

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

В 6 частях
часть 3

Методические указания
к лабораторным работам

Мозырь
2010

ISBN 978-985-477-415-2



9 789854 774152

МГТУ ИМ. Г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И. П. ШАМЯКИНА

КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Методические указания
к лабораторным работам

В 6 ЧАСТЯХ

ЧАСТЬ 3

Мозырь

2010

УДК
612:591.1(076) ББК
28.707.3я73 Ф50

Составители: **Бодяковская Е. А.**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры природопользования и охраны природы УО МГПУ им. И. П. Шамякина; **Лаптиева Л. Н.**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры природопользования и охраны природы УО МГПУ им. И. П. Шамякина; **Крикало И. Н.**, старший преподаватель кафедры природопользования и охраны природы УО МГПУ им. И. П. Шамякина.

Рецензенты: **Козловский Н. А.**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренних незаразных болезней УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»; **Голынец В. Г.**, кандидат ветеринарных наук, начальник военно-ветеринарной Пограничной Службы РБ.

Печатается по решению редакционно-издательского
совета учреждения образования
«Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина»

Физиология человека и животных : методические указания к Ф50 лабораторным работам : в 6 ч. / сост.: Е. А. Бодяковская, Л. Н. Лаптиева, И. Н. Крикало. – Мозырь : УО МГПУ им. И. П. Шамякин, 2010. – Ч. 3. – 73 с.
ISBN 978-985-477-415-2.

Методические указания содержат сведения о видах, строении и общих свойствах анализаторов, принципы организации сенсорных путей, строение и механизмы функционирования зрительного, слухового, вестибулярного, обонятельного, вкусового, кожного, двигательного и висцерорецепторного анализаторов.

Адресованы студентам дневной и заочной форм обучения педагогических и сельскохозяйственных вузов.

УДК 612:591.1(076)
ББК 28.707.3я73

© Е. А. Бодяковская, Л. Н. Лаптиева,
И. Н. Крикало, составление, 2010

ISBN 978-985-477-415-2 (Ч. 3) © УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2010
ISBN 978-985-477-295-0

Учебное издание

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Методические указания
к лабораторным работам

В 6 ЧАСТЯХ
ЧАСТЬ 3

Составители:

Бодяковская Елена Анатольевна
Лаптиева Людмила Николаевна
Крикало Ирина Николаевна

Ответственный за выпуск С. С. Борисова
Технический редактор Н. В. Ропот
Оригинал-макет Е. Л. Щека
Корректор Е. М. Мельченко

Подписано в печать 24.11.2010. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Ризография. Усл. печ. л. 4,56.
Тираж 212 экз. Заказ 100.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина»
ЛИ № 02330/0549479 от 14 мая 2009 г. 247760,
Мозырь, Гомельская обл., ул. Студенческая, 28
Тел. (02351) 2-46-29

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа 1.....	5
Лабораторная работа 2.....	22
Лабораторная работа 3.....	38
Лабораторная работа 4.....	56
Литература.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания являются руководством для лабораторных занятий, а также для самостоятельной работы и для написания контрольных работ студентами дневной и заочной форм обучения, обучающихся по специальности «Биология. Охрана природы». Содержание указаний и объем включенного материала соответствуют учебной программе курса «Физиология человека и животных» на биологических факультетах педагогических университетов. Материалы систематизированы в соответствии с логикой изложения вышеназванного программного курса.

Руководство посвящено теме «Анализаторы», где рассматриваются виды, строение и общие свойства анализаторов, принципы организации сенсорных путей, строение и механизмы функционирования зрительного, слухового, вестибулярного, обонятельного, вкусового, кожного, двигательного и висцерорецепторного анализаторов. Раскрываются механизмы аккомодации, бинокулярного и цветного зрения, феномены зрительного восприятия, механизмы восприятия положения тела в гравитационном поле, при линейных и угловых ускорениях, механизмы передачи звукового сигнала, восприятия высоты звука и пространственной локализации звука, а также нервные механизмы слуха и равновесия. Анализируются механизмы обоняния, тактильной, температурной и болевой чувствительности и рецепции вкуса, а также проводящие пути и обработка информации в ЦНС соматосенсорной системы.

Каждый раздел начинается с его теоретического обоснования, после чего следуют вопросы для самоподготовки, закрепляющие теоретический материал. Разделы заканчиваются тестами для самоконтроля, которые показывают глубину усвоенных знаний по данной теме и развивают логическое мышление студента. Каждая лабораторная работа содержит необходимые к выполнению опыты, которые подтверждают теоретические сведения.

Методические указания содержат список литературы, благодаря которой студенты могут углубить свои знания по изучаемой теме.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Физиология анализаторов

Цель: изучить виды, строение и общие свойства анализаторов, принципы организации сенсорных путей, механизм кодирования информации и взаимодействие анализаторов, а также механизм функционирования обонятельного анализатора, принципы классификации запахов, суть чувствительности обоняния.

Теоретическая часть

Все живые организмы существуют в неразрывной связи с внешней средой. Из внешней среды на организм постоянно действуют самые разнообразные сигналы в виде определенного вида энергии: тепловой, химической, электрической, механической, световой. Эти воздействия необходимо воспринимать и распознавать их характер для адекватных ответных реакций организма, для способности организма ориентироваться в пространстве и оценивать его важнейшие свойства. Эту возможность обеспечивают сенсорные системы организма. **Сенсорная система** – это совокупность структур центральной нервной системы, которые воспринимают и анализируют раздражители определенной природы, а также осуществляют с помощью механизма обратной связи настройку рецепторного аппарата и подкорковых центров для отсеивания ненужной информации. Способность организма воспринимать и распознавать различные внутренние и внешние воздействия являются основой адаптивного поведения живых организмов. Особенности адаптивного поведения человека связаны с его социальной сущностью в человеческом обществе.

Для того, чтобы организм мог воспринимать и распознавать (анализировать) определенные воздействия, происходящие во внешней и внутренней среде, необходимы особые системы – анализаторы.

Анализаторами называются сложные нервные механизмы, посредством которых нервная система получает раздражения из внешней среды, а также от органов самого тела и воспринимает эти раздражения в виде ощущений.

Учение об анализаторах принадлежит И. П. Павлову. Он считал, что **анализатор** – это система, состоящая из трех отделов, которые анатомически и функционально связаны между собой:

периферический отдел (рецептор),

проводниковый отдел (нерв),

центральный (корковый) отдел в головной мозге.

Периферический отдел анализатора представлен рецепторными образованиями. Рецептор воспринимает действие раздражителя и обеспечивает генерацию возбуждения в нервных волокнах. Благодаря рецепторам достигается обнаружение, восприятие раздражителей, кодирование информации и ее передача на афферентные волокна.

Проводниковый отдел образован афферентными нейронами и проводящими путями мозга. В этом отделе происходит распределение направления потоков и отсеивание избыточной информации, ее перекодирование и преобразование. Может происходить блокада проведения импульсов.

Центральный конец анализатора – это участки коры больших полушарий, воспринимающие афферентные сигналы, выполняющие их детектирование, опознание образов, высший анализ поступающей информации и ее интеграцию.

Классификация рецепторов:

- 1) в зависимости от способа взаимодействия рецептора с раздражителем:
контактные, т. е. рецепторы, возбуждение в которых возникает при их непосредственном контакте с объектом внешней среды (рецепторы кожи и вкусовые рецепторы); **дистантные**, т. е. воспринимающие раздражения, источник которых может находиться на определенном расстоянии от соответствующего рецептора (зрительные, слуховые, обонятельные);
- 2) по месту расположения в организме:
экстерорецепторы (внешние рецепторы), воспринимающие раздражения из внешней среды:
зрительные рецепторы,
слуховые рецепторы,
тактильные, температурные, болевые рецепторы кожи и слизистых оболочек рта, носа, верхних дыхательных путей,
вкусовые и обонятельные рецепторы;
интерорецепторы (внутренние рецепторы), которые возбуждаются под влиянием изменений, происходящих внутри организма:
висцерорецепторы (рецепторы желудочно-кишечного тракта и других внутренних органов, ангиорецепторы и т. д.),
вестибулорецепторы,
проприорецепторы (рецепторы мышц, суставов, сухожилий);
- 3) по характеру воспринимаемой энергии:
зрительные,
слуховые,
механорецепторы: тактильные,
барорецепторы, хеморецепторы,
терморецепторы;

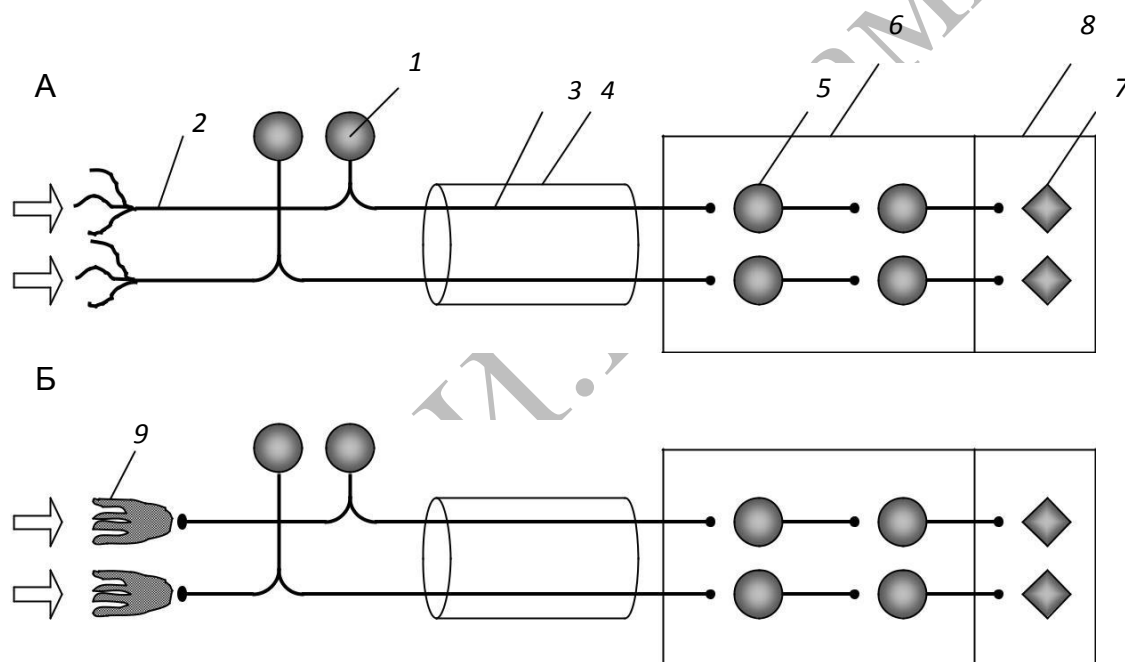
4) по своему морфологическому строению и функциональной организации:

первично чувствующие (первичные),

вторично чувствующие (вторичные).

В первичных рецепторах восприятие и трансформация энергии раздражителя в энергию возбуждения происходит в самом чувствительном (сенсорном) нейроне (рисунок 1А). К первично чувствующим рецепторам относят обонятельные, тактильные и проприорецепторы.

Во вторичных рецепторах между раздражителем и чувствительным нейроном расположены высокоспециализированные рецепторные клетки, т. е. сенсорный нейрон возбуждается не непосредственно, а через рецепторную клетку (рисунок 1Б). К вторично чувствующим рецепторам принадлежат рецепторы вкуса, зрения, слуха, вестибулярного аппарата.



1 – чувствительный нейрон, 2 – дендрит чувствительного нейрона, 3 – аксон чувствительного нейрона, 4 – чувствительный (афферентный) нерв, 5 – нейрон ЦНС,

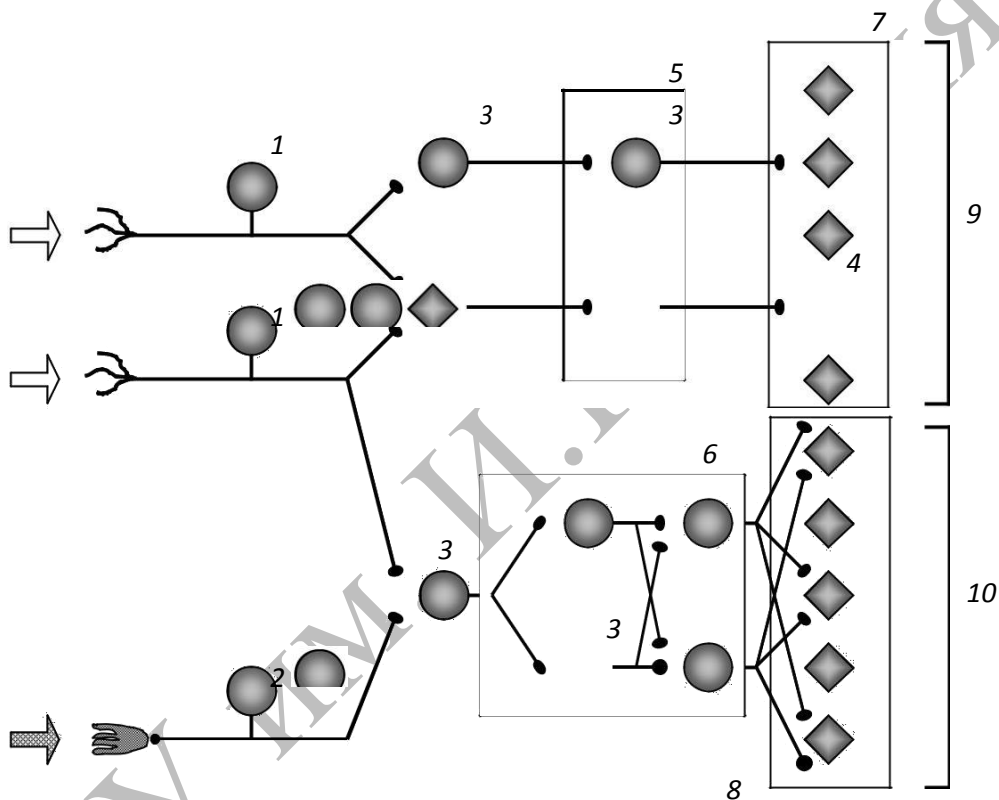
6 – ЦНС, 7 – корковый нейрон, 8 – кора больших полушарий, 9 – рецептирующая клетка

Рисунок 1 – Общий план строения сенсорной системы с первичным (А) и вторичным (Б) сенсорным рецептором

Принципы организации сенсорных путей. *Принцип многослойности*, т. е. наличие нескольких слоев нервных клеток, первый из которых связан с рецепторными элементами, а последний – с нейронами ассоциативных отделов коры больших полушарий. Между собой слои связаны проводящими путями. Такое строение анализаторов обеспечивает специализацию разных слоев по переработке отдельных видов информации, а это позволяет организму более быстро реагировать на простые сигналы, анализируя их уже на промежуточных уровнях.

Принцип многоканального проведения информации. Каждый нейрон сенсорного пути образует контакты с несколькими нейронами более высоких уровней (дивергенция). Поэтому нервные импульсы от одного рецептора проводятся к коре по нескольким цепочкам нейронов (параллельным каналам). Параллельное многоканальное проведение информации обеспечивает высокую надежность работы сенсорных систем даже в условиях утраты отдельных нейронов (в результате заболевания или травмы), а также высокую скорость обработки информации в ЦНС.

Принцип двойственности проекций. Нервные импульсы от каждой сенсорной системы передаются в кору по двум принципиально различным путям – специфическому (мономодальному) и неспецифическому (мультиmodalьному) (рисунок 2).



1 – чувствительные нейроны одной сенсорной системы, 2 – чувствительный нейрон другой сенсорной системы, 3 – нейрон ЦНС, 4 – корковый нейрон, 5 – таламус, 6 – ретикулярная формация, 7 – проекционная зона коры, 8 – ассоциативная зона коры, 9 – специфический проводящий путь, 10 – неспецифический проводящий путь

Рисунок 2 – Организация сенсорных путей

Специфические пути проводят нервные импульсы от рецепторов только одной сенсорной системы, потому что на каждом нейроне такого проводящего пути конвергируют нейроны только одной сенсорной модальности (мономодальная конвергенция). Соответственно каждая сенсорная система имеет свой специфический проводящий путь.

Все специфические сенсорные пути проходят через ядра таламуса и образуют локальные проекции в коре больших полушарий, заканчиваясь в первичных проекционных зонах коры. Специфические сенсорные пути обеспечивают начальную обработку сенсорной информации и проведение ее в кору больших полушарий.

На нейронах неспецифического пути конвергируют нейроны разных сенсорных модальностей (мультимодальная конвергенция). Поэтому в неспецифическом сенсорном пути происходит интегрирование информации от всех сенсорных систем организма. Неспецифический путь передачи информации проходит в составе ретикулярной формации и образует обширные диффузные проекции в проекционных и ассоциативных зонах коры.

Неспецифические пути обеспечивают мультибиологическую обработку сенсорной информации и обеспечивают поддержание оптимального уровня возбуждения в коре больших полушарий.

Принцип соматотопической организации характеризует только специфические сенсорные пути. Согласно этому принципу, возбуждение от соседних рецепторов поступает в рядом расположенные участки подкорковых ядер и коры, т. е. воспринимающая поверхность какого-либо чувствительного органа (сетчатка глаза, кожа) как бы проецируется на кору больших полушарий.

Принцип нисходящего контроля. Возбуждение в сенсорных путях проводится в одном направлении – от рецепторов к коре больших полушарий. Однако, нейроны, входящие в состав сенсорных путей, находятся под нисходящим контролем вышележащих отделов ЦНС. Такие связи позволяют, в частности, блокировать передачу сигналов в сенсорных системах. Предполагается, что этот механизм может лежать в основе явления избирательного внимания.

Наличие сенсорных воронок (т. е. неодинаковое число элементов) в соседних слоях. Пример расширяющейся воронки: число нейронов в зрительной коре в несколько раз больше, чем в подкорке или на выходе сетчатки. Пример суживающейся воронки: число палочек и колбочек в сетчатке в десятки раз больше, чем в ганглиозных клетках. Физиологический смысл суживающихся воронок заключается в уменьшении информации, передаваемой в мозг, а расширяющихся – в обеспечении более подробного и сложного анализа сигналов.

Дифференциация анализаторов по вертикали и горизонтали.

Дифференциация анализаторов по вертикали заключается в образовании отделов: различают периферический, проводниковый и корковый отделы. Дифференциация по горизонтали заключается в различных свойствах рецепторов, нейронов и связей между ними в пределах каждого слоя.

Принцип обратной связи обусловлен наличием в сенсорных системах восходящих и нисходящих путей.

Принцип фильтрации информации определяет поступление в кору лишь наиболее важной информации.

Общие свойства анализаторов: чувствительность, специфичность, способность к ответу на дпящееся раздражение, сенсбилизация, воспроизведение последовательных образов, адаптация.

Важнейшее свойство рецепторов – их **чрезвычайная чувствительность**, то есть очень низкий порог раздражения, определяемый минимальной энергией, необходимой для возникновения ощущения. При этом натуральный, физиологически адекватный раздражитель, к восприятию которого в процессе эволюции специализировался данный рецептор, способен вызвать процесс возбуждения в рецепторе при минимальных величинах раздражения. Например, глаз человека, находящегося в темноте, может воспринять даже очень слабый свет. Рецепторы глаза могут реагировать и на другие, неадекватные раздражители. Применяя неадекватный для глаза раздражитель, например электрический ток или удар, можно вызвать ощущение света. Но в данном случае для получения эффекта берется значительно более сильное воздействие, а полученный эффект будет весьма слабым, так как не возникнет какой-либо зрительный образ в цвете и перспективе, а только, как говорится, «искры из глаз посыплются». Следовательно, второе свойство рецепторов, непосредственно связанное с первым, – их **специфичность**, избирательность, дифференцированный ответ на энергию определенного вида. И еще одно важное свойство есть у рецепторов – это их **способность к ответу на дпящееся раздражение**. Нервное волокно отвечает на раздражение лишь однократным возбуждением, а рецептор посылает сигналы до прекращения действия раздражителя. Это свойство информирует о длительности воздействия на анализатор, о том, что данный раздражитель все еще воздействует на организм.

К общим свойствам анализаторов относится также **сенсбилизация** – повышение возбудимости под влиянием многократных раздражителей. **Последовательные образы** – это явления, образующиеся в анализаторе вслед за прекращением действия раздражителей. Например, после того как оркестр перестал играть, звуки слышны еще некоторое время.

Восприятие определенного вида энергии свойственно не только рецепторной части анализатора, но и мозговой. При операциях на мозге под местным наркозом подводили электрический ток к его различным областям. Если раздражение наносили на затылочную долю коры, то испытуемый видел мелькающие пятна света, при раздражении височной доли он слышал короткие монотонные звуки.

Ощущения, возникающие в ответ на действие раздражителя, имеют четыре свойства: **качество, интенсивность, протяженность и длительность**.

Например, свет красный – это его качество. Но красный свет может различаться по интенсивности. Протяженность – объем ощущения будет неодинаковым, если смотреть на освещенный кружок величиной с копеечную монету или на круг, диаметр которого едва умещается на большом киноэкране. Если в горячую воду опустить палец,

то ощущение ожога будет меньше, чем при опускании всей руки, то есть протяженность ощущения в обоих последних случаях будет больше. Вспышка света, короткий звук, укол вызовут кратковременное ощущение; солнце на безоблачном небе, непрестанный ветер, долгий звук повлекут за собой длительное ощущение.

Качество ощущения связано с родом физического стимула. Электромагнитные волны в зависимости от их длины вызывают ощущение того или иного цвета, механические колебания в диапазоне от 20 до 20 000 Гц в секунду воспринимаются человеком как тон той или иной высоты. **Интенсивность ощущения** зависит от энергетической величины раздражителя.

Протяженность и длительность ощущения зависят от пространственной величины раздражителя и его длительности. Однако бывают исключения. Например, белый квадрат на черном фоне кажется больше, чем черный на белом фоне, – это так называемые обманы зрения.

Раздражения неодинаковой силы вызывают и разной силы ощущения. Величина, на которую необходимо изменить силу раздражения, чтобы вызвать заметное увеличение ощущения, связана с первоначальной силой раздражителя (закон Вебера–Фехнера), т. е. прирост должен составлять определенную долю раздражителя. Например, если на кожу руки давит груз массой 100 г, то для усиления ощущения веса давления нужно прибавить гирию массой 3 г, а если на кожу давит груз в 200 г, то для ощущения увеличения груза надо добавить 6 г.

Важное свойство анализаторов – **адаптация** – привыкание (приспособление) к определенным раздражителям. Адаптация может быть положительной в том случае, когда привыкание понижает порог раздражения для данного анализатора. Например, при переходе из света в темноту световая чувствительность повышается, то есть порог раздражения понижается. При отрицательной адаптации, наоборот, порог увеличивается, а чувствительность рецептора понижается. Например, посетитель зоопарка, подойдя к клеткам с хищниками, ощущает резкий, неприятный запах; постояв некоторое время у клетки, он уже не так сильно чувствует его, а служитель, ежедневно убирающий клетки, может совсем не ощущать этот запах.

Кодирование информации – это процесс преобразования информации в условную форму, или код, совершаемый по определенным правилам. В анализаторных системах позвоночных животных сигналы кодируются двоичным кодом, т. е. наличием или отсутствием залпа импульсов в тот или иной момент времени, в том или ином нейроне. Информация о раздражениях и их параметрах передается у высших животных в виде отдельных групп или «пачек» импульсов. Все параметры отдельного импульса стандартны (одинакова его амплитуда, длительность, форма), а число импульсов в «пачке», их частота, длительность «пачек» и интервалы между ними различны, а также временной «рисунок пачки»,

т. е. распределение в ней отдельных импульсов. Возможно кодирование поступающей информации изменением числа волокон, по которым она отдельно передается, а также местом возбуждения в нейронном слое.

Взаимодействие анализаторов осуществляется на нескольких уровнях: спинальном, ретикулярном и таламокортикальном. Существенная интеграция сигналов происходит в нейронах ретикулярной формации. В коре мозга осуществляется интеграция сигналов высшего порядка.

В результате множественных связей с нижележащими уровнями анализаторов и неспецифических систем многие корковые нейроны приобретают способность отвечать на сложные комбинации сигналов разной природы.

В особенности такой способностью обладают клетки ассоциативных областей и двигательной зоны коры больших полушарий. В этой зоне пирамидные клетки служат общим конечным путем зрительных, слуховых, тактильных и других сигналов. Афферентные связи нейронов этих областей обладают высокой пластичностью, что обеспечивает их условно-рефлекторные перестройки и тем самым вызывает формирование новых или видоизменение выработанных ранее навыков. Для межсенсорного синтеза особенно важны лобные доли больших полушарий. Известно, что при поражении лобных долей у людей затрудняется формирование сложных комплексных образов.

Взаимодействие анализаторов проявляется в соощущениях. У некоторых музыкантов звуки вызывают различные окрашенные, цветовые ощущения. Взаимосвязь анализаторов очень важна в тех случаях, когда человек в силу различных причин лишается того или иного вида чувствительности (слепота, глухота). У слепых отсутствие зрения компенсируется обострением слуха, обоняния, осязания. Пользуясь обонянием слепоглухонемые способны сосчитать количество людей, находящихся в комнате.

ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР реагирует на находящиеся в воздухе молекулы летучих веществ. Поскольку адекватным раздражителем для него являются химические вещества, его называют также химическим анализатором. Обонятельный анализатор филогенетически один из наиболее древних, он есть уже у низших позвоночных. У высших позвоночных обоняние имеет очень большое значение, с его помощью животное на расстоянии может обнаружить других особей, когда это невозможно сделать при помощи слуха или зрения. У большинства животных обоняние развито очень хорошо, и для многих из них оно играет роль важнейшего дистантного анализатора, так как именно благодаря ему животное получает значительную часть информации об окружающем мире. Затаившегося врага, не выдающего себя ни звуком, ни движением, животное может обнаружить при помощи обоняния. Обонянием пользуются животные, идущие по следу, разыскивающие корм, воду и т. д. Животных с хорошо развитым обонянием называют *макросоматиками*. К ним принадлежат почти все млекопитающие. Слабо развито обоняние у птиц, а из млекопитающих – у китов, обезьян и человек. Таких животных называют *микросоматиками*.

Периферическая часть обонятельного анализатора находится в носовой полости, в области верхнего носового хода и в задней верхней части носовой перегородки. Слизистая оболочка обонятельной области утолщена и окрашена в более темный цвет: от желто-бурого до темно-коричневого (у человека желтовато-коричневого цвета). Обонятельная область выстлана эпителием, состоящим из опорных и обонятельных клеток (рисунок 3). Рецепторы обоняния, или обонятельные клетки, представляют собой биполярные нейроны диаметром 5–10 мкм, расположенные вокруг цилиндрических опорных клеток. У немецкой овчарки число таких нейронов достигает 224 млн., у человека – 10 млн. На поверхности периферического конца каждого нейрона имеется большое количество тонких ресничек, или выростов, диаметром 0,1 и высотой 1–2 мкм, за счет чего во много раз увеличивается возможность соприкосновения пахучего вещества с обонятельной клеткой.

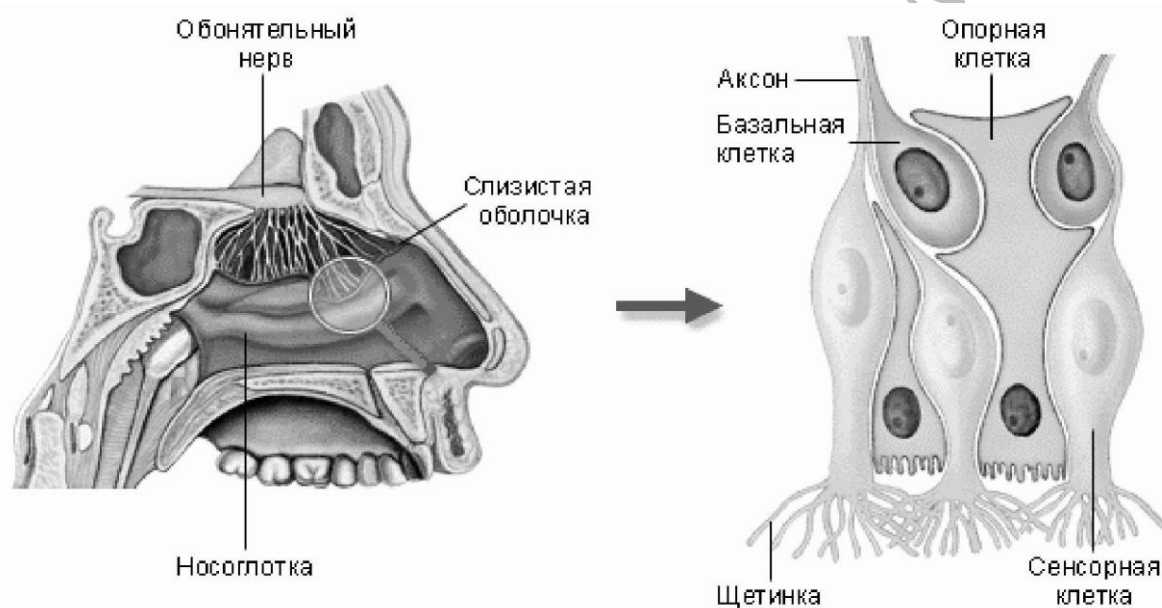


Рисунок 3 – Строение обонятельного анализатора

Опорные клетки выполняют не только поддерживающую функцию, но и участвуют в обмене веществ рецепторных клеток. В глубине эпителия лежат базальные клетки. Они обеспечивают клеточный резерв, из которого образуются рецепторные и опорные клетки. Поверхность эпителия обонятельной области покрыта слизью, которая защищает эпителий от высыхания у наземных животных и от излишнего смачивания – у водных. Кроме того, слизь служит источником ионов, необходимых для возникновения потенциалов действия, а также участвует в удалении остатков пахучих веществ по окончании их действия. Слизь – это среда, где происходит взаимодействие пахучих веществ с обонятельными рецепторными клетками.

Другой конец рецепторной клетки, выполняющий функцию аксона, объединяется с другими такими же аксонами, образуя нервные нити, которые проходят через отверстия решетчатой кости и несут полученную информацию в обонятельную луковицу, играющую роль обонятельного центра.

Механизм обоняния. Запаховые вещества проникают в обонятельную область при вдыхании воздуха через нос или через хоаны при попадании воздуха через рот. При спокойном дыхании почти весь воздух проходит через нижний носовой ход и мало соприкасается со слизистой обонятельной области, расположенной в верхнем носовом ходу. Обонятельные ощущения при этом являются лишь результатом диффузии между вдыхаемым воздухом и воздухом обонятельной области. Слабые запахи при таком дыхании не ощущаются. Для того чтобы запаховые вещества достигли обонятельных рецепторов, необходимо более глубокое дыхание (т. е. глубокий вдох) или несколько коротких дыханий, быстро следующих одно за другим. Именно так животные принимают пищу, увеличивая ток воздуха в верхнем носовом ходе. Во время еды рецепторы обонятельного анализатора раздражаются воздухом, проходящим через хоаны. Ощущение запаха вызывают молекулы вещества, непрерывно отделяющиеся от различных пахучих тел. Эти частицы чрезвычайно летучи и специфичны для каждого вещества. Проникая в верхний носовой ход, они действуют на обонятельные клетки, которые благодаря своей специфичности позволяют человеку или животному отличить один запах от другого и даже уловить какой-либо определенный запах в смеси нескольких запахов. Смесь запахов может восприниматься по-разному. Так, может происходить слияние запахов, когда смесь воспринимается как один новый запах с незначительным ощущением составляющих запахов, **смещение типа «музыкального аккорда»**, когда ощущается каждый запах в отдельности и в то же время вместе они создают некий цельный образ; **чередование обонятельных ощущений**, когда составляющие запах смеси возникают друг за другом; **маскировка запахов**, когда один или несколько составляющих компонентов смеси запахов маскируют другие запахи; **компенсация запахов**, когда в смеси запахов недостаток одних компенсируется другими. Запаховые вещества с током воздуха могут далеко распространяться от их источника. Животные способны уловить источник запаха на большом расстоянии от него. Интенсивный запах воспринимается обонятельными клетками сильнее и подавляет более слабые запахи.

Молекулы пахучего вещества соприкасаются и взаимодействуют с **клетками обонятельного эпителия**. Они адсорбируются на небольшом участке мембраны обонятельного рецептора, изменяя ее проницаемость для отдельных ионов. Это ведет к развитию потенциала действия, и рецептор возбуждается. Ответы разных рецепторных клеток неодинаковы.

Выявлена совокупность обонятельных рецепторов, обладающих различными спектрами чувствительности, что позволяет производить анализ запахов. В результате такого контакта в рецепторной клетке рождается нервный импульс, который устремляется по аксону в головной мозг. Аксоны обонятельных клеток собираются в 15–20 стволиков и через мелкие отверстия решетчатой пластинки в верхних отделах полости носа уходят в полость черепа, достигая следующего отдела обонятельного анализатора – **обонятельной луковицы** (рисунок 4). Их две, и лежат они на нижней поверхности правой и левой лобных долей коры головного мозга. Обонятельная луковица представляет собой сложно организованный нервный центр, где осуществляется предварительная обработка всей поступающей информации о запахах.

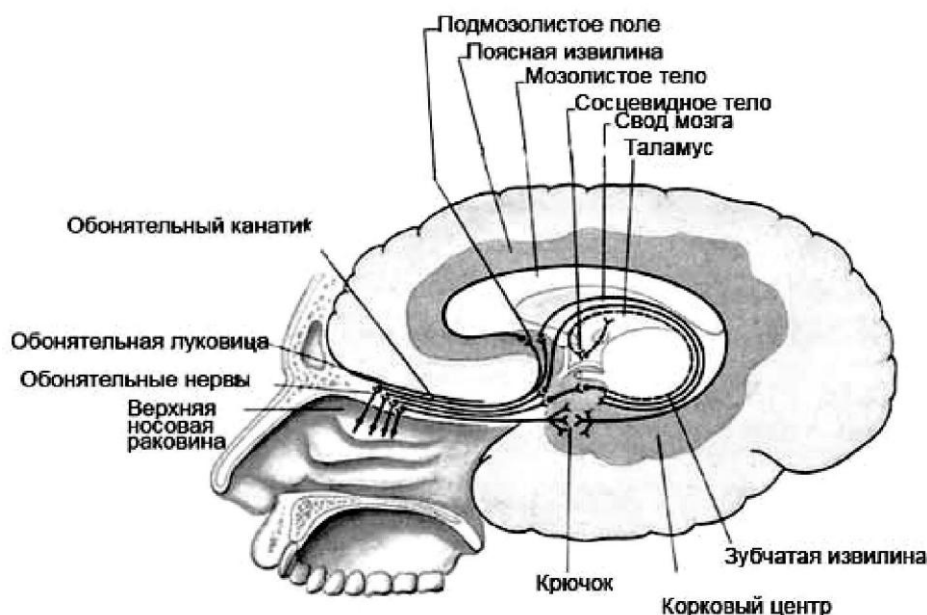


Рисунок 4 – Представительство обонятельного анализатора в головном мозге

От нейронов обонятельной луковицы начинается проводящий путь анализатора обоняния. Аксоны вторых нейронов следуют в составе обонятельного тракта по направлению к **обонятельному треугольнику**.

Часть волокон обонятельного тракта прерывается в области скопления нервных клеток, расположенных в центральных отделах обонятельного тракта, в обонятельном треугольнике или в переднем продырявленном веществе, т. е. в первичных обонятельных корковых центрах (древняя кора).

Аксоны III нейронов, тела которых расположены в первичных обонятельных корковых центрах, группируются в виде трех обонятельных пучков – латерального, промежуточного и медиального, являющихся основой одноименных обонятельных полосок, и достигают вторичных обонятельных центров: **гиппокампа** (старая кора) и **крючка парагиппокампальной извилины** (промежуточная кора).

Латеральный обонятельный пучок – наиболее мощный, он идет непосредственно к корковому концу анализатора обоняния – крючку парагиппокампальной извилины.

Промежуточный обонятельный пучок заканчивается у клеток переднего продырявленного вещества своей и противоположной стороны, следуя в последнем случае через переднюю спайку. Аксоны клеток продырявленного вещества проходят через прозрачную перегородку, свод и по бахромке гиппокампа устремляются к крючку парагиппокампальной извилины.

Медиальный обонятельный пучок заканчивается у клеток подмозолистого поля и паратерминальной извилины (последняя относится к древней коре). Аксоны клеток подмозолистого поля и паратерминальной извилины направляются к парагиппокампальной извилине и гиппокампу.

У обонятельного анализатора имеется особенность по сравнению с другими сенсорными органами. У млекопитающих отсутствует переключение обонятельной афферентации в таламусе и практически нет перекреста.

Классификация запахов. Точная классификация запахов не разработана. Запахи обозначают названием тех веществ, которые служат их источником, например: запах чеснока, розы, уксуса и т. д. Первые попытки классификации запахов основывались на их субъективной оценке и были весьма условны. Затем Х. Хеннинг предложил классифицировать запахи на основании химической структуры запаховых веществ. Однако оказалось, что вещества различной химической структуры могут обладать одинаковыми запахами. Позднее специалист по органической химии Д. Эймур попытался определить основные группы запахов. Он исследовал запахи тысяч различных веществ и пришел к выводу, что существует семь основных запахов: камфорный, мускусный, цветочный, мятный, эфирный, острый и гнилостный.

Д. Эймур считал, что, смешивая эти запахи в определенных пропорциях, можно получить любой сложный запах. Он выяснил, что молекулы всех веществ, обладающих камфорным запахом, имеют шаровидную форму, молекулы веществ с запахом мускуса – форму диска, а молекулы веществ с эфирным запахом – форму палочек. Однако не все запахи связаны с формой молекул, они зависят также от электрического заряда молекул. Если заряд положительный – запах острый, отрицательный – гнилостный.

Предложено классифицировать запаховые вещества на основании их физических свойств, а именно по различной способности поглощать ультрафиолетовые лучи. Каждому запаховому веществу свойственен свой спектр поглощения. Выделено семь основных групп запахов.

В числе запаховых веществ особое сигнальное значение имеют пахучие вещества, выделяемые животными. Эти вещества названы *телергонами*, что в переводе с греческого означает «действующие вдали». Многие телергоны обладают очень высокой специфической активностью. Например, выделения мандибулярных желез одной пчелиной матки тормозят развитие яичников у всех рабочих пчел улья. Телергоны делят на гомо- и

гетеротелергоны. Для гомотелергонов предложен другой термин – **феромоны**. Это запаховые вещества, образуемые и выделяемые животными в окружающую среду и вызывающие у других особей того же вида специфическую реакцию. У млекопитающих секреты кожных желез, имеющие специфический запах, служат средством общения особей одного вида. Сигнализация с помощью запахов осуществляется как на расстоянии, так и во времени. При помощи обонятельного анализатора происходит узнавание пола, возраста, функционального состояния, индивидуальных особенностей особи. Пахучие метки, оставляемые на различных предметах при маркировке животными территории, сохраняются довольно длительное время. Во время течки самки выделяют запахи, возбуждающие самцов.

Острота обоняния. Все вышеупомянутые классификации запахов предложены для сильно пахнущих веществ, различаемых человеком, который является микросоматиком. В жизни животных-макросоматиков роль обоняния огромна. Необыкновенно сильно развито обоняние у некоторых видов бабочек. Самец может найти самку, находящуюся от него на расстоянии 8–10 км, ориентируясь по запаху, выделяемому половой железой самки. Собака может определить присутствие одной молекулы запахового вещества в 1 л воздуха. Бизоны чуют приближающегося врага на расстоянии 1 км. Охотничьи собаки легавых пород скачут по болоту с большой скоростью и среди многих запахов пахучих трав, застоявшейся воды, почвы и прочего могут дифференцировать запах гаршнепа – птицы немногим крупнее воробья, и даже не только запах самой птицы, но и места, где она сидела. Общеизвестна способность служебных собак обнаруживать наркотики (марихуана, гашиш). Служебные собаки различают индивидуальные запахи следов людей и животных, хотя к запаху следа человека примешивается запах смазки обуви, дубильных веществ, раздавленных растений, асфальта и пр.

Чувствительность обоняния. Порог раздражения определяется минимальным количеством запахового вещества, необходимого для ощущения запаха. На чувствительность обонятельного анализатора влияют факторы внешней среды: во влажном воздухе порог раздражения снижается так же, как и в чистом, содержащем незначительное количество молекул других пахучих веществ. Повышаются пороги раздражения в жаркий сухой день и сильный мороз. При насморке набухание слизистых оболочек препятствует прониканию молекул к рецепторным клеткам, в связи с чем порог раздражения резко повышается и обоняние временно исчезает.

При длительном раздражении рецепторных клеток одним и тем же запаховым раздражителем обонятельный анализатор адаптируется к данному запаху и он более не ощущается. Способность воспринимать другие запахи при этом не нарушается. Изменение порога чувствительности обычно связано с процессами, происходящими в мозговом отделе анализатора, а не в рецепторном.

Домашние животные – макросоматики, они обладают хорошим обонянием. Лошади не выносят резких и дурных запахов. Они отказываются поедать корм и пить воду, если от кормушки пахнет дезинфицирующими средствами. Рогатый скот тонко различает запахи трав и издалека чувствует хищников. Но наибольшего развития обоняние достигло у собак. Путем направленного подбора и отбора созданы породы охотничьих собак с чрезвычайно сильно развитым обонятельным анализатором.

Теории запахов. Существует две теории запахов: *химическая* и *физическая*. Согласно первой из них в основе запаха вещества лежит строение молекулы. Однако с точки зрения химической теории трудно объяснить случаи сильного развития обоняния у животных.

Физическая теория запахов предполагает, что причина запаха кроется не в форме молекулы, а в электромагнитных колебаниях, вызванных низкочастотными вибрациями молекул веществ, причем у каждого вещества свой спектр. По-видимому, эти волны и улавливаются обонятельным анализатором животных с высокоразвитым обонянием.

Эти теории отнюдь не исключают одна другую. Молекулы, сходные по своему строению, вероятно, и вибрируют одинаково, поэтому спектры их излучения близки один к другому.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что включает в себя любой анализатор?
2. Как классифицируются рецепторы в зависимости от их места расположения в организме?
3. В чем заключается особенность вторично чувствующих рецепторов?
4. Объясните принцип двойственности проекций сенсорных путей.
5. Охарактеризуйте такие общие свойства анализаторов, как чувствительность и специфичность. Приведите примеры.
6. Какие свойства имеют ощущения?
7. Дайте характеристику такому свойству анализаторов, как адаптация. Какой она бывает?
8. Как осуществляется взаимодействие анализаторов?
9. Где находится обонятельный анализатор и что он собой представляет?
10. Каков механизм обоняния?
11. В чем особенность обонятельного анализатора по сравнению с другими сенсорными системами?
12. По каким признакам классифицируются запахи?
13. Что такое телергоны и феромоны?
14. Как определяется чувствительность обоняния и когда она может снижаться?

Опыт: Адаптация рецепторов кожного, вкусового и обонятельного анализаторов

Оснащение: банка, термометр, резиновая трубка, 5% раствор поваренной соли, часы.

Ход работы. Нагреть воду в банке до 40–55⁰ С и предложить испытуемому опустить руку в воду. В первый момент вода кажется горячей, затем теплой, и, наконец, через некоторое время вода кажется «индифферентной» (ни холодной, ни теплой). Определение температуры воды покажет, что она не изменилась. Погрузить в воду участки кожи руки, которые были над водой. Эти участки воспримут воду, как горячую. Определить по часам время частичной и полной адаптации.

К носу испытуемого поднести резиновую трубку. Сначала воспримется запах резины, который затем постепенно притупится и исчезнет. По часам определить время адаптации обоняния.

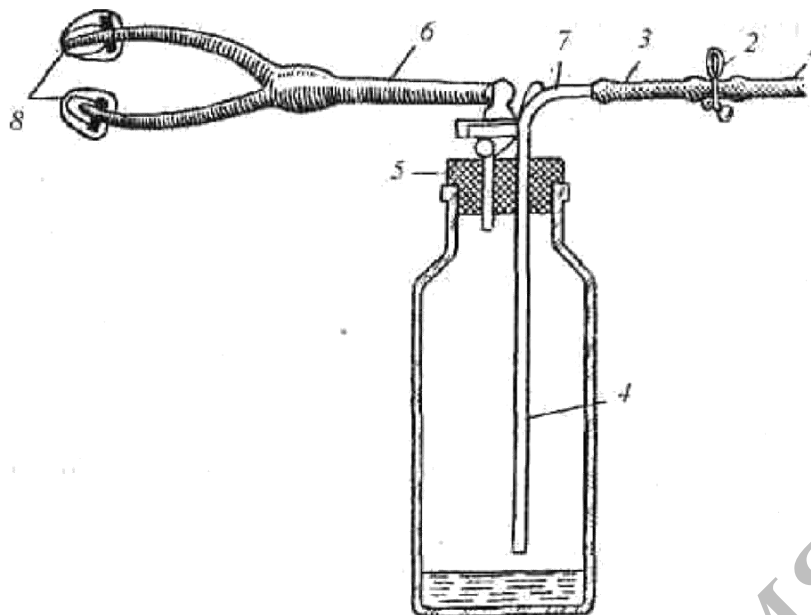
Предлагают испытуемому взять в рот 5% раствор поваренной соли. Ощущение соленого постепенно уменьшится, а затем полностью исчезнет. Определить время адаптации.

Опыт: Определение порогов восприятия обонятельных раздражений

Оснащение: ольфактометр, спирт, вата, набор пахучих веществ (валериановая кислота, бензойная кислота, камфора, кедровое масло, йодоформ и другие).

Ход работы. Определить порог обоняния с помощью любого из имеющихся ольфактометров (рисунок 5) для ряда пахучих веществ: валериановой кислоты, бензойной кислоты, камфоры, воска, кедрового масла, толуанского бальзама, йодоформа и др.

Пользуясь, к примеру, ольфактометром Цваардемакера, можно выполнить работу следующим образом. Взять каучуковый ольфактометрический цилиндр, полностью надвинуть его на внутреннюю обонятельную трубку, а согнутую часть этой трубки вставить в полость носа исследуемого. При этом обследуемый не должен ощущать никакого запаха (если же запах ощущается, то ольфактометр следует промыть и высушить). Выдвигать постепенно каучуковый цилиндр до того момента, когда исследуемый начнет ощущать запах.



- 1 – насадка для присоединения шприца, 2 – кран, 3 – резиновый шланг, 4 – стеклянная трубка, 5 – резиновая пробка, 6 – выпускной кран, 7 – рукоятка клапана, 8 – оливы, вставляемые в ноздри

Рисунок 5 – Ольфактометр

В норме для каучука пороговое восприятие запаха достигается, если внешний цилиндр выдвинут на 1 см (одна ольфактия по Цваардемакеру). Чем больший участок ольфактометрического цилиндра надвинут на обонятельную трубку, тем меньше интенсивность раздражения.

Таким образом, острота обоняния обратно пропорциональна длине, на которую выдвинут ольфактометрический цилиндр. Для определения остроты обоняния следует единицу разделить на число найденных ольфактий. Заменить каучуковый цилиндр другими ольфактометрическими пористыми трубками, пропитанными указанными запахowymi веществами. Определить пороги для этих химических веществ. Полученные данные сравнить с величинами, характеризующими остроту нормального обоняния.

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Можно ли утверждать, что анализаторы – это сложные нервные механизмы, посредством которых нервная система получает раздражения только из внешней среды и воспринимает эти раздражения в виде ощущений?

2. Какой отдел не входит в состав анализаторов:

- | | |
|---------------------|------------------------------------|
| а) рецепторный; | в) корковый отдел головного мозга; |
| б) проводящие пути; | г) ствол мозга. |

3. Рецепторы, возбуждающиеся при их непосредственном контакте с объектом внешней среды – это:

- | | | |
|----------------|--------------|------------------|
| а) дистантные; | в) слуховые; | д) зрительные; |
| б) контактные; | г) вкусовые; | е) обонятельные. |

4. В каких рецепторах восприятие и трансформация энергии раздражителя в энергию возбуждения происходит в самом чувствительном нейроне:

- а) первично чувствующие; в) слуховые; д) зрительные;
б) вторично чувствующие; г) вкусовые; е) обонятельные.

5. Какое из общих свойств не присуще анализаторам:

- а) чувствительность; в) интенсивность; д) адаптация;
б) способность к ответу на г) специфичность; е) воспроизведение
длящееся раздражение; последовательных
образов.

6. Можно ли утверждать, что укол иглой будет специфическим раздражителем для слухового анализатора?

7. Какое из свойств ощущений характеризует салатовый цвет:

- а) качество; в) протяженность;
б) интенсивность; г) длительность.

8. Правда ли, что человек – макросоматик?

9. Какие структуры не входят в состав периферического отдела обонятельного анализатора:

- а) стрекательные клетки; в) опорные клетки;
б) биполярные нейроны; г) базальные клетки.

10. Каковы функции слизи, покрывающей поверхность обонятельного эпителия:

- а) защищает эпителий г) участвует в образовании
от высыхания; феромонов;
б) участвует в образовании д) согревает поступающий
потенциала действия; в носовую полость воздух;
в) удаляет остатки пахучих е) помогает определить
веществ; вкус пищи.

11. Человек ощущает запах при прикосновении молекул пахучего вещества

- с: а) стрекательными клетками; в) опорными клетками; б) биполярными нейронами; г) базальными клетками.

12. Куда не поступают импульсы от периферического отдела обонятельного анализатора:

- а) обонятельная луковица; в) таламус; д) гиппокамп;
б) крючок парагиппокампальной г) гипоталамус; е) миндалевидный
извилины; комплекс.

13. Какой запах не входит в классификацию по Д. Эймуру:

- а) камфорный; в) затхлый; д) мятный; ж) острый;
б) мускусный; г) цветочный; е) эфирный; з) гнилостный.

14. Можно ли утверждать, что телергоны – это пахучие вещества, выделяемые животными?

15. Феромоны – это:

- а) гомотелергоны; в) псевдотелергоны;
б) гетеротелергоны; г) мультителергоны.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Физиология анализаторов

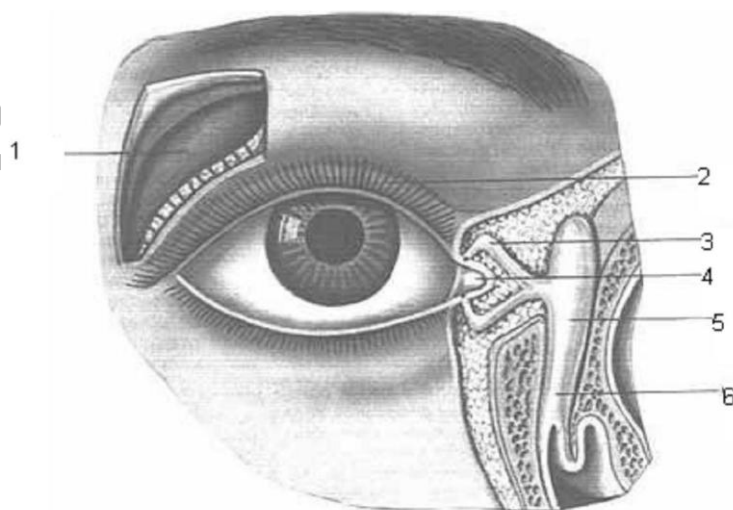
Цель: изучить строение и функции зрительного анализатора, механизм аккомодации, бинокулярного и цветного зрения, движения глаз, феномены зрительного восприятия.

Теоретическая часть ЗРИТЕЛЬНЫЙ

АНАЛИЗАТОР – важнейший из органов чувств, он дает человеку до 90% информации о внешней среде. Данный анализатор обладает способностью воспринимать электромагнитное излучение в световом диапазоне длин волн и обеспечивает функцию зрения. Он состоит из трех основных частей: периферической (глаз), проводниковой (зрительные нервы и все промежуточные центры) и корковой (затылочный отдел коры больших полушарий).

Основные функции зрительного анализатора:
оптическая система, проецирующая изображение; система, воспринимающая и «кодирующая» полученную информацию для головного мозга; «обслуживающая» система жизнеобеспечения.

Орган зрения у человека и животных представлен двумя глазными яблоками (глазами) и вспомогательным аппаратом. К вспомогательному аппарату относятся веки, ресницы, брови, глазные мышцы и слезные железы (рисунок 6).



1 – слезная железа, 2 – верхнее веко, 3 – слезный каналец,
4 – слезное озеро, 5 – слезный мешок, 6 – носослезный проток

Рисунок 6 – Вспомогательный аппарат глаза

Веки – это кожные складки, ограничивающие глазную щель и закрывающие ее при смыкании. Внутренняя поверхность века покрыта тонкой слизистой оболочкой – **конъюнктивой**. Функции век: распределение слезной жидкости по поверхности глаза, защита от механических воздействий и от высыхания поверхности глаза. Человек моргает примерно через каждые 5 секунд.

Ресницы располагаются по краям век в 2–3 ряда (около 80 ресниц). Ресницы и брови защищают от попадания инородных частиц.

Слезная железа располагается в верхнем наружном углу глаза. Ее секрет – слеза – вырабатывается непрерывно (у человека за сутки около 100 мл). Через носослезный канал слеза постоянно стекает в носовую полость.

Слеза содержит около 1,5% NaCl, обладает бактерицидным свойством, т. к. содержит бактерицидное вещество **лизоцим**. Значение слезы:

- омывает переднюю поверхность глазного яблока, увлажняя его, что предохраняет от высыхания поверхностные клетки;

- удаляет инородные частички; разрушает бактерии, попадающие на поверхность глаза;

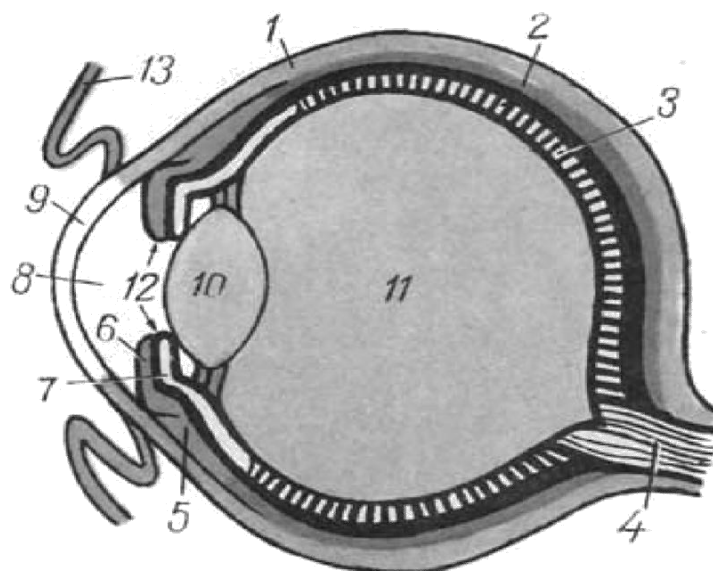
- со слезами из организма выводятся вещества, образующиеся при нервном напряжении и эмоциональном стрессе.

Глазные мышцы приводят в движение глазные яблоки. **Четыре прямые** и **две косые мышцы** каждого глаза работают синхронно и обеспечивают установку глаз таким образом, чтобы обе зрительные оси сходились на рассматриваемом предмете.

Глазное яблоко имеет шаровидную форму диаметром у взрослого человека около 24 мм. Оно ограничено с поверхности тремя оболочками: наружная – **белочная (склера)**, средняя – **сосудистая** и внутренняя – **светочувствительная (сетчатка)** (рисунок 7). Глаз состоит из **оптической** и **фоторецепторной частей**. Оптическая система глаза состоит из роговицы, передней и задней камер глаза, зрачка, хрусталика и стекловидного тела.

Склера – непрозрачная наружная оболочка глазного яблока, переходящая в передней части глазного яблока в роговицу. К склере крепятся 6 глазодвигательных мышц. В ней находится небольшое количество нервных окончаний и сосудов. **Роговица** – прозрачная оболочка, покрывающая переднюю часть глаза. В ней отсутствуют кровеносные сосуды, она имеет большую преломляющую силу.

Сосудистая оболочка – выстилает задний отдел склеры, к ней прилегает сетчатка, с которой она тесно связана. Сосудистая оболочка ответственна за кровоснабжение внутриглазных структур. В сосудистой оболочке нет нервных окончаний, поэтому при ее заболевании не возникают боли, обычно сигнализирующей о каких-либо неполадках. В передней части она переходит в радужку, которая по форме похожа на круг с отверстием внутри (зрачком).



1 – белочная оболочка (склера), 2 – сосудистая оболочка, 3 – сетчатка, 4 – зрительный нерв, 5 – ресничное тело, 6 – радужная оболочка, 7 – радужная часть сетчатки, 8 – передняя камера глаза, 9 – роговица, 10 – хрусталик, 11 – стекловидное тело, 12 – зрачок, 13 – конъюнктура глаза

Рисунок 7 – Строение глазного яблока

Радужка состоит из мышц, при сокращении и расслаблении которых размеры зрачка меняются. Радужка содержит пигмент, придающий цвет глазу: у человека он голубой, серый, зеленый и карий, у крупного рогатого скота – темно-коричневый, у лошади – темно- и светло-коричневый, у овцы – желто-бурый, у козы – голубоватый или желтый, у собаки – от темно-коричневого до желтого, иногда голубого цвета, у кошки – желтый или зеленый, иногда голубой. В середине радужной оболочки находится отверстие – **зрачок**. Диаметр зрачка непостоянен. Он изменяется в зависимости от освещенности. Наименьший диаметр зрачка около 2 мм, наибольший – 8 мм. Световой поток, попадающий в глаз при наименьшем диаметре зрачка, в 16 раз меньше, чем при его наибольшем диаметре. Изменение диаметра зрачка происходит рефлекторно и относительно медленно. Необходимо около 5 с, чтобы зрачок сузился при переходе от тусклого освещения к яркому. Еще больше времени требуется для полного расширения зрачка при переходе от яркого освещения к тусклому (около 5 мин). Основная функция зрачка состоит не только в том, чтобы уменьшить или увеличить величину светового потока, попадающего в глаз, но и в том, чтобы пропускать тот свет, который попадает на центральную сферически правильную часть хрусталика. Парасимпатическая нервная система иннервирует кольцевые мышцы радужки, а симпатическая – радиальные. При повышении тонуса парасимпатического отдела нервной системы величина зрачка уменьшается, при повышении тонуса симпатического отдела – увеличивается.

Передняя камера глаза – это пространство между роговицей и радужкой. Она заполнена внутриглазной жидкостью (водянистая влага).

Хрусталик – двояковыпуклая линза глаза состоит из тонких прозрачных пластинок, плотно прилегающих одна к другой, подобно чешуйкам в луковице. Он прозрачен, эластичен – может менять свою форму, почти мгновенно «наводя фокус», за счет чего человек видит хорошо и вблизи, и вдали. Основная функция хрусталика состоит в преломлении проходящих через него лучей света и фокусировки изображения на сетчатке. Располагается в капсуле, удерживается **цилиарной связкой**. С помощью этой связки крепится к **ресничной мышце**.

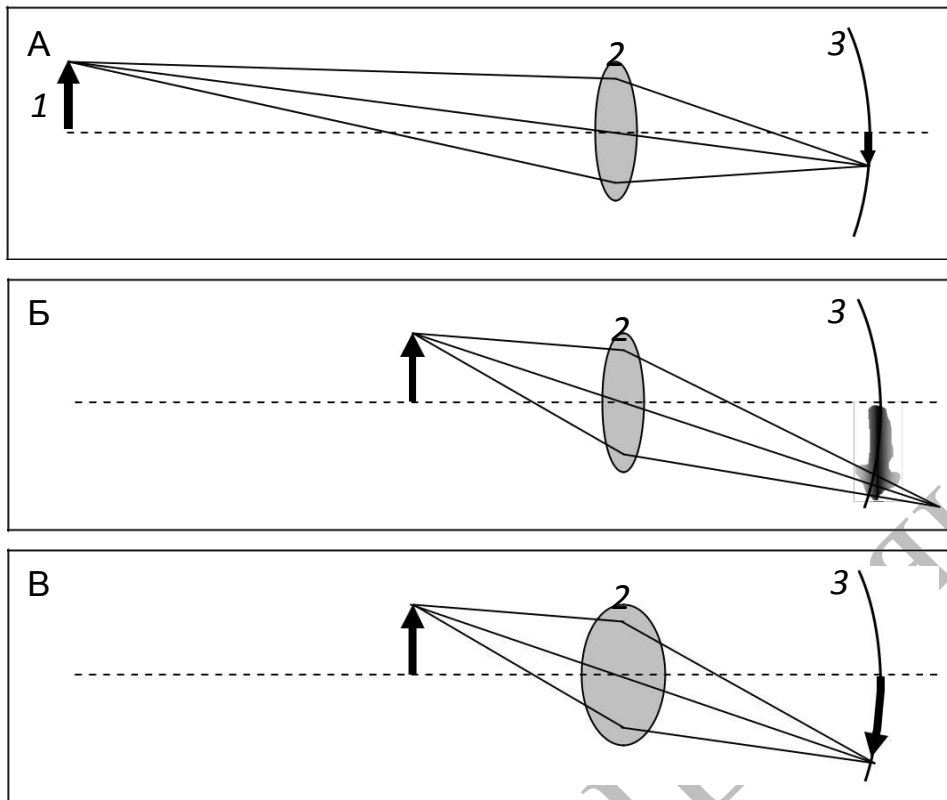
Стекловидное тело – гелеобразная прозрачная субстанция, расположенная в заднем отделе глаза. Стекловидное тело поддерживает форму глазного яблока, участвует во внутриглазном обмене веществ.

Аккомодация и ее механизм. Аккомодационный аппарат глаза обеспечивает фокусировку изображения на сетчатке, а также приспособление глаза к интенсивности освещения. Он включает в себя радужку со зрачком и ресничную мышцу с цилиарной связкой хрусталика.

Фокусировка изображения обеспечивается за счет изменения кривизны хрусталика, которая регулируется ресничной мышцей.

В глазу, находящемся в покое, т. е. при расслаблении ресничной мышцы и натяжении цилиарной связки, хрусталик имеет более плоскую форму и попадающие на него лучи фокусируются на сетчатке (рисунок 8). При этом глаз хорошо видит предметы, находящиеся вдали. При фиксации глазами близких предметов напрягается ресничная мышца, тяга цилиарной связки ослабляется и хрусталик приобретает более выпуклую форму, в связи с чем глаз хорошо видит предметы вблизи. Свойство глаза, позволяющее одинаково хорошо видеть предметы, находящиеся вблизи и вдали, называется **аккомодацией**.

Величина, на которую изменяется преломляющая сила глаза при наибольшей аккомодации по сравнению с состоянием покоя, называется **сила аккомодации**, а пространство между дальней и ближней точкой ясного видения – **область аккомодации**. Сила аккомодации не всегда одинакова: она изменяется в зависимости от общего состояния организма и при утомлении уменьшается.

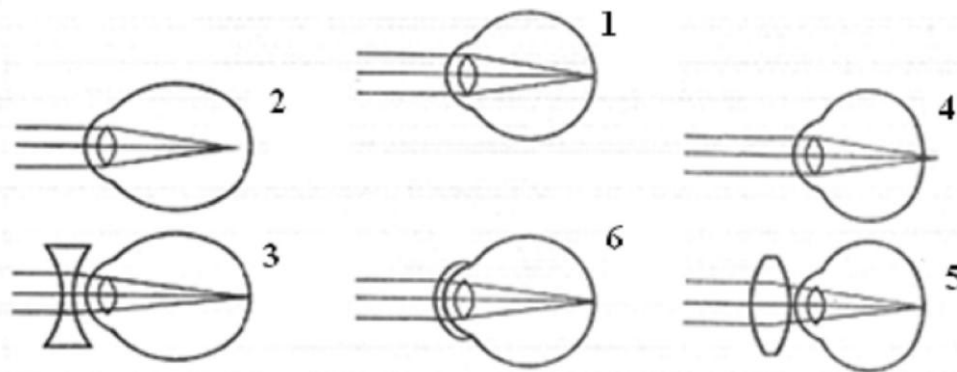


А – глаз сфокусирован на удаленном объекте (1);
 Б – при приближении объекта происходит «расфокусировка» изображения на сетчатке (3);
 В – увеличение кривизны хрусталика (2) восстанавливает четкость изображения на сетчатке

Рисунок 8 – Механизм аккомодации

Основные нарушения аккомодации:

1. **Близорукость (Миопия)** – неспособность четко видеть удаленные предметы, т. к. фокус находится перед сетчаткой из-за высокой кривизны хрусталика. Коррекция близорукости достигается с помощью двояковогнутых линз (рисунок 9).



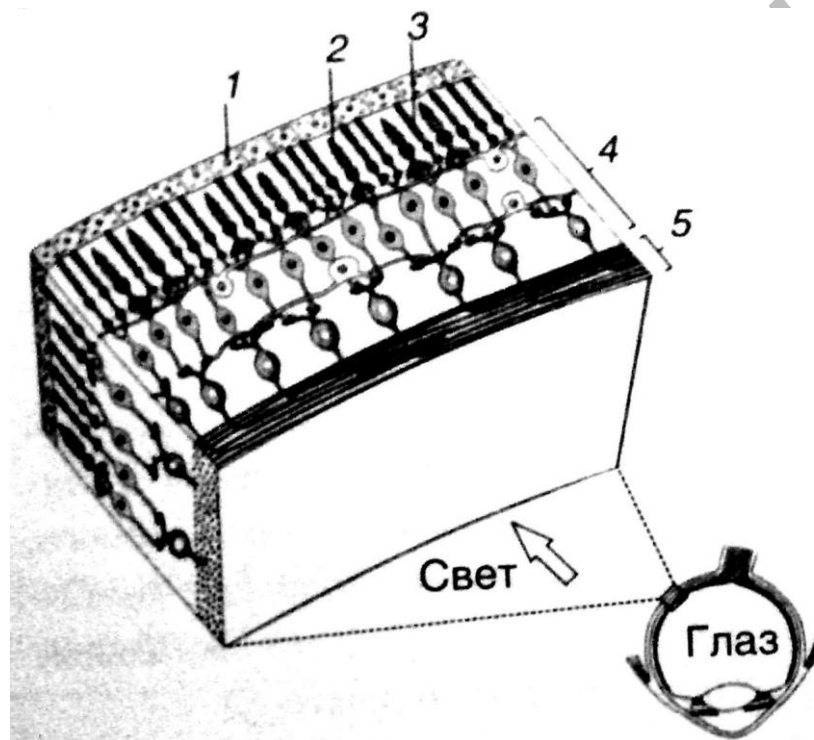
1 – нормальное зрение; 2 – близорукость; 3 – коррекция близорукости с помощью очков с двояковогнутыми линзами; 4 – дальнозоркость; 5 – коррекция дальнозоркости с помощью очков с двояковыпуклыми линзами; 6 – коррекция зрения с помощью контактной линзы

Рисунок 9 – Нарушения зрения и его коррекция

2. **Дальнозоркость (Пресбиопия)** – неспособность четко видеть близкие предметы, т. к. фокус глаза располагается за сетчаткой. Коррекция с помощью двояковыпуклых линз.

3. **Астигматизм** – это фокусирование разных лучей либо перед, либо позади, либо на сетчатке вследствие неодинаковой кривизны роговицы на разных участках. Коррекция с помощью специальных линз.

Структура и функции сетчатки. К стекловидному телу прилегает третья оболочка – **сетчатая**, в которой расположены фоторецепторы – палочки и колбочки, воспринимающие световые лучи, и нервные клетки с многочисленными отростками (рисунок 10). Наружный слой сетчатки, прилегающий к сосудистой оболочке, состоит из **пигментных клеток**, содержащих пигмент **фусцин**, который, препятствуя отражению и рассеиванию световых лучей, способствует четкости зрительного восприятия.



1 – пигментный слой; 2 – колбочки; 3 – палочки; 4 – слой нейронов; 5 – волокна зрительного нерва

Рисунок 10 – Строение сетчатки

От внутренней поверхности пигментного слоя в глубину примыкающего слоя фоторецепторов отходят отростки (борода), окружающие светочувствительные клетки. При сильном освещении зерна пигмента перемещаются из эпителиальных клеток и заслоняют палочки и колбочки от яркого света. Пигментные клетки участвуют в синтезе зрительных пигментов.

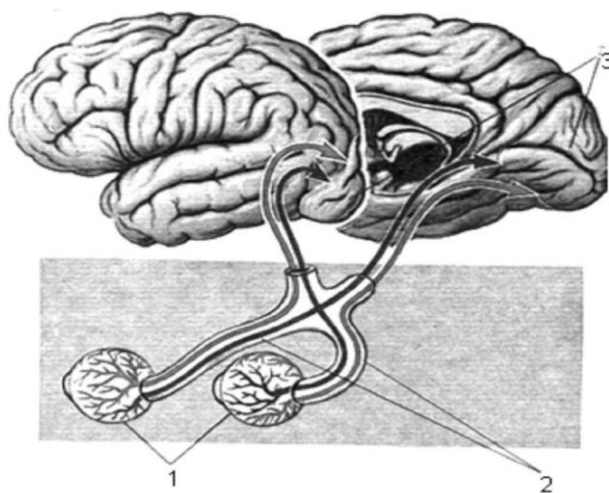
У ночных животных между пигментными клетками и фоторецепторами расположен слой, отражающий свет и состоящий из особых кристаллов или нитей. В результате отражения света от кристаллов у ночных

животных при внешнем освещении светятся глаза. Общее количество светочувствительных элементов в сетчатке глаза человека весьма велико – около 7 000 000 колбочек и 130 000 000 палочек. В *колбочках* содержится светочувствительный пигмент – *йодопсин*, а в *палочках* – *родопсин*. Под действием энергии света эти вещества претерпевают перестройки молекул, что приводит к возникновению нервного импульса. Молекулы йодопсина могут преобразовываться только при воздействии большого количества световой энергии. Родопсин – сложный белок, в состав которого входит небелковая часть – ретиналь, образующаяся из витамина А (вот почему недостаток витамина А приводит к развитию сумеречной слепоты). Родопсин обладает очень высокой чувствительностью, и его молекула разрушается при поглощении 1–2 квантов света. На ярком свете родопсин разрушается, и человек, входя в темное помещение, первое время ничего не видит, пока не восстановятся молекулы этого вещества. Палочки и колбочки состоят из двух члеников – наружного и внутреннего. Наружный членик содержит зрительный пигмент, чувствительный к действию света. Светочувствительные членики фоторецепторов обращены в сторону, противоположную свету. Внутренний сегмент оканчивается отростком, по которому возбуждение передается с фоторецептора на контактирующую с ним биполярную клетку. К слою биполярных клеток примыкает слой ганглиозных нервных клеток, отростки которых составляют волокна зрительного нерва. Свет, проникающий через стекловидное тело и внутренние слои сетчатки, не оказывает на них действия и воздействует только тогда, когда доходит до палочек и колбочек. В результате возникает нервный импульс, который по зрительному нерву направляется в головной мозг. Наибольшее возбуждение от действия света наблюдают в тех случаях, когда направление луча совпадает с длинной осью палочки или колбочки.

Возбуждение от фоторецепторов передается на волокна зрительного нерва через два слоя нервных клеток – *биполярных* и *ганглиозных*, контактирующих при помощи синапсов. Некоторые биполярные нейроны связаны со многими палочками, а ганглиозные клетки контактируют со многими биполярными клетками. В результате группа палочек, соединенных с одной ганглиозной клеткой, образует рецептивное поле для этой клетки. Иначе происходит передача импульса в мозг с колбочек. Каждая колбочка передает сигнал биполярной клетке, связанной только с ней одной. Следовательно, если импульсы от рядом находящихся палочек сливаются, то сигналы от двух рядом расположенных колбочек передаются отдельно. Кроме того, в сетчатке имеются еще горизонтальные (звездчатые) и амикриновые клетки с ветвящимися отростками. Горизонтальные клетки соединяют расположенные рядом фоторецепторы. Амикриновые клетки расположены подобно горизонтальным и образуют контакты с ганглиозными клетками.

При рассматривании задней стенки глазного яблока (глазного дна) виден бледно окрашенный участок, от которого расходятся кровеносные сосуды – это *слепое пятно*, в нем нет светочувствительных клеток.

Со всей сетчатки от биполярных нейронов и ганглиозных клеток к слепому пятну сходятся нервные волокна, образующие *зрительный нерв*. В области основания головного мозга лежит *перекрест зрительных нервов*, где происходит разделение каждого зрительного нерва следующим образом: нервные волокна, идущие от наружной части сетчатки (латеральные), идут в одноименное полушарие, а от внутренней части (медиальные) нервные волокна поступают в противоположное полушарие (рисунок 11).



1 – сетчатая оболочка глаза, 2 – зрительные нервы с их частичным перекрестом,
3 – зрительная зона в затылочных долях коры больших полушарий

Рисунок 11 – Схема строения зрительного анализатора

Волокна зрительного нерва идут без перерыва к *ядрам наружного (латерального) коленчатого тела*, а также к *ядрам передних бугров четверохолмия*, где расположены центры ориентировочной реакции на зрительные раздражители. В наружные коленчатые тела передаются импульсы, точно соответствующие реакциям фоторецепторов сетчатки. Отсюда по аксонам последнего нейрона зрительного пути импульсы идут в *затылочную область коры больших полушарий* – корковый центр зрительного анализатора.

По направлению к наружному краю глаза от слепого пятна на оптической оси сетчатки находится *желтое пятно* – место наилучшего видения. В его середине расположено углубление, называемое *центральной ямкой*, в которой светочувствительные клетки состоят почти исключительно из колбочек. По мере удаления от нее количество палочек возрастает, колбочек же становится все меньше.

Световая чувствительность и острота зрения. Фоторецепторы сетчатки могут реагировать на очень малую величину света с чрезвычайно экономным расходом зрительных пигментов.

Палочки более чувствительны (в 1 000 раз), чем колбочки. При малой интенсивности освещения восприятие света происходит при помощи палочек. Способность к ясному различию мелких предметов и их деталей

свойственна больше колбочкам, чем палочкам. Максимальную способность различать отдельные предметы называют *остротой зрения*. Ее определяют по наименьшему расстоянию между двумя точками, которые глаз видит отдельно, а не слитно. Максимальной остротой зрения обладает желтое пятно, к периферии от него острота зрения значительно ниже.

Бинокулярное зрение. Одновременное видение предметов двумя глазами – *бинокулярное зрение* – значительно увеличивает поле зрения, т. е. ту область, которую можно видеть при определенном положении глаз (рисунок 12). Зрение одним глазом – монокулярное – дает представление лишь о высоте, ширине, форме предмета, но не позволяет судить о взаиморасположении предметов в пространстве «по глубине». Одновременное зрение двумя глазами характеризуется тем, что при нем в высших зрительных центрах воспринимаются импульсы от одного и от другого глаза одновременно, однако нет слияния в единый зрительный образ. У животных с боковым расположением глаз (лошадь, заяц) поле зрения больше, чем у животных, глаза которых находятся на передней поверхности головы (кошка).

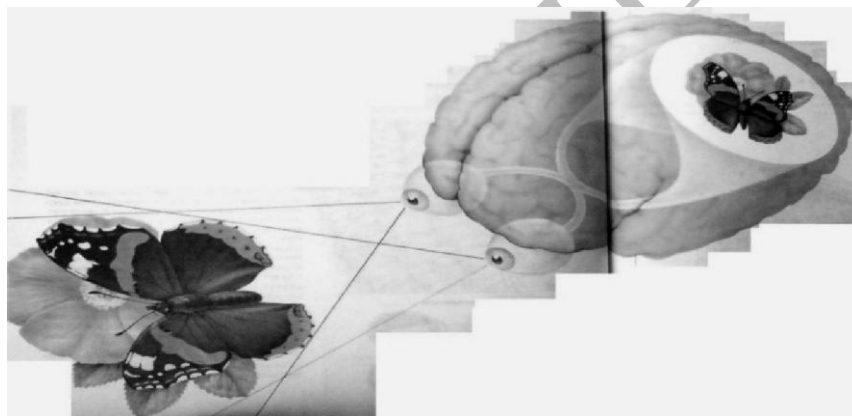


Рисунок 12 – Бинокулярное зрение

При бинокулярном зрении изображение предмета возникает на сетчатках обоих глаз, причем одна и та же точка поля зрения падает на определенные точки в обеих сетчатках. Такие точки называются *идентичными*. Клетки, расположенные на идентичных участках сетчатки, тесно связаны между собой функционально и находятся в одинаковом состоянии возбуждения, в связи с чем и возникает один образ предмета. Если же изображение падает на неидентичные точки сетчатки, то предмет начинает двоиться.

Поскольку между глазами есть расстояние, то каждый глаз видит предмет несколько сбоку и изображение на сетчатке получается не совсем одинаковым. Чем ближе находится предмет, тем больше будет разница в изображении, и в мозге, получающем соответствующие сигналы, создается представление о том или ином расстоянии до предмета.

У новорожденных детей нет сочетанных движений глаз, они появляются лишь через 2–3 недели, однако бинокулярного зрения еще нет. Бинокулярное зрение считают сформированным к 3–4 годам, окончательно устанавливается к 6–7 годам. Всякое расстройство бинокулярного зрения ведет к содружественному косоглазию.

При бинокулярном зрении используются следующие механизмы:

жизненный опыт – знание величин предметов; линейная

перспектива – чем дальше предмет, тем он меньше;

воздушная перспектива – чем дальше предмет, тем больше слой воздуха – нечеткие контуры;

угловая скорость – монокулярный параллакс – например, при езде в автомобиле близлежащие предметы проносятся быстро, дальние – медленно;

ближайшие предметы экранируют медленно; распределение

тени и света – выпуклые части более светлые;

при переводе взгляда кора головного мозга «вычисляет» расстояние.

Цветное зрение – сенсорное восприятие организмом светового излучения, испускаемого источниками света или отраженного материальными объектами, с дифференциацией ощущений в зависимости от длины волны света, попадающего в глаз. У животных, ведущих ночной образ жизни, в сетчатке преобладают палочки (летучая мышь, сова, крот, кошка, еж), а у дневных животных – колбочки (голуби, куры, ящерицы). На основании этих наблюдений был сделан вывод, что колбочки связаны с дневным зрением, а палочки в основном приспособлены для сумеречного зрения и не воспринимают цвета.

Теория двойственности зрения. Наличие двух фоторецепторных систем (колбочки и палочки), различающихся по световой чувствительности, обеспечивает подстройку к изменчивому уровню внешнего освещения. В условиях недостаточной освещенности восприятие света обеспечивается палочками, цвета при этом неразличимы (*скототопическое зрение*). При ярком освещении зрение обеспечивается главным образом колбочками, что позволяет хорошо различать цвета (*фототопическое зрение*).

В 1802 году Томас Юнг предположил, что глаз анализирует каждый цвет в отдельности и передает сигналы о нем в мозг по трем различным типам нервных волокон: один тип передает сигнал о наличии красного цвета, второй – зеленого, а третий – фиолетового. Полстолетия спустя гипотезу Юнга развил ученый Г. Гельмгольц. Согласно его гипотезе в сетчатке глаза человека должны быть три вида колбочек, максимум чувствительности которых приходится на красный, зеленый и синий участок спектра, т. е. соответствуют трем «основным» цветам. В 1870 году немецкий физиолог Э. Геринг сформулировал так называемую оппонентную гипотезу цветового зрения. Суть ее заключается в том, что некоторые «разные» цвета образуют при смешении промежуточные,

например зелёный и синий, желтый и красный. Другие пары промежуточных цветов образовать не могут, зато дают новые цвета, например красный и зеленый. Красно-зеленого цвета нет, есть коричневый. Геринг пришел к выводу, что таких пар цветов три: красный и зеленый, желтый и синий, белый и черный.

На сегодняшний день общепринята так называемая **трехкомпонентная теория цветового зрения**. Считают, что в колбочках содержатся три различных светочувствительных вещества. Одно из них распадается при действии главным образом красного цвета, другое – зеленого, а третье – синего. Следовательно, в каждой колбочке имеется три приемника света и каждый из трех компонентов цветоощущения передается по своей системе сигналов (коду), отличной от других компонентов. Комбинацией излучений этих основных цветов можно получить все оттенки спектра, воспринимаемого зрением. Если одновременно и в одинаковой степени раздражаются все три типа цветовоспринимающих элементов колбочек, то возникает ощущение белого цвета.

Цветовая слепота была открыта в XVIII веке и получила название дальтонизма. Им страдают 8% мужчин и 0,5% женщин. Это генное заболевание, связанное с отсутствием определенных генов в непарной X-хромосоме. Дальтонизм определяют с помощью цветковых таблиц, так как цветовая слепота важна для людей некоторых профессий.

Существует три разновидности цветовой слепоты:

протанопия – «краснослепые», человек не воспринимает красного цвета, сине-голубые лучи кажутся ему бесцветными;

дейтеранопия – «зеленослепые», человек не отличает зеленого цвета от темно-красного и голубого;

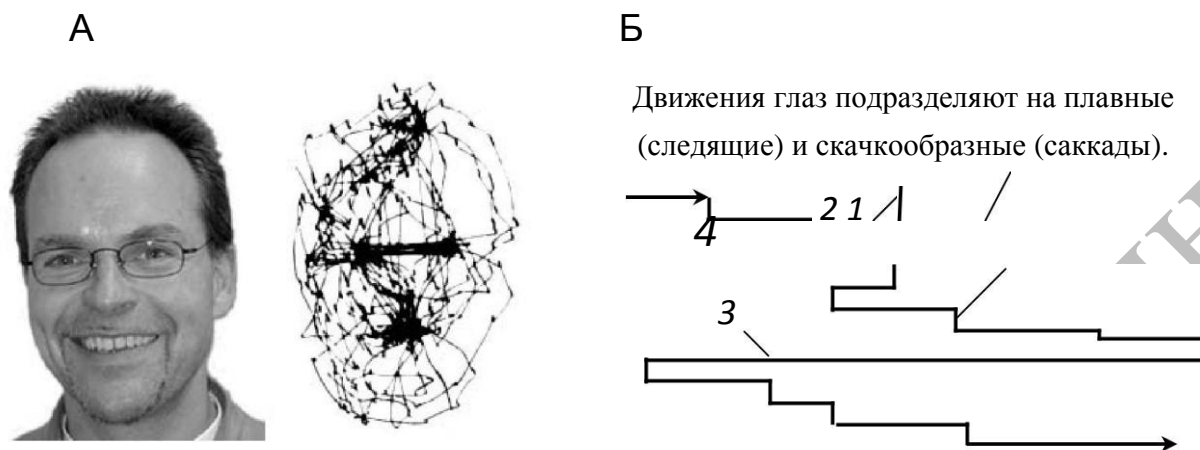
тританопия – редко встречается, человек не воспринимает лучи синего и фиолетового цвета.

Все эти аномалии хорошо объясняются трехкомпонентной теорией. Каждая из них является результатом отсутствия одного из трех цвето-воспринимающих веществ, располагающихся в колбочках. Иногда имеет место и полная цветовая слепота, что возникает в результате повреждения всего колбочкового аппарата. При этом все предметы черно-белые.

Движения глаз. Глаз человека приводится в движение шестью глазными мышцами, которые иннервируются тремя черепномозговыми нервами – глазодвигательным, блоковым и отводящим. Эти мышцы обеспечивают два типа перемещений глазного яблока – быстрые скачкообразные (саккады) и плавные следящие движения (рисунок 13).

Скачкообразные движения глаз (саккады) возникают при рассматривании неподвижных предметов. Быстрые повороты глазного яблока (10–80 мс) чередуются с периодами неподвижной фиксации взгляда в одной точке (200–600 мс). Угол поворота глазного яблока в течение одной саккады колеблется от нескольких угловых минут до 10 ,

а при переводе взгляда с одного объекта на другой может достигать 90°. При больших углах смещения саккады сопровождаются поворотом головы; смещение глазного яблока обычно опережает движение головы.



А – запись движений глаз при рассматривании в течение нескольких минут портрета слева. Б – схематическое изображение движений глаз при чтении текста:

- 1 – саккада при переводе взгляда на другое слово, 2 – обратная саккада для повторного прочтения слова,
- 3 – скачкообразный перевод взгляда в начало второй строчки, 4 – период фиксации взгляда между саккадами

Рисунок 13 – Движения глаз при рассматривании портрета (А) и чтении текста (Б)

Плавные движения глаз сопровождают перемещающиеся в поле зрения объекты. Угловая скорость таких движений соответствует угловой скорости объекта. Если последняя превышает 80 /с, то слежение становится комбинированным: плавные движения дополняются саккадами и поворотами головы.

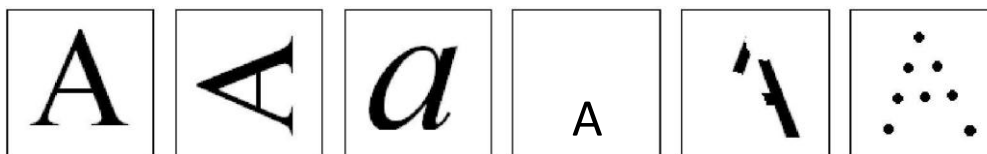
Нистагм – периодическое чередование плавных и скачкообразных движений. Когда едущий в поезде человек смотрит в окно, его глаза плавно сопровождают перемещающийся за окном пейзаж, а затем взгляд скачкообразно перемещается на новую точку фиксации.

Феномены зрительного восприятия. Распознавание образов.

Зрительная система обладает замечательной способностью распознавать объект при самых разных вариантах его изображения. Мы можем узнавать образ (знакомое лицо, букву и т. п.), когда некоторых его частей недостает, когда он содержит лишние элементы, когда он по-разному ориентирован в пространстве, имеет разные угловые размеры, повернут к нам разными сторонами и т. п. (рисунок 14). Нейрофизиологические механизмы этого феномена в настоящее время интенсивно изучаются.

Постоянство формы и размеров. Как правило, мы воспринимаем окружающие предметы неизменными по форме и размерам. Хотя на самом деле их форма и размеры на сетчатке не являются постоянными.

Например, велосипедист в поле зрения всегда кажется одинаковым по величине независимо от расстояния до него. Колеса велосипеда воспринимаются как круглые, хотя на самом деле их изображения на сетчатке могут быть узкими эллипсами.



Человек легко распознает знакомые буквы при их разной ориентации, разном варианте написания, разных размерах, отсутствии части изображения и даже может составить образ из разрозненных фрагментов

Рисунок 14 – Распознавание образов

Это явление демонстрирует роль опыта в видении окружающего мира. Нейрофизиологические механизмы этого феномена в настоящее время неизвестны.

Восприятие глубины пространства. Изображение окружающего мира на сетчатке является плоским. Однако мы видим мир объемным. Существует несколько механизмов, которые обеспечивают построение 3-мерного пространства на основании плоских изображений, сформированных на сетчатке.

Поскольку глаза расположены на некотором расстоянии друг от друга, то изображения, формирующиеся на сетчатке левого и правого глаза, несколько различаются друг от друга. Чем ближе расположен объект по отношению к наблюдателю, тем больше будут различаться эти изображения.

Чем дальше расположен объект, тем меньше угловой размер его изображения на сетчатке. Оценивая угловые размеры знакомых предметов, мы можем оценивать расстояние до них.

Перекрытие изображений также помогает оценить их взаимное расположение в пространстве. Изображение близкого предмета может перекрывать изображение удаленного, но не наоборот.

При смещении головы наблюдателя изображения наблюдаемых объектов на сетчатке также будут смещаться (явление параллакса). При одном и том же смещении головы изображения близких объектов будут смещаться сильнее, чем изображения удаленных.

Восприятие неподвижности пространства. Если, закрыв один глаз, нажать пальцем на второе глазное яблоко, то мы увидим, что мир вокруг нас смещается в сторону. В обычных условиях окружающий мир неподвижен, хотя изображение на сетчатке постоянно «прыгает» за счет перемещения глазных яблок, поворотов головы, изменения положения тела в пространстве. Восприятие неподвижности окружающего пространства обеспечивается тем, что при обработке зрительных образов учитывается информация о движении глаз, движениях головы и положении тела в пространстве. Зрительная сенсорная система умеет «вычитать» собственные движения глаз и тела из перемещения изображения на сетчатке.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Перечислите основные части зрительного анализатора.
2. Каковы основные функции зрительного анализатора?
3. Что относится к вспомогательному аппарату глаза и каково его предназначение?
4. Охарактеризуйте оптическую систему глаза.
5. Объясните механизм аккомодации. Каковы основные нарушения аккомодации?
6. Перечислите основные элементы сетчатой оболочки глаза.
7. Какие светочувствительные пигменты содержат палочки и колбочки сетчатки? Предназначение этих пигментов.
8. Как передается импульс на зрительный нерв с палочек?
9. Объясните предназначение слепого и желтого пятна на сетчатой оболочке глаза.
10. Дайте характеристику проводящим путям и корковому концу зрительного анализатора.
11. Как определяется острота зрения?
12. Что такое бинокулярное зрение и как оно осуществляется?
13. Объясните теорию двойственности зрения.
14. Охарактеризуйте трехкомпонентную теорию цветового зрения.
15. Как осуществляются движения глаз?
16. Каковы феномены зрительного восприятия?

Опыт: Аккомодация глаза

Оснащение: деревянная рамка 15 × 20 см с хорошо натянутой на ней марлей.

Ход работы. Через тонкую марлю, натянутую на деревянную рамку, смотрят на печатный текст, находящийся на расстоянии около 50 см от глаз. Если фиксировать взгляд на буквах, то нитки сетки становятся плохо видимыми. Если же фиксировать взгляд на нитях, то невозможно ясно видеть текст, буквы расплываются. Следовательно, нельзя одинаково хорошо видеть буквы и рисунок сетки.

Опыт: Анализ пространства с помощью бинокулярного зрения

Оснащение: иголки, нитки, стереоскоп с набором стереоскопических картин.

Ход работы. Состоит из трех заданий.

1. Фиксировать обоими глазами близко расположенный небольшой предмет. Боковым нажимом пальца легко сдвинуть одно глазное яблоко и наблюдать раздвоение рассматриваемого предмета. Последнее имеет место при попадании изображения предмета на неидентичную точку сетчатки.

2. Продеть нитку в игольное ушко, когда открыты оба глаза и один глаз. Отметить разницу в числе неудачных попыток при моно- и бинокулярном зрении.

3. В стереоскопе рассматривать стереоскопические картины и убедиться в возникновении ощущения рельефности изображения.

- б) несколько колбочек → г) несколько колбочек → е) 1 колбочка →
1 биполярный нейрон → 1 колбочка → 1 биполярный нейрон →
1 ганглиозная клетка; несколько биполярных нейронов → несколько ганглиозных клеток;

11. Куда идут импульсы от сетчатки:

- а) латеральные колленчатые тела; четверохолмия; б) медиальные колленчатые бугры тела; четверохолмия; в) передние бугры тела; четверохолмия; г) задние бугры тела; четверохолмия; д) затылочная область коры головного мозга; е) височная область коры головного мозга.

12. Бинокулярное зрение в отличие от монокулярного дает возможность определить:

- а) расстояние до предмета; б) форму предмета; в) объем предмета; г) цвет предмета; д) взаимное расположение предметов; е) массу предмета.

13. Какие структурные элементы обеспечивают цветное зрение:

- а) биполярные нейроны; б) зрительный нерв; в) колбочки; г) палочки; д) зрительный перекрест; е) ганглиозные клетки.

14. Где формируется реальное изображение предмета:

- а) биполярные нейроны; б) зрительный нерв; в) фоторецепторы; г) кора больших полушарий; д) зрительный перекрест; е) ганглиозные клетки.

15. Светочувствительное вещество какого цвета отсутствует в колбочках, согласно трехкомпонентной теории цветового зрения:

- а) красный; б) фиолетовый; в) синий; г) оранжевый; д) белый; е) зеленый.

16. Какие движения глаз осуществляются при рассмотрении движущегося предмета:

- а) саккады; б) плавные; в) нистагм; г) прерывистые.

17. Каких феноменов зрительного восприятия не существует:

- а) восприятие угловой скорости; б) распознавание образов; в) восприятие света и тени; г) восприятие неподвижности пространства; д) восприятие глубины пространства; е) постоянство формы и размеров.

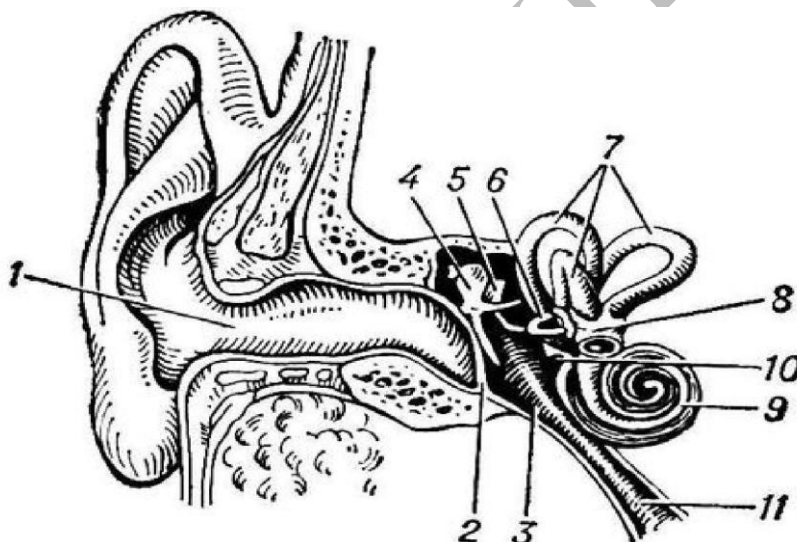
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Тема: Физиология анализаторов

Цель: изучить строение вестибулярного и слухового анализаторов, их рецепторы, механизм восприятия положения тела в гравитационном поле, при линейных и угловых ускорениях, нервные механизмы чувства равновесия, механизмы передачи звукового сигнала, восприятия высоты звука и пространственной локализации звука, нервные механизмы слуха.

Теоретическая часть

Сенсорные системы слуха и равновесия являются родственными сенсорными системами. Анатомическое единство этих систем проявляется в том, что их рецепторные аппараты тесно связаны друг с другом и располагаются внутри височной кости, образуя внутреннее ухо (рисунок 15).



1 – наружный слуховой проход, 2 – барабанная перепонка, 3 – полость среднего уха (барабанная полость), 4 – молоточек, 5 – наковальня, 6 – стремечко, 7 – полукружные каналы, 8 – преддверие, 9 – улитка, 10 – овальное окно, 11 – евстахиева труба

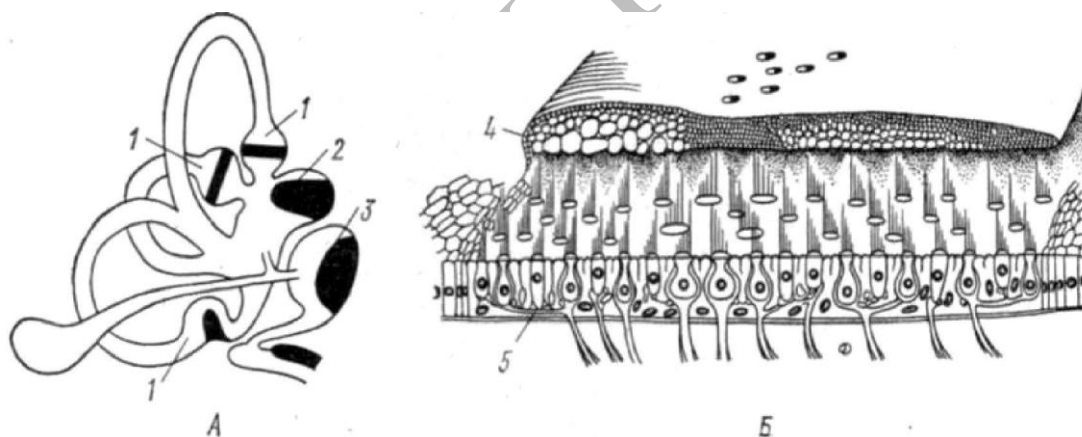
Рисунок 15 – Строение слухового и вестибулярного анализаторов

Физиологическое единство этих сенсорных систем состоит в том, что трансдукция энергии внешнего раздражителя в энергию колебаний мембранного потенциала в обеих сенсорных системах осуществляется одними и теми же рецептирующими клетками – т. н. **волосковыми клетками**. Однако, несмотря на сходство их рецепторов, эти сенсорные системы воспринимают разные сигналы из окружающей среды, а их специфичность обусловлена особенностями строения вспомогательных аппаратов.

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР. Вестибулярная сенсорная система позволяет организму ориентироваться в трехмерном пространстве: воспринимать положение тела относительно вектора гравитационного поля (статический компонент чувства равновесия), ощущать направление и скорость движения тела при его угловых и линейных перемещениях (динамический компонент чувства равновесия).

Строение вестибулярной сенсорной системы. Вестибулярный аппарат располагается в пирамиде височной кости и состоит из костного и перепончатого лабиринтов. Костный лабиринт состоит из **3 полукружных каналов**, расположенных в трех взаимоперпендикулярных плоскостях и **преддверия**. Внутри костного лабиринта располагается перепончатый. Пространство между костным и перепончатым лабиринтами заполнено **перилимфой**. В преддверии костного лабиринта располагается **маточка (утрикулус)** и **мешочек (саккулус)** – части перепончатого лабиринта. Утрикулус сообщается с перепончатыми полукружными каналами. Саккулус через небольшой проток соединяется с перепончатым ходом улитки. Изнутри перепончатый лабиринт заполнен **эндолимфой**. На одном конце каждого полукружного канала имеется расширение – **ампула**.

Вестибулярный анализатор имеет пять рецепторных полей (рисунок 16, А).

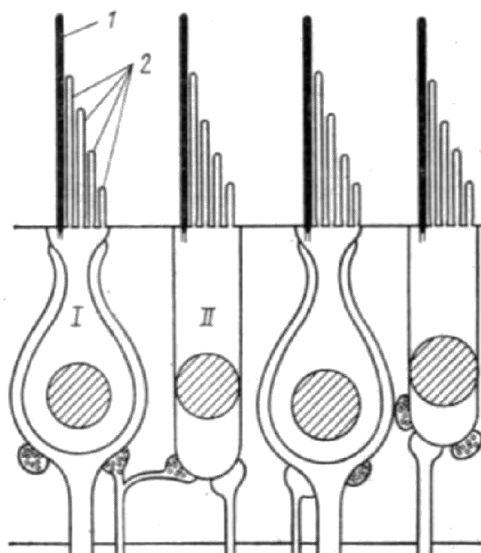


1 – ампулы полукружных каналов, 2 – утрикулус, 3 – саккулус, 4 – мембрана с отолидами, 5 – утрикулярная макула; черным показано место расположения рецепторов в лабиринте

А – лабиринт; Б – мембрана с отолидами

Рисунок 16 – Схематическое изображение лабиринта и его рецепторов

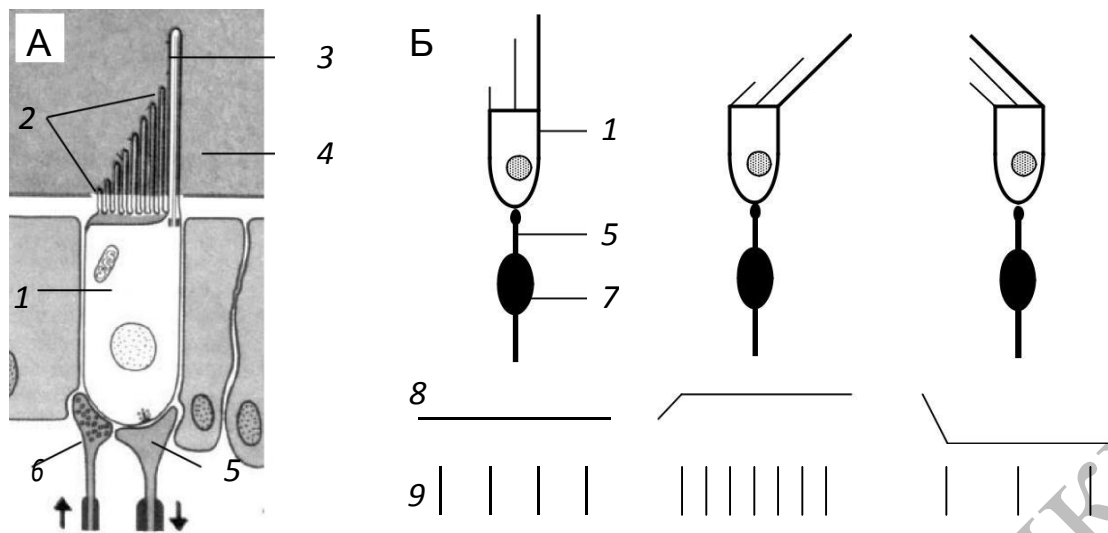
Три поля располагаются в ампулах полукружных каналов, одно – в утрикулусе и одно – в саккулусе. Рецепторные клетки (**макула**) вестибулярного аппарата подразделяются на два типа. Клетки первого типа имеют форму колбочки, заключенной в бокаловидное расширенное окончание афферентного нервного волокна (рисунок 17).



1 – киноцилий, 2 – стереоцилии
 I – клетки первого типа; II – клетки второго типа
 Рисунок 17 – Схематическое изображение рецепторов вестибулярного аппарата

Клетки второго типа имеют форму закругленных с одной стороны цилиндров, которые могут быть толстыми и короткими или тонкими и длинными. Клетки второго типа не имеют бокаловидной нервной полости. На верхушках клеток обоих типов имеется пучок волосков (цилий). Количество волосков у каждой клетки колеблется от 40 до 110.

На клетке волоски располагаются «лестнично», причем наиболее длинный волосок, который располагается на периферии, называется *киноцилий*, а более короткие волоски носят название *стереоцилии* (рисунки 17, 18, А). Волоски рецепторных клеток, расположенных на ампулярных кристах, покрыты желеобразным колпачком – *купулой*, закрывающей просвет ампулы. Волоски рецепторных клеток, расположенных в утрикулусе и саккулусе, покрыты желеобразной мембраной, в толще которой имеются вкрапления кристаллов кальцитов – *оттолиты* (рисунок 16, Б). Волосковые клетки иннервируются афферентными волокнами (дендритами) чувствительных нейронов вестибулярного ганглия. Волосковые клетки получают также эфферентную иннервацию. Регистрация активности нейронов вестибулярного ганглия показала, что они обладают регулярной активностью покоя, т. е. постоянно генерируют нервные импульсы с определенной частотой. Если смещение купулы приводит к наклону стереоцилий в сторону киноцилии, то происходит деполяризация мембраны волосковой клетки, а затем увеличение частоты потенциалов действия в чувствительном нейроне. Наклон стереоцилей в противоположном направлении вызывает гиперполяризацию волосковой клетки и торможение электрической активности чувствительного нейрона (рисунок 18, Б).



1 – волосковая клетка, 2 – стереоцилии, 3 – киноцилий, 4 – желатинообразная купула, 5 – афферентное нервное волокно, 6 – эфферентное нервное волокно, 7 – чувствительный нейрон, 8 – изменение мембранного потенциала волосковой клетки, 9 – изменение частоты нервных импульсов в чувствительном нейроне
 Рисунок 18 – Строение рецептора вестибулярной сенсорной системы (А) и его электрические реакции на раздражение (Б)

Восприятие положения тела в гравитационном поле. При вертикальном положении головы макула утрикулюса располагается горизонтально. Когда голова наклоняется в сторону, утяжеленная оттолитами желатинообразная мембрана под действием силы тяжести соскальзывает в сторону наклона. Это скольжение приводит к изгибанию стереоцилей волосковых клеток. Наклон стереоцилей сопровождается (в зависимости от направления) повышением или снижением частоты нервных импульсов в чувствительных нейронах вестибулярного ганглия (рисунок 19).

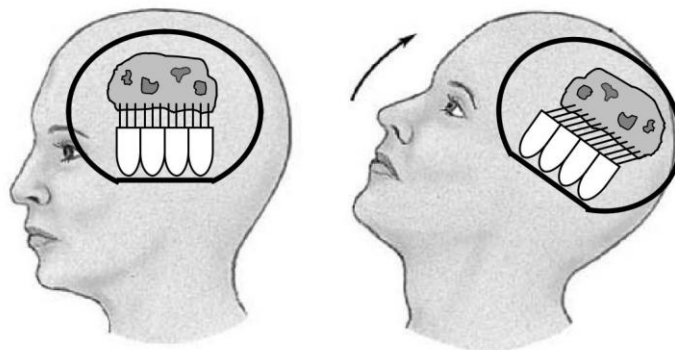


Рисунок 19 – Схема, иллюстрирующая механизм восприятия положения головы в пространстве

Макула саккулюса располагается вертикально и действует так же, как макула утрикулюса.

Восприятие линейных ускорений. При резком линейном ускорении тела купула саккулюса или утрикулюса за счет сил инерции смещается в направлении, противоположном направлению движения, что также приводит к изменению электрической активности рецепторов (рисунок 20).

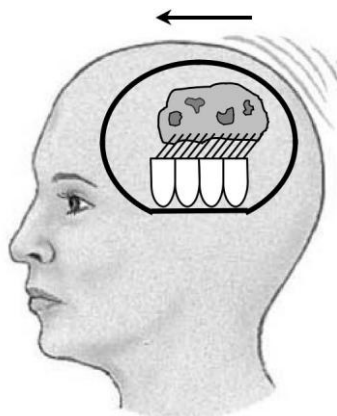


Рисунок 20 – Схема, иллюстрирующая механизм восприятия положения головы при линейном ускорении

Восприятие углового ускорения. Полукружной канал действует как замкнутая трубка, заполненная эндолимфой. В расширенной части канала его внутренняя стенка выстлана волосковыми клетками, а расположенная над ними купула полностью перекрывает просвет канала. При повороте головы полукружные каналы поворачиваются вместе с ней, а эндолимфа в силу своей инерции в первый момент времени остается на месте. В результате этого возникает разность давлений по обе стороны купулы, и она прогибается в направлении, противоположном движению. Это вызывает деформацию стереоцилей и изменение активности афферентных нейронов (рисунок 21).

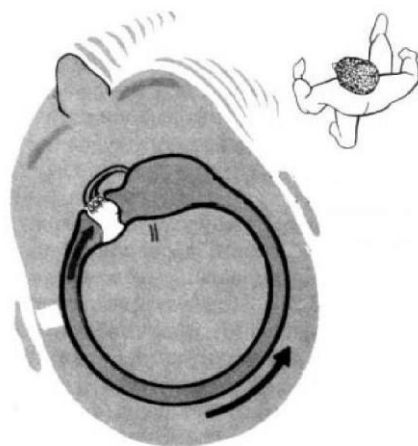


Рисунок 21 – Схема, иллюстрирующая механизм восприятия положения головы при угловом ускорении

При вращении головы только в горизонтальной, сагитальной или фронтальной плоскости активируются рецепторы только одного соответствующего канала. При сложном вращении головы активируются рецепторы всех трех каналов. Информация от них поступает в ЦНС и на основании ее анализа реконструируется истинная картина перемещения головы.

Нервные механизмы чувства равновесия. Возбуждение от рецепторов вестибулярного аппарата распространяется по отросткам биполярных клеток, которые располагаются в *ганглии Скарпа*.

Из ганглия Скарпа нервные волокна в составе вестибулярного нерва идут в *вестибулярные ядра* продолговатого мозга своей стороны. В продолговатом мозге имеется несколько вестибулярных ядер: 1) верхнее вестибулярное ядро (ядро Бехтерева), 2) латеральное вестибулярное ядро (ядро Дейтерса), 3) медиальное вестибулярное ядро (ядро Швальбе), 4) нисходящее вестибулярное ядро или нижнее ядро. Приходящие в эти ядра импульсы от вестибулярных рецепторов дают точную информацию о расположении в пространстве головы, но не всего тела, поскольку голова может быть наклонена или повернута относительно туловища. Необходимым условием восприятия положения тела в пространстве является учет угла наклона и поворота головы относительно туловища, поэтому вестибулярные ядра получают дополнительную информацию от проприорецепторов мышц шеи.

Таким образом, комплекс вестибулярных ядер продолговатого мозга является первым пунктом в ЦНС, где происходит первичная обработка информации о движении и положении тела и головы в пространстве. Пройдя через вестибулярный комплекс продолговатого мозга, афферентные пути вестибулярного аппарата на уровне трапециевидных тел перекрещиваются и направляются к *вентробазальному комплексу таламуса*, откуда восходят к *височной области коры больших полушарий*.

Вестибулярные ядра связаны и с другими отделами ЦНС; наибольшее значение имеют следующие связи:

вестибулоокулярный путь играет важную роль в механизме поддержания стабильности изображения на сетчатке при перемещении головы и тела; за счет этой связи глаза двигаются в направлении противоположном смещению головы (вестибулоглазодвигательные рефлексy);

вестибулоспинальная система соединяет нейроны вестибулярных ядер с мотонейронами передних рогов спинного мозга, что важно для осуществления вестибулярных рефлексов;

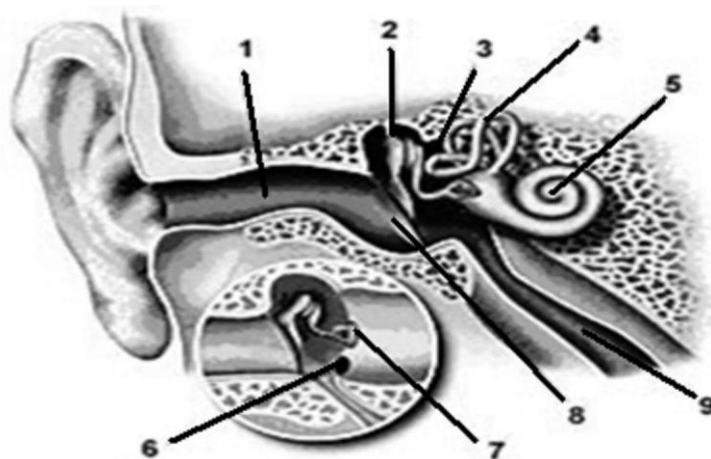
вестибуломозжечковая система участвует в тонкой координации произвольной двигательной активности;

функциональное назначение *вестибулогипоталамической системы* точно не выяснено, но известно, что эта связь участвует в возникновении *кинестозов* (укачивания).

СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР. Слуховая (аудиальная) сенсорная система осуществляет восприятие звуковых колебаний и позволяет распознавать:

- высоту звука (частоту звуковых колебаний);
- громкость звука (амплитуду звуковых колебаний);
- локализацию источника звука в пространстве.

Периферический отдел слухового анализатора у человека и животных состоит из *наружного, среднего и улитки внутреннего уха* (рисунок 22).



- 1 – слуховой проход, 2 – среднее ухо, 3 – внутреннее ухо, 4 – полукружные каналы, 5 – улитка,
6 – круглое окно, 7 – овальное окно, 8 – барабанная перепонка, 9 – евстахиева труба

Рисунок 22 – Строение слухового анализатора

Звукоулавливающий аппарат, или наружное ухо, состоит из *ушной раковины, наружного слухового прохода и барабанной перепонки*.

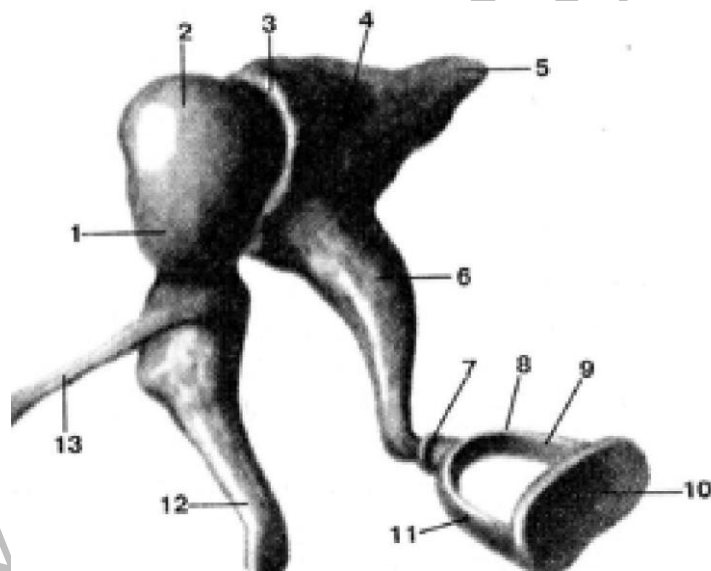
У многих животных ушная раковина подвижна, что дает возможность лучше улавливать звук; для этого животное направляет ушную раковину в сторону источника звука. Очень подвижны ушные раковины у лошадей, у некоторых пород собак (лаек) и у кошек. У некоторых домашних животных ушные раковины достигают больших размеров и опущены вниз, например, у некоторых пород свиней, овец, кроликов и собак.

Наружный слуховой проход представляет собой узкую, несколько искривленную трубку, по которой звуковые волны проникают вглубь уха. В коже, покрывающей наружный слуховой проход, и у основания ушной раковины находятся железы, выделяющие так называемую *ушную серу*. Этот секрет предохраняет ухо от загрязнения и препятствует высыханию барабанной перепонки, которая отделяет наружное ухо от среднего.

Барабанная перепонка крепится на внутреннем костном конце наружного слухового прохода, толщина ее равна 0,1–0,2 мм. Назначение барабанной перепонки – передавать дошедшие до нее по наружному слуховому проходу звуковые волны, точно воспроизводя их силу и частоту колебаний. Для этого необходимо, чтобы барабанная перепонка не имела собственных колебаний и не резонировала в ответ на дошедшие до нее колебания.

Поэтому отдельные участки барабанной перепонки натянуты неодинаково; она поставлена косо, и середина ее конусообразно втянута внутрь. Ушная раковина выполняет функцию акустической антенны, которая улавливает звуковые колебания, а наружный слуховой проход – волновода, по которому эти колебания распространяются к барабанной перепонке.

За барабанной перепонкой находится среднее ухо – **барабанная полость**, заполненная воздухом, в которой расположены три слуховые косточки, образующие систему рычагов, – **молоточек**, **наковальня**, **стремечко** (рисунок 23). Ручка молоточка прикреплена к барабанной перепонке, а стремечко – к овальному окну, открывающемуся в полость преддверия (внутреннее ухо). Колебания барабанной перепонки передаются через косточки. Благодаря специальному сочленению косточек давление на мембране овального окна более чем в 20 раз сильнее, чем на барабанной перепонке. Сила звуковых колебаний увеличивается еще и потому, что поверхность основания стремечка намного меньше поверхности барабанной перепонки. В общем сила звуковых колебаний увеличивается приблизительно в 40–60 раз.



1 – молоточек, 2 – головка молоточка, 3 – наковальне-молоточковый сустав, 4 – наковальня, 5 – короткая ножка наковальни, 6 – длинная ножка наковальни, 7 – наковальне-стременной сустав, 8 – стремечко, 9 – задняя ножка стремечка, 10 – основание стремечка, 11 – передняя ножка стремечка, 12 – рукоятка молоточка, 13 – передний отросток молоточка

Рисунок 23 – Слуховые косточки

Среднее ухо содержит специальный механизм, предохраняющий внутреннее ухо от повреждений, которые могли бы возникнуть при действии чрезмерно сильных звуковых раздражителей. Он состоит из двух мышц: *m. tensor tympani* и *m. stapedius*, первая прикреплена к рукоятке молоточка, другая – к стремечку. Рефлекторное сокращение этих мышц при действии очень сильных звуков уменьшает амплитуду колебательных

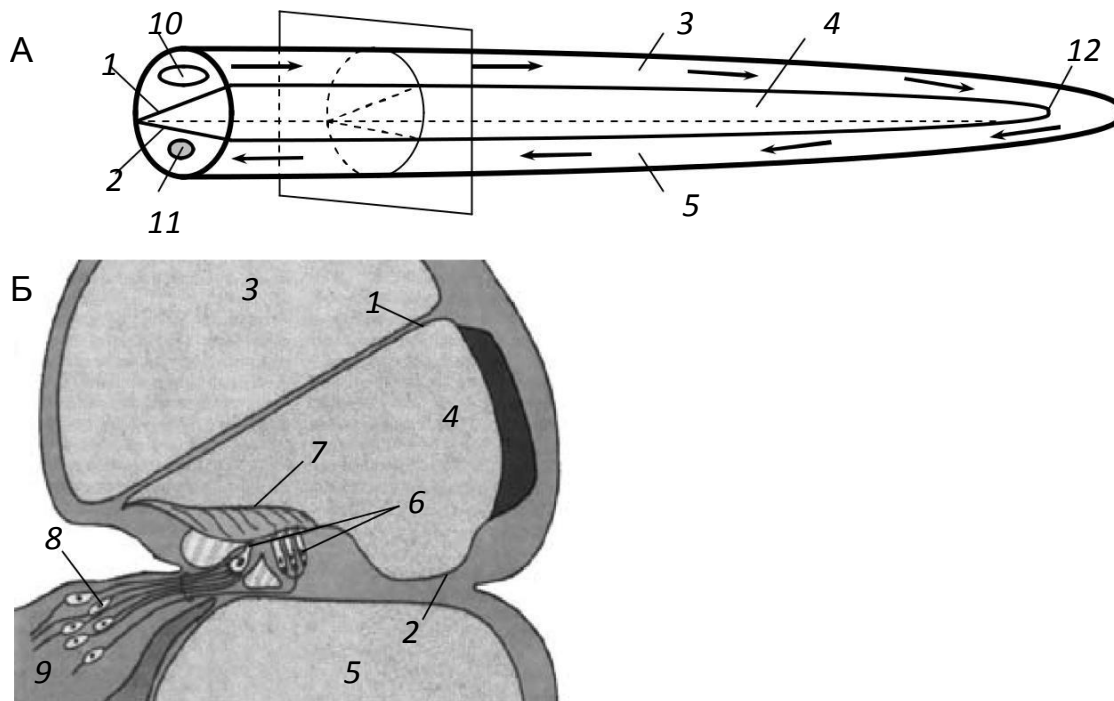
движений слуховых косточек и барабанной перепонки, что приводит к уменьшению звукового давления на область овального окна и предотвращает патологические изменения в кортиевоушном органе.

В случае повреждения барабанной перепонки или даже полного ее удаления слух значительно снижается, но не утрачивается полностью. Это объясняется тем, что мембрана круглого окна способна воспринимать звуковые колебания воздуха, находящегося в барабанной полости, и передавать их во внутреннее ухо.

Барабанная полость не замкнута, она сообщается с наружным воздухом через слуховую, или *евстахиеву трубу*, наружное отверстие которой расположено в стенке носоглотки. Обычно оно закрыто и открывается только во время глотания. Евстахиева труба имеет очень большое значение для предохранения барабанной перепонки от повреждения при значительной разнице давления в барабанной полости и в окружающем воздухе. Такая разница может возникнуть при попадающей в ухо сильной звуковой волне (например, при близкой артиллерийской стрельбе) и при быстром изменении давления (при взлете и посадке самолета). Раскрытие евстахиевой трубы способствует выравниванию давления, снимает неприятные ощущения и предупреждает разрыв барабанной перепонки.

Стенки барабанной полости, слуховые косточки и евстахиева труба выстланы слизистой оболочкой, покрытой мерцательным эпителием. У непарнокопытных животных эта оболочка в области евстахиевой трубы образует воздухоносный мешок (емкость 450 см³).

Улитка внутреннего уха представляет собой замкнутую с одной стороны костную трубку, свернутую в спираль (рисунок 24). Просвет этой трубки разделен двумя перепончатыми мембранами – *рейснеровой (вестибулярной)* (1) и *базиллярной (основной)* (2) – на три продольных канала (т. н. лестницы). Две лестницы – *вестибулярная* (3) и *барабанная* (5) – соединяются друг с другом в дистальной части улитки, которая называется «*геликотрема*» (12). Вестибулярная и барабанная лестницы заполнены *перилимфой*, а средняя лестница (улитковый проток) – *эндолимфой*. Вестибулярная лестница открывается в среднее ухо *овальным окном* (10), которое закрыто плоской частью стремечка. Барабанная лестница открывается в среднее ухо *круглым окном* (11), затянутым эластичной мембраной, которую называют вторичной барабанной перепонкой. На утолщении базиллярной мембраны расположен звуковоспринимающий рецепторный аппарат – *кортиевоушный орган*. Кортиевоушный орган состоит из четырех рядов волосковых клеток, из которых один, внутренний, содержит около 3,5 тыс. клеток, и трех наружных, в состав которых входит 25–30 тыс. клеток. Рецептирующие клетки органа слуха – это *волосковые клетки*, несущие только стереоцилии (киноцилии редуцированы).



1 – рейснерова мембрана, 2 – базилярная мембрана, 3 – вестибулярная лестница, 4 – средняя лестница, 5 – барабанная лестница, 6 – волосковые клетки, 7 – текториальная мембрана, 8 – чувствительный нейрон, 9 – спиральный ганглий, 10 – овальное окно, 11 – круглое окно, 12 – геликотрема

Для удобства восприятия улитка изображена развернутой

Рисунок 24 – Схематическое изображение улитки (А) и ее поперечный разрез (Б)

Стереоцилии волосковых клеток прикрепляются к *текториальной (покровной) мембране* (7). Волосковые клетки иннервируются чувствительными нейронами (8) спирального ганглия (9). Электрические реакции волосковых клеток и чувствительных нейронов аналогичны таковым в вестибулярной системе.

Передача звукового сигнала. Ушная раковина служит антенной, улавливающей звуковые колебания, а слуховой проход выполняет функцию волновода, проводящего их к барабанной перепонке.

Вибрации барабанной перепонки через систему слуховых косточек передаются перилимфе вестибулярной лестницы (рисунок 25). При этом происходит усиление звукового сигнала по двум механизмам. Во-первых, площадь барабанной перепонки значительно превышает площадь овального отверстия, закрытого стремечком. Во-вторых, сигнал усиливается за счет неравенства плеч рычагов в системе слуховых косточек. Колебания давления распространяются по перилимфе вестибулярной, а затем барабанной лестницы (см. рисунок 24, А). Жидкость во внутреннем ухе несжимаема, поэтому округлое окно выполняет функцию выравнивания давления в улитке – мембрана круглого окна выгибается в направлении, противоположном движению стремечка.

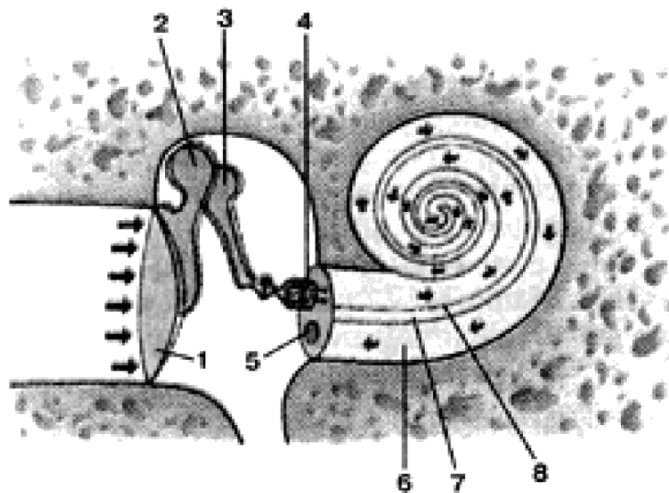


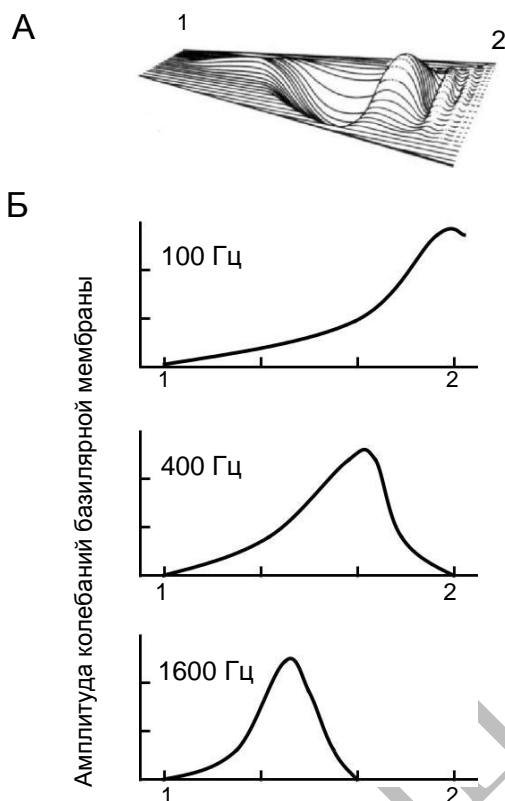
Рисунок 25 – Механизм передачи звукового сигнала

1 – барабанная перепонка, 2 – молоточек, 3 – наковальня, 4 – стремечко, 5 – круглое окно, 6 – барабанная лестница, 7 – средняя лестница, 8 – вестибулярная лестница

Колебания перилимфы, в свою очередь, порождают колебания базилярной мембраны. За счет этих колебаний базилярная и текториальная мембраны смещаются относительно друг друга, что приводит к изгибанию стереоцилий волосковых клеток и изменению мембранного потенциала последних.

Механизм восприятия высоты звука. Механизм восприятия высоты звука основан на том, что базилярная мембрана имеет неодинаковую жесткость в разных участках – жесткость максимальна в проксимальной части мембраны и уменьшается по направлению к геликотреме. Это приводит к тому, что амплитуда бегущей волны неодинакова в разных участках базилярной мембраны, а имеет максимум в строго определенном участке. Положение максимума амплитуды колебания базилярной мембраны зависит от частоты колебаний (рисунок 26). Максимум высокочастотных колебаний располагается в проксимальной части мембраны. Чем ниже частота колебаний, тем более дистально располагается максимум амплитуды колебаний. Чем больше амплитуда колебаний участка основной мембраны, тем выше степень возбуждения расположенных в этом участке рецепторов. Таким образом, сравнивая частоту потенциалов действия от рецепторов, расположенных вдоль основной мембраны, нервная система может определить частотные составляющие звука.

Слуховая чувствительность. Высота звука зависит от числа колебаний в секунду: чем чаще колеблется звучащее тело, тем выше издаваемый им звук. Ухо человека воспринимает от 16 до 20 000 Гц, ухо собаки – до 80 000 Гц. Слух лошадей и рогатого скота острее, чем у человека, но у домашних овец слух, как правило, понижен.



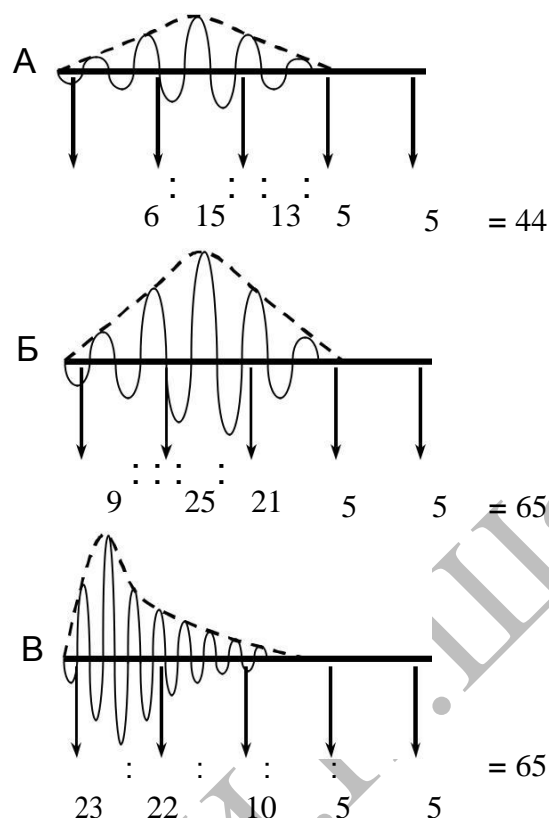
- 1 – проксимальный конец базилярной мембраны (обращен к овальному окну) чувствителен к колебаниям высоких частот,
 2 – дистальный конец базилярной мембраны (обращен к геликотреме) чувствителен к колебаниям низких частот

Рисунок 26 – Схема, иллюстрирующая колебания основной мембраны при действии звуков разной частоты:

А – бегущая волна в базилярной мембране,
 Б – амплитуда колебаний базилярной мембраны (бегущей волны) при действии звуков разных частот

Абсолютная слуховая чувствительность – это минимальная сила звука, слышимого человеком в половине случаев его звучания. В области от 1 тыс. до 4 тыс. Гц слух человека обладает максимальной чувствительностью. В этой зоне лежат и речевые поля. Верхний предел слышимости возникает, когда увеличение силы звука неизменной частоты вызывает неприятное чувство давления и боли в ухе. Единицей громкости звука является бел. В быту обычно используют в качестве единицы громкости децибел, то есть 0,1 бела. Максимальный уровень громкости, когда звук вызывает боль, равен 130–140 дБ над порогом слышимости. Чувствительность к звукам возрастает в условиях полной тишины. Если длительное время раздаётся звук неизменной высоты и силы, то он воспринимается ухом как менее громкий. Этот механизм приспособления чувствительности к звукам различной силы и высоты называется **адаптацией слуха**.

Механизм восприятия громкости. Чем громче звук, тем больше амплитуда колебаний основной мембраны и степень возбуждения рецепторов. Рассмотрим пример, изображенный на рисунке 27.



Цифрами на схеме обозначены частоты нервных импульсов (имп/с) пяти рецепторов, расположенных вдоль основной мембраны.

Звуки А и Б будут восприниматься, как одинаковые по частоте, но разные по громкости, звуки Б и В – как одинаково громкие, но разные по частоте, а звуки А и В – как разные и по частоте и по громкости

Рисунок 27 – Схема, иллюстрирующая принцип распознавания частоты и громкости звуков в улитке

Во время действия звукового сигнала в пяти произвольно взятых рецепторах образуются нервные импульсы с определенной частотой (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5). Высота звука оценивается нервной системой исходя из соотношения ($f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : f_5$), а громкость звука – исходя из абсолютной величины суммы ($f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$).

Если параметры звука изменятся так, что сумма значений f будет иметь большую величину, а их соотношения останутся теми же, то такой звук будет восприниматься как более громкий, чем исходный (звуки А и Б на рисунке 27). Если же изменятся соотношения f , а их сумма останется неизменной, то такой сигнал будет воспринят, как звук той же громкости, но другой высоты (звуки Б и В на рисунке 27).

Механизм восприятия пространственной локализации звука.

Человек способен определять направление звука с точностью до 3°. В основе этой способности лежат два механизма.

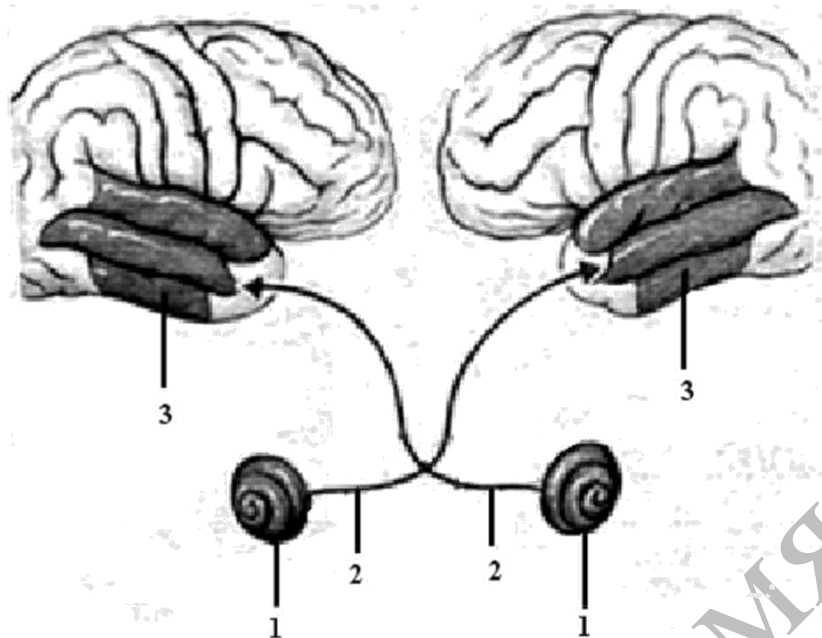
Во-первых, сравнение громкости звука, воспринимаемого левым и правым ухом. Если источник звука расположен сбоку, то одно ухо находится в т. н. акустической тени, образуемой головой. Амплитуда звуковых колебаний, воспринятых рецепторами этого уха, будет меньше, чем в противоположном ухе.

Второй механизм состоит в определении фазового сдвига между звуковыми сигналами, воспринимаемыми левым и правым ухом. Если источник звука расположен сбоку, то звук сначала поступит в ухо, находящееся ближе к источнику звука. Различие во времени поступления сигнала в правое и левое ухо приведет к фазовому сдвигу между сигналами, который будет тем больше, чем дальше расположен источник звука от сагиттальной плоскости головы.

Если животное и человек определяют местоположение самого звучащего объекта, происходит **первичная локализация звука**. Если же воспринимаются звуковые волны, отраженные от различных объектов, то наступает **вторичная локализация звука**, или **эхолокация**. С помощью эхолокации ориентируются летучие мыши, дельфины.

Нервные механизмы слуха. Слуховой тракт начинается от первичных чувствительных нейронов, которые располагаются в **спиральном ганглии** вблизи улитки. Аксоны этих нейронов следуют к **кохлеарным ядрам** продолговатого мозга, где осуществляется первое синаптическое переключение. Различают три кохлеарных ядра: **переднее вентральное кохлеарное ядро**, **заднее вентральное кохлеарное ядро** и **дорсальное кохлеарное ядро**, или слуховой бугорок. Все три ядра составляют так называемый кохлеарный комплекс. Улитка представлена в ядрах кохлеарного комплекса таким образом, что волокна, идущие от верхушки улитки, оканчиваются в вентро-латеральном отделе комплекса; идущие от основания улитки – в его дорсо-медиальных частях. От нейронов кохлеарного комплекса начинается восходящий слуховой путь, который делится на ипси- и контралатеральный пучки.

Значительная часть контралатерального пучка направляется к **оливарным комплексам**, что обеспечивает интегрирование сигналов от левого и правого уха на этом уровне. Далее, после синаптического переключения в ядре латеральной петли, слуховой тракт проходит через **нижние холмики четверохолмия** (средний мозг) и **медиальное коленчатое тело** таламической области в **первичную слуховую кору** – **височная область коры** (поле 41 по Бродману). По внутрикорковым связям нервные импульсы достигают **вторичной слуховой коры** (поле 42) и ассоциативной коры (рисунок 28). Таким образом, слуховой тракт состоит по крайней мере из 5 нейронов.



1 – слуховые рецепторы в составе улитки, 2 – слуховые нервы с перекрестом,
3 – слуховая зона в височных долях коры больших полушарий

Рисунок 28 – Схема проводящих путей слухового анализатора

Электрические реакции центральных нейронов крайне разнообразны. В целом действует правило, согласно которому чем выше расположен нейрон по слуховому тракту, тем более сложные звуковые характеристики требуются для его активации.

В кохлеарных ядрах большинство нейронов возбуждается звуками строго определенной частоты (чистыми тонами).

В оливах имеются нейроны, которые реагируют на звуки переменной частоты (*частотно-модулированные тоны*).

В четверохолмии большинство нейронов вообще не реагирует на чистые тоны, а только на *амплитудно-модулированные тоны* (т. е. звуки переменной громкости) и на частотно-модулированные тоны со специфическим направлением и степенью модуляции.

Среди нейронов слуховой коры есть клетки, отвечающие только на начало или на окончание звукового стимула, возбуждающиеся при звуках определенной длительности или в ответ на повторяющиеся звуки и т. п.

Таким образом, информация по ходу слухового тракта многократно анализируется, причем на каждом последующем уровне распознаются все более сложные характеристики звуковых сигналов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что объединяет слуховой и вестибулярный анализаторы?
2. Каково строение вестибулярной сенсорной системы? Назовите ее функции.
3. Охарактеризуйте рецепторы вестибулярного анализатора.
4. Где находятся и для чего нужны отолиты?
5. Каков механизм восприятия положения тела в гравитационном поле?
6. Как происходит восприятие линейных и угловых ускорений организмом?
7. Дайте характеристику нервным механизмам чувства равновесия.
8. Перечислите функции и основные элементы, составляющие слуховой анализатор.
9. Опишите строение улитки.
10. Каков механизм передачи звукового сигнала?
11. Объясните механизм восприятия высоты звука.
12. Как осуществляется механизм восприятия громкости?
13. Каков механизм восприятия пространственной локализации звука?
14. Дайте характеристику нервным механизмам слуха.

Опыт: Бинауральный слух

Оснащение: камертон, фонендоскоп с трубками разной длины, спирт, вата.

Ход работы. Испытуемого усадить на стул спиной к экспериментатору. Наконечники резиновых трубок фонендоскопа вставить в уши испытуемого и поднести к фонендоскопу звучащий камертон или ударить перед фонендоскопом по металлической пластинке. Попросить испытуемого указать с какой стороны он слышит звук. Затем одну из трубок фонендоскопа заменить более длинной и опыт повторить. Испытуемый опять сообщит, в каком направлении находится источник звука. Обычно источник звука испытуемый укажет со стороны короткой трубки фонендоскопа.

Опыт: Определение остроты слуха по расстоянию до источника звука

Оснащение: карманные часы, метровая линейка.

Ход работы. Положить часы на стол и предложить исследуемому закрыть одно ухо (определение ведется отдельно для каждого уха, т. е. проверяется моноуральный слух), отойти на значительное расстояние, а затем постепенно приближаться к источнику звука. То расстояние, на котором исследуемый услышит тиканье часов, и будет определять остроту слуха для данного уха. Для уточнения результатов опыт несколько

7. Что не входит в состав периферической части слухового анализатора: а) улитка; в) преддверие; д) слуховые косточки; б) слуховой проход; г) евстахиева труба; е) барабанная перепонка.

8. К слуховым косточкам не относится:
а) молоточек; в) подковка; б) стремечко;
г) наковальня.

9. Евстахиева труба необходима для:
а) попадания воздуха в улитку;
б) колебания эндолимфы в улитке;
в) выравнивания атмосферного давления с давлением в среднем ухе.

10. Какие лестницы различают в улитке:
а) вестибулярная; в) барабанная;
б) базилярная; г) средняя.

11. Где происходит трансформация звуковой волны в нервный импульс:
а) круглое окно улитки; в) волосковые д) слуховые косточки;
клетки; б) спиральный ганглий; г) средняя
лестница е) барабанная перепонка.
улитки;

12. Адаптация слуха – это:
а) состояние тишины; в) восприятие звука как менее громкого; б)
оглушительный звук; г) восприятие звука как более громкого.

13. Если источник звука находится слева, то как он будет воспринят ушами:

а) левое ухо услышит позже и громче;	в) левое ухо услышит позже и тише;	д) оба уха услышат одновременно и громко;
б) левое ухо услышит раньше и громче;	г) левое ухо услышит раньше и тише;	е) оба уха услышат одновременно и тихо.

14. Куда идут нервные импульсы от нейронов спирального ганглия:

а) таламус;	в) кохлеарные ядра;	д) височная доля коры больших полушарий;
б) четверохолмие;	г) оливарные комплексы;	е) теменная доля коры больших полушарий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

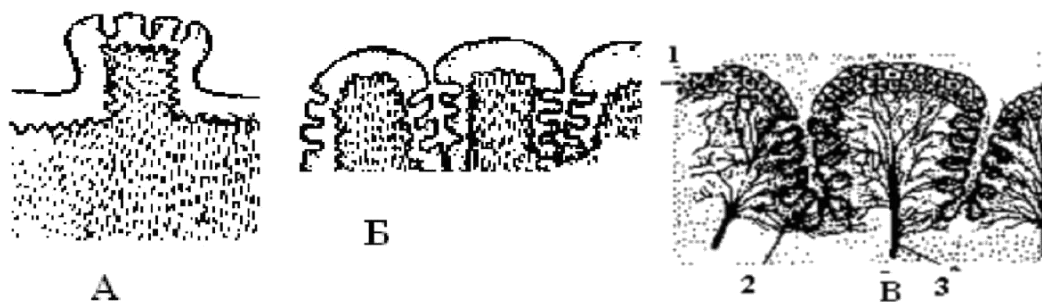
Тема: Физиология анализаторов

Цель: изучить строение и механизм функционирования вкусового, кожного, двигательного и висцерорецептивного анализаторов.

Теоретическая часть

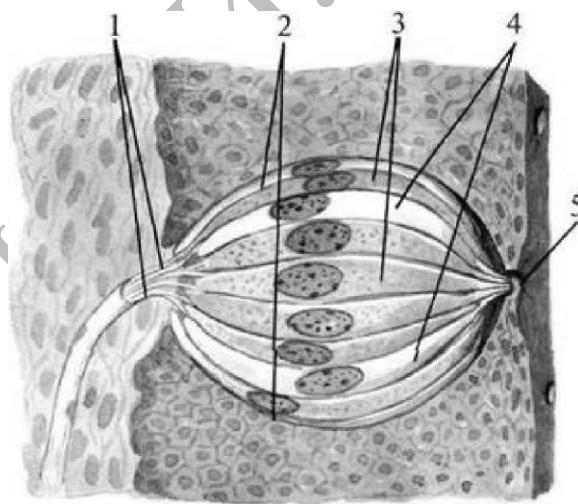
ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР, благодаря которому человек и животные различают вкус разных веществ, оценивает вкусовые качества пищи и корма, также состоит из периферического воспринимающего аппарата, проводникового и центрального отделов. Воспринимающий аппарат вкусового анализатора находится в начальном отделе пищеварительного тракта – ротовой полости, в ее слизистой оболочке. В толще слизистой оболочки в определенных местах находятся вкусовые почки, рецепторные клетки которых осуществляют восприятие вкуса. У детей эти почки заключены в толще эпителиального покрова губ, твердого и мягкого нёба, гортани, надгортанника, языка. У взрослых вкусовые почки в основном сконцентрированы на языке. Слизистая оболочка языка покрыта многослойным эпителием и образует многочисленные выросты – **сосочки**. Они-то и придают поверхности языка характерную шероховатость, бархатистость. Сосочки языка неодинаковы по форме. Среди них различают *нитевидные, грибовидные, желобовидные* и *листовидные* (рисунок 29).

Все сосочки, за исключением нитевидных, содержат **вкусовые почки**. Многочисленные грибовидные сосочки располагаются на верхней поверхности кончика и тела языка ближе к краям. Толщина грибовидного сосочка около одного миллиметра, высота – 1,8 мм. Вкусовые почки сосредоточены обычно в расширенной верхушке (шляпке) сосочка. Листовидные сосочки находятся только на боковых поверхностях языка; они представляют собой вертикально ориентированные складочки длиной 4–5 мм. Вкусовые почки залегают на обращенных друг к другу сторонах этих складок. Желобовидные сосочки самые крупные, они лежат на границе между телом и корнем языка, причем один центральный сосочек располагается прямо на средней линии, а от него под углом в обе стороны расходятся остальные. Желобовидный сосочек имеет вид цилиндра толщиной 1–3 мм и высотой 1,5 мм, окруженного еле различимым желобком (отсюда и название сосочка), а затем еще и валиком. Вкусовые почки располагаются как на боковых поверхностях цилиндра, так и на внутренней, обращенной в сторону желобка поверхности валика.



А – грибовидные, Б – листовидные, В – желобовидные:
1 – поверхностный эпителий, 2 – вкусовые луковицы, 3 – нервы
Рисунок 29 – Вкусовые сосочки

В желобок открываются и выводные протоки желез, выделяющих секрет, который омывает поверхность сосочка и уносит из желобка мельчайшие частицы пищи. Каждая вкусовая почка образована вкусовыми рецепторными и опорными клетками. По форме почка напоминает луковицу (*вкусовая луковица*), вершина которой обращена в сторону поверхности языка и открывается на ней крошечным отверстием – *вкусовой порой* (рисунок 30). В просвет вкусовой поры обращены микроворсинки рецепторных клеток; они-то, собственно, и вступают в непосредственный контакт с различными пищевыми веществами. В слизистой оболочке языка имеются также рецепторы, воспринимающие температуру, боль, прикосновение, давление.



1 – нервные вкусовые волокна, 2 – вкусовая почка, 3 – вкусовые клетки,
4 – опорные клетки, 5 – вкусовое отверстие (пора)

Рисунок 30 – Вкусовая луковица

Рецепция вкуса. Во вкусовую пору луковицы со слюной проникают химические вещества, взаимодействующие с микроворсинками вкусовых клеток. Происходят сложные биохимические и биоэлектрические процессы, в результате которых возбуждаются рецепторы вкусовых клеток (рисунок 31).

Импульсы от рецепторов вкуса по афферентным волокнам ветвей тройничного, языкоглоточного, блуждающего (верхний гортанный нерв) и лицевого (барабанная струна) нервов направляются в начальный центр вкуса – **ядро одиночного пучка** в продолговатом мозге. Оттуда импульсы идут по аксонам нейронов II порядка, образующим перекрест, поднимаются в составе медиальной петли до **дугообразного ядра таламуса** (III нейроны), а затем к коре больших полушарий. Корковый конец вкусового анализатора расположен в **нижней части соматосенсорной коры – нижний конец центральной извилины**.

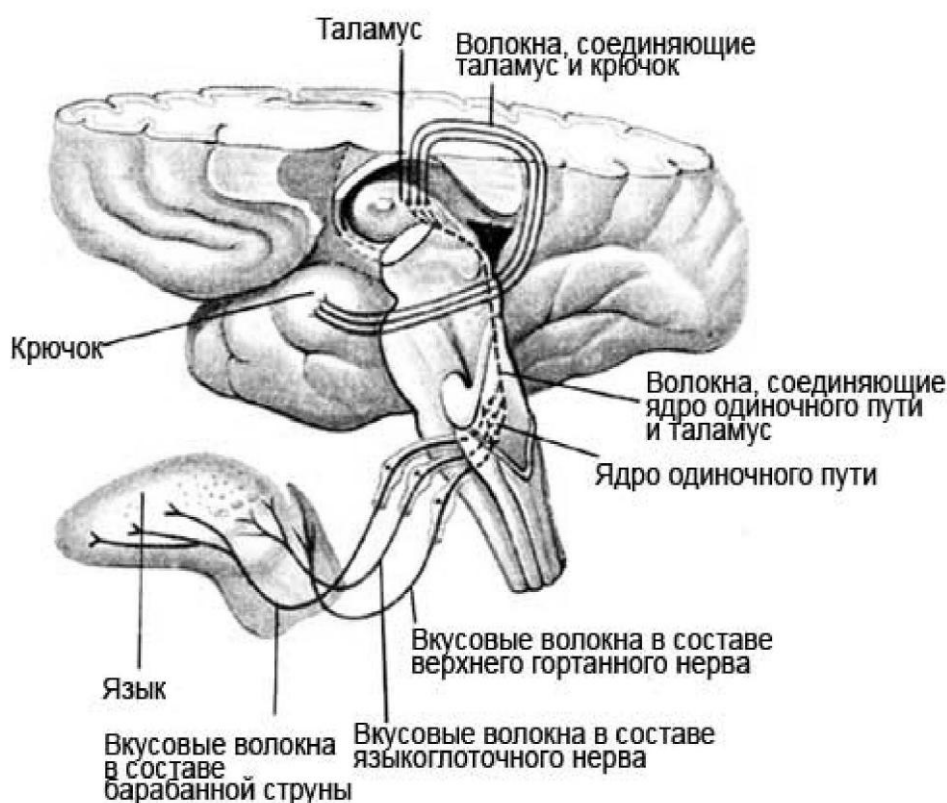


Рисунок 31 – Проводящие пути вкусового анализатора

До недавнего времени считали, что существует четыре вида веществ, воздействующих на вкусовые рецепторы: **горькие, соленые, кислые и сладкие** (рисунок 32). Затем к ним добавили и **вкус воды**, так как найдены нервные волокна, передающие информацию только в тех случаях, когда вкусовые рецепторы языка ощущают обыкновенную питьевую воду. Кислый вкус определяется наличием свободных водородных ионов, соленый вкус дают некоторые соли, а горький и сладкий – вещества разного строения. Одни вкусовые луковицы реагируют только на горькие вещества, другие – на соленые, третьи – на кислые, четвертые – на сладкие. Если провести точечное воздействие на отдельный сосочек, то он будет резко чувствителен лишь к одному из четырех видов

раздражителей. Большой частью сосочки реагируют на два, три, а иногда на все четыре вида раздражителей. Это объясняется тем, что в одной сосочке находятся луковицы с различными рецепторами. Рецепторы, чувствительные к разным веществам, неравномерно распределены на поверхности языка.

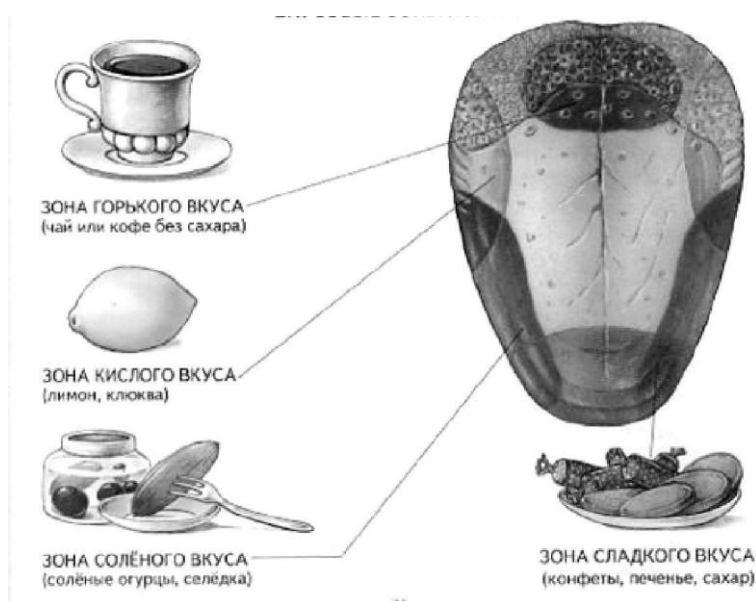


Рисунок 32 – Вкусовые зоны языка

При длительном воздействии на вкусовые рецепторы одним и тем же веществом чувствительность к нему постепенно снижается, иногда даже полностью исчезает ощущение вкуса. При применении нескольких вкусовых раздражителей одновременно или последовательно установлены **феномены вкусового контраста** и **смешения вкуса**. Вкусовой контраст заключается в обострении восприятия какого-либо одного вкуса под влиянием другого вкусового раздражителя. Например, обострение восприятия кислого вкуса под влиянием раздражителя, вызвавшего ощущение сладкого. Смешение вкусов связано с возникновением нового вкусового ощущения при одновременном действии двух или трех вкусовых раздражителей. Новое ощущение отличается от вкуса составляющих смесь компонентов. Для формирования вкусового ощущения имеет значение раздражение обонятельных рецепторов, а также тактильных, болевых и температурных рецепторов рта; они обуславливают возникновение вяжущего, терпкого вкуса. Тактильные рецепторы определяют консистенцию пищевого комка, степень его мягкости или твердости, некоторые другие свойства, а также играют не последнюю роль в акте речи.

Органы вкуса и деятельность желудка тесно связаны между собой. Вкусовая чувствительность меняется в зависимости от функционального состояния желудочно-кишечного тракта. Сигналы с интерорецепторов слизистой желудка идут в центральную нервную систему, которая

регулирует возбудимость вкусовых рецепторов. При голоде вкусовые рецепторы активны, а при сытости многие из них выключаются из работы и теряют способность определять вкус поедаемых веществ.

У травоядных вкусовой анализатор развит очень хорошо. На пастбище животное встречается с большим разнообразием трав, из которых одни содержат многие вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма; другие могут быть менее питательными или даже ядовитыми, и поедание их вызывает отравление. Пасущиеся коровы едят не всю траву подряд, некоторые растения они обходят. Точно так же зимой они перебирают сено и иногда выкидывают из кормушек стебли несъедобных трав. Крупный рогатый скот и овцы хорошо различают кислое, горькое, соленое и сладкое. Существенной разницы в скорости образования условных рефлексов на то или иное вещество у них не установлено.

У хищных животных вкусовой анализатор развит значительно хуже. Корм хищника более однообразен: мясо животных в нормальных условиях не может принести ему вреда, поэтому и не возникает необходимости тонко различать его вкус. Однако не все части тела животного равноценны по питательности. Крупные хищники, убив добычу, прежде всего, разрывают ей брюхо и поедают печень, желудок, кишки вместе с содержимым и лижут кровь. Таким образом, они обеспечивают себя комплексом витаминов и другими жизненно важными веществами. Затем уже поедают мышцы.

Вкусовой анализатор – первое звено в сложном аппарате пищеварения. Вещества, растворенные в воде или в слюне, попадая на вкусовые рецепторы языка, рефлекторно вызывают функционирование пищеварительных желез. Ощущение вкуса возбуждает пищеварительный центр мозга, и появляется чувство аппетита. Возбуждение пищевого центра стимулирует деятельность желез пищеварительного тракта. Поэтому очень важно, чтобы человек и животные поедали пищу или корм с аппетитом, так как при этом питательные вещества, находящиеся в нем, лучше усваиваются.

Животные неодинаково относятся к различным вкусовым веществам. Неприятный человеку горький вкус не вызывает у них отрицательного ощущения. Зайцы и лоси любят грызть осину, кора которой очень горькая. Любят осину также лошади и кролики. Менее приятно для животных кислое. Например, лимон отвергают и лошади, и коровы, и собаки. У овец легко образуются условные рефлексы на все категории вкусовых веществ.

КОЖНЫЙ АНАЛИЗАТОР. Кожа представляет собой чувствующую поверхность, посредством которой человек и животное контактируют с внешней средой, ощущая температурные, тактильные и болевые раздражения. Роль кожи как органа чувств обычно недооценивается, так как у человека по сравнению с другими анализаторами она занимает второстепенное место, и лишь у слепых, и особенно, у слепоглухонемых, кожное осязание развивается чрезвычайно сильно. Однако иногда и у зрячих встречается необыкновенное развитие этого анализатора.

Кожные рецепторы являются первичными рецепторами и представляют собой окончания дендритов чувствительных нейронов, тела которых располагаются в спинномозговых ганглиях. Существует несколько классификаций рецепторов (нервных окончаний) кожи.

Гистологическая классификация основана на особенностях строения дендритов кожных рецепторов.

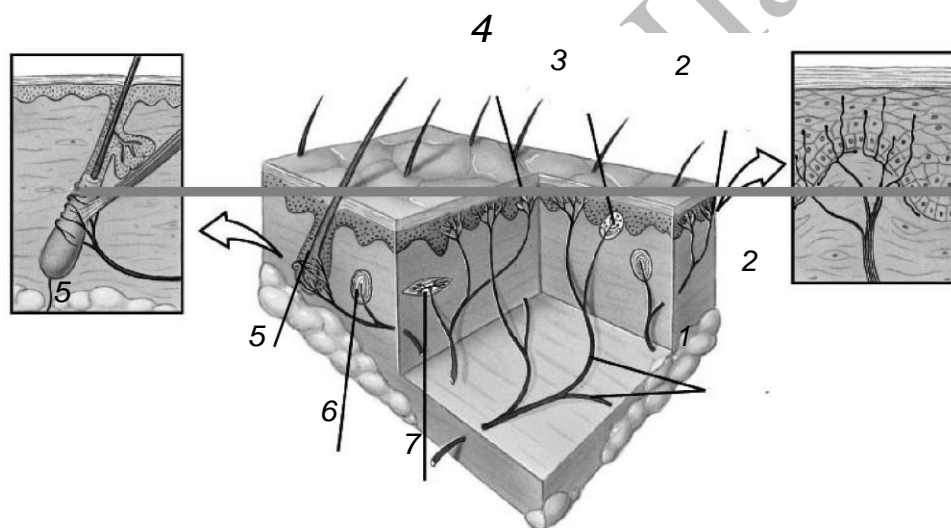
Свободными нервными окончаниями называют дендриты чувствительных нейронов, лишенные глиальной капсулы.

Окончания волосяных фолликулов представляет собой дендрит чувствительного нейрона, который спирально обкручивается вокруг основания волосяного фолликула.

Инкапсулированные нервные окончания, покрытые глиальной капсулой.

В зависимости от устройства глиальной капсулы, различают

- ✓ тельца Мейсснера,
- ✓ диски Меркеля,
- ✓ тельца Пачини,
- ✓ окончания Руффини (рисунок 33).



- 1 – дендрит чувствительного нейрона, 2 – свободное нервное окончание, 3 – тельце Мейсснера, 4 – диски Меркеля, 5 – рецептор волосяного фолликула, 6 – тельце Пачини, 7 – окончание Руффини

Рисунок 33 – Строение и расположение в коже разных типов рецепторов

Функциональная классификация делит рецепторы кожи в зависимости от воспринимаемого ими стимула.

Механорецепторы воспринимают механическую деформацию кожи:

✓ *медленно адаптирующиеся* (рецепторы силы) реагируют на степень деформации кожи; частота генерируемых ими нервных импульсов возрастает пропорционально увеличению амплитуды деформации кожи (силе давления на кожу);

✓ *быстро адаптирующиеся* (рецепторы скорости) реагируют только на уменьшение или увеличение деформации кожи, постоянно действующее

давление их не активирует; частота импульсации таких рецепторов пропорциональна скорости деформации кожи (скорости изменения давления на кожу);

✓ *очень быстро адаптирующиеся* (рецепторы ускорения) реагируют только на изменение скорости деформации кожи; как правило, они дают короткие залпы потенциалов действия в начале и в конце действия механического стимула.

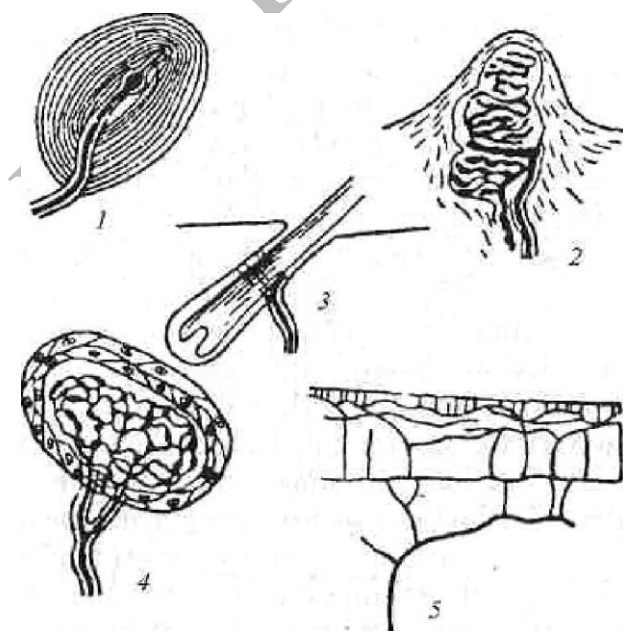
Терморецепторы воспринимают температуру кожи. Зависимость частоты импульсации терморецептора от температуры характеризуется куполообразной кривой:

✓ *тепловые* терморецепторы активируются при повышении температуры от 25 до 42 С, дальнейшее увеличение температуры приводит к уменьшению частоты нервных импульсов;

✓ *холодовые* терморецепторы активируются при снижении температуры от 42 до 25 С, дальнейшее охлаждение приводит к падению частоты нервных импульсов.

В коже находится ряд рецепторов, воспринимающих различные раздражения. Различают четыре типа кожной чувствительности: тепловую, холодовую, тактильную (подразделяющуюся на чувство прикосновения и чувство давления) и болевую. Осязанием называют весь комплекс ощущений, возникающих при соприкосновении кожи с различными телами.

Тактильная чувствительность. Механорецепция обеспечивается четырьмя видами рецепторов: нервными сплетениями, осязательными тельцами Мейсснера, дисками Меркеля и тельцами Пачини (рисунок 34).



1 – тельце Пачини, 2 – тельце Мейсснера, 3 – нервное сплетение вокруг волосной луковицы, 4 – колба Краузе, 5 – свободное нервное окончание

Рисунок 34 – Рецепторы кожи

Прикосновение к волосам кожи вызывает раздражение нервных сплетений вокруг волосяных луковиц, причем волос служит рычагом, усиливающим раздражение рецептора. У животных имеются специальные осязательные волоски – *вибриссы*, очень упругие и толстые. Обычно они расположены на морде, а у лазающих животных – на брюхе. У лошадей и коров вибриссы – это длинные, торчащие волосы на морде, а у кошек, собак и у прочих хищников их называют *усами*. Осязательные тельца Мейсснера имеют овальную форму и покрыты оболочкой из плоских клеток. К тельцу подходит нервное волокно, образующее внутри него большое число волоконцев. Диски Меркеля в большом количестве имеются на губах. Тельца Пачини овальной формы, но они значительно крупнее мейсснеровых, и, кроме нервного волокна, в каждое из них входит артерия. Эти тельца воспринимают самую незначительную деформацию кожи при соприкосновении с различными предметами и почвой.

Механизм тактильной рецепции можно представить следующим образом: механический стимул (давление) ведет к деформации свободного нервного окончания и других видов механорецепторов, сопровождающейся растяжением поверхностной мембраны и увеличением ее проницаемости для ряда ионов (Na^+ , K^+ , Cl^- и др.). В результате образуются ионные токи и возникают потенциалы действия, передаваемые к нервным центрам.

Тактильный раздражитель вызывает ощущение прикосновения или давления лишь в том случае, если он деформирует поверхность кожи. Различные участки кожи обладают неодинаковой тактильной чувствительностью, так как рецепторы этого вида распределены неравномерно. Чувствительность кожи к тактильным раздражителям не всегда одинакова, она увеличивается при нагревании и уменьшается при охлаждении.

При тактильных раздражениях воспринимается не только прикосновение или давление, но также и место воздействия раздражителя. Выше всего чувствительность на кончике языка, а наименьшая чувствительность на спине. Тактильные рецепторы могут быстро адаптироваться, поэтому ощущается только изменение давления, а не само давление. Наиболее быстро адаптируются рецепторы, расположенные у корней волос, и тельца Пачини.

Температурная рецепция. Информация о температуре окружающей среды воспринимается двумя видами терморецепторов. Для восприятия холодных раздражений в коже имеются особые тельца – колбы Краузе, а для восприятия тепловых раздражений – окончания Руффини (рисунок 35). Однако существует и другое мнение, что отдельных рецепторов кожи для ощущения тепла и холода не существует.

Различия температурных ощущений обусловлены различной глубиной залегания в толще кожи единых температурных рецепторов. Холодовые рецепторы находятся ближе к поверхности. На интенсивность ощущения

тепла или холода влияет величина раздражаемого участка. Эффект температурного раздражителя тем сильнее, чем больше раздражаемый участок кожи. Рецепторы кожи, отвечающие за температурные ощущения, также обладают способностью к адаптации.

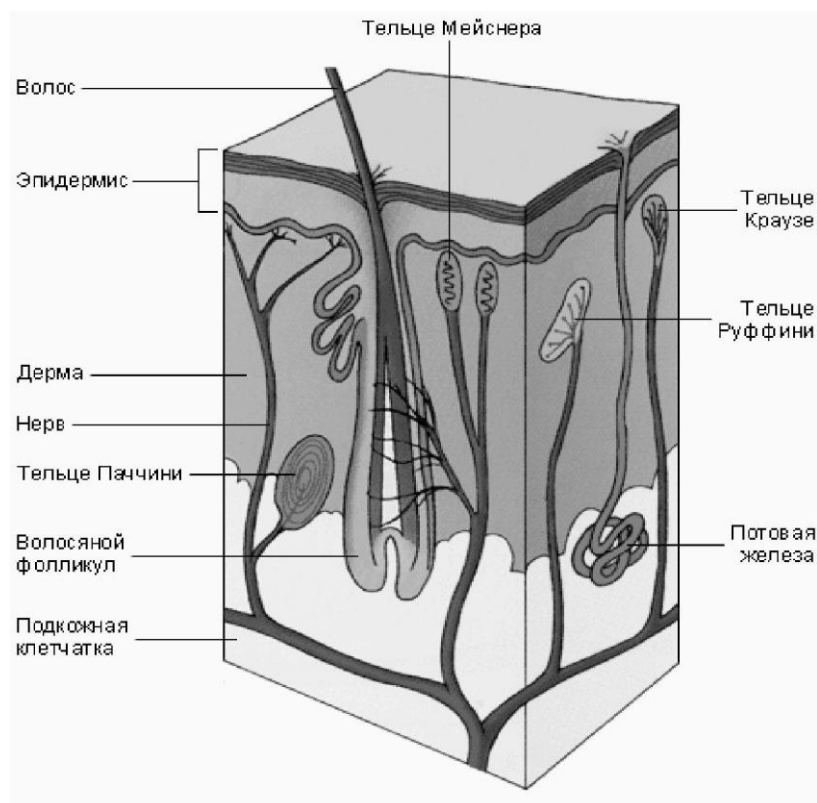


Рисунок 35 – Строение и расположение в коже разных типов рецепторов

Болевая рецепция. *Боль* – неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением тканей или описываемое в терминах такого повреждения. Биологическое значение боли состоит в том, чтобы защитить организм от действия чрезмерно сильных и вредных факторов. К болевым раздражениям наиболее чувствительны кожа и слизистые оболочки рта, носа, глаз, половых органов.

Рецепторы, воспринимающие болевые раздражения, представляют собой свободные нервные окончания. Порог их возбуждения довольно высок, ощущение боли возникает лишь при значительно большей интенсивности раздражения.

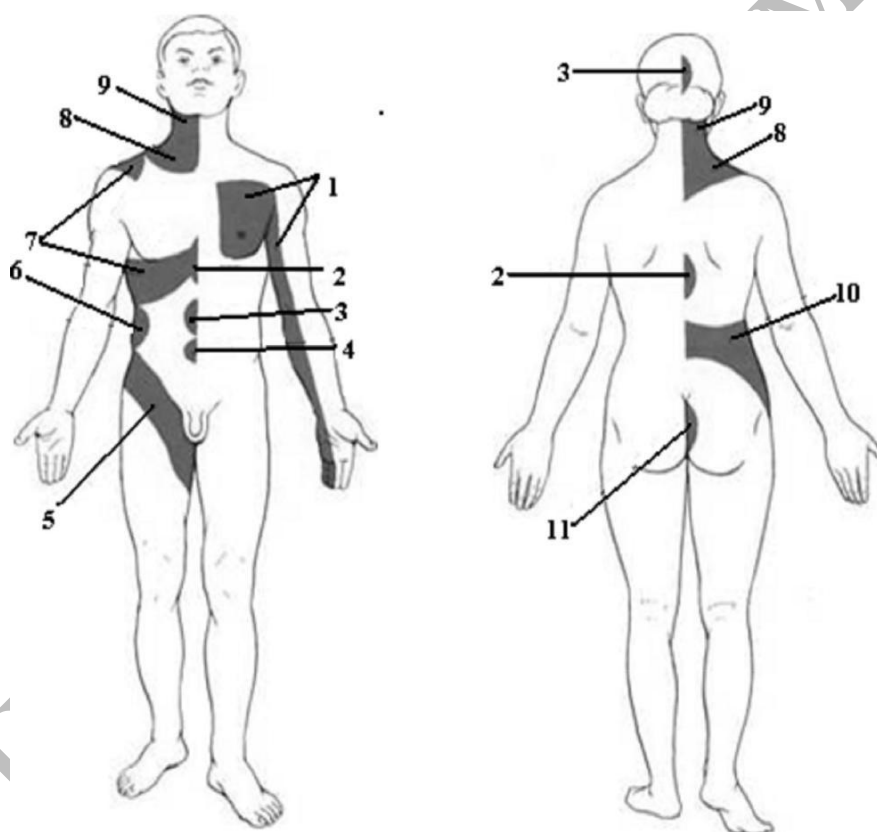
Свободные, неинкапсулированные нервные окончания (*ноцирецепторы*), воспринимающие болевые раздражения, находятся в поверхностных и глубоких слоях кожи и в определенных внутренних органах, таких как надкостница, стенки артериальных сосудов, перикард и т. д.

Болевые импульсы передаются по волокнам групп А и С. Волокна группы А, ответственные за передачу боли, проводят возбуждение со скоростью около 20 м/с, а болевые волокна группы С передают импульсы

со скоростью 0,6–2 м/с. Соответственно разной скорости проведения нервных импульсов в волокнах групп А и С возникает двойное ощущение боли (*феномен двойной боли*): вначале четкая по локализации и короткая, а затем более длительная, разлитая и сильная (жгучая).

Боль может появиться при действии самых разных факторов (температурных, механических, химических, электрических). Она ощущается и при воздействии на другие рецепторы, если раздражители чрезмерно сильны, например, боль в ушах при очень громких звуках, боль в глазах при чрезмерно ярком свете и т. д.

При заболевании внутренних органов ощущение боли может локализоваться не в самом пораженном органе, а в другой части тела, например на поверхности кожи. Такие боли называют *отраженными* (рисунок 36). Боль – это результат центральных суммационных процессов, возникающих при интенсивных раздражениях рецепторов.



1 – сердце, 2 – желудок, поджелудочная железа, 3 – тонкая кишка, 4 – мочевой пузырь, 5 – мочеточник, 6 – почки, 7 – печень, 8 – печень (капсула), 9 – легкие и бронхи, 10 – мочеполовая система, 11 – матка

Рисунок 36 – Зоны отраженных болей при заболеваниях внутренних органов (зоны Захарьина–Геда)

Возбудителями болевых ощущений могут быть химические реагенты, образующиеся в самом организме при нарушении тканевого обмена. К таким веществам относят гистамин, ацетилхолин, серотонин, ионы калия и др.

Центральные процессы играют исключительную роль в восприятии болевых раздражений. Кора больших полушарий влияет на интенсивность восприятия болевых ощущений. В результате длительного раздражения рецепторов, воспринимающих боль, может наступить их адаптация.

ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР. Двигательный анализатор постоянно получает информацию о положении тела в пространстве, степени сокращения мышц и о передаче этой информации в центральную нервную систему. Все многообразие движений координируется посредством двусторонних связей между центральной нервной системой и мышцами тела. Большую роль в этом играет мозжечок.

В мышцах, сухожилиях, связках и на поверхности суставов находятся проприорецепторы, при помощи которых воспринимаются пассивные и активные движения отдельных частей тела и осуществляется координация движений. У человека и животных выделяют три типа проприорецепторов.

Мышечные веретена представляют собой специализированные мышечные волокна, чувствительные к растяжению. Такие волокна окружены соединительнотканной капсулой, поэтому их называют *интрафузальными*. К каждому мышечному веретену подходит отросток спинального чувствительного нейрона, который обвивается вокруг центральной части веретена. Мышечные веретена имеют также и двигательную иннервацию.

Сухожильные органы Гольджи состоят из сухожильных нитей, отходящих примерно от 10 экстрафузальных мышечных волокон и заключенных в соединительнотканную капсулу. К ней подходят 1–2 афферентных нервных волокна. Войдя в капсулу, волокна образуют сильно разветвленные окончания среди сухожильных нитей.

Суставные рецепторы располагаются в суставных сумках.

Координация движений осуществляется разными путями. В различных отделах нервной системы, начиная со спинного мозга, возбуждение может переходить через промежуточные нейроны с афферентных путей на эфферентные. Проводниковый отдел двигательного анализатора может посылать импульсы в различные скопления серого вещества и вызывать двигательные реакции различной сложности.

Импульсы, идущие от проприорецепторов, непрерывно и точно сигнализируют о степени сокращения или расслабления каждой мышцы, о степени натяжения каждого сухожилия. Все эти импульсы, взятые вместе, сообщают о малейшем изменении положения тела или любой его части. Проприорецепторы обеспечивают наличие следующих видов чувствительности:

чувство позы – даже с закрытыми глазами возможно почувствовать, под какими углами располагаются суставы нашего тела;

чувство движения – при изменении положения сустава ощущается направление и скорость этого движения;

чувство силы позволяет оценить интенсивность совершаемого мышечного усилия; это же чувство лежит в основе определения веса предметов.

Информация от проприорецепторов поступает в соматосенсорную кору. На уровне таламуса и коры происходит интегрирование информации от проприорецепторов, механорецепторов кожи, зрительной системы, вестибулярной системы. В результате этого строится интегральная *модель тела в трехмерном пространстве*.

Проводящие пути и обработка информации в ЦНС соматосенсорной системы. В настоящее время принято выделять так называемый соматосенсорный анализатор, который включает в себя кожный и двигательный. Переработка соматосенсорной информации осуществляется с проведением в мозг сигналов от рецепторов кожи и проприорецепторов по двум основным путям: лемнисковому и спинноталамическому.

Лемнисковый путь на всех уровнях состоит из относительно толстых быстро проводящих миелинизированных нервных волокон. Он передает в мозг сигналы о прикосновении к коже, давлении на нее и движениях в суставах. Отличительная особенность лемнискового пути – быстрая передача наиболее тонкой информации, дифференцированной по силе и месту воздействия.

Первые нейроны этого пути находятся в спинальном ганглии, их аксоны в составе задних столбов восходят к тонкому (Голля) и клиновидному (Бурдаха) ядрам продолговатого мозга, где сигналы передаются на вторые нейроны лемнискового пути. Вторые нейроны тактильной чувствительности сосредоточены в продолговатом мозге в ядре тонкого пучка, вторые нейроны проприоцептивной чувствительности – в клиновидном ядре. Аксоны этих нейронов образуют медиальный лемнисковый тракт («медиальную петлю»), и после перекреста на уровне олив направляются в специфические ядра таламуса (вентробазальный ядерный комплекс). В этих ядрах таламуса расположены третьи нейроны лемнискового пути, аксоны которых направляются в соматосенсорную зону коры больших полушарий (задняя центральная извилина).

Спинноталамический путь значительно отличается от лемнискового. Первые нейроны этого пути также расположены в спинальном ганглии, откуда отходят в спинной мозг медленно проводящие немиелинизированные нервные волокна. Вторые нейроны спинноталамического пути локализуются в сером веществе спинного мозга, а их аксоны в составе восходящего спинноталамического тракта направляются после перекреста на спинальном уровне в вентробазальный ядерный комплекс таламуса, а также в вентральные неспецифические ядра таламуса, внутреннее коленчатое тело, ядра ствола мозга и гипоталамус. Локализованные в этих ядрах третьи нейроны спинноталамического пути лишь частично дают проекции в соматосенсорную зону коры.

ВИСЦЕРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР. Регуляция функции внутренних органов и сосудов осуществляется при помощи расположенных в них рецепторов, сигнализирующих в центральную нервную систему о состоянии внутренней среды организма. Висцерорецепторы имеются в пищеварительном тракте, в сердечно-сосудистой и дыхательной системах, в почках, печени и в других органах. Они обладают большой чувствительностью, специфически реагируют на различные раздражители и играют большую роль в поддержании гомеостаза организма и саморегуляции вегетативных функций. Существует несколько типов висцерорецепторов (интерорецепторов):

барорецепторы воспринимают давление биологических жидкостей (например, барорецепторы каротидного синуса);

рецепторы растяжения воспринимают степень растяжения органов (например, полых вен, легких, мочевого пузыря);

хемотрецепторы чувствительны к изменениям концентрации определенных веществ в жидкостях внутренней среды организма (O_2 - и CO_2 -рецепторы, рецепторы pH, глюкорецепторы и др.);

осмотрецепторы активируются при изменении осмотического давления крови, межклеточной жидкости.

Проводниковый отдел висцерального анализатора представлен в основном блуждающим, чревным и тазовым нервами. Блуждающий нерв передаёт афферентное влияние в центральную нервную систему по тонким волокнам с малой скоростью от всех органов грудной и брюшной полости, чревный нерв – от желудка, брыжейки, тонкого кишечника, а тазовый – от органов малого таза. Импульсы от интерорецепторов проходят по задним и вентролатеральным столбам спинного мозга. Интероцептивная информация поступает в ряд структур ствола мозга и подкорковые образования. Так в хвостатое ядро поступают сигналы от мочевого пузыря, в таламус – от многих органов брюшной полости. В гипоталамусе имеются проекции чревного и блуждающих нервов. В мозжечке обнаружены нейроны, реагирующие на раздражение чревного нерва.

Высшим отделом висцерального анализатора является кора головного мозга. Подтверждением этого является нарушение условных рефлексов на механические и химические раздражения внутренних органов при удалении некоторых участков коры: сигмовидной извилины, лимбической коры и сенсомоторных зон. Возбуждение интерорецепторов одних органов (прямой кишки, мочевого пузыря) приводят к возникновению чётких, локализованных ощущений. В то же время возбуждение интерорецепторов сердца, сосудов, печени, почек, селезёнки не вызывает ясных осознанных ощущений, то есть сигналы имеют подпороговое значение. И. С. Сеченов называл их «тёмными, смутными» ощущениями. Только при выраженном патологическом процессе в том или ином внутреннем органе эти сигналы

доходят до сознания и сопровождаются болевыми ощущениями. Изменение состояния внутренних органов, которое фиксируется висцеральным анализатором, даже если оно не осознаётся, значительно влияет на поведение, настроение и самочувствие человека. Это связано с тем, что интерорецептивные сигналы доходят до разных уровней центральной нервной системы вплоть до коры большого мозга, что может приводить к изменениям активности многих нервных центров, выработке новых условных рефлексов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Дайте характеристику вкусовому анализатору в зависимости от его строения и выполняемых функций.
2. Как определяется вкус потребляемой пищи?
3. Какие виды вкусов существуют?
4. Как взаимосвязаны между собой пищеварительная система и вкусовой анализатор?
5. Охарактеризуйте виды рецепторов кожного анализатора в зависимости от классификаций.
6. Каков механизм тактильной чувствительности?
7. Как осуществляется температурная рецепция?
8. Что такое боль и каков механизм ее развития?
9. Зачем необходим двигательный анализатор?
10. Каковы типы проприорецепторов?
11. Как осуществляется координация движения?
12. Что представляет собой соматосенсорный анализатор и как происходит переработка соматосенсорной информации?
13. Дайте характеристику висцеральному анализатору.

Опыт: Опыт Аристотеля

Оснащение: шарик размером с горошину.

Ход работы. Испытуемому предложить прикоснуться к шарiku, находящемуся на столе, соседними участками кожи конечных фаланг указательного и среднего пальцев и покатать его по столу. Затем перекрестить оба пальца и прикоснуться к шарiku так, чтобы он был находился между перекрещенными пальцами, и вновь покатать его по столу. В первом случае будет ощущение одного шарика, во втором – двух.

Предложите испытуемому перекрещенными пальцами дотронуться до кончика носа.

Опыт: Карта вкусовых полей языка

Оснащение: штатив с пробирками, 40% раствор глюкозы, 20% раствор поваренной соли, 20% раствор уксусной кислоты, 10% раствор солянокислого хинина, стеклянные оплавленные палочки, стакан, дистиллированная вода.

Ход работы. Исследуемому предложить открыть рот и высунуть язык. Стеклянной, хорошо оплавленной палочкой последовательно нанести капельки 40% раствора глюкозы на кончик языка, края, среднюю часть языка, корень. Каждый раз спрашивать исследуемого, что он ощущает. После каждой пробы исследуемый должен прополоскать рот дистиллированной водой. Интервал между отдельными наблюдениями должен быть не менее 2 мин. Прodelать то же самое с 2% раствором уксусной кислоты, 10% раствором солянокислого хинина, 10% раствором поваренной соли. Полученные данные в виде точек разного цвета нанести на карту, схематически изображающую поверхность языка.

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что не входит в состав вкусового анализатора:

- а) вкусовая луковица; в) четверохолмие; д) гипоталамус;
б) ядро одиночного г) таламус; е) центральная извилина коры
пучка; головного мозга.

2. Что относится к инкапсулированным нервным окончаниям кожного анализатора:

- а) тельца Мейсснера; в) диски Меркеля; д) дендриты чувствительных нейронов;
б) окончания Руффини; г) тельца Пачини; е) окончания волосяных фолликулов.

3. Механорецепторы бывают:

- а) медленно адаптирующиеся; в) тепловые; д) очень быстро адаптирующиеся;
б) быстро адаптирующиеся; г) болевые; е) холодовые.

4. Рецепторы, воспринимающие температуру – это:

- а) тельца Мейсснера; в) диски Меркеля; д) колбы Краузе;
б) окончания Руффини; г) тельца Пачини; е) окончания волосяных
фолликулов.

5. При тактильных раздражениях воспринимается:

- а) прикосновение; в) давление; д) холод;
б) боль; г) тепло; е) место нанесения раздражения.

6. За счет чего развивается феномен двойной боли:

- а) задействованы все нервные окончания, находящиеся в
коже; б) волокна А и С проводят импульсы с разной
скоростью; в) задействованы другие анализаторы.

7. Какие типы проприорецепторов существуют:

- а) мышечные веретена; в) сухожильные органы Гольджи; б)
суставные рецепторы; г) связочный аппарат.

8. Что не входит в состав лемнискового пути:

- а) спинальный ганглий; в) тонкое и клиновидное ядра продолговатого мозга;
б) внутреннее коленчатое тело; г) соматосенсорная зона коры головного мозга; д) специфические ядра таламуса;
е) неспецифические ядра таламуса.

9. Какие существуют типы висцерорецепторов:

- а) барорецепторы; в) осморецепторы; д) рецепторы растяжения;
б) хеморецепторы; г) терморецепторы; е) тактильные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большой практикум по физиологии человека и животных / Б. А. Кудряшов [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Кудряшова. – М. : Высш. шк., 1984. – 407 с.
2. Брин, В. Б. Физиология человека в схемах и таблицах / В. Б. Брин. – Ростов н/Д : Феникс, 1999. – 352 с.
3. Вайнер, Э. Н. Валеология / Э. Н. Вайнер. – М. : Наука, 2002. – 416 с.
4. Гальперин, С. И. Физиология человека и животных / С. И. Гальперин. – М. : Высш. шк., 1977. – 653 с.
5. Коробков, А. В. Нормальная физиология / А. В. Коробков, А. А. Башкиров, К. Т. Ветчинкина ; под ред. А. В. Коробкова. – М. : Высш. шк., 1980. – 560 с.
6. Малый практикум по физиологии человека и животных / А. С. Батуев [и др.] ; под общ. ред. А. С. Батуева. – СПб. : С. Петерб. ун-т, 2001. – 348 с.
7. Начала физиологии / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под общ. ред. А. Д. Ноздрачева. – СПб. : Лань, 2002. – 1088 с.
8. Обреимова, Н. И. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков / Н. И. Обреимова, А. С. Петрухин. – М. : Академия, 2000. – 378 с.
9. Общий курс физиологии человека и животных : в 2 кн. / А. Д. Ноздрачев [и др.] ; под общ. ред. А. Д. Ноздрачева. – М. : Высш. шк., 1991. – Кн. 1. – 512 с. ; Кн. 2. – 528 с.
10. Сапин, М. Р. Анатомия и физиология детей и подростков / М. Р. Сапин, З. Г. Брыксина. – М. : Академия, 2004. – 456 с.
11. Смирнов, В. М. Нейрофизиология и высшая нервная деятельность детей и подростков / В. М. Смирнов. – М. : Академия, 2000. – 400 с.
12. Смирнов, В. М. Физиология центральной нервной системы / В. М. Смирнов, В. Н. Яковлев. – М. : Академия, 2004. – 347 с.
13. Физиология / С. А. Георгиева [и др.] ; под общ. ред. С. А. Георгиевой. – М. : Медицина, 1982. – 477 с.
14. Физиология сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Голикова. – М. : Агропромиздат, 1991. – 432 с.
15. Физиология человека / А. А. Семенович [и др.] ; под общ. ред. А. А. Семеновича. – Минск : Высш. шк., 2007. – 544 с.
16. Физиология человека и животных / А. Б. Коган [и др.] ; под общ. ред. А. Б. Когана. – М. : Высш. шк., 1984. – Ч. 1. – 360 с.
17. Физиология человека и животных / А. Б. Коган [и др.] ; под общ. ред. А. Б. Когана. – М. : Высш. шк., 1984. – Ч. 2. – 288 с.
18. Хрипкова, А. Г. Возрастная физиология и школьная гигиена / А. Г. Хрипкова, М. В. Антронова, Д. А. Фарбер. – М. : Просвещение, 1990. – 264 с.
19. Хрипкова, А. Г. Возрастная физиология / А. Г. Хрипкова. – М. : Просвещение, 1978. – 238 с.