

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Биолого-почвенный факультет
Кафедра физиологии человека и животных*

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

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Казань
2009

Печатается по решению Научно-методического совета
биолого-почвенного факультета
Казанского государственного университета

Рецензент: к.б.н., доцент А.А.Еремеев

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

Практикум по физиологии сенсорных систем: кожная сенсорная система, слуховой анализатор, вкусовая чувствительность/ Ситдикова Г.Ф., Яковлева О.В., Яковлев А.В. – Казань: КГУ.- 2009. – 39 с.

В настоящий практикум включены практические и лабораторные работы по разделам кожная сенсорная система, слуховой анализатор, вкусовая чувствительность, зрительный анализатор, составленные в соответствии с теоретическим спецкурсом «Физиология сенсорных систем». Работы рассчитаны на самостоятельное выполнение их студентами. Каждая лабораторная работа включает в себя теоретическую часть, методические указания и практические задачи. После выполнения работы студенты делают выводы на основании полученных экспериментальных исследований. Для контроля уровня знаний студентов по пройденному материалу в пособии имеются контрольные вопросы. Практикум предназначен для студентов, обучающихся на биологических факультетах.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. КОЖНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА (ОСЯЗАНИЕ)	7
1.1 Определение относительных и абсолютных порогов различения массы (Экспериментальная проверка закона Вебера-Фехнера)	7
1.2. Исследование адаптации кожного анализатора	9
Контрольные вопросы	9
Глава 2. СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР	10
2.1. Определение диапазона частоты слышимых звуков	12
2.2. Определение абсолютных порогов слуховой возбудимости	13
2.3. Определение дифференциальных (разностных) порогов	14
2.4. Адаптация слуха к звукам разной частоты	16
Контрольные вопросы	16
Глава 3 ВКУСОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ	17
3.1. Определение порогов вкусовой чувствительности. Вкусовая карта языка	18
3.2 Исследование вкусовой адаптации	19
3.3 Вкусовой контраст и смешение вкусов	20
3.4 Исследование адаптации обонятельного анализатора	20
Контрольные вопросы	21
Глава 4. ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР	21

4.1. Исследование остроты зрения	22
4.2. Исследование периферического зрения	25
4.2.1. Определение поля зрения при нормальном освещении	26
4.2.2. Влияние световой и темновой адаптации на поле зрения	27
4.2.3 Бинокулярное зрение и методы его исследования	28
4.3. Исследование световой чувствительности с помощью адаптометра АДМ-01	29
4.3.1. Определение кривой световой чувствительности во время длительного пребывания в темноте	31
4.3.2. Ориентировочное исследование световой чувствительности в течение трех минут	34
4.3.3. Исследование остроты зрения при ослабленном освещении	35
Контрольные вопросы	38
Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

Сенсорные системы – это совокупность вспомогательных образований, рецепторов, нервных путей и центров, раздражение которых приводит к появлению специфического чувства, характерного для данной сенсорной модальности. Основные функции сенсорной системы состоят в обеспечении человеку и животным обнаружения, различения и опознания сигналов внешнего мира и формирования сенсорных образов. 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. Все **сенсорные системы состоят** из периферических рецепторов, проводящих путей и переключательных ядер, первичных проекционных областей коры и вторичной сенсорной коры. 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 воспринять, 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.

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.

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.

Требование к оформлению и оценке лабораторных и практических работ. Лабораторные работы оформляются студентами в отдельной тетради по следующему плану:

1. Дата выполнения работы.
2. Номер лабораторной или практической работы.
3. Тема.
4. Цель.
5. Теоретическое обоснование.
6. Оборудование, необходимое для выполнения заданий.
7. Ход работы (краткое описание этапов выполнения работы и инструкция испытуемому).
8. Данные, полученные в ходе проведения исследования, представленные в виде таблиц, графиков.
9. Анализ полученных результатов
10. Выводы.

Зачет проходит в виде сдачи лабораторных работ. При проведении зачета учитываются следующие критерии:

- знание теории, предваряющей каждое практическое задание;
- активность работы студентов во время проведения экспериментов;
- правильность оформления работы;
- тщательность анализа результатов;
- обоснованность выводов.

Глава 1. КОЖНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА (ОСЯЗАНИЕ)

Кожа человека - сложный орган, выполняющий многочисленные функции: защитную, выделительную, секреторную, осязательную. Наружная поверхность кожи представляет собой огромное 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. Последнюю 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. Тактильные рецепторы подразделяют также на **фазные** и **статические**. Первые наиболее чувствительны к изменению скорости движения стимула, вторые - к постоянному действию стимула. Но не следует забывать, 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.

1.1. 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, чтобы их разницу можно было субъективно различить, получила название **дифференциального порога** или **порога различения**.

Э.Вебер (1831) установил:

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 - ΔI .

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

$\Delta I/I = k$ (константа). 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 :

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

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.

Целью работы: проверка закона Вебера-Фехнера для кинестетической чувствительности массы.

Для работы необходимо: 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, укладывается 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).

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

Таблица 1

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

Проделайте большое количество наблюдений и установите наименьшую разницу в весе, при которой ощущается различие в весе. Эта наименьшая разница называется **абсолютным порогом различения (ΔI)**. Под **относительным порогом различения** понимают отношение абсолютного порога различия к весу, при котором производится определение - $\Delta I/I$ – это разностный порог.

Полученные Вами цифры внесите в таблицу 1. Сделайте вывод.

1.2. 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. На тыльную поверхность ладони кладут груз массой 20 г. Определить время исчезновения ощущения давления на кожную поверхность. Снять груз.

Повторить опыт, увеличивая массу груза (50, 100, 200 г)

Построить график зависимости времени наступления адаптации от массы груза, т.е. силы кожного раздражения. 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?

Глава 2. 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.). 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 20000 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 и измеряется в децибелах (логарифм отношения мощности звука к пороговой, принятой за единицу). Силу звука можно выразить в абсолютных единицах:

- а) как количество энергии, проходящей за 1 сек через площадь 1 см^2 (эрг, микроватты) или
- б) как величину давления, производимого силой - 1 дин на 1 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 - 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 принимают величины 10^{-16} ватт/см² или 10^{-9} эрг/см²/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/ см²/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/см²/сек, а $10^{-1} / 10^{-9} = 100000000$; при громе $J = 10^3$ эрг/см²/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, такое количество нулей выписывать всякий раз 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 эта единица измерения оказалась слишком большой, обычно применяют величину в 10 раз меньшую, ее назвали децибелом (дБ).

J тихого шепота = 10^{-8} эрг/ см²/сек; $10^{-8}/10^{-9} = 10$, $\lg_{10} 10 = 1$ б = 10 дБ

J грома = $10^3/10^{-9} = 10^{12}$; $\lg 10^3/10^{-9} = \lg_{10} 10^{12} = 12$ б = 120 дБ

Применение шкалы децибелов значительно упростило вычисления. Человеческое ухо воспринимает звуки различной силы, от 1 до 140 дБ (рис. 1). Относительная сила всех слышимых звуков не превышает 140 дБ.

Порог слышимости – 0 дБ

Тиканье часов - 20 дБ

Тихий разговор - 40 дБ

В учреждениях - 57 дБ

В производственных предприятиях - 77 дБ

Самолет (5,4 м) - 115 дБ

На основании шкалы дБ разработаны рекомендуемые уровни интенсивности звука в различных общественных местах.

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.

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

Исследование слуховой чувствительности с помощью генератора сигналов ГЗ-18

Ознакомьтесь с работой звукового генератора ГЗ-18. Генератор ГЗ-18 - источник синусоидальных электрических колебаний звуковой частоты. **Диапазон частот** от 20 до 20000 Гц 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**", а также с помощью аттенюатора на 100 дБ ступенями через каждые 10 дБ - "**пределы шкал - ослабление, дБ**". Указанные пределы справедливы лишь при работе на активную согласованную нагрузку, равную 600 Ом в положении "АТЛ.6ГС" переключателя "сопротивление нагрузки". За нулевой уровень ("0" дБ) принято напряжение 0,775 В.

Подготовить прибор к работе. К выходу ГЗ-18 подсоединить наушники. Включить ГЗ-18 в сеть переменного тока напряжением 220 В. Тумблер включение сети установить в положение "Вкл", при этом должна загореться сигнальная лампочка. Установить ручку регулировки выхода в среднее положение. Установить на частотной шкале нулевую частоту. Установить шкалу настройки на нуль. Вращением ручки "Установка нуля" получить нулевые биения. Контроль нулевых биений производится либо по показателям стрелочного прибора, либо по оптическому индикатору. На основной шкале установить заданную частоту. Ручка «Настройка, Гц» позволяет производить плавное изменение частоты в пределах ± 60 Гц.

С использованием ГЗ-18 выполнить следующие задачи:

2.1. Определение диапазона частоты слышимых звуков.

Ухо человека приспособлено к восприятию звуковых колебаний в пределах 16-20 000 Гц. С возрастом, однако, верхняя граница меняется: у

детей она доходит до 22 тыс., а у стариков - до 15 тыс. После 40 лет каждые 6 мес. верхняя граница суживается на 80 Гц. Определить друг у друга верхнюю и нижнюю границу воспринимаемых частот при максимальной силе звукового раздражения. Сделать выводы.

2.2. Определение абсолютных порогов слуховой возбудимости.

Для определения чувствительности уха можно определить величину звукового давления на барабанную перепонку или измерить силу звука в свободном звуковом поле (таблица 2).

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

Таблица 2

Величина порога для тонов различной частоты

Частота	Звуковое давление, в барах	Сила звука (в 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

Регулятором выхода исходное напряжение по вольтметру поставить на «0 дб», а переключатель аттенюатора на -70 дб, частоту – на 125 Гц. Надеть наушники на испытуемого и посадить его спиной к прибору. Экспериментатор одной рукой нажимает на кнопку, а другой – усиливает звук до тех пор, пока он не будет слышан испытуемым. Для подачи звука кнопку отпускать на 1-2 с, а затем вновь нажать на кнопку или снять наушники. При продолжительном действии звука на ухо, его чувствительность может измениться. Грубую регулировку силы звука производить переключателем аттенюатора, а более тонкую в пределах 1-9 дб – по показателям стрелки

вольтметра. Полученную цифру записать. Допустим, Вы получили 50 дБ. Это означает, что при частоте 125 Гц пороговая интенсивность звука составляет исходный уровень напряжения 0.775×10^5 Вт.

Подобное определение абсолютного порога провести для частот: 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 и 16000 Гц). Определить верхнюю границу воспринимаемых частот. Полученные цифры представить в виде графика: «Зависимость пороговой возбудимости слухового анализатора от частоты звукового раздражения».

Сделайте выводы о частотах, при которых возбудимость слухового анализатора наибольшая (порог наименьший) (при частотах 100-3000 Гц).

2.3. Определение дифференциальных (разностных) порогов.

Для характеристики чувствительности слухового анализатора, кроме абсолютного порога, определяют еще и разностные пороги. Наш звуковой анализатор способен различать звуки по частоте и силе. Необходимо определить то минимальное изменение частоты (или силы) звукового раздражения, которое улавливается испытуемым.

Исходная величина силы J или частоты f звукового раздражения. Минимальное, едва заметное для уха изменение силы J_0 или частоты f_0 - абсолютный порог различения. Разностный порог J/J_0 - по силе; f/f_0 - по частоте. 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.

Определение разностных порогов по частоте.

Определите, при какой разнице в высоте (частоте) двух звуков исследуемый воспринимает их как различные. При частоте 200 Гц определить порог слышимости. Увеличить силу на 10 дБ. Увеличивать частоту до тех пор, пока испытуемый не заметит разницы в высоте двух звуков. При той же частоте усилить звук на 50 дБ, определить разностный порог для этой силы. Такие же измерения провести для частоты 2000 и 12000 Гц. Полученные цифры занести в таблицу 3.

Определение разностных порогов по силе.

Определить, при какой разнице в силе двух звуков исследуемый воспринимает их как различные. Найти порог слышимости при частоте 200 Гц. Не меняя частоты, усиливать интенсивность звука до тех пор, пока исследуемый не отличит исходный пороговый звук от усиленного. Найти разностный порог по интенсивности для частоты 200 Гц и силы звука 40 дБ над порогом. Такие исследования провести для 2000 и 12000 Гц. Результаты

занести в таблицу 4.

Таблица 3

Исходное раздражение	Минимальное раздражение, оцененное как более высокое	Разница в величине раздражения	Минимальный прирост раздражения
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 -//-			

Дифференциальный порог имеет 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 различение изменения частоты на 3 Гц (f) на каждые 1000 Гц (f).

Таблица 4

Исходное раздражение	Минимальное раздражение, оцененное как более сильное	Разница в величине раздражения	Минимальный прирост раздражения
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			

Люди, обладающие высокоразвитым слухом, в состоянии отличить тон в 1000 Гц от 1001 Гц. 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 различение 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.
Сделайте выводы.

2.4. 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 слушания его. В последующем случае он ощущается более слабым, заглушенным. По прекращении звучания тона слуховая чувствительность восстанавливается - происходит адаптация к тишине. Полное восстановление чувствительности наступает через 10-15с.

Определить порог слышимости для звука, частотой 100 Гц; увеличить силу звука на 10 дб. Подавать этот звук на ухо до тех пор, пока он не перестанет быть слышимым. Отметить это время.

Проделать то же самое 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?

Глава 3. ВКУСОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Вкусовые рецепторы играют важную роль в жизни организма, определяя вместе с обонятельными рецепторами пищевые поведенческие акты. 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**. 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 гаструцин, 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. Иннервация вкусовой области проходит в составе VII, IX и X пары черепно-мозговых нервов.

Вкусовые луковицы сосредоточены в различного типа **вкусовых 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. 1). 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.

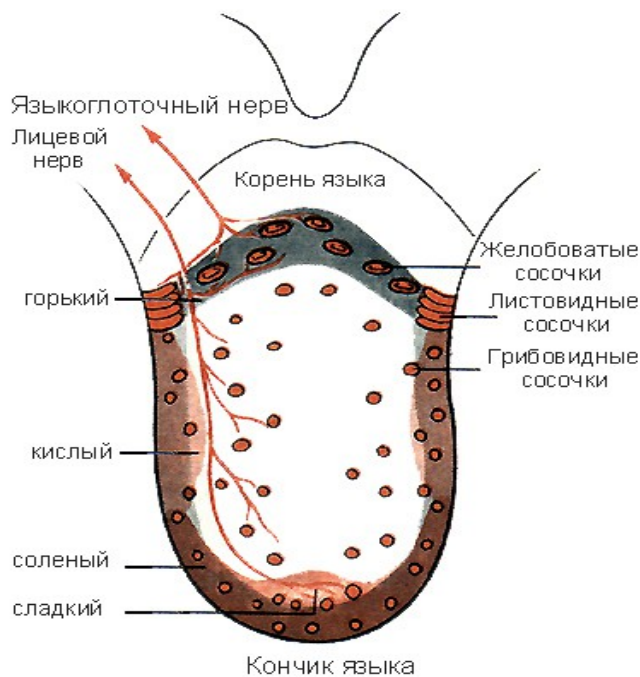


Рис. 1. Вкусовая карта, схема строения и иннервации языка

3.1. Определение порогов вкусовой чувствительности. Вкусовая карта языка.

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

Для работы необходимо: 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.

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.

Таблица 5

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

3.2. 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.

Для работ необходимо: 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.

3.3. 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.

Для работы необходимо: 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.

3.4. 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.

Для работы необходимо: ванилин, одеколон, спирт, ватка, 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.

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?

Глава 4. 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.

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 приспособливается 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».

4.1. 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 голландский 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.

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

Для работы необходимы: таблица Д.А. Сивцева, карточка для глаз.

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:

$$V = \frac{d}{D}, \text{ где}$$

V (*visus*) - острота зрения,

d - расстояние испытуемого от таблицы,

D - расстояние, с которого нормальный глаз должен отчетливо видеть данную строку (табл. 6).

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

стр ока	Расстояние от таблиц, м										Расстояние, на котором нормальный глаз видит данный ряд, м
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
1	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	50
2	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	25
3	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3	16
4	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.4	12.5
5	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	10
6	0.06	0.12	0.18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.54	0.6	8
7	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7	7
8	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8	6
9	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.9	5.5
10	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	5.0
11	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75	0.9	1.05	1.2	1.35	1.5	3.3
12	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5

Исследование остроты зрения правого и левого глаза. Обследуемый располагается на расстоянии 5 м от таблицы и прикрывает левый глаз (или правый) специальным щитком, глаз при этом не зажмуривается. Экспериментатор показывает обследуемому 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.

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 (табл.7).

Расстояние в м	Четко видимая строка		Острота зрения рассчитанная по формуле 1	
	Правый глаз	Левый глаз	для правого глаза	для левого глаза
5				
2				
3				
4				

4.2. Исследование периферического зрения

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 зрением, 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 поля зрения составляют: снаружи примерно 100° , кнутри и кверху - 60° , и книзу - 65° . Для различных цветов поле зрения также 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 1.

4.2.1. Определение поля зрения при нормальном освещении

Для работы необходимы: 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.

Переверните полукруг по очереди на 45° и 135° и снова протестируйте испытуемого по всем четырем цветам.

Повторите тоже самое для другого глаза.

На схеме (рис. 2), 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.

Сравнить полученные многоугольники с нормальными границами поля зрения и вычислить отклонение в градусах по различным меридианам для белого, красного, синего, зеленого и желтого цветов. Повторить измерения для другого глаза. Сравнить поля зрения для правого и левого глаз.

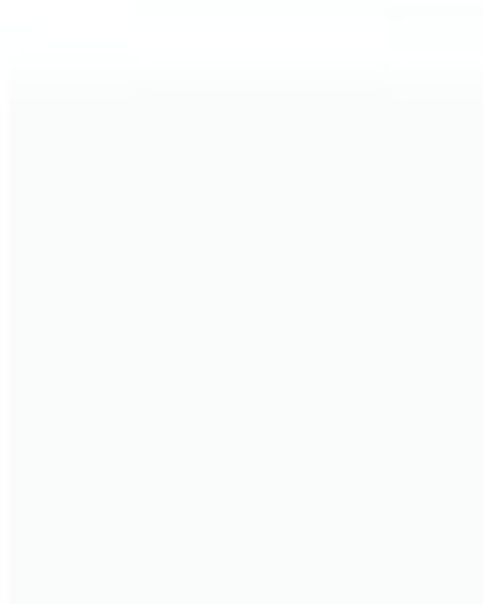


Рис. 2. Границы поля зрения для различных цветов (для левого глаза). Пунктиром показано поле зрения для белого цвета.

4.2.2. 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 адаптация протекает значительно быстрее и сопровождается снижением абсолютной чувствительности. На примере сетчатки можно показать, что количество функционирующих светочувствительных элементов на периферии сетчатки изменяется в зависимости от предварительно проведенной темновой или световой адаптации глаза.

Для работы необходимы: периметр, цветовые маркеры.

Ход работы. После проведения определения поля зрения посидеть 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 2. 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 8.

Таблица 8

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

4.2.3 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.

Существует много способов проверки бинокулярного зрения.

Для работы необходимы: лист плотной бумаги

Ход работы. Самый простой пробой является проба с появлением двоения в результате смещения глаза пальцем. На глаз не сильно надавливают пальцем через веко. Опыт Соколова проводится следующим образом. К глазу исследуемого приставлена 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.

4.3. 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 и после 45 минут. Если исследуемый глаз остается в темноте, светочувствительность продолжает повышаться. Причем светочувствительность нарастает тем скорее, чем до этого орган зрения был менее адаптирован к свету. 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 18 и штатива с подбородником (рис. 2). 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. (Апостильб – единица фотометрической яркости: $1 \text{ асб} = 10^{-4} \text{ лмб}$). Под углом 12° 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 C_0 – величина площади полного раскрытия диафрагмы (на шкале отметка 0). Штатив с подбородником служит для фиксации положения головы испытуемого во время проведения измерений.

4.3.1. 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. Напомним, что обратная величина порога характеризует чувствительность органов чувств.

Для работы необходимо: медицинский адаптометр типа АДМ-01 (Рис. 3).

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. 3), в которое предъявляются испытательные объекты повернуть так, чтоб указатель положения заслонки (1 на рис.3) показывал ЗАКР.

Поворотом барабана включения испытательных объектов (9 на рис.3) перед отверстием шара устанавливаем испытательный объект - круг. Переключатель 18 переводится в положение ИЗМЕРЕНИЕ. Включить дополнительный светофильтр со светопропусканием 1/100 (рукоятка 13 на рис.3 ставится в положение ВКЛ). Поворотом барабана 8 измерительная диафрагма закрывается до деления 1.4 по шкале барабана. Поворотом барабана 12 основные фильтры выключаются (в окошке должна быть цифра 0).

С помощью рукоятки 17 устанавливается яркость шара световой адаптации на деление 1/2. Затем переключатель 18 переводится 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.

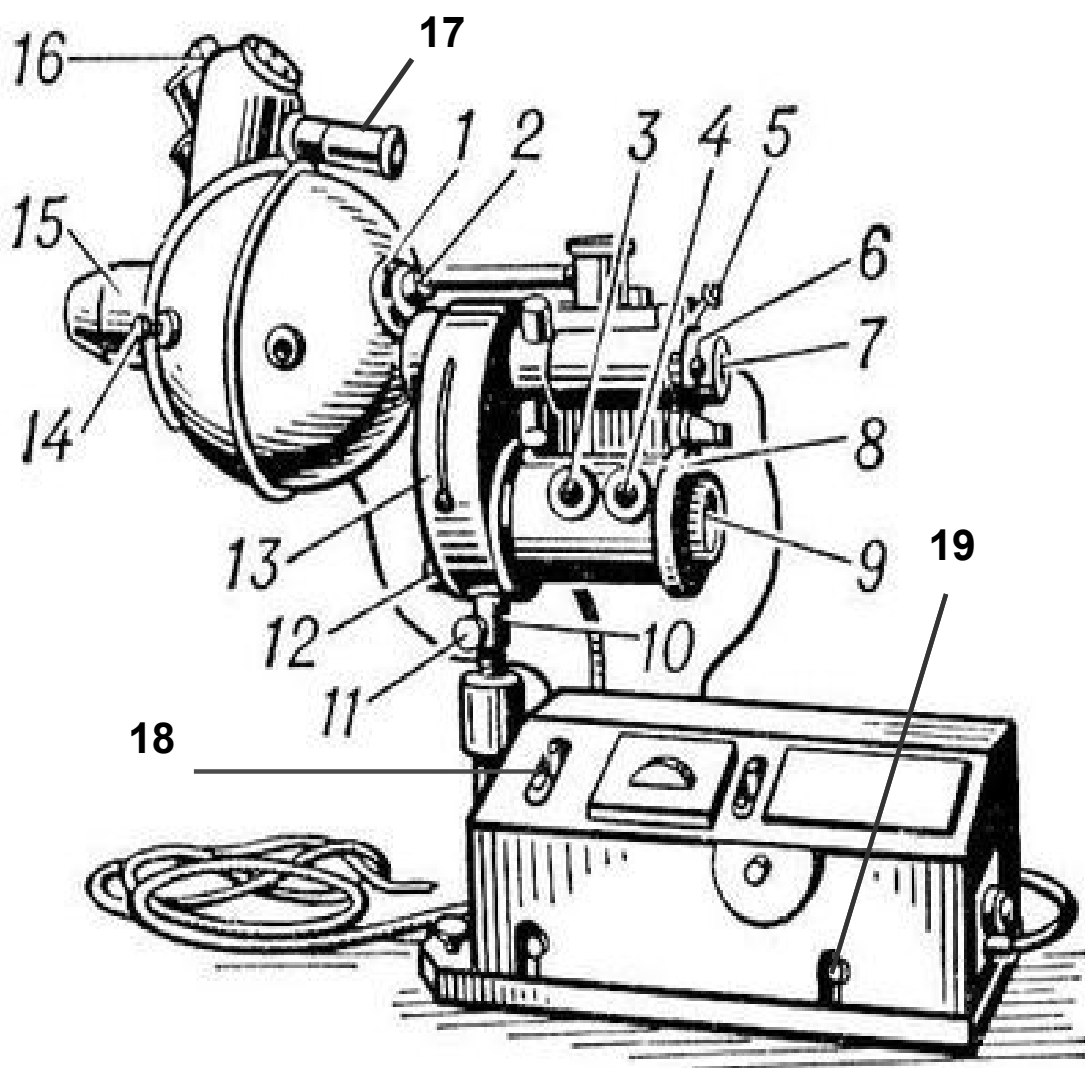


Рис. 3. Адаптометр АДМ-01 (со снятой ширмой): 1 — указатель положения заслонки; 2 — рукоятка заслонки, закрывающей отверстие шара, в которое предъявляются испытательные объекты; 3 и 4 — окна для наблюдения; 5 — винт, крепящий патрон измерительной лампы; 6 — корпус измерительной лампы; 7 — патрон измерительной 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.

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. Затем 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.3) отводится в положение открыто. Переключатель 18 переводится в положение ИЗМЕРЕНИЕ, выключается свет в шаре и включается лампа адаптометра.

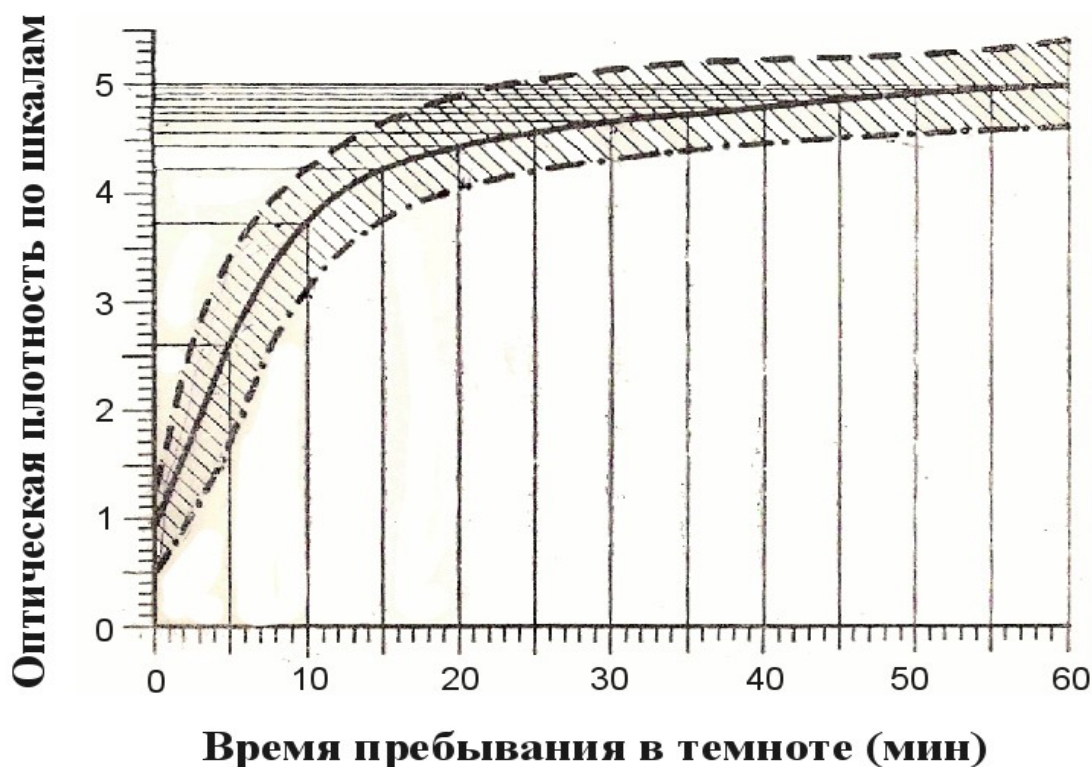


Рис. 4. Зона нормальной световой чувствительности.

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.

Результаты представьте в виде кривой темновой адаптации (рис.4). Для этого на оси абсцисс откладываем время замеров, а на оси ординат – величину оптической плотности.

Сделайте выводы.

4.3.2. 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 свету, то его следует на 15-20 минут поместить в комнате с искусственным освещением.

Для работы необходимо: медицинский адаптометр типа АДМ-01 (Рис. 3).

Ход работы. Включить адаптометр (19 на Рис. 3). Затем закрыть отверстие шара при помощи рукоятки 2 (Рис. 3). 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.

Результаты представьте в виде таблицы.

Соотношения между временем различения и различиях яркости шара представлено на таблице 9 и рис. 5. Сопоставьте результаты и сделайте выводы.

4.3.3. 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.

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

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

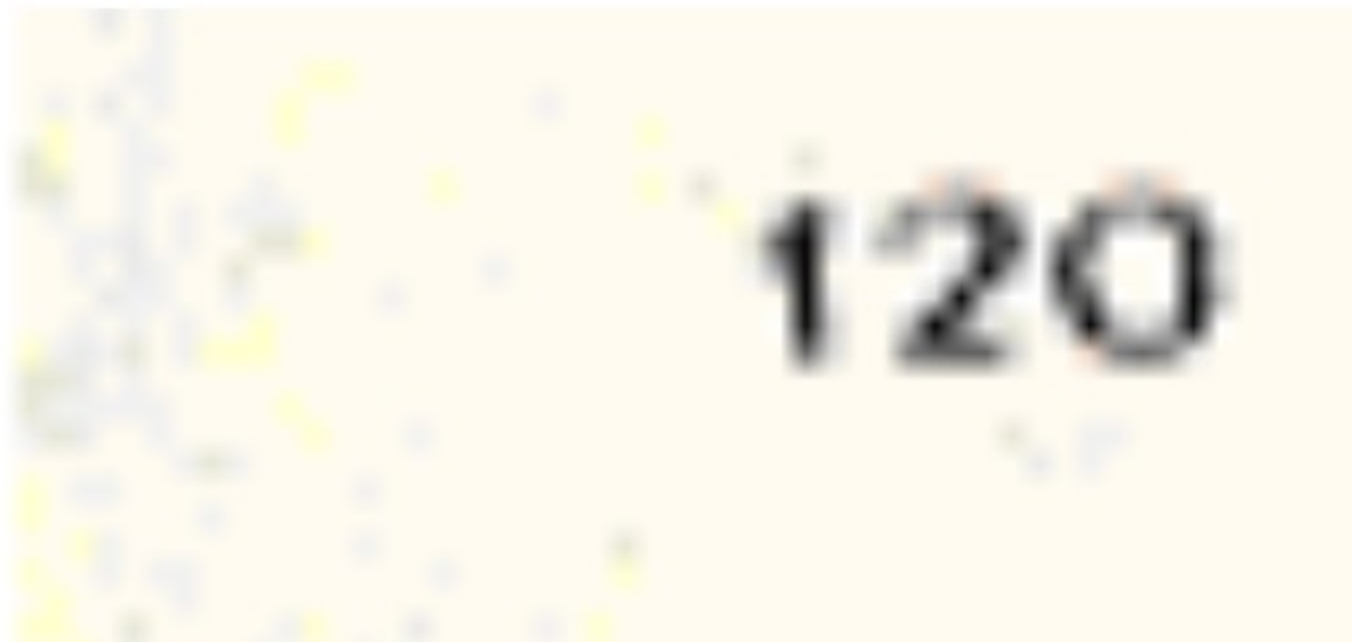


Рис. 5 Примерная зависимость времени различения объекта от степени раскрытия диафрагмы и яркости шара

Для работы необходимо: адаптометр АДМ-01 (Рис. 3), 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 различение 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.

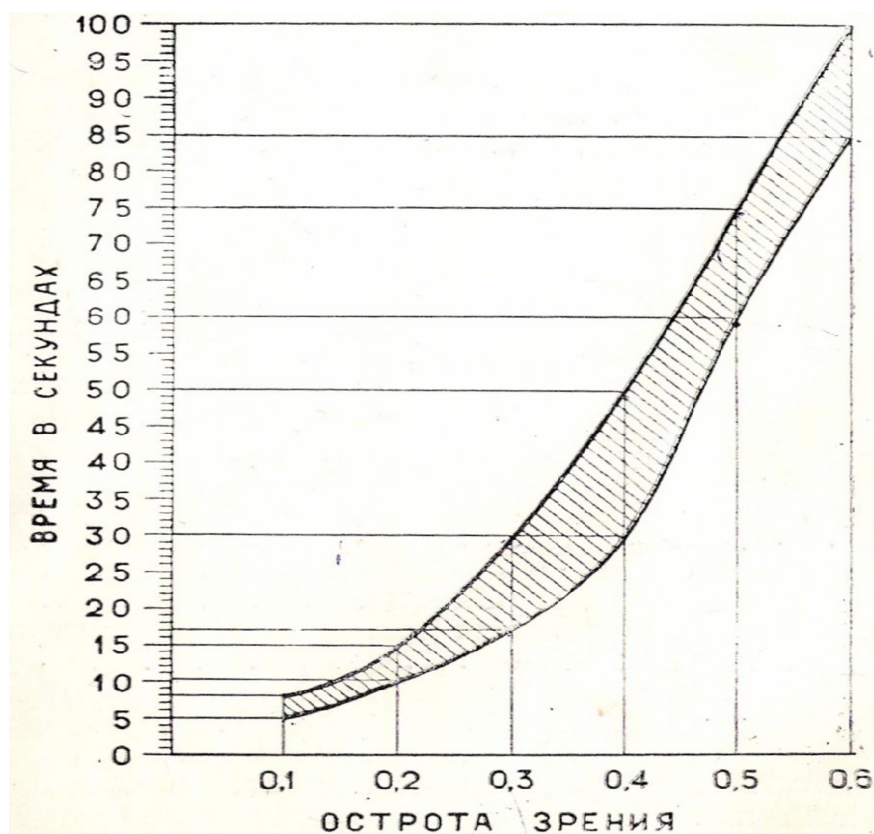


Рис. 6. Зона нормы для исследования остроты зрения при ослабленном освещении.

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 6. Исследование продолжается 60-70 секунд и за это время острота зрения должна достичь 0.5-0.6.

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 эметропическом, гиперметропическом и миопическом глазу.

Список использованной литературы

1. Физиология сенсорных систем// Учебное пособие под ред. Альтмана Я.А. СПб: Паритет, 2003, 352 с.
2. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessel T.M. Principal of neural science. The McGraw-Hill Companies. 2002. 1321 p
3. Психологический практикум. Ощущение. Восприятие. Представление. Учебно-методическое пособие/Сост.: А.В. Генералова, О.Ю. Гроголева. – Омск: Омский гос. ун-т, 2004. – 68 с.

4. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. Практикум для студентов/Сост.: Тарасова А.Ф. Салей А.П. и др. - Воронеж Полиграфическая лаборатория ВГУ, 2003. - 32 с.
5. Основы сенсорной физиологии. Под ред. Шмитда Р. - М: Мир. – 1984. – 288 с.
6. Бабенко В.В., Бахтин О.М. Методы оценки состояния сенсорных систем (зрительная и слуховая системы) // Учебно-методическое пособие. - Ростов-на-Дону. - 2002. - 89 с.
7. Рахманкулова Г.М. Физиология сенсорных систем // Казань: изд-во КГУ. – 1986. – 93 с.