

Физиология слухового и вестибулярного анализаторов

Слуховая сенсорная система

Строение слухового анализатора

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.

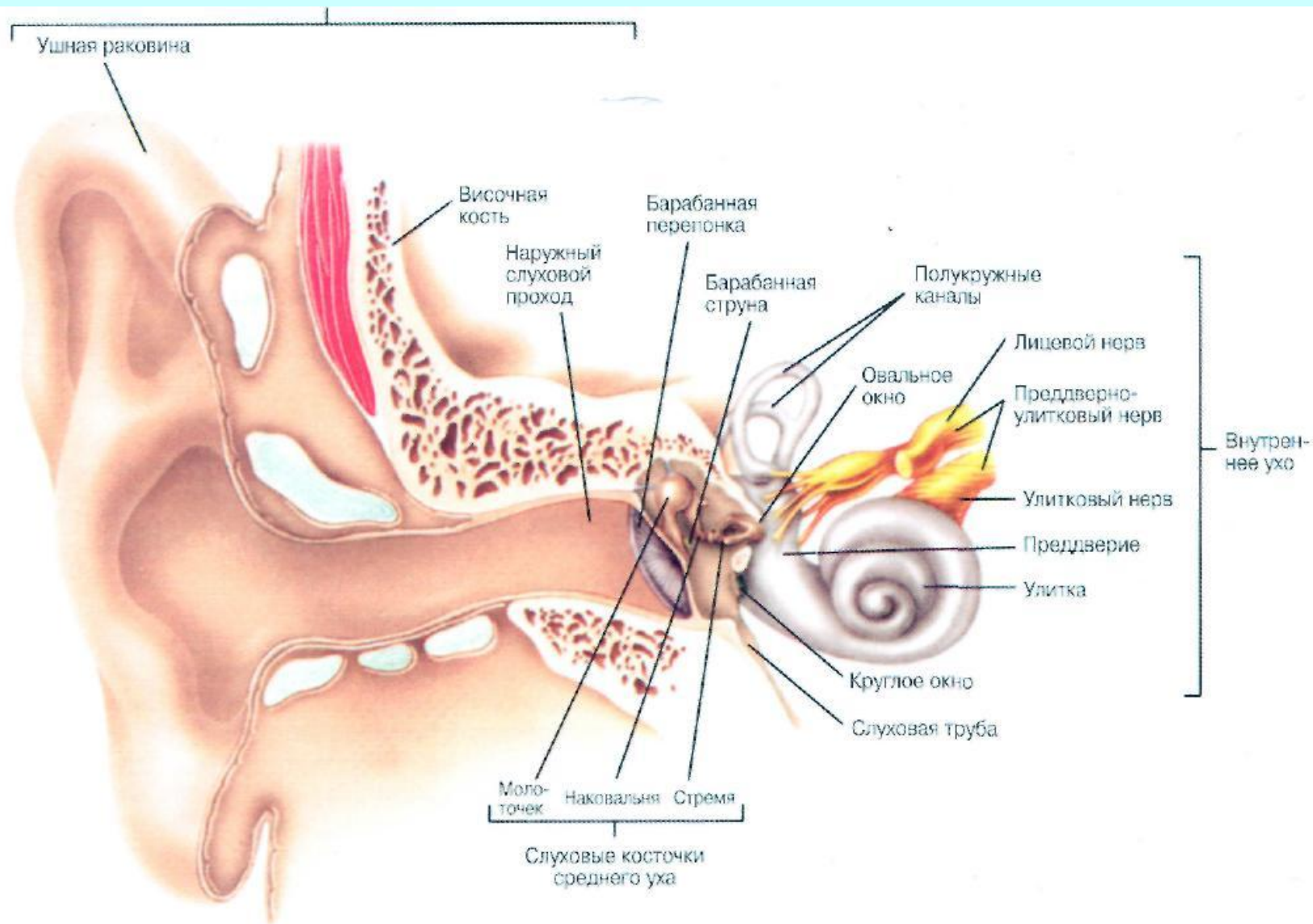
Орган слуха состоит из:

- 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.

Структуры ушной раковины (правого уха)



Наружное, среднее и внутреннее ухо



В среднем ухе находятся 3 слуховые косточки:

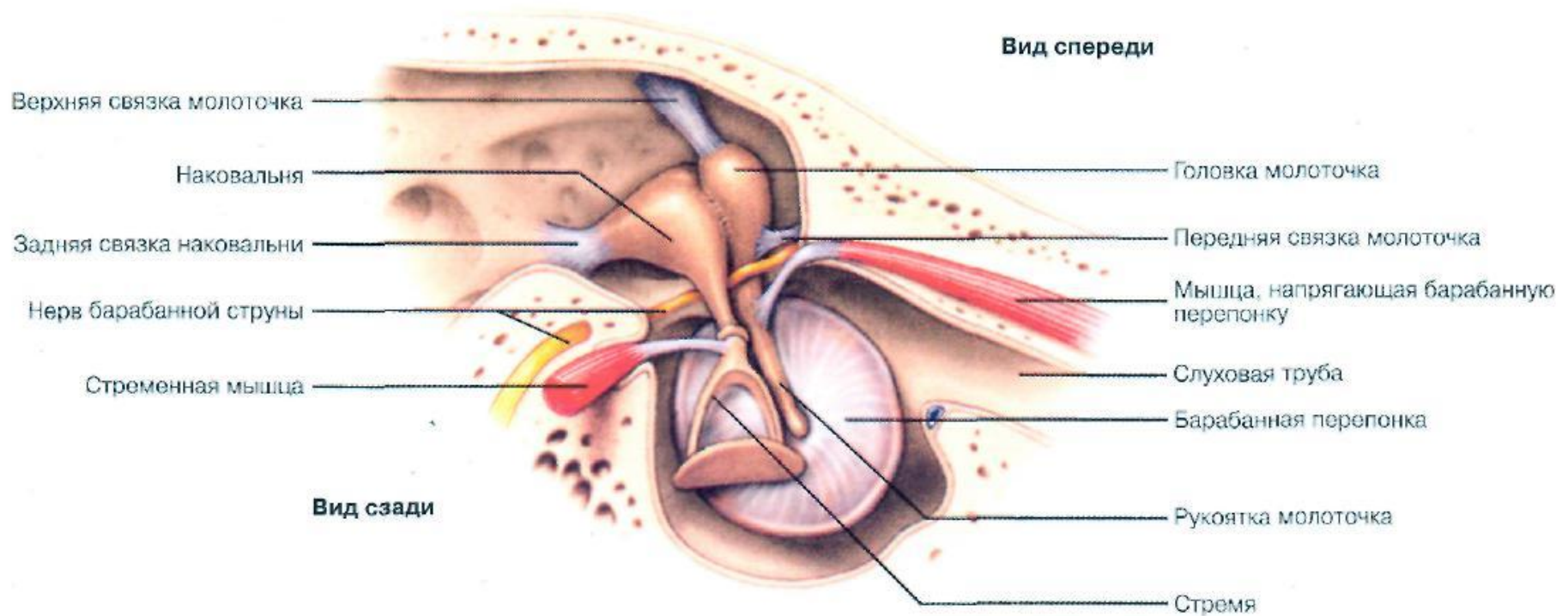
- * молоточек**
- * наковальня**
- * стремечко**

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

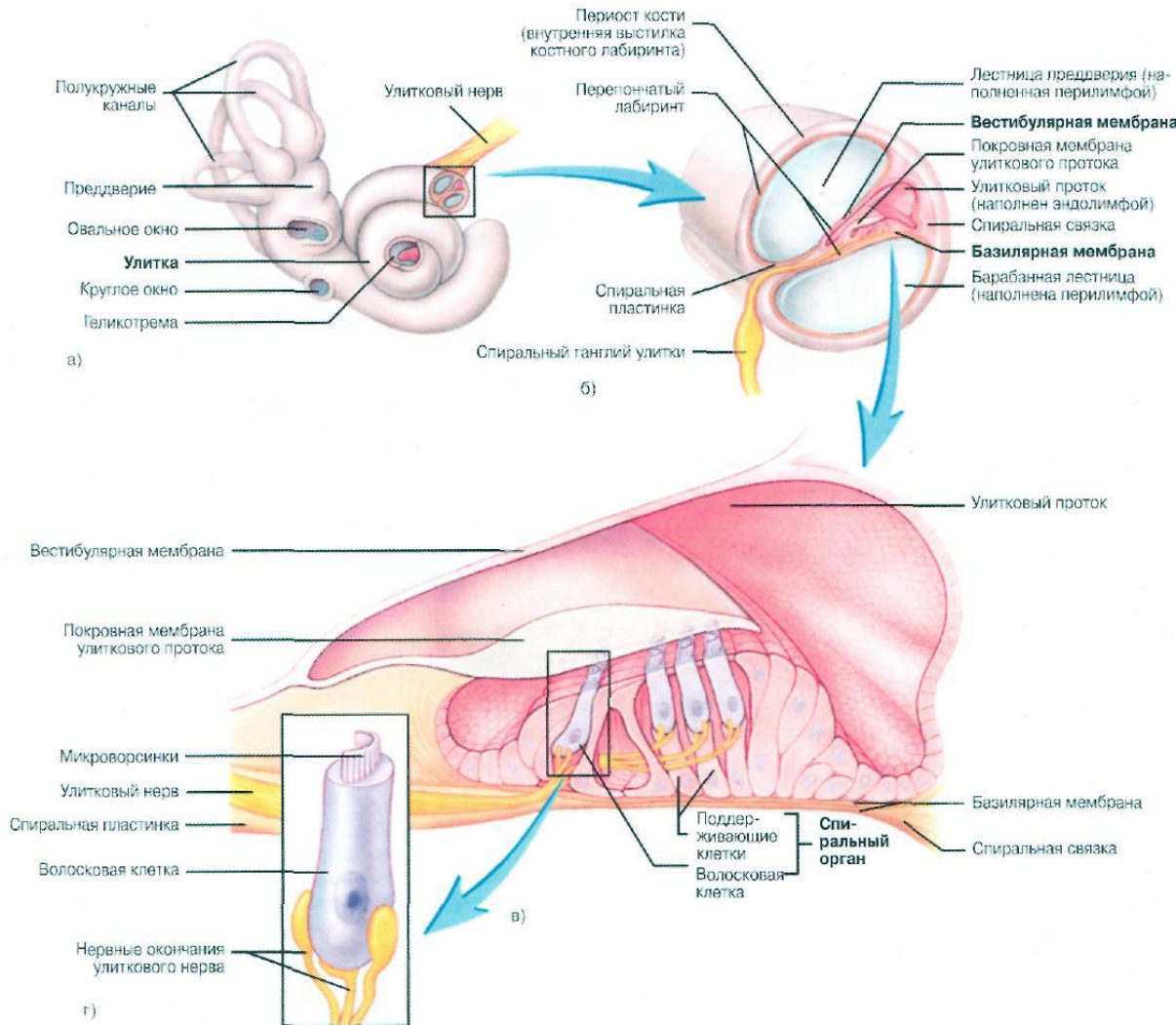
представлено **улиткой**, где располагаются слуховые рецепторы.

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

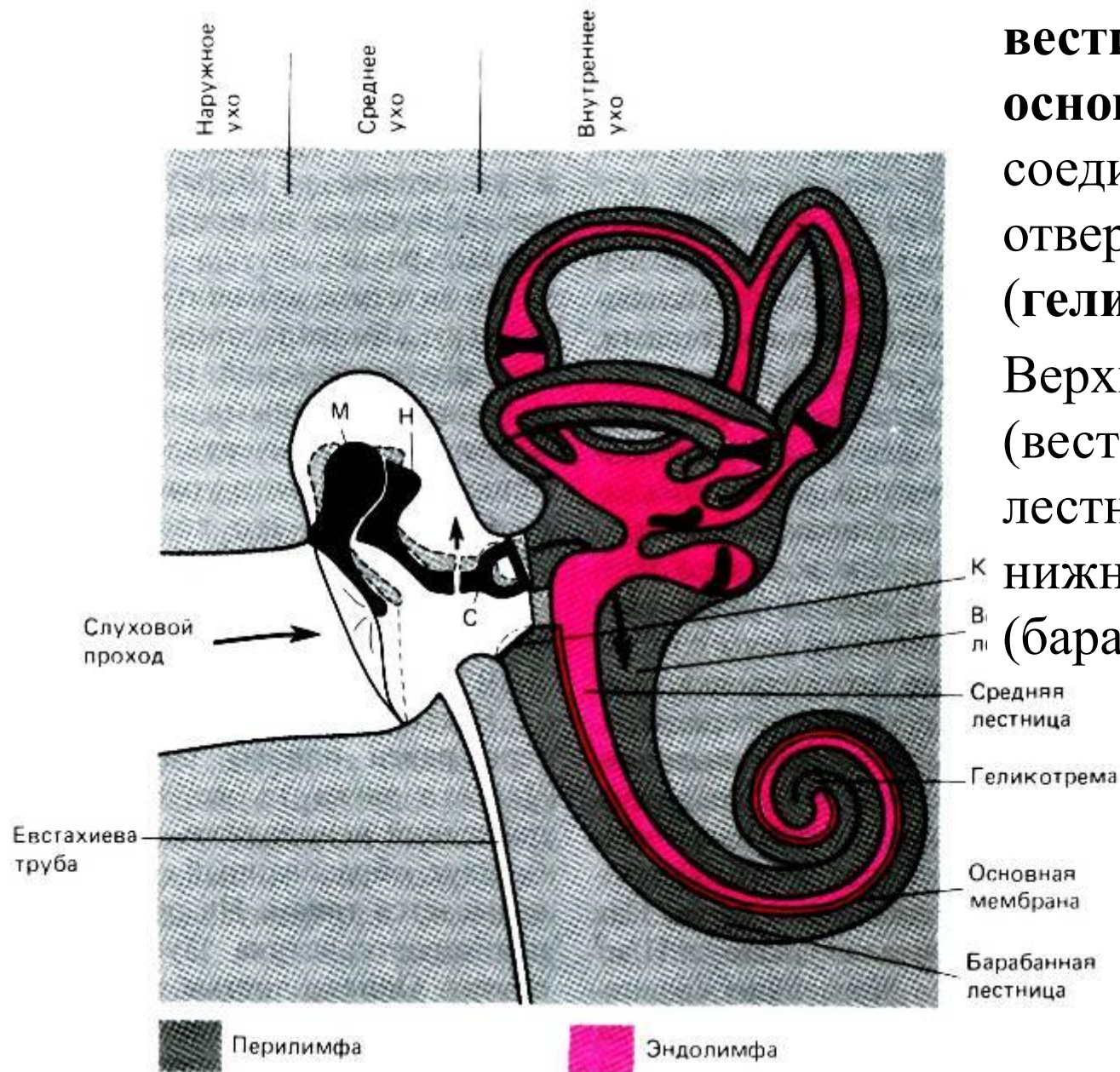
Костный канал на всем протяжении разделен 2-мя мембранами:

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

Структура улитки

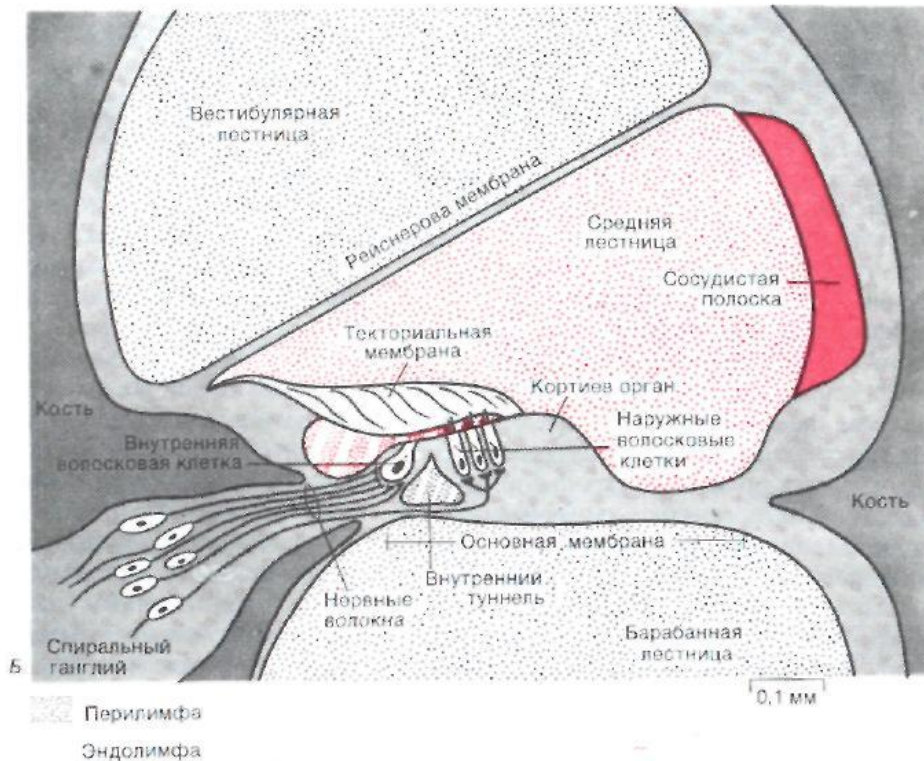
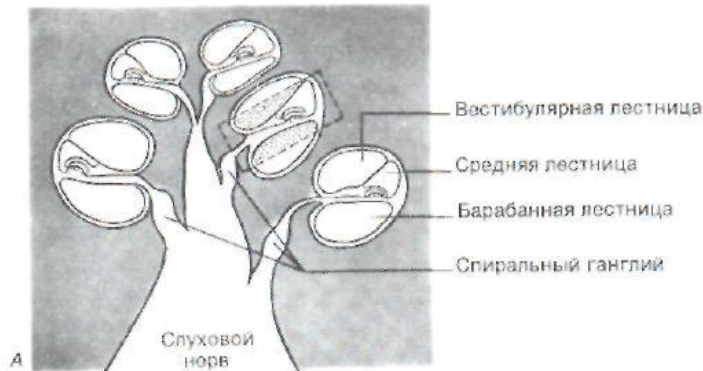


1. **верхний канал**
— **вестибулярный**,
начинается от
овального окна.
2. **нижний** —
барабанный,
заканчивается
круглым окном.
3. **средний канал**
— **улитковый**.



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

Структура улитки

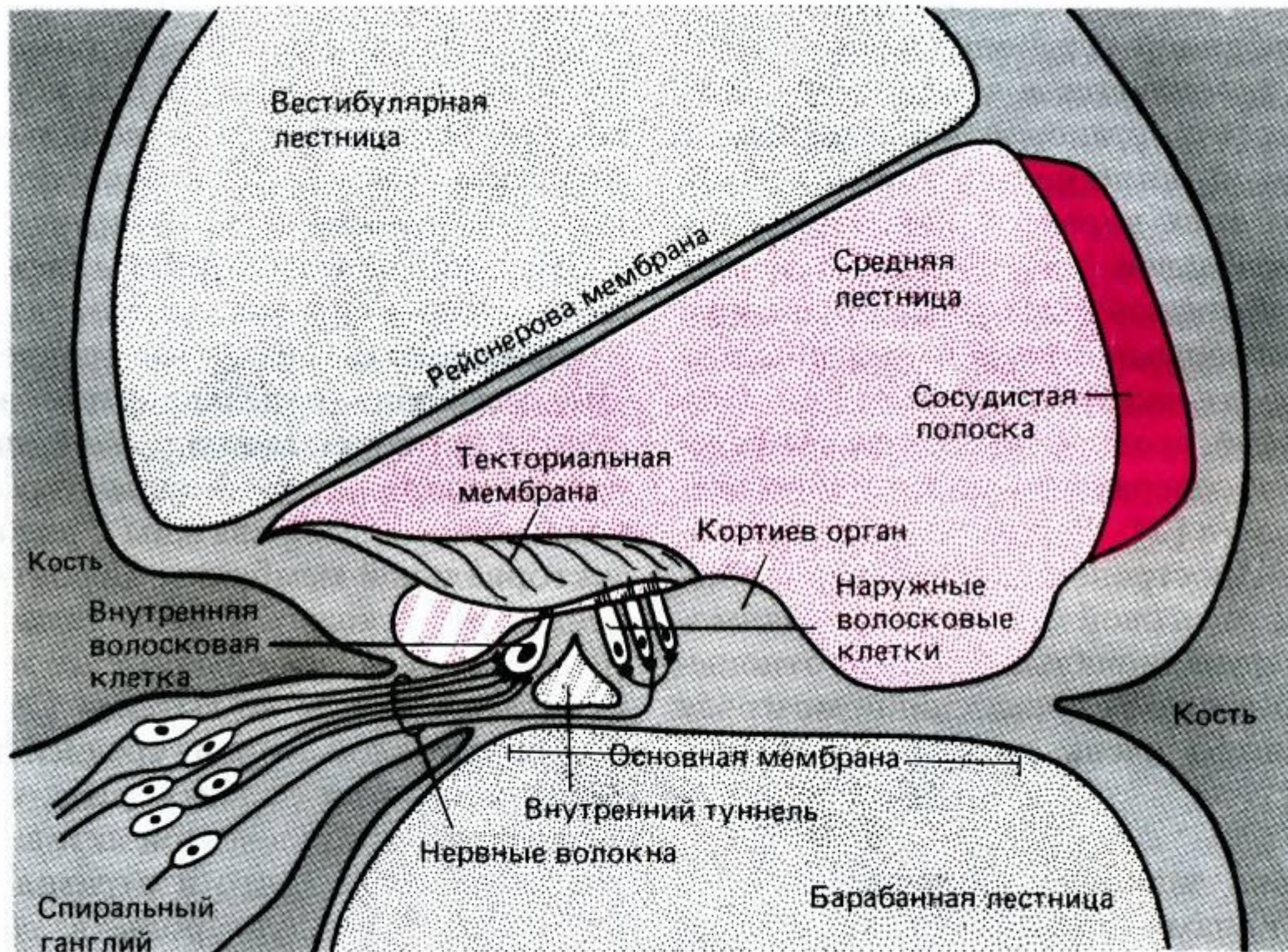


Вестибулярный и барабанный ходы заполнены жидкостью – *перилимфой*.

Средний (улитковый) канал содержит *эндолимфу*.

На основной мембране расположен **Кортиев орган** с чувствительными **волосковыми клетками** (внутренними и наружными).

Волоски этих рецепторных клеток соприкасаются с *покровной* или *текториальной* мембраной.



Перилимфа

Эндолимфа

0,1 мм

Схема внутреннего уха в разрезе. Важнейшие элементы одного из витков спирали улитки.

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 имеют удлинённую форму. Один её полюс фиксирован на основной мембране, второй находится в полости улиткового канала. На его конце есть **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 в мембране волосков и происходит движение ионов K^+ внутрь волосков, которое приводит к образованию **потенциала волосковой клетки**.

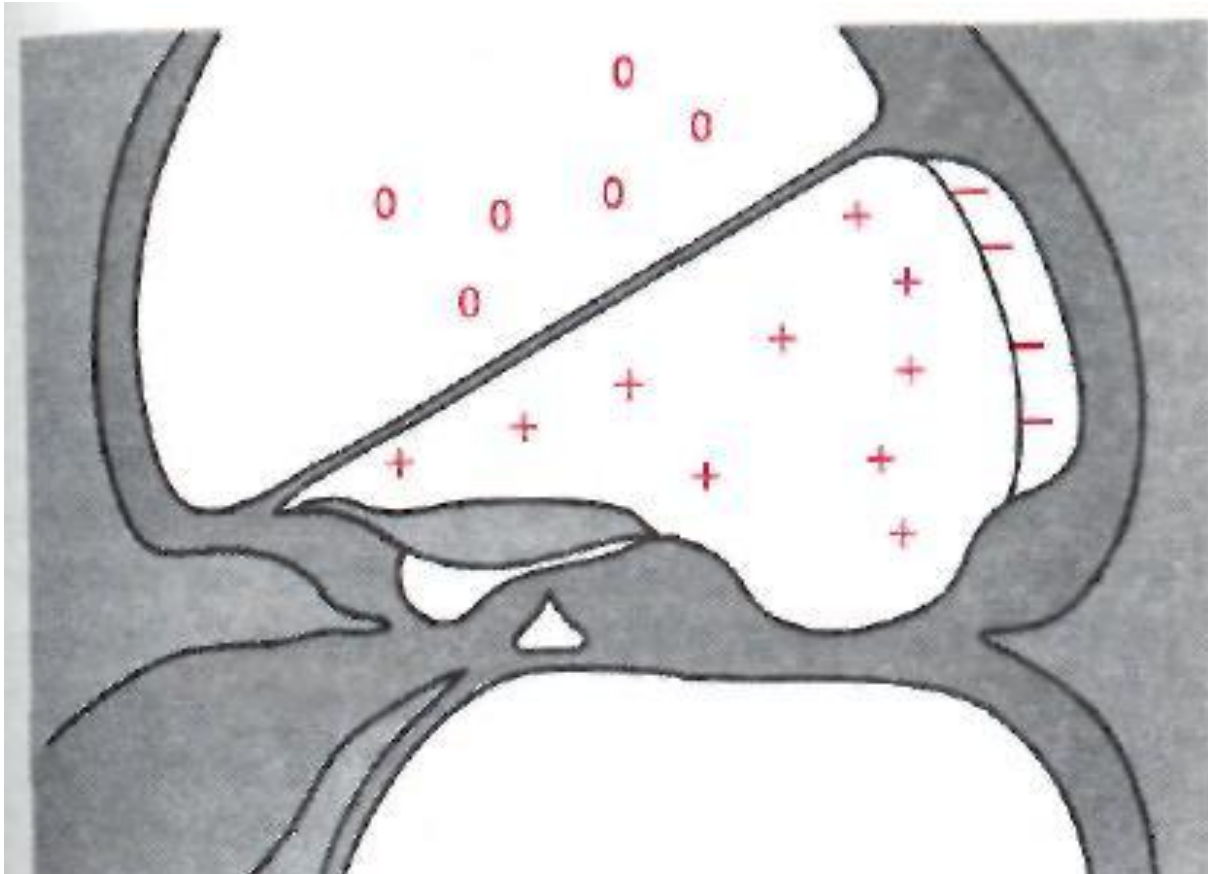
Электрические явления в улитке

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.

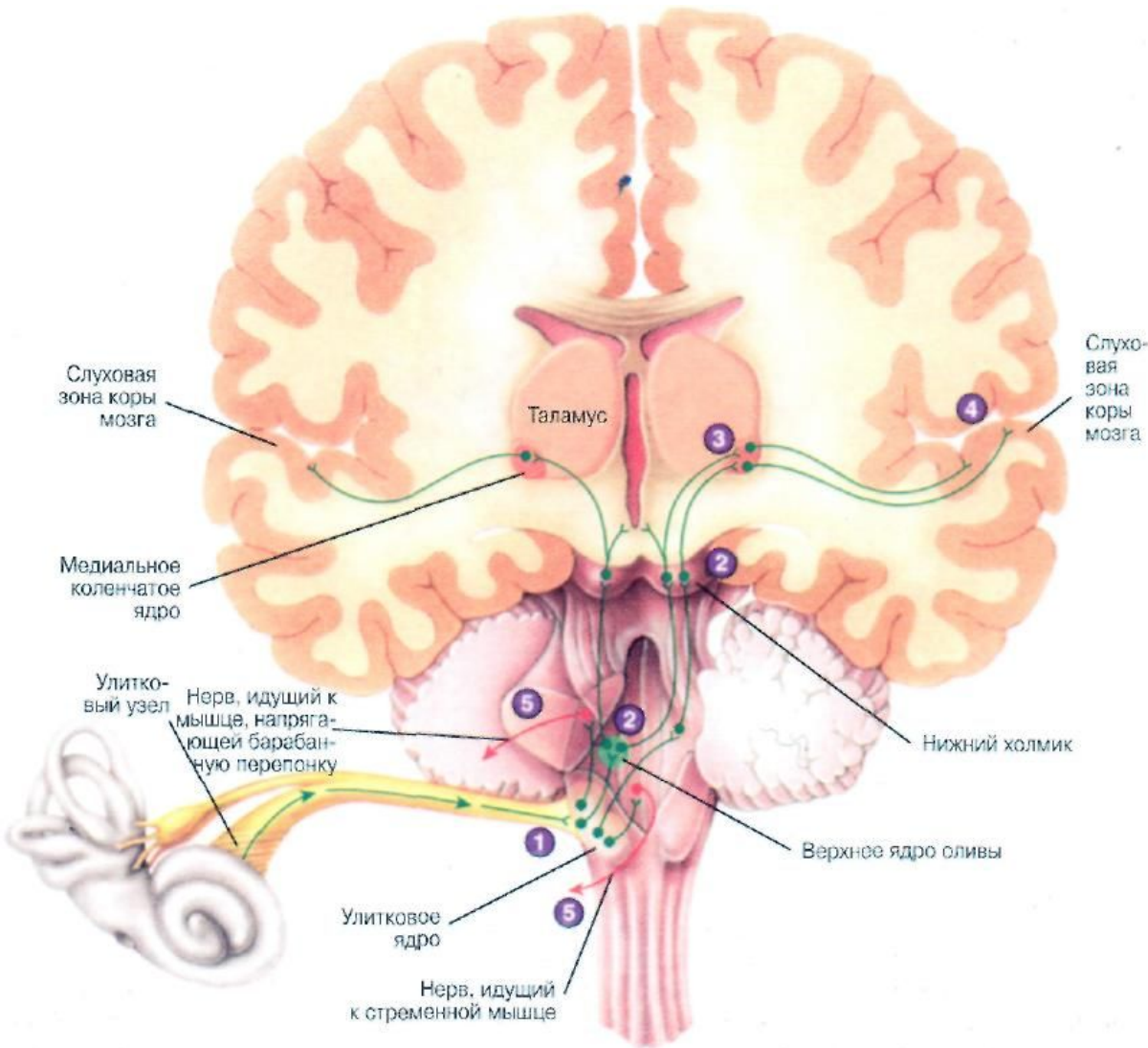
Слуховые пути и центры

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

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

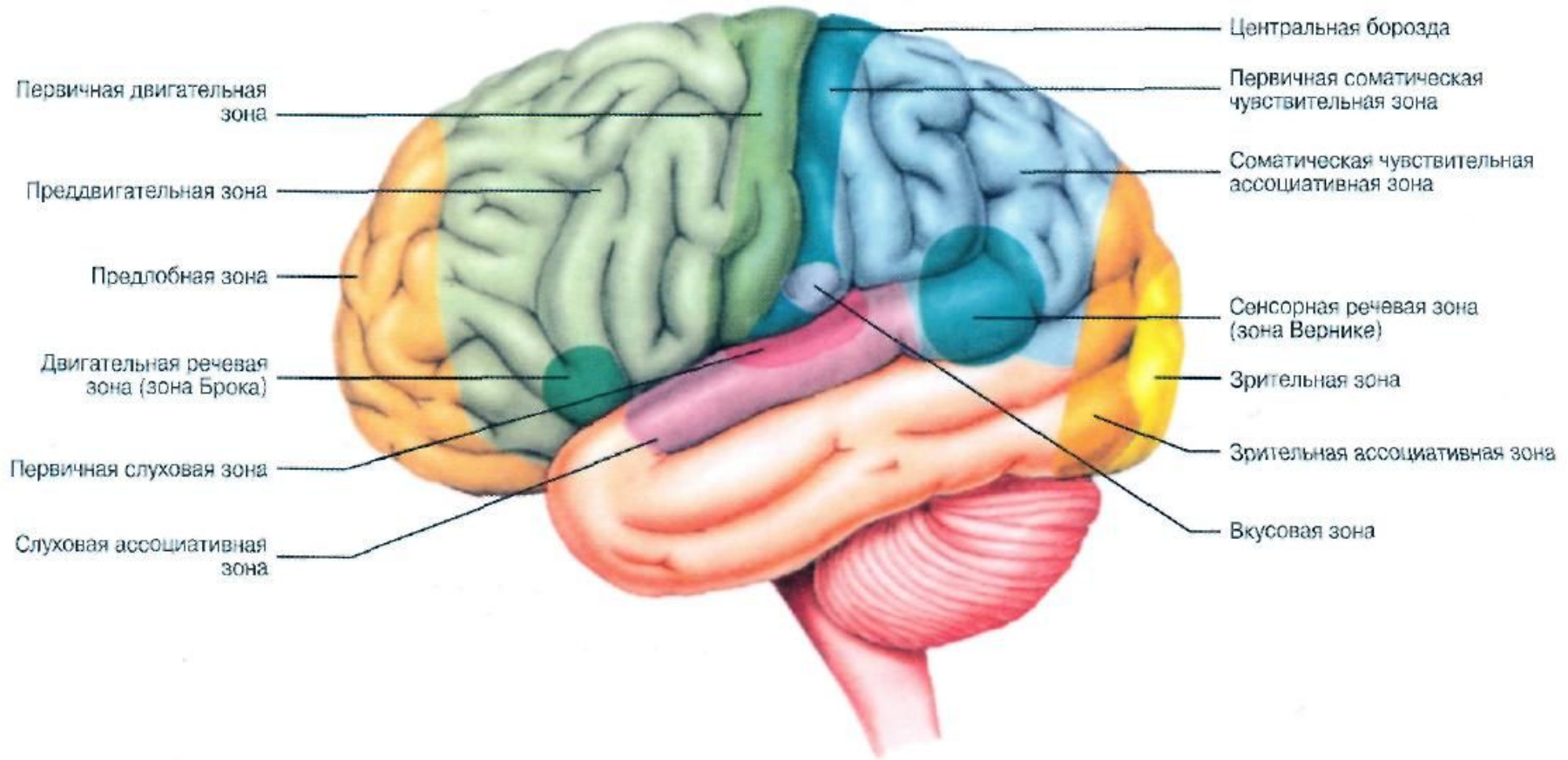
От таламуса возбуждение идет в слуховую кору, расположенную в **верхней извилине височной доли**.

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.

Есть 2 механизма кодирования **звуков разной частоты**: 1. пространственное; 2. временное.

Сила звука кодируется частотой импульсов и числом возбужденных нейронов.

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

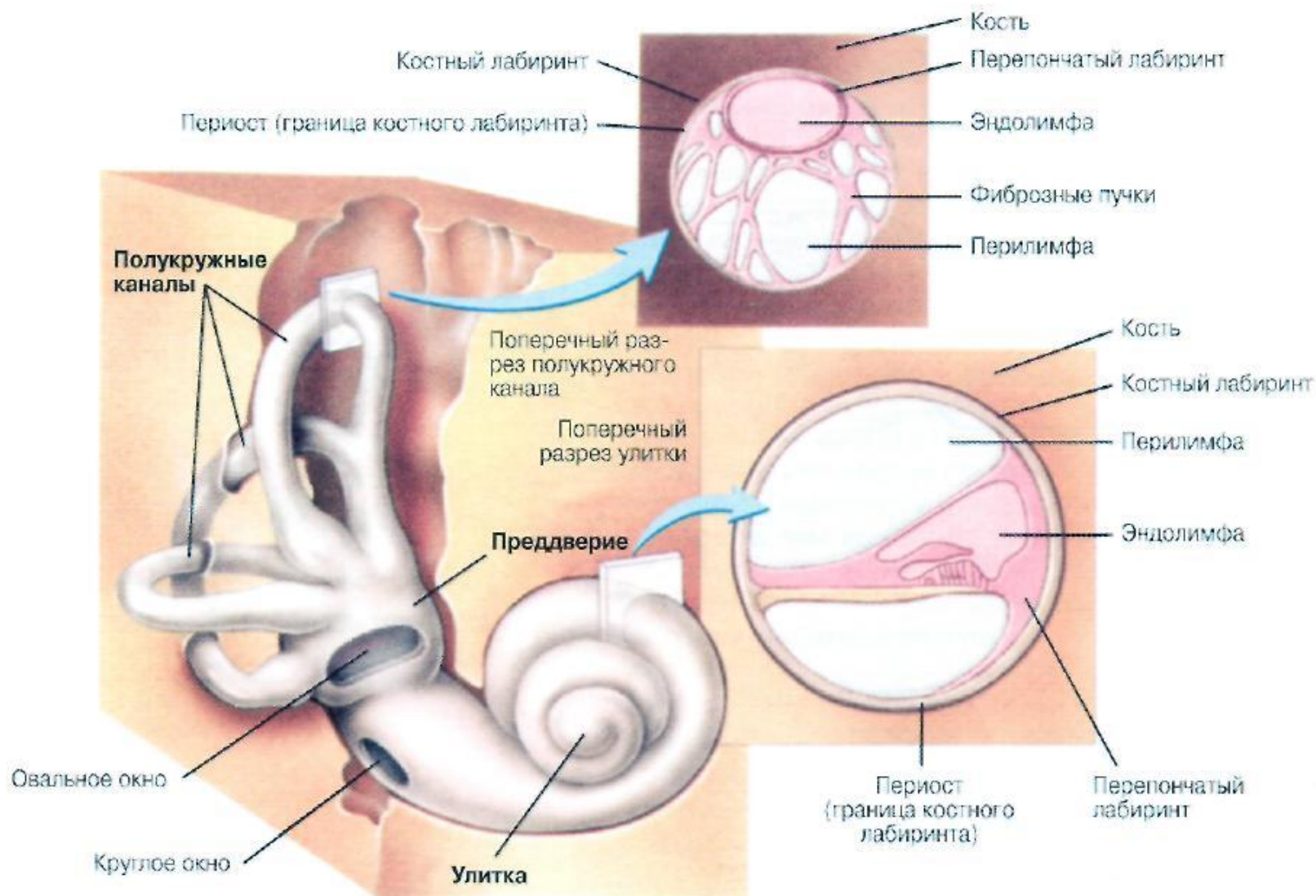
Представлен **вестибулярным аппаратом**, расположенным в **лабиринте височной кости**.

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 рефлексy (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).