

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физиологии человека и животных

В.И. Беляков

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ФИЗИОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Издательство «Самарский университет»
2005

УДК 576.2

ББК 28.91

Б 448

Рецензент зав. кафедрой основ медицинских знаний Самарского государственного университета, доктор мед. наук, проф. И.Г. Кретьова

Беляков, В.И.

Б 448. Руководство к лабораторным занятиям по физиологии сенсорных систем: учеб. пособие / В.И. Беляков; Федеральное агентство по образованию. - Самара: Изд-во «Самарский университет», 2005. - 68 с.

Учебное пособие включает описание методик проведения основных лабораторных исследований по физиологии сенсорных систем человека: зрительной, слуховой, вестибулярной, обонятельной, вкусовой и соматосенсорной. Пособие содержит описание 35 лабораторных работ. Каждая экспериментальная работа сопровождается вступлением, в котором кратко излагаются особенности структуры и функционирования того или иного отдела сенсорной системы. В конце лабораторных работ приведены рекомендации, которые облегчают понимание студентами полученных данных и помогают при написании соответствующих выводов.

Учебное пособие предназначено для студентов биологических и психологических факультетов университетов, медицинских вузов и колледжей, а также может быть рекомендовано для школьников, занимающихся по программе углубленного изучения биологии.

УДК 576.2

ББК 28,91

© Беляков В.И., 2005

© Изд-во «Самарский университет», 2005

ВВЕДЕНИЕ

В 1909 году И.П. Павлов ввел в физиологию термин «анализатор». Под анализатором Павлов понимал совокупность рецепторных образований, вспомогательных структур и нейронов мозга, участвующих в восприятии действующих на организм раздражителей и их всестороннем анализе. Любой анализатор включает три основных уровня: рецепторный, проводниковый и высший корковый. Рецепторы участвуют в восприятии раздражителей и трансформации их энергии в электрические импульсы. Проводниковый отдел обеспечивает последовательную обработку характеристик раздражителей и проведение информации в высшие отделы головного мозга. Наконец, на уровне коры больших полушарий происходит сложная аналитико-синтетическая деятельность, результатом которой является формирование конкретного ощущения и целостного восприятия (перцепция). Восприятие составляет основу всей интеллектуальной деятельности человека, т.е. мышления. И.М. Сеченов писал: «Психический акт не может явиться в сознании без внешнего чувственного возбуждения». Между тем, сложнейшие нейрофизиологические механизмы декодирования электрических сигналов на корковом уровне остаются нераскрытыми; отсутствует единая стройная физиологическая теория о природе ощущений и восприятия.

Учитывая сложный характер процессов, происходящих при восприятии и переработке действующих на организм раздражителей, в современной физиологии используется понятие о сенсорных системах. Главной функцией сенсорных систем является выявление биологической или социальной значимости раздражителей с тем, чтобы организм мог наиболее адекватным образом приспособиться к изменению условий среды. Таким образом, сенсорные функции мозга тесно и неразрывно связаны с высшей нервной деятельностью организма, являются ее организующей основой.

Можно выделить следующие функции сенсорных систем организма:

- 1) рецепция раздражителей;
- 2) кодирование раздражителей - трансформация их энергии в электрические импульсы;
- 3) передача электрических сигналов к структурам головного мозга;
- 4) первичный анализ характеристик раздражителей;
- 5) формирование ориентировочных ответных реакций с участием подкорковых структур головного мозга;
- 6) высший анализ характеристик раздражителей с формированием ощущений и целостного восприятия (процессы идентификации, классификации и опознания раздражителей), оценка их биологической или социальной значимости.

ЗРИТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

*... И даже самый глаз
Не может, несмотря на совершенство
Строения, видеть самого себя.
Уильям Шекспир*

Зрительная система у человека и приматов является ведущей среди остальных сенсорных систем организма. Именно зрительная система дает около 90% всей информации об окружающем мире («лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать»).

Зрительная функция - это сложный многозвеньевой процесс. Световые лучи через систему линзовых структур глаза проецируются на фоторецепторы сетчатки. В результате сложных фотохимических процессов в сетчатке возникают электрические потенциалы, которые по волокнам зрительных нервов передаются к различным структурам головного мозга (верхние бугры четверохолмия среднего мозга, центры регуляции диаметра зрачка и движения глазных яблок, эпифиз, таламус, зрительная кора мозга). В зрительных зонах коры головного мозга (поля 17, 18 и 19 по Бродману) осуществляется сложная аналитико-синтетическая деятельность по формированию зрительных ощущений и целостного зрительного восприятия.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Структурно-функциональная организация глазного яблока человека

Периферический отдел зрительной сенсорной системы представлен сложно устроенным органом чувств — глазным яблоком (вертикальный размер - 23,5 мм, поперечный - 23,8 мм). Стенка глазного яблока состоит из трех оболочек: белочной, или фиброзной (склеры), сосудистой и чувствительной (сетчатки).

Наружная оболочка глаза (склера) состоит из волокнистой соединительной ткани и выполняет защитную функцию. К склере прикрепляются шесть мышц глазного яблока и слизистая оболочка глаза - конъюнктива. Передний отдел склеры представлен роговицей. Диаметр роговицы около 12 мм, толщина - 0,6-0,9 мм. Роговица состоит из пяти слоев клеток: эпителиального, боуеновой пластинки, стромы, десцеметовой оболочки, эндотелия. Поверхностный слой роговицы состоит из 5-6 слоев эпителиальных клеток, обладающих высокой регенеративной способностью. Одновременно в стадии митоза находятся 5-6 тысяч эпителиальных клеток. Продолжительность жизни одной клетки

этого слоя составляет около 4-8 недель. Общее число эпителиальных клеток около 1,4 миллиона.

Основными функциями роговицы являются следующие:

- 1) участие в образовании формы глазного яблока;
- 2) защита глаза от механических и микробных воздействий, за исключением гонококковой инфекции;
- 3) участие в зрительном восприятии благодаря идеальной прозрачности и высокой преломляющей способности. Преломляющая способность роговицы самая высокая в сравнении с другими глазными линзами и составляет 44-46 Д. Идеальную прозрачность роговицы определяют особенности организации прежде всего ее стромального слоя: строго параллельное расположение пластин в строме; наличие в строме мукоида, заполняющего пространства между пластинами; дифракционная решетка, сформированная спиралевидно закрученными фибриллами; высокая гидратация стромы.

В роговице нет кровеносных сосудов (еще один фактор прозрачности), и антитела не достигают пересаженной роговицы и не отторгают ее как многие другие чужеродные ткани. Питание роговицы осуществляется за счет слезной жидкости и водянистой влаги передней камеры глаза.

Роговица имеет хорошую иннервацию и, соответственно, обладает высокой чувствительностью. Ее иннервация осуществляется за счет чувствительных волокон тройничного нерва. Кроме того, роговица получает и симпатические нервные волокна от верхнего шейного симпатического ганглия. Симпатические волокна оказывают на роговицу трофическое влияние. Удаление верхнего шейного симпатического ганглия приводит к дистрофии роговицы.

Сквозь роговицу хорошо заметна радужная оболочка (радужка). Радужка в совокупности с цилиарным (ресничным) телом и сосудистой оболочкой образуют увеальный тракт. Увеальный тракт состоит из гладкомышечных волокон, сосудов и эпителиальных клеток.

Срединная (сосудистая) оболочка состоит из кровеносных сосудов, соединительной ткани и выстилает изнутри заднюю часть склеры. Между склерой и сосудистой оболочкой находится щелевидное околосоудистое пространство.

Внутренняя оболочка глаза (сетчатка) плотно прилежит к сосудистой оболочке на всем ее протяжении до края зрачка. В сетчатке выделяют зрительную часть, где расположены фоторецепторы, и «слепую», занимающую ресничную и радужковую части сетчатки и лишенную фоторецепторов.

Зрительная часть сетчатки состоит из поверхностного и внутреннего слоя. Поверхностный слой тесно прилежит к сосудистой оболочке и состоит из высокоспециализированных эпителиальных клеток.

Эпителиальные клетки содержат пигмент фусцин. Фусцин поглощает свет, препятствуя его рассеиванию. Кроме того, при чрезмерно ярком освещении сетчатки зерна фусцина выходят из эпителиальных клеток и занимают пространство между фоторецепторами (ретиномоторная реакция). Таким образом, фусцин защищает фоторецепторы от чрезмерного светового потока. У некоторых ночных животных (сов, кошек и др.) между эпителиальным поверхностным и внутренним слоями сетчатки расположен дополнительный отражающий слой (tapetum). Отражение света от этого слоя позволяет фоторецепторам этих животных получать не только прямой, но и отраженный свет. Данное обстоятельство повышает чувствительность фоторецепторов ночных животных. Наличие этого слоя обуславливает эффект свечения глаз ночью при действии внешнего света.

Внутренний слой имеет десятислойное строение. Наиболее функционально важными являются три слоя: **фоторецепторный, ассоциативный и ганглиозный.**

Фоторецепторный слой содержит палочки (около 120 млн.) и колбочки (около 6-7 млн.). Палочки обеспечивают ночное (черно-белое) зрение. В фотомембранах палочек содержатся молекулы зрительного пигмента - родопсина (30000 молекул на площади в 1 кв. мкм). Родопсин > состоит из белка опсина и протетической группы - 11-цис-ретинала (альдегида витамина А). Максимум спектра поглощения света у родопсина составляет около 500 нм (сине-зеленые лучи). При действии фотонов света запускается сложный каскад фотохимических реакций. Происходит фотолиз 11-цис-ретинала с образованием метародопсина II (*реакция выцветания родопсина*). В свою очередь метародопсин II активизирует примембранный фермент фосфодиэстеразу, которая обеспечивает быстрый гидролиз молекул цГМФ (одна молекула этого фермента гидролизует в среднем 1000 молекул цГМФ). В результате уменьшения концентрации цГМФ происходит закрытие в поверхностной мембране палочек кальциевых и натриевых ионных каналов. Таким образом, при действии света мембрана палочек гиперполяризуется, т.е. палочки переходят в заторможенное состояние.

Колбочки обеспечивают дневное (цветовое) зрение. В зависимости от содержания определенного зрительного пигмента выделяют три типа колбочек: «красные» - содержат пигмент эритролаб (максимум спектра поглощения света составляет 670 нм); «зеленые» - содержат пигмент хлораб (максимум спектра поглощения - 540 нм); «синие» - содержат пигмент йодопсин (максимум спектра поглощения - 430 нм).

Ассоциативный слой содержит биполярные нейроны (обеспечивают взаимодействие фоторецепторов с ганглиозными нейронами), а также горизонтальные и амакриновые нейроны. Последние клетки являются тормозными и обеспечивают механизм латерального торможения.

Ганглиозный слой содержит ганглиозные нейроны, от которых отходят зрительные нервные волокна к структурам головного мозга.

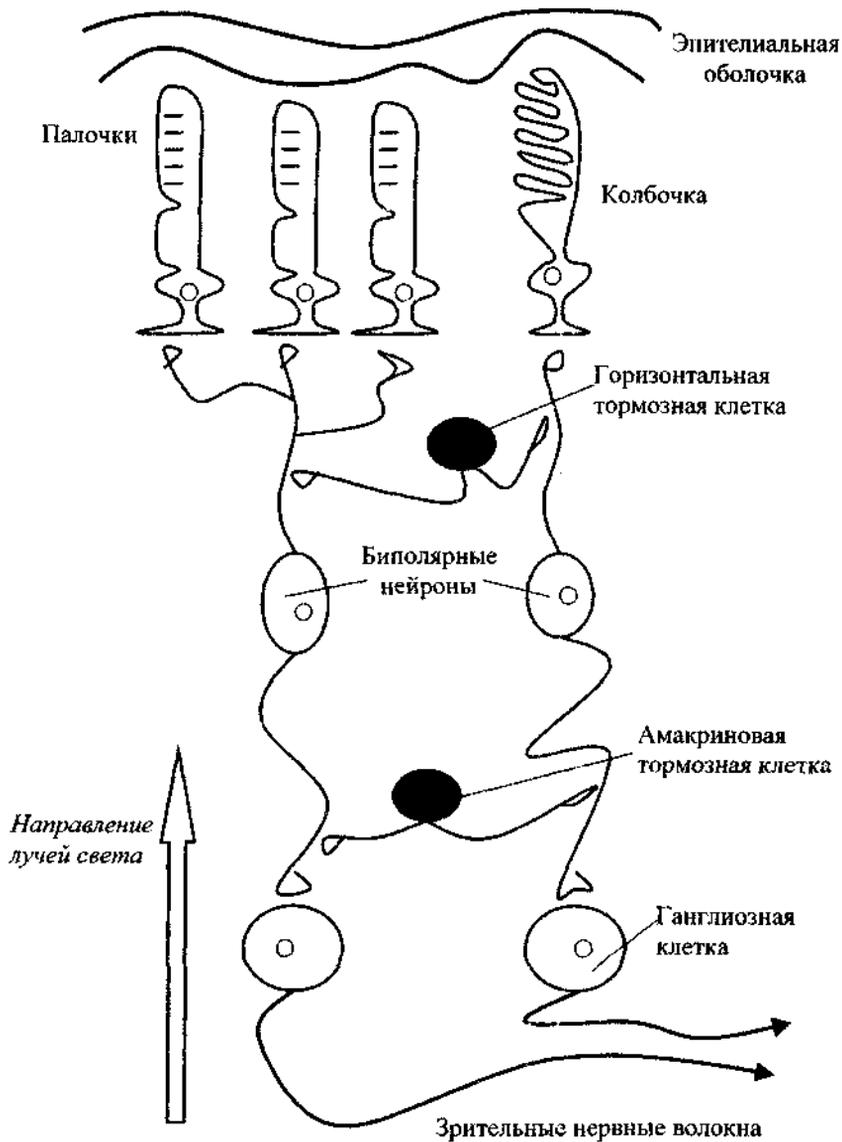


Рис. 1. Схема организации связей клеток в сетчатке

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас, муляжи.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации глазного яблока человека.

- **Рекомендации к оформлению работы**

Зарисуйте схему организации глазного яблока человека, сделайте на ней соответствующие обозначения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Наблюдение зрачкового рефлекса у человека

Зрачок - это отверстие в радужной оболочке глаза. Его диаметр зависит от уровня освещенности. В условиях дневного рассеянного света диаметр зрачка равен 1,5-2 мм, а в темноте возрастает до 6-7 мм. Зрачковый диаметр определяется активностью *радиальной мышцы-дилататора* (расширяет зрачок) и *кольцевой мышцы-сфинктера* (суживает зрачок). В свою очередь мышцы, регулирующие диаметр зрачка, находятся под контролем вегетативных центров спинного и среднего мозга.

Симпатические нейроны, ответственные за расширение зрачка, расположены в цилиоспинальном центре (VIII шейный и I-й грудные сегменты спинного мозга). Симпатические волокна от этого центра идут в верхний шейный симпатический ганглий, где расположены ганглионарные симпатические нейроны. Их нервные волокна иннервируют радиальную мышцу радужки глаза. При нарушениях симпатической иннервации зрачки расширяются (мидриаз). Стресс, эмоциональное возбуждение, попадание в условия темноты приводят к активации симпатической нервной системы и расширению диаметра зрачка.

Кольцевая мышца иннервируется парасимпатическими волокнами глазодвигательного нерва. Активация парасимпатического ядра глазодвигательного нерва (ядро Эдингера-Вестфаля), находящегося в среднем мозге, приводит к сокращению кольцевых мышц и уменьшению диаметра зрачка (миоз). Повреждения глазодвигательного нерва, его центров в среднем мозге ведут к расширению диаметра зрачка.

Зрачковый рефлекс является важной приспособительной реакцией, направленной на дозирование поступающего к сетчатке света, ее защиту от чрезмерного светового потока.

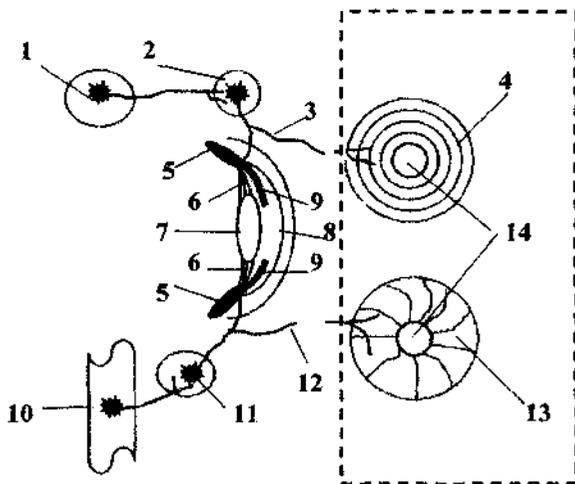


Рис. 2. Схема организации зрачкового рефлекса

1 - парасимпатическое ядро глазодвигательного, 2 - парасимпатический (цилиарный) ганглий, 3 - постганглионарные парасимпатические нервные волокна, 4 - кольцевая мышца радужки, 5 - цилиарное тело, 6 — цинновы связки, 7 - хрусталик, 8 - роговица, 9 - радужка, 10 - симпатические нейроны спинного мозга, 11 - верхний симпатический ганглий, 12- постганглионарные симпатические волокна, 13-радиальная мышца радужки, 14-зрачок

Зрачковый рефлекс имеет и важное диагностическое значение. Диаметр зрачка определяет уровень внутриглазного давления (в норме в среднем равняется 20 мм рт. ст.). Его повышение может привести к нарушениям кровообращения в глазном яблоке и слепоте (глаукоме). Внутриглазное давление зависит от количества водянистой влаги, заполняющей переднюю и заднюю камеры глаза. Водянистая влага представляет собой безбелковый ультрафильтрат, секретируемый в полость задней камеры глаза ресничным телом. В норме водянистая влага секретируется и удаляется с одинаковой скоростью. Оттекает водянистая влага из передней камеры глаза через пространства радужно-роговичного угла и далее через венозный синус склеры глаза поступает в передние ресничные вены. Затруднения оттока водянистой влаги приводят к повышению внутриглазного давления.

Для снижения величины внутриглазного давления в конъюнктивный мешок закапывают М-холиномиметики или альфа-адреноблокаторы,

которые вызывают сужение зрачка и расширение пространства радужно-роговичного угла.

Приборы и материалы: карандаш, источник света.

Методика работы

Испытуемого располагают лицом к свету и измеряют у него диаметр зрачков. Далее просят испытуемого закрыть оба глаза ладонями на 30-50 с. После открытия глаз вновь измеряют диаметр зрачков. Замечают реакцию зрачков.

Испытуемого ставят так, чтобы освещение находилось только с одной стороны, освещая только правый глаз. Левый глаз находится в тени. Испытуемый закрывает правый глаз рукой, а через 1 минуту его открывает. Отмечают сужение зрачков обоих глаз (содружественный зрачковый рефлекс).

Испытуемый фиксирует взгляд на карандаше на расстоянии 0,5-1 м. Затем карандаш быстро приближают. При этом отмечают сужение зрачков и сведение зрительных осей (реакция конвергенции).

Рекомендации к оформлению работы

В протоколе эксперимента отразите полученные результаты.

Укажите физиологическое значение зрачкового рефлекса.

Зарисуйте схему организации зрачкового рефлекса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение остроты зрения у человека

Острота зрения человека характеризуется его способностью различать две достаточно близко расположенные точки как отдельные. Единицей остроты зрения условно принимают угол зрения в 1 минуту, под которым различаются форма и величина рассматриваемого объекта. Чем больше угол зрения, тем меньше острота зрения, и наоборот. Следует учитывать, что угол зрения в 1 минуту - это среднее значение нормы. В некоторых случаях здоровый глаз может обладать остротой зрения меньшей, чем единица.

Наиболее высокая острота зрения достигается в случае попадания изображения от объекта на область желтого пятна (макулярная область). В срединной части желтого пятна расположена центральная ямка, где отмечается самая высокая плотность колбочек. Имеются структурно-функциональные особенности организации желтого пятна сетчатки:

- 1) зрительная ось непосредственно проецируется в желтое пятно;
- 2) в желтом пятне расположены одни колбочки;

3) каждая колбочка связана с одной «своей» биполярной клеткой, информация от которой передается к ганглиозной клетке и далее в соответствующие структуры головного мозга. В поле 17 зрительной коры колбочки желтого пятна представлены наиболее дифференцированно;

4) в области желтого пятна сетчатки истончена, что обеспечивает улучшение его трофики.

При удалении от центральной ямки на расстояние в 5 градусов острота зрения снижается в 4 раза, а на крайней периферии составляет сотые доли от центральной остроты зрения.

У человека зрение бинокулярное, поэтому все детали предмета (форма, размеры, цвет) воспринимаются наиболее четко при попадании его изображения в желтые пятна обеих сетчаток. Если искусственно сместить положение одного из глазных яблок (слегка надавить через веко) и посмотреть на какой-либо объект, то его изображение будет двоиться.

Выделяют три главные причины, приводящие к снижению остроты зрения человека:

1) нарушение рефракции глаза (близорукость, дальнозоркость, астигматизм);

2) помутнение оптических сред глаза (роговицы, хрусталика, стекловидного тела);

3) заболевания сетчатки и зрительного нерва.

Приборы и материалы: таблица Сивцева, указка.

Методика работы

Исследование остроты зрения у человека проводят при помощи таблицы Сивцева. Таблица Сивцева представляет собой ряд букв, размеры которых уменьшаются от верхней строчки к нижней. С левой стороны каждого буквенного ряда указано расстояние D (м), с которого человек с нормальной остротой зрения должен воспринимать этот ряд букв.

С правой стороны каждого ряда букв отмечены рассчитанные значения остроты зрения - V (visus): 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и т.д.

Значение V рассчитывается по формуле:

$$V = d / D,$$

где V - острота зрения, D - расстояние, с которого человек должен воспринимать буквенный ряд, d - расстояние, с которого человек в реальности видит строку букв.

Например, если человек видит пятую строку букв с расстояния 6 м, а должен ее воспринимать с расстояния 12,5 м, то его острота зрения рассчитывается как $V = 6 / 12,5 = 0,48$.

При исследовании остроты зрения таблица Сивцева должна быть хорошо и равномерно освещена. Испытуемый садится на стул на расстоянии 5 м от таблицы, один глаз закрывает непрозрачным щитком.

Экспериментатор встает около таблицы, не затемняя ее, и белой указкой показывает буквы в направлении от крупных к более мелким. Последняя строчка, которую испытуемый называет безошибочно, служит показателем остроты зрения для данного глаза. Аналогично определяется острота зрения и для другого глаза.

Рекомендации к оформлению работы

Отметьте в результатах исследования установленные значения остроты зрения для каждого глаза.

С чем связана высокая острота зрения при попадании изображения на область центральной ямки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Аккомодация хрусталика Определение ближней точки ясного видения (опыт Шейнера)

Ближняя точка ясного видения - это точка, находящаяся на наименьшем расстоянии от глаза, при котором объект воспринимается еще отчетливо. Значение ближайшей точки ясного видения подвержено возрастным изменениям. В норме в 10 лет оно составляет 7 см, в 20 лет - 10 см, в 30 лет - 14 см, в 40 лет - 22 см, в 50 лет - 40 см, в 60 лет - 100 см.

Дальняя точка ясного видения - это точка, находящаяся на максимально далеком расстоянии от глаза, при котором объект воспринимается довольно четко. Условно дальнюю точку ясного видения принимают за 5 м.

Восприятие ближней и дальней точек ясного видения обеспечено аккомодацией хрусталика. **Аккомодация** — это изменение кривизны хрусталика (особенно его передней поверхности), направленное на восприятие различно удаленных от глаза объектов. Аккомодационный механизм позволяет глазу воспринимать как очень близко расположенные, так и бесконечно удаленные объекты. **Диапазоном аккомодации** называется интервал изменения преломляющей силы хрусталика при фиксации объекта, приближающегося из бесконечности на максимально близкое расстояние. Самый широкий диапазон наблюдается в молодом возрасте (14 диоптрий). **Диоптрия** - это единица преломляющей силы линзы с фокусным расстоянием 1 м. Для определения преломляющей силы какой-либо линзы в диоптриях необходимо единицу разделить на фокусное расстояние этой линзы в метрах. **Фокус** - это точка, в которой сходятся после прохождения через линзу параллельно падающие на нее лучи. **Фокусное расстояние** ~ это расстояние от центра линзы до ее фокуса. В центральной части линзы лучи проходят без преломления.

Экспериментально установлен общий показатель преломления хрусталика - 19,1 диоптрий. Рассчитан и общий показатель преломления глаза - 58,6 диоптрий.

Увеличение силы аккомодации контролируется парасимпатическими нейронами *ядра Эдингера-Вестфала* среднего мозга, импульсация от которых направляется к цилиарной (ресничной) мышце. Сокращение цилиарной мышцы приводит к уменьшению натяжения сумки хрусталика и, соответственно, к увеличению кривизны его передней поверхности. Это приводит к возрастанию преломляющей способности хрусталика (аккомодации). Адекватным стимулом для изменения силы аккомодации является нечеткость изображения на сетчатке, которая воспринимается фовеальной проекционной зоной зрительной коры мозга (поле 18). Данная корковая зона функционально связана с ядром Эдингера-Вестфала.

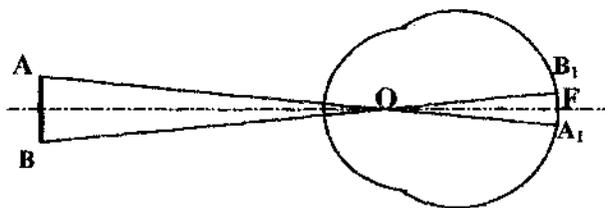


Рис. 3. Схема преломления лучей в глазу с одной преломляющей поверхностью (роговицей)

AB - объект, *O* - узловая точка, *F* - фокус, *OF* - фокусное расстояние, *A₁B₁* - изображение объекта на сетчатке (уменьшенное и перевернутое)

Силу аккомодации можно корректировать при помощи лекарственных препаратов. Если в конъюнктивальный мешок (за веко) закапать раствор *атропина* (блокатор М-холинорецепторов), то произойдет блокада передачи импульсов от парасимпатических нервных волокон к цилиарной мышце и кольцевой мышце радужки. При этом хрусталик станет неаккомодированным, а зрачок расширится. *Неостигмин* (ингибитор ацетилхолинэстеразы - фермента, разрушающего ацетилхолин), наоборот, усиливает аккомодацию и сужает зрачок.

Методика работы

На конце измерительной линейки укрепляется картонный экран. В картоне булавкой проделывается два отверстия на расстоянии 1-1,5 мм. Далее на линейке укрепляются две булавки: одна на расстоянии 10-15 см от картонной ширмы, другая - чуть далее (см. рис. 4).

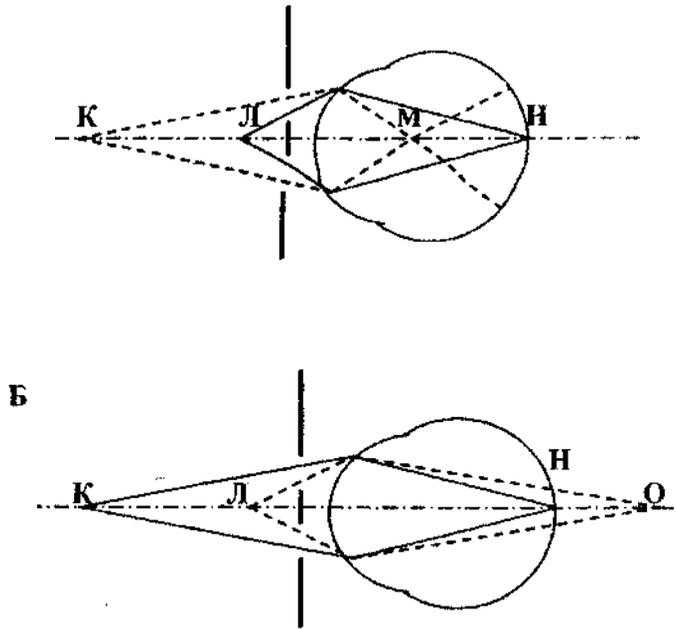


Рис. 4. Схема преломления лучей при рассматривании близко (А) и далеко (Б) расположенного объекта

К — дальний объект, Л — ближний объект, М — фокус перед сетчаткой, Н' — фокус на сетчатке, О — фокус за сетчаткой.

При фиксации, глазом близко расположенного объекта Л (рис. 4.А), зрачок становится более выпуклым, и лучи от объекта сходятся на сетчатке в точке Н. При этом лучи от дальнего объекта К сойдутся перед сетчаткой в точке М.

При фиксации глазом дальнего объекта К (рис. 4.Б) зрачок принимает плоскую форму, за счет чего лучи от этого объекта сходятся на сетчатке в точке Н. При этом лучи от близко расположенного объекта Л сойдутся за сетчаткой в точке О.

Вследствие аккомодационной способности хрусталика видеть одновременно близко и далеко расположенные объекты невозможно

Испытуемый, зажмурив левый глаз, правым глазом через отверстия в картонной ширме фиксирует ближайшую булавку. При этом наблюдает двоение дальней булавки. И, наоборот, при фиксации дальней булавки происходит двоение ближней булавки.

Булавка укрепляется на расстоянии 2-3 см от картонкой ширмы. При фиксации глазом этой булавки происходит ее двоение. При закрытии правого отверстия экрана левый образ булавки исчезает. Наоборот, при закрытии левого отверстия в ширме исчезает правый образ булавки.

Для определения ближней точки ясного видения булавку постепенно отодвигают от картонной ширмы до тех пор, пока булавка не перестанет двоиться. Это расстояние от ширмы до булавки и будет характеризовать ближнюю точку ясного видения. В норме это расстояние равно 10-15 см.

Рекомендации к оформлению работы

В результатах работы отметьте значение ближней точки ясного видения.

Объясните, с чем связан эффект раздвоения булавки.

Подумайте, почему невозможно одинаково ясно видеть разноудаленные объекты.

Зарисуйте схему, отражающую центральные механизмы регуляции силы аккомодации хрусталика.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Значение движений глазных яблок в восприятии зрительных образов

Глаза человека никогда не остаются неподвижными. В случае прекращения движения глаз относительно какого-либо объекта этот объект постепенно «исчезает» из восприятия. Движения глаза устанавливают его в таком положении, при котором изображение интересующего объекта попадает на область сетчатки с максимальной остротой зрения. Если воспринимаемый объект довольно крупный, то взгляд проходит по всем его контурам за счет саккад («сканирование», «осмотр» объекта). **Саккады** - это небольшие по амплитуде и длительности скачкообразные движения глазных яблок. Продолжительность одной саккады - 10-80 мс, амплитуда - несколько угловых минут. При произвольном переводе взгляда возникают макросаккады. При рассматривании объекта со сложным контуром саккады чередуются с периодами фиксации взора длительностью 0,2-0,6 мс

Глазные яблоки приводятся в движение шестью глазными мышцами, которые иннервируются тремя парами черепно-мозговых нервов: **глазодвигательными (III пара), блоковыми (IV пара) и отводящими (VI пара)**. Моторные ядра этих нервов находятся под контролем глазодвигательных центров ствола мозга. **Нейроны парамедианной ретикулярной формации варолиевого моста** управляют горизонтальными движениями глазных яблок, а **нейроны ретикулярной формации среднего**

мозга — их вертикальными движениями. Данные глазодвигательные центры связаны и с мотонейронами верхних шейных сегментов спинного мозга, что обеспечивает координацию движения глаз и головы. Активность глазодвигательных центров ствола мозга регулируется верхними буграми четверохолмия среднего мозга, вестибулярными ядрами продолговатого мозга, древним мозжечком, вторичной зрительной корой (поле 18), ассоциативной теменной и лобной областями мозговой коры.

Приборы и материалы: тестовый рисунок.

Методика работы

Необходимо пристально в течение 0,5-1 минуты смотреть на центральную черную точку. Отмечают колебание черных и белых частей рисунка. Затем переводят взгляд на белую точку, отмечают последовательный образ (набор белых квадратов на черном фоне), наложенный на представленный рисунок. Этот последовательный образ постоянно будет смещаться по рисунку (эффект глазных саккад).

Рекомендации к оформлению работы

В протоколе отметьте результаты эксперимента.

В чем заключается физиологическое значение саккад?

Изобразите схему, иллюстрирующую центральные механизмы регуляции движений глазных яблок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Исследование слепого пятна

Фоторецепторы в сетчатке распределены неравномерно: в центральной части преобладают колбочки, а на периферии — палочки. Кроме того, на уровне сетчатки имеются два особых участка. **Желтое пятно** - это участок центральной части сетчатки с наиболее плотным расположением колбочек. В середине желтого пятна расположена **центральная ямка**, в которой отмечается максимальная плотность колбочек (около 3 тысяч колбочек на 1 кв. мкм). Еще один особый участок - это **слепое пятно**, являющееся местом выхода из сетчатки волокон зрительного нерва. В слепом пятне фоторецепторы отсутствуют. При попадании изображения объекта на область слепого пятна данный объект исчезает из поля зрения. В обычных условиях эффект слепого пятна не ощущается, поскольку «пробел» в поле зрения компенсируется активностью фоторецепторов соседних участков сетчатки, а также саккадами.

При помощи классического опыта Мариотта можно легко обнаружить наличие в сетчатке слепого пятна.

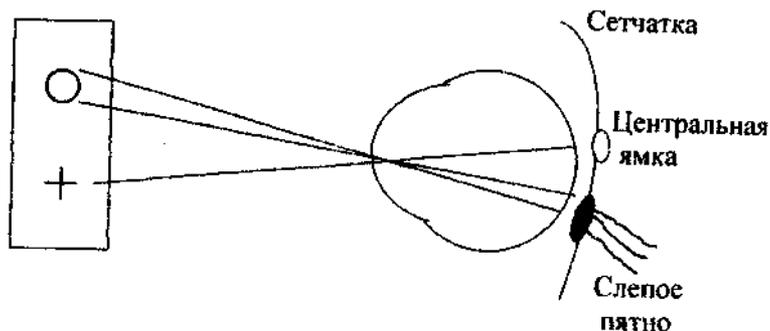


Рис. 5. Опыт Мариотта

А. Обнаружение слепого пятна в опыте Мариотта

Приборы и материалы: тестовый рисунок, линейка.

Методика работы

Тестовый рисунок поместить на расстоянии 20-25 см от глаз. Закрывать левый глаз, а правым глазом зафиксировать изображение крестика. При этом изображение крестика попадает на область центральной ямки сетчатки. Затем, не переводя взгляда с крестика, медленно перемещать рисунок к глазам. Необходимо уловить момент, когда исчезнет изображение белого кружка. Это произойдет вследствие попадания изображения белого кружка на область слепого пятна сетчатки, где отсутствуют фоторецепторы.

Если дальше продолжать приближение рисунка к глазам, должно произойти восстановление изображения *белого* кружка.

При помощи линейки измерьте расстояние от тестового рисунка до глаз, при котором наблюдался эффект слепого пятна.

Б. Определение формы слепого пятна

Приборы и материалы: лист белой бумаги, карандаш, черный кружок диаметром 2-3 мм.

Методика работы

Испытуемый садится на расстоянии 30-40 см от белого листа бумаги. На бумагу наносится крестик. Испытуемый закрывает один глаз, а другим фиксирует нарисованный крестик.

Для определения формы слепого пятна необходимо перемещать черный кружок по бумаге сначала в горизонтальном направлении (для правого глаза вправо, для левого глаза влево). Испытуемый отмечает момент исчезновения темного кружка. На бумаге отмечают положение кружка при его исчезновении (обвести кружок карандашом). Продолжают перемещение кружка до появления его изображения. Вновь аналогичным способом на бумаге делают отметку появления кружка. Повторяют те же самые определения при перемещении темного кружка по вертикали над серединой проекции горизонтального диаметра слепого пятна. В заключении исследования соединяют плавной линией сделанные на бумаге отметки и получают овал, соответствующий форме слепого пятна.

Рекомендации к оформлению работы

В протоколе отметьте расстояние, при котором у испытуемого проявляется эффект слепого пятна. Зарисуйте форму слепого пятна, укажите его размеры.

Сделайте заключение о значении и свойствах центральной ямки и слепого пятна сетчатки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Исследование светоощущения

При яркостях, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни, глаз по-разному приспосабливается к ночному, сумеречному и дневному зрению. При этом человеческий глаз обладает поразительным динамическим диапазоном в 11 порядков - может реагировать на перепад яркостей от 2×10^{16} до 2×10^5 кд/м².

Способность глаза воспринимать свет различной яркости называется **светоощущением**. **Абсолютная световая чувствительность** (порог восприятия света) - минимальная яркость света, воспринимаемая глазом. **Относительная световая чувствительность** позволяет различать объекты, отличающиеся друг от друга по своей яркостной характеристике.

Изменение световой чувствительности глаза при изменении уровня освещенности называется **адаптацией**. Эта реакция является неосознанной. Различают **световую и темновую адаптации**. Наиболее интенсивно световая адаптация в условиях яркой освещенности протекает в течение первых секунд, затем замедляется и заканчивается к концу 1-й минуты. Темновая адаптация при понижении уровня освещенности

происходит медленнее. При этом сначала световая чувствительность нарастает в течение 20-30 минут, затем ее нарастание несколько замедляется. К 50-60 минутам достигается максимальная темновая адаптация.

Процесс адаптации обеспечивается тремя основными механизмами.

1. Изменением диаметра зрачка. Зрачковый диаметр может изменяться от 2 до 8 мм, при этом световой поток изменяется в 16 раз. Сокращение зрачка (в условиях яркой освещенности) происходит за 5 с, а его полное расширение (в сумерках) - за 5 мин. За первые 10 с зрачок расширяется на 2/3 своего диаметра. При резком уровне освещенности световая адаптация может сопровождаться реакцией зажмуривания глаз.

2. Перемещением пигмента меланина в слоях сетчатки (ретиномоторная реакция). При слишком яркой освещенности наблюдается выход пигмента меланина из эпителиальных клеток и его перемещение к наружным сегментам фоторецепторов. Меланин поглощает избыток света, тем самым защищая фоторецепторы.

3. Фотохимической реакцией палочек и колбочек. Процесс зрения основан на фотохимической реакции, протекающей на уровне фотомембран палочек и колбочек с участием зрительных пигментов. Под действием света происходит реакция выцветания родопсина палочек и различных пигментов (йодопсина, эритролаба, хлораба) колбочек. В результате этой реакции палочки и колбочки теряют чувствительность к свету. В темноте зрительные пигменты восстанавливаются и, соответственно, световая чувствительность фоторецепторов возвращается к исходному уровню.

Нарушение темновой адаптации называется *гемералопией, или куриной слепотой*. Виды гемералопии:

А) симптоматическая - встречается при различных заболеваниях органа зрения (пигментная дистрофия сетчатки, отслоение сетчатки, заболевания зрительного нерва и др.);

Б) эссенциальная, или функциональная - связана с дефицитом витамина А;

В) врожденная - механизмы точно не известны.

Приборы и материалы: лист черного картона (20x20 см), по углам которого наклеены четыре квадратика (3x3 см) из голубой, желтой, красной и зеленой бумаги.

Методика работы

Тест на светоощущение проводится в затемненной комнате. На расстоянии 40-50 см от глаз испытуемому предъявляется черный картон. В норме примерно через 30-40 минут испытуемый должен различить сначала желтый, а затем голубой квадраты. При нарушении функции

светоощущения испытуемый на месте желтого пятна через 50-60 с начинает различать светлое пятно, а голубой квадрат вовсе не выявляет.

Рекомендации к оформлению работы

Занесите результаты наблюдения в протокол. Какие физиологические механизмы обеспечивают реакцию темновой адаптации глаза?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА Ы& 8

Исследование цветоощущения

Воздействие на глаз отдельных монохроматических лучей светового спектра вызывает ощущение того или иного цвета. Между длиной волны светового луча и цветностью существует определенная зависимость: длинноволновые лучи дают ощущение красного и оранжевого цвета, средневолновые — желтого и зеленого, коротковолновые — голубого, синего и фиолетового. За пределами хроматической части спектра располагается невидимое человеком ультрафиолетовое излучение.

В обычных условиях раздражителями наших глаз являются лучи не одной какой-либо длины волны, а совокупность лучей целого диапазона длин волн. Следовательно, отдельные длины волн, воздействующие на глаз, дают при смешении один цвет.

Начало научного изучения эффекта смешения различных цветов, как и начало научного изучения самих цветов, восходит к Ньютону. Открыв причину возникновения спектра, Ньютон обратил внимание на непрерывный переход его цветов из одного в другой. При смешении крайних цветов (красного и фиолетового) получается пурпурный цвет. Таким образом, многообразие цветовых тонов можно представить в виде круга. Все цвета этого круга Ньютон подразделял на ахроматические (белый, серый, черный) и хроматические (красный, желтый, синий, голубой и т.д.). Хроматические цвета отличаются друг от друга:

- 1) по тону, который зависит от длины волны;
- 2) по светлости, т.е. по степени близости к белому цвету;
- 3) по насыщенности, или чистоте, которая определяется примесями других цветов.

В результате смешения различных цветов спектра в определенных пропорциях можно получить около 13 тысяч оттенков.

В 1795 году М.В. Ломоносов впервые показал, что попарным смешением **трех основных цветов** (красного, зеленого и синего) можно создать любые другие цвета из цветового круга, за исключением черного. Позднее это открытие подтвердили Максвелл, Томас Юнг и Гельмгольц.

Таким образом были заложены основы *трехкомпонентной теории цветового зрения*.

В онтогенезе цветоощущение трех основных цветов (красного, зеленого и синего) возникает не одновременно. Появление функции цветоощущения протекает в несколько этапов, причем у мальчиков этот процесс запаздывает в среднем на 2 месяца. До 14 месяцев у девочек и до 16 месяцев у мальчиков наблюдается период полного невосприятия цветов. У девочек ощущение красного появляется в 14 месяцев, зеленого - в 16 месяцев, синего - в 18 месяцев. Между 14-16 месяцами и двумя годами происходит довольно резкое повышение цветоощущения, а после 2 лет цветоощущение нарастает медленнее. Заканчивается формирование цветового зрения в 7,5 лет у девочек и в 8 лет у мальчиков.

В возрасте до 25 лет наблюдается рост способности глаза к цветоразличению, а затем оно начинает медленно убывать. К 65 годам световая чувствительность существенно падает вследствие потери прозрачности хрусталика и стекловидного тела. Наиболее существенно уменьшается чувствительность к голубому спектру.

В соответствии с трехкомпонентной теорией цветового зрения нормальное ощущение цвета называется *нормальной трихромией*, а люди, им обладающие, *нормальными трихроматами*.

Нарушение функции цветоощущения встречается у 7-8% мужчин и 0,5% женщин, так как эта патология передается по рецессивному типу, сцепленному с X-хромосомой. Все лица с «ненормальным» цветоощущением могут быть условно разделены на три группы.

1 группа - «*дальтоники*» или *цветовые аномалии* - к ней относятся люди со сниженной цветовой чувствительностью. Для них световой раздражитель, чтобы вызвать соответствующее световое ощущение, должен быть на несколько порядков сильнее (ярче, насыщеннее, больше по площади, продолжительнее). Эффекты цветового контраста у «дальтоников» выражены лучше, чем у нормально различающих людей. Это объясняется сдвигом минимума различения цветов в сторону красного.

2 группа - это люди, неспособные различать ряд главных цветовых тонов спектра (частичная цветовая слепота). Таких людей подразделяют на *Протанопов, дейтеранопов и тританопов*. У протанопов укорочен красный конец светового спектра. Характерными ошибками протанопов является отождествление цветов светло-красных с темно-зелеными и синих с фиолетовыми. У дейтеранопов спектр сдвинут к красному концу и лежит в области оранжевого. Дейтеранопы не отличают светло-зеленый от темно-красного и фиолетовый от голубого. Очень редко встречается *тританопия*, при которой спектр укорочен с фиолетового конца. Весь воспринимаемый спектр содержит для тританопов лишь оттенки красного

и зеленого. Тританопы путают желто-зеленый с синевато-зеленым, а также пурпурный с оранжево-красным.

3 группа - составляет наиболее тяжелые случаи расстройства цветового зрения - полную потерю способности воспринимать хроматический свет (*ахромазия*). Ахроматы все видят в сером цвете. Как правило, ахромазия связана с другими аномалиями: понижением остроты зрения, нистагмом, светобоязнью.

Существуют и приобретенные расстройства цветоощущения. Они встречаются при заболеваниях сетчатки, зрительного нерва и мозговых зрительных центров. В клинике к приобретенным расстройствам цветоощущения относится видение предметов, окрашенных в какой-то один цвет. В зависимости от тона окраски различают *эритропсию* (видение в красном цвете), *хлоропсию* (видение в зеленом цвете), *ксантопсию* (видение в желтом цвете) и *цианопсию* (видение в синем цвете). Эритропсия и цианопсия встречаются после удаления катаракты, а ксантопсия и хлоропсия - при некоторых отравлениях и интоксикациях.

Существуют различные методы для оценки у человека функции цветоощущения. В частности, «Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения» Рабкина позволяют не только выявить цветослеплого, но и провести дифференциальную диагностику между протанопией и дейтеранопией. Имеются также специальные аппараты для исследования цветового зрения, например аномалоскоп Нагеля.

Приборы и материалы: «Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения» Рабкина.

Методика работы

Тестирование проводится в условиях хорошего освещения. Таблицы Рабкина состоят из кружков основного и дополнительного цветов. Из кружков основного цвета разной насыщенности и яркости составлены цифры, буквы или фигуры. Испытуемый должен распознать нарисованную из кружков основного цвета цифру, букву или фигуру.

Длительность предъявления каждой таблицы не более 10 с.

Рекомендации к оформлению работы

По результатам работы сделайте заключение о состоянии у испытуемого функции цветоощущения (нормальная трихромазия, цветовая аномалия, определенный вид дихромазии, ахромазия, видение в определенном цвете).

Каким образом в соответствии с трехкомпонентной теорией происходит формирование определенного цветового ощущения?

Как соотносятся между собой трехкомпонентная теория цветового восприятия и оппонентная теория Геринга?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Определение поля зрения (периметрия)

Периметрия - это методика для оценки границ поля зрения.

Поле зрения - это совокупность всех точек в пространстве, которое видит человек одним глазом при фиксированном по центру взоре.

Приборы и материалы: периметр Ферстера, белые и цветные марки к нему, бланки нормальных полей зрения для правого и левого глаза.

Методика работы

Периметр устанавливается против света, его дуга приводится в горизонтальное положение. Испытуемый садится спиной к свету, устанавливает свой подбородок в специальную подставку, а нижний край глазницы одного глаза - к визирной пластинке. Этим глазом испытуемый фиксирует белый кружок по центру дуги периметра. При этом другой глаз закрывает ладонью.

Помощник медленно передвигает белую марку с наружного правого края к центру дуги периметра. Испытуемый должен сообщить о появлении в поле зрения открытого глаза белой марки. Замечается угол в градусах, под которым испытуемый различает белую марку. На бланке делается соответствующая отметка (по горизонтали справа на определенном меридиане ставится точка). Затем измеряется поле зрения для белой марки с левой стороны дуги периметра. Делается соответствующая отметка в бланке (по горизонтали слева на определенном меридиане ставится точка). После этого дугу периметра поворачивают на 90 градусов и аналогично определяют границы полей зрения для белой марки снизу и сверху дуги периметра.

Последнее измерение проводится при положении дуги периметра под углом в 45 градусов. Как только на бланке появятся 8 точек, необходимо их соединить. Получают границы поля зрения для белого цвета у одного из глаз. По сходной методике выявляют границу поля зрения для белого цвета у другого глаза.

Далее необходимо последовательно заменять белую марку черной и цветными (красной, зеленой, синей). На бланке отмечаются границы полей зрения для черного, красного, зеленого и синего цветов.

Рекомендации к оформлению работы

Полученный бланк вклейте в тетрадь.

В выводах сравните границы полей зрения для различных цветов у одного глаза и обоих глаз. Сравните установленные поля зрения для различных цветов со стандартными значениями.

Что называется периферическим зрением? Дайте оценку периферическому зрению испытуемого. Какой тип фоторецепторов отвечает за периферическое зрение?

Почему границы поля зрения для красного, зеленого и синего цветов меньше, чем граница поля зрения для белого цвета?

Какое диагностическое значение имеет методика периметрии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

Исследование бинокулярного зрения

Бинокулярное зрение - это зрение при помощи двух глаз. Бинокулярное зрение имеет большие преимущества: оно значительно увеличивает поле зрения, участвует в восприятии глубины пространства, размеров и формы объектов, оценке расстояния до объектов.

При видении двумя глазами изображение предмета попадает на **симметричные, или идентичные, точки** обеих сетчаток. Фоторецепторы, расположенные в идентичных участках сетчаток, функционально связаны между собой и находятся в одинаковой степени возбудимости. Бинокулярное объединение сигналов от обеих сетчаток в единый нервный образ осуществляется с участием проекционной зрительной коры (поле 17 по Бродману),

Если же изображение от предмета падает на **неидентичные, или диспаратные, точки** сетчаток, то предмет начинает двоиться. Если несоответствие точек невелико (умеренная диспаратность), то возникает ощущение большей или меньшей удаленности объекта в сравнении с тем ощущением, которое возникает при попадании изображения в идентичные точки сетчаток обоих глаз. Этот физиологический механизм лежит в основе работы стереоскопа. На каждую из сетчаток попадает изображение от одной и той же картины или объекта. При этом одна часть изображения попадает на идентичные точки сетчаток, а другая - на диспаратные. В результате возникает эффект рельефности, некоторой объемности изображения (**стереоскопическое зрение**). Диспаратность также обеспечивает способность точно оценивать расстояние до различных точек объекта.

В механизме бинокулярного зрения существенную роль играют движения глазных яблок. Глазные яблоки у человека могут двигаться и вращаться так, чтобы на рассматриваемом объекте сходились зрительные оси обоих глаз. Движения глазных яблок согласованы благодаря интегрированной работе глазных мышц левого и правого глаза. Выделяют **содружественные** (вправо, влево, вверх, вниз), **вергентные** (**конвергенция** - сведение зрительных осей глаз при рассматривании близко расположенных объектов, **дивергенция** - разведение зрительных

осей глаз при рассматривании далеко расположенных объектов); а также **циклоторс ионные движения глаз** (вращение глаз относительно зрительной оси). Все движения глаз согласованы с движениями головы и тела.

При **монокулярном зрении** анализ объемных характеристик объектов менее совершенен. При длительной активности только одного глаза зрение значительно улучшается за счет компенсаторных процессов. В оценке расстояния одним глазом существенная роль принадлежит механизму аккомодации и выработанным зрительным условным рефлексам. Степень напряжения ресничных мышц хрусталика, соответствующая определенному расстоянию до объекта и ранее подкреплявшаяся тактильной оценкой данного объекта, сигнализирует о пространственных характеристиках объекта и его удаленности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

Преимущества бинокулярного зрения

Приборы и материалы: иголка с ниткой, штатив, кольцо диаметром 1,5-2 см, карандаш, лист белой бумаги.

Методика работы

1. Необходимо при помощи двух глаз зафиксировать близко расположенный объект. Боковым нажимом пальца осторожно сдвинуть одно из глазных яблок в сторону носа и пронаблюдать эффект раздвоения объекта.

2. В условиях бинокулярного и монокулярного зрения продеть нитку в ушко иголки. Оценить время данной операции в двух случаях.

3. Лист бумаги, свернутый в трубочку, поднести к правому глазу. Перпендикулярно к середине трубки приложить левую ладонь на расстоянии 20-30 см. При рассматривании каких-либо предметов двумя глазами (правым через трубку) возникает феномен «отверстия в ладони». Если поочередно раскрыть то правый, то левый глаз, «отверстие в ладони» исчезает.

Рекомендации к оформлению работы

Результаты всех наблюдений отразите в выводах.

Подумайте, почему при сдвиге одного из глазных яблок в сторону возникает двоение рассматриваемого объекта.

Какие преимущества имеет бинокулярное зрение перед монокулярным? Укажите основные механизмы, обеспечивающие бинокулярное зрение.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

Последовательные зрительные образы

Последовательные образы - это зрительные ощущения, которые сохраняются (*положительные последовательные образы*) или появляются заново (*отрицательные последовательные образы*) после прекращения действия светового раздражителя.

Возникновение положительных послеобразов связано с функционированием сенсорной *«иконической» памяти*. «Иконическая» память крайне непродолжительна. Если зрительные сигналы действуют более продолжительное время и/или являются для человека значимыми, то они закрепляются в кратковременной памяти и могут консолидироваться (записываться в матрицы долговременной памяти). Отрицательные послеобразы связаны с последовательным торможением различных нейронов сетчатки.

Приборы и материалы: специальные рисунки для выявления отрицательных последовательных образов: белый круг на черном фоне, черный круг на белом фоне, синий квадрат на желтом фоне; белый экранный занавес.

Методика работы

Выявление положительных последовательных образов

Эксперимент проводится в затемненной комнате. Необходимо на мгновение включить электрическую лампу. При этом испытуемый отмечает сохранение образа включенной лампы спустя некоторое время после ее выключения. Проводится еще одно сходное наблюдение, но с применением лампы, окрашенной в какой-либо другой цвет.

Выявление отрицательных последовательных образов

1. Смотрите в течение 30 с на освещенное окно, а затем быстро закройте глаза. Последовательный образ возникает в виде светлых перекладин на темном фоне.

2. Рассматривайте в течение 30 с белый круг на черном фоне, а затем переведите взгляд на белый экран. Последовательный образ возникает в виде черного круга на белом фоне. Противоположный эффект получится, если вначале смотреть на черный круг на белом фоне.

3. Зафиксируйте взглядом на 30 с крестик в центре темного круга со светлым ободком. После этого переведите взгляд на белый круг, фиксируя его крестик также в течение 30 с. Последовательный образ возникает в виде светлого круга с темным ободком внутри.

4. Смотрите в течение 30 с на синий квадрат посередине желтого фона, а затем на белый экран. Заметьте, что белый экран кажется окрашенным в синеватый цвет и имеет желтый квадрат посередине.

Рекомендации к оформлению работы

Зная нейрофизиологические механизмы функционирования сетчатки и положения трехкомпонентной теории цветовосприятия, объясните возникновение отрицательных последовательных образов для ахроматических и хроматических цветов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

Наблюдение одновременного контраста

Одновременный контраст - это изменение световых или цветовых ощущений, наступающее при действии других световых или цветовых раздражителей. Например, белое рядом с черным кажется особенно белым. Белое вдали от черного воспринимается уже менее белым.

Приборы и материалы: серые полосы бумаги, черная и белая бумага, трубочка длиной около 40 см и диаметром около 2 см, окрашенная изнутри черным цветом.

Методика работы

1. Посмотреть на две одинаковые серые полосы, одна из которых лежит на белой, а другая на черной бумаге. Та полоска, которая лежит на черной бумаге, кажется более белой.
2. Необходимо правым глазом через трубочку, окрашенную изнутри в черный цвет, посмотреть на белый фон (потолок). Левый глаз при этом открыт. Рассматриваемая через трубочку часть белого фона кажется более светлой.
3. Рассмотреть белую решетку на черном фоне (решетка Геринга). Места пересечения белых линий кажутся темноватыми.

Рекомендации к оформлению работы

Запишите в выводах собственные ощущения.

Объясните механизм происхождения одновременного контраста.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

Психофизиология зрительного восприятия: наблюдение зрительных иллюзий

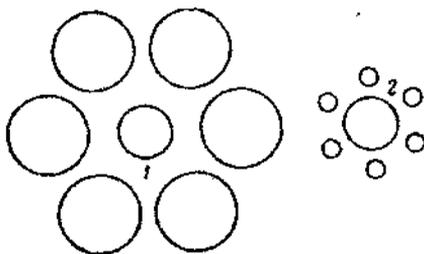
Ощущение внешнего мира у человека строится не только на основании восприятия реально действующих раздражителей, но и в результате функционирования нейронных связей, которые сформировались в течение жизни. Приобретенные связи в головном мозге могут изменять образ воспринимаемого раздражителя.

Приборы и материалы: тестовые рисунки.

Методика работы

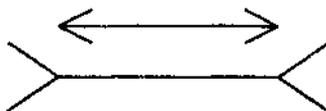
Рассмотрите приведенные рисунки и пронаблюдайте зрительные иллюзии.

Иллюзия по контрасту и по оценке предмета в целом



Круг 1 кажется меньше круга 2, хотя на самом деле они равны.

Иллюзия, созданная направлением стрелок



Линия, ограниченная стрелками, направленными внутрь, кажется меньше линии, ограниченной стрелками, направленными наружу. На самом деле по длине эти две линии абсолютно равны.

Рекомендации к оформлению работы

С чем связан эффект возникновения зрительных иллюзий у человека?

СЛУХОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

*Чтоб видеть ход вещей на свете,
не надо глаз. Смотри ушами...*
Совет короля Лиры ослепленному Глостеру

Благодаря слуху человек воспринимает различные по частоте и амплитуде звуковые сигналы, в том числе и речевые. Слуховая сенсорная система представлена периферическим отделом, в котором расположены слуховые рецепторы, проводниковым отделом (акустическая часть VIII пары черепно-мозговых нервов, кохлеарный и оливарный комплекс ядер, трапецевидное тело, латеральный лемниск, нижние бугры четверохолмия, медиальное колеччатое тело) и корковым отделом, расположенным в височной области больших полушарий (поля 41 и 42 по Бродману).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 15

Структурно-функциональная организация органа слуха человека

Ухо {преддверно-улитковый орган, орган слуха и равновесия, organum vestibulo-cochleare} представляет собой сложно устроенный периферический отдел слуховой и вестибулярной сенсорных систем.

В составе уха выделяют **наружное, среднее и внутреннее** ухо. Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода, который ограничен от полости среднего уха **барабанной перепонкой (membrana tympani)**. Барабанная перепонка - это слабо растяжимая мембрана, состоящая из двух слоев коллагеновых волокон. Толщина перепонки — 0,1 мм, форма - эллипса с размерами 9x11 мм. По центру барабанная перепонка имеет вдавление, или пупок (место прикрепления к молоточку).

Среднее ухо представлено системой полостей височной кости черепа и тремя слуховыми косточками **{молоточек, наковальня, стремечко}**. Слуховые косточки передают звуковые колебания от барабанной перепонки на **овальное окно вестибулярной лестницы улитки (лестницы преддверия)**. Среднее ухо также содержит защитный механизм, представленный **тимпанальной и стремечной мышцами**. Тимпанальная мышца прикреплена к рукоятке молоточка; сокращаясь, она усиливает натяжение барабанной перепонки и тем самым ограничивает амплитуду ее колебаний при сильных звуках. Стремечная мышца прикрепляется к стремечку; при своем сокращении она фиксирует стремечко, ограничивая его движения. Рефлекторное сокращение этих мышц обычно наступает через 10 мс после начала действия сильного звука

и уменьшает амплитуду колебательных движений слуховых косточек и барабанной перепонки. Подобный механизм уменьшает звуковое давление на область овального окна преддверия и, таким образом, предотвращает патологические изменения в *кортиево*м органе. Давление в среднем ухе близко к атмосферному, что является необходимым условием нормального функционирования барабанной перепонки. Выравниванию давления в среднем ухе способствует евстахиева труба. Ее длина - 3,5 см, диаметр - 1 - 2 мм. Евстахиева труба открывается в носовой части глотки щелевидным отверстием. Выравнивание давления в полости среднего уха происходит во время акта глотания, когда диаметр евстахиевой трубы увеличивается и атмосферный воздух попадает в полость среднего уха. Своевременное раскрытие евстахиевой трубы снимает неприятные слуховые ощущения (особенно при резком перепаде давления) и предупреждает разрыв барабанной перепонки.

Внутренне ухо образовано совокупностью полостей височной кости (*костным лабиринтом*). Внутри костного лабиринта расположен *перепончатый лабиринт*. Между обоими лабиринтами имеется полость, заполненная *перилимфой*. Лабиринт сложно организован и состоит из *улитки (cochlea)*, *преддверия (vestibulum)* и *трех полукружных каналов*.

Улитка - слуховая часть внутреннего уха - представляет собой, спиралевидно закрученный в 2,5 оборота канал длиной 35 мм. Перепончатыми мембранами улитка делится на три канала: верхний - *лестница преддверия, или вестибулярный канал*; срединный канал - *канал, или лестница, улитки*; нижний - *барабанная, или тимпанальная, лестница*. Верхний и нижний каналы заполнены *перилимфой*, канал улитки заполнен *эндолимфой*. Перилимфа по своему химическому составу напоминает плазму крови и цереброспинальную жидкость. Эндолимфа отличается высокой концентрацией ионов калия и напоминает по своему составу внутриклеточную жидкость. По отношению к перилимфе она заряжена положительно. В области купола улитки через специальное отверстие (*геликотрему*) перилимфа лестницы преддверия сообщается с перилимфой барабанной лестницы.

Канал улитки отграничен от лестницы преддверия *рейснеровой мембраной*, а от барабанного канала - *базиллярной мембраной*. На базиллярной мембране расположены слуховые рецепторы. Волоски слуховых рецепторов при колебаниях эндолимфы могут приходить в соприкосновение с расположенной над ними *текториальной мембраной*. При этом происходит деформация волосков и формирование рецепторных потенциалов на мембране слуховых рецепторов. Все это образование, состоящее из базиллярной мембраны, слуховых рецепторов и текториальной мембраны, называется *кортиевым органом*.

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас, муляжи.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации различных частей органа слуха человека. Особое внимание обратите на организацию его рецепторной части.

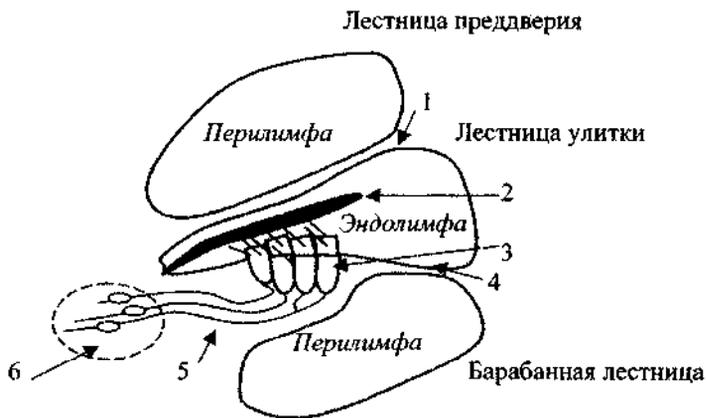


Рис. 6. Схема поперечного разреза улитки

- 1 — Рейснерова мембрана, 2 - текториальная мембрана,
3 - слуховая волосковая клетка, 4 - базилярная мембрана,
5 - слуховые волокна, 6 - слуховой ганглий

Рекомендации к оформлению работы

Перечислите функции наружного, среднего и внутреннего уха.

Зарисуйте в тетрадь строение улитки и кортиева органа.

На каком основании слуховые рецепторы относятся к типу механорецепторов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

Исследование остроты слуха человека при помощи теста «Шепотная речь»

Звук представляет собой колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в газах, жидкостях и твердых телах. В воздухе звук при температуре 18 градусов по Цельсию распространяется со скоростью 340 м/с. Для сравнения: скорость звука в морской воде при температуре 0 градусов по Цельсию составляет 1555 м/с.

Для восприятия звука человеком важны *частота, интенсивность и скорость распространения звуковых волн*. Звуки вызывают формирование слуховых ощущений, которые отличаются друг от друга по *тональности (высоте звука) и громкости*.

Высота звука зависит от частоты колебаний: чем чаще колеблется звучащее тело, тем выше издаваемый им звук. *Чистые тона* (звуки одной частоты) встречаются крайне редко. Чаще природные звуки являются сложными, т.е. содержат звуковые волны с различными частотами, придающими звуку характерный тембр. Человек воспринимает звуковые колебания с частотой 16-20000 Гц (*диапазон слуха*). С возрастом уменьшается верхняя граница слухового диапазона.

В акустике все звуковые колебания подразделяют на три группы: инфразвуки (имеют частоту до 16 Гц), собственно звуковые (имеют частоту от 16 до 20000 Гц) и ультразвуки (имеют частоту выше 20000 Гц). Максимальная слуховая чувствительность у человека отмечается для звуковых колебаний с частотой 1000-4000 Гц. Различение частоты звука характеризуется тем минимальным различием по частоте двух близких звуков, которое улавливается человеком. При низких и средних частотах человек способен заметить различия в 1-2 Гц. Люди с *абсолютным слухом* способны точно узнать любой звук даже в отсутствии звука сравнения.

Интенсивность звука - количество энергии, переносимой звуковой волной через единицу площади в единицу времени. На практике чаще используют понятие *звуковое давление*. Звуковое давление характеризует силу звуковой волны, действующей перпендикулярно площади поверхности. Обычно человек воспринимает звуки, давление которых не ниже 2×10^{-5} Н/м². Звуковое давление 30 Н/м² и выше вызывает неприятные или даже болезненные слуховые ощущения. В гигиене и физиологии труда используют такое понятие, как *громкость звука*. Единицей громкости звука является бел (Б). Бел представляет собой десятичный логарифм отношения действующей интенсивности звука к его пороговой интенсивности. Обычно в качестве единицы громкости используют децибел (дБ), т.е. 0,1 Б. Для примера: громкость звука, равная 10 дБ, 20 дБ,

30 дБ и т.д., означает, что интенсивность звука превышает пороговую соответственно в 10, 20, 30 раз.

Таблица 1

Примеры громкости различных звуков

0 дБ	Абсолютная тишина
Ю дБ	Шелест листопада
20 дБ	Шепотная речь
40 дБ	Тиканье будильника
60 дБ	Обычная беседа
70 дБ	Максимальная громкость телевизора
100 дБ	Интенсивное дорожное движение
120 дБ	Гром
140 дБ	Работающий двигатель реактивного самолета

Приборы и материалы: магнитофон с наушниками (интенсивность звучания слов через наушники должна составлять 30 дБ), магнитные записи специального набора слов, содержащего все фонемы русской речи (см. таблицы 2 и 3).

Методика работы

Испытуемый надевает наушники. Исследование остроты слуха проводится отдельно для каждого уха (через наушники подается моноуральная звуковая информация). Испытуемый должен правильно вслед за диктором повторять слова. Производится оценка правильности словесных ответов испытуемого. В норме правильность ответов должна составлять не менее 50%. При правильности ответов менее 40% констатируется отклонение от нормы и испытуемому рекомендуется пройти медицинское обследование у специалиста.

Таблица 2

Список слов для исследования остроты слуха (для правого уха)

Требовать	Издалека	Гость	
Милый	Ребенок	Техникум	
Фунт	Старик	Убраться	
Скандальный	До свидания	Язык	
Зина	Чтец	Интерес	
Ученический	Количество	Облить	
Бровь	Гильза	Хорошо	
Спасательный	Пьяный	Такой	
Успокаивать	Машинный	Кидать	
Сито	Перевязка	Надежда	

Таблица 3

Список слов для исследования остроты слуха (для левого уха)

Хата	Бег	Скатерть
Вы	Отказ	Пушистый
Неужели	Выразительный	Два
Обжечь	Курточка	Жалоба
Огромный	Лошадка	Искать
Зачеркивать	Кроме	Писательский
Теплота	Травка	Докладчик
Герб	Никогда	Село
Никак	Организация	Своевременно
Деревенский	Снова	Кофейник

Рекомендации к оформлению работы

Сделайте заключение об остроте слуха у испытуемого.

Какие механизмы обеспечивают кодирование частоты и интенсивности звуковых волн?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17**Исследование воздушной проводимости звука**

Приборы и материалы: набор камертонов с различной частотой, молоточек.

Методика работы

По браншам камертона ударить специальным молоточком. Поднести бранши камертона к уху испытуемого. Для исключения привыкания и утомления необходимо звучащий камертон через каждые 3-5 с то отдалять, то подносить к уху. Отметить время, за которое человек слышит звук камертона. Аналогичным способом определить время восприятия звучащего камертона другим ухом. В норме не должно быть различий в восприятии звука обоими ушами.

Рекомендации к оформлению работы

Что представляет собой звук с физической точки зрения, какими характеристиками он обладает?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18 ^

Исследование костной проводимости (опыт Вебера)

Определенную роль в проведении звуковых колебаний к улитке внутреннего уха играют кости черепа (*костная проводимость звука*). У здорового человека *воздушная проводимость звука* выше костной. При поражении звукопроводящего аппарата (барабанной перепонки, слуховых косточек) воздушная проводимость компенсируется костной. При поражении звуковоспринимающего аппарата (улитки, слуховых проводящих путей и центров головного мозга) понижается и воздушная, и костная проводимости.

Приборы и материалы: набор камертонов с различной частотой, молоточек.

Методика работы

Ножку звучащего камертона (128 Гц) приложить к середине темени испытуемого. Поинтересоваться, слышит ли он обоими ушами звук одинаковой силы. Затем одно ухо необходимо заложить ватным тампоном и повторить опыт. Со стороны уха, заложенного ватным тампоном, звук должен казаться более сильным.

В следующей части исследования соединить ухо первого испытуемого, не заложенное ватным тампоном, с ухом другого испытуемого. В этих условиях отметить, что второй человек тоже слышит звук.

Для сравнения костной проводимости различных костей черепа ножку звучащего камертона прикладывать к середине лобной, теменной, височной и затылочной черепных костей. Отметить разницу слуховых эффектов.

Рекомендации к оформлению работы

Сравните значение воздушной и костной проводимости звука.

Почему в наблюдении со стороны уха, заложенного ватным тампоном, звук кажется более сильным?

Какая кость черепа обладает максимальной звуковой проводимостью, а какая - минимальной? С чем это может быть связано?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19

Сравнение воздушной и костной проводимости звука (опыт Ринне)

Приборы и материалы: набор камертонов с различной частотой, молоточек.

Методика работы

Ножку звучащего камертона плотно приложить к сосцевидному отростку височной кости черепа. В момент исчезновения звукового ощущения испытуемый подает словесный сигнал. Определить время (с) костной проводимости звука. После этого камертон поднести к уху испытуемого. При этом он должен вновь слышать звучащий камертон. Снова определить то время (с), в течение которого испытуемый слышит звук (время воздушной проводимости звука).

Во избежание адаптации необходимо то удалять (примерно на 0,5 м), то приближать (примерно на 1 см) камертон к уху.

Исследование проводится с использованием всех имеющихся в наборе камертонов (138 Гц, 256 Гц, 512 Гц, 1024 Гц, 2048 Гц). Кроме того, следует по аналогичной методике сравнить воздушную и костную проводимости для другого уха испытуемого.

Полученные результаты заносятся в таблицу.

Таблица 4

Сравнение воздушной и костной проводимости звука

Частота камертона	Тип проведения	Продолжительность восприятия звука камертона, с		
		Норма	Испытуемый	
			Правое ухо	Левое ухо
138 Гц	<i>Воздушный</i>	75		
	<i>Костный</i>	35		
256 Гц	<i>Воздушный</i>	40		
	<i>Костный</i>	20		
512 Гц	<i>Воздушный</i>	80		
	<i>Костный</i>	40		
1024 Гц	<i>Воздушный</i>	100		
	<i>Костный</i>	50		
2048 Гц	<i>Воздушный</i>	40		
	<i>Костный</i>	20		

Рекомендации к оформлению работы
Сравните установленное время костной и воздушной проводимости с нормативными значениями.

С чем связано различное время восприятия звука при использовании камертонов с различными частотами?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20

Исследование бинаурального слуха

Бинауральный слух - это способность достаточно точно определить локализацию источника звука одновременно правым и левым ухом. Бинауральный слух обеспечивает возможность объемного восприятия звука. Для бинаурального слуха важно наличие и нормальное функционирование двух симметричных половин слуховой сенсорной системы. Существенную роль в правильной локализации источника звука играет корковая часть слуховой сенсорной системы. Двустороннее удаление слуховой коры мозга приводит к значительным нарушениям пространственного слуха. Острота бинаурального слуха у человека довольно высока: положение источника звука определяется с точностью до 1 углового градуса.

В основе бинаурального слуха лежит способность нейронов слуховой системы оценивать интерауральные (межушные) различия времени прихода звуковых волн к рецепторам правой и левой улитки, а также их интенсивности. Если источник звука находится в стороне от срединной линии головы, то звуковая волна приходит к одному уху несколько раньше и имеет большую интенсивность. Оценка удаленности источника звука связана со способностью улавливать ослабление звука и изменение его тембра. Показано, что при раздельной стимуляции правого и левого уха через наушники задержка между звуками уже в 11 мкс или различие в интенсивности двух звуков в 1 дБ формируют у человека представление о более близком расположении раннего и сильного звука.

Приборы и материалы: камертон, молоточек, фонендоскоп, резиновые трубки разной длины, тикающие часы.

Методика работы

Испытуемого усадить спиной к экспериментатору. Слуховые трубки фонендоскопа вставить в уши испытуемого. Ударить молоточком по бранше камертона, звучащий камертон осторожно поднести к мембране фонендоскопа. Поинтересоваться у испытуемого, с какой стороны он слышит звук (при одинаковых трубках фонендоскопа звук должен быть одинаковой интенсивности со стороны и правого, и левого уха). Затем

одну из трубок фонендоскопа необходимо удлинить при помощи дополнительной резиновой трубки. Заново провести наблюдение. Отметить, с какой стороны испытуемый локализует источник звука (в норме звук со стороны короткой трубки фонендоскопа должен казаться более сильным).

Рекомендации к оформлению работы

С чем связано формирование более сильного звукового ощущения со стороны короткой трубки фонендоскопа?

Какое преимущество имеет бинауральный слух в сравнении с моноуральным?

ВЕСТИБУЛЯРНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

Все живые организмы живут в условиях воздействия силы тяжести, или гравитационного поля Земли. Для оценки направления действия гравитационного поля, т.е. для определения положения организма в трехмерном пространстве в процессе эволюции возникла вестибулярная сенсорная система. При активных движениях вестибулярная система получает, передает и анализирует информацию об ускорениях или замедлениях, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения, а также при изменении положения головы в пространстве. В целом, вся информация, идущая от вестибулярных рецепторов в ЦНС, используется, прежде всего, для регуляции позы и двигательной активности, т.е. в управлении скелетными мышцами.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21

Структурно-функциональная организация органа равновесия

Периферическая часть вестибулярной системы представлена ***преддверием и тремя полукружными каналами***. Они же составляют вестибулярную часть внутреннего уха. Преддверие содержит два мешочка: ***овальный мешочек (utricleus)*** и ***круглый мешочек (sacculus)***. Особые участки мешочков, называемые ***макулами***, содержат вестибулярные рецепторы. Волоски вестибулярных рецепторов с поверхности покрыты студенистой массой, содержащей ***отоконии*** (кристаллы карбоната кальция). Под действием силы тяжести отоконии меняют свое положение и вызывают деформацию волосков вестибулорецепторов. Это приводит к возникновению на мембране вестибулярных клеток рецепторных потенциалов. Овальный и круглый мешочки функционально различны:

первый реагирует на вертикальные изменения положения головы, другой особо чувствителен к наклонам головы в стороны.

Полукружные каналы расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, что позволяет им оценивать различные изменения положения тела в пространстве. Расширенная часть одной из ножек полукружных каналов называется *ампулой*. Чувствительные области ампул (*гребешки, или кристы*) также содержат волосковые вестибулярные клетки. Их поверхность покрыта полупрозрачной студенистой массой - *купулой*. Смещение купулы в сторону контролируется эндолимфой, заполняющей перепончатые полукружные каналы. Если голова находится в покое или тело движется равномерно и прямолинейно, то эндолимфа оказывает равномерное влияние на купулу. При поворотах головы в сторону эндолимфа в силу инерции движется в сторону против направления движения и, соответственно, оказывает более выраженное давление только на одну часть купулы. Купула смещает волоски вестибулорецепторов, что приводит к возникновению рецепторных потенциалов. Таким образом, адекватным раздражителем для рецепторов полукружных каналов являются угловые ускорения и замедления, возникающие при вращении тела в горизонтальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также смена направления движения (даже в том случае, если скорость движения остается постоянной).

Чувствительность вестибулярной системы здорового человека крайне высока. Отолитовый аппарат реагирует на ускорение прямолинейного движения, равное всего 2 см/с. Вестибулярные рецепторы возбуждаются при повороте головы в сторону на 1 градус, а вперед-назад - на 1,5-2 градуса. Кроме того, кристы полукружных каналов позволяют человеку различать изменение углового ускорения на 2-3 см/с.

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас, муляжи.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации различных частей органа равновесия человека. Особое внимание обратите на организацию его рецепторной части.

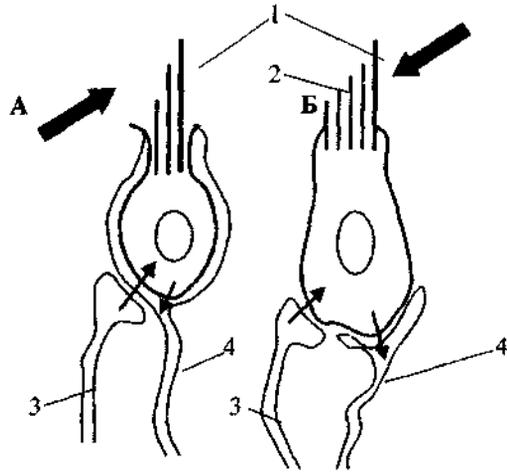


Рис. 7. Волосковые вестибулярные клетки

А - вестибулярная клетка I-го типа, окруженная афферентным окончанием и контактирующая с эфферентным волокном, Б - вестибулярная клетка II-го типа, контактирующая с афферентным и эфферентным нервными волокнами, 1 - киноцилии, 2 — стереоцилии, 3 — афферентные нервные волокна, 4 - эфферентные нервные волокна Стрелками указаны направления смещения волосков вестибулярных клеток: А ~ стереоцилии смещаются в направлении к киноцилии (деполяризация вестибулярного рецептора), Б — стереоцилии смещаются в направлении от киноцилии (гиперполяризация вестибулярного рецептора)

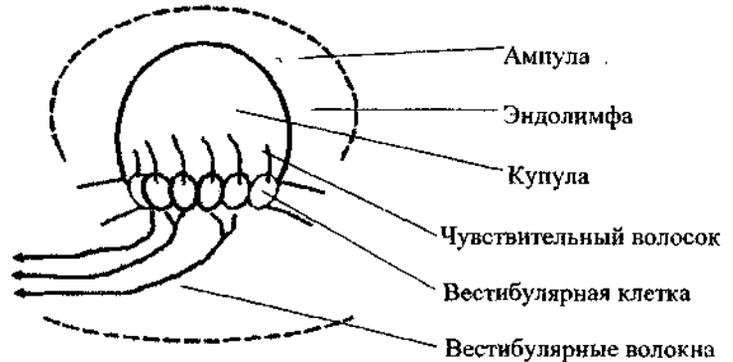


Рис. 8. Схема строения ампулы полукружного канала

Рекомендации к оформлению работы

Зарисуйте в тетрадь организацию рецепторной части преддверия и полукружных каналов.

Почему вестибулярные рецепторы относятся к типу механорецепторов?

Уколмите функциональные отличия различных видов рецепторов органа равновесия.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N2 22

Исследование состояния вестибулярной системы при помощи функциональных проб

Раздражение вестибулярных рецепторов приводит к разнообразным соматическим и вегетативным изменениям. Причиной возникновения этих изменений является богатство центральных проекций вестибулярного аппарата. Первыми нейронами, воспринимающими возбуждение вестибулорецепторов, являются псевдоуниполярные афферентные нейроны, залегающие в преддверном, или вестибулярном, ганглии (ганглии Скарпе). Их центральные нервные волокна формируют **преддверную, или вестибулярную, часть преддверно-улиткового нерва** (VIII пара). Вестибулярные нервные волокна входят в продолговатый мозг и синаптически связываются с парными вестибулярными ядрами: **верхним (ядро Бехтерева), медиальным (ядро Швальбе), нижним (ядро Роллера) и латеральным (ядро Дейтерса)**. Первые три пары ядер являются чувствительными, а латеральные ядра - двигательными. Вестибулярные ядра продолговатого мозга связаны практически со всеми структурами ЦНС. Можно выделить пять центральных проекций вестибулярной системы.

1. **Вестибулоспинальный путь** представлен нервными волокнами, идущими от латеральных вестибулярных ядер к альфа-мотонейронам мышц конечностей, шеи и туловища. За счет данного типа связей реализуются статические и статокINETические рефлексy, обеспечивающие сохранение равновесия в покое и при движении. Спинальные двигательные нейроны, кроме того, находятся под контролем других супраспинальных двигательных структур (ретикулярная формация ствола мозга, мозжечок, красные ядра среднего мозга, моторная кора мозга).

2. **Вестибуломозжечковый путь** представлен нервными волокнами вестибулярных ядер, оканчивающихся в структурах архицереbellума. Существует и прямой путь передачи информации от вестибулярных рецепторов непосредственно в мозжечок. Нарушение связи вестибулярной системы с мозжечком приводит к развитию **вестибулярной атаксии**, т.е. к нарушению координации движений (наблюдается при болезни Миньера).

3. *Вестибулоокулярный путь* связывает вестибулярные ядра продолговатого мозга с альфа-мотонейронами глазодвигательных (VIII пара), блоковых (IV пара) и добавочных (VI пара) нервов. Все альфа-мотонейроны данных нервов функционально связаны между собой волокнами медиального продольного пучка. За счет этих связей при возбуждении вестибулярных рецепторов возникают вестибуло-глазодвигательные рефлексы (*нистагм глаз, нистагм головы*). Нистагм глаз и головы - это медленные движения глаз и головы в сторону против вращения (медленный компонент), которые сменяются быстрым движением глаз и головы по ходу вращения (быстрый компонент). Отдельно выделяют послевращательный нистагм, который возникает при остановке или замедлении вращения. В этом случае сначала происходит медленное движение головы и глаз в сторону вращения, а затем быстрое движение против вращения. В клинике реакции нистагма являются важными показателями функционального состояния вестибулярной системы.

4. *Вестибулогипоталамический путь* связывает вестибулярные ядра с парасимпатическими нейронами гипоталамуса (трофотропная область преоптической и передней части гипоталамуса). Активация этих связей приводит к возникновению вестибуло-вегетативных реакций парасимпатического типа: тошнота, рвота, падение артериального давления. При этом может возникнуть *кинетоз*, т.е. укачивание. При длительной и/или сильной активации вестибулярных рецепторов возникает патологический симптомокомплекс, названный болезнью передвижения (например, морская болезнь). Болезнь характеризуется волнообразным изменением сердечного ритма, сосудистого тонуса, головокружением, тошнотой и рвотой.

5. *Лемнисковый путь* - это путь, по которому информация от вестибулярных рецепторов передается к специфическим ядрам таламуса (вентробазальный комплекс). От таламических ядер вестибулярная информация для высшего анализа передается в кору головного мозга. У человека вестибулярная зона находится в нижней части постцентральной извилины, в верхней и средней височных извилинах, а также в лобной доле. Имеется еще один (непрямой) путь передачи импульсов от вестибулярного аппарата в кору мозга - *вестибулоцеребеллоталамический путь*.

Приборы и материалы: кресло Барани, секундомер, карандаш, линейка,

А. Вращательная проба

Испытуемый садится в кресло Барани, закрывает глаза и опускает голову вниз под углом 15 градусов (в этих условиях в эксперименте будут

активироваться вестибулярные рецепторы преимущественно горизонтальных полукружных каналов). Укрепляют специальные планки для поддержания туловища и головы испытуемого. Равномерно вращают кресло с испытуемым со скоростью 0,5 оборота в 1 с. После 10 оборотов внезапно останавливают кресло. Испытуемый открывает глаза. Наблюдают послевращательный глазной нистагм, оценивают его время. В норме время реакции послевращательного нистагма - 20-40 с.

Б. Отолитовая проба (исследование лабиринтно-сердечного рефлекса)

Испытуемый садится в кресло Барани, закрывает глаза и опускает голову и туловище вперед. Подсчитывают частоту его пульса. Равномерно вращают кресло с испытуемым со скоростью 0,5 оборота в 1 с. После 5 оборотов кресло внезапно останавливают и сразу подсчитывают частоту пульса до момента восстановления до исходного уровня. Оценивают в процентах изменение сердечного пульса и время его восстановления.

В. Указательные пробы

1. Исследователь садится напротив испытуемого с вытянутыми перед ним руками. Испытуемый закрывает глаза, поднимает руки и пытается своими указательными пальцами коснуться до указательных пальцев рук исследователя.

2. Испытуемый садится в кресло Барани. Перед ним на расстоянии 0,5 м устанавливают карандаш. Просят испытуемого при закрытых глазах указательным пальцем коснуться кончика карандаша. Затем вращают испытуемого со скоростью 0,5 оборота в 1 с 10 раз. Снова просят испытуемого прикоснуться к кончику карандаша. Как правило, это действие не получается, поскольку возникает послевращательный нистагм конечностей. Измеряют (в см) расстояние от указательного пальца до кончика карандаша. Это будет величина «двигательной» ошибки испытуемого.

***Варианты функциональных проб в отсутствии кресла Барани:** испытуемый должен совершать равномерные вращательные движения на месте до ощущения дискомфорта, легкого головокружения.*

Рекомендации к оформлению работы

Сравните функциональное состояние вестибулярной системы у различных испытуемых.

В чем заключается биологическое значение реакции вращательного нистагма?

ОБОНЯТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

*Есть много запахов здоровых, молодых...
Есть запах чистоты. Он зелен, точно сад,
Как плоть ребенка, свеж, как зов свирели, нежен.
Другие царственные, в них роскошь и разврат,
Их не охватит мысль, их зыбкий мир безбрежен, -
Там мускус и бензой, там нард и фимиам
Восторг ума и чувств дают изведать нам.*

Шарль Бодлер

Обонятельная сенсорная система относится к хеморецепторным системам организма. *Хеморецепция* - это восприятие химических сигналов из внешней и внутренней среды организма. Хеморецепция является одной из древнейших видов чувствительности. Выделяют три типа хемочувствительности: обонятельную, вкусовую и общую химическую.

Обонятельная чувствительность играет важную роль в жизнедеятельности человека и животных. Она активируется при поиске пищи, оценке ее вкусовых качеств, помогает избежать встречи с хищниками и вредными факторами окружающей среды. Обонятельная система задействуется в механизме обмена сигнальной информацией между различными особями одного вида: передача сигналов опасности, мечение территории, феромонные коммуникации. Обонятельные стимулы оказывают выраженное влияние на лимбическую систему головного мозга, модулируя эмоциональное состояние и протекание высших психических функций.

В последние годы интенсивно развивается *аромашерпия*, основанная на использовании пахучих веществ (*одорантов*) для оздоровительных, реабилитационных и лечебных целей. Получены данные о том, что обонятельная чувствительность играет важную роль в выборе сексуального партнера, а также в предпочтительном выборе партнеров по работе, отдыху, т.е. в формировании положительного психологического климата в семье и на работе.

Как и в любой другой сенсорной системе организма, в обонятельной системе выделяют три основных уровня: рецепторный, проводниковый и корковый. Рецепторный уровень обонятельной системы у человека представлен обонятельными клетками, расположенными в обонятельной выстилке носовых ходов. Информация от обонятельных рецепторов поступает ко многим мозговым структурам, которые относятся к древним формациям (обонятельные луковицы, передние обонятельные ядра, ретикулярные ядра ствола мозга, миндалина, некоторые ядра гипоталамуса, гиппокамп, парагиппокампальные извилины, крючок,

препириформная кора, пириформная кора). Наличие подобных центральных проекций позволяет обонятельной системе участвовать в регуляции эмоциональных, пищевых, половых, родительских реакций организма, влиять на протекание мыслительных функций, память и т.д. Отличительной особенностью обонятельной системы является то, что она довольно слабо представлена в структурах неокортекса. Имеются сведения о поступлении обонятельной информации к некоторым областям височных извилин новой коры мозга у человека. Однако до сих пор нет четкого представления об особенностях организации и функционирования первичных, вторичных проекционных зон обонятельной сенсорной системы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23

Структурно-функциональная организация органа обоняния человека

Периферический отдел обонятельной сенсорной системы называется органом обоняния. Морфологически этот орган представлен **обонятельным эпителием, или обонятельной выстилкой**, под которой расположена базальная мембрана. Под базальной мембраной расположены *боуменовы железы*, протоки которых открываются на поверхности обонятельной выстилки. Боуменовы железы участвуют в секреции слизи, необходимой для растворения молекул одорантов и, соответственно, большей эффективности обоняния. Кроме того, обонятельная слизь защищает эпителий от высыхания (у наземных животных и человека) или от излишнего смачивания (у водных животных), является источником ионов, необходимых для генерации рецепторных потенциалов, удаляет молекулы одорантов по окончании их действия. Толщина обонятельной выстилки составляет 100-200 мкм, а площадь у взрослого человека 250-500 мкм². Многослойная обонятельная выстилка состоит из клеток трех типов: **обонятельных рецепторов, опорных и базальных.**

У человека обонятельные рецепторы представляют собой биполярные нейроны, имеющие два отростка: длинный, или центральный (аксон), и короткий, или периферический (дендрит). По аксону обонятельная информация передается сначала к митральным клеткам обонятельных луковиц, а далее к другим структурам головного мозга. Непосредственно чувствительной частью обонятельных рецепторов являются окончания дендритов - обонятельные булавы в виде утолщений. В зависимости от организации обонятельных булав все рецепторы обонятельной выстилки подразделяются на два типа: **жгутиковые и микровиллярные.** У рецепторов жгутикового типа на вершине и по боковым сторонам булавы расположены тончайшие подвижные

обонятельные реснички, или жгутики. Число таких жгутиков у одной обонятельной клетки человека составляет 10-12 штук. Для сравнения: у немецкой овчарки - 150 штук. Роль жгутиков в механизме обоняния чрезвычайно велика. Именно в мембране обонятельных жгутиков содержится весь комплекс рецепторных белков, воспринимающих молекулы одорантов, усиливающих действие самих одорантов и передающих внутриклеточные сигналы к ионным каналам. Показано, что на 1 мкм² приходится от 1000 до 2500 таких функционально различных белков. Кроме того, обонятельные жгутики в несколько раз увеличивают площадь контакта обонятельного нейрона с пахучим веществом. Удаление обонятельных жгутиков вызывает исчезновение электрооофактограммы, которая восстанавливается сразу после их регенерации.

Булава микровиллярных рецепторов в отличие от жгутиковых имеет особые цитоплазматические выросты - микровиллы. Микровиллы являются важным приспособлением для увеличения площади рецепторной поверхности обонятельных клеток. У человека число жгутиковых обонятельных рецепторов соотносится с числом микровиллярных как 10:1.

Важную роль в функционировании обонятельных рецепторов играют базальные и опорные клетки обонятельной выстилки. Базальные клетки обладают довольно высокой скоростью митоза и дают основу новым рецепторным клеткам. Продолжительность жизни одной рецепторной клетки составляет около 2 месяцев. Опорные клетки отграничивают отдельные рецепторные клетки друг от друга и участвуют в продукции обонятельной слизи.

К органам обоняния относится также трубчатый *якобсонов, или вомероназальный орган*, расположенный у наземных позвоночных в нижнемедиальной стенке носовой полости и в основании носовой перегородки. Особенно хорошо развит этот орган у пресмыкающихся и некоторых млекопитающих. У человека вомероназальный орган наиболее интенсивно развит в эмбриональном периоде. Предполагают, что человеческий плод воспринимает половые гормоны материнского организма за счет функционирования вомероназального органа и впоследствии проявляет влечение к своей матери. Несмотря на постэмбриональную редукцию, вомероназальный орган продолжает выполнять важную функцию и у взрослого человека. Установлено, что рецепторные клетки вомероназального органа относятся к микровиллярному типу и специализированы к восприятию феромонов. **Феромоны** - вещества, которые выделяются определенными железами во внешнюю среду и влияют на поведение и физиологические функции других особей данного вида. Вомероназальный орган особенно чувствителен к половым феромонам, влияющим на половое поведение особи.

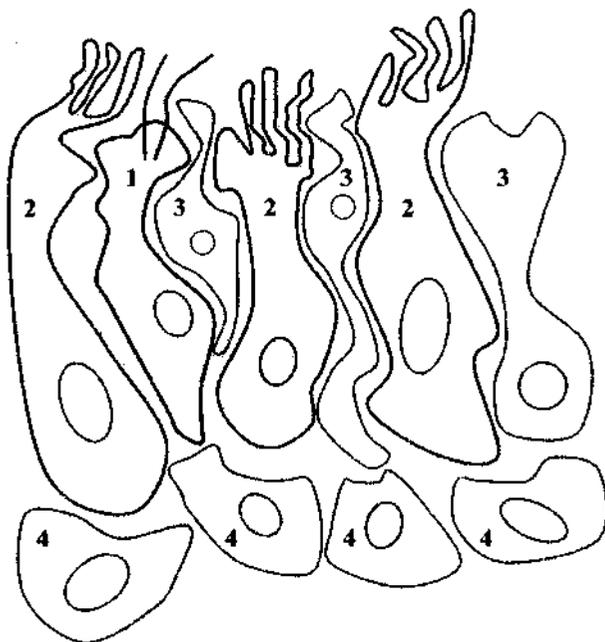


Рис. 9. Клетки обонятельной выстилки

1 - жгутиковая обонятельная клетка, 2 - микровиллярные обонятельные клетки, 3 - опорные клетки, 4 - базальные клетки

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации обонятельной выстилки.

Рекомендации к оформлению работы

Перечислите типы клеток, входящих в состав обонятельной выстилки.

Чем отличаются жгутиковые обонятельные клетки от микровиллярных? Зарисуйте внешний вид двух типов обонятельных рецепторов. Укажите функциональное значение жгутиков и микровилл обонятельных рецепторов.

В чем заключается биологическая роль вомероназального органа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24

Оценка функционального состояния обонятельной сенсорной системы

Существуют разнообразные классификации запахов. Самая древняя классификация запахов принадлежит К. Линнею (1756). В 1914 голландец Х. Цваардемакер подразделил все пахучие вещества на девять классов: эфирный, ароматический, цветочный, амбро-мускусный, чесночный, пригорелый, каприловый, отталкивающий, тошнотворный. Наибольшей популярностью пользуется *стереохимическая классификация запахов Д. Эймура* (1963), специалиста по органической химии. Согласно его классификации существуют семь основных запахов: *камфорный, мускусный, цветочный, мятный, эфирный, острый и гнилостный*. Эймур показал, 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. В последующем было установлено, что не во всех случаях качество запаха определяется молекулярной структурой пахучего вещества. Характеристика запаха может зависеть от электрического заряда молекул одоранта (положительно заряженные частицы дают острый запах, а отрицательно заряженные - гнилостный).

Среди запахов выделяют такие, которые специфически раздражают только обонятельные рецепторы. Источником этих запахов являются ольфактивные вещества: гвоздика, лаванда, анис, бензол, ксилол. Смешанные вещества (камфора, эфир, хлороформ) обладают способностью раздражать как обонятельные рецепторы, так и окончания тройничных нервов.

Восприятие запахов зависит не только от собственных качеств одоранта, но и от состояния воспринимающего организма. На восприятие запахов влияют такие признаки, как пол, возраст, гормональный статус, физиологическое состояние организма, «курительные привычки», этническая принадлежность и прочие. Наиболее изучены половые различия в восприятии запахов. Показано, что пороги восприятия запахов у женщин ниже, чем у мужчин. Различия эмоциональной оценки запахов у мужчин и женщин относятся к довольно большой группе одорантов, что, по-видимому, связано с системой феромонов и гормональным статусом.

Приборы и материалы: флаконы с различными пахучими веществами (камфора, гвоздичное масло, мята, валериана, эвкалиптовое масло, духи, парфюм женский и мужской).

Методика работы

Работу необходимо проводить в предварительно проветренном помещении, при нормальной температуре и влажности воздуха, в отсутствии посторонних запахов.

Испытуемому при закрытых глазах предлагается определить запах содержимого каждого флакона. При этом обследование проводится для каждого носового хода в отдельности. Рекомендуется в качестве испытуемых выбирать лиц разного пола, с отсутствием острого или хронического ринита, а также привычки курить.

Рекомендации к оформлению работы

Сделайте вывод о функциональном состоянии обонятельной системы у различных испытуемых.

Какие периферические и центральные механизмы обеспечивают распознавание обонятельных стимулов у человека?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 25

Определение порогов обонятельной чувствительности (ольфактометрия)

По степени развития органа обоняния все организмы подразделяются на три группы: **микросматики** — слабообоняющие животные (приматы, а также человек); **макросматики** - животные с хорошо развитой обонятельной чувствительностью (чешуекрылые, пресмыкающиеся, домашние млекопитающие и др.); **аносматики** - животные, у которых отсутствует орган обоняния (дельфины).

Несмотря на то, что человек относится к микросматикам, чувствительность его обонятельной системы довольно высока. Например, масляная кислота, которая относится к классу запахов пота, обнаруживается при концентрации $2,4 \times 10^{12}$ молекул на 1 л воздуха. Порог обнаружения бутилмеркаптана, имеющего неприятный гнилостный чесночный запах, равен 10 молекул на 1 л воздуха. В основе высокой обонятельной чувствительности лежит функционирование жгутикового и микровилярного аппарата обонятельных рецепторов, каскадного механизма внутриклеточной передачи обонятельной информации. В то же время способность различать изменение интенсивности действия одного и того же запаха у человека низка (порог различения силы запаха составляет 30-60% от его исходной интенсивности). У собак этот порог различения выше в 3-6 раз.

Ольфактометрия - это метод определения порога обонятельной чувствительности к определенному одоранту (*лат. olfaction - обоняние*). **Порог обонятельной чувствительности** - наименьшая концентрация

пахучего вещества, которое необходимо пропустить через нос для возникновения обонятельного ощущения. При помощи методики ольфактометрии можно выявить различные виды нарушений обонятельной функции:

- А) гипосмия* - пониженная обонятельная чувствительность;
- Б) anosmia* - отсутствие чувствительности к некоторым или ко всем одорантам;
- В) обонятельные галлюцинации* - возникновение обонятельных ощущений в отсутствии пахучих веществ;
- Г) паросмия* - «извращение» обонятельной чувствительности.

Приборы и материалы: ольфактометр, набор пахучих веществ (например, валериановая кислота, бензойная кислота, камфора, кедровое масло, йодоформ и др.), шприц, вата, спирт.

Методика работы

Как и в предыдущем случае, исследование проводится в проветренном помещении, при нормальной температуре и влажности воздуха, в отсутствии посторонних запахов.

Предлагается использовать ольфактометр в модификации Савельева. Принцип работы прибора заключается в следующем. В стеклянный сосуд с пахучим веществом при помощи шприца подается определенная порция воздуха (1-2 мл). В результате в сосуде создается повышенное давление, необходимое для поступления пахучего вещества в нос испытуемого. Соответственно при увеличении объема нагнетаемого воздуха большее количество молекул одоранта будет поступать в нос испытуемого, и более интенсивным будет обонятельное ощущение. Таким образом, количество подаваемого в ольфактометр воздуха будет характеризовать порог обоняния.

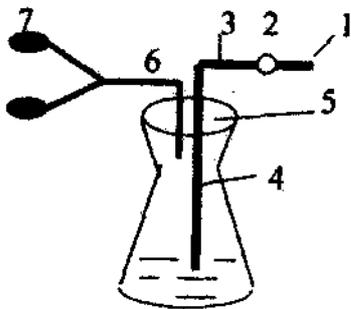


Рис. 10. Ольфактометр в модификации Савельева
1 — насадка для присоединения шприца, 2 - зажим, 3 -резиновая трубка, 4 - стеклянная трубка, 5 - пробка, 6 - выпускная трубка, 7 — оливы, вставляемые в носовые ходы человека

Для проведения исследования в одну ноздрию испытуемого необходимо ввести оливу с отверстием, а в другую ноздрию - сплошную оливу. При помощи шприца через входную трубку в ольфактометр с пахучим веществом ввести 1-2 мл воздуха. Далее входную трубку перекрыть зажимом. Испытуемому дать команду: «Не дышать!!!» и в этот момент открыть выходную трубку. Через 2 с оливы вынуть и выяснить, возникло ли у него обонятельное ощущение. В случае отсутствия обонятельного ощущения через 1 минуту подать в сосуд ольфактометра большее количество воздуха. Оценить обонятельную чувствительность испытуемого по отношению к различным классам пахучих веществ.

Рекомендации к оформлению работы

Сделайте заключение о пороге обоняния к различным классам одорантов.

Сравните обонятельные пороги у различных испытуемых.

Имеются ли у испытуемых нарушения обонятельной функции?

Какие механизмы обеспечивают возникновение нарушений обонятельной чувствительности?

ВКУСОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

В 1969 г. обнаружили, что у метилового эфира

β-альфа-аспартил-β-фенилаланина

CH₃ООС-СН (СН₂С₆Н₅) -Ж-СО-СН (Ж) -СН₂-СООН
очень сладкий вкус.

*Вещество получило известность
под торговым названием «АСПАРТАМ».*

*Аспартам не только слаще сахара (в 180 раз),
но и усиливает его сладкий вкус,
особенно в присутствии лимонной кислоты.*

Вкусовая система обеспечивает способность организмов распознавать качественные характеристики пищи. **Вкус** - это субъективное ощущение, возникающее при действии пищевых веществ на вторично чувствующие рецепторы языка. Вкусовая рецепция, так же, как и обонятельная, относится к хеморецепторной системе. Совершенно понятно, что вкусовая чувствительность имеет огромное значение для процесса пищеварения и в целом для регуляции основной функции организма - обмена веществ. Важно и то, что вкусовая чувствительность обеспечивает возникновение положительных эмоций от приема пищи. Для больного человека испытываемые им вкусовые ощущения могут стать одним из средств выздоровления. И это должно учитываться при составлении диетического питания.

Вкусовое ощущение можно назвать мультимодальным (комплексным), поскольку при приеме пищи возбуждаются не только вкусовые, но и тактильные, температурные рецепторы ротовой полости, а также обонятельные рецепторы слизистой носа. Комплексный характер возникающих ощущений означает, что в ответ на раздражение пищей различных рецепторов в мозге возбуждается большое количество центров.

Проводниковые пути вкусовой системы представлены афферентными волокнами тройничного (V пара), лицевого (барабанная струна; VII пара), языкоглоточного (IX пара) и блуждающего (X пара) нервов.

Вкусовая информация поступает к различным структурам головного мозга: ядру солитарного тракта продолговатого мозга, вентробазальным ядрам таламуса, структурам лимбической системы, нижней области постцентральной извилины (поле 43 по Бродману). Кортикальный отдел вкусовой системы обеспечивает формирование осознаваемого ощущения того или иного вкуса. К сожалению, точно не известны механизмы распознавания вкусовой информации на всех уровнях обонятельной сенсорной системы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 26

Структурно-функциональная организация органа вкуса

Периферический отдел вкусовой системы у человека представлен **вкусовыми почками**, или **луковицами** (общее число от 2000 до 10000). Вкусовые почки - это эпителиальные образования округлой, эллипсоидной или колбовидной формы. Каждая вкусовая почка состоит из одного-двух десятков клеток, среди которых имеются рецепторные (до 2-6 в почке), опорные, базальные и перигеммальные. **Вкусовые рецепторные клетки** - это наиболее короткоживущие эпителиальные клетки. Продолжительность жизни одной такой клетки составляет в среднем около 250 часов. Новые вкусовые клетки образуются из базальных клеток вкусовых почек. На апикальном конце вкусовых рецепторов имеется от 30 до 40 тончайших микроворсинок длиной около 1-2 мкм. Микроворсинки выходят во вкусовую пору, которая соединяет вкусовую почку с ротовой полостью. Пора образована плотно примыкающими друг к другу верхними частями вкусовых рецепторов. Сама пора постоянно заполнена слизью, что необходимо для растворения пищевого вещества и обеспечения стереохимического контакта пищевых молекул с микроворсинками. На боковых поверхностях вкусовых рецепторных клеток расположены окончания афферентных и эфферентных нервных волокон (общее число таких синаптических контактов у одного вкусового рецептора может составлять до 30).

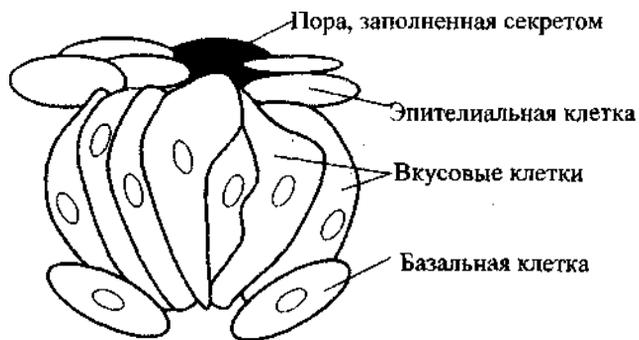


Рис. 11. Схема строения вкусовой почки

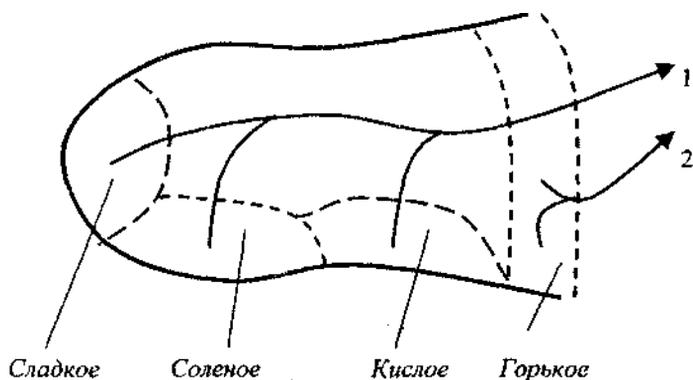


Рис. 12. Вкусовая карта языка

1 - афферентные волокна лицевого нерва, 2 - афферентные волокна языкоглоточного нерва

Вкусовые почки сгруппированы в отдельные *вкусовые сосочки*. Вкусовые сосочки расположены главным образом на кончике, краях и задней части языка. Кроме того, они встречаются на задней стенке глотки,

мягком небе, миндалинах и надгортаннике. Вкусовые сосочки подразделяются на три типа: *грибовидные, листовидные и желобовидные.*

Грибовидные сосочки выступают над поверхностью языка и по своей форме напоминают гриб. В большом количестве данный тип сосочков встречается на передней трети языка. Вкусовые почки расположены на вершине грибовидных сосочков. *Желобовидные сосочки* погружены в толщу слизистой языка и окружены желобком. Вкусовые почки расположены по боковым поверхностям сосочков; свои поры они открывают в желобок. Этот вид вкусовых сосочков локализован в основном на задней трети языка. *Листовидные сосочки* имеют вид вертикальных складок в виде листочков. Вкусовые почки расположены на боковых поверхностях этих листовидных складок. Больше всего листовидных сосочков расположено на боковой поверхности языка.

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации вкусовых почек и сосочков.

Рекомендации к оформлению работы

Зарисуйте в рабочую тетрадь особенности организации вкусовой почки и различных типов вкусовых сосочков. Отметьте функциональное значение микроворсинок вкусовых рецепторов.

Какие существуют теории относительно механизмов восприятия различных по качеству вкусовых стимулов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 27

Значение физического состояния веществ для раздражения вкусовых рецепторов

Слюна и слизь, которые выделяются соответственно слюнными железами и клетками вкусовых почек, способствуют растворению питательных веществ и лучшему их стереохимическому взаимодействию с рецепторными белками мембраны микроворсинок вкусовых клеток.

Приборы и материалы: кусочек сахара, фильтровальная бумага.

Методика работы

Испытуемому предлагают закрыть глаза. При помощи фильтровальной бумаги необходимо осушить верхнюю часть языка. На переднюю часть языка положить кусочек сахара. Отметить, что раздражение вкусовых рецепторов языка наступает не сразу, а спустя некоторое время, необходимое для растворения сахара.

Рекомендации к оформлению работы

Сделайте заключение о значении физического состояния пищевых веществ для раздражения вкусовых рецепторов языка.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 28

Определение порогов вкусовой чувствительности (густометрия)

Различают **абсолютную вкусовую чувствительность (остроту вкуса)** и **относительную вкусовую чувствительность**. Абсолютная вкусовая чувствительность определяется минимальной концентрацией вещества, которое вызывает неопределенное вкусовое ощущение, отличающееся от вкуса дистиллированной воды. Для оценки **порога вкусового восприятия** устанавливают минимальную концентрацию вещества, при которой возникает ощущение определенного вкуса. Как и в других сенсорных системах, порог восприятия выше порога ощущения. Более информативен для оценки функционального состояния вкусовой системы относительный порог. **Относительная вкусовая чувствительность** - это способность различать интенсивность вкуса одного и того же вещества.

Пороги различения вкусовых веществ минимальны в диапазоне средних концентраций и при переходе к высоким концентрациям резко повышаются. Поэтому 20-процентный раствор сахара воспринимается как максимально сладкий, 10-процентный раствор хлорида натрия - как максимально соленый, 0,2-процентный лимонной кислоты - как максимально кислый, 0,1-процентный раствор солянокислого хинина - как максимально горький.

При помощи вкусовых рецепторов человек различает четыре основных вкуса: горькое, сладкое, соленое и кислое. При этом способность вкусовых рецепторов различных областей языка к рецепции различных вкусовых раздражителей неодинакова. При раздражении средней части спинки языка почти невозможно получить вкусовые ощущения. Кончик языка наиболее возбудим по отношению к сладкому, корень языка - к горькому, края - к кислому, кончик и края - к соленому. Огромное

многообразии тонких привкусов, которое способен воспринимать человек, связано с комбинацией четырех основных вкусовых ощущений. Такие смешанные ощущения являются характерными для многих природных вкусовых стимулов. Например, апельсин одновременно имеет вкус сладкого и кислого, грейпфрут - сладкого, кислого и горького.

Вкусовая чувствительность зависит от функционального состояния организма. Известно, что в состоянии голода вкусовые рецепторы наиболее активны, а при сытости многие из них находятся в заторможенном состоянии. Острота вкуса изменяется при беременности, утомлении. При беременности у женщин снижается вкусовая чувствительность к кислому и соленому. Она существенно снижается из-за курения, частого применения лекарственных препаратов, алкоголя, при старении. Показано, что к 60 годам 80% людей имеют сниженную вкусовую чувствительность. При этом более выражено снижение вкусовой чувствительности к сладкому, в то же время чувствительность к кислому, горькому и соленому снижается в меньшей степени. Основной причиной старческого снижения вкусовой чувствительности является уменьшение количества рецепторов.

Ослабление вкусовых ощущений называется *гипогевзией*, их утрата - *агевзией*, а повышение вкусовой чувствительности - *гипергевзией*. При повреждении барабанной струны (ветви лицевого нерва) происходит расстройство вкусовой чувствительности на передних 2/3 языка, при повреждении языкоглоточного нерва наблюдается расстройство вкуса на задней трети языка.

Приборы и материалы: пробирки с растворами сахара (0,001%; 0,01%; 0,1%; 1%), хлорида натрия (0,001%; 0,01%; 0,1%; 1%), солянокислого хинина (0,001%; 0,01%; 0,1%; 1%) и лимонной кислоты (0,001%; 0,01%; 0,1%; 1%); четыре глазных пипетки для каждого раствора; стакан с дистиллированной водой для полоскания рта.

Методика работы

На язык испытуемого при помощи глазной пипетки наносится капля того или иного вкусового раствора. При этом следует соблюдать топографию вкусовых полей языка: сладкий раствор наносится на кончик языка, кислый — на край языка, соленый - на кончик и край языка, горький - на корень языка. Исследование начинают с минимального значения концентрации раствора. Каждая вкусовая проба продолжается 10-12 с, после чего рот ополаскивают водой. Между пробами соблюдают интервал в 1-2 минуты.

Результаты определения порогов вкусовой чувствительности заносятся в таблицу.

<i>Таблица 5</i>		
Определение порогов вкусовой чувствительности		
Вкусовой раствор	Пороговая концентрация, %	Нормативное значение, %
Сладкий (сахар)		0,25-1,25
Горький (хинин)		0,0001-0,003
Кислый (лимонная кислота)		0,05-1,25
Соленый (хлорид натрия)		0,25-1,25

Рекомендации к оформлению работы

Полученные результаты сравните с нормативными значениями и сделайте соответствующий вывод.

С чем связана неодинаковая вкусовая чувствительность различных частей языка?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 29

Исследование вкусовой адаптации

При длительном действии вещества на вкусовые, рецепторы наблюдается снижение интенсивности вкусового ощущения, т.е. возникает ***эффект адаптации***. Адаптация к сладкому и соленому наступает раньше, чем к кислому и горькому. Продолжительность адаптации пропорциональна концентрации действующего раствора. Известна и ***перекрестная адаптация***, связанная с изменением чувствительности к одному веществу при действии другого. Применение нескольких вкусовых раздражителей одновременно или последовательно приводит к возникновению вкусового контраста или «смешанного» вкуса. Например, адаптация к горькому повышает чувствительность к соленому и кислому, а адаптация к сладкому обостряет восприятие всех других вкусовых стимулов. При смешении нескольких вкусовых веществ может возникнуть новое вкусовое ощущение, отличающееся от вкуса составляющих смесь компонентов.

Приборы и материалы: пробирки с вкусовыми растворами из предыдущей работы, 10-процентный раствор сахара (используется для возникновения адаптации), стакан с дистиллированной водой для полоскания рта.

Методика работы

По методике, описанной в предыдущей работе, у испытуемого определяют вкусовую чувствительность к сладкому. Для возникновения

эффекта адаптации испытуемому предлагается взять в рот 10 мл 10-процентного раствора сахара на 1 минуту. Затем испытуемый выплевывает сладкий раствор и быстро ополаскивает рот дистиллированной водой. После этого через различные промежутки времени вновь определяется порог вкусовой чувствительности к сладкому. Ход восстановления порога вкусовой чувствительности к сладкому изображают в виде графика.

По аналогичной схеме определяют пороги вкусовой чувствительности к кислому, горькому и соленому до и после воздействия 10-процентного раствора сахара. Также на графиках отмечают особенности восстановления порогов чувствительности к данным растворам.

Рекомендации к оформлению работы

Сделайте заключение об особенностях изменения вкусовой чувствительности к различным растворам в результате адаптации человека к сладкому вкусу.

Какие физиологические механизмы обеспечивают наступление вкусовой адаптации?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 30

Исследование функционального взаимодействия вкусовой, обонятельной и зрительной систем

Известно, что у человека вкусовая и обонятельная системы тесно между собой взаимодействуют. При попадании пищи в рот происходит не только возбуждение вкусовых рецепторов, но и молекулы пахучих веществ возбуждают обонятельные чувствительные клетки. На основе этого взаимодействия складывается наиболее полное представление о вкусовых характеристиках вещества. Именно поэтому при замкнутом состоянии носоглоточной полости (при глотании), зажатом носе или дисфункции слизистой верхних дыхательных путей (при насморке) вкус многих веществ не различается или различается слабо. Большое значение для определения вкуса и запаха вещества имеет и зрительный анализатор.

Приборы и материалы: 2-процентный раствор лимонной кислоты, кусочки сахара, яблока, картофеля, лука, стакан с дистиллированной водой для полоскания рта.

Методика работы

На язык испытуемого последовательно нанесите несколько капель лимонной кислоты, кусочки сахара, яблока, картофеля, лука. После каждого вкусового вещества необходимо ополаскивать рот

дистиллированной водой. Отметьте возникновение у него соответствующих вкусовых ощущений. Проведите те же самые наблюдения при закрытых глазах испытуемого, при зажатом носе и при одновременно закрытых глазах и зажатом носе.

Результаты наблюдений занесите в таблицу.

Вкусовое вещество	Сравнение вкусовых ощущений при различных состояниях			Таблица. 6
	обонятельной и зрительной систем	и зрительной систем	различных систем	• стояниях
	Глаза и нос открыты	Глаза закрыты, нос открыт	Глаза открыты, нос зажат	Глаза закрыты, нос зажат
Лимонная кислота Сахар Яблоко Картофель Лук				

Рекомендации к оформлению работы

Каким образом «выключение» обонятельной и зрительной систем отразилось на особенностях распознавания испытуемым различных вкусовых веществ?

Какое значение имеет функциональное взаимодействие вкусовой, обонятельной и зрительной сенсорных систем?

СОМАТИЧЕСКАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

Площадь кожного покрова человека около 1,5 м². Кожа весит 2-3 кг, содержит в 1 см² 6 миллионов клеток, 5 тысяч нервных окончаний, 200 болевых точек, 10-15 точек, воспринимающих давление, а также холод и 2 точки - тепло...

Соматическая сенсорная система обеспечивает три вида рецепции: болевую (ноцицептивную), температурную и тактильную. Основная часть рецепторов соматической системы расположена в коже, поэтому кожу называют органом чувства осязания, температуры и боли. Иногда соматическую и проприоцептивную системы в совокупности называют соматосенсорной системой.

Информация от рецепторов кожи передается в головной мозг по двум основным путям: *спиноталаллическому* и *лемнисковому*, *Спиноталамический путь* является филогенетически наиболее древним и проводит импульсы с небольшой скоростью - около 30 м/с. Этот путь играет важную роль в организации генерализованных ответов на действие болевых, температурных и тактильных раздражителей. *Лемнисковый путь* филогенетически более новый. Лемнисковая система проводит точную (по силе и месту действия) и сложную (о давлении, прикосновении, вибрации, движении в суставах) информацию с большой скоростью (до 80 м/с). Существует еще один путь передачи в головной мозг кожной информации - *латеральный тракт Морина*. Этот тракт, состоящий из наиболее миелинизированных нервных волокон, является быстро проводящим и передает информацию о сильных деформациях кожи.

Через таламические релейные ядра кожная информация достигает определенных зон коры мозга. В частности, импульсы от вентробазального комплекса ядер таламуса направляются в контрлатеральную первую соматосенсорную зону коры (S-1). У человека и приматов первая соматосенсорная зона расположена в постцентральной извилине и занимает 1, 2, 3 и 5 поля по Бродману. Эта корковая зона отличается высокой степенью топографической организации (проекция «точка в точку»). Анализ информации в первичной соматосенсорной зоне осуществляется нейронами, объединенными в вертикальные колонки (функциональные модули коры мозга). Каждая колонка получает информацию от рецепторов одной и той же модальности, находящихся на одном и том же рецептивном поле кожи. Каждый из нейронов колонки высоко специализирован - «настроен» на восприятие только определенного признака действующего раздражителя.

Во вторую соматосенсорную зону коры мозга (S-2) поступают импульсы от рецепторов кожи одноименной и противоположной стороны тела. Вторая соматосенсорная зона расположена в области силвиевой борозды, вблизи от слуховой зоны (40 и 51 поля по Бродману). Вторая соматосенсорная зона участвует в интеграции информации от рецепторов кожи двух половин тела. Топический принцип организации в ней выражен хуже в сравнении с первой соматосенсорной зоной. От первичной и вторичной соматосенсорных зон информация поступает во фронтальные и задние ассоциативные зоны коры мозга, с участием которых завершается процесс восприятия действующего на кожу раздражителя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31

Структурно-функциональная организация рецепторов кожи

У человека и млекопитающих в коже выделяют семь основных рецепторов: *свободные неинкапсулированные нервные окончания, свободные нервные окончания волосяных фолликулов, диски Меркеля, тельца Руффини, концевые колбы Краузе, тельца Мейснера и тельца Пачини*. Строение данных рецепторов различно. В коже они распределены неравномерно и залегают на разной глубине (преимущественно в базальном слое эпидермиса и частично в сосочковом слое дермы). Первые два из перечисленных типов рецепторов относятся к первичным рецепторам, т.е. являются периферическими отростками афферентных нейронов. Остальные пять типов рецепторов являются вторично чувствующими рецепторами. Они представляют собой инкапсулированные специализированные клетки, трансформирующие внешнее воздействие в рецепторный потенциал, который при помощи медиатора передается афферентному нейрону.

Свободные неинкапсулированные нервные окончания - самые распространенные рецепторы волосистой и голой кожи. Обычно эти рецепторы идут вдоль мелких кровеносных сосудов и представляют собой диффузные разветвления периферических отростков афферентных нейронов. Особенно много таких окончаний в коже пальцев рук и ног, на ладонях, подошвах, губах, языке, половых органах и сосках груди. Свободные неинкапсулированные нервные окончания способны реагировать на механические, температурные и болевые раздражения, т.е. являются полимодальными. Кроме того, эти рецепторы относятся к классу медленно адаптирующихся, поскольку генерируют рецепторные потенциалы в течение всего периода действия раздражителя (рецепторы силы).

Свободные неинкапсулированные нервные окончания волосяных фолликул — это разветвления периферических отростков афферентных нейронов, которые оплетают волосяные фолликулы. Обычно волосяной фолликул получает волокна сразу от нескольких афферентных нейронов; в то же время один и тот же периферический отросток афферентного нейрона может иннервировать несколько волосяных фолликул. Волосы служат своеобразным рычагом, усиливающим раздражение нервных окончаний. Для данного типа рецепторов характерна быстрая адаптация к механическому воздействию (датчики скорости).

Диски Меркеля - это специализированные осязательные эпителиоциты, с которыми синаптически связаны периферические окончания афферентных нейронов. Диски Меркеля находятся в самом

глубоком (базальтом) слое кожи. В волосистой коже они образуют приподнятые участки (тактильные корпускулы), в которых 30-50 клеток Меркеля связаны с одним афферентным нейроном. Особенно много дисков Меркеля на кончиках пальцев и на губах. Диски Меркеля являются медленно адаптирующимися рецепторами и реагируют на изменение интенсивности действующего механического стимула (датчики силы).

Тельца Руффини, или тактильные тельца Пинкуса-Игго расположены в волосистой части кожи, в глубоких слоях эпидермиса и в сосочковом слое дермы. Тельце Руффини представляет собой капсулу веретеновидной формы. Сама такая капсула образована эпителиоцитами, плотно переплетенными коллагеновыми волокнами. Внутри капсулы находится жидкость, в которую погружены разветвления периферического отростка афферентного нейрона. Тельца Руффини являются бимодальными: реагируют на тепло и тактильные стимулы.

Колбы Краузе представляют собой капсулы сферической формы, внутри которых расположены чувствительные окончания афферентного нейрона. Колбы Краузе возбуждаются при действии холода и механических раздражителей. Как и тельца Руффини, колбы Краузе являются датчиками силы действия раздражителей.

Тельца Мейснера - это капсулы конусовидной или овальной формы. Стенки таких капсул образованы многочисленными пластинчатыми клетками, между которыми залегают разветвления периферического отростка афферентного нейрона. Больше всего колб Краузе расположено в неволосистой части кожи; залегают они преимущественно в сосочковом слое дермы. Тельца Мейснера относятся к быстро адаптирующимся рецепторам, они реагируют на скорость изменения силы действия механических стимулов (датчики скорости).

Тельца Пачини, или пластинчатые тельца, или тельца Фатера-Пачини - это наиболее крупные (до 0,4-0,7 мм в длину) кожные рецепторы. Тельца Пачини расположены в глубоких слоях дермы (в сосочковом и ретикулярном). Мелкие «пачиноподобные» тельца встречаются во внутренних органах, в сухожилиях, в суставах, в брыжейке. Тельце Пачини имеет овальную форму и напоминает луковичку. Оно состоит из наружной капсулы и внутренней колбы. Наружная капсула образована 30-40 концентрически организованными пластинами из плоских эпителиоцитов, которые связаны между собой коллагеновыми волокнами. Внутренняя колба состоит из 50-60 таких пластин. В полость внутренней колбы входит периферическое окончание афферентного нейрона. Пространство между внешней капсулой и внутренней колбой, а также полость последней заполнено жидкостью. Тельце Пачини является очень быстро адаптирующимся рецептором (датчиком ускорения). Максимальная чувствительность тельца Пачини на вибрационный стимул лежит в

пределах 200-300 Гц. В целом диапазон реагирования телец Пачини - 40-1000 Гц.

Приборы и материалы: схемы, слайды, таблицы, электронный атлас.

Задание

По имеющимся наглядным средствам изучите особенности структурно-функциональной организации различных рецепторов кожи.

Рекомендации к оформлению работы

Какое значение для организма имеет соматическая сенсорная система?

Какие из кожных рецепторов являются датчиками силы действия раздражителя, датчиками скорости и датчиками ускорения? Поясните отличия между этими типами кожных рецепторов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 32

Исследование тактильной чувствительности различных участков кожи

Известно, что тактильные рецепторы в коже у человека распределены с различной плотностью. Для оценки тактильной чувствительности различных кожных участков используют **набор волосков Фрея**, Волосок Фрея представляет собой укрепленный на специальной деревянной палочке конский или человеческий волос. Различные волоски отличаются друг от друга по толщине. Их заранее градуируют. Градуировка волосков заключается в том, что ими надавливают на чашечку аналитических весов и определяют давление в весовых единицах.

При нарушении тактильной чувствительности в соответствующих областях тела человек не чувствует прикосновения (*анестезия*), чувствует его слабее, чем на здоровой симметричной стороне (*гипостезия*), или же, напротив, сильнее (*гиперстезия*).

Приборы и материалы: набор проградуированных волосков Фрея, в котором самый малый по толщине волосок имеет наименьший порядковый номер, а самый толстый волосок - максимальный.

Методика работы

При помощи волосков Фрея, отличающихся по толщине, прикасаются к различным участкам кожи испытуемого. На время эксперимента испытуемый должен закрыть глаза. Исследование начинают

с прикосновения самого тонкого волоска (№ 1). В случае отсутствия у испытуемого чувства прикосновения используют более толстый волосок (№ 2, 3, 4 и т.д.). Полученные результаты заносят в таблицу.

Главная трудность выполнения этого опыта состоит в том, чтобы с одинаковой интенсивностью прикасаться к исследуемым участкам кожи.

<i>Таблица. 7</i>	
Сравнение тактильной чувствительности различных участков кожи	
Участок кожи	Порядковый номер волоска
Поверхность губ	
Поверхность шеи	
Тыльная поверхность кисти	
Ладонная поверхность кисти	
Поверхность подушечек пальцев рук	
Кончик носа	
Лобная поверхность	
Поверхность голени	

Рекомендации к оформлению работы

Какие существуют особенности тактильной чувствительности у различных участков кожи? С чем могут быть связаны эти особенности? Какое биологическое значение имеет неодинаковая тактильная чувствительность у различных кожных участков?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 33

Определение пространственных порогов тактильной чувствительности

Различные кожные участки характеризуются не только различной тактильной чувствительностью, но и различным пространственным порогом. **Пространственный порог** — это то наименьшее расстояние между двумя раздражаемыми точками поверхности кожи, при котором два раздражения воспринимаются как отдельные. Чем меньше это расстояние, тем меньше порог и, соответственно, выше тактильная чувствительность.

Для оценки пространственных порогов участков кожи используют **эстезиометр, или циркуль Вебера**. Самые маленькие пространственные пороги характерны для кончика языка (1 мм), подушечек пальцев рук (2 мм), кончика носа (6-7 мм). В норме на коже спины пространственный порог составляет в среднем 60-70 мм, на тыльной поверхности кисти рук -

31 мм, на предплечье 40,5 мм. При патологии пороги существенно возрастают.

Приборы и материалы: эстезиометр (циркуль Вебера), линейка, спирт, вата.

Методика работы

Перед работой острые ножки циркуля необходимо обработать спиртом. Испытуемый закрывает глаза. На определенный участок кожи одновременно и без нажима опускают ножки циркуля. При помощи линейки определяют то минимальное расстояние (в мм) между ножками циркуля, при котором два кожных раздражения определяются испытуемым как различные. Установленная величина и будет характеризовать пространственный порог данного кожного участка. Аналогично определяют пространственные пороги и других участков кожи. Результаты измерений заносятся в таблицу.

Таблица. 8

Пространственные пороги различных участков кожи

Участок кожи	Пространственный порог, мм
Тыльная поверхность кисти	
Ладонная поверхность кисти	
Поверхность подушечек пальцев рук	
Кончик носа	
Лобная поверхность	
Поверхность голени	

Рекомендации к оформлению работы

Сравните величины пространственных порогов у различных кожных участков. Поясните, что лежит в основе различий в величинах пространственных порогов у различных участков кожи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 34

Опыт Аристотеля

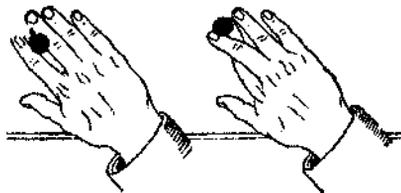
В процессе жизни у человека с участием высших структур головного мозга формируются интегральные сенсорные образы самых разнообразных раздражителей. Например, при взятии рукой телефона его специфический сенсорный образ возникает в результате сочетанного поступления к структурам мозга зрительной, тактильной и проприоцептивной информации. Впоследствии человек обучается быстро выделять знакомые

комплексы раздражителей даже при ограничении поступления в ЦНС некоторых сенсорных потоков. Однако последнее проявляется в условиях обычного воздействия предмета на органы чувств, иначе возможны ошибки, что хорошо иллюстрирует опыт Аристотеля.

Приборы и материалы: шарик диаметром 5-7 мм или горошина.

Методика работы

При закрытых глазах необходимо зажать шарик между средним и указательным пальцами и катать его по столу. При этом должно возникнуть ощущение одного предмета. Затем перекрестить пальцы таким образом, чтобы шарик оказался между медиальной поверхностью указательного пальца и латеральной поверхностью среднего пальца. Если в этом случае покатать шарик по столу, то должно возникнуть ощущение двух шариков.



Рекомендации к оформлению работы

В выводах опишите свои ощущения и укажите, с чем связано возникновение ощущения двух шариков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 35

Обнаружение тепловых и Холодовых точек в коже (термоэстезиометрия)

Температурная сенсорная система у теплокровных предназначена для оценки температуры внешней и внутренней среды организма. Температурные рецепторы расположены в различных органах (коже, желудке, кишечнике, матке, мочевом пузыре, дыхательных путях, скелетных мышцах, кровеносных сосудах и др.). Кроме того, выделяют **центральные терморецепторы**, располагающиеся в коре мозга, гипоталамусе, ретикулярной формации ствола мозга, среднем и спинном мозге. Среди всех терморецепторов лучше всего изучены кожные.

Кожные терморецепторы подразделяют на две группы: тепловые и холодовые. Рецепторами Холодовых раздражений являются *колбы Краузе*, а рецепторами тепла — *тельца Руффини*. Имеются доказательства того, что **свободные неинкапсулированные нервные окончания кожи** также могут участвовать в рецепции Холодовых и тепловых раздражителей. Эти нервные окончания расположены в волосистой и голой части кожи

эпидермиса и сосочковом слое дермы. Они относятся к медленно адаптирующимся полимодальным рецепторам (реагируют на тактильные, температурные и ноцицептивные стимулы).

Холодовые рецепторы расположены в среднем на глубине 0,17 мм от кожной поверхности, т.е. в базальном слое эпидермиса. Общее число таких рецепторов у человека около 250 000. Они реагируют на холод с- коротким латентным периодом. Оптимальная чувствительность Холодовых рецепторов лежит в пределах от 15 до 30-34 градусов по Цельсию. В некоторых случаях холодовые рецепторы могут быть возбуждены теплом выше 45 градусов. Этим можно объяснить возникновение ощущения острого холода при быстром погружении в горячую ванну. Информация от холодовых рецепторов в ЦНС передается быстро по волокнам группы А-дельта.

Тепловые рецепторы залегают глубже - в среднем на расстоянии 0,3 мм от поверхности кожи, т.е. в сосочковом слое дермы. Всего их у человека около 30 000. Температурный оптимум данных рецепторов находится в пределах 34-43 градусов по Цельсию. Импульсация от тепловых рецепторов идет в ЦНС по волокнам группы С.

В физиологических исследованиях на человеке применяют метод количественной оценки холодовых и тепловых точек в различных участках кожи - *термоэстезиометрию*. Термоэстезиометр представляет собой небольшой конусообразный сосуд, в вершину которого впаян стержень из металла с высокой теплопроводностью. При отсутствии термоэстезиометра можно использовать коническую пробирку.

Приборы и материалы: термоэстезиометр, лед, горячая вода (50 градусов по Цельсию), бумажный трафарет с квадратным отверстием (1 см²).

Методика работы

Для определения холодовых точек термоэстезиометр заполняют льдом. На определенный участок кожи накладывается бумажный трафарет. Стержнем прибора или вершиной конической пробирки прикасаются к различным участкам кожи, ограниченным этим квадратом. Подсчет числа температурных точек производится по зигзагообразной линии, начиная с левого верхнего угла. Всего производится 50 касаний. При каждом прикосновении испытуемый дает словесный ответ - что он почувствовал: холод или просто касание. Далее определяется число холодовых точек в 1 см² другого кожного участка (см. табл. 9).

Аналогично при заполнении термоэстезиометра горячей водой производится подсчет числа тепловых точек на различных участках кожи. Результаты исследования заносятся в таблицу.

Участки кожи	<i>Таблица. 9</i>	
	Количество Холодовых точек	Количество тепловых точек
Тыльная поверхность кисти		
Ладонная поверхность кисти		
Поверхность подушечек пальцев рук		
Кончик носа		
Лобная поверхность		

Рекомендации к оформлению работы

Сравните количество Холодовых и тепловых точек на различных участках кожи человека.

Какое значение имеет тот факт, что у человека Холодовых рецепторов значительно больше, чем тепловых, и «холодовая» информация передается в ЦНС быстрее, чем «тепловая»?

Редактор Е.А. Будячевская
Компьютерная верстка, макет В.И. Беляков

Подписано в печать 25.12.05.
Формат 60x84/16. Печать оперативная.
Уч.-изд. л. 4,37; усл.-печ. л. 4,06
Гарнитура «Times New Roman». Тираж 250 экз. Заказ № **12,52**.
Издательство «Самарский университет»
443011, г. Самара, ул. Академика Павлова, д. 1; тел. 334-54-23

Отпечатано на УОП СамГУ