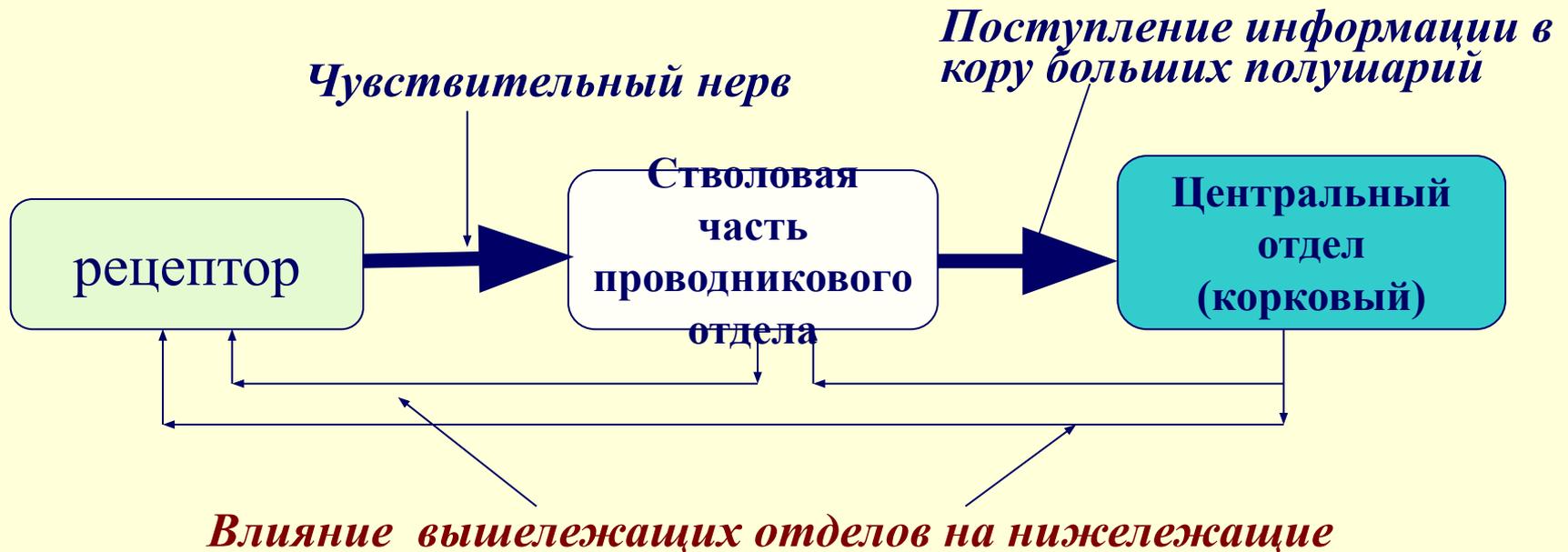


Литература

- **Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. Учебник. Батуев В.С.** Питер, 2008, соответствует стандарту по специальности «психология», 320 с.
- ***Шульговский В.В.*** Основы нейрофизиологии
- **Данилова Н.Н., Крылова А.Л.** **Физиология высшей нервной деятельности** – Ростов н/Д: «Феникс», 2005, 478 с. - (Учебники МГУ) .

Анализаторы

Анализатор или сенсорная система – трехкомпонентное объединение элементов нервной системы для получения определенной информации как из внешней, так и из внутренней среды. Элементы анализатора: рецептор, проводниковая часть, центральный отдел



Роль отделов анализатора

Воспринимающий (РЕЦЕПТОРНЫЙ).

Преобразование сигналов определенной модальности в последовательность нервных импульсов (кодирование информации).

Проводниковый (НЕРВЫ, ПРОВОДЯЩИЕ ПУТИ ЦНС И ЯДРА СТВОЛА). Проведение и частичная обработка сенсорной информации. Блокирование одних и усиление других сигналов (перекодирование).

Центральный (КОРКОВЫЕ ПОЛЯ). Обработка информации, создание представлений, ощущений, осознание действующих сигналов (декодирование).

Экстероцептивные анализаторы и их характеристики

Модальность	Локализация рецепторов	Тип рецепторов	Воспринимаемое качество
Зрение	Сетчатка глаза	Палочки Колбочки	Освещенность Контрастность Движение Размеры Цвет
Слух	Улитка	Волосковые клетки	Высота Сила звука Тембр Локализация звука
Равновесие	Вестибулярный орган	Макулярные клетки	Вращение Сила тяжести
Осязание	Кожа	Окончания Руффини Диски Меркеля Тельца Пачини	Тепло Давление Вибрация
Вкус	Язык	Вкусовые сосочки на кончике языка Вкусовые сосочки у основания языка	Сладкий, кислый, горький и соленый вкус
Обоняние	Обонятельный эпителий носовой раковины	Обонятельные рецепторы	Цветочный Фруктовый Мускусный Пикантный запах

Закон Вебера-Фехнера

Эрнст Генрих Вебер на основе экспериментов по различению силы давления на кожу, веса поднимаемых на ладони грузов и видимой длины линий, а также на основе опубликованных др. учеными наблюдений, вывел важную закономерность. Мы воспринимаем новый вес, длину или давление **только по отношению к величине исходного раздражителя**. Математически закон выглядит: либо как $\Delta I / I = k$, либо как $\Delta I = kI$, где ΔI — изменение раздражителя, необходимое для обнаружения едва заметного различия (ЕЗР) в стимуляции; I — величина раздражителя и k — константа, зависящая от вида ощущений. Конкретное числовое значение ***k* называют отношением Вебера**.

Однако вскоре обнаружилось, что величина k не остается постоянной во всем диапазоне интенсивностей раздражителя, а увеличивается в области низких и высоких интенсивностей. Тем не менее, **закон справедлив для средней области диапазона интенсивностей раздражителей**, вызывающих практически все виды ощущений.

продолжение

Математик Г. Фехнер примерно в 1860 году прологарифмировал правило Вебера. Закон Вебера – Фехнера, который называют основным законом психофизики, выражается уравнением:

$$E = K \ln I,$$

где E - интенсивность ощущения, K – константа (коэффициент Вебера), I - интенсивность стимула. Закон Вебера - Фехнера утверждает, что при линейном увеличении интенсивности стимула интенсивность ощущения растет логарифмически.

Степенная функция Стивенса

Стивенс шел как бы обратным путем: он интерполировал полученные закономерности с дискретных значений субъективных оценок на весь непрерывный ряд сенсорного континуума.

Выявленная при этом степенная зависимость:

$$Y = k * S^n,$$

где **Y** — субъективная величина, ощущение;

S — стимул;

n — показатель степени функции;

k — константа, зависящая от единицы измерения.

При этом показатель степенной функции для разных модальностей ощущений различен: для белого цвета он имеет значение 0,33, для боли при электрическом ударе — 3,5.

Кора больших полушарий

25 % коры больших полушарий – первичная кора или области «корковых концов анализаторов». Каждая область строго ограничена и находится в определенном полушарии.

ДОЛИ: 1 – лобная; 2 – височная;
5 – затылочная; 6 – теменная.

БОРОЗДЫ: 8 – центральная; 7 –
латеральная.

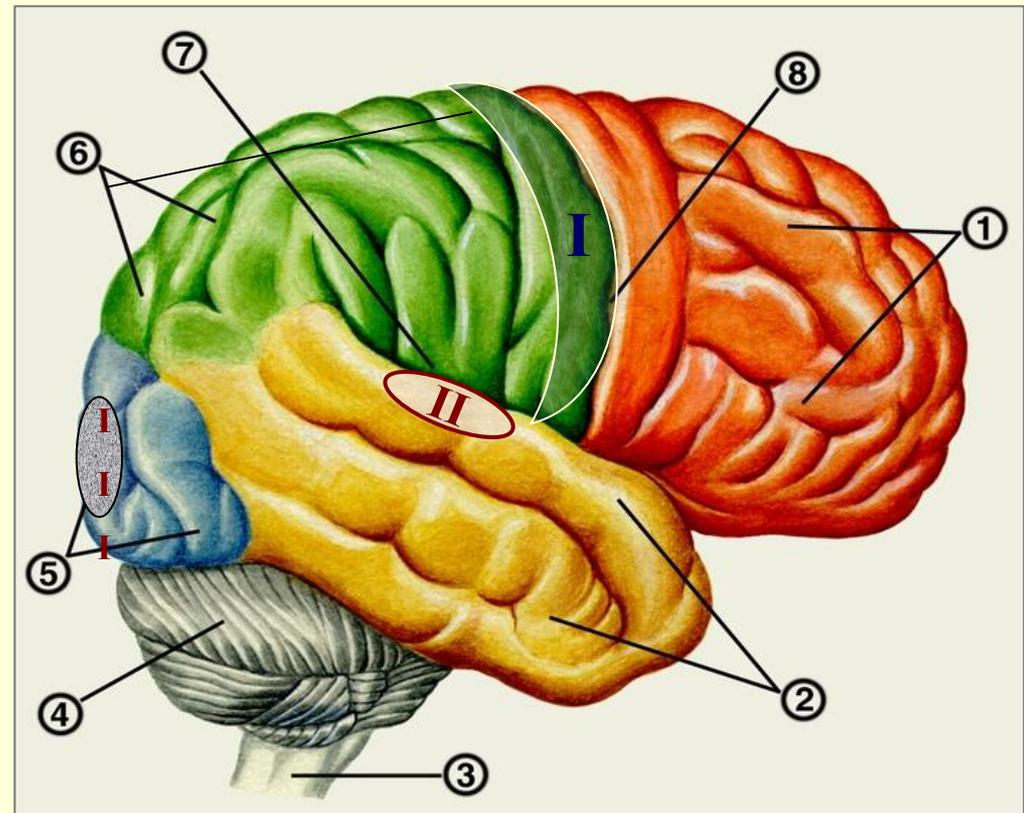
3 – ствол мозга; 4 – мозжечок.

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ОТДЕЛЫ анализаторов (ЦО):

**I – соматосенсорная кора – ЦО
анализатора общей кожной
чувствительности и мышечного
чувства.**

**II слуховая кора – ЦО слухового
анализатора;**

**III – зрительная кора – ЦО
зрительного анализатора**



Вызванные потенциалы

Сигналы, регистрируемые в зрительной коре в ответ на зрительное раздражение представляют собой сложноорганизованные колебания потенциалов с *позитивными* (вниз) и *негативными* (вверх) волнами. Каждая волна отражает принципиально разные характеристика как самого сигнала, так и значения сигнала для организма. **РАННИЕ** волны (до 100 мс) – связаны с первичным прохождением сигнала и его распознаванием как зрительного стимула; **ПОЗДНИЕ** волны – более 200 мс – с оценкой значимости сигнала; **ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ** – с характеристиками сигнала, такими как *интенсивность*, *направление*, *длительность*



Элементы зрительного анализатора

Воспринимающий отдел

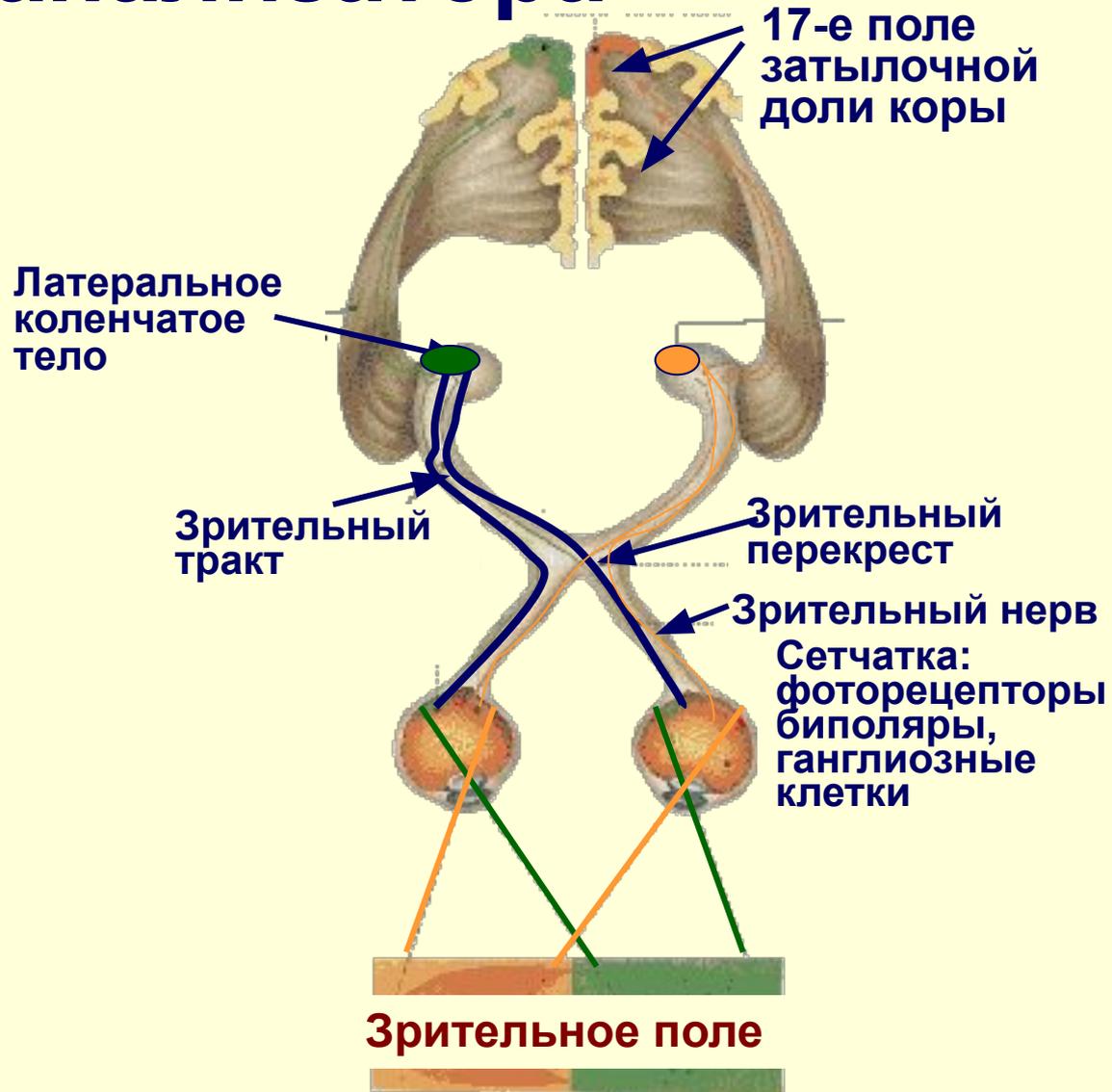
– фоторецепторы (палочки и колбочки).
Расположены в сетчатке – внутренней оболочке глазного яблока.

Проводниковый отдел

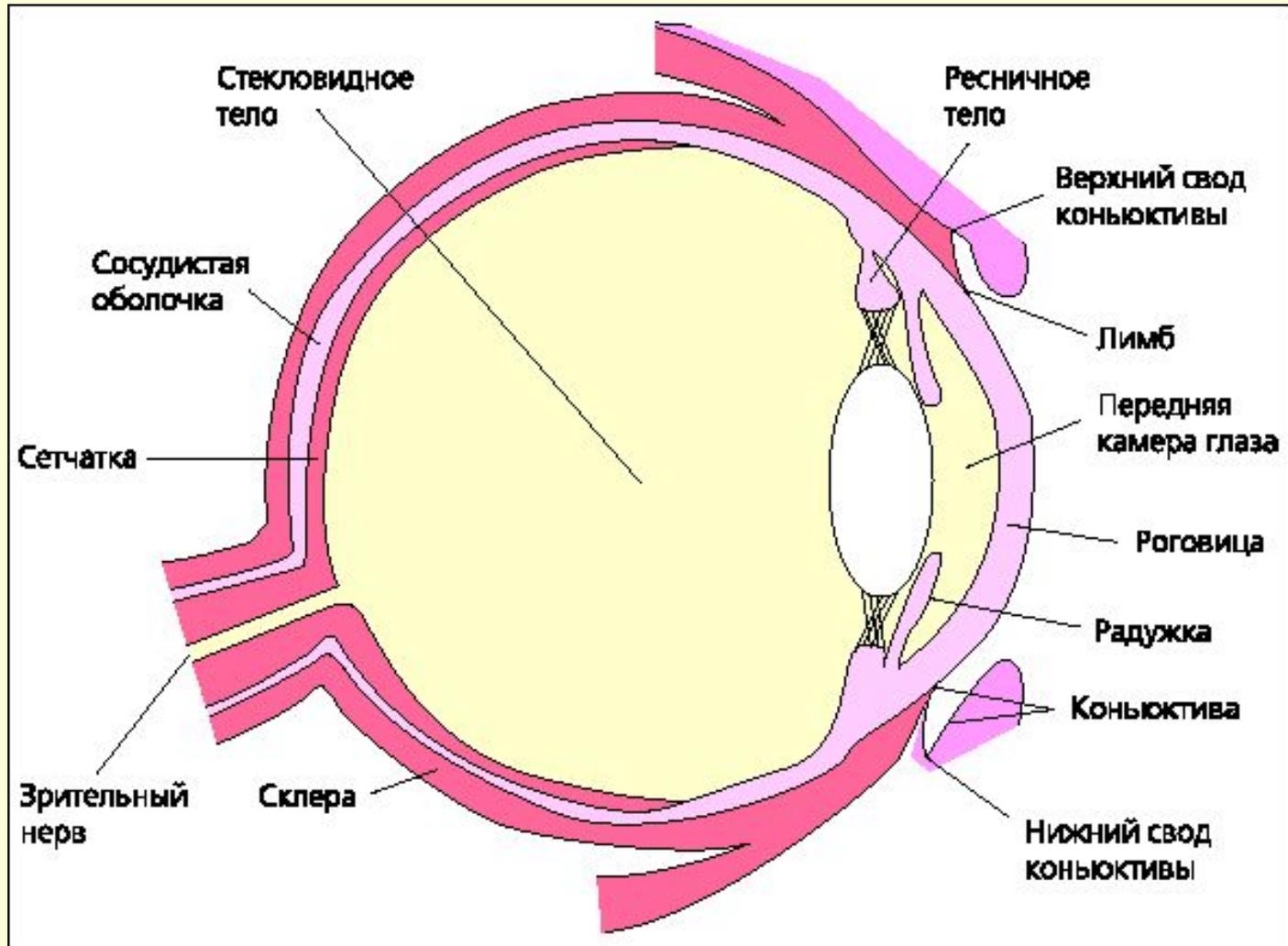
– зрительные нервы, зрительные тракты, ядро таламуса, зрительная лучистость.

Корковый отдел

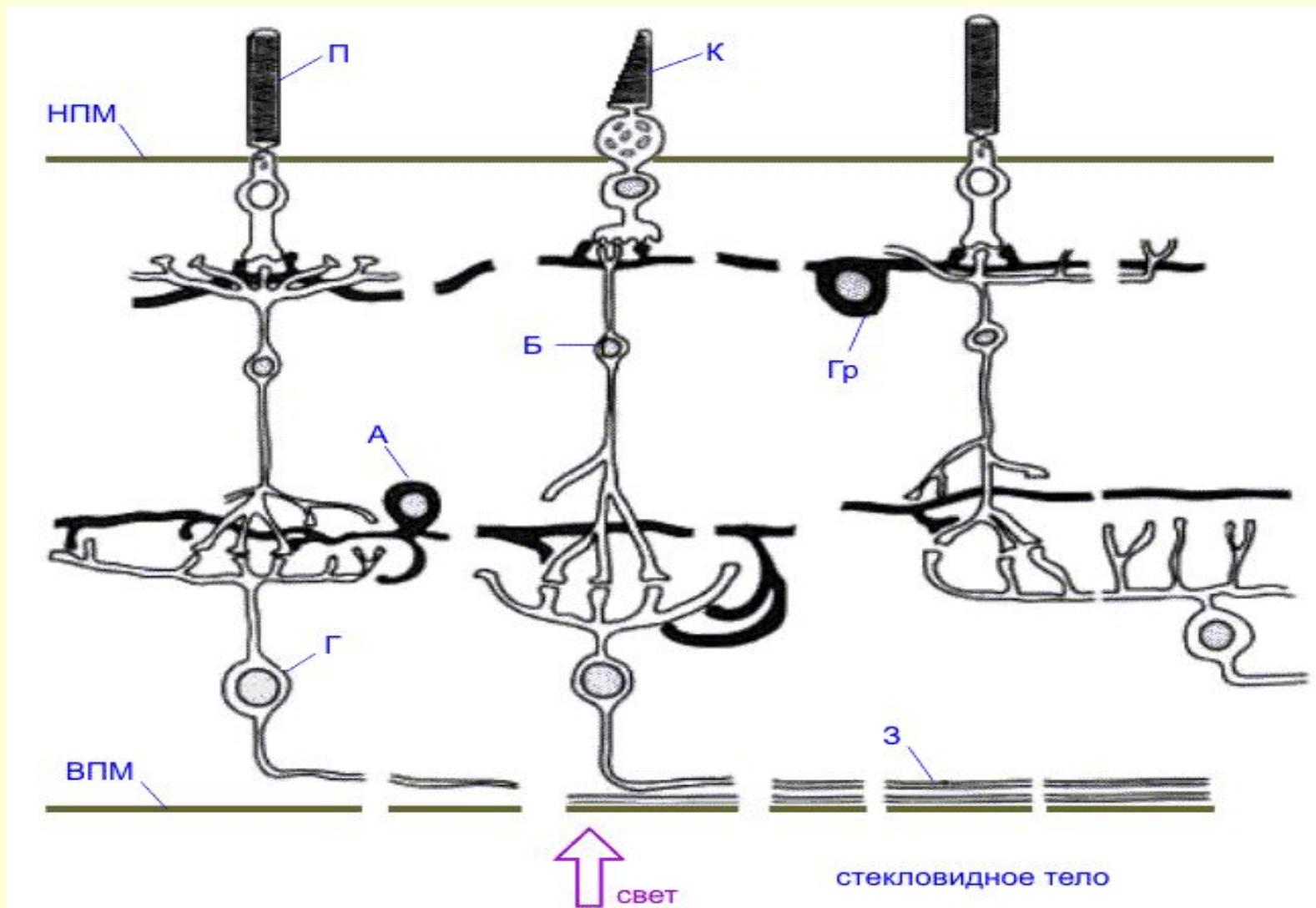
– клетки 17-го поля затылочной коры, составляющие простые, сложные и сверхсложные поля.



Орган зрения глаз (сагиттальный разрез)

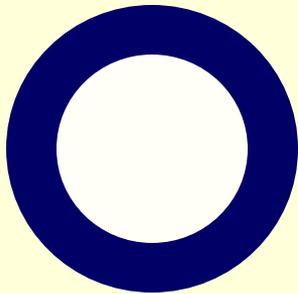


Основные клетки сетчатки

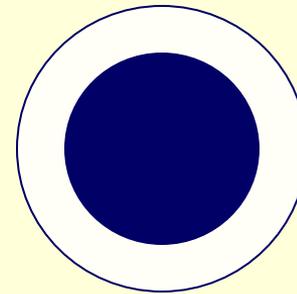


Клетки с “on” и “off” центром

- Ганглиозные клетки активация которых происходит при освещении центра их рецептивного поля и затемнении периферии – клетки **с “on” центром.**



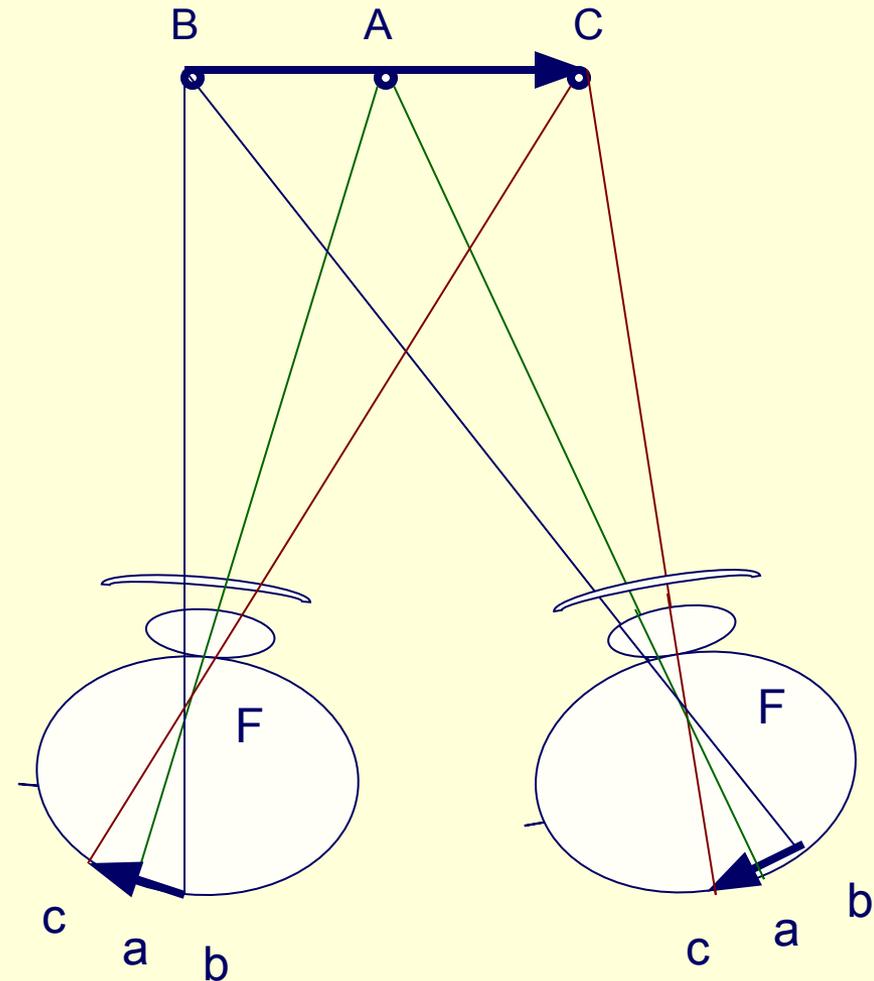
- Ганглиозные клетки активация которых происходит при затемнении центра их рецептивного поля и освещении периферии – клетки **с “off” центром.**



Если рецептивное поле освещено равномерно или не освещено вовсе, ганглиозные клетки не генерируют нервных импульсов.

Бинокулярное зрение

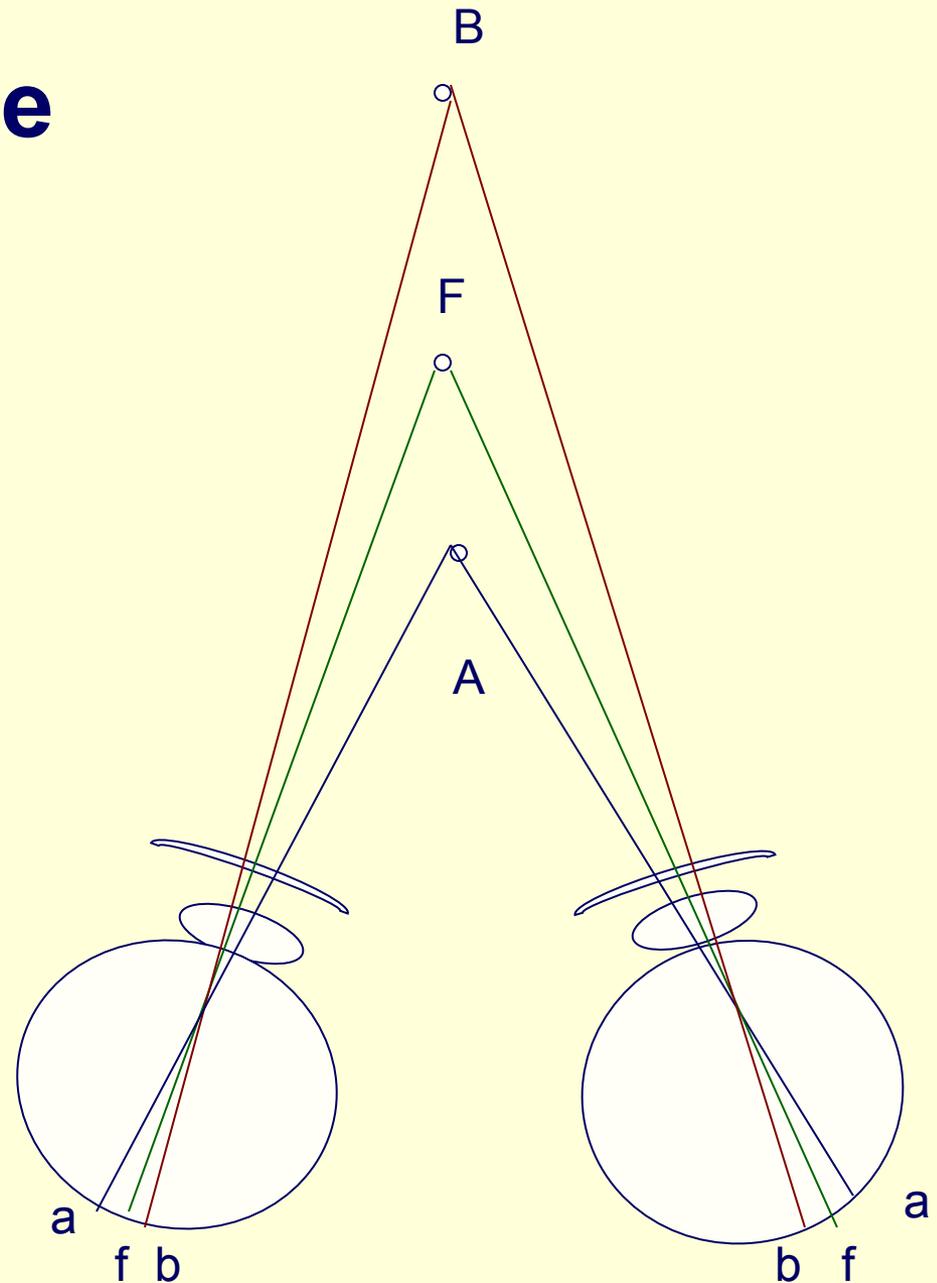
Если глаз фиксирован на какой-либо точке (А) пространства, то другие точки (В, С) находящиеся в поле зрения на таком же расстоянии от наблюдателя, отражаются на симметричных, относительно центральной ямки участках сетчатки правого и левого глаза. Изображение этих точек отстоит в правом и левом глазу от центральной ямки на одинаковом расстоянии в одну сторону, то есть в одном глазу кнаружи, в другом кнутри. Эти точки называют **корреспондирующими**.



Объемное зрение

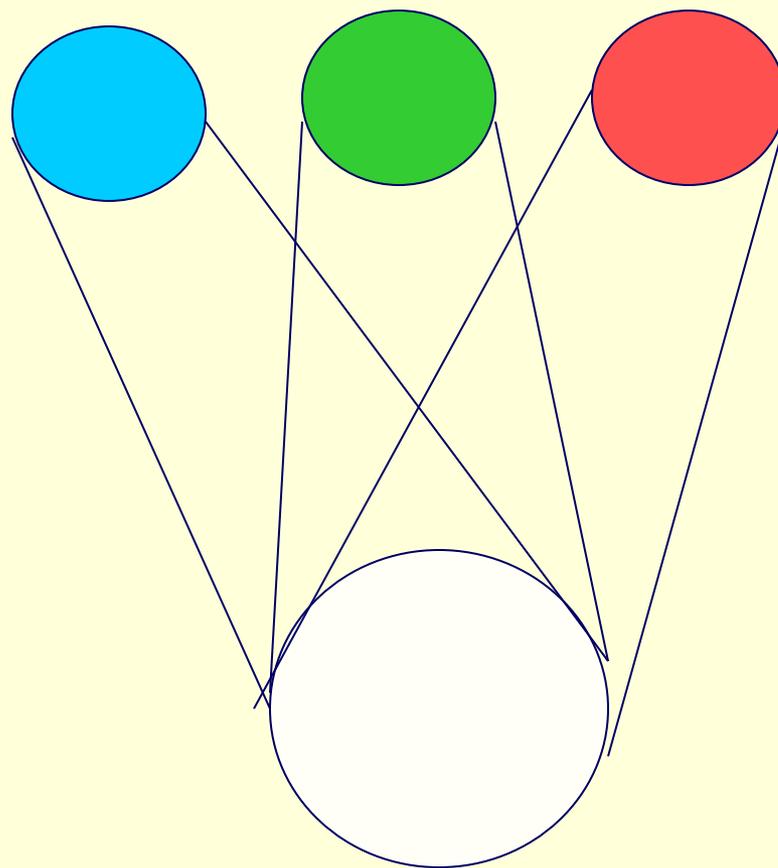
При фиксации глаза в точке F, точки, расположенные дальше (B) и ближе (A) от наблюдателя, отражаются на сетчатке в **диспаратных** точках, то есть, расположенных либо кнутри (b), либо кнаружи (a) относительно центральной ямки.

Поступление в мозг сигналов от диспаратных точек двух глаз является основой объемного зрения, так как позволяет «видеть» глубину пространства.



Различение цвета

Цветовое зрение связано с колбочками, которые в отличие от палочек неоднородны. Белый цвет раскладывается на волны разной длины – от 420 (фиолетовый) до 750 (красный) нм. Разные колбочки высокочувствительны к разным длинам волн, поэтому при действии разных цветов на одни и те же колбочки, их активность – разная. Распознавание цвета мозгом зависит от того сколько сигналов приходит от разных колбочек



Элементы слухового анализатора

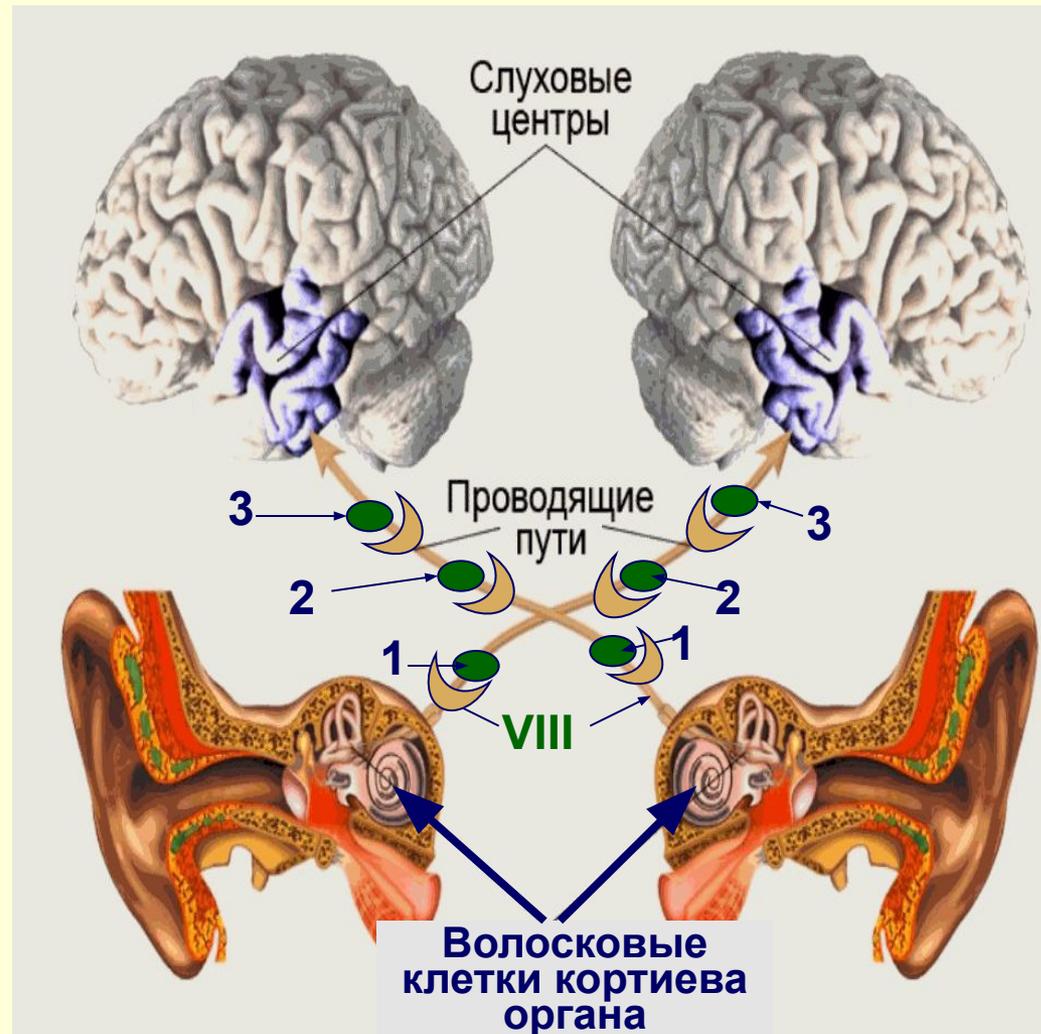
Воспринимающий отдел

представлен фонорецепторами расположенными в улитке кортиева органа, в пирамиде височной кости;

Проводниковый отдел

Клетки спирального ганглия и их отростки, входящие в состав VIII пары черепномозговых нервов – преддверноулиткового; продолжение отдела – ряд ядер ствола: кохлеарные (1), оливарные (2), нижних бугров черверохолмия, медиальные коленчатые тела (3);

Корковый отдел – височная область коры, 41 поле



Частотная и волновая характеристики некоторых источников звука

Источники звука	Частота (Гц)	Длина волны (м)
Нижняя нота рояля	27,5	12,4
Низкий певческий бас	80	2,7
Нота «ля» для настройки	440	$78 \cdot 10^{-2}$
Высокий тенор	500	$69 \cdot 10^{-2}$
Альт	650	$53 \cdot 10^{-2}$
Верхнее «до»	1048	$33 \cdot 10^{-2}$
Колоратурное сопрано	1350	$25 \cdot 10^{-2}$
Самая высокая нота рояля	4186	$8,2 \cdot 10^{-2}$

Интенсивность некоторых источников звука

Интенсивность (Вт/м ²)	Уровень интенсивности (дБ)	Качественная субъективная оценка	Источник звука
10^{-11}	10	Едва слышно	Спокойное дыхание
10^{-10}	20	Очень тихо	Шелест листы
10^{-9}	30	Тихо	Перелистывание книги
10^{-8}	40	Умеренно	Тихая контора
10^{-7}	50	Умеренно	Домашняя обстановка
10^{-6}	60	Умеренно	Обычный разговор
10^{-5}	70	Умеренно	Лектор
10^{-4}	80	Шумно	Уличный транспорт
10^{-3}	90	Очень шумно	Близко идущий поезд
10^{-2}	100	Очень шумно	Пожарная сирена
10^{-1}	110	Невыносимо	Взлет авиалайнера
10	120	Болевое ощущение	Разрыв артиллерийского снаряда

Физические свойства звукового стимула

Звук – это колебания молекул из которых состоит упругая среда.

В воздушной среде скорость звука 335 м/с

В результате колебаний молекул образуются зоны с большей или меньшей плотностью. Амплитуда изменений давления – разность между высокой и низкой плотностью называется звуковым давлением. Оно выражается в Н/м² (паскаль).

В акустике применяют сравнительную величину – уровень звукового давления (УЗД), которое выражают в децибелах (дБ, в честь Александра Белла).

$$\text{УЗД} = 20 \cdot \lg P_x / P_0$$

Логарифмическая шкала позволяет охватить более широкие пределы звукового давления в диапазоне слышимости. P_x – действующее давление звука; P_0 – эталонное, близкое к абсолютному порогу звуковосприятия человеком.

Продолжение

Сила звука – количество энергии, проходящей через единицу поверхности за единицу времени; она выражается в Вт/м². Для абсолютного порога ($P_0 - 2 \cdot 10^{-5}$ Н/м²) это величина составляет **10^{-12} Вт/м²**.

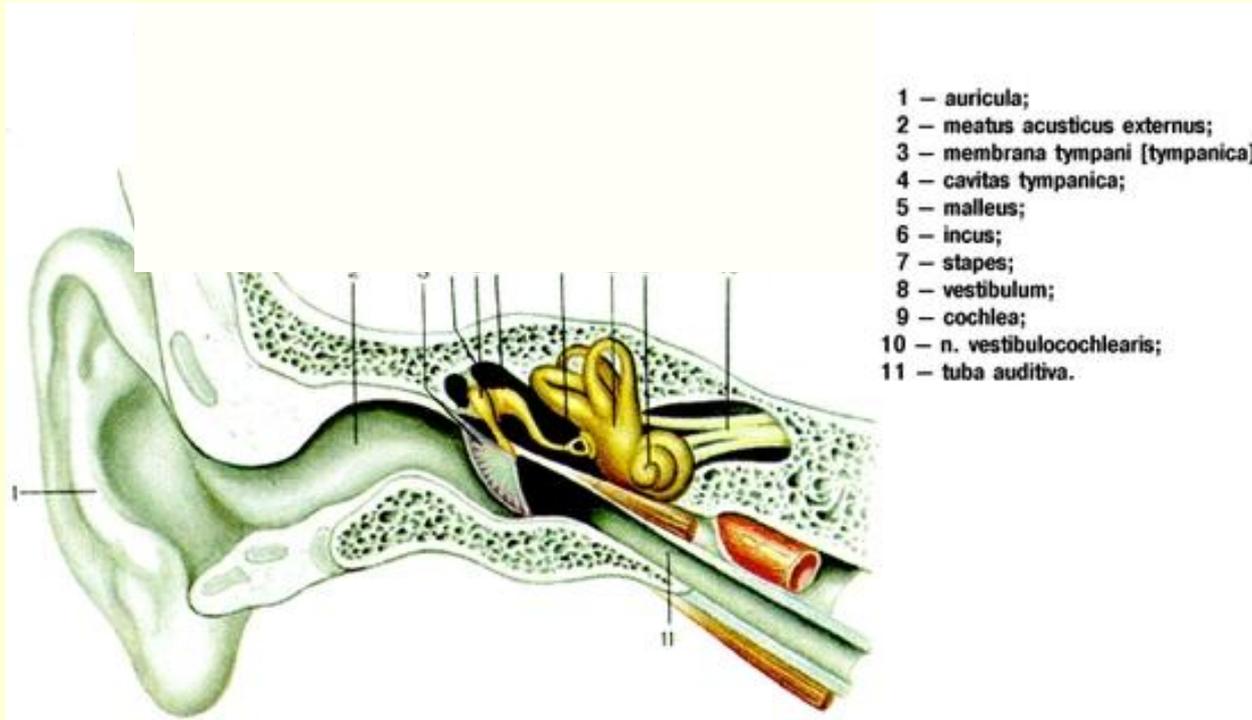
Частота звука выражается в герцах (Гц). Человеческая акустическая система обрабатывает звуки от 20 до 20000 Гц.

Звук, образованный одной частотой – **тон**.

Большинство звуков образовано несколькими частотами – основной и гармониками.

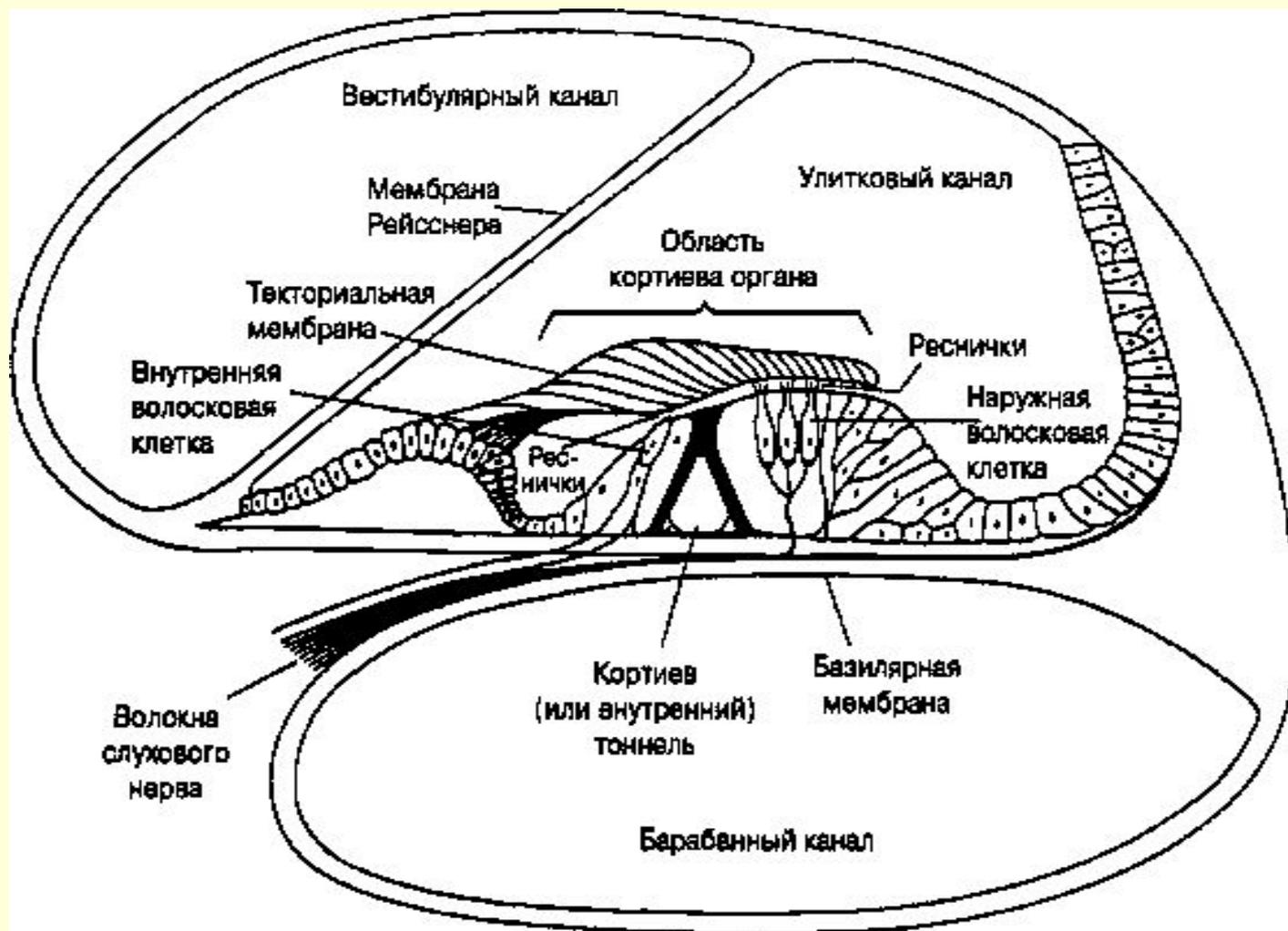
Звук, состоящий из несвязанных между собой частот – **шум**. В записи звукового давления шума периодичность отсутствует.

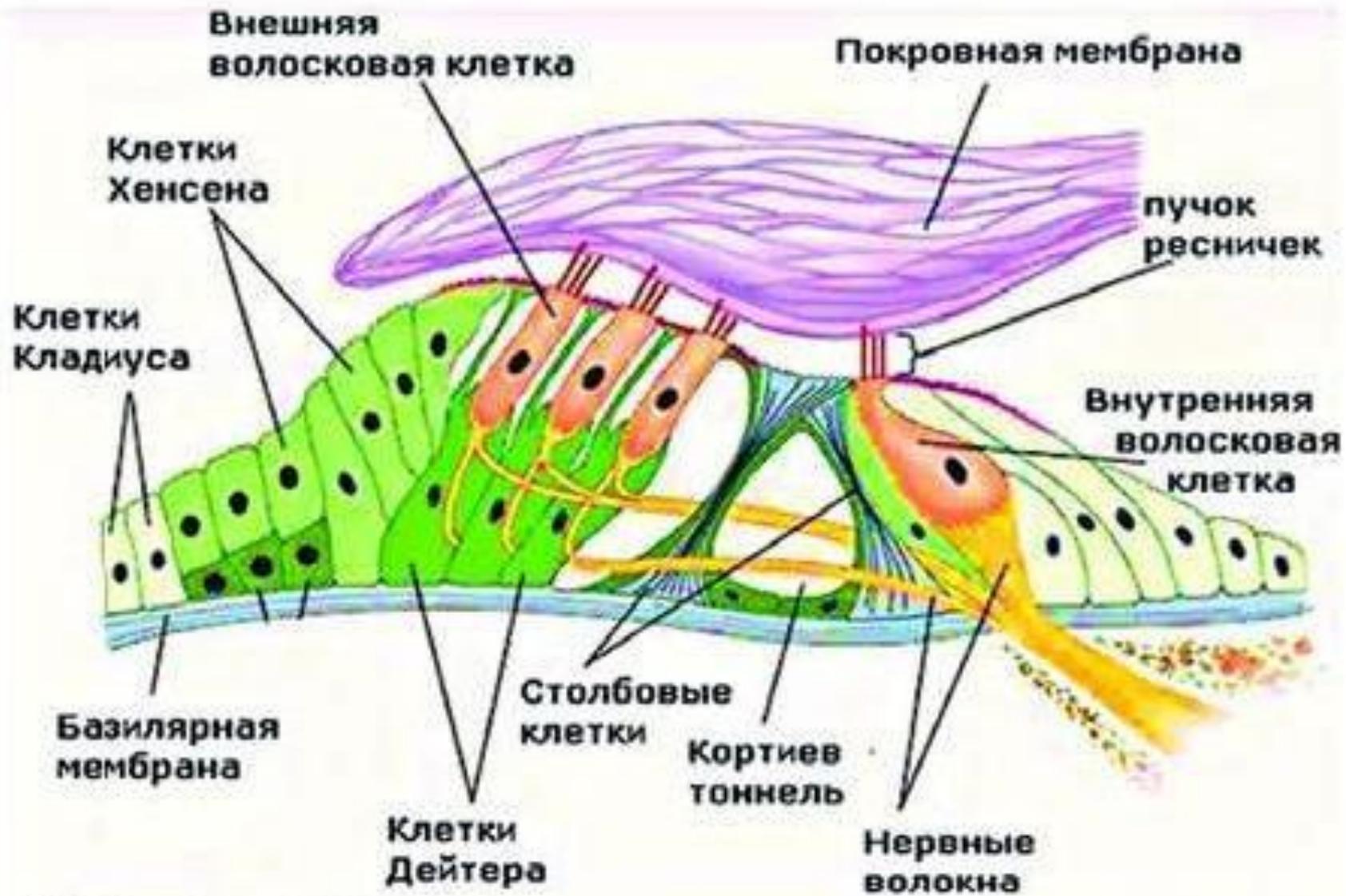
Орган слуха и равновесия



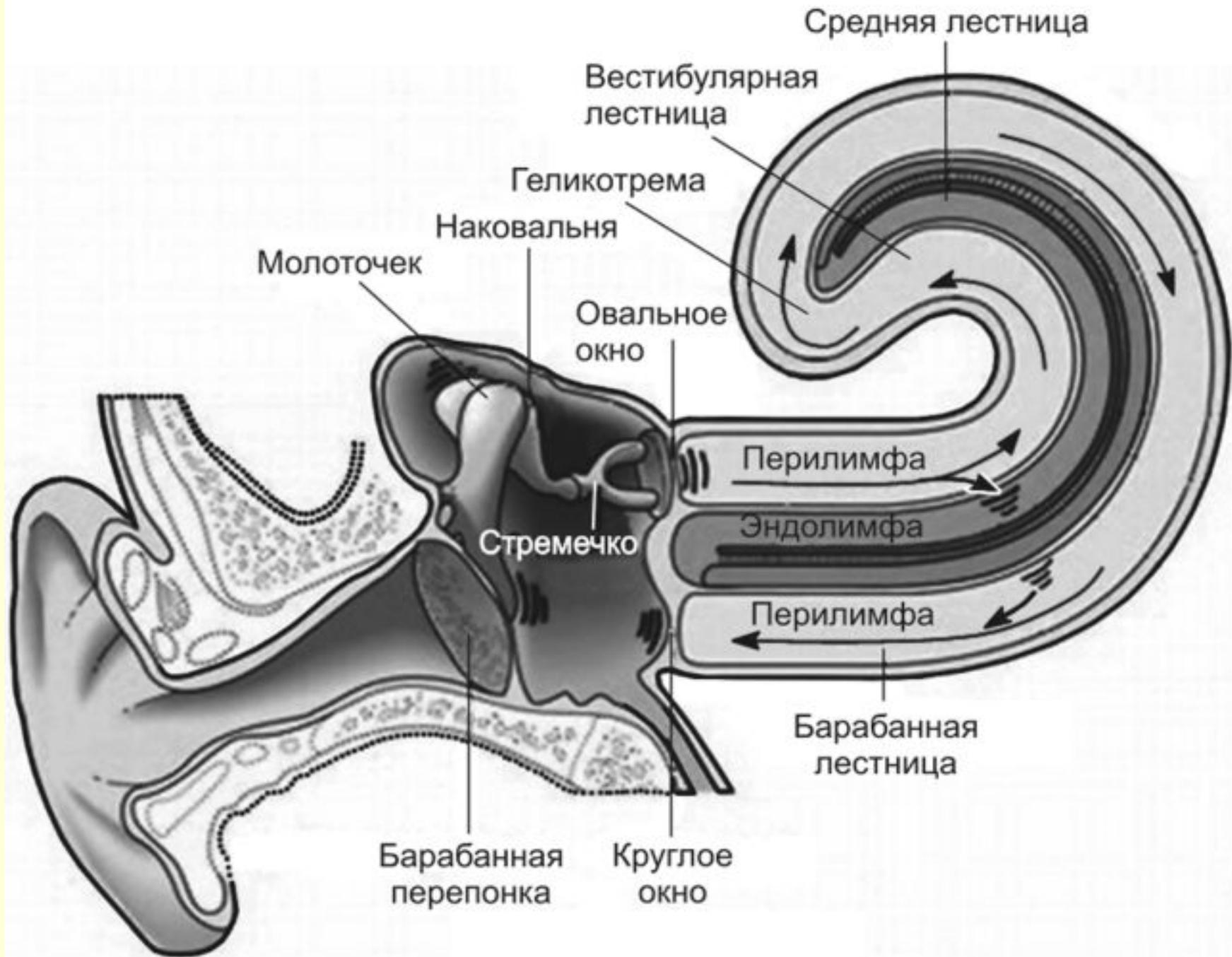
1 – наружное ухо; 2 – наружный слуховой проход; 3 – барабанная перепонка; 4 – среднее ухо (барабанная полость); 5-7 – слуховые косточки (наковальня, молоточек, стремячко); 8, 9 – перепончатый лабиринт (улитка, преддверие, полукружные каналы); 10 – вестибулокохлеарный нерв (VIII пара черепномозговых нервов); 11 – евстахиева труба, соединяющая среднее ухо с носоглоткой.

Кортиев орган





Кортиев орган



Колебания воздуха вызывают колебания барабанной перепонки, через слуховые косточки среднего уха попадают на мембрану овального окна и вызывают колебания столба перилимфы верхней (вестибулярной) лестницы.

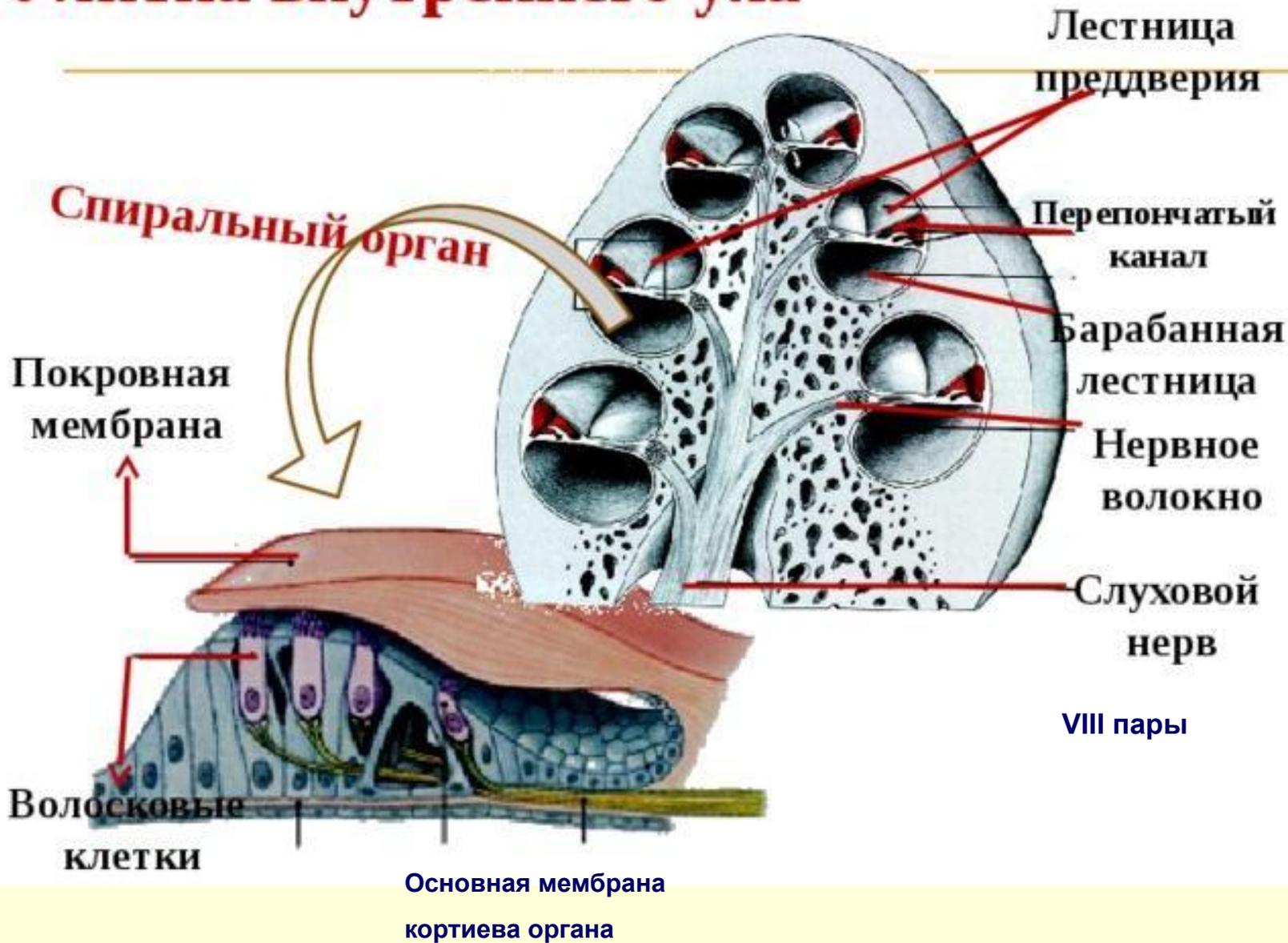
Они могут распространяться до вершины улитки и там через геликотремму передаваться на барабанную лестницу, вызывая при этом колебательные движения основной мембраны и находящихся на ней волосковых клеток

Не все колебания «доходят» до вершины улитки, но затухая на том или ином расстоянии до геликотреммы, вызывают движения тонкой вестибулярной мембраны и передаются через эндолимфу на основную через среднюю лестницу, вызывая колебания основной мембраны и волосковых клеток.

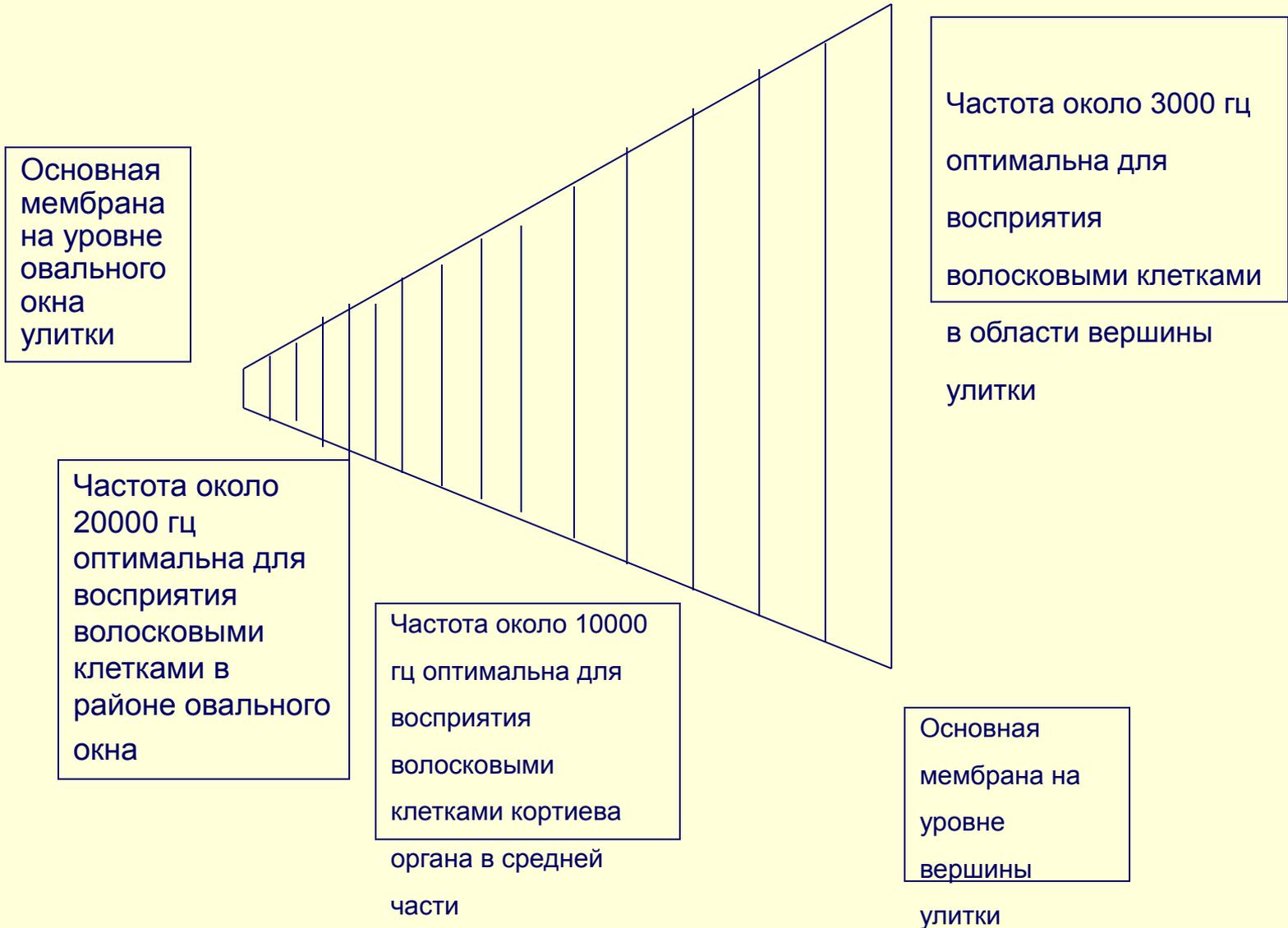
Покровная мембрана, находящаяся над ними при этих колебаниях соприкасается с волосками, происходит их деформация (изгибание) и, как следствие появляется рецепторный потенциал.

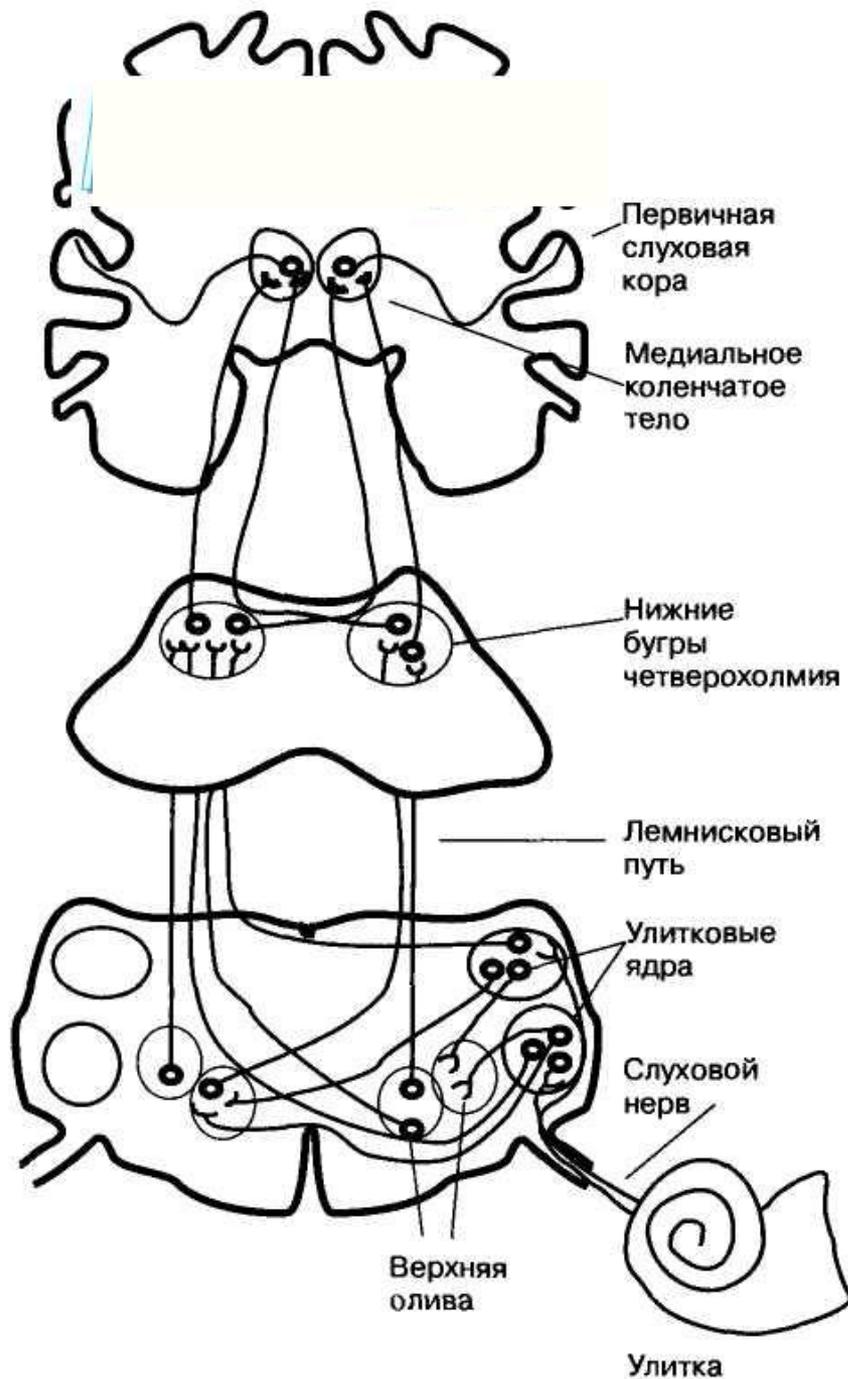
Каждая рецепторная (волосковая клетка) имеет синаптический контакт с одной из веточек дендритов клеток спирального ганглия, на которой возникает генераторный. Несколько генераторных потенциалов способны вызвать пачечную активность нейронов спирального ганглия. От каждого из этих нейронов начинается одно волокно VIII пары черепномозговых нервов (вестибулокохлеарного), являющееся аксоном этой клетки. Кохлеарная ветвь этого нерва доставляет сигналы в улитковые ядра продолговатого мозга.

Улитка внутреннего уха



Основная мембрана и высота звука





Слуховые волокна VIII пары образованы биполярными нейронами улиткового ганглия. Нейроны второго порядка расположены в улитковых (кохлеарных) ядрах, в каждом ядре имеется собственное представительство кортиева органа. Нейроны улитковых ядер образуют ипсилатеральные и контралатеральные проекции на ядра верхней оливы, здесь происходит бинауральный анализ звуковых сигналов и сохраняется тонотопия. В нижних буграх четверохолмия существуют нейронные переключения, необходимые для ориентировочных реакций на звуковые сигналы. В медиальном коленчатом теле фоновая активность нейронов изменяется в соответствии с афферентными сигналами и происходит анализ их временных характеристик. Слуховая кора расположена в полях 41 и 42, кортикальные колонки в ней упорядочены тонотопически.

Анализатор общей кожной чувствительности и мышц

Воспринимающий отдел:

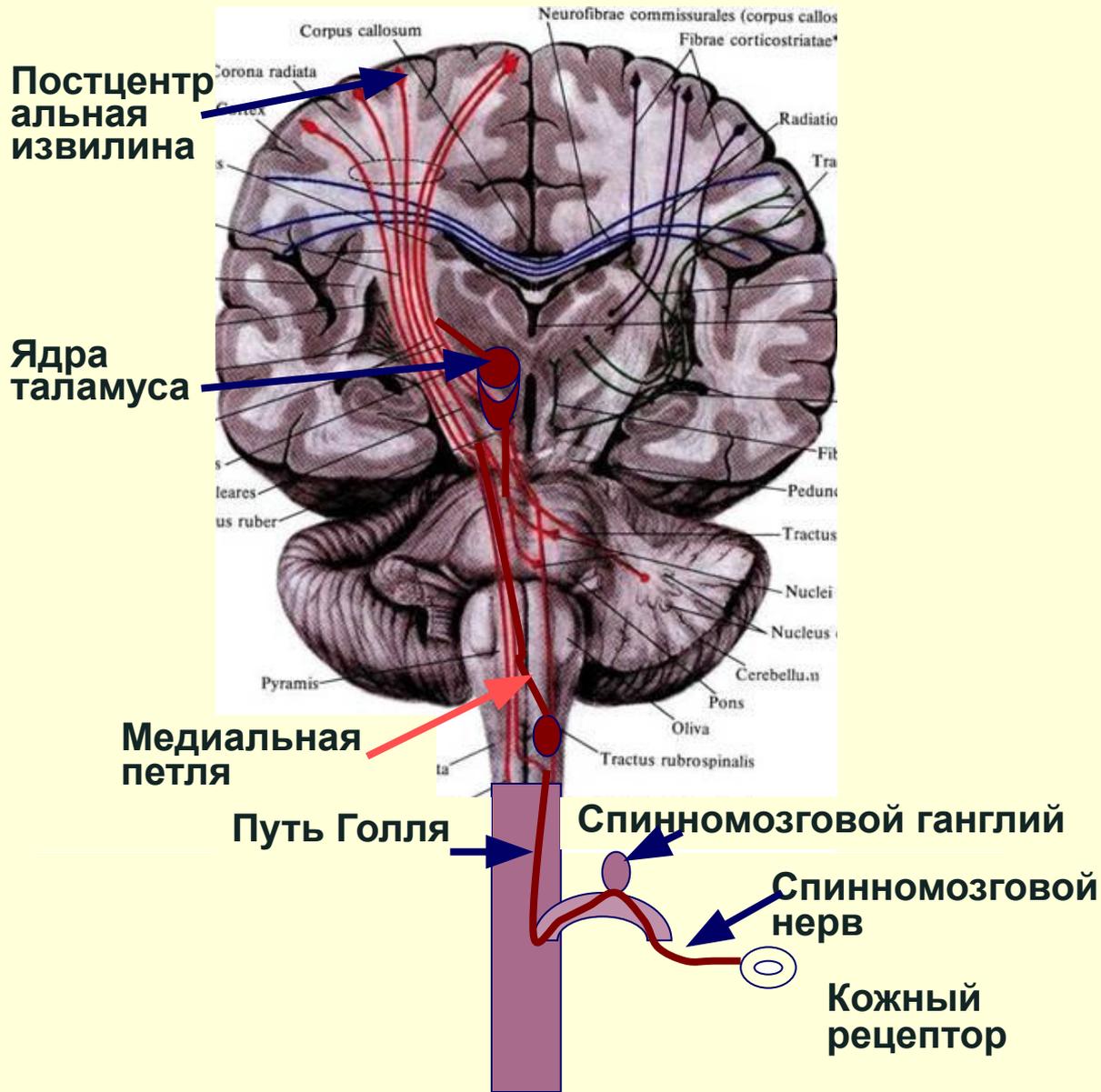
Рецепторы кожи (прикосновения, давления, температуры, боли);

Проводниковый отдел:

кожные и спинномозговые нервы, состоящие из волокон клеток спинномозговых ганглиев (первичных афферентов), проводящие пути спинного мозга (путь Голля) и ствола (медиальная петля), ядра таламуса;

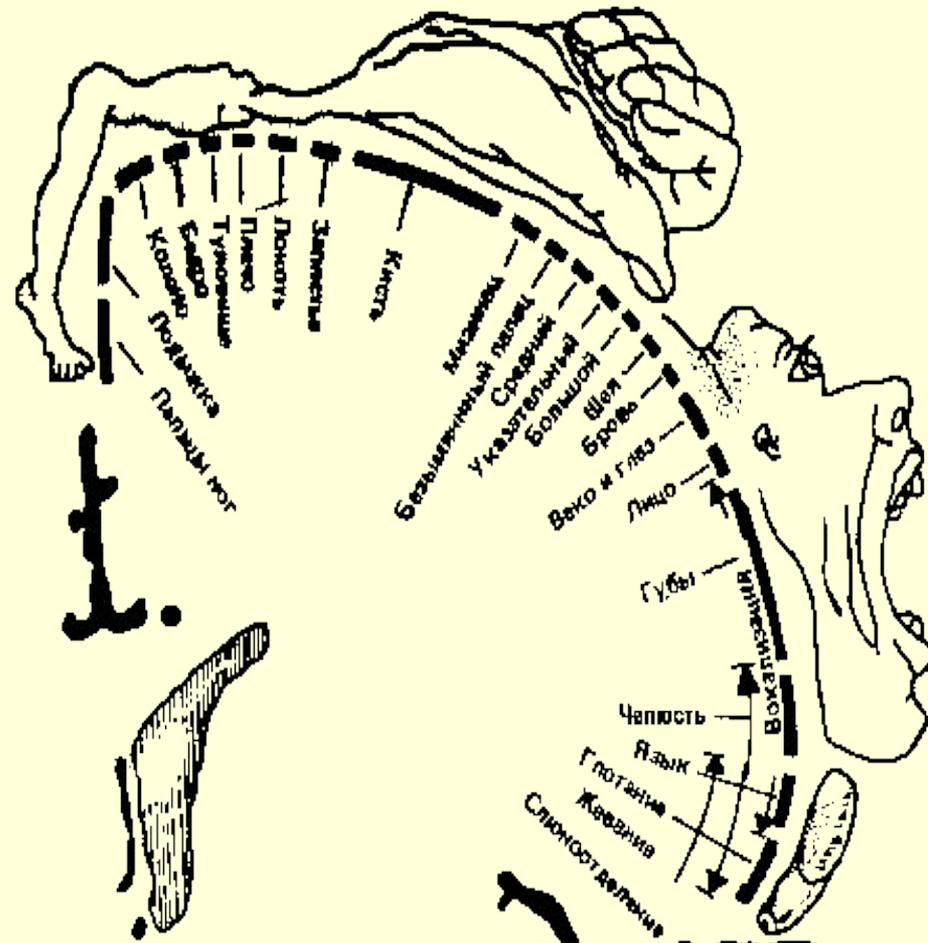
Корковый отдел:

постцентральная извилина теменной доли.

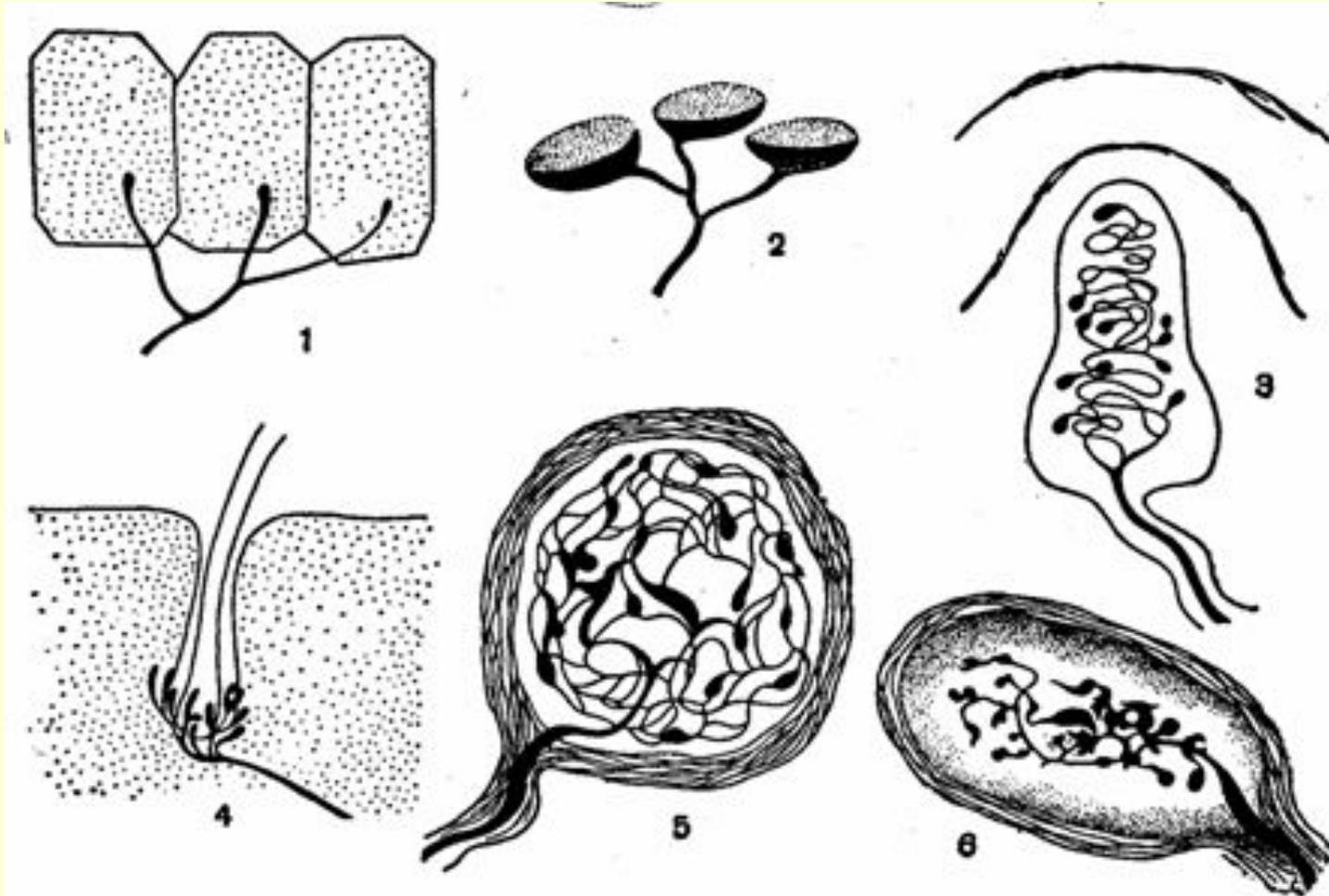


Мозговой гомункулус

В области постцентральной извилины теменной доли расположен корковый конец анализатора общей кожной чувствительности и мышечного чувства. Проекция в коре участков тела от которых приходят сюда сигналы перевернута и непропорциональна: верхние части тела внизу, нижние – вверху; «представительство» таких участков, как лицо и кисть – максимально, спина и живот – минимально



Виды кожных рецепторов



Первичночувствующие рецепторы прикосновения, давления, боли, температуры

