

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра анатомии и физиологии

# **ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

*Справочные материалы*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2019*

УДК[591.1:612.821](03)

ББК28.073я2

Ф50

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 2 от 19.12.2018 г.

Составитель: доцент кафедры анатомии и физиологии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук **Г.А. Захарова**

Рецензент:

профессор кафедры анатомии и физиологии ВГУ имени П.М. Машерова, доктор биологических наук, профессор *И.М. Прищепка*

**Физиология сенсорных систем:** справочные материалы / **Ф50** сост. Г.А. Захарова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2019. – 34 с.

Данное издание содержит справочные материалы по физиологии сенсорных систем человека и животных.

Предназначено для студентов биологического факультета и позволит оптимизировать их самостоятельную работу в процессе изучения курса.

УДК [591.1:612.821](03)

ББК 28.073я2

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ .....	5
1. Структура сенсорных систем .....	5
2. Основные функции сенсорных систем .....	6
3. Рецепторы и их классификация .....	6
4. Свойства рецепторов .....	7
СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА .....	9
1. Рецепторы соматовисцерального анализатора .....	9
2. Кожная механорецепция .....	9
3. Терморецепция .....	11
4. Проприоцепция .....	12
5. Интероцепция .....	13
6. Ноцицепция .....	13
7. Центральные проекции соматовисцерального анализатора .....	15
ЗРИТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА .....	17
1. Структура зрительного анализатора .....	17
2. Свет и его характеристики .....	19
3. Показатели зрения .....	19
4. Цветовое зрение .....	20
5. Стереоскопия .....	21
6. Аномалии рефракции .....	21
ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР .....	22
1. Структура вестибулярного анализатора .....	22
2. Чувствительность вестибулярного анализатора .....	23
ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР .....	23
1. Структура обонятельного анализатора .....	23
2. Классификация запахов (Ж. Эймур, 1962).....	24
3. Характеристики обоняния .....	25
ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР .....	25
1. Структура вкусового анализатора .....	25
2. Вкусовые рецепторы.....	25
3. Характеристики вкусового восприятия .....	26
СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР.....	26
1. Структура слухового анализатора .....	26
2. Улитка .....	29
3. Механизм передачи звуковых колебаний.....	30
4. Механизм восприятия звуков различной частоты.....	31
5. Слуховая адаптация.....	31
6. Пространственный слух.....	31
7. Пределы слышимости, острота слуха.....	32
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	33

## ВВЕДЕНИЕ

Физиология человека и животных как учебная дисциплина изучается студентами 2–3 курсов биологического факультета. Являясь одной из классических биологических дисциплин, физиология человека и животных призвана сформировать у студентов общебиологический стиль научного мышления. Изучая её, студенты получают фундаментальные знания о процессах и механизмах жизнедеятельности организма человека и животных. Базой для изучения курса являются знания по общеобразовательным предметам (математика, химия, физика) и биологическим дисциплинам (цитология, гистология, зоология, биохимия, анатомия человека и др.). Информация из курса физиологии человека и животных, в свою очередь, является основой для усвоения материала по общебиологическим дисциплинам, изучаемым на старших курсах.

Преподавание разделов курса физиологии человека и животных построено с учетом возрастания роли контролируемой самостоятельной работы студентов на фоне повышения требовательности к развивающим методическим моделям.

Предлагаемое издание включает хорошо структурированный материал по такому, довольно объёмному, разделу курса, как физиология сенсорных систем. Его использование студентами при подготовке к занятиям и экзамену позволит систематизировать информацию по данному разделу физиологии человека и животных, полученную на лекциях и из учебников.

В дальнейшем справочные материалы могут быть использованы студентами для актуализации знаний по физиологии человека и животных при прохождении ими педагогической практики в школе и при подготовке к госэкзаменам.

# ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

## 1. Структура сенсорных систем

**А. Сенсорные системы (анализаторы)** – специализированные части нервной системы, включающие следующие компоненты:

- а) периферические рецепторы (*сенсорные органы или органы чувств*);
- б) отходящие от рецепторов нервные волокна (*проводящие пути*);
- в) клетки центральной нервной системы, сгруппированные вместе (*сенсорные центры или ядра*);
- г) клетки не сгруппированные в ядра (*диффузные нервные элементы*).

Эти компоненты составляют **3 отдела сенсорных систем**: периферический, проводниковый и центральный.

**Б. Уровень сенсорной системы** – это область мозга, в которой находится сенсорный центр или ядро и осуществляется переключение нервных волокон.

В коре больших полушарий находятся наивысшие уровни сенсорных систем или *первичные проекционные зоны анализаторов*. Вокруг первичных проекционных зон находятся *вторичные сенсорные зоны* и *ассоциативные поля*.

### В. Схема строения сенсорных систем.



Рис. 1. Схема строения сенсорных систем.

## 2. Основные функции сенсорных систем

**Рецепция** – преобразование энергии внешнего стимула в нервный сигнал (рецепторный потенциал или электрический импульс).

**Кодирование** – трансформирование нервного сигнала в импульсную активность или потенциалы действия нейронов.

**Перекодирование** - передача импульсной активности нейронов сенсорным ядрам, на клетках которых происходит переключение нервных волокон и преобразование нервного сигнала.

**Анализ свойств сигнала.**

**Идентификация свойств сигнала.**

**Классификация сигнала.**

Идентификация и классификация связаны с синтезом сведений о сигнале и требуют участия вторичных сенсорных и ассоциативных зон.

**Опознание сигнала (принятие решения)** – выражается в двигательной или вегетативной реакции организма, по характеристикам которой оценивается конечный результат анализа и синтеза раздражителей.

## 3. Рецепторы и их классификация

**А. Рецепторы** – специализированные чувствительные образования, воспринимающие и преобразующие раздражения из внешней и внутренней среды организма в специфическую активность нервной системы.

**Б. Классификация рецепторов.**

**По виду адекватного раздражителя:** механо-, фото-, термо-, хеморецепторы.

**По модальности или качеству вызываемых раздражителями ощущений:** слуховые, зрительные, обонятельные, вкусовые, тактильные, температурные, болевые (ноцицептивные)

**По дальности расположения воспринимаемого стимула:**

*дистантные* (слух, зрение);

*контактные* (осязание, обоняние, вкус).

**По характеру взаимодействия раздражителей:**

*экстерорецепторы* - воспринимают раздражения внешних агентов;

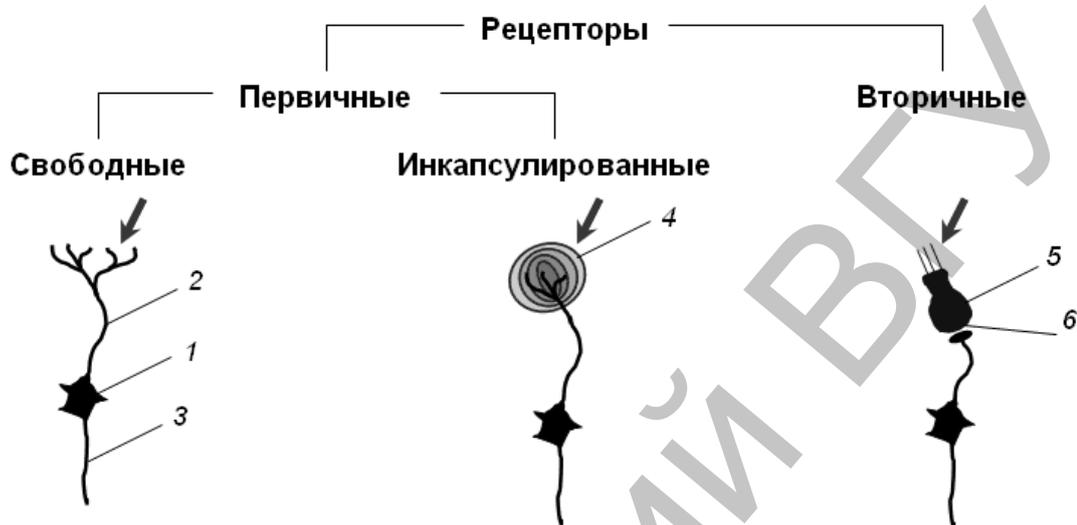
*интерорецепторы* – реагируют на раздражители внутренней среды;

*проприорецепторы* (рецепторы опорно-двигательного аппарата, являются разновидностью интерорецепторов.

**По месту приложения раздражителя:**

*первичночувствующие* (тактильные, обонятельные, интеро- и проприорецепторы) – трансформируют энергию стимула в нервную активность непосредственно в сенсорном нейроне, и по его аксону без промежуточного преобразования нервная активность передаётся к сенсорному ядру (на первый сенсорный уровень);

*вторичночувствующие* (зрительные, слуховые, вестибулярные, вкусовые) – представляют собой высокоспециализированные эпителиальные клетки, к которым подходят нервные волокна периферического сенсорного ганглия, образуя с клетками синаптические контакты.



**Рис. 2. Первичные и вторичные рецепторы.**

**По функциональной характеристике:**

*мономодальные* (слух, зрение) – все вторичночувствующие, некоторые первичночувствующие;

*бимодальные* (тактильное чувство + боль; тактильное чувство + температура) - некоторые первичночувствующие;

*полимодальные*;

*спонтанноактивные* – фиксируют действие стимула на фоне шума усилением или уменьшением частоты разряда \*

\**Спонтанная активность* (фоновая импульсация) - результат выделения квантов медиатора в области рецепторно-нервного соединения при отсутствии стимула. Рецепторы без спонтанной активности (молчащие), имеют самый низкий порог, и, следовательно, наиболее чувствительны.

**4. Свойства рецепторов**

**А. Чувствительность рецептора** – это способность воспринимать раздражитель, характеризующаяся минимальной величиной стимула, вызывающего возбуждение рецептора или абсолютным порогом чувствительности.

**Б. Порог чувствительности**–величина, обратно пропорциональная чувствительности.

Чувствительность рецептора выше чем чувствительность сенсорной системы. Это объясняется наличием внешних и внутренних шумов в есте-

ственных условиях. Активность в сенсорных нейронах возникает только после синаптического преобразования рецепторного потенциала высокоспециализированных клеток, а не в самой нервной клетке.

**В. Адаптация рецептора** – снижение уровня его возбуждения под действием постоянно действующего раздражителя.

Рецепторы с различной степенью адаптации:

*слабо адаптирующиеся рецепторы*- служат для сигнализации об истинных, абсолютных и мгновенных величинах стимулов;

*быстро и полно адаптирующиеся рецепторы*- служат для сигнализации об изменениях стимула на фоне шума – внешнего или биологического (внутреннего, например, спонтанной активностью нейронов).

При адаптации рецепторов к постоянно действующему стимулу, они теряют некоторое количество сведений о нём (например, о продолжительности действия). Чувствительность адаптированного рецептора к изменениям стимула возрастает и любое усиление стимула действует на адаптированный рецептор как новый раздражитель.

*Преобразование энергии внешнего стимула в рецепторах* передача его результатов в сенсорные ядра мозга обеспечивается двумя функционально различными процессами: генераторный потенциал (ГП) и рецепторный потенциал (РП или ПД).

**Г. Рецепторный потенциал** возникает при действии внешнего стимула на рецептор. При достижении рецепторным потенциалом порогового значения возникает нервный импульс или распространяющееся возбуждение - **генераторный потенциал**.

В первичночувствующих рецепторах РП и ГП не имеют различий и фактически идентичны, так как нервный импульс возникает в самой чувствительной части мембраны и распространяется по аксону к первому сенсорному уровню.

Во вторичночувствующих рецепторах изменение РП высокоспециализированного рецептора (клетки) приводит к выделению медиатора в синаптическую щель (между рецептором и окончанием нейрона) и, вследствие изменения проницаемости постсинаптической мембраны нервного окончания, подходящего к сенсорной клетке, появляется его деполяризация, которая приводит к развитию ГП. ГП зависит от силы и длительности стимула. Он стационарно удерживается в преобразующем участке нервного окончания и распространяется с затуханием. Лишь при достижении порогового уровня ГП запускает распространяющиеся импульсы сенсорного нейрона.

**Д. Передача нервной активности от рецепторов к сенсорным ядрам.**

*Импульсный способ передачи* является наиболее точным, так как импульс (или ПД) превышает по величине различные колебания электриче-

ских потенциалов нервной системы; надёжным, так как ток, создаваемый ПД, превышает минимальный ток, необходимый для его проведения; *быстрым*, так как обладает высокой скоростью передачи информации.

Чем сильнее стимул, тем больше ПД передаётся по волокну.

Скорость проведения импульса в сенсорных волокнах зависит от их толщины: чем толще волокно, тем больше скорость.

Интенсивность стимула кодируется двумя способами:

*число ПД в единицу времени*: чем выше интенсивность раздражения, тем выше частота импульсации (максимальное количество импульсов в нервных волокнах сенсорных систем приблизительно 2000 в секунду в первые 50-100 мс после начала стимуляции;

*число нервных волокон, вовлечённых в реакцию*.

Возможно сочетание обоих способов кодирования.

## СОМАТОВИСЦЕРАЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

### 1. Рецепторы соматовисцерального анализатора

#### А. Классификация рецепторов.

*По месту расположения*: кожные рецепторы; проприорецепторы (мышечные и суставные); интерорецепторы (висцеральные).

*По воспринимаемому раздражителю (по функциям)*: механорецепторы; терморецепторы; хеморецепторы; ноцицепторы (рецепторы боли).

#### Б. Общие свойства рецепторов:

- не образуют сенсорные органы, а распространены по всему телу;
- афферентные волокна рецепторов СВС не образуют высокоспециализированные нервы, а входят в многочисленные нервы тела и центральные тракты.

### 2. Кожная механорецепция

#### А. Тактильные ощущения.

*Тактильные ощущения* – ощущение давления или прикосновения, которые вызываются в чувствительных тактильных точках кожи (высокая концентрация точек на коже кончиков пальцев и на губах, низкая – на коже плеч, бёдер и спины).

*Пространственный порог различения* – мера пространственного различения кожей тактильных стимулов: минимальное расстояние между двумя тактильными стимулами, при которых они воспринимаются как отдельные (ППР кончика языка, пальцев и губ равен 1-3 мм, ППР на спине, плечах и бёдрах составляет 50-100 мм).

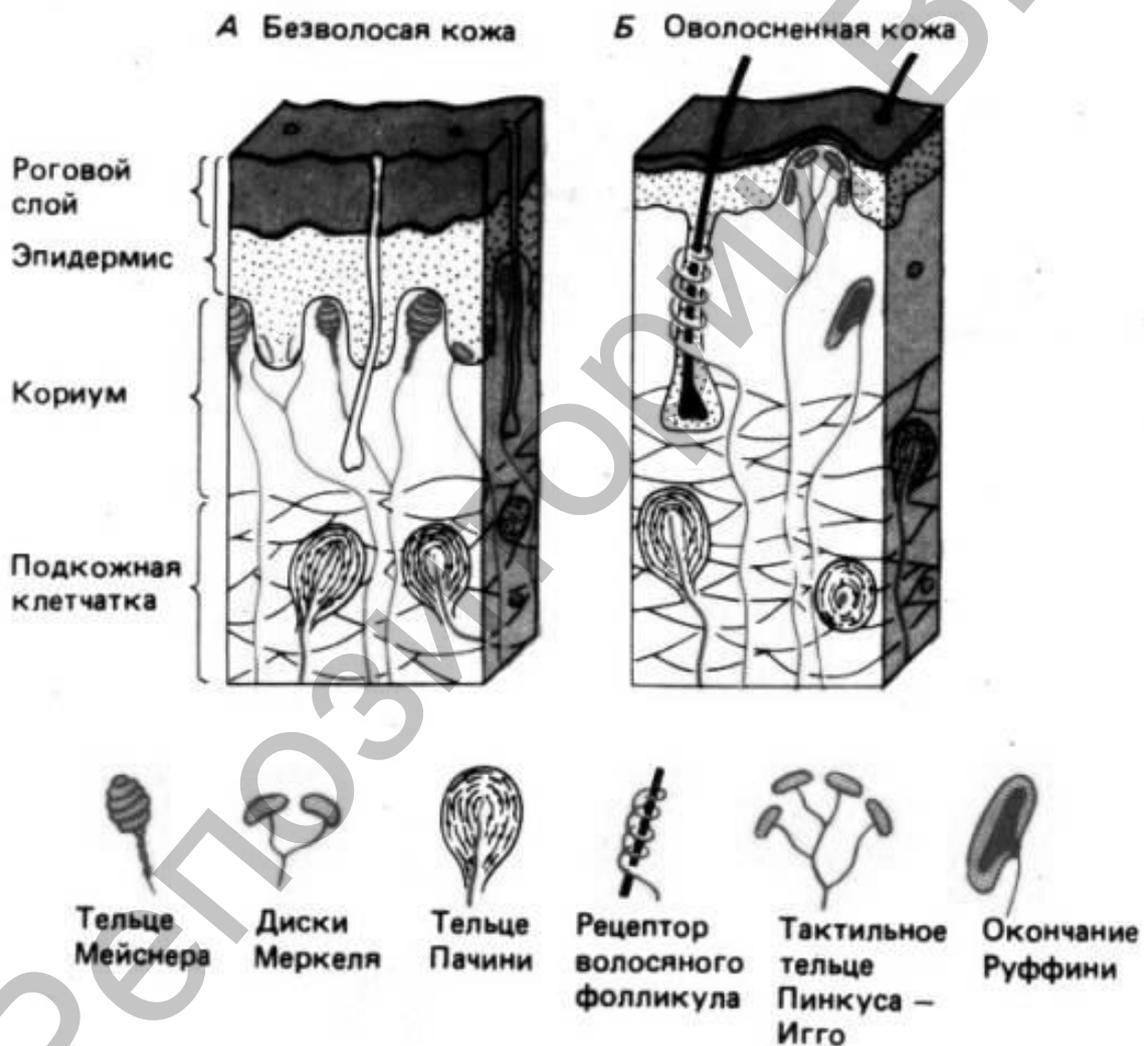
#### Б. Рецепторы.

*Инкапсулированные механорецепторы*– иннервируются миелинизированными афферентными волокнами, имеющими диаметр 5-12 мкм и проводящими импульсы со скоростью 30-70 м/с.

*Свободные нервные окончания:*

нейроны, немиелинизированные аксоны которых проведут импульсы с невысокой скоростью (приблизительно 1 м/с); реагируют импульсом на пороговый уровень интенсивности (считаются пороговыми датчиками, которые отмечают наличие стимула в определенном месте кожи);

участвуют в передаче информации о слабых (околопороговых) движущихся по коже стимулах и имеют отношение к ощущению щекотки



**Рис. 3. Рецепторы кожи.**

### **3. Терморцепция**

**А. Терморцепция** (температурное чувство) – ощущения тепла и холода, которые вызываются в температурных точках тела – рецепторах кожи, чувствительных к холоду и теплу.

**Б. Терморцепторы.**

***Периферические терморцепторы***

- представляют собой свободные нервные окончания;
- **рецепторы холода** (у человека): располагаются в эпидермисе и непосредственно под ним, связаны с тонкими миелинизированными волокнами, на 1 см<sup>2</sup> кожи кисти 1-5 точек холода;
- **рецепторы тепла** располагаются в верхнем и среднем слоях собственно кожи на 1 см<sup>2</sup> кожи кисти 0,4 точки тепла;
- при постоянной температуре кожи терморцепторы тонически раздражаются с частотой, зависящей от температуры – статическая реакция;
- при изменении температуры кожи терморцепторы изменяют (понижают или поднимают) частоту разряда – динамическая реакция;
- нечувствительны к нетепловым стимулам;
- обладают малыми рецептивными полями (1 мм<sup>2</sup> и менее) и каждое афферентное волокно обслуживает только одну точку тепла или холода, а скорость проведения приблизительно от 0,4 м/с до 20 м/с;
- пространственный порог различения для холодных стимулов ниже, чем для тепловых (ППР на бедре для тепловых стимулов в продольном направлении равен 26 см, а в поперечном – 9 см; а для холодных соответственно 16,5 см и 2,9 см);
- отвечают на изменения температуры окружающей среды и участвуют в регуляции температуры тела.

***Центральные терморцепторы:***

- располагаются в гипоталамусе;
- участвуют в регуляции температуры тела: нагревание вызывает одышку и потоотделение, а охлаждение вызывает сужение сосудов и дрожь.

**В. Ощущения, появляющиеся при изменении температуры кожи.**

Ощущения, появляющиеся при изменении температуры кожи, определяются:

- **исходной температурой кожи:** при низких температурах кожи (20°C) порог для появления ощущения тепла высокий, а для появления ощущения холода – низкий; при высоких температурах кожи тепловые пороги уменьшаются, а холодные – увеличиваются;
- **условиями стимуляции:** одна и та же температура может вызвать и ощущение тепла, и ощущение холода (исходная температура кожи 32°C и нагревание на 0,5°C вызывает ощущение тепла; исходная температура кожи 33°C и охлаждение на 0,5°C вызывает ощущение холода, но в обоих случаях конечная температура кожи будет равна 32,5°C);

– скоростью изменения температуры кожи: если она превышает  $0,1^{\circ}\text{C}$  в секунду ( $6^{\circ}\text{C}$  в минуту), это почти не влияет на пороги ощущения тепла и холода; при снижении скорости изменения температуры оба показателя возрастают;

– площадью кожи, на которую действует стимул: интенсивность ощущений возрастает с увеличением стимулируемой площади.

#### 4. Проприоцепция

**А. Проприорецепция** – совокупность способностей человека ориентироваться в положении своих конечностей по их отношению друг к другу, воспринимать собственные движения и оценивать сопротивление совершаемым движениям.

*Свойства проприоцепции:*

– ощущение положения конечностей базируется на информации об углах в каждом суставе;

– ощущение движения базируется на информации о направлении и скорости движения при изменениях суставного угла;

– ощущение усилия базируется на способности проприоцепторов оценивать величину мышечного усилия, необходимого для совершения определённого движения, а также для сохранения некоторого положения сустава при действии сопротивления движению;

– адаптации подвержены незначительно.

#### **Б. Проприоцепторы:**

– в мышцах – мышечные веретёна;

– в сухожилиях – органы Гольджи;

– в суставных сумках – свободные нервные окончания (связанные с немиелинизированными нервными волокнами), рецепторы типа окончаний Руффини, органов Гольджи и телец Пачини (связаны с миелинизированными нервными волокнами).



**Рис. 4. Мышечные веретёна (1) и сухожильные органы Гольджи (2).**

Общее представление о положении тела формируется у человека в результате процесса интеграции информации от рецепторов различных мышц, сухожилий и суставов. Этот процесс начинается на уровне подкорковых ядер и в нём используется информация о планируемой активности мышц и о последующем движении.

## 5. Интероцепция

**А. Интероцепция** – восприятие раздражений (стимулов), поступающих из внутренней среды организма, от органов и тканей.

### Б. Интерорецепторы:

- свободные нервные окончания,
- сложные инкапсулированные структуры.

*Классификация интероцепторов* с учётом их функционального назначения и механизма возбуждения:

- *механорецепторы* – находятся в кровеносных и лимфатических сосудах, в сердце, в лёгких, в мышцах и сухожилиях и других структурах, способных под влиянием механического раздражения растягиваться и деформироваться;
- *хеморецепторы* – находятся в аортальном и каротидном клубочках, в слизистых оболочках пищеварительного тракта и органов дыхания, в серозных оболочках;
- *осморецепторы* – реагируют на изменения концентрации активных веществ в крови и внеклеточной жидкости (разновидность хеморецепторов);
- *терморецепторы* – находятся в верхних отделах пищеварительного тракта.

## 6. Ноцицепция

**А. Ноцицептивная чувствительность** – восприятие стимулов, вызывающих ощущение боли.

### Б. Ноцицепторы:

- свободные нервные окончания с тонкими миелинизированными нервными волокнами: проводят возбуждение со скоростью 11 м/с и обуславливают первую боль;
- свободные нервные окончания с немиелинизированными нервными волокнами: проводят возбуждение со скоростью 1 м/с и обуславливает вторую боль;
- в коже ноцицепторы подразделяются на *механочувствительные* и *механотермочувствительные*;

– в полых внутренних органах, образованных гладкими мышцами, ноцицепторы подразделяются: *механочувствительные* - одна часть их реагирует на пассивное растяжение, а вторая – на активное напряжение гладких мышц; *хемочувствительные* - реагируют на газы, ионы калия, брадикинины и другие химические вещества и соединения.

### В. Функции боли:

- информирует организм об опасности, о нарушениях в процессах, протекающих в различных органах и тканях, т.к. вызывается повреждающими, вредными для организма стимулами;
- используется в постановке диагноза заболевания.

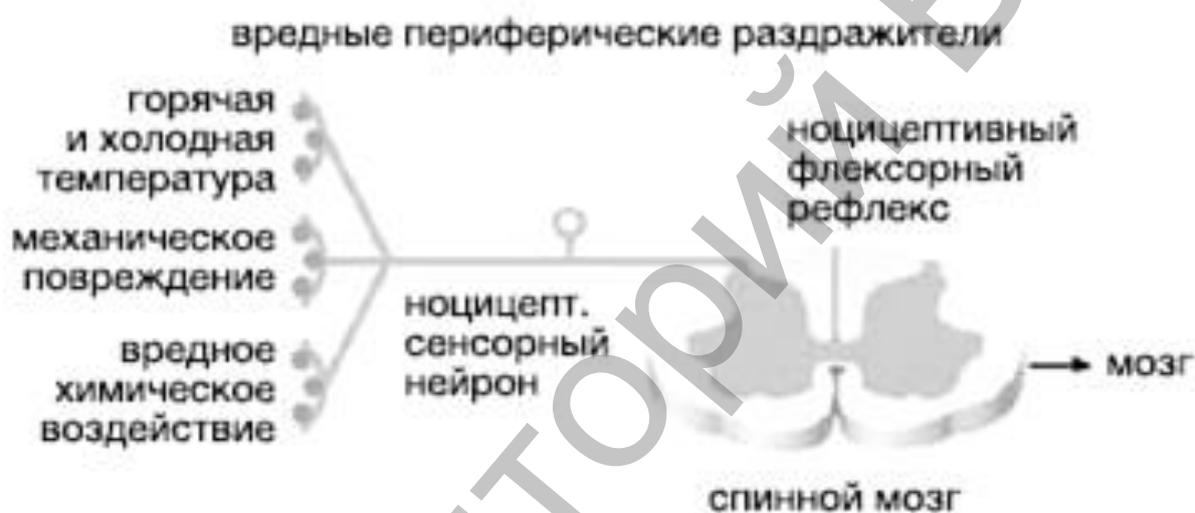


Рис. 5. Ноцицептивная боль.

### Г. Классификация видов боли и их локализация.

#### Г.1 Соматическая боль:

**Поверхностная боль** (кожа): *первая начальная боль* – имеет острый характер, быстро исчезает с прекращением стимуляции, латентный период приблизительно равен 0,2 с.; *вторая начальная или отставленная боль* – возникает после первой при высоких интенсивностях стимуляции, латентный период приблизительно составляет 0,5–1 с., имеет тупой или ноющий характер, ощущается как более диффузная, исчезает медленно, иногда ей сопутствует тошнота и другие негативные реакции организма (покалывание, пощипывание).

**Глубокая боль** (мышцы, кости, суставы, соединительная ткань) – тупая, плохо локализуется, иррадирует в окружающие структуры, сопровождается неприятными ощущениями, тошнотой, сильным потоотделением, падением АД (пример: мышечные судороги, головная боль).

**Г.2 Висцеральная боль** (внутренние органы) – тупая, плохо локализуется, иррадирует в окружающие структуры, сопровождается неприятными

ми ощущениями, тошнотой, сильным потоотделением, падением АД (пример: язва, аппендицит, МКБ, ЖКБ).

**Г.3 Проецируемая боль** – возникает при:

*ударе по нерву*, проходящему у самой поверхности кожи (локтевой нерв), что вызывает распространение неприятных ощущений на участки, обслуживаемые этим нервом (на предплечье и кисть);

*пережатии спинальных нервов в местах их вхождения в спинной мозг* в результате повреждения межпозвонковых хрящевых дисков. Афферентные импульсы в ноцицептивных волокнах при такой патологии вызывают болевые ощущения, которые продуцируются в область, связанную с травмируемым спинальным нервом.

**Г.4 Отражённая боль** – болевое ощущение не во внутренних органах, от которых поступают болевые сигналы, а в расположенных на некотором расстоянии от больного органа поверхностных областях или отдельных участках кожи (стенокардия), которые называются дерматомы. Механизм возникновения отражённой боли: некоторые кожные болевые афференты и болевые афференты, идущие от внутренних органов, при вхождении в один и тот же сегмент спинного мозга конвергируют на один и тот же нейрон. Возбуждение таких клеток на периферии интерпретируется человеком как боль.

**Д. Особенности восприятия боли.**

**Субъективные ощущения боли** зависят:

- от интенсивности стимула,
- от состояния эмоциональной, мотивационной и волевой сферы.

**Факторы уменьшения боли:**

- отвлечение внимания,
- стресс,
- гипноз,
- экстремальные ситуации и др.

**Адаптация к боли** в физиологическом смысле не существует: болевые пороги при повторном раздражении не изменяются или снижаются, т.е. наблюдается сенсбилизация (повышение чувствительности) участка, стимулируемого болевым раздражителем.

Понижение болевого порога – *гипералгезия*.

Повышение болевого порога – *гипалгезия*.

Полная потеря болевой чувствительности – *аналгезия*.

## **7. Центральные проекции соматовисцерального анализатора**

**А.Афферентация, связанная с тонкими механическими ощущениями**–вибрацией, оценкой положения и движения суставов, осязанием мелких шероховатостей поверхностей проводится по волокнам задних столбов (пучки Голля и Бурдаха) до их ядер под самым основанием чере-

па; отсюда отходит новая группа аксонов, образующих медиальную петлю, которая после пересечения средней линии в области ствола мозга заканчивается в вентро-базальной группе ядер таламуса; здесь начинается группа аксонов, которые заключаются в первичной соматической проекционной зоне коры головного мозга.

**Б.Афферентация, связанная с ощущениями плохо локализуемого давления, температуры и боли**—проводится в составе передне-бокового пучка по спинно-таламическому и спино-трикуло-таламическому путям в неспецифические ядра таламуса, откуда широко проецируется в разные области коры.

**В. Нейроны соматической проекционной зоны** делятся на группы:

- реагирующие на движение волос;
- реагирующие на раздражение поверхности кожи (быстро адаптируются);
- реагирующие на раздражение глубоких тканей (быстро адаптируются);
- реагирующие на стационарную стимуляцию (медленно адаптируются);
- реагирующие на движение и положение суставов (связаны с проприорецепторами);
- реагирующие на вибрацию.

Участки тела с наиболее обильной рецепцией имеют большой объём проекций в центрах мозга (рука, рот, язык).

**Г.Афферентация от висцеральных рецепторов** передаётся по аксонам с медленной скоростью проведения, проходящим в задних и вентро-латеральных столбах спинного мозга, в различные ядра ствола мозга и таламуса (заднеventральное и хвостатое ядро), в мозжечок.

Интероцептивные ощущения по интенсивности в норме находятся на околопороговых уровнях, при различных нарушениях внутренней среды организма чувствительность увеличивается.

**Д. Афферентация от болевых рецепторов** передается в мозг с помощью двух систем: медиальной (ответственна за стойкую тоническую боль) и латеральной.

*Медиальная система боли:*

- проходит через центральные участки ствола мозга и передаёт сигналы в лимбическую систему головного мозга, а завершается в таламической области;
- состоит из мелких волокон, проводит сигналы медленно;
- передаёт диффузные неприятные ощущения.

*Латеральная система боли:*

– состоит из нервных трактов, проецирующихся в соматосенсорную кору головного мозга;

– отвечает за сенсорное качество боли (характер ощущения) – укол, жжение и т.д.:

– активность системы быстро затухает, поэтому физическая боль кратковременна и подвергается торможению со стороны других структур.

Нормальные болевые ощущения возможны только при условии корректной работы корковых и подкорковых отделов центральной нервной системы, относящихся к ноцицептивной чувствительности. При нарушении процесса переработки болевых сигналов ЦНС, чувствительность не исчезает, а видоизменяются болевые ощущения.

## ЗРИТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

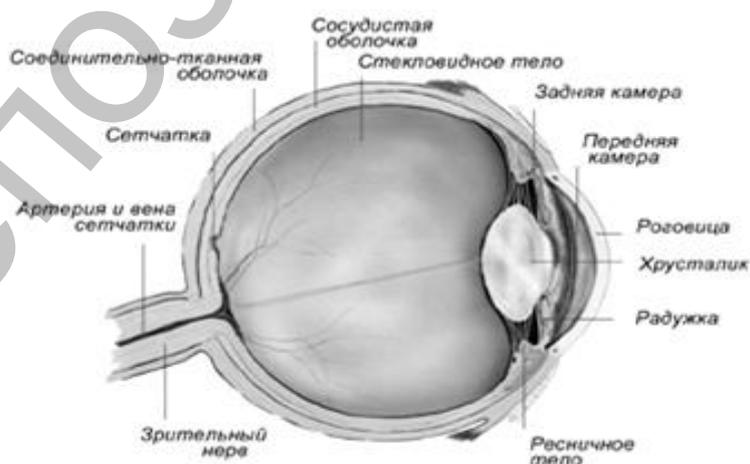
### 1. Структура зрительного анализатора

**А. Зрительный анализатор** – совокупность защитных, оптических, рецепторных и нервных структур, воспринимающих и анализирующих световые раздражители.

#### **Б. Периферический отдел зрительного анализатора.**

**Оптическая система глаза** – совокупность структур (линз), формирующая на сетчатке перевернутое и уменьшенное изображение рассматриваемых предметов. Оптическую систему глаза образуют роговица, передняя и задняя камеры, заполненные водянистой влагой, радужная оболочка, окружающая зрачок, хрусталик, стекловидное тело.

Преломляющая сила оптической системы выражается в *диоптриях*.



**Рис. 6. Структура глаза человека.**

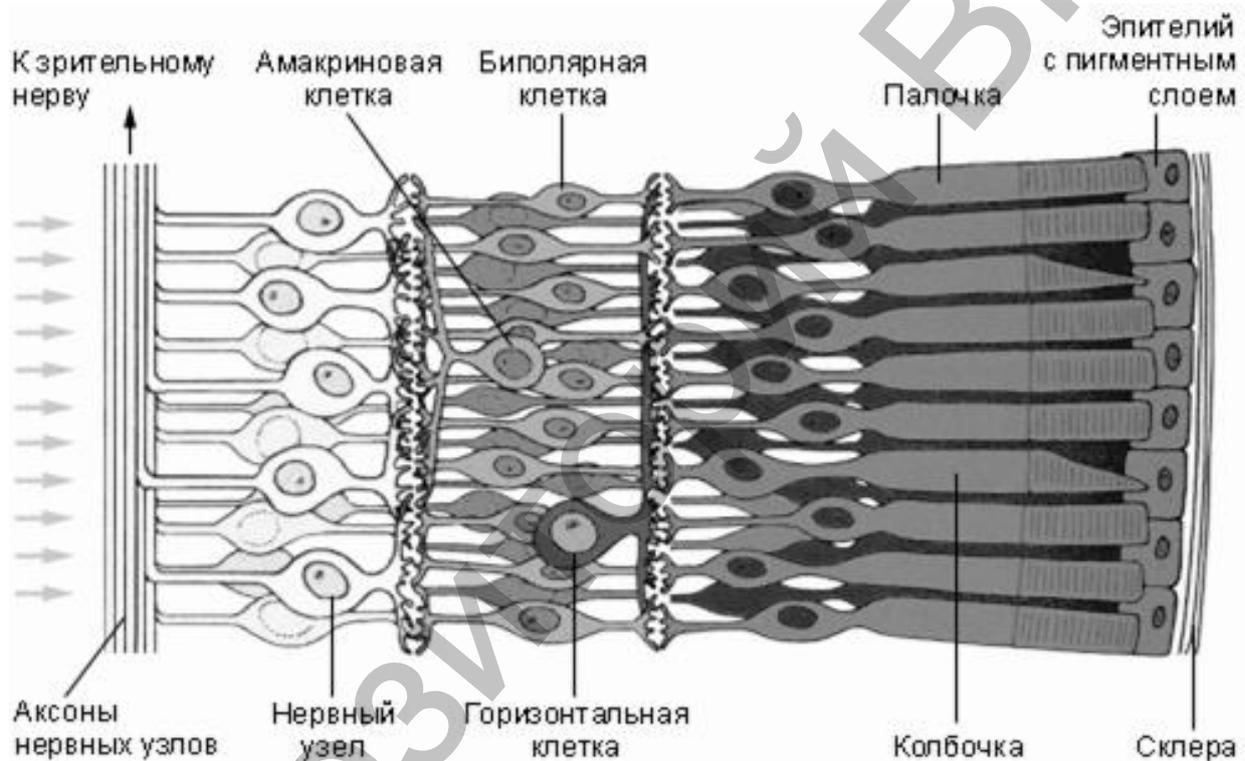
**Фоторецепторный аппарат глаза** – сетчатка, включает фоторецепторные клетки: палочки и колбочки.

**Палочки**(110–125 млн.) ответственны за сумеречное зрение, содержат зрительный пигмент *родопсин*, располагаются по периферии сетчатки.

**Колбочки** (6–7 млн.) локализованы в центре сетчатки и содержат 3 типа зрительных пигментов, которые воспринимают лучи синей части спектра (*йодопсин*), зелёной (*хлоролаб*) и красной (*эритролаб*).

Участок сетчатки с наибольшей концентрацией колбочек ( $150 \text{ тыс./мм}^2$ ) – *центральная ямка* – это область лучшего восприятия света.

В ответ на действие кванта света в палочках и колбочках запускается ряд фотохимических реакций, связанных с распадом фотопигментов и их последующим ресинтезом, проходящим в темноте.



**Рис. 7. Схема строения сетчатки глаза.**

### **В. Проводниковый отдел зрительного анализатора.**

Фоторецепторные клетки сетчатки контактируют с биполярными клетками (первый нейрон зрительного анализатора), которые образуют синаптические контакты с ганглиозными клетками (второй нейрон). Аксоны ганглиозных клеток (800 тыс.) образуют зрительный нерв. Место выхода зрительного нерва из сетчатки – *слепое пятно*.

В области основания черепа часть волокон зрительных нервов (500 тыс.) переходит на противоположную сторону. Затем оба зрительных тракта, состоящих уже из перекрещенных и оставшихся волокон, направляются в *подкорковые центры зрительного анализатора*: латеральные ко-

ленчатые тела, верхние бугры четверохолмия, подушку зрительного бугра, супрахиазмальные ядра гипоталамуса, ядра глазодвигательного нерва.

### **Г. Центральный отдел зрительного анализатора.**

Представлен клетками первичной и вторичной зрительных зон, расположенных затылочной доле коры больших полушарий.

### **Д. Вспомогательный аппарат зрительного анализатора.**

Включает структуры, обеспечивающие защитные функции: слёзная железа, веки, ресницы, брови.

## **2. Свет и его характеристики**

**А. Свет** – это электромагнитное излучение с различными длинами волн. Способность видеть объекты связана с отражением света от их поверхности. Цвет предмета зависит от того, какую часть спектра он отражает или поглощает.

**Б. Характеристики светового стимула:**

- *частота* – величина, обратная длине волны, определяет окраску света;
- *интенсивность* – определяет яркость света (диапазон интенсивностей, воспринимаемых глазом человека –  $10^{16}$ ).

## **3. Показатели зрения**

### **А. Диапазон, воспринимаемых частот или длин волн света.**

Длина волны, нм	Психологический коррелят
400	фиолетовый
450	синий
500	зелёный
550	жёлто-зелёный
600	оранжевый
700	красный

**Б. Диапазон интенсивностей световых волн от порога восприятия до болевого порога.**

Интенсивность, дБ	Психологический коррелят
160	болевого порог
140	солнечный свет
80	белая бумага при свете настольной лампы
60	экран телевизора
40	наименьшее освещение, при котором различимы цвета

**В. Острота зрения (пространственная разрешающая способность)** – минимальное различимое глазом угловое расстояние между двумя точками (объектами).

**Г. Временная разрешающая способность** – зависимость пороговой интенсивности света от длительности его воздействия. Эта связь сохраняется лишь при коротких длительностях стимулов – до 20 мс, а при 20–250 мс и выше она исчезает и решающим фактором восприятия света становится интенсивность.

**Д. Критическая частота мелькания** – частота вспышек, при которой ряд последовательных вспышек воспринимается как непрерывный свет. При средней интенсивности света КЧМ равен 16–20 в 1 сек. Чем выше частота вспышек, тем выше КЧМ. Высота вспышек и КЧМ связаны: *процесс суммации* обеспечивает плавное слияние последовательных изображений в непрерывный поток зрительных впечатлений.

**Е. Порог световой чувствительности и адаптации** – наименьшая интенсивность света, которую человек способен увидеть  $10^{-10}$ – $10^{-11}$  эрг/с. На величину ПСЧ влияет *процесс адаптации* – изменение чувствительности зрительной системы в зависимости от исходной освещённости.

При низкой интенсивности света в окружающей среде развивается *темновая адаптация* и чувствительность зрения возрастает. Длительность полной темновой адаптации равна 30 мин.

При высокой интенсивности света в окружающей среде развивается *световая адаптация*, заканчивающаяся через 15–60 с.

Различия темновой и световой адаптации связаны со скоростью химических процессов распада и синтеза пигментов сетчатки.

#### **Ж. Способность к восприятию цветов.**

Восприятие цвета зависит для монохроматических лучей (с одной длиной волны) от длины волны света, попадающего в глаз.

Существует 3 основных цвета: красный – 700 нм, зелёный – 546 нм, синий – 435 нм; в результате смешивания основных цветов получается любой другой цвет. Белый цвет содержит все длины световых волн.

### **4. Цветовое зрение**

Цветовое зрение объясняется на основе предположения о существовании в сетчатке фоторецепторов с 3-мя типами пигментов, обеспечивающих восприятие волн синей, зелёной и красной части спектра.

**Цветовая слепота** (дальтонизм) – нарушение восприятия света, связанное с отсутствием определённого гена в X-хромосоме.

Типы цветовой слепоты:

- *протанопия* – отсутствие чувствительности к красному цвету;
- *дейтеранопия* – отсутствие чувствительности к зелёному цвету;
- *тританопия* – отсутствие чувствительности к синему цвету;
- *монохроматия* – полная цветовая слепота.

### **5. Стереоскопия**

**Стереоскопия** – восприятие глубины. В основе стереоскопии лежит *диспаратность двух изображений* – небольшие геометрические различия в изображениях, фиксируемых разными глазами при бинокулярном зрении. Диспаратность тем выше, чем ближе находится рассматриваемый объект. Следовательно, на больших расстояниях между стимулом и глазом глубина изображения не воспринимается.

## 6. Аномалии рефракции

При *нормальной рефракции* параллельные лучи от далеко расположенных предметов собираются в центральной ямке сетчатки.

При *миопии* (близорукости) лучи от далеко расположенных предметов фокусируются впереди сетчатки. В результате близкие предметы видятся хорошо, а удалённые – расплывчато. Миопия возникает при большой длине глазного яблока и высокой преломляющей силе.

При *метропии* (дальнозоркости), обусловленной малой длиной глазного яблока и снижением преломляющей способности, лучи от далеко расположенных предметов фокусируются за сетчаткой. В результате чётко воспринимаются удалённые предметы, а близкие расплывчато.

С возрастом хрусталик теряет эластичность, что приводит к развитию *пресбиопии* (старческой дальнозоркости).

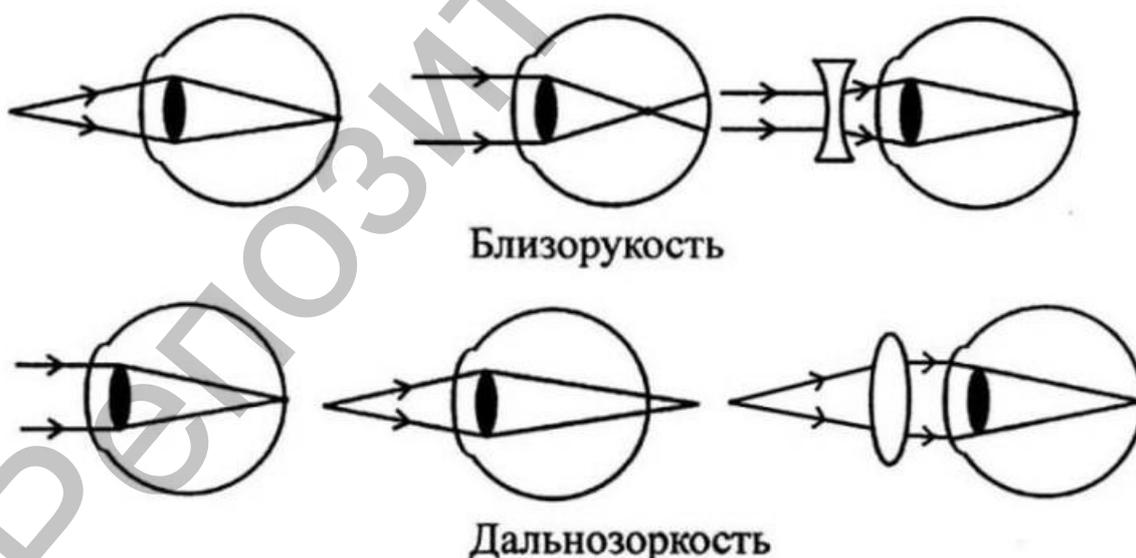


Рис. 8. Аномалии рефракции.

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР

## 1. Структура вестибулярного анализатора

**А. Периферический отдел** образует **вестибулярный аппарат**, который находится в костном лабиринте пирамиды височной кости и состоит из преддверия и трёх полукружных каналов.

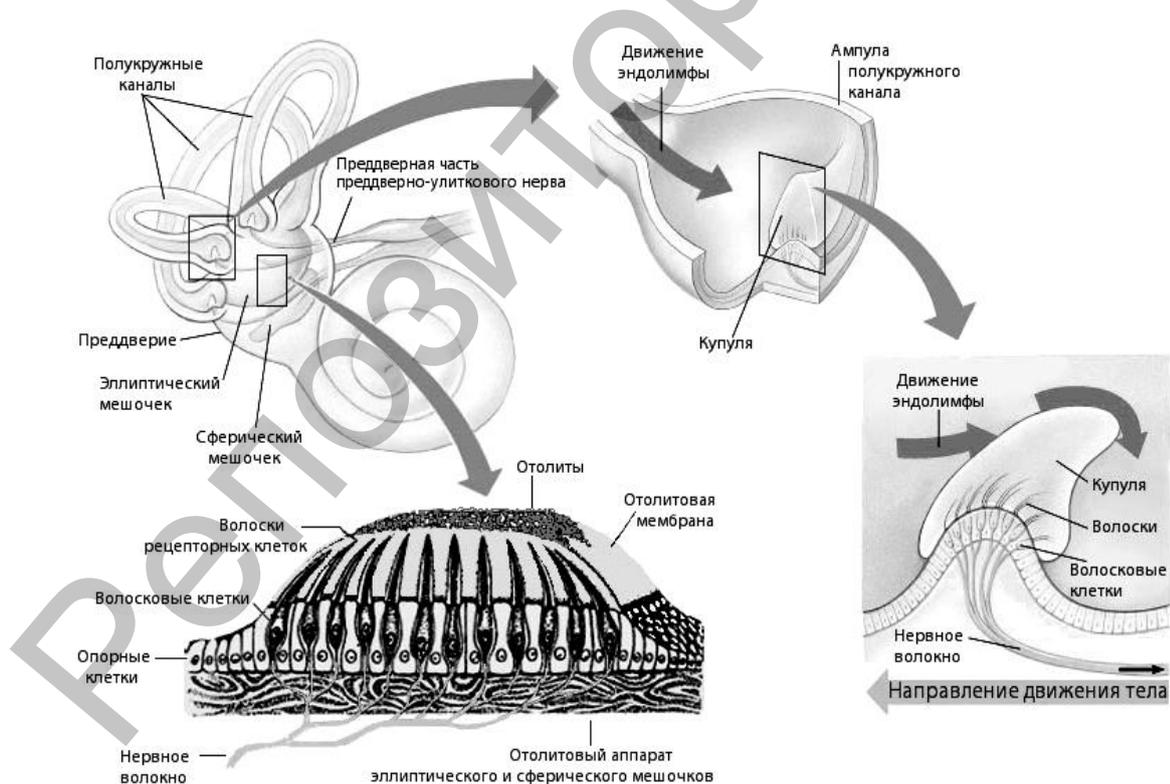
**Преддверие** состоит из мешочка и маточки. В каждом мешочке имеются макулы – небольшие возвышения, содержащие отолитовый аппарат.

**Отолитовый аппарат** – скопление рецепторных клеток колбообразной и цилиндрической формы, покрытых отолитовой мембраной – желеобразно массой, состоящей из мукополисахаридов и кристаллов кальция.

**Вестибулорецепторы** являются вторичночувствующими и на своей свободной поверхности содержат 60-80 тонких волосков или *стероцилий*, и один толстый – *киноцилий*. Возбуждение рецепторов происходит при перемещении желеобразной массы, которая отклоняет стероцилии, погруженные в неё. Смещение стероцилиев в сторону киноцилия вызывает возбуждающий эффект, в противоположную сторону – тормозной.

**Отолитовый аппарат преддверия** воспринимает прямолинейное движение, ускорение, замедление, наклоны головы и тела, тряску и качку.

**Рецепторный аппарат полукружных каналов** реагирует на вращательные движения вокруг своей оси, их угловое ускорение или замедление.



**Рис. 9. Периферический отдел вестибулярного анализатора. Б. Проводниковый отдел.**

Проводниковый отдел включает: *1 нейрон* – биполярные клетки, расположенные в вестибулярном ганглии. Периферические отростки этих клеток контактируют с рецепторными, а центральные в составе вестибулярного нерва (VIII пара черепно-мозговых нервов) идут в вестибулярные ядра продолговатого мозга, содержащие *2-й нейрон*. Из них импульсы поступают к таламическим ядрам (*3-й нейрон*), мозжечку, ядрам глазодвигательных мышц, к вестибулярным ядрам противоположной стороны, к мотонейронам шейного отдела спинного мозга, а через вестибулоспинальный тракт – к мотонейронам мышц-разгибателей, к ретикулярной формации и гипоталамусу.

### **В. Центральный отдел.**

Находится в задней постцентральной извилине коры больших полушарий, куда по таламокортикальным путям поступает информация о положении тела в пространстве; и кпереди от центральной извилины - сюда через вестибуло-мозжечково-таламический тракт поступает информация о поддержании тонических реакций, связанных с оценкой позы.

## **2. Чувствительность вестибулярного анализатора**

Порог различения ускорения при прямолинейном движении – 2–20 см/с; порог различения вращения при угловом ускорении – 2–3 градуса/с; порог различения наклона головы в сторону – приблизительно 1 градус, вперёд-назад – приблизительно 1,5–2 градуса. При нарушении деятельности вестибулярного анализатора развиваются различные формы болезни движения.

## **ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР**

### **1. Структура обонятельного анализатора**

**А. Периферический отдел** располагается в задней части носового хода и представляет собой эпителий, включающий обонятельные рецепторные клетки, опорные и базальные клетки. Сверху обонятельный эпителий покрыт слоем слизи.

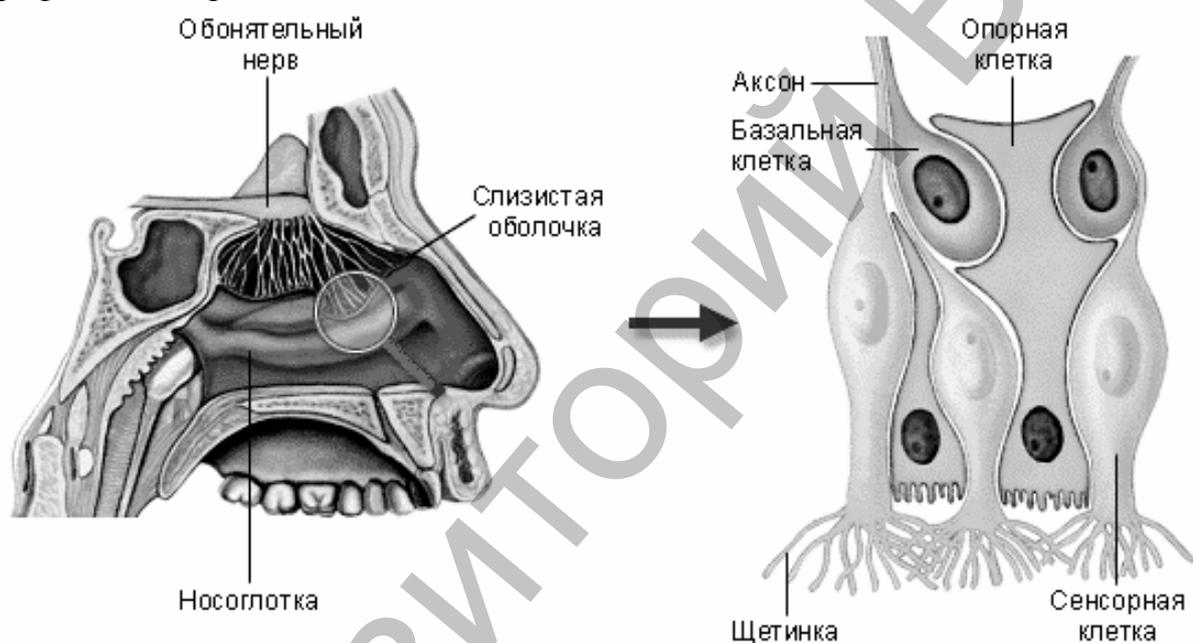
*Рецепторная клетка*, являясь первично-чувствующей, имеет дендрит с ресничками, погруженными в слой слизи. Движение ресничек обеспечивают захват молекул пахучих веществ и контакт с ними. Генерирование рецепторного потенциала возникает после взаимодействия молекулы пахучего вещества со специализированными белками, встроенными в мембрану рецептора (по принципу ключ к замку).

**Б. Проводниковый отдел.** Аксоны рецепторных клеток объединяются в пучок и направляются к обонятельной луковице, где находятся вто-

рые нейроны. От клеток обонятельной луковицы пучки обонятельного тракта направляются в различные структуры мозга: миндалину, гипоталамус, ретикулярную формацию, в обонятельную луковицу противоположной стороны, орбитофронтальную кору, препериформную кору и периформную долю.

**В. Центральный отдел** располагается в передней части грушевидной доли в области гиппокампа.

Восприятие веществ с резким запахом вызывает *защитные рефлексы* (чихание) или остановку дыхания. Молекулы таких веществ воздействуют на свободные окончания волокон тройничного нерва (V пара черепно-мозговых нервов), расположенные в слизистой носа. Замыкаются такие рефлексы в продолговатом мозге.



**Рис. 10. Периферический отдел обонятельного анализатора.**

## 2. Классификация запахов (Ж. Эймур, 1962)

Ольфактивные вещества, раздражающие обонятельные рецепторы (запах гвоздики, лаванды, аниса, бензола и др.).

Ольфактивные вещества, раздражающие обонятельные рецепторы и окончания тройничного нерва (запах камфары, эфира, хлороформа и др.).

*Первичные (основные) запахи:* камфароподобный, цветочный, мускусный, мятный, эфирный, гнилостный, острый.

### 3. Характеристики обоняния

**А. Адаптация к действию пахучего вещества** зависит от продолжительности его действия, его концентрации и скорости потока воздуха через носовую полость.

**Б. Острота обоняния** определяется минимальным количеством пахучего вещества, которое ощущается как определённый запах – порогом обонятельной чувствительности. На остроту обоняния влияют влажность и температура воздуха, состояние слизистой носа, возраст.

#### **В. Аномалии обоняния.**

*Гипоосмия* – понижение остроты обоняния.

*Гиперосмия* – повышение остроты обоняния.

*Аносмия* – потеря обонятельной чувствительности.

*Паросмия* – неправильное восприятие запахов.

*Агнозия* – обонятельные галлюцинации при отсутствии пахучих веществ.

## ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР

### 1. Структура вкусового анализатора

**А. Периферический отдел** представлен вкусовыми (рецепторными) клетками, которые располагаются во вкусовых луковицах, локализованных во вкусовых сосочках языка и в виде отдельных включений на задней стенке глотки, мягком нёбе, миндалинах, гортани, надгортаннике.

Генерация рецепторного потенциала вызывается взаимодействием молекулы вещества с рецепторным белком клеточной мембраны.

#### **Б. Проводниковый отдел.**

Возникший ПД передаётся по волокнам барабанной струны (ветвь лицевого нерва, VII пара), языкоглоточного (IX пара) и языкоглоточно-верхнегортанного (X пара) черепно-мозговых нервов в продолговатый мозг, в ядро солитарного нерва. Затем в составе медиальной петли нервные импульсы достигают вентральных ядер таламуса, а из них направляются в центральный отдел.

**В. Центральный отдел** представляют латеральная часть постцентральной извилины и гиппокамп.

### 2. Вкусовые рецепторы

Расположенные на разных участках языка, воспринимают четыре «первичных» вкусовых ощущения: кончик языка воспринимает главным

образом сладкий вкус, корень – горький, средняя часть – кислый, боковые части – солёный и кислый.

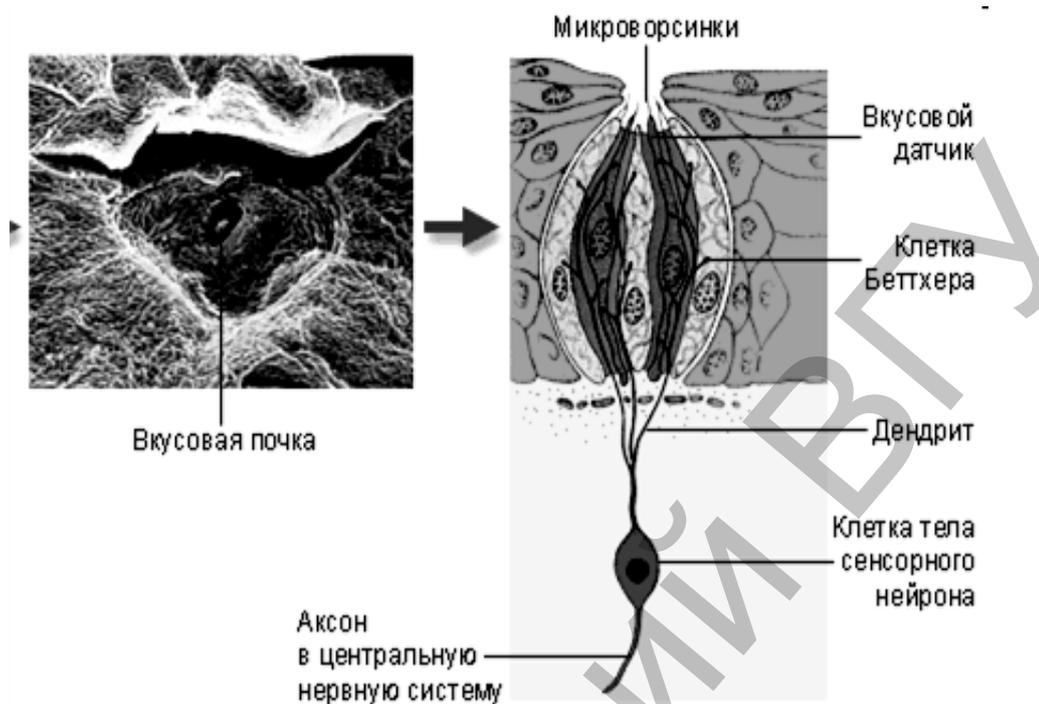


Рис. 11. Периферический отдел вкусового анализатора.

### 3. Характеристики вкусового восприятия

**А. Адаптация** к сладкому и солёному вкусу развивается быстрее, чем к горькому и кислому.

**Б. Аномалии восприятия вкуса.**

Полная потеря вкусового восприятия – *агевзия*.

Понижение вкусового восприятия – *гипогевзия*.

Повышение вкусового восприятия – *гипергевзия*.

Извращение вкуса – *парагевзия*.

## СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР

### 1. Структура слухового анализатора

Слуховой анализатор воспринимает *звуковые сигналы*, представляющие собой колебания воздуха с разной частотой и силой, трансформирует механическую энергию этих колебаний в нервное возбуждение, которое субъективно воспринимается как *звуковое ощущение*.

**А. Периферическая часть** слухового анализатора или орган слуха состоит из трех основных отделов: звукоулавливающий аппарат (наружное

ухо), звукопередающий аппарат (*среднее ухо*), звуковоспринимающий аппарат (*внутреннее ухо*).

**А.1 Наружное ухо** состоит из ушной раковины, наружного слухового прохода и барабанной перепонки. Наружное ухо выполняет защитную функцию, охраняя отдельные структуры уха от механических и температурных воздействий, обеспечивает постоянную температуру и влажность, необходимую для сохранения упругих свойств барабанной перепонки.

*Ушная раковина* улавливает звуковые колебания, концентрирует их и направляет в наружный слуховой проход.

*Наружный слуховой проход* проводит звуковые колебания к барабанной перепонке и играет роль резонатора, собственная частота колебаний которого составляет 3000 Гц. При действии на ухо звуковых колебаний, близких по своим значениям к 3000 Гц, давление на барабанную перепонку увеличивается.

*Барабанная перепонка* — малоподвижная и слаборастяжимая мембрана конической формы с вершиной, направленной в полость среднего уха, и площадью 66-69,5 мм<sup>2</sup>. Основная функция барабанной перепонки — передача звуковых колебаний в среднее ухо.

**А.2 Среднее ухо** содержит цепь соединенных между собой косточек: *молоточка, наковальни и стремечка*. Рукоятка молоточка прикреплена к барабанной перепонке, основание стремечка — к овальному окну. Благодаря передаточной функции слуховых косточек давление звука в области круглого окна улитки увеличивается в 20 раз.

В среднем ухе находятся две мышцы: мышца, натягивающая *барабанную перепонку* и прикрепленная к ручке молоточка, и *стапедиальная*, прикрепленная к стремечку. За счет сокращения этих мышц происходит уменьшение амплитуды колебаний барабанной перепонки и снижение коэффициента передачи уровня звукового давления на область внутреннего уха. Эти мышцы выполняют защитную функцию при действии звуковых колебаний больше 90 дБ и действующих длительное время. При резких внезапных звуках (удар в колокол) этот механизм не срабатывает.

Сокращения стапедиальной мышцы происходят при жевании, глотании, зевании, во время речи и пения, при этом низкочастотные звуки подавляются, а высокочастотные проходят к внутреннему уху. В полости среднего уха давление приближается к атмосферному, это необходимо для нормальных колебаний барабанной перепонки. Уравновешиванию давления (при глотании) способствует специальное образование — *евстахиева труба*, которая соединяет носоглотку с полостью среднего уха.

**А.3 Внутреннее ухо** соединено со средним с помощью овального окна, в котором неподвижно укреплено основание стремечка.

Внутреннее ухо состоит из костного и лежащего в нем перепончатого лабиринтов, в котором находятся **вестибулярный** (преддверие и полукружные каналы) и **слуховой аппараты** (улитка).

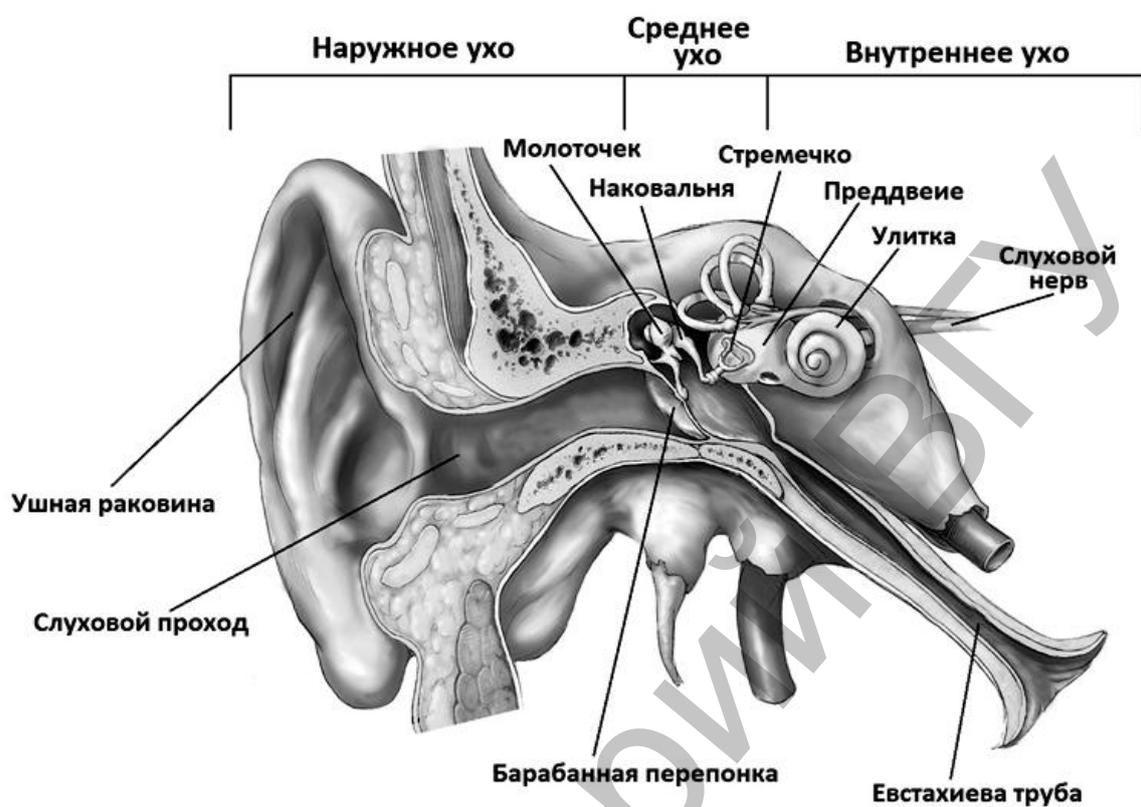


Рис. 12. Периферический отдел слухового анализатора.

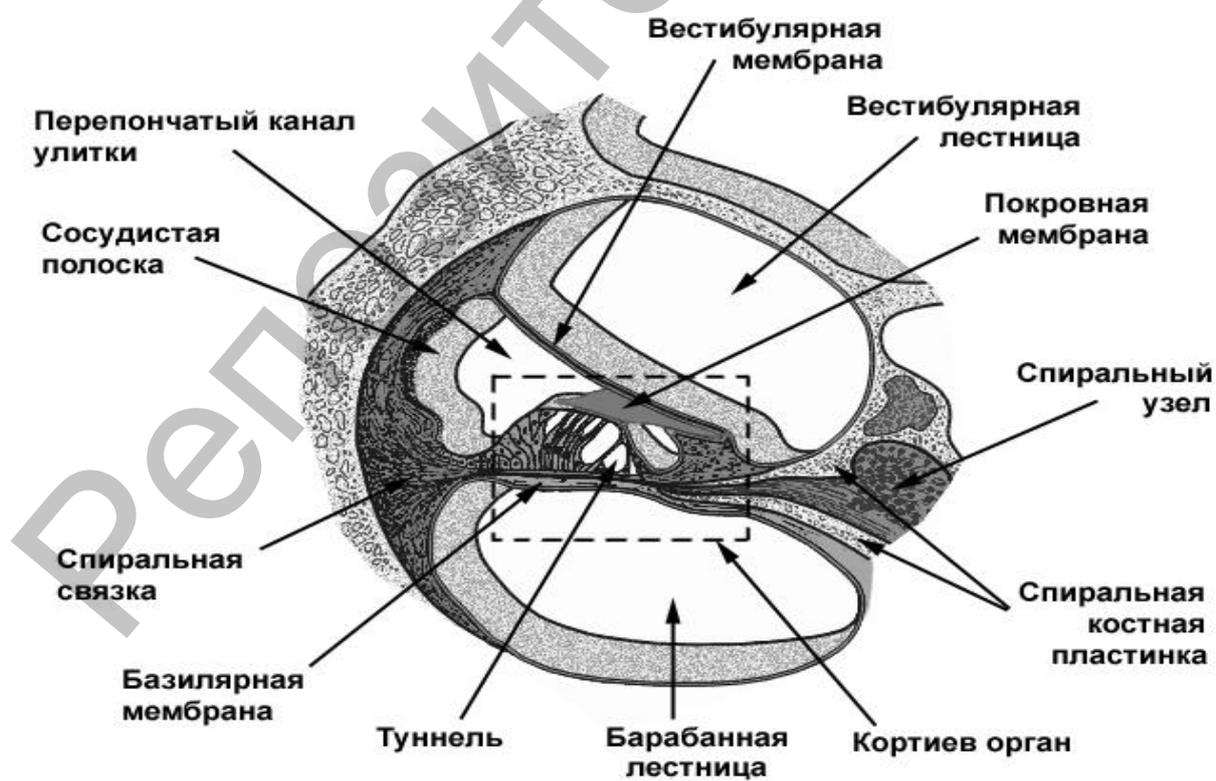


Рис. 13. Кортиев орган улитки внутреннего уха.

### **Б.Проводниковый отдел слухового анализатора.**

Нервный импульс возникает в волосковых клетках, передается биполярным нервным клеткам, расположенным в спиральном ганглии улитки (1 нейрон). Центральные отростки клеток спирального ганглия образуют слуховой, или кохлеарный, нерв (VIII пара черепно-мозговых нервов). Кохлеарный нерв проходит в продолговатый мозг и заканчивается на клетках кохлеарных ядер (второй нейрон). Нервные волокна от кохлеарных ядер в составе боковой петли доходят до верхней оливы (третий нейрон). Одна часть волокон латеральной петли достигает среднего мозга — ядер нижних бугров четверохолмия, другая — медиального коленчатого тела зрительных бугров, где происходит переключение и находится четвертый нейрон. Далее волокна в составе слуховой радиации заканчиваются в центральной части слухового анализатора – в коре верхней части височной доли большого мозга.

В спиральном ганглии происходит пространственно раздельное представление низких и высоких частот.

Нижние бугры четверохолмия отвечают за ориентировочный рефлекс (поворот головы в сторону источника звука).

### **В Центральный отдел слухового анализатора.**

Височная доля коры больших полушарий принимает участие в переработке звуковой информации в процессе дифференцировки звуков, и отвечает за бинауральный слух.

## **2. Улитка**

**А.Строение улитки.** Улитка имеет длину 3,5 мм, что составляет 2,5 завитка. Она разделена двумя мембранами: основной и *мембраной Рейснера* три хода или лестницы: *барабанную, среднюю и вестибулярную*. Вестибулярная и барабанная лестницы соединены между собой через *геликотрему*. Обе эти лестницы заполнены *перилимфой*, сходной по химическому составу со спинномозговой жидкостью и содержащей много ионов натрия.

Средняя лестница изолирована и заполнена *эндолимфой*, богатой ионами  $K^+$  и напоминающей по своему составу внутриклеточную жидкость. Это обуславливает положительный заряд эндолимфы по отношению к перилимфе.

Основание барабанной лестницы сообщается со средним ухом с помощью еще одного отверстия — *круглого окна*, закрытого тонкой мембраной.

**Б. Кортиев орган**— собственно звуковоспринимающий аппарат. Расположен на основной мембране средней лестницы и содержит рецепторы — внутренние и наружные волосковые клетки, несущие только стереоцилии. Внутренние волосковые клетки (у человека около 3500) рас-

полагаются в один ряд. Наружные волосковые клетки располагаются в три ряда, их приблизительно 12000. Слуховые рецепторы — вторичночувствующие.

Над кортиевым органом находится *текториальная (покровная) мембрана* — желеобразная масса, соединенная с кортиевым органом и с внутренней стенкой улитки. Стереоцилии наружных и, вероятно, внутренних волосковых клеток контактируют с текториальной мембраной. При движении основной мембраны покровная мембрана сгибает волоски рецепторных клеток, воздействуя в большей степени на наружные волосковые клетки, чем на внутренние. В результате деформации волосков возникает возбуждение волосковых клеток,

**В.** На наружной стороне средней лестницы располагается **сосудистая полоска** — область с высокой метаболической активностью и хорошим кровоснабжением. Она обеспечивает улитку энергией и регулирует состав эндолимфы.

Некоторые диуретики блокируют не только ионные насосы почечных канальцев, но и влияют на ионные насосы сосудистой полоски, оказывая ототоксическое побочное действие, и могут приводить к глухоте.

**Г. Основная мембрана** состоит из эластических волокон. Вблизи овального окна у основания улитки она составляет всего 0,04 мм, а по направлению к вершине она расширяется и у геликотремы равна 0,5 мм. Основная мембрана слабо натянута, что создает условия для колебательных движений в зависимости от воздействия на нее звуковых волн различной частоты. Волокна, расположенные у основания улитки, реагируют как струны-резонаторы на звуки высокой частоты, а у вершины — на низкие частоты.

### 3. Механизм передачи звуковых колебаний

Звуковые колебания, воздействуя на систему слуховых косточек среднего уха, приводят к колебательным движениям мембраны овального окна, которая, прогибаясь, вызывает волнообразные перемещения перилимфы в вестибулярной и через геликотрему — в барабанной лестницах. Колебания перилимфы доходят до круглого окна и приводят к смещению его мембраны по направлению к среднему уху. Движения перилимфы верхней и нижней лестниц (каналов) передаются на вестибулярную мембрану, а затем на полость среднего канала, приводя в движение эндолимфу и базилярную мембрану.

Если на ухо действуют низкочастотные звуки (до 1000 Гц), то, происходит смещение базилярной мембраны на всем её протяжении.

При действии высокочастотных колебаний происходит перемещение укороченного по длине колеблющегося столба жидкости ближе к овальному окну и наиболее жёсткому и упругому участку базилярной мембраны.

Вследствие смещений последней волоски рецептивных клеток контактируют с текториальной мембраной. При этом реснички волосковых клеток деформируются. В результате энергия звуковых колебаний трансформируется в электрический разряд (нервный импульс) волосковых клеток.

Помимо воздушной проводимости существует *костная проводимость звука* (костями черепа). Ощущение звука возникает, когда вибрирующий предмет (камертон) прикладывают к сосцевидному отростку височной кости и звуковые колебания распространяются непосредственно через череп.

Определение костной проводимости звука позволяет выявить патологию внутреннего уха.

#### **4. Механизм восприятия звуков различной частоты**

Существуют две теории восприятия звуков.

**А. Резонансная теория слуха** Г. Д. Гельмгольца (1885 г.).

Базиллярная мембрана состоит из отдельных волокон (струн резонатора), настроенных на звуки определенной частоты. Так, звуки высокой частоты принимаются короткими волокнами базилярной мембраны, расположенными ближе к основанию улитки, низкой частоты — длинными волокнами вершины улитки.

**Б. Теория места** — основана на различной способности волосковых клеток, расположенных в разных местах базилярной мембраны, воспринимать звуки разной частоты. Повреждение отдельных участков базилярной мембраны с волосковыми клетками приводит к повышению порога восприятия звуков определенной частоты.

#### **5. Слуховая адаптация**

Понижение слуховой чувствительности, развивающееся в процессе длительного действия звука большой интенсивности или после его прекращения — *слуховая адаптация*. Она обусловлена изменениями в периферических и центральных отделах слухового анализатора.

Ухо, адаптированное к тишине, обладает более низким порогом слуховой чувствительности. При длительном действии звуков большой интенсивности (громкая музыка, работа в шумных цехах) порог слуховой чувствительности повышается.

#### **6. Пространственный слух**

Способность человека и животного локализовать источник звука в пространстве называется *пространственным слухом*.

Пути осуществления слуховой ориентации: а) определение местоположения самого звучащего объекта (*первичная локализация*), б) с помощью отраженных от различных объектов звуковых волн (*эхолокация*).

Эхолокация помогает ориентироваться в пространстве некоторым животным (дельфинам, летучим мышам), а также людям, потерявшим зрение. Пространственное восприятие звука возможно при наличии бинаурального слуха, т.е. способности определить местонахождение источника звука одновременно правым и левым ухом.

## 7. Пределы слышимости, острота слуха

Человеческое ухо различает звуки по *высоте или частоте* звуковых колебаний от 20 до 16000 Гц, по *громкости* (силе звуковых колебаний, его амплитуде) и по *тембру* (окраске звука).

Частоты выше 16000 Гц называются *ультразвуковыми*, а ниже 20 Гц – *инфразвуковыми*. Для речи, хорошо воспринимаемой человеческим ухом, характерен диапазон от 200 до 3000 Гц — это *речевая зона*. С возрастом чувствительность к высоким частотам снижается (старческая тугоухость).

Частота звука определяет *абсолютный порог слышимости* или минимальную силу слышимого звука. В области 1000 – 4000 Гц слух человека максимально чувствителен. Звуки выше 16 000 – 20 000 Гц вызывают неприятные ощущения давления и боли в ухе. Это верхний предел слышимости.

Единицей громкости звука является *бел* — это десятичный логарифм отношения действующей интенсивности звука  $J_k$  его пороговой интенсивности  $J_0$ . В практике обычно используют в качестве единицы громкости *децибел (дБ)*, т.е. 0,1 бела. Максимальный порог громкости, вызывающий болевые ощущения, равен 130–140 дБ.

Определяется порог слышимости с помощью метода *аудиометрии*.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Вартамян И.А. Физиология сенсорных систем : Руководство. – СПб. : Лань, 1999. – 224 с. – Библиогр.: с. 217. – ISBN 5-8114-0158-2.
2. Общий курс физиологии человека и животных : учебник для биол. и мед. спец. вузов : в 2 кн. Кн. 1 : Физиология нервной, мышечной и сенсорной систем / под ред. А.Д. Ноздрачева. – Москва : Высшая школа, 1991. – 512 с. : ил. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 501–509. – ISBN 5-06-000650-6.
3. Общий курс физиологии человека и животных : учебник для биол. и мед. спец. вузов : в 2 кн. Кн. 2 : Физиология висцеральных систем / под ред. А.Д. Ноздрачева. – Москва : Высшая школа, 1991. – 528 с. : ил. – ISBN 5-06-000651-4.
4. Смирнов В.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М. : Академия, 2003. – 304 с. – (Высшее образование). – Библиогр.: с.300. – ISBN 5-7695-0786-1.
5. Физиология человека : учеб. для студентов мед. ин-тов / под ред. Г.И. Косицкого. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Альянс, 2015. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 536–542. – Предм. указ.: с. 543–551. – Авт. указаны на обороте тит. л. – ISBN 978-5-903034-72-7.
6. Физиология человека : в 3 т. Т. 1 / под ред. П.Г. Костюка / пер. с англ. Н.Н. Алипова [и др.] ; под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – 3-е изд. – Москва : Мир, 2005. – 323 с. : ил. – Библиогр. в конце глав. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Второй тит. л. англ. – ISBN 5-03-003575-3.
7. Физиология человека : в 3 т. Т. 2 / под ред. П.Г. Костюка / пер. с англ. Н.Н. Алипова [и др.] ; под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – Москва : Мир, 2005. – 642 с. : ил. – Библиогр. в конце глав. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Второй тит. л. англ. – ISBN 5-03-003576-1.
8. Физиология человека : в 3 т. Т. 3 / под ред. П.Г. Костюка / пер. с англ. Н.Н. Алипова [и др.] ; под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – Москва : Мир, 2005. – 876 с. : ил. – Библиогр. в конце глав. – Предм. указ.: с. 847–875. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Второй тит. л. англ. – ISBN 5-03-003577-х.
9. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных : Приспособление и среда : в 2 кн. Кн. 1 / пер. с англ. М.Д. Гроздовой, Г.И. Рожковой ; под ред. и с предисл. Е.М. Крепса. – Москва : Мир, 1982. – 414 с. : ил. – Библиогр. в конце гл.
10. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных : Приспособление и среда : в 2 кн. Кн. 2 / пер. с англ. М.Д. Гроздовой, Г.И. Рожковой ; под ред. Е.М. Крепса. – Москва : Мир, 1982. – [4], 422–800 с. : ил. – Указ. предм. и латин. назв.: с. 788–798.

Справочное издание

**ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

Справочные материалы

Составитель

**ЗАХАРОВА** Галина Анатольевна

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*Е.В. Крайло*

Подписано в печать 01.07.2019. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,10. Уч.-изд. л. 1,34. Тираж 35 экз. Заказ 67.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.

Репозиторий ВГУ