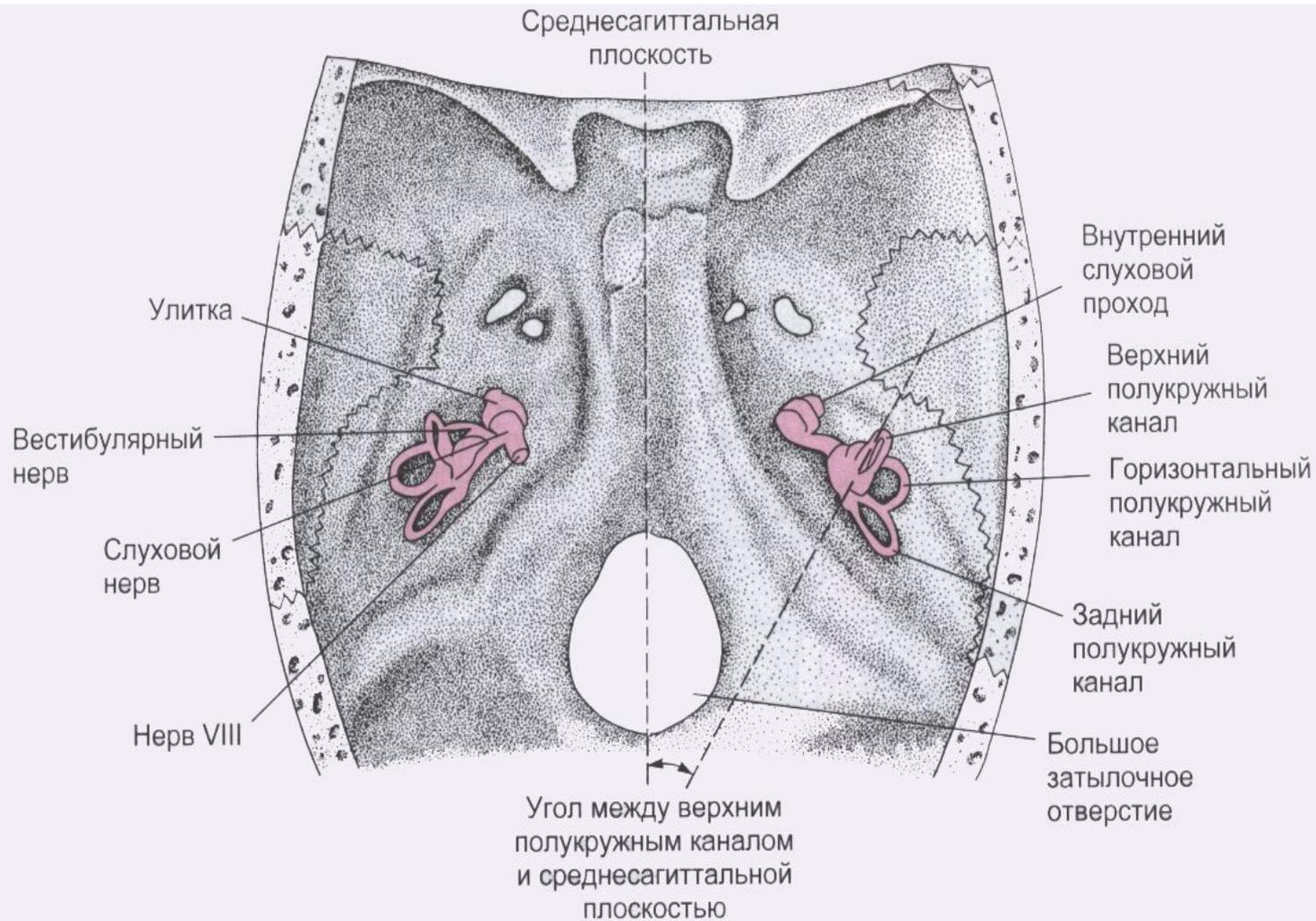
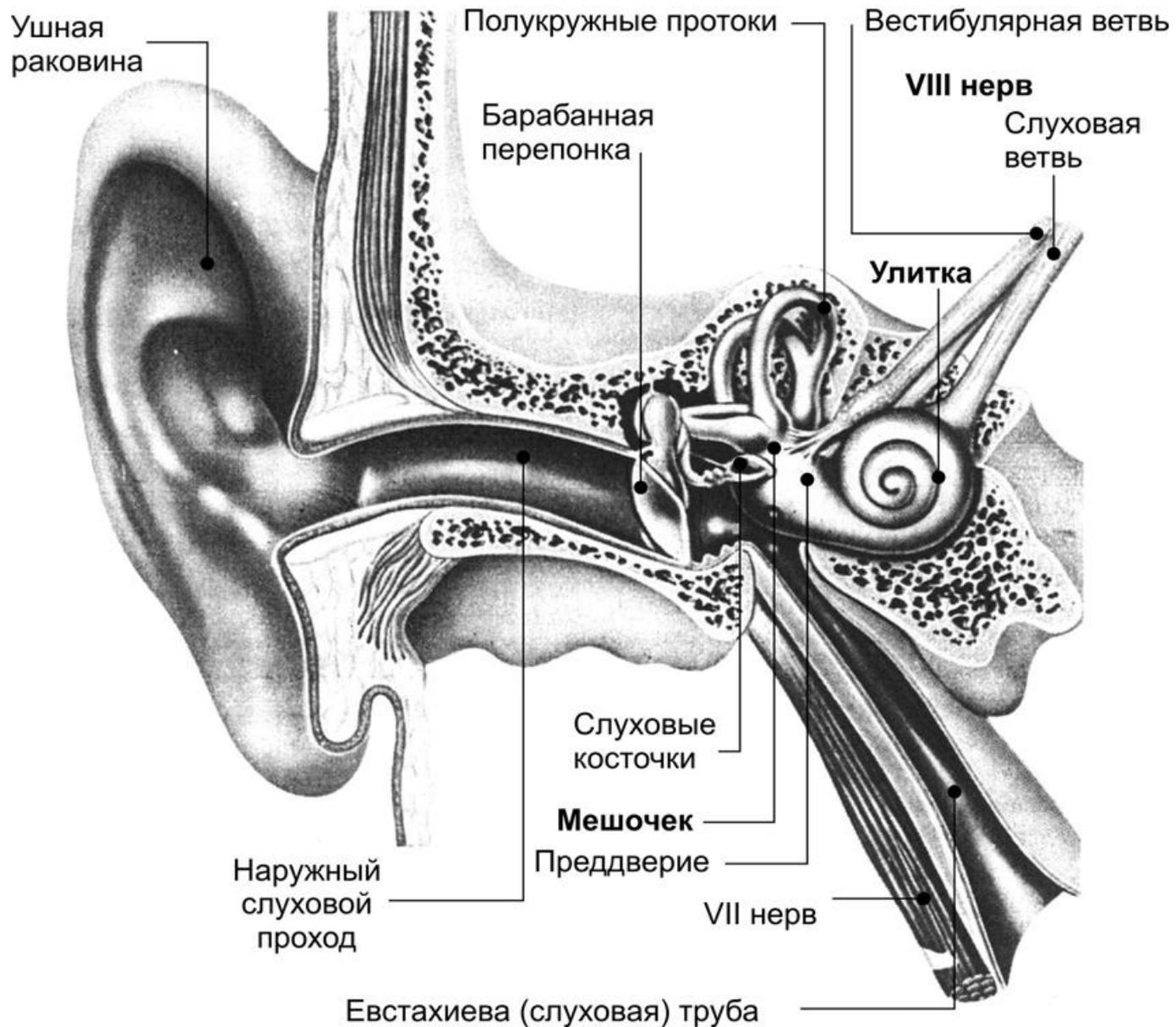


Слуховая сенсорная система

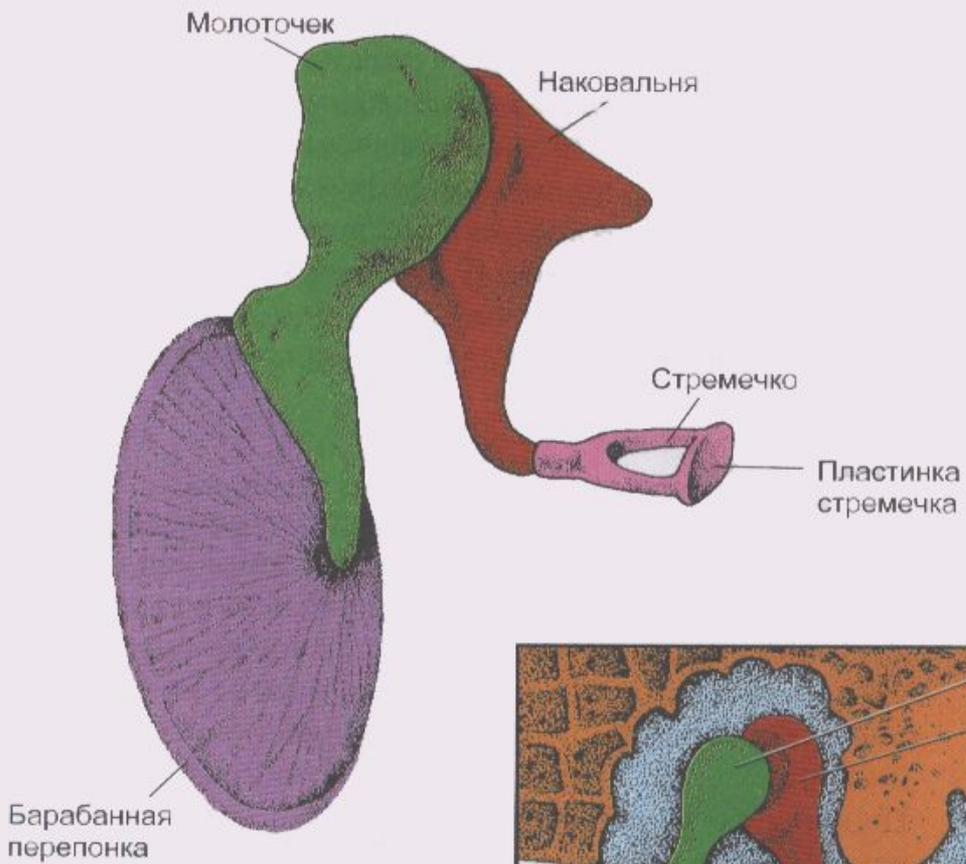
*Звукопроводящие и звукоулавливающие аппараты
слухового анализатора*



Вид сверху на основание черепа. Видна ориентация структур внутреннего уха. Обратите внимание на пары контралатеральных полукружных каналов, находящиеся в одной плоскости (по два горизонтальных, верхних (передних) и нижних (задних) канала)

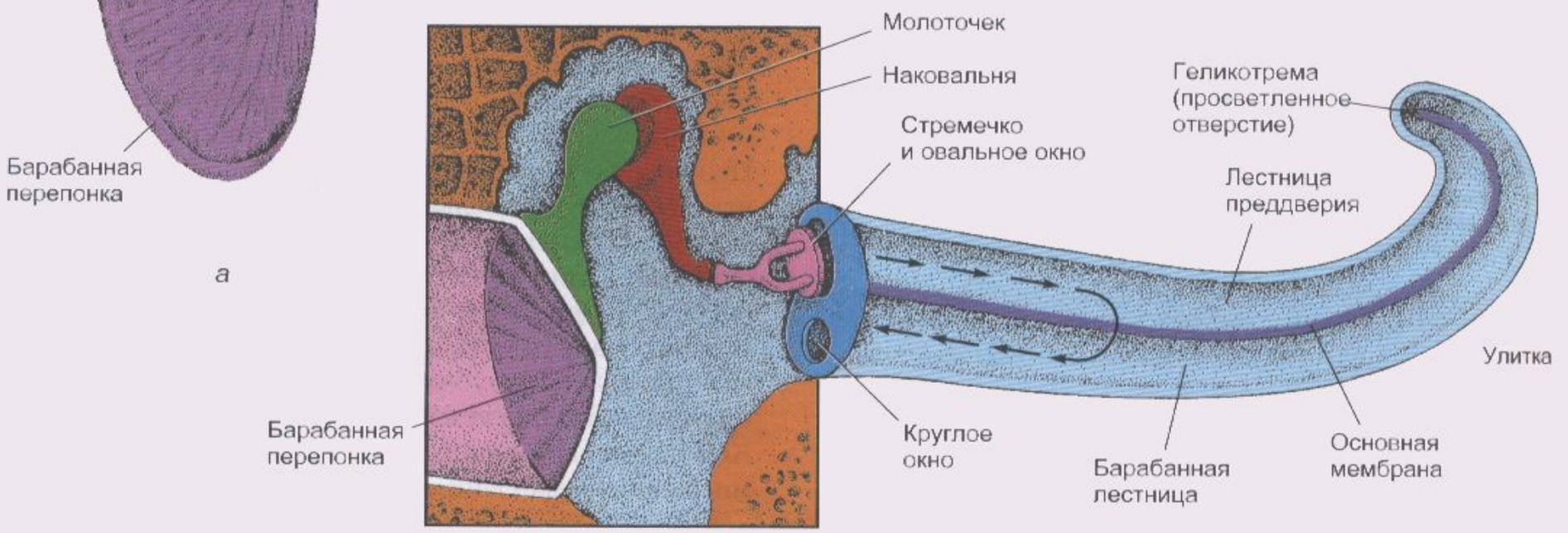


Органы слуха и равновесия. Наружное, среднее и внутреннее ухо, а также отходящие от рецепторных элементов органа слуха (кортиева орган) и равновесия (гребешки и пятна) слуховая и преддверная (вестибулярная) ветви преддверно–улиткового нерва (VIII пара черепных нервов).



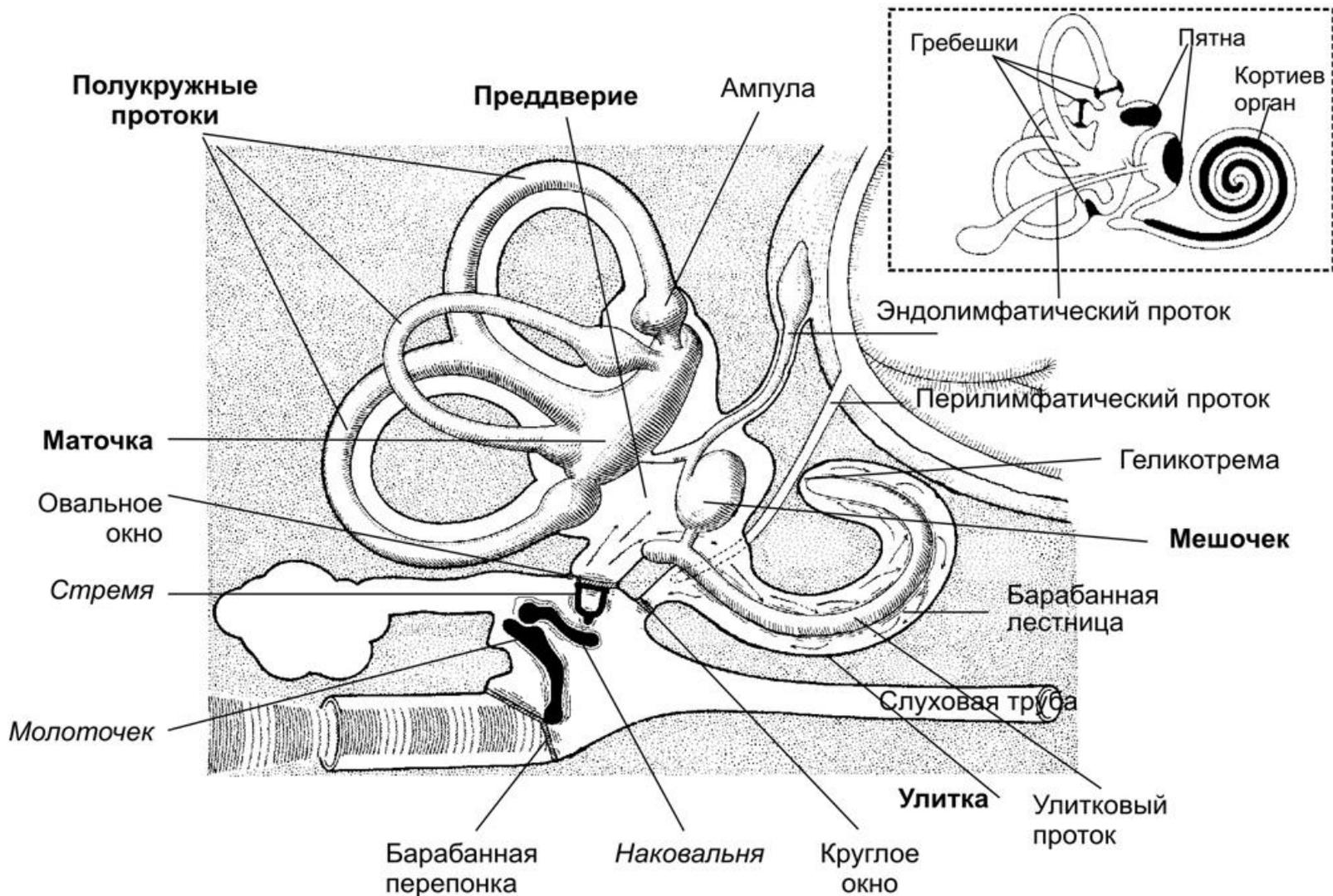
а

Схема барабанной перепонки и цепочки слуховых косточек
 (б) Схема поясняет, каким образом при смещении овальной пластинки стремени происходит движение жидкости в улитке и выгибается круглое окно

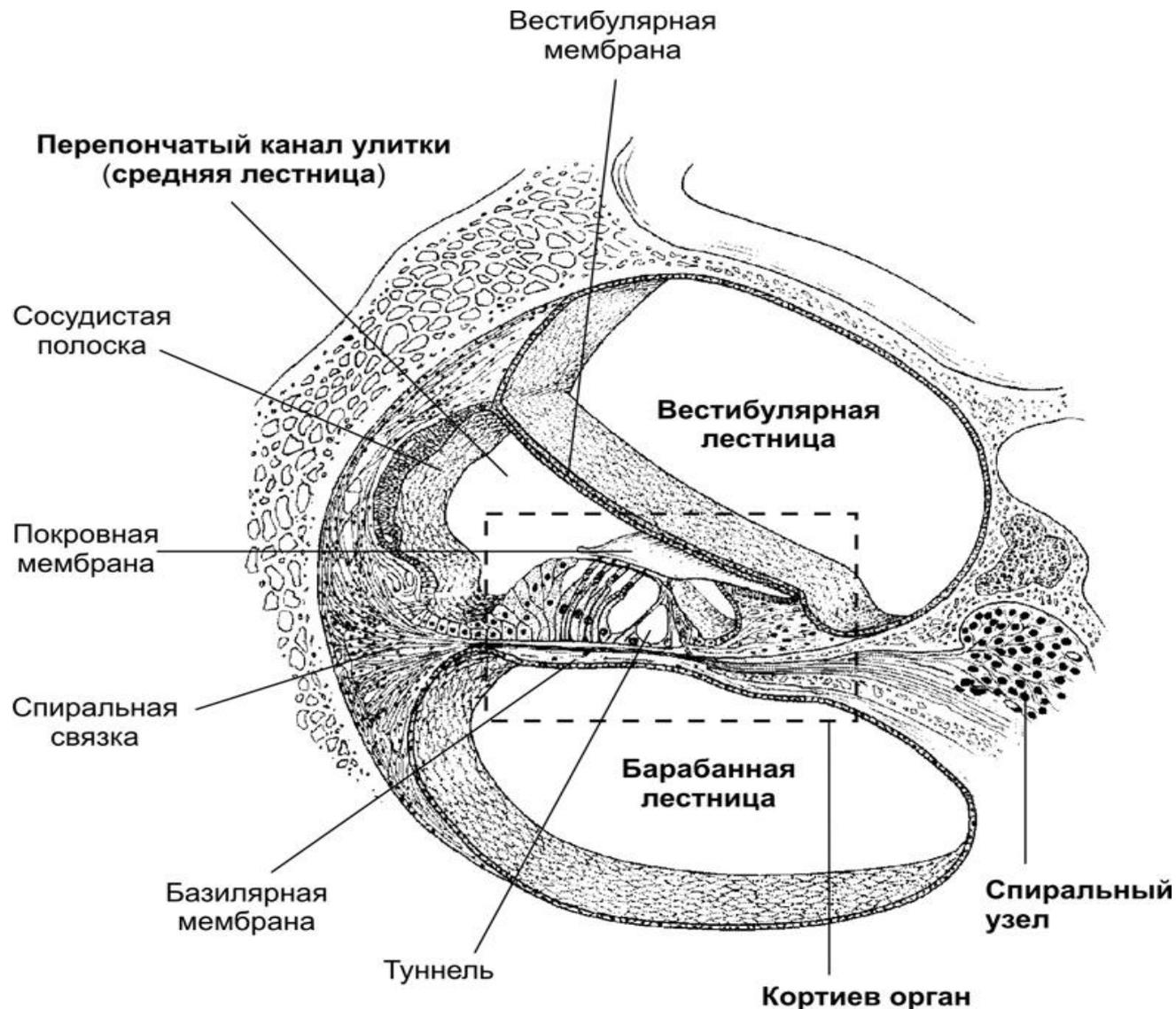


б

Рецепторный отдел слухового анализатора



Преддверно–улитковый орган и рецепторные области (справа вверху, зачернены) органов слуха и равновесия. Движение перилимфы от овального к круглому окну обозначены стрелками.



Перепончатый канал и спиральный (кортиев) орган.

Канал улитки разделён на барабанную и вестибулярную лестницы и перепончатый канал (средняя лестница), в котором расположен кортиев орган. Перепончатый канал отделён от барабанной лестницы базилярной мембраной. В её составе проходят периферические отростки нейронов спирального ганглия, образующие синаптические контакты с наружными и внутренними волосковыми клетками.

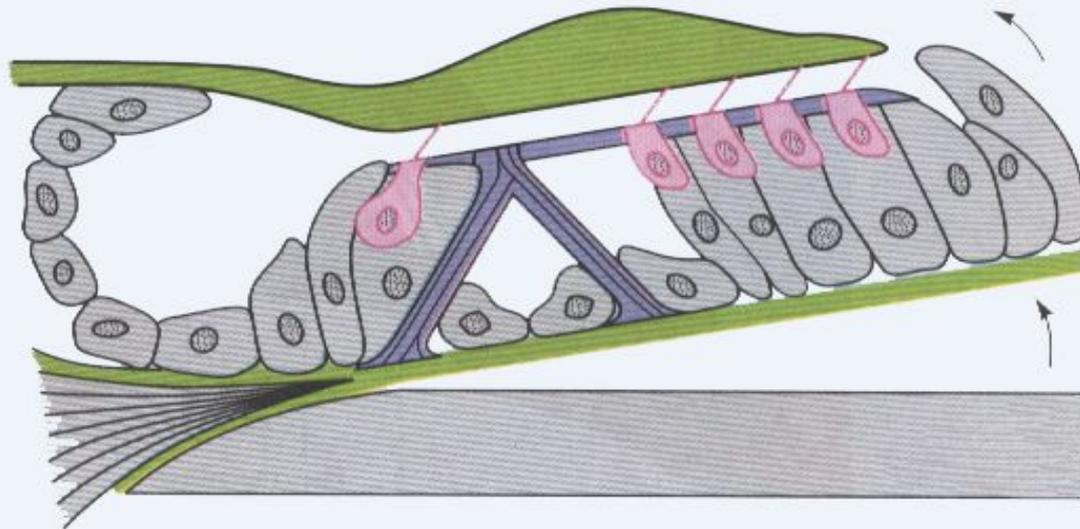
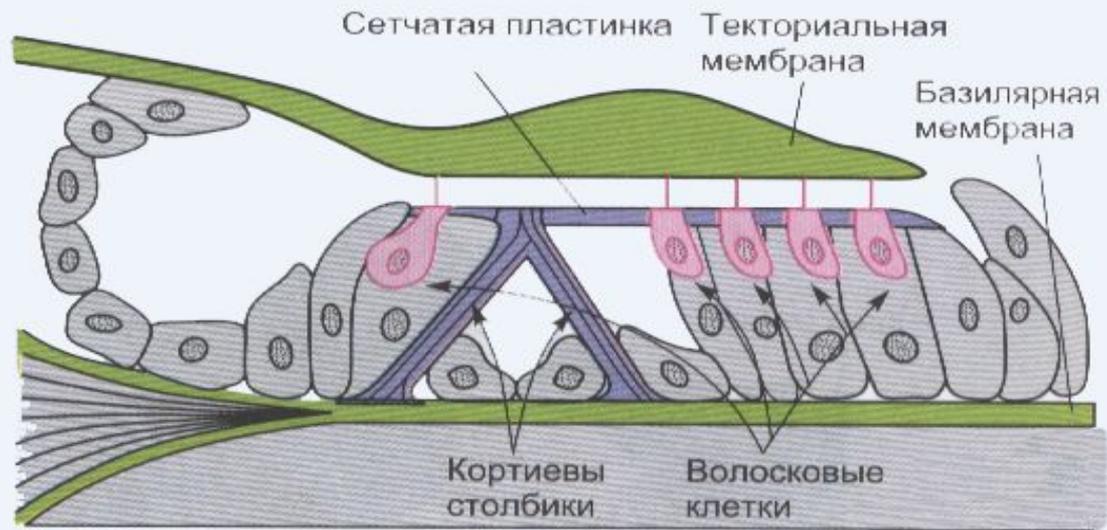
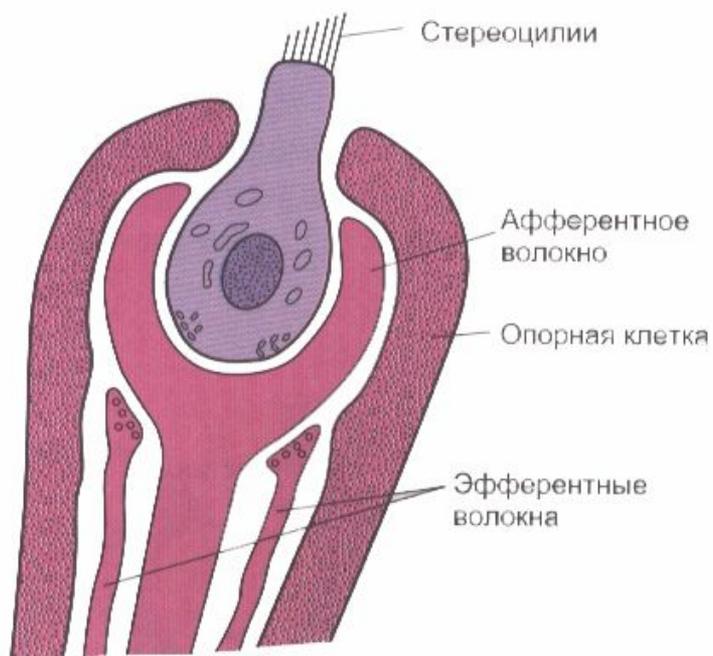


Схема поясняет, почему сгибаются стереоцилии: при движении базилярной мембраны относительно текториальной развивается сдвиговое усилие и происходит смещение волосковых клеток

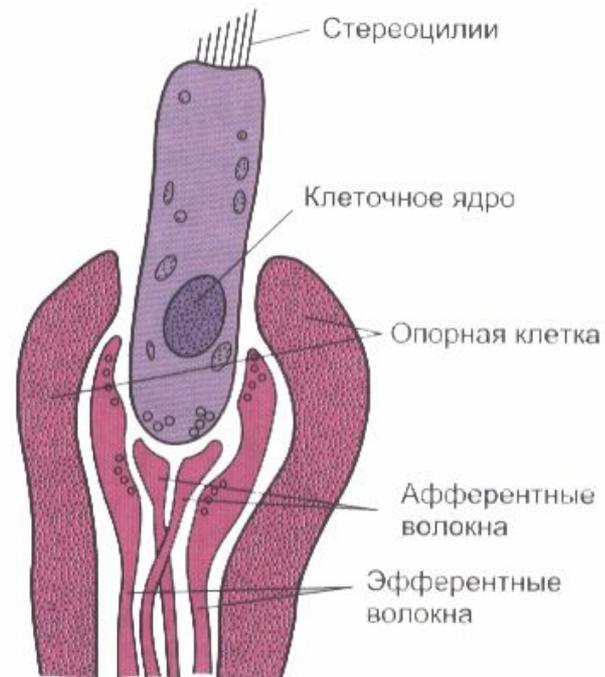


Направление сгибания,
соответствующее деполяризации



Внутренняя
волосковая клетка

а

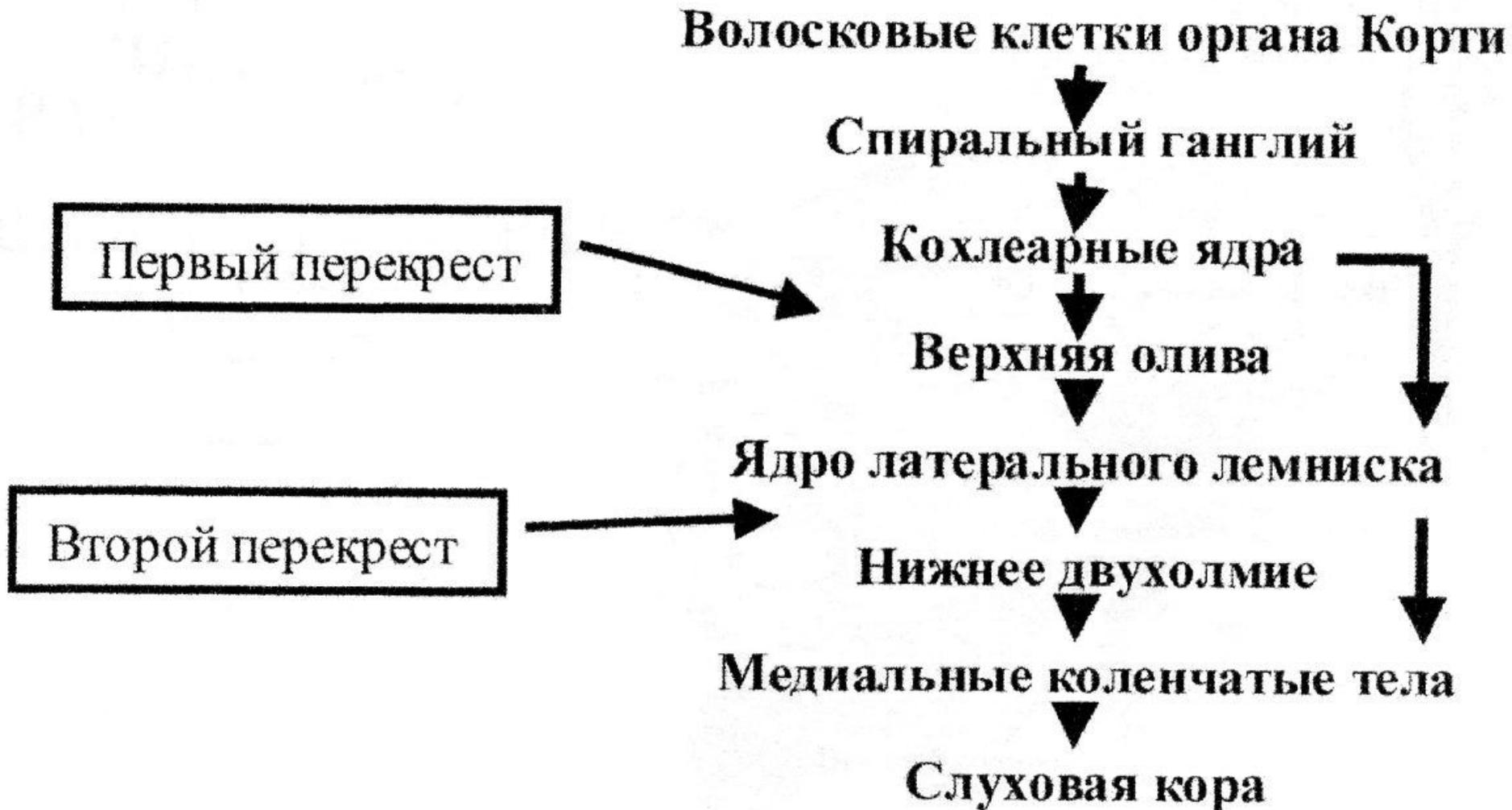


Наружная
волосковая клетка

б

Схемы внутренней волосковой (*а*) и наружной волосковой клеток (*б*). Пучок волосков (стереоцилий) выступает в текториальную мембрану (она не изображена). Эфферентные волокна оливокохлеарного нерва образуют синапсы на афферентных нервных волокнах внутренних волосковых клеток (*а*) и прямые синаптические контакты на наружных волосковых клетках (*б*). Обратите внимание, что длина стереоцилий постепенно увеличивается слева направо, и этим определяется ось поляризации (показана стрелкой). При сгибании стереоцилий в этом направлении клетка деполяризуется, а при их сгибании в противоположном направлении — гиперполяризуется.

ПУТИ СЛУХОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ



Проводниковый отдел слухового анализатора

Нейроны *вентрального кохлеарного ядра*:

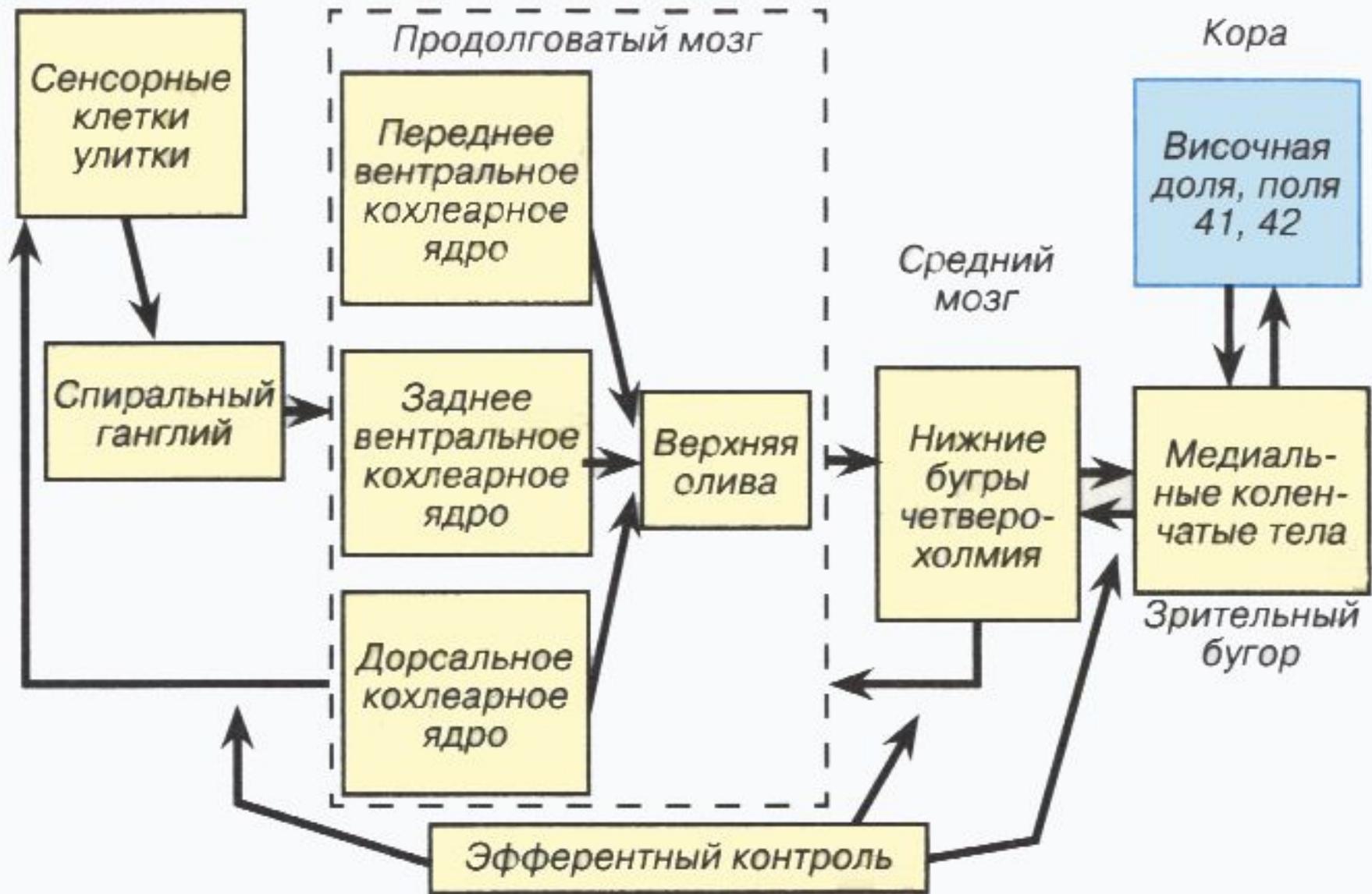
- чистые тоны надпороговой интенсивности всегда возбуждают нейроны, имеющие узкие частотно-пороговые характеристики и кратковременные латентные периоды.

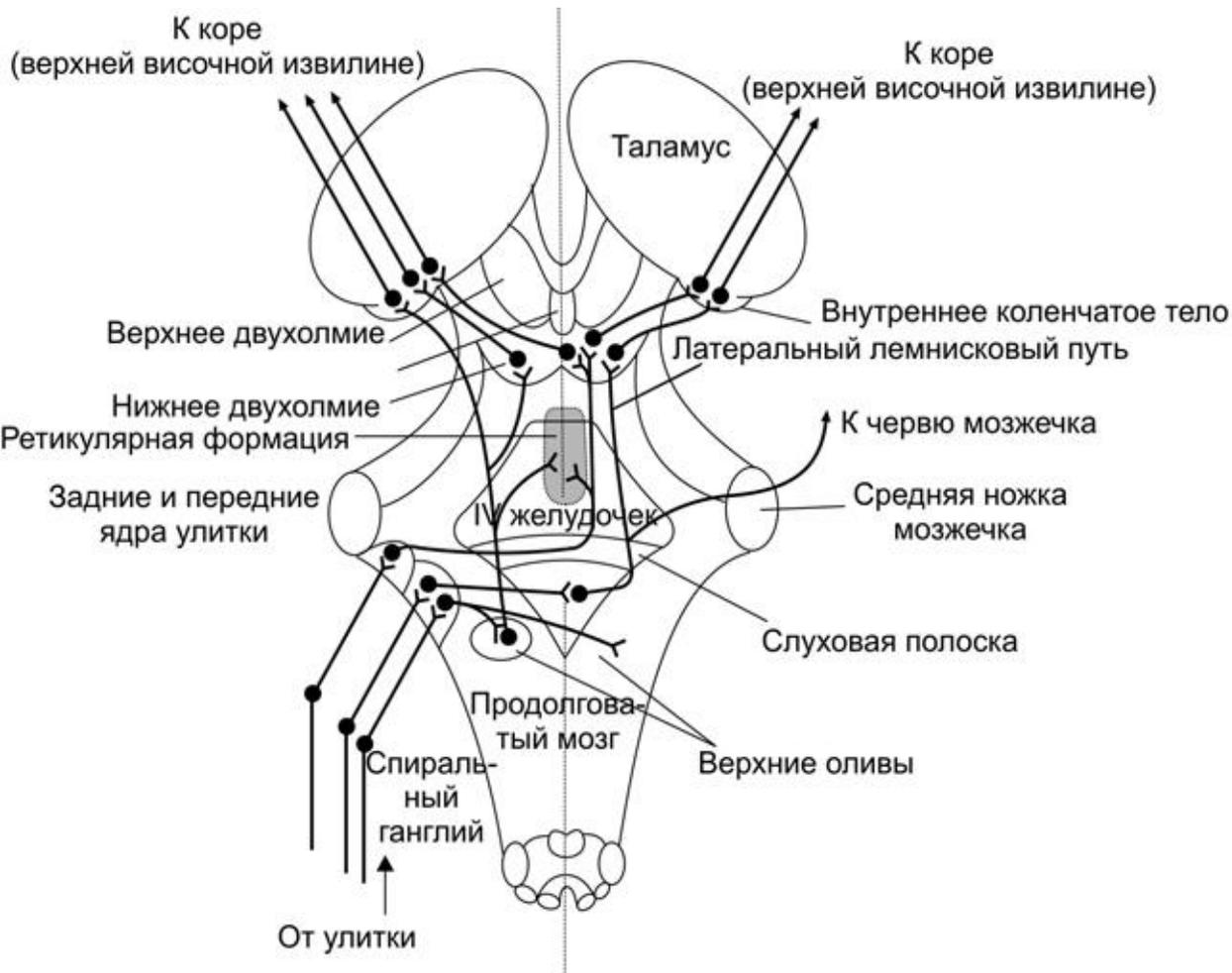
Нейроны *дорзального кохлеарного ядра*:

- могут возбуждаться чистыми тонами;
- может возникать торможение на звуковой стимул;
- возбуждение возникает при определенных частотах;
- возбуждение возникает только при изменении частот;
- нейроны, специфически отвечающие на тоны переменной частоты;

Нижние *бугры четверохолмия*:

- отвечают на частотно-модулированные тоны со специфическим направлением и степенью модуляции;
- реагируют на амплитудно-модулированные тоны (т.е. при изменении интенсивности тонов).





А



Б

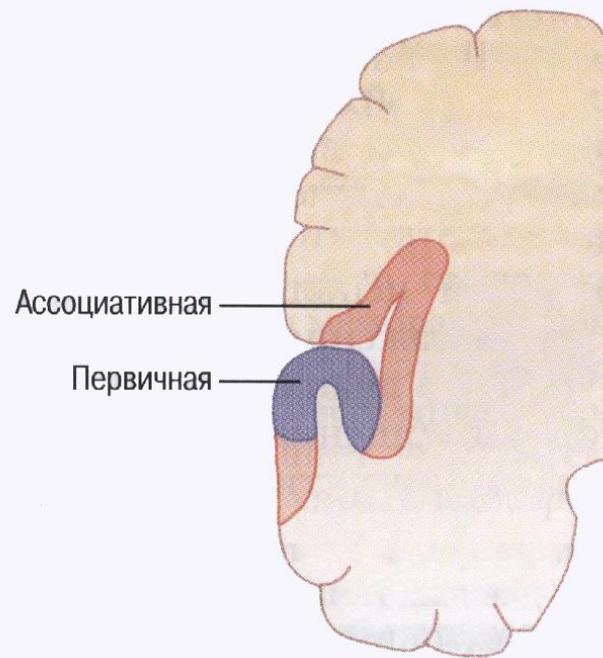
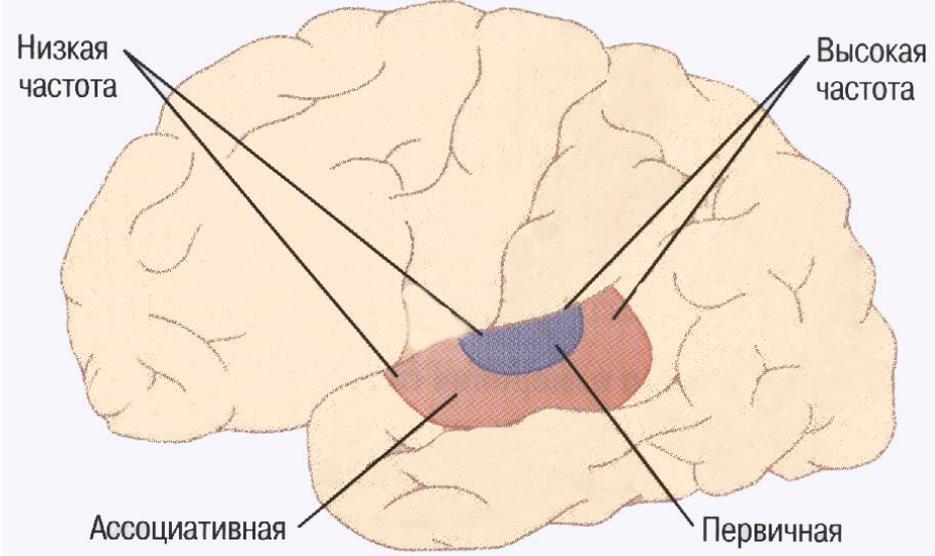
А. Основные слуховые пути (вид на ствол мозга сзади, мозжечок и кора больших полушарий удалены). **Б.** Слуховая кора.

Слуховая кора

Для слуховой коры характерно:

- более высокая степень специфичности ответов на звуковые стимулы (наличие разных типов нейронов);
- непостоянство ответов, быстрая адаптация, значительный процент нейронов, не реагирующих на тональный звук;
- тонопическая организация;
- колончатое строение слуховой коры;
- нейроны “настроены” на выделение целостных слуховых образов, как правило, имеющих биологическую значимость (шум, свист, треск, шипение, щебетание и т.д.);
- большинство корковых нейронов слуховой коры активируется контрлатеральным ухом, некоторые - ипсилатеральным, остальные - при одновременной стимуляции обеих ушей;

В слуховой сенсорной системе используется *кодирование числом возбужденных рецепторов* (благодаря разному уровню порога у разных волосковых клеток; в отличие от зрительной системы, где интенсивность стимула кодируется уровнем активности нейрона - амплитудой РП, частотой или числом импульсов в пачке),



Слуховая кора

Теории восприятия звуков

Резонансная теория Гельмгольца



ГЕЛЬМГОЛЬЦ
Герман Людвиг Фердинанд
1821-1894

Немецкий физик, математик,
физиолог и психолог.

В 1863 году обосновал *резонансную*
теорию восприятия звуков

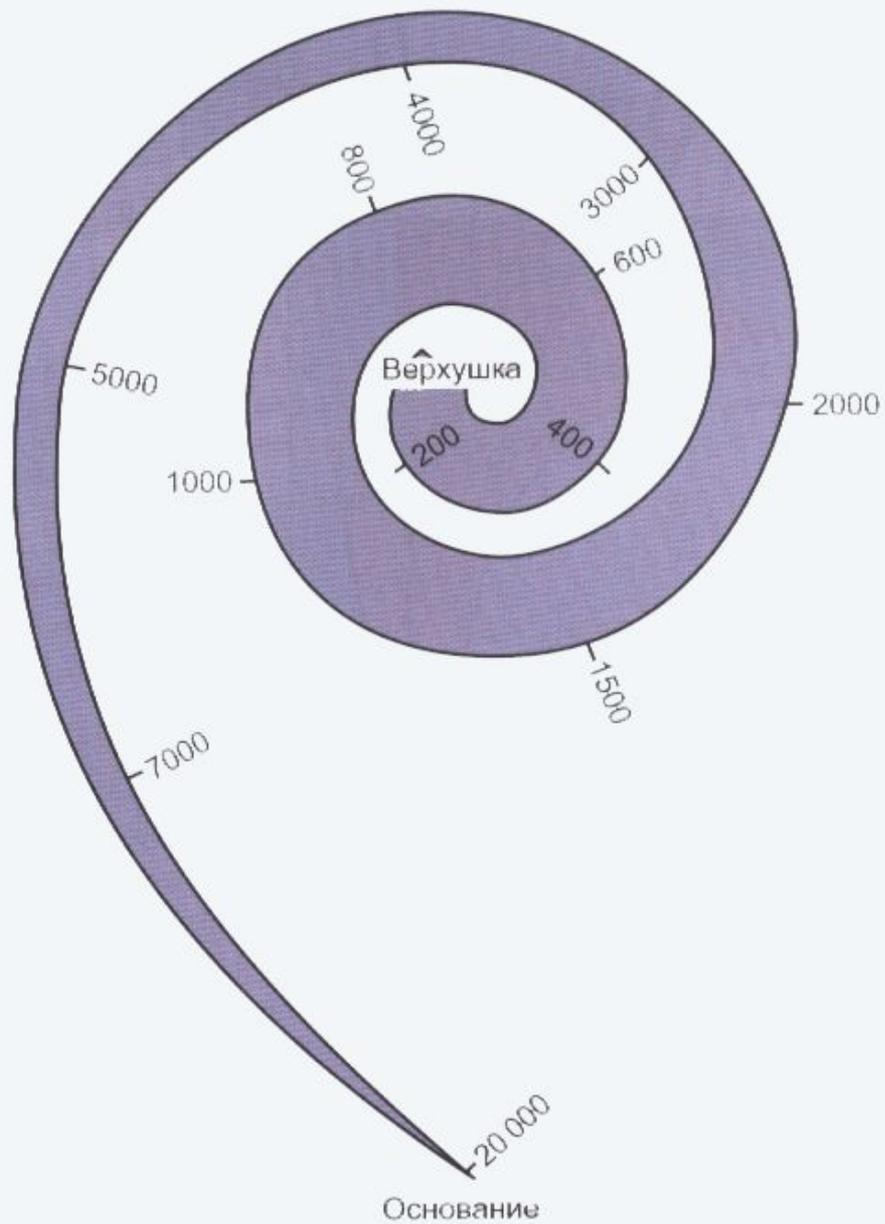
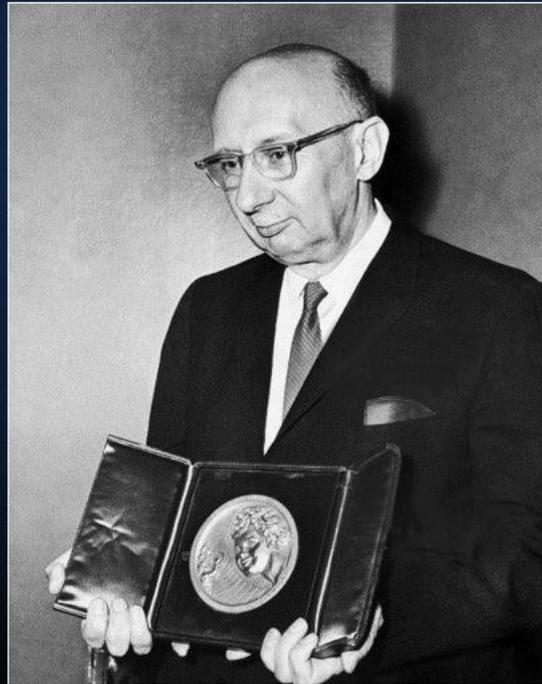


Схема тонотопической карты улитки

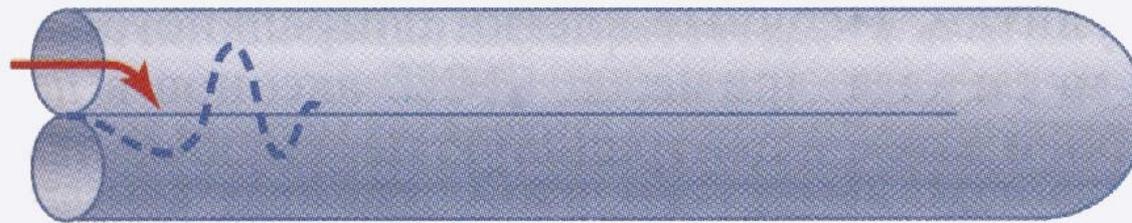
Георг фон Бекеши

1961 – Нобелевская премия в области медицины за теорию, касающуюся работы Кортиева органа (так называемая теория бегущей волны)



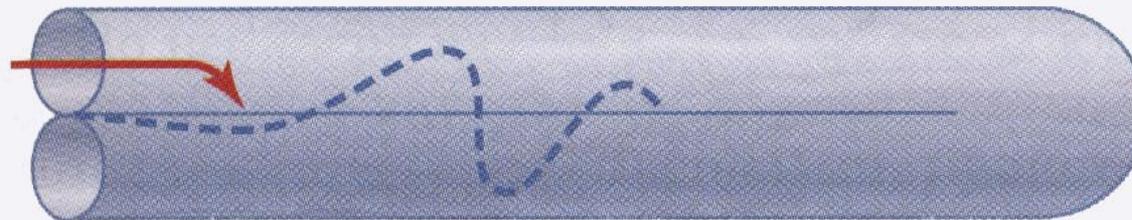
Бекеши Георг (1899-1972)

Венгеро-американский физик. Нобелевская премия по физиологии и медицине «за открытие физических механизмов восприятия раздражения улиткой»



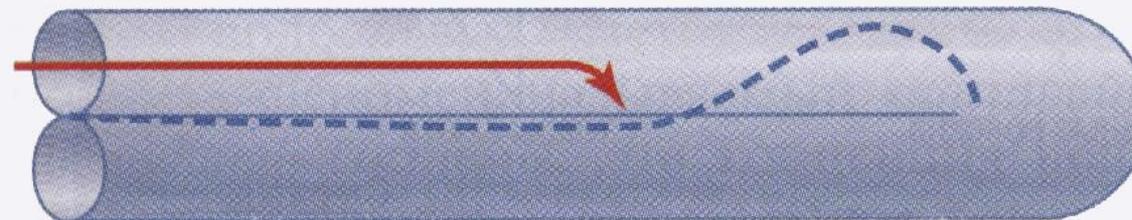
A

Высокая частота



Б

Средняя частота

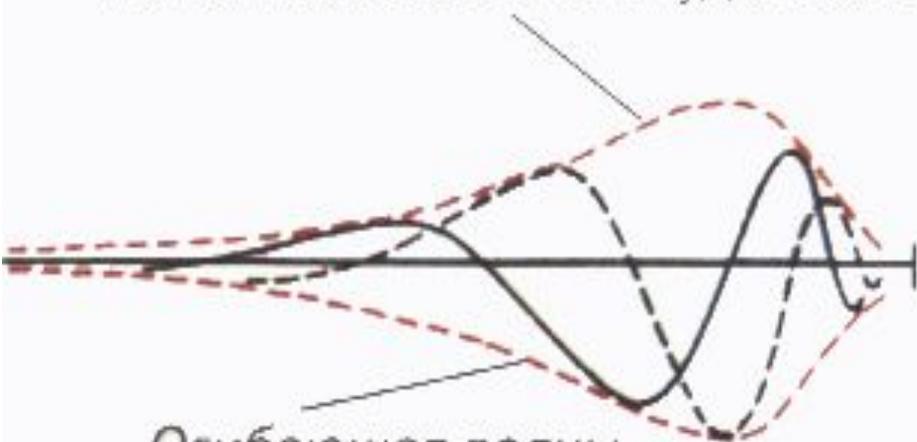


В

Низкая частота

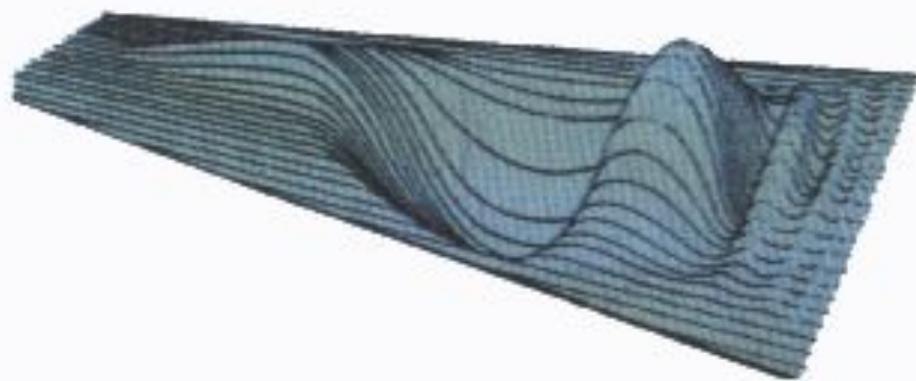
«Бегущие» волны вдоль основной мембраны для звуков высокой, средней и низкой частот

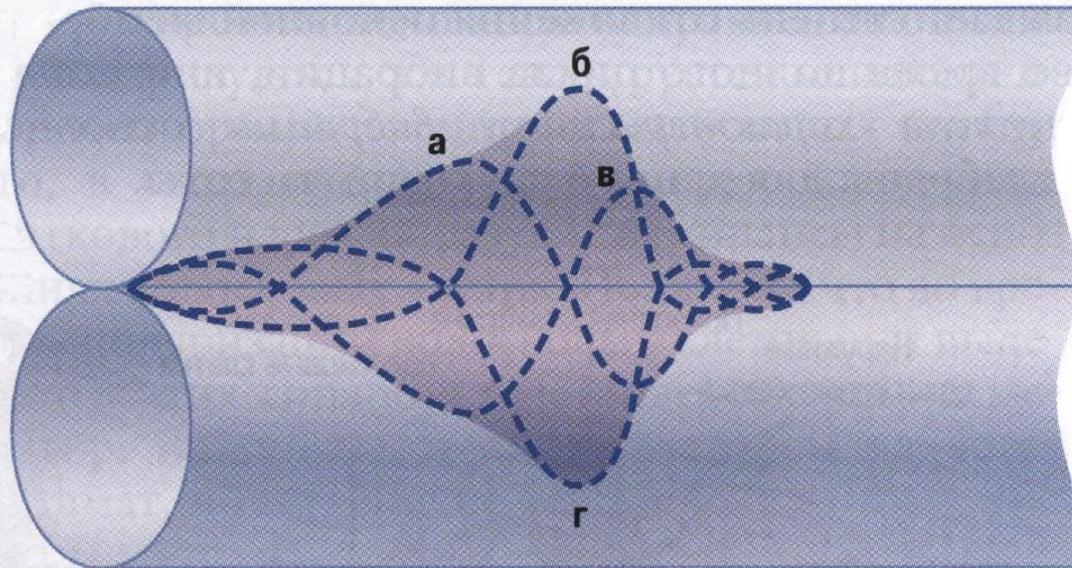
Максимальная амплитуда волны



Огибающая волны

Направление бегущей волны →



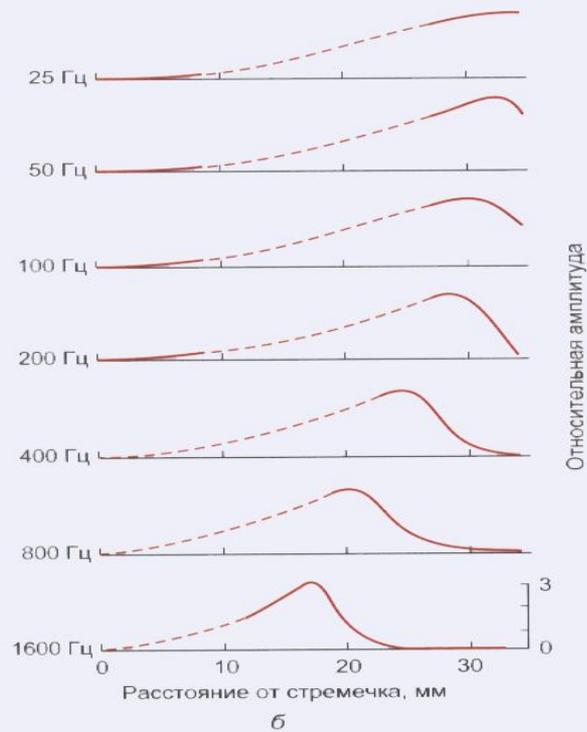
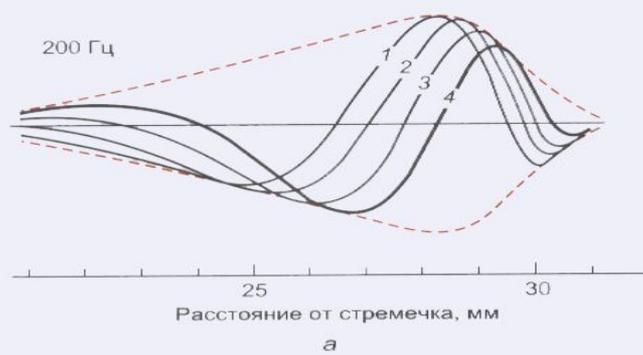


А



Б

А. Амплитудная характеристика вибрации основной мембраны для звука средней частоты. **Б.** Амплитудные характеристики для звуковых частот в диапазоне от 200 до 8000 Гц, демонстрирующие участки максимальной амплитуды колебаний основной мембраны для разных частот



Амплитуда колебаний разных участков базилярной мембраны вдоль кортиева органа зависит от звуковой частоты. (а) Бегущая волна в базилярной мембране, вызванная звуком частотой 200 Гц. Кривые 1—4 отражают смещения базилярной мембраны в разные моменты времени, а прерывистая линия — это огибающая кривая, которая соединяет пики бегущей волны. Максимальное смещение наблюдается на расстоянии около 29 мм от овального окна. (б) Огибающие кривые для бегущих волн, вызванных несколькими тонами. Обратите внимание, что максимальная амплитуда смещения базилярной мембраны зависит от частоты звука и соответствует ближайшему расстоянию от овального окна

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР

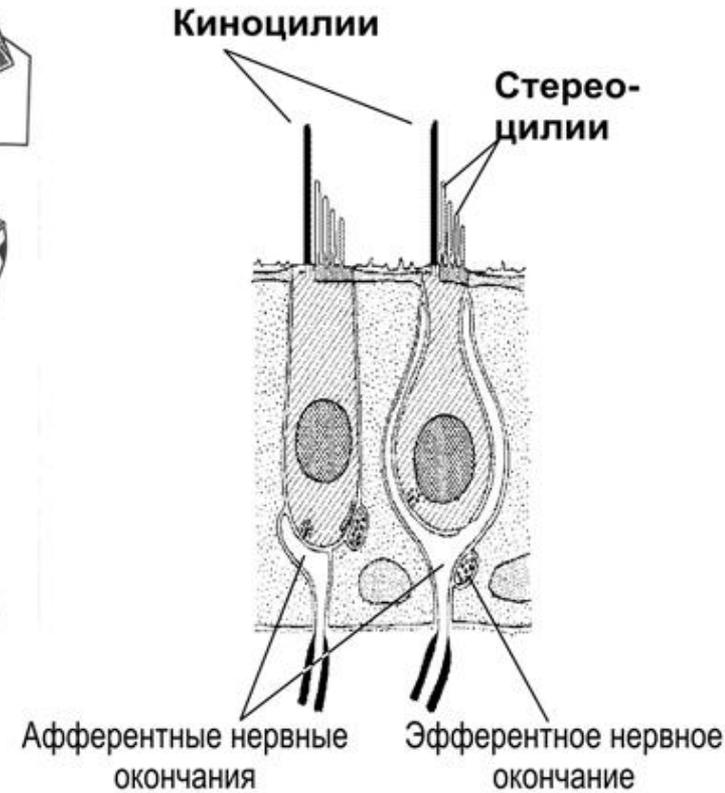
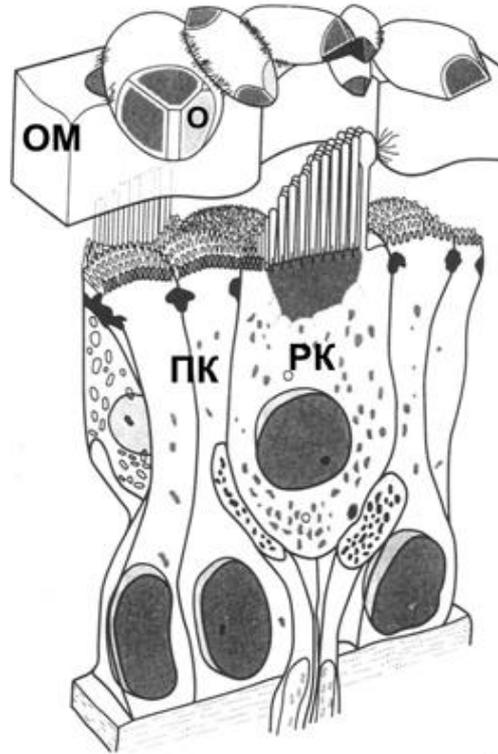
орган чувства и равновесия

или

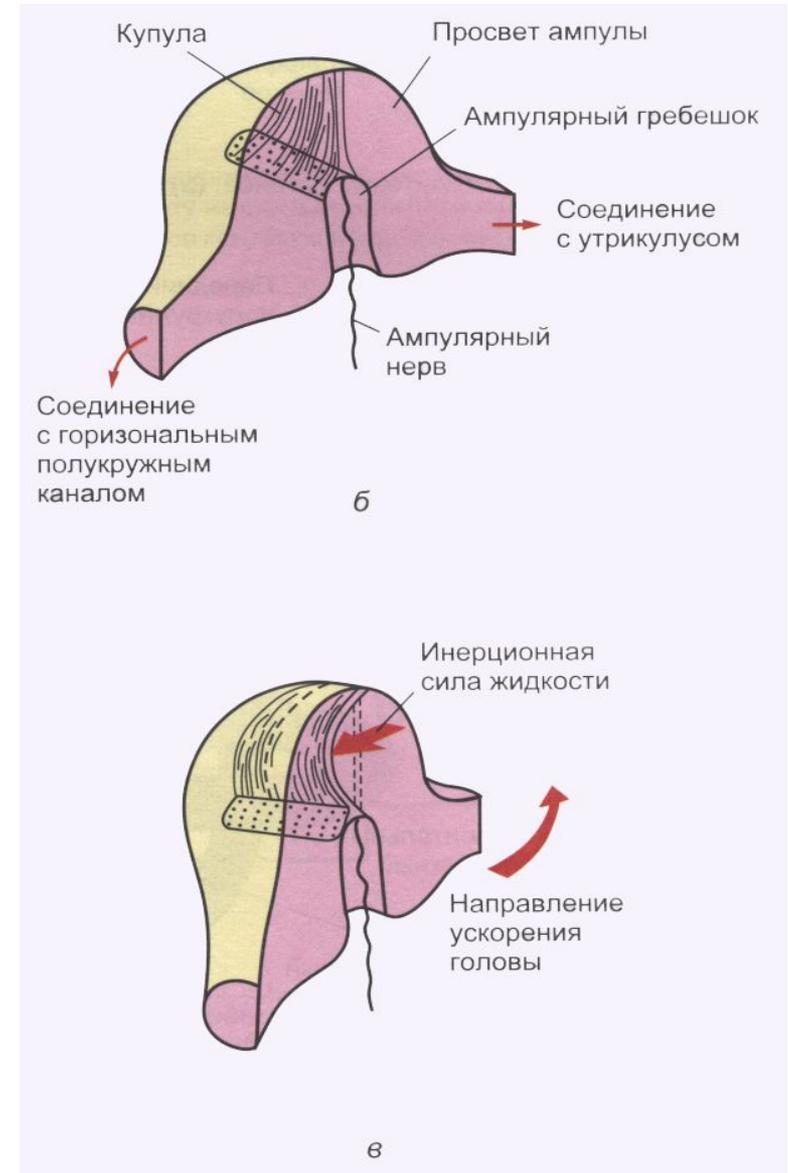
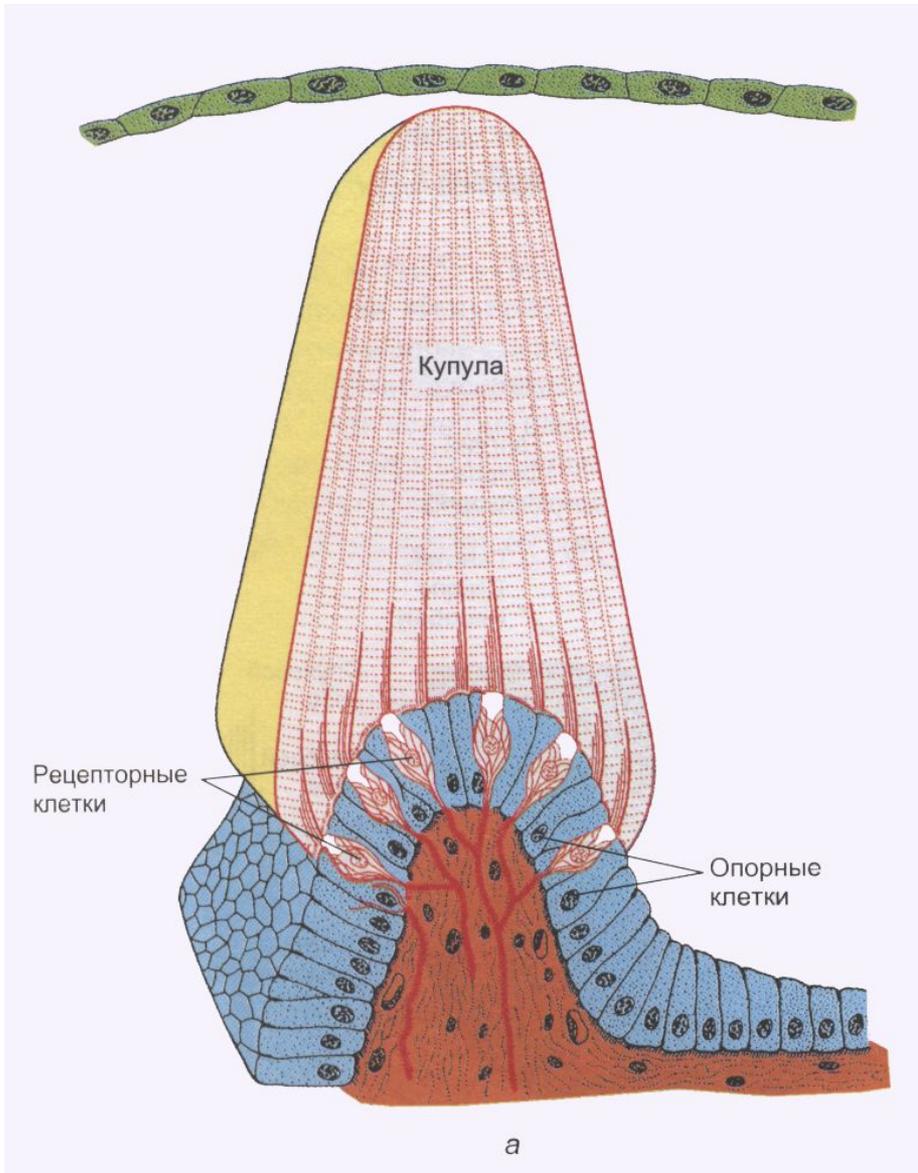
орган, воспринимающий положение тела в пространстве

или

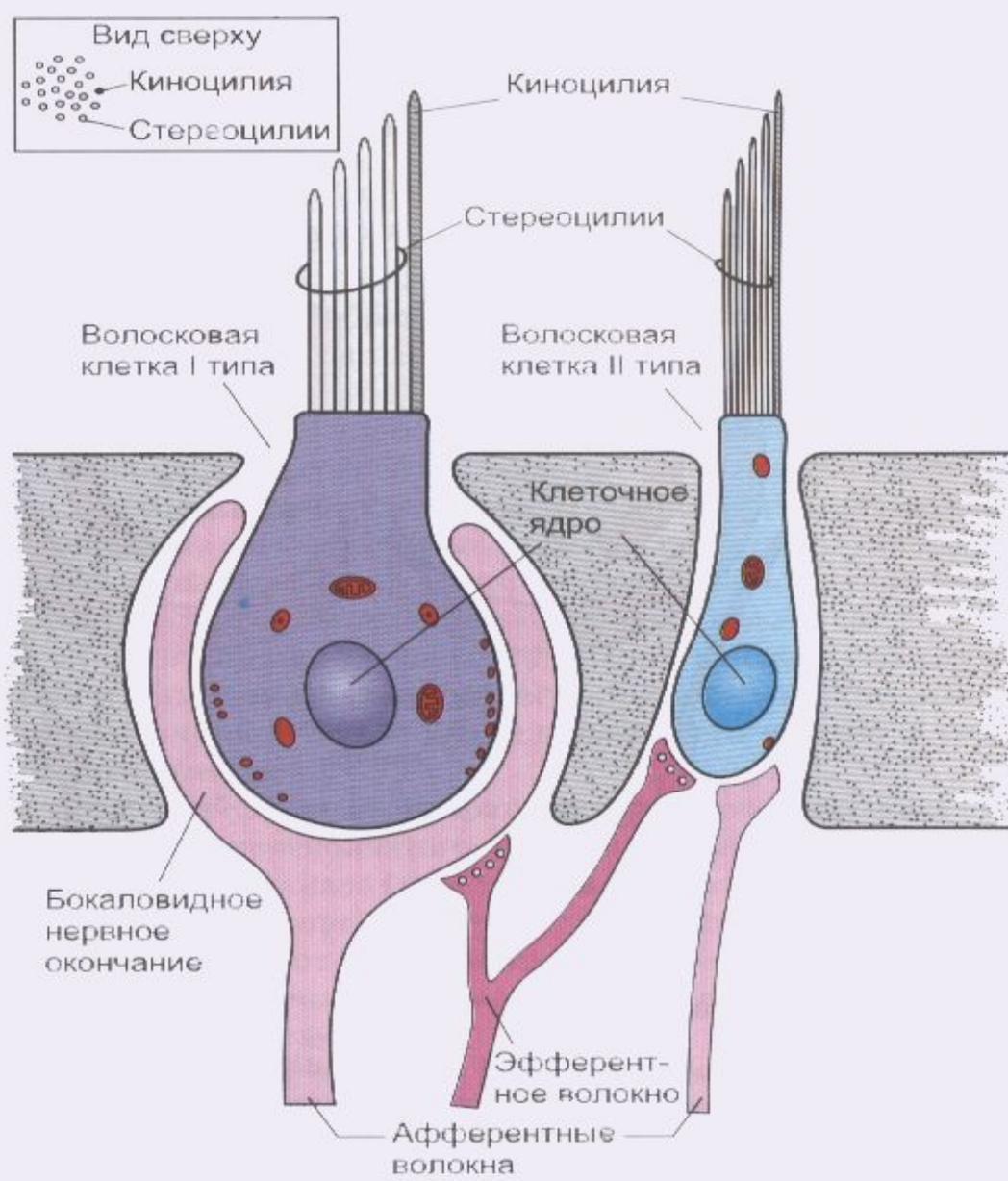
орган акцелерационного чувства

А**Б****В**

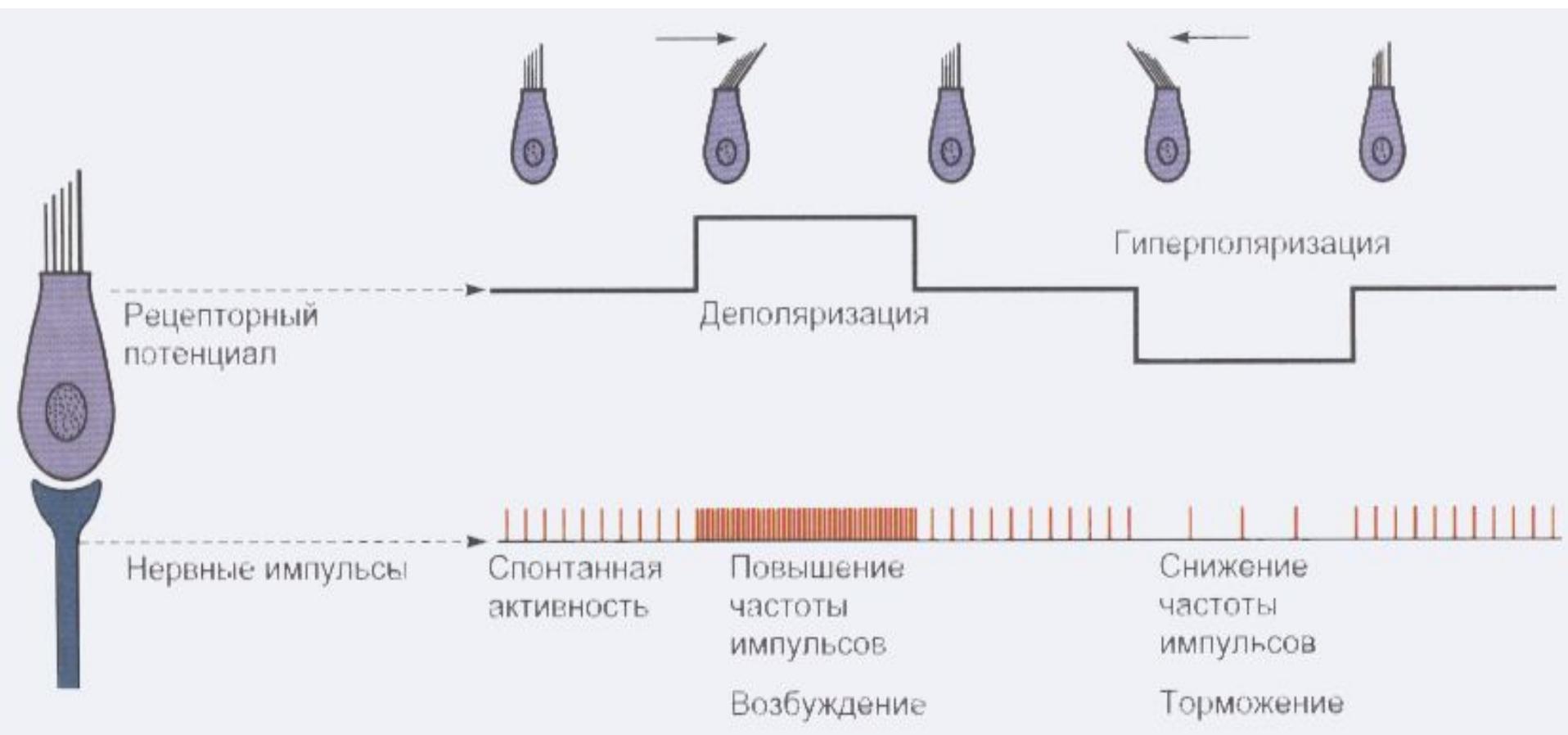
Рецепторная область органа равновесия. Вертикальные срезы через гребешок (**А**) и пятна (**Б, В**). ОМ — отолитовая мембрана, О — отолиты, ПК — поддерживающая клетка, РК — рецепторная клетка.



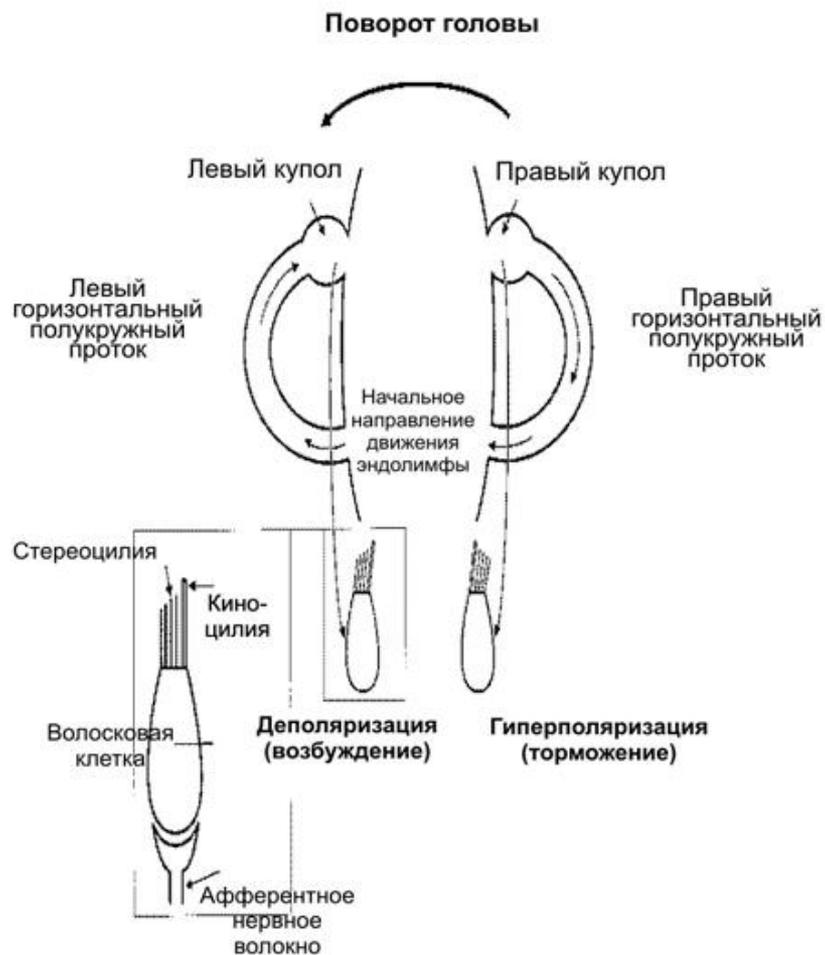
(а) Схема разреза через ампулярный гребешок. Стереоцилии и киноцилия каждой волосковой клетки погружены в купулу
 (б, в) Положение купулы до поворота головы (б) и во время поворота (в)



Вестибулярные волосковые клетки I и II типов. На врезке справа: вид сверху на стереоцилии и киноцилии. Обратите внимание, где находятся контакты афферентных и эфферентных волокон

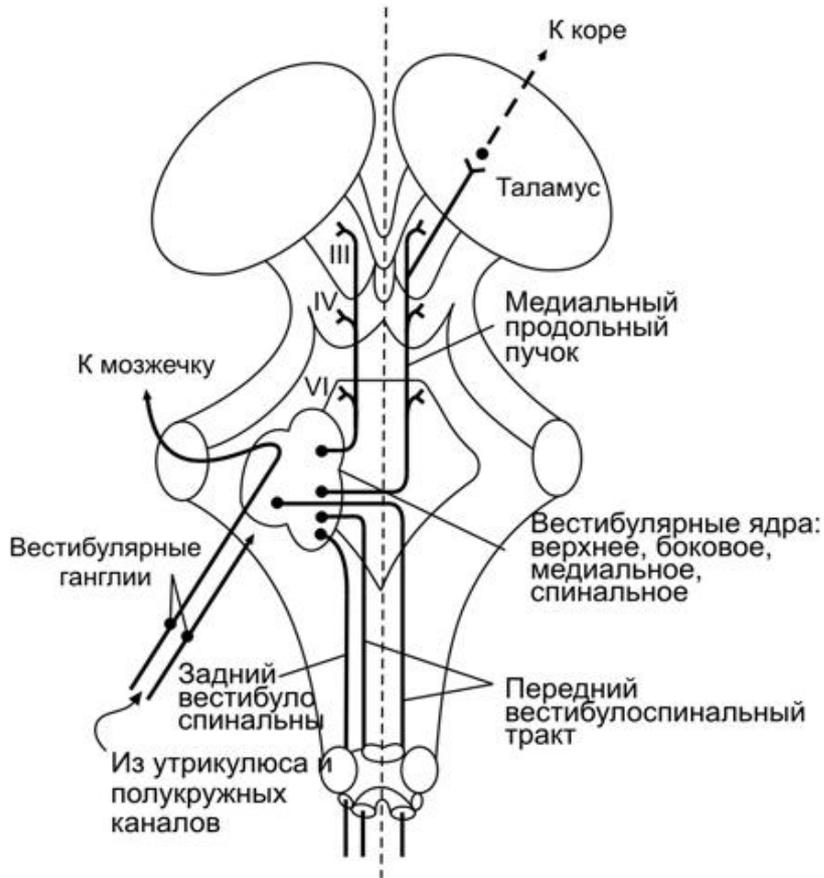
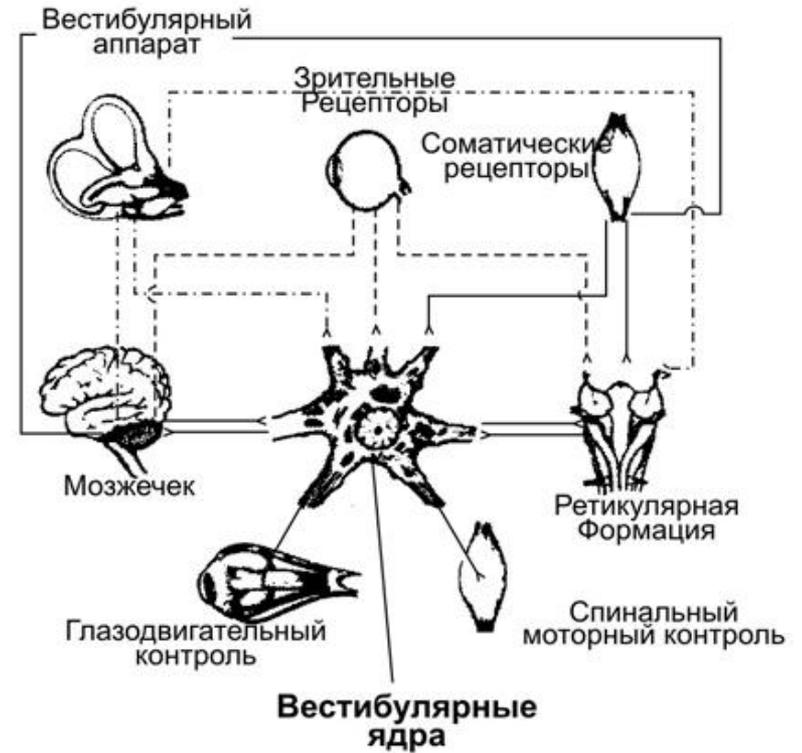


Функциональная поляризация вестибулярных волосковых клеток. При сгибании стереоцилий по направлению к киноцилии волосковая клетка деполяризуется и в афферентном волокне возникает возбуждение. При сгибании в сторону от киноцилии волосковая клетка гиперполяризуется и афферентный разряд ослабевает или прекращается

А**Б**

Физиология регистрации углового ускорения.

А — различная реакция волосковых клеток в гребешках ампул левого и правого горизонтальных полукружных каналов при повороте головы. **Б** — Последовательно увеличивающиеся изображения воспринимающих структур гребешка.

А**Б**

А Восходящие пути вестибулярного аппарата (вид сзади, мозжечок и кора больших полушарий удалены). **Б.** Мультимодальная система пространственной ориентации тела.