

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

Т.А. Мельник

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению самостоятельной работы студентов  
и практических занятий по дисциплине  
«Физиология человека»  
Часть I «Нервная система. Анализаторы»  
для студентов специальности  
280202 «Инженерная защита окружающей среды»

Екатеринбург  
2009

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ФХТЗБ, протокол №2 от 01.10.08 г.

Рецензент – профессор кафедры физико-химической технологии защиты биосферы д-р хим. наук Первова И.Г.

Редактор Р.В. Сайгина  
Оператор Г.И. Романова

---

Подписано в печать 06.06.09

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16

Печ. л. 2,09

Поз. 11

Тираж 50 экз.

Цена 7 руб. 00 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## Содержание

<b><i>Введение</i></b>	4
<b><i>Физиология нервной ткани</i></b>	
Процесс возбуждения. Потенциал покоя. Потенциал действия	5
Строение, морфофункциональная классификация и взаимодействия нейронов	7
Физиология нервов и нервных волокон	10
<b><i>Частная физиология центральной нервной системы</i></b>	
Спинной мозг	10
Продолговатый и задний мозг	12
Средний мозг	15
Промежуточный мозг	16
Базальные ганглии	17
Лимбическая система	18
Кора больших полушарий	19
<b><i>Вегетативная нервная система</i></b>	21
<b><i>Физиология сенсорных систем</i></b>	22
Зрительный анализатор	23
Слуховой анализатор	27
Вестибулярный анализатор	30
Тактильный анализатор	31
<b><i>Практические работы</i></b>	32
<b><i>Рекомендуемая литература</i></b>	35

## **Введение**

Человек – удивительно сложно и целесообразно организованный организм. Его клетки, ткани, органы и целые функциональные системы находятся в постоянном взаимодействии. Их сопряженная регуляция – это важная задача обеспечения адекватных окружающим условиям реакций человека.

Вряд ли могло быть время, когда человек не интересовался физиологическими знаниями. Внимание человека всегда привлекали дыхание, биевание сердца, состояние усталости, ощущение голода и жажды, остановка кровотечения и т.д. Интенсивно развивающаяся во второй половине XIX столетия на базе физико-химических знаний физиология позволила установить основные механизмы работы органов и организма в целом и способствовала в последнее время развитию таких областей знаний, как адаптология, биоритмология и экология человека.

На современном этапе отрицательные факторы антропогенного воздействия, урбанизация, сложные демографические процессы способствуют снижению резервов здоровья населения планеты, нарастанию степени психофизиологического напряжения, появлению новых форм экологических болезней. Понимание нормального течения физиологических процессов и характеризующих их констант позволит будущим специалистам правильно оценивать функциональное состояние организма человека и его работоспособность в различных условиях деятельности, а также даст возможность разрабатывать гигиенические нормы, необходимые в быту и на производстве для сохранения здоровья человека.

Основным регуляторным механизмом в организме человека является нервная система. Согласовывая работу клеток, тканей, органов и их систем, она, как и весь организм, функционирует как единое целое и осуществляет связь и взаимодействие с непрерывно меняющейся средой. Поток информации в нервную систему несут рецепторы анализаторов (зрительного, слухового и т.д.). Мозг получает сигналы от органов чувств, перерабатывает их и посылает определенный символ на исполнение.

В данном методическом указании в лаконичной форме отражены основные данные анатомии, необходимые для изучения физиологии нервной системы, психофизиологии и ряда сенсорных систем; представлены основные иллюстрации, демонстрирующие строение нервной системы человека; содержится ряд практических работ, при выполнении которых студенты становятся и исследователями, и испытуемыми.

### **Физиология нервной ткани**

Среди всех живых тканей организма особо выделяют возбудимые ткани (нервную, мышечную и железистую), реакция которых на раздраже-

ние связана с возникновением специальных форм активности. Основными функциональными характеристиками возбудимых тканей являются возбудимость и лабильность.

Возбудимость – свойство тканей отвечать на раздражение специфическим процессом возбуждения, который включает электрические, ионные, химические и тепловые изменения, а также специфические проявления. Для нервной и мышечной ткани характерна также способность передавать это активное состояние соседним участкам – т.е. проводимость.

Лабильность характеризует скоростные свойства ткани. Понятие лабильности или функциональной подвижности было выдвинуто Н.Е. Введенским в 1892 г. В качестве одной из мер лабильности Н.Е. Введенский предложил максимальное количество волн возбуждения (электрических потенциалов действия), которое может воспроизводиться тканью в 1 с в соответствии с ритмом раздражения. Лабильность может повышаться под влиянием раздражений, тренировки, особенно у спортсменов при развитии качества быстроты.

### ***Процесс возбуждения. Потенциал покоя. Потенциал действия***

Клеточная оболочка построена из белковых и липидных молекул и представляет собой трехслойную структуру, наружная поверхность которой покрыта тонкофибрилярным гликокаликсом, в состав которого входят углеводы. Молекулы липидов содержат два гидрофобных «хвоста», состоящих из жирных кислот. Хвост отталкивается водой, но притягивается к жирнокислотным хвостам других молекул. Благодаря этому хвосты обращены внутрь мембраны и формируют ее сердцевину. Каждая молекула липида содержит головку, которая обращена наружу, поскольку является полярной.

Между липидами клеточной мембраны свободно плавают глыбы белковых молекул. В части таких белков имеются особые поры или ионные каналы, через которые могут проходить ионы, участвующие в образовании мембранных потенциалов (рис. 1).

В возникновении и поддержании мембранного потенциала покоя основную роль играют два специальных белка. Один из них выполняет роль особого натрий-калиевого насоса, который за счет энергии АТФ активно перекачивает натрий из клетки наружу, а калий внутрь клетки. В результате концентрация ионов калия становится внутри клетки выше, чем в омывающей клетку жидкости, а ионов натрия – выше снаружи.

Второй белок служит каналом утечки калия, через который ионы калия в силу диффузии стремятся выйти из клетки, где они содержатся в избытке. Ионы калия, выходя из клетки, создают положительный заряд на наружной поверхности мембраны. В результате внутренняя поверхность

мембраны оказывается заряженной отрицательно по отношению к наружной. Таким образом, мембрана в состоянии покоя поляризована, т.е. имеет определенную разность потенциалов по обе стороны мембраны, называемая потенциалом покоя (ПП), который составляет от -80 до -90 мВ.

В основе возбуждения нервных и мышечных клеток лежит повышение проницаемости мембраны для ионов натрия – открывание натриевых каналов. Внешнее раздражение вызывает перемещение заряженных частиц внутри мембраны и уменьшение исходной разности потенциалов по обе стороны или деполяризацию мембраны.

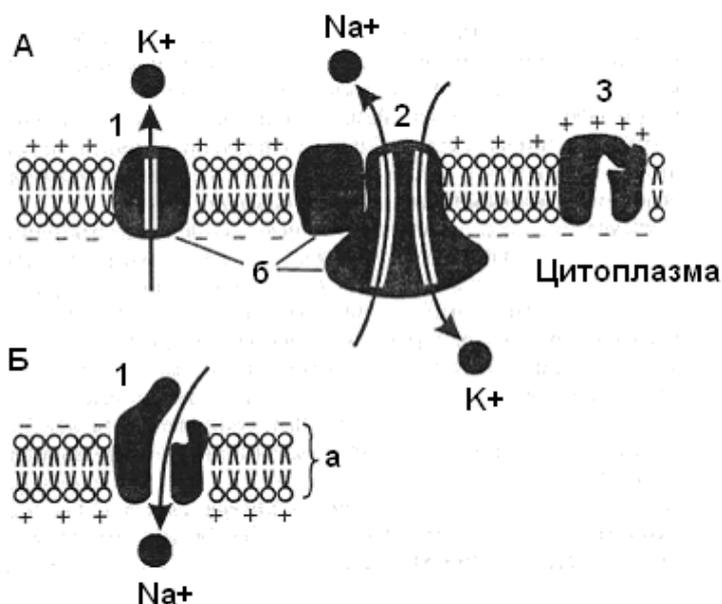


Рисунок 1 – Мембрана возбудимых клеток в покое (А) и при возбуждении (Б): а – двойной слой липидов, б – белки мембраны. На А: каналы «утечки калия» (1), «натрий-калиевый насос» (2) и закрытый в покое натриевый канал (3). На Б: открытый при возбуждении натриевый канал (1), вхождение ионов натрия в клетку и смена зарядов на наружной и внутренней стороне мембраны

Небольшие величины деполяризации приводят к открыванию части натриевых каналов и незначительному проникновению натрия внутрь клетки. Эти реакции являются подпороговыми и вызывают лишь местные (локальные) изменения.

При увеличении раздражения изменения мембранного потенциала достигают порога возбудимости или критического уровня деполяризации – около 20 мВ. В результате открывается значительная часть натриевых каналов. Происходит лавинообразное вхождение ионов натрия внутрь клетки, вызывающее резкое изменение мембранного потенциала, которое регистрируется в виде потенциала действия (ПД). Внутренняя сторона мембраны в месте возбуждения оказывается заряженной положительно, а внешняя – отрицательно (рис. 1Б).

Весь этот процесс чрезвычайно кратковременный. Он занимает всего около 1-2 мс, после чего ворота натриевых каналов закрываются. К этому моменту достигает большой величины медленно нарастающая при возбуждении проницаемость для ионов калия. Выходящие из клетки ионы калия вызывают быстрое снижение потенциала действия. Однако окончательное восстановление исходного заряда продолжается еще некоторое время.

В процессе восстановления после потенциала действия работа натрий-калиевого насоса обеспечивает «откачку» излишних ионов натрия наружу и «накачивание» потерянных ионов калия внутрь, т.е. возвращение к исходной асимметрии их концентрации по обе стороны мембраны. На работу этого механизма тратится около 70% всей необходимой клетке энергии.

### **Строение, морфофункциональная классификация и взаимодействия нейронов**

Основными структурами, образующими нервную ткань, являются нервные (нейроны или нейроны) клетки, глиальные (глиоциты) клетки, капилляры кровеносной системы.

Нейрон – это структурная и функциональная единица нервной системы. Он имеет центральную часть – тело и протоплазматические отростки (рис. 2). Размеры тела варьируют от 4 до 135 мкм. Разнообразна и его форма: она может быть круглой, овальной, яйцевидной, веретенообразной, уплощенной или пирамидальной.

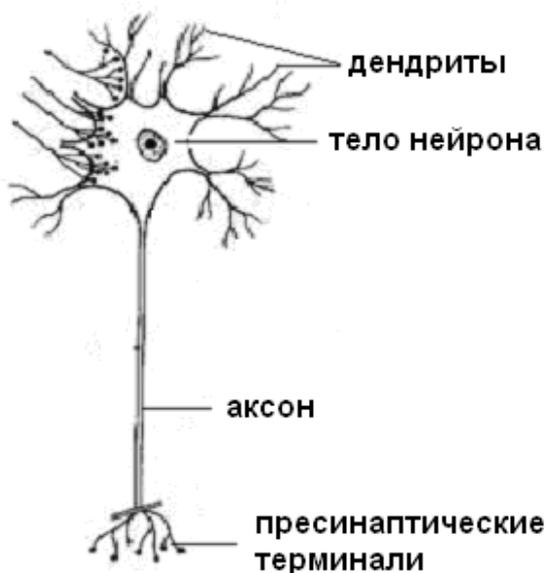


Рисунок 2 – Строение нейрона

Один (и только один) отросток нейрона называется аксоном. Он длиннее других отростков (от 1 мм до нескольких десятков сантиметров), древовидно не ветвится, но от него отходят под прямым углом боковые отростки – коллатерали. Начальная часть аксона и расширение в месте его выхода из тела клетки – аксонный холмик нейрона обладает особенно высокой возбудимостью. В конце аксон разветвляется на мелкие веточки – пресинаптические терминали. Диаметр аксона 1-20 мкм.

Другой тип отростков нервной клетки – дендриты. Их может быть несколько. Дендриты значительно короче аксона. Они дихотомически ветвятся, а ветви расходятся под острыми углами.

Основными функциями нейронов являются восприятие и переработка внешних раздражений и передача нервных влияний на другие нейроны или различные рабочие органы.

Нейроны подразделяются на три основных типа:

- афферентные – нейроны, передающие информацию от рецепторов в ЦНС;

- эфферентные – нейроны, связанные с передачей нисходящих влияний от вышележащих этажей нервной системы к нижележащим или из ЦНС к рабочим органам;

- промежуточные (интернейроны, или вставочные) – более мелкие клетки, осуществляющие связь между различными (в частности, афферентными и эфферентными) нейронами. Они передают нервные влияния в горизонтальном направлении (например, в пределах одного сегмента спинного мозга) и в вертикальном (например, из одного сегмента спинного мозга в другие – выше или ниже лежащие сегменты).

Нервных клеток в нервной системе человека более 100 млрд. Каждая нервная клетка связана своими отростками с тысячами других клеток. Число возможных вариантов связей близко к бесконечности, а общая длина отростков – больше 300 тыс. км.

Хотя именно нервные клетки являются функциональными единицами ЦНС, на их долю приходится лишь 10% общего числа клеток в нервной системе. Большинство же составляют глиальные клетки, заполняющие все пространство между нейронами.

Взаимодействие нейронов между собой и с эффекторными органами происходит через специальные образования – синапсы, которые образуются концевыми разветвлениями нейрона на теле или отростках другого нейрона. Чем больше синапсов на нервной клетке, тем больше она воспринимает различных раздражений и, следовательно, шире сфера влияний на ее деятельность и возможность участия в разнообразных реакциях организма.

В структуре синапса различают три элемента: пресинаптическую мембрану, образованную утолщением мембраны конечной веточки аксона; синаптическую щель между нейронами; постсинаптическую мембрану – утолщение прилегающей поверхности следующего нейрона (рис. 3).

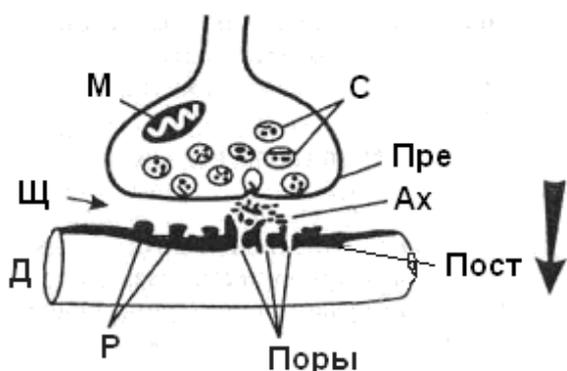


Рисунок 3 – Схема синапса:

Пре. – пресинаптическая мембрана;  
Пост. – постсинаптическая мембрана;  
С – синаптические пузырьки; Щ – синаптическая щель; М – митохондрий;  
Ах – ацетилхолин; Р – рецепторы и поры (Поры) дендрита (Д) следующего нейрона; стрелка – одностороннее проведение возбуждения

Существует две разновидности синапсов: электрические и химические. В большинстве случаев передача влияния одного нейрона на другой осуществляется химическим путем. В пресинаптической части контакта имеются синаптические пузырьки, которые содержат специальные вещества – медиаторы или посредники. Ими могут быть ацетилхолин (в некото-

рых клетках спинного мозга), норадреналин (в гипоталамусе), некоторые аминокислоты и др. Приходящие в окончания аксона нервные импульсы вызывают вход ионов кальция через потенциалзависимые каналы мембраны, запускается опорожнение синаптических пузырьков и выведение медиатора в синаптическую щель.

По характеру воздействия на последующую нервную клетку различают синапсы возбуждающие и тормозящие.

В возбуждающих синапсах медиаторы связываются со специфическими макромолекулами постсинаптической мембраны и вызывают ее деполяризацию. При этом регистрируется небольшое и кратковременное колебание мембранного потенциала в сторону деполяризации или возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП). Для возбуждения нейрона необходимо, чтобы ВПСП достиг порогового уровня. Для этого величина деполяризационного сдвига мембранного потенциала должна составлять не менее 10 мВ. Действие медиатора очень кратковременно (1-2 мс), после чего он расщепляется на неэффективные компоненты или поглощается обратно пресинаптическими окончаниями.

В тормозящих синапсах содержатся тормозные медиаторы. Их действие на постсинаптическую мембрану вызывает усиление выхода ионов калия из клетки и увеличение поляризации мембраны. При этом регистрируется кратковременное колебание мембранного потенциала в сторону гиперполяризации – тормозящий постсинаптический потенциал (ТПСП). В результате нервная клетка оказывается заторможенной. Возбудить ее труднее, чем в исходном состоянии. Для этого понадобится более сильное раздражение, чтобы достичь критического уровня деполяризации.

На мембране тела и дендритов нервной клетки находятся как возбуждающие, так и тормозящие синапсы. В отдельные моменты времени часть их может быть неактивной, а другая часть оказывает активное влияние на прилегающие к ним участки мембраны. Общее изменение мембранного потенциала нейрона является результатом сложного взаимодействия (интеграции) местных ВПСП и ТПСП всех многочисленных активированных синапсов. При одновременном влиянии как возбуждающих, так и тормозящих синапсов происходит алгебраическое суммирование (т.е. взаимное вычитание) их эффектов. При этом возбуждение нейрона возникнет лишь в том случае, если сумма возбуждающих постсинаптических потенциалов окажется больше суммы тормозящих. Это превышение должно составлять определенную пороговую величину порядка 10 мВ. Только в этом случае появляется потенциал действия клетки.

С появлением потенциала действия начинается процесс проведения нервного импульса по аксону и передача его на следующий нейрон или рабочий орган, т.е. осуществляется эффекторная функция нейрона.

## **Физиология нервов и нервных волокон**

Нервные волокна выполняют специализированную функцию – проведение нервных импульсов. По морфологическому признаку волокна делятся на миелиновые (покрытые миелиновой оболочкой – липоидным веществом) и безмиелиновые. Нерв состоит из большого числа нервных волокон, заключенных в общую оболочку.

Распространение возбуждения по нервным волокнам осуществляется на основе ионных механизмов генерации потенциала действия. Между зоной возбуждения, имеющей на поверхности волокна отрицательный заряд и на внутренней стороне мембраны – положительный, и соседним невозбужденным участком мембраны нервного волокна с обратным соотношением зарядов возникают электрические токи – так называемые местные токи. В результате развивается деполяризация соседнего участка, увеличение его ионной проницаемости и появление потенциала действия. В исходной же зоне возбуждения восстанавливается потенциал покоя. Затем возбуждением охватывается следующий участок мембраны и т.д.

По мере проведения возбуждение не затухает даже при большой длине нерва. Для волокон, не покрытых изолирующей миелиновой оболочкой, характерно непрерывное проведение возбуждения, которое охватывает последовательно каждый соседний участок нерва. Ионные токи в миелиновых волокнах могут проходить только в оголенных участках мембраны – перехватах Ранвье, лишенных этой оболочки. При проведении нервного импульса возбуждение перескакивает от одного перехвата к другому и может охватывать даже несколько перехватов. Такое проведение получило название сальтаторного (лат. saltus прыжок). При этом повышается не только скорость, но и экономичность проведения. Возбуждение захватывает не всю поверхность мембраны волокна, а лишь небольшую ее часть. Следовательно, меньше энергии тратится на активный транспорт ионов через мембрану при возбуждении и в процессе восстановления.

## **Частная физиология центральной нервной системы**

### **Спинной мозг**

Спинной мозг находится в полости позвоночника. Это наиболее примитивная и наиболее древняя часть центральной нервной системы (ЦНС). У взрослого человека длина спинного мозга достигает 45 см, а вес – 38 г и составляет 2% от веса всей ЦНС.

Спинной мозг представляет собой тяж (рис. 4), имеющий плечевое и поясничное утолщения. Внутри тяжа проходит центральный спинномозговой канал, заполненный спинномозговой (цереброспинальной) жидкостью. Снаружи он покрыт мягкой паутинной и твердой оболочками. Пространство между оболочками тоже заполнено спинномозговой жидкостью. По бо-

кам от спинного мозга отходят два ряда передних и задних корешков. Участок спинного мозга с двумя парами отходящих от него корешков (два передних и два задних) называется сегментом. Количество сегментов в разных отделах спинного мозга различно: в шейном – 8, в грудном – 12, в поясничном и крестцовом – по 5 и в нижнем, копчиковом – 1. Таким образом, в спинном мозге насчитывается 31 сегмент. Корешки сегмента выходят из позвоночного канала через межпозвоночные отверстия. До входа в отверстие задние и передние корешки идут раздельно. Около отверстия на заднем корешке имеется вздутие – спинномозговой ганглий, в котором находятся тела афферентных нервных клеток. Их аксоны и образуют задние («чувствительные») корешки спинного мозга. Передние двигательные корешки состоят из аксонов крупных клеток спинного мозга – мотонейронов. После выхода из межпозвоночных отверстий передние и задние корешки объединяются в смешанные нервы периферической нервной системы.

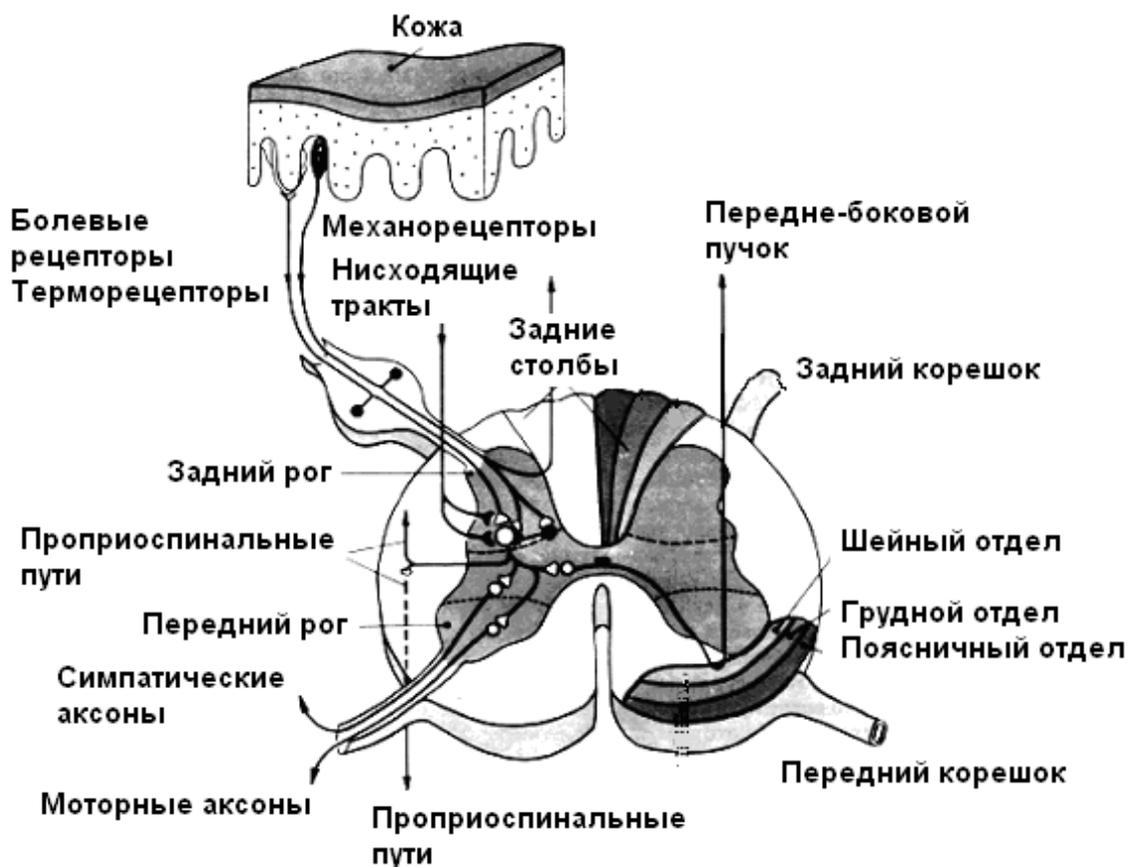


Рисунок 4 – Поперечное сечение спинного мозга и связи кожных афферентов в спинном мозгу

На поперечных срезах спинного мозга видно, что его периферию занимает белое вещество, а центральную часть – серое вещество. Серое вещество формирует серые столбы. На поперечных срезах столбы серого вещества выглядят как выступы и называются рогами (передние, задние, боковые).

В спинном мозге человека насчитывается 13,5 млн нервных клеток различных по форме, размерам и длине отростков. Из них основную массу (97%) представляют промежуточные клетки (вставочные или интернейроны), которые обеспечивают сложные процессы координации внутри спинного мозга. Среди мотонейронов спинного мозга (3%) выделяют крупные альфа-мотонейроны и мелкие – гамма-мотонейроны. От альфа-мотонейронов отходят наиболее толстые и быстропроводящие волокна двигательных нервов, вызывающие сокращения скелетных мышечных волокон. Тонкие волокна гамма-мотонейронов не вызывают сокращения мышц, а регулируют их чувствительность.

Мотонейроны спинного мозга иннервируют все скелетные мышцы (за исключением мышц лица). Спинной мозг осуществляет элементарные двигательные рефлексy – сгибательные и разгибательные, ритмические, шагательные, возникающие при раздражении кожи или проприорецепторов мышц и сухожилий, а также посылает постоянную импульсацию к мышцам, поддерживая мышечный тонус. Специальные мотонейроны иннервируют дыхательную мускулатуру – межреберные мышцы и диафрагму, и обеспечивают дыхательные движения. Вегетативные нейроны иннервируют все внутренние органы (сердце, сосуды, потовые железы, железы внутренней секреции, пищеварительный тракт, мочеполовую систему).

Проводниковая функция спинного мозга связана с передачей в вышележащие отделы нервной системы получаемого с периферии потока информации и с проведением импульсов, идущих из головного мозга в спинной.

### ***Продолговатый и задний мозг***

Продолговатый мозг представляет собой отдел головного мозга, который является непосредственным продолжением спинного мозга. Серое вещество спинного мозга переходит в серое вещество продолговатого мозга и сохраняет черты сегментарного строения. Однако основная часть серого вещества распределена по всему объему в виде обособленных ядер, разделенных белым веществом.

В продолговатом мозгу симметрично заложены ядра четырех последних пар черепно-мозговых нервов, осуществляющих афферентную и эфферентную иннервацию головы и внутренних органов.

В самой нижней части ромбовидной ямки располагается ядро подъязычного нерва (XII пара), иннервирующего мышцы языка.

Ядро добавочного нерва (XI пара) является продолжением заднебокового отдела переднего рога спинного мозга и связано с иннервацией мускулатуры шеи.

Довольно поверхностно лежит группа ядер блуждающего нерва (X пара), который является смешанным и одновременно участвует в вегетативной, двигательной и чувствительной иннервации. Соответственно

функции блуждающему нерву принадлежат три ядра. Вегетативное ядро дает волокна, идущие к гортани, пищеводу, сердцу, желудку, тонкой кишке, пищеварительным железам. Нейроны двигательного ядра рефлекторно регулируют последовательность сокращения мышц глотки и гортани при дыхании. По своему ходу блуждающий нерв делится на четыре отдела: 1) головной; 2) шейный; 3) грудной; 4) брюшной.

Языко-глоточный нерв (IX пара), так же как и блуждающий, содержит двигательные, чувствительные и вегетативные волокна. Двигательные волокна участвуют в иннервации мышц ротовой полости и глотки. Отростки нейронов, формирующих вегетативное ядро языкоглоточного нерва, связаны с иннервацией секреторного аппарата слюнных желез. Чувствительные волокна от вкусовых почек задней трети языка, слизистой оболочки глотки входят вместе с волокнами блуждающего нерва в одиночный пучок.

Центральная часть продолговатого мозга занята сетевидной, или ретикулярной, формацией, которая представляет собой скопление нервных клеток, распределяющихся диффузно, и группирующихся в ядрах. В ретикулярной формации продолговатого мозга сосредоточены дыхательный и сосудодвигательный нервные центры. Ретикулярная формация же ствола мозга является структурой, расположенной на пути всех входных и выходных систем мозга, имеет связи с ядрами черепно-мозговых нервов, с мозжечком, промежуточным мозгом и через последний – с корой больших полушарий.

Вверху продолговатый мозг переходит в задний мозг (рис. 5). К заднему мозгу относят варолиев мост и мозжечок. Мост мозга выглядит как толстый и широкий валик из нервных волокон. Суживаясь, валик переходит в средние ножки мозжечка. Серое вещество моста располагается главным образом в задней его части – крышке моста – в виде ядер V-VIII пар черепных нервов.

На границе продолговатого мозга и моста располагаются ядра слухового, или вестибулокохлеарного нерва (VIII пара).

В центральной части моста расположено ядро лицевого нерва (VII пара). Этот нерв является смешанным. Аfferентные чувствительные волокна лицевого нерва передают информацию от вкусовых рецепторов передней части языка. Вегетативные волокна участвуют в иннервации подчелюстных и подъязычных слюнных желез. Эfferентные волокна лицевого нерва имеют концевые разветвления в мимической мускулатуре лица.

Ядро отводящего нерва (VI пара) заложено поверхностно в задней половине моста. Моторные волокна этого нерва иннервируют мышцы, двигающие глазное яблоко, чувствительные волокна связаны с проприоцепторами этих мышц.

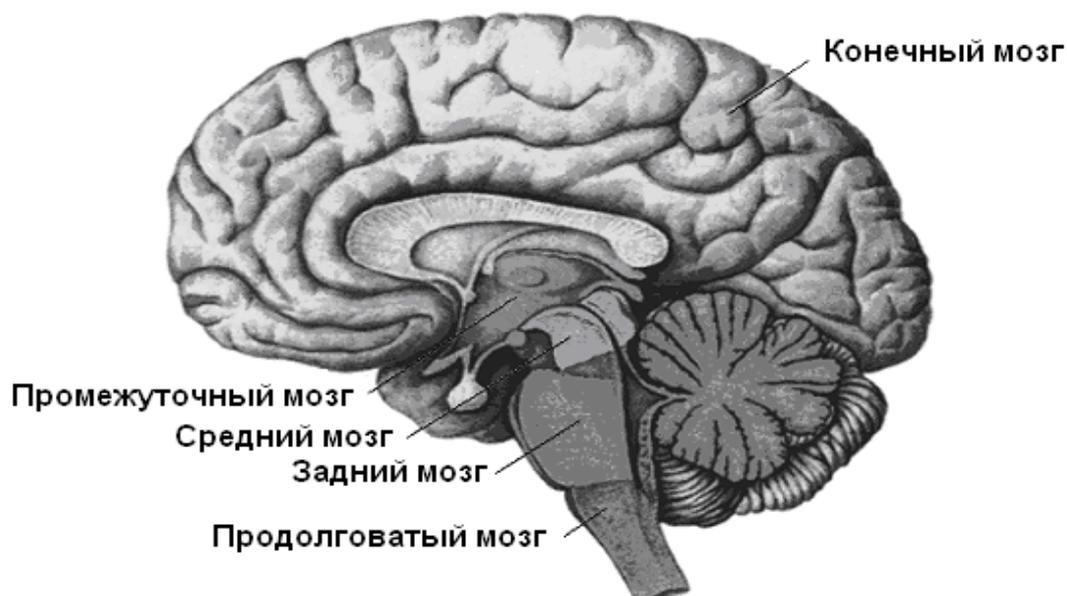


Рисунок 5 – Основные отделы головного мозга

В покрывке моста залегает тройничный нерв (V пара) (глазничный, верхнечелюстной, нижнечелюстной). Этот нерв смешанный и обладает двигательными и чувствительными ядрами. Нейроны двигательного ядра участвуют в иннервации жевательных мышц, мышцы нёбной занавески и мышцы, напрягающей барабанную перепонку. Длинное, простирающееся через весь мост чувствительное ядро тройничного нерва содержит клетки, к которым подходят афферентные аксоны от рецепторов кожи лица, слизистой оболочки носа, зубов, надкостницы костей черепа.

Сзади от моста и продолговатого мозга расположен мозжечок, который почти полностью их покрывает. Мозжечок состоит из непарного образования – червя и парных полушарий.

Основными нейронами коры мозжечка являются многочисленные клетки Пуркинью. Благодаря обширным связям (на каждой клетке оканчивается до 200 000 синапсов) в них происходит интеграция самых различных сенсорных влияний, в первую очередь проприоцептивных, тактильных и вестибулярных.

По анатомическим особенностям (связям коры мозжечка с его ядрами) и функциональному значению мозжечок подразделяют на три продольные зоны:

- внутреннюю или медиальную – кору червя, функцией которой является регуляция тонуса скелетных мышц, поддержание позы и равновесия тела;
- промежуточную – среднюю часть коры полушарий мозжечка, функция которой состоит в согласовании позных реакций с движениями и коррекции ошибок;

- боковую или латеральную кору полушарий мозжечка, которая совместно с промежуточным мозгом и корой больших полушарий участвует в программировании быстрых баллистических движений (бросков, ударов, прыжков и пр.).

Таким образом, продолговатый и задний мозг являются жизненно важными отделами нервной системы, где замыкаются дуги целого ряда соматических и вегетативных рефлексов.

### **Средний мозг**

Как видно на поперечном срезе (рис. 6), поверхность среднего мозга занята пластинкой четверохолмия, состоящей из двух пар бугров: верхних и нижних.

Верхнее двуххолмие играет роль зрительного подкоркового центра. Нижнее двуххолмие выполняет функцию подкоркового слухового центра.

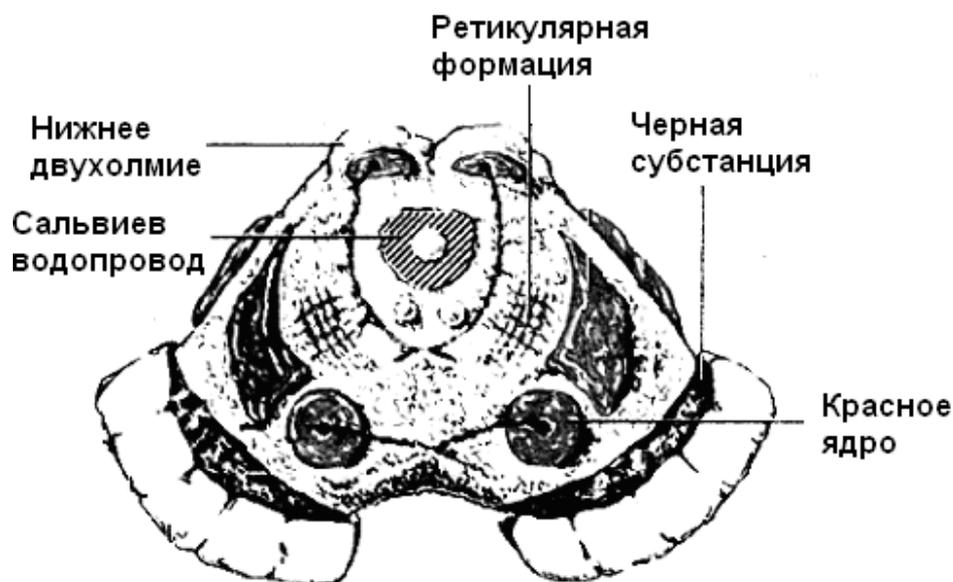


Рисунок 6 – Средний мозг (поперечный разрез)

В четверохолмии осуществляются замыкание ориентировочных, зрительных и слуховых рефлексов (поворот головы к источнику раздражения, рефлекторная установка на звук внешнего уха), оборонительных рефлексов. Все эти автоматические реакции относятся к категории генетически запрограммированных реакций организма, важных для сохранения вида.

Черная субстанция среднего мозга имеет отношение к системе регуляции двигательной активности. В 60-е гг. прошлого столетия было установлено, что нейроны черной субстанции имеют дофаминэргическую природу, т.е. способны синтезировать медиатор катехоламинового ряда – дофамин. Поражение черного вещества приводит к нарушению пластического тонуса мышц.

Парное красное ядро представляет собой удлиненное образование, которое расположено между черной субстанцией и окружающим сильвиев водопровод центральным серым веществом. Красные ядра являются важным промежуточным центром проводящих путей стволовой части мозга. В них заканчиваются волокна, идущие от базальных ганглиев, а также из мозжечка. Часть аксонов клеток, локализованных в красном ядре, заканчивается на нейронах ретикулярной формации среднего мозга, играющей важную роль в регуляции работы глазодвигательного аппарата.

В рефлекторной регуляции глазных движений принимают также участие ядра глазодвигательного (III пара) и блокового (IV пара) черепно-мозговых нервов. Спереди от ядра глазодвигательного нерва лежит ядро Даркшевича, от которого начинается медиальный продольный пучок среднего мозга, связывающий между собой ядра глазодвигательного, блокового и находящегося в заднем мозгу отводящего нервов, образуя из них единую функциональную систему, регулирующую сочетанные движения глаз.

Под ядром глазодвигательного нерва лежит непарное вегетативное ядро Якубовича-Эдингера, нейроны которого участвуют в иннервации мышцы радужной оболочки, регулирующей диаметр зрачка, и мышцы ресничного тела, изменяющей кривизну хрусталика.

Средний мозг является не только местом замыкания многих жизненно важных рефлексов, но и выполняет существенную проводниковую функцию: через него проходят все восходящие пути к вышележащим таламусу, большому мозгу и мозжечку, а нисходящие пути идут через средний мозг к продолговатому и спинному мозгу.

### ***Промежуточный мозг***

Функционально промежуточный мозг подразделяется на таламус и гипоталамус.

Через таламус проходят все афферентные пути (за исключением обонятельных), которые направляются в соответствующие воспринимающие области коры (слуховые, зрительные и пр.). Ядра таламуса по характеру входящих и выходящих из них путей делятся на специфические, неспецифические и ассоциативные.

Основной функциональной единицей специфических таламических ядер являются «релейные» нейроны, у которых мало дендритов и длинный аксон. Их функция заключается в переключении информации, идущей в кору большого мозга от кожных, мышечных и других рецепторов.

Основными клеточными структурами ассоциативных ядер являются нейроны, способные выполнять полисенсорные функции. На полисенсорных нейронах происходит конвергенция возбуждений разных модальностей, формируется интегрированный сигнал, который затем передается в ассоциативную кору мозга.

Нейроны неспецифических ядер образуют свои связи по ретикулярному типу. Их аксоны поднимаются в кору большого мозга и контактируют со всеми ее слоями, образуя не локальные, а диффузные связи. К неспецифическим ядрам поступают связи из ретикулярной формации ствола мозга, гипоталамуса, лимбической системы, базальных ганглиев, специфических ядер таламуса. Эти ядра оказывают как активирующие, так и тормозящие влияния на небольшие области коры.

Благодаря обширным связям таламус играет важнейшую роль в жизнедеятельности организма. Импульсы, идущие от таламуса в кору, изменяют состояние корковых нейронов и регулируют ритм корковой активности. С непосредственным участием таламуса происходит образование условных рефлексов и выработка двигательных навыков, формирование эмоций человека, его мимики. Таламусу принадлежит большая роль в возникновении ощущений, в частности ощущения боли. С его деятельностью связывают регуляцию биоритмов в жизни человека (суточных, сезонных и др.).

Гипоталамус является высшим подкорковым центром регуляции вегетативных функций, состояний бодрствования и сна. Здесь расположены вегетативные центры, регулирующие обмен веществ в организме, обеспечивающие поддержание постоянства температуры тела (у теплокровных) и нормального уровня кровяного давления, поддерживающие водный баланс, регулирующие чувство голода и насыщения. Раздражение задних ядер гипоталамуса вызывает усиление симпатических влияний, а передних – парасимпатические эффекты.

Благодаря связи гипоталамуса с гипофизом (гипоталамо-гипофизарная система) осуществляется контроль деятельности желез внутренней секреции. Вегетативные и гормональные реакции, регулируемые гипоталамусом, являются компонентами эмоциональных и двигательных реакций человека.

### ***Базальные ганглии***

Базальные ганглии представляют собой структуры ядерного типа, которые располагаются в толще белого вещества переднего мозга. У млекопитающих к базальным ганглиям относятся сильно вытянутое в длину и изогнутое хвостатое ядро и заложенное в толще белого вещества чечевицеобразное ядро. Двумя белыми пластинками оно подразделяется на три части: наиболее крупную скорлупу и бледный шар, состоящий из внутреннего и внешнего отделов (рис. 7).

Хвостатое ядро и скорлупа связаны анатомически и характеризуются чередованием белого и серого вещества, что оправдывает возникновение термина полосатое тело. Полосатое тело является своеобразным коллектором афферентных входов, идущих к базальным ганглиям. Главными ис-

точниками этих входов служат новая кора, неспецифические ядра таламуса и дофаминэргические пути от черной субстанции.

В противоположность полосатому телу бледный шар состоит из крупных нейронов и является сосредоточением выходных, эфферентных путей.

Базальные ганглии играют важную роль в регуляции движений и сенсорной координации. Получая информацию от ассоциативных зон коры, базальные ганглии участвуют в создании программы целенаправленных движений с учетом доминирующей мотивации. Далее соответствующая информация от базальных ганглиев поступает в передний таламус, где она интегрируется с информацией, приходящей от мозжечка. Из таламических ядер импульсация достигает двигательной коры, которая отвечает за реализацию программы целенаправленного движения через нижележащие стволовые и спинальные двигательные центры.

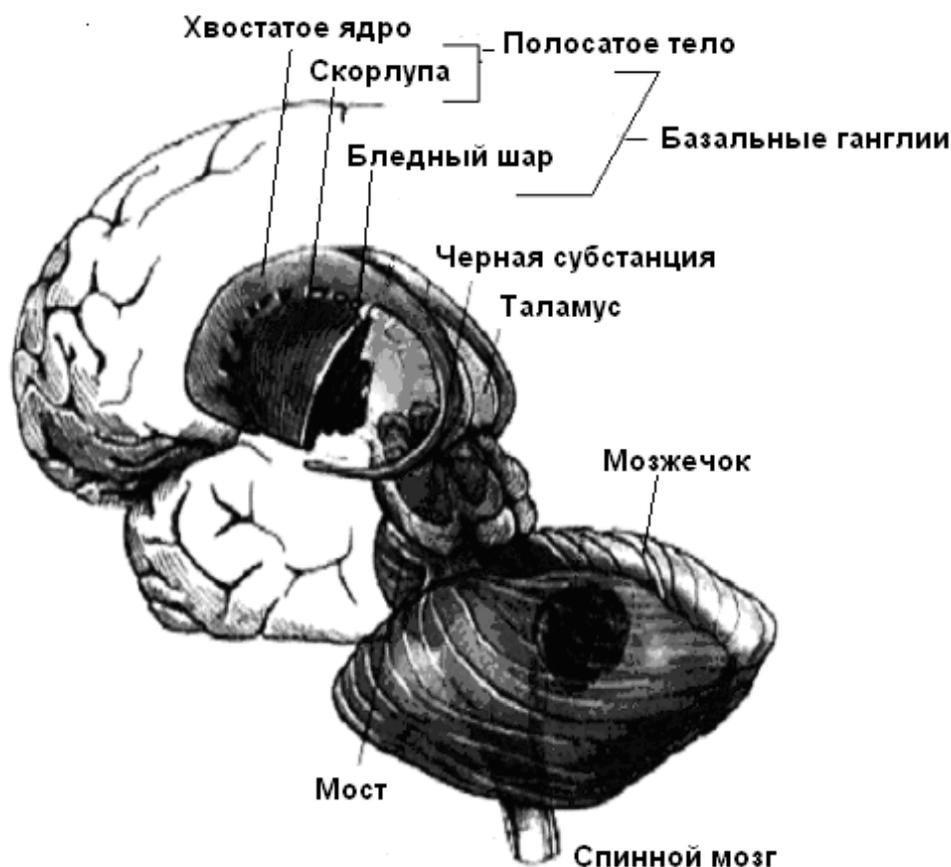


Рисунок 7 – Базальные ганглии

### ***Лимбическая система***

Под лимбической системой понимают ряд корковых и подкорковых структур, функции которых связаны с организацией мотивационно-эмоциональных реакций, процессами памяти и обучения.

Корковые отделы лимбической системы, представляющие ее высший отдел, находятся на нижних и внутренних поверхностях больших полушарий: гиппокамп, парагиппокампова извилина, поясная извилина. К подкорковым структурам лимбической системы относят гипоталамус, некоторые ядра таламуса, среднего мозга и ретикулярной формации. Между всеми этими отделами имеются тесные прямые и обратные связи, образующие так называемое «лимбическое кольцо» (рис. 8).

Лимбическая система участвует в самых разнообразных проявлениях деятельности организма – в регуляции пищевого и питьевого поведения, цикла сон-бодрствование, в процессах формирования памятного следа (отложения и извлечения из памяти), в развитии агрессивно-оборонительных реакций, обеспечивая избирательный характер поведения. Она формирует положительные и отрицательные эмоции со всеми двигательными, вегетативными и гормональными их компонентами.



Рисунок 8 – Важнейшие части мозга, образующие лимбическую систему

### ***Кора больших полушарий***

Полушария конечного мозга состоят из белого вещества, покрытого снаружи серым, или корой, толщина которой в различных отделах больших полушарий колеблется от 1,3 до 4,5 мм. Кора представляет собой наи-

более молодой и вместе с тем сложный отдел мозга, предназначенный для обработки сенсорной информации, формирования двигательных команд и интеграции сложных форм поведения.

Площадь коры у человека составляет 2200 см<sup>2</sup>. На этом пространстве сконцентрировано 109-1010 нейронов (пирамидные – афферентные и звездчатые – эфферентные) и еще большее количество глиальных клеток, выполняющих ионорегулирующую и трофическую функции.

По особенностям строения и функциональному значению отдельных корковых участков вся кора подразделяется на три основные группы полей: первичные, вторичные, третичные (рис. 9).

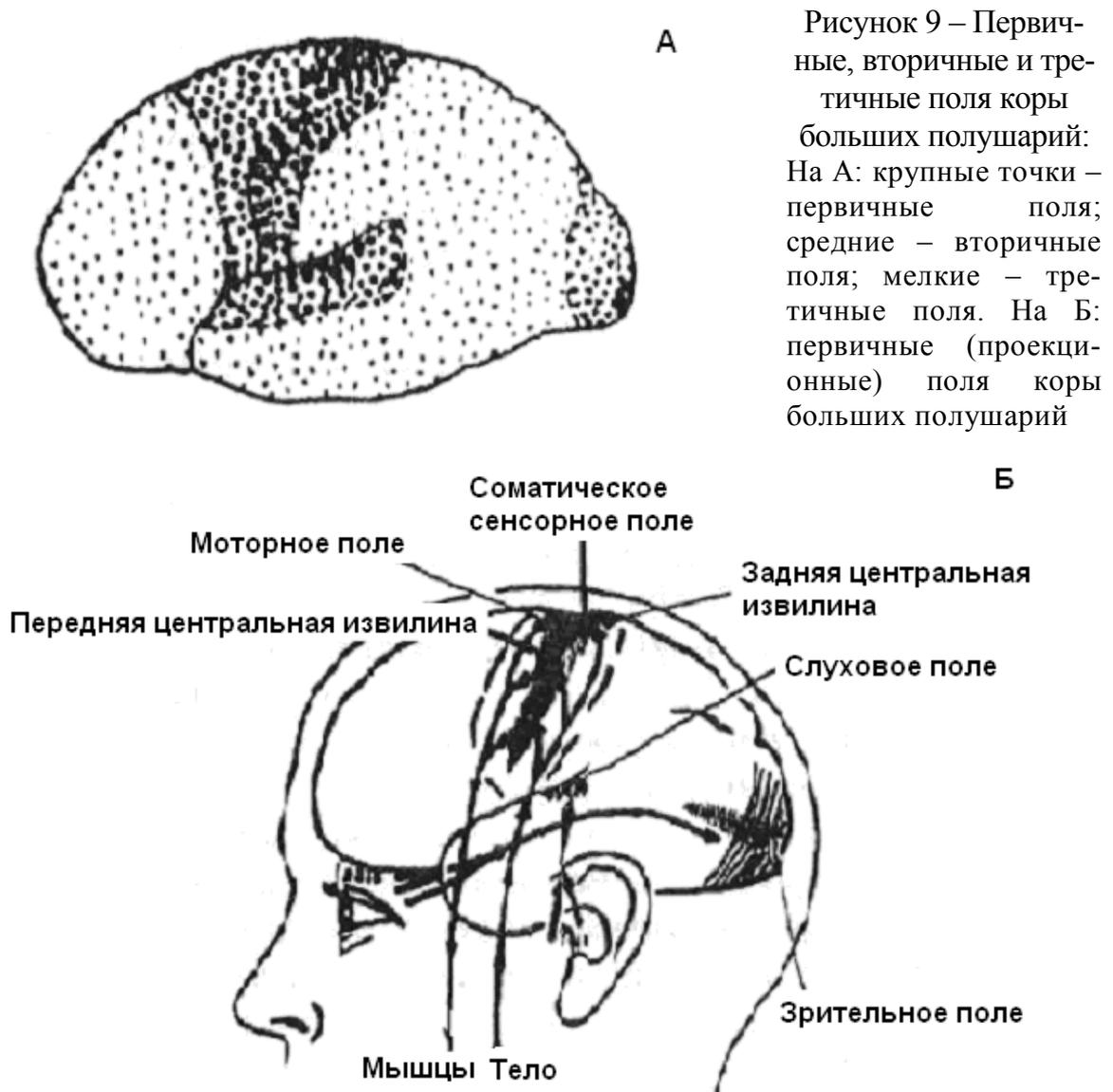


Рисунок 9 – Первичные, вторичные и третичные поля коры больших полушарий: На А: крупные точки – первичные поля; средние – вторичные поля; мелкие – третичные поля. На Б: первичные (проекционные) поля коры больших полушарий

Первичные поля связаны с органами чувств и органами движения на периферии. Они обеспечивают возникновение ощущений.

Во вторичных полях происходит осмысливание и узнавание звуковых, световых и других сигналов, возникают сложные формы обобщенного восприятия.

Третичные поля развиты практически только у человека. Третичные поля находятся в задней половине коры – между теменными, затылочными и височными областями, и в передней половине – в передних частях лобных областей. Это ассоциативные области коры, обеспечивающие высшие формы анализа и синтеза и формирующие целенаправленную поведенческую деятельность человека.

Функцией задних третичных полей (главным образом, нижнетеменных областей коры) является прием, переработка и хранение информации. Они формируют представление о схеме тела и схеме пространства, обеспечивая пространственную ориентацию движений. Передние третичные поля (переднелобные области) выполняют общую регуляцию сложных форм поведения человека, формируя намерения и планы, программы произвольных движений и контроль за их выполнением. Развитие третичных полей у человека связывают с функцией речи.

## **Вегетативная нервная система**

Вегетативной нервной системой называют совокупность эфферентных нервных клеток спинного и головного мозга, а также клеток особых узлов (ганглиев), иннервирующих внутренние органы. Характерной особенностью эфферентных путей, входящих в рефлекторные дуги вегетативных рефлексов, является их двухнейронное строение (один нейрон находится в ЦНС, другой – в ганглиях или в иннервируемом органе).

Вегетативная нервная система подразделяется на два отдела: симпатический и парасимпатический (рис. 10).

Эфферентные пути симпатической нервной системы начинаются в грудном и поясничном отделах спинного мозга от нейронов его боковых рогов. Передача возбуждения с преузловых симпатических волокон на послеузловые происходит с участием медиатора ацетилхолина, а с послеузловых волокон на иннервируемые органы – с участием медиатора норадреналина. Исключением являются волокна, иннервирующие потовые железы и расширяющие сосуды скелетных мышц, где возбуждение передается с помощью ацетилхолина.

При возбуждении симпатических нервов усиливается работа сердца, расслабляется мускулатура бронхов и увеличивается их просвет, снижается моторная и секреторная деятельность желудочно-кишечного тракта, повышается кровяное давление и метаболизм тканей, расширяется зрачок.

Эфферентные пути парасимпатической нервной системы начинаются в головном мозге – от некоторых ядер среднего и продолговатого мозга, и в спинном мозге – от нейронов крестцового отдела. Проведение возбуждения в синапсах парасимпатического пути происходит с участием медиатора ацетилхолина. Второй эфферентный нейрон находится в иннервируемом органе или вблизи от него.



Рисунок 10 – Вегетативная нервная система:

слева – область выхода волокон: парасимпатической (черный цвет) и симпатической (заштриховано) систем. Справа – строение эфферентной части рефлекторной дуги вегетативных рефлексов. Арабские цифры – номера грудных сегментов, римские – номера поясничных сегментов

При возбуждении парасимпатических нервов тормозится работа сердца, повышается тонус гладкой мускулатуры бронхов, в результате уменьшается их просвет, сужается зрачок, стимулируются процессы пищеварения.

Высшим регулятором вегетативных функций является гипоталамус, который действует совместно с ретикулярной формацией и лимбической системой под контролем коры больших полушарий.

## Физиология сенсорных систем

Представление о сенсорных системах было сформулировано И.П. Павловым в учении об анализаторах в 1909 г. при исследовании им высшей нервной деятельности.

Анализатор – это совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих и анализирующих изменения внешней и внутренней сред организма. Понятие сенсорная система, появившееся позже, заменило понятие анализатор, включив механизмы регуляции различных его отделов с помощью прямых и обратных связей.

Согласно представлению И.П. Павлова, любой анализатор имеет три отдела: периферический, проводниковый и центральный (корковый).

Периферический отдел представлен рецепторами. Его назначение – восприятие и первичный анализ изменений внешней и внутренней сред ор-

ганизма. В рецепторах происходит трансформация энергии раздражителя в нервный импульс, а также усиление сигнала за счет внутренней энергии метаболических процессов.

Проводниковый отдел анализатора включает афферентные промежуточные нейроны стволовых и подкорковых структур центральной нервной системы. Проведение возбуждения по проводниковому отделу осуществляется двумя афферентными путями:

- специфическим проекционным путем (прямые афферентные пути) от рецептора по строго обозначенным специфическим путям с переключением на различных уровнях ЦНС (на уровне спинного и продолговатого мозга, в зрительных буграх и в соответствующей проекционной зоне коры большого мозга);

- неспецифическим путем с участием ретикулярной формации: на уровне ствола мозга от специфического пути отходят коллатерали к клеткам ретикулярной формации, к которым могут конвергировать различные афферентные возбуждения, обеспечивая взаимодействие анализаторов.

Корковые проекции сенсорных систем имеют топический принцип организации. Объем корковой проекции пропорционален плотности рецепторов.

## **Зрительный анализатор**

### ***Структурно-функциональная характеристика***

Зрительный анализатор представляет собой совокупность структур, воспринимающих световую энергию в виде электромагнитного излучения с длиной волны 400-700 нм и дискретных частиц фотонов, и формирующих зрительные ощущения.

Наряду с понятием зрительного анализатора существует понятие органа зрения, включающего три различных в функциональном отношении элемента: глазное яблоко, защитные приспособления, двигательный аппарат (рис. 11).

Стенки глазного яблока, в котором расположены световоспринимающий, светопреломляющий и светорегулирующий аппараты, образуют три оболочки: наружная фиброзная оболочка (передняя часть – роговица, остальная часть – склера); средняя сосудистая оболочка (собственно сосудистая оболочка, ресничное тело, радужная оболочка); внутренняя оболочка (сетчатка, содержащая рецепторы). Полость глазного яблока содержит водянистую влагу в передней и задней камерах. От количества влаги зависит внутриглазное давление.

К защитным приспособлениям относятся слезный аппарат, веки, ресницы, брови.

Двигательный аппарат представлен тремя парами глазных мышц, которые иннервируются III (глазодвигательный нерв), IV (блоковый нерв) и VI (отводящий нерв) парами черепных нервов.

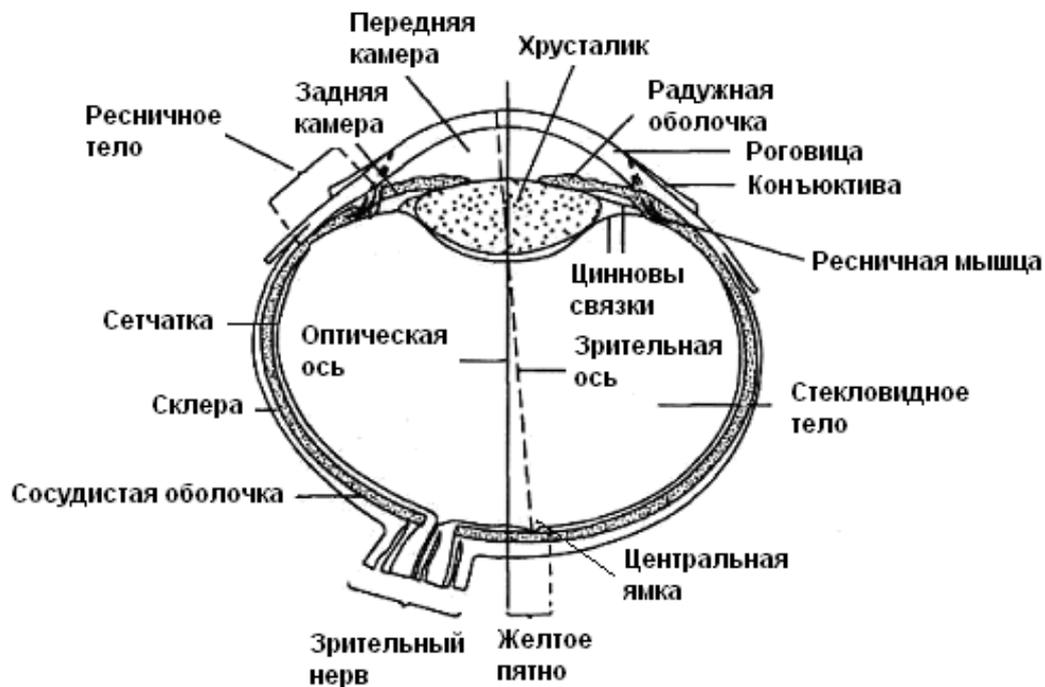


Рисунок 11 – Орган зрения

Периферический отдел зрительного анализатора подразделяется на палочковые и колбочковые нейросенсорные клетки, наружные сегменты которых имеют соответственно палочковидную и колбочковидную формы (фоторецепторы). У человека насчитывается 6-7 млн колбочек и 110-125 млн палочек.

Место выхода зрительного нерва из сетчатки не содержит фоторецепторов и называется слепым пятном. В области центральной ямки лежит участок наилучшего видения – желтое пятно, содержащее преимущественно колбочки. К периферии сетчатки число колбочек уменьшается, а число палочек возрастает, и периферия сетчатки содержит одни лишь палочки.

Различия функций колбочек и палочек лежит в основе феномена двойственности зрения. Палочки являются рецепторами, воспринимающими световые лучи в условиях слабой освещенности, т.е. бесцветное, или ахроматическое зрение. Колбочки же функционируют в условиях яркой освещенности и характеризуются разной чувствительностью к спектральным свойствам света (цветное или хроматическое зрение).

В рецепторных клетках сетчатки находятся светочувствительные пигменты – хромопротеиды, которые обесцвечиваются на свету. В палочках на мембране наружных сегментов содержится родопсин, в колбочках – йодопсин и другие пигменты. Имея сходство в фотохимических процессах,

они различаются тем, что максимум поглощения находится в различных областях спектра. Палочки, содержащие родопсин, имеют максимум поглощения в области 500 нм. Среди колбочек различают три типа, которые отличаются максимумами в спектрах поглощения: одни имеют максимум в синей части спектра (430-470 нм), другие в зеленой (500-530), третьи – в красной (620-760 нм) части, что обусловлено наличием трех типов зрительных пигментов. Красный колбочковый пигмент получил название «йодопсин».

В темноте происходит ресинтез пигментов, протекающий с поглощением энергии. При этом восстановление йодопсина протекает в 530 раз быстрее, чем родопсина.

Вследствие фотохимических процессов в фоторецепторах глаза при действии света возникает рецепторный потенциал, который представляет собой гиперполяризацию мембраны рецептора – увеличение мембранного потенциала клетки по сравнению с исходным потенциалом покоя.

Первый нейрон проводникового отдела зрительного анализатора представлен биполярными клетками сетчатки, в которых возникают потенциалы действия в результате либо деполяризации, либо гиперполяризации.

Аксоны биполярных клеток в свою очередь конвергируют на ганглиозные клетки (второй нейрон). В результате на каждую ганглиозную клетку могут конвергировать около 140 палочек и 6 колбочек, при этом, чем ближе к желтому пятну, тем меньше фоторецепторов конвергирует на одну клетку.

Совокупность фоторецепторов, посылающих свои сигналы к одной ганглиозной клетке, образует ее рецептивное поле. Рецептивные поля сетчатки имеют округлую форму, построены концентрически, каждое из них имеет возбуждательный центр и тормозную периферическую зону в виде кольца.

Проводниковый отдел, начинающийся в сетчатке, анатомически представлен далее зрительными нервами и после частичного перекреста их волокон – зрительными трактами, волокна которых направляются к зрительному бугру, где с участием ретикулярной формации происходит взаимодействие со слуховой и другими сенсорными системами. Здесь расположен третий нейрон зрительного анализатора.

Корковый отдел зрительного анализатора находится в затылочной доле.

### ***Механизм аккомодации***

При рассмотрении объектов, находящихся на разном удалении от наблюдателя, ясному видению способствуют следующие процессы: конвергенционные и дивергенционные движения глаз, реакция зрачка и механизм аккомодации.

Главным механизмом, обеспечивающим ясное видение разноудаленных предметов, является аккомодация, которая сводится к фокусированию изображения от далеко или близко расположенных предметов на сетчатке.

Основной механизм аккомодации заключается в непроизвольном изменении кривизны хрусталика глаза (рис. 12).

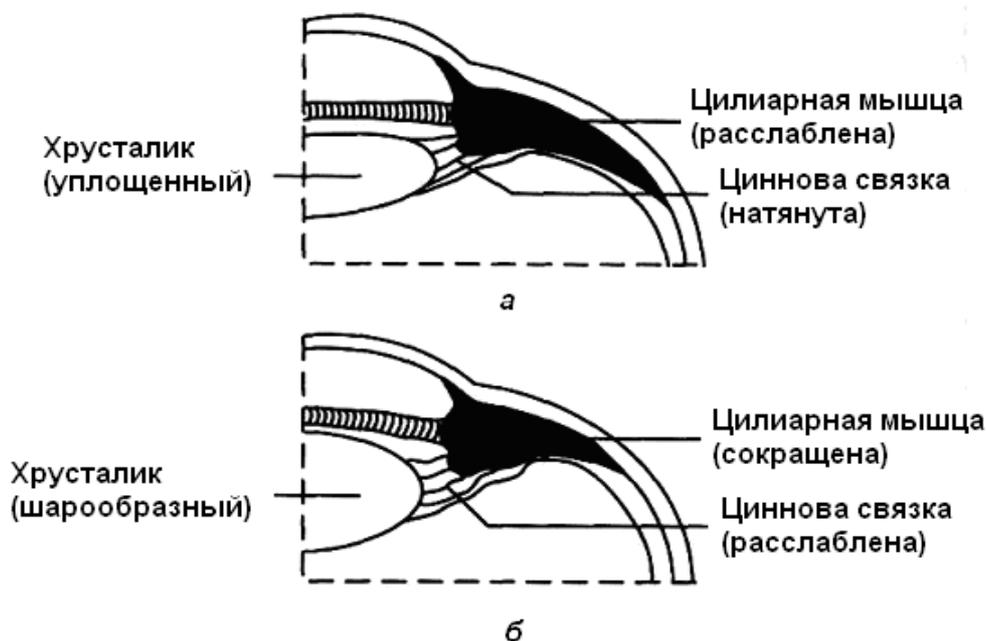


Рисунок 12 – Механизм аккомодации глаза: а – покой; б – напряжение

Хрусталик заключен в капсулу, которая по краям (вдоль экватора хрусталика) переходит в фиксирующую хрусталик связку (циннова связка), в свою очередь соединенную с волокнами ресничной (цилиарной) мышцы. При сокращении цилиарной мышцы натяжение цинновых связок уменьшается, а хрусталик вследствие своей эластичности становится более выпуклым. Преломляющая сила глаза увеличивается, и глаз настраивается на видение близко расположенных предметов. Когда человек смотрит вдаль, циннова связка находится в натянутом состоянии, что приводит к растягиванию сумки хрусталика и его уплощению.

Иннервация цилиарной мышцы осуществляется симпатическими и парасимпатическими нервами. Импульсация, поступающая по парасимпатическим волокнам глазодвигательного нерва, вызывает сокращение мышцы. Симпатические волокна вызывают ее расслабление. Изменение степени сокращения и расслабления цилиарной мышцы связано с возбуждением сетчатки и находится под влиянием коры головного мозга.

Преломляющая сила глаза выражается в диоптриях (Д). Одна диоптрия соответствует преломляющей силе линзы, главное фокусное расстояние которой в воздухе равно 1 м.

Благодаря изменению кривизны хрусталика, особенно передней поверхности, его преломляющая сила может меняться в пределах 10-14 Д.

Следует отметить, что к светопреломляющей системе глаза относятся также: роговица, влага передней камеры глаза, хрусталик и стекловидное тело. Однако их преломляющая сила, в отличие от хрусталика, не регулируется и в аккомодации участия не принимает.

После прохождения лучей через преломляющую систему глаза на сетчатке получается действительное, уменьшенное и перевернутое изображение. Но в процессе индивидуального развития сопоставление ощущений зрительного анализатора с ощущениями двигательного, кожного, вестибулярного и других анализаторов приводит к тому, что человек воспринимает внешний мир таким, какой он есть на самом деле.

## Слуховой анализатор

### *Структурно-функциональная характеристика*

Адекватным раздражителем для слухового анализатора являются звуки, т.е. колебательные движения частиц упругих тел, распространяющихся в виде волн в самых различных средах, включая воздушную среду, и воспринимающиеся ухом.

Орган слуха объединяет наружное, среднее и внутреннее ухо (рис. 13).

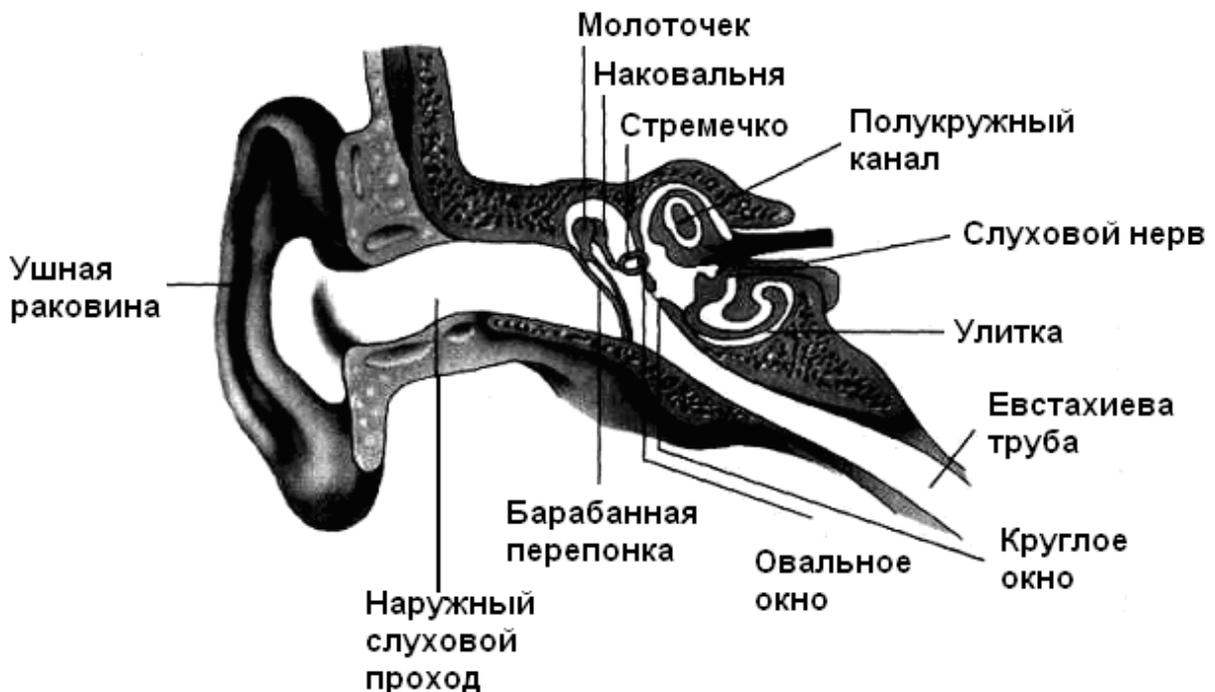


Рисунок 13 – Орган слуха

Наружное ухо за счет ушной раковины обеспечивает улавливание звуков, концентрацию их в направлении наружного слухового прохода и усиление интенсивности звуков. Кроме того, структуры наружного уха выполняют защитную функцию, охраняя барабанную перепонку от механических и температурных воздействий внешней среды.

Среднее ухо представлено барабанной полостью, где расположены три слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко. От наружного слухового прохода среднее ухо отделено барабанной перепонкой. Рукоятка молоточка вплетена в барабанную перепонку, другой его конец сочленен с

наковальной, которая, в свою очередь, сочленена со стремечком. Стремечко прилегает к мембране овального окна. Площадь барабанной перепонки ( $70 \text{ мм}^2$ ) значительно больше площади овального окна ( $3,2 \text{ мм}^2$ ), благодаря чему происходит усиление давления звуковых волн на мембрану овального окна примерно в 25 раз.

Среднее ухо имеет специальный защитный механизм, представленный двумя мышцами: мышцей, натягивающей барабанную перепонку, и мышцей, фиксирующей стремечко. Степень сокращения этих мышц зависит от силы звуковых колебаний. При сильных звуковых колебаниях мышцы ограничивают амплитуду колебаний барабанной перепонки и движение стремечка, предохраняя тем самым рецепторный аппарат во внутреннем ухе от чрезмерного возбуждения и разрушения.

В барабанной полости поддерживается давление, равное атмосферному, что очень важно для адекватного восприятия звуков. Эту функцию выполняет евстахиева труба, которая соединяет полость среднего уха с глоткой. При глотании труба открывается, вентилируя полость среднего уха и уравнивая давление в нем с атмосферным.

Внутреннее ухо представлено улиткой – спирально закрученным костным каналом, имеющим 2,5 завитка, который разделен на три узких части (лестницы). Верхний канал (вестибулярная лестница) начинается от овального окна, соединяется с нижним каналом (барабанной лестницей) и заканчивается круглым окном (рис. 14). Оба канала представляют собой единое целое и заполнены перилимфой, сходной по составу со спинномозговой жидкостью.

Между верхним и нижним каналами находится средний (средняя лестница). Он изолирован и заполнен эндолимфой. Внутри среднего канала на основной мембране расположен собственно звуковоспринимающий аппарат – орган Корти с рецепторными клетками, представляющий периферический отдел слухового анализатора, превращающий энергию звуковых волн в энергию нервного возбуждения. Слуховые рецепторы (фонорецепторы) относятся к механорецепторам. У человека приблизительно 23500 волосковых клеток.

Проводниковый отдел слухового анализатора представлен периферическим биполярным нейроном, расположенным в спиральном ганглии улитки (первый нейрон). Волокна слухового (или кохлеарного) нерва заканчиваются на клетках ядер кохлеарного комплекса продолговатого мозга (второй нейрон). Затем после частичного перекреста волокна идут в метаталамус, где опять происходит переключение (третий нейрон), отсюда возбуждение поступает в нижние бугры четверохолмия (четвертый нейрон), где располагаются центры рефлекторных двигательных реакций, возникающих при действии звука.

Центральный отдел слухового анализатора находится в верхней части височной доли большого мозга.

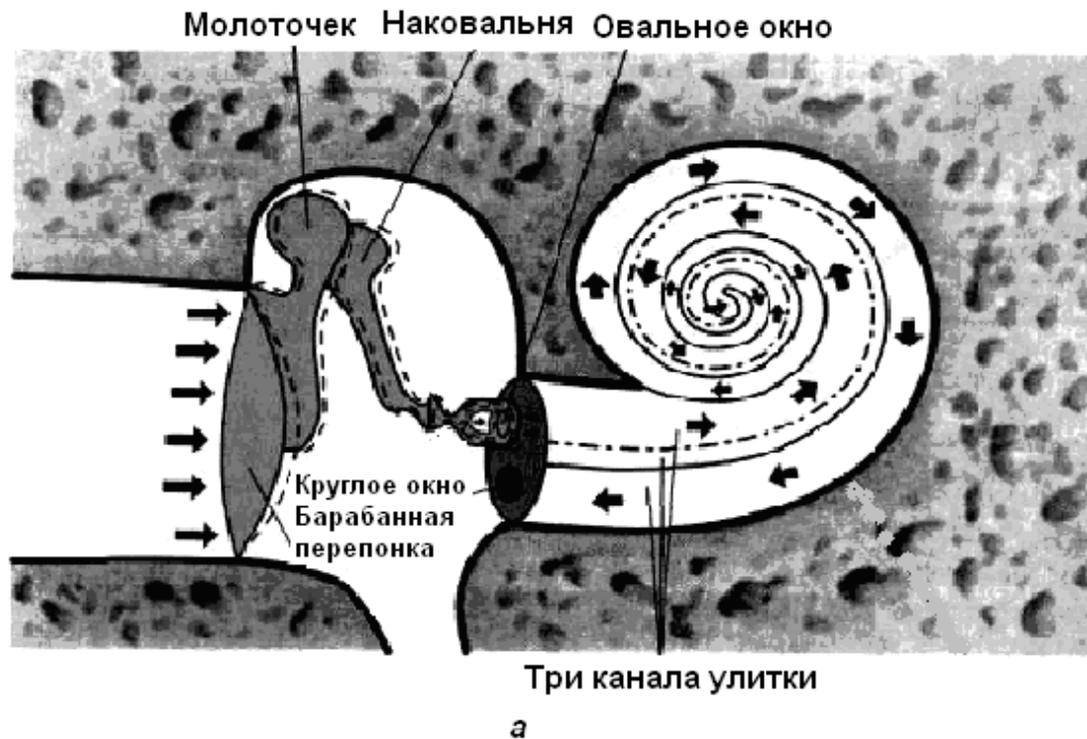


Рисунок 14 – Каналы улитки: а – среднее и внутреннее ухо в разрезе; б – распространение звуковых колебаний в улитке

## Вестибулярный анализатор

### *Структурно-функциональная характеристика*

Вестибулярный анализатор обеспечивает ощущение, возникающее при прямолинейном и вращательном ускорении движения тела, а также при изменениях положения головы.

Вестибулярный орган состоит из двух отделов: полукружных каналов и преддверия (рис. 15). Полукружные каналы расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Один конец каждого канала имеет расширение, которое называется ампулой. Полукружные каналы своими устьями

открываются в преддверие, состоящее из двух мешочков: круглого (саккулюс), расположенного ближе к улитке, и овального (утрикулус), расположенного ближе к полукружным каналам.

Все эти структуры состоят из тонких перепонки и образуют перепончатый лабиринт, внутри которого находится эндолимфа. Вокруг перепончатого лабиринта и между ним и его костным футляром имеется перилимфа, которая переходит в перилимфу органа слуха.

В каждом мешочке преддверия имеются небольшие возвышения, называемые пятнами, а в ампулах полукружных каналов – гребешками. Они состоят из нейроэпителиальных клеток, имеющих на свободной поверхности волоски (реснички), которые разделяются на две группы: тонкие, их много, – стереоцилии и один более толстый и длинный на периферии пучка киноцилии (рис. 16).

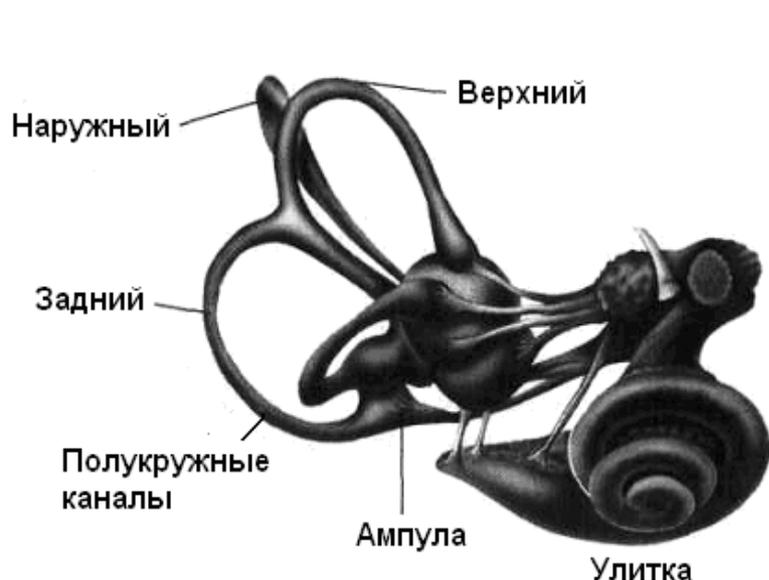


Рисунок 15– Вестибулярный орган



Рисунок 16 – Структурно-функциональные элементы волосковой клетки вестибулярного аппарата

Рецепторные клетки преддверия покрыты желеобразной массой, которая состоит в основном из мукополисахаридов, благодаря содержанию значительного количества кристаллов карбоната кальция она получила название отолитовой мембраны. В ампулах полукружных каналов желеобразная масса не содержит солей кальция и называется листовидной мембраной.

Возбуждение волосковых клеток происходит вследствие скольжения мембраны по волоскам, изгибания волосков (стереоцилий) в сторону киноцилий. При этом возникает рецепторный потенциал волосковых клеток и выделяется медиатор ацетилхолин, который стимулирует синаптические окончания волокон вестибулярного нерва. Этот эффект проявляется в усилении постоянной спонтанной активности вестибулярного нерва.

К рецепторам подходят периферические волокна биполярных нейронов вестибулярного ганглия, распложенного во внутреннем слуховом проходе (первый нейрон проводникового отдела). Аксоны этих нейронов в составе вестибулярного нерва направляются к вестибулярным ядрам продолговатого мозга (второй нейрон). Эти ядра вестибулярного анализатора тесно связаны с различными отделами центральной нервной системы. Третий нейрон расположен в ядрах зрительного бугра, откуда возбуждение направляется в кору полушарий.

Центральный отдел вестибулярного анализатора локализуется в височной области коры большого мозга.

## **Тактильный анализатор**

### ***Структурно-функциональная характеристика***

Тактильный анализатор обеспечивает ощущения прикосновения, давления, вибрации и щекотки.

Периферический отдел тактильного анализатора представлен различными рецепторными образованиями, раздражение которых приводит к формированию специфических ощущений (рис. 17).

На поверхности кожи, лишенной волос, а также на слизистых оболочках на прикосновение реагируют специальные рецепторные клетки – тельца Мейснера, расположенные в сосочковом слое кожи. На коже, покрытой волосами, на прикосновение реагируют рецепторы волосяного фолликула, обладающие умеренной адаптацией.

На давление реагируют рецепторные образования – диски Меркеля, расположенные небольшими группами в глубоких слоях кожи и слизистых оболочек. Это медленно адаптирующиеся рецепторы. Адекватным стимулом для них служит прогибание эпидермиса при действии механического стимула на кожу.

Вибрацию воспринимают тельца Пачини.

Щекотание воспринимают свободно лежащие нервные окончания, расположенные в поверхностных слоях кожи. Для данного вида рецепторов характерна низкая специфичность реакции на стимулы разной интенсивности.

По функциональным особенностям тактильные рецепторы подразделяются:

- на фазные: возбуждаются при динамическом раздражении, обладают высокой чувствительностью, быстро адаптируются;

- статические: возбуждаются в основном от статического раздражения, менее чувствительны, медленно адаптируются.

Первый нейрон проводникового отдела находится в спинальных ганглиях. В заднем роге спинного мозга происходит первое переключение на интернейроны (второй нейрон), от них восходящий путь достигает ядер в продолговатом мозге (третий нейрон), где происходит второе переключение, далее путь следует к базальным ядрам зрительного бугра (четвертый нейрон), центральные отростки нейронов зрительного бугра идут в кору больших полушарий.

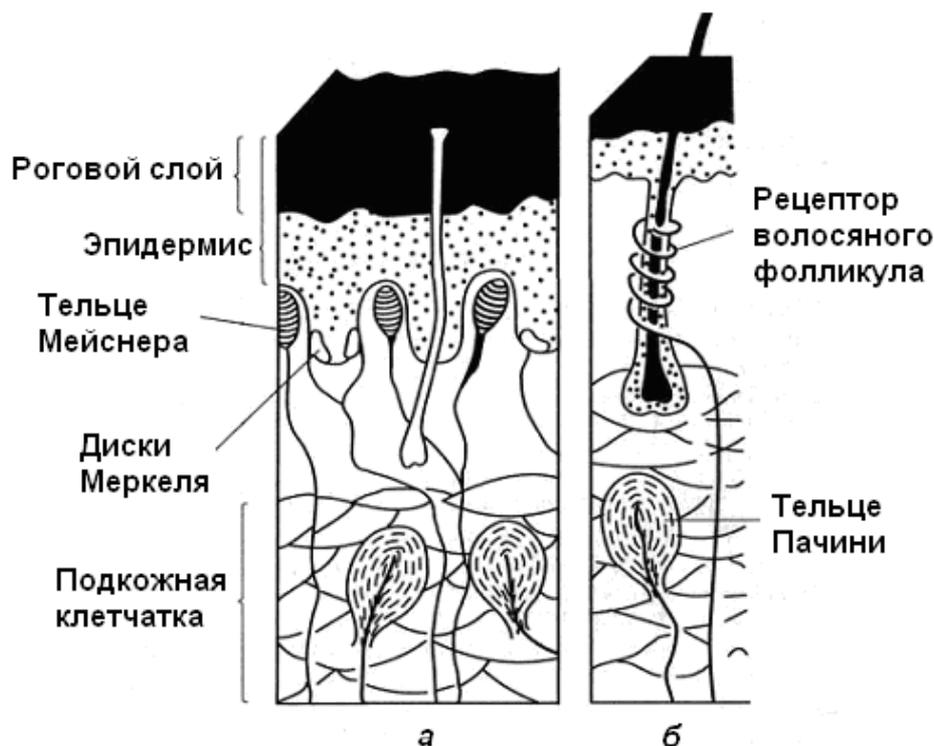


Рисунок 17 – Схема строения и положения механорецепторов в коже на не покрытых волосами (а) и волосистых (б) участках кожи

Центральный отдел тактильного анализатора локализуется соматосенсорной области коры большого мозга (задняя центральная извилина).

## Практические работы

### Работа 1 Аккомодация глаза

*Для работы необходим* карандаш. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Предложите испытуемому ладонью закрыть один глаз, а взгляд другого глаза зафиксировать на каком-либо дальнем предмете, поместите карандаш на расстоянии 15-20 см от глаз. Отметьте, ясно ли видит испытуемый очертания карандаша. Затем он переводит взгляд на карандаш. Отметьте, ясно ли видит испытуемый очертания дальнего предмета.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Нарисуйте схему преломления лучей при рассматривании близко и далеко расположенных предметов, объясните физиологические механизмы аккомодации.

### Работа 2 Исследование зрачкового рефлекса у человека

*Для работы необходим* источник света. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Испытуемого посадите лицом к источнику света. Рассмотрите у него зрачки обоих глаз, отмечая их размеры. Попросите испы-

туемого, не зажмуривая обоих глаз, закрыть их ладонями и через 30-50 с открыть. Обратите внимание на изменение размеров зрачков при переходе от темноты к свету и по мере световой адаптации.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Опишите реакцию зрачка. Нарисуйте дугу зрачкового рефлекса.

### **Работа 3 Адаптация терморецепторов кожи к действию высокой и низкой температур**

*Для работы необходимы:* сосуды с водой разной температуры (10, 25, 40 °С), секундомер. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Опустите кисть руки в горячую (40 °С) или холодную воду (10 °С) и определите время адаптации терморецепторов, т.е. в течение которого ощущение тепла или холода ослабевает. Затем наблюдайте явление контраста, для чего опустите кончики пальцев обеих рук в теплую воду (25 °С). Убедившись, что ощущение в обеих руках одинаково, одну руку перенесите в горячую воду, другую – в холодную. Через несколько минут обе руки одновременно окуните в воду, температура которой 25 °С. При этом опишите ощущение контраста.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Укажите время адаптации терморецепторов к холоду и теплу. Сделайте вывод о явлении контраста.

### **Работа 4 Взаимодействие обонятельной, вкусовой и зрительной сенсорных систем**

*Для работы необходимы:* кусочек лука, 3% -ный раствор уксусной кислоты, 10% -ный раствор глюкозы. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Предложите испытуемому высунуть язык и последовательно наносите на него по несколько капель слабого раствора уксусной кислоты, глюкозы, кусочек лука. Попросите испытуемого отметить разные вкусовые ощущения. Далее предложите испытуемому зажать нос, а затем одновременно зажать нос и закрыть глаза. Те же процедуры проделайте еще раз и вновь попросите испытуемого сравнить вкусовые ощущения.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Занесите данные исследования в таблицу 1. Сделайте вывод о значении сенсорных систем для полноценного восприятия вкусовых раздражений.

Таблица 1

Восприятие вкуса

Используемое вещество	Глаза и нос открыты	Глаза закрыты, нос зажат	Глаза открыты, нос зажат
Раствор уксусной кислоты			
Раствор глюкозы			
Лук			

## **Работа 5 Опыт Аристотеля**

*Для работы необходим* металлический шарик диаметром 5-7 мм. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Закройте глаза, зажмите маленький шарик между указательным и средним пальцами. Оцените возникающее при этом ощущение воздействия шарика на кожу пальцев. Перекрестите пальцы так, чтобы шарик был зажат между медиальной стороной указательного пальца и латеральной стороной среднего пальца. Оцените возникающее воздействие шарика на кожу пальцев.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Опишите свои ощущения при проведении опыта Аристотеля.

## **Работа 6 Пробы вертикального и горизонтального письма**

*Для работы необходимы:* ручка, лист бумаги размером 10×15 см, транспортир. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Испытуемому, сидящему за рабочим столом, предложите, держа руку на весу, написать вертикальный и горизонтальный ряды какого-либо числа (15-20) раз. Вначале пробы выполняют с открытыми, а затем с закрытыми глазами. Результат оцените по величине угла отклонения ряда чисел от горизонтальной или вертикальной линии. Значимыми считаются отклонения по вертикали более  $10^0$ , по горизонтали – более  $5^0$ .

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Лист с записями вклейте в отчет. Определите угол отклонения опытного ряда чисел от вертикали и горизонтали. Сделайте вывод о наличии или отсутствии признаков вестибулярной дисфункции. Сравните результаты измерений, полученных у разных испытуемых.

## **Работа 7 Влияние обстановочной афферентации на результат целенаправленной деятельности**

*Для работы необходим* секундомер. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Экспериментатор предлагает своему испытуемому решить устно по три арифметических примера в двух различных позах: сидя за рабочим столом, стоя на левой ноге с вытянутой вперед и поднятой вверх правой ногой. Экспериментатор по секундомеру замечает время решения примера и проверяет правильность ответа.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Занесите полученные у разных испытуемых результаты в таблицу 2, проанализируйте их и объясните, как особенности обстановочной афферентации влияют на результат умственной деятельности.

## Результаты испытаний

Поза	Решаемый пример	Время решения, с	Правильность результата
Стоя на одной ноге	1		
	2		
	3		
	Среднее значение		
Сидя	1		
	2		
	3		
	Среднее значение		

### **Работа 8 Роль словесных раздражителей в создании эмоционального состояния человека**

*Для работы необходимы:* набор эмоционально значимых и индифферентных текстов, секундомер. Исследование проводят на человеке.

*Ход работы.* Экспериментаторы измеряют у исследуемых частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 10 с – фоновые измерения. Затем один из экспериментаторов начинает читать тексты (6-7 текстов). Интервал между чтением каждого текста должен быть 1,5 мин. После прослушивания каждого текста экспериментаторы измеряют у своих исследуемых ЧСС за 10 с.

*Рекомендации по оформлению отчета работы.* Результаты измерения ЧСС за 10 с во время и после чтения каждого текста изобразите в виде зависимости «№ текста - ЧСС». На основании значений ЧСС сделайте вывод об эмоциональной значимости отдельных текстов.

### **Рекомендуемая литература**

1. Основы физиологии человека [Текст]: учебник / Н.А. Агаджанян, И.Г. Власова, Н.В. Ермакова, В.И. Торшин. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 408 с.
2. Сапин, М.Р. Анатомия и физиология человека [Текст]: учеб. пособие / М.Р. Сапин, В.И. Сивоглазов. – М.: Академия, 2004. – 448 с.
3. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Текст]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
4. Смирнов, В.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность [Текст] / В.М. Смирнов. – М.: Академия, 2004. – 304 с.