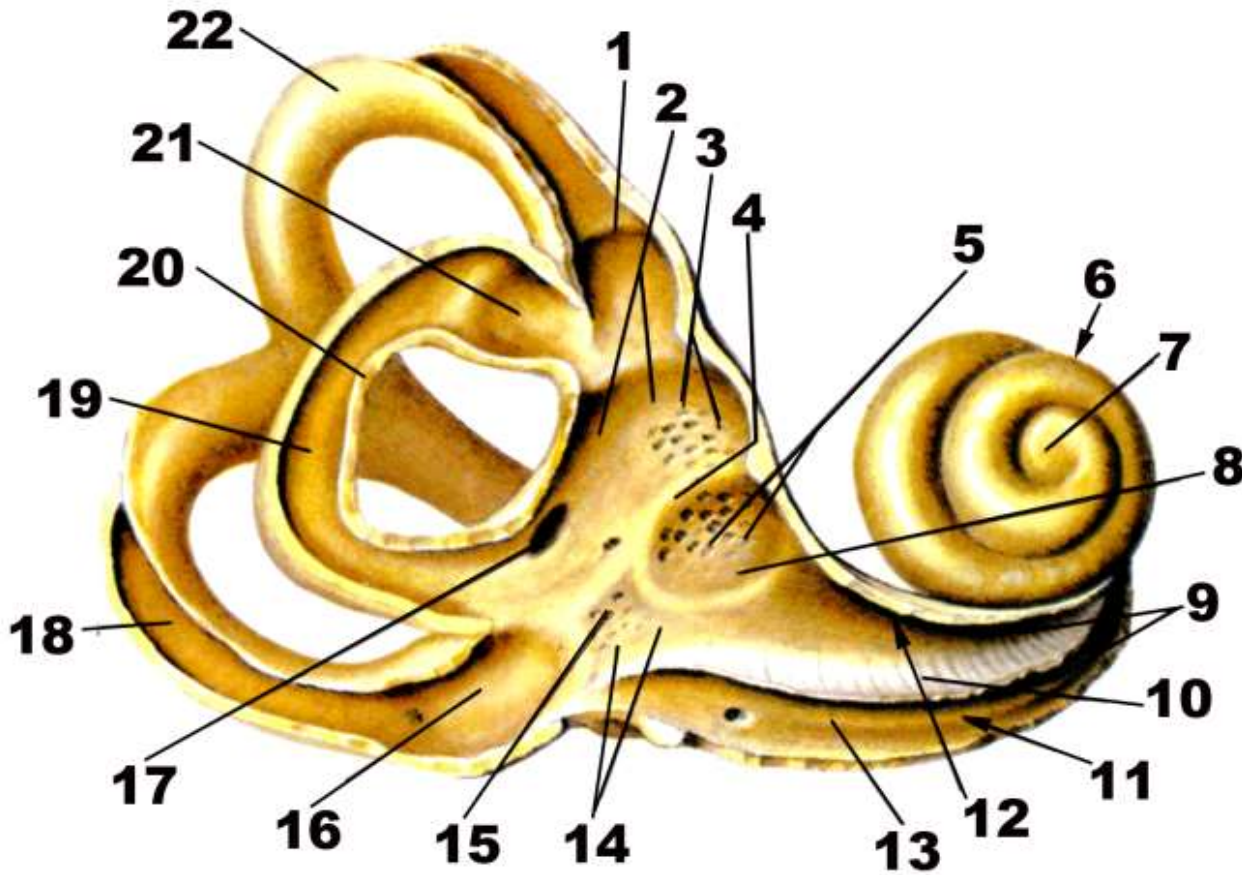






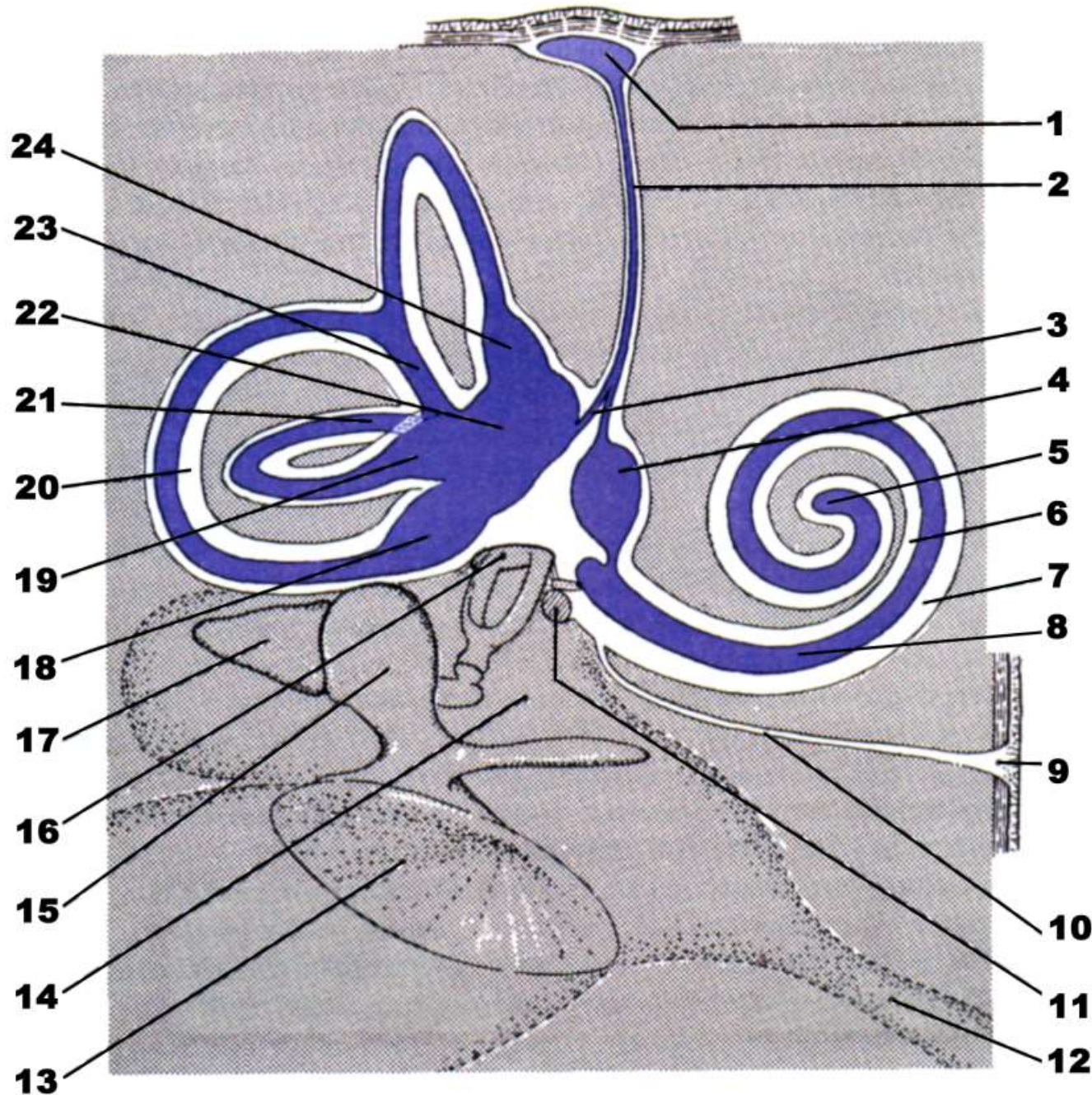


## Кістковий лабіринт внутрішнього вуха, правий (на розрізі). Вигляд з зовнішнього боку і дещо знизу.

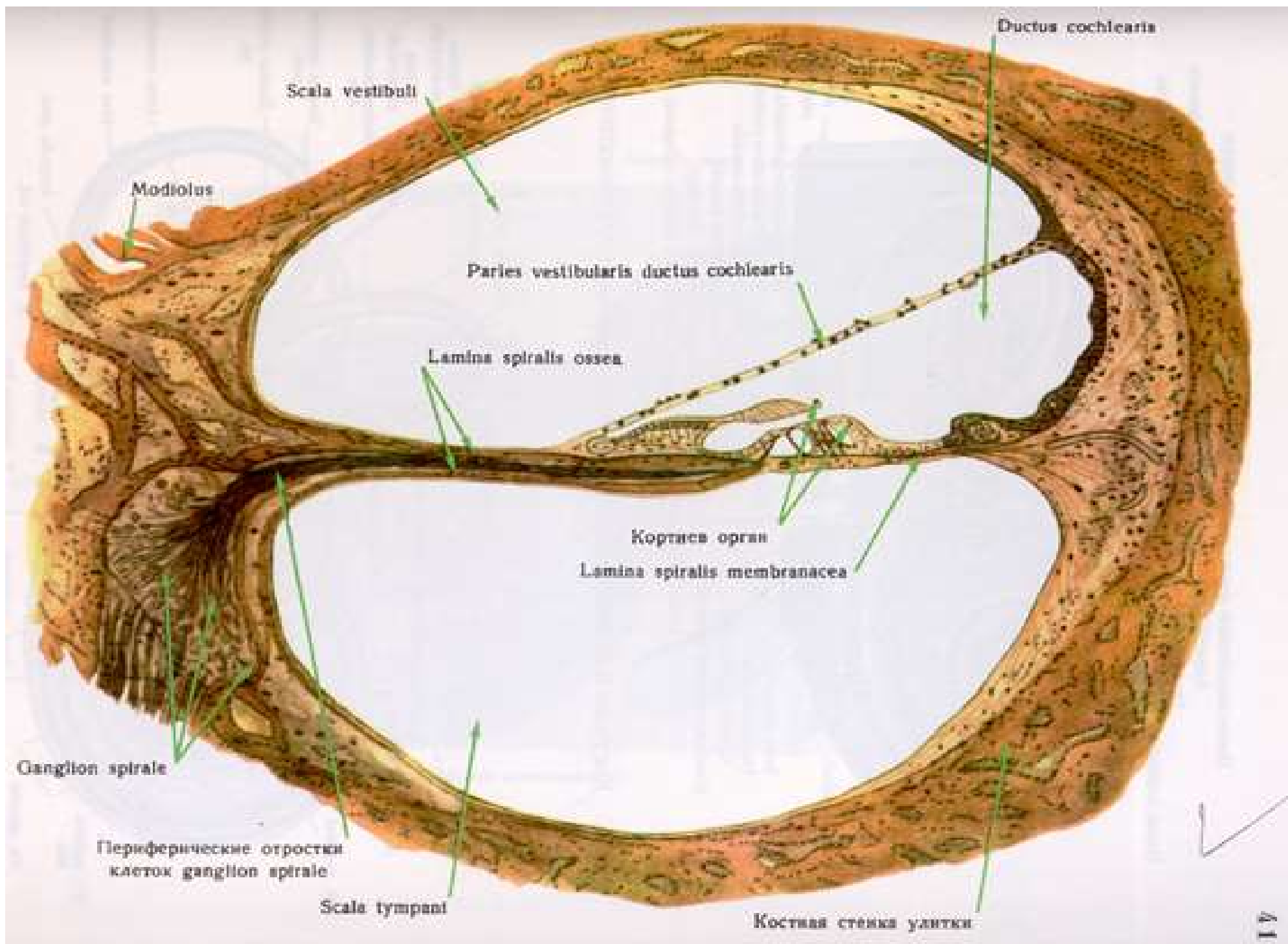


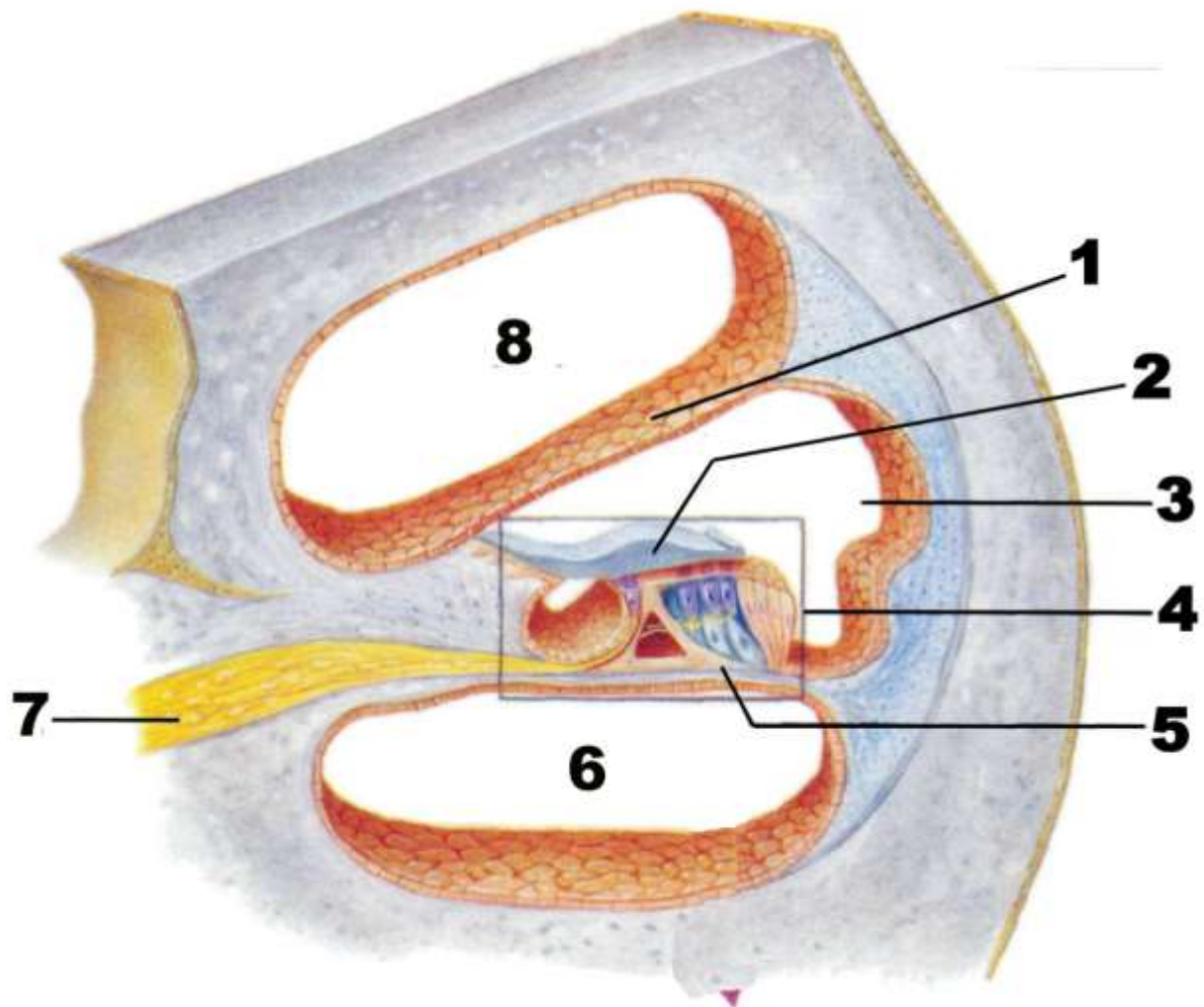
- 1 – передня кісткова ампула;
- 2 – еліптичний (маточковий) закуток;
- 3 – верхня решітчаста пляма;
- 4 – присінковий гребінь;
- 5 – середня решітчаста пляма;
- 6 – завитка;
- 7 – купол завитки;
- 8 – кулястий (мішечковий) закуток;
- 9 – спіральний канал завитки;
- 10 – кісткова спіральна пластинка;
- 11 – барабанні сходи;
- 12 – сходи присінка;
- 13 – вторинна спіральна пластинка;
- 14 – завитковий закуток;
- 15 – нижня решітчаста пляма;
- 16 – задня кісткова ампула;
- 17 – вічко спільної кісткової ніжки;
- 18 – задній півколовий канал;
- 19 – бічний півколовий канал;
- 20 – спільна кісткова ніжка;
- 21 – бічна кісткова ампула;
- 22 – передній півколовий канал.

## Будова перетинчастого лабіринта внутрішнього вуха.



- 1 – ендолімфатичний мішечок;
- 2 – ендолімфатична протока;
- 3 – маточково-мішечкова протока;
- 4 – мішечок;
- 5 – купольний сліпий кінець;
- 6 – сходи присінка;
- 7 – барабанні сходи;
- 8 – завиткова протока;
- 9 – зовнішній отвір каналця (водопровода) завитки;
- 10 – перилімфатична протока (водопровід) завитки;
- 11 – вікно завитки;
- 12 – слухова труба;
- 13 – барабанна перетинка;
- 14 – барабанна порожнина;
- 15 – молоточок;
- 16 – основа стремінця;
- 17 – коваделко;
- 18 – ампулярна перетинчаста ніжка задньої півколової протоки;
- 19 – ампулярна перетинчаста ніжка бічної півколової протоки;
- 20 – перилімфатичний простір заднього (кісткового) півколового каналця;
- 21 – проста перетинчаста ніжка (бічна півколова протока);
- 22 – маточка;
- 23 – спільна перетинчаста ніжка;
- 24 – передня (верхня) перетинчаста ампула.





## **Завиткова протока.**

**1** – присінкова стінка (перетинка);

**2** – покривна перетинка;

**3** – завиткова протока;

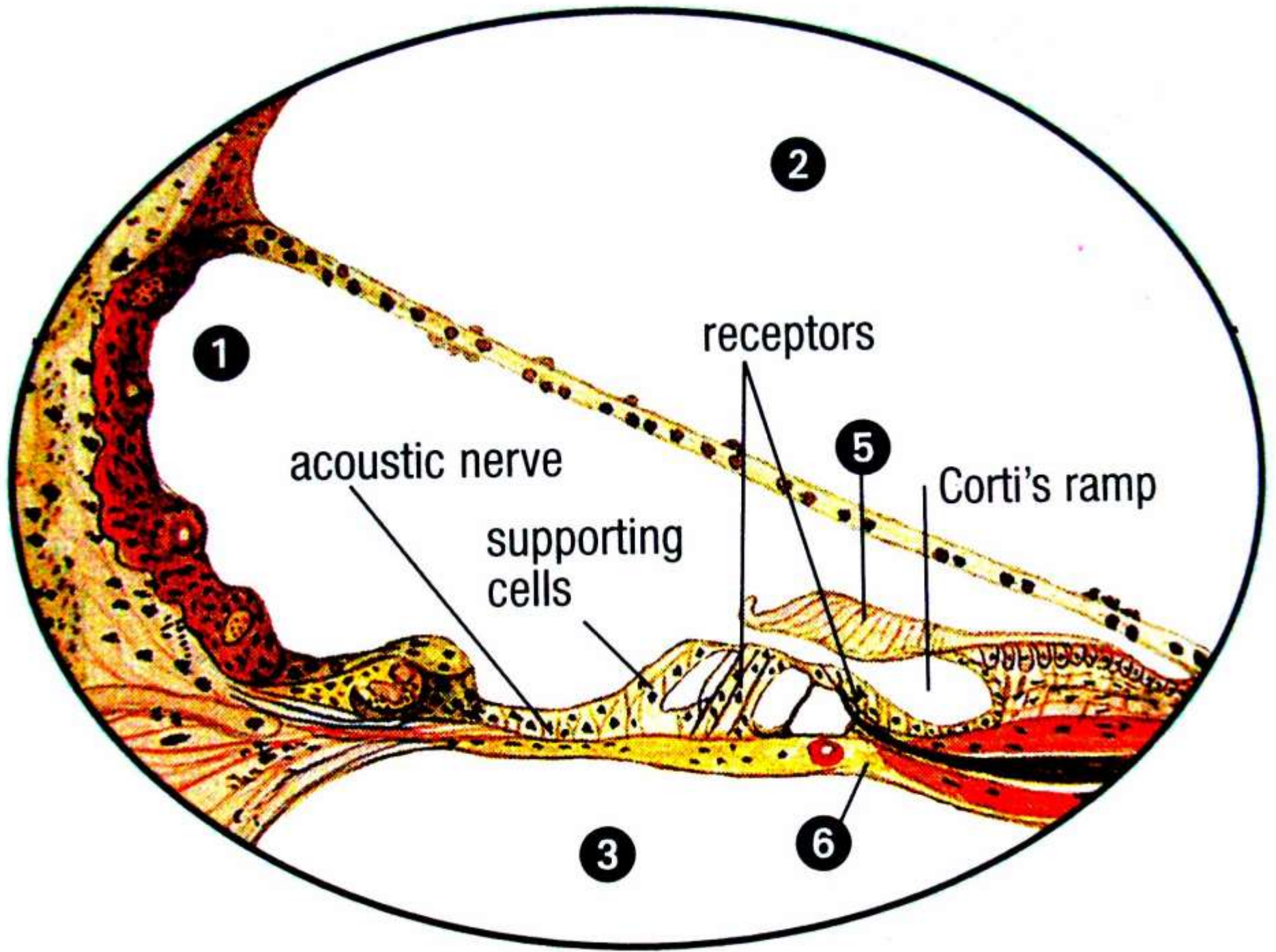
**4** – спіральний орган;

**5** – основна пластинка;

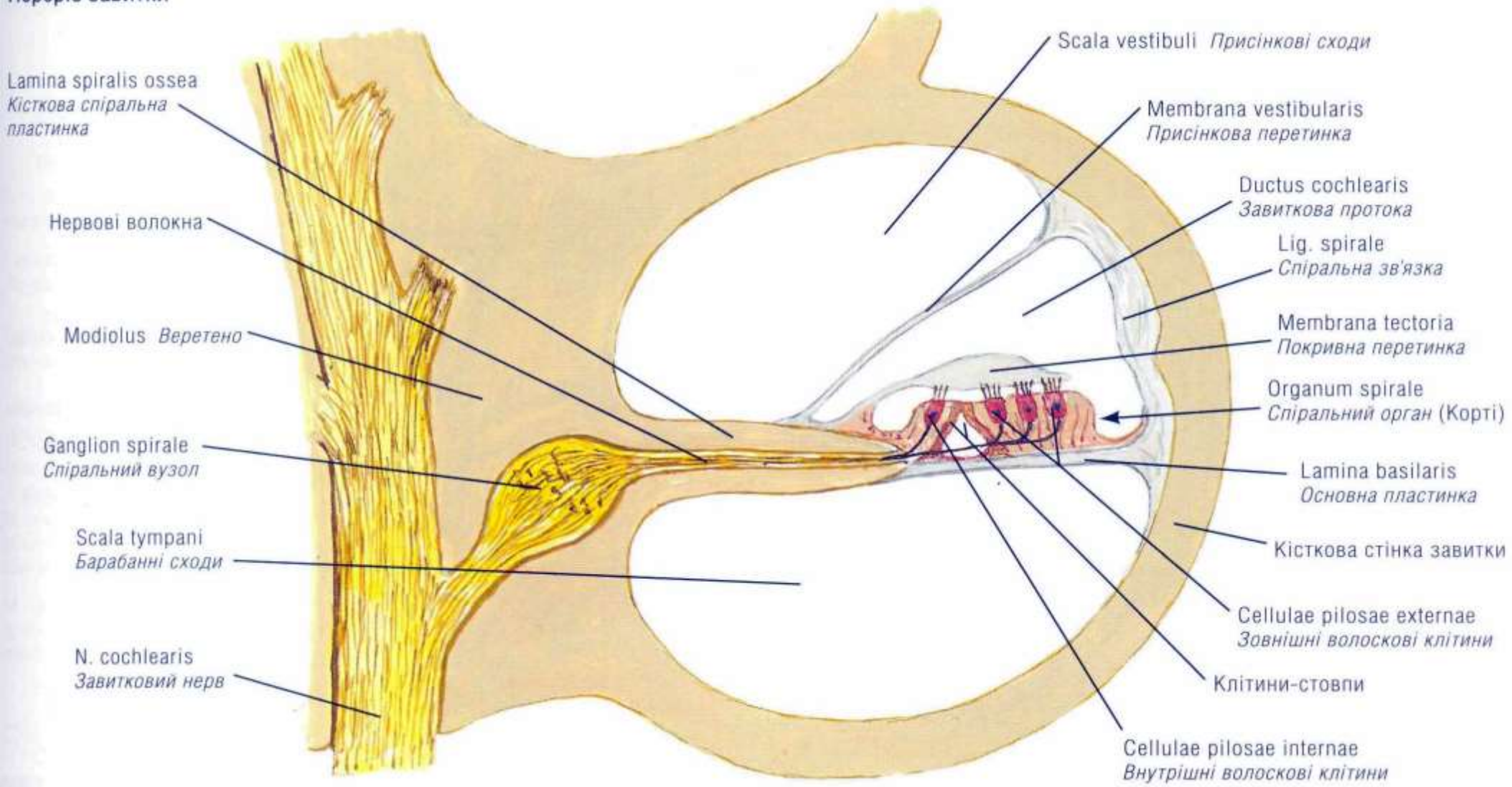
**6** – барабанні сходи;

**7** – завитковий нерв;

**8** – сходи присінка.

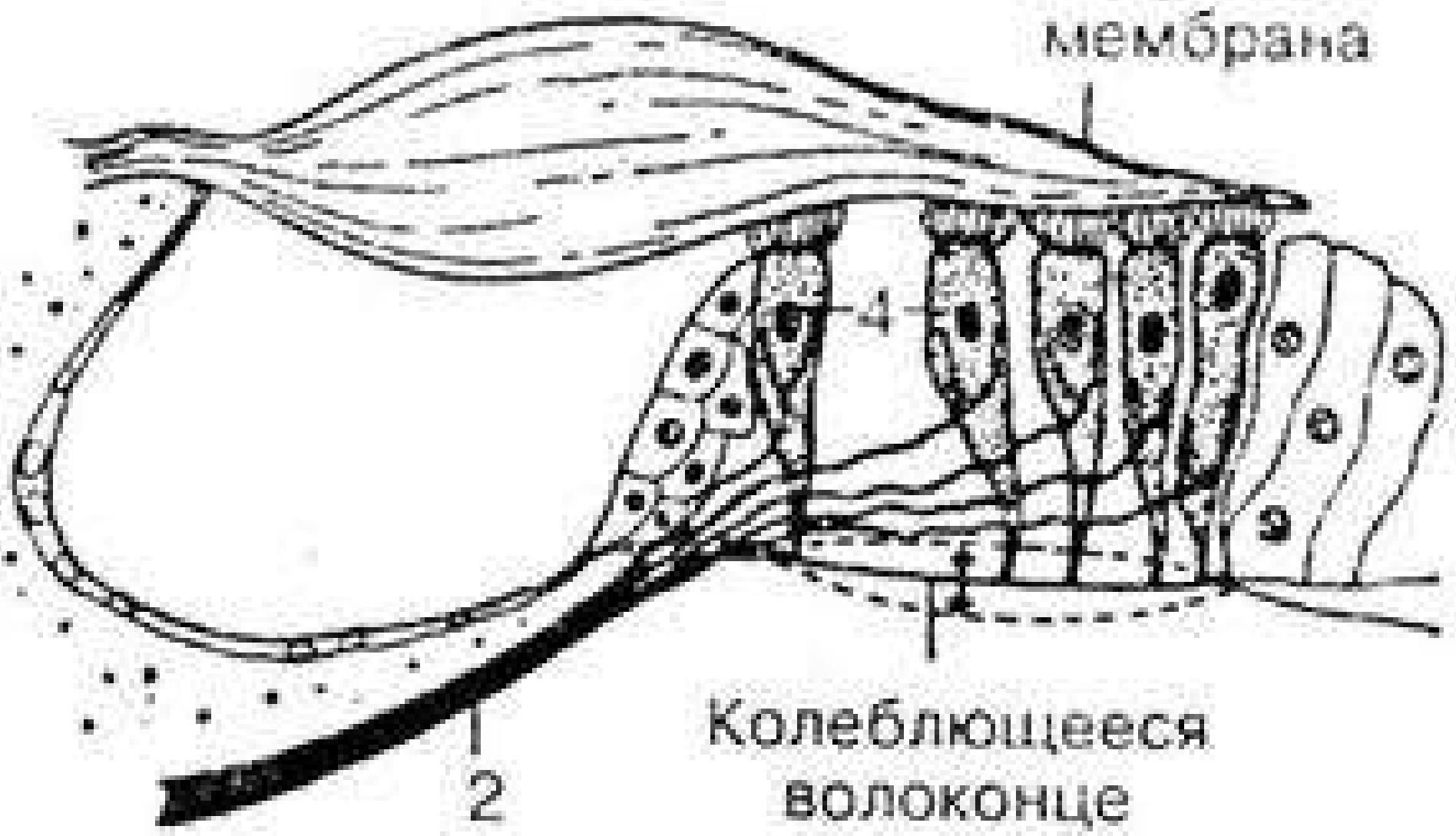


# Переріз завитки

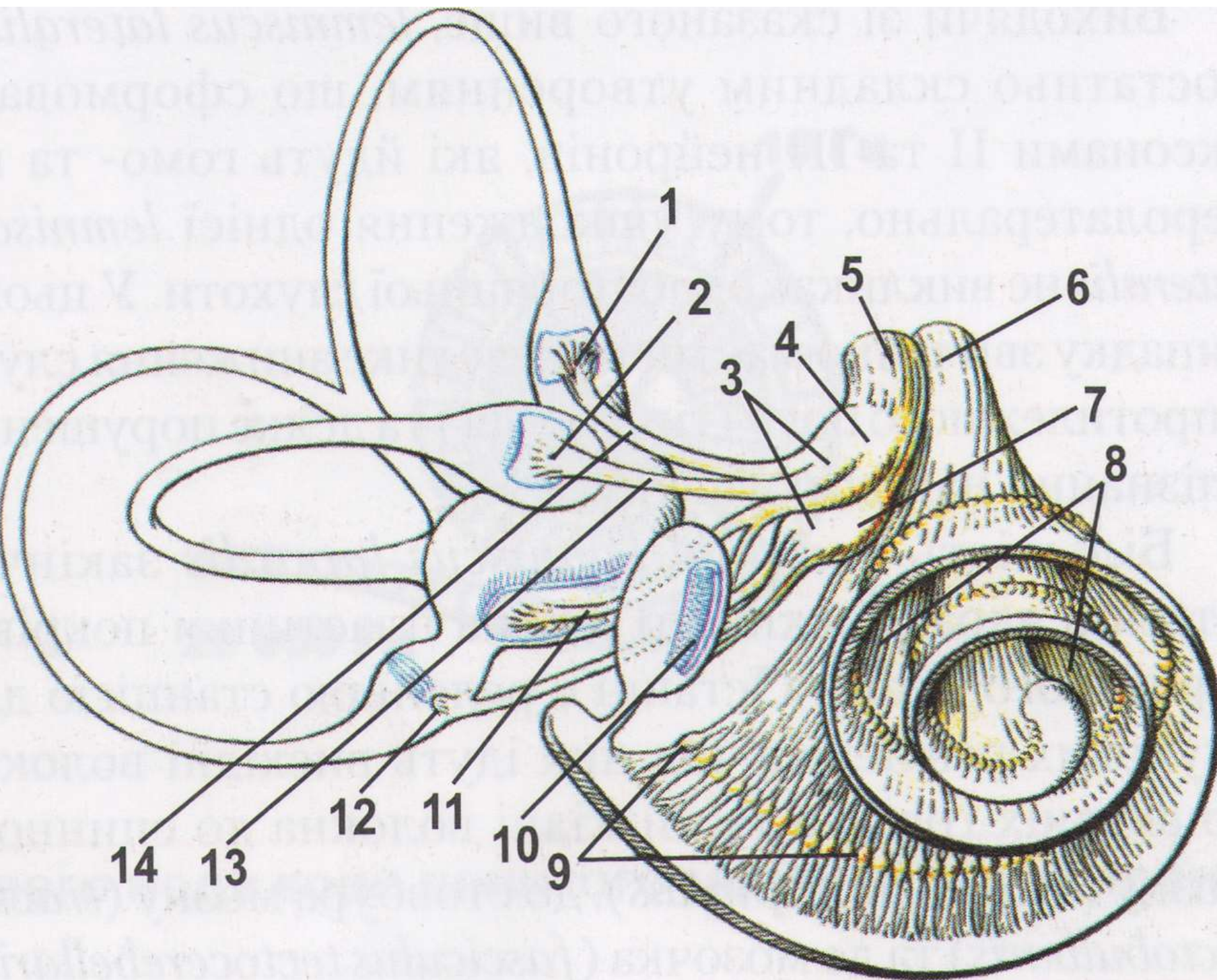


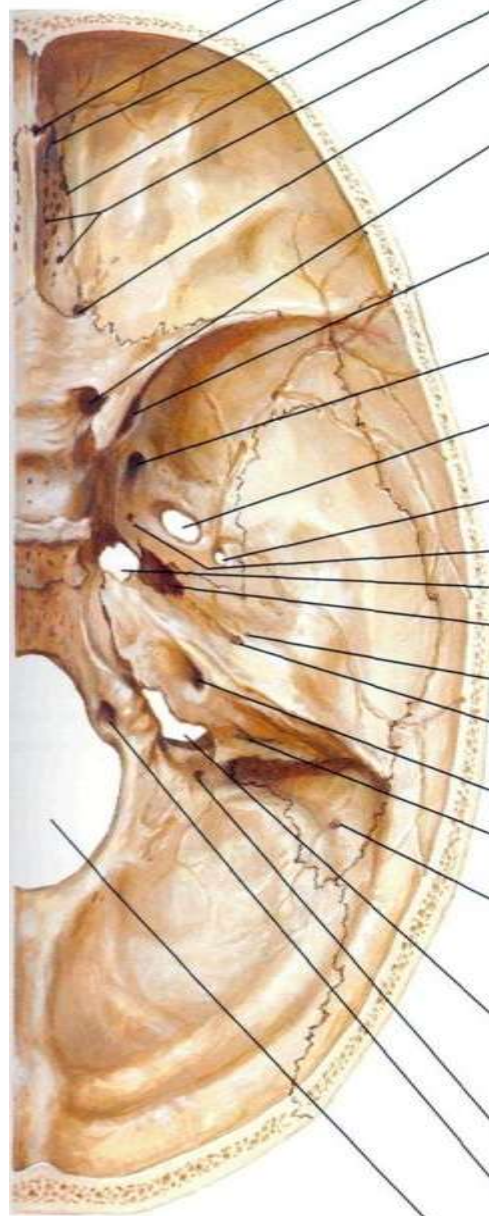


Покровная  
мембрана



Колеблущееся  
волокно





- |   |        |   |
|---|--------|---|
| Foramen caecum<br>Сліпий отвір  | -----  | Vena emissaria (до sinus sagittalis superior)   |
| Sutura frontoethmoidalis<br>Лобово-решітчастий шов                            | }----- | Arteria, vena et nervus ethmoidalis anterior  |
| Foramen ethmoidale anterius<br>Передній решітчастий отвір                     |        |   |
| Forr. laminae cribrosae<br>Отвори решітчастої пластинки                       | -----  | N. olfactorius (I) (fila olfactoria)  |
| Foramen ethmoidale posterius<br>Задній решітчастий отвір                      | -----  | Arteria, vena et nervus ethmoidalis posterior   |
| Canalis opticus<br>Зоровий канал  | }----- | Nervus opticus (II)<br>A. ophthalmica   |
| Fissura orbitalis superior<br>Верхня очноямкова щілина                        |        |   |
| Foramen rotundum<br>Круглий отвір   | -----  | Nervus maxillaris (V <sub>2</sub> )   |
| Foramen ovale<br>Овальний отвір   | }----- | N. mandibularis (V <sub>3</sub> )<br>R. accessorius a. meningee mediae<br>Nervus petrosus minor (іноді)   |
| Foramen spinosum<br>Остистий отвір  |        |   |
| Foramen venosum (Vesalii) (непостійний)<br>Венозний отвір                     | -----  | Arteria et vena meningee mediae<br>Ramus meningeus n. mandibularis  |
| Foramen lacerum<br>Рваний отвір   | }----- | A. carotis interna<br>Plexus caroticus internus   |
| Canalis caroticus<br>Сонний канал   |        |   |
| Hiatus canalis nervi petrosi minoris  | -----  | N. petrosus minor   |
| Hiatus canalis nervi petrosi majoris  | -----  | N. petrosus major   |
| Meatus acusticus internus<br>Внутрішній слуховий хід                          | }----- | N. facialis (VII)<br>N. vestibulocochlearis (VIII)<br>A. labyrinthi (a. basilaris)  |
| Apertura externa aqueductus vestibuli<br>Зовнішній отвір водопроводу присінка |        |   |
| Foramen mastoideum (непостійний)<br>Соскоподібний отвір                       | -----  | V. emissaria mastoidea et r. mastoideus (a. occipitalis)  |
| Foramen jugulare<br>Яремний отвір   | }----- | Sinus petrosus inferior<br>N. glossopharyngeus (IX)<br>N. vagus (X)<br>N. accessorius (XI)<br>Sinus sigmoideus<br>A. meningea posterior                                   |
| Canalis condylaris (непостійний)<br>Виростковий канал                         |        |   |
| Canalis n. hypoglossi<br>Канал під'язикового нерва                            | -----  | V. emissaria condylaris et a. meningea posterior (a. pharyngea ascendens)   |
| Foramen magnum<br>Великий отвір   | }----- | N. hypoglossus (XII)<br><br>Medulla oblongata<br>Meninges<br>Aa. vertebrales<br>Rami meningei anterior et posterior (a. vertebralis)<br>Radix spinalis n. accessorii (XI) |

