



# АНАТОМИЯ ОРГАНОВ СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ

1. Строение органа слуха: наружное, среднее, внутреннее ухо, кортиев орган, проводящие пути
3. Строение органа равновесия: система полукружных каналов, вестибулорецепторы, проводящие пути
4. Органы обоняния и вкуса
5. Соматосенсорная система

# Наружное ухо

- Наружный слуховой проход (проводит звуковые колебания к барабанной перепонке);
- Барабанная перепонка (отделяет наружное ухо от барабанной полости, или среднего уха);

Перепонка колеблется при действии звуковых колебаний, пришедших к ней через наружный слуховой проход.



# Структура и функции среднего уха

С барабанной перепонкой связана система рычагов (**слуховые косточки**), передающих колебания на мембрану **овального окна** :

- молоточек
- наковальня
- стремечко

Поверхность стремечка в 22 раза меньше барабанной перепонки, что во столько же раз усиливает его давление на мембрану овального окна.

В стенке, отделяющей среднее ухо от внутреннего, кроме **овального**, есть еще **круглое окно улитки**, тоже закрытое мембраной. В его отсутствии из-за несжимаемости жидкости колебания перилимфы были бы невозможны.

В среднем ухе расположены *две мышцы*:

- напрягающая барабанную перепонку
- стременная.

Первая ограничивает амплитуду колебаний барабанной перепонки при сильных звуках, а вторая фиксирует стремечко, ограничивая его движения.

Верхняя связка  
молоточка

Наковальня

Задняя связка  
наковальни

Барабанная  
струна

Мышца стремечка

Головка молоточка

Передняя связка  
молоточка

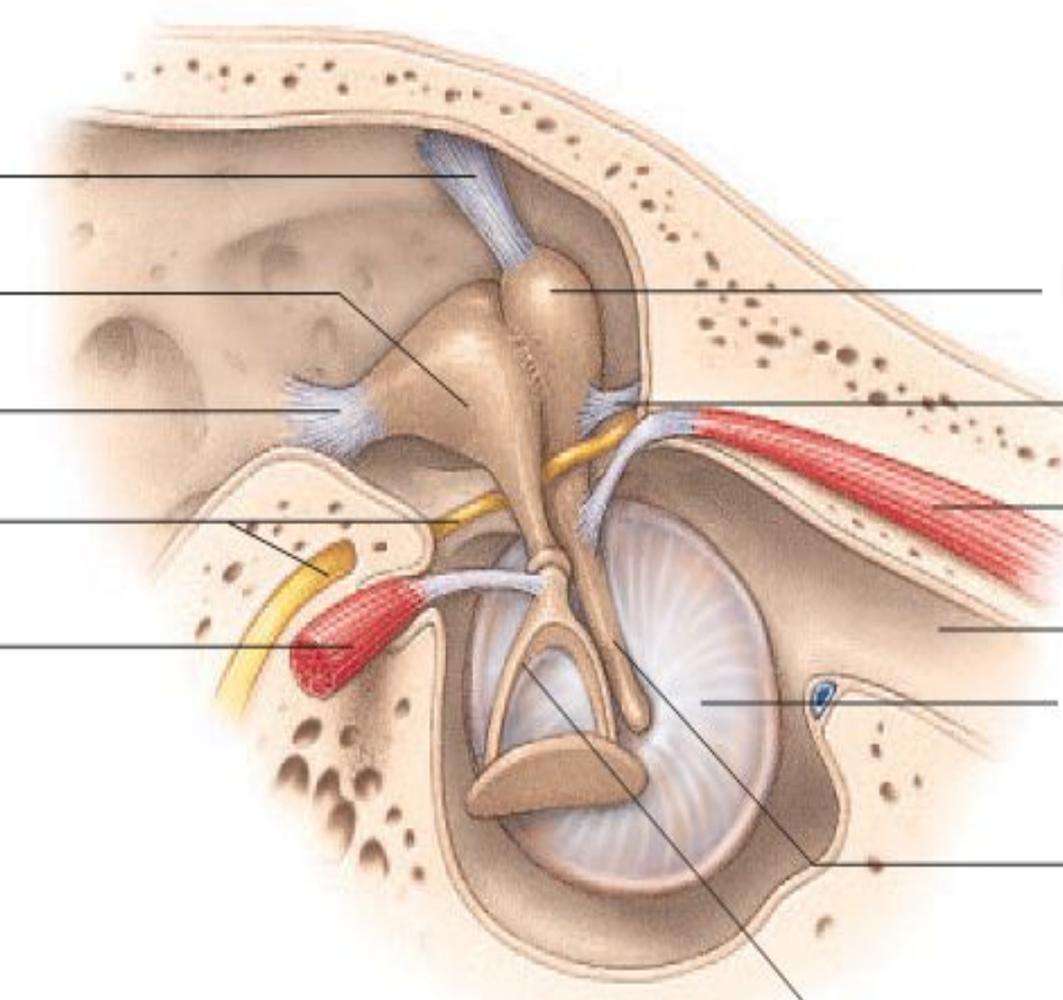
Мышца натягивающая  
барабанную перепонку

Евстахиева труба

Барабанная перепонка

Рукоятка молоточка

Стремечко



# Структура внутреннего уха

Улитка состоит из **костного** и **перепончатого лабиринтов**, расположенных в пирамиде височной кости.

Перепончатый лабиринт представлен двумя мембранами:

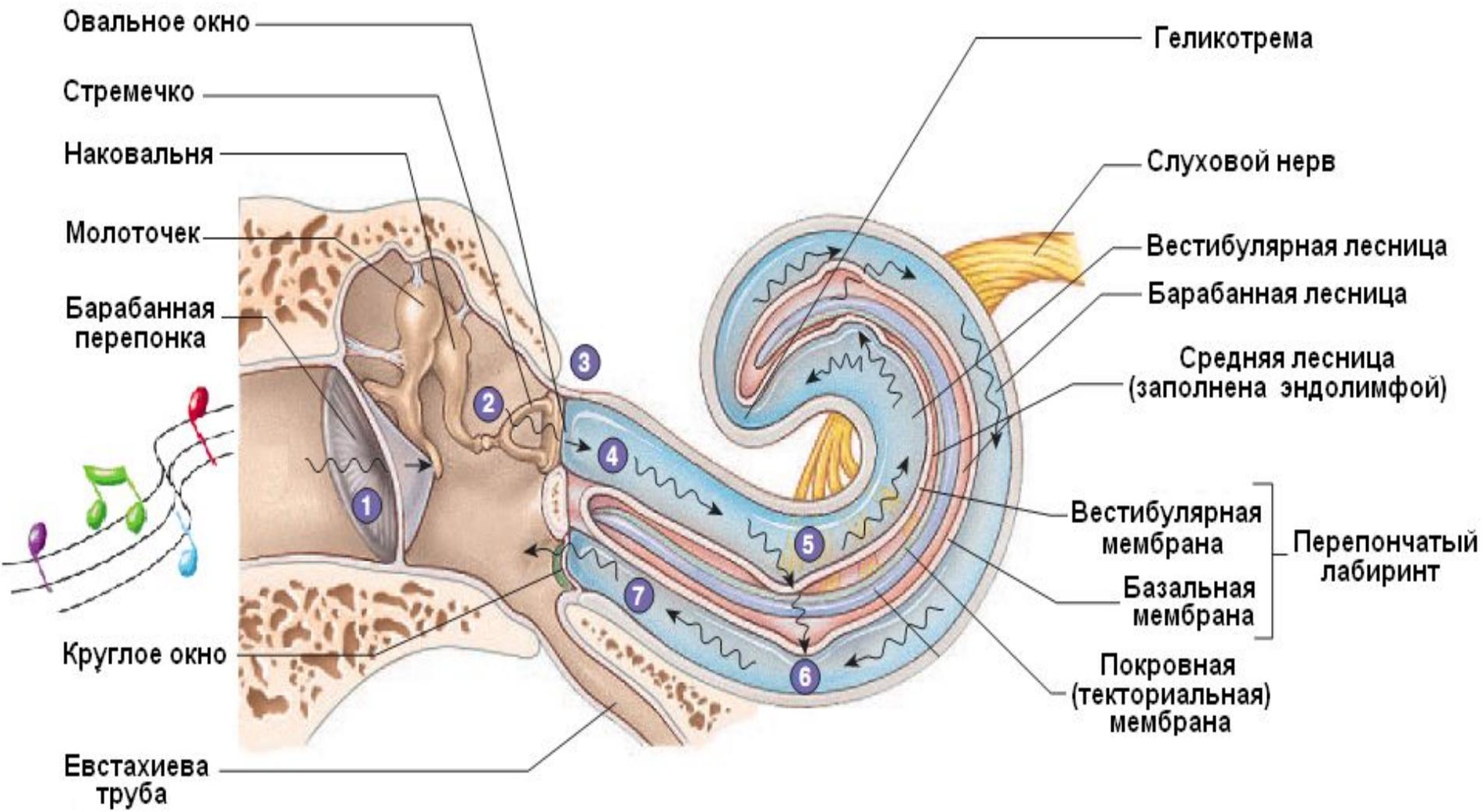
- преддверной (вестибулярной) мембраной (**мембрана Рейсснера**)
- более плотной и упругой — основной (**базальной**) мембраной.

На вершине улитки мембраны соединяются, и в них имеется овальное отверстие улитки — **геликотрема**.

Вестибулярная и основная мембрана разделяют костный канал улитки на три хода (лестницы):

- Вестибулярную (верхнюю)
- Среднюю
- Барабанную (нижнюю)

Верхняя и нижняя лестницы улитки заполнены **перилимфой**, напоминающей по составу цереброспинальную жидкость. Полость средней лестницы не сообщается с полостью других каналов и заполнена **эндолимфой**.



# Строение кортиева органа

На *основной (базальной) мембране* расположены два вида рецепторных волосковых клеток (вторично-чувствующих механорецепторов): ***внутренние*** и ***наружные***.

- Внутренние волосковые клетки располагаются в один ряд; общее число их достигает 3500.
- Наружные волосковые клетки располагаются в 3—4 ряда; общее число их 12 000—20 000.

Каждая волосковая клетка имеет удлинённую форму; один её полюс фиксирован на основной мембране, второй находится в полости средней лестницы улитки. На конце этого полюса есть волоски (реснички) — ***стереоцилии***. Волоски омываются эндолимфой и контактируют с *покровной (текториальной)* мембраной, которая по всему ходу средней лестницы расположена над волосковыми клетками.

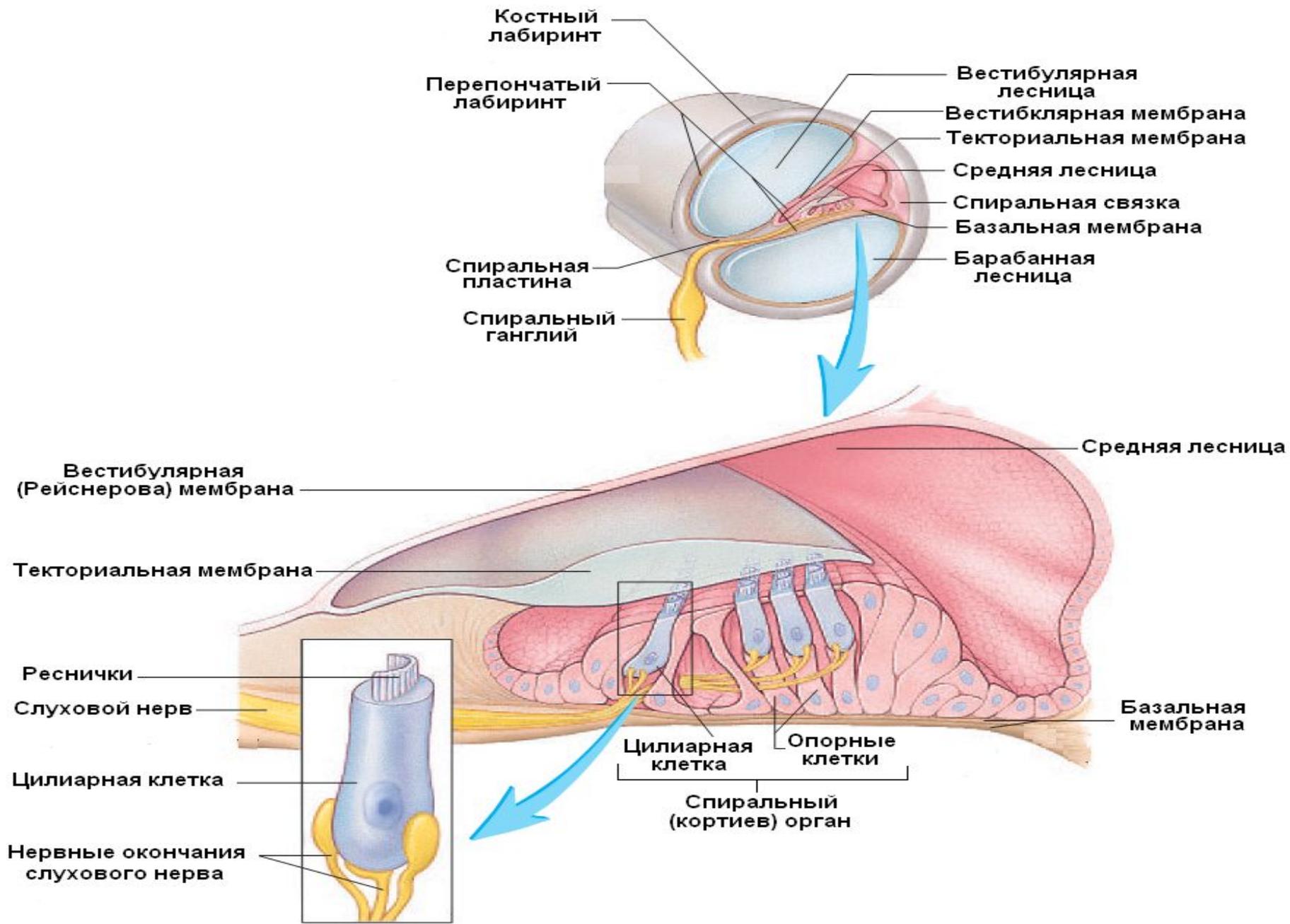
# Иннервация волосковых клеток кортиева органа

К волосковым клеткам подходят 32 000 афферентных нервных волокон (дендриты нервных клеток спирального ганглия), входящих в состав улитковой ветви *VIII пары черепных нервов*.

Около 90 % афферентных волокон образуют контакты с внутренними волосковыми клетками (т.е. одна клетка посылает сигнал к нескольким афферентным нейронам спирального ганглия). Помимо афферентных волокон, кортиев орган иннервируется эфферентными волокнами, идущими из ядер *верхне-оливарного комплекса* (продолг. мозг).

Эфферентные волокна оканчиваются не на рецепторных клетках, а на афферентных волокнах.

Полагают, что эфферентные волокна тормозят передачу слухового сигнала, способствуя обострению частотного разрешения, т.е. управляют чувствительностью волосковых клеток.



# Слуховые функции

## ***Анализ частоты звука (высоты тона).***

- Звуковые колебания разной частоты вовлекают в колебательный процесс разные части основной мембраны, а значит разные рецепторные клетки.
- В улитке сочетаются два типа кодирования высоты тонов: ***пространственный*** и ***временной***. Пространственное основано на расположении рецепторов на основной мембране, временное кодирование – импульсы передаются по определенным волокнам слухового нерва, а частота следования повторяет частоту звуковых колебаний.
- Для каждого нейрона существует оптимальная частота звука, на которую порог реакции нейрона минимален, а в обе стороны по диапазону частот от этого оптимума порог резко возрастает. При надпороговых звуках характеристическая частота дает и наибольшую частоту разрядов нейрона. Таким образом, каждый нейрон настроен на выделение из всей совокупности звуков лишь определенного, достаточно узкого участка частотного диапазона.

# Слуховые функции

- ***Анализ интенсивности звука.***
- Сила звука кодируется 1) ***частотой импульсации*** и 2) ***числом возбужденных нейронов.***
- Нейроны слуховой системы отличаются друг от друга по порогам реакций. При слабом стимуле в реакцию вовлекается небольшое число чувствительных нейронов, при усилении звука в реакцию вовлекается большее число дополнительных нейронов с более высокими порогами реакций.
- Пороги возбуждения внутренних и наружных рецепторных клеток неодинаковы: возбуждение внутренних волосковых клеток возникает при большей силе звука, поэтому в зависимости от его интенсивности меняется соотношение числа возбужденных внутренних и наружных волосковых клеток.

# Слуховые функции

*Слуховая чувствительность.*

**Абсолютный порог** слуховой чувствительности – минимальная сила звука, слышимого человеком в половине предъявлений. Пороги слышимости зависят от частоты звука.

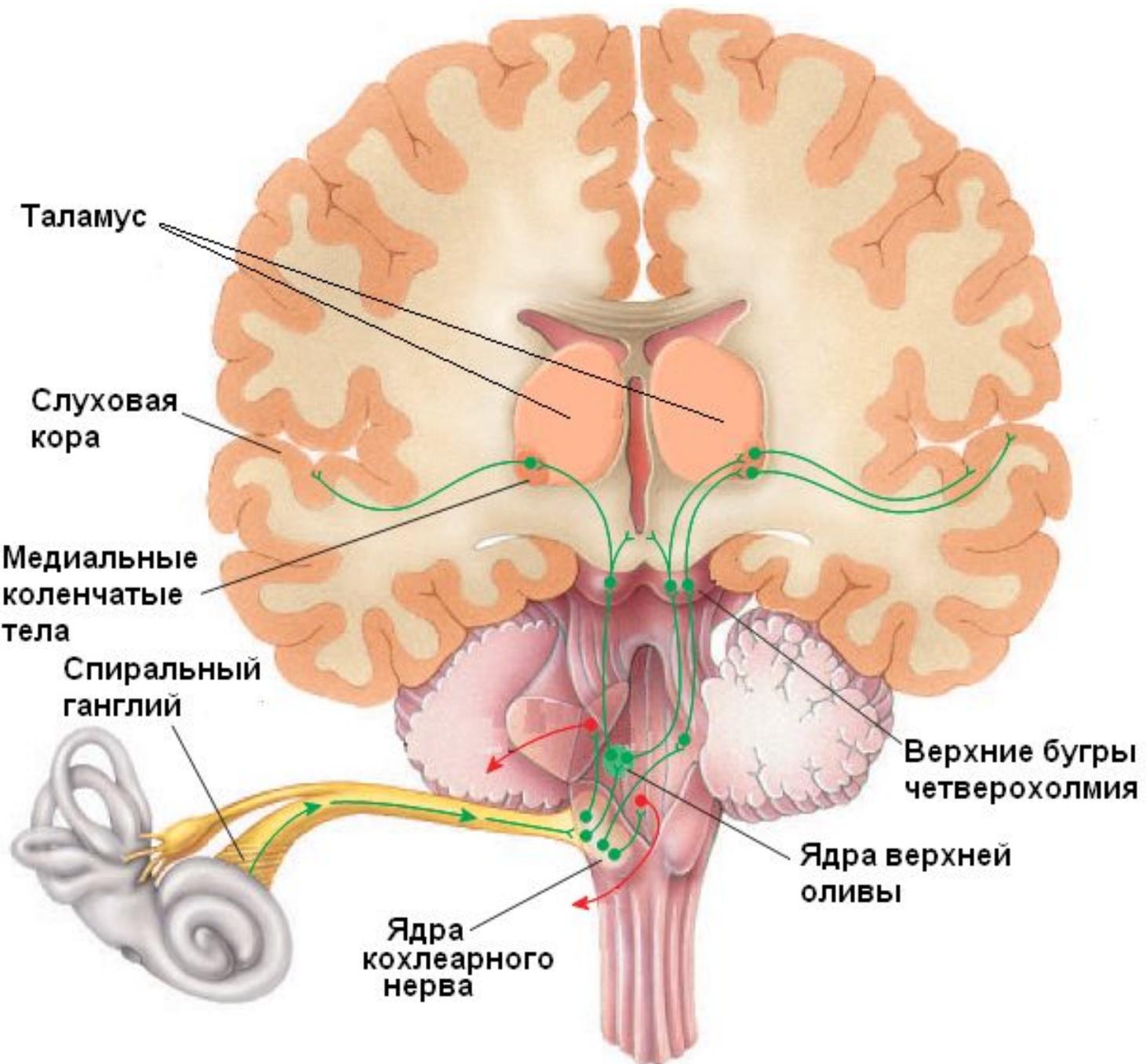
В области частот 1000—4000 Гц слух человека максимально чувствителен. При 20 и при 20 000 Гц (диапазон воспринимаемых человеческим ухом частот) пороговая энергия звука в миллион раз выше.

*Бинауральный слух.*

- Способность определять положение источника звука в пространстве обусловлена наличием **бинаурального слуха**, или слушания двумя ушами. Для него важно и наличие двух симметричных половин на всех уровнях слуховой системы. Острота бинаурального слуха у человека очень высока: положение источника звука определяется с точностью до 1 углового градуса. Основой этого служит способность нейронов слуховой системы оценивать интерауральные (межушные) различия времени

# Слуховой анализатор

- **Первый нейрон** расположен в *спиральном ганглии* (в височной кости).
- В *слуховых ядрах продолговатого мозга* помещаются **тела вторых нейронов**, аксоны которых образуют центральный слуховой путь
- Слуховой путь в области трапециевидного тела (Варолиев мост) перекрещивается с соименным путем противоположной стороны, образуя **латеральную петлю**.
- Часть волокон латеральной петли заканчивается в 1) нижних холмиках крыши среднего мозга, часть в 2) медиальных коленчатых телах таламуса, где помещаются **третьи нейроны**.
- **Нижние холмики среднего мозга – центр слуховых рефлексов**. От них к спинному мозгу идет *тектоспинальный тракт*, через посредство которого совершаются двигательные реакции на слуховые раздражения. Нижние холмики образуют связь с ядрами *глазодвигательных мышц* и с *двигательными ядрами других черепных нервов*.
- Нижние холмики крыши среднего мозга не имеют прямых центростремительных связей с корой, но они с помощью «ручек» связаны с медиальными коленчатыми телами таламуса, нейроны которых направляют аксоны в составе внутренней



# Слуховой анализатор

- *Корковый конец слухового анализатора* находится в верхней височной извилине (поле 41).
- Благодаря слуховому анализатору колебания воздуха, т. е. объективное физическое явление, существующее независимо от нашего сознания, отражается в нашем сознании в виде субъективно воспринимаемых образов, т. е. звуковых ощущений. (первые сигналы по И. П. Павлову, т. е. конкретно-наглядное мышление, свойственное и животным).
- У человека имеется способность к абстрактному, отвлеченному мышлению при помощи слова, которое сигнализирует о звуковых ощущениях, являющихся первыми сигналами, и потому является сигналом сигналов (вторым сигналом). Отсюда устная речь составляет вторую сигнальную систему действительности, свойственную только человеку.

# ВЕСТИБУЛЯРНАЯ СИСТЕМА

Вестибулярная система играет наряду со зрительной и соматосенсорной системами ведущую роль в пространственной ориентировке человека:

- получает, передает и анализирует информацию об ускорениях или замедлениях, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения,
- информацию об изменении положения головы относительно гравитационной оси.

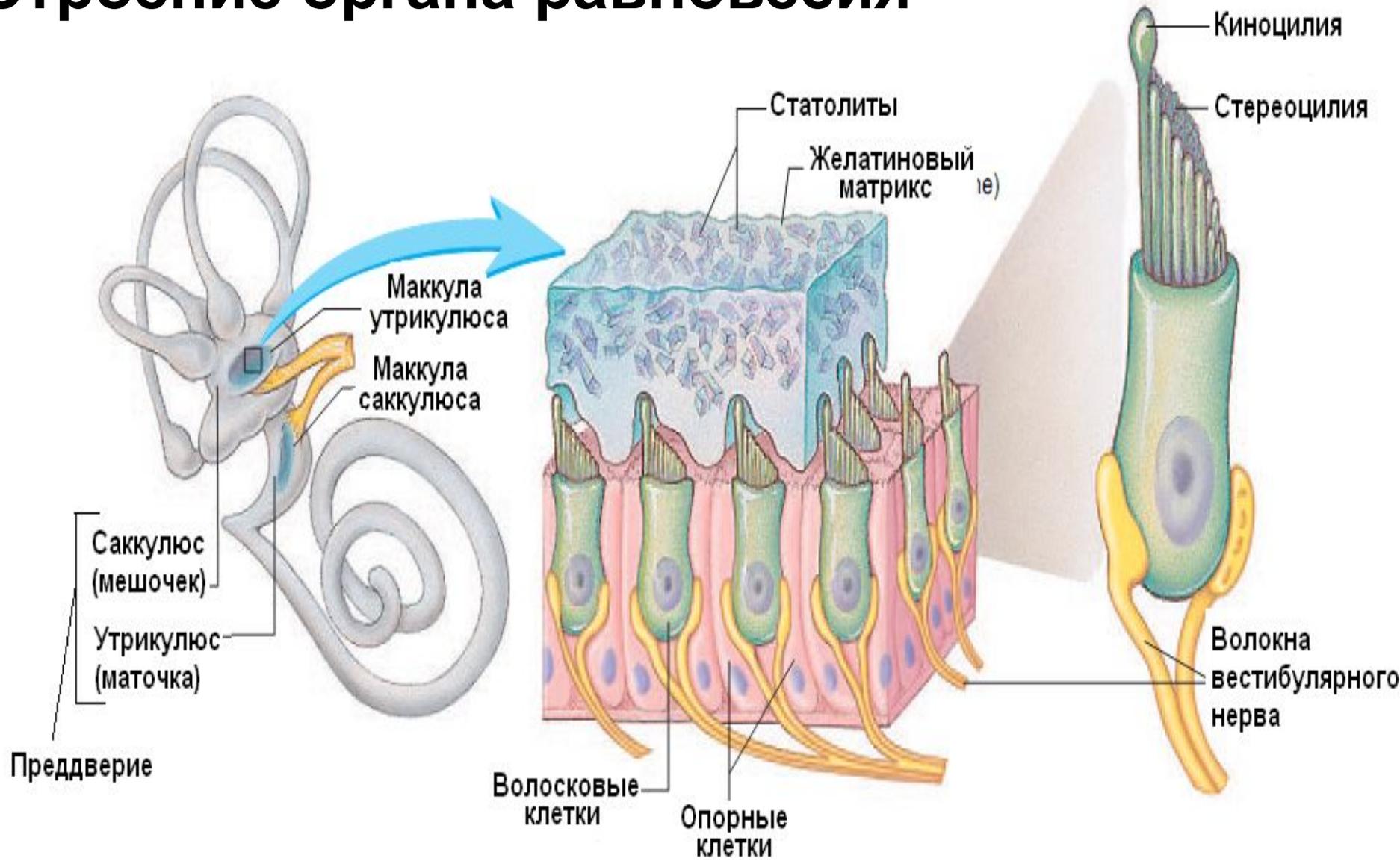
При равномерном движении или в условиях покоя рецепторы вестибулярной сенсорной системы не возбуждаются.

Импульсы от вестибулорецепторов вызывают перераспределение тонуса скелетной мускулатуры, что обеспечивает сохранение равновесия тела.

# Строение органа равновесия

- Расположен в лабиринте пирамиды височной кости.
- Состоит из **преддверия** и **трех полукружных каналов**.
- **Преддверие** включает два мешочка:
  - Сферический (саккулус), расположен ближе к улитке
  - Эллиптический (утрикулус), находится ближе к полукружным каналам.
- В мешочках преддверия находится **отолитовый аппарат**: скопления рецепторных клеток (вторично-чувствующие механорецепторы) на возвышениях, или пятнах (**маккулах**).
- Часть рецепторной клетки выступает в полость мешочка, оканчивается волосками: одним длинным подвижным (**киноцилией**) и 60—80 склеенными неподвижными (**стереоцилиями**). Волоски пронизывают желеобразную мембрану, содержащую кристаллики карбоната кальция — **отолиты**.
- Возбуждение волосковых клеток происходит вследствие сгибания волосков при скольжения по ним отолитовой мембраны

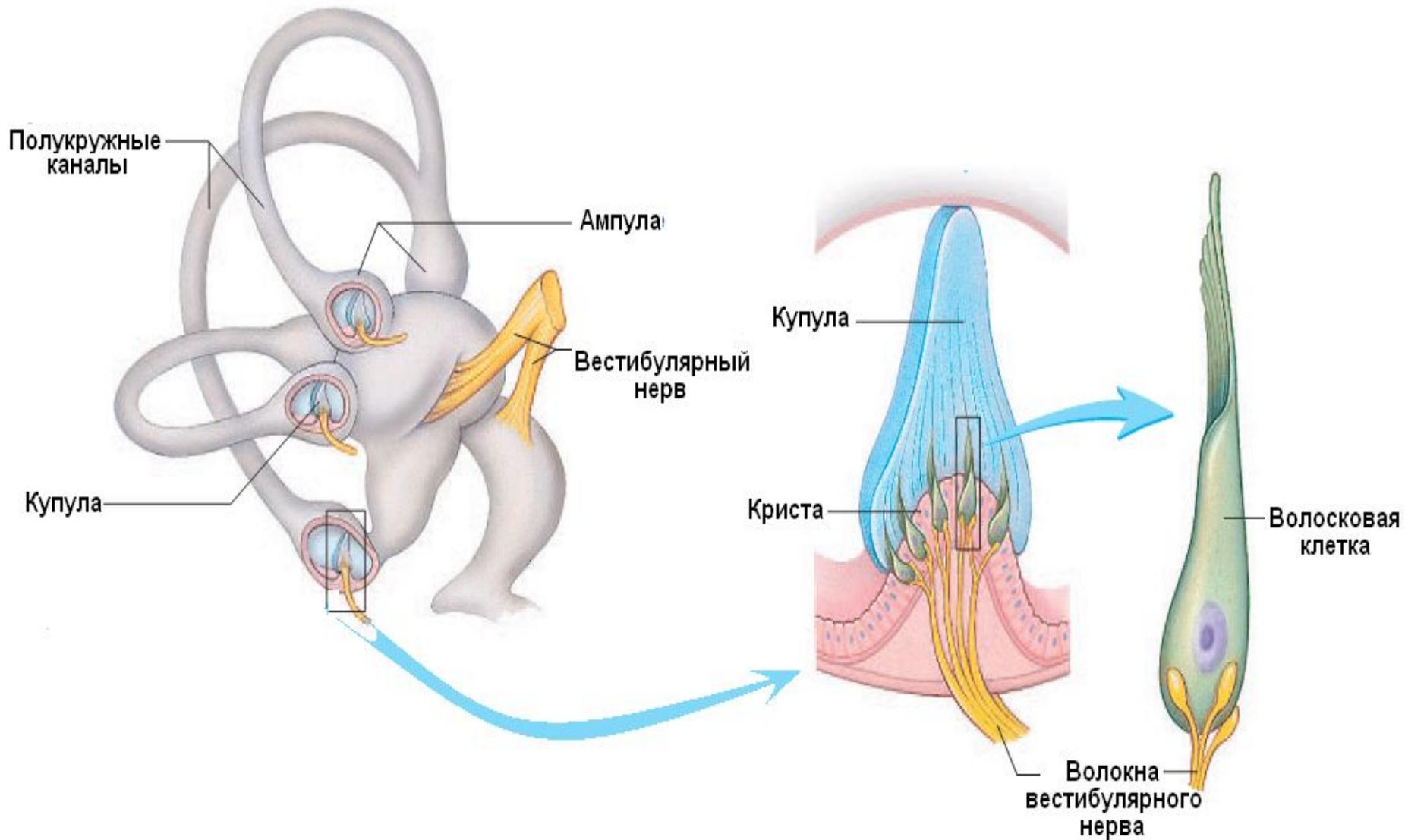
# Строение органа равновесия



# Строение органа равновесия

- **Полукружные каналы** располагаются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: верхний — во фронтальной, задний — в сагиттальной и латеральный — в горизонтальной. Один из концов каждого канала расширен (**ампула**).
- Заполнены, как и весь лабиринт, *эндолимфой* (вязкость в 2—3 раза больше, чем у воды).
- Рецепторные волосковые клетки находятся только в ампулах в виде **крист** (покрыты желеобразной **куппулой**).
- При движении эндолимфы (во время угловых ускорений) если **волоски отклоняются однонаправленно, то волосковые клетки возбуждаются**, а при разнонаправленном движении волосков — тормозятся.
- В волосковых клетках преддверия и ампулы при движениях их волосков генерируется **рецепторный потенциал**, который усиливает выделение **ацетилхолина** через синапсы между рецепторными клетками и афферентными волокнами и возбуждение распространяется по вестибулярному (или слуховому) нерву.

# Строение органа равновесия



# Строение органа равновесия

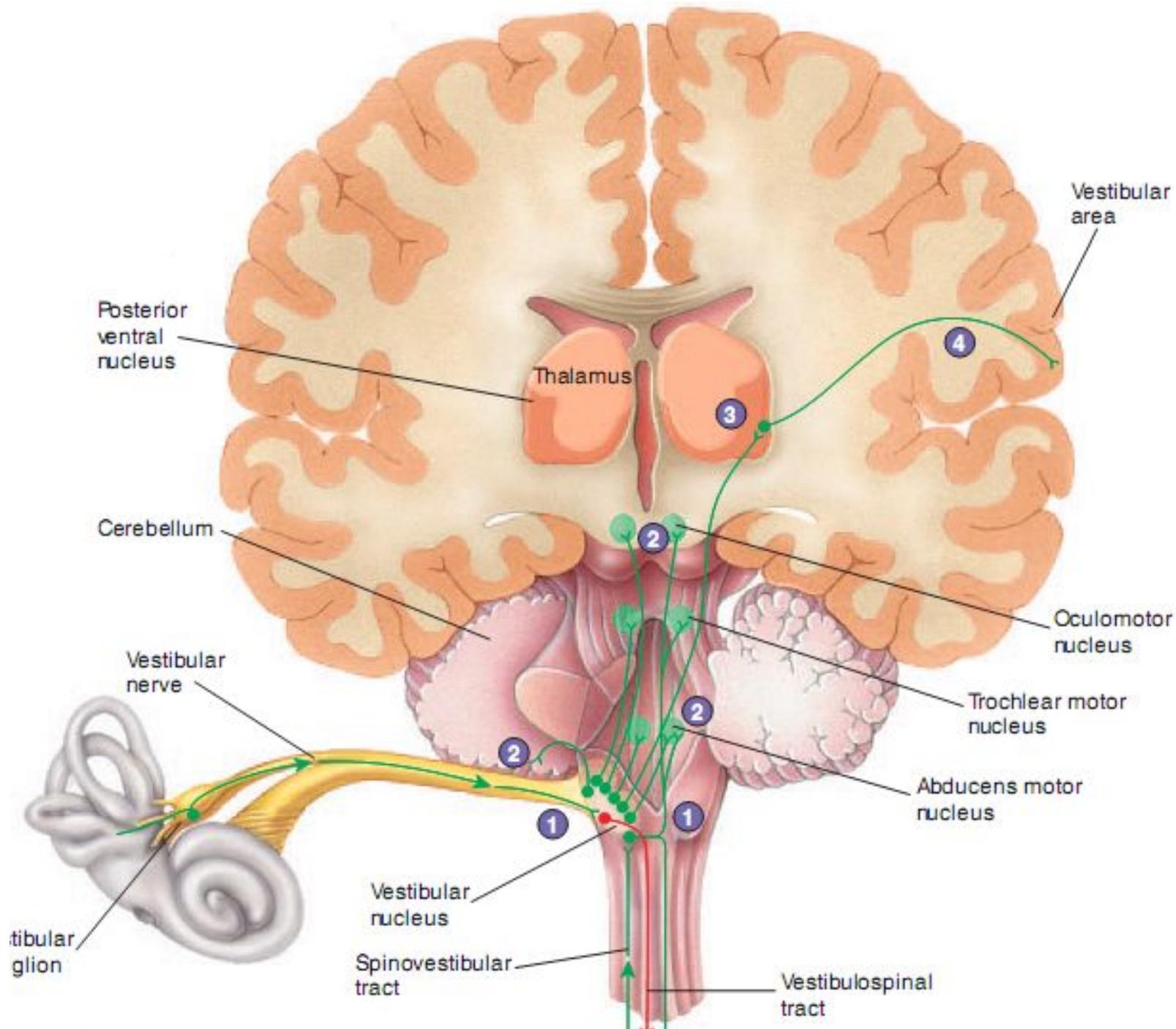
- На афферентных волокнах вестибулярного аппарата оканчиваются **эфферентные волокна**, которые *тормозят развитие возбуждения при активации волосковых клеток* (эта особенность лежит в основе тренировки вестибулярного аппарата)

## Проводящая часть вестибулярной сенсорной системы

- Волокна вестибулярного нерва (отростки биполярных нейронов) направляются в продолговатый мозг в вестибулярный комплекс: преддверное верхнее ядро (Бехтерева), преддверное латеральное (Дейтерса) и нижнее (Швальбе)
- Отсюда сигналы направляются во многие отделы ЦНС: спинной мозг, мозжечок, глазодвигательные ядра, кору большого мозга, ретикулярную формацию и ганглии автономной нервной системы.

# Проекции вестибулярных сигналов

- Есть два основных пути поступления вестибулярных сигналов в кору большого мозга:
- **прямой** — через ядра продолговатого мозга, таламус к вестибулярным зонам коры
- **непрямой** *вестибулоцеребеллоталамический* (через мозжечок).
- В коре полушарий основные афферентные проекции вестибулярного аппарата локализованы в *задней части постцентральной извилины*. В моторной зоне коры спереди от нижней части центральной борозды обнаружена вторая вестибулярная зона.



# Комплексные рефлексy, связанные с вестибулярной стимуляцией

Важнейшими являются следующие:

- вестибулоспинальные,
- вестибуловегетативные
- вестибулоглазодвигательные.
- **Вестибулоспинальные** влияния изменяют импульсацию нейронов спинного мозга. Так осуществляется динамическое перераспределение тонуса скелетной мускулатуры и включаются рефлекторные реакции, необходимые для сохранения равновесия. Мозжечок при этом ответствен за фазический характер этих реакций: после его удаления вестибулоспинальные влияния становятся по преимуществу тоническими.
- В **вестибуловегетативные** реакции вовлекаются сердечно-сосудистая система, пищеварительный тракт и другие внутренние органы. При сильных и длительных нагрузках на вестибулярный аппарат возникает патологический симптомокомплекс, названный болезнью движения, например морская болезнь.
- **Вестибулоглазодвигательные** рефлексy (глазной нистагм) состоят в медленном движении глаз в противоположную вращению сторону, сменяющемся скачком глаз обратно. (важные показатели состояния вестибулярной системы, они широко используются в морской, авиационной и космической медицине, а также в эксперименте и

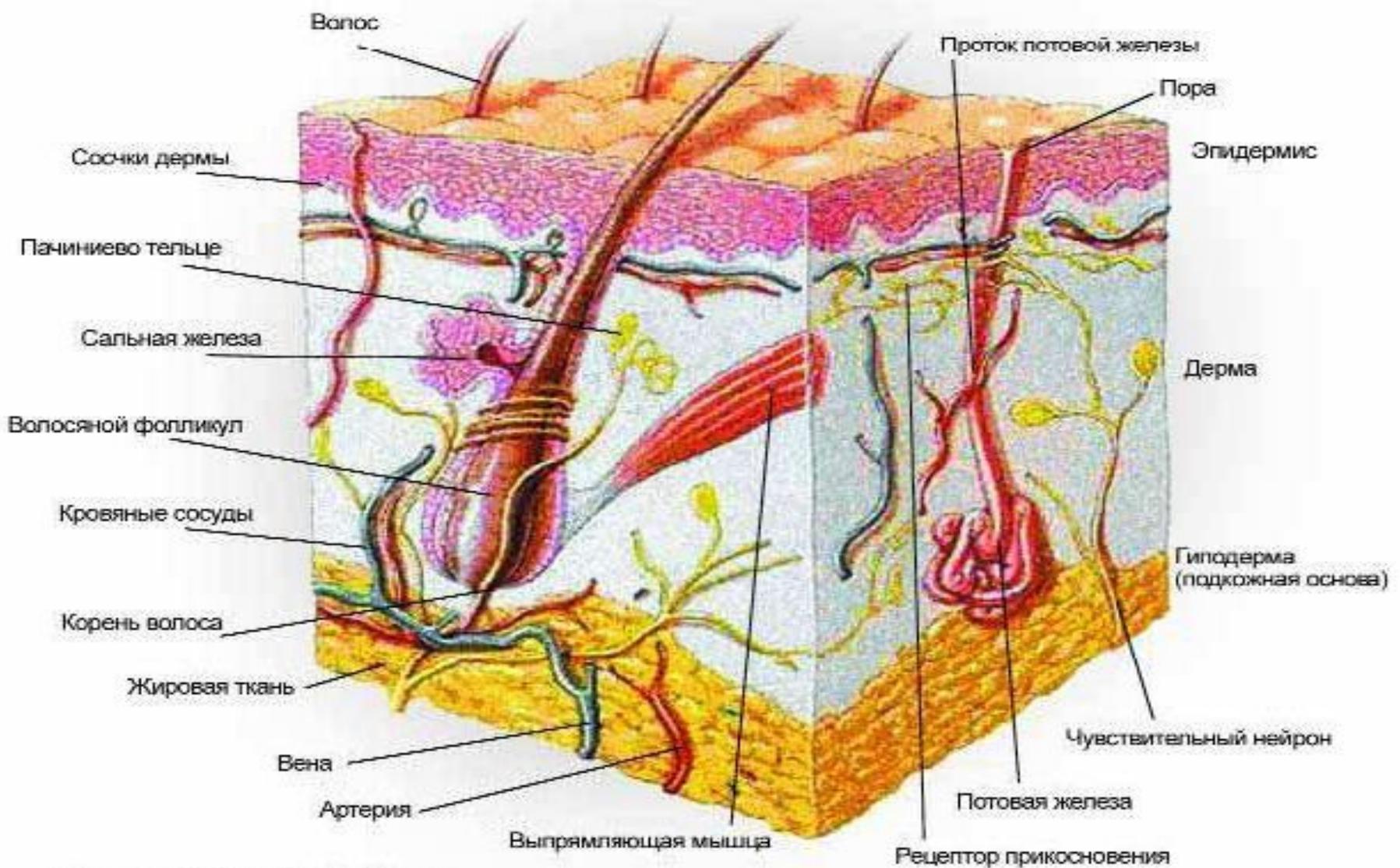
# СОМАТОСЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

- **кожная чувствительность**
- **скелетно-мышечная чувствительность**

Рецепторная поверхность кожи около 2 м<sup>2</sup>.

Механорецепторы кожи :

- ❖ **прикосновения (тактильные),**
- ❖ **давления,**
- ❖ **вибрации,**
- ❖ **терморецепторы,**
- ❖ **болевые (ноцицепторы).**



# СТРОЕНИЕ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

# Кожная рецепция

## *Тактильные рецепторы:*

- **свободные окончания** нервных волокон (примерно 90 % площади тела).
- осязательные мениски или **диски Меркеля** (свободные нервные окончания образуют контакт с модифицированными эпителиальными структурами).
- **тельца Руффини** – веретенообразной формы, окружены тонкой капсулой (в коже пальцев кисти и стопы, в капсулах суставов и стенках кровеносных сосудов).
- осязательные **тельца Мейсснера** (имеют конусовидную форму, сложное внутреннее строение и покрыты капсулой)
- пластинчатые тельца — **тельца Фатера–Пачини** (рецепторы давления и вибрации в глубоких слоях кожи, в сухожилиях, связках, оболочках некоторых внутренних органов).
- инкапсулированные нервные окончания луковиц – **колбы Краузе** (под эпидермисом, в сплизистой оболочке)

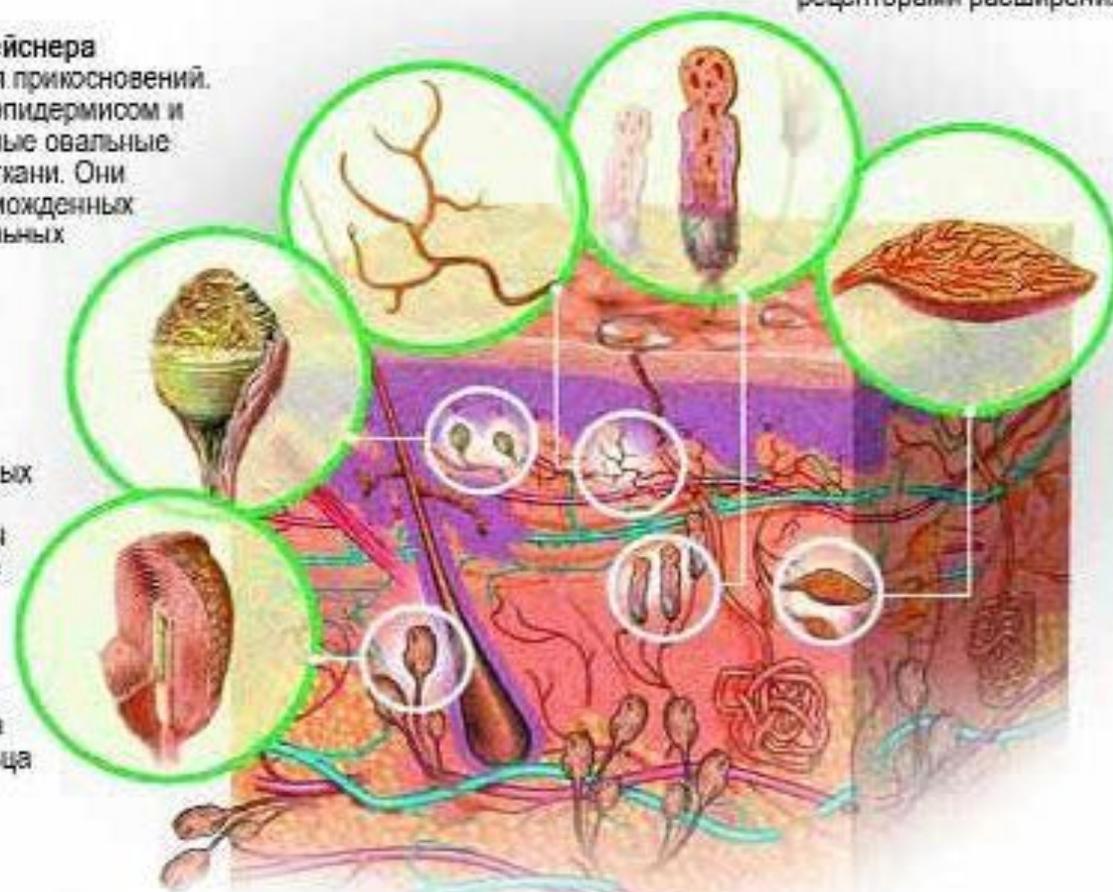
**Внутриэпителиальные нервные окончания** – это чувствительные нервные волокна в коже, которые ответственны за восприятие тепла, холода, боли и давления.

**Осязательные тельца Мейснера** являются рецепторами для прикосновений. Они обнаруживаются под эпидермисом и представляют собой длинные овальные тельца в соединительной ткани. Они состоят из наискось нагроможденных сенсорных клеток и спиральных нервных волокон.

**Тельца Фатера-Пачини** имеют овальную форму и являются самыми большими слоистыми тельцами среди нервных конечных органов. Из-за их огромной чувствительности эти рецепторы способны улавливать малейшие вибрации. Они являются рецепторами давления, растяжения, вибрации и шока. Длинной они до 4 мм и шириной около 2 мм. Их структура похожа на луковицу. В среднем эти тельца имеют 20-40 слоеных ламелл, которые разделены промежуточным жидкостным

**Тельца Руффини** обнаруживаются в соединительной ткани и подкожном слое. Они сделаны из протяженных сетей нервных волокон длиной 0.25-1.5 мм и являются рецепторами расширения.

**Концевые нервные тельца Краузе** – это луковичеобразные механорецепторы со связанными извилистыми аксонами, окруженными капсулой. Они в основном встречаются в слизистой оболочке рта и на языке.



## РЕЦЕПТОРЫ КОЖИ

**Кожа** – чувствительный орган, взаимодействующий с окружающей средой. Механические и тепловые стимулы, как холод и боль, воспринимаются рядом рецепторов. Покраснение, побледнение и другие проявления вегетативных нервных волокон делают кожу органом общения.

## ***Механизмы возбуждения кожных рецепторов.***

Деформация мембраны рецептора приводит к открытию механочувствительных  $\text{Na}^+$  каналов. Через мембрану рецептора начинает течь ионный ток, приводящий к генерации рецепторного потенциала. При достижении порогового уровня деполяризации мембраны генерируются импульсы, распространяющиеся по волокну в ЦНС.

## ***Адаптация кожных рецепторов.***

По скорости адаптации большинство кожных рецепторов разделяют на ***быстро- и медленно адаптирующиеся.***

К быстро адаптирующимся относятся тактильные рецепторы волосяных фолликулов, пластинчатые тельца Мейснера и Пачини.

К медленно адаптирующимся относятся тельца Руффини, диски Меркеля.

# Свойства тактильного восприятия

## **Абсолютная тактильная чувствительность**

существенно различается в разных частях кожи: от 50 мг до 10 г.

Субъективно воспринимаемые изменения силы стимула пропорциональны логарифму силы стимула (закон Вебера-Фехтнера):

Ощущаемая сила сигнала =  $\text{Log}(\text{Стимул}) + \text{Константа}$ .

Например: минимальная прибавка веса, которую может почувствовать человек, удерживающий в руке вес 30 г, равна 1 г.

**Пространственное различение** – способность отдельно воспринимать прикосновение к двум соседним точкам кожи. Обусловлено различными размерами кожных рецептивных полей (от 0,5 мм<sup>2</sup> до 3 см<sup>2</sup>) и степенью их перекрытия.

На слизистой оболочке языка порог пространственного различия равен 0,5 мм, а на коже спины — более 60 см.

# Температурная рецепция

Терморепцепторы располагаются в коже, роговице глаза, в слизистых оболочках, а также в ЦНС (в гипоталамусе).

Два вида: холодные и теплые (их меньше, находятся т глубже).

Порог тепловых рецепторов от 20 до 50 °С, холодных — от 10 до 41 °С. Дифференциальная чувствительность терморепцепторов – 0,2 °С.

Начальная интенсивность температурных ощущений зависит от разницы температуры кожи и температуры действующего раздражителя, его площади и места приложения.

## Болевая рецепция

Болевая, или ноцицептивная, чувствительность — сигнализирует о повреждении.

Две гипотезы восприятия боли:

- 1) теория специфичности
- 2) теория интенсивности.

# Мышечная и суставная рецепция

## (проприорецепция)

В мышцах содержится три типа рецепторов:

- первичные окончания мышечных веретен,
- вторичные окончания мышечных веретен
- сухожильные рецепторы Гольджи.

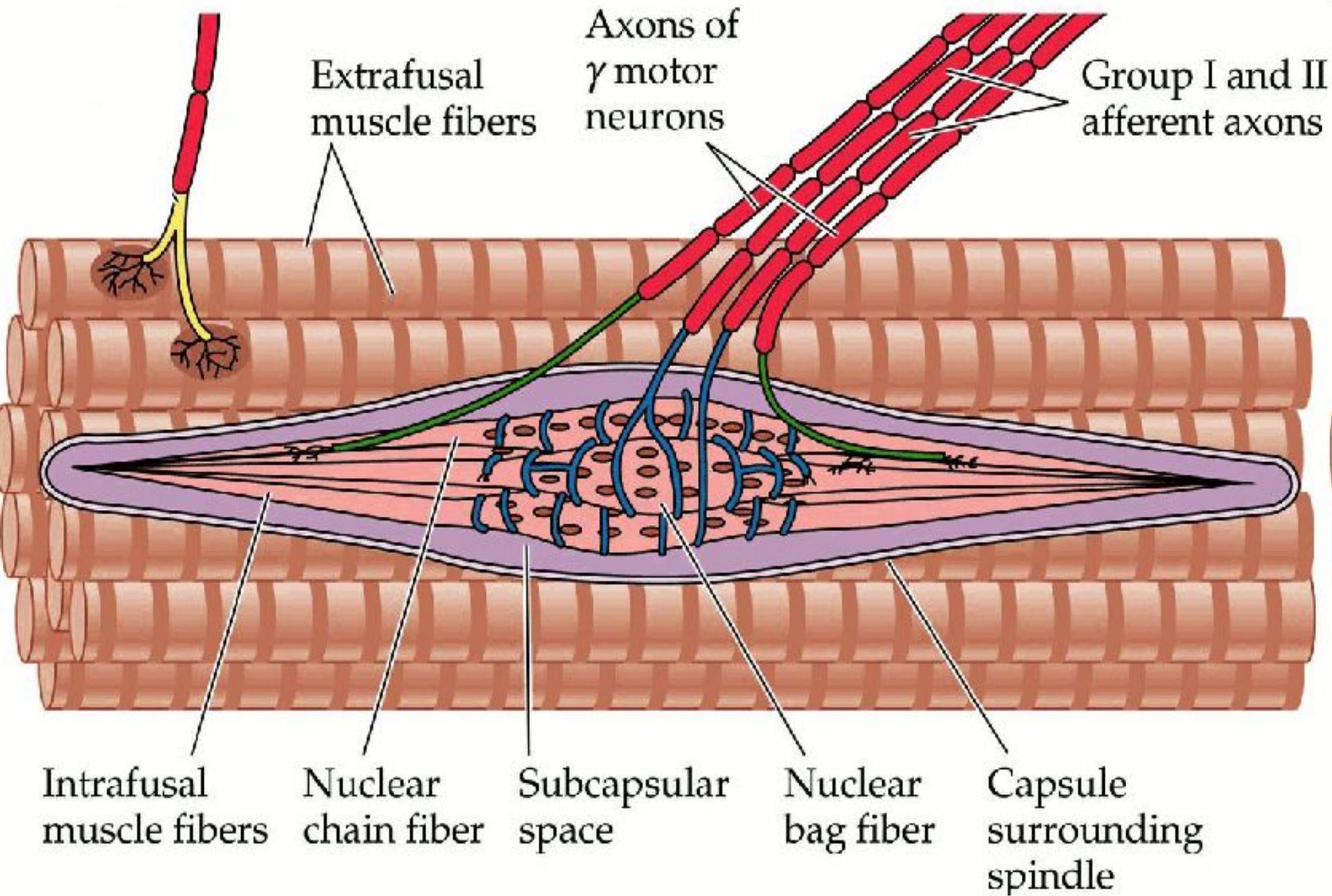
**Мышечные веретена.** В разных мышцах число веретен на 1 г ткани варьирует.

Веретено покрыто капсулой, внутри – пучок мышечных волокон (интрафузальных). На интрафузальных волокнах спирально расположены чувствительные окончания афферентных волокон группы Ia и II.

Веретена имеют и эфферентную иннервацию – аксоны от  $\gamma$ -мотонейронов.

Веретена реагируют импульсацией на удлинение (растяжение) мышцы или на изменение скорости удлинения.

Активация  $\gamma$ -эфферентов приводит к повышению чувствительности веретен. Возбуждение  $\alpha$ -мотонейронов сопровождается возбуждением  $\gamma$ -мотонейронов ( $\alpha$ - $\gamma$ -коактивация).



**Сухожильные рецепторы Гольджи.** Находятся в зоне соединения мышечных волокон с сухожилием. Сухожильные возбуждаются при ее сокращении. Интенсивность их импульсации пропорциональна силе сокращения мышцы (источник информации о силе, развиваемой мышцей).

Афферентные волокна относятся к группе Ib. На спинальном уровне вызывают торможение мотонейронов собственной мышцы через интернейроны и возбуждение мотонейронов мышцы-антагониста.

Информация от мышечных рецепторов поступает в высшие отделы ЦНС, включая кору большого мозга, и участвует в кинестезии.

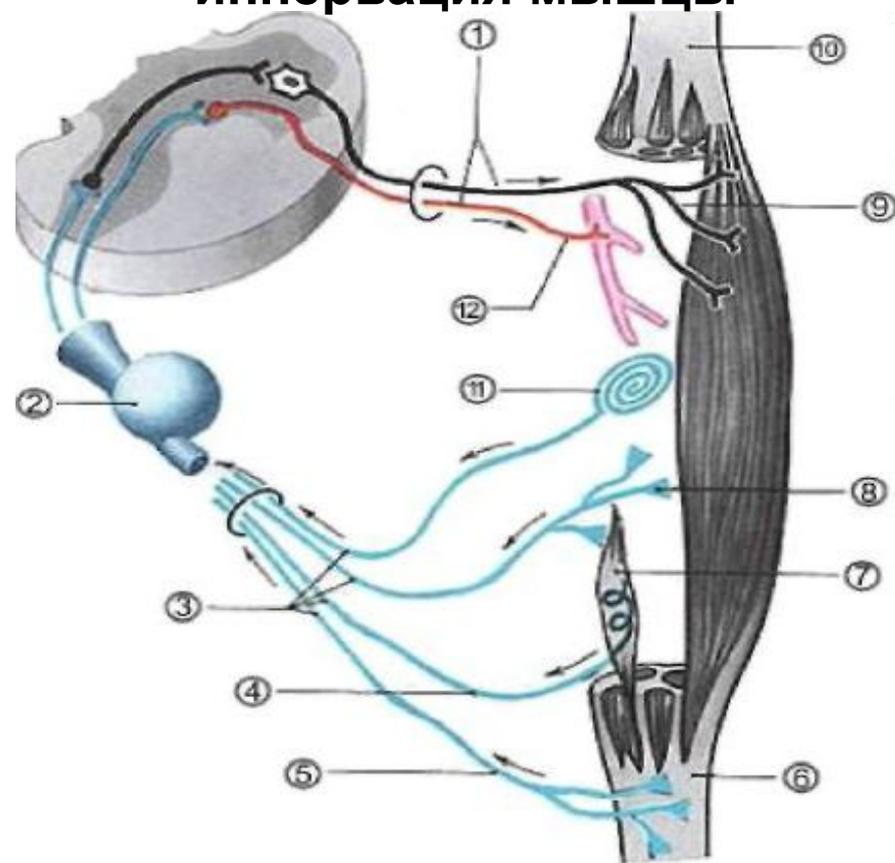
**Суставные рецепторы.** Изучены меньше, чем мышечные. Представлены механорецепторами (Пачини, Руффини, свободные нервные окончания). Реагируют на положение сустава, на изменения суставного угла, образуют систему обратных связей от двигательного аппарата.

## Сухожильные рецепторы Гольджи



- 1 - эфферентные волокна;
- 2 - спинальный ганглий;
- 3 - афферентные волокна;
- 4 - афферентное волокно Ia;
- 5 - волокно от рецептора Гольджи;
- 6, 10 - сухожилия;
- 7 - интрафузальное мышечное волокно;

## Афферентная и эфферентная иннервация мышцы



- 8 - свободное нервное окончание;
- 9 - волокна мотонейрона;
- 10 - сухожилия;
- 11 - тельца Фаттер-Пачини;
- 12 - симпатические эфферентные волокна иннервирующие сосуды.

# Орган обоняния

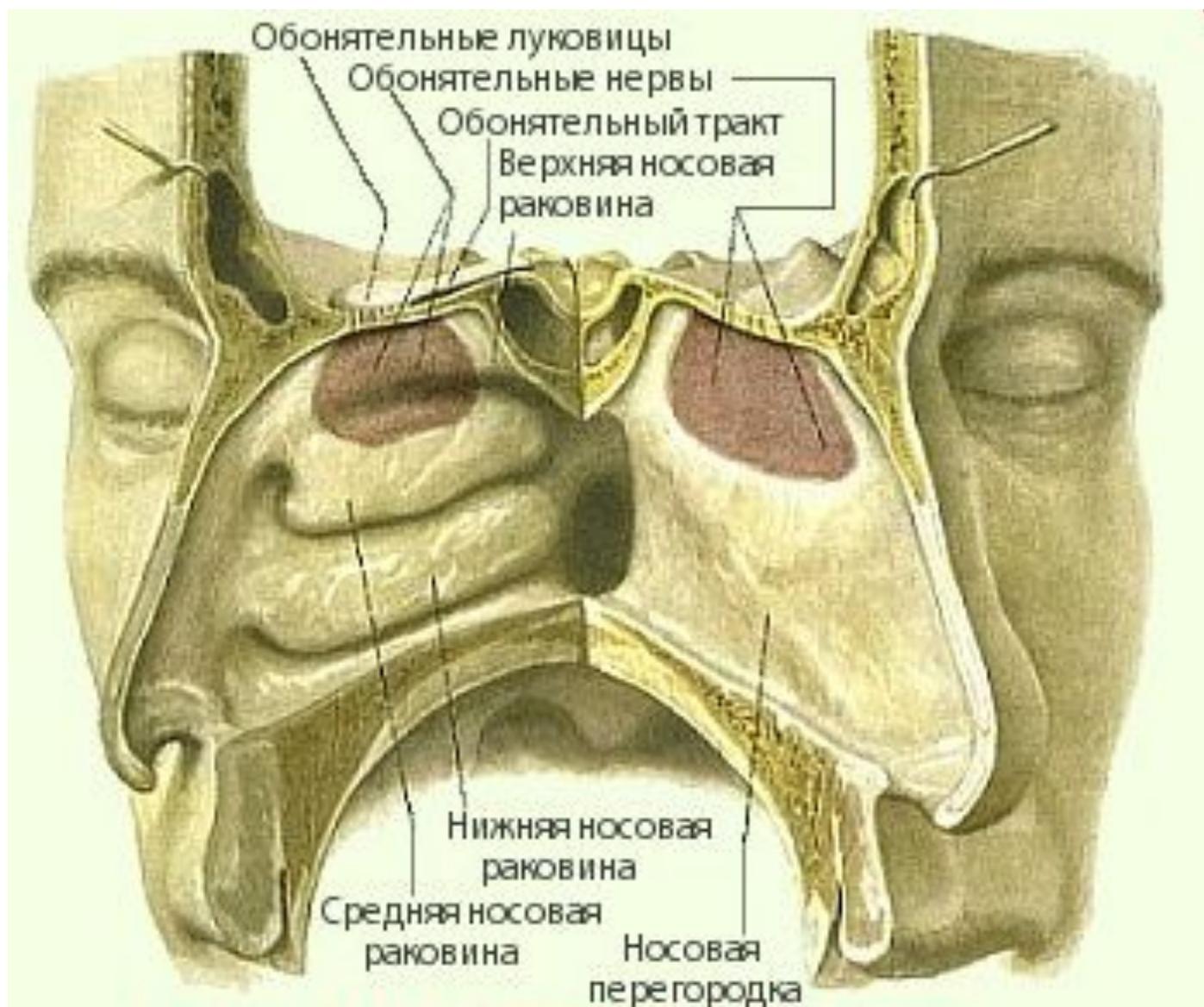


Располагается в *верхнем отделе носовой полости*: обонятельная область слизистой оболочки носа (покрывает верхнюю носовую раковину и верхнюю часть перегородки носа).

*Представлен:*

- обонятельными нейросекреторными клетками
- обонятельными (боуменовыми) железами
- поддерживающими клетками

Нейросекреторные клетки биполярны – центральные отростки формируют 15-20 **обонятельных нервов**



### Рис. 1. Обонятельная область

(окрашенный участок слизистой оболочки боковой стенки правой половины полости носа и правой поверхности перегородки носа)

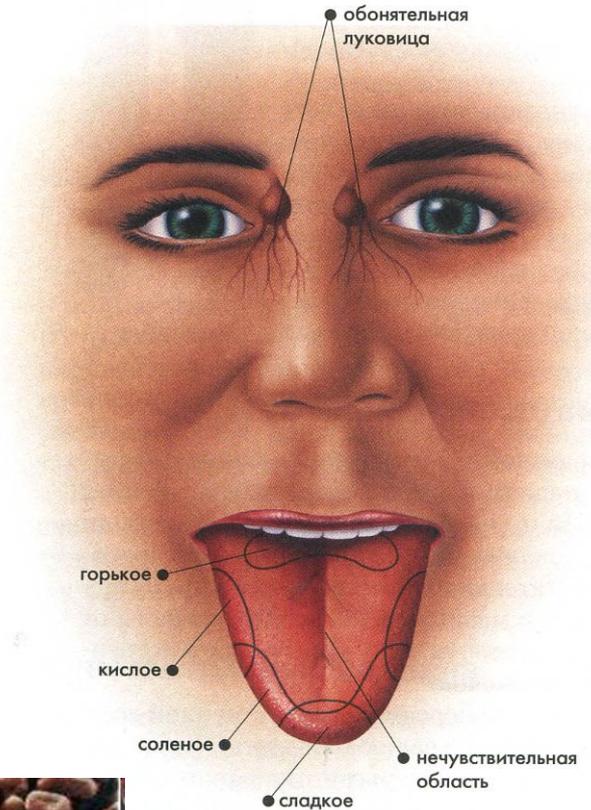
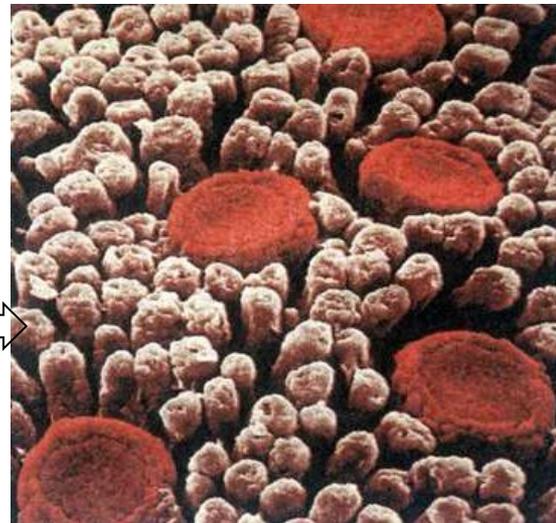
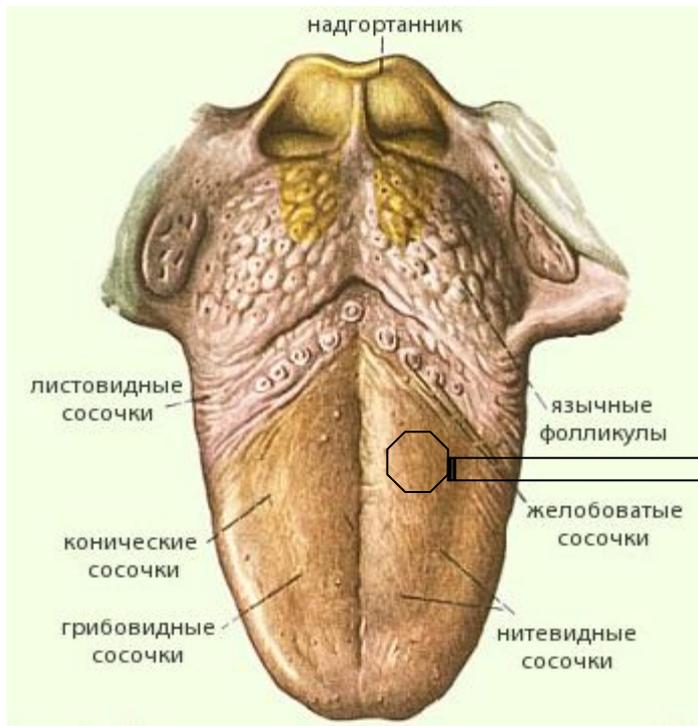


# Орган вкуса

Вкусовые сосочки языка:

- нитевидные
- грибовидные
- желобоватые
- листовидные

Все сосочки, за исключением нитевидных, содержат вкусовые почки.



У человека есть всего четыре основные области вкусовых ощущений, а потому вкус, по сравнению с другими органами чувств, достаточно примитивное ощущение.

# Орган вкуса

