Лекция № 14

Физиология слухового анализатора (слуховая сенсорная система)

План лекции

1. Структурно-функциональная характеристика слухового анализатора: наружное ухо, среднее ухо, внутреннее ухо.
2. Отделы слухового анализатора: периферический, проводниковый, корковый.
3. Механизмы восприятия высоты, силы звука и локализации источника звука.
4. Структурно-функциональная характеристика вестибулярного анализатора:
   - Отолитовый аппарат, полукружные каналы
5. Роль вестибулярного анализатора в пространственной ориентации человека.

Слуховая сенсорная система – второй по значению дистантный анализатор человека, играет важную роль именно у человека в связи с возникновением членораздельной речи.

Функция слухового анализатора: превращение энергии звуковых волн в энергию нервного возбуждения и слуховое ощущение.

Как любой анализатор, слуховой анализатор состоит из периферического, проводникового и коркового отделов.

ЗВУК

- ЭТО КОЛЕБАНИЯ МОЛЕКУЛ УПРУГОЙ СРЕДЫ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИЕСЯ В НЕЙ В ВИДЕ ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ
- СКОРОСТЬ – **340 м/с**
- ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ – АМПЛИТУДА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ «УПАКОВКИ» КОЛЕБЛЮЩИХСЯ МОЛЕКУЛ

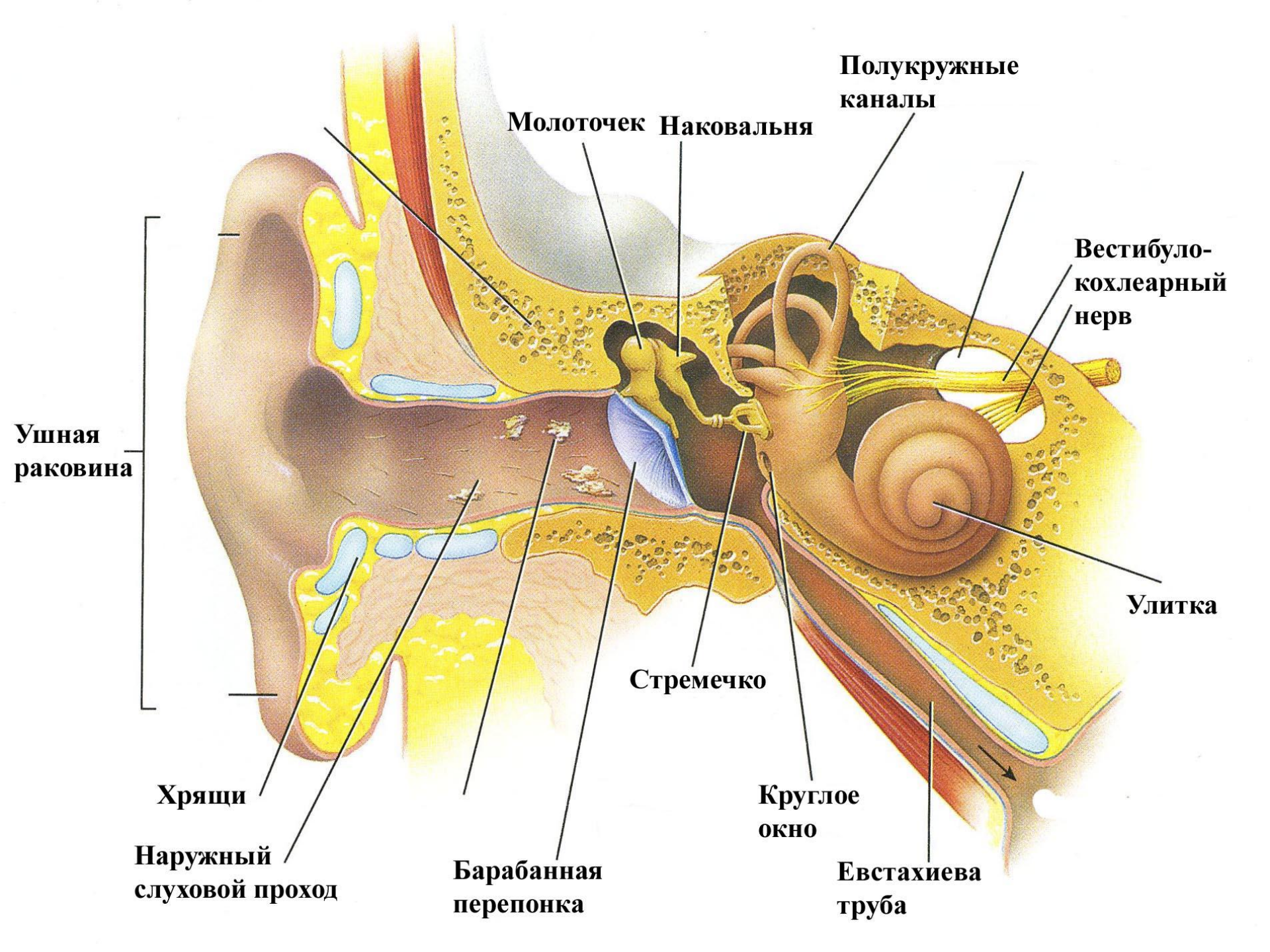
ПЕРИФЕРИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Включает в себя:

- наружное ухо (звукоулавливающий аппарат);
- среднее ухо (звукопроводящий аппарат);
- внутреннее ухо (звуковоспринимающий аппарат).

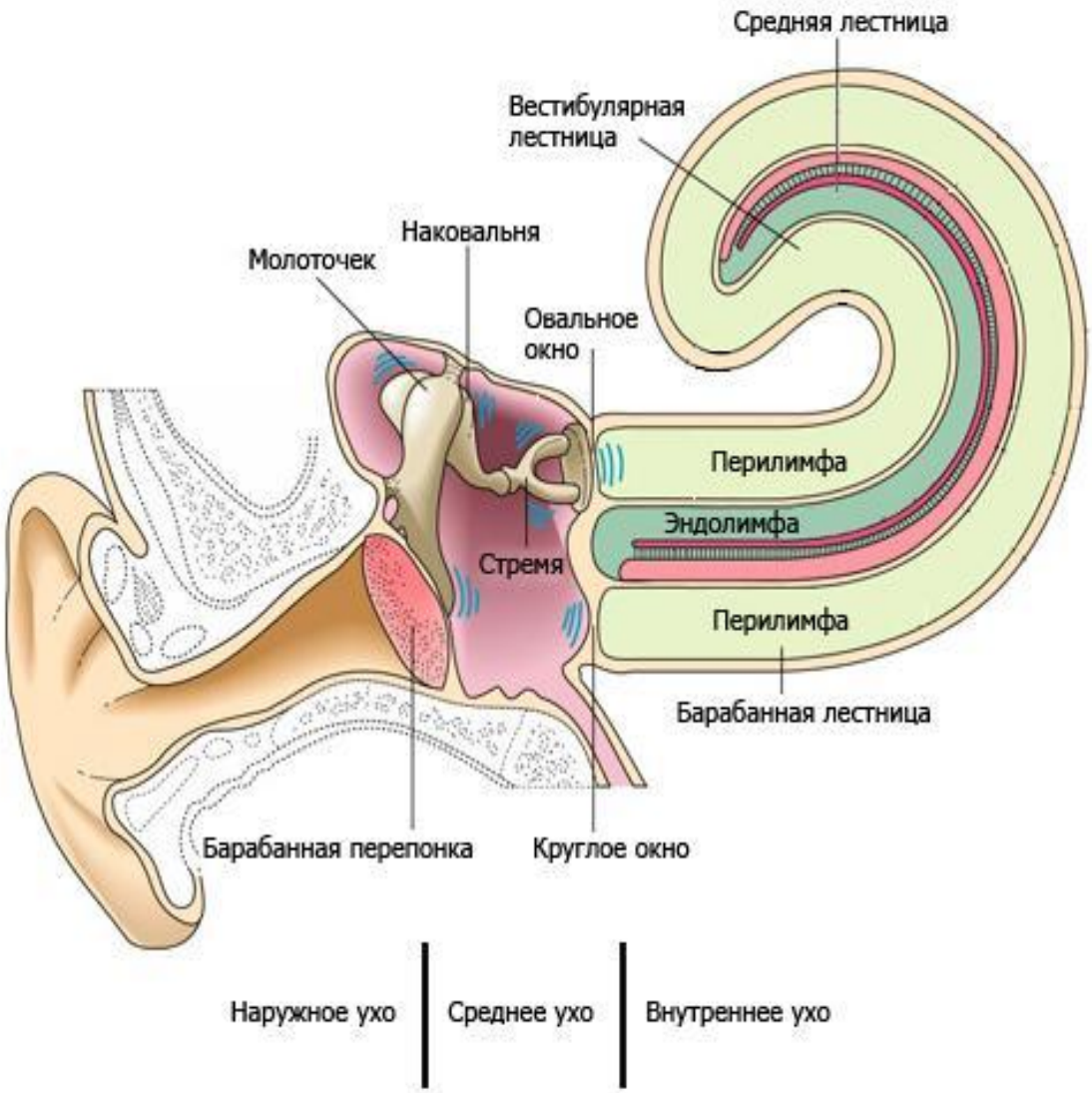
Превращает энергию звуковых волн в энергию нервного возбуждения – рецепторный потенциал (РП).

Составляющие этого отдела объединяются в понятие **орган слуха**.


Полукружные каналы
Молоточек
Наковальня
Вестибуло-кохлеарный нерв
Ушная раковина
Улитка
Стремечко
Хрящи
Круглое окно
Наружный слуховой проход
Барабанная перепонка
Евстахиева труба

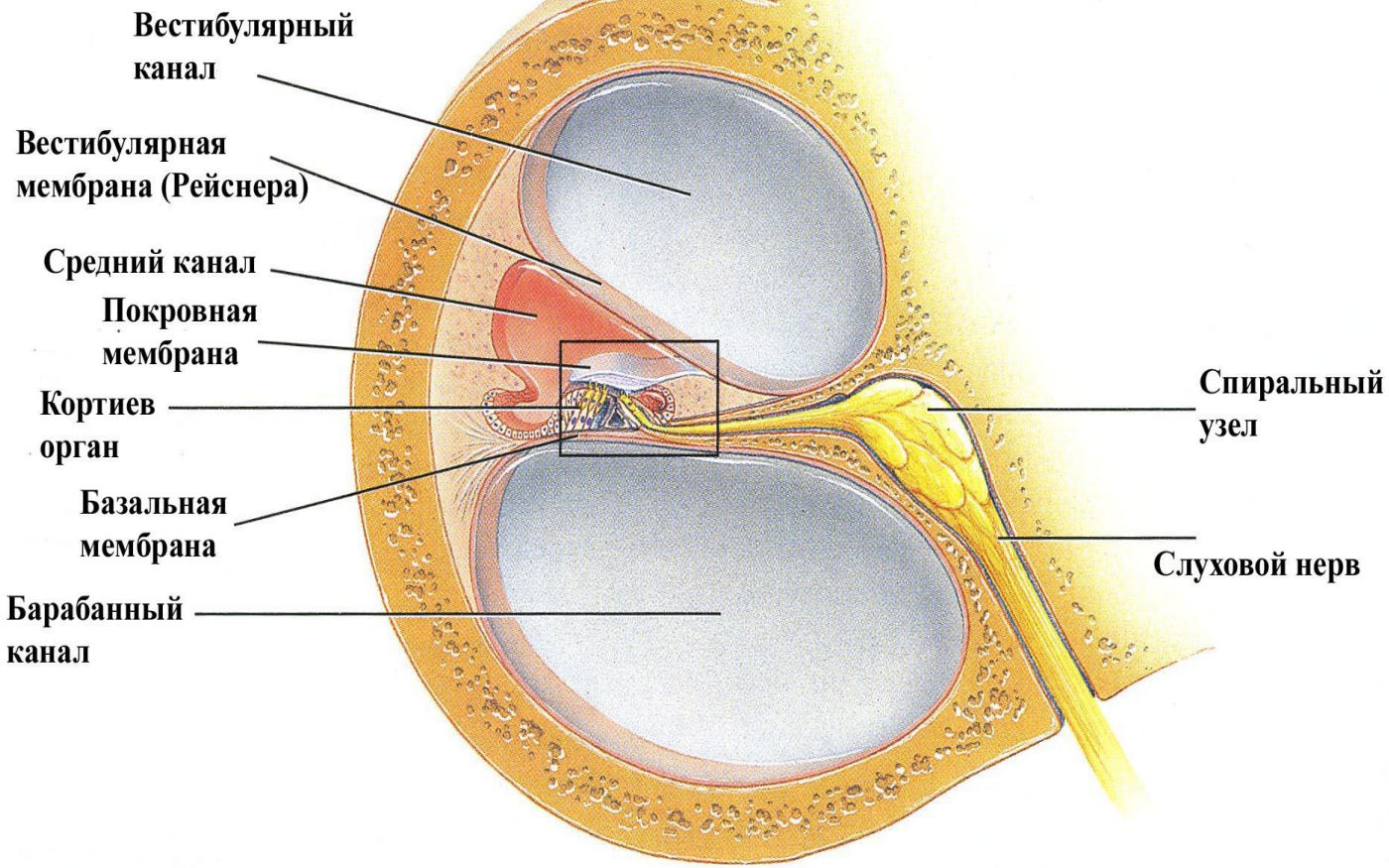
Функции отделов органа слуха

- **Наружное ухо**:
- звукоулавливающая (ушная раковина) и направляющая звуковую волну в наружный слуховой проход;
- проведение звуковой волны через слуховой проход к барабанной перепонке;
- механическая защита и защита от температурных воздействий окружающей среды всех остальных отделов органа слуха.
- **Среднее ухо** (звукопроводящий отдел) – это барабанная полость с 3-мя слуховыми косточками: молоточек, наковальня и стремечко.



Среднее ухо усиливает звук примерно в 60-70 раз, а если учитывать усиливающий эффект наружного уха, то эта величина возрастает в 180-200 раз.

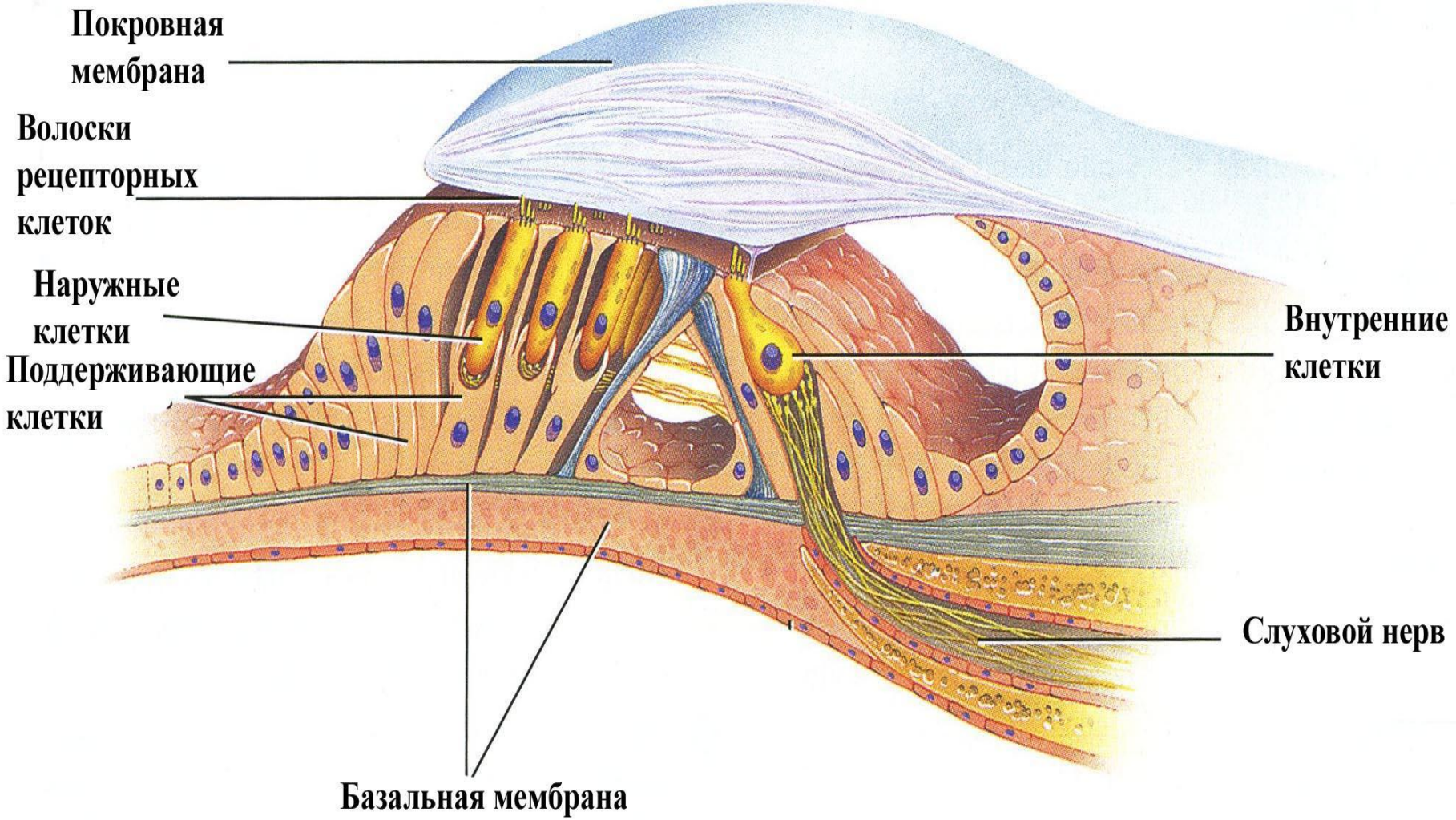
Внутреннее ухо: представлено улиткой – спирально закрученным костным каналом (2,5 завитка у человека). Этот канал разделен по всей его длине на три узкие части (лестницы) двумя мембранами: основной мембраной и вестибулярной мембраной (Рейснера).



Внутреннее ухо:

- На основной мембране расположен спиральный орган – **кортиев орган** – это собственно звуковоспринимающий аппарат с рецепторными клетками – это и есть периферический отдел слухового анализатора.
- Геликотрема (отверстие) соединяет верхний и нижний канал на вершине улитки. Средний канал является обособленным.
- Над кортиевым органом расположена текториальная мембрана, один конец которой закреплен, а другой остается свободным. Волоски наружных и внутренних волосковых клеток кортиевого органа соприкасаются с текториальной мембраной, что сопровождается их возбуждением, т.е. энергия звуковых колебаний трансформируется в энергию процесса возбуждения.

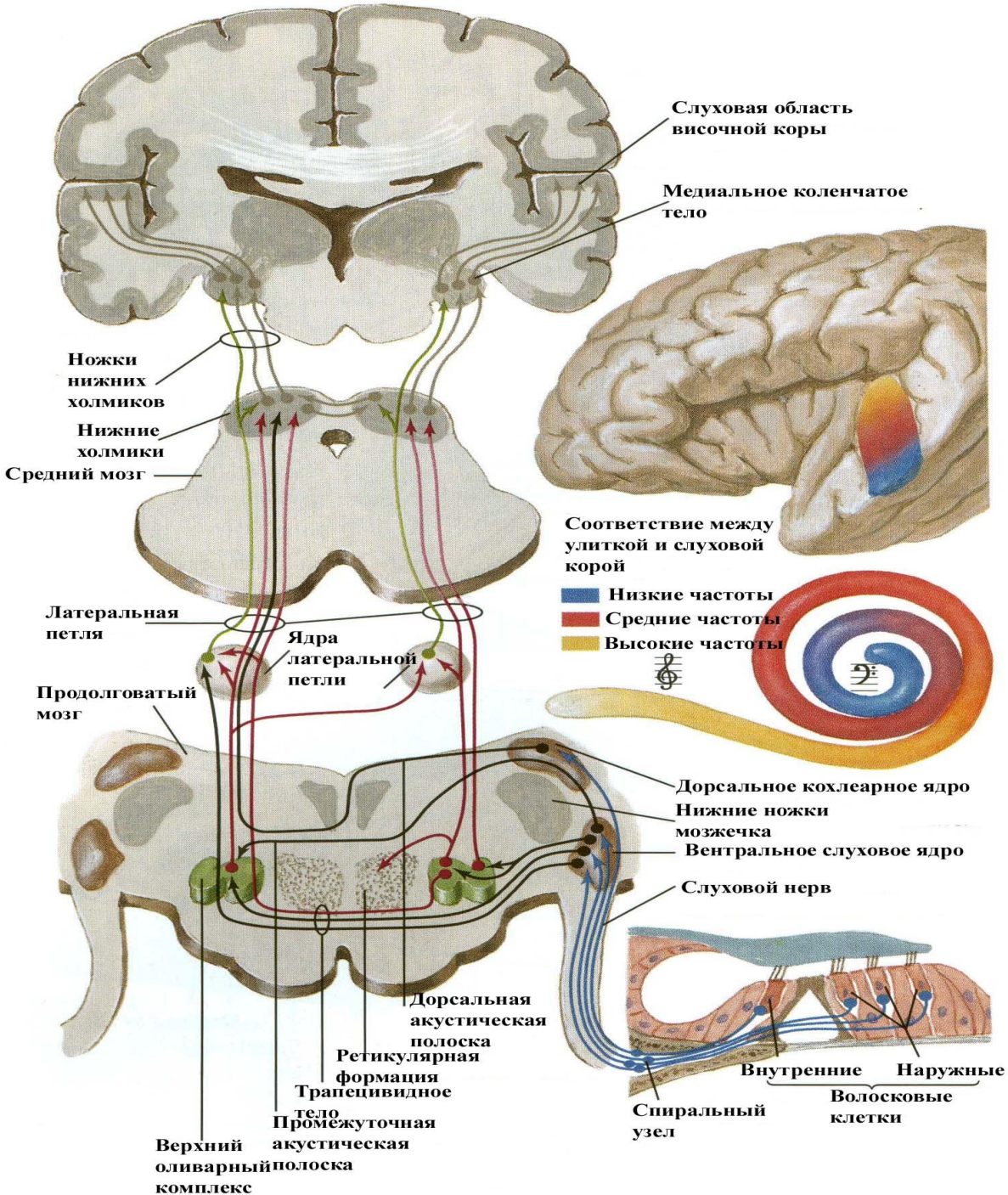
Строение кортиевого органа



ПРОВОДНИКОВЫЙ ОТДЕЛ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА

- Проводниковый отдел слухового анализатора представлен **слуховым нервом.** Он образован аксонами нейронов спирального ганглия (1-й нейрон проводящего пути). Дендриты этих нейронов иннервируют волосковые клетки кортиевого органа (афферентное звено), аксоны образуют волокна слухового нерва. Волокна слухового нерва заканчиваются на нейронах ядер кохлеарного тела (VIII пара ч.м.н.) (второй нейрон).
- После частичного перекреста, волокна слухового пути идут в медиальные коленчатые тела таламуса, где опять происходит переключение (третий нейрон). Отсюда возбуждение поступает в кору (височная доля, верхняя височная извилина, поперечные извилины Гешля) – это проекционная слуховая зона коры.

ТОПИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВОДНИКО-ВОГО ОТДЕЛА СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА



КОРКОВЫЙ ОТДЕЛ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА

- Представлен в височной доле коры больших полушарий – верхняя височная извилина, поперечные височные извилины Гешля. С этой проекционной зоны коры связаны корковые гностические слуховые зоны – зона сенсорной речи Вернике и праксическая зона – моторный центр речи Брока (нижняя лобная извилина).
- Содружественная деятельность трех зон коры обеспечивает развитие и функцию речи.

БЛОК-СХЕМА СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВЫХ ВОЛН, КОТОРЫЕ ВОСПРИНИМАЮТСЯ ОРГАНОМ СЛУХА

1. Частота и амплитуда звуковых волн, определяющие высоту звука.

- Человек различает звуковые волны с частотой **от 16 до 20 000 Гц** (это соответствует 10-11 октавам). Звуки, частота которых ниже 20 Гц (инфразвуки) и выше 20 000 Гц (ультразвуки) человеком не ощущаются!
- Звук, который состоит из синусоидальных или гармонических колебаний, называют **тоном** (большая частота – высокий тон, малая частота – низкий тон). Звук, состоящий из не связанных между собой частот, называют **шумом**.

2. Сила или интенсивность звука.

- Сила звука (его интенсивность) совместно с частотой (тоном звука) воспринимается как **громкость.** Единица измерения громкости – бел = $\lg I/I_o$, однако в практике чаще используют децибел (dB) (0,1 бела). Децибел – это 0,1 десятичного логарифма отношения интенсивности звука к пороговой его интенсивности: $dB = 0{,}1 \lg I/I_o$. Максимальный уровень громкости, когда звук вызывает болевые ощущения, равен 130-140 дБ.
- Чувствительность слухового анализатора определяется минимальной силой звука, вызывающей слуховые ощущения.

Слуховое поле

МЕХАНИЗМ ВОСПРИЯТИЯ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВ

Основные электрические явления в улитке

Потенциалы, необусловленные действием звука:

- **Мембранный потенциал слуховой рецепторной клетки**
- **Потенциал эндолимфы**

Следующие три потенциала связаны с действием звука на слуховой анализатор:

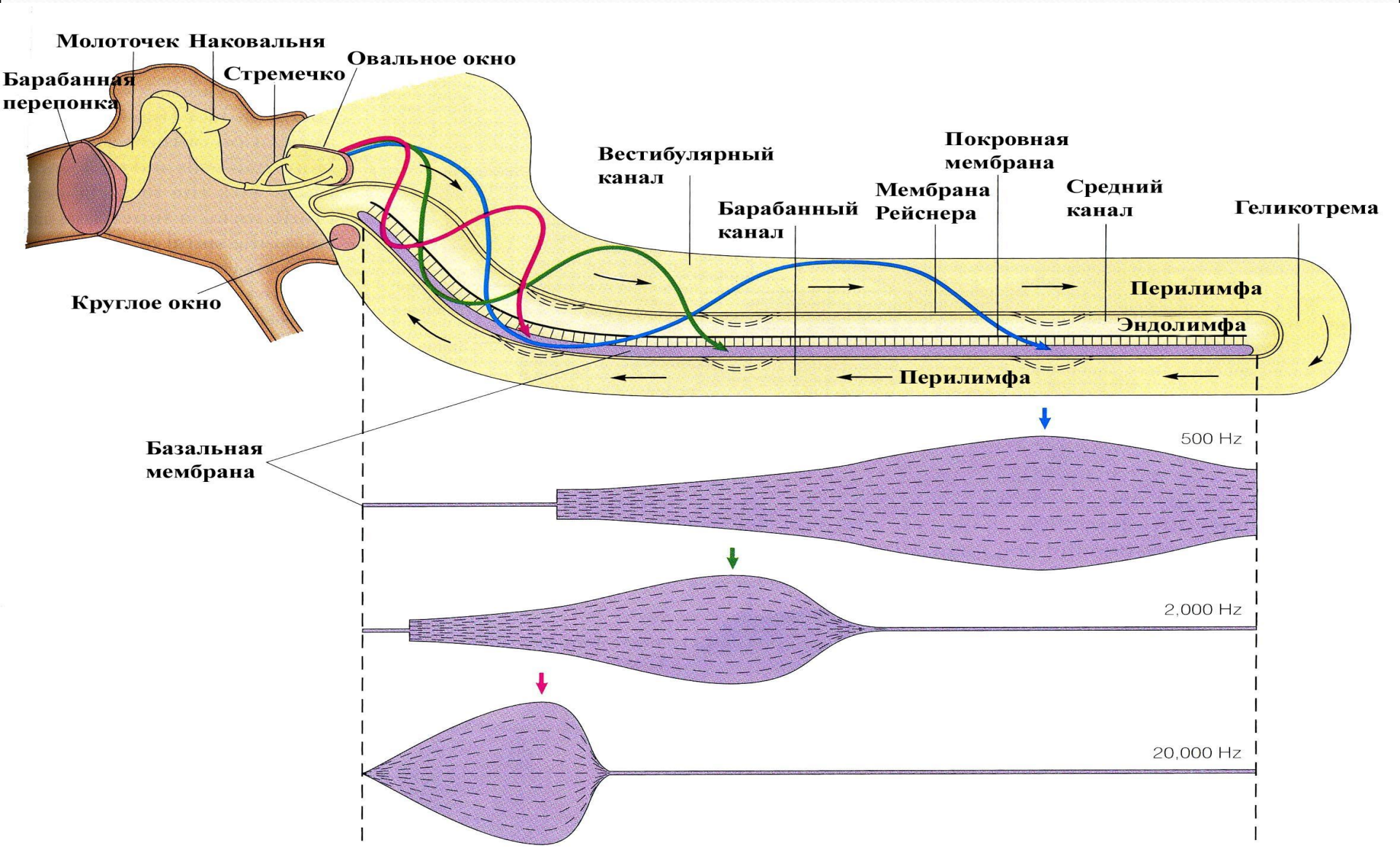
- **Микрофонный потенциал улитки**
- **Суммационный потенциал**

  (Микрофонный потенциал и суммационный потенциал являются рецепторным потенциалом (РП) фонорецепторов улитки!)
- **ПД слухового нерва**

ТЕОРИИ ВОСПРИЯТИЯ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВ

- Рецепторная теория Гельмгольца
- Телефонная теория Резерфорда
- Современная теория звуковосприятия - теория места

АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВ (теория места)



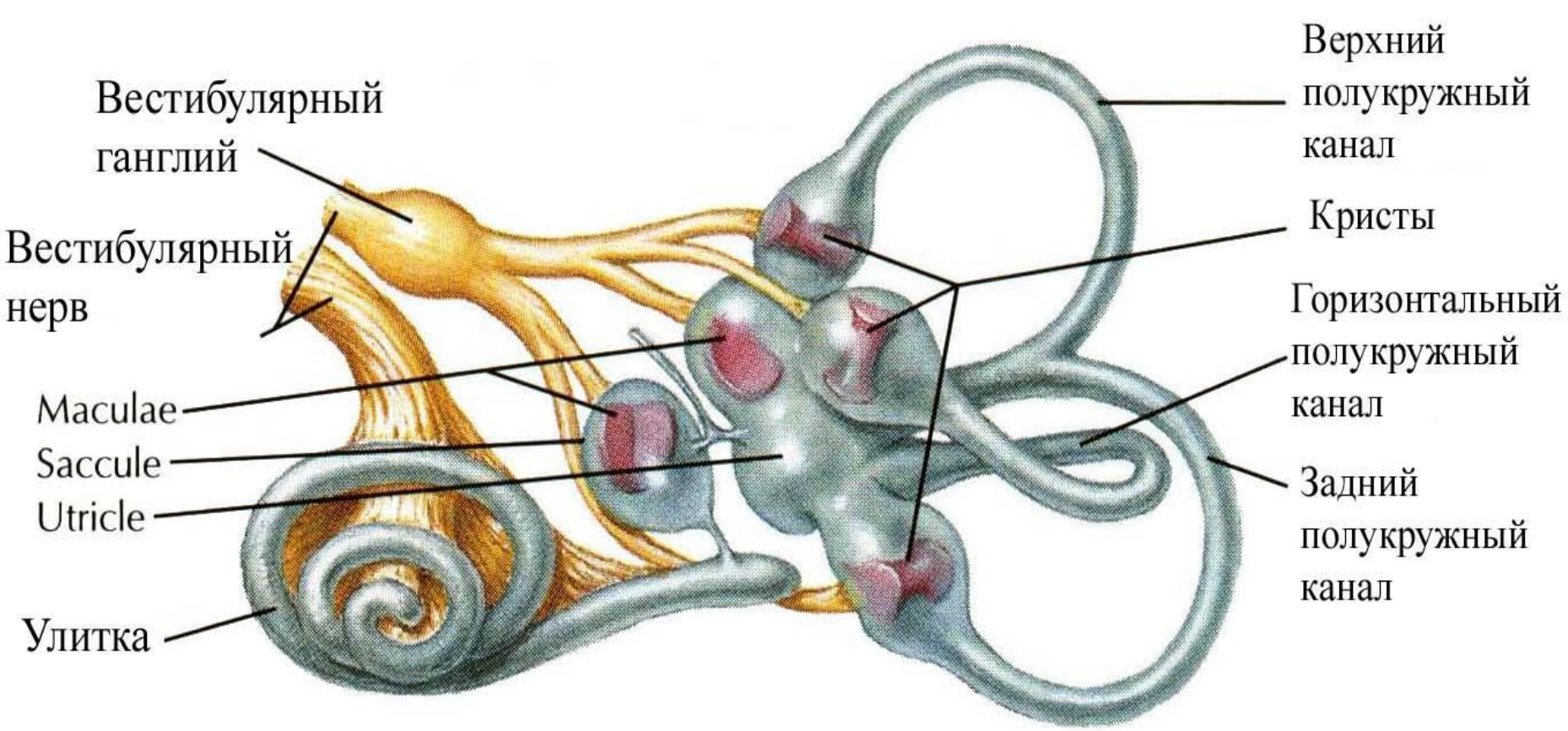
МЕХАНИЗМ РАЗЛИЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКА

- ***Сила звука*** кодируется как ***частотой ПД, так и числом возбужденных рецепторов*** и соответствующих нейронов.
- Порог возбуждения внутренних волосковых клеток – выше, наружных волосковых клеток – ниже. Поэтому, в зависимости от силы звука, количество возбужденных рецепторов разное, соотношение возбужденных и невозбужденных рецепторов тоже разное. Это создает определенный «рисунок» ПД в нервных волокнах слухового нерва. Нейроны коркового отдела также обладают разной возбудимостью: при слабых звуковых сигналах возбуждается небольшое число более возбудимых нейронов. При усилении звука в возбуждение вовлекается большее число нейронов и с меньшей возбудимостью.

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР

- Анализирует информацию об ускорениях или замедлениях, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения тела, а также при изменении положения головы в пространстве.
- Импульсы от вестибулорецепторов вызывают перераспределение тонуса скелетной мускулатуры.
- Среди вестибулярных реакций на первом месте находятся статические и статокинетические реакции, обеспечивающие сохранение равновесия при изменении положения тела и его частей или при возникающих ускорениях во время перемещения тела в пространстве. В осуществлении этих реакций участвуют также и проприорецепторы мышц.

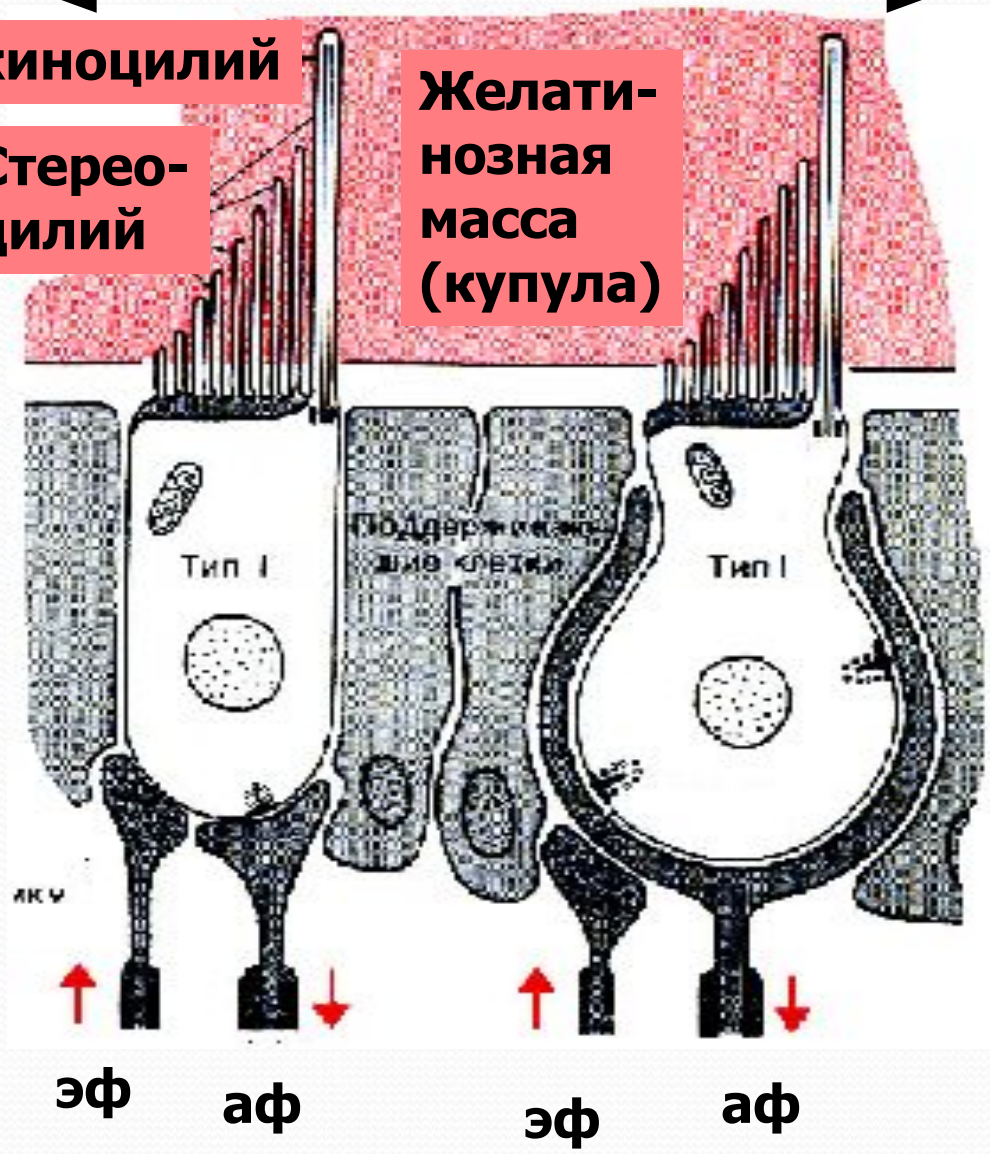
Вестибулярный лабиринт



Адекватные раздражители

- Для рецепторов отолитового аппарата – линейное ускорение
- Для рецепторов полукружных каналов – угловое ускорение (повороты головы)

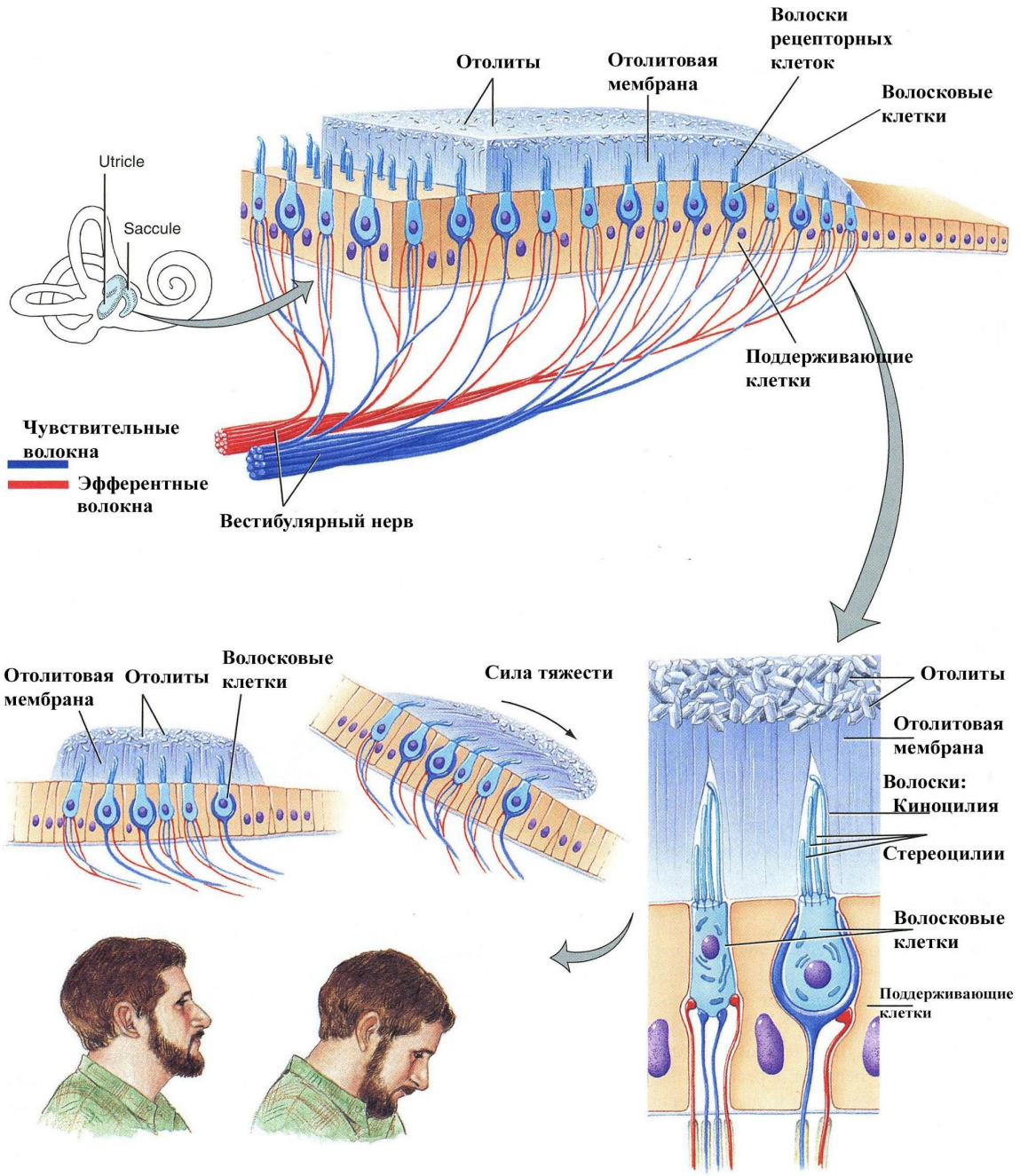
торможение возбуждение



Возбуждение – частота импульсов повышается

Торможение – снижается.

При наклоне пучка ресничек в сторону киноцилии – частота импульсации в афферентном волокне повышается, а при наклоне в противоположную сторону - снижается


Отолиты
Отолитовая мембрана
Волоски рецепторных клеток
Волосковые клетки
Utricle
Saccule
Поддерживающие клетки
Чувствительные волокна
Эфферентные волокна
Вестибулярный нерв
Отолитовая мембрана
Отолиты
Волосковые клетки
Сила тяжести
Отолиты
Отолитовая мембрана
Волоски:
Киноцилия
Стереоцилии
Волосковые клетки
Поддерживающие клетки

Спасибо за внимание!