

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**О.В. Яковлева, Е.В. Герасимова, Г.Ф. Ситдикова**

**Специальный практикум  
Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

**Учебно-методическое пособие**



Казань  
2020

УДК 612.813

ББК 28.7

*Рекомендовано к изданию*

*Редакционно-издательского совета*

*ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
учебно-методической комиссией Института фундаментальной медицины и  
биологии*

*протокол № 5 от 05 марта 2020 г.*

*заседанием кафедры физиологии человека и животных*

*протокол № 6 от 19 декабря 2019 г.*

**Рецензенты:**

канд. биол. наук, доц. кафедры физиологии человека и животных КФУ

**Еремеев Антон Александрович**

доктор медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии КГМУ

**Мухамедьяров Марат Александрович**

Специальный практикум. Модуль: ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ. Учебно-методическое пособие / О.В. Яковлева, Е.В. Герасимова, Г.Ф. Ситдикова. – Казань: КФУ.- 2020 – 140 с. В настоящий практикум включены теоретические данные, лабораторные работы и вопросы к семинарам по разделам кожная сенсорная система, слуховой анализатор, вестибулярный аппарат, вкусовая чувствительность, зрительный анализатор, составленные в соответствии с темой «Физиология сенсорных систем» для бакалавров, специалистов и магистров. Для контроля уровня знаний по пройденному материалу в пособии имеются контрольные вопросы и темы для семинаров. Практикум предназначен для студентов, обучающихся по биологическим и медицинским специальностям.

УДК 612.813

ББК 28.7

Яковлева О.В., Яковлев А.В., Ситдикова Г.Ф., 2020

Издательство Казанского университета, 2020

## Оглавление

		стр
	ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1	ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ	10
	Лабораторная работа 1. Возможность раздражения рецепторов неадекватным раздражителем.	19
	Лабораторная работа 2. Взаимодействие зрительного и слухового анализаторов.	19
Глава 2	КОЖНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА (ОСЯЗАНИЕ)	21
	Лабораторная работа 3. Исследование температурной чувствительности (термоэстезиометрия).	26
	Лабораторная работа 4. Исследование адаптации к температуре среды.	28
	Лабораторная работа 5. Вибрационная чувствительность.	28
	Лабораторная работа 6*. Определение относительных и абсолютных порогов различения массы (экспериментальная проверка закона Вебера-Фехнера).	29
	Лабораторная работа 7*. Исследование адаптации кожного анализатора.	31
	Лабораторная работа 8. Опыт Аристотеля.	31
	Лабораторная работа 9. Совместная работа тактильного и двигательного анализаторов.	32
Глава 3	СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР	35
	Лабораторная работа 10. Бинауральный слух.	40
	Лабораторная работа 11. Симуляция глухоты.	41
	Лабораторная работа 12. Определение диапазона частоты слышимых звуков.	43
	Лабораторная работа 13. Определение абсолютных	44

	порогов слуховой возбудимости.	
	Лабораторная работа 14*. Определение дифференциальных (разностных) порогов.	46
	Лабораторная работа 15*. Адаптация слуха к звукам разной частоты.	50
Глава 4	ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР	52
	Лабораторная работа 16. Анализ тренированности вестибулярного аппарата.	55
	Лабораторная работа 17. Изучение роли различных сенсорных систем в поддержании равновесия во время движения.	60
	Лабораторная работа 18. Пробы вертикального и горизонтального письма (пишущие тесты).	61
Глава 5	ХИМИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	63
	Лабораторная работа 19. Определение порогов вкусовой чувствительности. Вкусовая карта языка.	67
	Лабораторная работа 20. Исследование вкусовой адаптации.	68
	Лабораторная работа 21.* Функциональная мобильность сосочков языка до и после приема пищи.	69
	Лабораторная работа 22.* Вкусовой контраст и смешение вкусов.	70
	Лабораторная работа 23. Исследование обонятельного анализатора.	71
	Лабораторная работа 24. Исследование адаптации обонятельного анализатора.	72
	Лабораторная работа 25. Взаимодействие обонятельной, вкусовой и зрительной сенсорных систем.	73
Глава 6	ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР	75

	Лабораторная работа 26. Функции зрачка.	78
	Лабораторная работа 27. Исследование остроты зрения.	80
	Лабораторная работа 28. Ближайшая точка видения.	83
	Лабораторная работа 29 <sup>#</sup> . Функции хрусталика.	85
	Лабораторная работа 30. Определение поля зрения при нормальном освещении.	86
	Лабораторная работа 31*. Влияние световой и темновой адаптации на поле зрения.	89
	Лабораторная работа 32*. Острота зрения в разных участках поля зрения.	90
	Лабораторная работа 33. Бинокулярное зрение и методы его исследования.	91
	Лабораторная работа 34. Выявление цветовой слепоты.	92
	Лабораторная работа 35. Зрительные образы.	94
	Лабораторная работа 36*. Движение глаз. Окулометрия.	97
	Лабораторная работа 37*. Определение кривой световой чувствительности во время длительного пребывания в темноте.	112
	Лабораторная работа 38*. Ориентировочное исследование световой чувствительности в течение трех минут.	115
	Лабораторная работа 39*. Исследование остроты зрения при ослабленном освещении.	117
	Патологии зрения (оптической системы)	
	Лабораторная работа 40. Миопия и гиперметропия.	122
	Лабораторная работа 41. Астигматизм и астигматический веер.	123
	Лабораторная работа 42. Проба на косоглазие.	125

	Лабораторная работа 43. Тест Амслера.	125
	Вопросы для подготовки к семинарским занятиям.	129
	Список использованной литературы.	131
	Список литературы рекомендованной для подготовки.	132
	Темы для рефератов.	133
	Приложение 1.	
	Приложение 2	
	Приложение 3.	
	Приложение 4.	
	Приложение 5.	

## ВВЕДЕНИЕ

**Сенсорные системы** – это совокупность вспомогательных образований, рецепторов, нервных путей и центров, раздражение которых приводит к появлению специфического чувства, характерного для данной сенсорной модальности. Основными функциями сенсорных систем являются обеспечение обнаружения, различения и опознания сигналов внешнего мира и формирования сенсорных образов.

**Сенсорные системы человека** обеспечивают:

- 1) формирование ощущений и восприятие действующих стимулов;
- 2) контроль произвольных движений;
- 3) контроль деятельности внутренних органов;
- 4) необходимый для бодрствования человека уровень активности мозга.

Настоящее учебно-методическое пособие включает шесть глав, посвященных различным сенсорным системам организма. Каждая глава содержит теоретические материалы, лабораторные работы, контрольные вопросы по соответствующей теме. В пособии имеются вопросы для семинаров, темы для рефератов и список литературы для подготовки.

Данное пособие может быть использовано бакалаврами, магистрами и специалистами биологических и медицинских специальностей при изучении курсов «Специальный практикум по физиологии», «Физиология сенсорных систем», «Системная нейрофизиология», «Нейрофизиология», «Медицинская биофизика» и др. Лабораторные работы данного пособия делятся по сложности выполнения: работы отмеченные «\*» - рекомендованы для обучающихся по магистерским программам, а «#» - медицинским специальностям. Работы рассчитаны на самостоятельное выполнение их обучающимися. После выполнения работы обучающиеся делают выводы на основании полученных результатов.

### **Требование к оформлению и оценка лабораторных работ.**

Лабораторные работы оформляются обучающимися в отдельной тетради по следующему плану:

1. Дата выполнения работы.
2. Номер лабораторной работы, название.
3. Цель.
4. Теоретическое обоснование (не более 0,5 стр).
5. Оборудование, необходимое для выполнения заданий.
6. Ход работы (краткое описание этапов выполнения работы и инструкция испытуемому, не более 0,5 стр).
7. Данные, полученные в ходе проведения исследования, представленные в виде таблиц, графиков.
8. Анализ полученных результатов – расчеты, формулы.
9. Обсуждение полученных результатов.
10. Выводы.

При сдаче лабораторных работ учитываются следующие параметры (пример оценивания работы преподавателем, максимум 3 балла):

- знание теории, предваряющей каждое практическое задание (1 балл);
- активность работы студентов во время проведения экспериментов (0,5 баллов);
- правильность оформления работы (0,5 баллов);
- тщательность анализа результатов, качество представления результатов (0,5 баллов);
- обоснованность выводов (0,5 баллов).

**Требование к оформлению и оценка конспектов при подготовке к семинарским занятиям.** Конспекты к семинарским занятиям оформляются обучающимися от руки в отдельной тетради по следующему плану:

- 1 Название основной темы.
2. Номер и название вопроса.

3. Теория, формулы и схемы (не менее 1 страницы на вопрос).

При сдаче конспекта учитывается соответствие требованиям, сдача в установленное время (максимум 2 балла).

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

**Сенсорной системой (анализатором)** – называют часть нервной системы, состоящую из воспринимающих элементов – сенсорных рецепторов, органов чувств – периферический отдел; нервных путей, передающих информацию от рецепторов в мозг и частей мозга, которые перерабатывают и анализируют эту информацию – центральный отдел (**рис. 1**). Термин «сенсорные (лат. sensus - чувство) системы» сменил название «органы чувств», сохранившееся только для обозначения анатомически обособленных периферических отделов некоторых сенсорных систем (как, например, глаз или ухо).

В отечественной литературе в качестве синонима сенсорной системы применяется предложенное И.П. Павловым понятие «анализатор», указывающее на функцию сенсорной системы.

Сенсорные системы организованы иерархически, т.е. включают несколько уровней последовательной переработки информации. Низший уровень такой переработки обеспечивают первичные сенсорные нейроны, которые расположены в специализированных органах чувств или в чувствительных ганглиях и предназначены для проведения возбуждения от периферических рецепторов в центральную нервную систему. Периферические рецепторы — это чувствительные высокоспециализированные образования, способные воспринимать, трансформировать и передавать энергию внешнего стимула первичным сенсорным нейронам. Центральные отростки **первичных сенсорных нейронов** заканчиваются в головном или спинном мозге на нейронах второго порядка, тела которых расположены в переключательном ядре. В нем имеются не только возбуждающие, но и тормозные нейроны, участвующие в переработке передаваемой информации. Представляя более высокий иерархический уровень, нейроны переключательного ядра могут регулировать передачу информации путем усиления одних и торможения или

подавления других сигналов. Аксоны нейронов второго порядка образуют проводящие пути к следующему переключательному ядру, общее число которых обусловлено специфическими особенностями разных сенсорных систем. Окончательная переработка информации о действующем стимуле происходит в сенсорных областях коры (рис. 1Б).

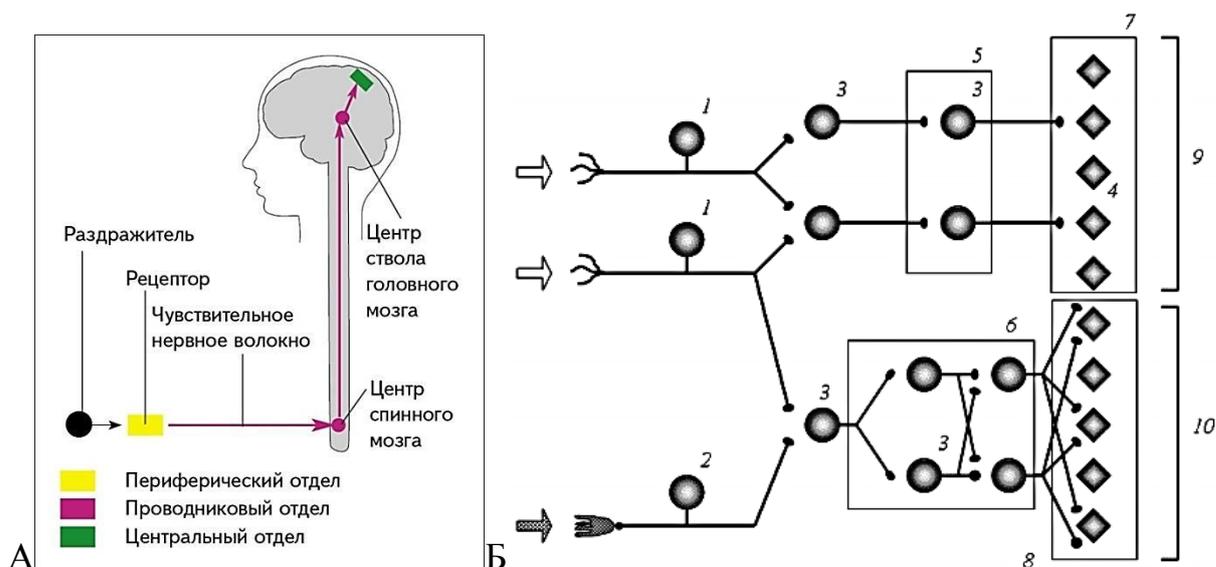


Рис. 1. Схемы организации сенсорной системы

А – Основные отделы анализатора. Б - Сенсорные пути.

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

Сенсорные системы имеют общий план строения и для сенсорных систем характерно (Приложение 4):

**Многослойность** – наличие нескольких слоев нервных клеток, первый из которых связан с рецепторами, а последний с нейронами моторных областей коры большого мозга. Нейроны специализированы для переработки разных видов сенсорной информации.

**Многоканальность** – наличие множества параллельных каналов обработки и передачи информации, что обеспечивает детальность анализа сигналов и большую надежность.

**Разное число элементов в соседних слоях**, что формирует, так называемые, «сенсорные воронки» (суживающиеся или расширяющиеся) Они могут обеспечить устранение избыточности информации или, наоборот, подробный и сложный анализ признаков сигнала

**Дифференциация сенсорной системы по вертикали и по горизонтали.** Дифференциация по вертикали заключается в образовании отделов сенсорной системы, состоящих из нескольких слоев нервных элементов. Отдел - более крупное морфофункциональное образование, чем слой элементов. Каждый такой отдел (например: обонятельные луковицы, кохлеарные ядра, коленчатые тела) имеет определенную функцию.

Дифференциация по горизонтали представляет наличие разных по свойствам рецепторов и нейронов в пределах одного слоя. Например, палочки и колбочки в сетчатке глаза по-разному перерабатывают информацию.

### **Функции сенсорных систем**

1. Обнаружение сигналов.
2. Различение сигналов.
3. Передача или преобразование сигналов.
4. Выделение существенных признаков сигнала
5. Кодирование информации – в форме нервных импульсов
6. Детектирование сигналов, т.е. выделение признаков раздражителя, имеющего поведенческое значение
7. Обеспечивают опознание образов
8. Адаптируются к действию раздражителей
9. Взаимодействие сенсорных систем, которые формируют схему окружающего мира и одновременно позволяют нам соотносить нас самих с этой схемой, для нашего приспособления.

Иоган Мюллер сформулировал в 1840 году **закон специфической энергии органов чувств**.

Качество ощущений не зависит от характера раздражителя, а определяется всецело заложенной в чувствительной системе специфической энергией, которая освобождается при действии раздражителя.

При таком подходе мы можем знать только, что заложено в нас самих, а не что в окружающем мире. Последующие исследования показали, что возбуждения в любой сенсорной системе возникают на основе одного источника энергии – АТФ.

Ученик Мюллера Гельмгольц создал **теорию символов**, в соответствии с которой он рассматривал ощущения, как символы и предметы окружающего мира. Теория символов отрицала возможность познания окружающего мира.

**Ощущение** представляет собой субъективную чувственную реакцию на действующий **сенсорный стимул** (например, ощущение света, тепла или холода, прикосновения и т. п.). **Однородные сенсорные стимулы** активируют одну из сенсорных систем и вызывают субъективно одинаковые ощущения, совокупность которых обозначается термином **модальность**. Самостоятельными модальностями являются осязание, зрение, слух, обоняние, вкус, чувство холода или тепла, боли, вибрации, ощущение положения конечностей и мышечной нагрузки. Внутри модальностей могут существовать разные качества, например, во вкусовой модальности различают сладкий, соленый, кислый и горький вкус. На основе совокупности ощущений формируется чувственное восприятие, т.е. осмысление ощущений и готовность их описать. Восприятие не является простым отражением действующего стимула, оно зависит от распределения внимания в момент его действия, памяти о прошлом сенсорном опыте и субъективного отношения к происходящему, выражающегося в эмоциональных переживаниях.

## **Классификации рецепторов (Приложение 1).**

На основании структурных особенностей рецепторы могут быть разделены на: первичные и вторичные.

1. Первичные рецепторы представляют собой рецепторное окончание, которое образовано самим чувствительным окончанием дендрита афферентного нейрона (Тельце Пачини, тельце Мейснера, диск Меркеля, Тельце Руффини). Этот нейрон лежит в спинальном ганглии. Вторичные рецепторы воспринимают информацию за счет специализированных нервных клеток, которые передают возбуждение на нервное волокно. Чувствительные клетки органов вкуса, слуха, равновесия.

2. Дистантные и контактные. Часть рецепторов воспринимает возбуждение при непосредственном контакте с раздражителем - контактные, а другие могут воспринимать раздражение на некотором расстоянии – дистантные.

3. По характеру взаимодействия раздражителей всю совокупность рецепторов делят на экстерорецепторы и интерорецепторы. Экстерорецепторы - воспринимают раздражение из внешней среды – зрение, вкус и др. и они обеспечивают приспособление к окружающей среде. Интерорецепторы – рецепторы внутренних органов. Они отражают состояние внутренних органов и внутренней среды организма.

4. По выраженности специализации рецептора на: моно- и полимодальные. Обладая чрезвычайно высокой чувствительностью к адекватному раздражителю, экстерорецепторы, как правило считаются мономодальными рецепторами. Среди интерорецепторов также встречаются мономодальные рецепторы, однако, большинство интерорецепторов являются полимодальными, т.е. способными реагировать не на один а на несколько разных по модальности раздражителей.

5. По различной модальности воспринимаемых раздражителей делят на (Приложение 2):

- Механорецепторы (кожа, мышцы, сухожилия, суставы, внутренние органы).
- Терморецепторы (кожа, гипоталамус).
- Хеморецепторы (дуга аорты, каротидный синус, продолговатый мозг, язык, нос, гипоталамус).
- Фоторецептор (глаз).
- Болевые (ноцицептивные) рецепторы (кожа, внутренние органы, слизистые оболочки).

### **Механизмы возбуждения рецепторов**

В случае первичных рецепторов, действие раздражителя воспринимается окончанием чувствительного нейрона. Действующий раздражитель может вызывать гиперполяризацию или деполяризацию поверхностной мембраны рецептора в основном за счет изменения натриевой проницаемости. Повышение проницаемости к ионам натрия приводит к деполяризации мембраны и на мембране рецептора возникает рецепторный потенциал. Он существует до тех пор, пока действует раздражитель.

**Рецепторный потенциал** не подчиняется закону «Все или ничего», его амплитуда зависит от силы раздражителя. У него нет периода рефрактерности. Это позволяет суммироваться рецепторным потенциалам при действии последующих раздражителей. Он распространяется медленно, с угасанием. Когда рецепторный потенциал достигает критической пороговой величины, он вызывает появление потенциала действия в ближайшем перехвате Ранвье, который подчиняется закону «Все или ничего». Этот потенциал будет распространяющимся.

Во вторичном рецепторе действие раздражителя воспринимается рецепторной клеткой. В этой клетке возникает рецепторный потенциал, следствием которого будет являться выделение медиатора из клетки в синаптическую щель. Взаимодействие медиатора с рецепторами чувствительного волокна приводит к образованию другого, локального

потенциала, который называют **генераторным**. Он по своим свойства идентичен рецепторным. Его амплитуда определяется количеством выделившегося медиатора. Медиаторы – ацетилхолин, глутамат.

Потенциалы действия возникают периодически, т.к. для них характерен период рефрактерности, когда мембрана утрачивает свойство возбудимости. Потенциалы действия возникают дискретно и рецептор в сенсорной системе работает, как аналогово-дискретный преобразователь. В рецепторах наблюдается приспособление – адаптация к действию раздражителей. Есть быстро адаптирующиеся, есть медленно адаптирующиеся. При адаптации снижается амплитуда рецепторного потенциала и число нервных импульсов, которые идут по чувствительному волокну. Таким образом, рецепторы кодируют информацию. Это возможно по частоте потенциалов, по группировке импульсов в отдельные залпы и интервалам между залпами.

Кодирование возможно и по числу активированных рецепторов в рецептивном поле. Рецептивным полем называется совокупность рецепторов, сигналы от которых поступают на данный афферентный нейрон. Другими словами, это та часть чувствительной поверхности, от которой получает сигнал одно афферентное волокно или нервная клетка. Рецептивные поля сенсорных нейронов широко варьируют по размерам. Одни нейроны имеют очень маленькие рецептивные поля - например, в зрительной коре для некоторых нейронов участок сетчатки, в пределах которого световой стимул оказывает на них действие, составляет всего  $0,02 \text{ мм}^2$ . В то же время, другие клетки в центральной нервной системе активируются кожными стимулами, действующими на область, занимающую большие площади, например ногу, причем эффективны и прикосновение, и вибрация, и холодовые стимулы. Рецептивные поля смежных нейронов в сенсорном центре сильно перекрываются, что позволяет с большей точностью определять положение стимула (рис. 2).

У первичных рецепторов зоны ветвления периферических отростков чувствительных нейронов могут перекрывать друг друга (рис. 2А). У

вторичных рецепторов одна рецептирующая клетка может контактировать с несколькими чувствительными нейронами, т.е. может входить в состав рецептивных полей различных нейронов (рис. 2 Б). Такое взаимодействие клеток приводит к образованию нервной сети, что обеспечивает повышенную чувствительность.

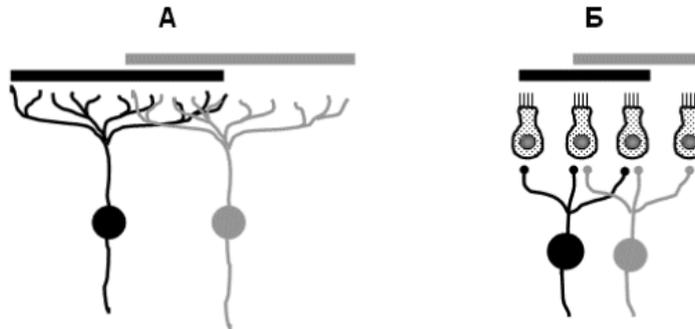


Рис. 2. Перекрывание рецептивных полей чувствительных нейронов первичных (А) и вторичных (Б) рецепторов

### **Порог раздражения и порог различения.**

Порог раздражения – минимальная сила раздражителя, которая вызывает ощущение.

Порог различения – минимальная сила изменения раздражителя, при которой возникает новое ощущение.

В 1931 году Вебер сформулировал закон, устанавливающий зависимость между первоначальной силой раздражения и интенсивностью ощущения.

1. Для различения веса двух предметов их разница должна быть больше, если оба они тяжелые и меньше, если оба они легкие – это абсолютный порог различия -  $\Delta I$ .

2. Относительный порог, т.е. отношение минимального воспринимаемого прироста груза ( $\Delta I$ ) к его исходной величине ( $I$ ) -  $\Delta I/I$  не зависит от абсолютного веса сравниваемых грузов, а есть величина постоянная:

$$\Delta I/I = \kappa$$

Это отношение было названо отношением Вебера или разностным порогом.

Г. Фехнер (1860) сформулировал «основной психофизический закон» по которому сила ощущения  $S$  пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя  $I$ :

$$S = \kappa \log I/I_0,$$

где  $I_0$  — пороговое значение интенсивности раздражителя.

Эта зависимость, получившая название закона Вебера—Фехнера, показывает, что линейное увеличение интенсивности ощущения отражает логарифмический рост интенсивности стимула. Этот закон выполняется для многих сенсорных модальностей для раздражителей средней интенсивности: для пороговых раздражений и очень сильных раздражений закон Вебера-Фехнера требует поправок.

## **Лабораторная работа 1. Возможность раздражения рецепторов неадекватным раздражителем**

**Цель:** выявление возможности раздражения рецепторов неадекватным раздражителем.

**Материалы и приборы:** гальванический элемент (батарейка), салфетки.

### **Ход работы:**

**А)** Коснитесь батарейкой до 6В кончика языка. Отметьте ощущения, возникающие при этом на языке.

**Б)** Закройте веки и аккуратно надавите пальцем через салфетку на глазное яблоко. Отметьте, в каком участке поля зрения возникло ощущение.

Опишите ощущения, возникшие в результате опытов **А** и **Б**. Сделайте вывод об общем принципе преобразования афферентных сигналов в соответствии с типом ощущений, специфичным для данных рецепторов, даже при применении неадекватного раздражителя.

**В)** Решите задачу: При передаче информации в сенсорных системах используется, в частности, принцип частотной модуляции. В одно и той же группе рецепторов в эксперименте дважды зарегистрировали пачки импульсов, общее количество которых за единицу времени в каждой пачке одинаково. Можно ли утверждать, что в обоих случаях передавалась одна и та же информация.

Рассуждения запишите в тетрадь.

## **Лабораторная работа 2. Взаимодействие зрительного и слухового анализаторов**

**Цель работы:** выявить взаимосвязь зрительного и слухового анализаторов.

**Материалы и приборы:** часы, книга (печатный текст).

### **Ход работы:**

Поставьте перед собой громко тикающие часы и начните читать интересную книгу (текст). В первые минуты вы будете четко слышать звуки. Но как только вы углубитесь в чтение, звуки перестанут восприниматься. Новый очаг возбуждения, возникший в результате чтения, вызвал торможение в центрах слухового анализатора, воспринимающих тиканье часов. Если продолжить опыт, можно убедиться, что через какое-то время вы опять начнете слышать ход часов. При этом вы отвлечетесь от чтения. Почему? Сделайте выводы.

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Понятия: анализатор; орган чувств; сенсорная система; восприятие; ощущение.
- 2 Основные свойства рецепторов. Понятие о рецептивном поле.
- 3 Классификация сенсорных рецепторов по модальности.
- 4 Классификация сенсорных рецепторов по строению и характеру взаимодействия с раздражителем.
- 5 Общие принципы строения анализаторов.
- 6 Функции анализаторов.
- 7 Принцип работы анализатора.
- 8 Как вы думаете, в чем состоит биологический смысл процесса адаптации?
- 9 С помощью, каких органов устанавливается связь нервной системы с внешней средой?
- 10 Объясните путь нервных импульсов от места их возникновения в рецепторах до эффекторных центров в головном мозге.

## Глава 2. КОЖНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА (ОСЯЗАНИЕ)

В соматовисцеральную систему входят: кожный анализатор, объединяющий тактильную, температурную и болевую чувствительность, проприоцептивный анализатор, или мышечное чувство, следящее за изменением положения тела и движением суставов и мышц, а также висцеральный анализатор, позволяющий получить информацию о состоянии внутренних органов.

Кожа человека - сложный орган, выполняющий многочисленные функции: защитную, выделительную, секреторную, осязательную. Наружная поверхность кожи представляет собой рецепторное поле, являющееся периферической частью кожного анализатора. Кортикальный конец данного анализатора расположен в области задней центральной извилины. Различают четыре вида кожной рецепции: тепловую, холодовую, болевую и тактильную. Последний вид обеспечивают специальные **тактильные рецепторы**, которые чувствительны к механической стимуляции - прикосновению, давлению, растяжению, вибрации. Они принадлежат к группе *первично-чувствительных рецепторов* и имеют различную морфологию - **свободные нервные окончания**, лежащие в поверхностном слое кожи и воспринимают легкое прикосновение и **инкапсулированные** (тельца Пачини, Мейснера, диски Меркеля и др.), залегающие в глубоких слоях кожи и служащие для рецепции давления и растяжения (рис. 3).

Тактильные рецепторы подразделяют также на **фазные** и **статические**. Первые наиболее чувствительны к изменению скорости движения стимула, вторые – к постоянному действию стимула. Но то, что принято называть **осязанием**, является сложным рецепторным комплексом, возникающим при раздражении рецепторов, относящихся к различным видам кожной чувствительности.

**Кинестетическая чувствительность** – это сложная, комплексная чувствительность, включающая в себя «статическую» и «кинетическую»

проприоцепцию. *Статическая проприоцепция* – это мышечная чувствительность, играющая роль при оценке размеров и веса неподвижных предметов. *Кинетическая («динамическая») проприоцепция* – это вид рецепции, который доставляет центральной нервной системе «сведения» о каждом выполняемом двигательном акте (оценка расстояний, направлений, длительности, скоростей). Кинетическая проприоцепция, в свою очередь, может быть разделена на восприятие пассивных и активных движений. Кинестетический анализатор играет роль внутреннего канала связи между всеми анализаторными системами и в силу этого занимает среди них особое положение.

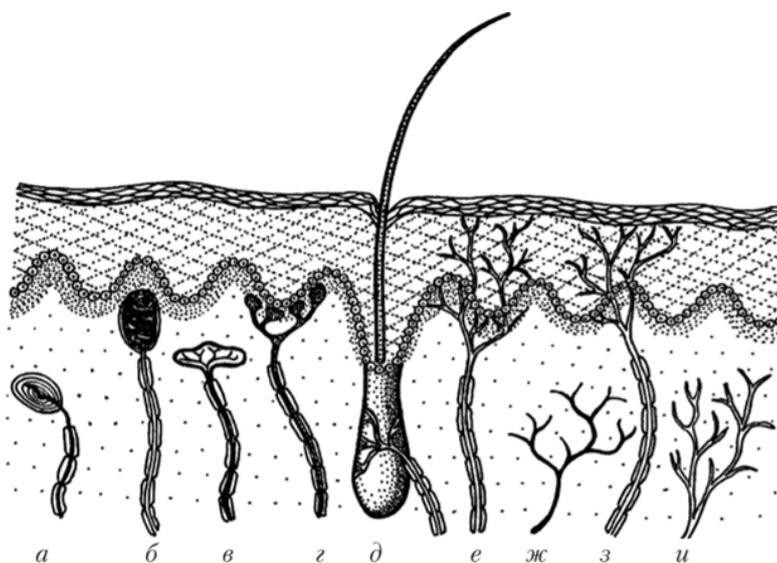


Рис. 3. Кожные рецепторы

а — тельце Пачини; б — тельце Мейснера; в — тельце Руффини; г — диск Меркеля; д — рецепторы в волосяном фолликуле; е — холодные терморецепторы; ж — тепловые терморецепторы; з — быстрые ноцицепторы (болевые рецепторы); и — медленные ноцицепторы

#### *Проводящие пути тактильного анализатора*

Большинство механорецепторов кожи посылают импульсы в спинной мозг по волокнам типа А, а рецепторы щекотки – по волокнам типа С. Пройдя через задние корешки в задние столбы, импульсы переключаются на интернейроны спинного мозга (второй нейрон, первый находится в

спинальном ганглии) той же стороны. Далее по восходящим путям в составе задних столбов они достигают ядер Голля и Бурдаха, находящихся в продолговатом мозге (третий нейрон). Затем через медиальную петлю импульсы поступают в вентробазальные ядра (специфические) зрительного бугра (четвертый нейрон) и далее в первую и вторую соматосенсорные зоны коры противоположного полушария (задняя центральная извилина).

#### *Температурная чувствительность*

Различают два вида кожных рецепторов: холодовые и тепловые. К Холодовым рецепторам относят колбы Краузе, тепловым – тельца Руффини. Холодовые рецепторы располагаются под эпидермисом на глубине 0,17 мм от поверхности кожи, всего их около 250 тыс. Тепловые рецепторы залегают глубже – на расстоянии 0,3 мм от поверхности кожи в верхнем и нижнем слоях собственно кожи и слизистой. Их меньше, чем холодových – около 30 тыс.

На 1 см<sup>2</sup> тыльной поверхности кисти руки у жителей, живущих в средней полосе России, приходится 11 – 13 холодových и 1 – 2 тепловых рецептора. У холодových рецепторов постоянная импульсация наблюдается в диапазоне от 41 до 10°C, а оптимальная чувствительность – в пределах от 15 до 30°C. Тепловые рецепторы реагируют постоянной частотой потенциалов действия (ПД) в диапазоне от 20 до 50°C с оптимальной чувствительностью в пределах 34 – 42°C. Это статическая реакция рецепторов. Изменения температуры на 0.2°C вызывают изменения импульсации рецепторов в сторону ее уменьшения или увеличения. Такая реакция терморепторов называется динамической.

В диапазоне от 30 до 36°C происходит полное исчезновение ощущений холода или тепла – это зона комфорта, или нейтральная зона. Если повысить или понизить температуру выше или ниже этой зоны, то появляется ощущение тепла или холода.

При небольших отклонениях температуры и длительном действии температурного фактора определенной величины развивается медленная

частичная адаптация. Большие отклонения температуры внешней среды замедляют развитие адаптации.

Импульсы от холодовых рецепторов поступают в спинной мозг по миелинизированным волокнам типа А - дельта, а от тепловых – по немиелинизированным волокнам типа С. Там находятся вторые нейроны, от которых начинается спиноталамический тракт, перекрещивающийся в каждом сегменте спинного мозга и заканчивающийся в вентробазальных ядрах зрительного бугра. Часть температурной информации поступает в сенсомоторную зону коры больших полушарий, а часть – в гипоталамические центры терморегуляции.

В коре и лимбической системе формируется ощущение тепла, холода или температурного комфорта. Ощущение температурного комфорта можно получить, если в условиях высокой температуры окружающей среды поместить тело в прохладную воду, например при летнем купании. Можно получить парадоксальное ощущение холода, если «молчащие» при температуре 40°C холодовые рецепторы быстро нагревать до температуры выше 45°C.

**Проприорецепторы** (от лат. proprius – собственный, receptor – принимающий). Главная функция этих рецепторов - восприятие информации о положении частей тела относительно друг друга и в пространстве, а также о его изменении. Поступление информации от мышц обеспечивается мышечными веретенами, а от сухожилий - сухожильными органами Гольджи.

Мышечные веретена находятся в каждой поперечнополосатой мышце в количестве от 6 до 1300 штук. Их длина несколько миллиметров, диаметр — несколько десятых долей миллиметра. Веретена расположены в толще мышцы, параллельно обычным мышечным волокнам. Мышечное веретено представляет собой набор из 2-12 миниатюрных волокон скелетной мышцы, заключенных в капсулу соединительной ткани. Капсула обеспечивает механическую защиту элементов веретена, расположенных в полости

капсулы, регулирует химический состав жидкой среды этих элементов. В полости капсулы мышечного веретена расположено несколько особых мышечных волокон, способных к сокращению. Эти мышечные волокна назвали интрафузальными мышечными волокнами (лат.: *intra* — внутри; *fusus* — веретено); обычные мышечные волокна называются экстрафузальными мышечными волокнами (лат.: *extra* — вне, снаружи; *fusus* — веретено). Интрафузальные мышечные волокна тоньше и короче экстрафузальных мышечных волокон. Ввиду большего содержания миофиламентов в экстрафузальном волокне оно производит в среднем в 36 раз большее усилие, чем интрафузальное. Выделяют два главных типа интрафузальных мышечных волокон: сумчатоядерные и цепочно-ядерные.

Главная функция **ядерно-сумчатых мышечных волокон** - измерение скорости растяжения мышцы. Это более толстые и длинные волокна с ядрами, расположенными в средней, утолщенной части волокна – ядерносумчатые («яс»). В одном мышечном веретене находится ~2- 4 ядерно-сумчатых интрафузальных мышечных волокон. Главная функция **ядерноцепочечных мышечных волокон** - измерение силы растяжения мышцы. Это более короткие и тонкие волокна с ядрами, расположенными цепочкой – ядерно-цепочечные («яц»). В мышцах с очень точными движениями – «яц» больше. В одном мышечном веретене может находиться ~3-9 ядерно-цепочечных интрафузальных мышечных волокон.

**Сухожильный орган Гольджи**, или нервно-сухожильное веретено — рецепторный орган, располагающийся в местах соединения мышечных волокон коллагеновыми пучками сухожилий. Сухожильный орган Гольджи состоит из коллагеновых нитей, отходящих примерно от 10 экстрафузальных мышечных волокон и заключенных в соединительнотканную капсулу. К ней подходят один или два толстых миелинизированных афферентных аксона. Эти аксоны представляют собой нервные отростки сенсорных нейронов спинного мозга. Их окончания спирально закручиваются вокруг коллагеновых нитей. Скорость передачи импульса - 80-120 м/сек.

### Лабораторная работа 3. Исследование температурной чувствительности (термоэстезиометрия)

**Цель работы:** сравнить количество тактильных, холодových и тепловых рецепторов на коже человека.

**Материалы и приборы:** линейка, лист миллиметровой бумаги, лед, горячая вода, термоэстезиометр, кусок фланели, металлическая пластина, волоски Фрея.

#### Ход работы:

**А)** Сравните температурные ощущения, которые возникают, когда вы прикасаетесь к куску фланели или шерсти или к металлическому предмету при комнатной температуре. Попробуйте объяснить эти ощущения, продумав физические свойства предметов. Запишите вывод.

**Б)** С помощью кусочка миллиметровой бумаги и линейки, отметьте на тыльной поверхности кисти руки участок площадью  $1 \text{ см}^2$ . С помощью волосков Фрея отметьте количество ощущений прикосновения на каждые 10 касаний. Повторите опыт 4 раза. Запишите данные в таблицу 1.

Таблица 1

Определение количества тактильных, холодových и тепловых рецепторов на тыльной поверхности руки

№	Количество ощущений прикосновения при воздействии волоском Фрея	Количество холодových ощущений при воздействии термоэстезиометра со льдом	Количество тепловых ощущений при воздействии термоэстезиометра с горячей водой
1			
2			
3			
4			

Термоэстеziометр заполните льдом и осторожно стержнем прибора прикасайтесь к отмеченному участку, отмечая точки, в которых возникает ощущение холода на каждые 10 касаний. Повторите опыт 4 раза. Занесите данные в таблицу 1.

Затем повторите опыт, заполнив термоэстеziометр горячей водой. **(Будьте очень аккуратны!).** Занесите данные в таблицу 1.

Сделайте вывод о количестве тактильных, тепловых и холодовых рецепторов в коже человека.

**В)** Возьмите большие пробирки и заполните их водой температурой 20, 30, 36 и 38°C. Поочередно (См. таблицу 2) прикладывайте пробирки к кисти, предплечью и лицу. Отметьте, есть ли различия в температуре пробирок. Наличие или отсутствие температурных различий вносится в таблицу №2.

*Таблица 2*

Определение температурных различий на разных участках тела

Исходная температура, °С	Температура сравнения, °С	Кисть	Предплечье	Лицо
20	30			
20	36			
30	36			
36	38			

При оформлении протокола работы ответьте на вопрос: «Легко ли испытуемый определил, какая пробирка теплее?» и сделайте вывод о минимальной различимой разнице в температуре на разных участках тела.

## **Лабораторная работа 4. Исследование адаптации к температуре среды**

Сенсорная адаптация – общее свойство сенсорных систем, заключающееся в приспособлении (привыкании) к длительно действующему раздражителю. Температурные ощущения человека относительны.

**Цель работы:** выявление адаптации терморцепторов кожи.

**Материалы и приборы:** три стакана объемом 100-200 мл, термометр, холодная и горячая вода.

**Ход работ:**

Приготовьте три сосуда: с горячей (40-45°C), теплой (25-30°C) и холодной (10-15°C) водой. Опустите указательный палец правой руки в холодную воду, а указательный палец левой руки – в горячую. Зафиксируйте время, за которое пальцы привыкли к воде. Обычно к горячей воде привыкание происходит быстрее, чем к холодной.

Затем по очереди перенесите пальцы в стакан с теплой водой. Опишите, что вы ощущаете.

Сделайте вывод об ощущении температуры в зависимости от предварительного согревания или охлаждения кожи.

## **Лабораторная работа 5. Вибрационная чувствительность**

Воспринимают вибрацию барорецепторы кожи, подкожной клетчатки, мышц. Но в больших количествах виброрецепторы, все же, преобладают в коже. Импульсы от виброрецепторов передаются в центральную нервную систему через задние столбы спинного мозга совместно с температурой и болевой чувствительностью в боковых канатиках. Аfferентные импульсы распознаются в теменной области коры головного мозга.

Чувствительность к вибрации обычно исследуют с помощью камертона. Основание вибрирующего с низкой частотой камертона

прикладывают к выступающему под кожей участку кости, и испытуемый указывает, сколько времени продолжалось ощущение вибрации.

**Цель работы:** оценить вибрационную чувствительность на различных участках тела.

**Материалы и приборы:** камертон, вата, спиртовой раствор.

**Ход работы:** Перед использованием камертон необходимо протереть спиртовым раствором. Последовательно прикладывайте камертон к шиловидному отростку височной кости, запястью и лодыжке испытуемого. Зафиксируйте наличие ощущения вибрации и время до прекращения ощущения.

Заполните таблицу 3 результатами, полученными у всех студентов группы. Сравните результаты и сделайте выводы.

*Таблица 3*

Время ощущения вибрации в секундах

№ испытуемого	Шиловидный отросток	Запястье	Лодыжка
1			
2			
3...			

**Лабораторная работа 6\*. Определение относительных и абсолютных порогов различения массы (экспериментальная проверка закона Вебера-Фехнера)**

Каждая сенсорная система воспринимает действие адекватного стимула в ограниченном диапазоне значений его силы. Наименьший по интенсивности стимул, способный вызвать ощущение, называется **порогом ощущения**. Величина, на которую один стимул надпорогового диапазона должен отличаться от другого ( $\Delta I$ ), чтобы их разницу можно было

субъективно различить, получила название **дифференциального порога** или **порога различения** ( $\Delta I/I$ ) и это величина постоянная.

**Целью работы:** проверка закона Вебера-Фехнера (см. страницу 14) для кинестетической чувствительности массы.

**Материалы и приборы:** набор гирек от 1 до 200 гр.

**Ход работы:** Испытуемый закрывает глаза и кладет руку на стол ладонью вверх, слегка растопырив пальцы. На протяжении всего опыта пальцы должны соприкасаться со столом. Стеклянная пластинка, согретая до температуры тела, кладется на среднюю фалангу среднего пальца. Экспериментатор кладет гирю на пластинку, а затем через 3 с меняет ее на другую. Испытуемый сообщает, была ли вторая гирька тяжелее, легче или такой же, как первая (Данные заносятся в таблицу 4).

Проведите исследование с различными гирями массой 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 г. Меняйте гири без всякой системы, иногда кладите два раза подряд один и тот же вес.

Проделайте большое количество наблюдений и установите наименьшую разницу в весе, при которой ощущается различие в весе.

Таблица 4

Исходный вес (I), г	Вес в граммах, отмечаемый как более сильный, чем исходный вес	Абсолютный порог различения ( $\Delta I$ )	Прирост раздражения (разностный порог) $\Delta I/I$
5			
10			
....			

Сделайте выводы.

## **Лабораторная работа 7\*. Исследование адаптации кожного анализатора**

Сенсорная адаптация - общее свойство всех сенсорных систем, заключающееся в приспособлении (привыкании) к длительно действующему раздражителю. Адаптация проявляется в снижении чувствительности сенсорной системы.

**Цель работы:** определить зависимость времени наступления адаптации от массы груза.

**Для работы необходимо:** гири массой от 20 до 200 г, секундомер.

**Ход работы:** Испытуемый сидит на стуле, закрыв глаза. Инструкция испытуемому: «Сидите спокойно с закрытыми глазами. На тыльную поверхность ладони Вам положат груз. Ваша задача состоит в том, чтобы как можно быстрее сообщить экспериментатору об исчезновении ощущения давления груза на кожную поверхность».

На тыльную поверхность ладони кладете груз массой 20 г. Фиксируете время исчезновения ощущения давления. Затем снимите груз. Через 60-90 секунд повторяете опыт, увеличивая массу груза (50, 100, 200 г).

По полученным результатам строите график зависимости времени наступления адаптации от массы груза, т.е. силы кожного раздражения.

Сделайте выводы об адаптации кожного анализатора.

## **Лабораторная работа 8. Опыт Аристотеля**

В процессе неоднократных воздействий на человека комплексных раздражителей в ЦНС формируется интегральный сенсорный образ этих раздражителей. Например, при взятии рукой карандаша его специфический сенсорный образ формируется в результате сочетанного поступления в ЦНС тактильной, проприоцептивной, зрительной информации. В последующем, человек обучается быстро выделять знакомые комплексы раздражителей,

даже в ситуации ограничения сенсорного поступления возбуждений в ЦНС. Например, не глядя на предмет, на основании лишь ощущений прикосновения и давления, человек, используя прошлый опыт, в состоянии идентифицировать качественные характеристики предметов воздействия. Необходимо учесть, что идентификация свойств предметов при ограничениях объема сенсорного воздействия должна протекать в условиях стандартного, т. е. обычного, воздействия предмета на органы чувств, в противном случае возможны ошибки, что можно иллюстрировать опытом Аристотеля.

**Цель работы:** изучить воздействие на человека комплексных раздражителей.

**Материалы и приборы:** металлический шарик диаметром 5-7 мм или горошина.

**Ход работы:**

1. Положите на стол шарик. Прикоснитесь к нему подушечками указательного и среднего пальцев одновременно и покатайте по столу.

2. Перекрестите пальцы и прикоснитесь к шарiku так, чтобы он оказался между перекрещенными пальцами и вновь покатайте его по столу.

В первом случае возникает ощущение одного шарика, во втором — двух.

3. Перекрещенными пальцами дотроньтесь до кончика носа. Возникает ощущение двух кончиков носа.

Опишите свои ощущения при проведении опыта. Объясните данное явление.

### **Лабораторная работа 9. Совместная работа тактильного и двигательного анализаторов**

В суставных сумках, коже, скелетных мышцах и сухожилиях находятся рецепторы, адекватно раздражаемые растяжением. Возникающие в них афферентные импульсы поступают в мозг и вызывают ощущения движения и

положения (кинестезия). Совершенство движений в значительной степени достигается за счет афферентной сигнализации.

**Цель работы:** изучить взаимодействие кожного (тактильный) и двигательного анализаторов.

**Материалы и приборы:** лист бумаги, два цветных фломастера или гелевых стержня.

**Ход работы:**

**А)** Попросите испытуемого встать перед столом, на котором лежит лист бумаги, взять в правую руку карандаш и закрыть глаза (глаза должны оставаться закрытыми на протяжении всего опыта).

Возьмите руку испытуемого и установите ее в исходное положение, которое отметьте на бумаге точкой. Затем оторвите от бумаги руку испытуемого, перенесите ее на некоторое расстояние от исходной точки вправо или влево, опустите, задержите на 5 с, отметьте это место и возвратите руку в исходное положение. Дважды после этого – через 10 с и 60 с испытуемый должен воспроизвести пассивное движение, заданное вами. При этом сделайте отметку на бумаге и возвратите руку испытуемого в исходное положение. Измерьте расстояние между точкой, поставленной после пассивного движения, и точками, отражающими активные движения испытуемого.

Таким же образом исследуйте воспроизведение пассивных движений руки испытуемого снизу-вверх или сверху вниз. Полученные результаты занесите в протокол, отражая зависимость ошибки от характера движения и времени воспроизведения движения, к отчету приложите рисунки.

**Б)** Слегка прикоснитесь к ладони испытуемого, глаза которого закрыты, тонким фломастером или гелевым стержнем. Испытуемый должен другим фломастером отметить место прикосновения. Прodelайте то же самое, нанося тактильное раздражение на кожу плеча и предплечья. Измерьте

расстояния между точками – заданными вами и указанными испытуемым. Занесите данные в протокол.

Точность локализации прикосновения к различным участкам кожной поверхности не одинакова. Она определяется временными связями в коре большого мозга человека между кожно-тактильными и двигательным анализаторами.

Сравните точность воспроизведения движений у разных лиц в группе, а также зависимость запоминания положения и движения от времени после пассивного перемещения руки. Сделайте выводы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие Вы знаете виды кожной рецепции?
2. Что такое осязание?
3. Какие функции выполняют тактильные рецепторы?
4. На какие четыре основных вида делятся тактильные рецепторы?
5. Укажите разновидности проприорецепторов и их локализацию.
6. Какова функция проприорецепторов?
7. Что называют порогом ощущения?
8. Что называют порогом различения?
9. Сформулируйте закон Вебера о пороге различения силы действующего раздражителя. Приведите соответствующую формулу.
10. Что называют пространственным порогом тактильной чувствительности, чему он равен на коже спины и кончиков пальцев рук?
11. Какие виды рецепторов воспринимают температуру окружающей среды?
12. Опишите проводящие пути тактильного анализатора.
13. Какие функции выполняет мышечная чувствительность?
14. Перечислите, где кроме кожи могут располагаться барорецепторы.
15. Характеристика и свойства кожных рецепторов.

### Глава 3. СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР

*Слуховой анализатор* - это второй по значению анализатор в обеспечении адаптивных реакций человека. Основная его функция - улавливание и переработка звуковой информации различного характера (шумы, речь человека и др.).

Периферический отдел слухового анализатора – ухо (наружное, среднее, и улитка внутреннего уха). Рецепторную функцию выполняет Кортиев орган, находящийся в улитке во внутреннем ухе. Кортиев орган – это система волосковых высокочувствительных рецепторных клеток, которые преобразуют различные параметры звука (интенсивность, частоту, длительность) в активность периферических и центральных слуховых нейронов, на основе чего строится субъективное восприятие характеристик звука (громкость, высота, продолжительность). Проводниковый отдел представлен слуховыми нервами, направляющимися в центральный (корковый) отдел, расположенный в височных долях коры больших полушарий.

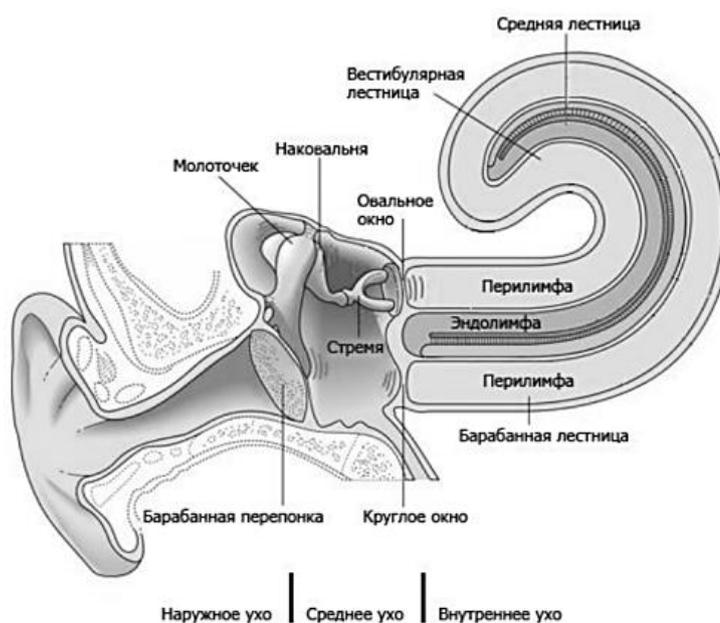


Рис. 4. Проведение звуковой волны по наружному, среднему и внутреннему уху

**Передача и восприятие звуковых колебаний.** Когда ушная раковина собирает звуковые волны, они отражаются в ее складках, затем проникают в наружное слуховое отверстие и ударяются о барабанную перепонку, вызывая ее колебания. Эта перепонка начинает колебаться с определенной частотой и высотой. Колебания барабанной перепонки передаются на цепь слуховых косточек, расположенных в среднем ухе. Колебательные движения основания стремени в овальном окне преддверия вызывают колебания перилимфы в лестнице преддверия. Эти колебания распространяются вдоль лестницы преддверия в сторону купола улитки, а затем через геликотрему передаются на перилимфу барабанной лестницы, которая закрыта в области окна улитки круглой барабанной перепонкой. Благодаря эластичности этой перепонки практически несжимаемая перилимфа приходит в движение. Механические колебания перилимфы в барабанной лестнице передаются основной мембране, на которой расположен **кортиев орган**, и эндолимфе средней лестницы. Колебания эндолимфы и основной мембраны приводят в действие покровную мембрану, которая взаимодействует с волосковыми сенсорными клетками. В результате механического сгибания волосков происходит трансформация механических движений в нервный импульс.

**Проводниковый отдел:** от рецепторов Кортиева органа нервные импульсы передаются на 1-й нейрон – спиральный ганглий, который залегает в базальной мембране. Аксоны этих клеток идут в составе преддверно - улиткового нерва (VIII пара) и заканчиваются синапсами на клетках 2-го нейрона, который залегает в продолговатом мозге (дно 4-го желудочка мозга – ромбовидная ямка). Из продолговатого мозга аксоны 2-х нейронов идут в средний мозг (нижние бугры четверохолмия) и медиальное коленчатое тело. До коленчатого тела происходит перекрест части волокон. Часть информации дальше не идет, а замыкается на двигательном пути безусловных рефлексов слуховой системы (двигательные реакции на слуховые раздражения). 3-й нейрон находится в таламусе (замыкаются простейшие рефлексы, выделяется главное, группируется информация).

Корковый отдел слухового анализатора кора височной доли больших полушарий.

Звук распространяется в виде звуковых волн (колебание воздуха). С физической точки зрения звуки характеризуются такими параметрами, как *длина волны*, *частота* (высота) и *амплитуда* (сила или громкость). Основной характеристикой звука является длина звуковой волны, которой соответствует определенное число колебаний в секунду. *Длину звуковой волны* определяют расстоянием, которое проходит звук за секунду, деленным на число полных колебаний за это же время. Чем больше число колебаний, тем короче длина волны. У высоких звуков волна короткая и измеряется в миллиметрах, у низких длинная и измеряется метрами.

*Высота звука* определяется его частотой, или числом волн за 1 секунду. Частота измеряется в герцах (Гц). 1 Гц соответствует одному полному колебанию в секунду. Чем больше частота звука, тем звук выше и наоборот.

Диапазон звуковых частот, который способно воспринимать ухо человека, довольно широк: от 16 до 20 000 Гц. Наибольшая чувствительность слухового анализатора (абсолютный и дифференциальный пороги) наблюдается в области средних частот (от 1000 до 4000 Гц). В речи используются звуки в пределах от 150 (шепот) до 2500 (громкий голос) Гц.

*Сила звука* (громкость) пропорциональна амплитуде колебаний звуковой волны.

Силу звука можно выразить в абсолютных единицах:

а) как количество энергии, проходящей за 1 сек через площадь  $1 \text{ см}^2$  (эрг, микроватты);

б) как величину давления, производимого силой - 1 дин на  $1 \text{ см}^2$  поверхности (бары).

В современной акустике силу звука выражают не в абсолютных, а в относительных единицах. Некоторую силу звука принимают за 1 ед. или уровень отсчета -  $J_0$ . Сила измеряемого звука обозначается -  $J$ . Но эту силу

звука выражают отношением этой силы звука ( $J$ ) по отношению к уровню отсчета  $J_0$ , т.е.  $J/J_0$ .

За **уровень отсчета силы звука** принято принимать величины  $10^{-16}$  ватт/см<sup>2</sup> или  $10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup>/сек - 0,000204 бара (для частоты 1000 Гц).

Эта величина лежит несколько ниже самого низкого порога слышимости, поэтому все встречающиеся на практике силы слышимых звуков будут лежать выше уровня отсчета.

Абсолютная сила звука при тихом шепоте определяется величиной  $J = 10^{-8}$  эрг/см<sup>2</sup>/сек, а  $J/J_0 = 10^{-8}/10^{-9} = 10$ , т.е. данный звук в 10 раз превосходит пороговую величину;

при крике  $J = 10^{-1}$  эрг/см<sup>2</sup>/сек, а  $10^{-1}/10^{-9} = 100000000$ ;

при громе  $J = 10^3$  эрг/см<sup>2</sup>/сек, а  $10^3/10^{-9} = 1000000000000$ .

Диапазон воспринимаемых человеком звуков очень велик. Отношение силы самого громкого звука, который человек в состоянии слушать, не испытывает боли, к силе самого слабого звука, который он способен различать, составляет примерно 1000000000:1. Но такое количество нулей писать неудобно, поэтому на практике стали пользоваться не отношением силы звуков, а десятичным логарифмом отношения двух сил звука. Эту единицу назвали белом (по имени изобретателя телефона Александра Бела). Но и эта единица измерения оказалась слишком большой, обычно применяют величину в 10 раз меньшую, ее назвали децибелом (дБ).

Человеческое ухо воспринимает звуки различной силы, от 1 до 140 дБ (Таблица 5). Звуки на уровне выше 85 дБ могут быть опасны для вашего слуха, если их воздействие на вас длительное.

Ухо человека приспособлено к восприятию звуковых колебаний в пределах 16-20 000 Гц. У ребенка четкая реакция на звук появляется в 7 - 8 недель после рождения, а с 6 месяцев грудной ребенок способен к относительно тонкому анализу звуков. Окончательное морфофункциональное формирование органов слуха у детей заканчивается к 12 годам. К этому возрасту значительно повышается острота слуха.

Наименьшая величина порогов слышимости, то есть наибольшая острота слуха, обнаруживается к 14 - 19 годам и после 20 лет уменьшается. С возрастом падает верхняя частотная граница слуха. У детей она иногда достигает 30 000 Гц, а в 35 лет составляет лишь 15 000 Гц. После 40 лет каждые 6 мес. верхняя граница суживается на 80 Гц.

Таблица 5

Диапазон восприятия звука и их децибельная шкала

Источник звука	Отношение интенсивности	Дб
Реактивный двигатель	$1:10^{13}$	130
Клепальный молот	$1:10^{12}$	120
Сверлильный станок	$1:10^{11}$	110
Печатный станок	$1:10^{10}$	100
Ткацкий станок	$1:10^9$	90
Механический цех	$1:10^8$	80
Уличный шум	$1:10^7$	70
Нормальная речь	$1:10^6$	60
Спокойная музыка	$1:10^5$	50
Тихая речь	$1:10^4$	40
Шепотная речь	$1:10^3$	30
Тихая жилая комната	$1:10^2$	20
Шелест листьев	$1:10^1$	10
Слуховой порог	$1:10^0$	0

**Аудиометрия** - это метод определения абсолютного порога чувствительности слухового анализатора человека к звукам различной частоты. **Абсолютным порогом чувствительности слухового анализатора** является та минимальная сила звука, способная вызвать слуховое ощущение или какую-либо ответную реакции.

## Лабораторная работа 10. Бинауральный слух

Человек обладает способностью локализовать источник звука. Это обусловлено наличием двух симметричных половин слуховой сенсорной системы – *бинаурального слуха*. С помощью бинаурального слуха происходит сравнение интенсивности и времени прохождения звуковой волны от источника звука к правому и левому уху.

**Цель:** Исследование бинаурального слуха.

**Материалы и приборы:** фонендоскоп с трубками разной длины; вата; 70%-ый спирт.

**Ход работы.**

Усадите испытуемого на стул спиной к экспериментатору. Наконечники резиновых трубок фонендоскопа (рис. 5) вставьте в уши испытуемого и слегка постучите по фонендоскопу. Попросите указать, с какой стороны он слышит звук.

Затем поменяйте трубки фонендоскопа и повторите опыт. Испытуемый опять сообщает, в каком направлении находится источник звука.



Рис. 5 Фонендоскоп

Запишите результаты наблюдений в тетрадь. Объясните, почему звук слышится со стороны короткой трубки, отметьте значение бинаурального слуха. Сделайте выводы.

## Лабораторная работа 11. Симуляция глухоты

Нарушение слуха, вызванное повреждением наружного или среднего уха, называется кондуктивной тугоухостью. Повреждение внутреннего уха – сенсоневральная тугоухостью. Сочетание двух вышеупомянутых типов носит название смешанной тугоухости.

Глухота – частая патология. Причины ухудшения слуха:

**1. Причины потери слуха в наружном ухе.** Наиболее частые проблемы во внешнем ухе включают избыточное накопление ушной серы и воспалительные процессы наружного слухового прохода. Обычно, лечение этих заболеваний не вызывает сложностей.

**2. Причины потери слуха в среднем ухе.** Перфорация барабанной перепонки, воспалительные процессы, отосклероз (кальцификация вокруг стремечка, ограничивающая его движение) – наиболее распространенные причины нарушения функциональности среднего уха. Многие заболевания наружного и среднего уха успешно лечатся медикаментозно или хирургически. В случаях, когда лечение не оказывается эффективным, остаточный слух возможно улучшить с помощью слухового аппарата.

**3. Причины потери слуха во внутреннем ухе.** Большинство проблем со слухом возникает из-за повреждения структур внутреннего уха. Типичными причинами этого являются: чрезмерное воздействие шума, токсическое действие лекарств, процесс естественного старения организма и травмы головы. Происходит повреждение тонких волосковых клеток, что влияет на передачу сигналов к слуховому нерву. Как правило, такие нарушения необратимы, но в значительной степени компенсируются использованием слуховых аппаратов.

**4. Ретрокохлеарные повреждения.** При этом внутреннее и среднее ухо не повреждены. Поражены либо центральная часть первичных афферентных слуховых волокон, либо другие компоненты слухового тракта (например, при опухоли мозга).

**Цель:** Продемонстрировать методы выявления глухоты.

**Материалы и приборы:** книга, генератор ГЗ-18.

**Ход работы:** Попросите испытуемого читать вслух книгу. После того как он прочитает несколько предложений, погребите у его уха коробочкой с карандашами, или подайте звук на наушники генератора. Испытуемый начнет читать текст громче. У глухого человека этого не произойдет. Опишите возможные причины такого поведения. Сделайте вывод.

### **Исследование слуховой чувствительности с помощью генератора сигналов ГЗ-18**

Генератор ГЗ-18 является источником синусоидальных электрических колебаний звуковой частоты (рис.6).

**Диапазон частот (3)** на данном приборе от 20 до 20000 Гц и перекрывается непрерывной шкалой: распределение частот от 20 до 100 Гц линейное, а от 100 до 20000 Гц - логарифмическое.

**Изменение звукового напряжения** осуществляется плавно ручкой "регулировка выхода" (8), а также с помощью аттенюатора (7) на 100 дБ ступенями через каждые 10 дБ - "пределы шкал - ослабление, дБ". За нулевой уровень ("0" дБ) принято напряжение 0,775 В.

**Подготовка прибора к работе.** Лаборант или преподаватель подсоединяет наушники к выходу ГЗ-18 (9) и включает генератор в сеть переменного тока напряжением 220 В. Тумблер «включение сети» (2) установите в положение "Вкл", при этом должна загореться сигнальная лампочка. Установите ручку регулировки выхода (8) в среднее положение. Установить на частотной шкале нулевую частоту (1). Установить шкалу настройки на нуль (10). Вращением ручки "Установка нуля" (11) получить нулевые биения. Контроль нулевых биений производится либо по показателям стрелки (6), либо по оптическому индикатору (1). На основной

шкале установить заданную частоту. Ручка «Настройка, Гц» (5) позволяет производить плавное изменение частоты в пределах +/- 60 Гц.



Рис. 6. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-18

1 – оптический индикатор частот, 2 – сеть, 3 - шкала диапазона частот, 4 – отключение звука, 5 – ручка «Настройка, Гц», 6 – Вольтметр со шкалой установки нуля звукового напряжения, 7 – аттенюатор, 8 – ручка «Регулировка выхода», 9 – выход «наушники», 10 – шкала установки нуля частот, 11 - ручка «Установка нуля»

## Лабораторная работа 12. Определение диапазона частоты слышимых звуков

**Цель:** Определить верхнюю и нижнюю границу воспринимаемых частот при максимальной силе звукового раздражения.

**Материалы и приборы:** генератор ГЗ-18, наушники.

**Ход работы:** Испытуемый одевает наушники от звукового генератора. С помощью регулировки выхода (8) на генераторе выставляется максимальная сила звука (+30 дБ) и выявляется минимальный диапазон волн (от 10 до 20000 Гц) слышимый испытуемым. Для этого, с помощью ручки (10) плавно увеличиваем частоту Гц от 0 до выявления испытуемым звука. Далее, отжимаем клавишу отключения звука (4) и с помощью ручки (5)

перекручиваем шкалу Гц до максимума (22000 Гц) и плавно снижаем частоту Гц до выявления испытуемым звука.

Результаты для всех испытуемых вашей группы представляют в виде графика зависимости от возраста.

Сделать выводы.

### **Лабораторная работа 13. Определение абсолютных порогов слуховой возбудимости**

Чувствительность уха к звуковым колебаниям различных частот неодинакова. Особенно тонко ухо реагирует на колебания средних частот (0,5 – 6 кГц). По мере уменьшения или увеличения частоты относительно среднего диапазона острота слуха постепенно снижается. На границах диапазона частот, воспринимаемых ухом, звук, чтобы быть услышанным, должен быть настолько сильным, что иногда ощущается физически прежде, чем слышится (рис. 7).

Для определения чувствительности уха можно исследовать величину звукового давления на барабанную перепонку или измерить силу звука в свободном звуковом поле. Большое число измерений, проведенных на многих людях, дало цифры абсолютной слуховой чувствительности, представленные в таблице 6 либо на рис. 7.

**Цель:** Определить абсолютные слуховые пороги.

**Материалы и приборы:** генератор ГЗ-18, наушники.

**Ход работы:**

В данной работе для характеристики слуховой чувствительности вы будете определять минимальную силу звука, необходимую для возникновения слухового ощущения, в относительных единицах – по шкале дБ.

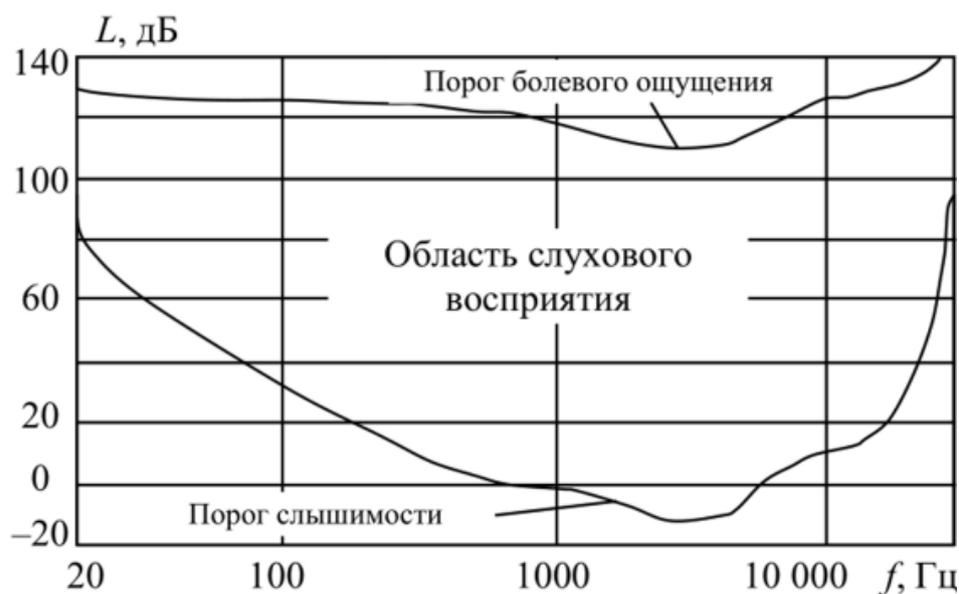


Рис. 7. Верхняя линия отмечает границу, выше которой звук вызывает болевые ощущения; нижняя линия отмечает порог слышимости

Регулятором выхода (8, рис. 6) исходное напряжение по вольтметру (6) поставьте на «0 дБ», а переключатель аттенюатора (7) на -70 дБ, частоту (5) — на 125 Гц.

Наденьте наушники на испытуемого и посадите его спиной к прибору. Экспериментатор одной рукой нажимает на кнопку отключения звука (4), а другой — постепенно усиливает звук до тех пор, пока он не будет слышан испытуемым. Для подачи звука кнопку его отключения необходимо отпускать на 1-2 сек., а затем вновь нажать. Так как при продолжительном действии звука на ухо, его чувствительность может измениться.

Грубую регулировку силы звука производить переключателем аттенюатора, а более тонкую в пределах 1-12 дБ — по показателям стрелки вольтметра. Полученную цифру записать в протокол исследования (*ниже - 82дБ на данном приборе не бывает*).

Подобное определение абсолютного порога проведите для частот: 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 и 16000 Гц). Таким образом, вы определите верхнюю границу воспринимаемых частот.

## Величина порога для тонов различной частоты

Частота	Звуковое давление, в барах	Сила звука (ваттах $10^{-12}$ )
63	0,2	35
128	0,031	1,06
256	0,0039	0,036
512	0,001	0,0024
1024	0,00052	0,00065
2048	0,0041	0,0004
4096	0,0042	0,00042
8192	0,0025	0,015
16364	0,13	41
18500	4,1	$4,10^5$

Полученные цифры необходимо представить в виде графика: «Зависимость пороговой возбудимости слухового анализатора от частоты звукового раздражения» для каждого испытуемого.

Сделайте выводы о частотах, при которых возбудимость слухового анализатора наибольшая (порог наименьший).

### Лабораторная работа 14\*. Определение дифференциальных (разностных) порогов

Для характеристики чувствительности слухового анализатора, кроме абсолютного порога, минимальное, едва заметное для уха изменение силы  $J$  или частоты  $f$ , определяют еще и разностные пороги (см. на странице 14). Звуковой анализатор способен различать звуки по частоте и силе. Дифференциальные пороги имеют наибольшую величину в области низких частот и при звуках малой силы (у порога слышимости). С увеличением силы звука он уменьшается, а с 40 дБ остается постоянным. Также существует и определенный частотный диапазон - 500-3000 Гц, в котором величина

разностного порога изменяется мало и составляет 0,003. Это означает, что возможно различие изменения частоты на 3 Гц (f) на каждые 1000 Гц (f). Люди, обладающие высокоразвитым слухом, в состоянии отличить тон в 1000 Гц от 1001 Гц.

**Цель:** определить дифференциальные пороги для характеристики слухового анализатора.

**Ход работы:**

Определение разностных порогов требует большого внимания и терпения. Каждый раз после подачи измененного (или даже того же самого) звука необходимо вновь подать **эталон** - звук, с которым ведется сравнение по условию работы.

**Определение разностных порогов по частоте**

Определить, при какой разнице в высоте (частоте) двух звуков испытуемый воспринимает их как различные.

**Инструкция испытуемому.** *В данной работе будут меняться частоты слышимых звуков. Так как каждый раз после подачи измененного звука необходимо вновь подать эталон - звук, с которым ведется сравнение по условию работы. Вы должны подать знак рукой/головой в том случае если два подряд поданных звука отличаются друг от друга.*

Регулятором выхода (8, рис. б) исходное напряжение по вольтметру (6) поставьте на «0 дБ», а переключатель аттенюатора (7) на -70 дБ, частоту (5) – на 200 Гц. При частоте 200 Гц определите порог слышимости – запишите в протокол исследования. Увеличьте силу звука на 10 дБ относительно полученного порога.

С помощью регулятора частот увеличьте частоту на 2 Гц. Предложите испытуемому сравнить эталонный (200 Гц) и измененный (202 Гц) звуки. В том случае если звуки различаются как одинаковые, увеличьте частоту еще на 2 Гц (до 204 Гц) и предложите испытуемому. Опыт проводится до тех

пор, пока испытуемый не заметит разницы в частоте двух звуков. Результат запишите в таблицу 7.

При той же частоте (200 Гц) усильте звук на 50 дБ относительно порога, и определите разностный частотный порог для этой силы. Результат запишите в таблицу 7.

Такие же измерения требуется провести для частот 2000 и 12000 Гц. Полученные цифры занести в таблицу 7.

Таблица 7

Исходное раздражение	Минимальное раздражение, оцененное как более высокое (Гц)	Разница в величине раздражения ( $\Delta I$ )	Минимальный прирост раздражения ( $\Delta I/I$ )
200 Гц, 10 дБ надпорог 200 Гц, 50 дБ -//- 2000 Гц, 10 дБ -//- 2000 Гц, 50 дБ -//- 12000 Гц, 10 дБ -//- 12000 Гц, 50 дБ -//-			

### **Определение разностных порогов по силе**

Определить, при какой разнице в силе двух звуков исследуемый воспринимает их как различные.

**Инструкция испытуемому.** В данной работе будут меняться сила звука заданной частоты. Так как каждый раз после подачи измененного звука необходимо вновь подать эталон - звук, с которым ведется сравнение по условию работы. Вы должны подать знак рукой/головой в том случае если два подряд поданных звука отличаются друг от друга.

Регулятором выхода (8, рис. 6) исходное напряжение по вольтметру (6) поставьте на «0 дБ», а переключатель аттенюатора (7) на -70 дБ, частоту (5) – на 200 Гц. При частоте 200 Гц определите порог слышимости – запишите в протокол исследования.

Не меняя частоты, с помощью ручки вольтметра увеличьте интенсивность звука на 2 дБ. Предложите испытуемому сравнить эталонный (порог) и измененный звуки. В том случае если звуки различаются как одинаковые, увеличьте силу звука еще на 2 дБ и предложите испытуемому сравнить. Опыт проводится до тех пор, пока испытуемый не заметит разницы в частоте двух звуков. Результат запишите в таблицу 9

При той же частоте (200 Гц) усильте звук на 40 дБ относительно порога, и определите разностный порог для силы звука. Результат запишите в таблицу 8.

Такие же измерения требуется провести для частот 2000 и 12000 Гц. Полученные цифры занесите в таблицу 8.

*Таблица 8*

Исходное раздражение	Минимальное раздражение, оцененное как более сильное (дБ)	Разница в величине раздражения ( $\Delta I$ )	Минимальный прирост раздражения ( $\Delta I/I$ )
200 Гц, порог. сила			
200 Гц, 40 дБ надпорог			
2000 Гц, порог. сила			
2000 Гц, 40 дБ надпорог			
12000 Гц, порог. сила			
12000 Гц, 40 дБ надпорог			

Сделайте вывод о различии частот в области 1000-3000 Гц и при усилении звука (до определенного уровня).

## **Лабораторная работа 15\*. Адаптация слуха к звукам разной частоты**

Чувствительность слуха изменяется во время действия звука. Она понижается при звучании тона достаточной силы или продолжительности, повышается в условиях полной или относительной тишины. Это физиологическое явление приспособления чувствительности к различным уровням силы звука называется адаптацией слуха. Ухо, адаптированное к тишине воспринимает звук значительно более громким, чем после длительного его прослушивания. В последующем случае он ощущается более слабым, заглушенным. По прекращении звучания тона слуховая чувствительность восстанавливается - происходит адаптация к тишине. Полное восстановление чувствительности наступает через 10-15 сек.

**Цель:** определить время адаптации уха к звукам разной частоты.

**Материалы и приборы:** генератор ГЗ-18, наушники.

**Ход работы:**

Определите порог слышимости (сила, дБ) для звука, частотой 100 Гц; увеличьте силу звука на 10 дБ. Подавайте этот звук на наушники испытуемого до тех пор, пока звук не перестанет быть слышимым. Отметить время, за которое пропал звук.

Проделайте тот же опыт для частоты 12000 Гц.

Сделайте выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют абсолютным порогом слуховой чувствительности?
2. Как зависит от возраста порог слуховой чувствительности?
3. Какими физическими параметрами характеризуется звук?
4. В каких абсолютных и относительных величинах измеряется сила звука? И как они между собой соотносятся?
5. Какой диапазон звуковых частот воспринимает ухо человека?

6. Что такое аудиометрия?
7. К каким звуковым частотам ухо человека обладает наибольшей чувствительностью, какое это имеет значение?
8. На чем основана способность человека определять положение источника звука в пространстве? Объясните механизм.
9. Что такое разностный порог? По какой формуле он вычисляется?
10. При каких условиях дифференциальный порог имеет наибольшую и наименьшую величину?
11. Наружное и среднее ухо и их роль в процессах восприятия звука.
12. Механизмы восприятия громкости и частоты звука.
13. Как вы считаете, какие факторы, внешние и организменные, влияют на величину порогов чувствительности слуха?
14. В какой части слухового анализатора происходит восприятие звуков, а в какой – их различение?
15. В какой части слухового анализатора физические колебания вызывают биологические явления?

## Глава 4. ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР.

Периферический рецепторный отдел вестибулярного анализатора человека расположен в полукружных каналах, находящихся в трех взаимоперпендикулярных плоскостях и двух мешочках преддверия (рис 8). Импульсы, возникающие при раздражении рецепторного аппарата, проходят по аксонам в составе VIII пары черепно-мозговых нервов, которые заканчиваются в височной части коры больших полушарий.

Информация передается из рецепторной клетки в окончание афферентного нерва. Волокна афферентного нерва идут в вестибулярные ядра продолговатого мозга. Афферентные импульсы, приходящие от вестибулярных рецепторов в эти ядра, не дают полную информацию о положении тела в пространстве. Поэтому вестибулярные ядра получают дополнительную информацию от следующих структур (рис. 9):

1. Рецепторы шейных мышц дают информацию о положении головы относительно туловища;
2. Мозжечок регулирует равновесие организма (утрата равновесия проявляется в неустойчивой походке, большой амплитуде движений, особенно при ходьбе («петушинный» шаг) – мозжечковая атаксия);
3. Ядра глазодвигательного нерва, которые регулируют движения глаз, вызванные вестибулярной активностью;
4. Таламус обеспечивает сознательную ориентацию в пространстве;
5. Гипоталамус, который участвует в возникновении кинетозов (укачивание).

Многочисленные связи вестибулярного аппарата с различными отделами ЦНС обеспечивают разнообразие рефлексов, возникающих при его адекватном раздражении. Это тонические рефлексы скелетных мышц шеи, туловища, конечностей, глазных мышц и вегетативные

рефлексы внутренних органов – сердца, желудочно-кишечного тракта, сосудов и т.д.

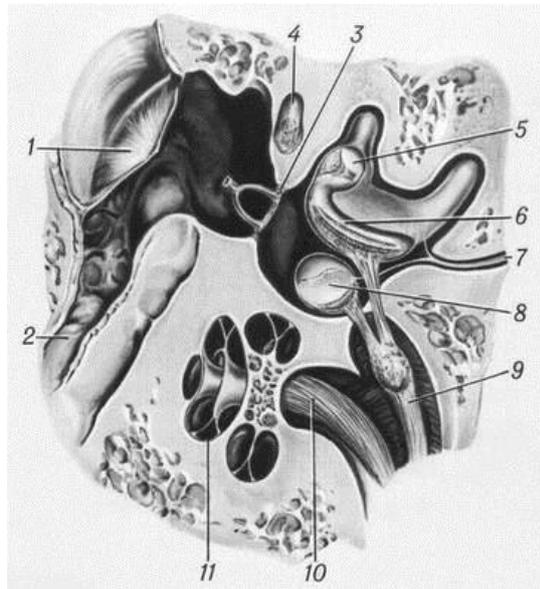


Рис. 8. Схема вестибулярного аппарата у человека

1 — барабанная перепонка; 2 — евстахиева труба; 3 — стремя; 4 — лицевой нерв; 5 — ампулярный аппарат; 6 — отолитовый аппарат утрикулюса; 7 — водопровод преддверия; 8 — отолитовый аппарат саккулюса; 9 — вестибулярная часть слухового нерва; 10 — улитковая часть слухового нерва; 11 — улитка

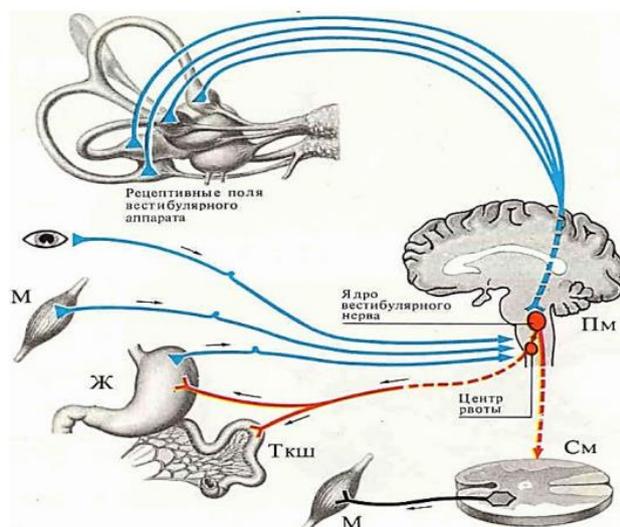


Рис. 9 Аfferентные и эfferентные связи вестибулярного анализатора

Адекватным раздражителем вестибулярного анализатора считается угловое ускорение отолитового аппарата. При вращении тела вокруг вертикальной оси происходит возбуждение рецепторов под влиянием возрастающих и убывающих угловых ускорений. Это является причиной возникновения особой рефлекторной реакции – нистагма головы, который характеризуется тем, что вначале голова медленно поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения, а затем быстро возвращается в исходное положение. При вращении также наблюдаются аналогичные движения глаз – глазной нистагм. Глазной нистагм включает 2 компонента: медленный, являющийся проявлением статокINETического рефлекса на угловое ускорение, и сменяющий его более быстрый компонент неизвестного происхождения. Глазной нистагм всегда начинается с медленного компонента, а его общее направление обозначают по быстрому компоненту.

В начале движения при наличии положительного углового ускорения медленный компонент нистагма всегда направлен в сторону, противоположную направлению вращения (вращательный нистагм). В момент остановки или замедления движения, т.е. при наличии отрицательного углового ускорения, имеют место обратные соотношения (послевращательный нистагм). Вращательный глазной нистагм имеет важное приспособительное значение, так как обеспечивает сохранение нормальной зрительной ориентации и позволяет фиксировать изображение предметов на сетчатке в период вращения. Послевращательный нистагм такого значения не имеет.

Функциональное состояние вестибулярного аппарата определяют и оценивают с помощью таких функциональных проб, как вращательная, отолитовая, указательная и др. О возбудимости ампулярного отдела вестибулярного анализатора судят по наименьшей угловой скорости (углу поворота в 1 с), вызывающей в момент остановки ощущение противовращения. У здорового человека эта

пороговая скорость соответствует величине от  $0,5^\circ$  до  $4^\circ$  в 1 с (в среднем  $1,5^\circ$  в 1 с). Длительность после вращательного нистагма составляет от 20 до 40 с.

### **Лабораторная работа 16. Анализ тренированности вестибулярного аппарата**

Вестибулярный аппарат - это часть сложного механизма, позволяющего поддерживать равновесие тела, ориентироваться в пространстве, координировать движения. Для того чтобы этот аппарат выполнял свои функции, он должен взаимодействовать с другими органами - глазами, головным мозгом и кожей. Головокружение, укачивание, боязнь высоты – все это говорит о том, что вестибулярный аппарат работает с нарушениями.

Малоподвижный образ жизни ослабляет вестибулярный аппарат так, что даже малейшее движение может впоследствии приводить к его «перегрузке» и неприятным симптомам.

**Цель:** охарактеризовать тренированность вестибулярного аппарата.

**Материалы и приборы:** кресло Барани, повязка для глаз, секундомер, карандаш, линейка, транспортир.

**Ход работы:**

**А) Вращательная проба.** Испытуемый садится в кресло Барани, укрепляет планку для фиксации туловища и закрывает глаза. Чтобы вызвать горизонтальный глазной нистагм, испытуемого просят опустить голову вниз под углом  $15^\circ$  по транспортиру. В этих условиях преимущественно активируются рецепторы горизонтальных полукружных каналов.

Затем экспериментатор **равномерно** вращает кресло с испытуемым со скоростью пол-оборота в 1 с. В таких условиях скорость вращения составляет  $180^\circ$  в 1 с, что превышает пороговую скорость почти в 100

раз. После 10 оборотов кресло внезапно останавливают и просят испытуемого открыть глаза. Одновременно включают секундомер. Наблюдают послевращательный нистагм: сравнительно медленное движение глазных яблок в направлении вращения и более быстрый возврат их в исходное положение. Секундомер останавливают в момент исчезновения нистагма, вычисляют его продолжительность.

В протокол исследования записывают:

«+/-» - наличие/отсутствие нистагма, его продолжительность у каждого испытуемого.

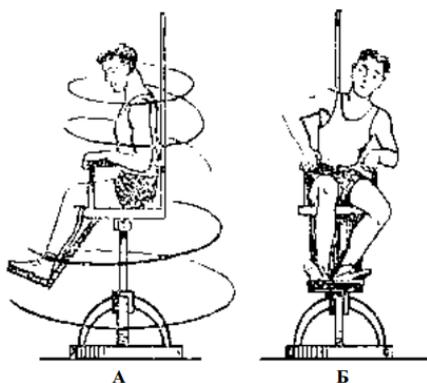


Рис. 10. Двигательные иллюзии при раздражении вестибулярного аппарата. После прекращения вращения в кресле Барани (А) возникает резко выраженная иллюзия падения в сторону, обратную предшествующему вращению (Б)

**Б) Определение порога ощущения противовращения (возбудимости вестибулярного анализатора).** До начала исследования испытуемого инструктируют о том, что его будут вращать в кресле Барани и если у него появятся, какие-либо ощущения, он должен немедленно сообщить об этом. Затем ему завязывают глаза и вращают кресло со скоростью 1 оборот за 10 сек. В начале движения испытуемый ощущает вращение и угадывает его направление. Затем, когда движение станет равномерным, он утрачивает ощущение движения и сообщает, чтобы кресло остановили.

Если скорость вращения больше пороговой или равна ей, то в момент прекращения движения у испытуемого появится ощущение противовращения. В этом случае испытуемый должен будет сообщить об этом, а также указать направление кажущегося вращения. По

секундомеру отмечают момент появления и исчезновения ощущения противовращения, вычисляют его длительность.

Полученные результаты заносят в таблицу 9.

Таблица 9

ФИО	Скорость вращения	Наличие противовращения	Длительность ощущения, сек
Иванов И.И.	1обо./10 сек =36°/сек		
	1обо/6 сек =60°/сек		
	и т.д.		
Петров П.П.			

Если скорость вращения подпороговая, т.е. ощущения противовращения не наблюдается, то после 5-минутного перерыва испытывают влияние более высокой угловой скорости (1 оборот за 6 сек, затем за 4 сек и т.д.) и так пока не устанавливают порог ощущения противовращения.

Сравните результаты полученные у различных испытуемых.

**В) Указательная проба в модификации Барани.** Перед испытуемым на расстоянии 10 см на уровне его головы вертикально устанавливают карандаш. Просят его посмотреть на карандаш, закрыть глаза и указательным пальцем коснуться его верхнего конца. Затем испытуемого вращают в кресле Барани 1 оборот за 2 сек 10 раз. Сразу же после остановки кресла он протягивает руку вперед и, не открывая глаз, снова пытается коснуться верхнего конца карандаша. Обычно это сделать не удастся, так как рука произвольно отклоняется в сторону вращения. Измеряют расстояние от указательного пальца испытуемого до верхнего конца карандаша, определяя, таким образом, величину ошибки.

Затем просят испытуемого вытянуть обе руки вперед под прямым углом к туловищу, вытянуть указательные пальцы и несколько раз привести их в соприкосновение друг с другом сначала при открытых, а затем при закрытых глазах. Вращают испытуемого в кресле Барани 10 раз с той же скоростью и повторяют те же самые наблюдения. Измеряют расстояние между пальцами, определяя, таким образом, величину ошибки. При оформлении выводов сравнивают величину ошибок, допущенных во время выполнения задания при открытых и закрытых глазах у одного испытуемого и у группы.

Г)\* Просят испытуемого сесть в кресло Барани, закрыть глаза и наклонить голову и туловище вперед на  $90^\circ$ . Вращают кресло с испытуемым со скоростью пол-оборота в 1 с. После 15 оборотов кресло внезапно останавливают, при этом наблюдают за отклонением корпуса от средней линии в сторону от предшествующего вращения (зарегистрировать в протоколе наличие или отсутствие отклонения).

У испытуемого по пульсу определяют частоту сердечных сокращений. Затем его вращают в кресле Барани в указанном выше режиме пол-оборота в 1 с. Сразу же после остановки кресла подсчитывают по секундомеру пульс за 10-секундные промежутки времени до восстановления его исходной величины. Наблюдают учащение и урежение пульса (лабиринтно-сердечный рефлекс). Вычисляют в процентах степень максимального изменения пульса (от исходного значения) и сроки сохранения этих изменений после окончания вращения.

Сравните результаты у группы испытуемых. Нарисуйте схему лабиринтно-сердечного рефлекса.

#### **Д)\* Изменение координации движений при возбуждении вестибулярного аппарата.**

Предварительно проводится от кресла Барани на полу мелом широкая линия длиной 5-7 метров. Испытуемый проходит по линии до начала вращения, визуально фиксируются начальные отклонения от линии при прохождении по ней. В тетради рисуется схема движения испытуемого по линии.

Затем испытуемый садится в кресло и его вращают с вертикальным положением головы по часовой стрелке (20 оборотов со скоростью 1 оборот в секунду). После этого кресло останавливают и предлагают испытуемому повторно пройти по прямой линии. На схеме фиксируют степень и устойчивость отклонения от прямой линии (направление, неровность походки, степень отклонения от линии).

После 10-15 минутного перерыва проделывают тот же тест после вращения против часовой стрелки, а также после вращения с различными наклонами головы.

Далее оценивают нарушение координации движений в сравнении с начальными данными в баллах.

«0» - не наблюдается значительных отклонений от контрольной траектории движения, не более 0.5 метров в сторону противоположную вращению.

«1» - отклонения от начальной траектории больше 0.5, но меньше 1,5 метра от линии движения, не значительная дезориентация в пространстве.

«2» - отклонения от начальной траектории более 1.5 метров, наблюдается шаткость походки, дезориентация в пространстве.

«3» - испытуемый не может двигаться, падает, требуется помощь посторонних.

По итогам всех проведенных тестов сделайте общий вывод о тренированности вестибулярного аппарата у всей группы испытуемых.

## **Лабораторная работа 17. Изучение роли различных сенсорных систем в поддержании равновесия во время движения**

**Цель работы:** изучить роль различных сенсорных систем в поддержании равновесия во время движения.

**Материалы и приборы:** мел.

**Ход работы:**

**А.** Испытуемый с открытыми глазами проходит по воображаемой (или прочерченной мелом) прямой линии, проведенной через середину комнаты. Экспериментатор отмечает точность выполнения задания, в реализации которого принимает участие вестибулярная система, зрительный анализатор, проприорецепторы скелетных мышц, тактильные рецепторы кожи стоп. Руки разводить в стороны не рекомендуется.

**Б.** Испытуемый с закрытыми глазами проходит по воображаемой (или прочерченной мелом) прямой линии, проведенной через середину комнаты. Экспериментатор отмечает затруднения, возникшие при выполнении данной команды (шаткость походки, отклонение от намеченного курса). При выполнении этой команды происходит выключение зрительного анализатора, что несколько затрудняет четкость выполнения задания.

**В.** Испытуемый проходит по прямой линии с открытыми глазами, при этом быстро поворачивая голову то в одну, то в другую сторону. Экспериментатор отмечает затруднения, возникшие при выполнении данной команды (шаткость походки, отклонение от намеченного курса). В этом случае происходит выключение вестибулярных рецепторов внутреннего уха (отолитовый аппарат).

**Г.** Испытуемый проходит по прямой линии с закрытыми глазами, при этом быстро поворачивая голову то в одну, то в другую сторону. Наблюдатели отмечают невозможность правильного выполнения данного варианта задания из-за потери равновесия с угрозой падения испытуемого. В этом случае происходит выключение двух наиболее значимых в регуляции

равновесия сенсорных входов: вестибулярных рецепторов внутреннего уха (отолитовый аппарат) и зрительной системы.

Сделайте заключение о роли различных сенсорных систем в поддержании позы и равновесия во время движения.

### **Лабораторная работа 18. Пробы вертикального и горизонтального письма (пишущие тесты)**

Расстройства функций вестибулярного аппарата у человека обычно сопровождаются возникновением головокружения, спонтанного нистагма глазных яблок, нистагма головы, изменением тонуса мышц конечностей. При этом часто нарушается субъективная оценка вертикальных и горизонтальных параметров окружающего пространства.

**Цель:** Выявление расстройства функций вестибулярного аппарата.

**Материалы и приборы:** ручка, лист бумаги размером 10x15 см, транспортир.

**Ход работы:** Испытуемому, сидящему за рабочим столом, предлагают написать вертикальный и горизонтальный ряды какого-либо числа (15-25 раз). В начале, он выполняет пробы с открытыми, а затем с закрытыми глазами. Определите угол отклонения опытного ряда чисел от вертикали и горизонтали с помощью транспортира.

Результат оцените по величине угла отклонения ряда чисел от горизонтальной или вертикальной линии. Значимыми считаются отклонения по вертикали более  $10^{\circ}$ , по горизонтали - более  $5^{\circ}$ .

Лист с записями вклейте в тетрадь. Сделайте вывод о наличии или отсутствии вестибулярной дисфункции.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие отделы выделяют у вестибулярного аппарата?
2. Физиологическая роль вестибулярного анализатора.

3. Укажите на схеме (рис. 8) ампулярный аппарат и отолитовый аппарат утрикулюса.
4. В чем проявляется нистагм головы и глаз?
5. С помощью, каких функциональных проб определяется и оценивается функциональное состояние вестибулярного аппарата?
6. Что является адекватным раздражителем для вестибулярных рецепторов?
7. Назовите пару черепных нервов, по которым передаются импульсы, возникающие при раздражении вестибулярного аппарата.
8. Опишите глазной нистагм, из каких компонентов он состоит.
9. Что вы знаете о строении, расположении и назначении полукружных каналов (протоков)?
10. Структура и функции лабиринта.
11. Механизмы вестибулярной чувствительности отолитового органа: виды раздражителей рецепторов равновесия.
12. Лабиринтные реакции у человека: виды, происхождение, способы подавления.
13. Нервные механизмы чувства равновесия и ориентации в трехмерном пространстве.
14. Проследите путь нервных импульсов от чувствительных волосковых клеток пятен.

## Глава 5. ХИМИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Вкусовая чувствительность позвоночных и человека выполняет функцию контактной хеморецепции и служит для ориентации на близком расстоянии и оценки веществ, попадающих в ротовую полость. Возбуждение вкусовых рецепторов приводит к рефлекторному выделению пищеварительных секретов. Рецепторы вкуса представлены **вкусовыми луковицами**. Это образования овальной формы, в которых содержатся рецепторные (вкусовые) клетки. Вершина вкусовой луковицы открывается во **вкусовую ямку** (рис. 11).

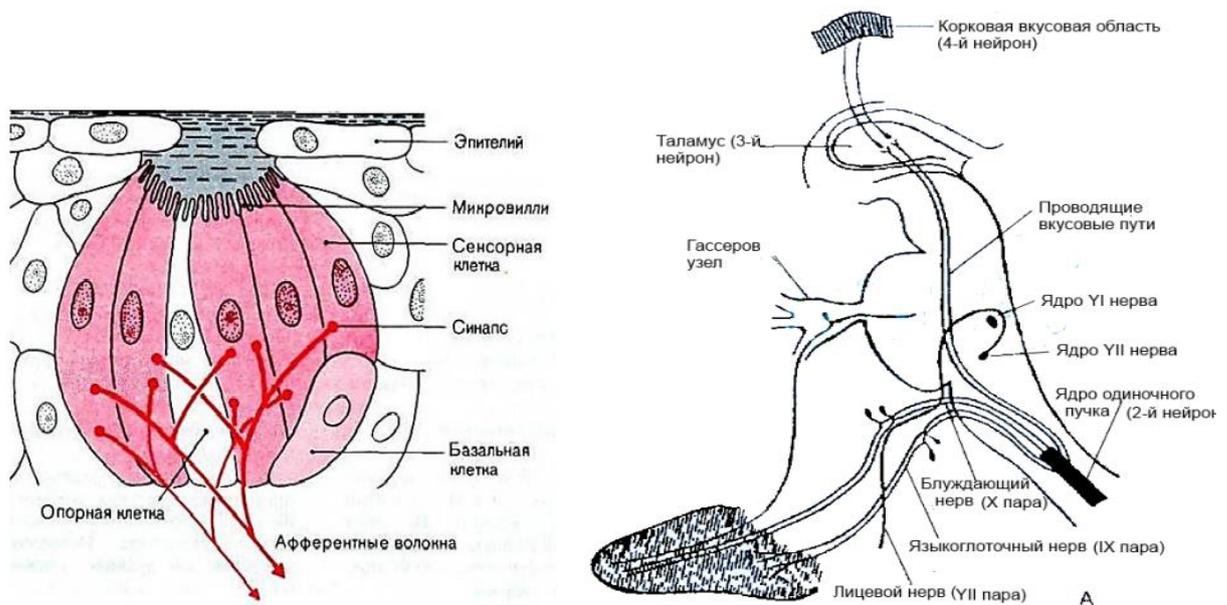


Рис. 11. Вкусовой анализатор

А – пример строения вкусовой почки. Б - проводящие пути вкусового анализатора

Вкусовые клетки несут на апикальном конце многочисленные тонкие выросты - **микровилли**, погруженные в жидкость вкусовой ямки. Микровиллиям рецепторных клеток придают основное значение в восприятии вкусового раздражения, так как их мембрана содержит специфические рецепторы и ионные каналы. Присоединение к **специфическим рецепторам**

молекул, обладающих сладким вкусом, активирует систему вторичных посредников аденилатциклазы — циклического аденозинмонофосфата, которые закрывают мембранные каналы ионов калия, и поэтому мембрана рецепторной клетки деполяризуется. Вещества, обладающие горьким вкусом, активируют одну из двух систем вторичных посредников: 1) фосфолипазу С — инозитол-3-фосфат, что приводит к выходу из внутриклеточного депо ионов кальция с последующим выделением медиатора из рецепторной клетки; 2) специфический G-белок густдучин, регулирующий внутриклеточную концентрацию цАМФ, которая управляет катионными каналами мембраны и этим определяет возникновение рецепторного потенциала. Действие на рецепторы молекул, имеющих соленый вкус, сопровождается открытием управляемых натриевых каналов и деполяризацией вкусовой клетки. Вещества, обладающие кислым вкусом, закрывают мембранные каналы для ионов калия, что ведет к деполяризации рецепторной клетки.

Возникновение рецепторного потенциала приводит к выделению медиатора из синаптической области и генерации потенциала действия в окончаниях афферентных волокон и передачи информации в центральные отделы вкусового анализатора (рис. 11Б). Иннервация вкусовой области проходит в составе VII, IX и X пары черепно-мозговых нервов. Отростки нейронов таламуса идут в кору больших полушарий (четвертый нейрон). Центральный, или корковый, отдел вкусового анализатора локализуется в гиппокампе, парагиппокампальной извилине и в нижней части заднецентральной извилины, а связи с лимбической системой обеспечивают пищевое поведение. Большая часть нейронов этой области мультимодальна, т. е. реагирует не только на вкусовые, но и на температурные, механические и ноцицептивные раздражители.

Вкусовые луковицы сосредоточены в различных типах *вкусковых сосочках* языка, ротовой полости, глотки и пищевода. Показано, что приблизительно 25 - 30% сосочков чувствительны к одному из 4 основных

вкусовых стимулов (сладкому, кислому, соленому или горькому), остальные - к двум, трем или даже четырем стимулам. Различные участки языка обладают неодинаковой способностью воспринимать эти вкусовые раздражения. Так, кончик языка наиболее чувствителен к сладкому, его края - к кислому и соленому, корень - к горькому. Средняя часть спинки языка обладает очень низкой чувствительностью по отношению ко всем вкусовым раздражениям (рис. 12).

Дети реагируют на все четыре вкусовых качества (сладкое, соленое, кислое и горькое), но не все виды вкусовой чувствительности появляются одновременно. Раньше появляется чувствительность к сладкому, затем последовательно к кислому, соленому и горькому. Вкусовая чувствительность у детей раннего возраста понижена. С возрастом вкусовая чувствительность повышается.

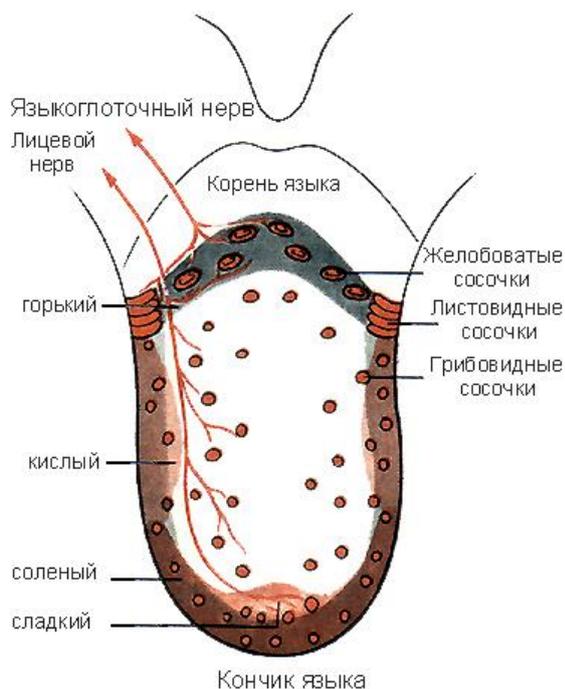


Рис. 12. Строение и карта языка

## Обоняние

**(обонятельный анализатор)** – дистантная хеморецепция, служащая для ориентации и межвидовой/внутривидовой коммуникации, а также сигнализирующая о наличии биологически значимых химических сигналов в окружающей среде. Человек способен различать до 10000 запахов. В верхней части носовой полости размещается около 10 млн обонятельных рецепторов. Каждый рецептор заканчивается пучком тонких нитевидных жгутиков – обонятельных волосков. Вдыхаемые с воздухом молекулы пахучих веществ растворяются в слизи эпителия и взаимодействуют с обонятельными волосками. Обоняние доминирует над вкусом: когда нос заложен и не воспринимает запахи, пища кажется безвкусной. У новорожденных младенцев обоняние развито сильно, но за один год жизни оно теряется на 40-50 %. Причем женщины сохраняли обоняние до более старшего возраста, чем мужчины.

**Обонятельный эпителий** является специализированной эпителиальной тканью светло-желтого цвета, расположенной в носовой полости и отвечающей за восприятие запахов. У человека площадь обонятельного эпителия приблизительно равна 7 см<sup>2</sup>, в то время как, например, у немецкой овчарки его площадь достигает 170 см<sup>2</sup>, при этом на эпителии человека расположено около 30 миллионов чувствительных сенсорных клеток (рецепторов), а у овчарки - 220 миллионов.

В состав обонятельного эпителия входят три типа клеток: опорные клетки, базальные клетки и обонятельные нейроны (рецепторы). Слизью, богатой липидами, обонятельный эпителий обеспечивают обонятельные (боуменовы) железы, расположенные под обонятельным эпителием (в слое соединительной ткани), выделяя ее в специальные протоки.

После восприятия сигнала ресничками нейронов сигнал идет по аксонам обонятельных нейронов, которые соединяются в небольшие группы по 10-100 аксонов и проходят через решетчатую кость, достигая обонятельной луковицы. Там они образуют гломерулы, или клубочки,

которые в свою очередь образуют синапсы с митральными и пучковыми клетками (вторыми нейронами обонятельного пути). При этом число митральных и пучковых клеток гораздо меньше, чем число аксонов первых нейронов обонятельного пути. Это объясняется тем, что аксоны сходятся в группы перед образованием клубочков (число клубочков меньше числа аксонов), а затем клубочки соединяются в группы перед образованием синапса с митральными клетками. Например, у кроликов 26 000 аксонов обонятельных нейронов сходятся на 200 клубочков, которые затем сходятся в пропорции 25:1 на каждую митральную клетку. Из-за того, что в клубочки соединяются аксоны, идущие от клеток с одинаковыми рецепторами, такая конвергенция увеличивает силу сигнала, поступающего в головной мозг.

### **Лабораторная работа 19. Определение порогов вкусовой чувствительности. Вкусовая карта языка**

**Цель работы:** Определить чувствительность отдельных участков языка к различным вкусовым раздражениям.

**Приборы и материалы:** 1%-ный раствор солянокислого хинина (горькое), 2%-ный раствор лимонной кислоты (кислое), 10%-ный раствор хлорида натрия (соленое), 40%-ный раствор сахарозы (сладкое), штатив с бюксами, стеклянные палочки, стакан с дистиллированной водой, пустой стакан.

#### **Ход работы:**

Студенты работают парами (испытатель и испытуемый). Испытатель по очереди на разные участки языка (кончик, края, среднюю часть спинки, корень) испытуемого наносит стеклянной палочкой капельки раствора хинина, сахара, поваренной соли и лимонной кислоты. Испытуемый не должен знать заранее, какой раствор наносится ему на тот или иной участок языка. Задача испытуемого - определить вкус раствора.

После каждого нанесения того или иного раствора испытуемый должен прополоскать рот дистиллированной водой.

Таблица 10

Пороги восприятия для различных вкусов

Вкусовое качество	Вещества	Порог восприятия (ммоль/л)
Горькое	Сульфат хинина	0,000008
Кислое	Лимонная кислота	0,0023
Сладкое	Глюкоза	0,08
	Сахарин	0,000023
Соленое	Хлорид натрия	0,01

На основании ответов испытуемого составьте карту (рисунок-схему) вкусовой рецепции языка, используя при этом специальные значки. Например, крестик - сладкий вкус, ромбик - горький, кружочек - кислый, квадратик - соленый.

Сделайте соответствующие выводы.

**Лабораторная работа 20. Исследование вкусовой адаптации**

Вкусовая адаптация заключается в приспособлении рецепторов языка к длительному воздействию раздражителя. Процессы адаптации к различным вкусовым веществам протекают независимо друг от друга.

**Материалы и приборы:** растворы солянокислого хинина 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 %; лимонной кислоты 1; 0,1; 0,01; 0,001 %, хлорида натрия 1, 0,1, 0,01, 0,001 %, сахарозы 20, 10, 1, 0,1 %, глазная пипетка, стакан с дистиллированной водой, пустой стакан.

**Ход работы:** После определения порогов для сладкого, горького, кислого и соленого испытуемому предлагают взять в рот 10 мл 10% раствора

сахарозы и, не проглатывая, держать его во рту в течение 1 минуты. После этого раствор сахарозы необходимо выплюнуть и быстро ополоснуть рот дистиллированной водой. Затем через разные промежутки времени (5 с, 1 и 5 мин) после адаптации вновь определить порог для сладкого. Также провести адаптацию к кислому, горькому и соленому. Построить графики зависимости порогов для различных веществ от времени адаптации. Сделайте выводы.

### **Лабораторная работа 21\*. Функциональная мобильность сосочков языка до и после приема пищи**

Вкусовой сенсорной системе, как и другим сенсорным системам, свойственно явление функциональной мобильности, которое проявляется в увеличении (мобилизации) или уменьшении (демобилизации) числа функционирующих вкусовых сосочков языка. Уровень мобилизации вкусовых рецепторов зависит в основном от состояния голода или насыщения. До еды количество функционирующих вкусовых сосочков больше, чем после приема пищи. Это явление обусловлено тем, что пища, попадая в желудок и раздражая его рецепторы, уменьшает число функционирующих рецепторов по механизму гастролингвального рефлекса.

**Цель работы:** определить показатели уровня мобилизации вкусовых рецепторов до и после приема пищи.

**Материалы и приборы:** стакан сладкой воды или чая, бутерброд или булочка, 2 стеклянных капилляра с изогнутыми кончиками, диаметр которого соответствует величине грибовидного сосочка; стакан, лоток, чашка Петри, фильтровальная бумага, песочные часы на 1 мин; флакон с раствором сахара (8 г сахара на 10 г дистиллированной воды) и такой же флакон с раствором сахара, подкрашенным пищевой краской (фуксином).

#### **Ход работы:**

Один стеклянный капилляр заполняют бесцветным раствором-раздражителем, а другой – раствором-раздражителем с фуксином.

Испытуемый должен находиться в состоянии натощак или не менее чем через 3 – 4 ч после последнего приема пищи. Язык подсушивают фильтровальной бумагой. Бесцветный раздражитель наносят на отдельные грибовидные сосочки языка, при этом выявляют 2 грибовидных сосочка, которые дают ощущение сладкого вкуса, которые прокрашивают с помощью капилляра с фуксином.

Всего в опыте проводят 3 пробы с интервалом 1-2 мин. После каждой пробы рот прополаскивают водой. Исследуют одни и те же сосочки.

*Таблица 11*

Показатели функциональной мобильности вкусовых сосочков языка

№ сосочка	Пробы до приема пищи				Пробы после приема пищи			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1								
2								

Возникновение вкусового ощущения отмечают в протоколе знаком «плюс», отсутствие – знаком «минус». Исследование повторяют после приема пищи (стакан сладкого чая с бутербродом или булочкой).

### **Лабораторная работа 22\*. Вкусовой контраст и смешение вкусов**

Все вкусовые вещества, употребляемые нами в пищу имеют сложный смешанный вкус, в котором четыре основных вкусовых раздражения находятся в самых разнообразных сочетаниях. Применение нескольких вкусовых раздражителей одновременно или последовательно дает эффекты вкусового контраста или смешения вкуса.

**Материалы и приборы:** 2%-ный раствор лимонной кислоты, 10%-ный раствор хлорида натрия, 40%-ный раствор сахарозы, глазная пипетка, стакан с дистиллированной водой, пустой стакан, 6 пробирок.

**Ход работы:** Определить вкус следующих смесей:

- 1) 2 мл 40% раствора сахарозы+ 2 мл 2% раствора лимонной кислоты
- 2) 1 мл 40% раствора сахарозы+ 2 мл 2% раствора лимонной кислоты
- 3) 3 мл 40% раствора сахарозы+ 1 мл 2% раствора лимонной кислоты
- 4) 1 мл 40% раствора сахарозы+ 3 мл 2% раствора лимонной кислоты

Между пробами необходимо делать **интервалы** в 4 минуты и ополаскивать рот дистиллированной водой.

**Вкусовой контраст.** В две пробирки налить по 0,5 мл 40 % раствора сахарозы и 10 мл дистиллированной воды. Затем в одну из пробирок добавить 1 каплю раствора поваренной соли. Определить вкус раствора в обеих пробирках. Испытуемому на язык капнуть 2 % раствора лимонной кислоты. Через 1-2 с испытуемый должен взять в рот дистиллированную воду и определить вкус раствора.

Опишите полученные результаты. Сделайте выводы.

### **Лабораторная работа 23. Исследование обонятельного анализатора**

**Цель:** анализ индивидуальных особенностей обоняния и его связь с вкусовыми рецепторами.

**Материалы и приборы:** флаконы с мятным, пихтовым, цитрусовым и проч. маслами, вата, часовые стекла с кусочками лука, яблока и картофеля, пинцеты.

**Ход работы:**

А) Испытуемый закрывает глаза. Экспериментатор к его носу подносит флаконы с хорошо известными пахучими веществами. Подносить необходимо резко, не близко к носу. Между несколькими веществами необходимо делать перерывы в 1-2 минуты. Испытуемый пытается определить запах предлагаемого ему вещества.

**Б)** Испытуемый закрывает глаза, зажимает нос и открывает рот. Экспериментатор кладет ему на язык поочередно кусочек картофеля, яблока или лука. Испытуемый может перемещать кусочки продуктов по языку, но не должен их жевать, поскольку в этом случае он сможет различить их по консистенции. Отметив, какие продукты испытуемый смог определить проводят контрольный опыт, во время которого нос не зажимают.

Сравните результат этого эксперимента с потерей или нарушением вкуса, характерными при насморке. Сделайте выводы.

### **Лабораторная работа 24. Исследование адаптации обонятельного анализатора**

Адаптация в обонятельном анализаторе происходит сравнительно медленно (десятки секунд или минуты) и зависит от скорости потока воздуха над обонятельным эпителием и концентрации пахучего вещества.

**Цель:** выявить адаптацию обонятельного анализатора.

**Материалы и приборы:** ванилин, одеколон, спирт, вата, секундомер.

**Ход работы:** Испытуемый должен поднести к одной из ноздрей пробирку с пахучим веществом и сделать частые (нюхательные) вдохи (выдох производится через рот) до тех пор, пока не исчезнет ощущение запаха взятого пахучего вещества. Определить время наступления адаптации обонятельного анализатора. После наступления адаптации через каждые 30 с подносить пробирку с тем же веществом и определить время восстановления чувствительности обонятельного анализатора. Опишите полученные результаты. Сделайте выводы.

## Лабораторная работа 25. Взаимодействие обонятельной, вкусовой и зрительной сенсорных систем

Совместное возбуждение обонятельной, вкусовой и зрительной сенсорных систем сопровождается развитием различных рефлекторных реакций, в том числе пищевой. При пережевывании пищи или питье молекулы пахучих веществ проникают в носоглотку и носовые пути и возбуждают обонятельные клетки.

При этом обонятельная и вкусовая сенсорные системы взаимодействуют, что наиболее полно отражает представление о свойствах вещества. Большое значение для определения вкуса и запаха пищи отводится и зрению.

**Материалы и приборы:** 3%-ый раствор уксусной кислоты; 10%-ый раствор глюкозы; лук.

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

Занесите данные исследования в таблицу 12.

Таблица 12

### Восприятие вкуса

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

Сделайте вывод о значении различных сенсорных систем для полноценного восприятия раздражения.

### **Контрольные вопросы.**

1. Как устроен вкусовой анализатор? Какие типы вкусовых раздражителей Вы знаете?
2. Что собой представляют вкусовые почки, первичными или вторичными являются вкусовые рецепторы?
3. В чем состоит механизм возбуждения вкусовой клетки?
4. Строение обонятельного анализатора.
5. Какие пары спинномозговых нервов несут информацию о вкусе?
6. Какую систему вторичных посредников активируют вещества, обладающие горьким и сладким вкусом?
7. Как происходит возникновение рецепторного потенциала при действии на рецепторы молекул, имеющих соленый и кислый вкус?
8. Изменяется ли вкусовая чувствительность с возрастом?
9. Расскажите о процессах адаптации к различным вкусовым веществам.
10. Что Вы можете рассказать о вкусовом контрасте и смешении вкусов?
11. Функциональные элементы органа вкуса (вкусовой сосочек, вкусовая почка): морфофункциональная классификация.
12. Проводящие пути вкусового анализатора.
13. Центральные отделы вкусового анализатора; взаимодействие с обонятельным анализатором.
14. Методы исследования вкусового анализатора.
15. Физиологическая роль обонятельного анализатора.
16. Где расположены рецепторы обоняния?
17. Какими структурами представлены рецепторы обоняния?

## Глава 6. ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Большую часть информации об окружающем мире мы получаем с помощью зрительного анализатора. Восприятие зрительных стимулов происходит в результате поглощения фоторецепторами сетчатки отраженной от окружающих предметов энергии световых лучей или электромагнитных волн в диапазоне от 380 до 760 нм.

Орган зрения представлен глазным яблоком и вспомогательными органами — веками, ресницами, конъюнктивой и слезным аппаратом, расположенными в глазнице и вокруг нее. **Светопреломляющий аппарат глаза** (рис 13) построен по принципу последовательно расположенных оптических линз. Световые лучи, несущие информацию об окружающем пространстве, проходят через преломляющие среды глаза (роговицу, хрусталик, стекловидное тело) и воздействуют на рецепторы зрительного анализатора, располагающиеся в сетчатой оболочке глаза; при этом изображение видимого пространства проецируется на сетчатку в сетчатой оболочке глаза; при этом изображение видимого пространства проецируется на сетчатку в перевернутом виде. К вспомогательному аппарату глаза относятся брови, веки, конъюнктива, слезный аппарат, мышцы глазного яблока.

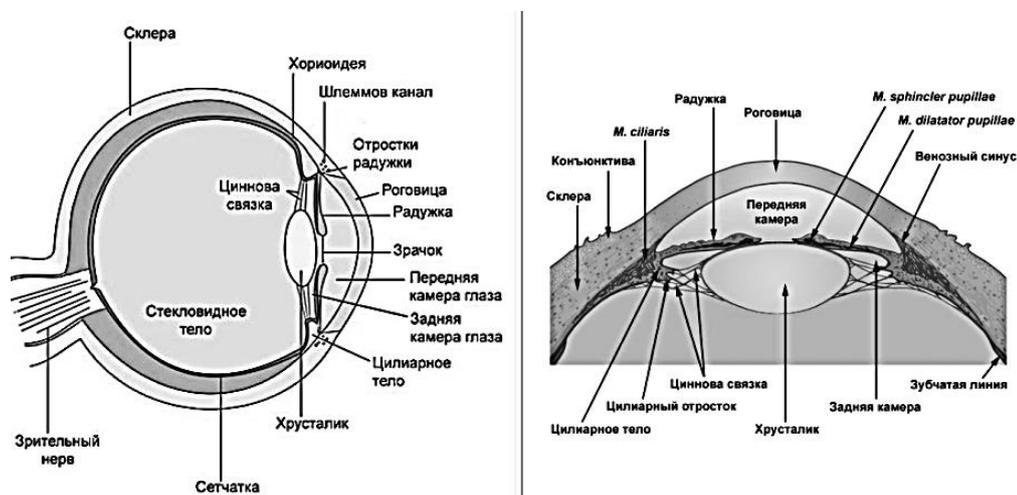


Рис. 13 Строение глазного яблока

При попадании света на палочки и колбочки гиперполяризуются и эти сигналы передаются биполярным нейронам (II нейроны), от них ганглиозным нейронам (III нейроны, рис. 14). Так формируется трехнейронная рецепторно-проводящая система. Помимо этого в сетчатке существует интегративная система, включающая в себя горизонтальные и амакриновые клетки, которые связывают элементы сетчатки по горизонтали и осуществляют латеральные взаимодействия (Приложение 5).

Аксоны ганглиозных клеток формируют зрительный нерв, который выходит из глазницы через канал зрительного нерва (рис. 14). Зрительные нервы от каждого глаза встречаются у основания мозга, где формируется их частичный перекрест (хиазма), причем перекрещиваются лишь волокна, идущие от медиальной части сетчатки. Здесь часть волокон каждого зрительного нерва переходит на противоположную от своего глаза сторону. Частичный перекрест волокон обеспечивает каждое полушарие большого мозга информацией от обоих глаз. После зрительного перекреста зрительные нервы называют зрительными трактами (рис. 15).

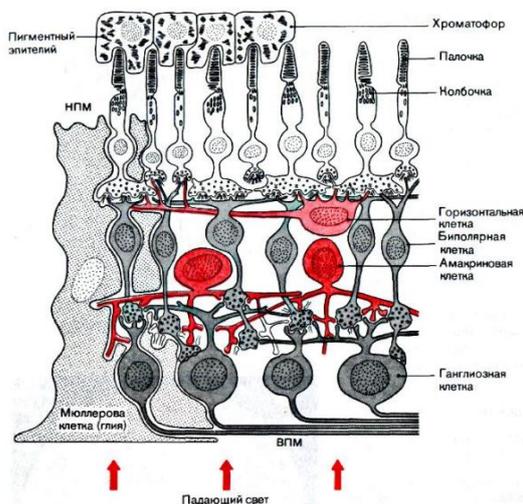


Рис. 14 Схема строения сетчатки (по данным электронной микроскопии)

НПМ – наружная пограничная мембрана, ВПМ - внутренняя пограничная мембрана

Часть волокон зрительного тракта направляется в латеральное коленчатое тело, где они заканчиваются синапсами на залегающих здесь нейронах. Аксоны последних в составе внутренней капсулы направляются к клеткам коры затылочной доли возле шпорной борозды, где и заканчиваются (корковый конец зрительного анализатора). Другая часть волокон проходит из латерального коленчатого тела через ручку верхнего холмика четверохолмия и заканчиваются синапсами на нейронах последнего (рис. 15).

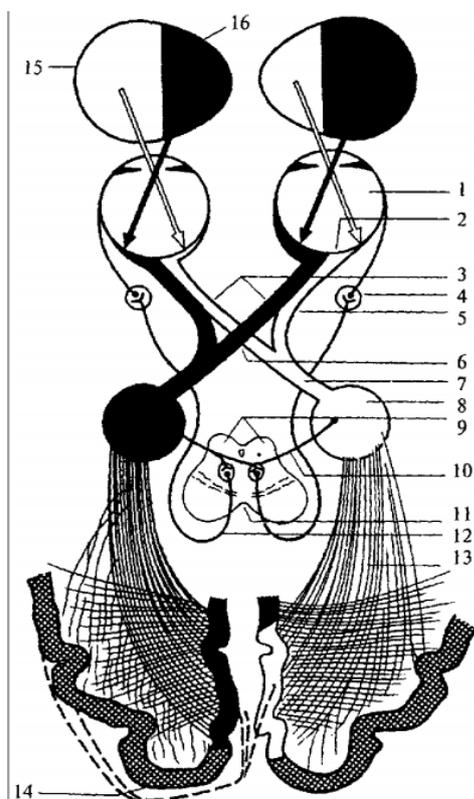


Рис. 15. Проводящие пути зрительного анализатора. 1-глазное яблоко, 2-сетчатка, 3-зрительные нервы, 4-ресничный ганглий, 5-неперекрещивающиеся волокна зрительного нерва, 6- хиазма, 7- зрительный тракт, 8-латеральное коленчатое тело, 9- верхние бугры четверохолмия, 10- неспецифический зрительный путь, 11- средний мозг, 12- волокна парасимпатической нервной системы, 13- зрительная радиация, 14- зрительная кора, 15-латеральное поле зрение, 16- медиальное поле зрение

Зрительная система имеет очень высокую чувствительность. Так, достаточно, чтобы на сетчатку попало всего несколько квантов света, чтобы возникло зрительное ощущение. Средняя яркость окружающей среды колеблется в огромных пределах – разница в освещенности среды в безлунную ночь и яркий солнечный день составляет  $1:10^{11}$ . Зрительная система приспосабливается к этой огромной разнице с помощью различных механизмов адаптации. При максимальной световой и темновой адаптации чувствительность сетчатки меняется на 6 порядков. В основе адаптации

лежат несколько механизмов. Один из них – изменение количества пигмента в фоторецепторах. Кроме того, существуют специальные нейронные механизмы, обеспечивающие процессы суммации возбуждения в обширных областях сетчатки. Наконец, при адаптации происходит изменение диаметра зрачка, что регулирует количество света, проходящего в глаз.

В настоящее время общепринята теория двойственности зрения, согласно которой палочки и колбочки обеспечивают различные типы зрительного восприятия. **Фотопическое** или дневное зрение осуществляется с помощью колбочкового аппарата, за счет которого обеспечивается цветное зрение. В этом случае лучи света от рассматриваемого предмета фокусируются на желтом пятне в центральной части сетчатки, все его детали и цвет будут ясно видны, это **центральное** зрение. Если изображение формируется вне желтого пятна сетчатки - это **периферическое, скотопическое** зрение. При этом фокусируемый объект будет виден неясно, без четких границ и деталей. Скотопическое или сумеречное зрение осуществляется с помощью палочкового аппарата, при этом ощущения носят ахроматический характер, но зато световая чувствительность палочек очень высока. Чувствительность дневного и сумеречного зрения неодинакова к лучам различной длины волны. Днем глаз максимально чувствителен к желто-зеленой части спектра (550 нм), в ночное время – к зелено-голубой (500 нм). Изменение спектральной чувствительности глаза в зависимости от времени суток получило название – «сдвига Пуркинье».

### **Лабораторная работа 26. Функции зрачка**

Между роговицей и хрусталиком находится радужная оболочка, которая имеет отверстие, называемое зрачком. Зрачок пропускает только центральные лучи, которые преломляются слабее в центральной части хрусталика и поэтому изображение получается более четким. При дневном рассеянном освещении диаметр его у человека равен 1,5-2,0 мм; а в темноте

расширяется до 6-7 мм. Основная функция зрачка – дозирование светового потока, поступающего в глаз. Зрачковый рефлекс является защитным.

Просвет зрачка регулируется кольцевыми и радиальными мышцами, залеженными в радужной оболочке.

*Кольцевая мышца*, иннервируемая парасимпатическими волокнами глазодвигательного нерва, суживает зрачок, ограничивая падающий на сетчатку световой поток. *Радиальная мышца* иннервируется симпатическим нервом, исходящим из верхнего шейного узла; вызывает расширение зрачка. Эмоциональное возбуждение сопровождается повышением тонуса симпатической нервной системы, расширяет зрачки.

*Существуют следующие реакции (рефлексы) зрачка на свет:*

**1) Зрачковый рефлекс** - если прикрыть глаз от света, а затем открыть его, расширившийся зрачок быстро суживается, что происходит рефлекторно.

**2) Содружественная реакция** - зрачки обоих глаз сужены или расширены одинаково. Если осветить один глаз, то зрачок другого тоже суживается.

**Цель работы:** изучить реакции зрачка на свет

**Материалы и приборы:** черная полоска бумаги размером 3x4 см с точечным отверстием посередине, карандаш, источник света.

**Ход работы:** Посадить испытуемого лицом к свету. Через 1-2 минуты отметить ширину его зрачков. После сделать следующие наблюдения:

**А.** Закрыть глаз одной рукой и наблюдать за возникновением вслед за этим изменения (обычно увеличение) ширины зрачка открытого глаза.

**Б.** Закрыть оба глаза на 30-60 сек. Одновременно открыть оба глаза и отметить наличие расширения зрачков. Затем сравнить степень расширения зрачков при закрытии обоих глаз с той, которая наблюдалась при закрытии одного глаза.

**В.** Попросите испытуемого фиксировать взгляд на карандаше на расстоянии 1-0,5 м. Затем быстро приблизьте карандаш к носу испытуемого. Отметьте сужение зрачков и сведение зрительных осей.

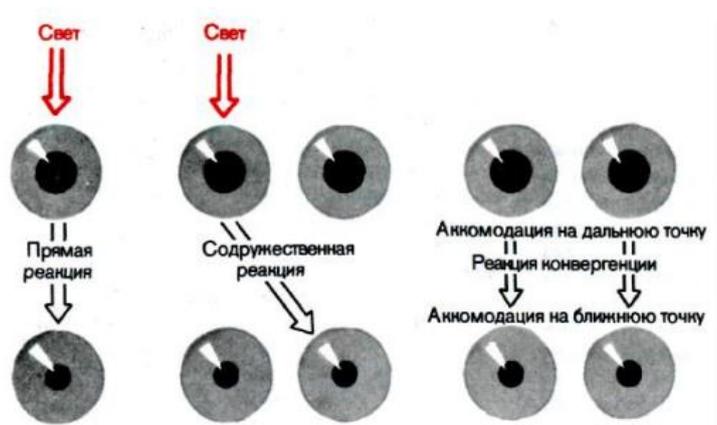


Рис. 16. Схема зрачковых рефлексов. Показана прямая и содружественная реакция на свет. Стрелками изображается освещение одного глаза

Зарисуйте схемы зрачковых рефлексов (рис. 16). Нарисуйте рефлекторную дугу светового рефлекса. Сделайте вывод о значении зрачка.

### Лабораторная работа 27<sup>#</sup>. Исследование остроты зрения

**Острота зрения** - максимальная способность зрительной системы различать отдельные объекты (разрешающая способность глаза). Ее определяют по наименьшему расстоянию между двумя точками, которые возможно различить, т.е. видеть отдельно, а не слитно. Нормальный глаз различает две точки раздельно под углом зрения в одну минуту. Если угол зрения будет менее одной минуты, то две светящиеся точки сливаются в одну. Острота зрения зависит от места проекции изображения на сетчатку. При проекции изображения в область желтого пятна (колбочковый аппарат) острота зрения значительно выше, чем при проекции изображения на периферию сетчатки (палочковый аппарат). Острота зрения зависит от степени освещенности (в сумерках она ниже, а на свету выше), от

физического контраста (чем больше физический контраст, тем выше острота зрения), а так же от уровня эмоционального напряжения (в зависимости от психофизиологических характеристик личности она может быть либо выше, либо ниже) и функционального состояния человека (при утомлении острота зрения падает).

Для определения остроты зрения используются специальные таблицы, которые впервые были предложены во второй половине XIX века известным голландским офтальмологом, профессором офтальмологии университета Утрехта и директором нидерландской глазной больницы Германом Снелленом (1835 – 1908). Наибольшее распространение получили десятичные таблицы, предложенные в 1875 г. Монуайе.

Его таблица состоит из 10 рядов букв, из которых верхний виден нормальным глазом под углом 5 минут на расстоянии 50 м, а нижний – под тем же углом на расстоянии 5 м. Если испытуемый правильно читает все буквы 10 строки с расстояния 5 метров, его острота зрения ( $V$ ) равна 1, если испытуемый различает только буквы 1 строчки, тогда  $V = 0.1$ . Каждый последующий ряд отличается от предыдущего на 0.1 остроты зрения. 2-ой ряд  $V = 0.2$ ; 3-ий ряд  $V = 0.3$  и т.д.

Впоследствии были добавлены еще 2 строки – для остроты зрения 1,5 и 2,0. Десятичный способ для определения остроты зрения, предложенный более 100 лет назад, применяется и в настоящее время.

В нашей стране буквы русского алфавита используются в таблицах Головина-Сивцева, которые впервые появились в 1928 г., вторая половина этих таблиц образована рядами опто типов – колец Ландольта, предложенных в начале XX века немецким офтальмологом и названные его именем (рис. 17).

**Цель работы:** исследовать остроту зрения с помощью таблиц Д.А. Сивцева.

**Материалы и приборы:** таблица Д.А. Сивцева, карточка для глаз.



Рис. 17. Таблицы для проверки остроты зрения.

А – Таблица Сивцева с рядами букв, Б - Таблица Головина с рядами разорванных колец

**Ход работы:** таблица содержит 12 строк с буквами, величина которых убывает сверху вниз; справа от каждой строки стоит цифра, обозначающая расстояние, с которого нормальный глаз различает буквы данной строки под углом  $1'(D)$ , слева – острота зрения ( $V$ ), соответствующая способности видеть знаки данной строки с расстояния в 5 метров. Расстояние 5 метров считается достаточным для оптимальной аккомодации.

Острота зрения определяется по формуле:

$$d/D = V,$$

где  $V$  (*visus*) - острота зрения,

$d$  - расстояние испытуемого от таблицы,

$D$  - расстояние, с которого нормальный глаз должен отчетливо видеть данную строку.

Для определения остроты зрения обследуемый располагается на расстоянии 5 м от таблицы и прикрывает левый глаз (или правый) специальным щитком, глаз при этом не замуривается. Экспериментатор показывает испытуемому буквы и просит назвать их.

Определение начинают с верхней строчки и, опускаясь вниз, находят самую нижнюю строку, все буквы которой испытуемый отчетливо видит и правильно называет в течение 2–3 секунд. Значение остроты зрения определяют по формуле 3 (см. выше). Повторите измерения с расстояний 1 и 3 м и рассчитайте остроту зрения по формуле. Например, с расстояния 4 м виден только 1 ряд, тогда острота зрения будет  $V=4/50=0.08$ . Результаты оформите в виде таблицы 13.

*Таблица 13*

Острота зрения при исследовании по табл. Д.А. Сивцева с разных расстояний

Расстояние, м	Четко видимая строка		Острота зрения, рассчитанная по формуле 3	
	Правый глаз	Левый глаз	для правого глаза	для левого глаза
1				
3				
5				

Сделайте выводы.

### **Лабораторная работа 28<sup>#</sup>. Ближайшая точка видения**

Наибольшее расстояние, на котором глаз все еще видит предмет ясно с минимальным напряжением аккомодации, и только с помощью рефракции, определяет дальнейшую точку ясного видения. В норме дальнейшая точка ясного зрения настроена на бесконечность. Условно это расстояние принято за 5 м. Наименьшее расстояние, на котором еще возможно чтение мелкого

шрифта, определяет ближайшую точку ясного видения, показывающую максимальное напряжение аккомодации.

У более пожилых людей полноценная аккомодация вследствие потери хрусталиком эластичности отсутствует. Расстояние от ближайшей до дальнейшей точки ясного видения, на котором глаз включает аппарат аккомодации, называется длиной аккомодации. Сила и длина аккомодации зависят от вида рефракции.

*Таблица 14*

Ближайшая точка ясного видения в норме

Возраст	Возраст
10 лет	7 см
20 лет	10 см
30 лет	14 см
40 лет	22 см
50 лет	40 см
60 лет	100 см

Больше всего выражена аккомодация у гиперметропов (дальнозоркие), меньше - у эметропов (нормальное зрение) и еще меньше у миопов (близорукость). Аккомодация зависит и от возраста людей, так как центральная часть хрусталика (ядро) с возрастом склерозируется, уменьшается его эластичность и возможность усиливать кривизну. В связи с этим наступает ослабление аккомодации. Практически это выражается в том, что после 40 лет гиперметропы и эметропы нуждаются в очках для чтения, заменяющих ослабленную аккомодацию для разглядывания предметов вблизи. Возрастное ослабление аккомодации называют пресбиопией. Ослабленную аккомодацию можно восстановить, тренируя цилиарную мышцу специальными упражнениями.

**Цель:** выявление ближайшей точки видения.

**Материалы и приборы:** книга/текст, карандаш, линейка.

**Ход работы:**

Держа открытую книгу/ распечатку текста или карандаш с рисунком перед глазом, постепенно приближайте их до тех пор, пока вы не перестанете различать буквы/рисунок. Замерьте расстояние линейкой.

Если вы носите очки, то наденьте их и проделайте опыт снова.

Повторите опыт дома на людях разного возраста (не менее 3х человек).

Постройте график зависимости расстояния до ближайшей точки видения, в зависимости от возраста.

Сделайте вывод о влиянии возраста на ближайшую точку ясного видения.

### **Лабораторная работа 29<sup>#</sup>. Функции хрусталика**

Основная функция хрусталика - обеспечение ясного видения разно удаленных предметов, или аккомодация. Благодаря изменению кривизны хрусталика, его преломляющая сила может меняться. Хрусталик заключен в капсулу, которая по краям (вдоль экватора хрусталика) переходит в фиксирующую хрусталик связку (циннова связка), в свою очередь, соединенную с волокнами ресничной (цилиарной) мышцы. При сокращении цилиарной мышцы натяжение цинновых связок уменьшается, а хрусталик вследствие своей эластичности становится более выпуклым. Преломляющая сила глаза увеличивается, и глаз настраивается на видение близко расположенных предметов – это **напряжение аккомодации**. При рассматривании удаленных предметов кривизна хрусталика наименьшая, его сумка растянута в связи с натяжением цинновой связки, т.е. он сдавливается цинновым пояском спереди назад и уплощается – это **покой аккомодации**.

**Цель работы:** изучить процесс приспособления глаза к ясному видению (аккомодация)

**Материалы и приборы:** карандаш.

**Ход работы:** Держите карандаш между одним глазом и углом комнаты. Другой закройте. Попробуйте фиксировать глазом одновременно угол комнаты и карандаш.

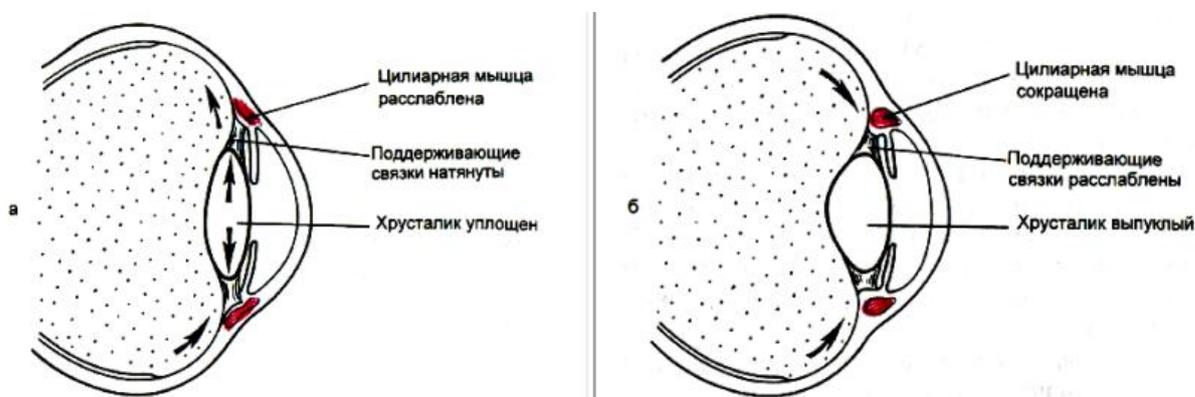


Рис. 18. Механизм аккомодации глаза

А – фокусировка света от дальних предметов, Б – фокусировка света от ближних предметов

Изобразите результаты опыта в виде оптической схемы и обсудите проблему фокусировки изображения на сетчатке. Сделайте вывод о функции хрусталика.

### Лабораторная работа 30<sup>#</sup>. Определение поля зрения при нормальном освещении

Монокулярное поле зрения представляет собой часть пространства, видимое неподвижным глазом. Общее поле зрения включает все точки, видимые двумя неподвижными глазами. В пределах общего поля зрения выделяют область, видимую двумя глазами одновременно – бинокулярное поле зрения. Дефект поля зрения – утрата зрительных ощущений в какой-либо его части. Если дефектная зона окружена со всех сторон нормальным полем зрения, она называется скотомой. Границы поля зрения и положение скотом картируют с помощью периметрии. Для этого используют периметр, который дает возможность установить границы поля зрения и имеющиеся дефекты в нем. Нарушения периферического зрения возникает при

пигментной дегенерации сетчатки, заболеваниях и атрофии зрительного нерва. При очаговых заболеваниях сетчатки, кровоизлияниях, воспалениях зрительного нерва и проводящих путей могут выпадать отдельные участки поля зрения - скотомы, а при поражении зрительных путей определяются выпадения половин поля зрения - гемианопсии.

Различают цветное (хроматическое) и бесцветное (ахроматическое) поле зрения. Ахроматическое поле зрения больше хроматического, то есть наиболее велико поле зрения для белого цвета, то есть для смешанного цвета. Это объясняется тем, что палочки, чувствительные ко всем видимым лучам и воспринимающие не цвет, а свет, находятся в большом количестве на периферии сетчатки. Границы ахроматического и цветных полей зрения представлены на рисунке 19. Для различных цветов поле зрения неодинаково: немного меньше, чем для белого поле зрения для желтого цвета, ещё меньше для синего цвета, далее идет красный цвет и самое узкое для зеленого цвета (рис. 19).

**Приборы и материалы:** периметр, цветные маркеры.

**Ход работы.** Полукруг периметра прокалиброван в градусах. Специальная пластинка служит подставкой для подбородка испытуемого. В середине полукруга периметра имеется белая точка для фиксации глаза. Периметр ставят против света. Испытуемого сажают спиной к свету и предлагают положить подбородок на пластинку периметра, один глаз закрыть, а другим фиксировать с помощью «цели» точку в центре прибора.

Установите полукруг периметра строго вертикально. Возьмите один из ползунков с тем или иным цветным кружочком (испытуемый не должен знать заранее, какого цвета ползунок ведут по шкале!) и начинайте медленно вести его по шкале периметра от периферии к центру: сначала сверху вниз, а затем снизу вверх. Двигайте ползунок до тех пор, пока испытуемый не назовет правильно цвет. Если он дал ошибочный ответ, продолжайте движение ползунка до получения правильного ответа. После этого, остановите ползунок с цветным кружочком и зафиксируйте на схеме на

каком градусе испытуемый начал отчетливо видеть предлагаемый ему для различения цвет. Местоположение каждой точки проверить дважды. Далее проделайте эту операцию и для остальных цветов.

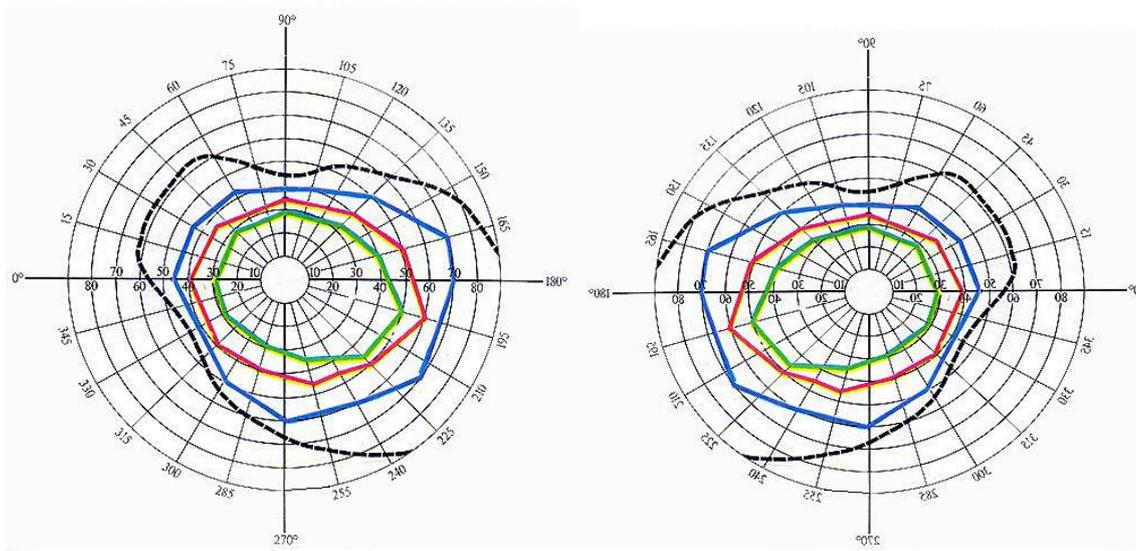


Рис. 19. Границы поля зрения для различных цветов. Пунктиром показано поле зрения для белого цвета

Переверните полукруг по очереди на  $45^\circ$  и  $135^\circ$  и снова протестируйте испытуемого по всем четырем цветам. Повторите тоже самое для другого глаза.

На схеме (рис. 19), зарисованной в тетради, точками отметьте те расстояния от центра в градусах, на которых он смог определить тот или иной цвет. Соедините между собой точки, найденные для каждого цвета, чтобы получить кривые, ограничивающие поле зрения для исследованных цветов.

Сравните полученные многоугольники с нормальными границами поля зрения и вычислите отклонение в градусах по различным меридианам для белого, красного, синего, зеленого и желтого цветов. Повторить измерения для другого глаза.

Сравните поля зрения для правого и левого глаз, сделайте выводы

## **Лабораторная работа 31\*#. Влияние световой и темновой адаптации на поле зрения**

Чувствительность зрительной системы зависит от степени освещенности. Во время **темновой** адаптации абсолютная чувствительность зрительной системы медленно возрастает, при этом палочковая система становится намного более чувствительной, чем колбочковая. Световая чувствительность нарастает в течение 20-30 мин, затем нарастание замедляется, и только к 50-60-й минуте достигается максимальная адаптация. **Световая** адаптация протекает значительно быстрее и сопровождается снижением абсолютной чувствительности. Наиболее интенсивно она протекает в течение первых секунд, затем замедляется и заканчивается к концу 1-й минуты, после чего светочувствительность глаза уже не увеличивается.

На примере сетчатки можно показать, что количество функционирующих светочувствительных элементов на периферии сетчатки изменяется в зависимости от предварительно проведенной темновой или световой адаптации глаза.

**Цель:** анализ влияния адаптации на поле зрения.

**Приборы и материалы:** периметр, цветовые маркеры.

**Ход работы:**

После проведения определения поля зрения испытуемый должен находиться 15-20 мин в темной комнате. После проведения темновой адаптации вновь определить границы поля зрения для белого и красного цветов для правого глаза. Сравнить величину горизонтального диаметра (сумма височного и носового радиусов поля зрения до и после адаптации). Результаты занести в таблицу 15.

Затем в течение 10-15 мин провести в условиях сильного освещения и вновь определить поле зрения для тех же цветов. Сравнить величину

горизонтального диаметра до и после световой адаптации. Результаты занести в таблицу 15.

Сделать выводы о зависимости поля зрения от световой и темновой адаптации.

Таблица 15

	Горизонтальный диаметр в контроле, мм	Горизонтальный диаметр после темновой адаптации, мм	Горизонтальный диаметр после световой адаптации, мм
для белого цвета			
для красного цвета			

### Лабораторная работа 32\*<sup>#</sup>. Острота зрения в разных участках поля зрения

**Цель:** анализ остроты зрения в разных участках поля зрения.

**Приборы и материалы:** периметр, цветные маркеры, таблицы для измерения остроты зрения.

**Ход работы:** Приготовьте заранее 20 карточек 5x5 см с рисунками или буквами различной величины (см. Таблицы для измерения остроты зрения).

Прикрепляйте карточки по одной к палочке-маркеру для периметра. Проверьте в центральной точке остроту зрения подбором карточек.

И потом карточку с наилучшим видением в центральной точке, постепенно удаляйте от точки фиксации до тех пор, пока испытуемый не перестанет видеть рисунок. Отмечают соответствующий угол.

Повторите опыт с 3 карточками, на которых изображены рисунки большего размера. Постройте график отношения между размерами детали (в мм) и углом, под которым ее можно увидеть.

### **Лабораторная работа 33. Бинокулярное зрение и методы его исследования**

В обычных условиях нормально видящий человек пользуется одновременно обоими глазами, как одним бинокулярным аппаратом. Поэтому изучение зрительной функции дает достаточное представление о состоянии зрения только тогда, когда исследование функциональной способности проводится при изучении функции обоих глаз одновременно. Смотря двумя глазами на предмет, человек на сетчатой оболочке каждого глаза получает отдельные изображения этого предмета. Психически эти изображения сливаются в один зрительный образ, который и воспринимается сознанием. Но для того, чтобы произошло слияние, необходимо, чтобы полученные на сетчатке изображения соответствовали друг другу по величине и форме и падали на строго идентичные участки сетчатой оболочки. Эти точки или участки сетчатой оболочки называются корреспондирующими. Каждая точка поверхности одной сетчатки имеет в другой сетчатке свою корреспондирующую точку. Корреспондирующие точки сетчаток - это, прежде всего центральные ямки, затем точки, расположенные обоим глазам в одинаковых меридианах и на одинаковом расстоянии от центральных ямок. Слияние изображения происходит лишь в том случае, если они находятся в этих корреспондирующих точках сетчатки. Бинокулярное зрение дает возможность стереоскопического зрения, возможность видеть окружающий мир в трех измерениях, определять расстояние между предметами, воспринимать глубину, телесность окружающего мира.

Бинокулярное зрение развивается, совершенствуется и изменяется в течение всей жизни. Развитие бинокулярного зрения начинается с рефлекса бинокулярной фиксации, который возникает приблизительно на 3-м месяце жизни, а формирование его заканчивается к 12 годам.

**Цель:** проверка бинокулярного зрения.

**Материалы и приборы:** лист плотной бумаги.

**Ход работы:**

А) Самый простой пробой является проба с появлением двоения в результате смещения глаза пальцем. На глаз не сильно надавливают пальцем через веко.

Б) Опыт Соколова проводится следующим образом. К глазу исследуемого приставляется трубка (свернутая из плотной бумаги), через которую он смотрит вдаль. Со стороны раскрытого глаза к концу трубки исследуемый приставляет свою ладонь. В случае нормального бинокулярного зрения испытуемый увидит в центре ладони отверстие, через которое видно то, что видит глаз, смотрящий через трубку.

Сделайте выводы о наличии или отсутствии бинокулярного зрения у испытуемого.

### **Лабораторная работа 34. Выявление цветовой слепоты**

Глаз человека может различать не только оттенки белого, серого и черного цветов, но и способен видеть все цвета радуги и различать их оттенки. Однако встречаются люди, у которых имеется то или иное нарушение цветового восприятия. Полная цветовая слепота встречается крайне редко. Люди, страдающие этой формой расстройства цветового зрения, видят только различные оттенки серого цвета. Частичная цветовая слепота встречается чаще. Различают 3 вида частичной цветовой слепоты: протанопия, дейтеранопия и тританопия. Протанопы не способны различать оттенки красного и зеленого цветов. Дейтеранопы также не различают красный и зеленый цвета, но они в отличие от протанопов путают светло-зеленые тона с темно-красными и фиолетовые с голубыми. Тританопы не способны различать синий и фиолетовый цвета. Это расстройство цветового зрения встречается реже.

Исследование цветового зрения имеет особое значение для лиц, которым по роду своей профессии необходимо хорошо ориентироваться во всех цветах.

**Цель:** освоить методы выявления цветовой слепоты.

**Приборы и материалы:** полихроматические таблицы Е.Б. Рабкина, линейка, кусок черного картона размером 20 х 20 см, по углам которого наклеены четыре квадрата размером 3 х 3 см из голубой, желтой, красной и зеленой бумаги (рис. 20).

**Ход работы.**

**А.** Испытуемый садится спиной к свету, экспериментатор последовательно показывает ему 25 цветных таблиц, в которых на фоне кружочков и точек одного цвета изображены геометрические фигуры и цифры другого цвета. Они хорошо различаются трихроматами, т.е. людьми с нормальным цветовым зрением, и неполностью различаются людьми, у которых имеется та или иная аномалия цветового восприятия. При предъявлении таблиц у испытуемого спрашивают, что на них изображено. Необходимо помнить, что каждую таблицу следует устанавливать на уровне глаз испытуемого на расстоянии 1 м от него. Продолжительность экспозиции одной таблицы около 5 с. Каждый глаз обследуется отдельно, при этом второй глаз закрывается ладонью.

Ответы испытуемого отражают в протоколе исследования в виде таблицы следующим образом:

«+» – если таблица прочитана правильно;

«-» – если таблица не прочитана или прочитана неправильно;

«?» – если прочитана неуверенно.

Опишите результаты исследования цветового восприятия. Если были выявлены нарушения восприятия цветов, укажите, к какому виду они относятся.

**Б.** Для исследования световой чувствительности проводят пробу Кравкова-Пуркинье (рис. 20).

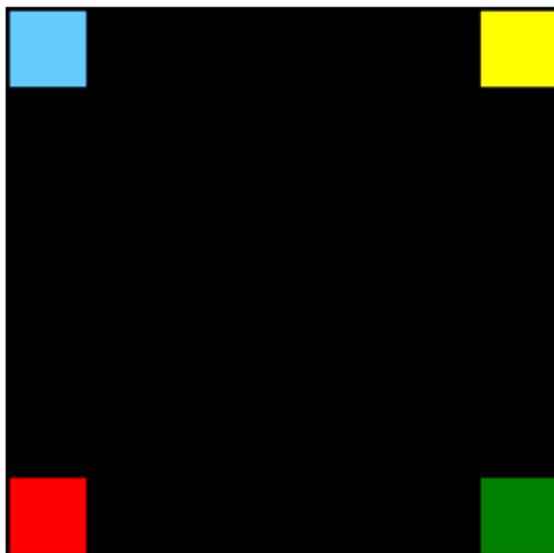


Рис. 20. Мишень для глаз

Предъявите испытуемому тест, обязательно в затемненной комнате, на расстоянии 40-50 см от глаз. В норме через 30-40 с становится различимым желтый квадрат, потом голубой.

При нарушении цветоощущения на месте желтого квадрата испытуемый начинает различать светлое пятно через 50-60 с, а голубой квадрат вовсе не выявляется.

Опишите результаты исследования цветового восприятия.

### **Лабораторная работа 35. Зрительные образы**

**Цель:** подтверждение теорий цветового зрения.

**Материалы и приборы:** настольная лампа с матовой лампочкой, цветная и белая бумага, ножницы, рисунки для демонстрации зрительных образов: разноцветные круги на сером фоне; окрашенные круги, белый экран; белый круг на черном фоне, черный круг на белом фоне; крестик в

центре темного круга со светлым ободком, белый круг с крестиком в центре; синий квадрат на желтом фоне.

### **Ход работы:**

Все опыты проводятся в темной комнате.

### **Положительные последовательные образы**

**А)** Пристально смотрите на яркое световое пятно (матовую электрическую лампочку) в течение 20 с. Затем выключите свет и посмотрите на темную поверхность стены. Вследствие отсутствия второго раздражителя появится положительный последовательный образ.

**Б)** Прделайте то же, что и в предыдущем случае, взяв лампу, окрашенную в какой-либо цвет. Последовательный образ будет того же цвета, что и лампочка.

**В).** В затемненной комнате зажгите спичку, дайте ей несколько обгореть, а затем погасите пламя. Взяв тлеющую спичку в вытянутую руку, быстро вращайте ее по кругу. Наблюдайте непрерывное огненное кольцо.

### **Отрицательные последовательные образы (рис. 21)**

**А)** Снова пристально посмотрев на свет в течение 20 с, быстро переведите взгляд на центр белого экрана. Ввиду наличия второго раздражителя (белый экран) последовательный образ будет отрицательным: темное пятно на белом фоне. Обратите внимание, что последовательный образ всегда имеет ту же форму и размеры, что и предмет, служивший первым раздражителем.

**Б)** Пристально смотрите на лампу через кусок красного стекла или лист красной бумаги, затем переведите взгляд на белый экран. Вы снова увидите отрицательный последовательный образ, который в данном случае будет зеленого цвета (цвет, дополнительный к красному). Повторите опыт с синим и зеленым цветом.

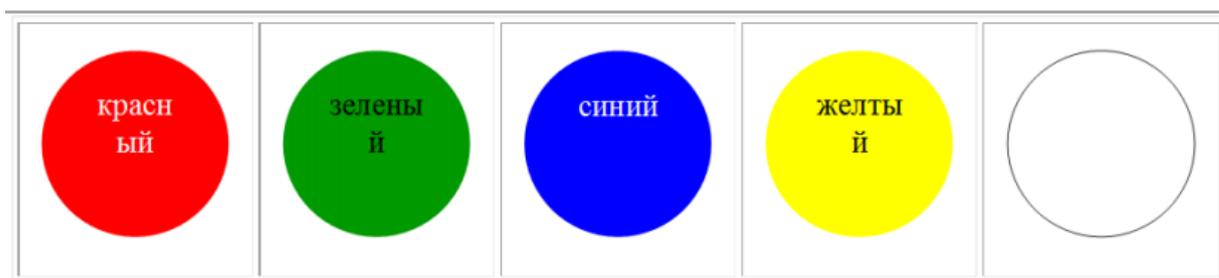


Рис. 21. Рисунки, иллюстрирующие явление отрицательных зрительных образов

**В)** Примерно в течение 30 с фиксируйте глазами центр геометрической фигуры, расположенной справа, а затем переведите взгляд в центр окружности слева. В результате можно увидеть отрицательный последовательный образ исходной фигуры (рис. 22А).

**Г)** Рассматривайте 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 (рис.22 Б).

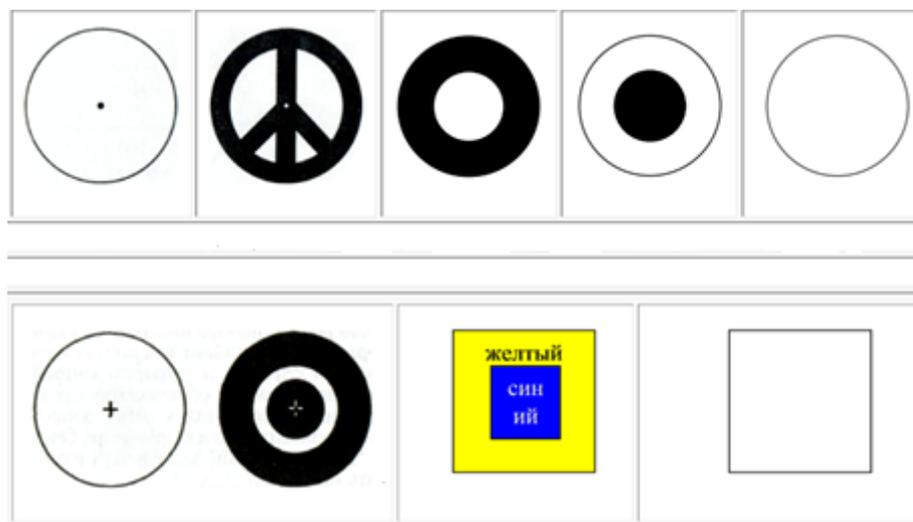


Рис. 22. Рисунки, иллюстрирующие явление отрицательных зрительных образов

**Д)** Фиксируйте взглядом крестик в центре темного круга со светлым ободком, затем переведите взгляд на белый круг, фиксируя также крестик

в центре его. Последовательный образ возникает в виде светлого круга с темным ободком внутри (рис. 22Б).

Е) Смотрите на синий квадрат посередине желтого фона, а затем на белый экран. Белый экран покажется окрашенным в синеватый цвет и имеет желтый квадрат посередине (рис. 22Б).

Объясните причину наличия последовательных образов для ахроматических и хроматических цветов с точки зрения трехкомпонентной теории цветового зрения.

### Одновременные зрительные образы

А). Рассмотрите яркое зеленое кольцо (1), расположенное на сером фоне, при этом последний приобретает розовый цвет. Измените цвет кольца (2 – красное, 3 – синее, 4 – желтое, 5 – оранжевое). Оно во всех случаях окрашивается в дополнительный цвет (рис. 23).

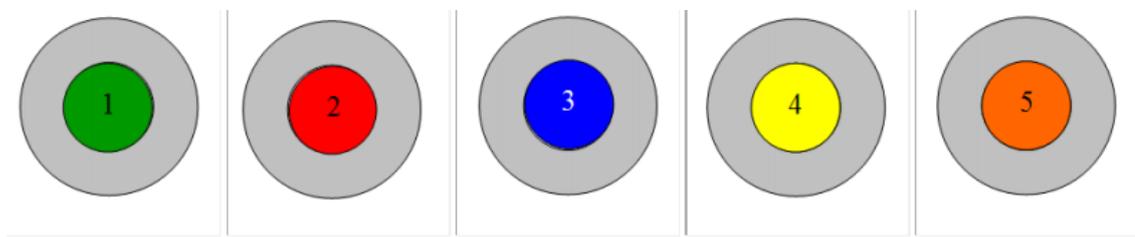


Рис. 23. Рисунки, иллюстрирующие явление отрицательных зрительных образов

Сделайте комплексный вывод о формировании зрительных образов в зрительной системе.

### Лабораторная работа 36. Движение глаз. Окулография

Наиболее четко мы видим предмет лишь в тех случаях, когда его изображение попадает на центральную ямку сетчатки. Поэтому, чтобы разглядеть предмет мы поворачиваем глаз так, чтобы изображение этого

предмета все время попадало на центральную ямку сетчатки. Поворот каждого глаза – результата чрезвычайно тонко согласованной работы шести мышц. Обычно движения обоих глаз очень точны. Но иногда можно уловить некоторую несогласованность, недостаточную точность движений одного или обоих глаз. Когда наблюдаемый предмет движется, глаза наблюдателя совершают движения прослеживания. При этом мышцы поворачивают глазное яблоко так, чтобы изображение предмета все время оставалось на центральной ямке сетчатки. Перенос взгляда с одного неподвижного предмета на другой называется *фиксационным скачком*. Это движение иного рода, чем движение прослеживания. Сначала глаз ощущает направление на предмет с помощью периферического зрения, а затем мышцы поворачивают глаз так, чтобы изображение предмета попало на центральную ямку сетчатки.

Движения глаз при чтении представляют собой не плавное движение вдоль строки, а ряд фиксационных остановок и скачков. Чтение, собственно, осуществляется в промежутках между скачками, именно в эти моменты текст воспринимается. Свободно читающий человек видит за время одной фиксационной остановки не одну букву и даже не одно слово, а сразу несколько слов. Человек, который только учится читать, сначала делает очень много фиксационных остановок на каждой строке – читает он медленно. С усвоением техники чтения скорость все время возрастает, пока не становится постоянной для данного человека. Окулография- процесс определения координат взора. Выделяют разновидности окулографии:

Контактная окулография – на роговицу приклеивается присоска. Самый точный метод

Электроокулография – делают в комбинации с записью ЭЭГ.

Видеоокулография –инфракрасная камера направляется прямо в зрачок.

Движения глаз несут полезную информацию о процессах в ЦНС, способах регулирования движений, организации познавательных процессов, состояниях человека и его деятельности. Движения глаз делят на:

- Микродвижения: Тремор, Дрейф, Микросаккады
- Макродвижения: Макросакады, Прослеживающие движения, Вергентные движения, Ротационные движения, Нистагм.

**Цели:**

1) Сравнить движения глаз при фиксации на неподвижном и движущемся объектах.

2) Измерить длительность саккад и фиксаций во время чтения.

**Материалы и приборы:** ВІОРАС набор электродных проводов (SS2L), количество – 2, ВІОРАС одноразовые виниловые электроды (EL503), 6 электродов на человека, ВІОРАС электродный гель (GEL1) и губки абразивные (ELPAD), спиртосодержащий препарат, Двусторонняя медицинская липкая лента (TAPE 2), ВІОРАС основной блок (MP36, MP35 или MP30 с кабелями и блоком питания), книга, карандаш.

**Ход работы:**

А) Подключение установки

Включите компьютер. Убедитесь, что основной блок ВІОРАС MP3X выключен, включите его.

Подключите наборы электродных проводов (SS2L) следующим образом:

Горизонтальное отведение — Канал 1 (CH 1)

Вертикальное отведение — Канал 2 (CH 2)

Разместите 6 электродов на испытуемом, как показано на Рис. 24А. Прикрепите один электрод над правым глазом и один под ним так, чтобы они находились на одной линии. Прикрепите один электрод справа от правого глаза и один слева от левого так, чтобы они находились на одной горизонтальной линии.

Два других электрода – это заземление, и их расположение на линии не является обязательным. Для наилучшего прилегания электродов, их следует разместить на коже как минимум за 5 минут до начала процедуры калибровки.

*ВАЖНО: Для получения точной записи, прикрепите электроды так, чтобы они были выровнены по горизонтали и вертикали. Из-за близости расположения электродов к глазам будьте осторожны при использовании спиртосодержащих средств для очищения кожи.*

Присоедините электродные провода (SS2L) для вертикального отведения (подключенные к каналу 2) к электродам, следуя Рис. 24 Б.

Присоедините электродные провода (SS2L) для горизонтального отведения (подключенные к каналу 1) к электродам, следуя Рис. 24В.

Рекомендуется, чтобы провода уходили за ушные раковины, как показано на рисунке 24, это обеспечит нормальное натяжение проводов.



Рис. 24. Расположение и подключение электродов.

А. - Правильное расположение электродов на испытуемом, Б – подключение проводов для вертикального отведения, В – подключение проводов для горизонтального отведения

Запустите программу VIOPAC Student Lab на компьютере. Выберите Урок 10 ЭОГ I -Электроокулограмма.

Введите ваше имя файла, свое индивидуальное (уникальное) название. Нажмите на «ОК».

#### Б) Инструкции испытуемому

Попросите испытуемого сесть и смотреть в центр экрана компьютера. Испытуемый должен сидеть так, чтобы он мог видеть весь

экран компьютера без поворота головы. Рекомендуется положить голову на подголовник для минимизации движений.

Испытуемый не должен касаться никаких металлических предметов (кранов, труб и т.д.) и должен снять любые браслеты (на руках и ногах).

Запишите расстояние от глаз до экрана компьютера.

### **В) КАЛИБРОВКА**

Процедура калибровки устанавливает внутренние параметры оборудования (коэффициент усиления, отклонение, масштабирование) и необходима для оптимального функционирования прибора. **Отнеситесь с особым вниманием к процессу Калибровки.**

Убедитесь, что испытуемый сидит в том же положении, что и при выполнении Установки. При нажатии на кнопку «Калибровка» в программе появится новое окно. После нажатия на кнопку «ОК» цветная точка начнет круговое движение по экрану против часовой стрелки. Испытуемый должен следить за точкой на экране **только глазами, не поворачивая голову.** Процедура калибровки продлится 10 секунд и остановится автоматически. По окончании записи, экран должен быть подобен рисунку 25. При соответствии данных переходите к разделу «Регистрация данных» При несовпадении, нажмите на «Повтор калибровки».

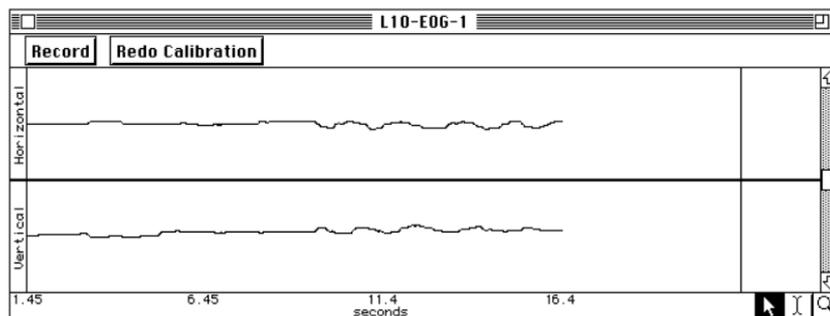


Рис. 25 Пример результатов калибровки

### **Г) РЕГИСТРАЦИЯ ДАННЫХ**

Для более эффективной работы прочтите этот раздел целиком, прежде чем приступить к регистрации. Останавливайте каждый сегмент регистрации как можно скорее, чтобы избежать превышения отведённого времени.

**Рекомендации для получения оптимальных данных:**

- a) Всегда следите за объектом только глазами, не двигая голову.
- b) Испытуемый должен сфокусироваться на одной точке объекта и сохранять этот фокус при слежении за объектом.
- c) Испытуемый должен сидеть так, чтобы движения головой во время записи были минимизированы.
- d) Около Испытуемого должно быть достаточно места для перемещения объекта на расстоянии около 25 см от головы Испытуемого.
- e) При перемещении объекта Руководитель должен стараться не изменять расстояние от него до головы Испытуемого. Руководитель должен держать карандаш перед головой Испытуемого на расстоянии около 25 см. Карандаш должен находиться на уровне центра головы Испытуемого так чтобы Испытуемый смотрел прямо вперед. Испытуемый должен найти фокусную точку на карандаше, так чтобы глаза не двигались по вертикали. Глаза испытуемого не должны двигаться вверх или вниз. Они должны двигаться только по горизонтали во время слежения за объектом.
- f) Во время записи Испытуемый не должен моргать. Если это неизбежно, Регистратор должен отмечать данные.
- g) Убедитесь, что электроды надежно закреплены и их ничто не тянет.
- h) Чем больше монитор, тем лучше результаты данных о слежении.

**Сегмент 1**

Нажмите на «Запись». При нажатии на «Запись», начнется запись и автоматически создастся метка добавления с текстом “Горизонтальное движение глаз”. Записывайте в течение 20 секунд.

Руководитель держит объект по центру на расстоянии 25 см и не двигает 5 секунд, затем перемещает объект по горизонтали  $\pm 70^\circ$  влево и возвращает в центр примерно за 3 секунды.

Регистратор вставляет метки событий при каждом изменении направления:  $\nabla$  “L” влево,  $\nabla$  “R” вправо. Чтобы вставить метку, нажмите F9.

Руководитель должен оглашать перемещения, чтобы Регистратор знал, когда вставить метку и с каким текстом (направление). Метки и текст к ним могут быть добавлены и после регистрации данных.

Если все выполнено верно, данные должны походить на Рис. 26А. На полученных данных горизонтальное отведение ЭОГ (СН 1) должно иметь большие колебания, а вертикальное (СН 2) – очень маленькие. На данных должно быть положительное отклонение, когда Пациент смотрел вправо и отрицательное – когда влево.

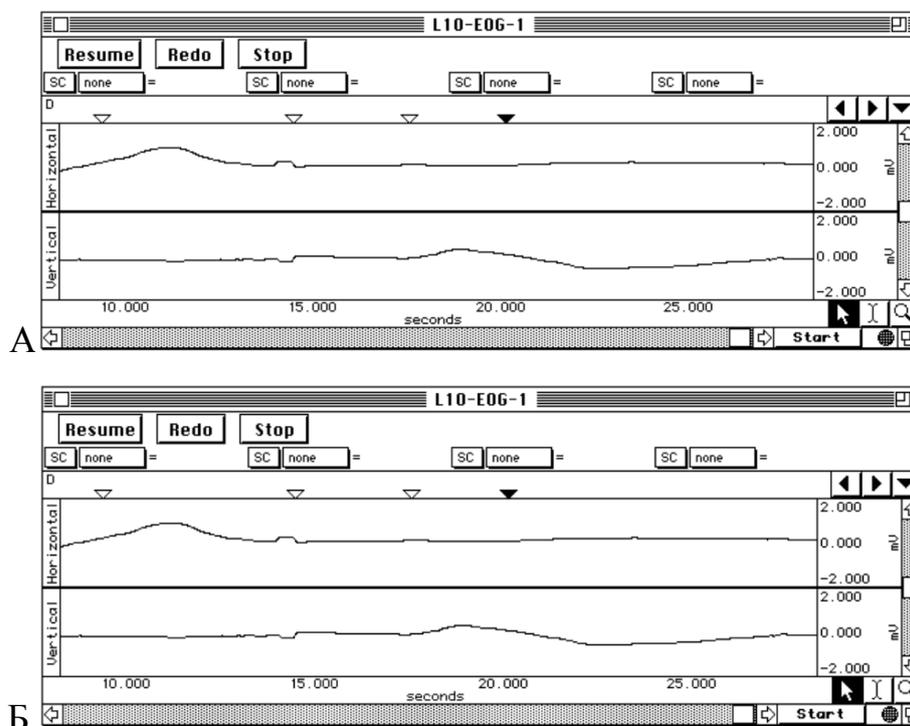


Рис. 26. Результаты теста

А - сегмент 1, Б – сегмент 2

Данные могут быть неверны, если:

- а) Каналы были подключены неправильно.
- б) Провода были прикреплены неверно (например, красный провод не был присоединен к правому виску Пациента).
- в) Кнопка приостановки была нажата преждевременно
- г) Электрод открепился и произошел большой сдвиг базовой линии
- е) Испытуемый посмотрел в сторону или повернул голову.

Замечание: Испытуемый мог моргнуть несколько раз (это может быть неизбежно и не требует повторной регистрации).

Если данные оказались неверными, нажмите - «Переделать».

И повторите Шаги 2-8. Учтите, что, когда Вы нажмете «Переделать», данные, которые Вы только что зарегистрировали, будут удалены.

## **Сегмент 2**

Руководитель должен держать карандаш перед головой испытуемого на расстоянии около 25 см. Карандаш должен находиться на уровне центра головы испытуемого, так чтобы испытуемый смотрел прямо вперед.

Нажмите на «Продолжить». При нажатии на «Продолжить», запись продолжится и автоматически создастся метка добавления с текстом “Вертикальное движение глаз”.

Руководитель держит объект по центру и не двигает на расстоянии 25 см 5 секунд, затем перемещает объект вверх, вниз на угол поля зрения Пациента и возвращает в центр.

Регистратор вставляет метки событий: ∇ “U” Объект перемещен вверх, ∇ “D” Объект перемещен вниз

Нажмите на «Приостановить». Запись должна приостановиться, давая Вам время для просмотра данных.

Просмотрите данные на экране.

Если они совпадают с Рис. 26Б, переходите к следующему шагу.

### Сегмент 3

Руководитель выбирает текст из подготовленной книги и располагает его перед Испытуемым.

Держите страницу перед Испытуемым на расстоянии 25 см, с центром на линии взгляда Испытуемого. Испытуемый должен читать про себя, чтобы минимизировать ЭМГ артефакт.

Нажмите на «Продолжить», запись продолжится и автоматически создастся метка добавления с текстом «Чтение».

Испытуемый должен читать не менее 20 секунд.

Дополнительно: Пациент может сигнализировать (вербально или жестом) Регистратору, когда он начинает читать новую строчку, а Регистратор может вставлять метки событий.

Нажмите на «Приостановить». Запись должна приостановиться, давая Вам время для просмотра данных.

Просмотрите данные на экране. Если они совпадают с Рис. 27, переходите к следующему шагу.

Нажмите на «Выполнено». Появится окно со списком опций. Сделайте свой выбор и продолжайте, следуя указаниям.

При выборе опции «Запись другого пациента»:

а) Прикрепите электроды согласно шагам Установки и сделайте все задание.

б) Для каждого Испытуемого необходимо использовать индивидуальное название файла.

Снимите электроды.

Отсоедините зажимные контакты электродных шнуров и отклейте электроды. Выбросьте электроды. Смойте с кожи остатки электродного геля с помощью воды и мыла. После использования электродов на коже в течение нескольких часов могут оставаться слабые следы. Это нормально и не свидетельствует о каких-либо нарушениях.

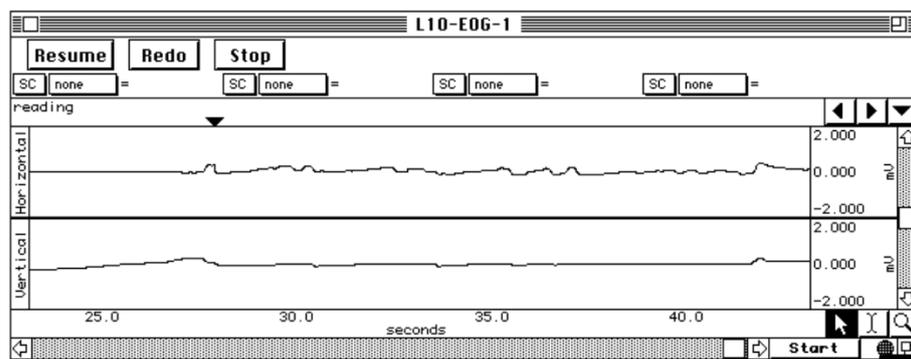


Рис. 27. Сегмент 3

#### Д) Анализ данных

Все полученные результаты заносятся в таблицы.

Выберите Обзор записанных данных в меню «Lessons». Запишите обозначение номера канала (CH):

Канал - Отображение

CH 40 - Горизонталь

CH 41 -Вертикаль

2. Настройте окно на экране дисплея для оптимального отображения данных Сегмента 1. Сегмент 1 – это участок от метки добавления Горизонтальное слежение в начале отсчёта времени до следующей метки добавления.

Следующие инструменты помогут Вам настроить окно данных: Горизонтальный автомасштаб, Вертикальный автомасштаб, Курсор лупа, Вернуть увеличение, Горизонтальная Полоса Прокрутки (Время), Вертикальная Полоса Прокрутки (Амплитуда).

Установите каналы вычислений следующим образом:

Канал – Измерение - Краткое описание измерений

CH 40 - Дельта t - это разница между временем начала и конца выделенного участка, т.е. продолжительность данного участка

CH 40 - Размах (P-P) - отражает разницу между максимальным и минимальным значениями амплитуды на выделенном участке

СН 40 – Наклон - находит отношение разницы амплитуд конечных точек к временному интервалу выделенной области, указывает относительную скорость движения глаз.

Каналы вычислений расположены выше полосы маркеров в окне данных. Каждый из них имеет три части: номер канала, тип измерения и результат.

Измерьте амплитуды и временные интервалы данных о горизонтальном слежении.

Интерпретируя различные зубцы в данных, помните:

- ◆ Большие вертикальные зубцы – моргания или вертикальные (вверх/вниз) движения глаз (переход вниз к следующей строчке при чтении).

- ◆ Большие горизонтальные зубцы – горизонтальные (вправо/влево) движения глаз (при чтении при переходе к следующей строчке движение влево).

- ◆ Маленькие зубцы – это саккады (фиксации).

Увеличьте масштаб участка данных первых 5 секунд (до первой вставленной метки события), который отражает период фиксации взгляда прямо перед собой. Найдите участок данных с небольшим зубцом, указывающим на резкое движение глаз и измерьте его продолжительность и наклон.

Используйте горизонтальную линейку прокрутки для нахождения участка данных характеризующих резкое движение. Посчитайте количество резких движений в секунду для 1-4 секунд. Резкие движения представляют собой более резко направленные (более крутой наклон) и менее продолжительные, чем плавающие движения, изменения.

Получите все необходимые измерения Сегмента 2 для первых 5 секунд для резких движений во время фиксации аналогично сегменту 1.

Таблица 16

## Данные Сегмента 1 о Движениях Глаза

<b>Положение объекта →</b>	<b>Неподвижный объект</b>	<b>Движущийся объект</b>		
<b>Движение глаза →</b>	<b>Фиксация</b>	<b>Слежение</b>		
<b>Измерение [СН #]</b>	<b>Резкое движение</b>	<b>Влево</b>	<b>Вправо</b>	<b>Влево</b>
<b>Дельта Т</b>	[СН 40]			
<b>Размах (Р-Р)</b>	[СН 40]			
<b>Наклон</b>	[СН 40]			

*Замечание:* Скорость может быть и отрицательной ("-") величиной, т.к. вектор скорости имеет модуль и направление.

Таблица 17

## Резкие Движения

<b>Время</b>	<b>Количество Резких движений</b>
0-1 сек	
1-2 сек	
2-3 сек	
3-4 сек	

Таблица 18

## Данные Сегмента 2 о Движениях Глаза

<b>Движение Глаза →</b>	<b>Неподвижный объект</b>	<b>Движущийся объект</b>		
<b>Измерение</b>	<b>Резкое движение</b>	<b>Вверх</b>	<b>Вниз</b>	<b>Вверх</b>
<b>Дельта Т [СН 41]</b>				
<b>Размах (Р-Р) [СН 41]</b>				
<b>Наклон [СН 41]</b>				

### Сегмент 3 («Чтение»)

Найдите участки данных, когда Испытуемый переходил к чтению следующей строчки. Горизонтальное отведение ЭОГ отобразит движение глаз влево, и, в то же время, вертикальное - зарегистрирует движение вниз.

Найдите на Ваших данных саккады. Вы можете занести измерения в Таблицу, чтобы записать данные каждой саккады на строчку текста.

Таблица 19

Сегмент 3 Чтение

<b>Измерение (Величина)</b>	<b><i>Первая строчка</i></b>	<b><i>Вторая строчка</i></b>
<b>Количество саккад</b>		
<b>Продолжительность саккад:</b>		
#1		
#2		
#3		
#4		
#5		
#6		
#7		
<b>Общая продолжительность саккад/строчку</b>		
<b>Общее время чтения/строчку</b>		
<b>% времени саккад/общее время чтения</b>		

Сделайте выводы.

## **Исследование световой чувствительности с помощью адаптометра АДМ-01**

*Светоощущение* - это способность зрительного анализатора воспринимать свет и различные степени его яркости. Минимальная величина светового потока, которая дает восприятие света, называется порогом раздражения. Восприятие предельной минимальной разницы яркости света между двумя освещенными предметами - порогом различения. Величины обоих порогов обратно пропорциональны степени светоощущения. В основе исследования светоощущения лежит определение величины этих порогов, особенно порога раздражения. Порог раздражения изменяется в зависимости от степени предварительного освещения, действовавшего на глаз. Процесс приспособления глаза к различным условиям освещения называется адаптацией. Способность человеческого глаза к адаптации позволяет ему адекватно реагировать на широкий диапазон интенсивности света. Благодаря функционированию палочкового аппарата глаз воспринимает очень слабые световые раздражители (от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$  лмб), а благодаря функционированию колбочкового аппарата – очень сильные (от  $1 \cdot 10^{-7}$  до 10 лмб), где лмб (ламберт) - единица измерения интенсивности светового потока.

*Световая адаптация* - это приспособление органа зрения к условиям более высокой освещенности. Она протекает очень быстро. Во время световой адаптации светочувствительность понижается в 8-10 и более тысяч раз. Известно, что к 20-30 годам световая чувствительность нарастает, к старости снижается, т.к. чувствительность нервных клеток зрительных центров в этом возрасте ослабевает.

*Темновая адаптация* - это приспособление глаза в условиях пониженного освещения, т.е. изменение световой чувствительности глаза после выключения действовавшего на глаз света. Сведения о темновой адаптации значительно полнее и точнее, чем о световой. Начало исследования темновой адаптации было положено Г. Аубертом (1865 г.). Он

предложил термин "адаптация". О процессе темновой адаптации в настоящее время известно, что максимум светочувствительности при темновой адаптации достигается в течение первых 30-45 минут. Если исследуемый глаз остается в темноте, светочувствительность продолжает повышаться. Причем светочувствительность нарастает тем скорее, чем менее адаптирован к свету был орган зрения до этого. Исследование темновой адаптации имеет большое значение при профессиональном отборе, при проведении военной экспертизы.

Для изучения световой чувствительности и всего хода адаптации служат приборы адаптометры. Для работы с этим прибором экспериментатору необходимо знать его основные технические и конструктивные особенности. Адаптометр состоит из шара предварительной световой и темновой адаптации, измерительного устройства и штатива с подбородником (рис. 28). Шар предварительной адаптации служит, во-первых, для установления исходного уровня световой адаптации, задаваемого экспериментатором, и, во-вторых, для предъявления тест-объекта во время измерения. Яркость шара может быть дискретно изменена в пределах от 2500 до 312 асб. (Апостиль – единица фотометрической яркости:  $1 \text{ асб} = 10^{-4} \text{ лмб}$ ). Под углом  $12^\circ$  к линии фиксации взора испытуемого на тест-объекте расположена красная фиксационная точка, которую испытуемый должен фиксировать центральным зрением в течение всего периода измерений. Тем самым во время измерений тест-объект проецируется как раз на ту область сетчатки глаза, которая обладает максимальной чувствительностью палочкового зрения. Измерительное устройство состоит из набора дискретных светофильтров – Ф, откалиброванных в единицах оптической плотности (индексы: 0.0; 1.3; 2.6; 3.9; 5.2), дополнительного нейтрального (серого) светофильтра (индекс 0.01 ед. оптической плотности) и измерительной диафрагмы – (Д) с логарифмической шкалой единиц оптической плотности. Светопропускание диафрагмы характеризуется отношением  $C/C_0$ , где  $C$  – величина площади раскрытия диафрагмы при

данном положении шкалы, а  $S_0$  – величина площади полного раскрытия диафрагмы (на шкале отметка 0). Штатив с подбородником служит для фиксации положения головы испытуемого во время проведения измерений.

### **Лабораторная работа 37\*#. Определение кривой световой чувствительности во время длительного пребывания в темноте**

**Цель работы** состоит в построении кривой темновой адаптации и наблюдении за скоростью изменения световой чувствительности глаза в условиях темновой адаптации. Для этого необходимо измерить абсолютный порог световой чувствительности в строго заданные интервалы времени. Обратная величина порога характеризует чувствительность органов чувств.

**Для работы необходимо:** медицинский адаптометр типа АДМ-01 (Рис. 28).

**Ход работы.** Определение световой чувствительности во время длительного пребывания в темноте производится в полностью затемненной комнате. В работе участвуют экспериментатор, протоколист и испытуемый. На первом, подготовительном, этапе испытуемый проходит предварительную световую адаптацию к заданной яркости. Для этого необходимо заслонки для глаз отвести в стороны, рукоятку заслонки, закрывающей отверстие шара (2 на рис. 28), в которое предъявляются испытательные объекты повернуть так, чтоб указатель положения заслонки (1 на рис. 28) показывал ЗАКР.

Поворотом барабана включения испытательных объектов (9 на рис. 28) перед отверстием шара установить испытательный объект - круг. Переключатель 18 переводится в положение ИЗМЕРЕНИЕ. Включить дополнительный светофильтр со светопропусканием 1/100 (рукоятка 13 на рис. 28 ставится в положение ВКЛ). Поворотом барабана 8 измерительная диафрагма закрыть до деления 1.4 по шкале барабана. Поворотом барабана 12 основные фильтры выключить (в окошке должна быть цифра 0).

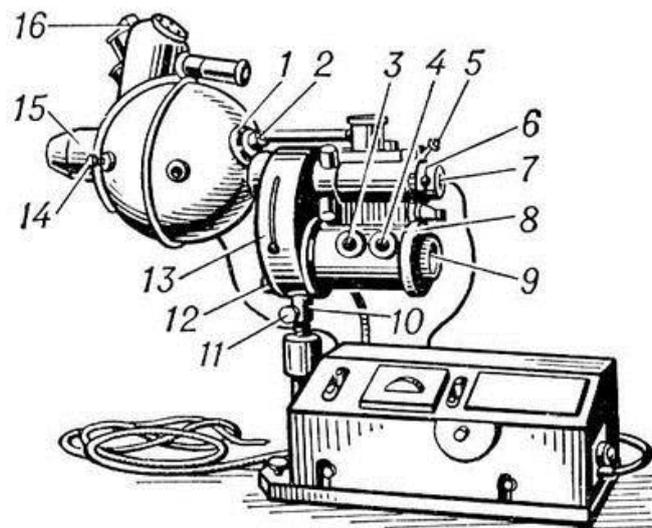


Рис. 28. Адаптометр АДМ-01 (со снятой ширмой): 1 — указатель положения заслонки; 2 — рукоятка заслонки, закрывающей отверстие шара, в которое предъявляются испытательные объекты; 3 и 4 — окна для наблюдения; 5 — винт, крепящий патрон измерительной лампы; 6 — корпус измерительной лампы; 7 — патрон измерительной лампы; 8 — измерительный барабан; 9 — барабан включения испытательных объектов; 10 — втулка корпуса; 11 — винт для крепления корпуса адаптометра к вертикальной стойке; 12 — барабан для включения сменных нейтральных светофильтров; 13 — рукоятка для включения дополнительного нейтрального фильтра; 14 — рукоятка заслонки для закрывания правого глаза; 15 — резиновая полумаска; 16 — патрон лампы шара, 17 — рукоятка установки сменных фильтров, 18 - переключатель "шар-измерение", 19 - сеть

С помощью рукоятки 17 установить яркость шара световой адаптации на деление  $1/2$ . Затем переключатель 18 перевести в положение ШАР - включается лампа. Испытуемый садится к прибору, прижимает лицо к маске прибора и в течение 10 мин смотрит на освещенный шар тем глазом, для которого будет производиться измерение.

В это время испытуемому необходимо сообщить инструкцию.

**Инструкция испытуемому.** «Сидите спокойно, не отклоняя лица от полумаски адаптометра. Запрещается закрывать глаза во время измерений и переводить взгляд. Перед началом основного исследования Вы будете в течение 10 мин смотреть на освещенную поверхность шара. Через 10 мин я выключу свет и Вы увидите красную точку. В течение всего опыта строго фиксируйте измеряемым (правым) глазом красную точку. Найдите ее! Ваша задача состоит в том, чтобы как можно быстрее после сигнала "Внимание" сообщить экспериментатору о появлении более яркого пятна. Затем пятно исчезнет и появится снова второй раз.

Вы можете отдохнуть 4-5 минут. Шар больше зажигаться не будет. После отдыха мы повторяем измерения. Мы будем находиться в темноте 60 минут». По истечении 10 мин, а заслонка задней стенки шара адаптации (2 на рис. 28) отводится в положение открыто. Переключатель 18 переводится в положение ИЗМЕРЕНИЕ, выключается свет в шаре и включается лампа адаптометра.

Сразу за этим медленно и плавно поворачиваете барабан 8 измерительной диафрагмы до тех пор, пока испытуемый не скажет, что видит появление светлого пятна – испытательного объекта. Если объект различается при установке по барабану более 1.3, следует включить первый фильтр затемнитель (индекс 1.3), а раскрытие диафрагмы продолжить до различения объекта. Включение фильтров затемнителей осуществляется поворотом барабана 12. После двукратного измерения порога чувствительности движение маховичка измерительной диафрагмы прекращается и записывается отсчет по шкале и число в окошке индекса. Определение порогов производится каждые 5 минут в течение одного часа.

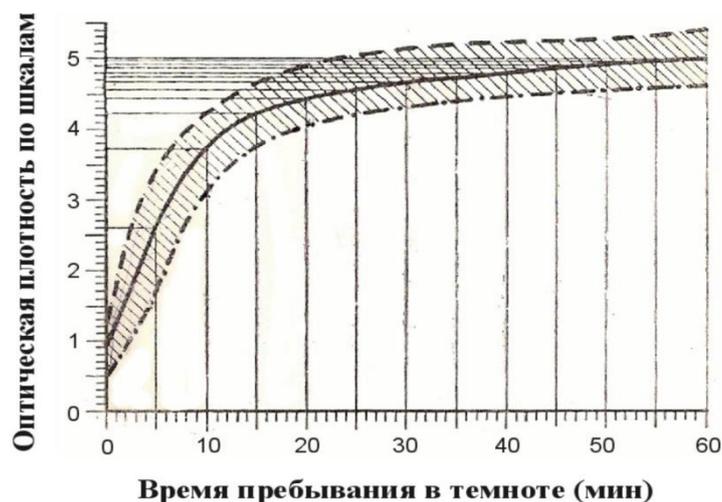


Рис. 29. Зона нормальной световой чувствительности

Результаты представьте в виде кривой темновой адаптации (рис. 29). Для этого на оси абсцисс откладываем время замеров, а на оси ординат — величину оптической плотности. Сделайте выводы.

### **Лабораторная работа 38\*#. Ориентировочное исследование световой чувствительности в течение трех минут**

Исследование "ночного зрения" в течение короткого времени имеет большое значение при массовых обследованиях и в условиях амбулаторного приема. Как показывает опыт работы с прибором, такое исследование лишь изредка требует уточнения путем определения всего хода кривой световой чувствительности. Кратковременное исследование основано на определении времени между окончанием световой адаптации и моментом, когда будет замечен объект заданной яркости.

Исследование проводится в комнате неосвещенной прямыми солнечными лучами. Если исследуемый непосредственно перед опытом находился на ярком солнечном свете, то его следует на 15-20 минут поместить в комнату с искусственным освещением.

**Цель:** исследование "ночного зрения" в течение короткого времени.

**Для работы необходимо:** медицинский адаптометр типа АДМ-01 (Рис. 28).

**Ход работы.** Включить адаптометр (19 на Рис. 28). Затем закрыть отверстие шара при помощи рукоятки 2 (Рис. 28). Переключатель 18 выставить в положение ИЗМЕРЕНИЕ. Поворотом барабана 9 устанавливается испытательный объект (круг, квадрат или крест). Барабаном 12 выключаются все фильтры затемнения (в окошке должна быть цифра 0). Рукоятка 13 с дополнительным светофильтром 1/100 ставится в положение ВКЛ. Поворотом барабана 8 измерительная диафрагма устанавливается на делении 1.1.

Включается полная яркость шара для предварительной световой адаптации, для этого рукояткой 17 устанавливаем цифру 1 против индекса. Исследуемому предлагается сесть на стул и прислониться к резиновой полумаске 15. Испытуемый должен смотреть на освещенную поверхность шара. Закрывать глаза запрещается! Наблюдение за глазами испытуемого производится через отверстие в шаре (После каждого наблюдения через это отверстие его следует закрывать заслонкой во избежание попадания света в шар во время измерений). Переключатель 18 переводится в положение ШАР и включается секундомер. За время световой адаптации испытуемому напоминают, что после выключения света он должен смотреть на красную фиксационную точку и указать момент, когда заметит появление светлого пятна, а после этого назвать его форму. По истечении двух минут лампа выключается, заслонка отводится в сторону (1 в положении ОТКР). Как только испытуемый скажет, что заметил объект, отмечается время. Через 5-10 мин отдыха повторите исследование с другим испытательным объектом. Обычно лица, обладающие нормальным зрением при плотности 1.1, замечают объект не более чем через 45 секунд после выключения освещения. Увеличение времени необходимого для различения объекта на 10 секунд требует повторного исследования, увеличение на 20 секунд и более показывает на то, что испытуемый обладает пониженным "ночным зрением".

Исследование повторяется после 5-10 мин отдыха при других степенях раскрытия диафрагмы (при оптической плотности 0.5 и 1.5).

Результаты представьте в виде таблицы. Примеры соотношения между временем различения и яркостью шара представлено на таблице 20. Сопоставьте собственные результаты со значениями нормы и сделайте выводы.

Таблица 20

Зависимость времени различения испытательного объекта от степени раскрытия диафрагмы и яркости шара в норме

Оптическая плотность по шкалам	0	0.5	1.0	1.1	1.2	1.5
Яркость шара предварительной адаптации	Время в секундах					
795	3-5	7-15	20-30	40-50	50-60	55-120
397,5	2-4	3-4	10-15	20-30	25-40	25-45
198,75	2-4	2-4	5-8	10-15	12-20	12-20
99,375	2-4	2-4	2-5	5-10	12-20	12-20

### Лабораторная работа 39\*. Исследование остроты зрения при ослабленном освещении

Определение остроты зрения при ослабленном освещении применяется главным образом для лиц в возрасте до 30 лет обладающих нормальным зрением или небольшими степенями дальнозоркости (до +1.5 диоптрии) или близорукости (до - 3.0 диоптрии). Это исследование основано на определении времени необходимого для различения знаков таблицы после адаптации к яркому свету.

**Цель:** Определение остроты зрения при ослабленном освещении

**Материалы и приборы:** адаптометр АДМ-01 (Рис. 28), секундомер.

**Ход работы.** Включаем адаптометр, дополнительный светофильтр, а светофильтр-затемнитель выставляем на нуль. Поворотом барабана 9

устанавливаем одну из трех таблиц. В таблицах находятся ряды цифр соответствующих остроте зрения от 0.1 до 1.0. В каждой таблице расположение цифр меняется. Исследователь наблюдая в окошко 3 может контролировать показания испытуемого. Измерительную диафрагму 8 открываем полностью и в этих условиях измеряем остроту зрения (должна быть не ниже 0.7). Если различие таблиц требует коррекции, то исследование проводят в очках. Далее поворотом барабана 12 устанавливаем фильтр-затемнитель 1.3 и измерительную диафрагму - 0.5. Суммарная оптическая плотность получится 1.8. Включаем и открываем шар на две минуты.

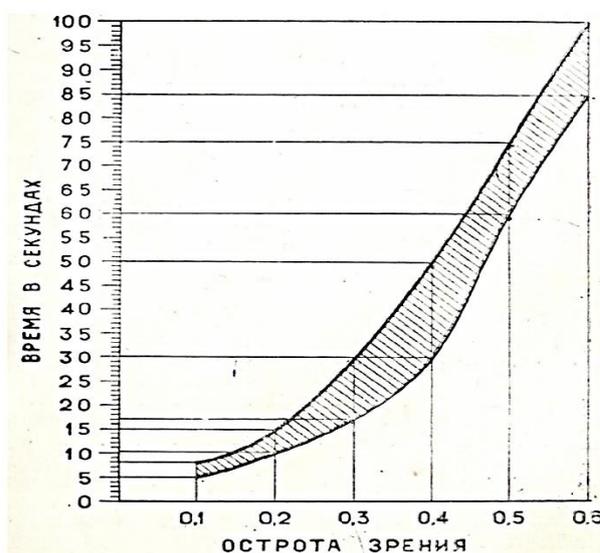


Рис. 30. Зона нормы для исследования остроты зрения при ослабленном освещении

За время световой адаптации испытуемого объясняют, что после адаптации свет погаснет, но освещение таблицы увеличится и можно будет увидеть черные точки, а потом и цифры. По мере появления цифр испытуемый должен их читать вслух слева направо. После окончания адаптации свет в шаре выключается и включается лампа адаптометра. Поворотом ручки 2 отверстие шара открывается. Исследователь фиксирует время с момента окончания световой адаптации до момента, когда острота

зрения достигла 0.1, 0.3, 0.5 и т.д. Данные представляются на графике аналогичном рисунку 27. Исследование продолжается 60-70 секунд и за это время острота зрения должна достичь 0.5-0.6.

### **Патологии зрения (оптической системы).**

Патология оптической системы глаза (роговицы, хрусталика, стекловидного тела) имеет своим следствием потерю или ухудшение одной из ведущих составляющих зрительного восприятия – рефракции, обеспечивающей фокусировку изображения на сетчатке. Нарушения рефракции проявляются в дальнозоркости, близорукости и астигматизме.

Дальнозоркость – один из видов аномалий рефракции, характеризующийся тем, что лучи света от любого близко расположенного объекта фокусируются за сетчаткой, вследствие чего изображение на сетчатке предстаёт расплывчатым. Причиной дальнозоркости может быть или относительная слабость преломляющего аппарата глаза (так называемая рефракционная дальнозоркость), или относительная короткость переднезадней оси глаза (так называемая осевая дальнозоркость). Рефракционная дальнозоркость почти всегда носит приобретенный характер и развивается в результате различных патологических процессов (уплощения роговицы, отсутствия хрусталика и пр.). Осевая дальнозоркость, как правило, врождённой природы. 90% детей рождаются с небольшой дальнозоркостью (1–3 диоптрии), но к 8–12 годам у большинства детей глаза становятся соразмерными (эмметропичными) и даже может развиваться близорукость.

Большинство дальнозорких людей хорошо видит вдаль, и часто вполне удовлетворительно вблизи. Объясняется это аккомодацией глаза, позволяющей за счёт дополнительного напряжения связочного аппарата хрусталика сильнее преломлять попадающие в глаз лучи и сводить их в фокус на сетчатке. Следовательно, лица с дальнозоркостью вынуждены постоянно напрягать аккомодацию как при зрении вблизи, так и вдаль, создавая некоторое привычное, постоянное напряжение мышц. При

отсутствии коррекции зрения стёклами, за счёт постоянного напряжения аккомодации у гиперметропов легко развиваются явления утомления глаз, выражающиеся в появлении головной боли, тупой боли во лбу и около глаз, чувстве давления в глазах, нарушении восприятия текста при чтении (буквы сливаются, становятся неясными).

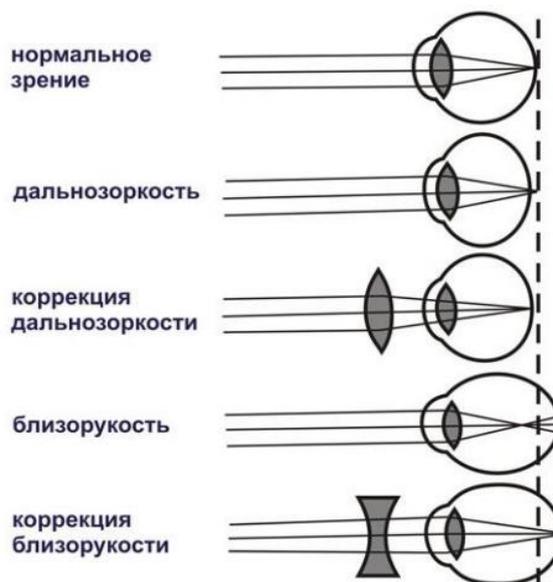


Рис. 31. Рефракция глаза человека и ее аномалии. Методы коррекции

В громадном большинстве случаев близорукость начинает развиваться в школьные годы, особенно в старших классах, и с возрастом, если не принять профилактических мер, продолжает прогрессировать («прогрессирующая близорукость»). При прогрессирующей близорукости выделяют 2 этапа: псевдблизорукость («спазм аккомодации») и истинная близорукость. Спазм аккомодации – это функциональное состояние напряжения рефракции, которое снимается специальными упражнениями, после чего зрение вновь восстанавливается до нормального. Истинная близорукость – это патологическое состояние, требующее очковой коррекции. Основные причины прогрессирующей близорукости кроются в чрезмерном напряжении аккомодации глаза, вызванном большой зрительной нагрузкой.

Астигматизм – характеризуется сочетанием в одном глазу разных видов рефракции или разных степеней рефракции одного вида, в силу неравномерной кривизны роговой оболочки, а в некоторых случаях – неправильной формы хрусталика. При наличии астигматизма глаза лучи, исходящие из любой точки, не дают на сетчатке точечного фокусного изображения. Хотя это нарушение рефракции встречается довольно часто, знания о причинах его развития и эффективной коррекции до сих пор остаются далеко не полными. Астигматизм не только резко снижает и затрудняет коррекцию остроты зрения, но и приводит к искажению изображения на сетчатке. Коррекция астигматизма связана с индивидуальным изготовлением линз, учитывающим топографию на роговице зон с изменённой преломляющей способностью и, как правило, сопутствующее миопическое или гиперметропическое нарушение рефракции. Теоретически возможно, что преломляющие способности правого и левого глаза могут быть абсолютно одинаковыми, однако на практике такое бывает чрезвычайно редко.

Косоглазие (страбизм). Кроме сходящегося или расходящегося косоглазия, редко, но встречается альтернирующее косоглазие, когда косит то один глаз, то другой. Глаза могут косить постоянно или время от времени (перемежающее косоглазие), но во всех случаях косоглазия в акте зрения участвует один глаз – другой в это время направлен в сторону. По большей части, косоглазие считается результатом неправильного развития бинокулярного зрения в детском возрасте. При этом оба глаза являются функционирующими, но теряют способность работать согласованно. Довольно часто косоглазие бывает связано с сильной дальнозоркостью. Это – классический случай косоглазия, при котором один из глаз сдвинут к переносице.

## Лабораторная работа 40<sup>#</sup>. Миопия и гиперметропия

Модель глаза представляет собой круглый сосуд, заполненный жидкостью, с выпуклым круглым стеклянным окошком на одной из стенок, имитирующим роговицу. В сосуд погружена мембрана, соответствующая радужной оболочке, а также двояковыпуклая линза – хрусталик и экран – сетчатка.

**Цель:** наблюдение оптической системы глаза в модели.

**Материалы и приборы:** модель глаза (рис. 32).

**Ход работы:**

Работа проводится в затемненной комнате. Возьмите модель глаза. Добавьте в жидкость в шприце несколько капель раствора флуоресцина.



Рис. 32. Модель глаза

Поместите перед моделью источник света (свечу, фонарик, лампу), и перемещайте экран модели так, чтобы изображение было хорошо сфокусировано – это соответствует нормальному эметропическому глазу. Замерьте продольную ось глаза.

Теперь приблизьте экран к линзе. Продольная ось глаза станет слишком короткой, и изображение будет расплывчатым. Если перед глазом поместить подходящую выпуклую линзу либо увеличить выпуклость

хрусталика, изображение вновь окажется сфокусированным. Такой же эффект наблюдается при аккомодации.

Отодвиньте экран так, чтобы продольная ось глаза стала длинной, как при миопии. Изображение останется расплывчатым до тех пор, пока источник света не приблизится к глазу или не поставит перед глазом вогнутую линзу.

Нарисуйте ход световых лучей в оптической системе глаза в трех проделанных опытах.

### **Лабораторная работа 41. Астигматизм и астигматический веер**

Астигматическим веером называется рисунок в виде радиально расходящихся лучей (рис. 33).

**Цель:** освоение метода выявления астигматизма.

**Материалы и приборы:** астигматический веер.

**Ход работы:**

Обеспечить достаточную освещенность помещения. Снять очки или контактную оптику. Встать на расстоянии 1-2 метров от рисунка – астигматический веер.

Ладонью или листом бумаги закрыть правый глаз и рассматривать рисунок 33 в течение 3 секунд. То же самое повторить для левого глаза. Открыть оба глаза и посмотреть на изображение бинокулярным зрением. Проводить его рекомендуется в утреннее время при естественном освещении. Если возникли сомнения по поводу объективности результата, тест можно повторить несколько раз.

Если картинка, воспринимаемая одним глазом, будет отличаться от картинки другого глаза, есть основания заподозрить астигматизм. Признаки астигматизма: в центре звезды Сименса (рис. 33) формируется овал, эллипс или фигура неправильной формы; линии изгибаются, меняют толщину и

контрастность; при высокой степени нарушения лучи будут сливаться в одну серую массу.

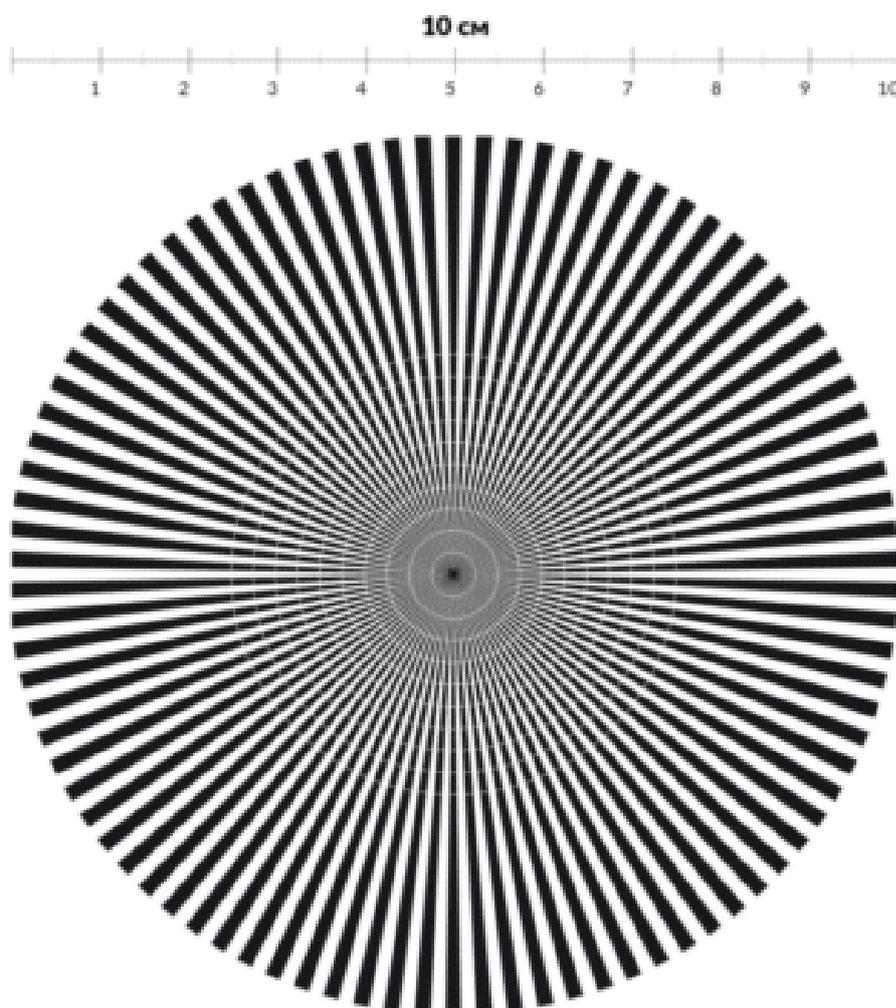


Рис. 33. Астигматический веер или звезда Сименса

Если отклонения рефракции отсутствуют, на расстоянии 25 мм от центра окружности лучи начинают сливаться с образованием серого фона. В центре черные линии будут казаться белыми и формировать четкий круг. Все лучи прямые и четкие, а диаметр веера будет меняться при изменении расстояния до картинки.

Провести тест с астигматическим веером. Записать наличие/отсутствие признаков астигматизма у испытуемого.

## Лабораторная работа 42. Проба на косоглазие

**Цель:** освоить методы исследования косоглазия.

**Ход работы:**

Испытуемый пристально смотрит на правый указательный палец исследователя. Палец исследователя располагается на расстоянии около 0,5 м от глаза испытуемого. Далее, исследователь прикрывает левой рукой правый глаз испытуемого, так чтобы он мог видеть ваш палец только левым глазом.

Теперь исследователь резко отодвигает левую руку от правого глаза испытуемого и прикрывает его левый глаз. Если в этот момент правый глаз совершит движение вправо или влево, то это свидетельствует о наличии косоглазия. Если же глаз останется неподвижным, то косоглазия отсутствует.

Запишите наличие/отсутствие признаков косоглазия у испытуемого.

## Лабораторная работа 43. Тест Амслера

Тест Амслера (тест «Сетка Амслера», или «Решетка Амслера») помогает быстро выявить определённые нарушения зрения в центральном зрительном поле. Это очень важно при ряде заболеваний, которые лучше поддаются лечению на ранних стадиях.

Марк Амслер - известный врач офтальмолог, работал в университетской клинике Цюриха. Известность Амслеру принёс его тест, «сетка Амслера», который используется с 1945 г.

**Цель работы:** исследовать зрение у людей для выявления патологии центральной области сетчатки (макулярной зоны), а также повреждений зрительного нерва.

**Материалы и приборы:** решетка Амслера (рис. 34).

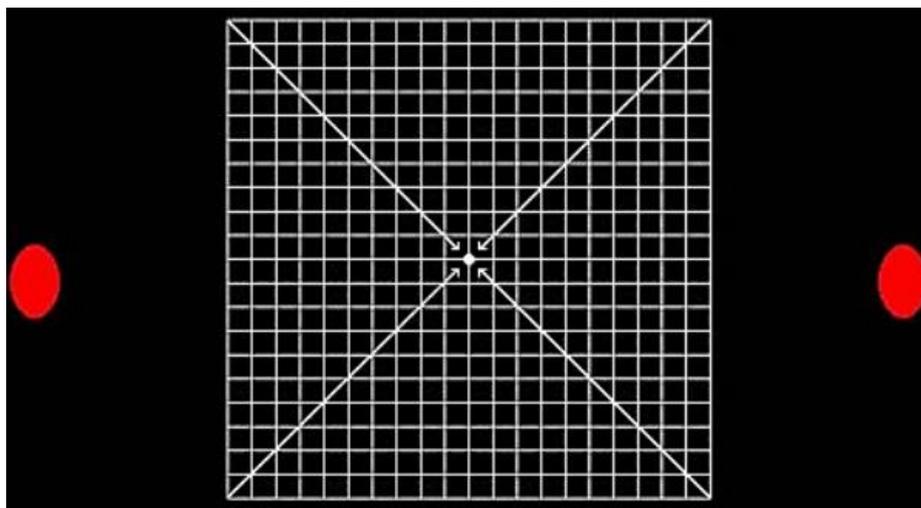


Рис. 34 Решетка Амслера

**Ход работы:**

Если вы обычно носите очки, наденьте их. Пристально смотрите одним глазом на центральную точку сетки, расположенной примерно на расстоянии вытянутой руки. Не отрывая взгляда от центральной точки, медленно приближайте лицо к рисунку, примерно до расстояния 20-30 см.

Повторите исследование другим глазом.

**При оформлении результатов письменно ответьте на вопросы:**

1. Можно ли было видеть все четыре угла сетки, не отрывая взгляда от точки?
2. Все ли линии казались прямыми и непрерывными?
3. Видны ли в поле зрения, в пересечениях чёрных линий, белые точки (они могут появляться и исчезать)?

Если на все вопросы ответ положительный, то очевидных признаков нарушения зрительных функций глаза нет, и макулярная (центральная) область сетчатки в норме. Линии сетки должны быть ровными и без пробелов, а её поле - без серых пятен (рис. 34). Если же линии выглядят волнистыми или искривленными (рис. 35), лучше обратиться к врачу немедленно. При достижении возраста около 60 лет рекомендуется проверять зрение тестом Амслера раз в месяц. Сделайте вывод.

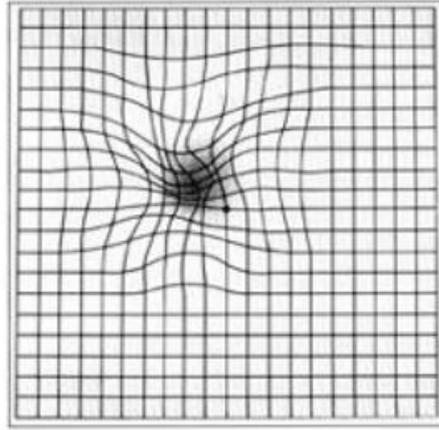


Рис. 35. Пример изменения решетки Амслера при патологии

**Контрольные вопросы:**

1. В чем разница между скотопическим и фотопическим зрением.
2. Чем характеризуется острота зрения? Чему равна величина этого критерия в норме?
3. С помощью какой таблицы определяют и по какой формуле рассчитывают остроту зрения? Поясните значение элементов формулы.
4. Что такое поле зрения и что оно характеризует?
5. Каковы механизмы темновой и световой адаптации
6. Бинокулярное зрение. Каковы механизмы слияния изображений, возникающих на двух сетчатках?
7. Какие фотохимические процессы происходят в фоторецепторах при попадании на них кванта света?
8. Каковы молекулярные механизмы трансдукции, происходящие в фоторецепторах?
9. Теории восприятия цветовых стимулов.
10. Какова организация рецептивных полей ганглиозных клеток сетчатки?
11. Какие аномалии рефракции Вы знаете? Нарисуйте схемы фокусировки лучей света от близких и удаленных предметов в эмметропическом, гиперметропическом и миопическом глазу.

12. Какие структуры входят в состав органа зрения?
13. Строение глазного яблока.
14. Зрачок: роль в зрительном акте. Механизм регуляция просвета зрачка. Почему зрачки обоих глаз реагируют на свет одинаково?
15. Объясните механизм изменения кривизны хрусталика (аккомодация) при рассматривании близко расположенных и удаленных от глаза предметов.
16. Понятие о центральном и периферическом зрении.
17. Микроскопическое строение фоторецепторов (палочек и колбочек).
18. Функции палочек и колбочек.
19. Оптическая система глаза. Укажите последовательно, через какие части глаза проходит свет, прежде чем попадает на сетчатку
20. Перечислите слои сетчатки. Назовите функции каждого слоя сетчатки.
21. Перечислите этапы преобразования световой энергии в нервный импульс.

## Вопросы для подготовки к семинарским занятиям

1. Понятие о анализаторе. Функции сенсорных систем. Принцип работы. Рецепторы.
2. Соматосенсорный анализатор. Периферические органы, проводящие пути, центры в ЦНС – общая характеристика.
3. Строение кожи человека, как анатомической основы соматосенсорного анализатора.
4. Тактильная рецепция. Адаптация кожных тактильных рецепторов. Тактильные рецепторы, классификация, расположение в коже (волосяной /безволосой).
5. Терморепция. Адаптация кожных температурных рецепторов.
6. Болевой анализатор. Нейрофизиологическая основа боли.
7. Мышечная и суставная рецепция (проприореция). Характеристика двигательного анализатора. Общие принципы работы.
8. Переработка соматосенсорной информации. Лемнисковый путь, спиноталамический путь.
9. Слуховой анализатор. Строение и функции наружного и среднего уха.
10. Внутреннее ухо. Движение звукового раздражения к слуховым рецепторам. «Звуковые среды» уха. Передача звуковых колебаний по каналам улитки.
11. Рецепторный отдел слухового анализатора. Электрические явления в улитковом аппарате уха. Механизмы рецепции звука. Трансформация звука в нервное возбуждение.
12. Подкорковые центры слуха. Трансформация сенсорных сигналов в этих отделах.
13. Восприятие звука в корковом отделе слухового анализатора.
14. Анализ частоты и интенсивности звуков. Звуковые ощущения. Адаптация.

15. Вестибулярный анализатор. Организация и функции.
16. Возбудимость и функциональная устойчивость вестибулярной сенсорной системы.
17. Центральные механизмы чувства равновесия.
18. Вкусовой анализатор. Строение рецепторного аппарата.
19. Проводящие пути и отделы ЦНС, отвечающие за восприятие вкуса.
20. Молекулярные механизмы вкусового восприятия. Чувствительность рецепторов к разным видам вкусовых раздражений. Вкусовая карта языка.
21. Обонятельный анализатор. Рецепторы обоняния. Механизмы восприятия запахов рецепторами обоняния.
22. Обонятельные центры головного мозга. Связь обонятельных и вкусовых центров ЦНС.
23. Висцеральный анализатор. Рецепторы. Отделы висцерального анализатора.
24. Оптическая система глаза. Строение и принципы функционирования.
25. Аккомодация (понятие аккомодации, механизм) и зрачковый рефлекс. Старческая дальнозоркость.
26. Строение и функция преломляющих сред глаза. Построение изображения на сетчатке.
27. Аномалии рефракции глаза. Близорукость, дальнозоркость, астигматизм.
28. Рецепторный аппарат зрительного анализатора. Его строение (пигментный слой, фоторецепторы, нейроны сетчатки, слепое пятно) и функционирование.
29. Восприятие пространства. Бинокулярное зрение.
30. Острота зрения. Центральное и периферическое зрение, поле зрения.

31. Основные принципы цветового зрения. Теории цветоощущения. Цветовая слепота.

### Список использованной литературы

1. Альтмана Я.А. Физиология сенсорных систем. Учебное пособие / под ред. Альтмана Я.А. СПб: Изд-во Паритет, 2003, 352 с.
2. Kandel E.R. Principal of neural science. / E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessel The McGraw-Hill Companies. 2002. 1321 p
3. Генералова А.В. Психологический практикум. Ощущение. Восприятие. Представление. Учебно-методическое пособие. / Сост.: А.В. Генералова, О.Ю. Гроголева Омск: Изд-во Омский гос. ун-т, 2004, 68 с.
4. Тарасова А.Ф. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. Практикум для студентов. / Сост.: А.Ф. Тарасова, А.П. Салей Воронеж: Изд-во Полиграфическая лаборатория ВГУ, 2003, 32 с.
5. Шмитд Р. под ред. Основы сенсорной физиологии. М: Изд-во Мир, 1984, 288с
6. Бабенко В.В. Методы оценки состояния сенсорных систем (зрительная и слуховая системы). Учебно-методическое пособие. / В.В. Бабенко, О.М. Бахтин Ростов на-Дону. 2002, 89 с.
7. Рахманкулова Г.М. Физиология сенсорных систем. Казань: изд-во КГУ. 1986, 93 с.
- 8 Будылина С.М. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии. Учебное пособие / под редакцией С.М. Будылиной, В.М. Смирнова. М: Изд-во Академия. 2005, 336с.
- 9 Andrew V. L. Экспериментальная физиология / V. L. Andrew, перевод М.А. Каменской М : Изд-во Мир. 1974, 350 с.
- 10 <https://glaza.guru/bolezni-glaz/zabolevaniya/ametropiya/astigmatizm/testy-na-ast.html>

11. Морякина С.В. Физиология сенсорных систем. Учебно-методическое пособие / Сост.: С.В. Морякина, В.А. Анзоров Грозный: Изд-во ЧГУ, 2015, 154 с.

### **Литература для самостоятельной подготовки**

1. Ситдикова Г.Ф. Практикум по физиологии сенсорных систем / Г.Ф. Ситдикова, О.В. Яковлева, А.В. Яковлев Казань: Изд-во КГУ, 2009, 36 с
2. Вартамян И.А. Физиология сенсорных систем (руководство). СПб: Изд-во Лань, 1999, 224 с.
3. Дмитриева Т.М. Основы сенсорной экологии. М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народы, 1999, 168 с.
4. Шмитд Р. под ред. Основы сенсорной физиологии. М: Изд-во Мир, 1984, 288с
5. Шмитд Р. Физиология человека и животных. в 3-х томах. Р. Шмитд, Г. Тевс Пер. с англ. 3-е изд. - М: Изд-во Мир, 2005; Т.1 - 323с., Т.2 - 314с.; Т.3 - 228с.
6. Альтман Я.А. Слуховая система. / Я.А. Альтман, Н.Г. Бибииков, И.А. Вартамян и др. Л.: Изд-во Наука, 1990, 620 с.
- 7 Батуев А.С. Введение в физиологию сенсорных систем. / А.С. Батуев, Г.А. Куликов М.: Изд-во Высшая школа, 1983, 247 с.
- 8 Лупандин В.И. Основы сенсорной физиологии (уч. пособие). / В.И. Лупандин, О.Е. Сурнина Екатеринбург, 2001, 235 с.

## Темы для рефератов

1. Врожденные патологии зрительной системы
2. Аномалии роговицы (кератиты)
3. Аномалии и патологии склеры
4. Глаукома
5. Возрастная макулярная дегенерация
6. Возрастные особенности зрительной сенсорной системы
7. Патологии глазодвигательного аппарата
8. Патологии хрусталика
9. Патологии сетчатки
10. Патологии стекловидного тела
11. Патологии сосудистой оболочки
12. Аномалии и заболевания склеры
13. Слепота (эпидемиология, классификация и патогенез, причины развития заболевания, методы коррекции).
14. Патология внутриглазного давления.
15. Травмы органа зрения.
16. Профессиональные заболевания органа зрения.
17. Нарушения рефракции и их коррекция.
18. Функциональные нарушения слуха.
19. Классификация и характеристика стойких нарушений слуха. Глухота и тугоухость. Виды глухоты. Распространенность и причины стойких нарушений слуха: врожденные, наследственные и ненаследственные заболевания.
20. Приобретенные нарушения слуха, роль болезней периферического отдела слухового анализаторов, общих и мозговых инфекционных заболеваний, токсических, химических веществ, травм мозга.
21. Отосклероз. Основы тимпаноластики. Основы слухопротезирования. Современные слуховые аппараты, слухоулучшающие операции. Протезирование слуха, электродно имплантационное протезирование.

22. Основные профилактические и лечебные мероприятия при нарушениях слуха у детей.
23. Чувствительность слуховой сенсорной системы. Слуховая адаптация, слуховое утомление.
24. Возрастные особенности слуховой сенсорной системы. Воздушная, костная проводимость в норме и при нарушении слуха
25. Нарушение слуха: глухота и тугоухость (эпидемиология, классификация и патогенез, причины развития заболевания, методы коррекции)
26. Аномалии развития уха
27. Болезни наружного уха
28. Болезни среднего уха
29. Болезни внутреннего уха
30. Вестибулярные нарушения (эпидемиология, классификация и патогенез, причины развития заболевания, методы коррекции).
31. Травматические поражения слухового анализатора. Механические, химические поражения и баротравмы слухового анализатора. Шумовые поражения. Воздушная контузия.
32. Патологии кожной сенсорной чувствительности.
33. Патологии соматовисцеральной чувствительности
34. Патофизиология ноцицепции (боли)
35. Нарушения чувствительности (механизмы)
36. Аномалии вкусовой чувствительности и ее причины
37. Обоняние и его патологические нарушения. Гипосмия, гиперосмия, anosmia. Симптомы, причины, лечение.



## Данные о некоторых типах рецепторов

Природа раздражителя	Тип рецептора	Место расположения и комментарии
Электрическое поле	Ампула Лоренцини и другие типы	Имеются у рыб, круглоротых, амфибий, а также у утконоса и ехидны
Химическое вещество	Хеморецептор	Хеморецепторы человека могут относиться либо к экстерорецепторам, либо к интерорецепторам. Среди экстероцептивных хеморецепторов различают два вида: вкусовые рецепторы и обонятельные рецепторы. Вкусовые рецепторы расположены во вкусовых почках (луковицах) языка. Обонятельные рецепторы расположены в эпителии полости носа. Интероцептивные хеморецепторы чувствительны к изменениям химических компонентов крови и др. внутренних сред организма. Они могут быть сконцентрированы в рефлексогенных зонах специализированных образований. Именно так расположены хеморецепторы каротидного тельца. Хеморецепторы также могут быть диффузно распределены по различным органам и тканям. Подобным образом распределены хеморецепторы кровеносного русла сердечно-сосудистой системы. Основной регулятор активности центрального дыхательного механизма — афферентная сигнализация о газовом составе внутренней среды организма. Эта сигнализация исходит от центральных (бульбарных) и периферических (артериальных) хеморецепторов, которые чувствительны к напряжению $\text{CO}_2$ и концентрации ионов $\text{H}^+$ во внеклеточной жидкости мозга.
Влажность	Гигро-рецептор	Относятся к осморецепторам или механорецепторам. Располагаются на антеннах и ротовых органах многих насекомых
Механическое	Механо-	У человека имеются в коже (экстероцепторы)

воздействие	рецептор	и внутренних органах (барорецепторы, проприоцепторы)
Давление	Баро-рецептор	Относятся к механорецепторам. Воспринимают механическое растяжение стенки полого органа (кишки, сосуда), обусловленное давлением его содержимого.
Положение тела	Проприо-цептор	Относятся к механорецепторам. Главная функция этих рецепторов - восприятие информации о положении частей тела относительно друг друга и в пространстве, а также о его изменении. У человека это нервно-мышечные веретена, сухожильные органы Гольджи, суставные рецепторы и др.
Осмотическое давление	Осмо-рецептор	В основном интерорецепторы; у человека имеются в гипоталамусе, а также, вероятно, в почках, стенках желудочно-кишечного тракта, возможно, в печени. Существуют данные о широком распространении осморекцепторов во всех тканях организма
Свет	Фото-рецептор	Фоторецепторы - это все светочувствительные образования от стигмы одноклеточных организмов и одиночных рассеянных по телу светочувствительных клеток (черви, ланцетник) до специализированных зрительных клеток (палочковые клетки и колбочковые клетки) сетчатки глаза - сложного органа фоторецепции животных и человека. К фоторецепторам относят также различные структуры - хлоропласты растений, пластиды водорослей, хроматофоры бактерий, содержащие пигменты и обеспечивающие фотобиологические процессы
Температура	Термо-рецептор	Реагируют на изменение температуры. У человека имеются в коже и в гипоталамусе. Повреждение тканей
Боль	Ноцицептор	В большинстве тканей с разной частотой Болевые рецепторы — свободные нервные окончания немиелинизированных волокон типа С или слабо миелинизированных волокон типа Аδ
Магнитное поле	Магнитные рецепторы	Точное расположение и строение неизвестны, наличие у многих групп животных доказано поведенческими экспериментами

**СПЕЦИФИЧНОСТЬ**

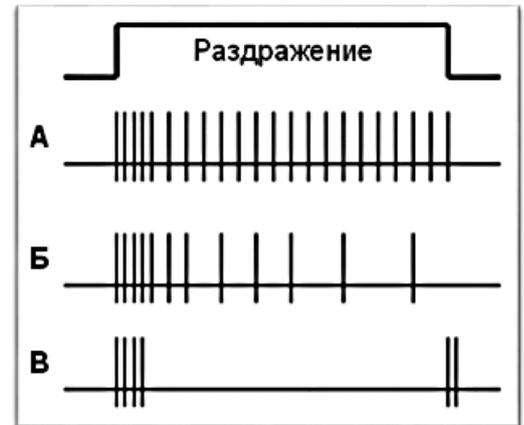
Большинство рецепторов приспособлены для восприятия только одного вида раздражителей (только одной модальности)

**ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ**

*Абсолютный порог чувствительности* - минимальная сила раздражителя, способная вызвать возбуждение рецептора.

**АДАПТАЦИЯ**

Ослабление возбуждения в рецепторе при действии длительного раздражителя постоянной силы.



Адаптация тонических (А), промежуточных (Б) и фазных рецепторов (В) к длительно действующему раздражителю постоянной силы.

Общие принципы строения сенсорных систем

<p><b>Принцип многоэтажности</b></p>	<p>В каждой сенсорной системе существует несколько передаточных промежуточных инстанций на пути от рецепторов к коре больших полушарий головного мозга</p>
<p><b>Принцип многоканальности</b></p>	<p>Наличие в каждом слое множества (от десятков тысяч до миллионов) нервных клеток, связанных с множеством клеток следующего слоя. Наличие таких параллельных каналов обеспечивает точность и детальность анализа сигналов</p>
<p><b>Принцип двойственности проекций</b></p>	<p>Нервные импульсы от каждой сенсорной системы передаются в кору по двум принципиально различным путям - специфическому (мономодальному) и неспецифическому (мультиформальному).</p>
<p><b>Принцип конвергенции</b></p>	<p>Конвергенция – это схождение нервных путей в виде суживающейся воронки. За счёт конвергенции нейрон верхнего уровня получает возбуждение от нескольких нейронов нижележащего уровня</p>
<p><b>Принцип дивергенции</b></p>	<p>Дивергенция - это расхождение потока возбуждения на несколько потоков от низшего этажа к высшему (напоминает расходящуюся воронку).</p>
<p><b>Вертикальная и горизонтальная дифференциация</b></p>	<p>Дифференциация по вертикали заключается в образовании отделов, каждый из которых состоит из нескольких нейронных слоев. Дифференциация по горизонтали заключается в различных свойствах рецепторов, нейронов и связей между ними в пределах каждого из слоев</p>

## Механизмы фоторецепции

№ этапа	Механизм
1 этап	С помощью оптических сред глаза (роговица, хрусталик) на фоторецепторах сетчатки образуется действительное, но перевернутое изображение предметов внешнего мира.
2 этап	Под действием световой энергии в фоторецепторах (колбочки, палочки) происходит сложный фотохимический процесс, приводящий к распаду зрительных пигментов с последующей их регенерацией при участии витамина А и других веществ. Этот фотохимический процесс способствует трансформации световой энергии в нервные импульсы.
<b>Световой ток.</b> На свету $\text{Na}^+$ каналы рецепторных клеток закрываются и происходит их гиперполяризация.	
<b>Темновой ток.</b> В темноте ионные каналы в клеточной мембране рецепторов сетчатки поддерживаются в открытом состоянии за счет связывания белков ионных каналов с цГМФ. Потоки в клетку ионов $\text{Na}^+$ и $\text{Ca}^{2+}$ через открытые каналы обуславливают темновой ток.	
3 этап	Импульсы, возникшие в фоторецепторах, проводятся по нервным волокнам к зрительным центрам подкорковых образований и коры мозга.
4 этап	В корковых центрах происходит превращение энергии нервных импульсов в зрительное ощущение и восприятие.