Цикл лекций по нейрофизиологии
2015 -2016

Медицинский факультет СПбГУ

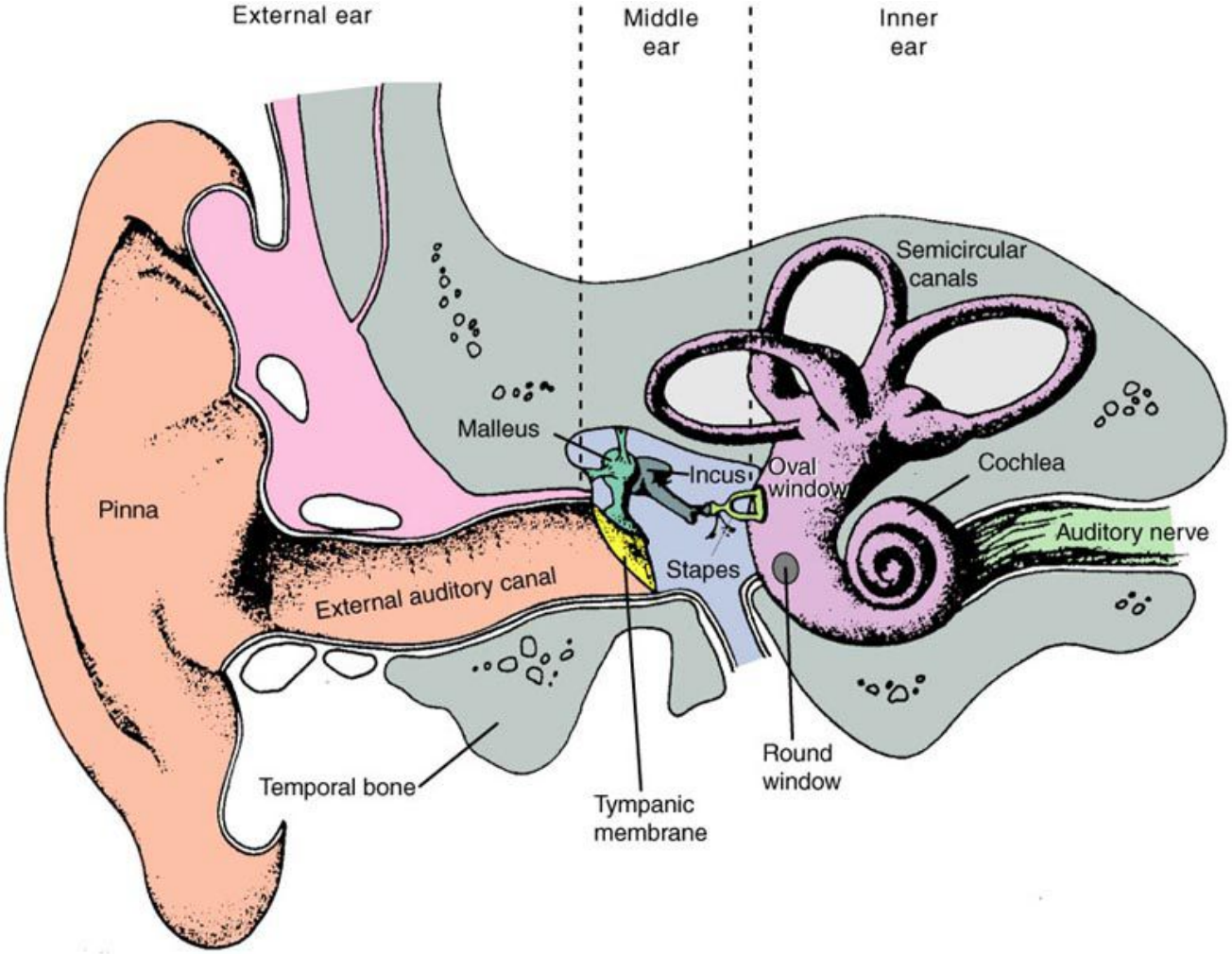
профессор Лев Гиршевич Магазаник

Слух

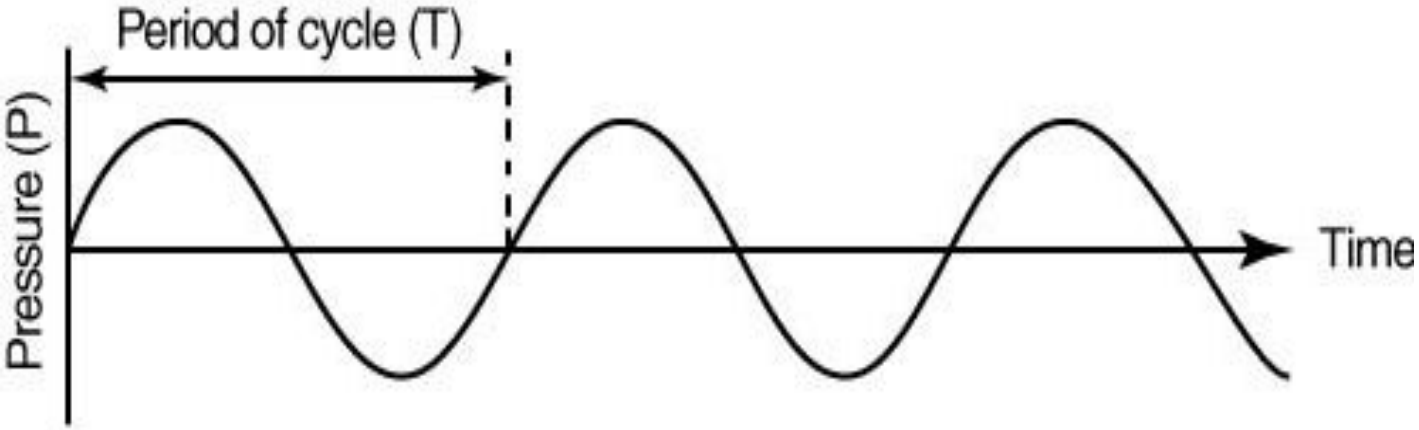
Анатомия уха

Ухо – орган, в котором

1. звуковые волны конвертируются в
2. волны жидкости (передаточная среда), которые волосковыми клетками превращаются в
3. электрические, а затем в химические сигналы (в синапсах с слуховыми нейронами).
4. затем в потенциалы действия, идущие по слуховому нерву в мозг.



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



$f=1/T$

f: Frequency in Hz
T: Period in seconds

$SPL = 20 \log(P/P_{ref})$

SPL : Sound pressure level
P : Pressure in μPa
P_{ref} : 20 μPa

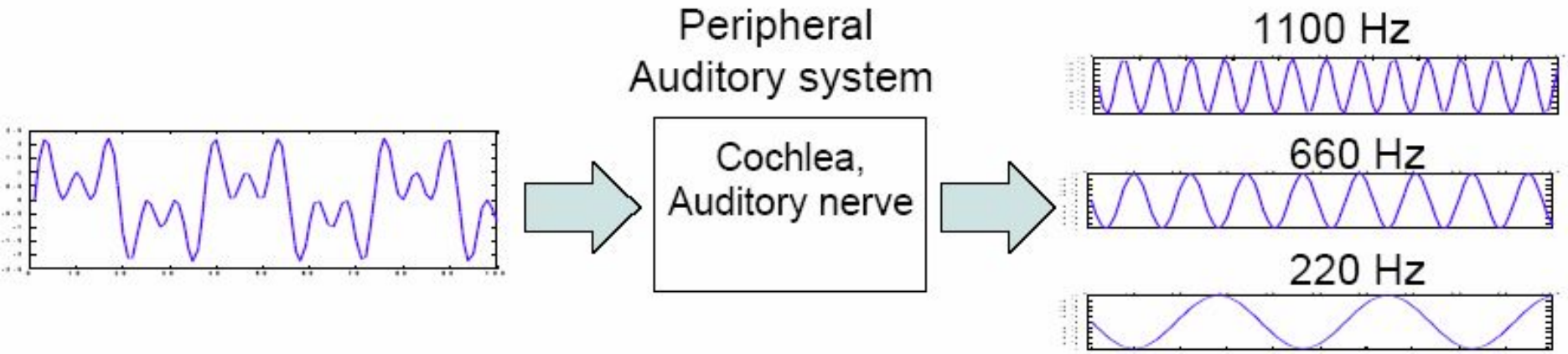
Сложная и многокомпонетная звуковая картина превращается в совокупность элементарных синусоидальных колебаний.

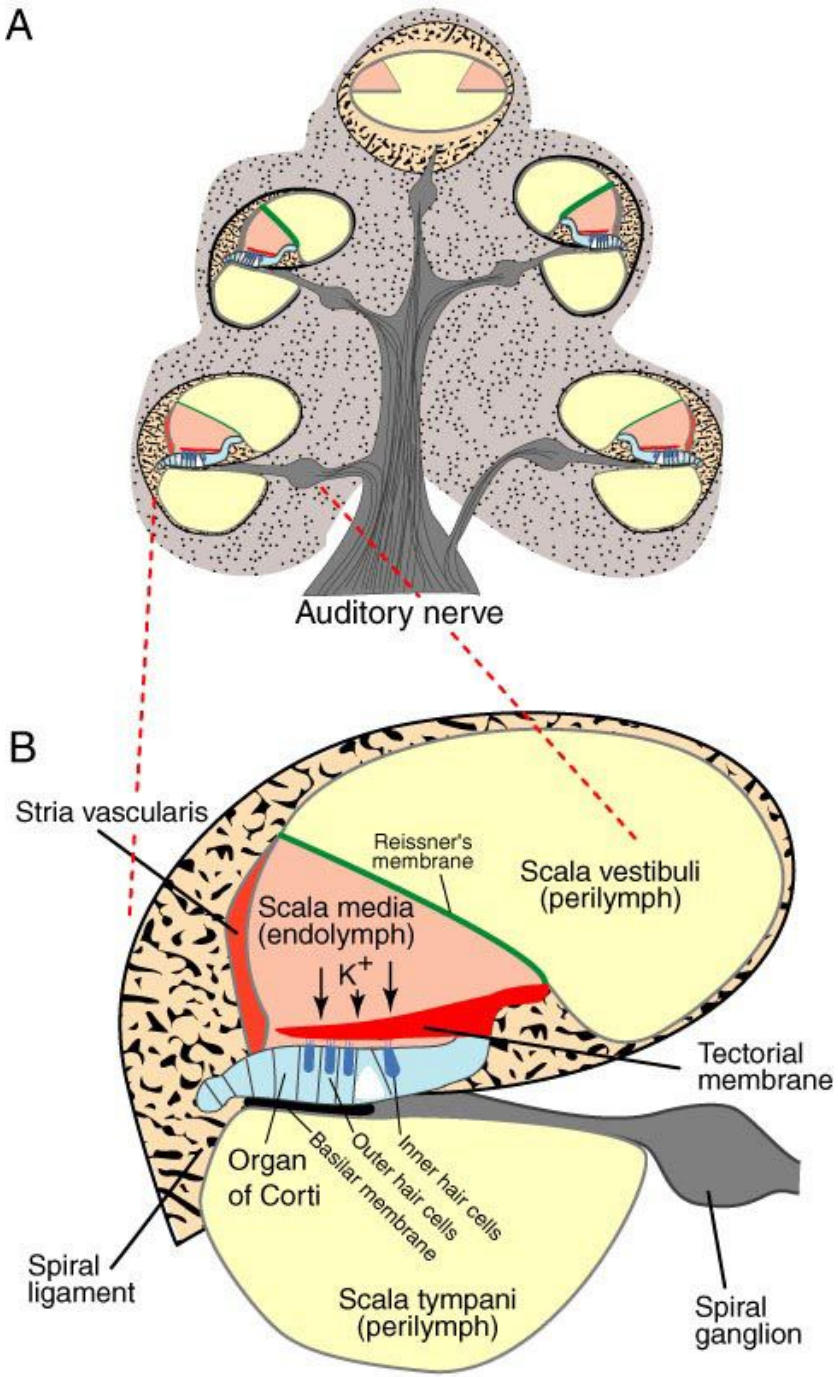
Это чистые тона, характеризующиеся частотой (в Гц) и звуковым давлением в децибелах (dB).

Ухо проводит частотный анализ звука

Вход: сложный звук

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





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

Поперечный срез через улитку.

Улитка делает около 3 оборотов и имеет длину 35 мм.

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

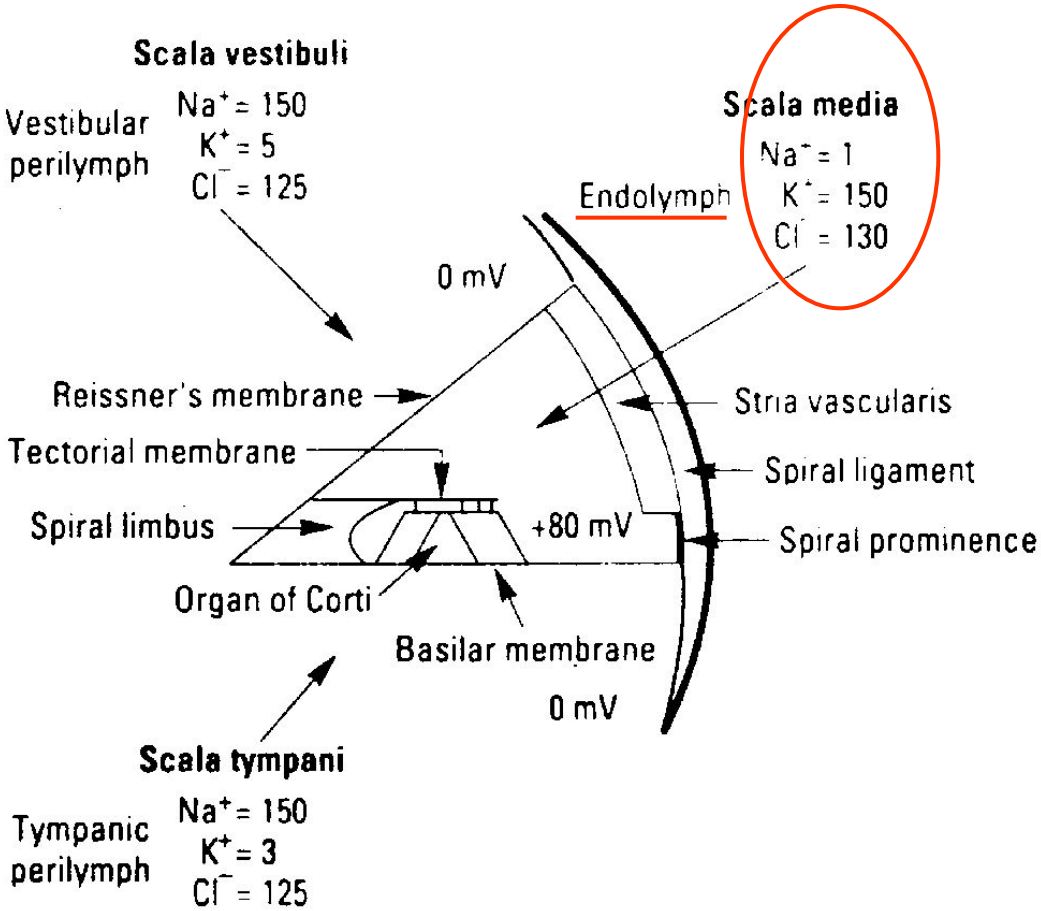
Кортиев орган: внутренние и внешние волосковые клетки, расположенные между базилярной и текторальной (покровной) мембранами

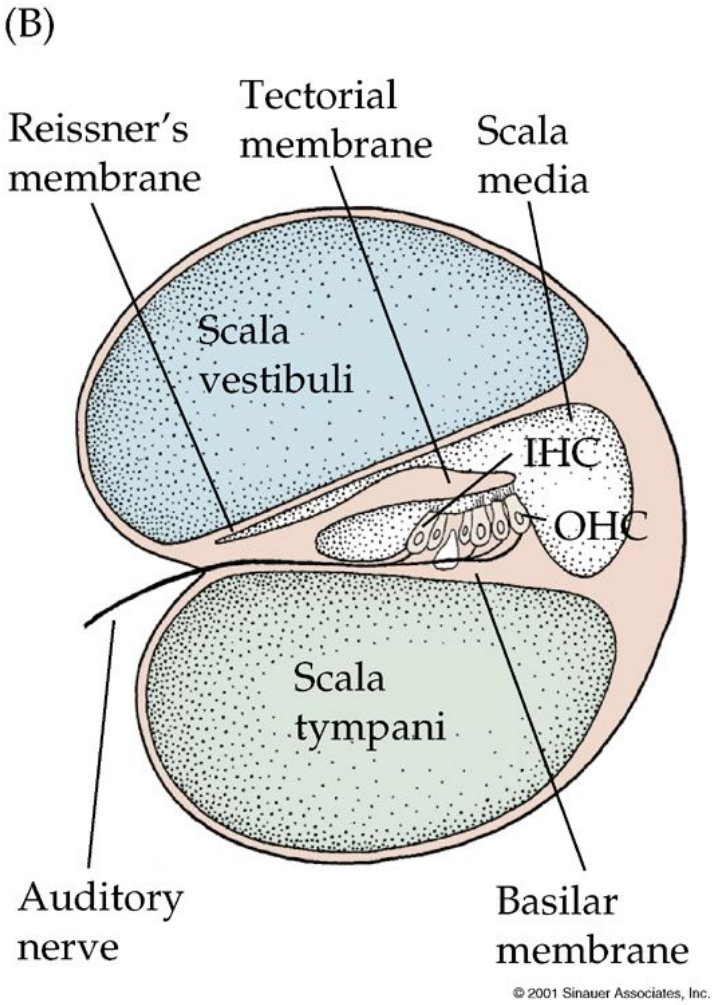
Сосудистая полоска богата Na-K-АТФазой, создающей в средней лестнице высокое содержание К+

Спиральный ганглий содержит первые слуховые нейроны

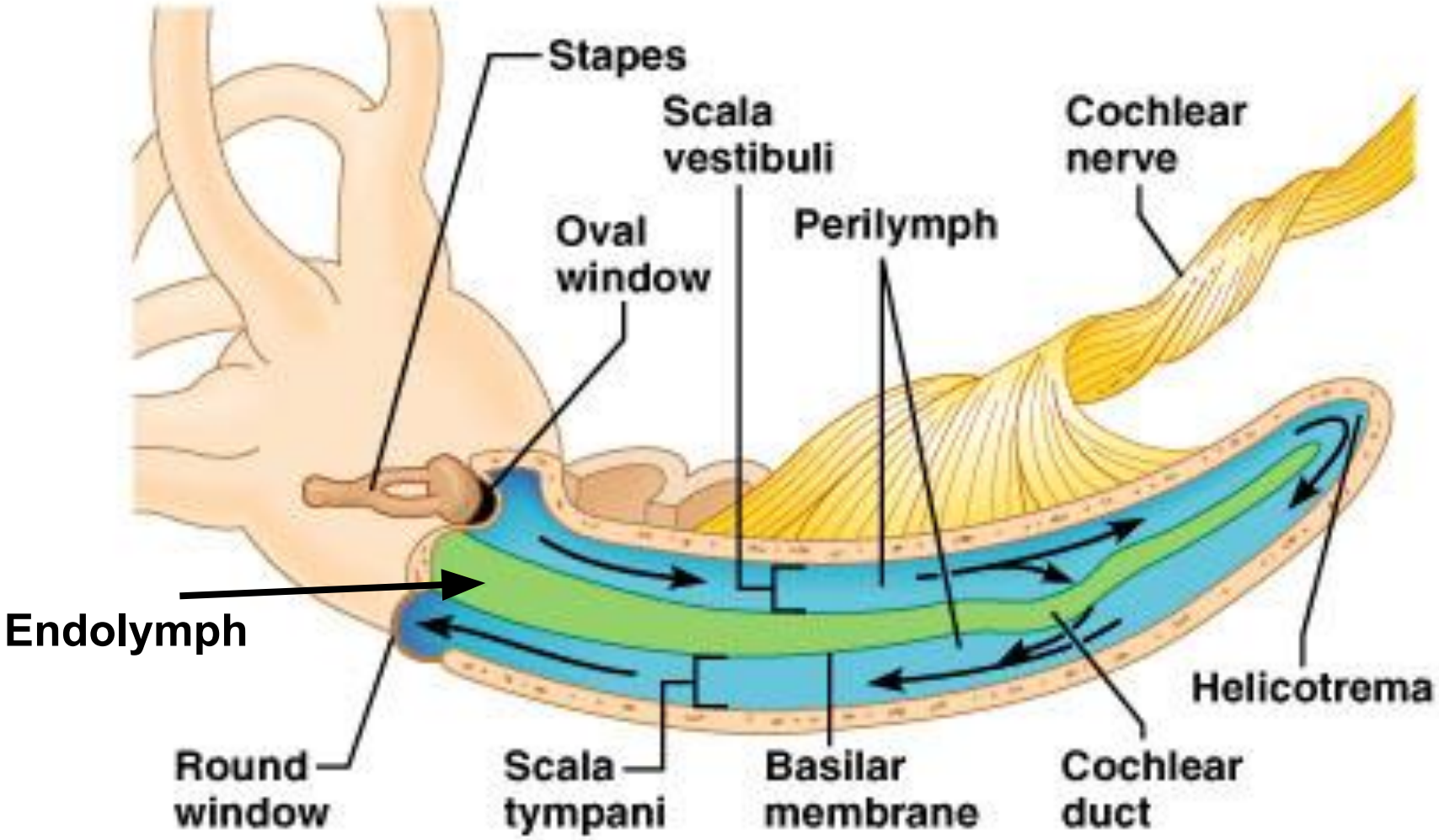
Слуховой нерв проходит в центральной части улитки

Ионный состав эндо- и перилимфы

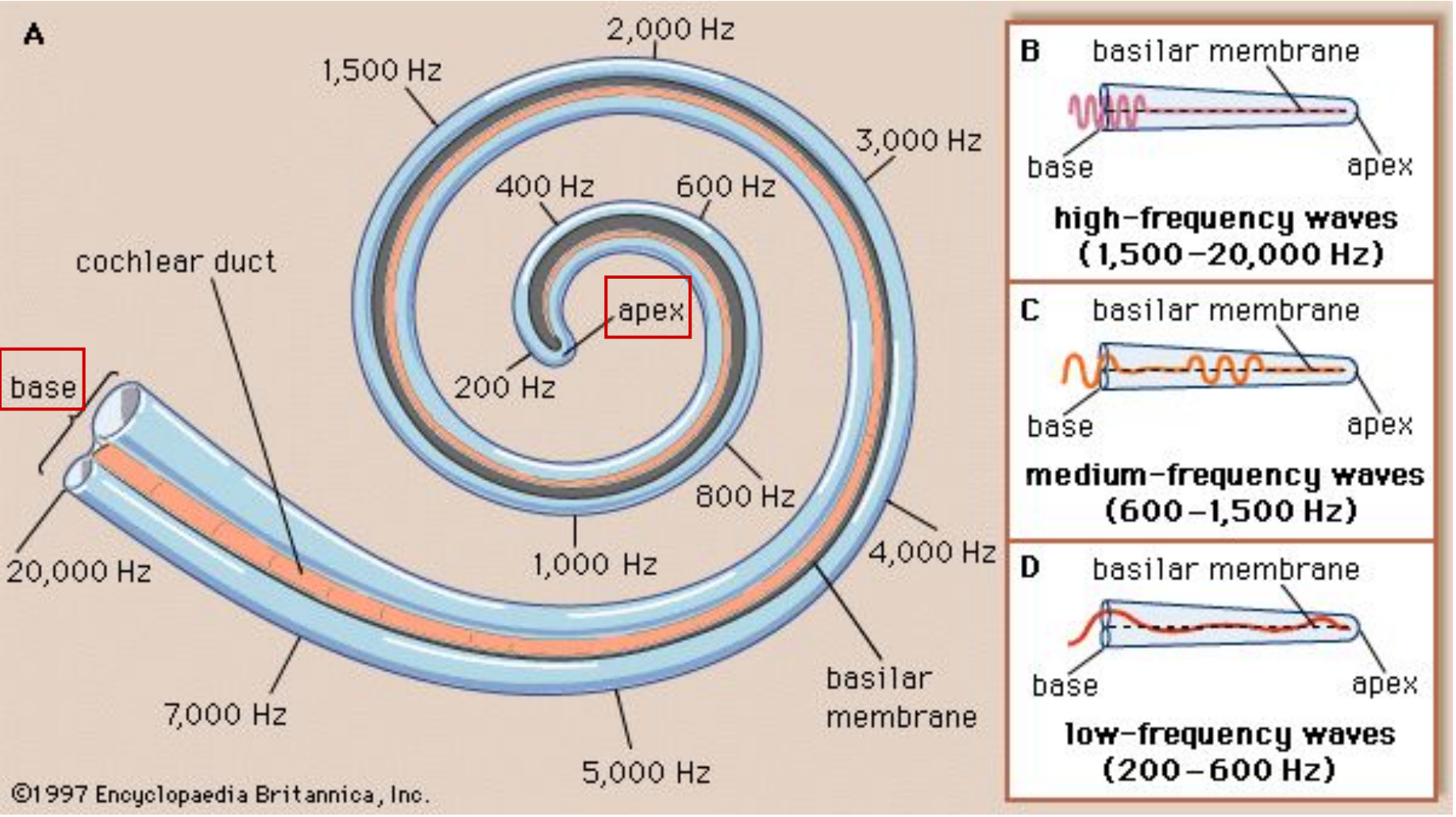


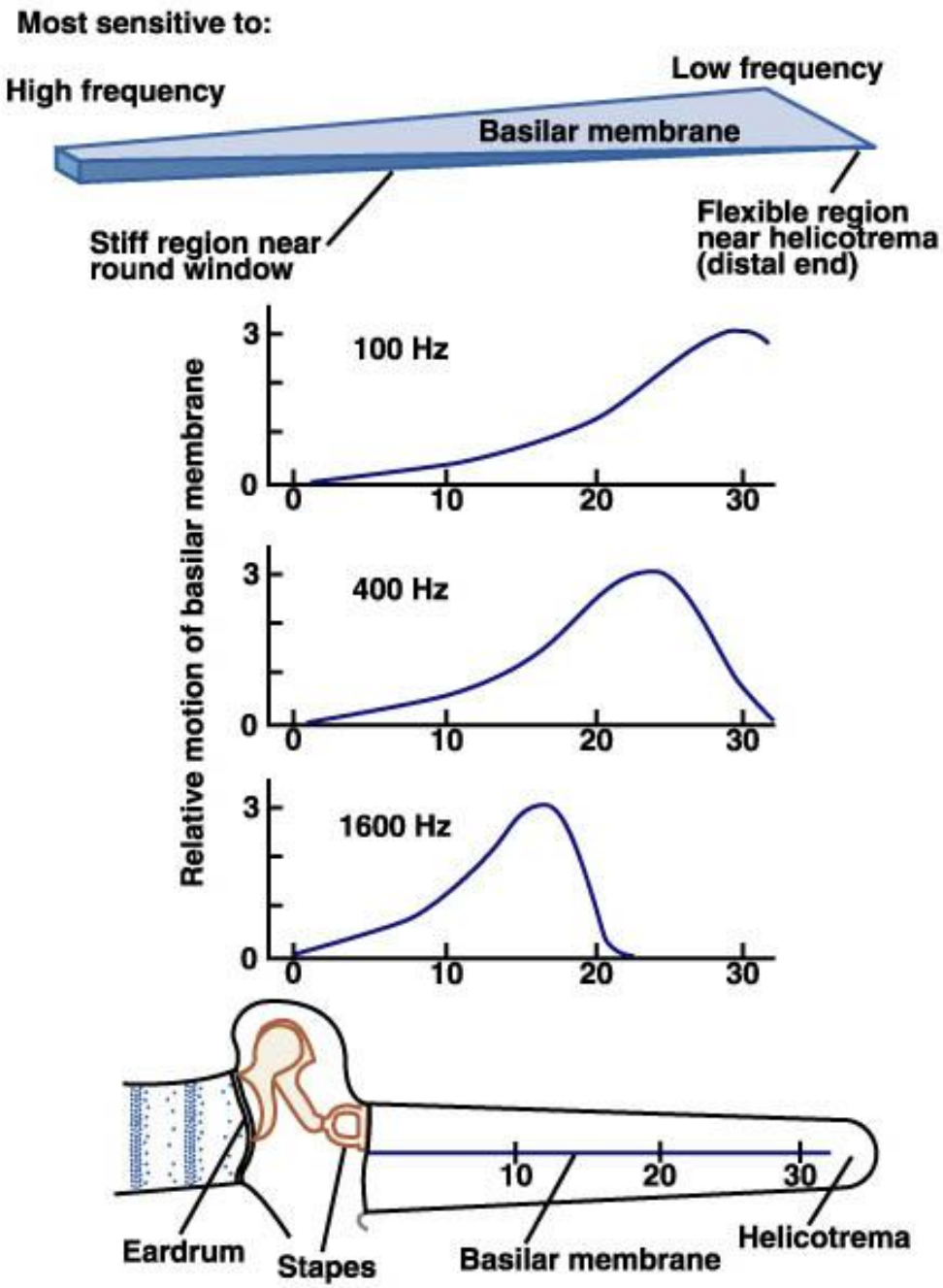


Движение перилимфы, вызванное звуковой волной



Частота воспринимаего звука определяется расстоянием между основанием и вершиной улитки





Вблизи овального окна базилярная мембрана узкая и малоподвижная.

По направлению к дистальному концу она становится широкой и гибкой.

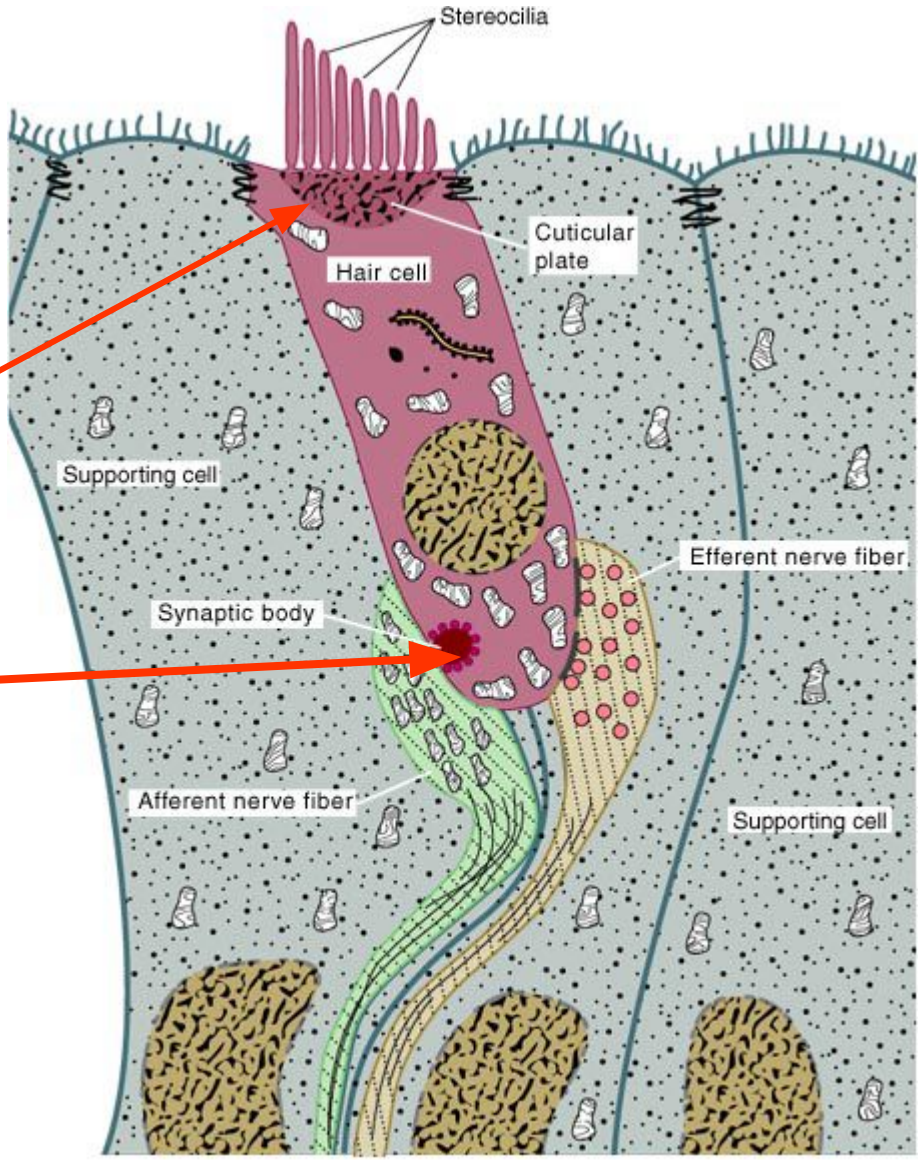
Поэтому высокие звуки воспринимаются вначале, а низкие в конце улитки.

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

Волосковая клетка

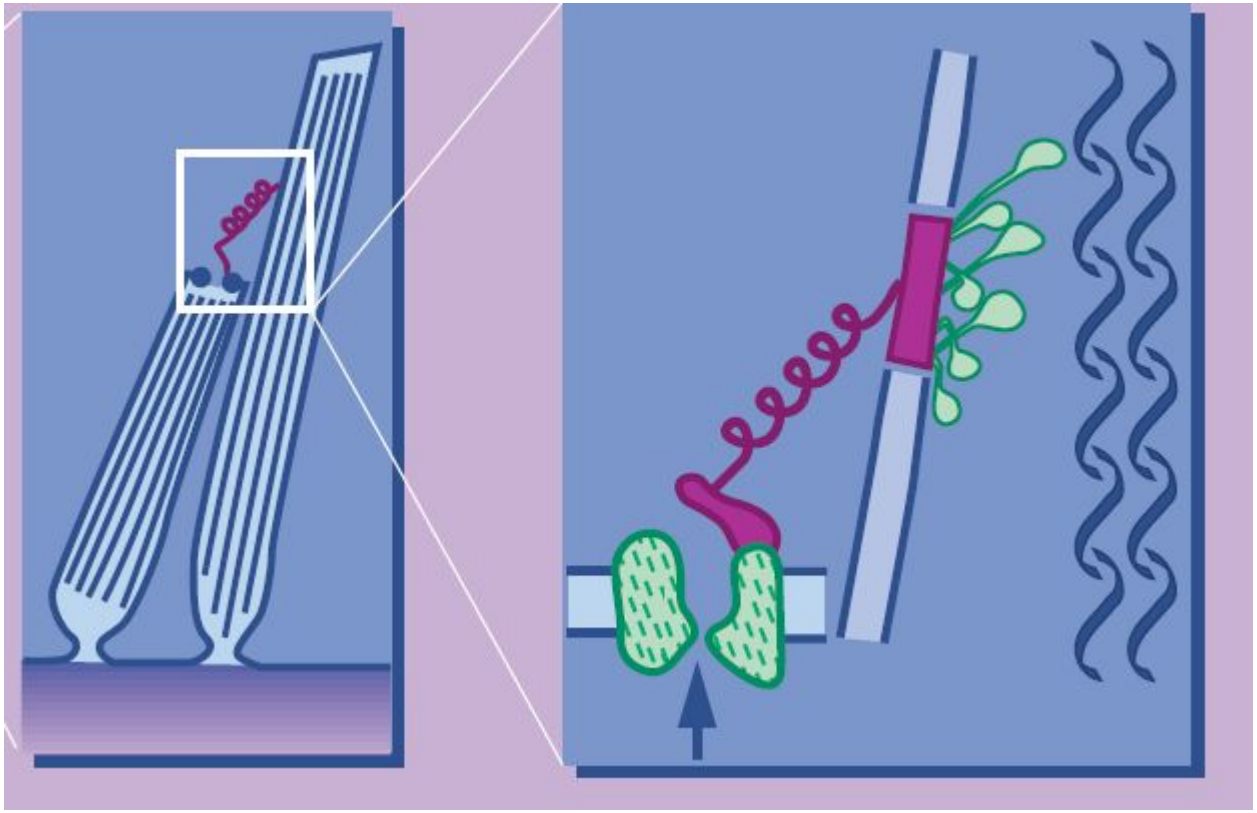
На базилярной мембране расположены от 1000 до 4000 внутренних волосковых клеток

В синаптической области в ответ на деполяризацию волосковой клетки секретируется глутамат

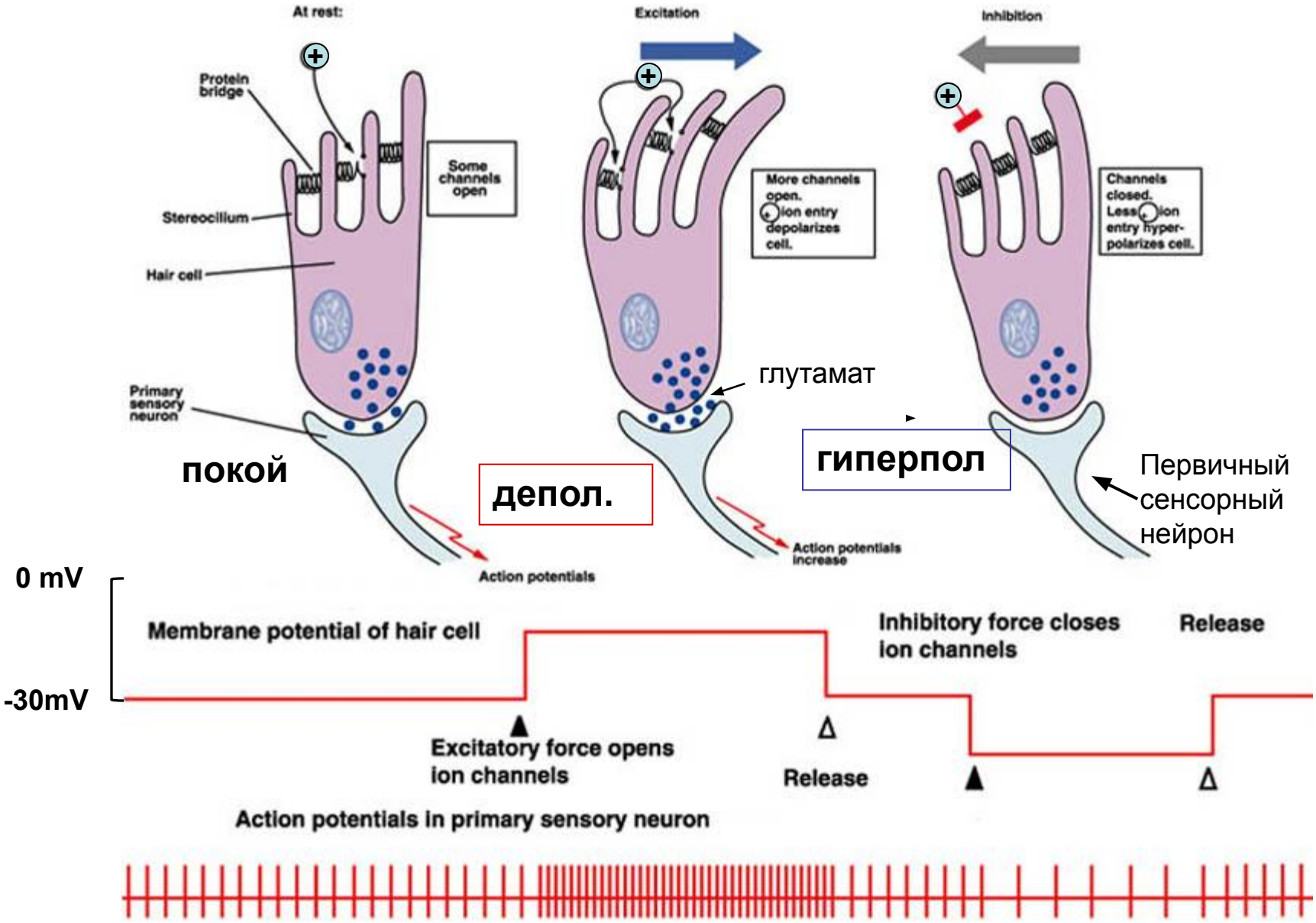


Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.

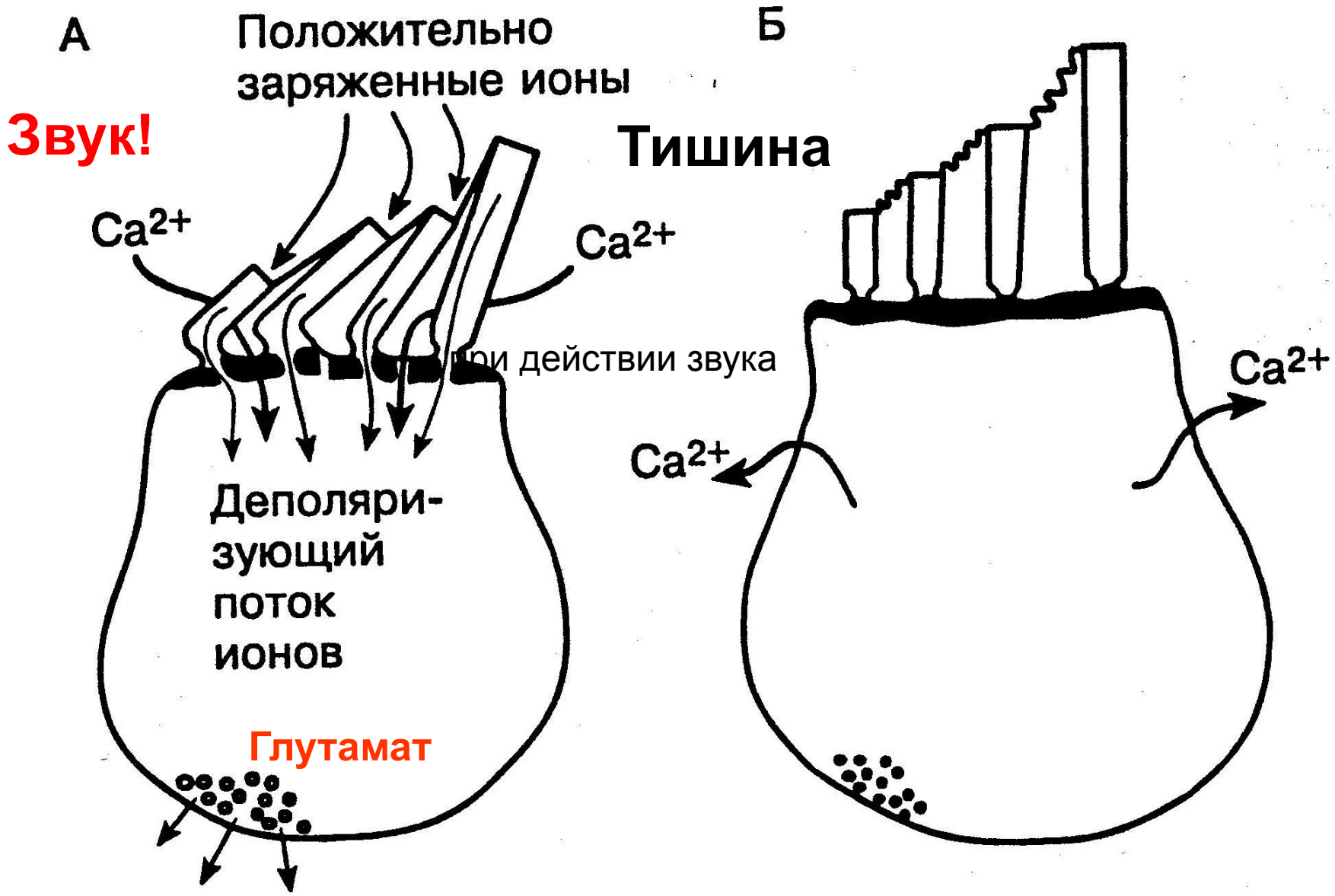
Изменение наклона волосков (цилий) вызывает открытие (или закрытие) механочувствительных калиевых каналов, в следствие чего смещается уровень мембранного потенциала.

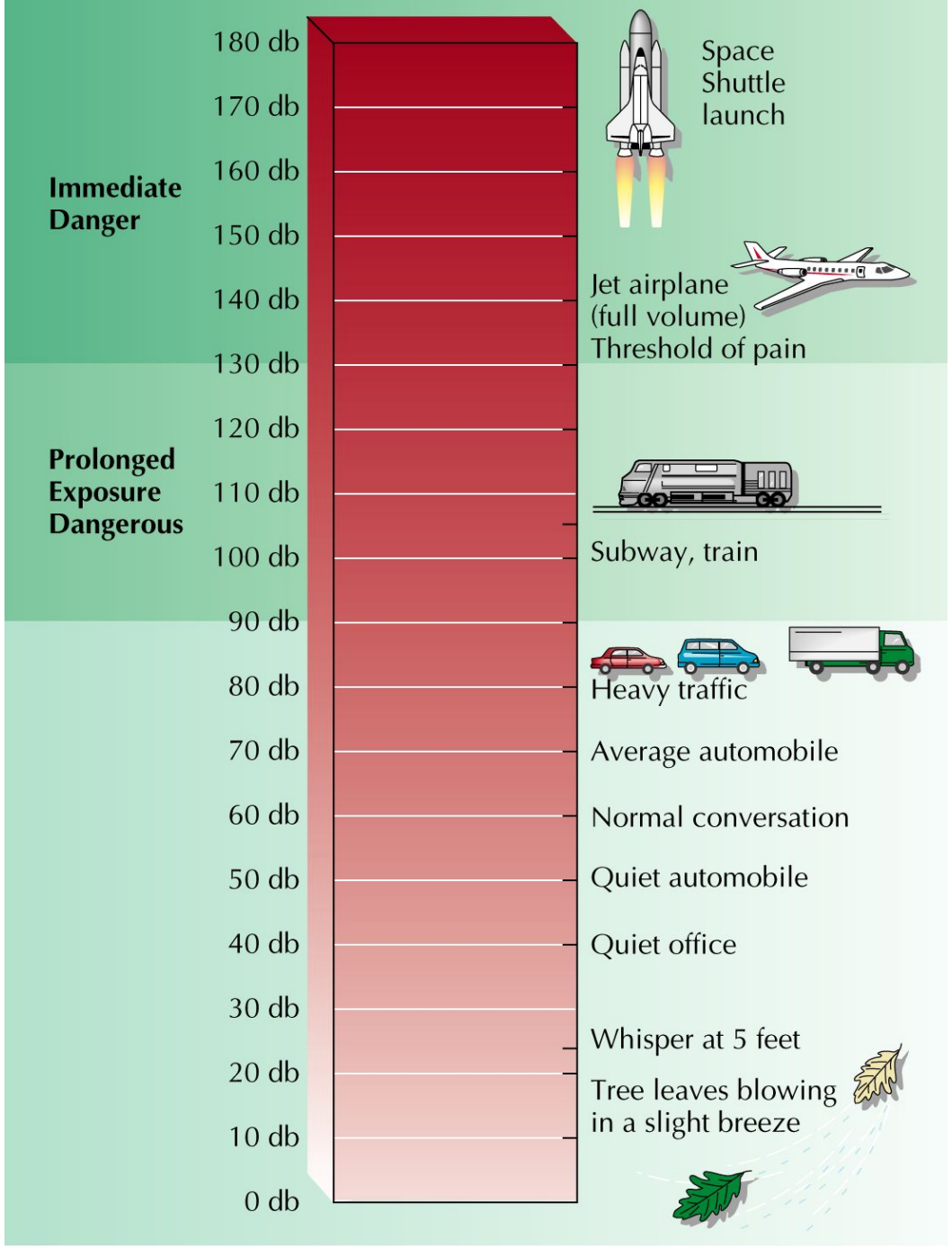


Изменение состояния волосковых клеток и МП в зависимости от направления волновых колебаний



При действии звука в результате деполяризации волосковой клетки происходит вход **Ca,** что вызывает освобождение **глутамата** в синапсе со слуховым афферентом





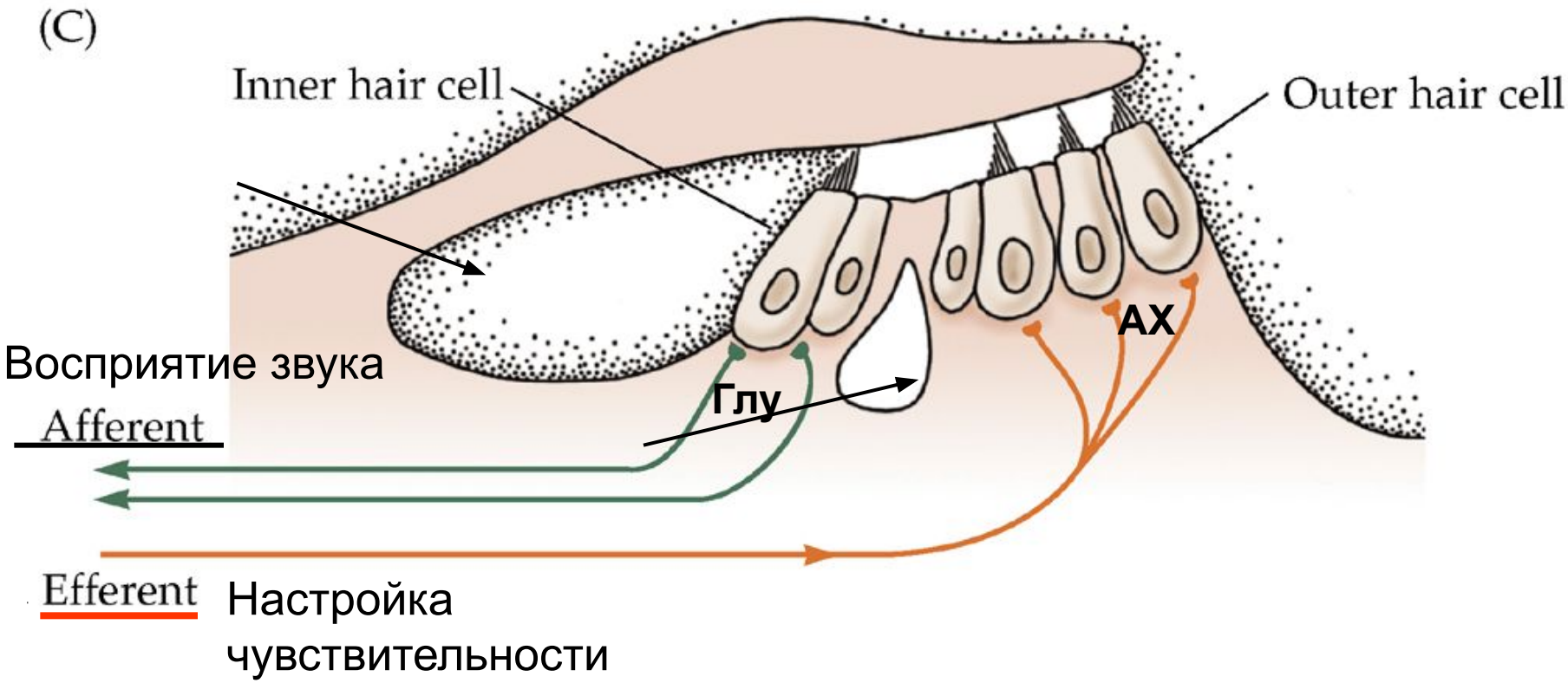
Шкала в децибелах окружающих нас звуков

Необходимость регулирования в широком пределе диктуется диапазоном звуков в окружающей среде

Наружные и внутренние волосковые клетки

К наружным подходят афферентные волокна (передают сигнал о звуке)

К внутренним – эфферентные волокна (модулируют восприятие звука)

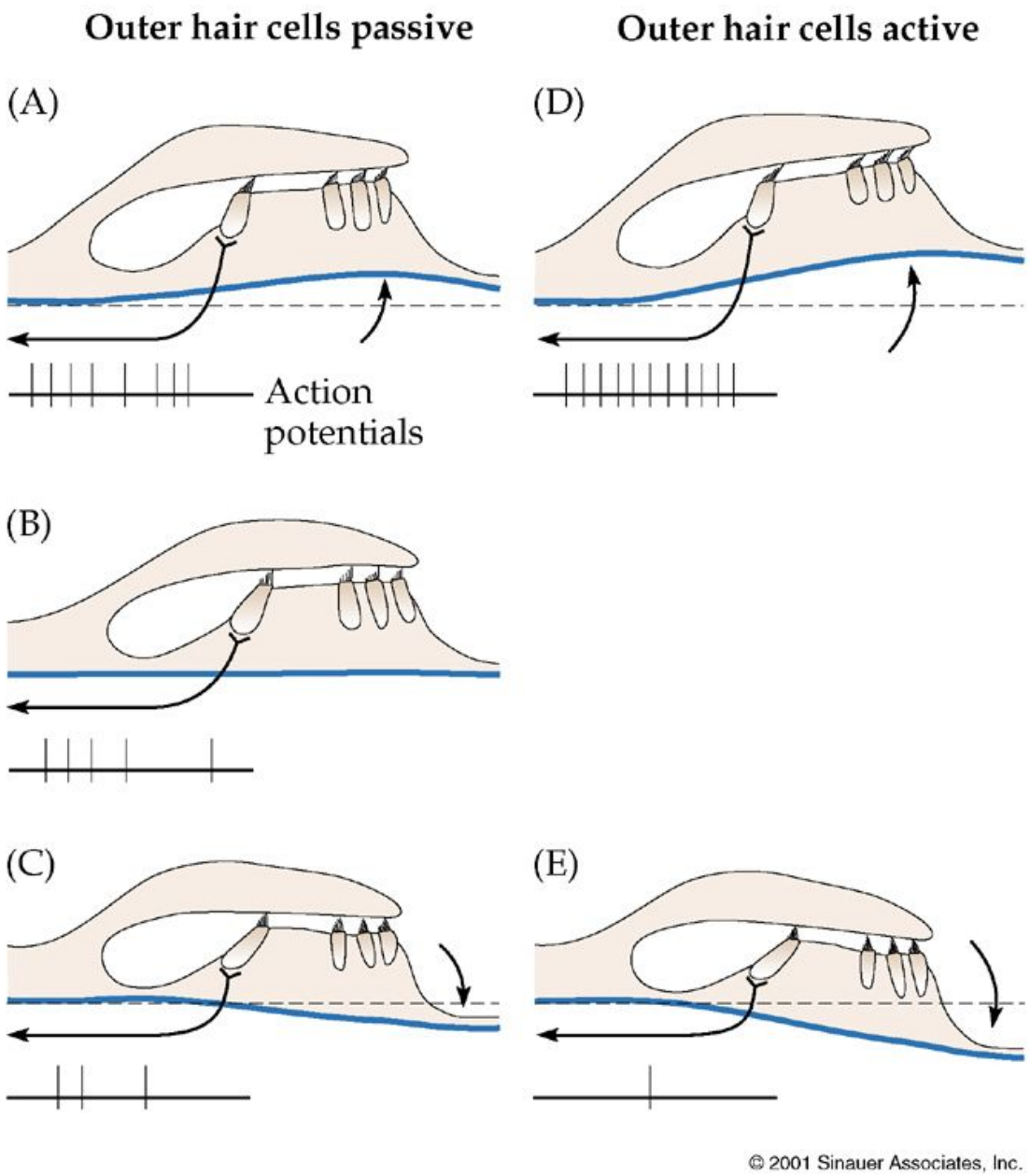


Функция внешних волосковых клеток

Деполяризация 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



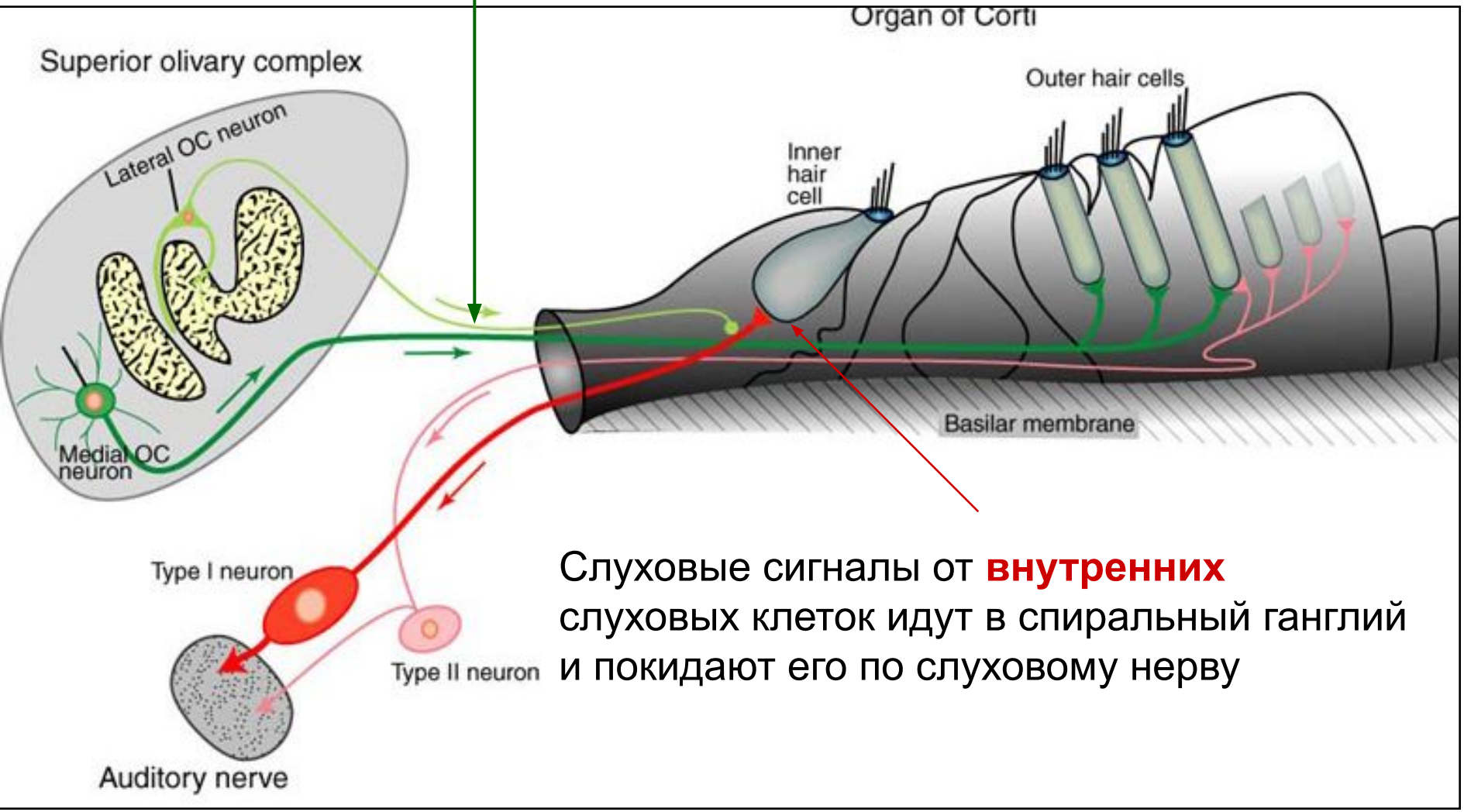
Регуляция восприятия громкости звука:

1. Ушная раковина (поворот головы)
2. Состояние барабанной перепонки (аппарат среднего уха)
3. Модуляторная функция внешних волосковых клеток (внутреннее ухо)

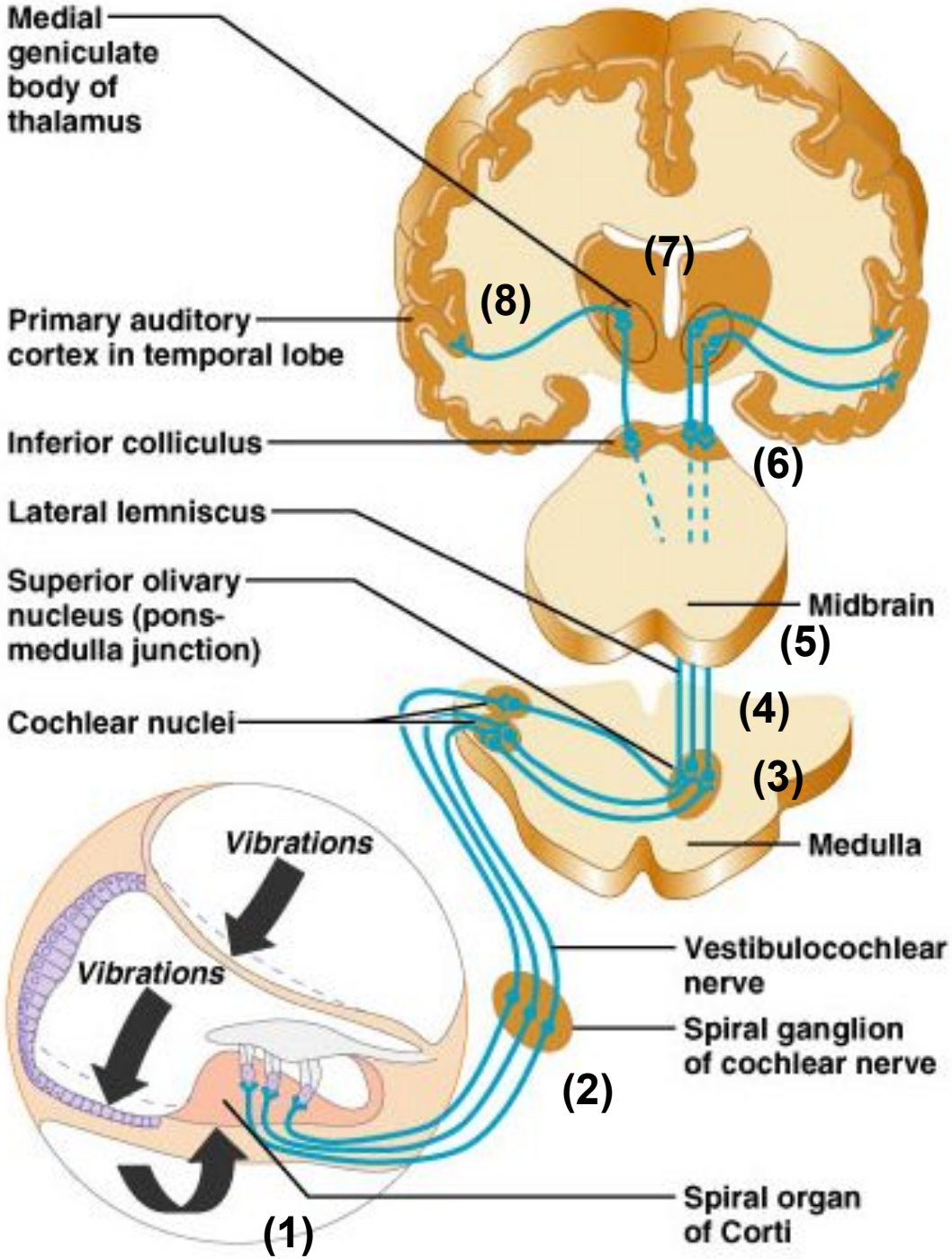
Повреждающее действие громкого звука на волосковые клетки

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)

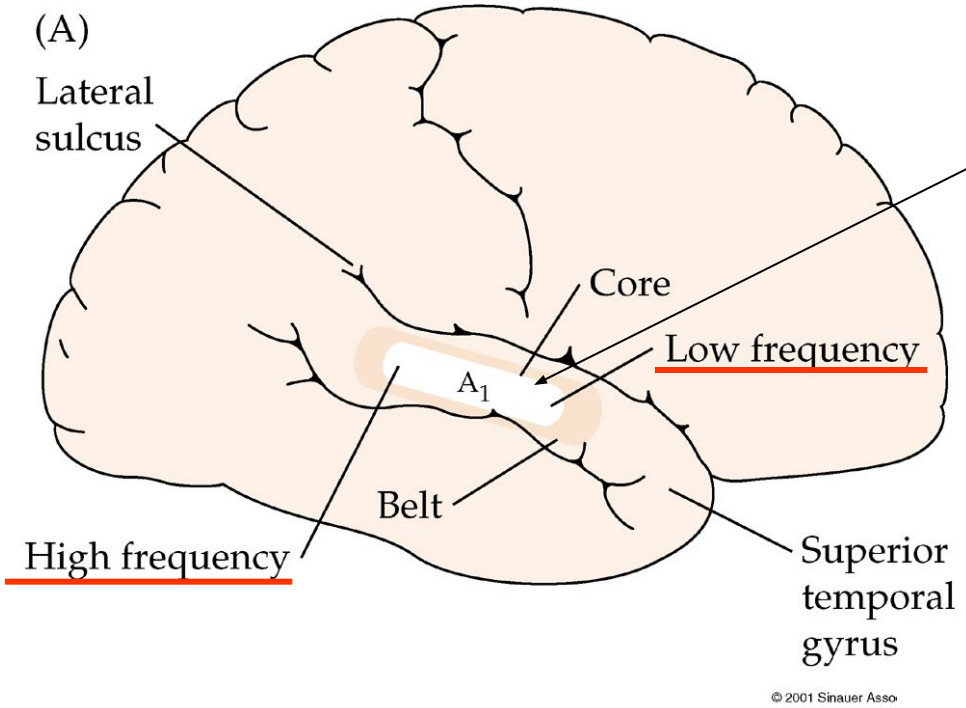
– по латеральному лемниску в средний мозг (5)

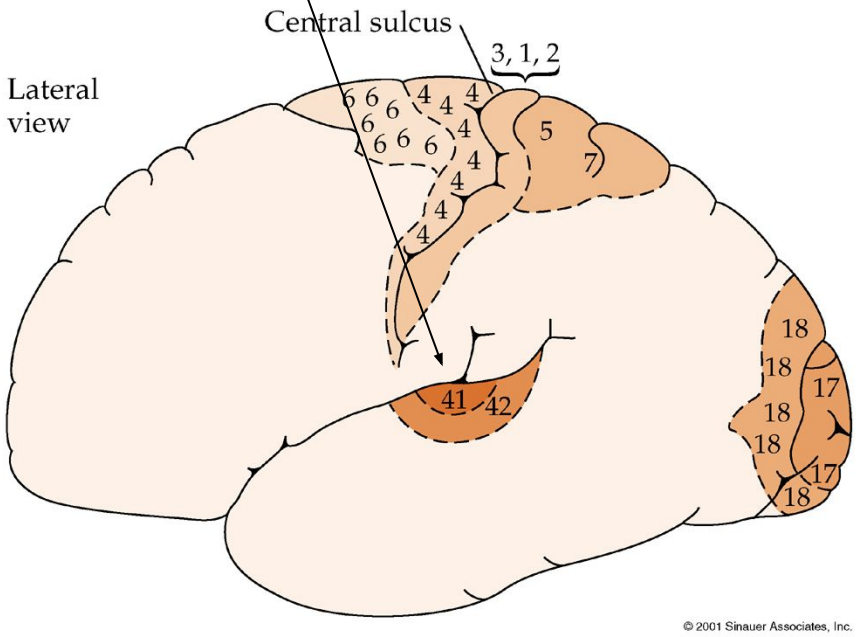
– в нижние колликулусы (6)

– через среднее коленчатое тело таламуса (7)

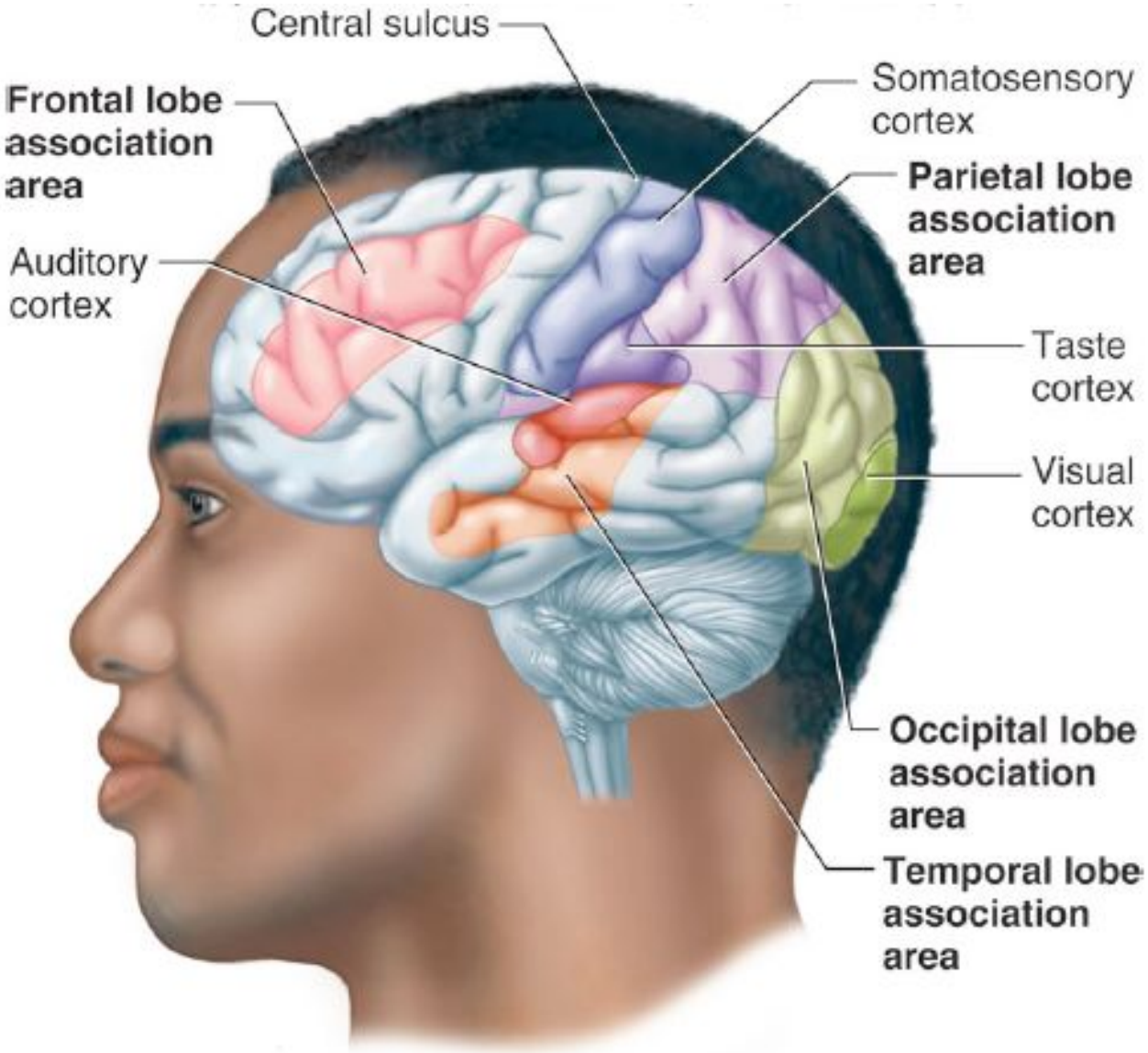
– в первичную слуховую кору (8) (височная доля)

Локализация области восприятия звуков в коре мозга

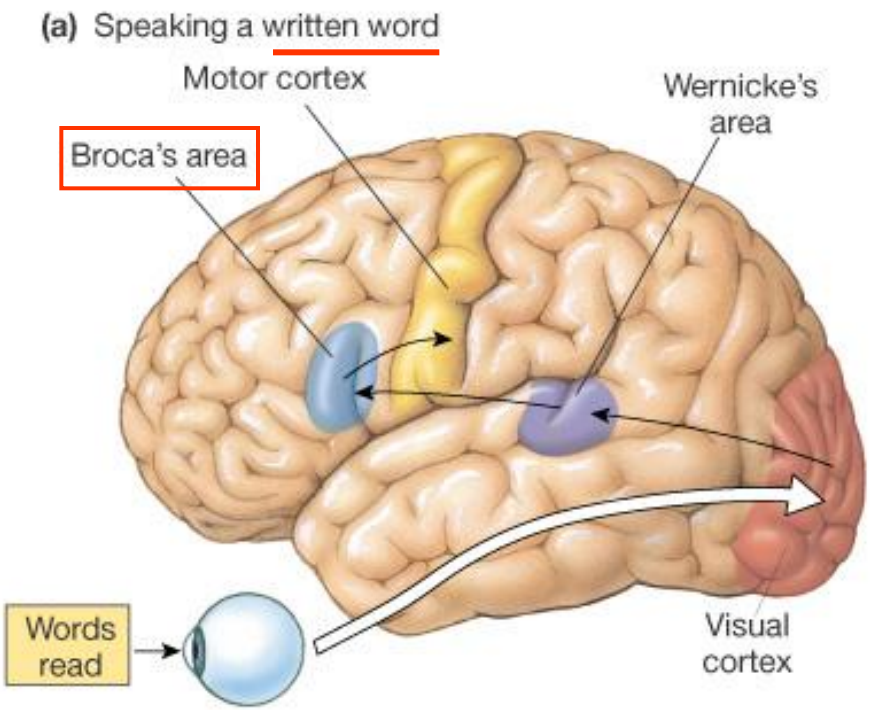




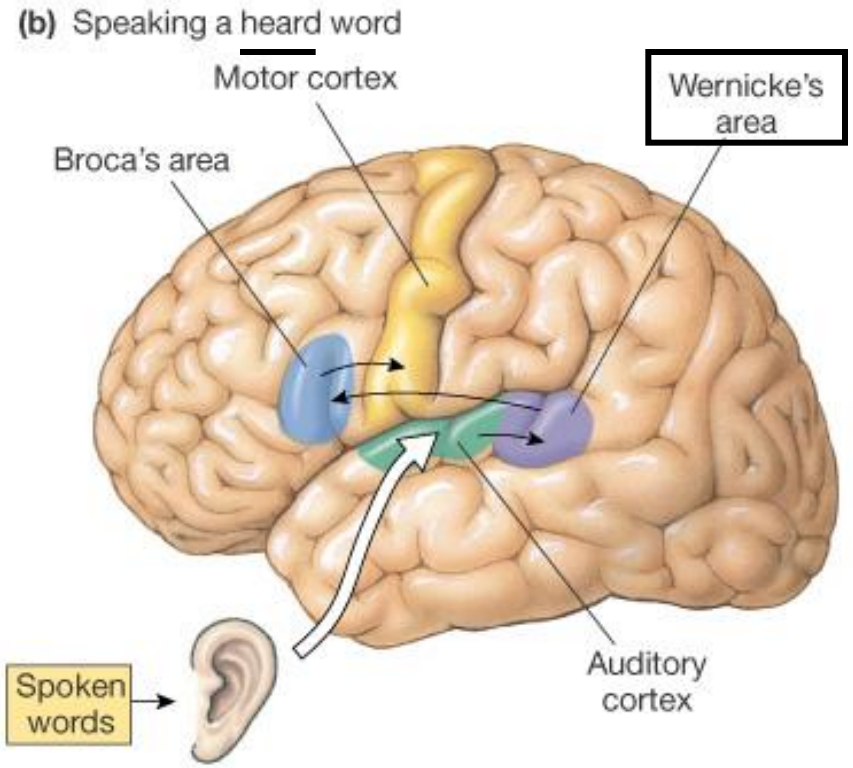
Расположение сенсорных зон коры



Слуховое и зрительное восприятие языка



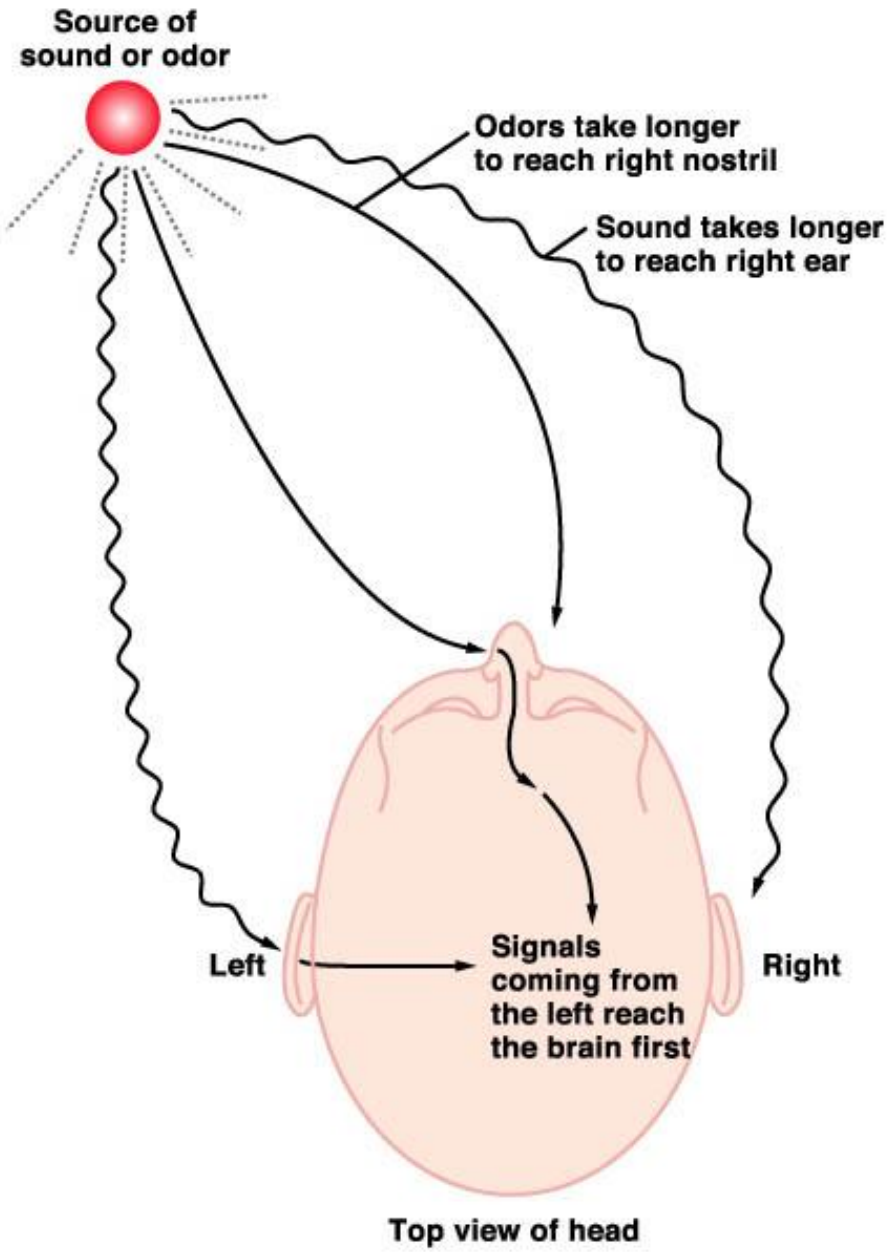
Чтение текста



Речь

Воспроизведение звуков

Бинуральный слух



Локализация звука основана на одновременном функционировании обоих 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-х мерная звуковая картина.

Перерыв