

## *Лекция № 4*

# *Слуховой, вестибулярный анализаторы*

д.м.н., профессор

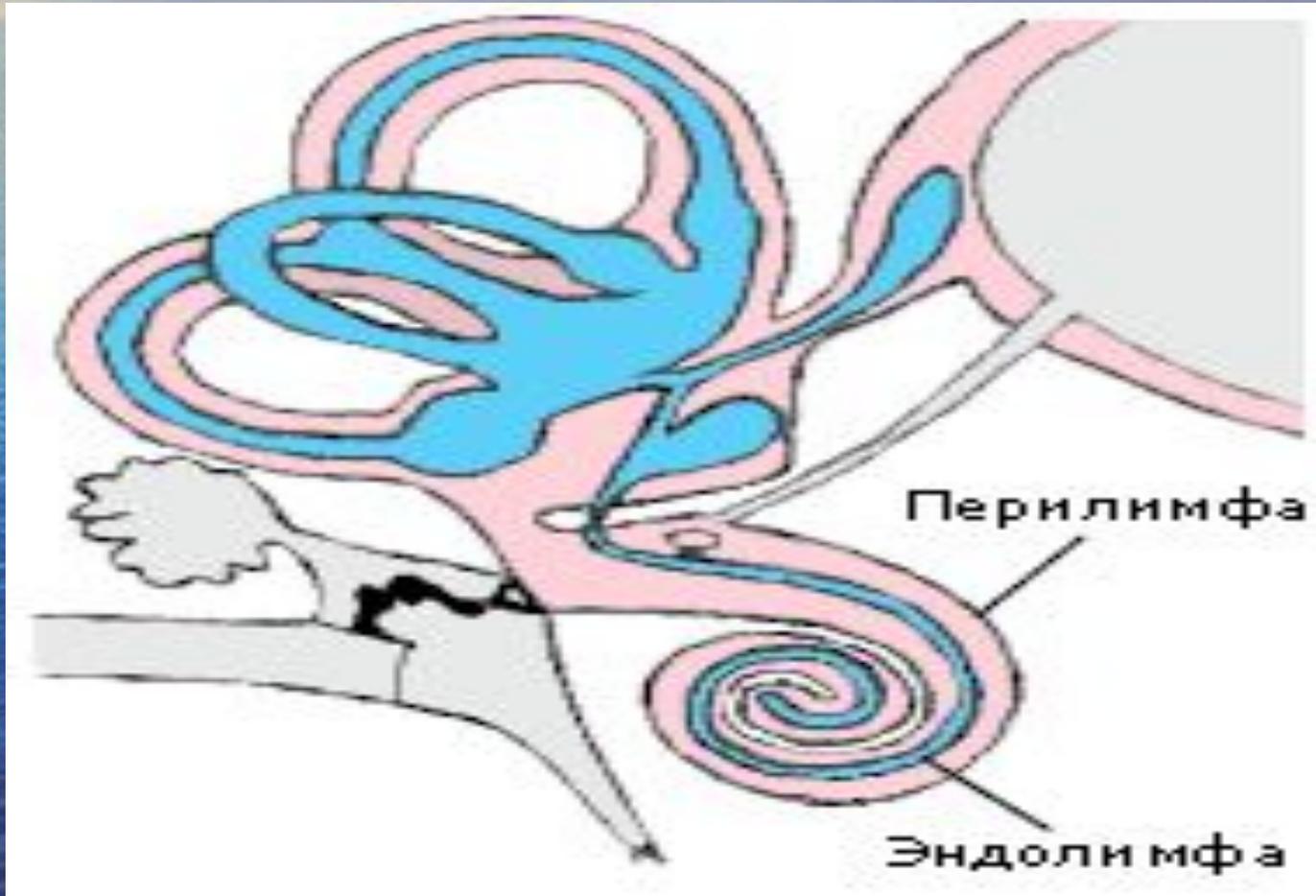
Гуров Александр Владимирович

# Внутреннее ухо (лабиринт)

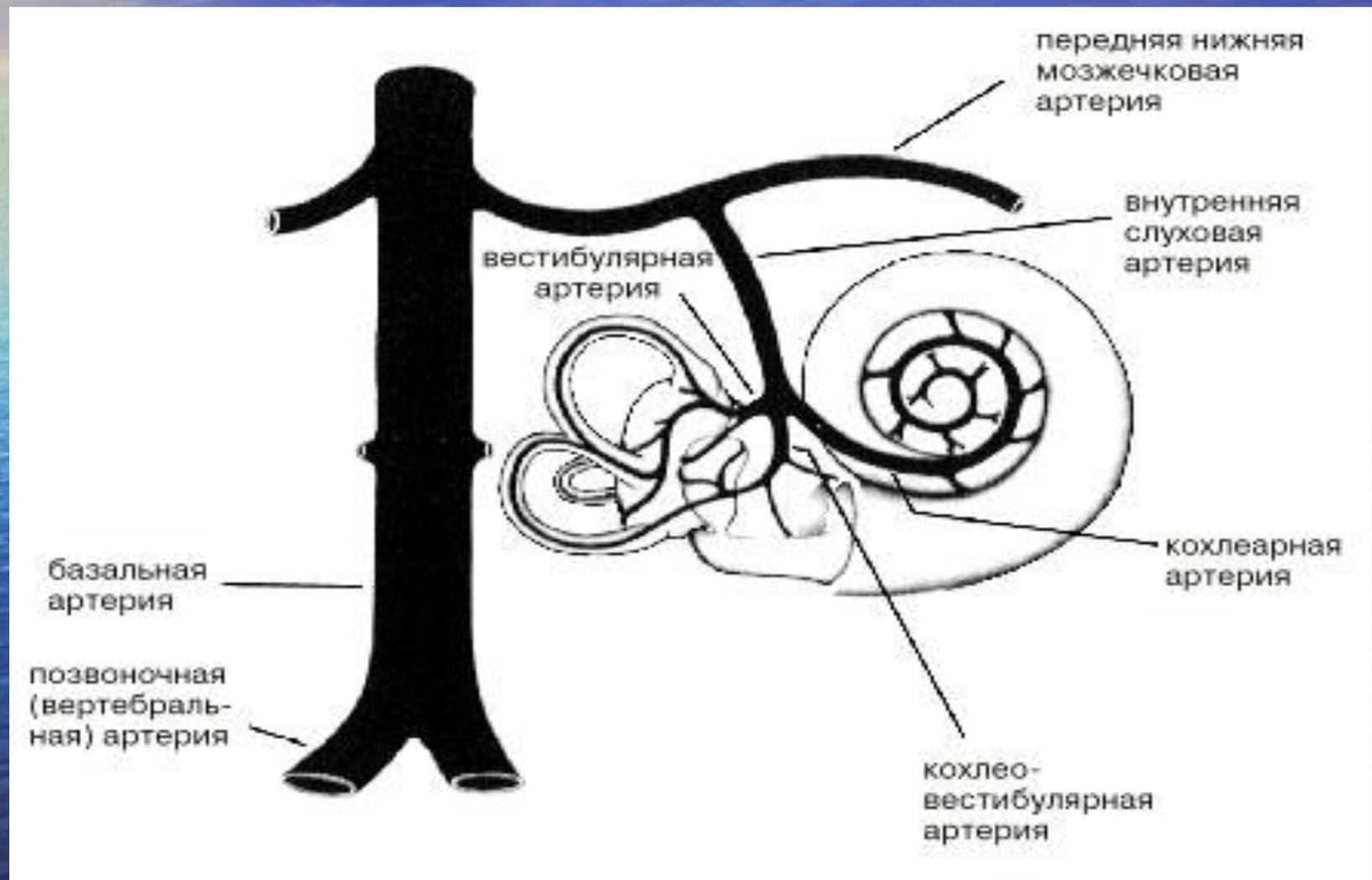


- Вестибулярные рецепторы и расположены в ампулах (*ампуллярные*) полукружных каналов и в мешочках преддверия (*отолитовые*).
- Слуховые рецепторы располагается в улитке

# Внутреннее строение лабиринта



# Кровоснабжение внутреннего уха



## *Понятие о звуке.*

- **Звук** – это механические колебания упругой среды, распространяющиеся в виде волн в воздухе, различных жидкостях и твердых телах.
  - в воздухе  $v = 332$  м/с,
  - в воде  $v = 1450$  м/с
- Звуковые колебания как каждая синусоида характеризуются следующими физическими величинами:
  - амплитудой** (определяет силу звука), **длиной волны** (определяется частотой колебаний)

# Основные свойства слухового анализатора.

- *Слуховой анализатор позволяет дифференцировать звуки:*
- по **высоте** (частоте) - диапазон восприятия от 16 до 20000 Гц.
- по **громкости** (силе или интенсивности) звука – от 1 до 130 дБ. (130 дБ и > - болевой порог)
- по **тембру** (индивидуальной окраске) звука, состоящих из основного тона (колебания всего тела) и обертонов (колебания отдельных его)частей

## Громкость звука

- Единицей измерения уровня громкости принято считать Белл – десятичный логарифм отношения интенсивности данного звука к пороговому его уровню. На практике используется величина Децибел – 0,1 десятичного логарифма. Диапазон слухового восприятия – от 0 до 130 дБ.

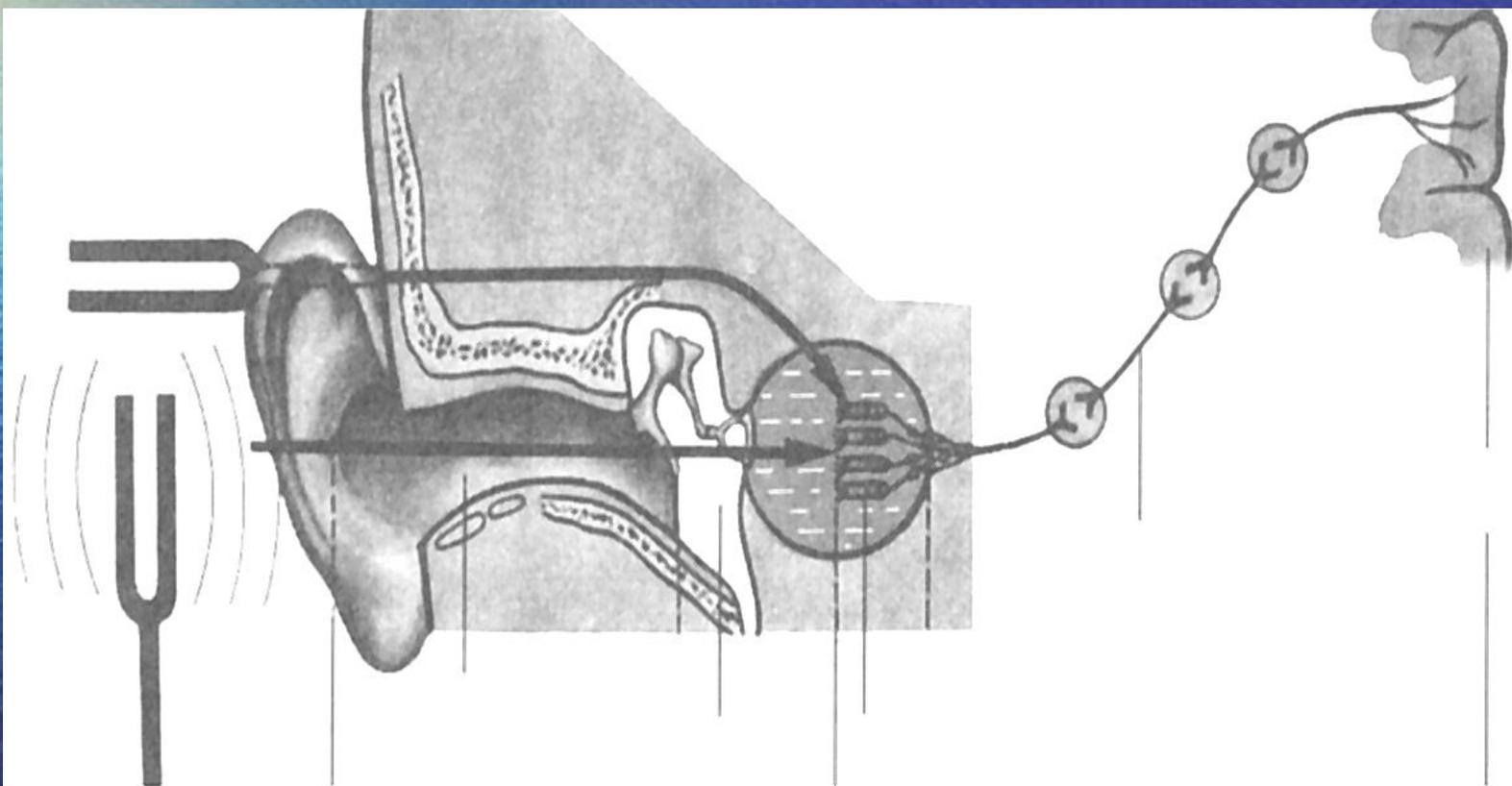
## **Другие свойства слухового анализатора:**

- **Адаптация** – физиологическое приспособление органа слуха к силе звукового раздражителя. Под влиянием сильных звуков чувствительность уха снижается, а в тишине наоборот обостряется. От адаптации следует отличать **утомление** слухового анализатора.
- **Ототопика** - способность определять направление источника звука. Ототопика возможна лишь при бинауральном слухе.

## *Слуховой анализатор состоит из:*

- **периферического** отдела (наружное , среднее ухо и внутреннее ухо – включая Кортиев орган);
- **проводящих** путей;
- **центрального** (коркового) отдела анализатора.

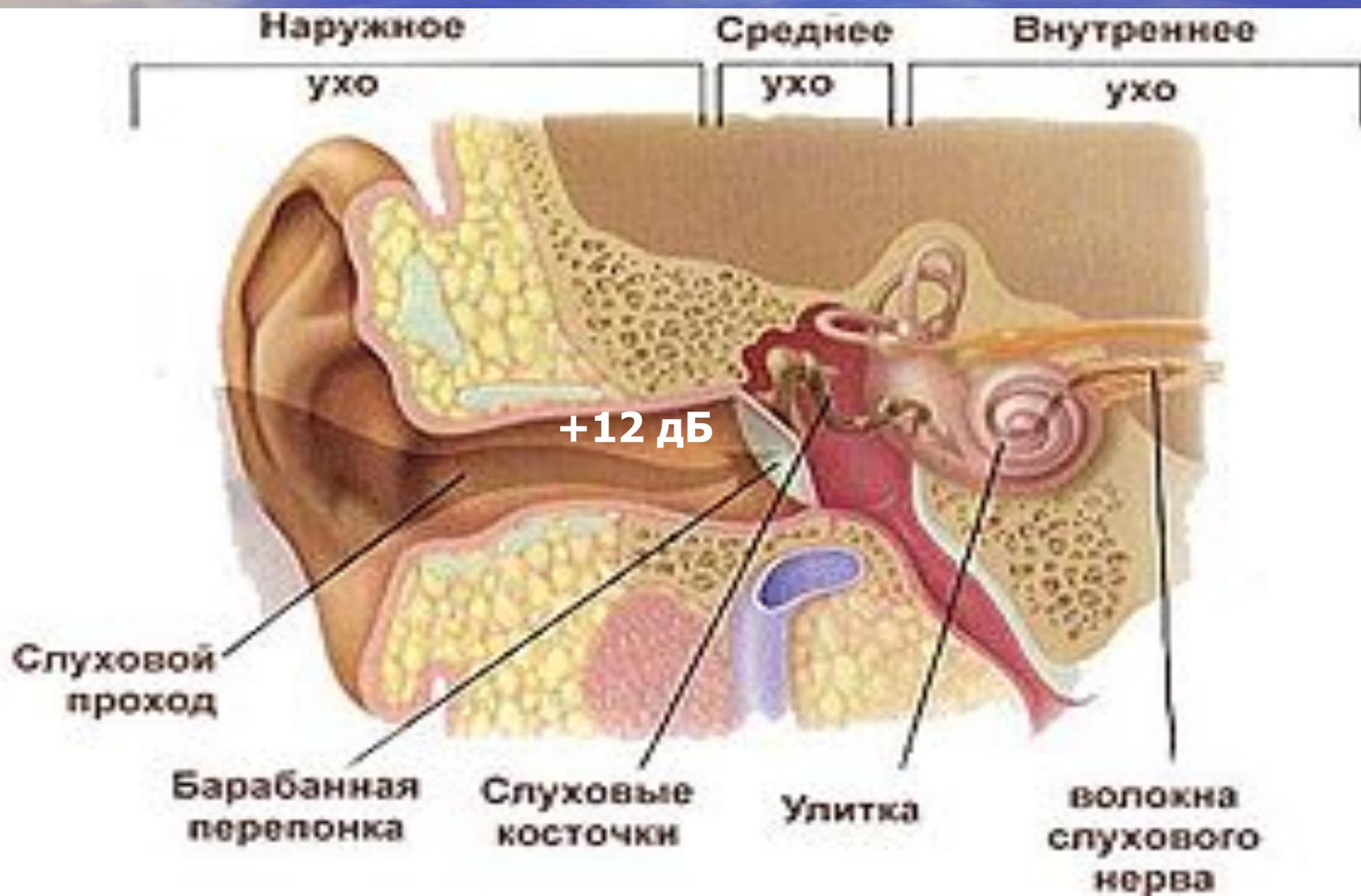
**С точки зрения физиологии в составе  
слухового анализатора выделяют :  
звукпроводящую и  
звуквоспринимающую системы**



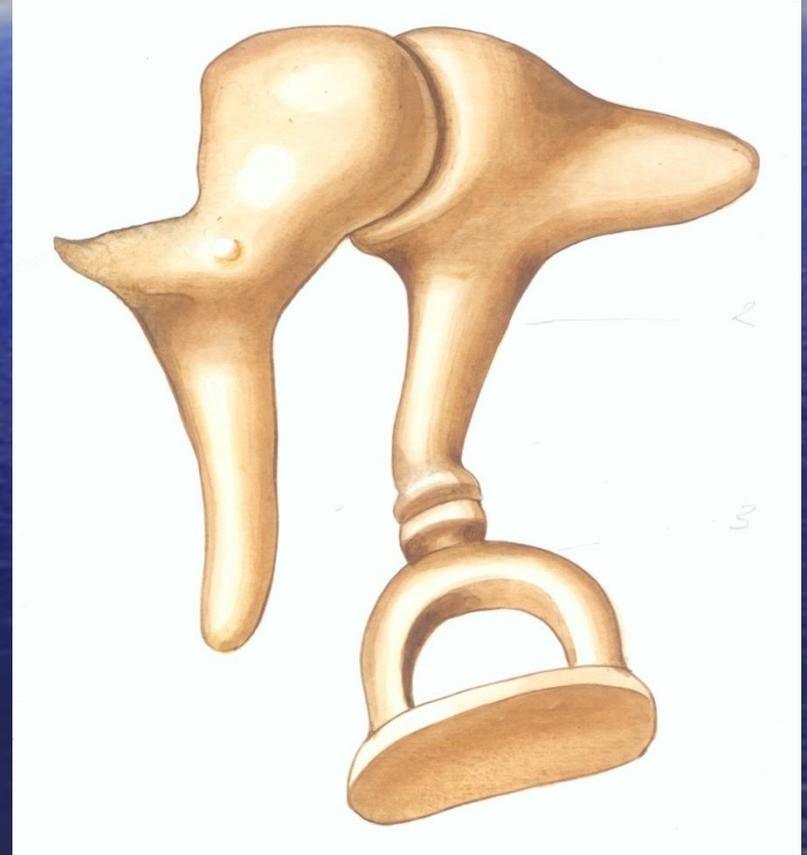
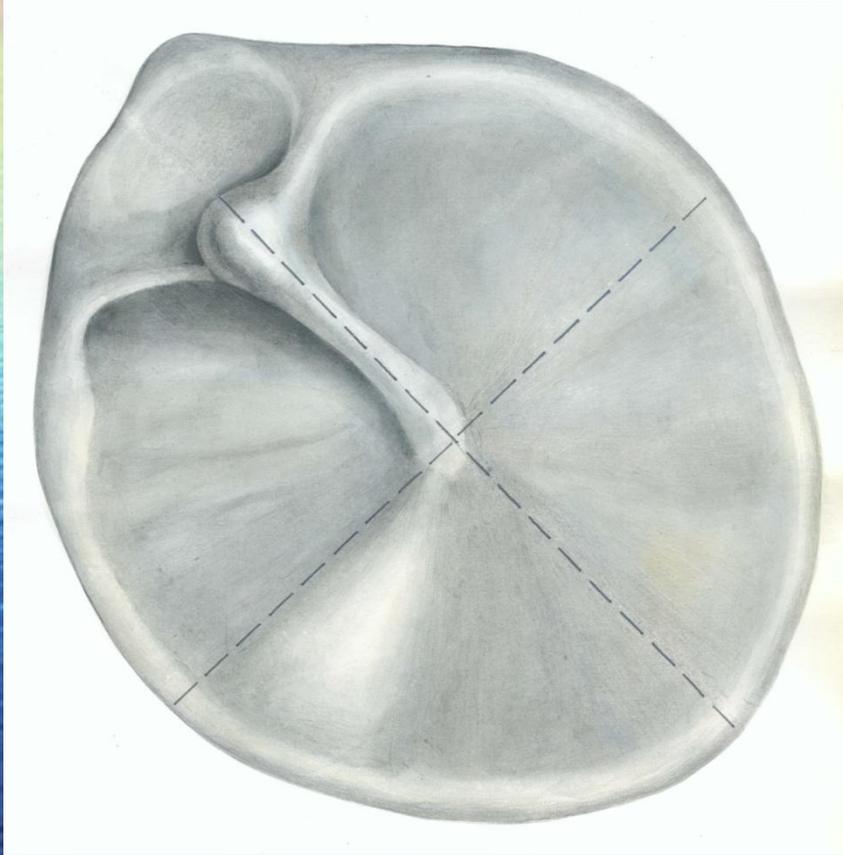
# Основные функции слухового анализатора:

- **Звукопроводение** – доставка звуковой энергии к рецепторам улитки. 2 системы: **воздушная** (по воздуху к барабанной перепонке) и **костная** (по костям черепа)
- **Звуковосприятие** – трансформация физической энергии звуковых колебаний в нервные импульсы, проведение их до центров в коре головного мозга, анализ и осмысливание звуков.
- Соответственно различают звукопроводящий и звуковоспринимающий отделы анализатора, а при их патологии - **кондуктивную** (звукопроводящую) и **нейросенсорную** (нарушение звуковосприятия) тугоухость.

# Ушная раковина, наружный слуховой проход в системе воздушного звукопроводения



# Барабанная перепонка и цепь слуховых косточек



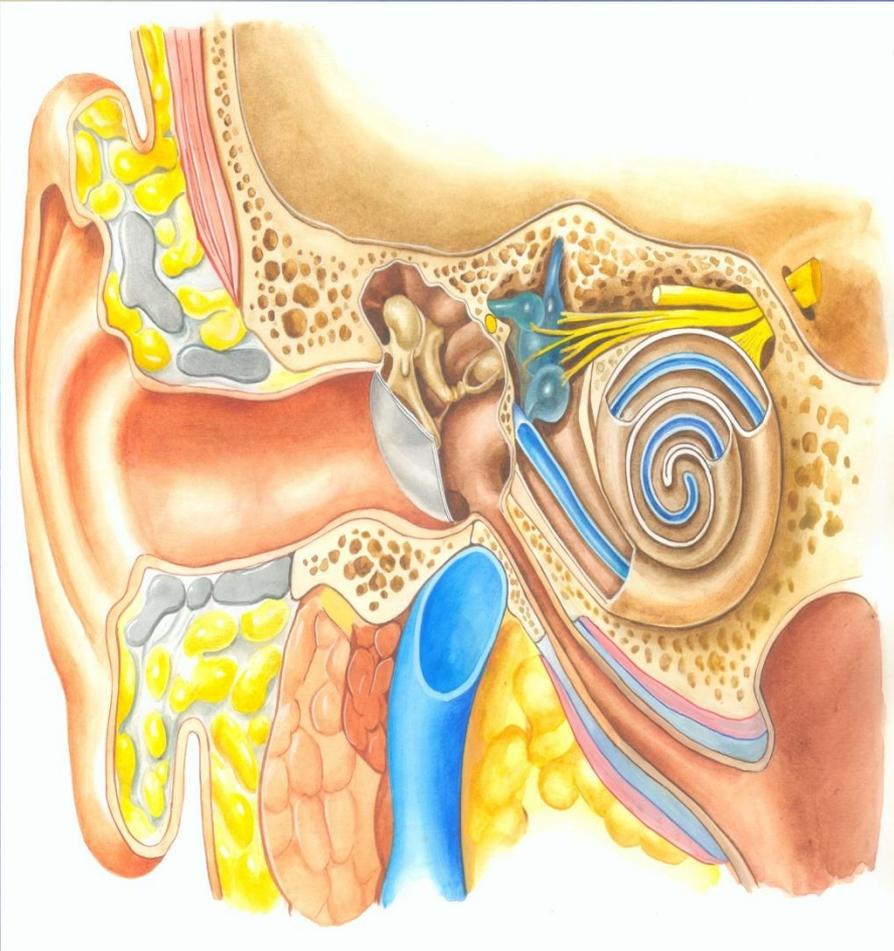
Д основания стремени в 20 раз меньше Д барабанной перепонки, таким образом увеличивается сила (интенсивность) звука за счет рычажной сист.

# *Роль мышц барабанной полости*

- **m. tensor tympani** – мышца, натягивающая барабанную перепонку
- **m. stapedius** – стременинная мышца

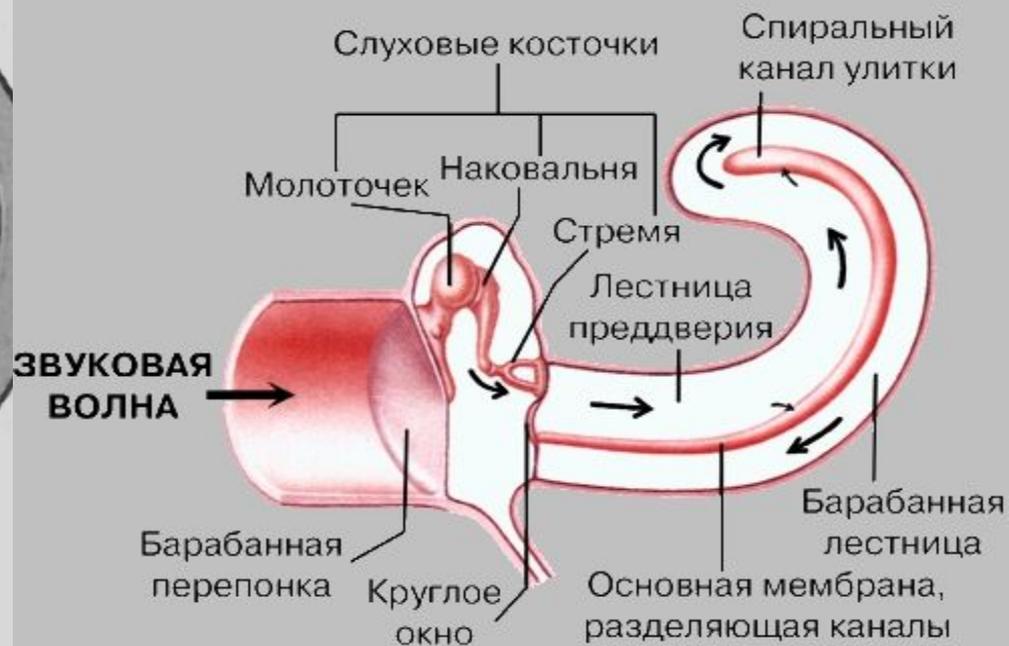
Функция – защитная, благодаря натяжению цепи слуховых косточек и барабанной перепонки при кратковременном воздействии звуков высокой интенсивности, чем достигается угасание колебаний и предотвращается поражение нейрорецепторного аппарата улитки

# *Роль слуховой трубы в механизме звукопроводения.*



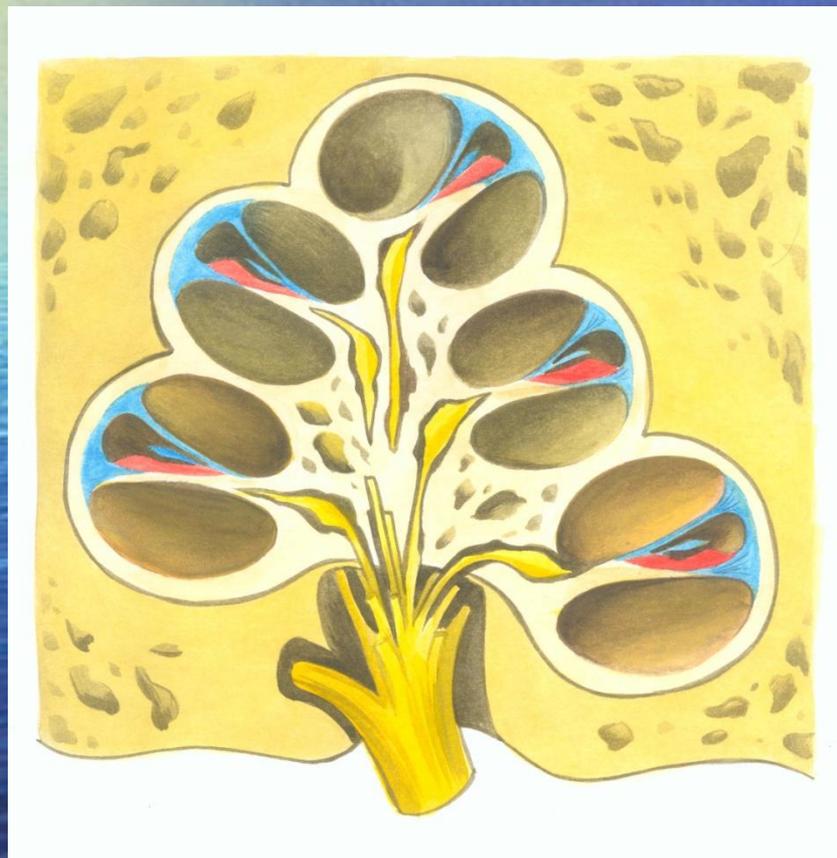
- Поддержание атмосферного давления в барабанной полости обеспечивается вентиляционной функцией слуховой трубы

# Передача звуковых колебаний к спиральному органу.

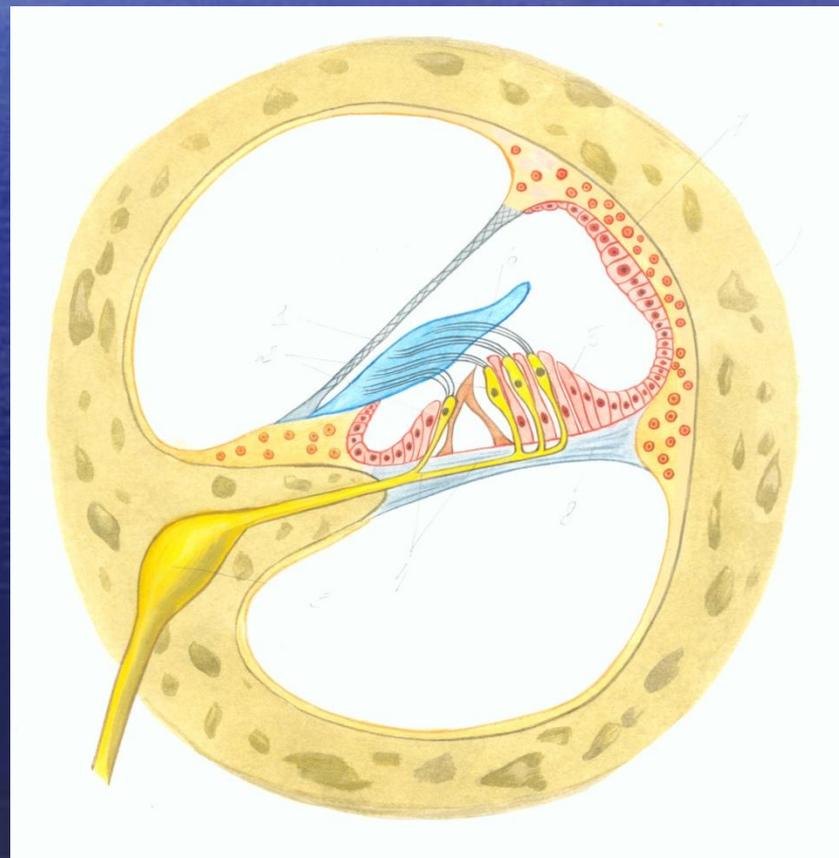


# Фронтальный разрез улитки (а) и спиральный орган (б).

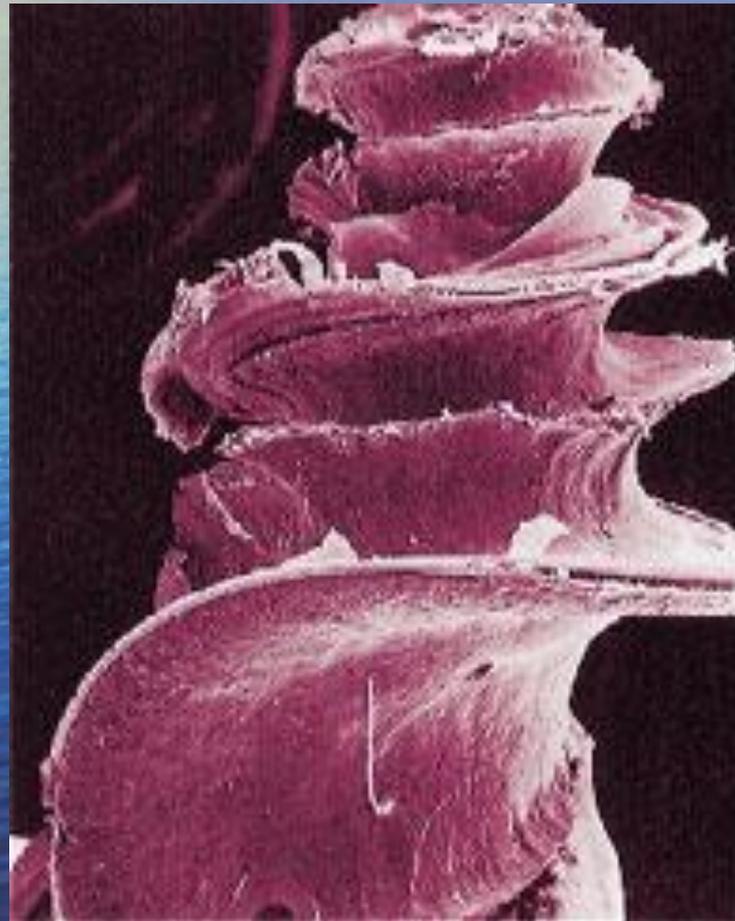
а



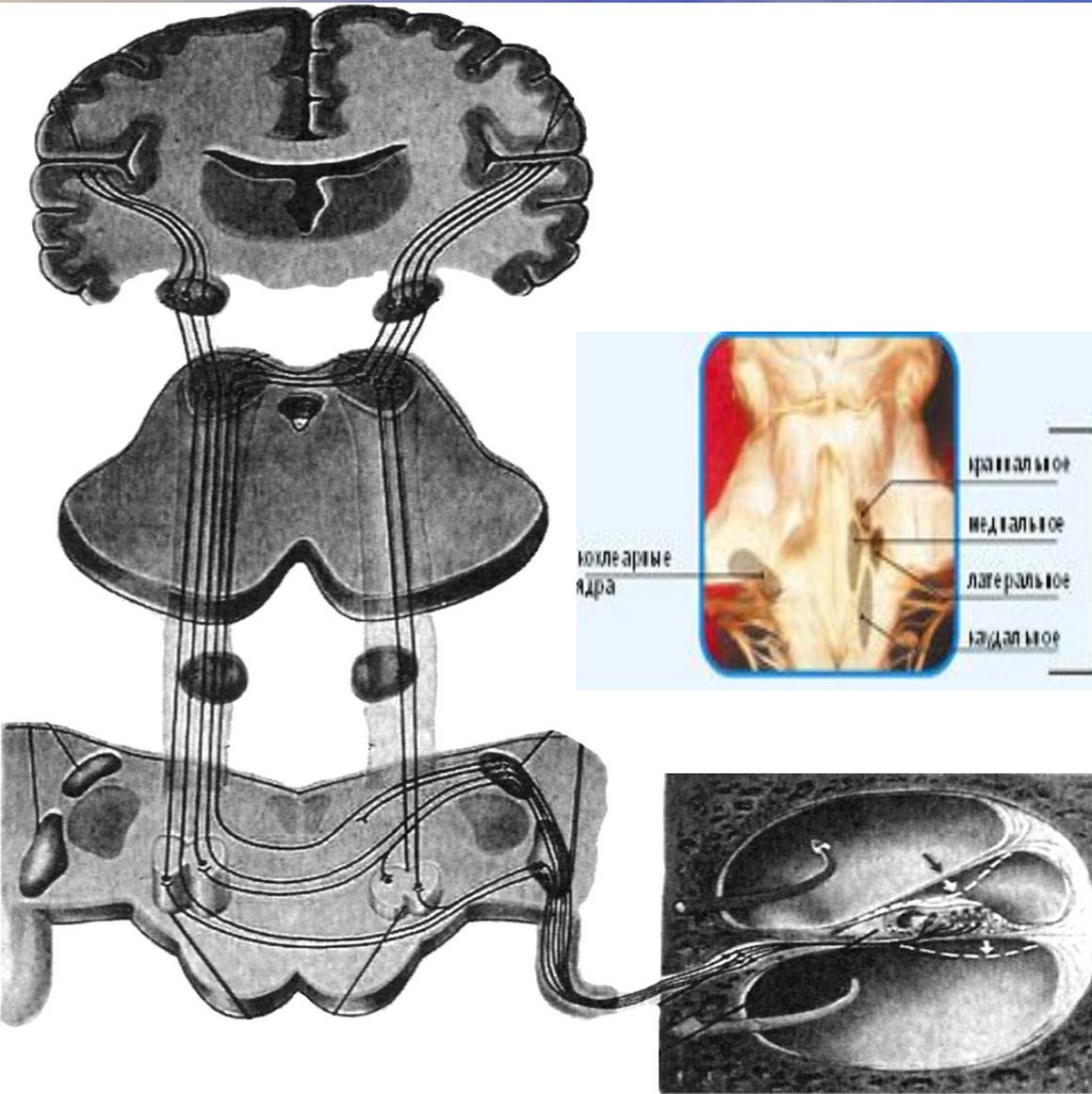
б



# Электроннограмма улитки



# Проводящие пути слухового анализатора.



**1 нейрон** – ganglion spirale

**2 нейрон** – дорзальные и вентральные ядра продолговатого мозга

**3 нейрон** – оливы

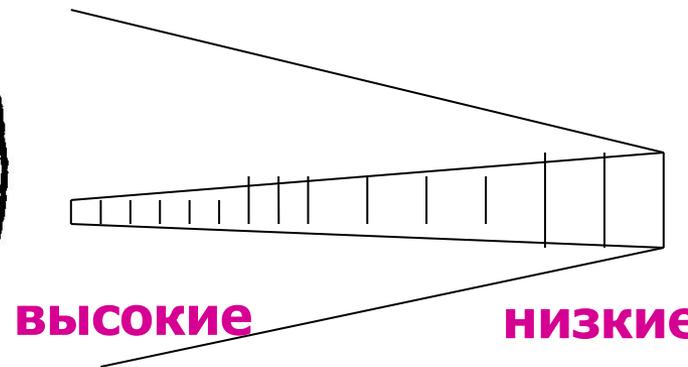
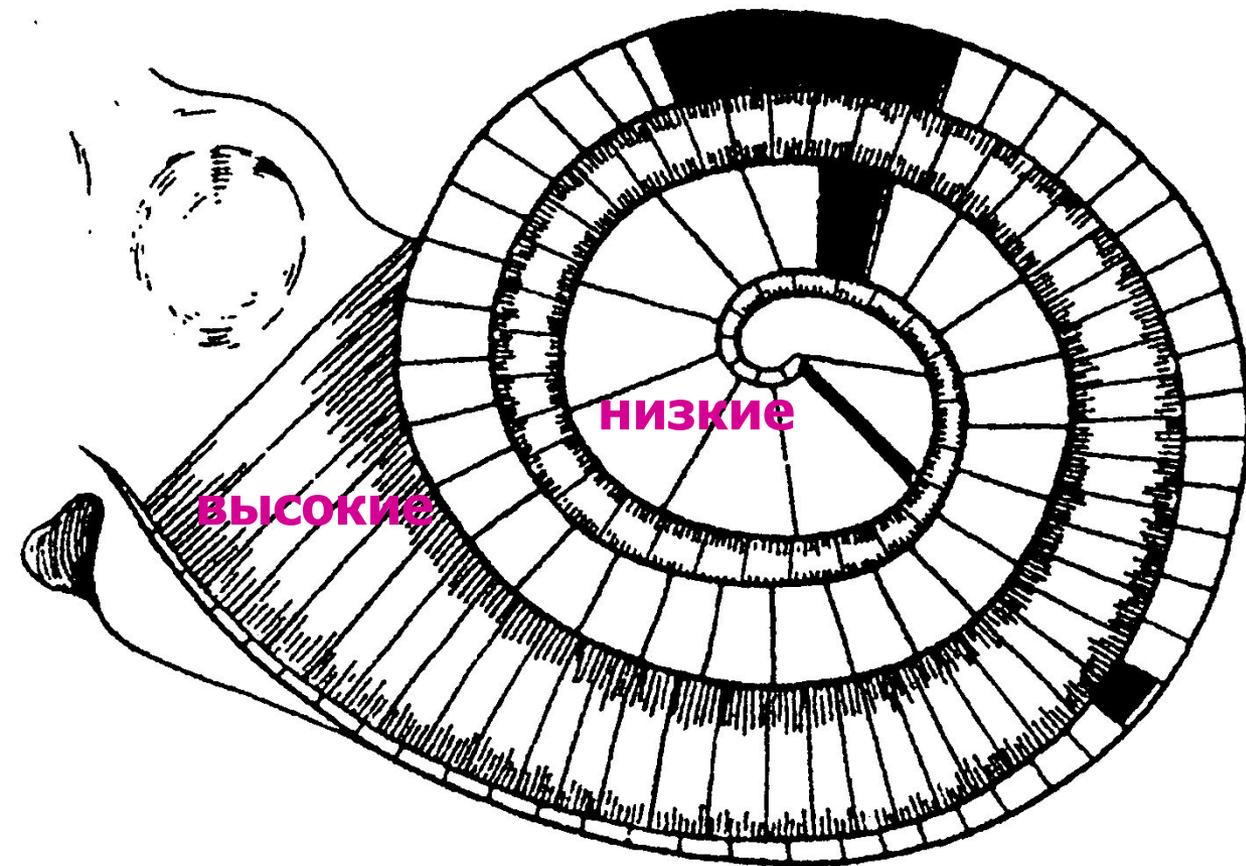
**4 нейрон** – медиальное коленчатое тело (ganglion geniculi) таламус

**Корковое представительство** – височная доля – извилина Гешле

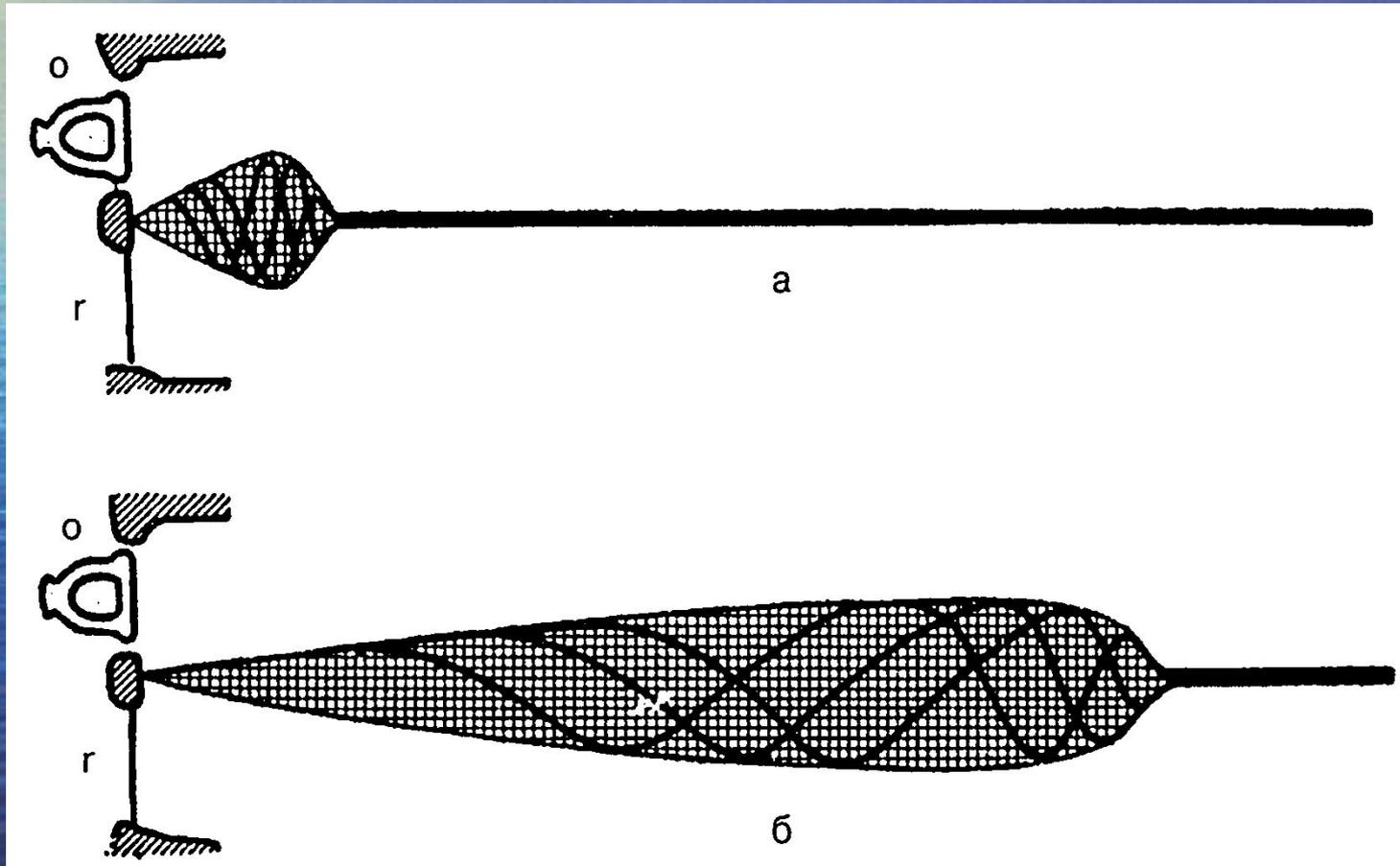
## ***Механизм звуковосприятия.***

- **Пространственная (резонансная) теория рецепции звуков (теория Гельмгольца).**
- **Теория «бегущей волны» Г.Бекеша.**
- **Исследования П.П.Лазарева, Л.А. Андреева («химическая») теория**

# Схема резонаторной теории слуха Гельмгольца.



# Иллюстрация теории «бегущей волны» Г.Бекеша.



# Ионная теория Лазарева

- Возникновение химической реакции в различных отделах перепончатой части улитки, вследствие которой происходит расщепление «слухового пурпура», сопровождающееся выделением ионов, вызывающих импульсы

# *Исследование функций слухового анализатора.*

- Исследование восприятия шепотной и разговорной речи.
- Исследование камертонами.
- Аудиометрия (тональная пороговая и надпороговая, речевая, шумовая).

# *Исследование камертонами позволяет дифференцировать кондуктивную и нейросенсорную тугоухость*

1. Исследуется длительность восприятия  $C_{128}$  по воздуху и по кости;  $C_{2048}$  – по воздуху.
2. Камертональные опыты выполняются камертоном  $C_{128}$ .
  - Опыт Вебера – исследование латерализации звука.
  - Опыт Ринне - сравнение длительности воздушной и костной проводимости.
  - Опыт Желле – сравнение восприятия звука при компрессии и декомпрессии воздуха в наружном слуховом проходе (при отосклерозе)
  - Опыт Федеричи - сравнение длительности восприятия звучащего камертона с сосцевидного отростка и с козелка.

# Слуховой паспорт больного с правосторонней тугоухостью.

Правое ухо (AD)  
(AS)

+  
1 м  
5 м  
35 с  
52 с  
23 с  
-- (отр.)  
←  
-- (отр)

Тесты

СШ  
ШР  
РР  
С128 (В=90 с)  
С128 (К=50 с)  
С 2048 (40 с)  
Опыт Ринне (R)  
Опыт Вебера (W)  
Опыт Желле (G)

Левое ухо

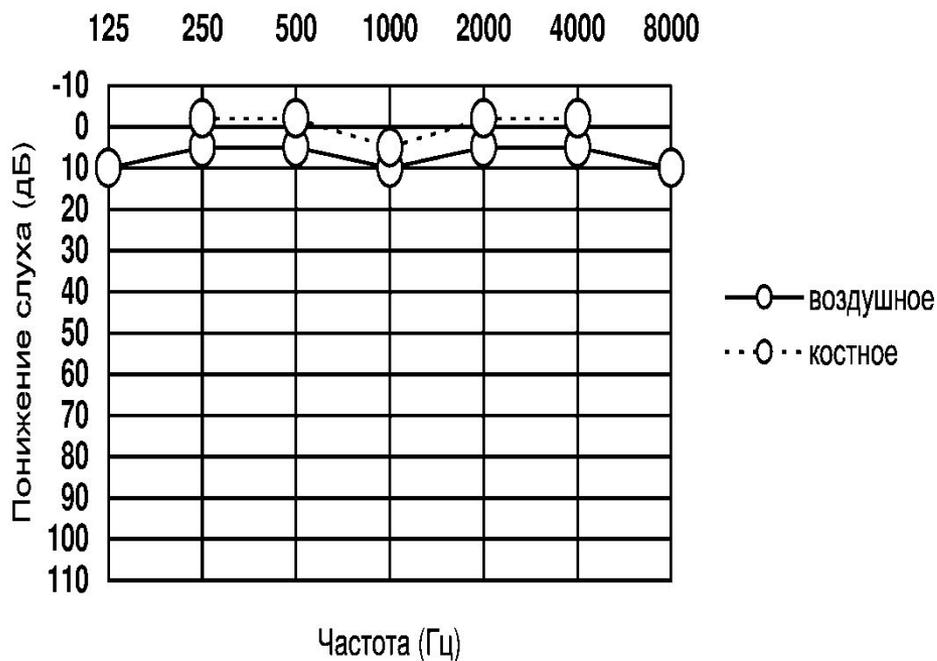
-  
6 м  
> 6 м  
90 с  
50 с  
37 с  
+  
+

**Заключение:** Имеется снижение слуха справа по типу нарушения звукопроводения.

# **Аудиометрическое исследование**

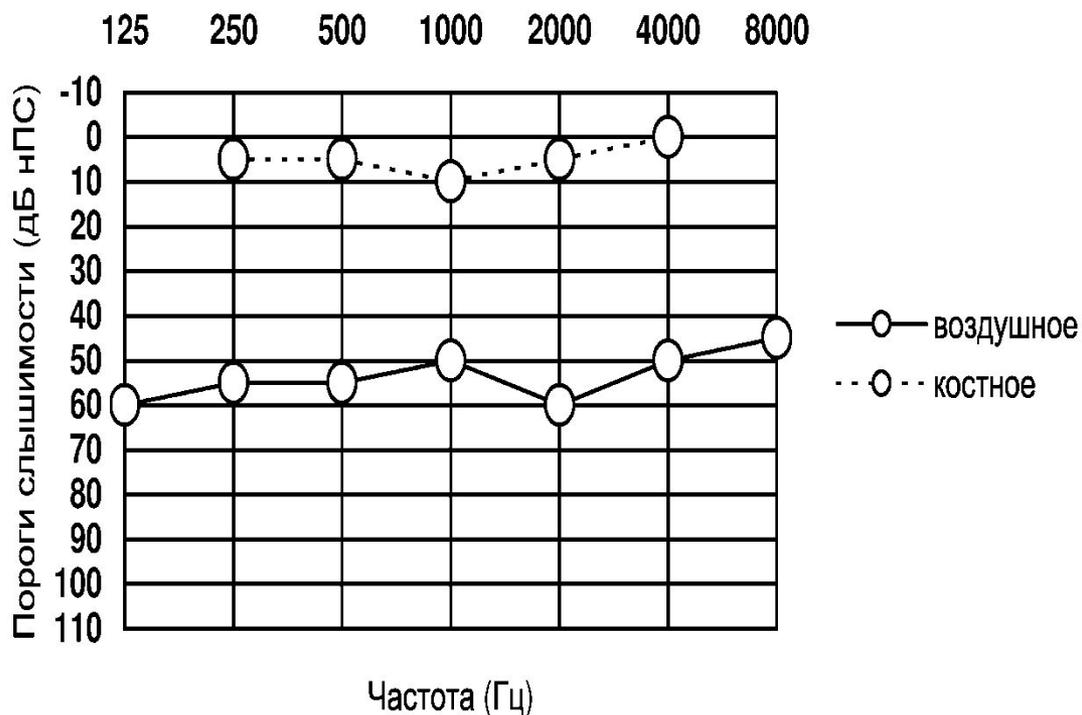
- **Аудиометрия - исследование слуха с помощью специальной электроакустической аппаратуры.**
- **Психоакустические (субъективные) методы :  
тональная пороговая, надпороговая, а также речевая аудиометрия.**
- **Объективные методы аудиометрического исследования:**
  - **акустическая импедансометрия (тимпанометрия и регистрация акустического рефлекса стременной мышцы);**
  - **регистрация слуховых вызванных потенциалов;**
  - **регистрация отоакустической эмиссии.**

# Аудиограмма при нормальном слухе



- Кривые воздушной и костной проводимости совпадают и расположены около линии 0-10 дБ

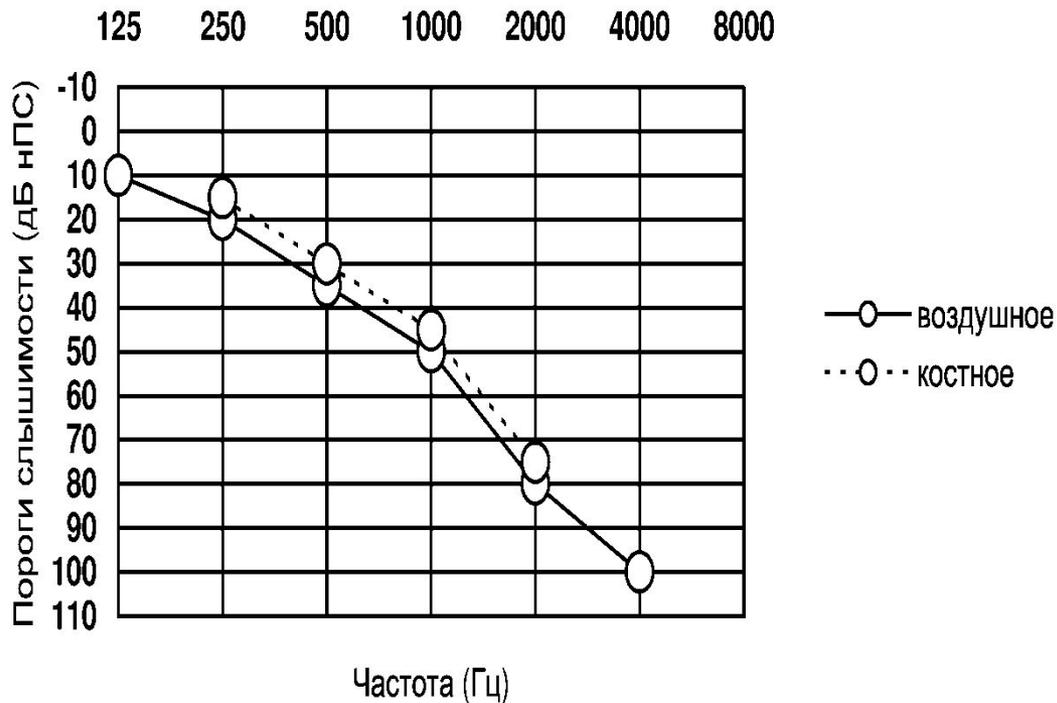
# Аудиограмма при кондуктивной тугоухости



Повышение порогов восприятия звуков по воздушной проводимости; слуховые пороги по костной проводимости не изменены

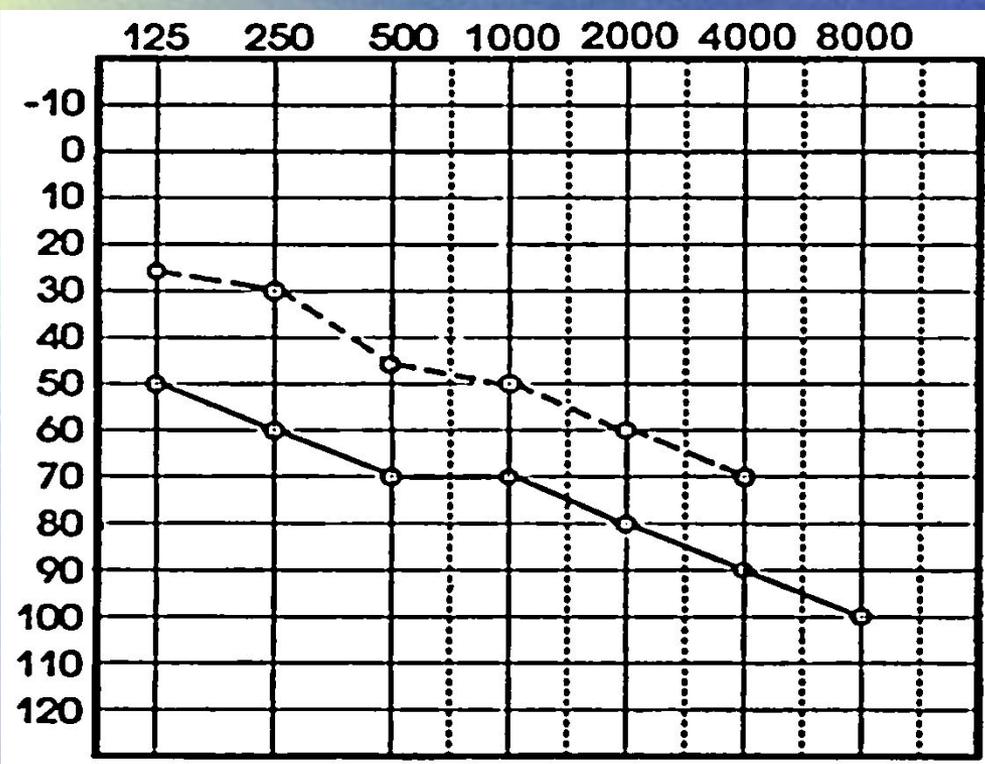
Имеется костно-воздушный разрыв — «резерв улитки»

# Аудиограмма при нейросенсорной тугоухости



- Воздушная и костная проводимость нарушены в одинаковой степени; костно-воздушный разрыв отсутствует.
- Нарушено восприятие преимущественно высоких тонов — нисходящая кривая

# Аудиограмма при смешанной тугоухости



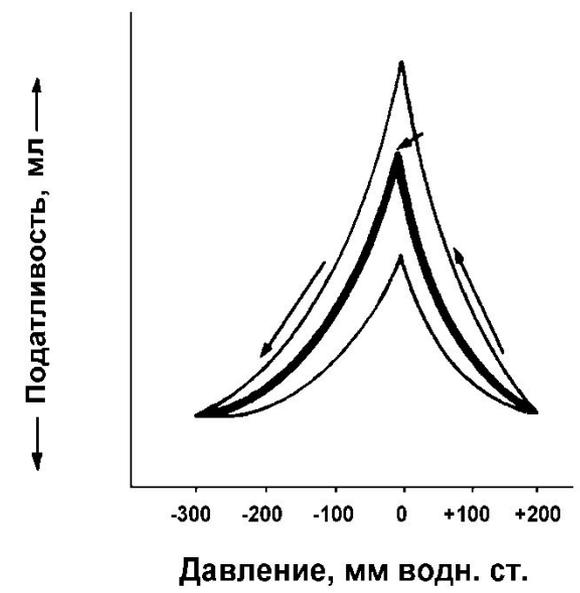
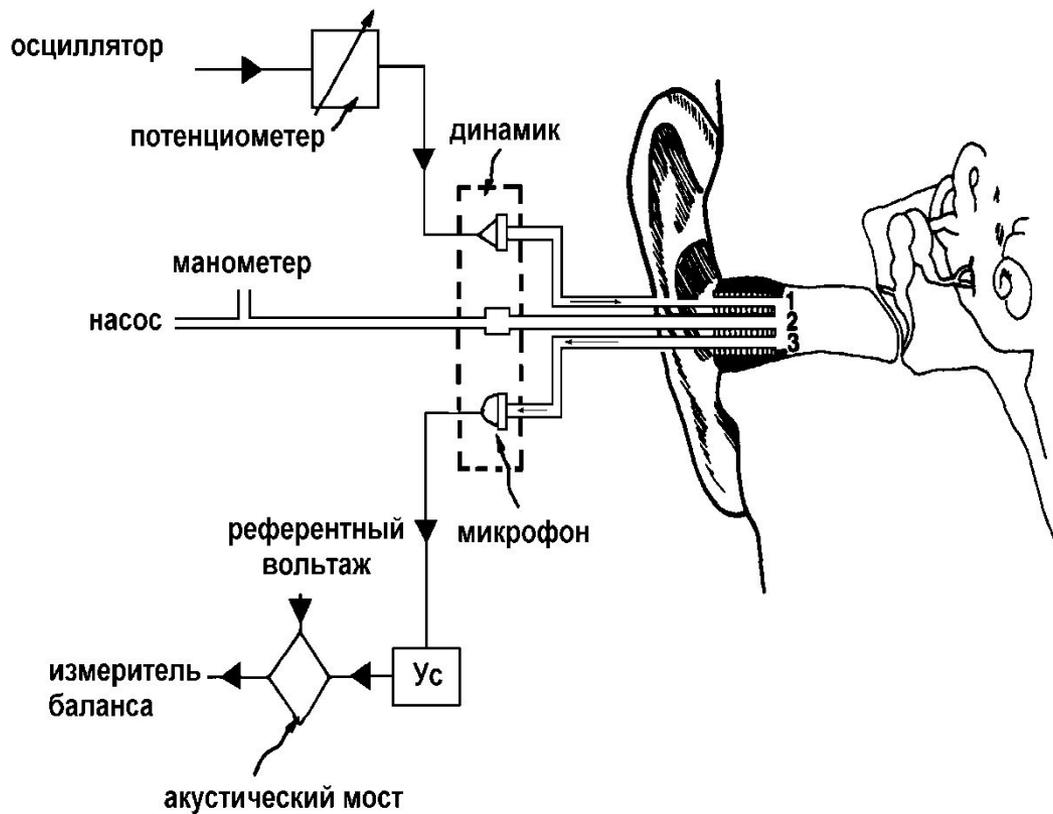
- Наряду с повышением порогов костного проведения имеется костно-воздушный разрыв – потеря слуха при воздушной проводимости превосходит потерю при костном проведении

# Импедансометр



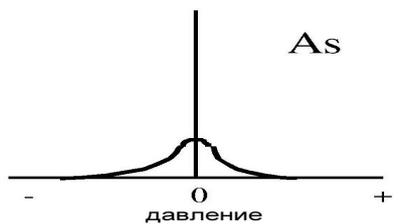
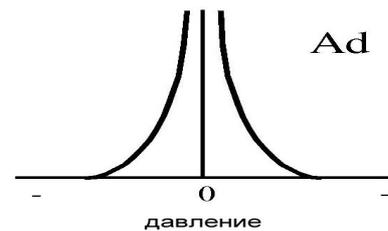
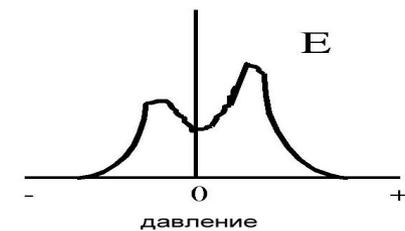
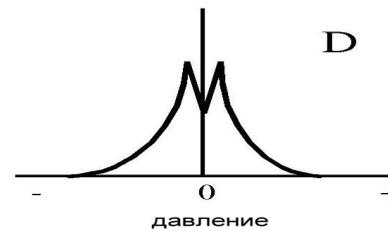
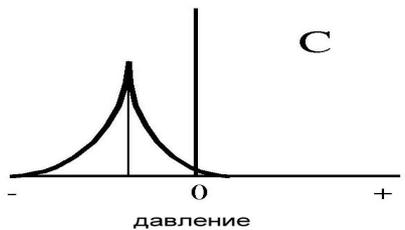
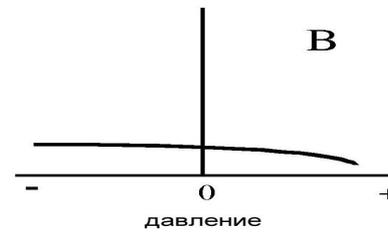
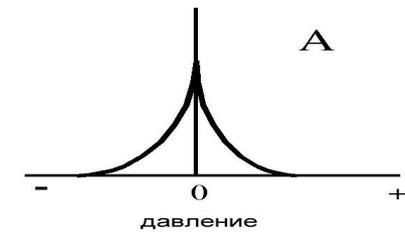
Метод исследования, основанный на измерении акустического сопротивления звукопроводящих структур периферической части слухового анализатора. Чаще всего используются две методики импедансометрии – **тимпанометрия** и **акустическая рефлексометрия**. **Тимпанометрия** позволяет оценить подвижность барабанной перепонки и слуховых косточек. Это простой и эффективный метод диагностики таких заболеваний как экссудативный (секреторный) средний отит, отосклероз и др. С помощью **акустической рефлексометрии** можно зарегистрировать сокращение внутриушных мышц в ответ на звуковую стимуляцию.

# Схема акустического импедансометра и тимпанограмма



Исследование податливости цепи слуховых косточек и барабанной перепонки

# Основные типы тимпанограмм по классификации Jerger (1970)



1. **Тип «А»** - норма, нейросенсорная тугоухость

2. **Тип «В»** - кондуктивная тугоухость при экссудативном отите или перфорации перепонки

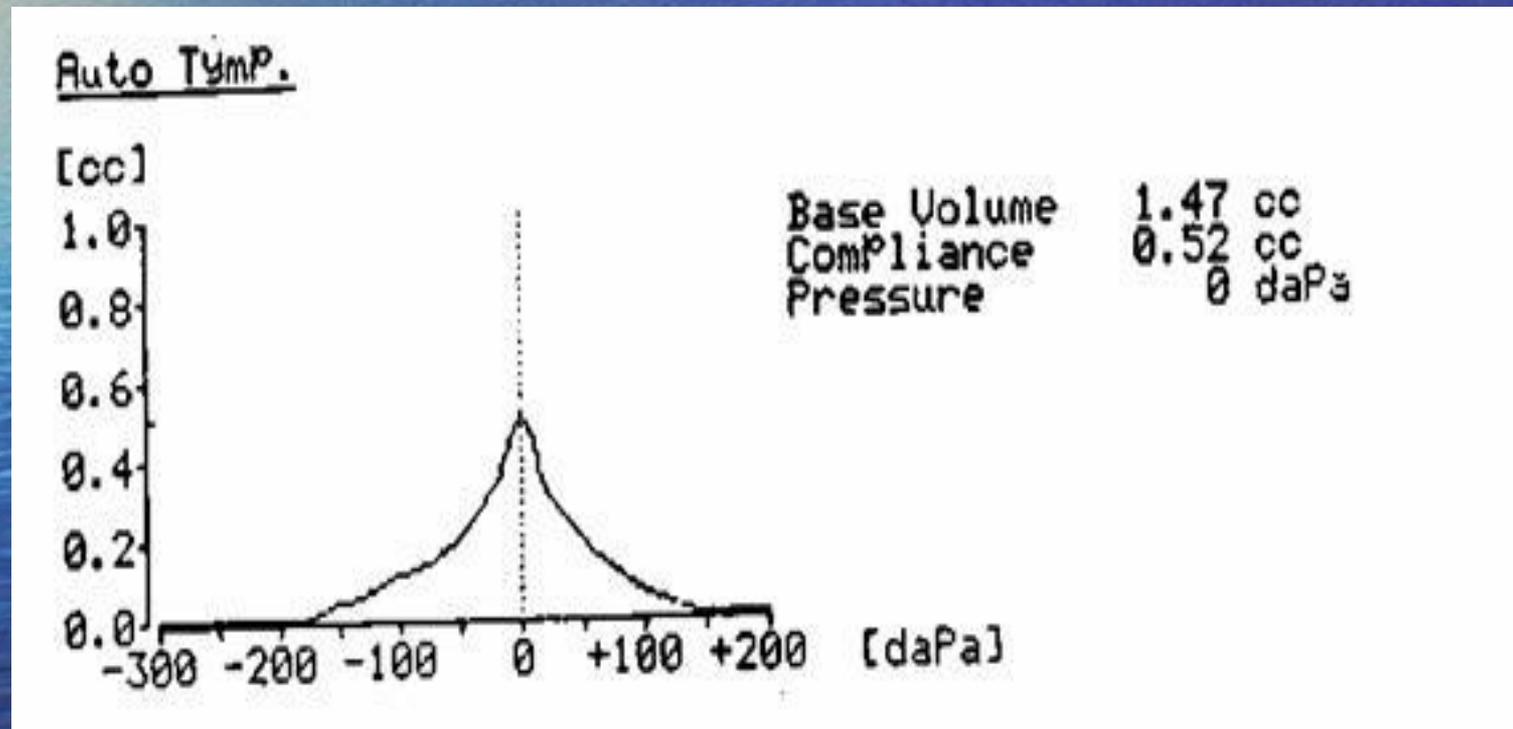
3. **Тип «С»** - кондуктивная тугоухость при евстахеите

4. **Тип «D»** - состояния, связанные с нарушением эластичности перепонки, рубцов в бараб.полости

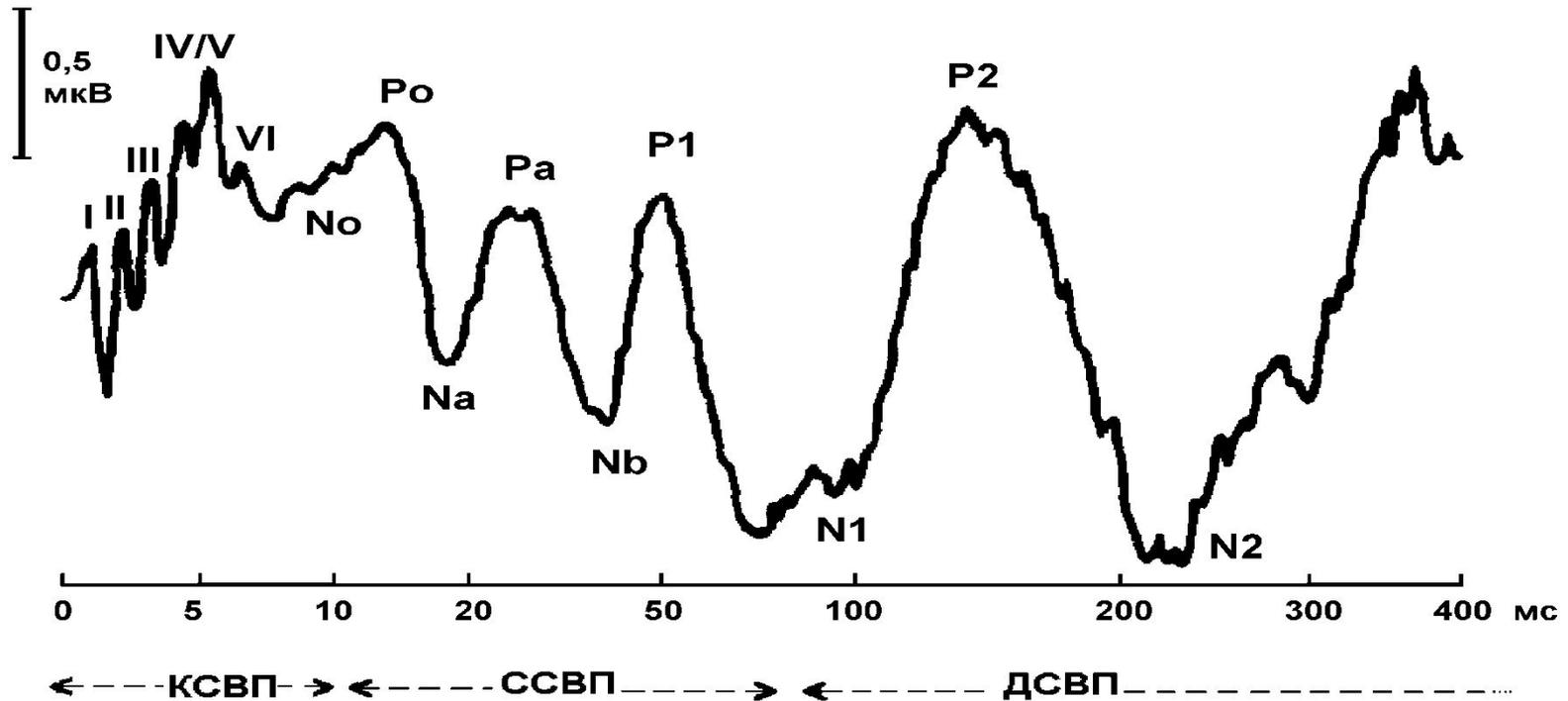
5. **Тип «As»** - отосклероз

6. **Типы «Ad» и «E»** - нарушение целостности цепи слуховых косточек

# Тимпанограмма, тип «А», норма



# Различные классы слуховых вызванных потенциалов (СВП)



В основе вызванных потенциалов лежит **электрическая активность мозга**. Для регистрации электрической активности мозга производится выделение сигнала из шума, обусловленного фоновой энцефалографической активностью, мышечной активностью, электрическими наводками.

**3 класса** потенциалов: коротколатентные, среднелатентные, длиннолатентные

# *Определение вестибулярного анализатора*

- Вестибулярный анализатор (ВА) – единая функциональная система, в которой различают периферический (рецепторный) отдел, проводниковую часть с ядрами в стволе мозга, и центральное (корковое) представительство.

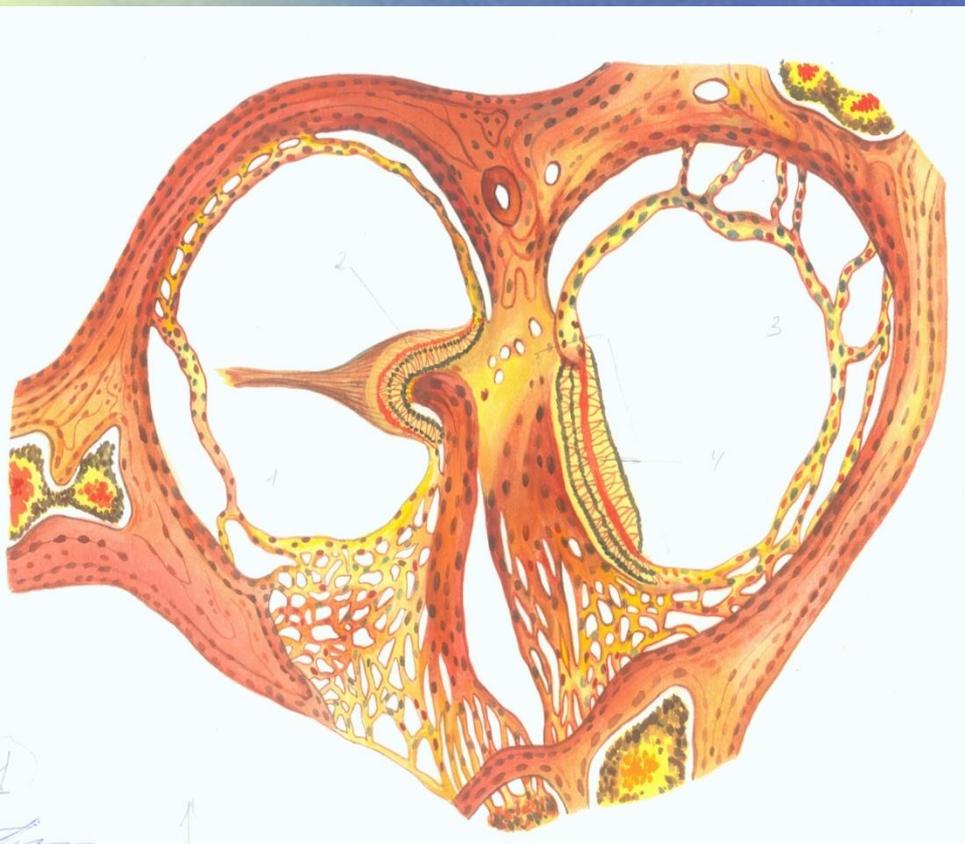
# *Роль вестибулярного анализатора в организме*

- Вестибулярный анализатор (ВА) – один из важнейших элементов целостной **статокинетической системы (СКС)** организма, которая, в свою очередь, представлена рядом сенсорных систем (наряду с ВА – зрение, проприоцепция, слух), системой переработки полученной информации, и эффекторными органами (поперечнополосатая мускулатура конечностей, шеи, туловища).

# Функциональная роль статокINETической системы (СКС)

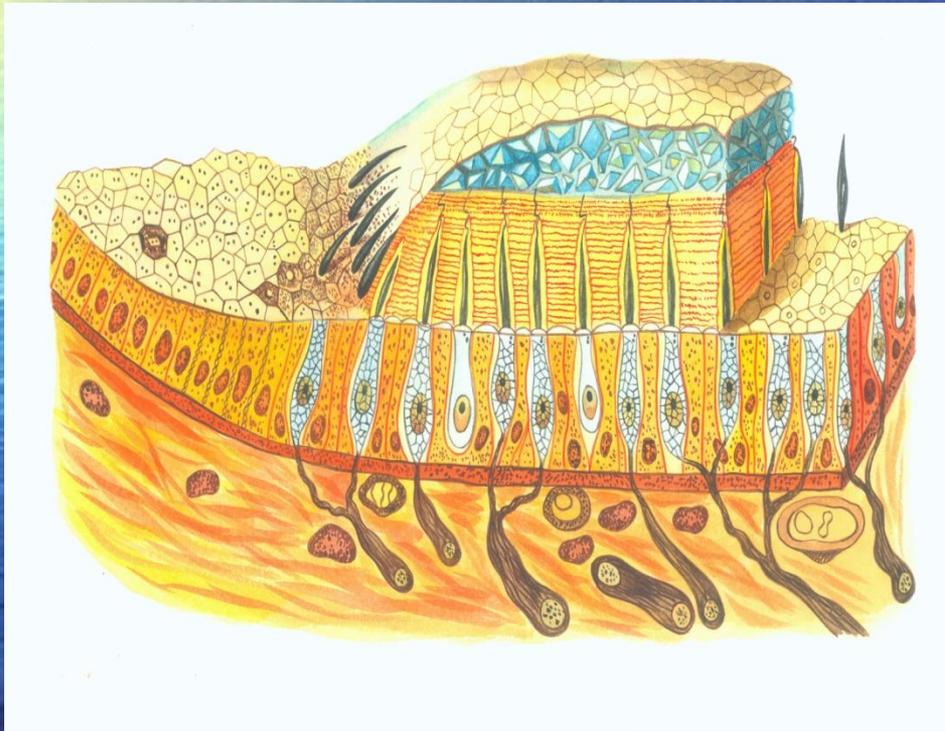


# Вестибулярные рецепторы.



- В просвете **эллиптического** мешочка (отолитовый рецептор)– *macula utriculi* (рис), в просвете **сферического** – *macula sacculi*
- В ампуле полукруглого протока виден ампулярный гребешок (ампулярный рецептор).

# Строение отолитового рецептора

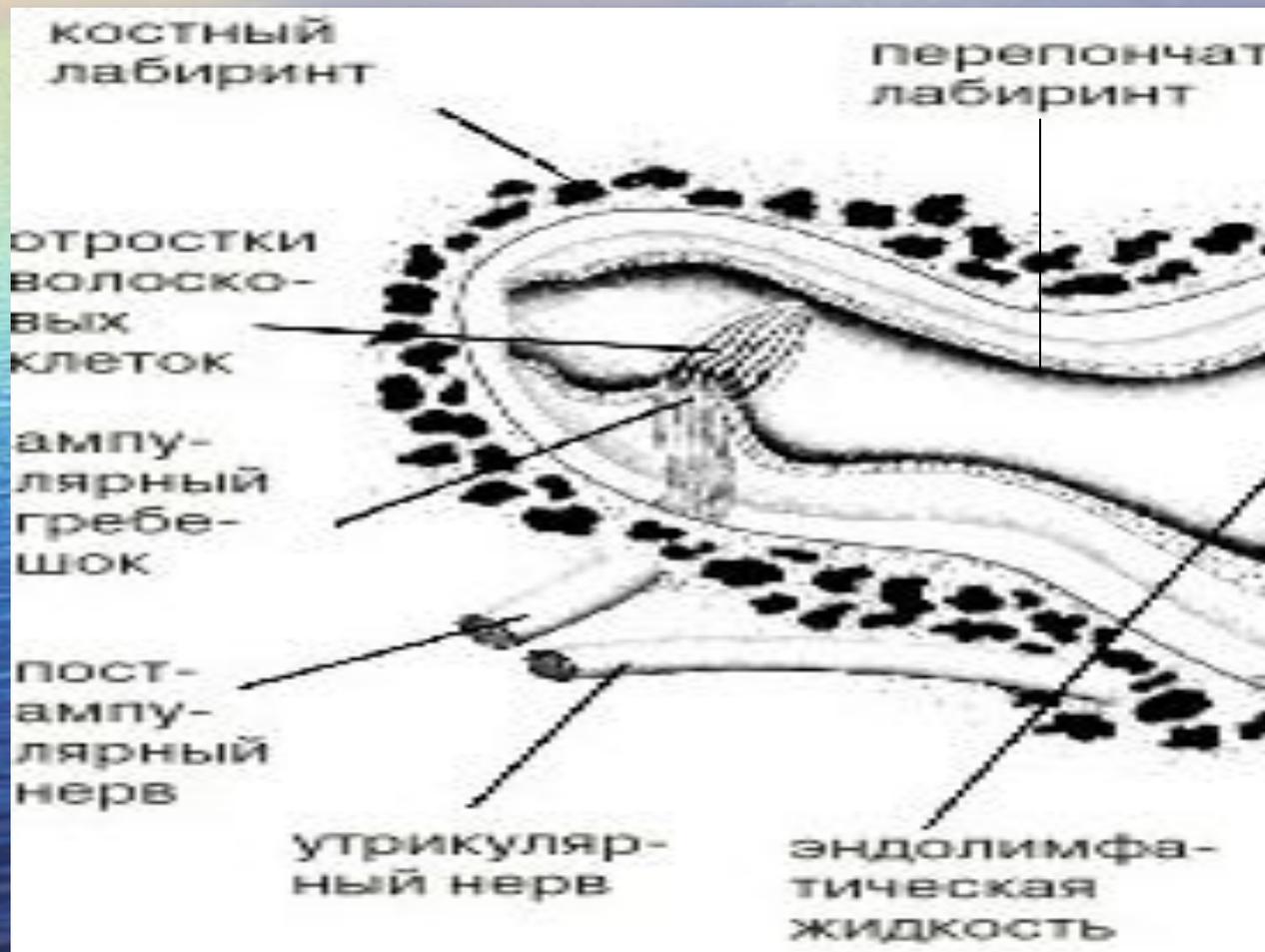


- Волоски чувствительных клеток вместе с отолитами и желеобразной массой образуют отолитовую мембрану

# Отолиты, электронограмма



# Строение ампулярного рецептора

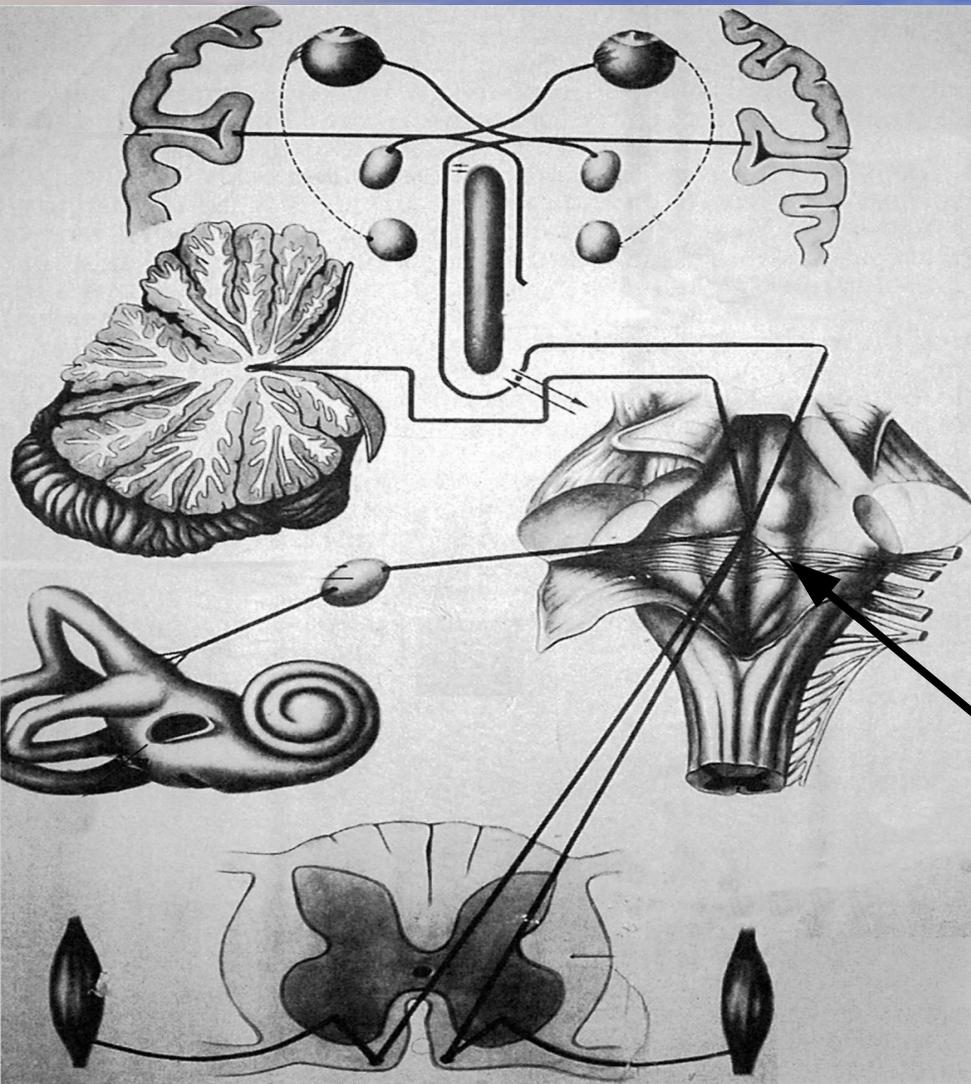


Апикальные  
концы  
волосковых  
клеток  
образуют  
купулу

## *Адекватные раздражители вестибулярного анализатора:*

- Для **отолитовых рецепторов**:  
**прямолинейное ускорение, гравитация,**  
**ускорение Кариолиса** – воздействие  
ускоренного или замедленного движения  
одновременно в двух  
взаимноперпендикулярных плоскостях
- Для **ампулярных рецепторов**: **угловое  
ускорение, ускорение Кариолиса**

# Схема ассоциативных связей вестибулярного анализатора



- Вестибулоспиальные связи.
- Вестибулоглазодвигательные связи.
- Вестибуловегетативные связи.
- Вестибуломозжечковые связи.
- Вестибулотортикальные связи



# Вестибулярные реакции

- **Вестибулосенсорные** (tr. Vestibulocorticalis)
- **Вестибулосоматические** (через tractus vestibulospinalis, tr. vestibulocerebellaris, tr. Vestibulolongitudinalis) вестибулоспинальные, вестибуломозжечковые, вестибулоглазодвигательные реакции
- **Вестибуловегетативные** (tr. Vestibuloreticularis)

# Опыты Эвальда 1892 год

В эксперименте запломбировал гладкий конец полукружного канала голубя, вводил в канал полую иглу и с помощью поршня шприца направлял движения эндолимфы в одну или другую стороны, регистрируя при этом возникающие реакции. Сдавливание воздухом перепончатого канала приводило к смещению эндолимфы в просвете канала по направлению к ампуле (ампулопетально), разрежение воздуха сопровождалось сдвигом эндолимфы от ампулы к гладкому колену (ампулофугально). Результаты этих наблюдений известны как законы Эвальда:

- Реакции возникают преимущественно с того полукружного канала, который находится в плоскости вращения.
- Ампулопетальный ток эндолимфы в горизонтальном полукружном канале вызывает более выраженную реакцию, чем ампулофугальный. Для вертикальных полукружных каналов эта закономерность обратная.
- Направление движения эндолимфы в просвете полукружных каналов соответствует медленному компоненту нистагма, а также направлению отклонения конечностей, корпуса и головы.

# ***Вестибулярный (лабиринтный) нистагм***

***– ритмические движения глазных яблок, в которых различают быстрый и медленный компоненты.***

**Происхождение** медленного компонента связывают с деятельностью рецепторов или вестибулярных ядер; быстрого – с функционированием кортикальных или субкортикальных структур мозга

# *Функциональное исследование вестибулярного анализатора.*

- Субъективные ощущения
- Спонтанный нистагм (SpNy)
- Выполнение указательных проб (пальце-пальцевая, пальце-носовая)
- Реакция спонтанного отклонения рук (Фишера-Водака)
- Поза Ромберга
- Адиадохокинез
- Походка с открытыми глазами
- Фланговая походка
- Прессорная проба

## **Вестибулярный нистагм** по природе различают **спонтанный** или **индуцированный**

Нистагм визуально оценивают:

- по **направлению**: вправо, влево, вверх, вниз;
- по **плоскости**: горизонтальный, вертикальный, ротаторный;
- по **силе**: нистагм I (при отведении глаз в сторону быстрого компонента), II (при взгляде прямо), III степени (при отведении глаз в сторону медленного компонента);
- по **амплитуде**: мелко-, средне- или крупноразмашистый;
- по **частоте**: живой или вялый
- по **происхождению**: спонтанный (эндогенный) и индуцированный (вращательный, калорический, гальванический, прессорный);

# Метод графической регистрации вестибулярного нистагма – *электронистагмография.*

- Метод основан на регистрации изменений *корнеоретинального потенциала* и значительно расширяет возможности объективной оценки вестибулярной реакции.
- Альтернативный метод - *видеонистагмография*

Если выявлены отклонения при выполнении указанных **вестибулярных тестов**, то дополнительно проводят **вращательную и калорическую пробы**, а при наличии расстройства равновесия – **стабилометрию**.

# **Стабилометрия** – объективный метод оценки статокINETической функции, отражающий статические и динамические её характеристики

Возможности использования стабилометрии в клинике :

- 1. Оценка эффективности системы равновесия в целом
- 2. Топическая и нозологическая диагностика расстройств равновесия различного генеза
- 3. Реабилитация больных с расстройством равновесия ( использование принципа биологической обратной связи)



# Стабилометрия



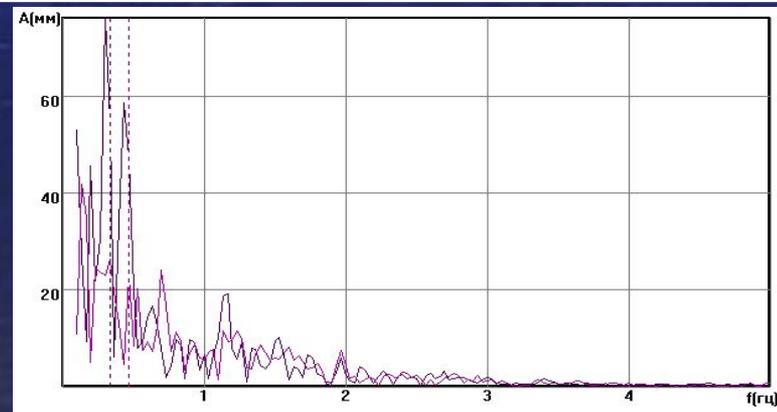
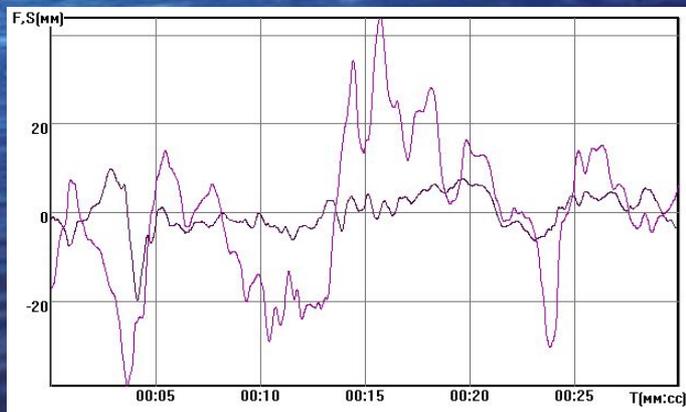
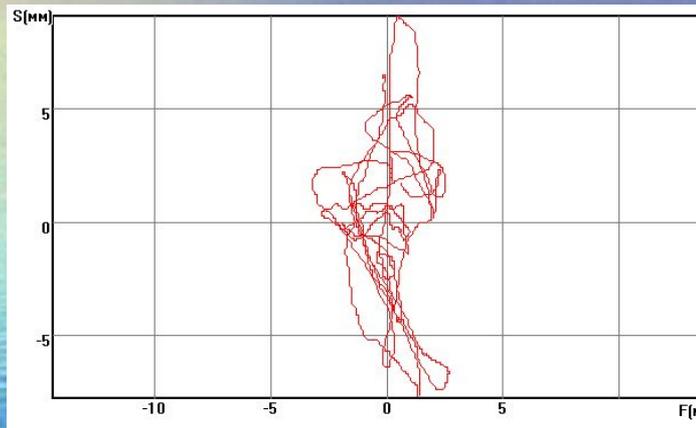
- Метод основан на регистрации колебаний центра давления пациента, установленного на специальной стабилометрической платформе.

# Образцы регистрации результатов стабилометрии

**А** — **статокинезиограмма** траектория движения центра давления на плоскость платформы

**Б** — **стабилограмма** график перемещения центра давления в зависимости от времени

**В** — **баллистограмма** график давления всего веса на центр в зависимости от времени



Спасибо за внимание

