

Цикл лекций по нейрофизиологии 2013-2014

Медицинский факультет СПбГУ

Член-корр РАН Лев Гиршевич
Магазаник

Лекция 13

Тактильная и тепловая
чувствительность

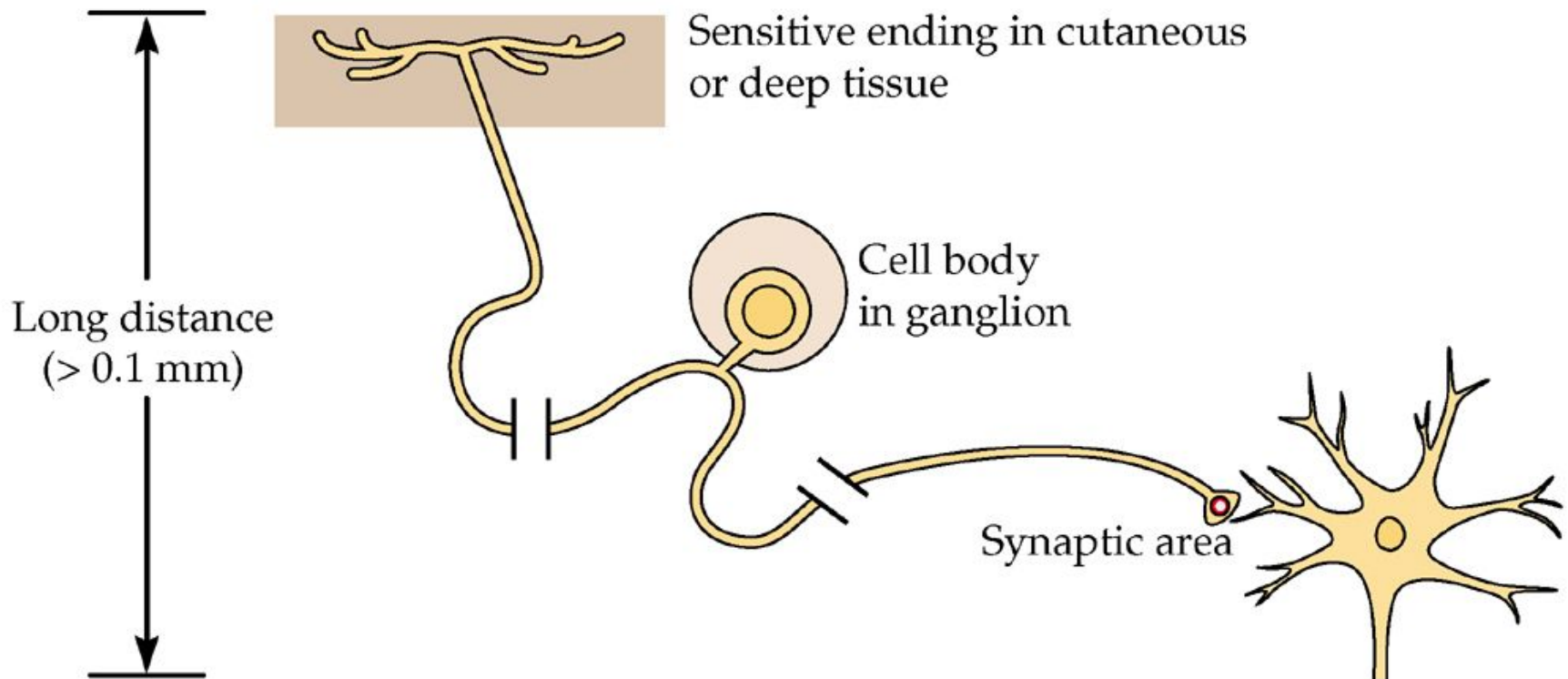
Тактильное чувство

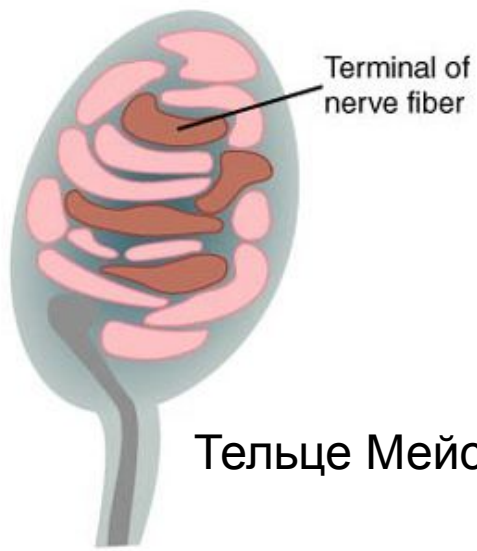
- передает информацию о свойствах поверхностей и объектов, находящихся в непосредственном контакте с кожей и некоторых слизистых.
- существенно отличается от остальных четырех сенсорных модальностей:
- рецепторы распространены по всей поверхности тела
- способны воспринимать самые разные стимулы, давление, вибрацию, температуру
- тактильный стимул активирует, как правило, целый комплекс кожных рецепторов

«Длинный» рецептор

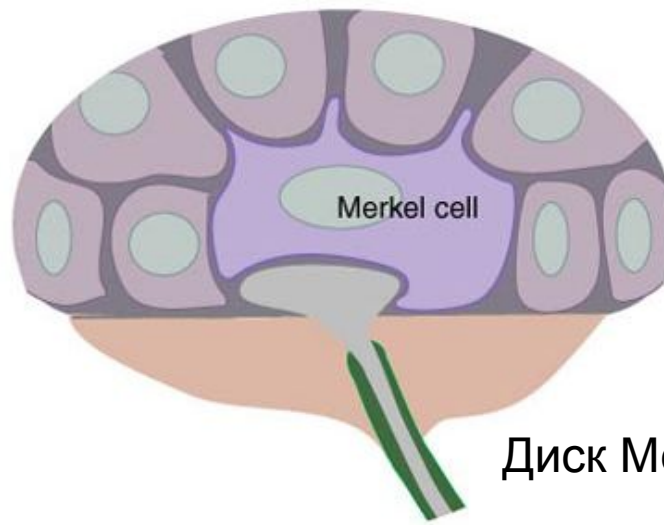
(B) Long receptor

Чувствительные окончания в коже или глуболежащих тканях

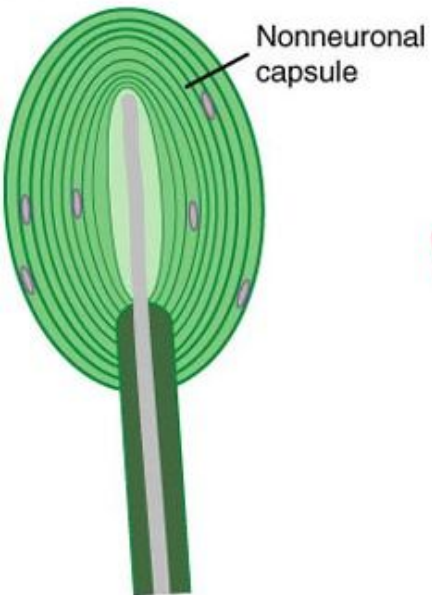




Тельце Мейснера

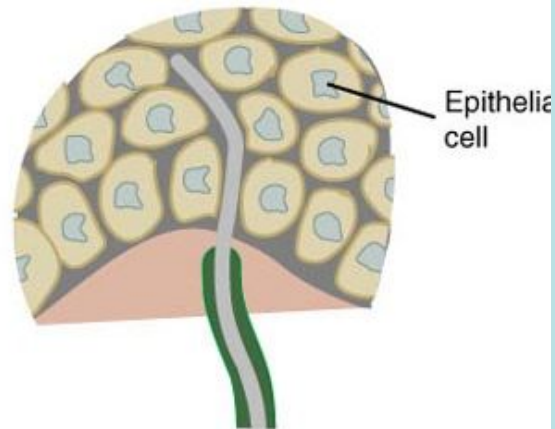
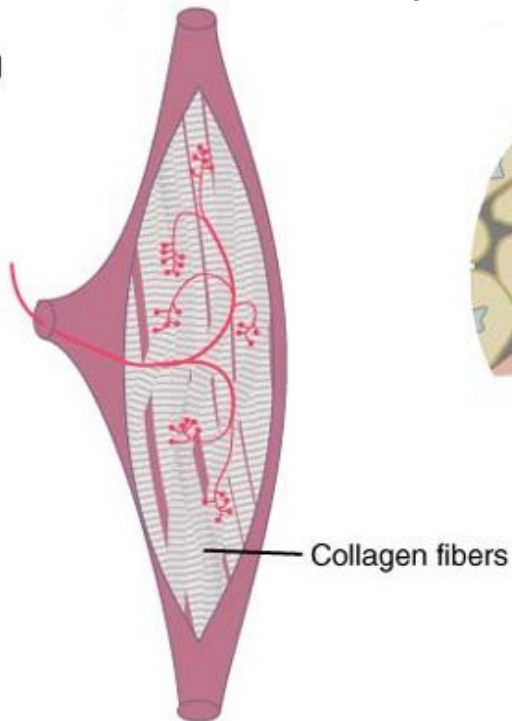


Диск Меркеля



Тельце Пачини

Тельце Руффини



Свободное нервное окончание

Виды механорецепторов

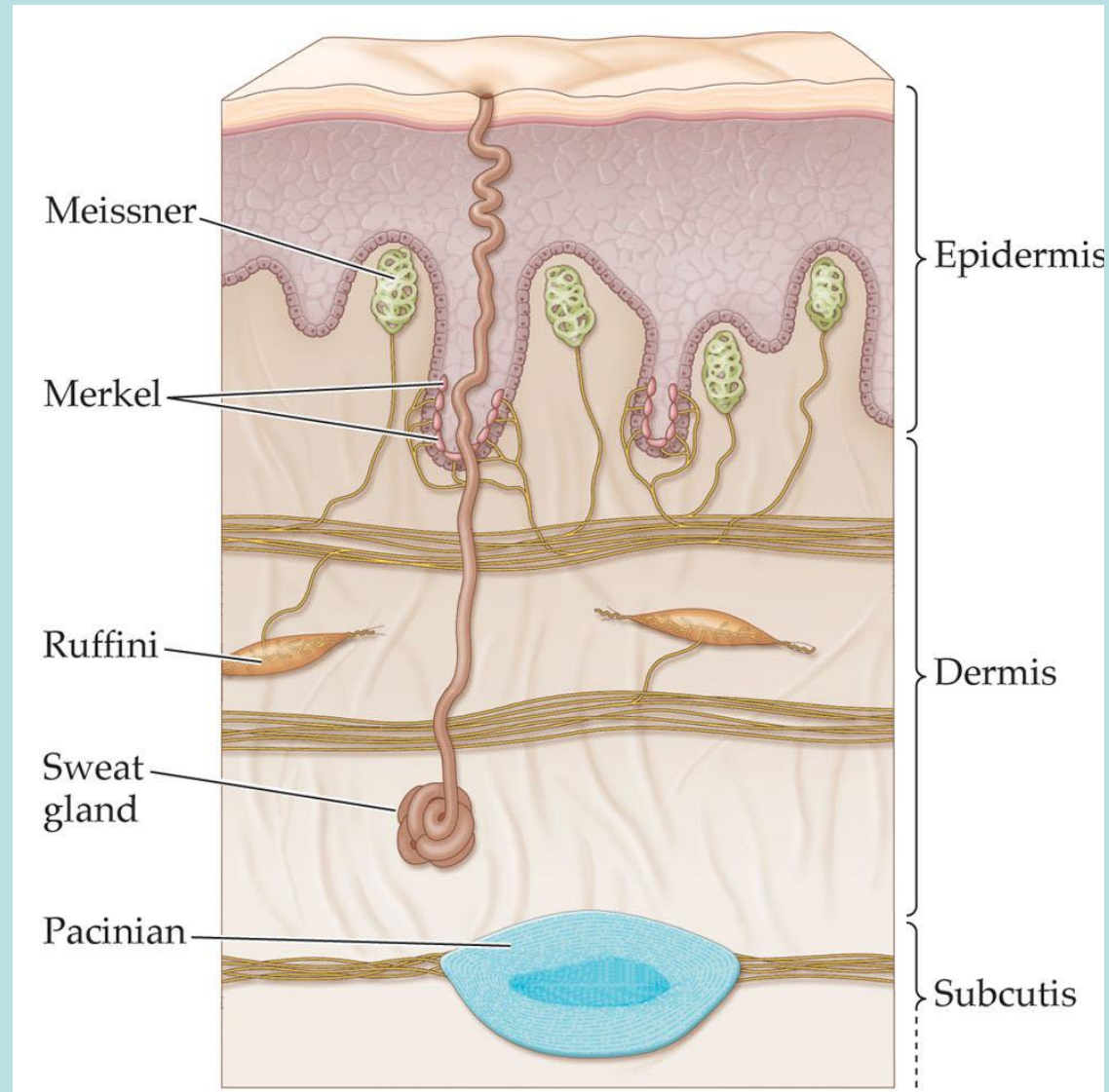
Общее для всех —
Это инкапсулированные
нервные окончания,
мембрана которых
снабжена
механочувствительными
каналами

Классификация механорецепторов, сигнализирующих о прикосновении

1. Различаются по **глубине локализации в коже**

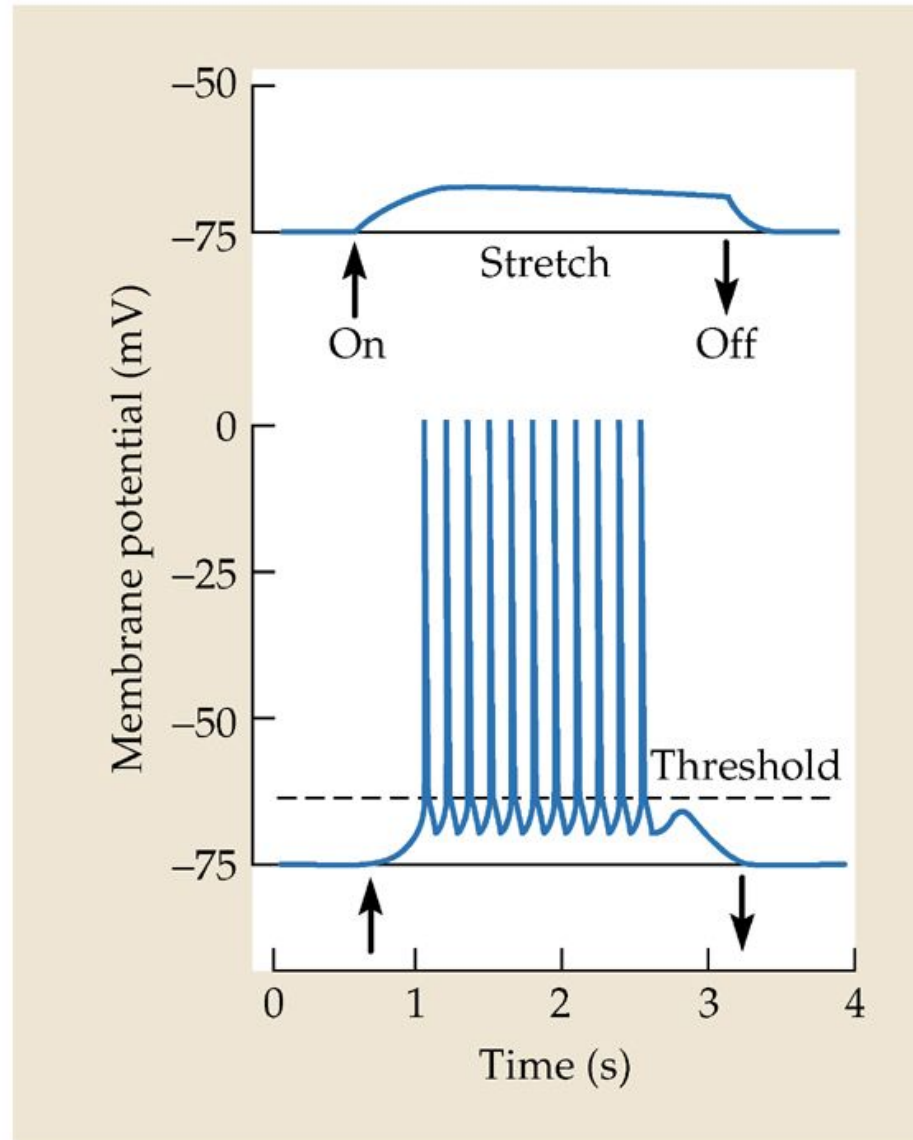
	Тельца Пачини	Тельца Мейснера	Диски Меркеля	Окончания Руффини
Способность адаптироваться	Быстрая	Быстрая	Медленная	Медленная
Величина рецептивного поля	Большая	Малая	Малая	Большая
Локализация в коже	Подкожная	Поверхностная	Поверхностная	Поверхностная
Возникающее ощущение	Вибрация	Дрожание	Давление	Жужжание

Разная степень залегания механорецепторов в коже



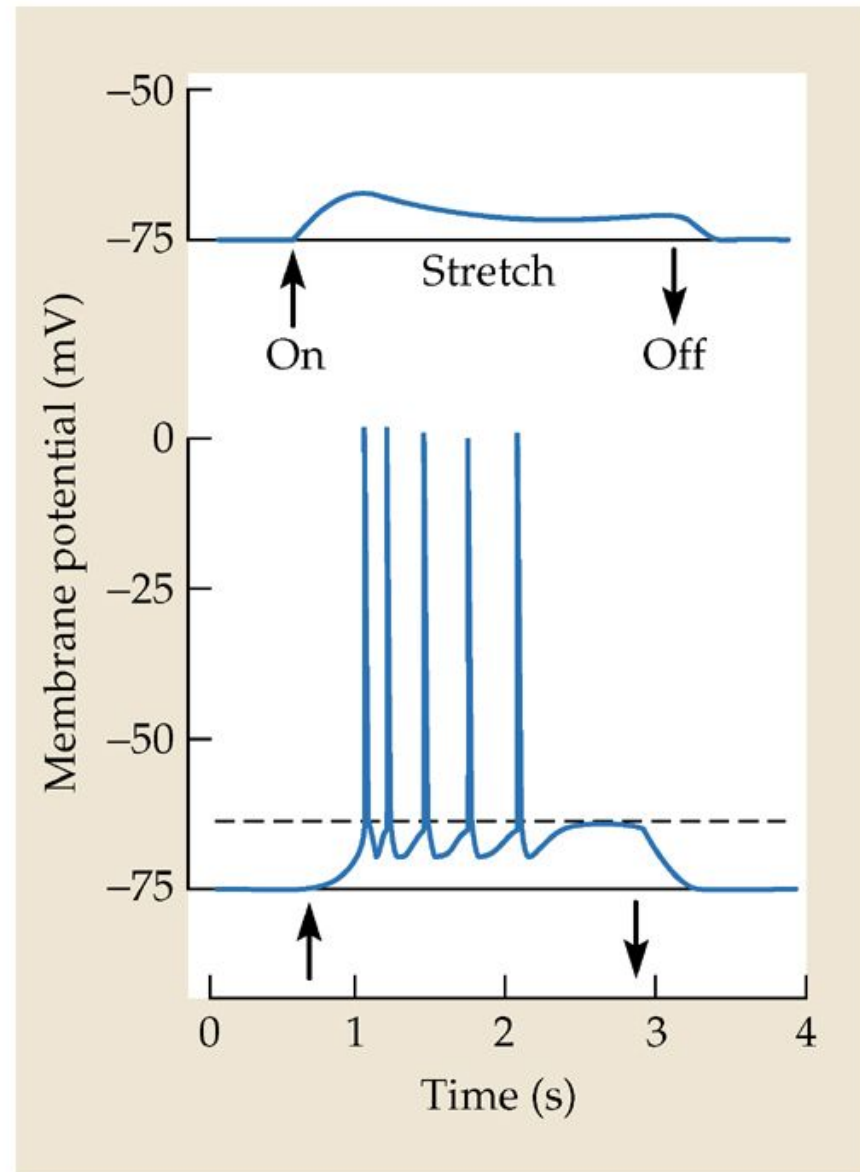
Медленно
адаптирующийся
рецептор
(диски Меркеля и
тельца Руффини)

(A) Slowly adapting receptor



Быстро
адаптирующийся
рецептор
(тельца Мейснера)

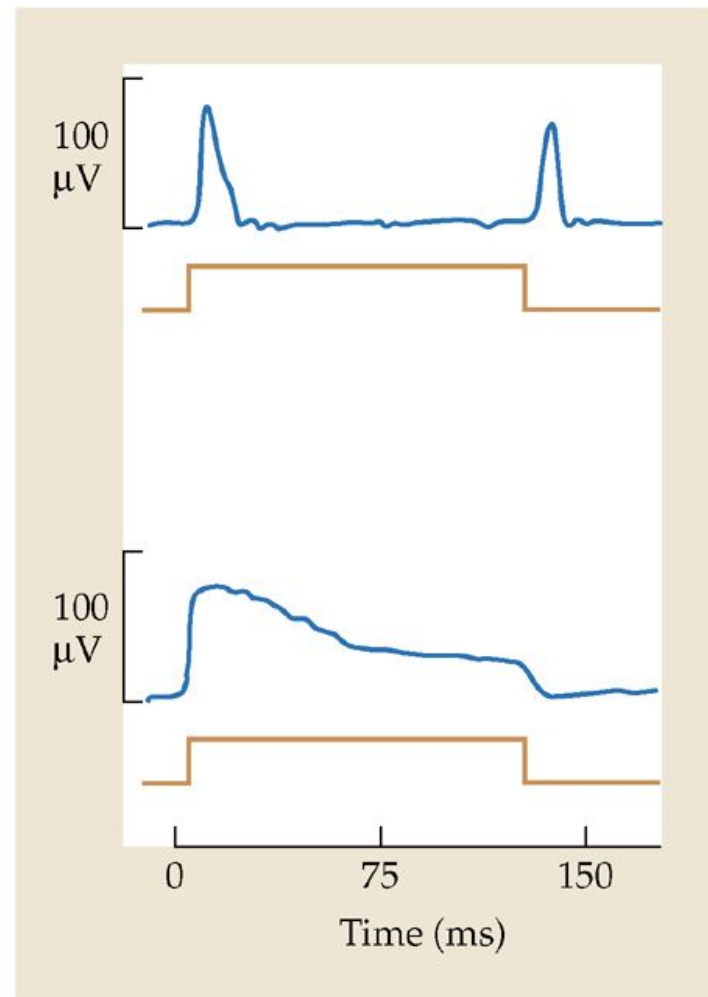
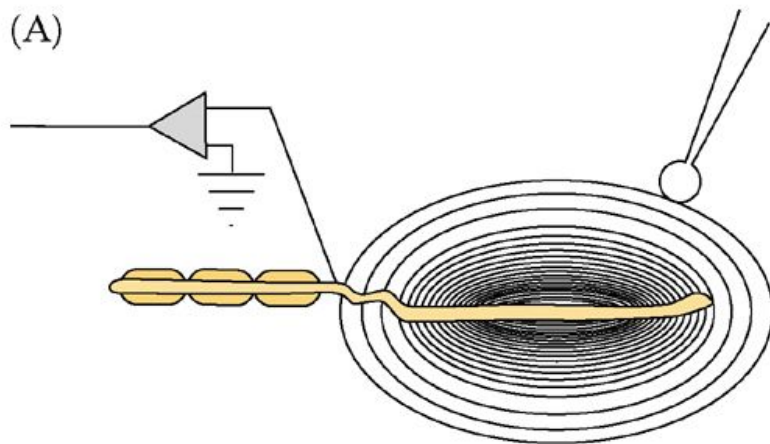
(B) Rapidly adapting receptor



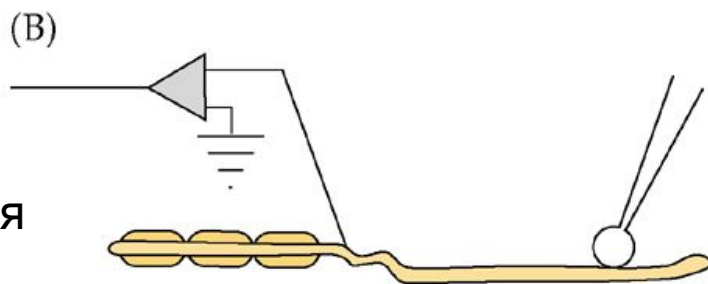
Тельце Пачини

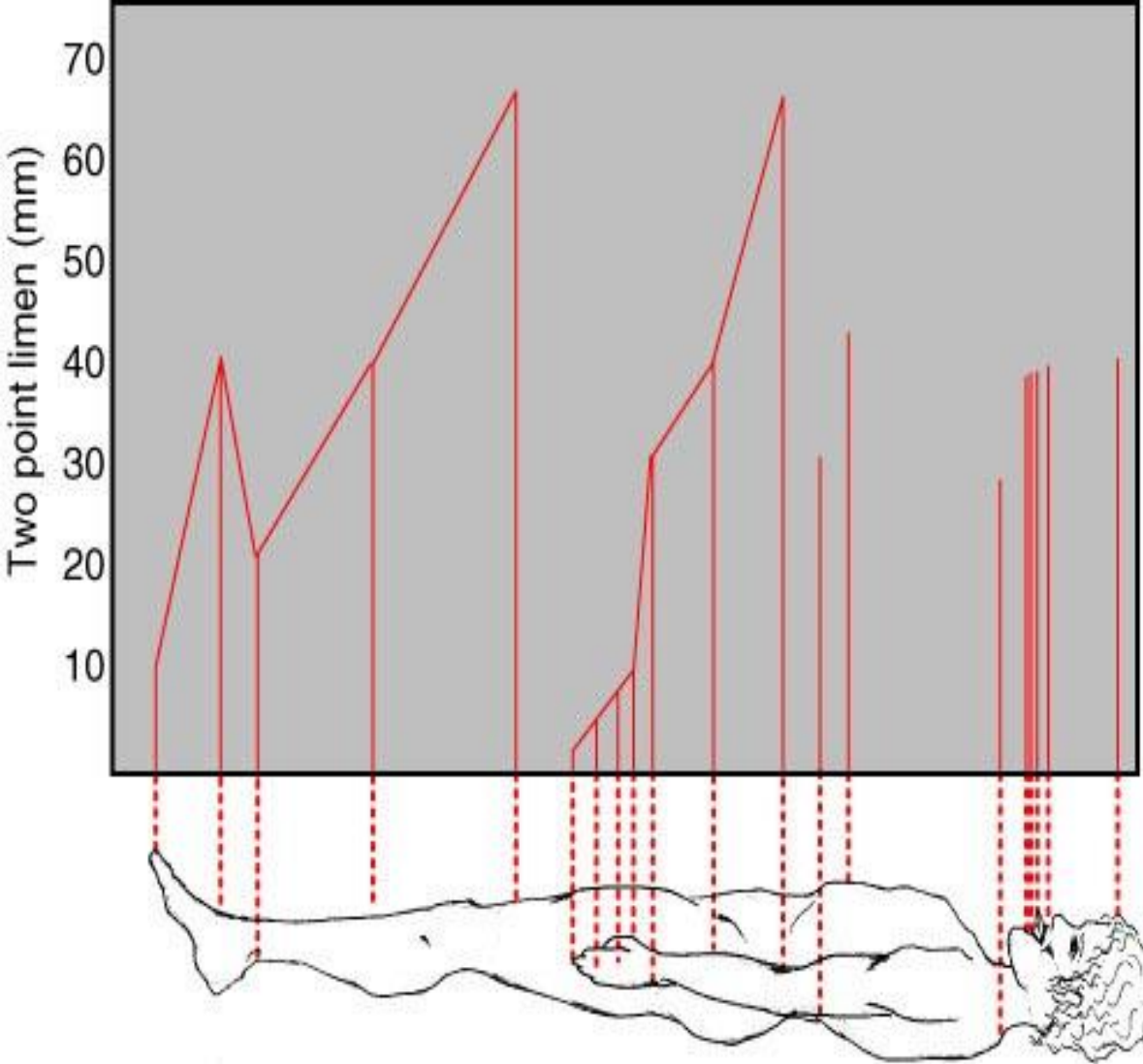
(особо быстро адаптируется)

Быстрая
адаптация в
норме



Меленная
адаптация
после удаления
капсулы





Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.

Способность различать точки прикосновения измеряется как минимальное расстояние между двумя точками.

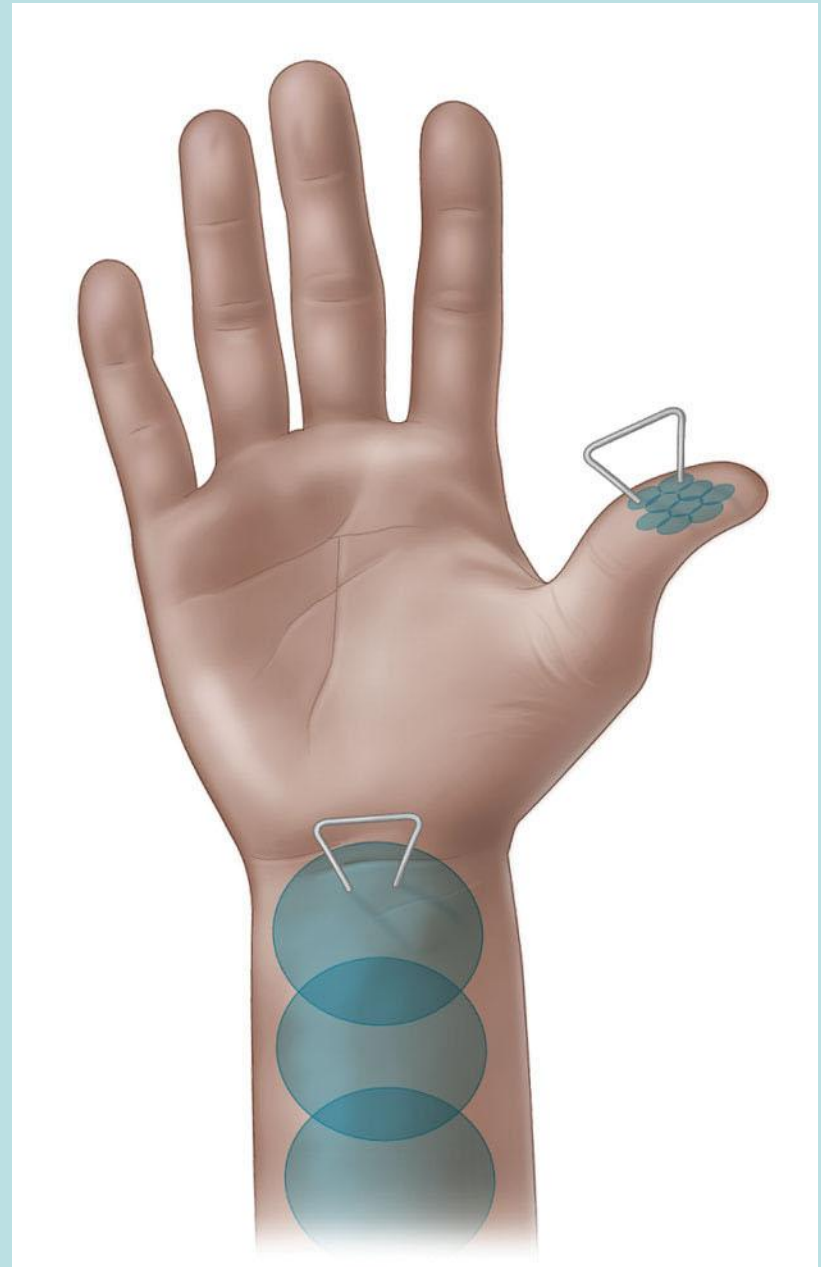
Она сильно варьирует в разных областях тела.

Максимальна на кончиках пальцев и лице (менее 10 мм) руках, ногах и лице.

Минимальна на спине, животе и ногах (более 70 мм)

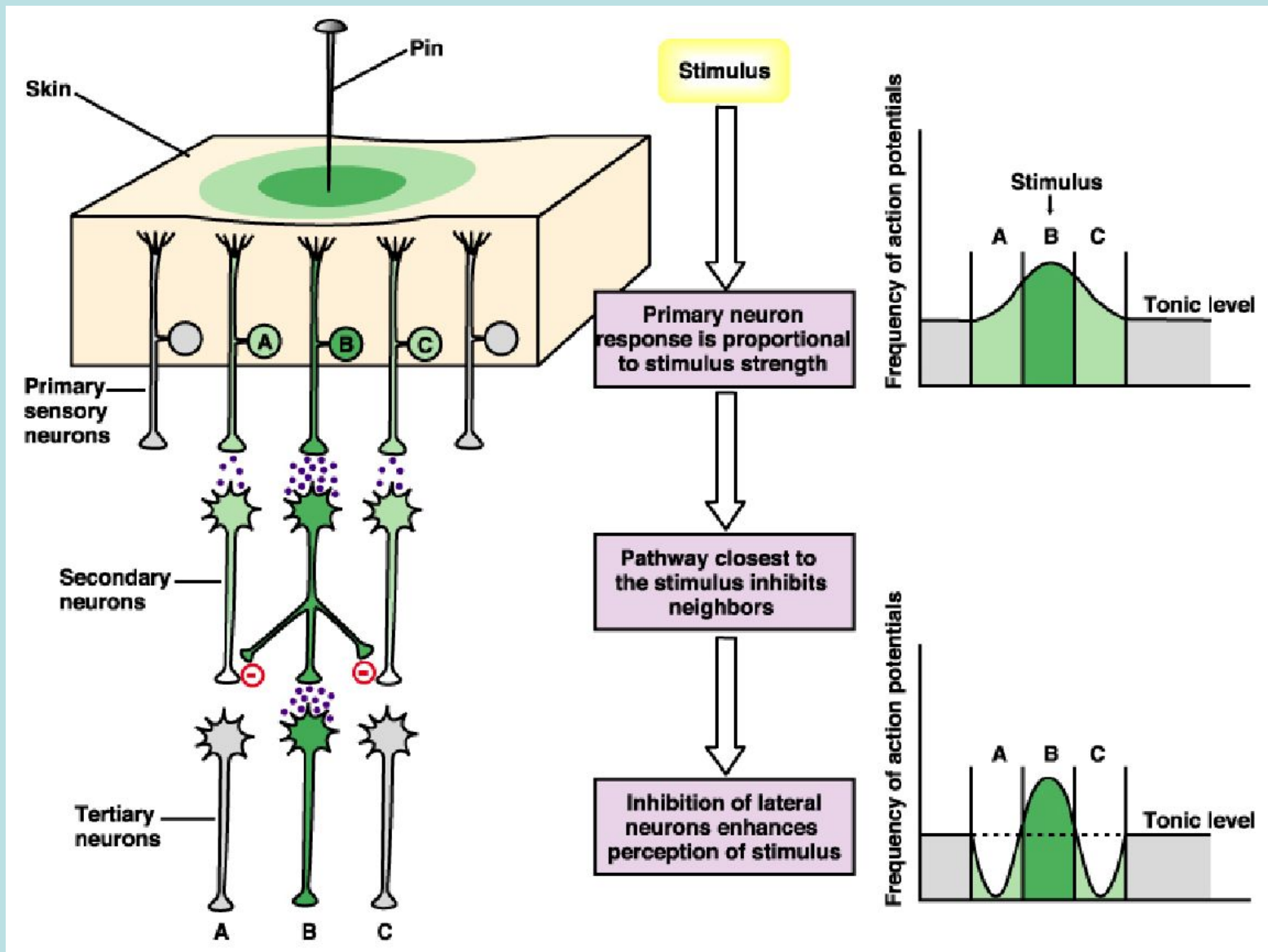
Рецептивное поле

Порог различения двух прикосновений определяется размером рецептивного поля и степенью их перекрытия



Латеральное торможение:

- Способствует точному определению зоны воздействия на кожу
- Улучшает способность измерять силу воздействия



Чтение текста, написанного азбукой Брайля

Braille: Tactile Shape Discrimination Using Active Touch

K Q H T M A P X I Z S O D

Roman alphabet letters



Roman alphabet letters
(after blurring)



Braille alphabet letters



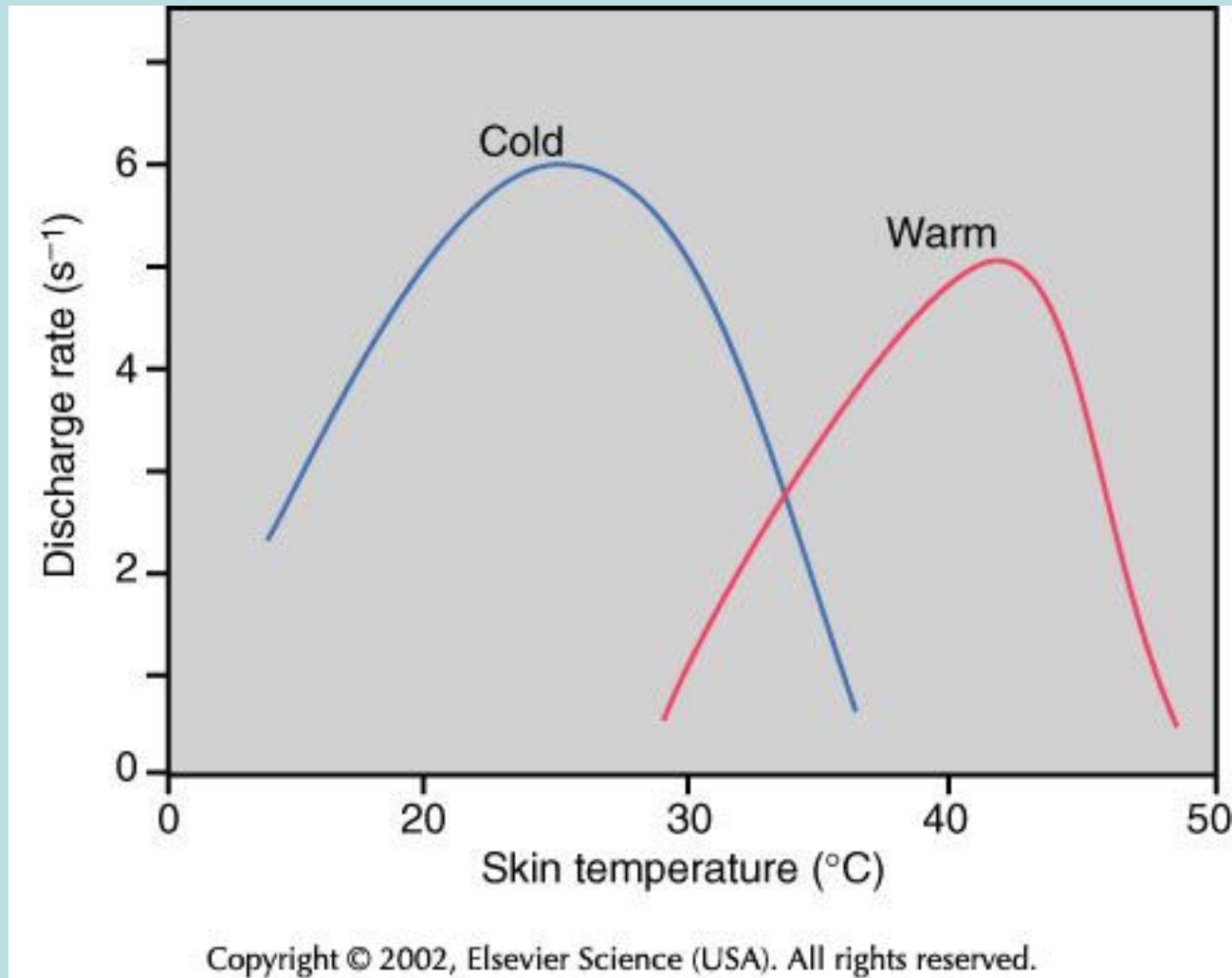
Braille alphabet letters
(after blurring)

- Visual blur used to illustrate the analogous mechanical blur produced by the fingertips. Blurring leaves Braille letters distinct unlike Roman letters

Тепловая и холодовая чувствительность

1. Рецепторы тепла (ТР), диапазон 30-45°. Нейтральная зона между 30 и 36°. Чувствительность максимальна на границах этого диапазона.
2. Рецепторы холода (ХР), диапазон 10-38°. Их в 10 раз больше, чем тепловых.
3. Изменение температуры при повышении температуры (ТР) и охлаждения (ХР) приводит к повышению частоты потенциалов действия.
4. Восприятие зависит: а) области температуры; б) скорости ее изменения; в) площади воздействия; г) сочетания с тактильным раздражением; д) кровоснабжения (алкоголь). Быстрое изменение на 0.1° - предел чувствительности.
5. Адаптация только в диапазоне между 20 и 45 °. За пределами - ее нет, может перейти в чувство боли.

Температурные диапазоны активации холодовых и тепловых рецепторов кожи человека



Термочувствительность реализуется термочувствительными ионными каналами, локализованными в специфических нервных окончаниях.

Существует семь подсемейств таких каналов, часть из них настроены на восприятие изменений в определенном диапазоне температуры: TRPV2 >52С, TRPV3 – 32-39С, TRPV4 – 27 -34С, TRPA1 - 18С, TRPM8 -10-32С

Белки термочаналов экспрессируются сенсорными нейронами, иннервирующими кожу и слизистые носа, ротовой полости.

Ощущение тепла или холода может имитироваться воздействием определенными химическими веществами (капсаицин – черный перец, ментол и др.).

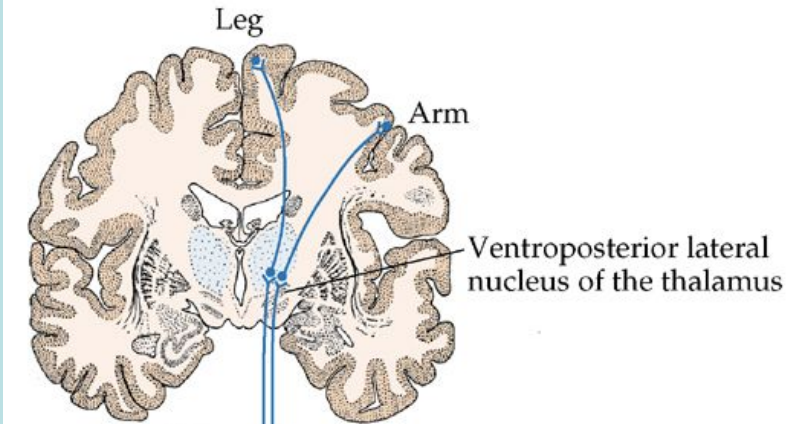
Сенсорные проводящие пути, обеспечивающие тактильные ощущения

Три нейрона:

- Первичный афферент образует синапсы с нейронами в сегменте спинного мозга.
- Второй нейрон в продолговатом мозгу
- Третий в ядрах таламуса

(A) Somatosensory pathways

Somatosensory cortex



Medial lemniscus
Dorsal column nuclei

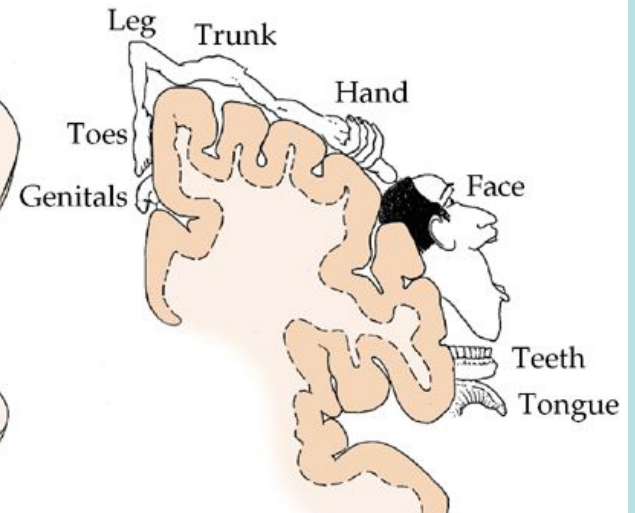
Medulla

Spinal cord

From arm

From leg

(B) Sensory homunculus



Цикл лекций по нейрофизиологии 2013 - 2014

Медицинский факультет СПбГУ

Член-корр РАН Лев Гиршевич Магазаник

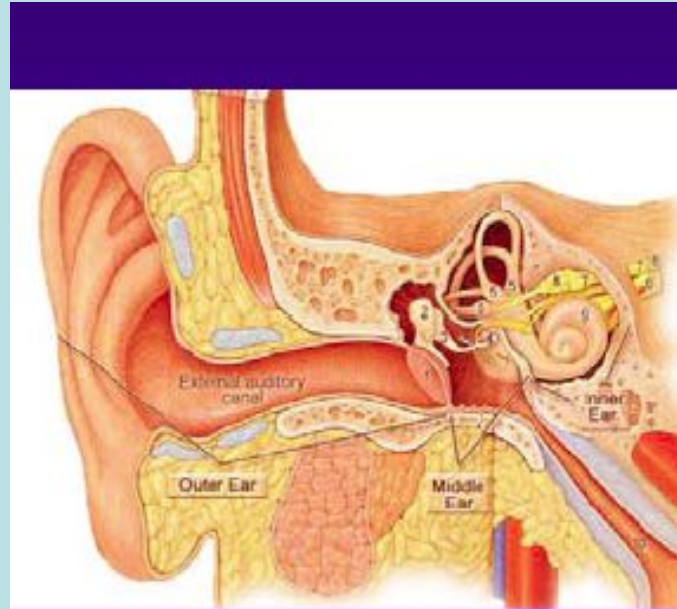
Лекция 14

Сенсорные системы

Вестибулярная система

Основные функции вестибулярной системы

- Отслеживать движения головы, ее положение в пространстве и снабжать мозг этой информацией
- Генерировать быстрые окуломоторные, постуральные и сознательные реакции
- Это осуществляется специализированными сенсорными областями мембранного лабиринта во внутреннем ухе
- Траектории движения головы можно разложить на круговые (угловые) и линейные компоненты



The
membranous
labyrinth

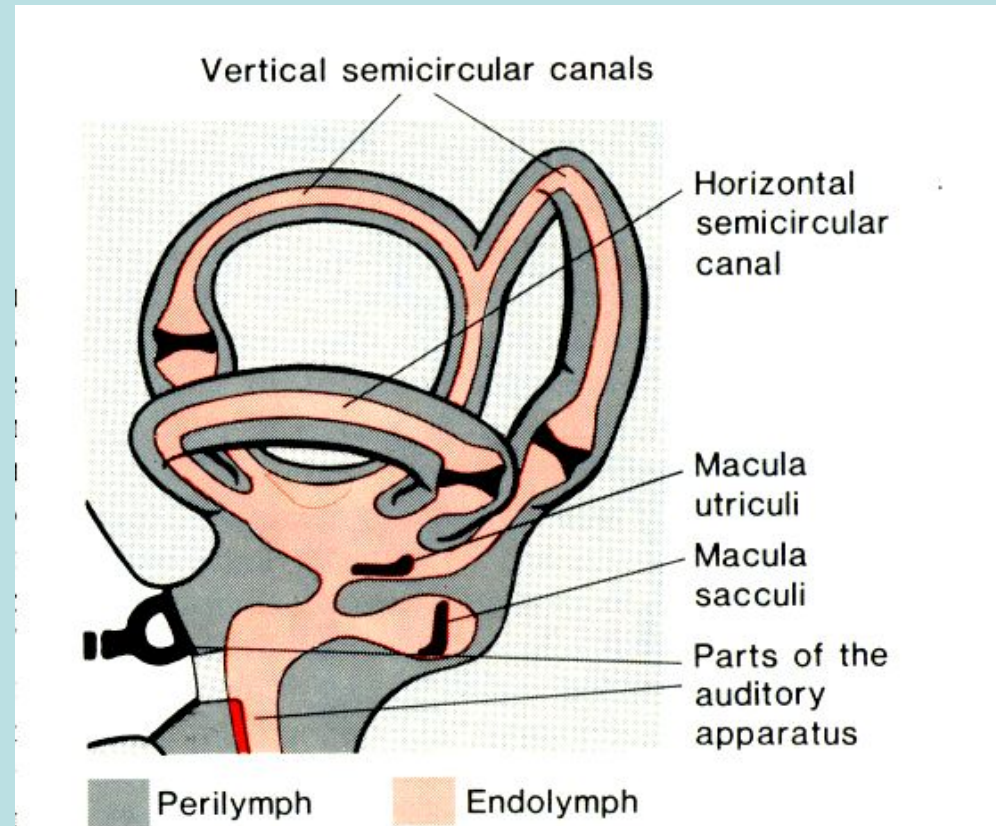
Вестибулярная система

Вход – сигнал:

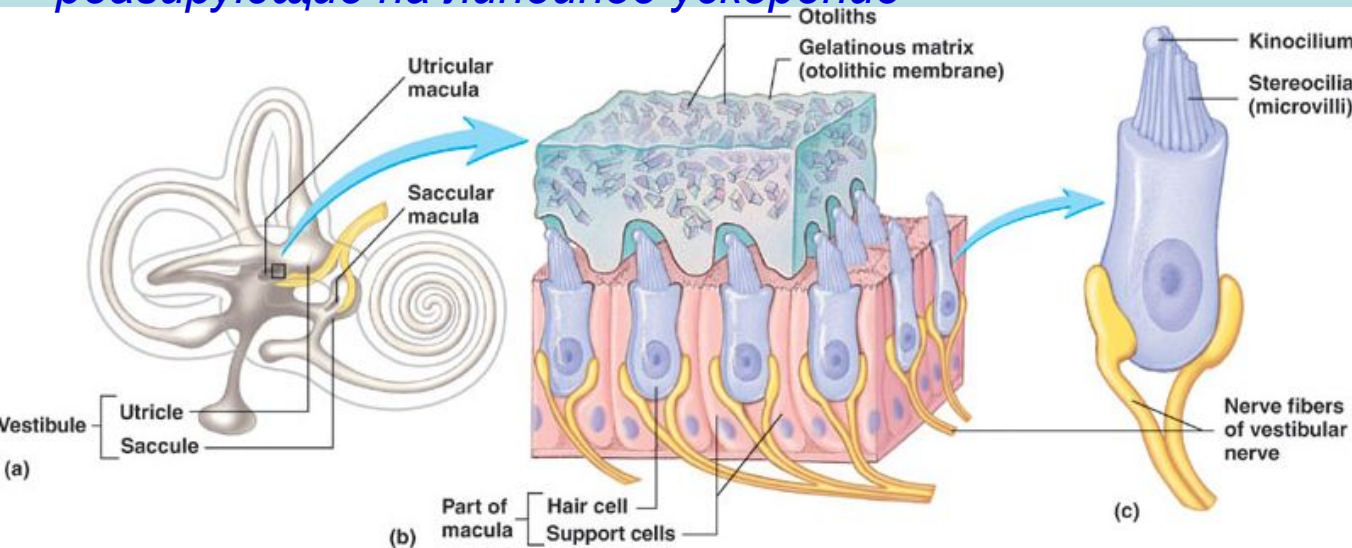
Смещения жидкости, вызванные изменением положения головы в пространстве

Выход – реакция:

1. Движения глаз, компенсирующие движения головы (фиксация взора), вестибуло-глазодвигательный рефлекс
2. Ощущение собственного движения
3. Ощущение позы и возможность ее контроля

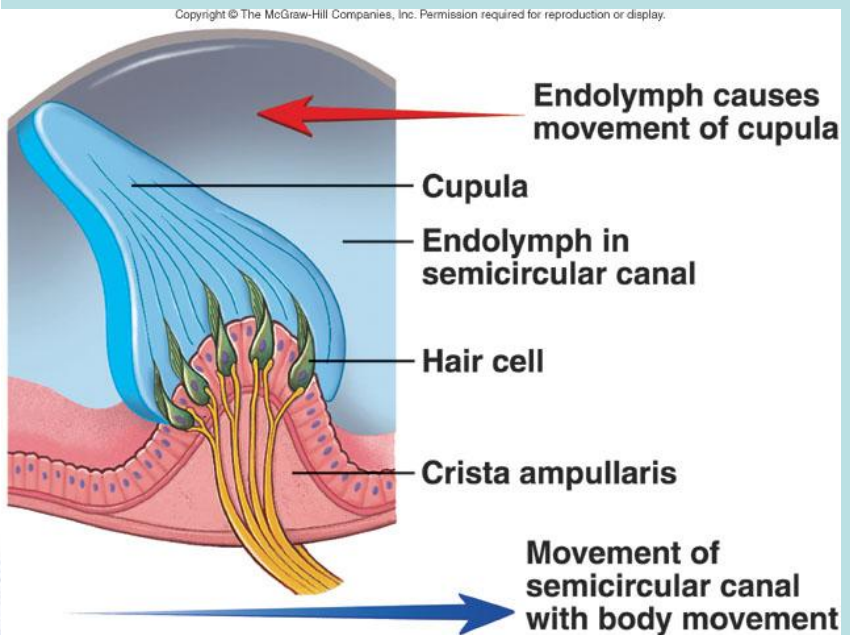
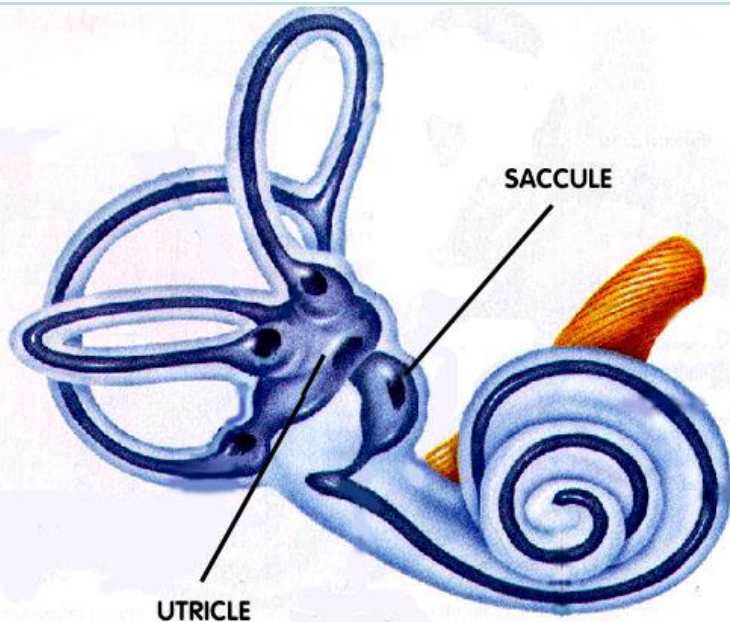


Вестибуль (мешочек и маточка) содержит **макулы**, реагирующие на линейное ускорение



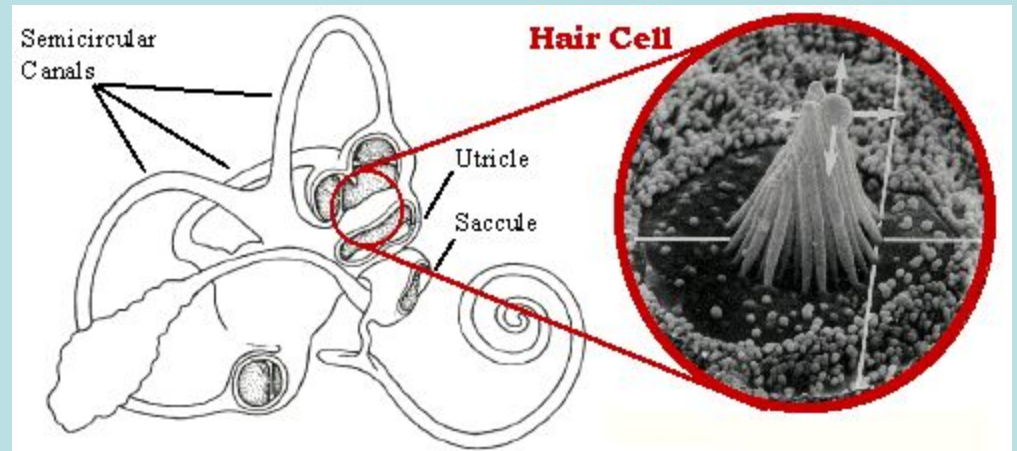
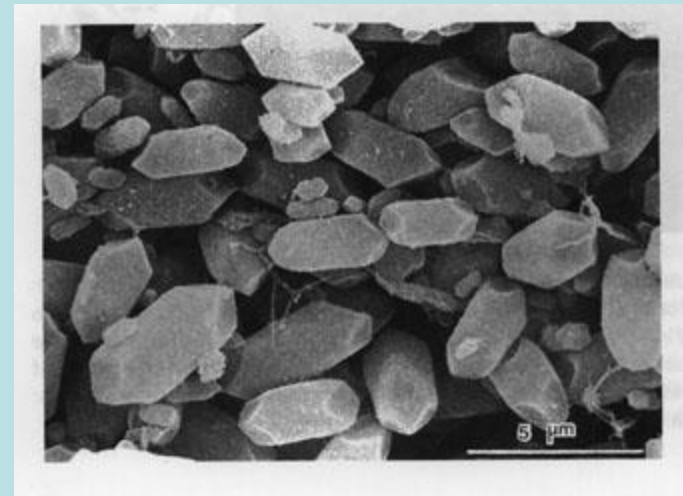
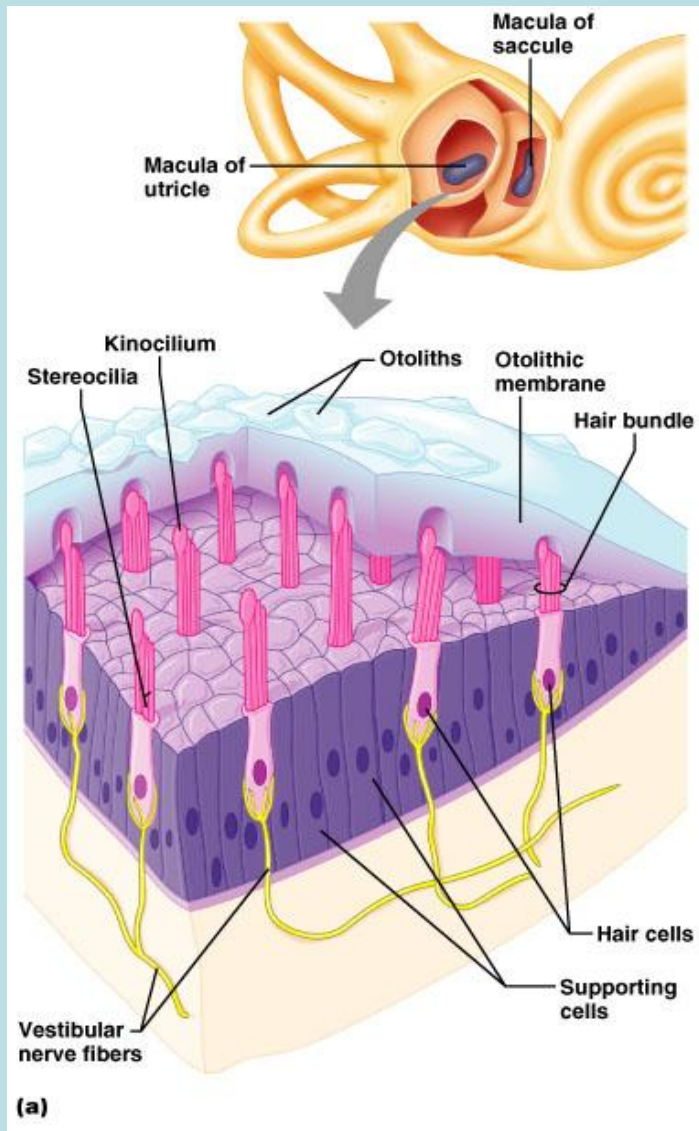
Саккулус более чувствителен к вертикальным линейным ускорениям (и вибрациям). **Утрикулус** - к горизонтальным ускорениям.

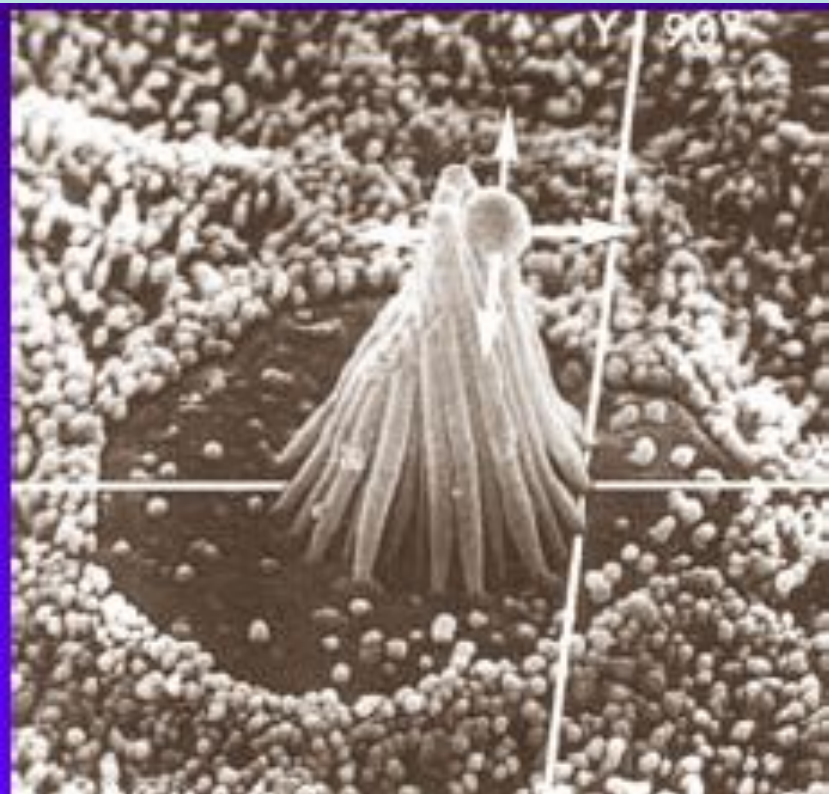
В ампулах полукружных каналов – **купулы**, реагирующие на угловое ускорение



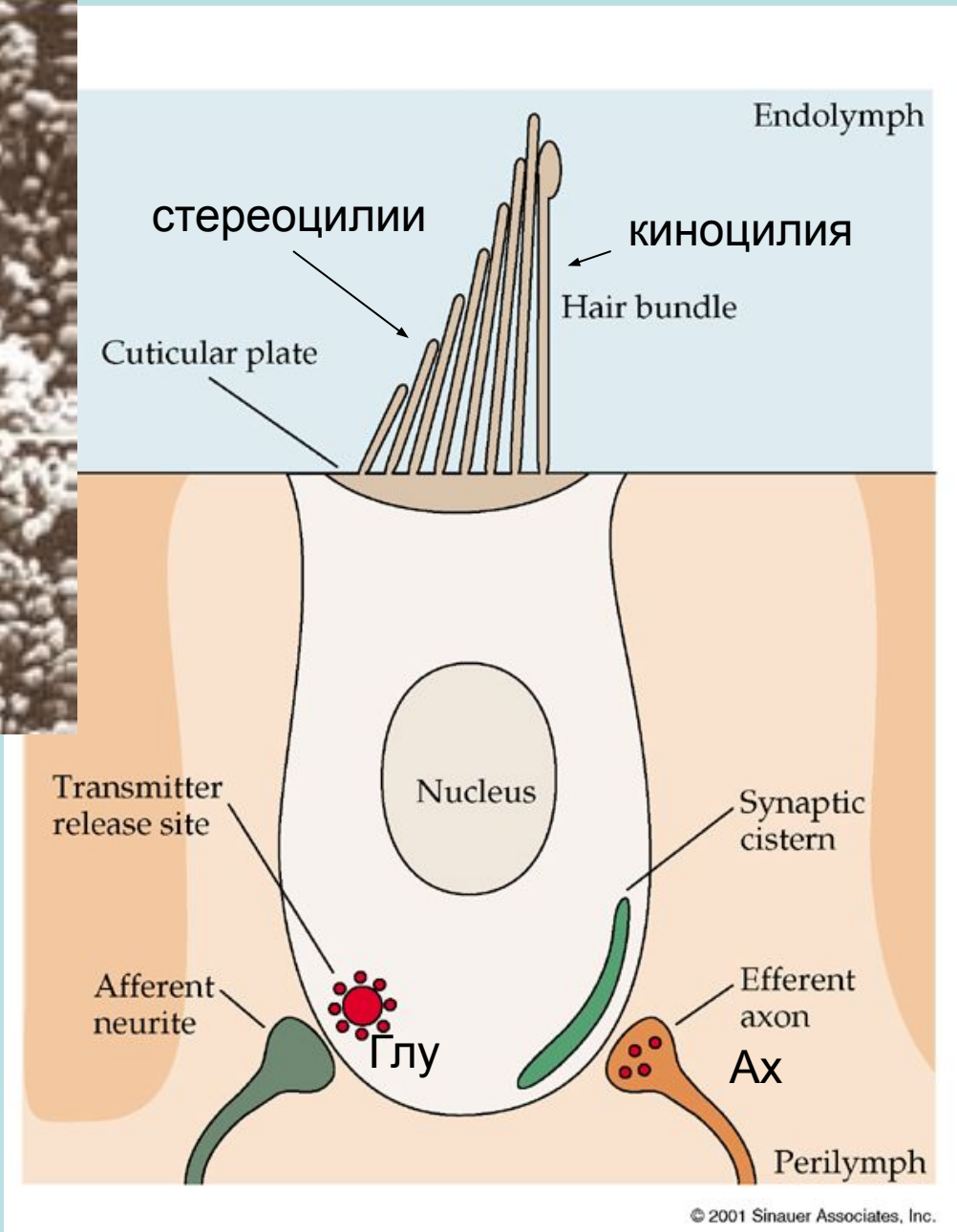
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Строение макулы





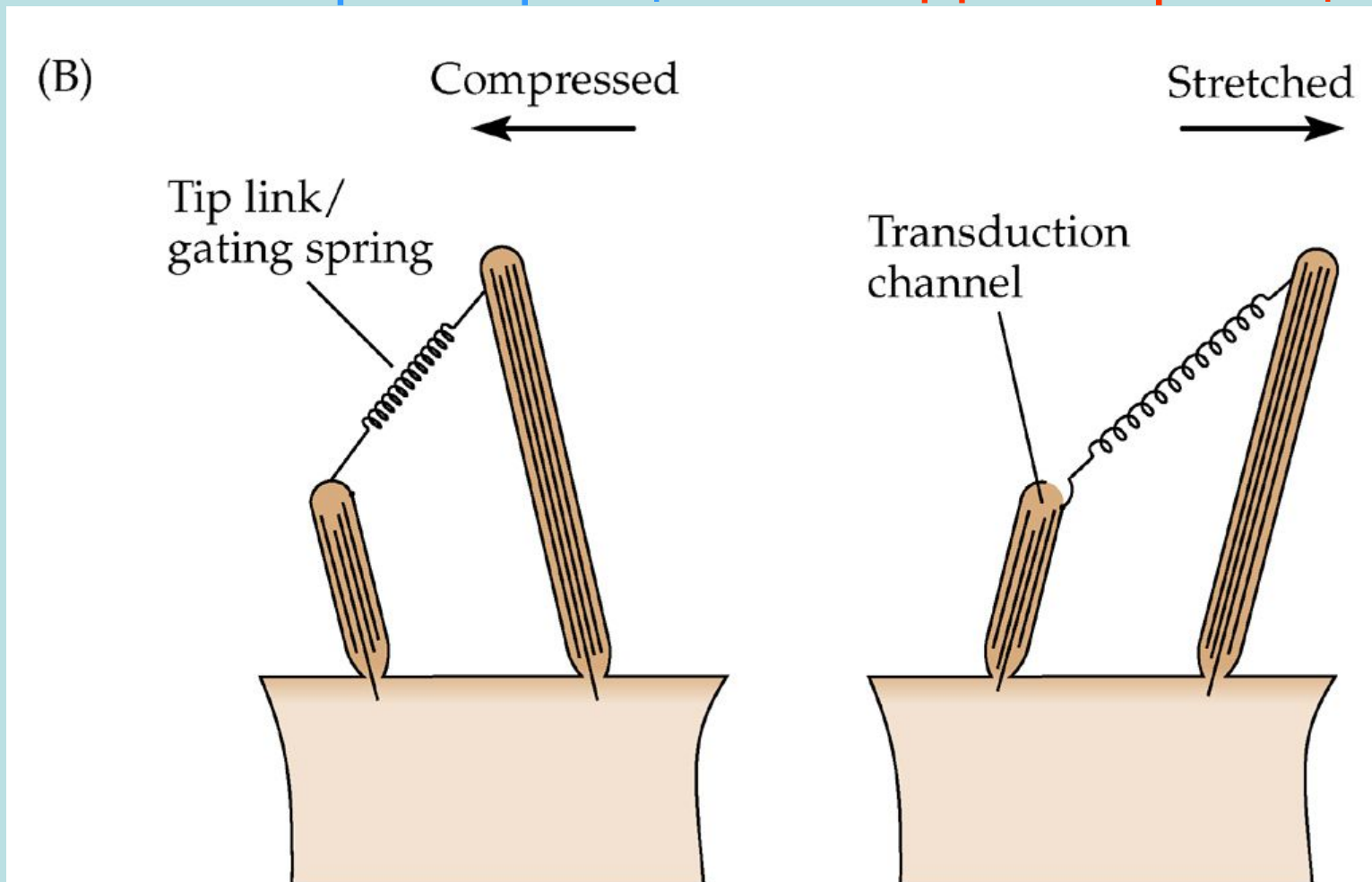
Электронная микрофотография
и схема волосковой клетки

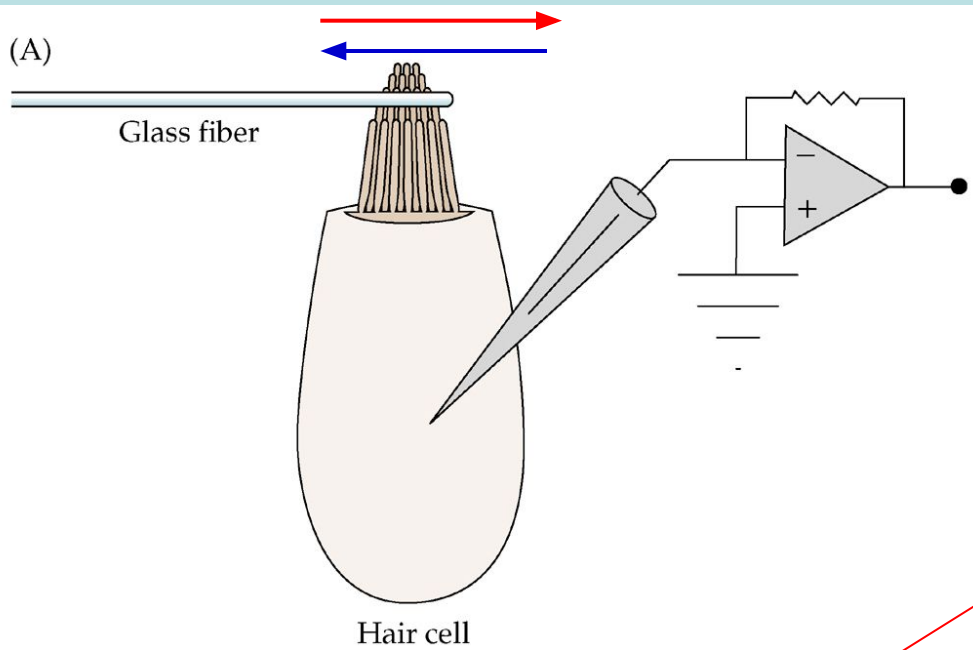


Направление наклона стереоциллий определяет состояние механочувствительных (стретч-) каналов в мембране волосковых клеток, что приводит к

Гиперполяризации

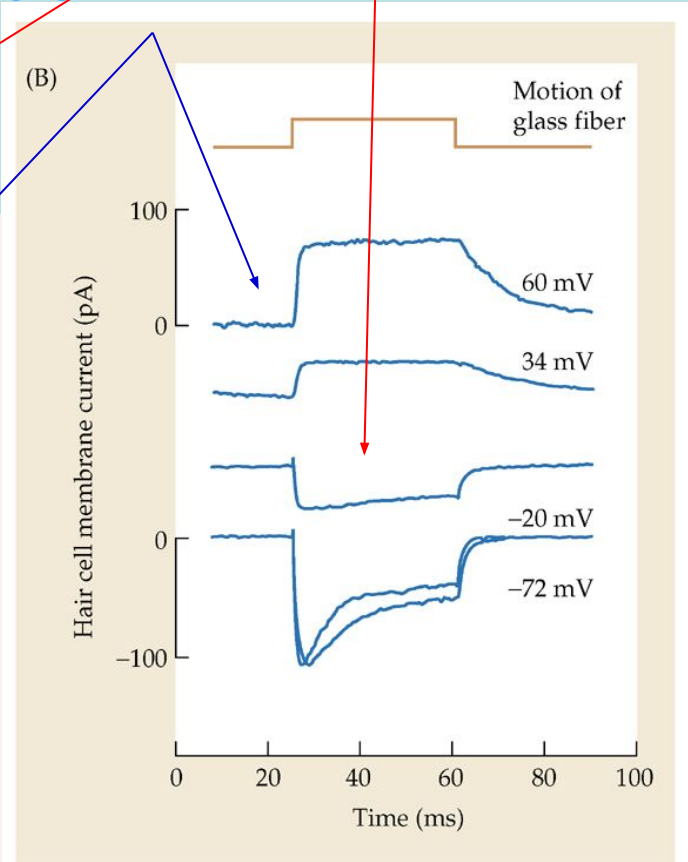
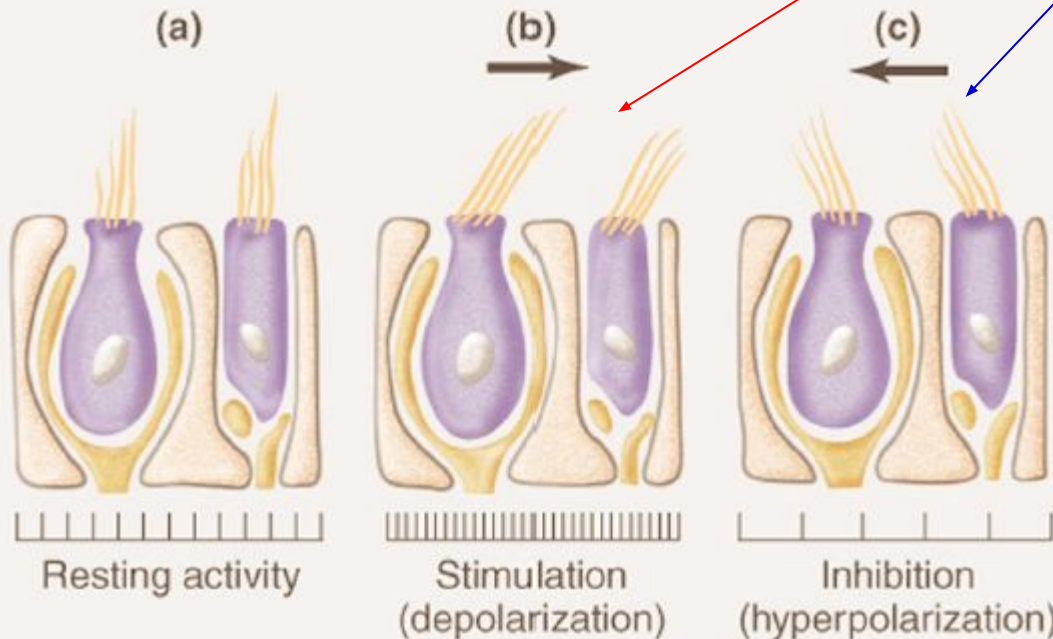
Деполаризации



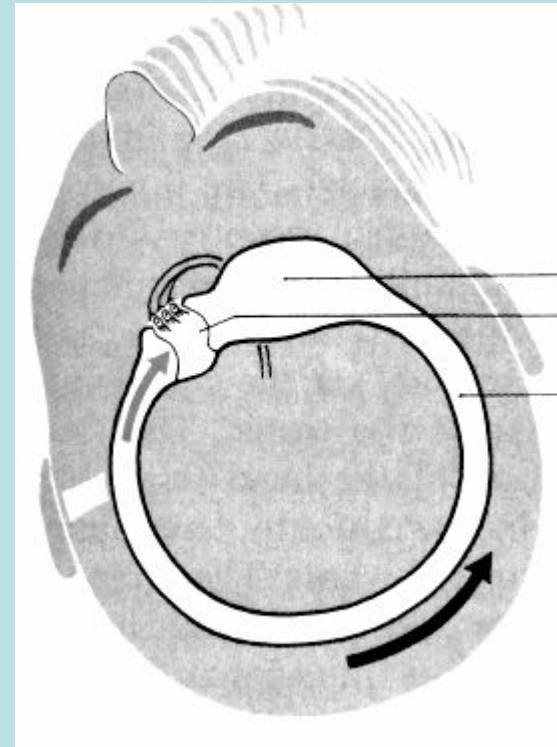
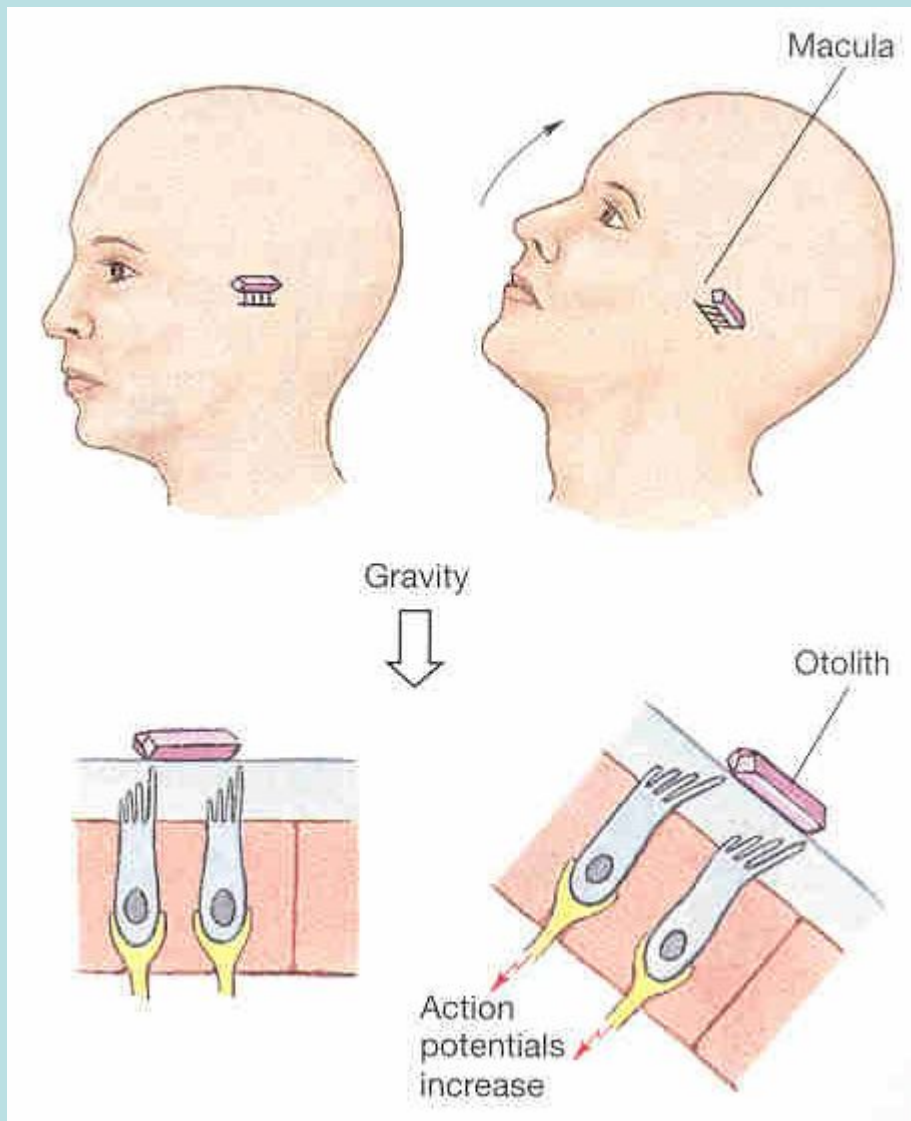


Смещение стереоцилий по направлению к киноцилии вызывает **деполяризацию и увеличение частоты разрядов** нейронов вестибулярного ганглия

Противоположное направление – **гиперполяризацию и снижение частоты**

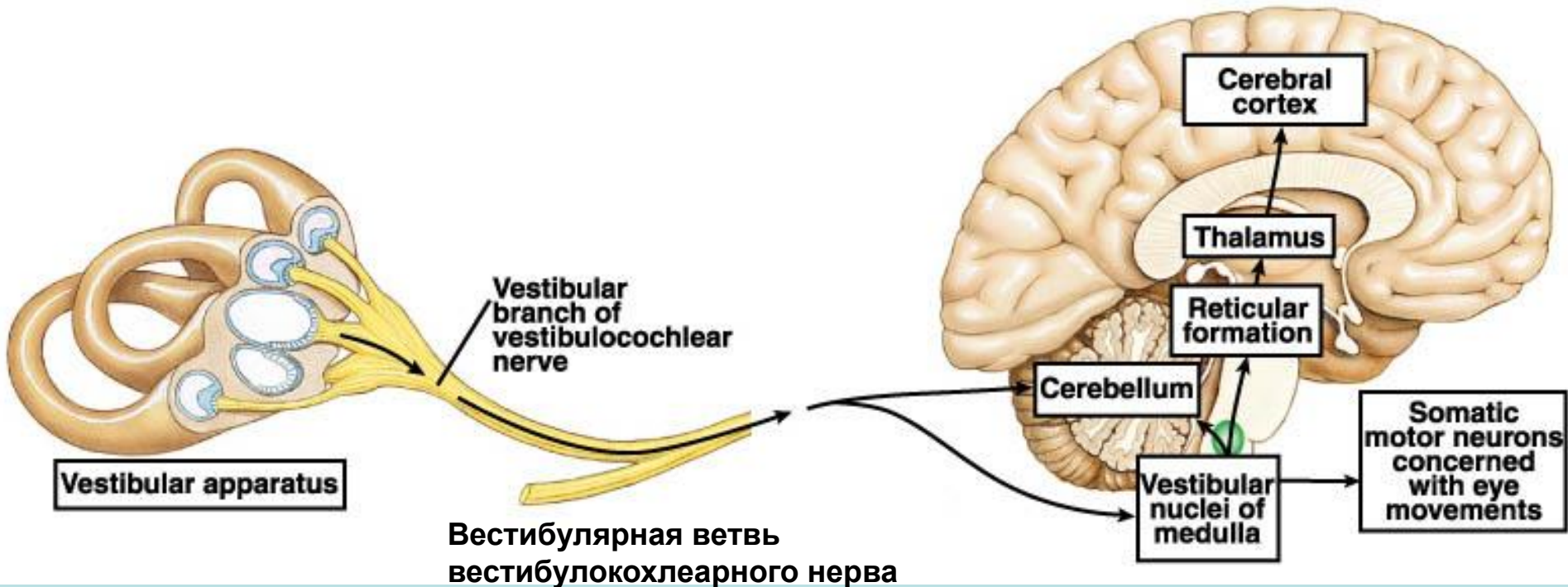


Изменение силы тяжести

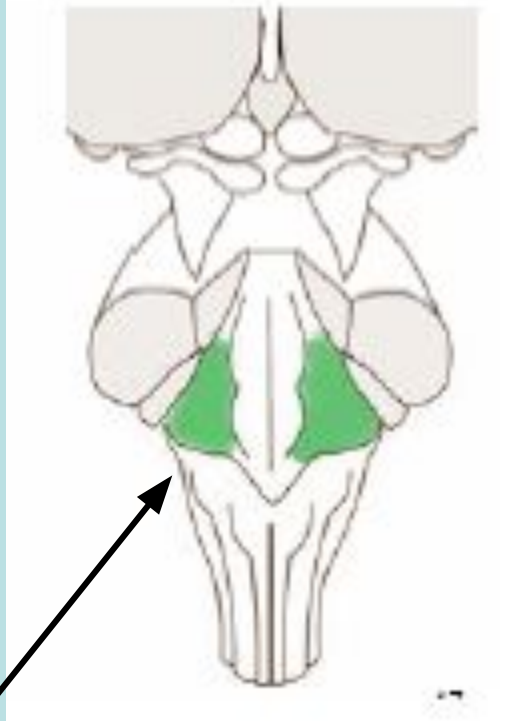


Действие углового ускорения

Проведение сигнала от вестибулярного аппарата в мозг



Сигналы от волосковых клеток направляются в ствол мозга по VIII паре черепно-мозговых нервов. Затем попадают в парietoально расположенные вестибулярные центры коры, где интегрируются с информацией от суставов, сухожилий, кожи. Создается комплексная картина позы тела и последовательности движений

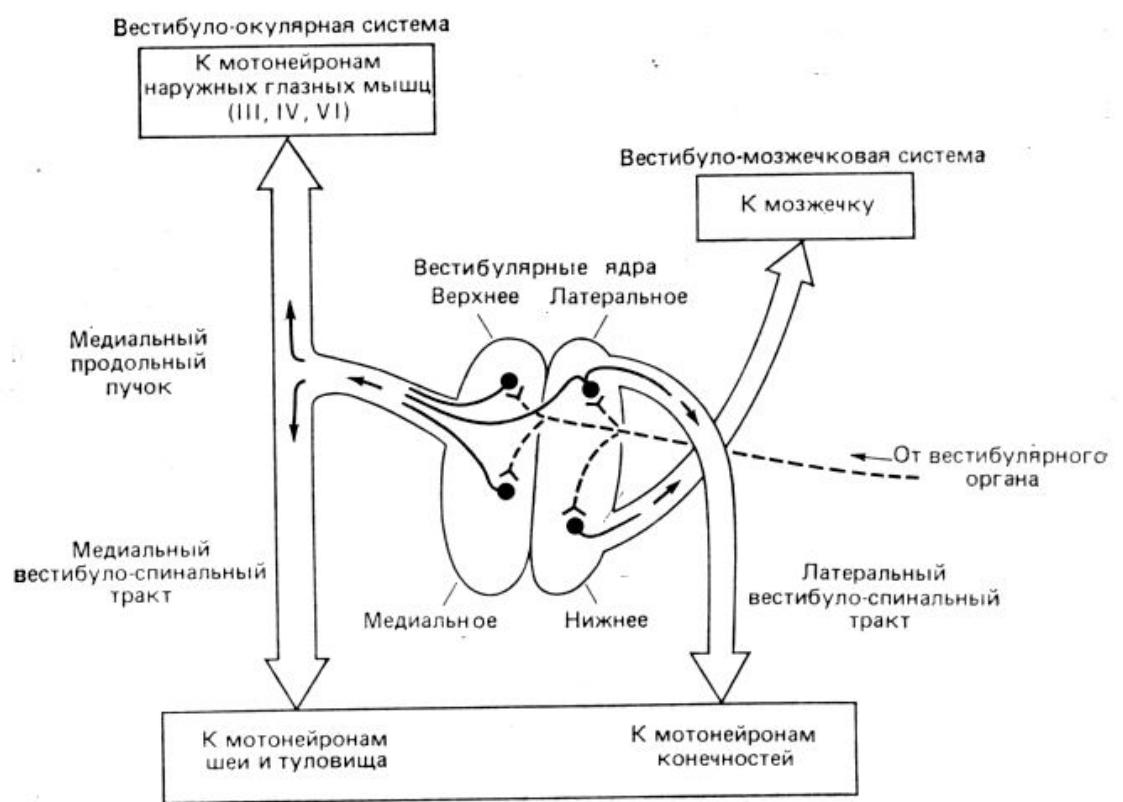


Вестибулярные ядра лежат на дне 4-ого желудочка

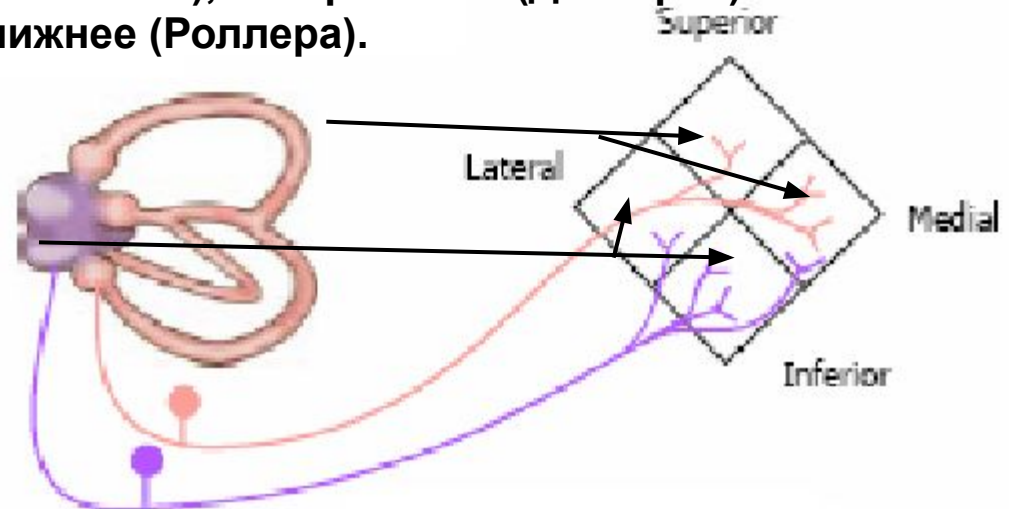
Проекции:

От полукружных каналов – в верхнее и медиальное ядра

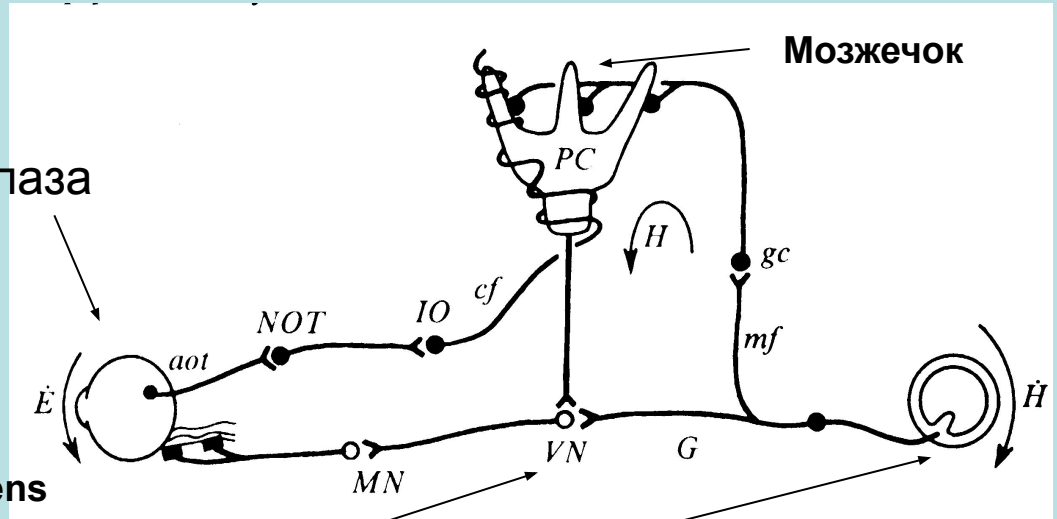
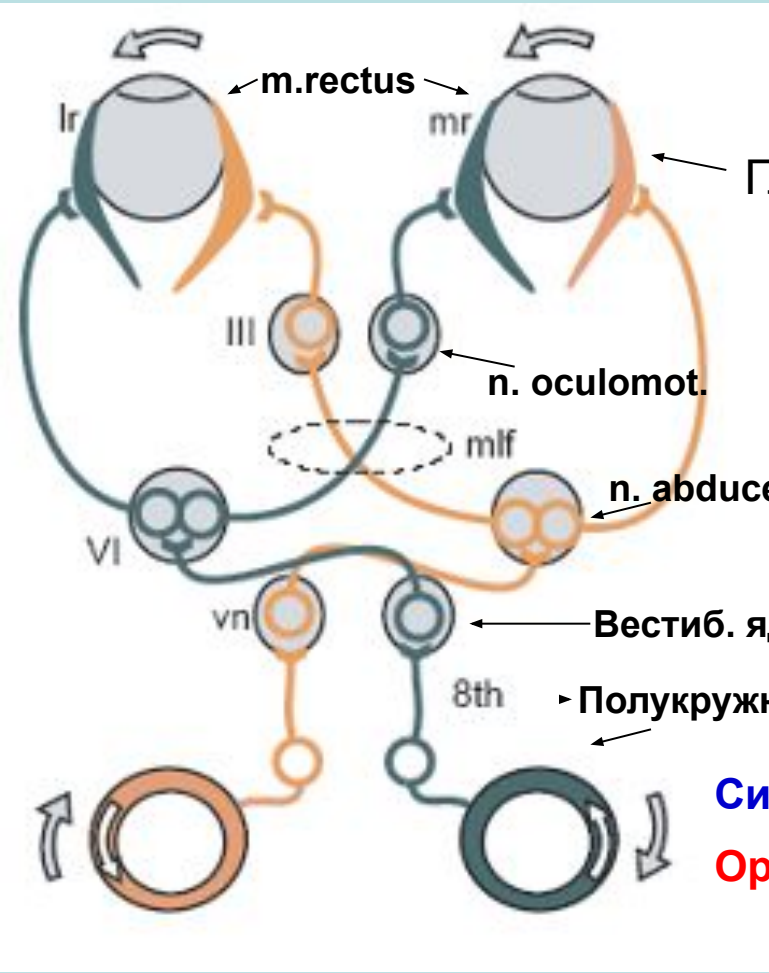
От саккулус и утрикулус – в латеральное и нижнее ядра



Вестибуло-спинальная система
верхнее (Бехтерева), медиальное (Швальбе), латеральное (Дейтерса) и нижнее (Роллера).



Движения глаз, сопровождающие поворот головы направо



Вестибуло-глазодвигательный рефлекс (ВГР)

Синим – возбуждение
Оранжевым - торможение

Нистагм – непроизвольное движение глаз – это часть ВГР. Состоит из медленного движения глазных яблок сначала в одну сторону, а затем быстрых саккадических движений в другую

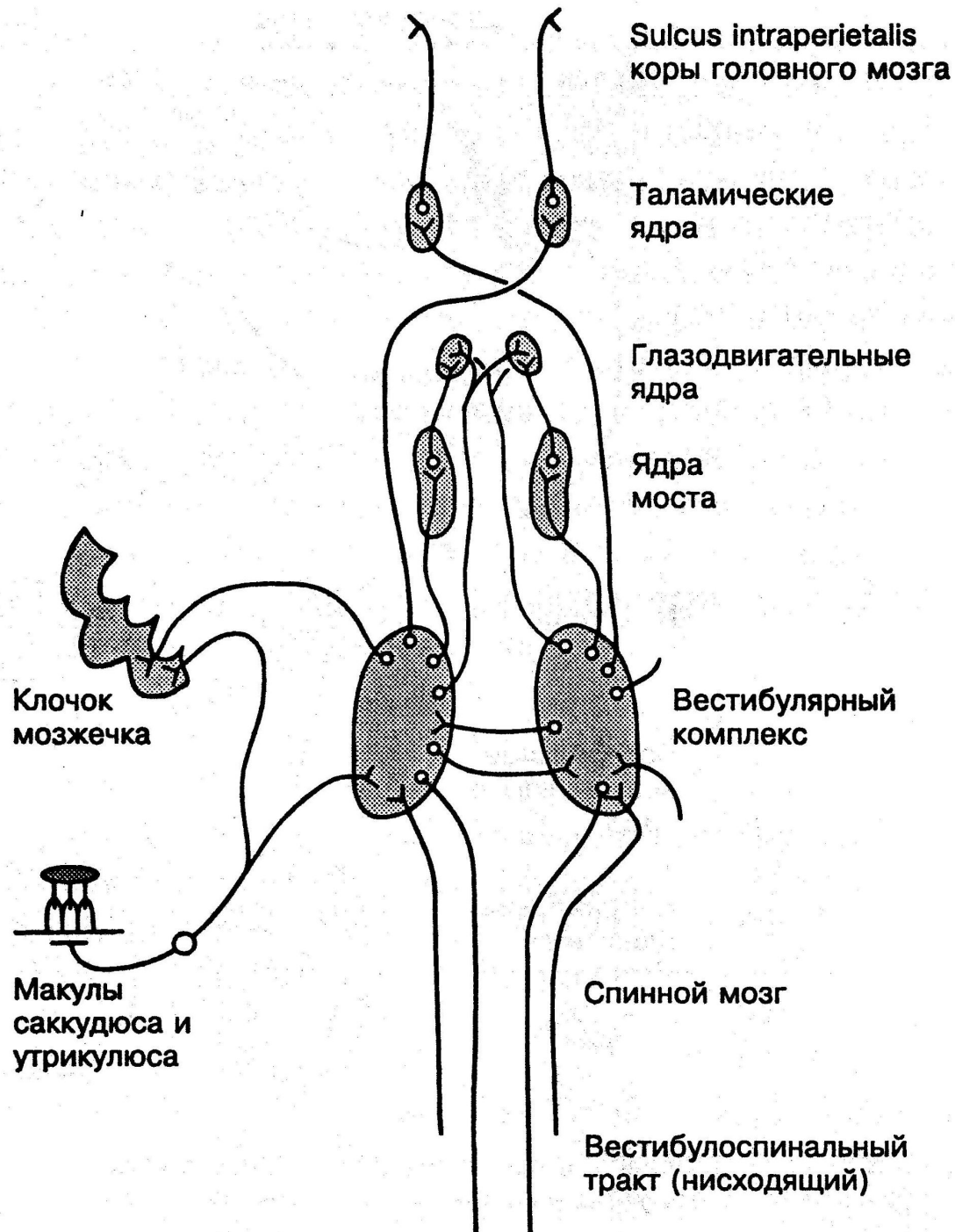
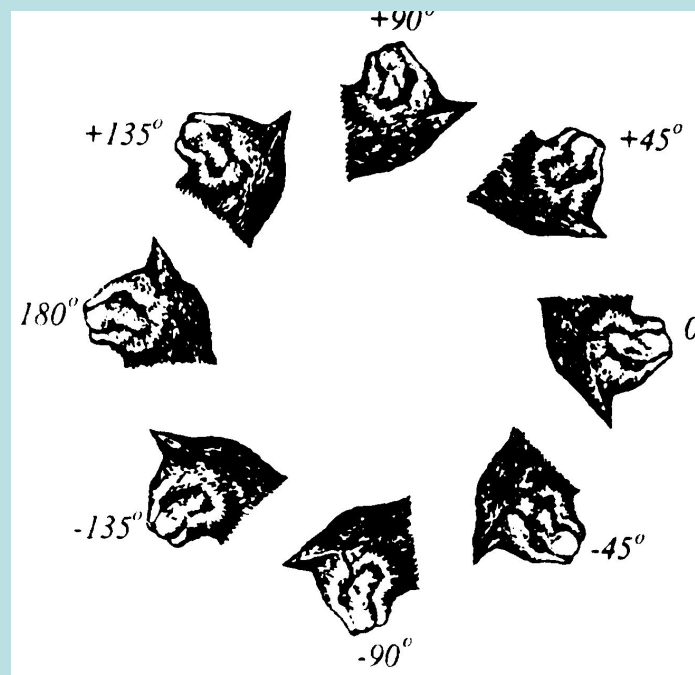
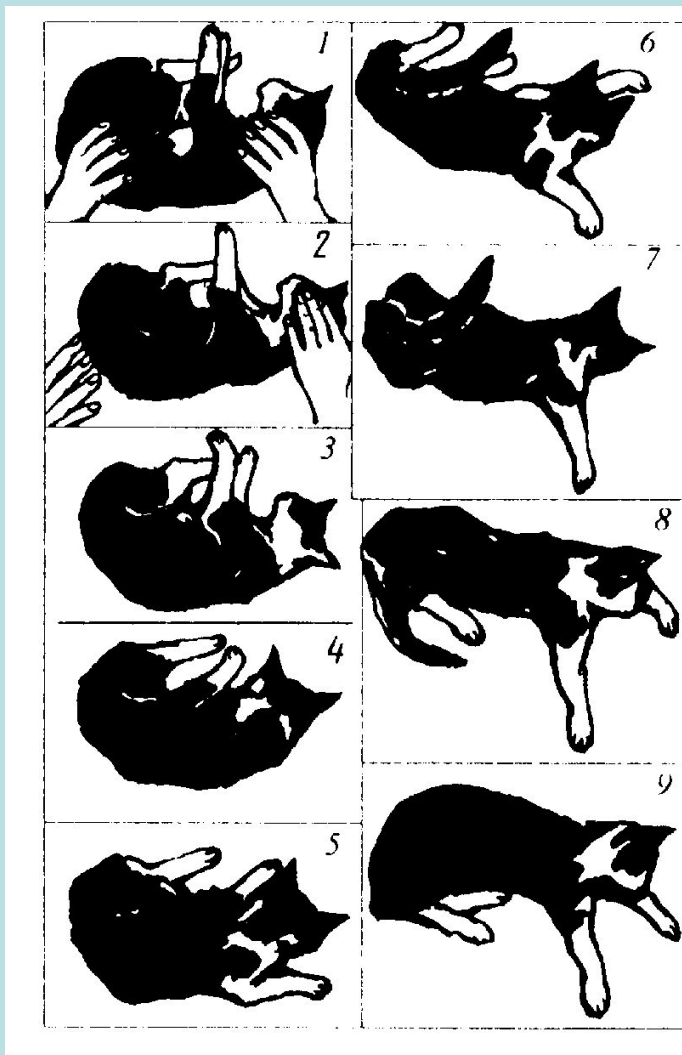


Схема вестибулярного пути

Пример статокинетического рефлекса



Цикл лекций по нейрофизиологии 2013 -2014

Медицинский факультет СПбГУ

Член-корр РАН Лев Гиршевич Магазаник

Лекция 15

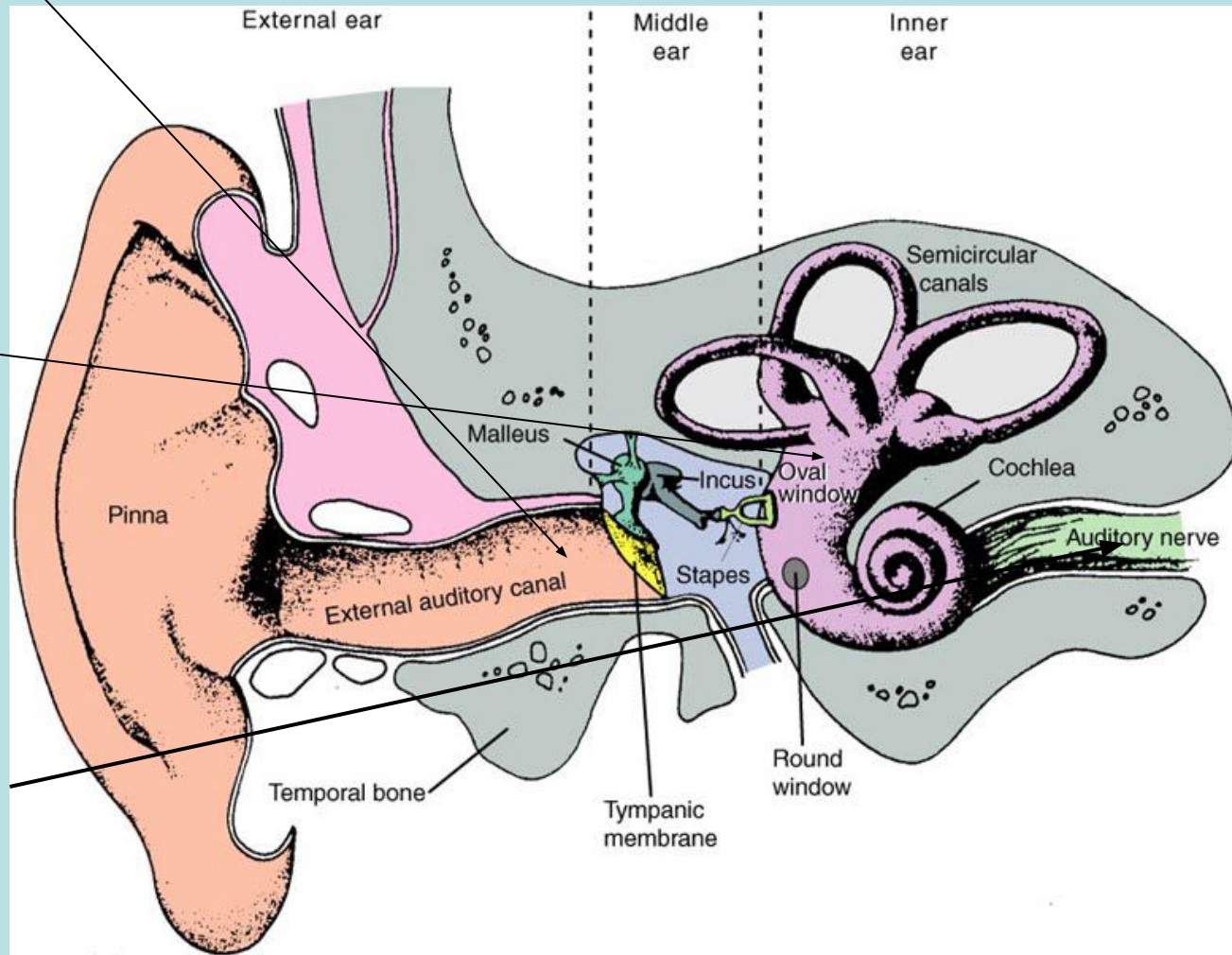
Сенсорные системы

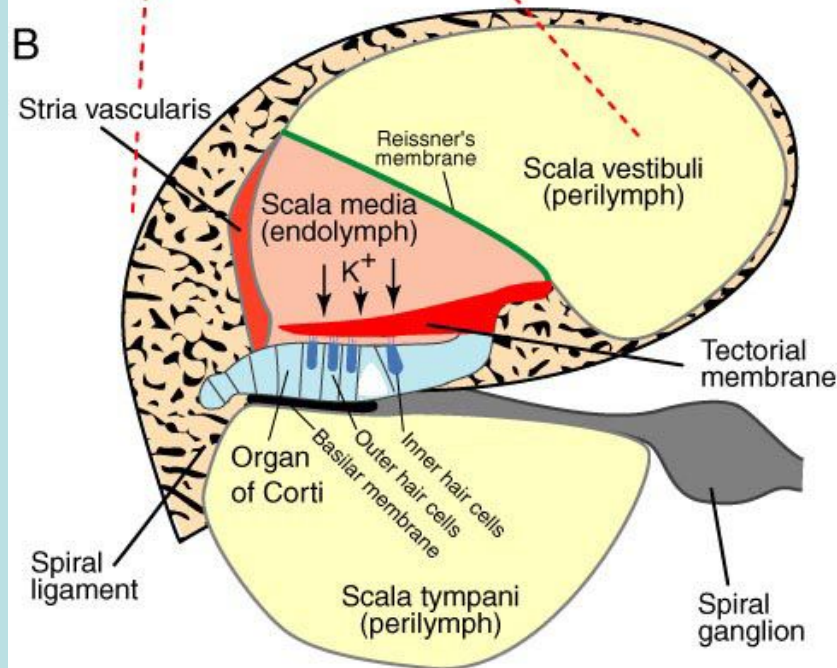
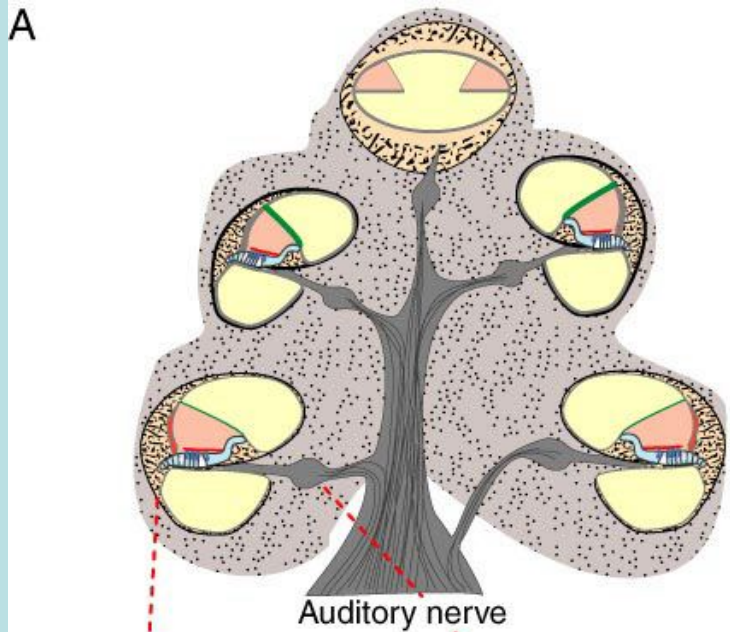
Слух

Анатомия уха

Ухо – орган, в котором

1. **звук**овые волны конвертируются в
2. **волны жидкости** (передаточная среда), что волосковыми клетками превращается
3. **В химические сигналы** (в синапсах с слуховыми нейронами). Затем
4. **В потенциалы действия**, идущие по слуховому нерву в мозг.





Поперечный срез через улитку.

Улитка делает около 3 оборотов и имеет длину 35 мм.

Три канала (лестницы): вестибулярная, средняя и барабанная.

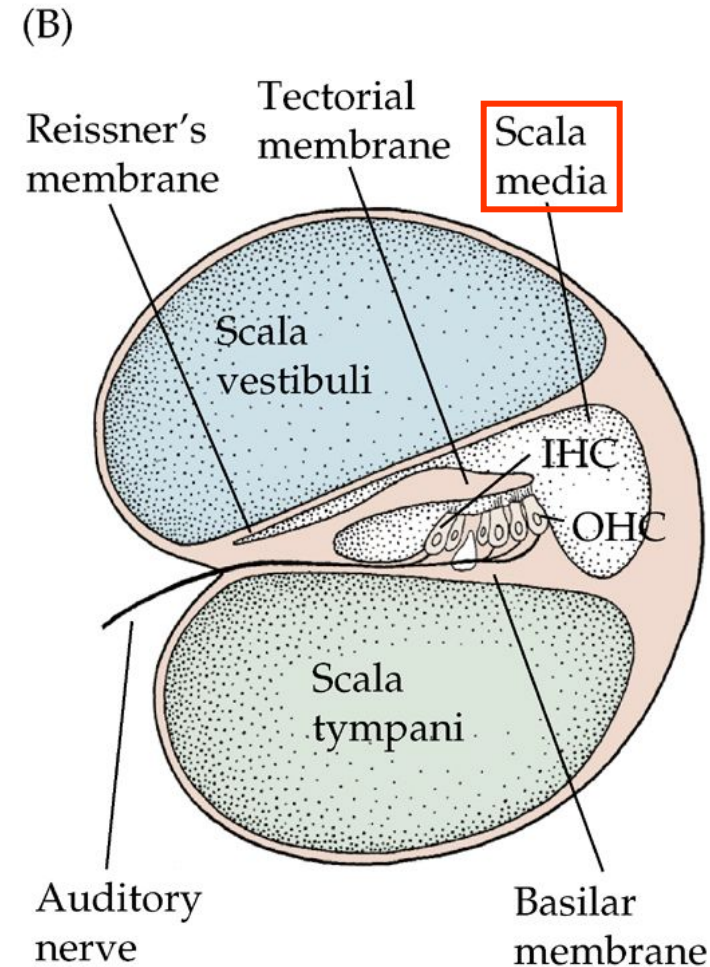
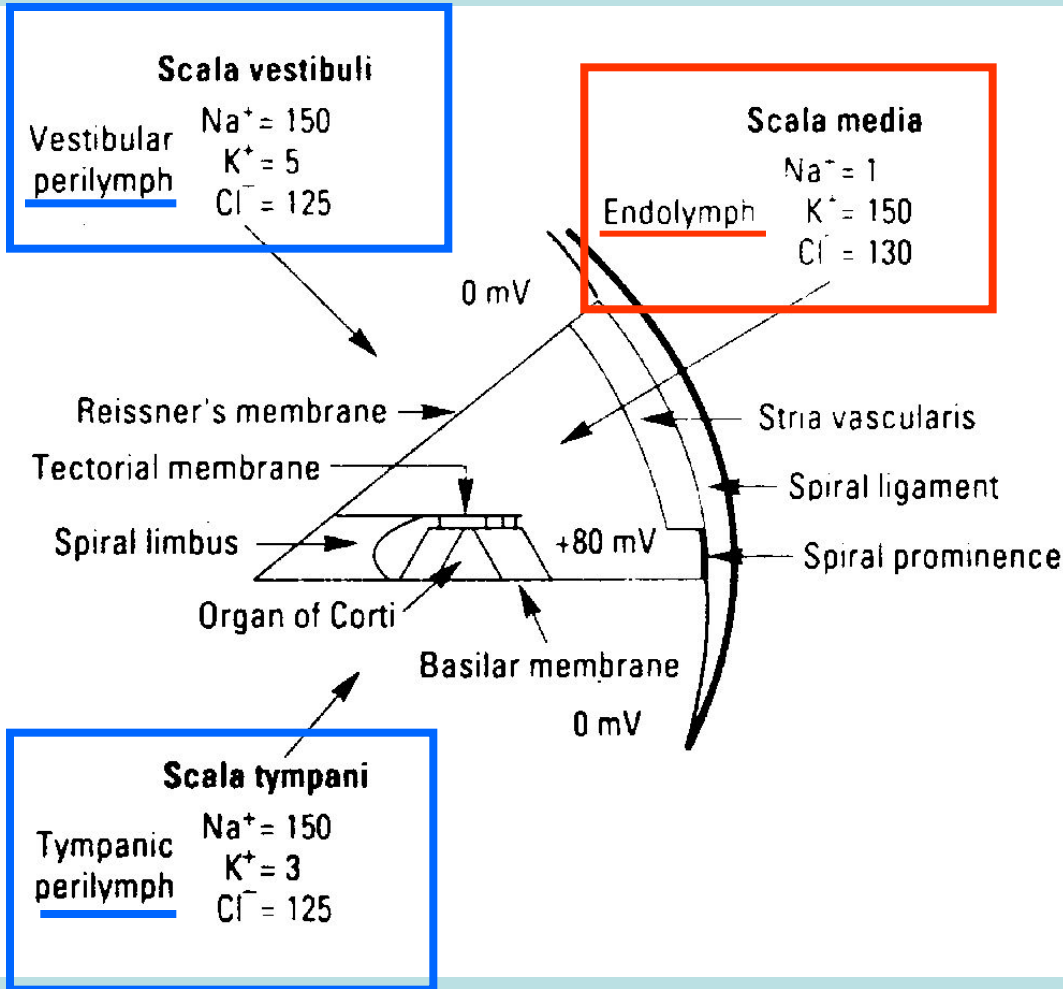
Кортиев орган: внутренние и внешние волосковые клетки, расположенные между базилярной и текторальной (покровной) мембранами

Сосудистая полоска богата Na-K-АТФазой, создающей в средней лестнице высокое содержание K^+

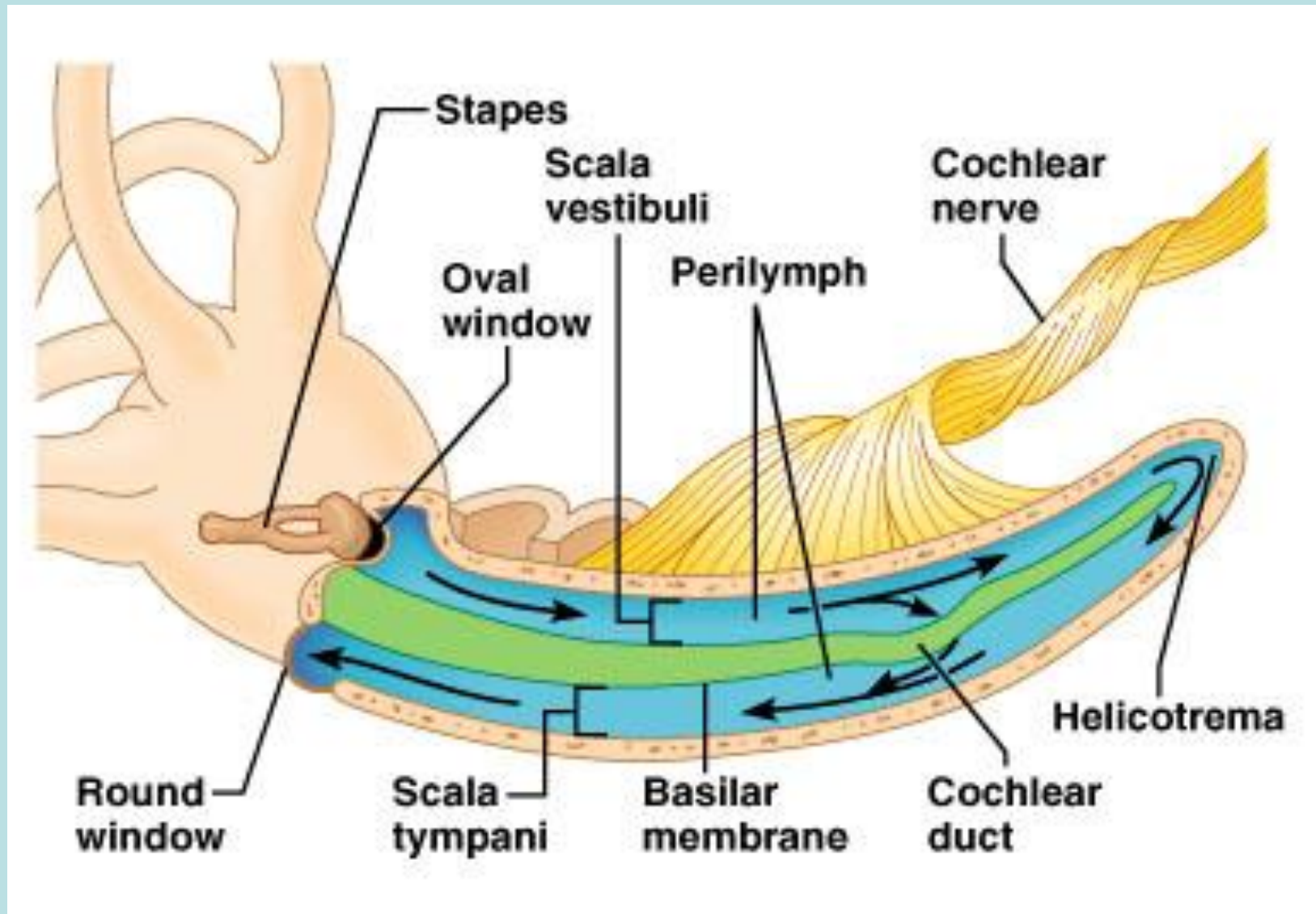
Спиральный ганглий содержит первые слуховые нейроны

Слуховой нерв проходит в центральной части улитки

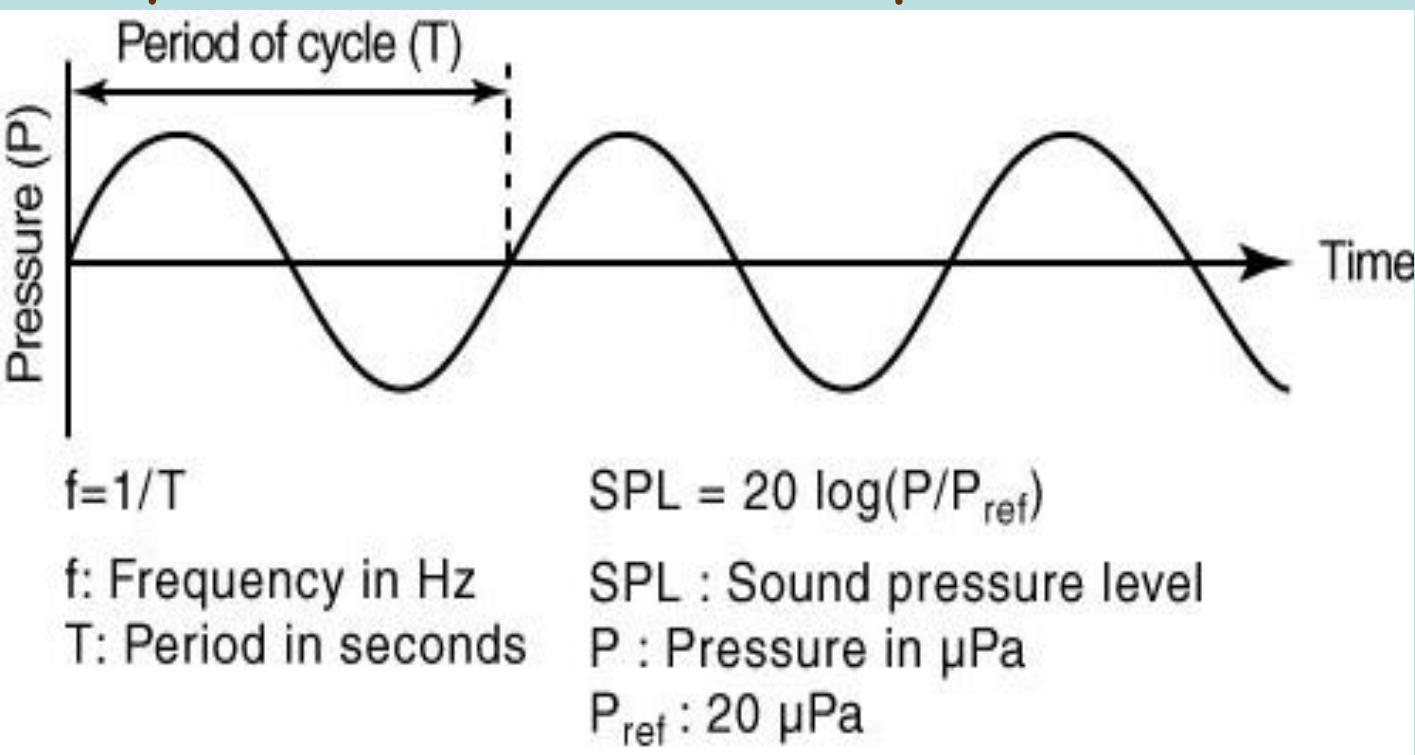
Ионный состав эндо- и перилимфы



Движение перилимфы, вызванное звуковой волной



Основное назначение уха состоит в восприятии звуковых волн и их первичном анализе



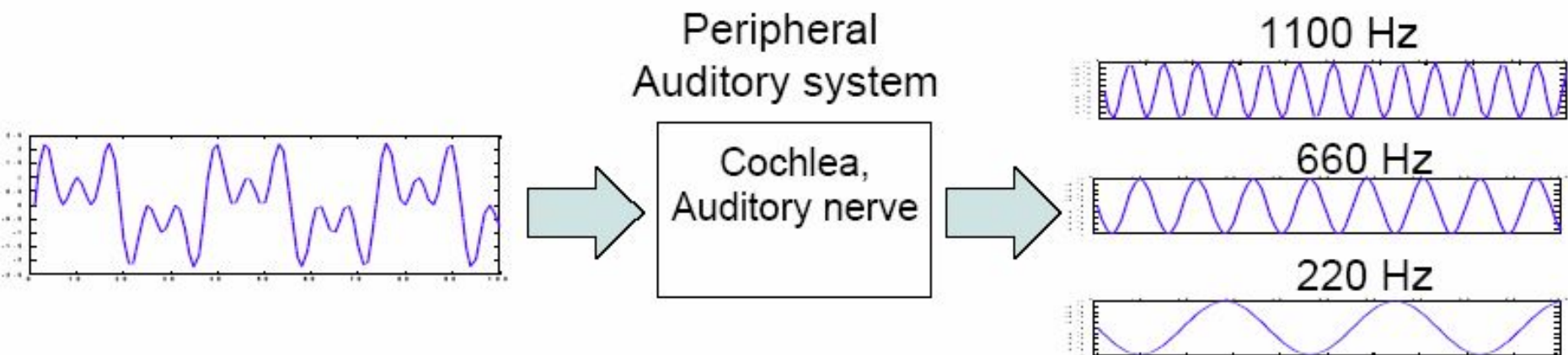
Сложная и многокомпонентная звуковая картина превращается в совокупность элементарных синусоидальных колебаний.

Это чистые тона, характеризующиеся частотой (в Гц) и звуковым давлением в децибелах (dB).

Ухо проводит частотный анализ звука

Вход: сложный звук

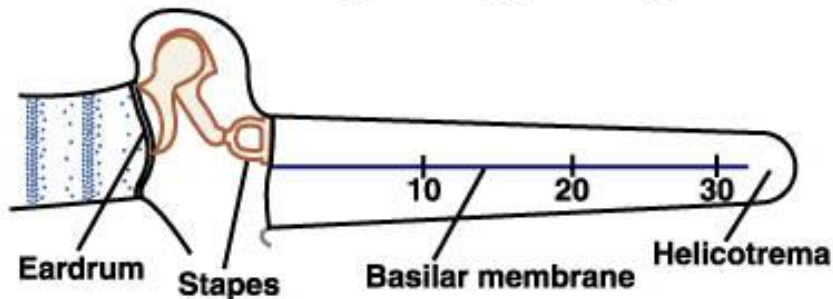
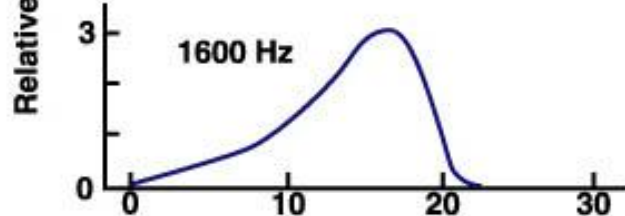
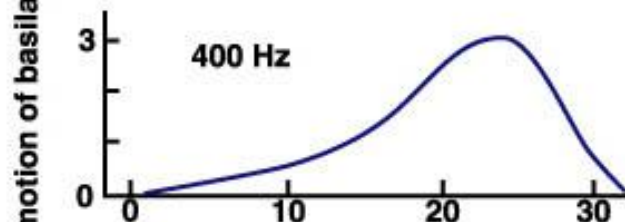
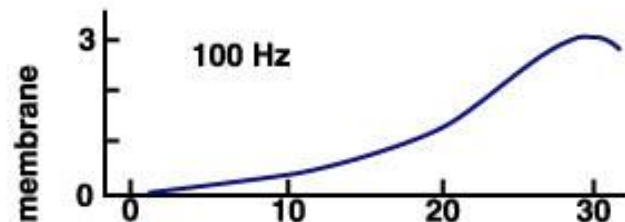
Выход: Компоненты сложного звука - основной тон, обертоны, гармоники



Most sensitive to:

High frequency

Low frequency



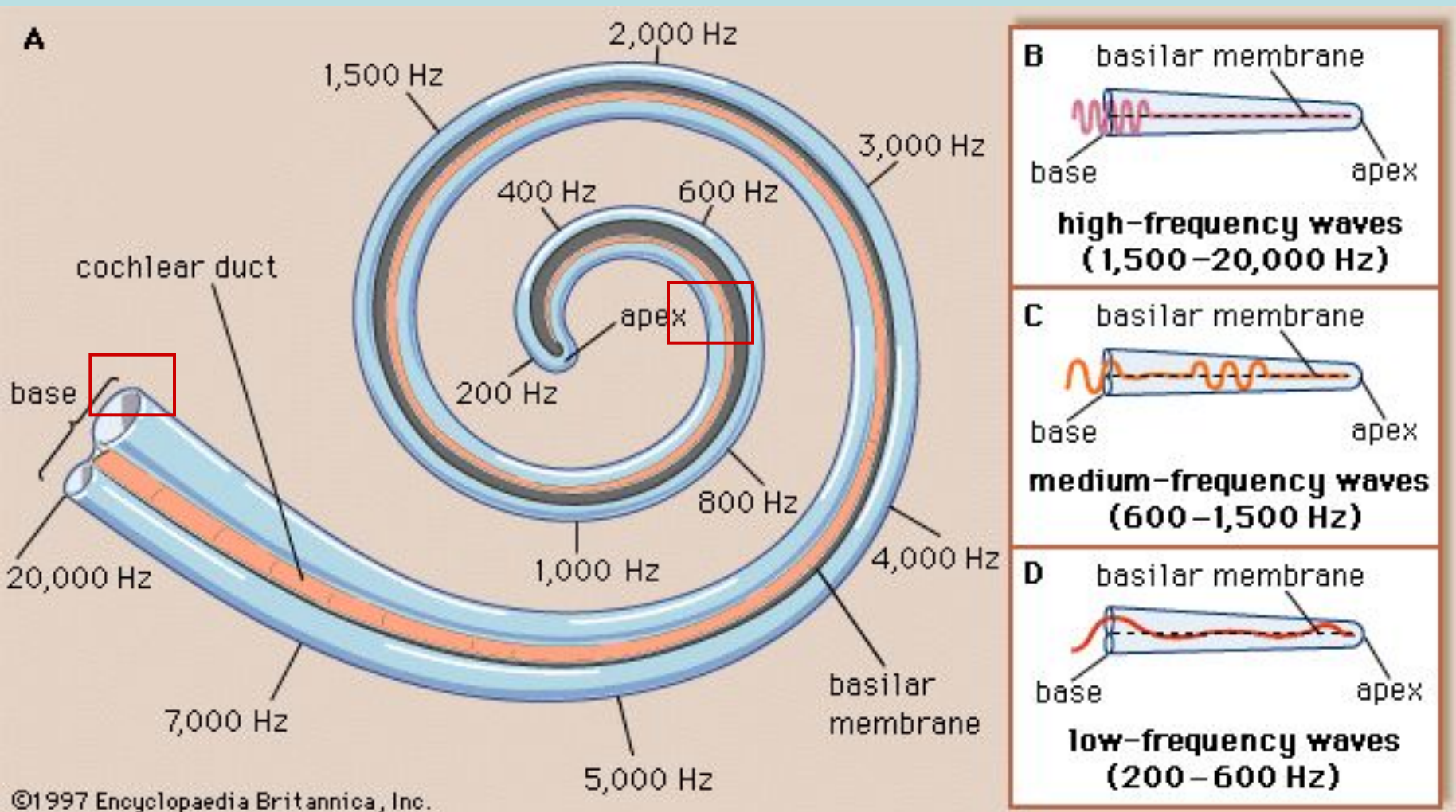
Вблизи овального окна базилярная мембрана узкая и малоподвижная.

По направлению к дистальному концу она становится широкой и гибкой.

Поэтому высокие звуки воспринимаются в начале, а низкие в конце улитки.

Локализация волосковых клеток создает код, который мозг воспринимает как меру высоты чистого тона.

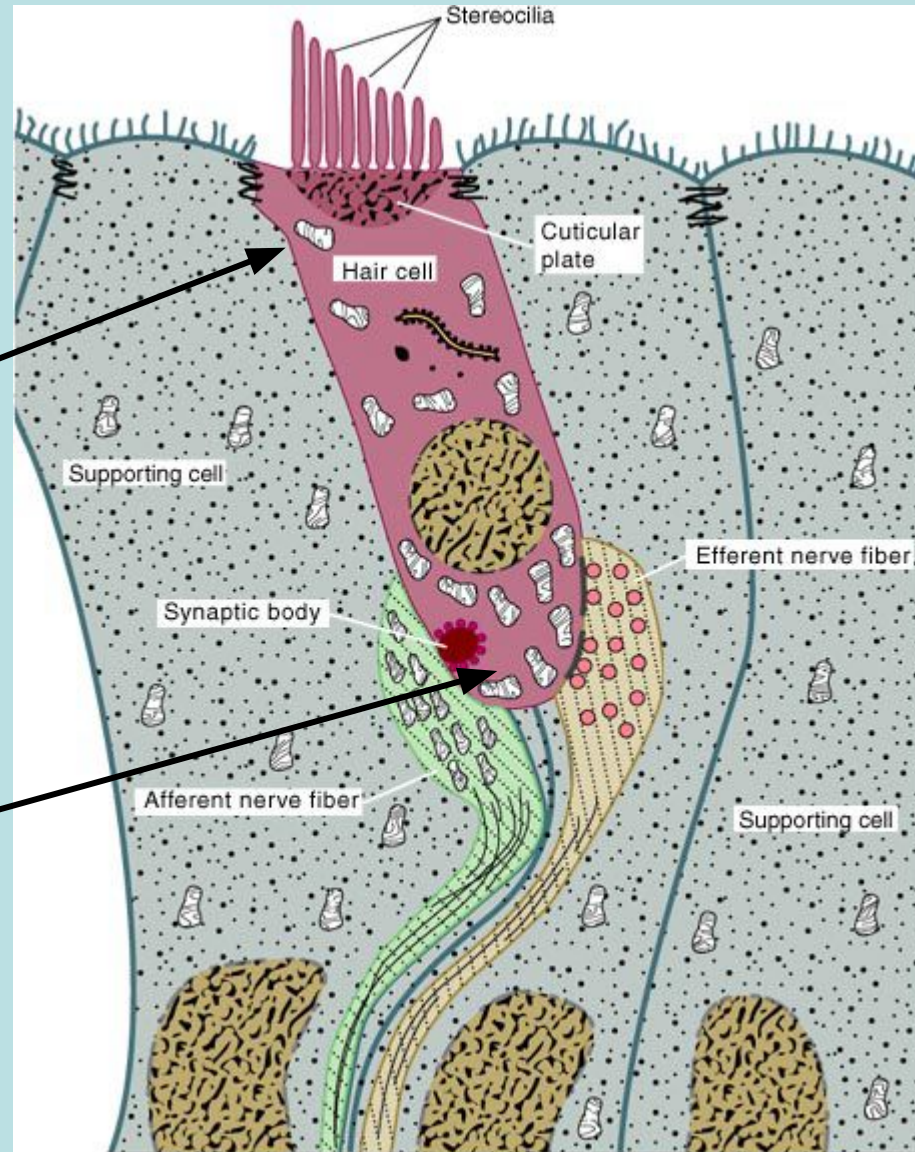
Частота воспринимаемого звука определяется расстоянием между основанием и вершиной улитки



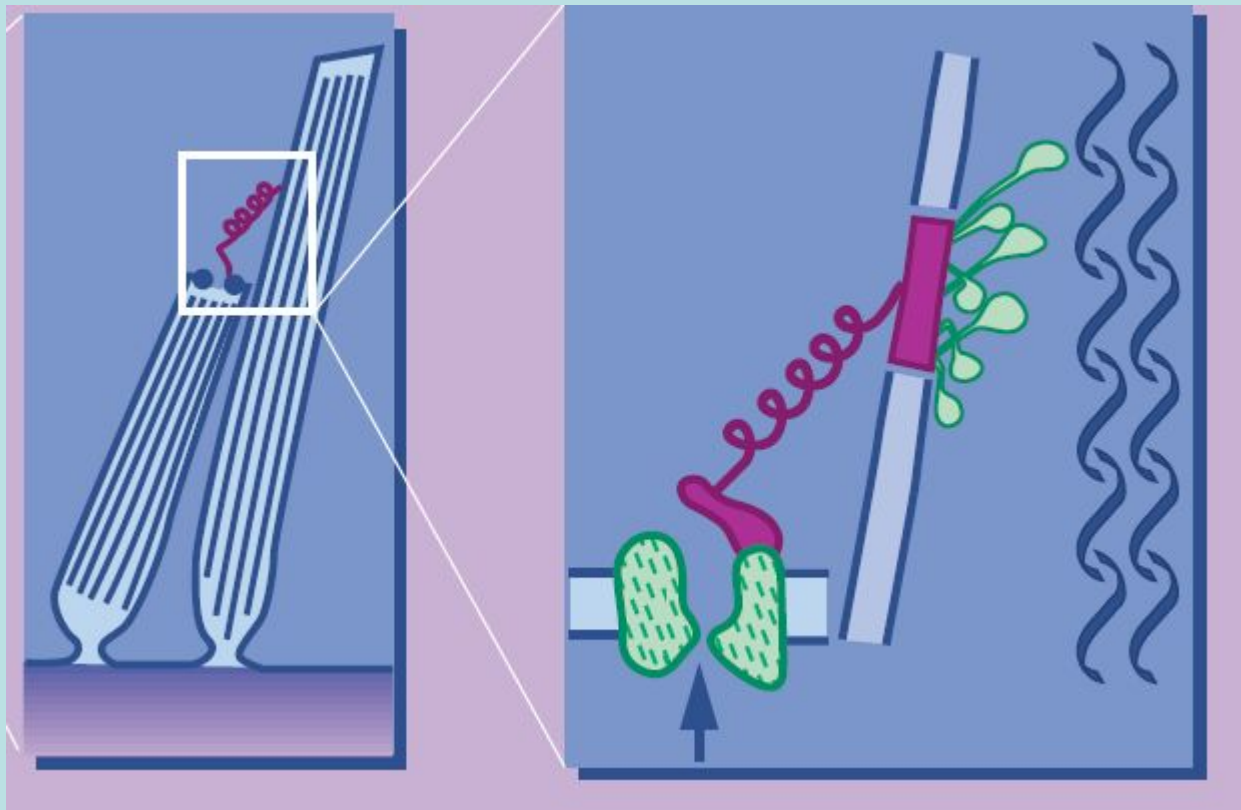
Волосковая клетка

На базиллярной мембране расположены от 1000 до 4000 внутренних волосковых клеток

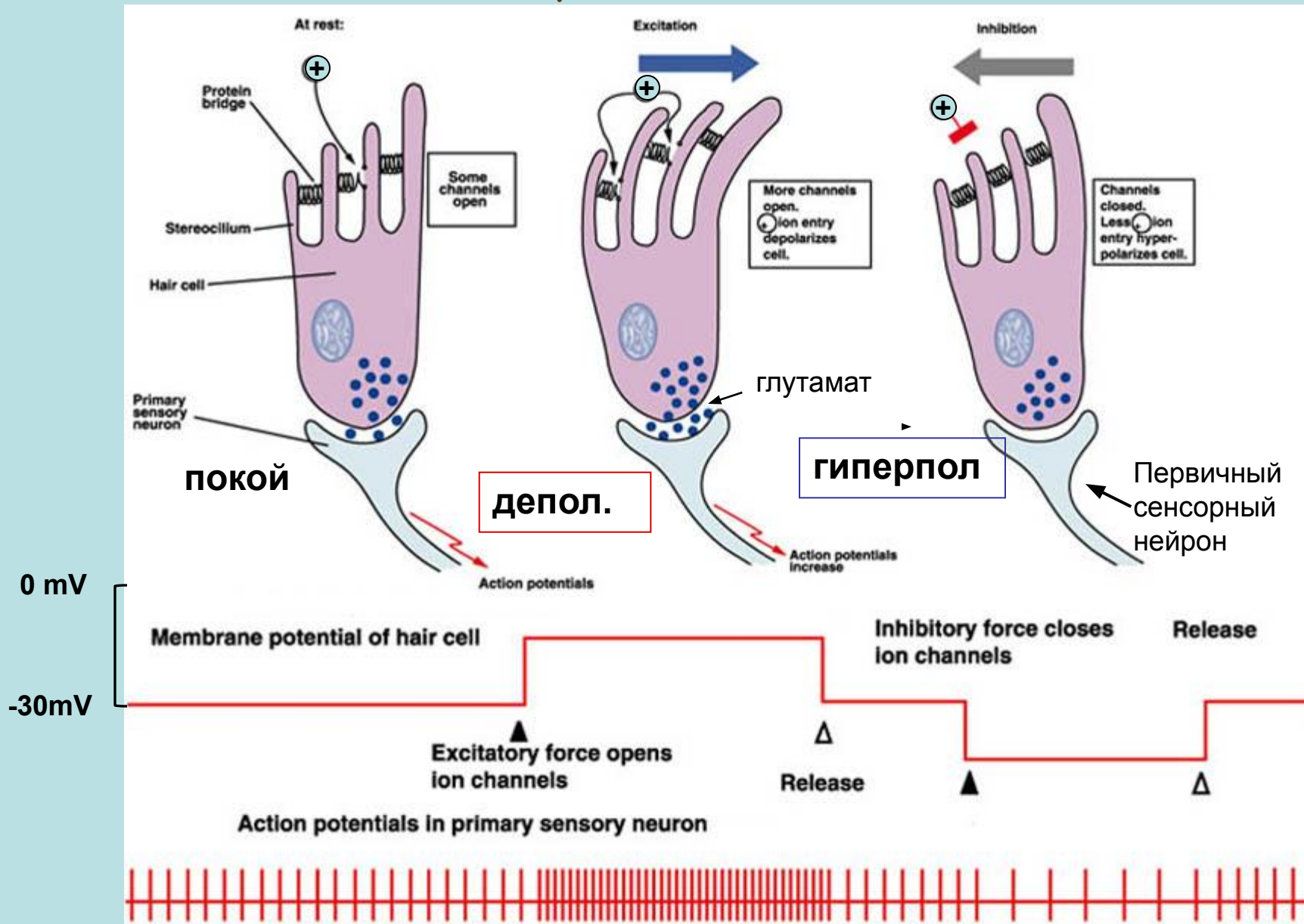
В синаптической области в ответ на деполяризацию волосковой клетки секретируется глутамат



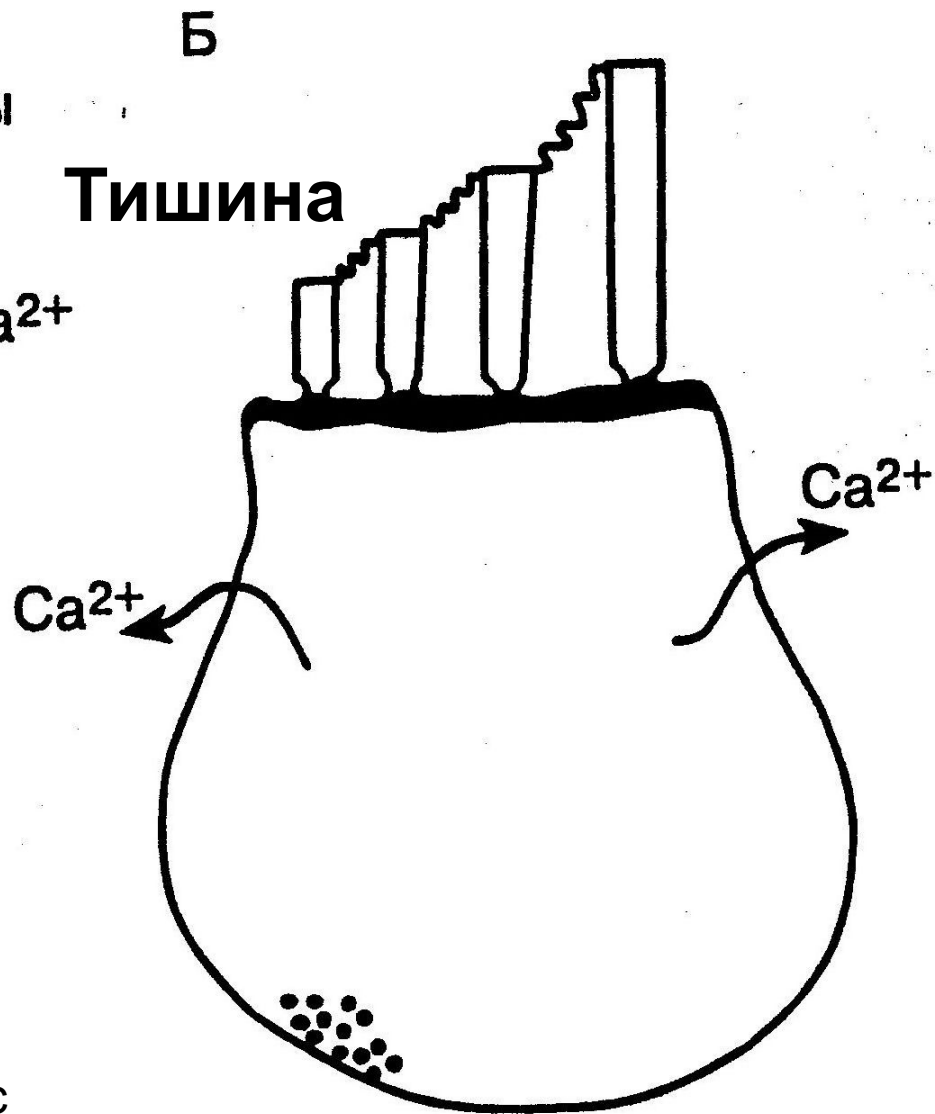
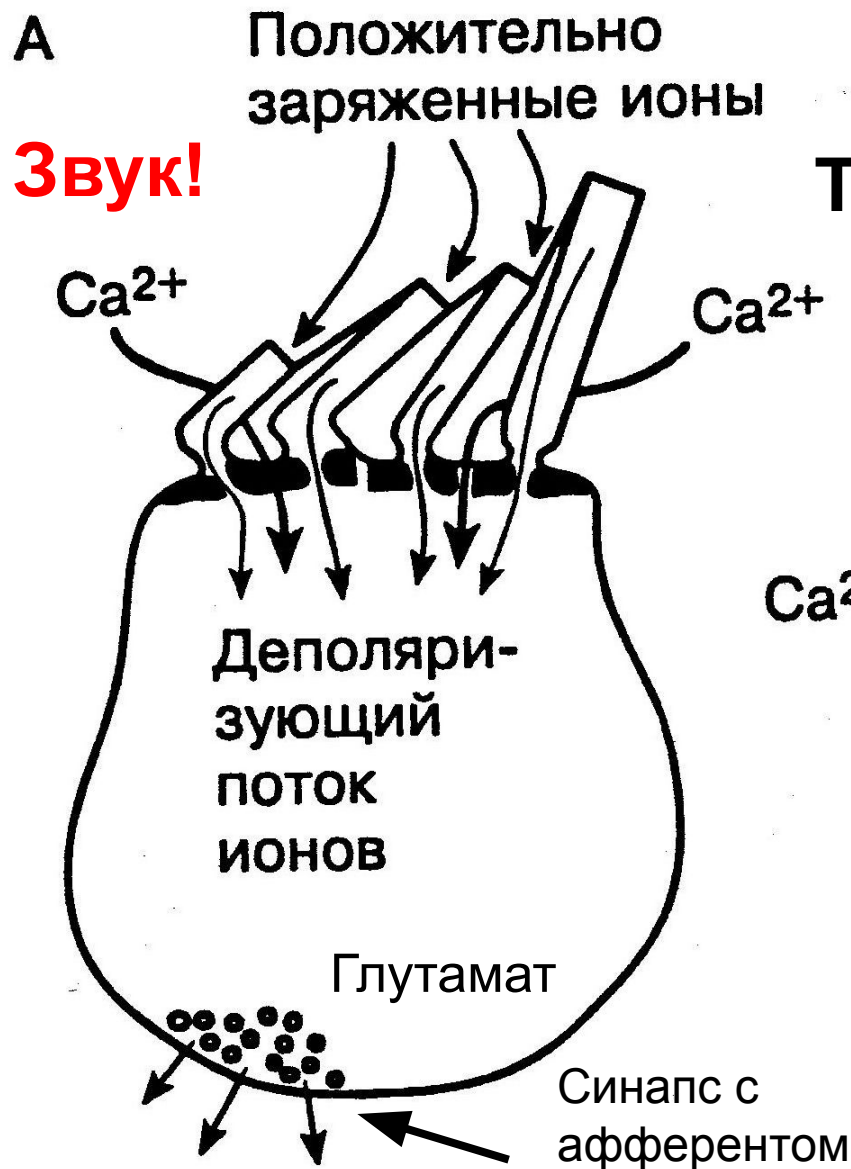
Изменение наклона волосков (цилий) вызывает открытие (или закрытие) механочувствительных калиевых каналов, в следствие чего смещается уровень мембранного потенциала.



Изменение состояния волосковых клеток и МП в зависимости от направления волновых колебаний



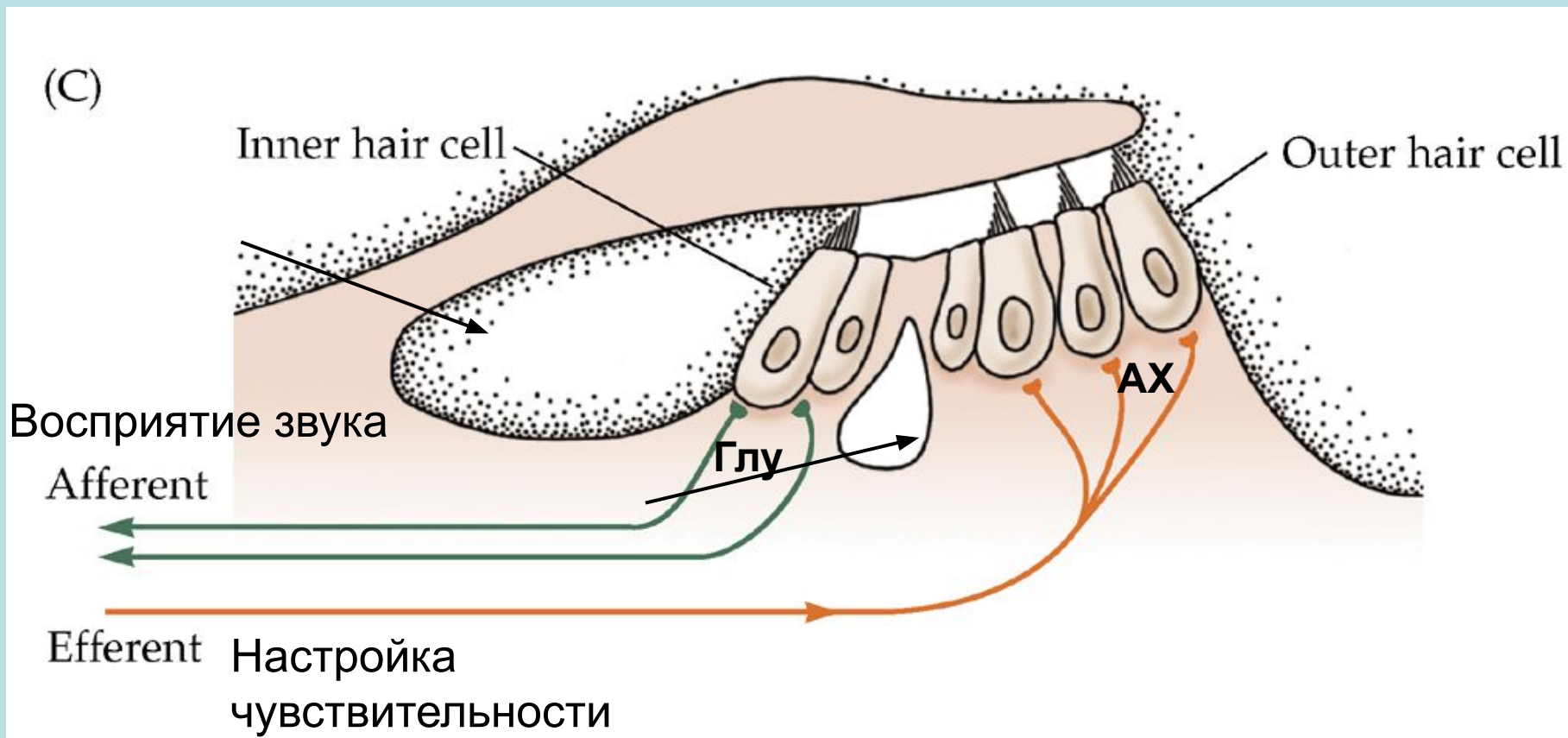
Вход Ca^{2+} в результате деполяризации волосковой клетки при действии звука вызывает освобождение глутамата в синапсе с слуховым афферентом



Наружные и внутренние волосковые клетки

К **наружным** подходят афферентные волокна (передают сигнал о звуке)

К **внутренним** – эфферентные волокна (модулируют восприятие звука)

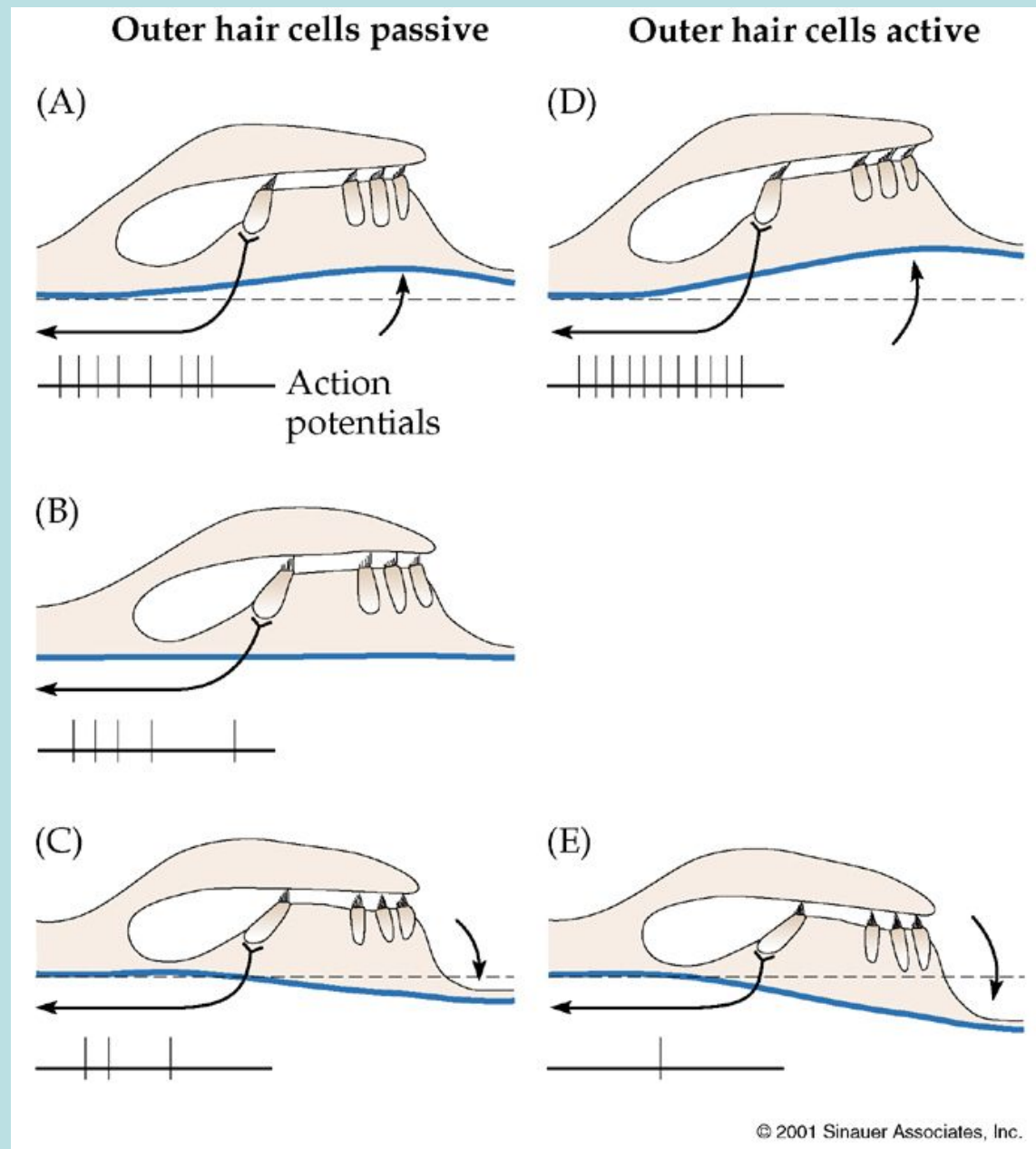


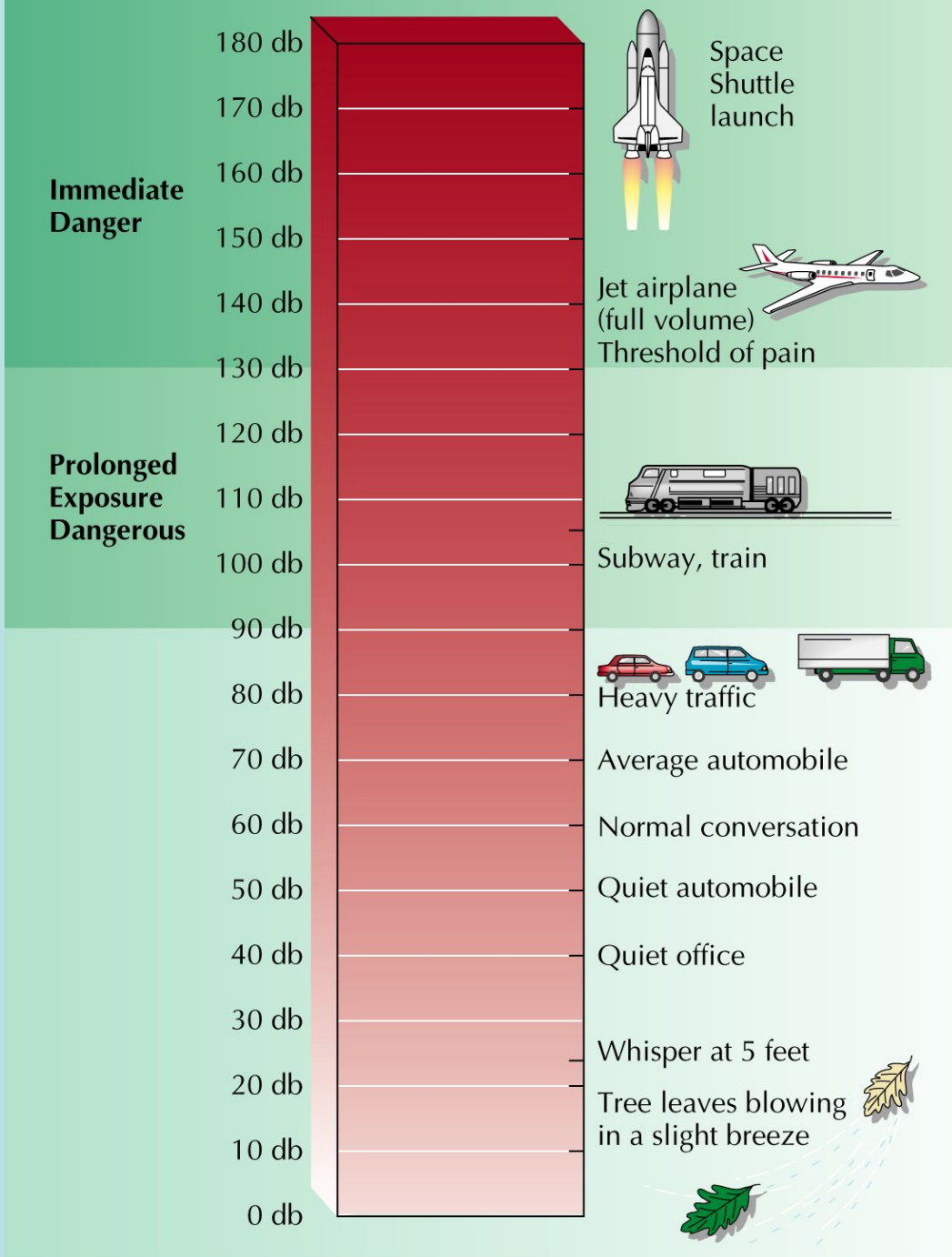
Функция внешних волосковых клеток

Деполаризация наружных волосковых клеток усиливает восприятие звукового сигнала (D)

Гиперполяризация этих клеток ослабляет восприятие звукового сигнала (E)

Это один из механизмов регулирования чувствительности при восприятии звука





Шкала в децибелах окружающих нас звуков

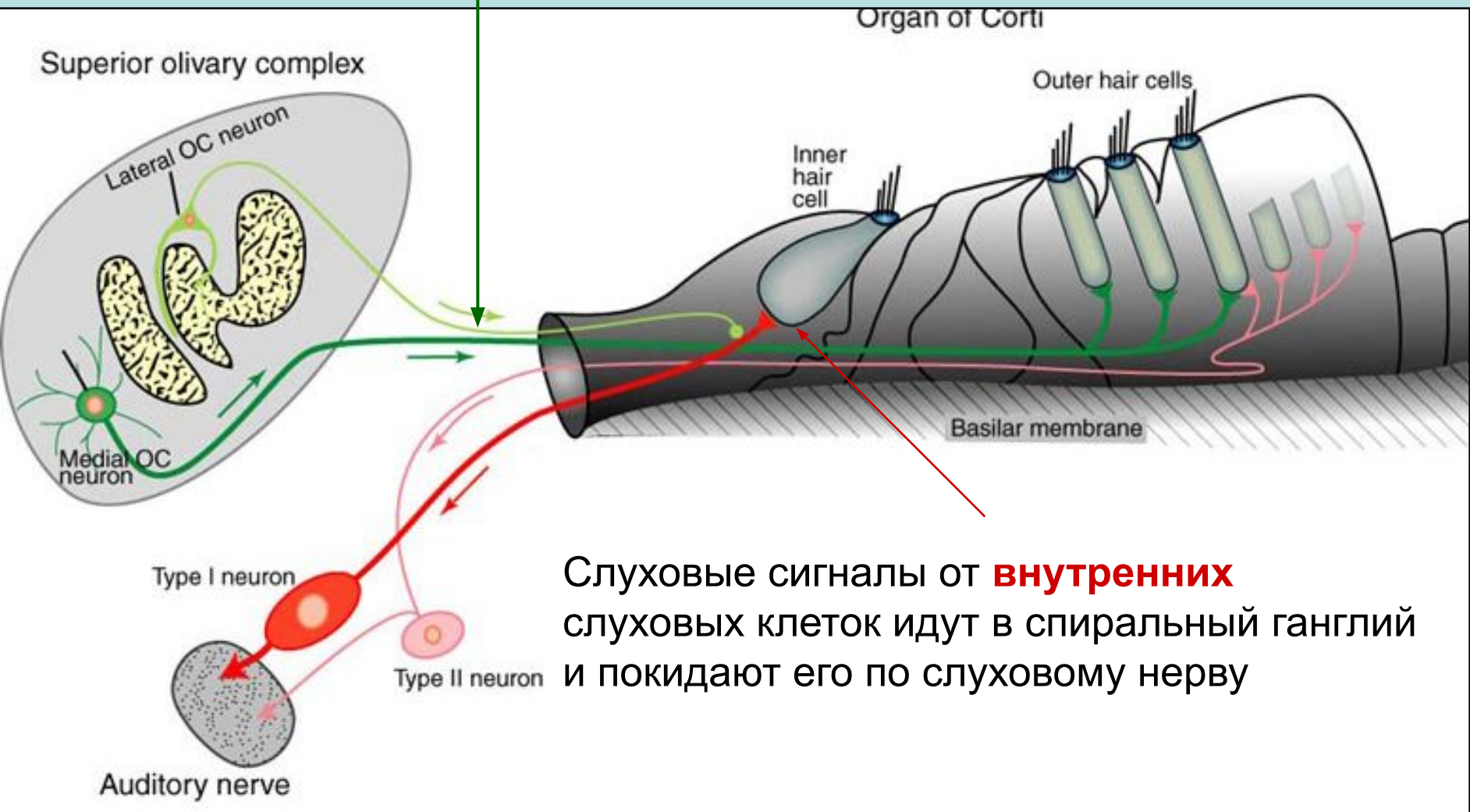
Необходимость регулирования в широком диапазоне звуков в окружающей среде диктуется диапазоном звуков в окружающей среде

Повреждающее действие громкого звука на волосковые клетки

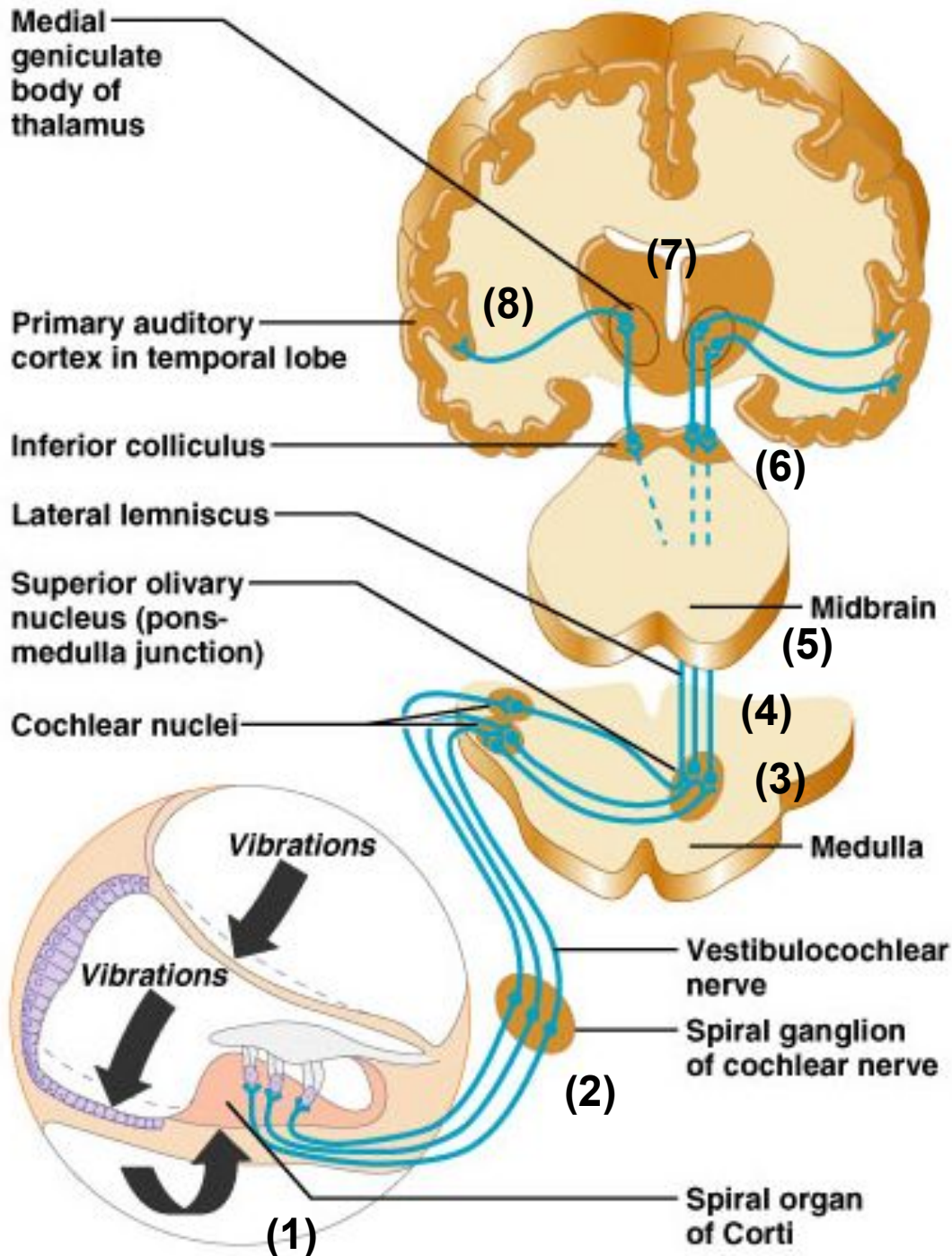


Иннервация кортиева органа

Модулирующие сигналы из верхних олив направляются к **наружным** слуховым клеткам



Слуховые сигналы от **внутренних** слуховых клеток идут в спиральный ганглий и покидают его по слуховому нерву



Слуховой путь

От кортиева органа (1)
в спиральный ганглий (2)

слуховые ядра (3)
(продолговатый мозг)

– ядра верхних олив (4)
(мост)

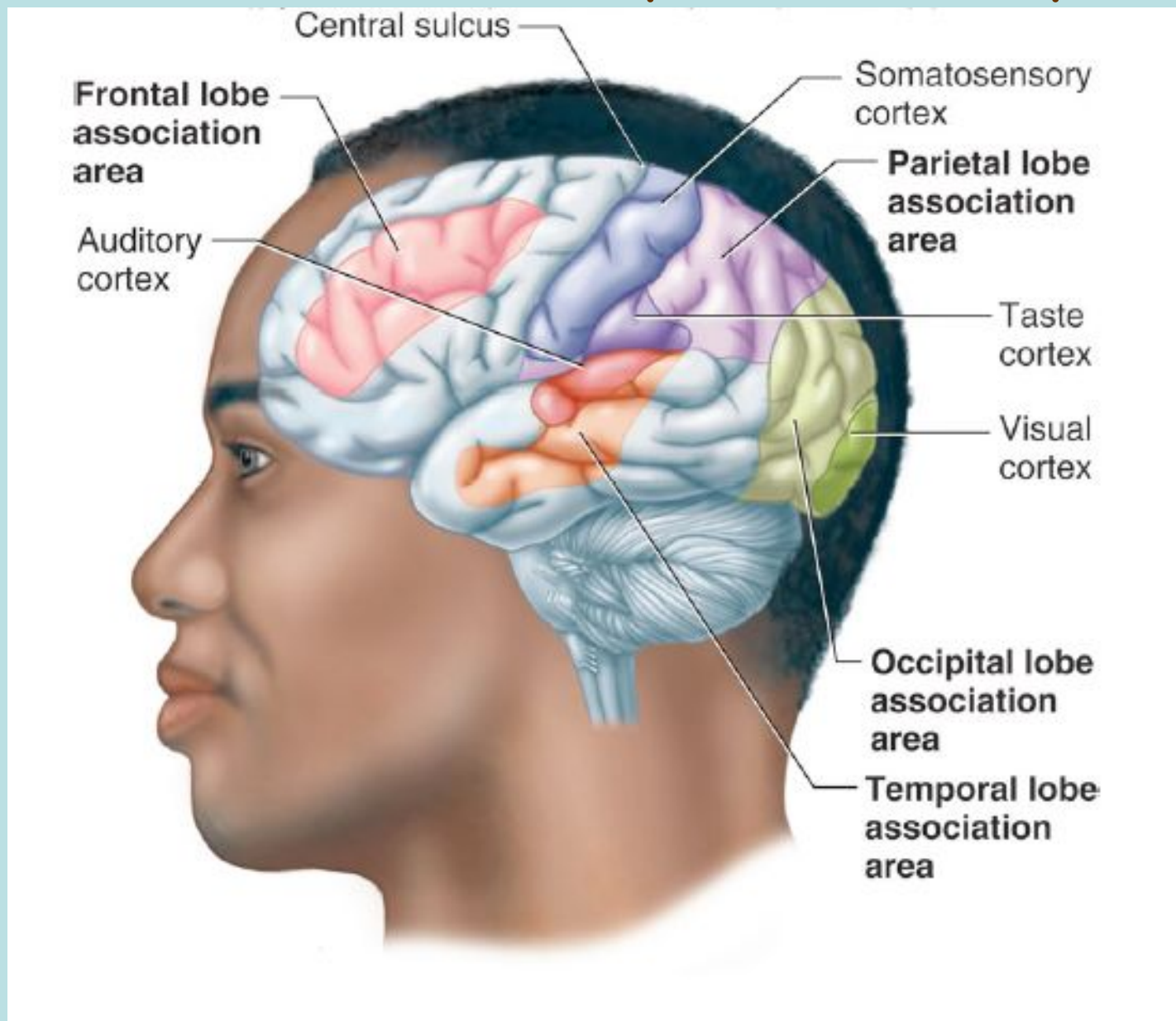
– по латеральному
лемниску в средний
мозг (5)

– в нижние
колликулусы (6)

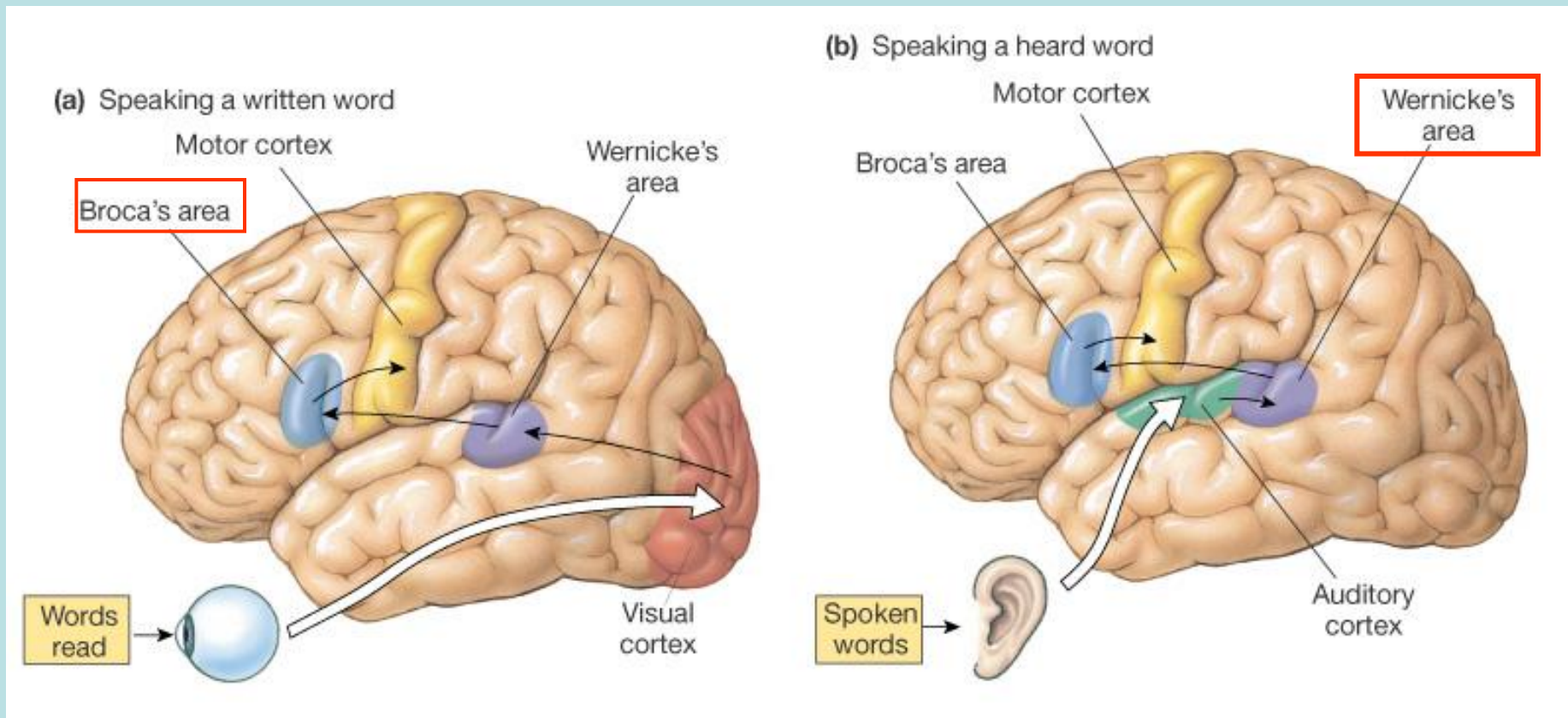
– через среднее
коленчатое тело
таламуса (7)

– в первичную
слуховую кору (8)
(височная доля)

Расположение сенсорных зон коры



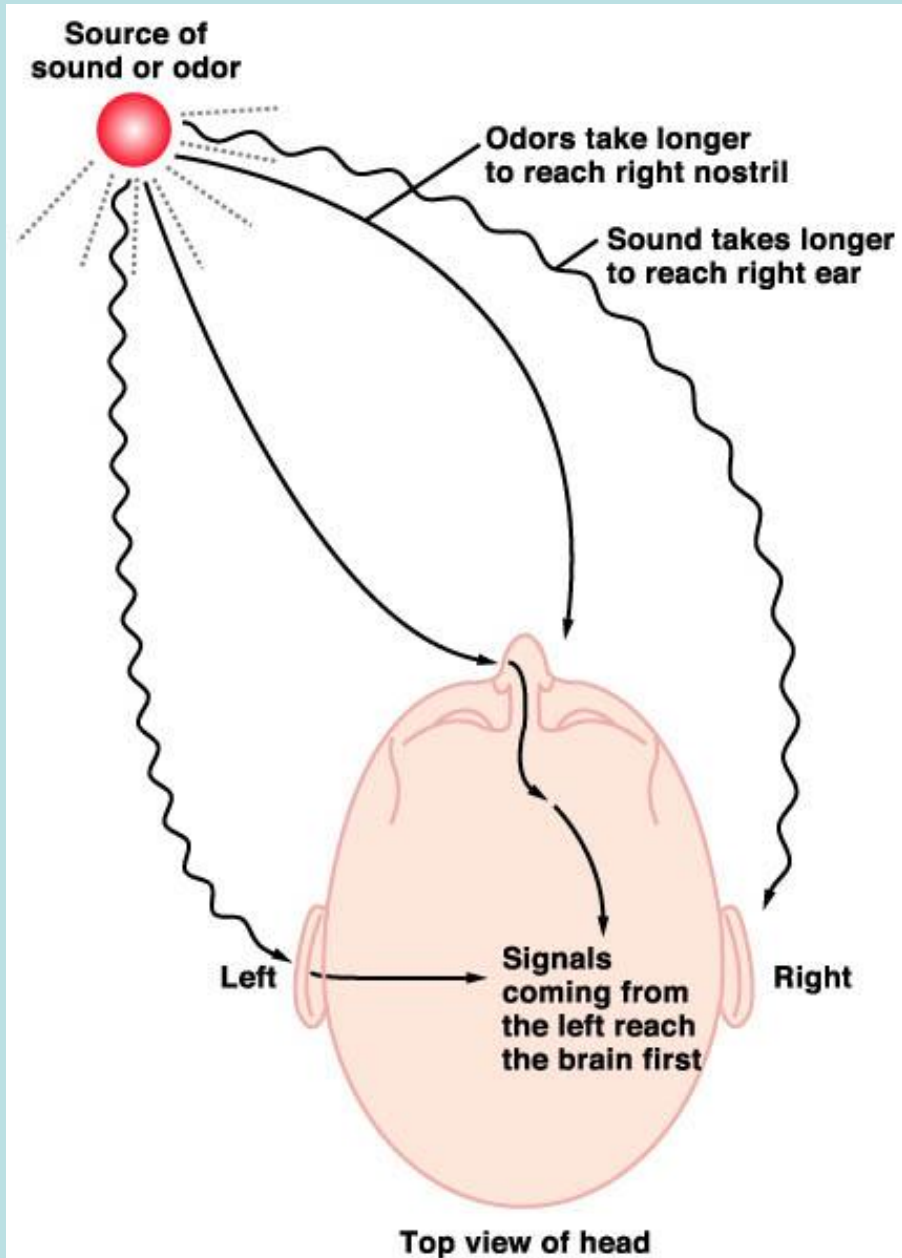
Слуховое и зрительное восприятие языка



Чтение текста
Зрение

Речь и слух
Воспроизведение
звуков

Бинуральный слух



Локализация звука основана на одновременном функционировании обеих ушей.

Мозг использует временные, фазовые и амплитудные различия между сигналами, приходящими в правое и левое уши.

Повороты головы способствуют более точной локализации источника звука.

Таким образом в коре создается 3-мерная звуковая картина.

ВОПРОСЫ ???

