

# Лекция № 4

## Физиология зрительного анализатора

Кафедра физиологии ДГМА





# ЗНАЧЕНИЕ ЗРЕНИЯ

Через зрительный анализатор человек получает более 90 % информации об окружающем мире.

Благодаря зрению человек осуществляет различные виды целенаправленной деятельности.

# СТРУКТУРА ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

**Зрительный анализатор состоит из трех отделов:**

- **Периферический** (фоторецепторы сетчатки);
- **Проводниковый** (зрительные пути);
- **Центральный** (затылочная область коры).



## ПЕРИФЕРИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Представлен глазным яблоком, где расположены:

- светорегулирующий
- светопреломляющий и
- световоспринимающий аппараты.

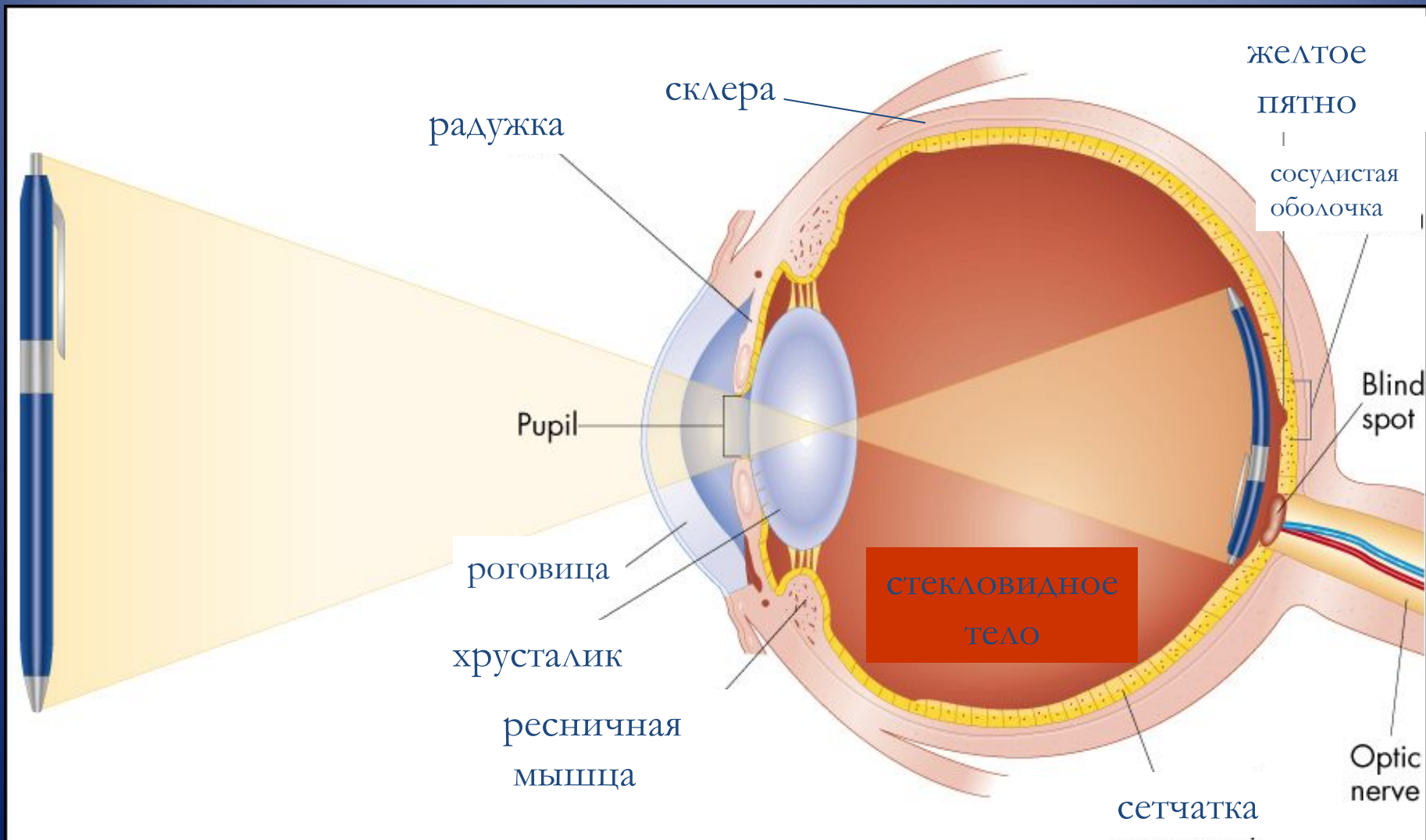
### Глаз включает также:

- Защитные приспособления (веки, ресницы, брови, склера, роговица, слезный аппарат).
- Двигательный аппарат (3 пары глазных мышц, обеспечивающих движение глазного яблока).

Самая наружная прозрачная оболочка глаза – это роговица.

- За ней расположена - радужная оболочка, в центре которой находится зрачок - отверстие круглой формы, через которое свет проходит внутрь глаза.
- Позади радужной оболочки - задняя камера глаза и хрусталик.
- Позади хрусталика – стекловидное тело.
- Свет проходит через оптические системы глаза (роговица, хрусталик, стекловидное тело) и попадает на сетчатку. Сетчатка – это внутренняя световоспринимающая оболочка глаза, на которой располагаются зрительные рецепторы (палочки и колбочки).

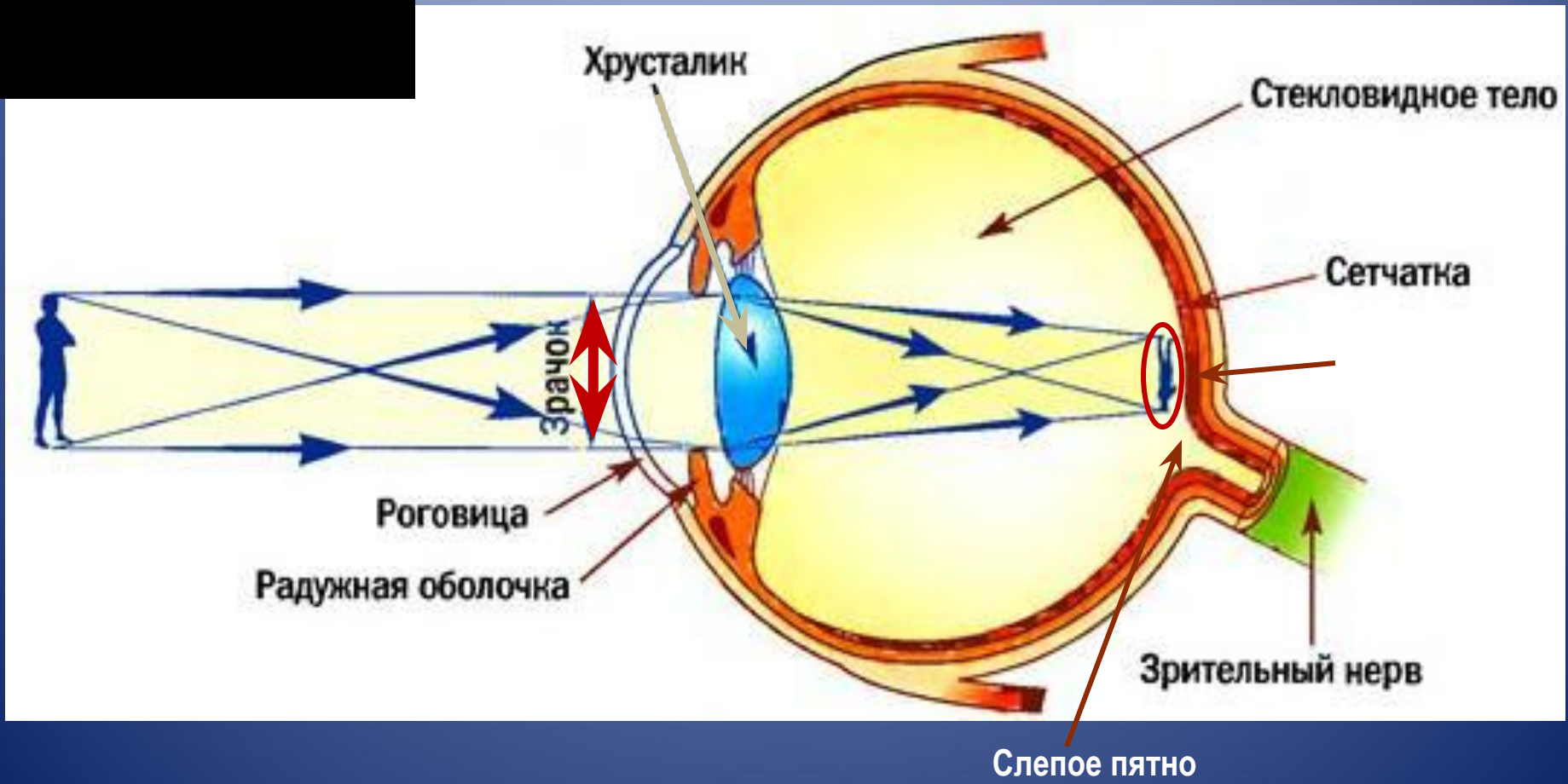
# Структура глазного яблока



# Оптическая система глаза

- Для нормального восприятия предмета лучи от него должны фокусироваться на сетчатке. Это достигается за счет преломляющих сред глаза.
- Приспособление глаза к ясному видению разноудаленных предметов называется аккомодацией.
- Главную роль в аккомодации играет хрусталик, который может менять кривизну.

# ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА





# Старческая дальнороркость (пресбиопия)

- С возрастом хрусталик теряет эластичность. При этом близкие предметы видны плохо. Это состояние называют старческой дальнороркостью.
- Ближняя точка ясного зрения у молодого человека находится на расстоянии 10 см от глаза. При старческой дальнороркости она отодвигается от глаза.
- Исправляется двоеро выпуклыми линзами.

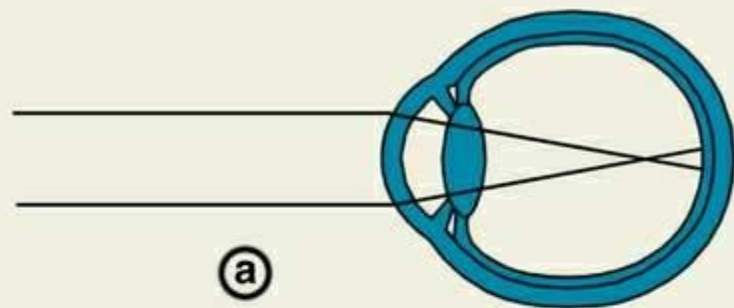
## Аномалии рефракции глаза:

- Близорукость (миопия)
- Дальнозоркость (гиперметропия)
- Астигматизм

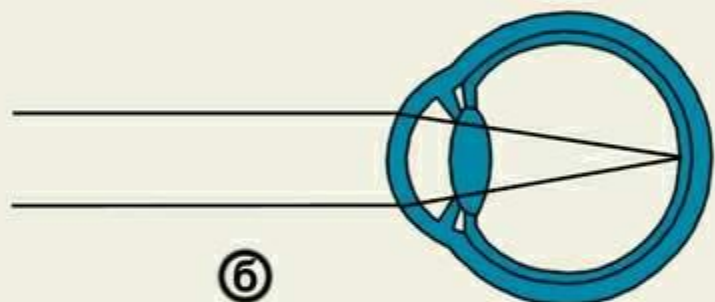
При близорукости - продольная ось глаза слишком длинная и лучи от предмета фокусируются перед сетчаткой. Исправляется она двояковогнутыми линзами.

При дальнозоркости – продольная ось глаза короткая. Лучи фокусируются за сетчаткой. Исправляется – двояковыпуклыми линзами.

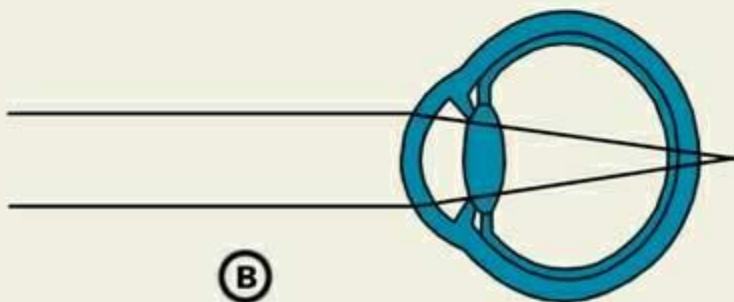
Астигматизм – это аномалия рефракции, при которой роговица и хрусталик неодинаково преломляют лучи в разных направлениях. Исправляется цилиндрическими стеклами.



а) близорукость, лучи фокусируются перед сетчаткой;



б) норма, лучи фокусируются на сетчатке;



в) дальнозоркость, лучи фокусируются за сетчаткой

# Зрачковый рефлекс

- Зрачок пропускает только центральные лучи и способствует лучшему видению предметов.
- На ярком свете он суживается ( $d - 1,8 \text{ мм}$ ); в темноте расширяется ( $d - 7,5 \text{ мм}$ )
- Регулируют диаметр зрачка две мышцы радужки – кольцевые (суживают) и радиальные (расширяют).
- Кольцевые мышцы иннервируются парасимпатическим нервом, а радиальные – симпатическим нервом. Зрачки расширяются при боли, эмоциях, гипоксии.

# Структура и функции сетчатки

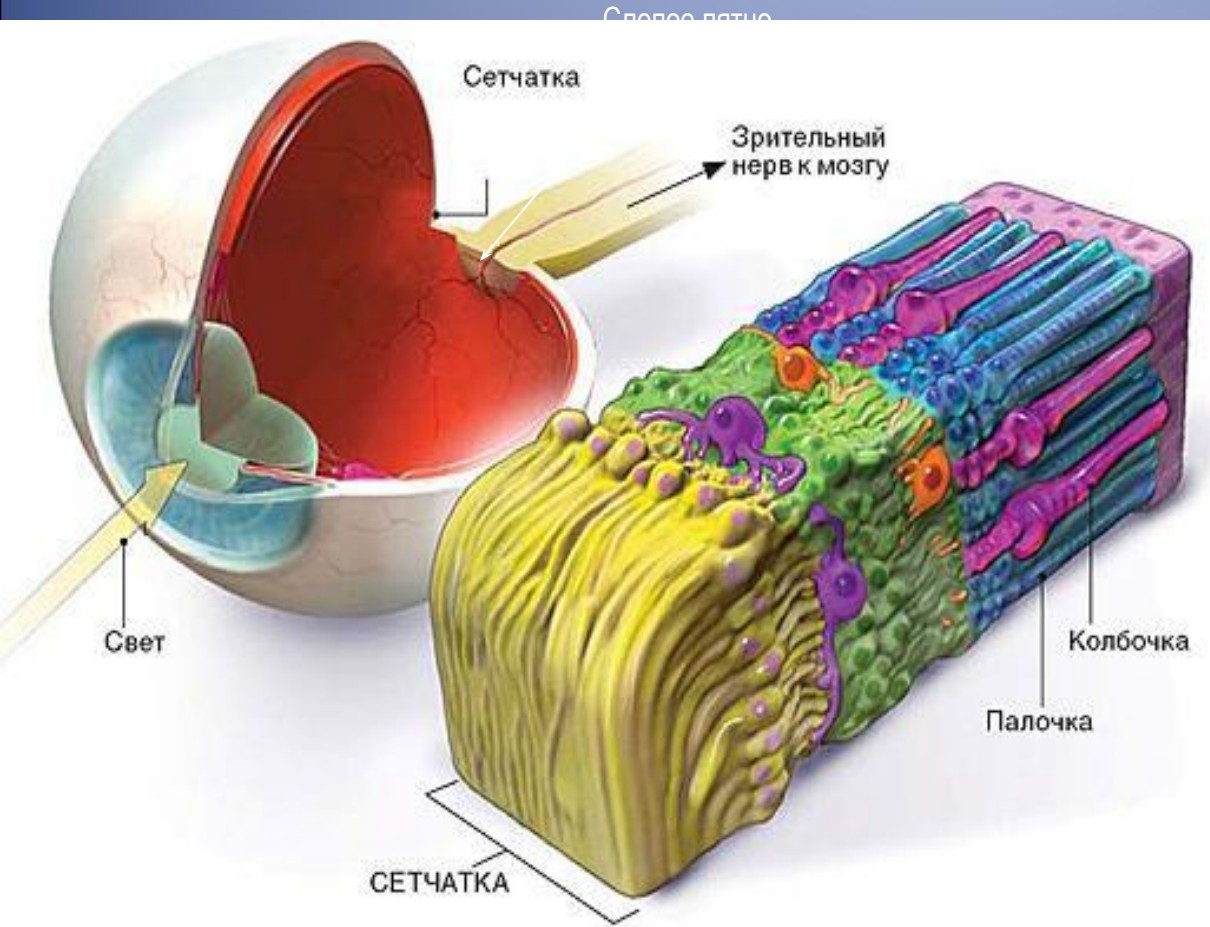
Сетчатка состоит из следующих слоев:

- **Пигментный** (содержит пигмент - фусцин, который поглощает свет и способствует четкому восприятию предметов);
- **Слой фоторецепторов** ;
- **Слой биполярных нейронов**;
- **Слой ганглиозных нейронов**.

## Фоторецепторы

- В сетчатке глаза около 6-7 млн. колбочек и 110-125 млн. палочек. Колбочки располагаются по центру, к периферии больше палочек.
- В области центральной ямки содержатся только колбочки (это «желтое» пятно – место наилучшего видения).
- Место выхода зрительного нерва из сетчатки не содержит фоторецепторов (его называют «слепым» пятном).

# СЕТЧАТКА ГЛАЗА



Палочки  
125 МИЛЛИОНОВ

Колбочки  
7 МИЛЛИОНОВ

# Функции фоторецепторов

- Колбочки функционируют в условиях яркой освещенности, они обеспечивают дневное и цветное зрение;
- Палочки функционируют в условиях слабой освещенности, обеспечивают сумеречное зрение и не различают цвета («ночью все кошки серые»).
- В палочках содержится пигмент родопсин. При недостатке вит. А синтез родопсина нарушается, человек плохо видит в условиях сумерек (куриная слепота).
- В колбочках – пигмент йодопсин. При поражении колбочек наблюдается светобоязнь (человек слепнет при ярком освещении).



## Проводниковый отдел

- Возбуждение от фоторецепторов передается на биполярные нейроны, а затем на ганглиозные нейроны сетчатки. Их отростки (аксоны) образуют зрительный нерв.
- У основания мозга зрительные нервы частично перекрещиваются.
- Затем зрительные пути проходят в таламус (зрительный бугор), а далее - в зрительную кору (затылочная область), где формируются зрительные образы.

# Свойство адаптации

- Приспособление зрительного анализатора к условиям разной освещенности называется адаптацией.  
Различают темновую и световую адаптацию.
- В основе адаптации лежат процессы распада (на свету) и ресинтеза (в темноте) зрительных пигментов (родопсина и йодопсина).

# Цветовое зрение

- Цветовое зрение обеспечивают колбочки. Согласно трехкомпонентной теории Ломоносова-Юнга-Гельмгольца в сетчатке глаза содержатся три вида колбочек с разной цветовой чувствительностью. Одни воспринимают красный цвет, другие – зеленый, третьи – синий. Всякий цвет (от 400 нм до 700 нм) оказывает действие на все 3 типа колбочек, но в разной степени. Комбинации возбуждения различных колбочек приводят к ощущению различных цветов и оттенков.

# Аномалии цветового зрения

Различают три вида частичной цветовой слепоты:

- протанопия (дальтонизм) – слепота на красный цвет;
- дейтеронопия – отсутствие восприятия зеленого цвета;
- тританопия - нет восприятия синего и фиолетового цвета.
- ахромазия – полная цветовая слепота.

# **Физиология слухового и вестибулярного анализаторов**

В связи с возникновением у человека речи слух приобретает особую роль как средство общения.

Звуковые сигналы – это колебания воздуха с разной частотой и силой. Они возбуждают **слуховые рецепторы**, расположенные в улитке внутреннего уха.

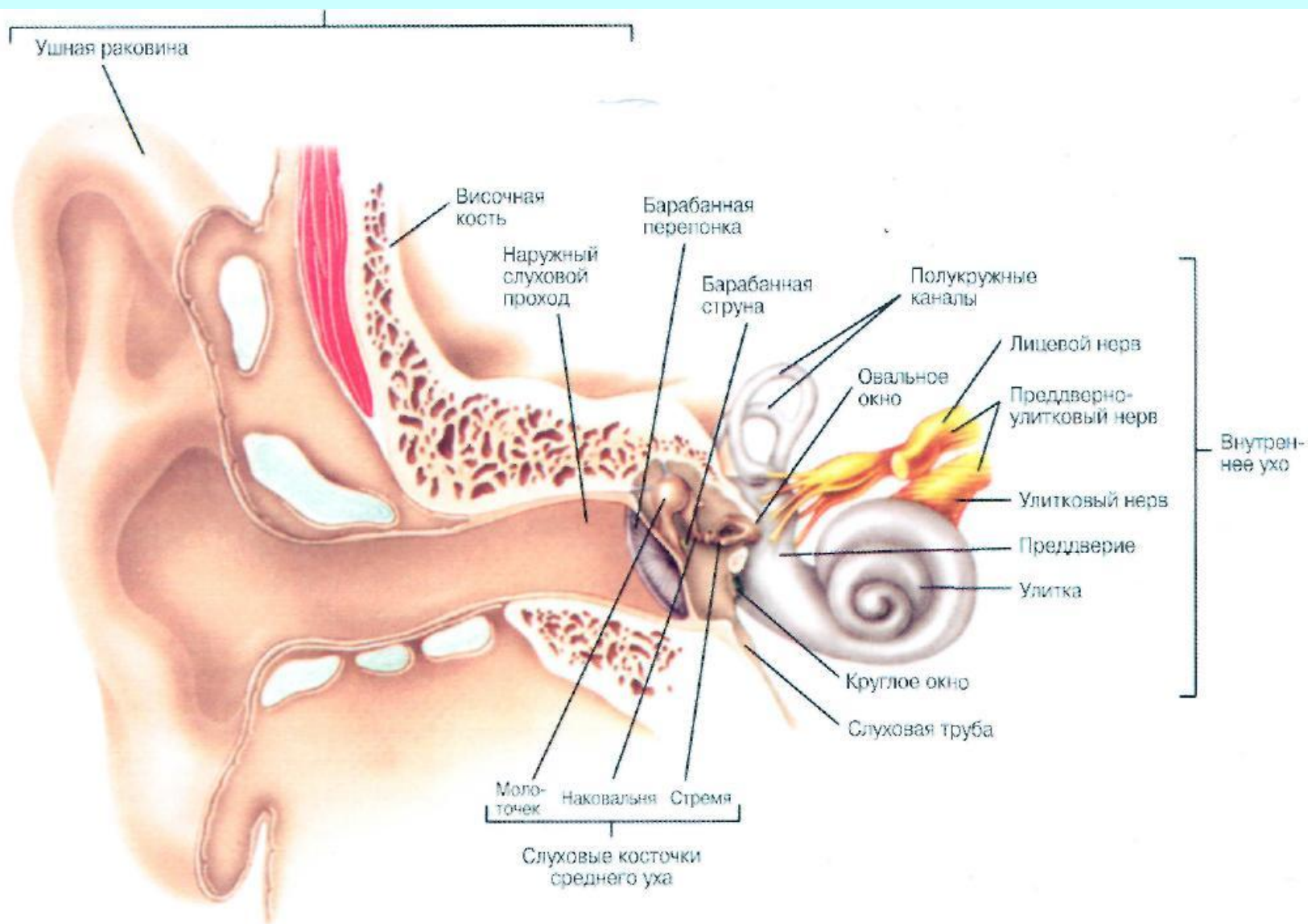
# Орган слуха состоит из:

- Наружного, среднего и внутреннего уха;
- Наружное ухо представлено ушной раковиной и наружным слуховым проходом. Звуковые колебания проходят через наружный слуховой проход к барабанной перепонке, которая отделяет наружное ухо от среднего.





# Наружное, среднее и внутреннее ухо



**В среднем ухе** находятся 3 слуховые косточки:

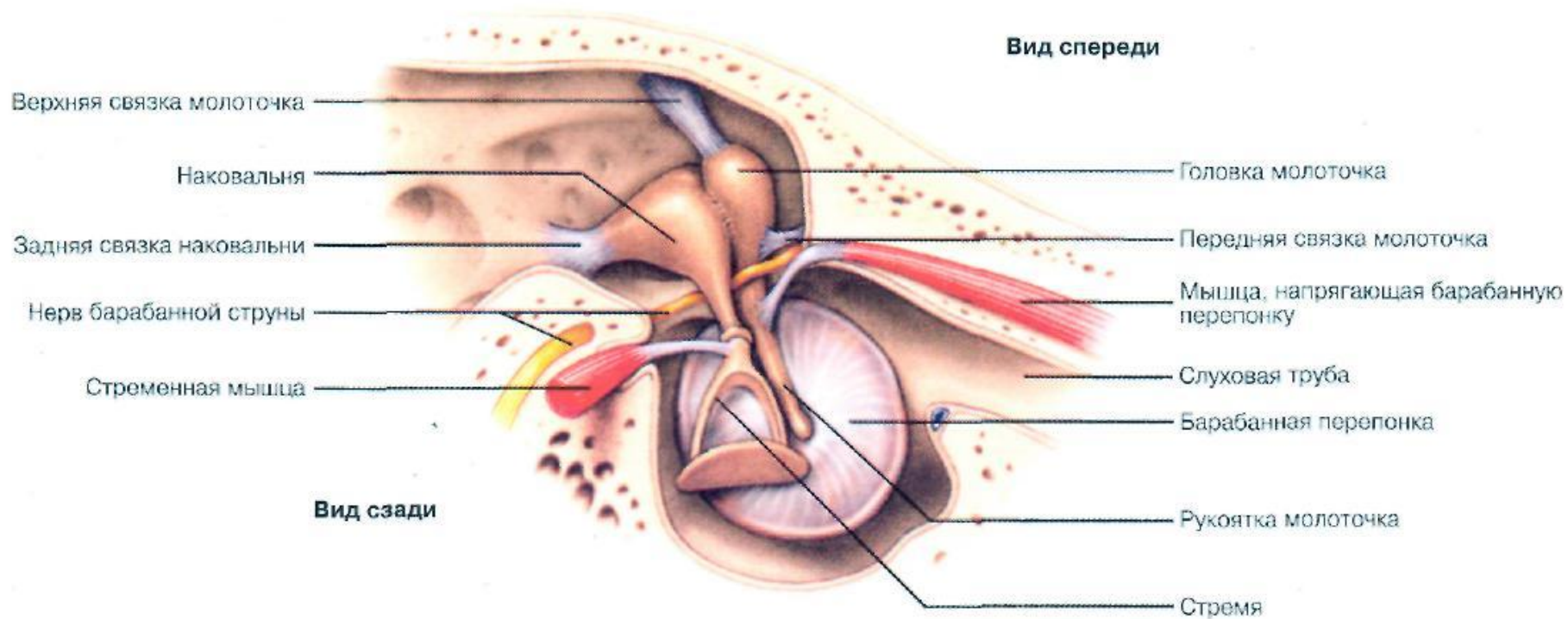
- \* **молоточек**
- \* **наковальня**
- \* **стремечко**

Они не только **передают** колебания барабанной перепонки во внутреннее ухо, но и в 20 раз **усиливают** звук.

Полость среднего уха сообщается с носоглоткой при помощи **евстахиевой (слуховой) трубы**.

Она поддерживает давление в среднем ухе на уровне атмосферного.

# Среднее ухо



## В среднем ухе располагаются 2 мышцы:

- Мышца напрягающая барабанную перепонку;
- Мышца стремечка
- При сильных звуках: первая усиливает натяжение барабанной перепонки;
- Вторая фиксирует стремечко, ограничивая его движения.

- Колебания слуховых косточек передаются на мембрану овального окна, которая отделяет среднее ухо от внутреннего.
- Здесь же находится круглое окно, тоже закрытое мембраной. Оно способствует колебанию жидкости улитки.

## Внутреннее ухо

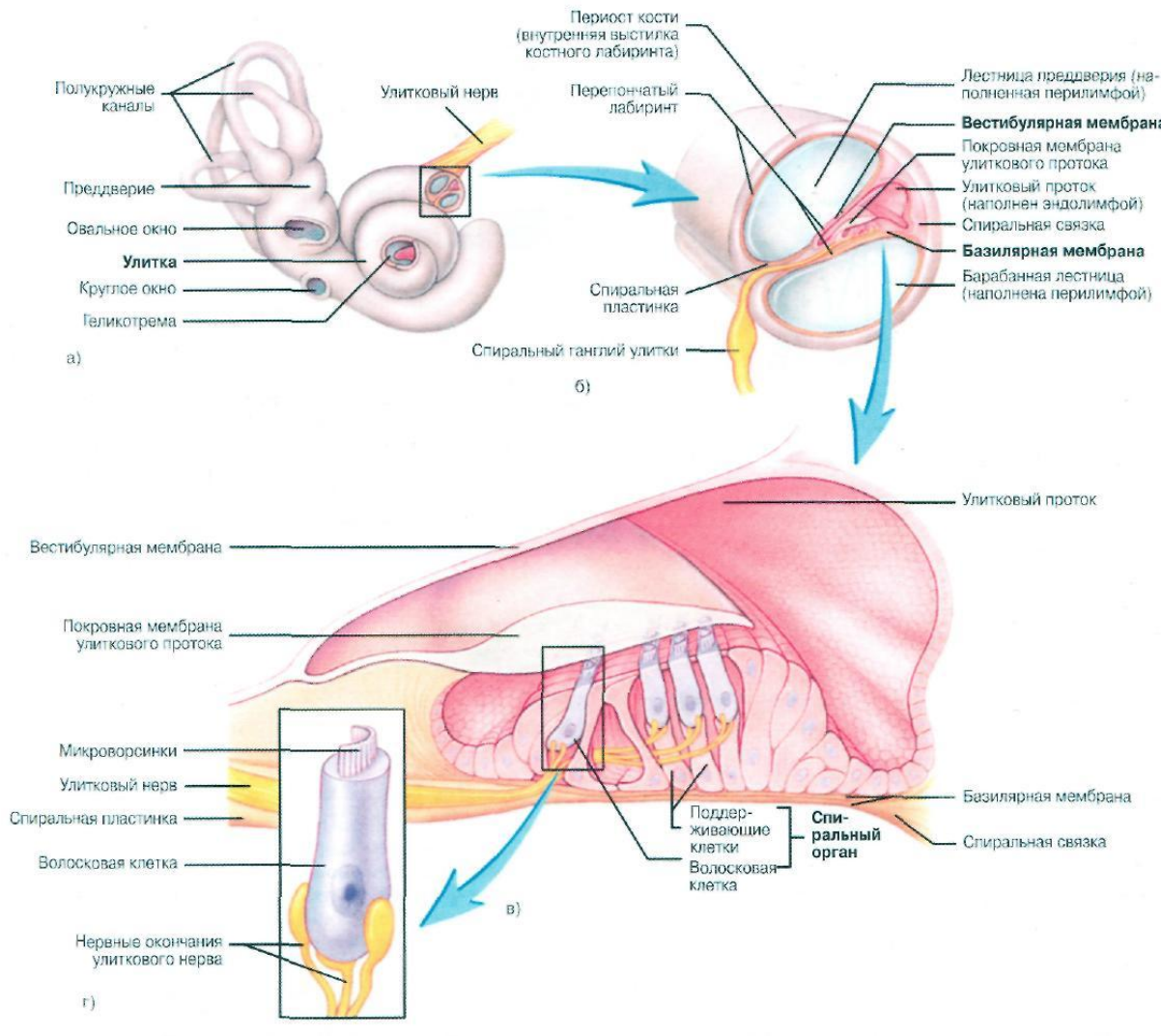
представлено улиткой, где располагаются слуховые рецепторы.

Улитка – это костный спиральный орган (2,5 витка). Диаметр канала расширяется от основания (0,04 мм) к вершине (0,5 мм) улитки.

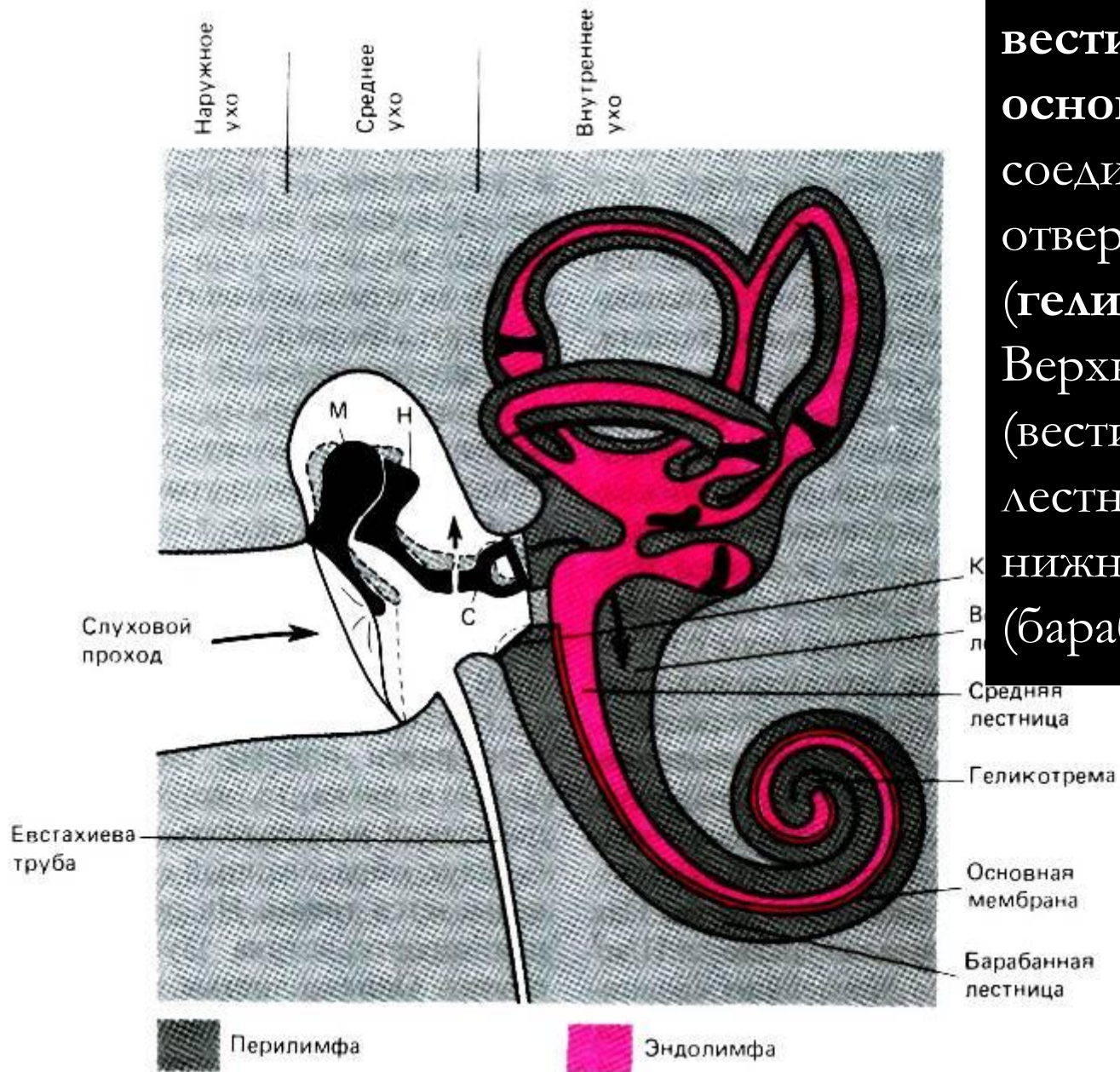
Костный канал на всем протяжении разделен 2-мя мембранами:

1. вестибулярной и
2. основной на 3 хода (или канала).

# Структура улитки



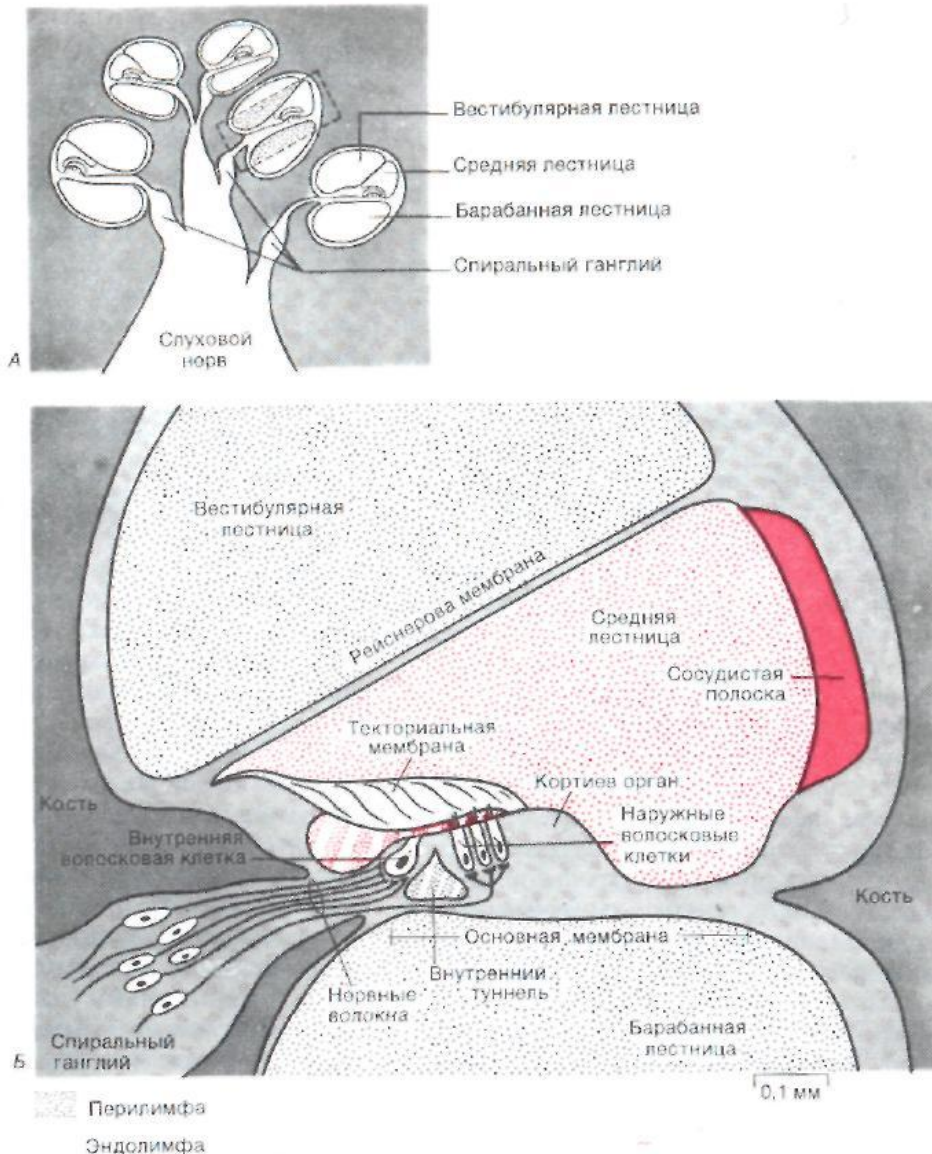
1. **верхний канал**  
— **вестибулярный,**  
начинается от  
ОВАЛЬНОГО ОКНА.
2. **нижний —**  
**барабанный,**  
заканчивается  
КРУГЛЫМ ОКНОМ.
3. **средний канал**  
— **улитковый.**



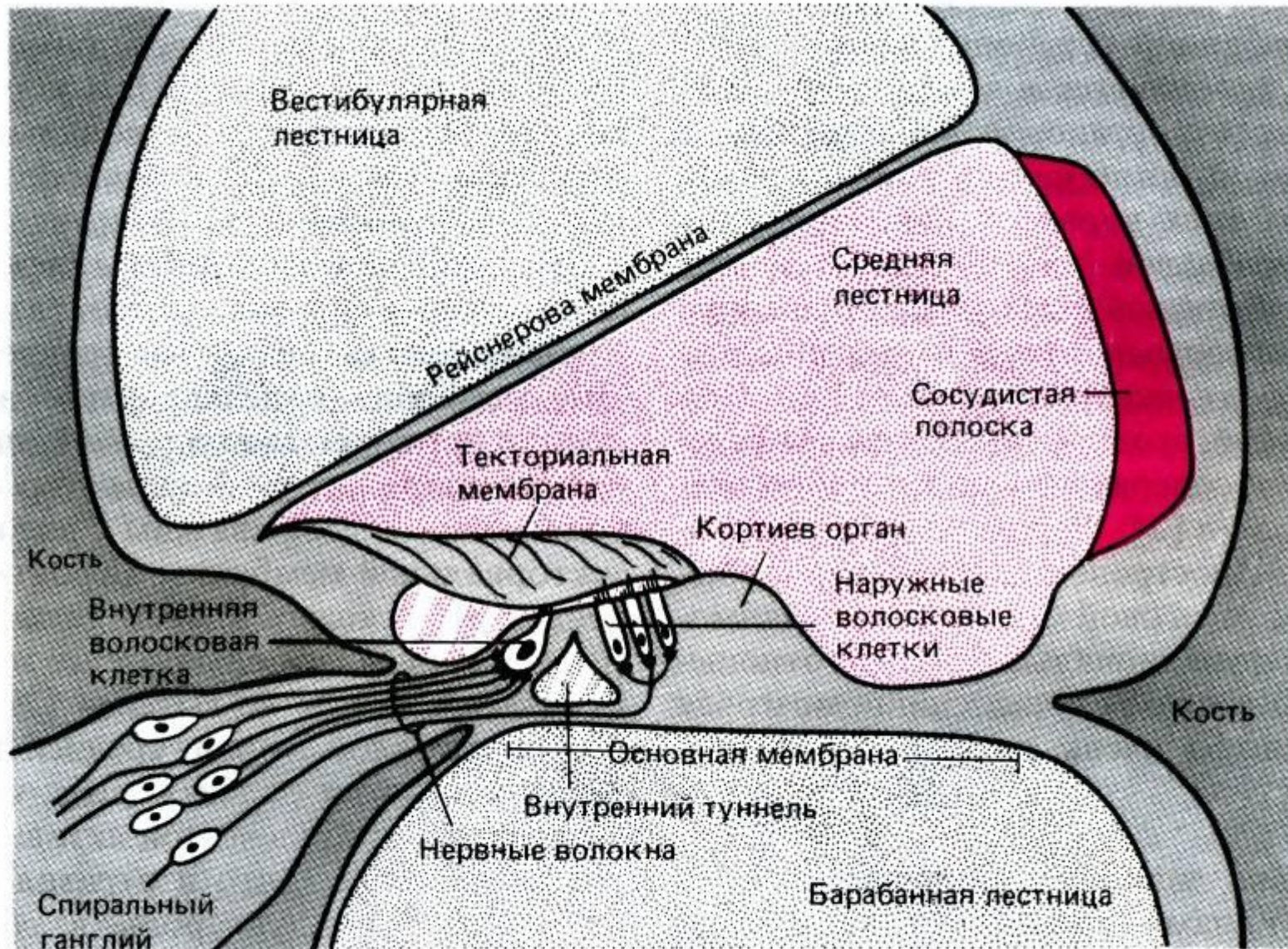
На вершине улитки **вестибулярная и основная мембраны** соединяются, образуя отверстие (**геликотрема**). Верхний канал (вестибулярная лестница) соединяется с нижним каналом (**барабанная лестница**).





# Структура улитки



Вестибулярный и барабанный ходы заполнены жидкостью — *перилимфой*. Средний (улитковый) канал содержит *эндолимфу*. На основной мембране расположен **Кортиев орган** с рецепторными **волосковыми клетками**.



-  Перилимфа
-  Эндолимфа

0,1 мм

Схема внутреннего уха в

# Передача звуковых колебаний

Колебания мембраны овального окна вызывает колебание перилимфы в верхнем и нижнем канале.

Вестибулярная мембрана очень тонкая, поэтому жидкость в верхнем и среднем каналах колеблется одновременно.

Эти колебания вызывают движение основной мембраны, на которой расположены слуховые рецепторы.

## Механизм слуховой рецепции

Волосковые рецепторные клетки фиксированы на основной мембране, на их конце - имеются **волоски (стереоцилии)**.

Над волосковыми клетками по всему каналу проходит **покровная (текториальная) мембрана**.

**При действии звука** основная мембрана начинает колебаться, при этом волоски рецепторных клеток касаются покровной мембраны и наклоняются. При этом чисто механически открываются ионные каналы мембран: происходит движение ионов  $K^+$  внутрь волосков. Это приводит к образованию рецепторного потенциала волосковой клетки.

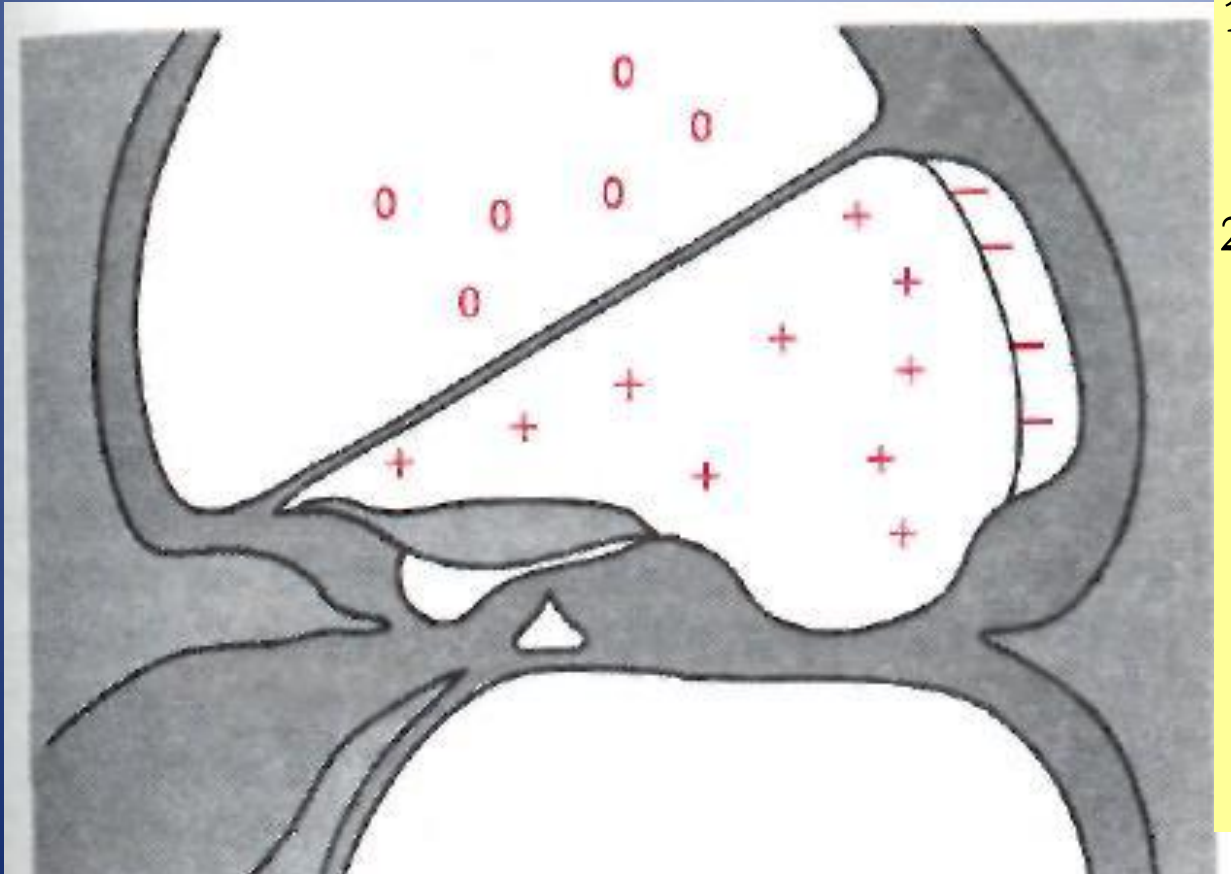
# Электрические явления в улитке

представлены в форме **5 потенциалов**.

Два из них – **мембранный потенциал** рецепторной клетки и **потенциал эндолимфы** – не связаны с восприятием звука.

Три электрических явления – **микрофонный потенциал** улитки, **суммационный потенциал** и **потенциалы слухового нерва** возникают под влиянием звуковых раздражений.

# Постоянные потенциалы улитки



1. Мембранный потенциал волосковой клетки;
2. Потенциал эндолимфы. Эндолимфа имеет положительный заряд относительно перилимфы.

Эти потенциалы не связаны с звуковосприятием.

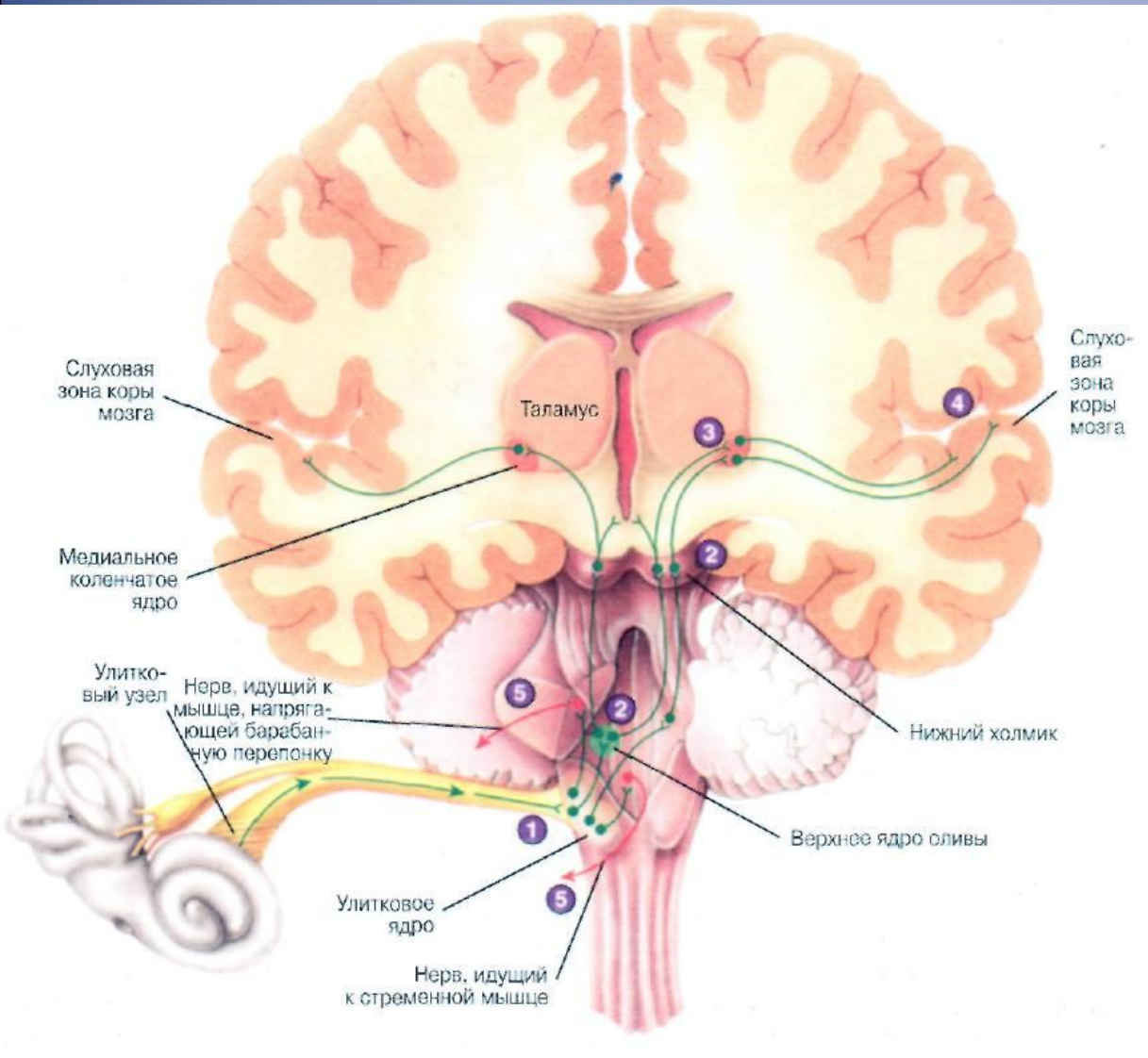
# Слуховые пути и центры

**Первый (чувствительный) нейрон** слухового пути расположен в **спиральном ганглии**. Отростки нервных клеток, образующих этот ганглий, направляются в **продолговатый мозг**, где расположены **улитковые ядра (второй нейрон)**.

Затем слуховой путь продолжается к таламусу, через **медиальные коленчатые тела** (здесь располагается **третий нейрон**).

От таламуса возбуждение идет в слуховую кору, расположенную в **верхней извилине височной доли**.

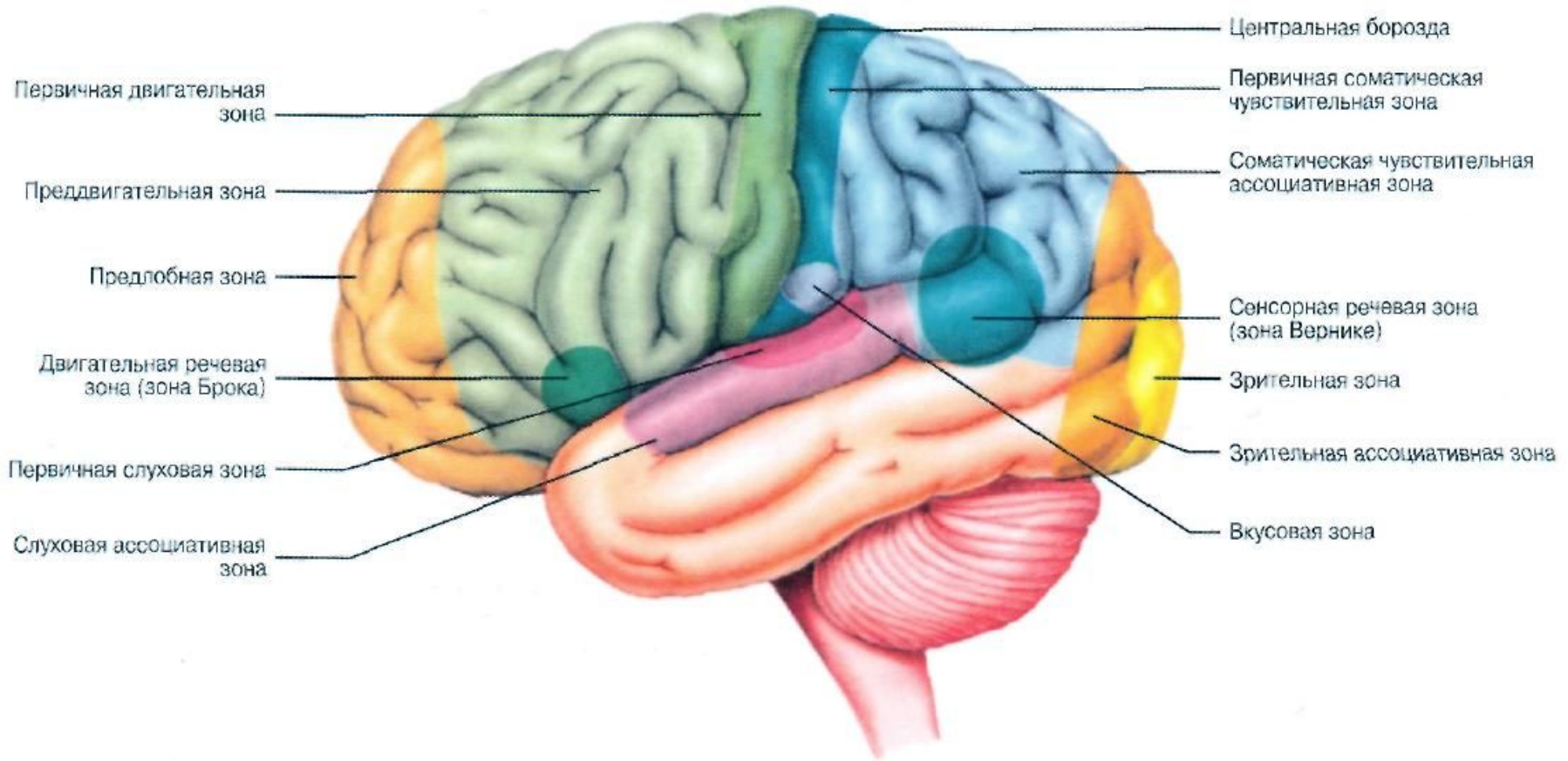
# Слуховые пути центральной нервной системы



1. Чувствительные аксоны улиткового узла заканчиваются в улитковом ядре мозгового ствола.
2. Аксоны нейронов улиткового ядра идут к верхнему ядру оливы или к нижнему холмику.
3. Аксоны нижнего холмика идут к медиальному коленчатому ядру таламуса.
4. Нейроны таламуса идут к слуховой зоне коры головного мозга.



# Локализация слуховой коры



# Слуховые функции

Человек воспринимает звуки разной частоты  
от 16 гц до 20 кгц.

С возрастом уменьшается восприятие высоких звуков.

**Слуховая чувствительность.** Минимальная сила звука, слышимая человеком в половине случаев его предъявления, называют порогом слуховой чувствительности. Она наиболее высока в области частот 1000-4000 гц.

**Адаптация.** Если на ухо действует долго какой-то звук, то чувствительность к нему снижается.

# Бинауральный слух

**Это слушание двумя ушами.** Как известно, слуховая система построена из 2-х симметричных половин.

Благодаря этому человек точно может определить **локализацию источника звука** (с точностью до 1 углового градуса).

Это связано с тем, что звуковой сигнал **неодновременно поступает к 2-м половинам слухового анализатора** (есть разница во времени поступления звукового сигнала и его интенсивности).

# Вестибулярная САС

- Играет ведущую роль в пространственной ориентировке человека. Она получает, передает и анализирует информацию об ускорениях и замедлениях при прямолинейных и вращательных движениях. А также при изменениях положения головы в пространстве.
- Сигналы от вестибулярных рецепторов вызывают перераспределение тонуса скелетных мышц, тем самым обеспечивают сохранение равновесия.

# Периферический отдел

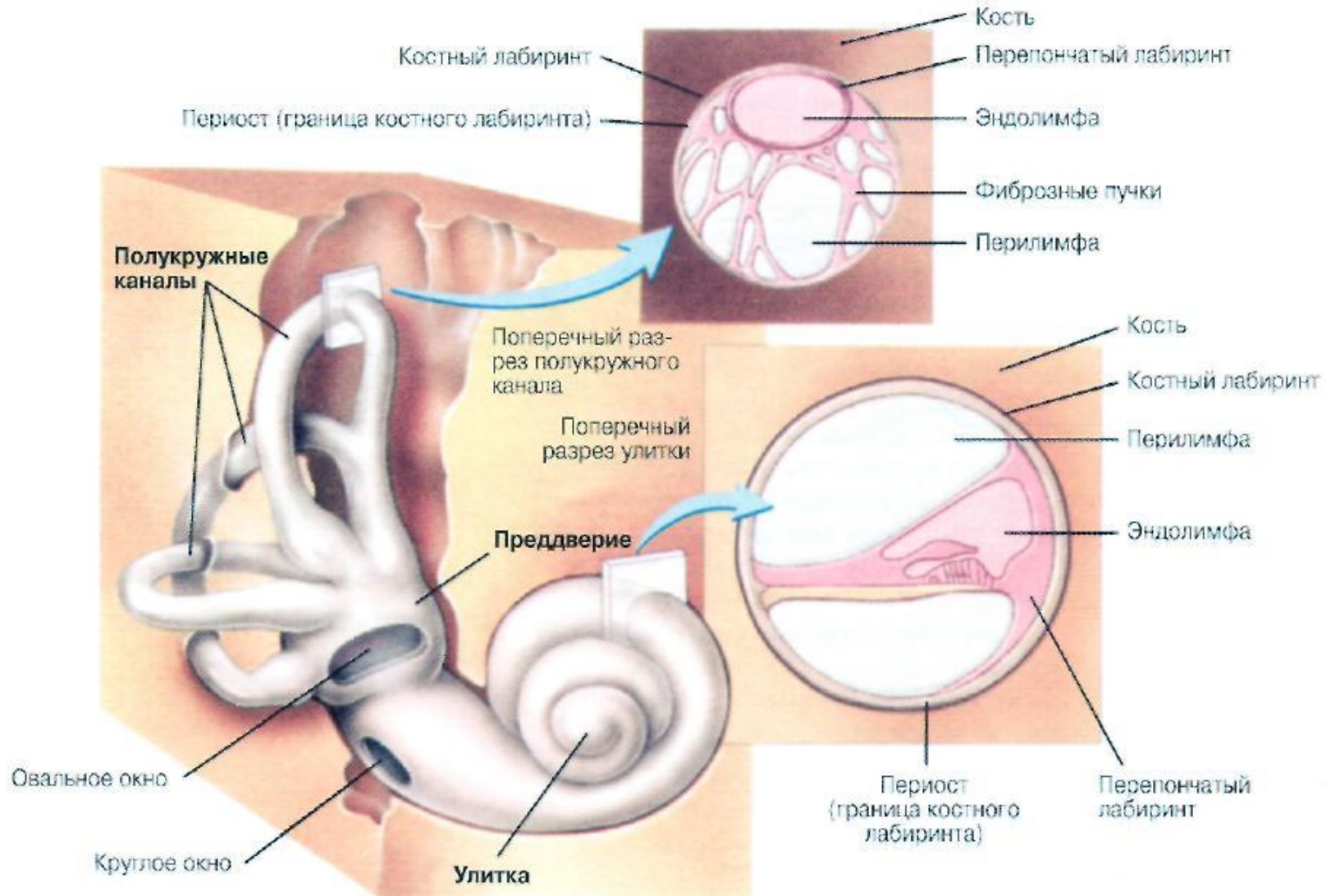
Представлен вестибулярным аппаратом, расположенным в лабиринте височной кости.

Вестибулярный аппарат состоит из:

- Преддверия (vestibulum) и
- Полукружных каналов.

Полукружные каналы располагаются в 3-х взаимно перпендикулярных плоскостях. Один из концов каждого канала расширен (ампула).

# Внутреннее ухо (костный и перепончатый лабиринты)



## Рецепторный отдел

В преддверии находятся 2 мешочка – **круглый** (sacculus) и **эллиптический** (маточка, utriculus). В них располагается **отолитовый аппарат** – скопление рецепторных клеток.

Рецепторная клетка имеет на конце **длинный подвижный волосок** и **60-80 склеенных неподвижных волосков**. Они пронизывают желеобразную мембрану, которая содержит кристаллы карбоната Са – **отолиты**.

Возбуждение рецепторных клеток происходит **при скольжении отолитовой мембраны по волоскам, то есть их сгибании**.

**В полукружных каналах, заполненных как и весь лабиринт эндолимфой, рецепторы содержатся только в ампулах.**

# Проводниковый отдел

Возбуждение рецепторных клеток передается на окончания волокон вестибулярного нерва. Вестибулярный нерв направляется в продолговатый мозг, где расположен комплекс вестибулярных ядер. Отсюда сигналы идут в разные отделы ЦНС: спинной мозг, мозжечок, глазодвигательные ядра, ретикулярную формацию, ганглии вегетативной нервной системы, кору больших полушарий.

*Рефлексы, связанные с вестибулярной САС:*

1. Вестибулоспинальные;
2. Вестибуловегетативные;
3. Вестибулоглазодвигательные.

При возбуждении вестибулярной системы происходит перераспределение мышечного тонуса, включаются рефлексы, необходимые для сохранения равновесия. А также реакции со стороны сердечно-сосудистой, пищеварительной систем и др. внутренних органов.



При **сильных и длительных нагрузках** на вестибулярный аппарат появляется **патологический симптомокомплекс (морская болезнь)** – изменение сердечного ритма, сосудистых реакций, сокращения желудка, головокружение, тошнота.

**Вестибулоглазодвигательные рефлекс** (глазной нистагм) состоят в медленном движении глаз в противоположную вращению сторону, которая сменяется скачком глаз обратно.

**Глазной нистагм** – является показателем **состояния вестибулярной системы** (используется в морской, космической, авиационной медицине).