

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-  
педагогический университет»  
Учреждение Российской академии образования «Уральское отделение»

## **ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ**

**Практикум**

*Допущено Учебно-методическим объединением по профессионально-педагогическому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 050501.65 Профессиональное обучение (по отраслям)*

Екатеринбург  
РГППУ  
2011

УДК 612.6:612.821(075.4)

ББК Ю933я73

В64

Составители: С. Г. Махнева (введение, практ. занятия 1–16),  
Т. Ф. Турова (практ. занятия 3–17, 11, 14), Е. Ю. Югова (практ.  
занятия 1–6, 8–11, 14–16), Л. А. Лукинская (практ. занятия 2–5)

**Возрастная физиология и психофизиология: практикум / сост.**  
В64 С. Г. Махнева [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та,  
2011. 112 с.

ISBN 978-5-8050-0418-7

В практикуме представлены методы исследования функционального состояния физиологических систем организма человека. Практикум позволит обучающимся овладеть навыками проведения эксперимента, обработки и представления его результатов.

Предназначен для студентов специальности 050501.65 Профессиональное обучение, изучающих дисциплину «Возрастная физиология и психофизиология».

УДК 612.6:612.821(075.4)

ББК Ю933я73

Рецензенты: канд. мед. наук, доц. Е. А. Шипулин (ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»); д-р биол. наук, проф. В. В. Котомцев (ФГОУ ВПО «Уральская государственная сельскохозяйственная академия»)

ISBN 978-5-8050-0418-7

© ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2011

© Махнева С. Г., Турова Т. Ф., Югова Е. А.,  
Лукинская Л. А., 2011

## Введение

Физиология – это экспериментальная наука. Ее изучение должно обязательно сопровождаться выполнением студентами практических работ, в ходе которого они получают непосредственное подтверждение теоретических положений, излагаемых на лекциях; осваивают методы и технические приемы исследований физиологических функций человека; овладевают навыками проведения эксперимента, обработки и представления его результатов; приобретают навыки самостоятельной работы с учебно-методической литературой.

Для оптимизации деятельности студентов на практических занятиях составлен настоящий практикум.

Практикум включает изложение теоретических сведений и задания по важнейшим разделам физиологии (регуляция функций; физиологические системы организма: сердечно-сосудистая, дыхательная, терморегуляционная, нервная и др.; высшая нервная деятельность; сенсорные системы).

Описание практических занятий построено по единому принципу, что призвано способствовать формированию умения работать с практикумом и позволит студентам быстро включиться в работу, выработать навык грамотной постановки эксперимента и представления его результатов.

Некоторые темы дисциплины на лекциях не рассматриваются, в этом случае теоретический материал представлен в практикуме в начале практического занятия под заголовками «Общие положения» и «Возрастные особенности». К отдельным заданиям прилагается краткое теоретическое обоснование, в котором приведены сведения, необходимые для сознательного проведения эксперимента и понимания его результатов. Курсивом в тексте выделены новые для студентов термины, которым дано определение.

Любое практическое занятие включает ряд заданий экспериментального или теоретического плана. В каждом задании приведен перечень необходимого для его выполнения оборудования, подробно и последовательно описан ход работы.

Для оформления и представления результатов экспериментов разработаны таблицы протоколов исследований, которые способствуют визуализации и систематизации результатов исследований. Приведенные в тексте практикума нормы (стандарты) позволят студентам сделать обоснованные выводы о состоянии физиологических систем организма.

Рекомендуемые в практикуме специальные функциональные дозированные нагрузки дают возможность изучать физиологические функции не только в статике, но и в динамике.

Практикум рассчитан и на групповую (по два и более человека), и на индивидуальную работу студентов, что позволит каждому студенту быть в роли как организатора эксперимента, так и испытуемого.

Практикум по дисциплине «Возрастная физиология и психофизиология» предназначения для студентов, обучающихся по специальности 050501.65 Профессиональное обучение, составлен в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта (ГОС–2005) для подготовки специалистов по данной специальности.

## Практическое занятие 1

# ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – приобрести навыки исследования функционального состояния центральной нервной системы человека (ЦНС) и ознакомиться с ее возрастными особенностями.

### *Общие положения*

Нервная система является ведущей физиологической системой организма, поскольку именно она выполняет интегрирующую роль, объединяя в единое целое все ткани, органы и координируя их специфическую деятельность в составе целостных гомеостатических и поведенческих функциональных систем.

Основной формой деятельности нервной системы является рефлекторная реакция (рефлекс). Рефлекс – это ответная реакция организма на раздражение, поступающее из внешней или внутренней среды, осуществляемая при участии центральной нервной системы. Он проявляется в возникновении, продолжении или прекращении какой-либо деятельности организма. Материальной основой рефлекса является рефлекторная дуга. В ней выделяют следующие звенья: рецепторное (рецептивное поле), афферентное, центральное, двигательное, рабочий орган (эффектор), обратная афферентация (контрольное звено). Для осуществления рефлекса необходима целостность рефлекторной дуги. При выключении, повреждении какого-либо звена наблюдается подавление или полное исчезновение рефлексов.

По результатам исследования рефлекторных реакций можно судить о функциональном состоянии различных отделов центральной нервной системы.

### *Возрастные особенности ЦНС*

После рождения ребенка происходит миелинизация в первую очередь спинномозговых нервов, затем проводящих путей спинного мозга и ствола головного мозга. Основная масса волокон черепных нервов миелинизируется к 1,5–2 годам. В среднем к 3 годам основная масса нервных волокон миелинизирована, остальные завершают этот процесс к 6 годам.

Относительно поздно завершают процесс миелинизации тангенциальные волокна коры полушарий большого мозга (к 30–40 годам). В процессе миелинизации происходит концентрация ионных каналов в области перехватов Ранвье. Повышается возбудимость и лабильность нервных волокон. Так, у новорожденных нерв способен проводить только 4–10 имп./с, в то время как у взрослых – 300–1000 имп./с.

**Спинной мозг.** В течение первых трех месяцев внутриутробной жизни спинной мозг занимает позвоночный канал на всю его длину. В дальнейшем позвоночник растет быстрее, чем спинной мозг. Поэтому нижний конец спинного мозга поднимается («восходит») в позвоночном канале. У новорожденного ребенка нижний конец спинного мозга находится на уровне III поясничного позвонка, у взрослого человека – на уровне II поясничного позвонка.

Спинной мозг новорожденного имеет длину 14 см. К 2 годам длина спинного мозга достигает 20 см, а к 10 годам по сравнению с периодом новорожденности удваивается. Быстрее всего растут грудные сегменты спинного мозга. Масса спинного мозга у новорожденного составляет около 5,5 г, у детей 1 года – около 10 г. К 3 годам масса спинного мозга превышает 13 г, к 7 годам равна примерно 19 г. У новорожденного центральный канал шире, чем у взрослого. Уменьшение его просвета происходит главным образом в течение 1–2 лет, а также в более поздние возрастные периоды, когда наблюдается увеличение массы серого и белого вещества. Объем белого вещества спинного мозга возрастает быстро, особенно за счет собственных пучков сегментарного аппарата, формирование которого происходит в более ранние сроки по сравнению со сроками формирования проводящих путей, образующих надсегментарный аппарат мозга.

**Головной мозг.** У новорожденного головной мозг относительно большой, масса его в среднем 390 г (340–430) у мальчиков и 355 г (330–370) у девочек, что составляет 12–13% массы тела (у взрослого – примерно 2,5%). К концу первого года жизни масса головного мозга удваивается, а к 3–4 годам – утраивается. В дальнейшем (после 7 лет) масса головного мозга возрастает медленно и к 20–29 годам достигает максимального значения (1355 г – у мужчин и 1220 г – у женщин). В последующие возрастные периоды, вплоть до 60 лет у мужчин и 55 лет у женщин, масса мозга существенно не изменяется, а после 55–60 лет отмечается некоторое уменьшение ее [12, 20].

## **Задание 1. Исследовать сухожильные рефлексы**

**Теоретическое обоснование.** В физиологии и медицине для исследования рефлексов используют метод раздражения рецептивного поля рефлекса [4, 6, 22].

В скелетных мышцах находится большое количество рецепторов (проприоцепторов), в том числе раздражаемых растяжением мышц. Проприоцепторы скелетных мышц обеспечивают обратную связь между эффекторами и нервными центрами. Важнейший вид проприорецепторов находится в так называемых мышечных веретенах. Именно раздражение этих нервных окончаний вызывает коленный и другие сухожильные рефлексы, имеющие большое клиническое значение. Так называемые сухожильные рефлексы возникают при раздражении рецепторов мышц, а не сухожилий. При ударе по сухожилию мышца растягивается в длину, вследствие чего раздражаются рецепторные окончания мышечных веретен. По афферентным волокнам в мозг направляется залп нервных импульсов. Коллатерали афферентных волокон мышечных веретен оканчиваются непосредственно на мотонейронах растягиваемой мышцы. Разряд мотонейронов вызывает одиночное ее сокращение.

Сухожильные рефлексы называют моносинаптическими, так как в их рефлекторную дугу включены только два нейрона с одним слоем синапсов между ними.

Сухожильные рефлексы у здорового человека обычно вызываются легко. При нарушениях деятельности центральной нервной системы они могут отсутствовать или, наоборот, быть значительно усиленными. Может также наблюдаться асимметрия сухожильных рефлексов.

**Оборудование:** рефлексологический молоточек.

**Ход работы.** Работа проводится в парах. Экспериментатор регистрирует качество выполнения испытуемым пробы и время работы.

1. *Коленный рефлекс.* Испытуемому сесть, положив ногу на ногу. Мышцы исследуемой конечности должны быть расслаблены. Экспериментатору рефлексологическим молоточком производить легкий удар по сухожилию четырехглавой мышцы ниже коленной чашечки. Происходит сокращение четырехглавой мышцы бедра, вызывающее разгибание конечности в коленном суставе. Сравнить рефлексы обеих конечностей.

Если коленный рефлекс слаб, испытуемый должен, прочно сцепив пальцы обеих рук, сильно растягивать их в стороны. Этот прием отвлекает

внимание испытуемого, что способствует расслаблению мышц нижней конечности. При этом коленный рефлекс усиливается (феномен Ендрашека).

2. *Ахиллов рефлекс*. Испытуемому встать на колени на стул, держась руками за спинку стула, так, чтобы ступни ног свободно свисали. Экспериментатору производить легкий отрывистый удар молоточком по ахиллову сухожилию. Происходит рефлекторное подошвенное разгибание стопы вследствие сокращения икроножной мышцы голени. Сравнить рефлексы на обеих конечностях.

3. *Локтевые рефлексы* (сгибательный и разгибательный). Испытуемому держать на весу за локоть расслабленную руку. Экспериментатору производить легкий удар молоточком по сухожилию двуглавой мышцы плеча. Происходит сгибание в локте. Затем, повернув руку испытуемого и удерживая ее за область локтевой ямки, экспериментатору следует производить удар по сухожилию трехглавой мышцы плеча. Происходит разгибание руки.

**Итоги работы.** Записать результаты исследования сухожильных рефлексов. Сделать выводы о состоянии рефлексов испытуемых студентов. Нарисовать рефлекторные дуги спинальных рефлексов. Пользуясь учебно-методической литературой, указать, в каких сегментах спинного мозга находятся центры каждого из этих рефлексов.

## **Задание 2. Исследовать двигательные функции мозжечка**

**Теоретическое обоснование.** Основными двигательными функциями мозжечка являются:

- 1) регуляция мышечного тонуса, позы и равновесия;
- 2) координация позы и выполняемых целенаправленных движений;
- 3) участие в программировании целенаправленных движений.

Выполнение приведенных ниже функциональных координационных проб свидетельствует о нормальных двигательных функциях мозжечка.

**Оборудование:** секундомер, кушетка.

**Ход работы.** Работа проводится в парах. Экспериментатор регистрирует качество выполнения испытуемым пробы и время работы.

1. *Проба Ромберга* основана на определении способности сохранять равновесие. Испытуемому в положении стоя поставить ноги вместе так, чтобы пятки и носки соприкасались. В случае нарушения равновесия испытуемый покачивается. Нарушение координации становится более выра-

женным, если испытуемый одновременно вытягивает руки вперед, закрывает глаза и поворачивает голову.

Усложненные варианты: 1) испытуемому поставить стопы одну перед другой на одной линии, глаза закрыты (проба Ромберга десенсибилизированная); 2) испытуемому встать с опорой на одну ногу, другая нога согнута так, что тыл ее стопы касается подколенной ямки опорной конечности при отсутствии коррекции со стороны зрительного анализатора.

При оценке пробы принимать во внимание следующие показатели испытуемого: степень устойчивости (стоит неподвижно или покачивается); дрожание (тремор) век и пальцев; длительность сохранения равновесия.

Твердая устойчивость позы более 15 с при отсутствии тремора пальцев и век оценивается как «хорошо»; покачивание, небольшой тремор, сохранение позы в течение 15 с – «удовлетворительно»; удержание позы менее 15 с – «неудовлетворительно».

*2. Пальценосовая проба.* Испытуемому вытянуть правую руку вперед, затем кончиком указательного пальца этой руки попасть в кончик носа. Выполнить эту пробу с другой руки.

При нарушении динамической координации движений может наблюдаться промахивание, а также дрожание пальцев руки.

При правильном выполнении пробы выставить оценку «хорошо». При дрожании пальцев рук оценка пробы «удовлетворительно», при промахивании – «неудовлетворительно».

*3. Пяточно-коленная проба.* Испытуемому в положении лежа на спине с закрытыми глазами высоко поднять одну ногу, затем поставить пятку этой ноги на колено другой и проводить пяткой до голеностопного сустава с небольшим нажимом. При мозжечковых расстройствах испытуемый не попадает пяткой в колено, не может осуществить прямолинейное движение по голени без соскальзывания.

*4. Проба на адиадохокinez (невозможность быстро выполнять чередующиеся противоположные по направлению действия).* Испытуемому вытянуть руки вперед и делать быстрые вращательные движения кистями (пронация – супинация). У здорового человека движения рук синхронизированы, осуществляются с большой скоростью. При поражении мозжечка кисти совершают неловкие, нескоординированные движения.

**Итоги работы.** В протокол опыта (табл. 1) записать результаты всех проб и их оценку. Сделать выводы.

Таблица 1

## Результаты координационных проб

Виды проб	Наблюдения (качество выполнения пробы)	Время, с	Оценка
Проба Ромберга			
Пальценосовая проба			
Пяточно-коленная проба			
Проба на адиадохоки- нез			

## Практическое занятие 2

# ФИЗИОЛОГИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – приобрести навыки исследования функционального состояния вегетативной нервной системы и рассмотреть ее возрастные особенности.

### *Общие положения*

Нервную систему разделяют на соматическую и вегетативную (от лат. *vegetativus* – растительный). Вегетативная нервная система иннервирует внутренние органы, железы внешней и внутренней секреции, кровеносные и лимфатические сосуды, гладкую и скелетную мускулатуру, а также центральную нервную систему, поддерживает постоянство внутренней среды организма. Работа вегетативной нервной системы не контролируется сознанием, т. е. она произвольная.

В вегетативной нервной системе выделяют симпатический, парасимпатический и метасимпатический отделы. Многие внутренние органы имеют двойную и тройную иннервацию.

Влияния симпатических и парасимпатических нервов могут быть разнонаправлены. Так, стимуляция парасимпатического (блуждающего) нерва вызывает угнетение сердечной деятельности и усиление сокращений желудочно-кишечного тракта. Раздражение симпатических нервов ведет к противоположным эффектам – усилению сердечной деятельности и снижению двигательной активности желудочно-кишечного тракта. В естественных условиях деятельность этих органов зависит от преобладания симпатических или парасимпатических влияний.

Отделы вегетативной нервной системы могут действовать синергично, что также обеспечивает получение для организма полезного приспособительного результата. Функциональный синергизм хорошо прослеживается на примере регуляции функций сердечно-сосудистой системы. В случае повышения артериального давления возбуждение барорецепторов рефлекторно приводит к снижению артериального давления. Этот эффект обусловлен как увеличением активности парасимпатических сердечных волокон, угнетающих деятельность сердца, так и снижением активности симпатических волокон, что ведет к расширению кровеносных сосудов.

В отдельных случаях обе части вегетативной нервной системы оказывают однонаправленное влияние на один и тот же орган. Например, слюноотделение стимулируется и симпатическими, и парасимпатическими волокнами: раздражение парасимпатического нерва барабанной струны вызывает обильное выделение жидкой слюны, при раздражении симпатического нерва слюна образуется в небольших количествах и со значительным содержанием органических веществ.

При физическом и эмоциональном напряжении тонус парасимпатической нервной системы может уменьшаться, а симпатическая нервная система возбуждается. В результате этого увеличиваются частота и сила сердечных сокращений, частота и глубина дыхания, повышается обмен веществ, усиливается кровоснабжение мышц, а деятельность желудочно-кишечного тракта тормозится. Таким образом, при стрессе симпатическая нервная система быстро мобилизует энергетические ресурсы и активизирует функциональные ответы организма. В состоянии покоя увеличивается тонус парасимпатического отдела, что способствует восстановлению ресурсов организма [11, 19, 24, 25].

Для исследования функционального состояния вегетативной нервной системы проводят различные функциональные пробы.

### ***Возрастные особенности вегетативной нервной системы***

У новорожденных симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы сформированы недостаточно. Отмечается преобладание влияния симпатического отдела, которое сохраняется на протяжении 6–7 лет после рождения. По мере созревания структур мозга усиливается влияние вегетативной нервной системы на деятельность внутренних органов [12, 19, 20].

### ***Задание 1. Изучить кожно-вегетативные рефлексy (дермографизм) [6, 22]***

**Оборудование:** карандаш, булавка.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1. *Местный дермографизм:*

а) Испытуемому на коже руки прочертить несколько полос обратной стороной карандаша. В норме через 5–20 с появляются полосы (дермографизм) шириной несколько миллиметров, исчезающие через 1–10 мин.

Красный цвет полос представляет собой нормальное явление и свидетельствует о повышении тонуса парасимпатического отдела. Очень разлитой (широкая полоса покраснения) или стойкий (длительно сохраняющийся) дермографизм, а также появление отеочного валика кожи после проведения штриха оценивают как признак преобладания парасимпатического возбуждения. Белый цвет полос указывает на повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы.

б) Если штриховое раздражение проводить сильнее и медленнее, то в норме возникает красная полоса, которая сохраняется от нескольких минут до часа.

2. *Рефлекторный дермографизм* получают нанесением достаточно сильного, но не нарушающего целостность кожных покровов штрихового раздражения острием булавки. Через 5–10 с по обе стороны от черты появляются зоны из сливающихся красных или розовых пятен с неровными границами, шириной 2–3 см, которые сохраняются от 2 до 10 мин. Рефлекторный дермографизм не появляется в зоне иннервации кожи пораженными нервами.

**Итоги работы.** Записать результаты исследования в протокол (табл. 2). Сделать выводы.

Таблица 2

Результаты исследования дермографизма

Дермографизм		Наблюдения
Местный	а	
	б	
Рефлекторный		

### **Задание 2. Выполнить ортостатическую пробу [6, 22]**

**Оборудование:** секундомер, тонометр, кушетка.

**Ход работы.** Измерить частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД) в покое в положении лежа. Перейти в вертикальное положение и спустя 1 мин вновь измерить ЧСС и АД.

В норме наблюдается увеличение пульса не более, чем на 16 уд/мин, а колебание АД в сосудах составляет 5–10 мм рт. ст. Увеличение ЧСС больше чем на 22 уд/мин свидетельствует об увеличении тонуса симпатической нервной системы. При его снижении учащения пульса не происходит.

**Итоги работы.** Записать значения ЧСС и АД в протокол (табл. 3). Сравнить результаты опыта с нормами, сделать выводы.

Таблица 3

Результаты вегетативных проб

Виды проб	ЧСС		АД		Выводы
	До пробы	После пробы	До пробы	После пробы	
Ортостатическая					
Клиностатическая					

### **Задание 3. Выполнить клиностатическую пробу [6, 22]**

**Оборудование:** секундомер, кушетка.

**Ход работы.** Измерить ЧСС в горизонтальном положении. Затем перейти в вертикальное положение и в первые 15–20 с вновь измерить ЧСС.

В норме в первые 15–20 с регистрируется замедление пульса на 6–12 уд/мин. При повышенном тоне симпатического отдела вегетативной нервной системы замедления пульса не происходит.

**Итоги работы.** Записать результаты пробы в протокол (см. табл. 3). Сравнить полученные результаты с нормами, сделать выводы.

### **Задание 4. Исследовать вегетативный тонус сердечно-сосудистой системы**

**Оборудование:** автоматический измеритель артериального давления (тонометр), секундомер.

**Ход работы:**

1) Трижды измерить артериальное давление тонометром, руководствуясь указаниями к заданию 2 практического занятия 4. Рассчитать среднее значение диастолического артериального давления.

2) Измерить частоту сердечных сокращений трижды и рассчитать среднее значение показателя.

3) Рассчитать вегетативный индекс Кардю по формуле

$$ВИ = (1 - АДд / ЧСС) \times 100,$$

где ВИ – вегетативный индекс;

АДд – средняя величина диастолического давления;

ЧСС – средняя частота сердечных сокращений в 1 мин.

Если значение ВИ в пределах  $\pm 15$ , то это свидетельствует об уравновешенности симпатических и парасимпатических влияний; от 16 до 30 – о повышенном тоне симпатических влияний; больше 30 – о преобладании симпатических влияний; от  $-16$  до  $-30$  – о повышенном тоне парасимпатических влияний; ниже  $-30$  – о преобладании парасимпатических влияний.

**Итоги работы.** Внести результаты измерений в протокол (табл. 4). Рассчитать средние значения показателей и вегетативный индекс. Сделать выводы.

Таблица 4

Результаты исследования вегетативного тонуса  
сердечно-сосудистой системы

№ п/п	ЧСС	АДд	ВИ
1			
2			
3			
Среднее			

## Практическое занятие 3 ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

**Цель** – изучить строение и функции крови. Рассмотреть возрастные особенности системы крови.

### ***Возрастные особенности системы крови***

Количественные и качественные возрастные отличия крови ярко выражены лишь в первые годы постнатального развития. Обычно у детей старше одного года многие гематологические показатели приближаются к значениям, характерным для взрослого организма (табл. 5).

Таблица 5

Основные показатели крови у людей разного возраста

Показатель	Возраст и пол				
	Новорожденные	Грудные дети	Дети старше 1 года	Мужчины	Женщины
Гемоглобин, г/л	170–247	110–119	126–156	135–160	125–145
Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	4,5–7,5	3,5–4,6	4,3–5	5	4
РОЭ*, мм/ч	2–3	3–5	4–10	1–14	2–20
Лейкоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	10–30	10–11	6–8	6–8	6–8
Тромбоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	200–250	200–300	200–300	200–300	200–300

\* Реакция оседания эритроцитов.

Позднее всего в подростковом возрасте устанавливается соотношение лейкоцитов, соответствующее взрослому человеку. До этого момента и особенно до 5–6 лет в крови детей содержится меньше нейтрофилов, чем у взрослых. Осмотическая устойчивость эритроцитов у дошкольников выше, чем у взрослых, а у подростков несколько ниже, что связано с гормональными перестройками, происходящими в их организме [12, 19, 20].

### **Задание 1. Составить сравнительную характеристику клеток крови**

**Оборудование:** учебно-методическая литература.

**Ход работы.** Используя учебно-методическую литературу, изучить морфологические и физиологические особенности клеток крови человека.

**Итоги работы.** Заполнить табл. 6.

Таблица 6

Сравнительная характеристика клеток крови

Признаки для сравнения	Клетки крови		
	Эритроциты	Лейкоциты	Тромбоциты
Содержание в норме в 1 мм <sup>3</sup>			
Форма			
Размеры			
Наличие ядра			
Продолжительность жизни			
Место образования			
Место разрушения			
Функции			

### **Задание 2. Провести микроскопирование клеток крови человека**

**Оборудование:** световой микроскоп, осветитель, мазки крови человека, карандаш.

**Ход работы.** Рассмотреть под микроскопом окрашенные мазки крови человека, найти эритроциты и лейкоциты.

**Итоги работы.** Зарисовать клетки крови человека в одном поле зрения, обозначить на рисунке лейкоциты и эритроциты.

### **Задание 3. Изучить классификацию групп крови человека**

**Теоретическое обоснование.** Кровь людей по системе АВ0 делится на 4 группы по содержанию в эритроцитах специфических белков-антигенов (агглютиногенов) А и В, а в плазме – белков-антител (агглютининов) α и β. При взаимодействии одноименных антигенов и антител (А и α; В и β) происходит реакция *агглютинации*, которая приводит к склеиванию эри-

троцитов с последующим их разрушением (*гемолизом*). В зависимости от комбинации агглютиногенов и агглютининов выделяют 4 группы крови человека по системе АВ0 (табл. 7).

Таблица 7

Классификация групп крови

Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)	Нет (0)	$\alpha$ и $\beta$
II (A)	A	$\beta$
III (B)	B	$\alpha$
IV (AB)	AB	Нет (0)

При больших потерях крови для восстановления объема плазмы и гемоглобина, а также при некоторых заболеваниях человеку необходимо переливание крови. Оно проводится с обязательным учетом групп крови по системе АВ0 и другим белковым системам. При неправильном подборе (несовместимости) *донора* (человека, дающего кровь) и *реципиента* (человека, получающего кровь) донорские эритроциты склеиваются, закупоривая мелкие сосуды и нарушая кровообращение. Это происходит, если в эритроцитах донора имеется агглютиноген (A или B), а в плазме крови реципиента – одноименный агглютинин (соответственно,  $\alpha$  или  $\beta$ ).

Обычно реципиенту переливают кровь, которая соответствует его группе крови, однако *в исключительных случаях и только в небольших количествах* (не более 500 мл) допускаются другие варианты. В таких случаях агглютинины донора в расчет не принимаются, а, значит, люди с I группой крови будут универсальными донорами, так как в их эритроцитах нет агглютиногенов. Людям с IV группой крови можно переливать кровь всех групп, поэтому они являются универсальными реципиентами (у них нет агглютининов). Кровь же IV группы можно переливать реципиентам только с IV группой крови. Кровь II и III групп можно переливать людям с одноименной, а также с IV группой крови.

В эритроцитах приблизительно 85% людей имеется еще один агглютиноген, получивший название *резус-фактор* (Rh). Этот белок впервые был обнаружен в крови обезьян – макак-резусов. Кровь людей с резус-фактором называют резус-положительной (Rh+). Кровь, в которой резус-фактора нет, называют резус-отрицательной (Rh-). Если человеку с резус-отрица-

тельной кровью перелить резус-положительную кровь, то под влиянием резус-агглютиногена донора в крови реципиента образуются защитные белки – антирезус-агглютинины и гемолизирующие вещества. Это может вызвать агглютинацию и гемолиз эритроцитов. Так, если у матери резус-отрицательная кровь, а у плода резус-положительная, унаследованная от отца, то кровь плода вызывает в резус-отрицательной крови матери образование антирезус-агглютининов. Эти агглютинины могут проходить через плаценту и разрушать эритроциты плода. В этом случае плод может погибнуть в утробе матери или ребенок родится с так называемой гемолитической желтухой.

**Ход работы.** Изучить представленный выше теоретический материал, раскрывающий основания для классификации групп крови.

**Итоги работы.** Составить схему совместимости групп крови при переливании, объяснить возможность такой совместимости.

#### **Задание 4. Изучить процесс свертывания крови**

**Теоретическое обоснование.** Свертывание крови – важнейшая реакция организма, предупреждающая потерю крови при повреждении сосудов. Уменьшение способности крови свертываться может привести к смертельному кровотечению при самом незначительном ранении. Это происходит, например, при гемофилии (наследственном заболевании). Процесс остановки кровотечения при нарушении целостности сосудистой стенки называют *гемостазом*.

Механизм свертывания крови состоит из двух последовательных этапов. На первом этапе в месте повреждения максимально сокращаются сосудистые мышцы, просвет сосудов значительно уменьшается и соответственно уменьшается количество крови, притекающей к месту повреждения. Далее происходит *адгезия* (приклеивание) тромбоцитов к месту травмы. Второй этап гемостаза осуществляется в три фазы. В первой фазе происходит разрушение тромбоцитов и высвобождение из них фермента тромбопластина. Во второй фазе тромбопластин катализирует превращение протромбина (белка плазмы крови) в тромбин в присутствии ионов  $Ca^{++}$ . Для образования протромбина необходим витамин К. В третьей фазе тромбин катализирует превращение растворимого белка плазмы фибриногена в нерастворимые нити фибрина (также в присутствии ионов  $Ca^{++}$ ). Нити фибрина образуют сеть, в петлях которой задерживаются клетки крови. Та-

ким образом, формируется кровяной сгусток, или *тромб*, закрывающий место повреждения сосуда и препятствующий большой кровопотере.

В норме свертывание крови наступает через 3–5 мин после повреждения сосуда.

После образования фибринового сгустка начинается послепефаза свертывания крови, включающая два процесса – *ретракцию* и *фибринолиз*. Ретракция обеспечивает уплотнение и закрепление тромба в поврежденном сосуде. В ходе ретракции тромб сжимается до 25–50% первоначального объема, что закрепляет его в сосуде более надежно. Ретракция заканчивается в течение 2–3 ч после образования сгустка.

Одновременно с ретракцией, но с меньшей скоростью, начинается фибринолиз – расщепление фибрина, составляющего основу тромба. Главная функция фибринолиза – восстановление просвета закупоренного сгустком сосуда [11, 19, 24, 25].

**Ход работы.** Изучить процесс свертывания крови.

**Итоги работы.** Составить схему этапов свертывания крови.

### ***Задание 5. Изучить сущность и виды иммунитета***

**Оборудование:** учебно-методическая литература.

**Ход работы.** Используя учебно-методическую литературу, охарактеризовать различные виды иммунитета. Раскрыть сущность клеточного и гуморального иммунитета.

**Итоги работы.** Составить конспект по теме «Сущность и виды иммунитета».

***Задание 6. Составить словарь новых терминов, встречающихся в тексте и в учебно-методической литературе по теме «Физиология крови», дать им определение***

### ***Задание 7. Ответить письменно на вопросы***

1. Какие функции выполняет кровь?
2. Каков химический состав плазмы?
3. Что представляет собой сыворотка крови?
4. Каков механизм транспорта кровью кислорода и углекислого газа?
5. Дайте характеристику фагоцитарным свойствам лейкоцитов.
6. Какую роль в иммунитете играют лимфоциты?

## Практическое занятие 4

### ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – освоить методы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и рассмотреть ее возрастные особенности.

#### ***Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы***

Формирование сердца у эмбриона начинается со 2-й недели пренатального развития, а его развитие в общих чертах заканчивается к концу 3-й недели.

Кровообращение плода имеет свои особенности: до рождения кислород поступает в организм плода через плаценту и так называемую пупочную вену. Пупочная вена разветвляется на два сосуда, один питает печень, другой соединяется с нижней полой веной. В результате в нижней полой вене происходит смешение крови, богатой кислородом, с кровью, прошедшей через печень и содержащей уже продукты обмена. Через нижнюю полую вену смешанная кровь попадает в правое предсердие. Далее кровь проходит в правый желудочек и затем выталкивается в легочную артерию; меньшая часть крови течет в легкие, а большая часть через *баталлов проток* попадает в аорту. Наличие баталлова протока, соединяющего легочную артерию с аортой, является второй специфической особенностью в кровообращении плода. В результате соединения легочной артерии и аорты оба желудочка сердца нагнетают кровь в большой круг кровообращения. Кровь с продуктами обмена возвращается в материнский организм через пупочные артерии и плаценту.

Таким образом, циркуляция в организме плода смешанной крови, его связь через плаценту с системой кровообращения матери и наличие баталлова протока являются основными особенностями кровообращения плода.

У новорожденного ребенка связь с материнским организмом прекращается, и его собственная система кровообращения берет на себя все необходимые функции. Баталлов проток теряет свое функциональное значение и вскоре зарастает соединительной тканью. У детей относительная масса сердца и общий просвет сосудов больше, чем у взрослых, что в значительной степени облегчает процессы кровообращения. Интересно отметить, что рост сердца находится в тесной связи с общим ростом тела.

Наиболее интенсивный рост сердца наблюдается в первые годы развития и в конце подросткового периода.

Форма и положение сердца в грудной клетке в процессе постнатального развития также изменяются. У новорожденного сердце имеет шаровидную форму и расположено значительно выше, чем у взрослого. Различия по этим показателям ликвидируются только к 10-летнему возрасту.

Функциональные различия в сердечно-сосудистой системе детей и подростков сохраняются до 12 лет. Частота сердечного ритма у детей больше, чем у взрослых, что связано с преобладанием у детей тонуса симпатических центров. В процессе постнатального развития тоническое влияние на сердце блуждающего нерва постепенно усиливается. Заметное влияние блуждающий нерв начинает оказывать с 2–4 лет, а в младшем школьном возрасте степень его влияния приближается к уровню взрослого. Задержка в формировании тонического влияния блуждающего нерва на сердечную деятельность может свидетельствовать о задержке (ретардации) физического развития ребенка. Частота сердечных сокращений у детей более подвержена влиянию внешних воздействий: физических упражнений, эмоционального напряжения и т. д. Кровяное давление у детей ниже, чем у взрослых, а скорость кровообращения выше (у новорожденного линейная скорость кровотока составляет 12 с, у 3-летних – 15 с, у 14-летних – 18,5 с). Ударный объем крови у детей значительно меньше, чем у взрослых. У новорожденного он составляет всего 2,5 см<sup>3</sup>, за первый год постнатального развития он увеличивается в 4 раза, затем темпы его роста снижаются, но он продолжает расти до 15–16 лет; лишь на этом этапе ударный объем приближается к уровню взрослого. С возрастом увеличиваются минутный и резервный объем крови, что обеспечивает сердцу возрастающие адаптационные возможности к физическим нагрузкам [12, 19, 20].

### **Задание 1. Измерить частоту сердечных сокращений**

**Теоретическое обоснование.** Частота сердечных сокращений является весьма лабильным и информативным показателем, отражающим функциональное состояние не только сердечно-сосудистой системы, но и организма в целом.

О частоте сердечных сокращений судят по величине *артериального пульса*. Артериальным пульсом называют ритмические колебания стенок артерий, обусловленные колебаниями артериального давления.

Для здоровых взрослых людей принято считать нормальной частоту пульса в покое от 60 до 80 уд/мин у женщин, и от 60 до 75 уд/мин у мужчин.

Стабильность пульса в покое свидетельствует о нормальном функционировании сердечно-сосудистой системы. Превышение диапазона нормальной величины пульса в покое более чем на 5–6 уд/мин называется *тахикардией*. В условиях покоя тахикардия может указывать на нарушение нейрогуморальной регуляции деятельности сердца, его утомление или заболевание. Проявление тахикардии служит основанием для более глубокого обследования и установления причин этого состояния.

Снижение частоты сердечных сокращений в покое ниже 60 уд/мин обозначается как *брадикардия*. В норме она наблюдается, как правило, у спортсменов и свидетельствует о повышении резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и тренированности организма. Чем ниже пульс в покое, тем экономнее работает сердечная мышца, так как в сердечном цикле увеличивается продолжительность паузы, во время которой восстанавливаются ресурсы сердца и его работоспособность. При максимальной физической нагрузке допустимым является увеличение частоты сердечных сокращений в три раза.

**Оборудование:** секундомер, калькулятор.

**Ход работы.** Подсчет пульса следует проводить после 10-минутного отдыха обследуемого в положении сидя с целью исключения влияния предшествующей мышечной деятельности.

1. Приложив четыре пальца по ходу лучевой артерии свободно лежащей на столе руки, следует найти наиболее отчетливо пульсирующую точку и подсчитать пульс в течение 1 мин. При невозможности найти пульсацию лучевой артерии ее регистрируют на сонной артерии или на верхушке сердца при помощи фонендоскопа.

2. Существует также другой прием, значительно повышающий точность определения пульса. Следует точно зафиксировать время, в течение которого произошло определенное количество пульсовых колебаний (например, 20). Далее подсчитать пульс  $P$  по формуле В. В. Розенבלата [4]:

$$P = \frac{60 \times n}{T},$$

где  $n$  – число пульсовых колебаний;

$T$  – время, в течение которого произошло  $n$  колебаний.

Время  $T$  необходимо фиксировать при помощи секундомера.

3. Для объективного самоконтроля за функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы и организма после восстановления ночным сном следует провести пробу Руффье, по результатам которой рассчитать индекс Руффье (ИР) по формуле

$$\text{ИР} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10},$$

где  $P_1, P_2, P_3$  – частота сердечных сокращений в минуту, измеренных сразу после ночного сна в положении лежа, сидя и стоя соответственно.

При значениях индекса в пределах 0–5 состояние хорошее, 6–10 – удовлетворительное, 11–15 – слабое, 15 и более – неудовлетворительное.

**Итоги работы.** Результаты исследований записать в протокол (табл. 8). Сравнить полученные величины частоты сердечных сокращений, измеренных первым и вторым способами, между собой и с нормами.

По результатам пробы Руффье сделать выводы о функциональном состоянии организма. В случае неудовлетворительного результата назвать возможные причины.

Таблица 8

Значения показателя частоты сердечных сокращений

Проба (способ)	Значение показателя
Пульс на лучевой артерии, в минуту	
Пульс по формуле В. В. Розенבלата	
Индекс Руффье	

### **Задание 2. Измерить уровень артериального давления**

**Теоретическое обоснование.** Артериальное давление крови – важная характеристика деятельности сердечно-сосудистой системы, которая имеет большое значение в медицине и спортивной практике. Различают три показателя, характеризующие эту величину: 1) систолическое, или максимальное, давление – уровень давления крови в артериях во время систолы сердца; 2) диастолическое, или минимальное, давление – уровень давления крови в артериях во время диастолы сердца; 3) *пульсовое давление* – разность между систолическим и диастолическим давлением, которое косвенно отражает величину систолического объема крови.

В норме систолическое давление колеблется от 100 до 139 мм рт. ст., диастолическое – от 60 до 89 мм рт. ст., пульсовое – от 30 до 50 мм рт. ст.

Если систолическое давление выше 140 мм рт. ст., наступает состояние, которое называется *гипертонией*; если систолическое давление ниже 100 мм рт. ст., развивается *гипотония*.

Оценка величины артериального давления осуществляется в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения, принятой в 1999 г. (табл. 9).

Таблица 9

Классификация величин артериального давления

Категория артериального давления *	Систолическое давление (мм рт. ст.)	Диастолическое давление (мм рт. ст.)
Норма		
Оптимальное **	менее 120	менее 80
Нормальное	менее 130	менее 85
Повышенное нормальное	130–139	85–89
Гипертония		
1-я степень (мягкая)	140–159	90–99
2-я степень (умеренная)	160–179	100–109
3-я степень (тяжелая)	более 180	более 110
Пограничная	более 140	менее 90

\* Если систолическое и диастолическое давление оказываются в разных категориях, выбирается высшая категория.

\*\* Оптимальное по отношению к риску развития сердечно-сосудистых осложнений и смертности.

На величину артериального давления влияют: 1) работа сердца и сила сердечных сокращений; 2) величина просвета сосудов и тонус их стенок; 3) количество циркулирующей в сосудах крови; 4) вязкость крови.

При учащении и усилении сердечных сокращений давление крови возрастает. При сужении артерий и капилляров оно также возрастает, а при их расширении – снижается. Большую роль играет тонус мелких артерий, артериол и капилляров. Чем выше их тонус, тем выше давление, и наоборот. Изменение тонуса стенок сосудов является эффективным механизмом регуляции уровня артериального давления крови. Артериальное давление тем выше, чем больше объем циркулирующей крови и вязкость крови, которая в свою очередь повышает сопротивление в артериолах.

Измерение артериального давления осуществляют с помощью наложенной на плечо полый резиновой манжеты, в которую нагнетается воздух. При этом манжета сдавливает плечо, а манометр показывает величину дав-

ления в манжете. Если поднять давление в манжете выше уровня систолического давления, то манжета полностью перекрывает просвет артерии и кровоток в ней прекращается. Если теперь постепенно выпускать воздух из манжеты, то в тот момент, когда давление в ней станет чуть ниже уровня систолического, кровь при систоле преодолевает сдавленный участок артерии и прорывается за манжету. Удар о стенку артерии порции крови, движущейся с большой скоростью через сдавленный участок, порождает звук ниже манжеты. То давление в манжете, при котором появляются первые звуки в артерии, соответствует систолическому давлению. При дальнейшем снижении давления в манжете наступает момент, когда оно становится ниже диастолического, и звуки в артерии ниже манжеты исчезают. Величина давления в манжете в момент исчезновения звуков в артерии характеризует диастолическое давление крови.

**Оборудование:** автоматический измеритель артериального давления.

**Ход работы.** Наложить манжету на обнаженное плечо на расстоянии 2–3 см выше локтевого сгиба. Не закатывать рукава одежды, так как это может повредить току крови в сосудах. Закрепить манжету плотно, но не туго. Убедиться, что трубка для нагнетания воздуха в манжету находится над локтевой ямкой.

При включении аппарата происходит автоматическое накачивание воздуха в манжету. После того как давление воздуха в манжете достигает необходимой величины, начинается автоматический выпуск воздуха из манжеты и процесс измерения артериального давления, во время которого нельзя двигаться и разговаривать. После завершения измерения оставшийся в манжете воздух выпускается, и на дисплее одновременно появляются цифры величин систолического давления, диастолического давления и пульса. После проведения измерения выключить аппарат и снять манжету.

**Итоги работы.** Записать полученные результаты в протокол (табл. 10). Сравнить полученные результаты фактического давления с нормативными показателями, сделать выводы.

### ***Задание 3. Рассчитать величину должного артериального давления***

**Теоретическое обоснование.** Артериальное давление крови помимо перечисленных выше факторов зависит от возраста, пола и веса тела чело-

века, поэтому можно рассчитать должные величины артериального давления по формулам, предложенным С. А. Душаниным (1980):

Мужчины: АД систолическое =  $109 + 0,5 \times \text{возраст} + 0,1 \times \text{вес тела}$ ;

АД диастолическое =  $74 + 0,1 \times \text{возраст} + 0,15 \times \text{вес тела}$ .

Женщины: АД систолическое =  $102 + 0,7 \times \text{возраст} + 0,15 \times \text{вес тела}$ ;

АД диастолическое =  $78 + 0,17 \times \text{возраст} + 0,1 \times \text{вес тела}$ .

**Ход работы.** Рассчитать величины должного артериального давления.

**Итоги работы.** Записать результаты работы в протокол (см. табл. 10).

Сравнить полученные показатели с величинами фактического артериального давления.

Таблица 10

Значения показателя артериального давления

	Показатель	Значение показателя
Фактическое АД	Систолическое	
	Диастолическое	
Должное АД	Систолическое	
	Диастолическое	

#### ***Задание 4. Определить резервы сердечно-сосудистой системы***

**Теоретическое обоснование.** Для оценки функционального состояния и резервов сердечно-сосудистой системы недостаточно показателей, определенных в состоянии покоя, поэтому применяют различные функциональные пробы с дозированной нагрузкой [2, 4, 8, 9, 22]. Одной из нагрузочных проб является проба Мартине. Это проба позволяет оценить физическую работоспособность, тип реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, способность к восстановлению функционального состояния сердечно-сосудистой системы после совершенной нагрузки с помощью механизмов регуляции.

**Оборудование:** автоматический измеритель артериального давления, секундомер, калькулятор.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1. Экспериментатору следует определить частоту сердечных сокращений и артериальное давление у испытуемого, находящегося в состоянии покоя в положении сидя.

2. Испытуемый должен выполнить 20 приседаний за 30 с, после чего сесть на стул.

3. Экспериментатору сразу же измерить у испытуемого частоту сердечных сокращений за 10 с и артериальное давление.

4. Эти же измерения повторить по окончании первой, второй и третьей минуты восстановительного периода.

**Итоги работы.** Результаты исследования записать в протокол (табл. 11).

Рассчитать пульсовое давление для каждой минуты восстановительного периода.

Таблица 11

Результаты пробы Мартине

Показатель	Состояние организма				
	в покое	после нагрузки	в восстановительный период по окончании		
			первой минуты	второй минуты	третьей минуты
ЧСС, уд/мин					
Систолическое давление, мм рт. ст.					
Диастолическое давление, мм рт. ст.					
Пульсовое давление, мм рт. ст.					

Результаты исследования проанализировать следующим образом:

1. Рассчитать прирост (П) частоты сердечных сокращений после нагрузки относительно исходного значения (покой) по формуле

$$П = \frac{ЧСС_{\text{после нагрузки}} - ЧСС_{\text{в покое}}}{ЧСС_{\text{в покое}}} \times 100\%.$$

Определить уровень физической работоспособности по стандартной шкале: прирост частоты сердечных сокращений составляет менее 25% – «отлично»; 25–50 – «хорошо»; 51–75 – «удовлетворительно»; более 75% – «неудовлетворительно».

2. Оценить уровень резервов организма по времени восстановления частоты сердечных сокращений относительно исходной величины по следующей стандартной шкале: восстановление частоты сердечных сокраще-

ний до уровня в состоянии покоя происходит в течение первой минуты – «хорошо», второй минуты – «удовлетворительно», третьей минуты и более – «неудовлетворительно».

3. Определить тип реакции артериального давления крови на дозированную физическую нагрузку, опираясь на данные табл. 12.

Таблица 12

Реакция артериального давления на физическую нагрузку

Тип реакции	Характер реакции
Нормотонический	Выраженное повышение систолического и умеренное понижение диастолического давления, пульсовое давление возрастает; восстановительный период короткий
Гипертонический	Резкое повышение (до 180–220 мм рт.ст.) систолического и умеренное – диастолического давления (оно может оставаться и прежним, но никогда не понижается); восстановительный период затянут. Этот тип реакции может быть признаком переутомления, перетренированности или предгипертонического состояния
Гипотонический (астенический)	Незначительное повышение систолического и диастолического давления; пульсовое давление не изменяется или уменьшается; восстановительный период длится долго. Этот тип реакции считается неблагоприятным
Дистонический	Систолическое давление повышается, иногда значительно (до 180–200 мм рт. ст.); при определении диастолического давления отмечается феномен «бесконечного тона» (давление становится равным нулю); пульсовое давление возрастает; восстановительный период длится долго
Ступенчатый	Систолическое давление повышается не сразу, а спустя несколько минут после работы; диастолическое давление нередко понижается. Этот тип реакции может быть связан с ухудшением функционального состояния организма

Сделать выводы по всем пунктам задания, оценить реакцию сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.

**Задание 5. Составить прогноз физического состояния организма человека методом регрессии по Е. А. Пироговой**

**Теоретическое обоснование.** Регрессия в статистике – это зависимость одной средней величины от ряда других величин. Например, чем

выше человек, тем больше должна быть его масса тела. Используя уравнение регрессии, определяют уровень физического состояния человека, основываясь на показателях артериального давления крови и частоты сердечных сокращений.

**Оборудование:** автоматический измеритель артериального давления, калькулятор.

**Ход работы.** Определить частоту сердечных сокращений, систолическое и диастолическое давление. На основании полученных результатов рассчитать среднее артериальное давление по формуле

$$АД_{ср} = \frac{АД_{с} - АД_{д}}{3} + АД_{д},$$

где АД<sub>ср</sub> – среднее артериальное давление;  
АД<sub>с</sub> – систолическое артериальное давление;  
АД<sub>д</sub> – диастолическое артериальное давление.

Определить уровень физического состояния по формуле

$$УФС = \frac{700 - 3 \times ЧСС - 2,5 \times АД_{ср} - 2,7 \times \text{возраст} + 0,28 \times М}{350 - 2,6 \times \text{возраст} + 0,21 \times \text{рост}},$$

где УФС – уровень физического состояния;  
ЧСС – частота сердечных сокращений в минуту;  
АД<sub>ср</sub> – среднее артериальное давление (мм рт. ст.);  
М – масса тела (кг); возраст (число полных лет); рост (см).

Этим уравнением могут пользоваться люди, не имеющие избыточной массы тела.

По результатам расчетов и данным табл. 13 определить уровень физического состояния организма. Первый (низкий) и второй (ниже среднего) уровни физического состояния имеют люди нетренированные, ведущие малоподвижный образ жизни; третий (средний) – большинство практически здоровых людей среднего возраста, не занимающихся активно спортом и физкультурой. Высокий и выше среднего уровни физического состояния характерны для лиц, регулярно занимающихся физическими упражнениями.

Таблица 13

## Уровень физического состояния

Уровень	Мужчины	Женщины
Низкий	0,225–0,375	0,157–0,260
Ниже среднего	0,376–0,525	0,261–0,365
Средний	0,526–0,675	0,366–0,475
Выше среднего	0,676–0,825	0,476–0,575
Высокий	0,826 и более	0,575 и более

**Итоги работы.** Записать результаты расчетов. Сделать вывод об уровне физического состояния организма. Объяснить полученные результаты.

## Практическое занятие 5

### ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – овладеть методами оценки показателей внешнего дыхания, изучить возрастные особенности дыхательной системы.

#### ***Возрастные особенности дыхательной системы***

*Полость носа* у новорожденного низкая (высота ее около 17,5 мм) и узкая. Носовые раковины относительно толстые, носовые ходы развиты слабо. Нижняя носовая раковина касается дна полости носа. Общий носовой ход остается свободным, хоаны низкие. К 6 месяцам жизни высота полости носа увеличивается до 22 мм и формируется средний носовой ход, к 2 годам формируется нижний, после 2 лет – верхний носовой ход. К 10 годам полость носа увеличивается в длину в 1,5 раза, а к 20 годам – в 2 раза по сравнению с новорожденным. Из околоносовых пазух у новорожденного имеется только верхнечелюстная, она развита слабо. Остальные пазухи начинают формироваться после рождения.

*Гортань* у новорожденного короткая, широкая, воронкообразная, располагается она выше, чем у взрослого человека (на уровне II–IV позвонков). Вследствие высокого расположения гортани у новорожденных и детей грудного возраста надгортанник находится несколько выше языка корня, поэтому при глотании пищевой комок (жидкость) обходит надгортанник по сторонам от него. В результате ребенок может дышать и глотать (пить) одновременно, что имеет важное значение при акте сосания.

После 6–7 лет гортань у мальчиков крупнее, чем у девочек того же возраста. В 10–12 лет у мальчиков становится заметным выступ гортани.

Хрящи гортани, тонкие у новорожденного, с возрастом становятся более толстыми, однако долго сохраняют свою гибкость. В пожилом и старческом возрасте в хрящах гортани, кроме надгортанника, откладываются соли кальция. Хрящи окостеневают, становятся хрупкими и ломкими.

*Трахея и главные бронхи* у новорожденного короткие. После рождения трахея быстро растет в течение первых 6 месяцев, затем рост ее замедляется и вновь ускоряется в период полового созревания и в юношеском возрасте (12–22 года). К 3–4 годам жизни ребенка ширина просвета трахеи увеличивается в 2 раза. Трахея у ребенка 10–12 лет вдвое длиннее, чем у новорожденного, а к 20–25 годам длина ее утраивается.

*Легкие* у новорожденного неправильной конусовидной формы; верхние доли относительно небольших размеров. Средняя доля правого легкого по размерам равна верхней доле, а нижняя сравнительно большая. Масса обоих легких у новорожденного в среднем составляет 57 г (от 39 до 70 г), объем – 67 см<sup>3</sup>. Плотность недышавшего легкого равна 1,068 (легкие мертворожденного недышавшего ребенка тонут в воде). Плотность легкого дышавшего ребенка составляет 0,490. Бронхиальное дерево к моменту рождения в основном сформировано. На первом году жизни наблюдается его интенсивный рост (размеры долевых бронхов увеличиваются в 2 раза, а главных – в 1,5 раза). В период полового созревания рост бронхиального дерева снова усиливается. Размеры всех его частей (бронхов) к 20 годам увеличиваются в 3,5–4 раза (по сравнению с бронхиальным деревом новорожденного). У людей 40–45 лет бронхиальное дерево имеет наибольшие размеры. Возрастная инволюция бронхов начинается после 50 лет. В пожилом и старческом возрасте длина и диаметр просвета многих сегментарных бронхов немного уменьшаются, иногда появляются четкообразные выпячивания их стенок.

В процессе роста и развития легких после рождения их объем увеличивается: в течение первого года – в 4 раза, к 8 годам – в 8 раз, к 12 годам – в 10 раз, к 20 годам – в 20 раз (по сравнению с объемом легких новорожденного).

Границы легких с возрастом также изменяются. Верхушка легкого новорожденного находится на уровне первого ребра. В дальнейшем она выступает над первым ребром и к 20–25 годам располагается выше первого ребра (на 2 см выше ключицы). Нижняя граница правого и левого легких у новорожденного проходит на одно ребро выше, чем у взрослого человека. По мере увеличения возраста ребенка эта граница постепенно опускается. В пожилом возрасте (после 60 лет) нижние границы легких располагаются на 1–2 см ниже, чем у людей в возрасте 30–40 лет [12, 19, 20].

### **Задание 1. Определить минутный объем дыхания**

**Теоретическое обоснование.** Одним из методов изучения основной функции внешнего дыхания – вентиляции легких при разных функциональных состояниях организма является определение *минутного объема дыхания*. Минутный объем дыхания – это количество воздуха, вдыхаемого (или выдыхаемого) за одну минуту. У взрослого человека в покое минутный объем дыхания составляет 6–9 л, а при физической нагрузке он может достигать 120–140 л. Величина минутного объема дыхания зависит от *дыхательного объема*

и частоты дыхания. При спокойном дыхании человек вдыхает и выдыхает около 500 мл (от 300 до 700 мл) воздуха. Этот объем воздуха называется дыхательным объемом. Число дыхательных движений (частота дыхания) у взрослого человека в состоянии покоя составляет 12–18 вдохов в минуту.

При мышечных нагрузках изменяются и частота дыхания, и дыхательный объем.

**Оборудование:** спирометр, зажим для носа, дезинфицирующий раствор, ватные шарики.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) Мундштук спирометра обработать дезинфицирующим раствором. Нос испытуемого зажать специальным зажимом. Испытуемый должен плотно охватить мундштук губами и сделать спокойный выдох. На шкале спирометра экспериментатор регистрирует показатель дыхательного объема. Одновременно экспериментатор должен подсчитать частоту дыхания в минуту, наблюдая за экскурсией (движением) грудной клетки испытуемого. На основании полученных результатов вычислить минутный объем дыхания, используя формулу

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД},$$

где МОД – минутный объем дыхания (в мл);

ДО – дыхательный объем (в мл);

ЧД – частота дыхания в минуту.

2) Испытуемому выполнить физическую нагрузку – 40 приседаний за 1 мин. Вновь определить у него дыхательный объем, частоту дыхания и рассчитать минутный объем дыхания.

**Итоги работы.** Занести результаты измерений в протокол (табл. 14). Объяснить различия в результатах опыта в покое и после физической нагрузки.

Таблица 14

Результаты изучения показателей дыхания

Условия эксперимента	Показатели		
	Дыхательный объем, мл	Частота дыхания, вдохов/мин	Минутный объем дыхания, мл
Покой			
После нагрузки			

## **Задание 2. Определить показатели фактической и должной жизненной емкости легких**

**Теоретическое обоснование.** Одним из основных показателей внешнего дыхания является *жизненная емкость легких*. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – это максимальное количество воздуха, которое человек может выдохнуть после максимального вдоха. ЖЕЛ состоит из дыхательного, дополнительного и резервного объемов.

Определение, правила и порядок измерения дыхательного объема приведены в задании 1.

*Дополнительный объем (резервный объем вдоха)* – объем воздуха, который человек может дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха. Как правило, он составляет 1500–2000 мл.

*Резервный объем (резервный объем выдоха)* – то количество воздуха, которое можно выдохнуть вслед за нормальным выдохом. В среднем он составляет 1000–1500 мл.

В норме величина ЖЕЛ колеблется в пределах 2800–4300 мл. Поскольку жизненная емкость легких зависит от положения диафрагмы, то наибольший объем ЖЕЛ регистрируется в положении стоя, и он на 6% больше, чем в положении лежа, а сидя – на 3% больше, чем лежа.

Физические нагрузки, физическая тренировка увеличивают объем жизненной емкости легких, в связи с чем у спортсменов ЖЕЛ больше, чем у людей, не занимающихся спортом.

**Оборудование:** спирометр, зажим для носа, дезинфицирующий раствор, ватные шарики.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) Мундштук спирометра обработать дезинфицирующим раствором. Нос испытуемого зажать специальным зажимом. Испытуемый должен произвести максимально глубокий вдох, а затем сделать в мундштук спирометра плавный максимально глубокий выдох.

По шкале спирометра экспериментатору определить жизненную емкость легких.

2) Измерить ЖЕЛ в положении испытуемого стоя, сидя и лежа, а также после физической нагрузки – 40 приседаний в течение 1 мин.

3) Величина жизненной емкости легких зависит от пола, возраста и роста, в связи с чем разработаны формулы, по которым определяют должную жизненную емкость легких (ДЖЕЛ):

$$\text{ДЖЕЛ (мужчины)} = 0,052 \times H - 0,028 \times B - 3,2;$$

$$\text{ДЖЕЛ (женщины)} = 0,049 \times H - 0,019 \times B - 3,76,$$

где В – возраст, лет;

Н – рост, см.

Пользуясь формулами, рассчитать значение должной жизненной емкости легких для испытуемых.

Отклонения величины фактической жизненной емкости легких от значений должной на 15% в ту или иную сторону считаются несущественными.

**Итоги работы.** Занести результаты измерений в протокол (табл. 15). Объяснить различия величины показателя ЖЕЛ для разных функциональных состояний и разных положений тела испытуемого.

Привести результаты расчетов ДЖЕЛ. Сравнить значения фактической и должной ЖЕЛ. Сделать выводы.

Таблица 15

Значения показателя ЖЕЛ  
при различных функциональных состояниях организма

Условия эксперимента		ЖЕЛ
Покой	стоя	
	сидя	
	лежа	
После нагрузки		

### **Задание 3. Определить тренированность дыхательной мускулатуры**

**Оборудование:** спирометр, зажим для носа, дезинфицирующий раствор, ватные шарики, секундомер.

**Ход работы.** У испытуемого 4-кратно измерить ЖЕЛ с перерывом в 15 с между определениями.

Стабильность результатов (при колебании  $\pm 200$  мл) или повышение величины ЖЕЛ от одного измерения к другому свидетельствует о хорошей

тренированности дыхательной мускулатуры, тогда как прогрессивное снижение является показателем низкой тренированности дыхательного аппарата.

**Итоги работы.** Записать результаты измерений в протокол (табл. 16).

По результатам эксперимента сделать выводы о тренированности дыхательной мускулатуры.

Таблица 16

Результаты многократного измерения ЖЕЛ

№ пробы	ЖЕЛ
1	
2	
3	
4	

**Задание 4. Определить объем форсированного выдоха и индекс Тиффно [4, 6, 9]**

**Теоретическое обоснование.** Для характеристики внешнего дыхания важно оценить скорость воздушных потоков, проходящих через легкие на вдохе или на выдохе, т. е. оценить объемную скорость дыхания. Для этого определяют объем форсированного выдоха (ОФВ). Отношение объема форсированного выдоха к жизненной емкости легких называется индексом Тиффно (ИТ):

$$\text{ИТ} = \frac{\text{ОФВ}}{\text{ЖЕЛ}} \times 100 (\%).$$

Индекс Тиффно отражает усилия дыхательной мускулатуры, а также механические свойства паренхимы легких и, таким образом, позволяет оценить состояние легких и дыхательных путей, в частности бронхиальную проводимость. В норме он должен составлять 80–85% от ЖЕЛ. Индекс Тиффно менее 80% может свидетельствовать о снижении бронхиальной проводимости.

**Оборудование:** спирометр, дезинфицирующий раствор, ватные шарики.

**Ход работы.** Для определения ОФВ необходимо глубоко вдохнуть, задержать вдох, зажать нос пальцами и, как бы задувая свечу, быстро в те-

чение одной секунды сделать полный выдох в мундштук спирометра. На шкале спирометра отметить объем форсированного выдоха.

Определить должный объем форсированного выдоха (ДОФВ) по формулам:

для мужчин:  $\text{ДОФВ (л)} = 0,036 \times \text{рост} - 0,031 \times \text{возраст} - 1,41$ ;

для женщин:  $\text{ДОФВ (л)} = 0,026 \times \text{рост} - 0,028 \times \text{возраст} - 0,36$ .

Рассчитать соотношение:  $\text{ДОФВ} / \text{ДЖЕЛ} \times 100 (\%)$ .

В норме должный объем форсированного выдоха составляет от должной жизненной емкости легких у мужчин 80%, у женщин 82%.

**Итоги работы.** Записать результаты в протокол исследований (табл. 17).

Таблица 17

Результаты определения объема форсированного выдоха  
и индекса Тиффно

Показатель	Результаты измерений и расчетов	Соотношение, %
ОФВ		
ЖЕЛ		
ДОФВ		
ДЖЕЛ		

На основании полученных результатов рассчитать соотношение фактических и должных величин объема форсированного выдоха и жизненной емкости. Сделать вывод о проводимости дыхательных путей.

### **Задание 5. Провести пробы с задержкой дыхания в состоянии покоя**

**Теоретическое обоснование.** Пробы с задержкой дыхания в состоянии вдоха и в состоянии выдоха отражают функциональные возможности дыхательной и кровеносной систем [4, 6, 9].

При задержке дыхания на фазе вдоха в легкие поступают порции наружного воздуха, объем легких увеличен, содержание углекислого газа в альвеолах несколько снижено. Концентрация углекислоты в крови нарастает медленно, благодаря чему на фазе вдоха удается задержать дыхание дольше, чем на фазе выдоха. При задержке дыхания на фазе выдоха объем

легких уменьшен, насыщение легких углекислым газом происходит скорее, большая часть его остается в крови и критическая концентрация углекислого газа в крови достигается быстрее. Поэтому на фазе выдоха удается задержать дыхание на меньшее время, чем на фазе вдоха.

**Оборудование:** зажим для носа, секундомер.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) Вначале провести пробу с задержкой дыхания на вдохе (пробу Штанге) в состоянии покоя. До проведения пробы у испытуемого в положении сидя подсчитать пульс за 1 мин. Затем испытуемый должен сделать три дыхательных движения на 3/4 глубины полного вдоха и задержать дыхание на максимальном вдохе. Нос при этом зажать специальным зажимом или пальцами. Время задержки дыхания регистрировать по секундомеру.

Сразу после возобновления дыхания вновь произвести подсчет пульса за 10 с и привести полученный результат к минуте. По длительности задержки дыхания оценить уровень кислородного обеспечения организма следующим образом: менее 39 с – неудовлетворительный; 40–49 с – удовлетворительный; свыше 50 с – хороший.

По показателям пульса, полученным до и после проведения пробы Штанге, рассчитать показатель реакции сердечно-сосудистой системы (Пр) по формуле

$$\text{Пр} = \frac{\text{Пульс после задержки дыхания}}{\text{Пульс до задержки дыхания}}.$$

В норме этот показатель должен составлять не более 1,2. Большие его значения свидетельствуют о снижении функциональных резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

2) После 5–7-минутного отдыха провести пробу с задержкой дыхания на выдохе (проба Генча). Испытуемый должен сделать три глубоких дыхательных движения, выдохнуть и задержать дыхание. По секундомеру регистрировать время задержки дыхания. Продолжительность задержки дыхания оценивать следующим образом: менее 34 с – неудовлетворительный результат; 35–39 с – удовлетворительный; свыше 40 с – хороший.

**Итоги работы.** Результаты проб занести в протокол (табл. 18). По результатам проб с задержкой дыхания оценить уровень кислородного обеспечения организма. Рассчитать показатель реакции сердечно-сосудистой системы. Сделать выводы.

### **Задание 6. Провести пробы с задержкой дыхания после физической нагрузки**

**Теоретическое обоснование.** После физической нагрузки удастся задержать дыхание на меньшее время, чем в состоянии покоя. Это объясняется тем, что при мышечных нагрузках требуется дополнительная энергия, которая вырабатывается при окислении органических веществ. Конечным продуктом расщепления органических веществ является углекислый газ, который накапливается в крови. При физической нагрузке концентрация углекислоты в крови возрастает быстрее, что вызывает уменьшение времени задержки дыхания.

**Оборудование:** зажим для носа, секундомер.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) Через 7–10 мин после выполнения предыдущего задания испытуемый должен произвести 20 приседаний за 30 с и задержать дыхание на вдохе, соблюдая все условия пробы Штанге (см. задание 5). Определить время задержки дыхания. Пульс измерять не нужно.

2) После 10-минутного отдыха испытуемый производит 20 приседаний за 30 с и проводит пробу с задержкой дыхания на выдохе (пробу Генча).

**Итоги работы.** Результаты обеих проб занести в протокол (см. табл. 18).

Рассчитать показатель отклонения (ПО) времени задержки дыхания после физической нагрузки в процентах ( $T_{ф.н.}$ ) относительно времени задержки дыхания в покое ( $T_n$ ) для обеих проб по формуле

$$ПО = \frac{T_{ф.н.}}{T_n} \times 100 (\%).$$

Объяснить причины этого отклонения. Сделать выводы.

Таблица 18

Результаты проб с задержкой дыхания

Проба	Время задержки дыхания, с		Показатель отклонения, %
	В покое ( $T_n$ )	После физической нагрузки ( $T_{ф.н.}$ )	
На вдохе (проба Штанге)			
На выдохе (проба Генча)			

## Практическое занятие 6 ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

**Цель** – изучить методы определения основного обмена и возрастные особенности обмена веществ.

### **Общие положения**

*Обмен веществ, или метаболизм*, является одним из основных жизненных свойств организма.

Поступающие в организм с пищей сложные органические соединения расщепляются до простых, всасываются и усваиваются клетками, где часть из них подвергается дальнейшему расщеплению и окислению. Потенциальная энергия, заключенная в химических связях органических соединений, при их расщеплении освобождается и превращается в организме в тепловую и механическую энергию, энергию химических связей организменных соединений и, в небольших количествах, в электрическую энергию.

Организм постоянно расходует энергию, выделяет ее во внешнюю среду в виде тепла. Траты энергии пополняются за счет поступления пищи.

Различают *основной* и *рабочий* обмен. Основной обмен является важнейшей физиологической константой организма и характеризует то минимальное количество энергии, которое человек расходует в состоянии полного покоя. Рабочий обмен – это количество тепла, которое выделяется в течение суток под влиянием деятельности человека. Он складывается из основного обмена и рабочей прибавки. Рабочая прибавка – это количество энергии, выделяемое организмом при различных нагрузках. Рабочая прибавка тем выше, чем интенсивнее мышечная работа (табл. 19). Уровень рабочего обмена может колебаться от 2000 до 5000 ккал в сутки.

Данные об энергетических затратах организма можно получить методами прямой и непрямой калориметрии [4, 6, 9]. Прямая калориметрия предполагает помещение испытуемого в герметически закрытую камеру с адиабатическими (т. е. исключаящими свободный приток и потерю тепла) условиями и улавливание выделенного за сутки тепла.

Методы непрямой калориметрии довольно сложны и трудоемки. Непрямая калориметрия основана на определении газообмена, т. е. количества поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа. Определяют

дыхательный коэффициент (отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода), который позволяет вычислить, какие вещества подвергались окислению, поскольку известно, что при окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, при окислении белков – 0,85–0,9, при окислении жиров – 0,7. Зная количество затраченного кислорода, можно найти его калориметрический эквивалент (по специальным таблицам), т. е. количество тепла, выделяемого организмом при потреблении 1 л кислорода. Установив количество потребленного кислорода и соответствующий калорический эквивалент, можно рассчитать энергетические затраты организма.

Таблица 19

**Расход энергии в зависимости от интенсивности деятельности**

Интенсивность нагрузки	Расход энергии на 1 кг в 1 ч, ккал
Покой (основной обмен)	1,0
Спокойное сидение	1,4
Стояние без напряжения	1,5
Легкая работа	1,8–2,5
Небольшая мышечная работа, связанная с ходьбой	2,8–3,2
Мышечная работа средней тяжести	3,2–4,0
Тяжелая физическая работа	5,0–7,5

Метод непрямой калориметрии дает возможность быстро и точно определить баланс энергии в организме, но необходимо учитывать, что дыхательный коэффициент зависит не только от уровня обмена веществ, но и от состояния дыхательной системы, и от кислотно-щелочного равновесия.

Интенсивность окислительных процессов и превращение энергии зависят от индивидуальных особенностей организма (пол, возраст, масса, рост; условия и характер питания; мышечная работа; состояние эндокринных желез и др.).

**Возрастные особенности обмена веществ**

Интенсивность обменных реакций у детей в пересчете на 1 кг массы тела или 1 м<sup>2</sup> его поверхности значительно выше, чем у взрослых, хотя абсолютные величины меньше (табл. 20).

Таблица 20

Средние возрастные изменения основного обмена у человека в онтогенезе

Возраст, лет	Величина основного обмена, кДж/сут			
	на 1 кг массы тела		на 1 м <sup>2</sup> поверхности тела	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки
8	240,66	200,84	6190,8	5106,4
9	220,08	189,00	5821,2	5019,0
10	201,60	180,00	5392,8	4893,0
11	202,02	186,06	5586,0	4118,8
12	173,54	169,26	5103,0	4946,8
13	168,80	151,20	4851,0	4557,0
14	165,48	142,80	4909,8	4510,0
15	151,20	132,30	4799,0	4477,2
16	140,28	115,50	4897,0	4054,2
17	129,36	113,40	4968,6	3864,0
18	118,02	106,26	4835,2	3604,4

Основной обмен у детей интенсивнее, чем у взрослых, так как на единицу массы у них приходится относительно большая поверхность тела, чем у взрослого человека. Значительно преобладают также процессы ассимиляции над процессами диссимиляции.

Энергетические затраты на рост тем больше, чем меньше возраст ребенка (табл. 21). Так, расход энергии, связанный с ростом, в возрасте трех месяцев составляет 36%, в возрасте шести месяцев – 26, девяти месяцев – 21% общей энергетической ценности пищи.

У школьников подготовка к уроку, урок в школе требуют энергии на 20–50% выше энергии основного обмена.

Таблица 21

Суточный расход энергии на 1 кг массы тела (по В. И. Молчанову)

Возраст	Суточный расход энергии, кДж
1–3 месяца	462–504
3–6 месяцев	420–462
6–12 месяцев	378–420
2–6 лет	294–315
7–10 лет	252–294
11–15 лет	189–281
Взрослые	147–168

### *Особенности белкового обмена у детей*

Суточная потребность в белке на 1 кг массы тела у ребенка на первом году жизни составляет 4–5 г, от 1 до 3 лет – 4–4,5 г, от 6 до 10 лет – 2,5–3 г, старше 12 лет – 2–2,5 г, у взрослых – 1,5–1,8 г. Следовательно, в зависимости от возраста и массы дети от 1 до 4 лет в сутки должны получать 30–50 г белка, от 4 до 7 лет – около 70, с 7 лет – 75–80 г. При этих показателях азот максимально задерживается в организме.

### *Особенности обмена жиров у детей*

Потребность организма в жирах на 1 кг массы тела тем выше, чем меньше возраст ребенка (табл. 22).

Таблица 22

Потребность в жире на 1 кг массы тела

Возраст	Потребность в жире, г
Грудной ребенок	6,5–6
От 1 года до 4 лет	4,0–3,5
От 4 до 7 лет	3,0–2,5
Старше 7 лет	2,5–2,0
10–11 лет	1,5
16–18 лет	1,0

С возрастом увеличивается абсолютное количество жира, необходимое для нормального развития детей. От 1 до 3 лет суточная потребность в жире 32,7 г, от 4 до 7 лет – 39,2, от 8 до 13 лет – 38,4 г.

### *Обмен углеводов у детей*

Суточная потребность в углеводах у детей высокая и составляет в грудном возрасте 10–12 г на 1 кг массы тела. В последующие годы необходимое количество углеводов колеблется от 8–9 до 12–15 г на 1 кг массы.

От 1 до 3 лет в сутки ребенку надо дать с пищей в среднем 193 г углеводов, от 4 до 7 лет – 287, от 9 до 13 лет – 370, от 14 до 17 лет – 470, взрослому – 500 г.

Усваиваются углеводы детским организмом лучше, чем взрослым (у грудных детей на 98–99%). При чрезмерном количестве поступившего в организм сахара он выводится с мочой.

*Значение воды в процессе роста и развития ребенка.* В организме ребенка преобладает внеклеточная вода, с этим связана большая гидробильность детей, т. е. способность быстро терять и быстро накапливать воду. Потребность в воде на 1 кг массы тела с возрастом уменьшается, а аб-

солютное количество ее возрастает. Трехмесячному ребенку требуется 150–170 г воды на 1 кг массы, в 2 года – 95 г, в 12–13 лет – 45 г. Суточная потребность в воде в годовалом возрасте 800 мл, в четыре года – 950–1000 мл, в 5–6 лет – 1200 мл, в 7–10 лет – 1350 мл, в 11 – 14 лет – 1500 мл.

*Значение минеральных солей в процессе роста и развития ребенка.* У новорожденного минеральные вещества составляют 2,55% от массы тела, у взрослого – 5%.

Наибольшая потребность в кальции отмечается на 1-м году жизни ребенка; в этом возрасте она в 8 раз больше, чем на 2-м году жизни, и в 13 раз больше, чем на 3-м году; затем потребность в кальции снижается, несколько повышаясь в период полового созревания. Суточная потребность в кальции у школьников составляет 0,68–2,36 г. Суточная потребность в фосфоре – 1,5–4,0 г. Оптимальное соотношение между концентрацией солей кальция и фосфора для детей дошкольного возраста составляет 1 : 1, в возрасте 8–10 лет – 1 : 1,5, у подростков и старших школьников – 1 : 2. При таких отношениях развитие скелета протекает нормально. В молоке имеется идеальное соотношение солей кальция и фосфора, почему включение молока в рацион питания детей обязательно.

Потребность в железе у детей выше, чем у взрослых (1–1,2 мг на 1 кг массы в сутки, у взрослых – 0,9 мг). Натрия дети должны получать 25–40 мг в сутки, калия – 12–30 мг, хлора – 12–15 мг [12, 19, 20].

### ***Задание 1. Рассчитать «должный» основной обмен по таблицам Гаррис-Бенедикта***

**Теоретическое обоснование.** Чтобы определить присущий данному организму уровень энергетических затрат, проводят исследование в определенных стандартных условиях. Энергетические затраты организма в таких условиях называют *основным обменом*.

Величина основного обмена характеризует минимальные затраты энергии неспящим человеком. Определяется основной обмен утром, натощак (через 14–16 ч после последнего приема пищи), в положении лежа, при окружающей температуре 18–20 °С (температура комфорта).

Величину основного обмена обычно выражают количеством тепла в килокалориях на 1 кг массы тела либо на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела за 1 ч или за одни сутки. Эта величина для человека в возрасте от 20 до 40 лет составляет примерно 1 ккал на 1 кг веса в час. В пожилом возрасте основной обмен снижается.

Величина основного обмена зависит от пола, возраста, веса и роста. У мужчин он примерно на 10% выше, чем у женщин. В патологии основной обмен может значительно изменяться в сторону повышения или понижения, особенно при нарушениях деятельности эндокринных желез (щитовидной, гипофиза и др.). Например, при гиперфункции щитовидной железы основной обмен может возрасти до 150%.

**Оборудование:** таблицы Гаррис-Бенедикта для расчета основного обмена.

**Ход работы.** Таблицы Гаррис-Бенедикта (табл. 23) составлены на основании математического анализа многочисленных измерений основного обмена у здоровых людей при помощи специальных аппаратов. При составлении таблиц были учтены все факторы, влияющие на основной обмен (пол, возраст, вес, рост), поэтому вычисленные по таблицам и определяемые приборами показатели основного обмена у здоровых людей близки по значению. В норме разница не должна превышать  $\pm 10\%$ .

Таблица 23

Данные для определения основного обмена по весу тела

Женщины				Мужчины			
Вес, кг	Калории						
1	2	3	5	6	7	8	9
45	1085	85	1468	45	685	85	1235
46	1095	86	1478	46	699	86	1249
47	1105	87	1487	47	713	87	1263
48	1114	88	1497	48	727	88	1277
49	1124	89	1506	49	740	89	1290
50	1133	90	1516	50	754	90	1304
51	1143	91	1525	51	768	91	1318
52	1152	92	1535	52	782	92	1332
53	1162	93	1544	53	795	93	1345
54	1172	94	1554	54	809	94	1359
55	1181	95	1564	55	823	95	1373
56	1191	96	1573	56	837	96	1387
57	1200	97	1583	57	850	97	1400
58	1210	98	1592	58	864	98	1414
59	1219	99	1602	59	878	99	1428
60	1229	100	1611	60	892	100	1442

Окончание табл. 23

1	2	3	5	6	7	8	9
61	1238	101	1621	61	905	101	1455
62	1248	102	1631	62	919	102	1469
63	1258	103	1640	63	933	103	1483
64	1267	104	1650	64	947	104	1497
65	1277	105	1659	65	960	105	1510
66	1286	106	1669	66	974	106	1524
67	1296	107	1678	67	988	107	1538
68	1305	108	1688	68	1002	108	1552
69	1315	109	1698	69	1015	109	1565
70	1325	110	1707	70	1029	110	1579
71	1334	111	1717	71	1043	111	1593
72	1344	112	1726	72	1057	112	1607
73	1353	113	1736	73	1070	113	1620
74	1363	114	1744	74	1084	114	1634
75	1372	115	1755	75	1098	115	1648
76	1382	116	1764	76	1112	116	1662
77	1391	117	1774	77	1125	117	1675
78	1401	118	1784	78	1139	118	1689
79	1411	119	1793	79	1153	119	1703
80	1420	120	1803	80	1167	120	1717
81	1430	121	1812	81	1180	121	1730
82	1439	122	1822	82	1194	122	1744
83	1449	123	1831	83	1208	123	1758
84	1458	124	1841	84	1222	124	1772

1. Ознакомиться с примером расчета основного обмена по таблицам Гаррис-Бенедикта.

Рассчитывают тот основной обмен, который должен быть у испытуемого в норме, соответственно его полу, возрасту, росту и весу. Расчетные таблицы для мужчин и женщин различны.

Предположим, что испытуемый – женщина, ее возраст 21 год, рост – 160 см, вес – 60 кг. В табл. 23 находим вес испытуемой – 60 кг и против него число 1229 (количество килокалорий по весу). В табл. 24 находим по горизонтали возраст 21 год; по вертикали рост 160 см; на их пересечении находим число 198 (количество килокалорий по росту и возрасту).

Для определения основного обмена оба числа складываются:

$$1229 + 198 = 1427 \text{ (ккал).}$$

Таблица 24

Данные для определения основного обмена  
по росту и возрасту

Рост, см	Возраст, лет														
	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43
<i>У женщин</i>															
140	165	155	146	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
144	181	171	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
148	197	187	178	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
152	212	201	192	183	174	164	155	146	136	127	177	108	99	89	80
156	227	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97	87
160	242	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	114	104	95
164	257	243	234	205	196	186	177	168	158	149	140	130	121	112	102
168	271	255	246	213	203	194	184	175	166	156	147	138	128	119	110
172	285	267	258	220	211	201	192	183	173	164	154	145	136	126	117
176	299	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134	123
180	313	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132
184	327	303	294	242	233	223	214	204	195	186	177	167	158	149	139
188	—	313	304	250	240	231	221	215	203	193	184	175	165	156	147
192	—	322	314	257	248	238	229	220	210	201	191	182	173	163	154
196	—	333	323	264	255	245	236	228	218	208	199	190	180	171	161
200	—	—	334	272	262	253	244	234	225	216	206	197	188	178	169
<i>У мужчин</i>															
140	580	553	528	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
144	620	593	568	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
148	660	633	608	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
152	700	673	648	619	605	592	578	565	551	538	524	511	497	484	470
156	940	713	678	639	625	612	598	585	571	558	544	531	517	504	490
160	780	743	708	659	645	632	618	605	591	578	564	551	537	524	510
164	810	773	738	679	665	652	638	625	611	598	584	571	557	544	530
168	840	803	768	699	685	672	658	645	631	618	604	591	577	564	550
172	860	823	788	719	705	692	678	665	651	638	624	611	597	584	570
176	880	843	808	739	725	712	698	685	671	658	644	631	617	604	590
180	900	863	828	759	745	732	718	705	691	678	664	651	637	624	610
184	920	883	848	779	765	752	738	725	711	698	684	671	657	644	630
188	940	903	868	799	785	772	758	745	731	718	704	691	677	664	650
192	—	923	888	819	805	792	778	765	751	738	724	711	697	684	670
196	—	—	908	839	825	812	798	785	771	758	744	731	717	704	690
200	—	—	—	859	845	832	818	805	791	778	764	751	737	724	710

2. Определить «должный» основной обмен по таблицам Гаррис-Бенедикта, учитывая свой пол, вес, возраст и рост.

**Итоги работы.** Записать в протокол (табл. 25) исходные данные испытуемого; данные, найденные по таблицам Гаррис-Бенедикта, и результаты расчетов. Сделать вывод.

Таблица 25

Результаты определения «должного» основного обмена

Исходные данные	Количество килокалорий по весу	Количество килокалорий по росту и возрасту	Значение «должного» основного обмена
Вес, кг			
Рост, см			
Возраст, лет			

### **Задание 2. Определить основной обмен по формуле Рида и номограмме**

**Теоретическое обоснование.** Формула и номограмма Рида позволяют вычислить процент отклонения индивидуальной величины основного обмена от среднестатистической нормы, т. е. «должного» основного обмена. При этом учитывается связь между артериальным давлением, частотой пульса и продукцией тепла в организме. Результаты, получаемые в этом случае, хотя и не отличаются большой точностью, но при некоторых заболеваниях (например, тиреотоксикозе) являются вполне достоверными и могут быть использованы в диагностических целях. Отклонение величины основного обмена от «должного» до 10% считается нормальным.

**Оборудование:** кушетка, автоматический измеритель артериального давления, часы с секундной стрелкой, номограмма Рида, линейка.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) У испытуемого в положении лежа на спине в отсутствии мышечного напряжения и в состоянии эмоционального покоя подсчитать пульс и измерить систолическое и диастолическое давление. Измерения провести 3 раза подряд с интервалом в 1–2 мин. Для расчета использовать минимальные показатели.

2) Рассчитать степень отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида:

$$\text{Степень отклонения} = 0,75 \times (\text{ЧП} + \text{ПД} \times 0,74) - 72,$$

где ЧП – частота пульса;

ПД – пульсовое давление, которое вычисляется по формуле

$$\text{ПД} = \text{систолическое давление} - \text{диастолическое давление}.$$

3) Для упрощения расчетов использовать специальную номограмму (рис. 1), которая позволяет быстро сопоставить частоту пульса со значением пульсового давления. Для этого найти соответствующие значения пульса на левой шкале и пульсового давления – на правой, а затем соединить значения данных показателей с помощью линейки. Точка пересечения линейки со средней шкалой показывает величину отклонения основного обмена от нормы в процентах.

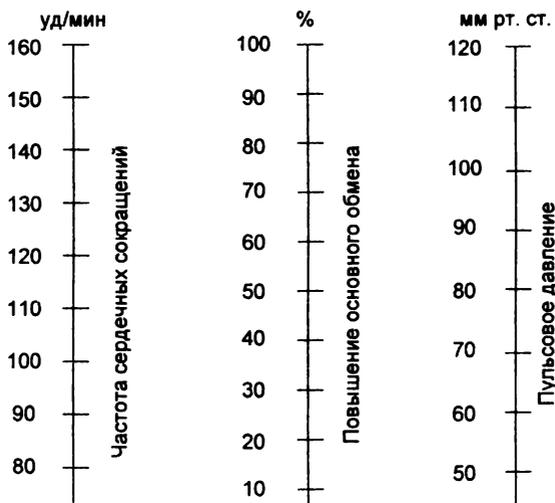


Рис. 1. Номограмма для определения степени отклонения основного обмена от уровня нормы

**Итоги работы.** Записать в протокол (табл. 26) результаты измерений. Рассчитать отклонение основного обмена от среднестатистической нормы по

формуле Рида, определить этот же показатель по номограмме Рида. Сравнить полученные данные с величиной основного обмена, определенной по таблицам Гаррис-Бенедикта. Записать предполагаемые причины расхождений.

Таблица 26

Результаты определения степени отклонения основного обмена от нормы

Показатель	Результаты измерений и расчетов
Пульс	
Систолическое давление	
Диастолическое давление	
Пульсовое давление	
Степень отклонения основного обмена от нормы (по результатам расчетов)	
Степень отклонения основного обмена от нормы (по номограмме), %	

### **Задание 3. Определить основной обмен по данным площади поверхности тела**

**Теоретическое обоснование.** Так как энергия обмена веществ в теле человека, преобразуясь в тепло, отдается в окружающую среду преимущественно через кожную поверхность, то имеет значение величина основного обмена, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  поверхности тела. Расход энергии на  $1 \text{ м}^2$  поверхности тела человека за 1 ч в зависимости от пола и возраста приведен в табл. 27.

Таблица 27

#### Расход энергии

Возраст, лет	Расход энергии, ккал на $1 \text{ м}^2$ в час	
	у мужчин	у женщин
16–18	43,0	40,0
18–20	41,0	38,0
20–30	39,5	37,0
30–40	39,5	36,5

**Оборудование:** номограмма для определения поверхности тела, линейка.

**Ход работы:**

1) Определить площадь поверхности тела по номограмме (рис. 2), исходя из вашего роста и веса. Для этого найти соответствующие значения

роста на левой шкале и веса – на правой, а затем сопоставить их при помощи линейки. Точка пересечения линейки со средней шкалой показывает величину площади поверхности тела.

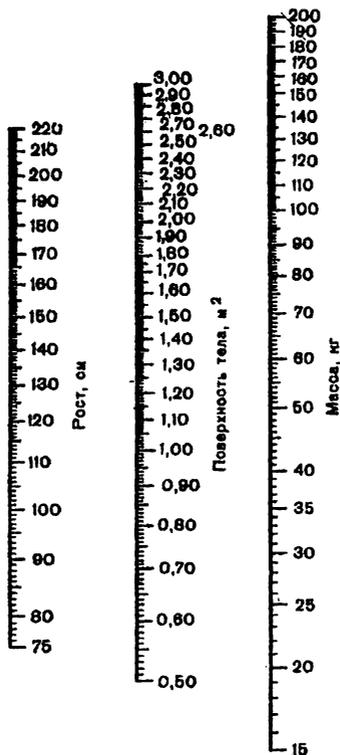


Рис. 2. Номограмма для определения площади поверхности тела по массе и росту

2) Для вычисления основного обмена (ОО) следует величину расхода энергии за 1 ч на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела соответственно полу и возрасту расход энергии (РЭ) (см. табл. 27) умножить на площадь поверхности тела  $S$  (м<sup>2</sup>), а затем произвести перерасчет на сутки (умножить полученное значение на 24):

$$ОО = РЭ \times S \times 24 \text{ (ккал)}.$$

**Итоги работы.** Результаты определения основного обмена веществ записать в протокол (табл. 28). Сравнить полученный результат с величиной основного обмена, рассчитанной по таблицам Гаррис-Бенедикта. Сделать выводы.

Таблица 28

Результаты определения основного обмена  
по данным площади поверхности тела

Показатель	Значение показателя
Рост, м	
Вес, кг	
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup>	
Основной обмен, в 1 ч, ккал	
Основной обмен, в сутки, ккал	

## Практическое занятие 7

# ФИЗИОЛОГИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

**Цель** – изучить механизмы терморегуляции, овладеть методами исследования системы терморегуляции.

### **Общие положения**

**Терморегуляция** – совокупность физиологических процессов, направленных на поддержание температуры тела в пределах ограниченного диапазона путем сохранения равновесия между *теплообразованием (телопродукцией)* и *теплоотдачей* организма.

Существование организма без перегрева с постоянной температурой тела возможно лишь в том случае, если все образующееся тепло будет за определенный промежуток времени отдаваться в окружающую среду. Изменение соотношений между величиной теплопродукции и теплоотдачи приводит к колебаниям температуры тела.

Терморегуляцию можно разделить на химическую (усиление или снижение обмена веществ) и физическую (изменение интенсивности отдачи тепла телом).

Теплообразование происходит вследствие непрерывно совершающихся *экзотермических* реакций, т. е. реакций, сопровождающихся выделением энергии. Эти реакции протекают во всех органах и тканях, но с разной интенсивностью. В органах и тканях, производящих активную работу – скелетных мышцах, печени, почках, – выделяется большее количество тепла, чем в менее активных – соединительной ткани, костях, хрящах.

Наиболее интенсивное теплообразование происходит в мышцах. Даже если человек лежит неподвижно, но с напряженной мускулатурой, окислительные процессы и, следовательно, теплообразование повышаются на 10%. Небольшая двигательная активность ведет к увеличению теплопродукции на 50–80%, а тяжелая мышечная работа – на 400–500%. Значительное усиление теплопродукции при мышечных нагрузках могло бы привести к существенному повышению температуры тела и перегреванию, не совместимому с жизнью. Однако температура тела при мышечной работе средней тяжести повышается в среднем только на 0,5 °С, а при интенсивной и длительной работе – на 1,5–2 °С. Это обусловлено тем, что усиление процессов теплообразования стимулирует активацию процессов теплоотдачи.

Потеря тепла органами и тканями (теплоотдача) в большой степени зависит от их месторасположения: органы, расположенные у поверхности тела (кожа, скелетные мышцы), отдают больше тепла и охлаждаются сильнее, чем внутренние органы.

Теплоотдача осуществляется главным образом через кожу и через легкие. Основные пути теплоотдачи через кожу: *теплоизлучение (радиация)* – рассеивание тепла в окружающую среду в виде инфракрасных лучей; *конвекция* – отдача тепла перемещающимся слоям воздуха у поверхности тела; *теплопроводение* – отдача тепла объектам, непосредственно соприкасающимся с поверхностью тела; *испарение воды* с поверхности тела за счет потоотделения. Теплоотдача через легкие осуществляется путем нагревания выдыхаемого воздуха и испарения влаги с поверхности альвеол. В обычных условиях потеря тепла путем теплопроводения имеет небольшое значение, так как воздух и одежда являются плохими проводниками тепла. Радиация, испарение и конвекция протекают с различной интенсивностью в зависимости от температуры окружающей среды. У человека в состоянии покоя при температуре воздуха около 20 °С радиация составляет 66%, испарение воды – 19%, конвекция – 15% общей потери тепла организмом. При повышении температуры окружающей среды до 35 °С теплоотдача посредством радиации и конвекции становится невозможной и температура тела поддерживается на постоянном уровне исключительно путем испарения воды с поверхности кожи и альвеол легких.

При увеличении теплообразования в результате мышечной работы значительно возрастает потоотделение, посредством которого в окружающую среду может быть отдано до 75% тепла [9, 11, 19, 24, 25].

### **Задание 1. Определить средневзвешенную температуру кожи по формуле Витте**

**Теоретическое обоснование.** Тепловое состояние организма можно оценить по субъективным (ощущения) и объективным показателям [4, 6, 9]. Чаще других в практике используют показатели, которые, отражая состояние процессов терморегуляции, наиболее тесно коррелируют с теплоощущениями. К таким показателям относятся температура кожи и тела и рассчитанные на основе этих показателей средневзвешенная температура кожи и средняя температура тела.

Температура кожи у одетого мужчины при комфортных ощущениях составляет: на лбу – 33,8–34,5 °С, на кисти – 33,1–33,6 °С, на бедре – 33,4–33,4 °С, на голени – 32,3–33,8 °С. При неблагоприятных климатических условиях, например, высокой температуре воздуха, температура кожи может повышаться до 35–35,5 °С.

Средневзвешенную температуру кожи определяют как сумму значений температуры разных участков кожи, умноженных на определенные коэффициенты. Изменение температуры кожи на каком-либо ее участке под действием внутренних факторов (например, физическая работа) или внешних факторов (снижение температуры воздуха) может отражаться на величине средневзвешенной температуры кожи. В условиях комфорта средневзвешенная температура кожи равна 32,2–34,2 °С. При физической нагрузке комфортные ощущения наблюдаются при более низких значениях средневзвешенных температур: при средней нагрузке – 30,1–33,0 °С, при тяжелой нагрузке – 29,1–31,0 °С. В условиях воздействия неблагоприятного микроклимата (в состоянии относительного физического покоя) ощущение «жарко» возникает при повышении средневзвешенной температуры кожи до 36 °С и выше, а ощущение «холодно» – при 28–29 °С.

**Оборудование:** ртутный термометр, электротермометр, дезинфицирующий раствор, ватные шарики.

**Ход работы.** Измерить температуру кожи в пяти строго определенных точках: 1) на лбу – в точке, расположенной между надбровными дугами, на 0,5 см выше их верхнего края; 2) на груди – у верхнего края грудины; 3) на кисти – с тыльной стороны между основаниями первых фаланг большого и указательного пальцев; 4) на середине наружной поверхности бедра; 5) на середине наружной поверхности голени.

На основании полученных данных рассчитать средневзвешенную температуру тела (СВТ) по формуле Витте:

$$\text{СВТ} = 0,07 \times t_{\text{лба}} + 0,5 \times t_{\text{груди}} + 0,05 \times t_{\text{кисти}} + 0,18 \times t_{\text{бедре}} + 0,20 \times t_{\text{голении}} .$$

**Итоги работы.** Результаты измерений занести в протокол (табл. 29). Результаты расчетов занести в табл. 30. Сделать выводы о соответствии полученных результатов нормативным показателям. Назвать возможные причины отклонений значений показателей от нормы.

Таблица 29

## Температура тела, °С

Место измерения	В покое	После нагрузки	
		Приседания	Степ-тест
Лоб			
Грудь			
Кисть			
Бедро			
Голень			

Таблица 30

## Средневзвешенная температура кожи и средняя температура тела

Показатель	В покое	После нагрузки	
		Приседания	Степ-тест
СВТ			
СТТ			

**Задание 2. Определить среднюю температуру тела по Бартону**

**Теоретическое обоснование.** Средняя температура тела является интегральным показателем, позволяющим косвенно судить о состоянии теплового баланса, в том числе дефиците тепла (теплоотдача превышает теплообразование) или накоплении тепла (теплообразование превышает теплоотдачу).

Уменьшение средней температуры тела свидетельствует об охлаждении (переохлаждении) организма, а ее увеличение – о нагревании (перегревании). Оптимальному состоянию организма, определяемому как комфортное, при средних физических нагрузках соответствует средняя температура тела 35,6–36,4 °С.

**Оборудование:** ртутный термометр.

**Ход работы.** Среднюю температуру тела (СТТ) рассчитывают по формуле Бартона на основании температуры тела (температуры «ядра») (Т ядра) и средневзвешенной температуры кожи (температуры «оболочки») (СВТ):

$$СТТ = 0,7 \times (Т \text{ ядра} + 0,3) + 0,3 \times СВТ.$$

Измерить температуру «ядра» под языком с помощью ртутного термометра в течение 5 мин.

Рассчитать СВТ (см. задание 1) и среднюю температуру тела.

**Итоги работы.** Результаты измерений и расчетов занести в протокол (см. табл. 30), сравнить их с нормативными значениями. Сделать выводы. Назвать возможные причины отклонений значений показателей от нормы.

### ***Задание 3. Определить средневзвешенную температуру кожи и среднюю температуру тела после физической нагрузки средней тяжести***

**Оборудование:** ртутный термометр, электротермометр, дезинфицирующий раствор, ватные шарики, секундомер.

**Ход работы:**

- 1) Сделать 40 приседаний в течение 1 мин.
- 2) Определить средневзвешенную температуру кожи после физической нагрузки средней тяжести (см. задание 1).
- 3) Определить среднюю температуру тела после физической нагрузки средней тяжести (см. задание 2).

**Итоги работы.** Результаты измерений и расчетов занести в протоколы (см. табл. 29 и 30). Сравнить значения изучаемых показателей в покое и после физической нагрузки средней тяжести. Объяснить полученные результаты, сделать выводы.

### ***Задание 4. Определить средневзвешенную температуру кожи и среднюю температуру тела после тяжелой физической нагрузки***

**Оборудование:** ртутный термометр, электротермометр, дезинфицирующий раствор, ватные шарики, ступенька высотой 25–30 см.

**Ход работы:**

- 1) Выполнять степ-тест (восхождение на ступеньку) в течение 5 мин. Количество восхождений подбирают с учетом веса человека, для того, чтобы обеспечить равный для всех участников опыта уровень нагрузки (90 Вт) (табл. 31).
- 2) Определить средневзвешенную температуру кожи после тяжелой физической нагрузки (см. задание 1).

3) Определить среднюю температуру тела после тяжелой физической нагрузки (см. задание 2).

**Итоги работы.** Результаты измерений и расчетов занести в протоколы (см. табл. 29 и 30). Сравнить значения изучаемых показателей в покое и после физической нагрузки разной тяжести. Объяснить полученные результаты, сделать выводы.

Таблица 31

Определение мощности нагрузки

Вес, кг	Количество восхождений	Вес, кг	Количество восхождений
50	162	75	108
55	148	80	102
60	136	85	96
65	124	90	90
70	116	95	86

## Практическое занятие 8

### ФИЗИОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – ознакомиться с методами изучения функционального состояния зрительной сенсорной системы и рассмотреть ее возрастные особенности.

#### ***Возрастные особенности зрительной сенсорной системы***

Элементы сетчатки начинают формироваться на 6–10-й неделе внутриутробного развития, окончательное морфологическое созревание происходит к 10–12 годам. У новорожденного в сетчатке функционируют только палочки, обеспечивающие черно-белое зрение. Количество колбочек невелико и они не зрелые. Распознавание цветов в раннем возрасте зависит от яркости, а не от спектральной характеристики цвета. По мере созревания колбочек дети сначала различают желтый, потом зеленый, а затем красный цвет. Полноценно колбочки начинают функционировать к концу 3-го года жизни. В школьном возрасте различительная цветовая чувствительность глаза повышается. Максимального развития ощущение цвета достигает к 30 годам и затем постепенно снижается.

Миелинизация проводящих путей начинается на 8–9-м месяце внутриутробного развития, а заканчивается к 3–4-му году жизни.

Корковый отдел зрительного анализатора в основном формируется на 6–7-м месяце внутриутробной жизни, окончательно он созревает к 7-летнему возрасту.

У новорожденного диаметр глазного яблока составляет 16 мм, а его масса – 3,0 г. Рост глазного яблока продолжается после рождения. Интенсивнее всего оно растет первые 5 лет жизни, менее интенсивно – до 9–12 лет. У взрослых диаметр глазного яблока составляет около 24 мм, вес – 8,0 г.

У новорожденных форма глазного яблока более шаровидная, чем у взрослых, в результате в 90% случаев у них отмечается дальнозоркая рефракция. Повышенная растяжимость и эластичность склеры у детей способствует легкой деформации глазного яблока, что важно при формировании рефракции глаза. Например, если ребенок играет, рисует или читает, низко наклонив голову, то из-за давления жидкости на переднюю стенку глазное яблоко удлинится и развивается близорукость.

В первые годы жизни радужка содержит мало пигментов и имеет голубовато-сероватый оттенок, окончательное формирование ее окраски завершается к 10–12 годам. Зрачок у новорожденных узкий. Из-за преобладания тонуса сим-

патических нервов, иннервирующих мышцы радужной оболочки, в 6–8 лет зрачки становятся широкими, что увеличивает риск солнечных ожогов сетчатки. В 8–10 лет зрачок сужается. В 12–13 лет быстрота и интенсивность зрачковой реакции на свет становятся такими же, как у взрослого человека.

У новорожденных и детей дошкольного возраста хрусталик более выпуклый и более эластичный, чем у взрослого, его преломляющая способность выше. Сенсорные и моторные функции зрения развиваются одновременно. В первые дни после рождения движения глаз несинхронны, при неподвижности одного глаза можно наблюдать движение другого. Способность фиксировать взглядом предмет формируется в возрасте от 5 дней до 3–5 месяцев.

Реакция на форму предмета отмечается уже у 5-месячного ребенка. У дошкольников первую реакцию вызывает форма предмета, затем его размеры и уже в последнюю очередь – цвет.

Острота зрения с возрастом повышается, стереоскопическое зрение улучшается.

Для сравнения приведем данные по остроте зрения (в условных единицах) у детей разного возраста (табл. 32).

Таблица 32

Острота зрения у детей разных возрастов

Возраст	Острота зрения (усл. ед.)
1 неделя	0,004–0,002
1 месяц	0,008–0,003
1 год	0,3–0,6
3 года	0,6–1,0
5 лет	0,8–1,0
7–15 лет	0,9–1,0

Стереоскопическое зрение к 17–22 годам достигает своего оптимального уровня, причем с 6 лет у девочек острота стереоскопического зрения выше, чем у мальчиков.

В 7–8 лет глазомер у детей значительно лучше, чем у дошкольников, но хуже, чем у взрослых; половых различий не имеет. В дальнейшем у мальчиков линейный глазомер (восприятие длины, расстояния) становится лучше.

Поле зрения интенсивно увеличивается. К 7 годам его размер составляет приблизительно 80% от размера поля зрения взрослого. Размер поля зрения определяет пропускную способность зрительного анализатора – объем

информации, воспринимаемой человеком в единицу времени, и, следовательно, учебные возможности ребенка. В процессе онтогенеза пропускная способность зрительного анализатора меняется (табл. 33) [12, 13, 15, 19, 20].

Таблица 33

Пропускная способность зрительного анализатора у детей и подростков, бит/с [20]

Возраст	Девочки	Мальчики
7–8 лет	1,00	1,09
10–11 лет	2,18	2,06
12–13 лет	2,53	2,12
13–14 лет	2,90	2,60
17–18 лет	3,38	2,65
19–22 года	3,13	2,88

### Задание 1. Определить остроту зрения

**Теоретическое обоснование.** *Острота зрения* – это способность различать мелкие детали предмета. Она измеряется минимальным углом, при котором две точки воспринимаются как отдельные. Нормальный глаз способен различать две точки отдельно под углом зрения  $1^\circ$ , что соответствует примерно 4 мкм расстояния между изображениями (проекциями) точек на сетчатке. Для отдельного видения двух точек необходимо, чтобы между возбужденными рецепторами находился хотя бы один невозбужденный. В ином случае две точки при их рассмотрении сливаются в одну.

Для определения остроты зрения используют стандартные таблицы с буквенными знаками, расположенными в 12 строк. Величина букв убывает сверху вниз. Слева каждой строки стоит цифра, обозначающая расстояние ( $D$ ), с которого нормальный глаз должен различать буквы данной строки. При таком расстоянии линии, проведенные от краев штрихов, образующих буквы, к *узловой точке сетчатке (фокусу)* образуют угол  $1^\circ$ . Справа каждой строки стоит цифра, обозначающая остроту зрения. Остроту зрения ( $V$ ) рассчитывают по формуле  $V = d/D$ , где  $d$  – расстояние испытуемого до таблицы,  $D$  – расстояние, с которого нормальный глаз должен отчетливо видеть данную строку.

Острота зрения зависит от плотности расположения рецепторов на сетчатке, свойств светопреломляющих сред глаза, степени аккомодации. Острота зрения может снижаться в течение дня при высокой нагрузке на зрительный анализатор.

**Оборудование:** таблица С. С. Головина и Д. А. Сивцева для определения остроты зрения, щиток.

**Ход работы.** Таблицу разместить на хорошо освещенной стене. Испытуемого усадить на стул на расстоянии 5 м от таблицы; закрыть один глаз испытуемого специальным щитком. Испытуемый должен называть буквы, указываемые экспериментатором. Определение начинают с верхней строки. Постепенно перемещая указку вниз по таблице, следует найти самую нижнюю строку, буквы которой испытуемый видит отчетливо.

При нормальной остроте зрения человек видит десятую строку сверху с расстояния 5 м, первую строку – с 50 м. Нормальная острота зрения – 1,0. Пониженная острота зрения – от 0,9 и ниже. Повышенная острота зрения – 1,1–2,0.

**Итоги работы.** Результаты работы записать в протокол (табл. 34). По результатам работы сделать выводы. Назвать возможные причины изменения остроты зрения.

Таблица 34

Результаты определения остроты зрения

Глаз	Номер строки с нормально различимыми буквами	Острота зрения, $V$
Левый		
Правый		

## **Задание 2. Определить поле зрения**

**Теоретическое обоснование.** *Поле зрения* (периферическим или боковым зрением) называется часть пространства, видимая при неподвижном положении глаза. При неподвижном положении глаз видит не только те предметы, проекция которых падает на центральную ямку, но и предметы, изображения от которых фокусируются на периферических частях сетчатки. Для черно-белых сигналов поле зрения обычно ограничено строением костей черепа, положением глазного яблока и формой надбровных дуг и носа. Для цветных раздражителей поле зрения меньше, так как воспринимающие их колбочки находятся преимущественно в центральной части сетчатки. Величина поля зрения у разных людей неодинакова. При утомлении поле зрения уменьшается. Центральное зрение, или зрение в области центральной ямки, отличается наибольшей остротой. Периферия сетчатки плохо различает детали предметов, но хорошо воспринимает их движение.

Границы поля зрения обозначаются величиной угла, образуемого зрительной осью глаза, т. е. линией, соединяющей точку фиксации с цен-

тральной ямкой, и направляющим лучом, проведенным от крайней видимой точки к сетчатке глаза.

Поле зрения измеряют с помощью периметра Форстера. Периметр представляет собой металлический полукруг, разделенный по ребру на градусы. Его середина укреплена на горизонтальной оси, вокруг которой полукруг может вращаться.

**Оборудование:** периметр Форстера, щиток, указка с цветными метками.

**Ход работы.** Периметр поставить против света.

Испытуемому следует сесть за стол спиной к свету, поставить подбородок в выемку штатива периметра. Если определяют поле зрения для левого глаза, то подбородок поставить на правую часть подставки. Ее высоту необходимо отрегулировать так, чтобы верхний конец штатива приходился к нижнему краю глазницы. Испытуемый фиксирует взглядом белый кружок в центре дуги периметра, а другой глаз закрывает щитком.

Экспериментатору следует установить дугу периметра в горизонтальное положение и начать измерение. Для этого медленно перемещать белую метку указки по внутренней поверхности дуги периметра в направлении от  $90^\circ$  к  $0^\circ$ . Испытуемый должен указать тот момент, когда белая метка впервые будет видна его неподвижно фиксированному взгляду. Экспериментатору отметить в протоколе (табл. 35) соответствующий угол. Далее определить поле зрения для красного, желтого, зеленого цветов. Испытуемый должен отметить тот момент, когда в поле его зрения появляется именно цветная метка, а не указка. Границы полей зрения будут определены тем точнее, чем больше меридианов (положений дуги периметра) будет исследовано.

**Итоги работы.** Заполнить протокол (см. табл. 35).

Таблица 35

Результаты определения поля зрения

Цвет	Угол, °			
	Сверху	Снизу	Справа	Слева
Белый				
Красный				
Желтый				
Синий				

Сравнить полученные результаты с нормами, приведенными в табл. 36. Построить графическое изображение полей зрения для каждого цвета, так, как это показано на рис. 3.

Таблица 36

Границы полей зрения

Цвет	Граница поля зрения			
	Наружная	Внутренняя	Верхняя	Нижняя
	Угол, °			
Белый	90	60	60	70
Синий	85	50	45	60
Красный	75	40	40	50
Зеленый	65	35	35	40

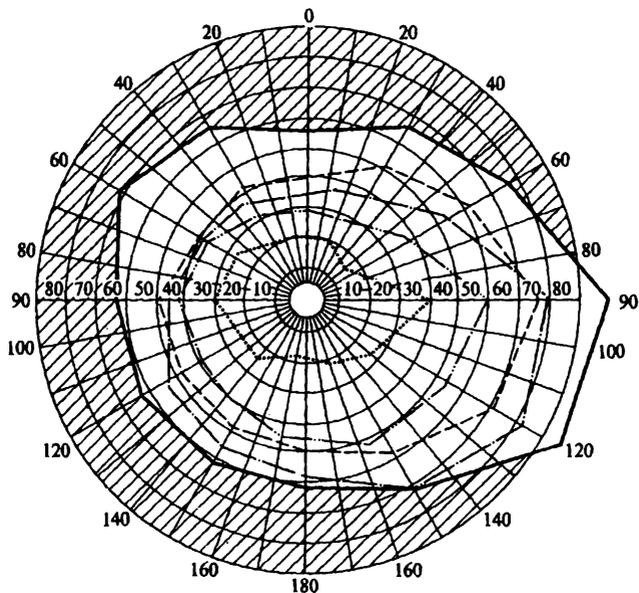


Рис. 3. Периметрический снимок полей зрения:

— — для черно-белого видения; - - - - желтого цвета; - - - - синего цвета;  
 - . . . . - красного цвета; ······ — зеленого цвета

Сделать выводы о величине поля зрения на разных цветных марках, об индивидуальной изменчивости данного показателя.

### **Задание 3. Выявить слепое пятно на сетчатке глаза (опыт Мариотта)**

**Теоретическое обоснование.** Сетчатка представляет собой светочувствительный слой; состоит из рецепторов (палочек и колбочек) и нескольких типов нейронов. Нервные клетки, граничащие со стекловидным телом, называются ганглиозными клетками. Их аксоны по поверхности сетчатки направляются к месту, где собираются вместе в зрительный нерв. В месте выхода зрительного нерва из сетчатки фоторецепторов нет, поэтому это место на сетчатке называют *слепым пятном* (пятном Мариотта). Слепое пятно не участвует в зрении, но мы этого не замечаем, так как смотрим двумя глазами и на слепое пятно каждого из глаз ложатся разные участки изображения.

**Оборудование:** лист бумаги с изображением крестика, указка с черной маркой диаметром 2–3 мм, линейка.

**Ход работы.** Работу проводить в парах. Лист бумаги прикрепить к стене перед испытуемым. Расстояние от листа до глаза испытуемого должно составлять 30–40 см (определить точно). Испытуемому закрыть один глаз, а взгляд второго фиксировать только на изображении крестика на бумаге (точка *A*) (рис. 4).

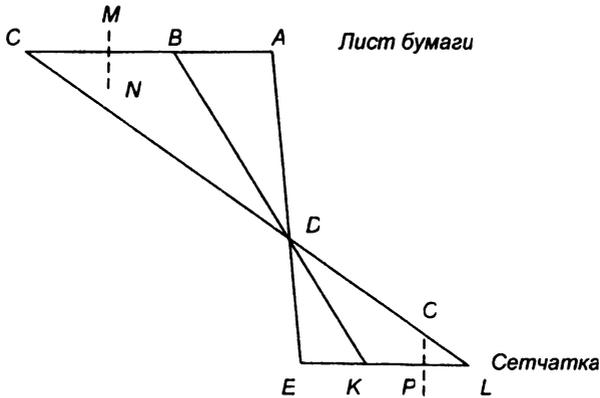


Рис. 4. Схема расположения слепого пятна на сетчатке (*KOLP*) и его проекции на бумаге (*СМВМ*). Пояснения к рисунку см. в тексте

Экспериментатору следует перемещать черную марку указки по бумаге (для правого глаза вправо, для левого влево) до тех пор, пока испытуемый не сообщит о ее исчезновении. Экспериментатору в этот момент отметить положение черной марки на бумаге вертикальным штрихом (точка *B*). Это – начало проекции слепого пятна на листе бумаги. Не прерывая работы, экспериментатор должен продолжать движение черной марки дальше до тех пор, пока испытуемый не сообщит о ее появлении в поле зрения глаза, и отметить вторым штрихом положение марки на бумаге в этот момент (точка *C*).

Повторить этот опыт, перемещая указку в вертикальном направлении над серединой проекции слепого пятна (отрезок *MN*). Полученные на листе бумаги штрихи соединить плавной линией в овал, соответствующий форме слепого пятна.

Повторить опыт для другого глаза.

**Итоги работы.** Все измерения внести в протокол (табл. 37).

Таблица 37

Результаты опыта по выявлению слепого пятна

Признак	Расстояние, см	
	Левый глаз	Правый глаз
Расстояние от глаза до листа, <i>AD</i>		
Расстояние до начала проекции слепого пятна, <i>AB</i>		
Длина проекции слепого пятна, <i>BC</i>		
Высота проекции слепого пятна, <i>MN</i>		
Расстояние от узловой точки (точки пересечения лучей) до сетчатки, <i>DE</i>	1,7	
Расстояние от центра сетчатки до начала слепого пятна, <i>EK</i>		
Длина слепого пятна, <i>KL</i>		
Высота слепого пятна, <i>OP</i>		
Расстояние от глаза до листа, <i>AID1</i>		

Рассчитать длину и высоту слепого пятна, исходя из формул:

$$KL = EL - EK;$$

$$AD / DE = AC / EL.$$

Тогда расстояние от центра сетчатки до конца слепого пятна равно

$$EL = (DE \times AC) / AD = (1,7 / 30) \times AC;$$

$$EK = DE \times AB / AD = (1,7 / 30) \times AB;$$

$$KL = 1,7 / 30 \times (AC - AB);$$

$$OP = KL \times MN / BC.$$

Результаты расчетов внести в протокол.

Сделать выводы о наличии и расположении на сетчатке слепого пятна; индивидуальной изменчивости расположения пятна.

#### **Задание 4. Наблюдать за изменением диаметра зрачка в зависимости от освещения**

**Теоретическое обоснование.** Зрачком называют отверстие в центре радужной оболочки, которая играет роль диафрагмы. Зрачок пропускает только центральные лучи и устраняет так называемую *сферическую aberrацию*, что способствует четкости изображения предметов на сетчатке. Суть сферической aberrации состоит в следующем: лучи, попавшие на периферические части хрусталика, преломляются сильнее центральных лучей, и если их не устранять, на сетчатке могут появиться круги светорассеяния.

Диаметр зрачка изменяется в зависимости от освещенности, что увеличивает или уменьшает величину светового потока, попадающего в глаз. Наименьший диаметр 2 мм, наибольший – 8 мм. Световой поток, попадающий в глаз при наименьшем диаметре зрачка, в 16 раз меньше, чем при его наибольшем диаметре. Изменение диаметра зрачка происходит рефлекторно и относительно медленно: необходимо 5 с, чтобы зрачок сузился при переходе от тусклого освещения к яркому; требуется около 5 мин для полного расширения зрачка при переходе от яркого освещения к тусклому. Величина зрачка уменьшается под влиянием парасимпатической нервной системы, которая иннервирует кольцевые мышцы радужки. Величина зрачка увеличивается под влиянием симпатической нервной системы, которая иннервирует радиальные мышцы глаза.

**Оборудование:** линейка, электрический фонарик, карандаш.

**Ход работы.** Работа проводится в группах по три человека.

1) Экспериментатор должен измерить с помощью линейки диаметр зрачка испытуемого при обычном освещении. Затем испытуемому следует закрыть один глаз рукой на 2–3 мин. Экспериментатор далее определяет диаметр зрачка сразу же после отнятия руки испытуемого от глаза.

2) Экспериментатору следует направить на глаз испытуемого луч электрического фонарика, расположенного на расстоянии 10 см. Через 10 с ассистент должен измерить величину зрачка при сильной освещенности.

**Итоги работы.** Записать результаты в протокол (табл. 38). Сделать выводы об изменении диаметра зрачка в зависимости от освещенности.

Таблица 38

Исследование зависимости диаметра зрачка от освещенности

Условия эксперимента	Диаметр зрачка, мм
При нормальной освещенности	
После световой изоляции	
После воздействия света	

### **Задание 5. Изучить аккомодацию глаза**

**Теоретическое обоснование.** Аккомодацией глаза называют его способность к нормальному видению разноудаленных предметов.

**Оборудование:** линейка, электрический фонарик, карандаш.

**Ход работы.** Закрывать один глаз. Взгляд другого глаза зафиксировать на каком-либо дальнем предмете и поместить карандаш на расстоянии 20 см от глаз. При этом очертания карандаша будут расплывчаты. Затем перевести взгляд на карандаш. Неясными становятся очертания дальнего предмета.

**Итоги работы.** Объяснить физиологические механизмы аккомодации. Нарисовать схему преломления лучей света хрусталиком глаза при рассмотрении близко и далеко расположенных предметов.

## Практическое занятие 9

### ФИЗИОЛОГИЯ

### КОЖНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – ознакомиться с методами изучения свойств кожной сенсорной системы и рассмотреть ее возрастные особенности.

#### ***Возрастные особенности кожно-мышечной сенсорной системы***

Кожно-мышечный анализатор развивается достаточно быстро: свободные нервные окончания в коже появляются на 8-й неделе эмбрионального развития. Проприорецепторы развиваются с 3,5–4 месяцев эмбриональной жизни, к моменту рождения они в основном сформированы. Однако полностью как кожные, так и проприорецепторы формируются к 7–14 годам.

Миелинизация проводящих путей наиболее активно происходит с 8–9 месяцев эмбриогенеза до конца первого года жизни.

Из всех видов кожно-мышечной чувствительности раньше всего развивается тактильная чувствительность: уже у 8-недельного плода регистрируются двигательные реакции на прикосновение к коже. К рождению степень тактильной чувствительности близка к чувствительности взрослого, но она продолжает повышаться до 17–20 лет. Условные рефлексы на прикосновения вырабатываются с 2 месяцев жизни. Температурная чувствительность хорошо развита к моменту рождения, новорожденный реагирует на холодовые реакции гримасой неудовольствия, криком. Тепло действует успокаивающе. Терморегуляция развита слабо, поэтому высок риск нарушения здоровья ребенка при его переохлаждении или перегревании.

Проприоцептивная чувствительность развивается медленнее, чем выше описанные виды чувствительности. В 1,5–2 месяца младенец осуществляет лишь грубый анализ сигналов, о чем свидетельствует малая точность движений (80–140°). Точность движений возрастает к 3 месяцам жизни, когда появляются координированные движения рук.

Несмотря на то, что болевые реакции можно вызвать даже у плода, болевая чувствительность у ребенка остается ниже, чем у взрослого, до 6–7 лет. Такая особенность увеличивает риск травматизации детей [12, 13, 15, 19, 20].

**Теоретическое обоснование.** Кожный покров человека представляет собой обширный по площади афферентный орган. В силу особенностей эволюционного развития человека (например, утраты густого волосяного покрова), общественного образа жизни, проживания в различных климатических условиях кожа приобрела важнейшее значение в приспособительных процессах организма. Как афферентный орган кожный покров обладает несколькими видами рецепторов, обеспечивающими поступление информации о состоянии окружающей среды. Кожа обладает тактильной, тепловой, холодовой и болевой чувствительностью.

Разные виды чувствительности связывают с различными концевыми рецепторными аппаратами. Все рецепторные структуры, воспринимающие раздражения, по морфологическому признаку можно разделить на свободные нервные окончания, представляющие собой концевые разветвления аксона; нервные окончания с утолщенной верхушкой аксона; инкапсулированные, более сложно устроенные образования, включающие рецептор в виде сети фибрилл, которыми заканчивается нервное волокно, и окружающую их соединительнотканную капсулу. Выявлена определенная взаимосвязь между структурой концевого рецепторного аппарата и его функциями. Так, свободные нервные окончания являются полимодальными рецепторами, т. е. могут воспринимать болевые, температурные, механические раздражители, тогда как специализированным концевым аппаратам свойственна специфичность (восприятие только давления, только прикосновения, только температуры и т. д.).

Общее количество болевых чувствительных рецепторов на всем теле около 2–4 млн, тактильных – до 500 000, тепловых – около 30 000, холодовых – 250 000. Их распределение по поверхности кожи неравномерное. Особенно много рецепторов на ладонях, подошвах, лице, языке, т. е. на участках кожи, в первую очередь участвующих в восприятии действия раздражителей и, следовательно, обладающих повышенной чувствительностью.

Некоторые типы рецепторов кожи способны к *адаптации*, т. е. снижению своей возбудимости при длительном действии раздражителя.

### **Задание 1. Определить пространственный порог тактильной чувствительности разных участков кожи**

**Теоретическое обоснование.** *Пространственный порог тактильной чувствительности* – это минимальное расстояние между двумя точками

прикосновения, которое не сливается в ощущение одного прикосновения. Два одновременных прикосновения не будут сливаться в одно в том случае, если между двумя одновременно возбужденными рецепторами находится хотя бы один невозбужденный. Следовательно, пространственный порог тактильной чувствительности зависит от густоты расположения рецепторов и различается на разных участках кожи.

**Оборудование:** эстезиометр или циркуль Вебера.

**Ход работы.** Работа проводится в парах. Испытуемому закрыть глаза. Экспериментатору прикоснуться максимально сведенными браншами (ножками) эстезиометра или циркуля Вебера к определенным участкам кожи испытуемого, указанным в табл. 39, так, чтобы обе ножки прикасались одновременно и с одинаковым давлением. Испытуемый должен сообщить о том, сколько прикосновений он чувствует – одно или два.

Экспериментатору повторять прикосновения, постепенно раздвигая бранши эстезиометра на 1 мм, до тех пор, пока испытуемый дважды не сообщит о появлении ощущения двух прикосновений.

Таблица 39

Пространственный порог тактильной чувствительности, мм

Исследуемый участок кожи	Пространственный порог тактильной чувствительности	
	Левая сторона	Правая сторона
Тыльная поверхность кисти		
Подушечка указательного пальца		
Центр ладони		
Тыльная часть пальца		
Губы		
Верхняя часть спины		
Наружная часть бедра		

**Итоги работы.** Величину пространственного порога тактильной чувствительности для разных участков кожи записать в протокол (см. табл. 39). Сравнить с нормами (табл. 40). Сделать вывод о зависимости пространственных порогов от функциональной роли различных участков кожи.

Таблица 40

Нормы пространственного порога тактильной чувствительности для разных участков кожи, мм

Исследуемый участок кожи	Пространственный порог тактильной чувствительности
Тыльная поверхность кисти	10–30
Подушечка указательного пальца	1–3
Центр ладони	11
Тыльная часть пальца	7
Губы	0,5–1
Верхняя часть спины	60–100
Наружная часть бедра	67
Затылок	54

**Задание 2. Исследовать температурную адаптацию рецепторов кожи**

**Оборудование:** 3 банки с водой температуры 10, 25, 40 °С, термометр.

**Ход работы:**

1) Погрузить кисть левой руки в воду с температурой 10 °С, а кисть правой руки – в воду с температурой 40 °С. Не вынимать руки до тех пор, пока в результате адаптации не исчезнут температурные ощущения.

2) Быстро переместить обе руки в воду с температурой 25 °С.

**Итоги работы.** Описать свои ощущения в протоколе (табл. 41). Отметить в протоколе изменение восприятия температуры воды левой и правой рукой при погружении их в воду с температурой 25 °С, объяснить физиологическую природу данного явления.

Таблица 41

Результаты исследования температурной адаптации рецепторов

Ощущения при температуре 25 °С	
в левой руке	в правой руке

## Практическое занятие 10

# ФИЗИОЛОГИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель** – исследовать состояние вестибулярной сенсорной системы с помощью функциональных проб.

### ***Возрастные особенности вестибулярной сенсорной системы***

Периферические структуры вестибулярной сенсорной системы закладываются одновременно со структурами слухового анализатора на 4-й неделе эмбриогенеза. Миелинизация проводникового отдела происходит на 4-м месяце эмбрионального развития, тогда же оформляется вестибулярное ядро продолговатого мозга. С этого времени у плода можно вызвать тонические рефлексы с рецепторов вестибулярного аппарата.

У новорожденных четко выражены такие рефлексы, как нистагм глаз, реакции на положение головы в пространстве, реакции на ускорение.

Уже с 20–21-го дня вырабатываются условные рефлексы на положение тела при кормлении грудью, рефлексы на покачивание – с 12–16-го дня.

Возбудимость анализатора у детей ниже, чем у взрослых. Она резко возрастает после 10 лет [12, 13].

**Теоретическое обоснование.** Вестибулярная сенсорная система обеспечивает сохранение положения тела в пространстве и поддержание равновесия. Возбуждение вестибулярных рецепторов происходит при наклонах головы, туловища, при ускоряющемся и замедляющемся прямолинейном или вращательном движении, при качке, тряске и других изменениях положения тела в пространстве. В результате обработки в центральной нервной системе информации, поступившей от вестибулярных рецепторов, происходит перераспределение тонуса скелетных мышц, обеспечивающего восстановление и сохранение равновесия.

При вращении тела вокруг вертикальной оси под влиянием энергии возрастающих или убывающих угловых скоростей происходит возбуждение рецепторов вестибулярного аппарата. При нормальном функциональном состоянии лабиринтов внутреннего уха наблюдают особую рефлек-

торную реакцию – *нистагм головы и глаз*, проявляющуюся в том, что голова и глаза вначале медленно поворачиваются в сторону, противоположную направлению вращения, а затем быстро возвращаются в исходное положение [11, 13, 15, 19].

**Задание 1. Наблюдать нистагм головы и глаз при вращении [22]**

**Оборудование:** кресло Барани, секундомер.

**Ход работы.** Работу проводить в парах. Испытуемому совершать вращательные движения на месте (стоя или сидя в кресле Барани) до ощущения дискомфорта, легкого головокружения. Экспериментатору внимательно следить за положением головы и глаз испытуемого во время вращения и сразу после остановки.

Опыт повторить при закрытых глазах обследуемого.

**Итоги работы.** Записать время нистагма, учитывая, что средняя продолжительность его проявления 20–30 с. Объяснить результаты. Сделать выводы.

**Задание 2. Определить функциональные возможности вестибулярной сенсорной системы (проба Воячека) [22]**

**Оборудование:** кресло Барани, секундомер.

**Ход работы.** Испытуемому измерить частоту сердечных сокращений и артериальное давление.

Затем испытуемого вращать в кресле Барани (голова прижата к груди, глаза закрыты) 5 раз за 10 с. По окончании вращения испытуемому в течение 10 с сидеть с закрытыми глазами, а затем быстро поднять голову и открыть глаза. Сразу после этого испытуемому измерить ЧСС и АД.

**Итоги работы.** Записать результаты измерений в протокол (табл. 42). Сравнить результаты с нормами (табл. 43). Сделать выводы.

Таблица 42

Результаты пробы Воячека

Показатели	До пробы	После пробы
ЧСС		
АД		

Таблица 43

## Принципы оценки результатов пробы Воячека

Степень реакции	Изменение показателей
I	ЧСС и АД не изменяются
II	ЧСС не изменяется, систолическое АД поднимается на 8–11 мм рт. ст.
III	ЧСС не изменяется, систолическое АД поднимается на 12–23 мм рт. ст.
IV	ЧСС замедляется, систолическое АД поднимается больше, чем на 24 мм рт. ст., или снижается больше, чем на 15 мм рт. ст., появляются вегетативные реакции
V	Резкие изменения ЧСС, АД, выраженные вегетативные реакции

## Практическое занятие 11

### ФИЗИОЛОГИЯ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ

**Цель** – ознакомиться с условиями выработки условных рефлексов и с возрастными особенностями их образования.

#### ***Возрастные особенности образования условных рефлексов***

##### ***Плодный период и новорожденные***

Данные о наличии условно-рефлекторной деятельности у плода весьма противоречивы. Некоторые физиологи считают, что к образованию условных связей организм готов уже в последние месяцы пренатального развития. Но большинство исследователей полагают, что у плода условно-рефлекторная деятельность отсутствует. Среда существования плода постоянна и приспособления к ее незначительным сдвигам полностью обеспечиваются безусловно-рефлекторными реакциями. Рождение ребенка влечет за собой появление совершенно новых раздражителей, воздействующих на рецепторный аппарат новорожденного, и стимулирует развитие новых механизмов уравнивания со средой обитания – условно-рефлекторных.

##### ***Грудной возраст***

В этом возрасте продолжают развиваться *интероцептивные* и *экстероцептивные условные рефлексы*. Самыми первыми появляются *интероцептивные условные рефлексы*, т. е. рефлексы, вырабатываемые на внутренние раздражители. В первые дни постнатальной жизни у ребенка отмечается образование натуральных пищевых рефлексов на время кормления. При строгом режиме кормления на 5–7-й день еще до приема пищи повышаются количество лейкоцитов и газообмен.

Условные рефлексы на *экстероцептивные (внешние) раздражители* – зрительные и слуховые – появляются со 2–3-го месяца развития. Условные рефлексы на зрительные раздражители возникают при их сочетании с кинестетическими, связанными с движениями ребенка. В свою очередь, условные рефлексы на звуковые раздражители вырабатываются при их подкреплении зрительными раздражителями.

Ко 2-й неделе после рождения формируется реакция на положение тела для кормления. Реакция проявляется в произвольных сосательных

движениях, движении головы, открывании рта. Условным сигналом является комплекс раздражителей, действующих на рецепторы кожи, двигательного и вестибулярного анализаторов.

#### *Раннее детство*

У ребенка вырабатывается большое количество *инструментальных условных рефлексов*. Он не просто берет предметы в руки, но начинает сначала подражательно, а затем целенаправленно их использовать: берет ложку, надевает шапку на голову, подтаскивает стульчик, чтобы, взобравшись на него, дотянуться до игрушки, и т. д.

На втором году жизни ребенок определяет отдельные признаки комплексных раздражителей, начинается выработка *условных рефлексов на цвет, форму, звук объекта*. Поведение ребенка все больше приобретает исследовательский характер. Активные действия ребенка с предметами способствуют формированию функций обобщения, что отличает человека от животного уже в этот период развития: ребенок, вычлняя главные признаки предмета, начинает обобщать их в группы.

В 2–3 года образуются *условные рефлексы на соотношение* величины, тяжести, удаленности предметов, на разную интенсивность одного и того же раздражителя.

Из видов *отрицательных условных рефлексов* в этом возрасте хорошо развивается *дифференцированное торможение*. Дифференцировки становятся тоньше и вырабатываются быстрее. Это касается не только предметных, но и речевых раздражителей. В меньшей мере возрастает способность к выработке *запаздывающего торможения*: дети способны некоторое время сдерживать мочеиспускание и дефекацию и т. п. На втором, а особенно третьем году жизни отчетливыми становятся реакции *условного тормоза*: ребенок может прекратить условно-рефлекторные действия в ответ на слова «нет», «нельзя» и т. п.

#### *Первое детство*

У детей старше трех лет наблюдается дальнейшее усиление нервных процессов, особенно процесса торможения. Это приводит к снижению степени иррадиации возбуждения, делает возможным осуществление более точных и тонких движений, выработку более сложных условных реакций. Усиливается исследовательский компонент в поведении.

Усиление условного *торможения* приводит к выработке все более тонких *дифференцировок* как предметных, так и речевых раздражителей,

что ведет к более совершенному взаимодействию с предметной средой, повышению темпов расширения словарного запаса, более четкому произношению слов.

*Запаздывающее торможение* в этом возрасте вырабатывается сложнее, чем дифференцировочное, поэтому для детей этого возраста характерна нетерпеливость. Уже с 3–5 лет можно тренировать запаздывание с помощью игр, которые требуют проявления этого вида торможения (прятки, «замри» и т. п.).

Сложно вырабатывается *условный тормоз*. Умение сдерживать свои реакции при действии запрещающих раздражителей, дисциплина, которая позднее перерастает в самодисциплину, легче развиваются, если ребенку предъявляются четкие, последовательные педагогические требования. Запретов не должно быть много, но они должны быть постоянными и понятными ребенку.

Развивается и способность к *угасанию* условных рефлексов, особенно с 4–5 лет. Это делает высшую нервную деятельность ребенка более пластичной.

### ***Второе детство***

В 7–11 лет нервные процессы обладают значительной силой и уравновешенностью, они подвижны. Усиливается индукционное взаимодействие между возбуждением и торможением. Все виды *условного торможения* выражены хорошо, но по-прежнему требуют упражнения и тренировки, поскольку они в достаточной степени подвержены безусловному торможению, как индукционному, так и запредельному. Благодаря развитому условному торможению дети готовы к обучению в школе. У них легко формируются новые дифференцировки, они достаточно выдержанны, их легко дисциплинировать. Но при утомлении или действии сильных посторонних раздражителей все эти способности резко снижаются.

### ***Подростки***

Наблюдается ослабление всех видов *условного торможения*. Это отрицательно сказывается на поведении подростков и их способности к обучению. Вследствие ухудшения *дифференцировки* подростки допускают грамматические ошибки, с трудом усваивают новые понятия. Ухудшение *запаздывания* приводит к тому, что подростки крайне нетерпеливы, невыдержанны. Снижение *условного тормоза* делает подростков мало восприимчивыми к запрещающим раздражителям, что приводит к негативизму в их поведении, ослаблению дисциплины и самодисциплины [12, 13, 15].

**Теоретическое обоснование.** Условные рефлексы – это индивидуально приобретенные приспособительные реакции животных и человека, осуществляемые с участием коры больших полушарий головного мозга.

Для образования условных рефлексов необходимы определенные условия: 1) должны быть в наличии два раздражителя, один из которых безусловный (подкрепление – пища, болевой стимул и др.), вызывающий безусловно-рефлекторную реакцию, другой – условный (индифферентный, сигнальный – свет, звук посуды, вид пищи и др.), сигнализирующий о предстоящем безусловном раздражении; 2) условный раздражитель должен иметь достаточную силу для возбуждения определенных рецепторов, но быть слабее безусловного; 3) условный раздражитель должен предшествовать действию безусловного либо предъявляться одновременно с ним; 4) должно быть многократное сочетание условного и безусловного раздражителей; 5) физиологическое состояние корковых и подкорковых структур, образующих центральное представительство соответствующего условного и безусловного стимулов, должно быть нормальным; должны отсутствовать значительные патологические процессы в организме; 6) должны отсутствовать сильные посторонние раздражители.

### ***Задание 1. Выработать зрачковый условный рефлекс***

**Оборудование:** источник звука, источник света, повязка на глаз.

**Ход работы.** Работу проводить в парах.

1) Испытуемому сесть лицом против света и закрыть один глаз повязкой.

2) Экспериментатору нажать кнопку звонка (условный раздражитель) и наблюдать за реакцией зрачка у испытуемого на звонок. В норме звуковой раздражитель не должен вызывать зрачкового рефлекса (сужения или расширения зрачка).

3) Экспериментатору нажать кнопку звонка (условный раздражитель) и на фоне действия звонка направить луч света (безусловный раздражитель, подкрепление) на глаз испытуемого. Наблюдать за реакцией зрачка на два раздражителя.

4) Данное сочетание обоих раздражителей экспериментатору повторить 5–6 раз с интервалом в 15 с, что необходимо для выработки условного рефлекса у испытуемого.

5) Далее экспериментатору подать только условный раздражитель, не подкрепляя его безусловным. Наблюдать выработанный зрачковый рефлекс (сужение зрачка), несмотря на отсутствие подкрепления.

**Итоги работы.** Записать результаты работы в протокол (табл. 44).  
Сделать выводы.

Таблица 44

Результаты опыта по формированию зрачкового условного рефлекса

№ п/п	Выполняемая операция	Наблюдения
1	Звонок	Отсутствие зрачкового рефлекса
2	Звонок + свет	
3	Повторить 2-ю операцию 5–6 раз	
4	Звонок	

### **Задание 2. Выработать условный мигательный рефлекс на звуковой раздражитель**

**Теоретическое обоснование.** При раздражении роговицы глаза направленной струей воздуха осуществляется защитный безусловный мигательный рефлекс. На его основе можно сформировать условный мигательный рефлекс.

**Оборудование:** очковая оправа, к которой присоединен конец длинного резинового шланга с баллоном (грушей), источник звука (звонок или тумблер).

**Ход работы.** Работу проводить в группах по 3 человека.

1) Испытуемого посадить лицом к экспериментатору, надеть на него очковую оправу. Взгляд испытуемого должен быть направлен вперед и вверх. Источник звука и баллон расположить вне пределов видимости испытуемого.

2) Ассистент должен включить звонок; экспериментатор наблюдает отсутствие мигательного рефлекса на звук.

3) Ассистент, слегка нажимая на грушу, подает струю воздуха на роговицу глаза обследуемого. Струя воздуха должна быть достаточно сильной, но не вызывающей болевых ощущений. Экспериментатор убеждается, что этот раздражитель вызывает безусловный мигательный рефлекс.

4) Ассистент включает звонок и через 1 с на его фоне подает струю воздуха на роговицу глаза обследуемого, что вызывает мигание. Такое со-

четание действия звука и струи воздуха повторять 6–7 раз с интервалом 10 с. После этого включить один звонок и наблюдать условный мигательный рефлекс на звуковой раздражитель. Повторить последний этап, чтобы убедиться в наличии рефлекса.

Сформировавшийся условный рефлекс можно угасить. Для этого несколько раз следует применить условный раздражитель (звук) без подкрепления (струя воздуха). Наблюдать исчезновение мигательного рефлекса на звук.

**Итоги работы.** В протоколе (табл. 45) записать результаты опыта. Указать, сколько повторов применения раздражителей потребовалось для выработки условного мигательного рефлекса и его угасания. Сделать выводы.

Таблица 45

Наблюдения за формированием защитного условного рефлекса

№ опыта	Раздражители	Наблюдения
<b>Формирование условного рефлекса</b>		
1	Звонок	Нет мигательного рефлекса
2	Струя воздуха	Безусловный мигательный рефлекс
3–9	Звонок + струя воздуха	...
10	Звонок	...
11	Звонок	...
<b>Угасание условного рефлекса</b>		
...	Звонок	Условный мигательный рефлекс
...	Звонок	Нет мигательного рефлекса

### **Задание 3. Выработать навык зеркального письма**

**Оборудование:** секундомер, бумага, карандаш.

**Ход работы.** Работа проводится в парах.

1) Испытуемому написать слово «Физиология» скорописью. Экспериментатору зафиксировать время, за которое слово было написано.

2) Испытуемому написать слово «Физиология» зеркальным шрифтом. Писать надо справа налево так, чтобы все элементы букв были направлены в противоположную сторону. Данную запись испытуемому повторить 10 раз.

**Итоги работы.** Время каждого повтора и качество записи экспериментатору следует зафиксировать в протоколе (табл. 46). Качество оценивать по 5-балльной шкале. При оценке качества отмечать разрывы между буквами, высоту букв, ровность и наклон элементов букв, завершенность букв. Сделать вывод о возможности выработки нового навыка, скорости его формирования.

Таблица 46

Результаты опыта по выработке навыка зеркально письма

Номер попытки	Время, необходимое для написания слова обычным шрифтом, с	Время, необходимое для написания слова зеркальным шрифтом, с	Качество записи, баллы
1			
2			
...			
10			

## Практическое занятие 12

# ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

**Цель** – исследовать свойства нервной системы человека и определить тип высшей нервной деятельности.

**Общие положения.** Тип высшей нервной деятельности – это совокупность врожденных и приобретенных свойств нервной системы, определяющих характер взаимодействия организма с окружающей средой и находящих свое отражение во всех функциях организма. Согласно учению И. П. Павлова, критериями типологических свойств нервной системы являются сила процессов возбуждения и торможения, их уравновешенность и подвижность. Различные комбинации трех основных свойств нервной системы позволили И. П. Павлову выделить четыре резко очерченных типа, отличающихся по адаптивным способностям и устойчивости к невротизирующим факторам (рис. 5) [11, 13].



Рис. 5. Соотношение типов нервной системы и темпераментов

Сильный уравновешенный подвижный тип характеризуется сильными, приблизительно одинаковыми по выраженности процессами возбуждения и торможения, т. е. их уравновешенностью, и быстрой сменой одного нервного процесса другим.

Сильный уравновешенный инертный тип обладает сильными процессами возбуждения и торможения, одинаково выраженными, но смена их один на другой происходит медленнее, с трудом.

Сильный неуравновешенный (безудержный) тип обладает большой силой нервных процессов, но процесс возбуждения преобладает над процессом торможения. Слабый тип нервной системы характеризуется малой

работоспособностью и быстрой истощаемостью нейронов коры головного мозга; оба процесса (возбуждения и торможения) невысокой силы, но преобладает процесс торможения как защитная реакция от быстрого истощения нервных клеток. Такая классификация совпала с умозрительной классификацией типов людей (темпераментов), предложенной Гиппократом.

### **Задание 1. Определить силу нервной системы методом многократной рефлексометрии [4, 6]**

**Теоретическое обоснование.** Сила процессов возбуждения и торможения – понятие, отражающее работоспособность клеток коры мозга, относящееся к обоим этим процессам. Сила нервных процессов определяется пределом работоспособности, который выдерживают нервные клетки при очень сильных раздражениях без истощения, т. е. без перехода в запретное торможение. Опыт показывает, что имеются сильные типы с высоким пределом работоспособности и слабые – с низким пределом.

Один из основных методических подходов определения силы нервных процессов основан на выявлении предела работоспособности при многократном раздражении. В опыте регистрируют *время рефлекса* – время от начала действия раздражителя до начала ответной реакции организма – с помощью электромиорефлексометра. Увеличение среднего времени рефлекса на сигналы в конце эксперимента по сравнению со средним временем рефлекса в его начале свидетельствует о снижении силы процесса возбуждения. Отсутствие значимых различий по времени рефлекса в начале и конце эксперимента свидетельствует о поддержании большой силы возбудительного процесса на протяжении всего опыта.

**Оборудование:** электромиорефлексометр.

**Ход работы.** Работу проводить в группах по 3 человека. В аудитории на протяжении эксперимента должна поддерживаться тишина. Работу проводить без перерывов. Испытуемому сесть спиной к экспериментатору, в правую руку взять устройство с клавишей, на которую испытуемый должен нажимать максимально быстро большим пальцем руки, как только услышит звуковой сигнал (щелчок клавиши), подаваемый экспериментатором. Экспериментатор, нажимая свою клавишу, запускает измерительное устройство электромиорефлексометра, которое регистрирует время в миллисекундах. Испытуемый, нажимая свою клавишу, выключает миллисекундомер. Таким образом, время между нажатием клавиш эксперимента-

тора и испытуемого составляет время рефлекса. Количество попыток равно 100. Сигналы испытуемому подавать с интервалами 3–8 с.

**Итоги работы.** В протокол исследований (табл. 47) ассистенту занести значения показателя времени каждой ответной реакции испытуемого.

Таблица 47

Результаты многократной рефлексометрии

Номер попытки	Время, мс
1	
...	
10	
Среднее за 1–10-ю попытки	
11	
...	
20	
Среднее за 11–20-ю попытки	
...	
91	
...	
100	
Среднее за 91–100-ю попытки	
Среднее за 1–30-ю попытки <i>B</i>	
Среднее за 71–100-ю попытки <i>C</i>	
$A = B/C \times 100 \%$	

Для отчета по работе вычислить средние значения времени рефлекса тридцати реакций в начале эксперимента *B* и тридцати реакций в конце эксперимента *C*. Определить величину критерия *A* из процентного соотношения

$$A = \frac{B}{C} \times 100 (\%).$$

Сравнить полученный результат с нормами, приведенными в табл. 48.

Построить кривую работоспособности по средним значениям показателя времени за каждые 10 попыток. Оценить динамику показателя силы процесса возбуждения. Сделать выводы. Объяснить результаты.

## Шкала для оценки силы нервных процессов

Нервные процессы	Значения критерия А, %
Сильные	95,1 и более
Средние	90,0–95,0
Слабые	89,9 и менее

**Задание 2. Определить уравновешенность процессов возбуждения и торможения в нервной системе [4]**

**Теоретическое обоснование.** Под уравновешенностью нервных процессов понимают соотношение процессов возбуждения и торможения по их силе. Уравновешенность нервных процессов определяют по методике реакции на движущийся объект, которая основана на различии в характере двигательных реакций у лиц с преобладанием возбуждения или торможения. Для лиц возбудимого типа характерно опережающее реагирование, для тормозного – запаздывающее.

**Оборудование:** координиметр или секундомер.

**Ход работы.** Испытуемый должен останавливать стрелку прибора (секундомера) нажатием кнопки на определенной цифре, например, «10». Перед выполнением задания провести небольшую тренировку, результаты которой не засчитывать. Каждый испытуемый выполняет не менее 20 нажатий.

**Итоги работы.** Результаты измерений занести в протокол (табл. 49). Подсчитать число опережающих и запаздывающих реакций. Сделать вывод о доминировании в момент обследования в клетках коры процессов возбуждения, торможения или уравновешенности этих процессов.

## Результаты определения уравновешенности нервных процессов

№ п/п	Значение по шкале	Оценка реакции
1		
...		
Всего		Запаздывающих –
		Опережающих –
		Уравновешенных –

**Задание 3. Определить подвижность нервных процессов  
(тест Бурдона) [4, 6]**

**Теоретическое обоснование.** Подвижность нервных процессов проявляется способностью нервных клеток в различных условиях к быстрой смене возбуждения на торможение и наоборот, торможения на возбуждение. Существуют подвижные типы с легкой сменой возбуждения на торможение и инертные типы, когда один процесс сменяется другим с трудом.

**Оборудование:** буквенные бланки.

**Ход работы.** Работа длится одну минуту и состоит из двух этапов.

На первом этапе (с 1-й по 30-ю секунду) испытуемый должен просматривать буквы бланка ряд за рядом слева направо и вычеркивать определенным образом буквы или буквосочетания, указанные в устной инструкции экспериментатора (например, «А» и «Б»).

К примеру,

№ п/п	Значение по шкале	Оценка реакции
1	10,3	Запаздывающая
2	9,6	Опережающая
...	10,0	Уравновешенная
20	10,1	Запаздывающая
Всего		Запаздывающих 2
		Опережающих 1
		Уравновешенных 1

Через 30 с по команде экспериментатора (например, «Переход!») испытуемому следует отметить вертикальной чертой между буквами то место, до которого он успел просмотреть бланк и, не прерываясь, приступить к выполнению второй части работы – вычеркивать иным образом буквы или буквосочетания, указанные в устной инструкции экспериментатора. По истечении следующих 30 с по команде экспериментатора «Стоп!» испытуемому следует отметить вертикальной чертой между буквами то место, до которого он успел просмотреть бланк, и перевернуть лист.

Количественной характеристикой подвижности нервных процессов является коэффициент  $K = N_2 / N_1$ , где  $N_1$  – число просмотренных знаков в первой половине работы,  $N_2$  – число просмотренных знаков во второй половине работы.

Если  $K$  больше 0,8, это свидетельствует о высокой подвижности нервных процессов, 0,7–0,8 – о средней, менее 0,7 – о низкой подвижности.

**Итоги работы.** Результаты опыта внести в протокол (табл. 50). Сделать вывод о подвижности нервных процессов.

На основе результатов изучения свойств нервной системы (задания 1–3) сделать вывод о типе высшей нервной деятельности.

Таблица 50

Результаты теста Бурдона

Этап	Число просмотренных букв	$K$
1		
2		

## Практическое занятие 13

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ

**Цель** – овладеть методами исследования функциональной межполушарной асимметрии.

#### ***Общие положения***

Одним из основных принципов функционирования полушарий большого мозга человека является их асимметрия, или частичное доминирование полушария. Выделяют несколько видов функциональных асимметрий полушарий. Моторная асимметрия проявляется неодинаковой двигательной активностью рук, ног, лица, половин тела, управляемой каждым полушарием мозга. Сенсорная асимметрия проявляется неравнозначным восприятием объектов внешней среды. Асимметрия психической деятельности проявляется в том, что левое полушарие мозга у человека специализируется на выполнении вербальных символических функций, правое – на обеспечении и реализации пространственных, образных функций.

Человек с преобладанием правого полушария предрасположен к созерцательности и воспоминаниям, доминированию отрицательных эмоций, он тонко и глубоко чувствует и переживает, но медлителен и малоразговорчив. Доминирование левого полушария проявляется у человека большим словарным запасом, активным его использованием, высокой двигательной активностью, целеустремленностью, доминированием положительных эмоций, высокой способностью к экстраполяции, предвидению, прогнозированию. Отмечены определенные различия в типах мыслительных операций (умозаключений). В процессах обучения, познания правое полушарие реализует процессы дедуктивного мышления (вначале осуществляются процессы синтеза, а затем анализа). Левое полушарие преимущественно обеспечивает процессы индуктивного мышления (вначале осуществляется процесс анализа, а затем синтеза) [11, 13, 15].

#### ***Задание 1. Определить степень функционального доминирования правой руки [22]***

**Оборудование:** динамометр, лента сантиметровая, линейка, лист бумаги, карандаши, мишени.

**Ход работы.** Ответить на вопросы и выполнить задания теста. При предпочтении правой руки в протоколе (табл. 51) ставить знак «+» во втором столбике таблицы, левой – в третьем, при отсутствии предпочтения – в четвертом.

### Тест

#### «Определение степени функционального доминирования правой руки»

1. Имеются ли среди Ваших ближайших родственников левши, правши или амбидекстры («обоерукие»)?

2. Установить предпочтение руки в трудовых и бытовых процессах. Какой рукой Вы лучше выполняете большинство действий: бросаете мяч, держите инструмент, заводите часы, чистите зубы, зажигаете спичку, жестикулируете; какой рукой начинаете выполнять рабочие задания?

3. Установить выраженность венозной сети на тыльной стороне кисти рук.

4. Выявить направление лордоза грудного отдела позвоночника.

5. Определить силу руки – произвести измерение ручным динамометром силы правой и левой руки по три раза и вычислить средний показатель для каждой руки. При разнице до 2 кг ставить «+» в 4-м столбике.

6. Измерить длину опущенной вниз вытянутой руки от акромиально-отростка лопатки до конца третьего пальца. При разнице до 0,2 см ставить «+» в 4-м столбике.

7. Измерить ширину ногтевого ложа большого пальца правой и левой руки. Отметить руку, на которой ширина больше.

8. Изобразить бурные аплодисменты. Ладонь какой руки располагается сверху?

9. Нарисовать поочередно правой и левой рукой (без контроля зрения) квадрат, круг, треугольник. Оценить качество выполнения работы, при отсутствии различий поставить знак «+» в 4-м столбике.

10. Переплести пальцы рук. При расположении сверху правого указательного пальца ставить «+» во 2-м столбике, левого – в 3-м.

11. Скрестить руки на груди («поза Наполеона»). При расположении кисти правого предплечья на левом плече ставить «+» во 2-м столбике, левого – в 3-м.

12. Оценить точность попадания (без зрительного контроля) в центр мишени. Вам необходимо (после предварительной тренировки) каранда-

шом поставить точки в центр мишени диаметром 20 см расположенной на расстоянии вытянутой руки. Задание выполняется правой и левой рукой по 10 раз в вертикальной и горизонтальной плоскости. Отклонения, в среднем до 10 см от центра мишени, отмечать как преимущество какой-либо руки.

**Итоги работы.** Результаты тестирования внести в протокол (см. табл. 51).

Таблица 51

Результаты исследования моторной асимметрии

№ вопроса	Доминирует правая рука	Доминирует левая рука	Нет доминирования (амбидекстры)
1			
...			
12			
Сумма «+»			

Подсчитать сумму знаков «+» в каждом столбике, внести в протокол.

Определить коэффициент доминирования правой руки  $K_{пр}$  по формуле:

$$K_{пр} = \frac{E_p - E_l}{E_p + E_l + E_o} \times 100 \%,$$

где  $E_p$  – общее количество тестов, в которых преобладала правая рука;

$E_l$  – общее количество тестов, в которых преобладала левая рука;

$E_o$  – общее количество тестов, в которых не выявлено преобладание руки.

Значение  $K_{пр}$  выше +15% указывает на преобладание правой руки, ниже +15% указывает на преобладание левой руки. Лиц со значением  $K_{пр}$  от +15% до -15% следует расценивать как амбидекстров.

Сделать выводы.

### **Задание 2. Выявить сенсорную асимметрию**

**Оборудование:** лист бумаги, карандаш, источник звука, циркуль Вебера, линейка.

**Ход работы:**

1) Сделать в листе бумаги небольшое отверстие и посмотреть сквозь него двумя глазами на какой-нибудь предмет. Поочередно закрывать то

один глаз, то другой. Наблюдать, в каком случае предмет смещается: когда Вы закрываете левый глаз или правый?

Если предмет смещается, когда Вы закрываете правый глаз, то ваш ведущий глаз – правый. Если предмет смещается, когда Вы закрываете левый глаз, то Ваш ведущий глаз – левый.

2) Прислушаться к источнику очень тихого звука. Наблюдать, каким ухом Вы непроизвольно поворачиваетесь к источнику звука – левым или правым.

3) Определить порог пространственной тактильной чувствительности на подушечках указательного пальца правой и левой рук (см. практ. занятие 12, задание 1).

На ведущей руке порог тактильной чувствительности ниже.

**Итоги работы.** Результаты наблюдений внести в протокол (табл. 52).  
Сделать выводы.

Таблица 52

Результаты исследования сенсорной асимметрии

Ведущий орган	Левый	Правый	Нет доминирования
Глаз			
Ухо			
Рука (тактильная чувствительность)			

## Практическое занятие 14

### СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

Цель – овладеть методами определения типов высшей нервной деятельности по соотношению сигнальных систем. Изучить возрастные особенности формирования сигнальных систем.

#### ***Возрастные особенности сигнальных систем***

##### ***Грудной возраст***

Во втором полугодии первого года жизни начинается развитие *сенсорной речи*. Слышимое ребенком слово становится сигналом непосредственных раздражителей, с которыми оно неоднократно сочетается.

Развитию *моторной речи* предшествует подготовительная *тренировка артикуляционного аппарата*. Если в первые дни жизни единственной звуковой реакцией является крик, то уже с 2–3 месяцев у ребенка начинает развиваться *гуканье и гуление*, заключающееся в повторении отдельных звуков, сначала нечетких, но постепенно дифференцирующихся. При гулении отрабатываются связи слуховых ощущений с комплексом раздражителей от мышц, кожи, слизистой. С 6 месяцев гуление плавно переходит в *лепет*, когда самопроизвольно или подражательно ребенок подолгу произносит различные слоги. В отличие от гуления лепет появляется лишь при условии речевого контакта со взрослыми, т. е. носит условно-рефлекторный характер. Вплоть до окончания грудного периода эти звуковые реакции ребенка не имеют сигнального характера. Роль условно-рефлекторно экспрессивного сигнала с первых месяцев жизни играет крик.

Развитие сенсорной речи приводит к тому, что к концу первого года формируются связи между названием предмета и самим предметом. Ребенок, показывая предмет, пытается его назвать. Так формируется моторная речь. К окончанию первого года жизни активный словарь ребенка может содержать 10–15 слов.

##### ***Раннее детство***

Период от 1 года до 3 лет характеризуется выраженным усилением нервных процессов. При этом возбуждение значительно преобладает над торможением. Это приводит к скачку в развитии первой сигнальной системы действительности.

*Речь* ребенка особенно интенсивно развивается в раннем детстве. Этот период является сенситивным и критическим для становления речевой функции. Отсутствие речевого общения приводит к сложно устранимому дефициту речевой деятельности. До двухлетнего возраста превращение слова в условный раздражитель происходит лишь при непосредственном контакте ребенка с раздражителем первой сигнальной системы. Так, слову «чашка» ребенка можно обучить, лишь обозначая этим словом конкретный предмет – чашку.

Изначально слово ассоциируется для ребенка с одним конкретным предметом. Однако предметная деятельность ребенка способствует развитию способности обобщать раздражители по их существенным признакам и обозначать одним словом группу предметов. Так слово становится раздражителем *второй сигнальной системы*, выполняющим функцию обобщения, т. е. «сигналом сигналов».

С двухлетнего возраста вторая сигнальная система начинает постепенно уравниваться с первой: новые слова приобретают смысловое значение посредством выработки связей не только с предметами, но и с уже известными ребенку словами. Так развивается еще одна важная функция слова – *абстрагирование*.

Словарный запас в раннем детстве возрастает от 100 слов в 1,5 года до 1500 слов в 3 года.

К окончанию раннего детства речь развивается настолько, что ребенок уже использует простые, но полные предложения, использует местоимение «я». Однако в возрасте 2–3 лет основными для ребенка остаются предметные раздражители (первая сигнальная система действительности), ведущим является конкретно-образное мышление, а абстрактно-логическое лишь начинает развиваться.

### ***Первое детство***

*Речь и вторая сигнальная система действительности* как основа абстрактно-логического мышления продолжают интенсивно развиваться. С 3 до 5 лет возникают попытки осмысления речи: ребенок часто задает вопросы с целью выяснить смысловое содержание слов, обращений к нему и т. п.

В начале первого детства для ребенка характерна и так называемая «эгоцентрическая речь», обращенная к самому себе и представляющая собой комментирование своих действий. Постепенно она преобразуется в речь, которая опережает и направляет деятельность, т. е. в план поведе-

ния, высказанный вслух. Затем эта речь превращается во внутреннюю, являющуюся основой собственно человеческого мышления.

Таким образом, к 6–7 годам речь постепенно превращается не только в средство общения, но и в средство планирования и регуляции деятельности ребенка, т. е. наряду с «мышлением в действии», конкретно-образным мышлением, развивается и мышление словесное. Развитие второй сигнальной системы достигает уровня, при котором ребенок пытается устанавливать причинно-следственные связи между предметами и явлениями окружающего мира, прогнозировать развитие событий.

Изменяется характер взаимодействия первой и второй сигнальных систем действительности: если в 3–4 года первая сигнальная система превалирует и оказывает тормозящее влияние на вторую, то в 6–7 лет вторая сигнальная система подавляюще влияет на первую. Развитие второй сигнальной системы действительности – один из важнейших показателей готовности ребенка к обучению в школе.

#### ***Второе детство***

Процесс обучения письму и чтению расширяет возможности использования слова как интегрирующего раздражителя. Это способствует совершенствованию абстрактно-логического мышления, которое постепенно начинает преобладать над конкретно-образным. Тем не менее вторая сигнальная система по-прежнему базируется на первой, поэтому при обучении нужно использовать наглядные пособия, расширять применение наблюдений и экспериментов при изучении предметов естественнонаучного цикла.

#### ***Подростковый возраст***

Деятельность *второй сигнальной системы действительности* у подростков ослабляется, условные рефлексы на словесные раздражители вырабатываются медленно, речь отличается лаконичностью, замедленностью, некоторые подростки не могут найти нужные слова, используют слова-паразиты.

Взрослым необходимо учитывать особенности ВНД подростка при его воспитании, планировании объема и структуры учебной нагрузки. Из-за повышенной утомляемости подростки нуждаются в полноценном отдыхе и питании.

К окончанию подросткового периода негативные тенденции в развитии ВНД сменяются позитивными, и ее показатели выходят на уровень взрослого человека [3, 7, 12, 13].

### **Задание. Определить тип высшей нервной деятельности по соотношению сигнальных систем**

**Теоретическое обоснование.** Общей чертой высшей нервной деятельности животных и человека, как было установлено И. П. Павловым, является способность к анализу и синтезу непосредственных, конкретных сигналов предметов и явлений окружающего мира, приходящих от зрительных, слуховых и других рецепторов организма. Систему отражения действительности, основанную на выработке условных рефлексов на непосредственные, конкретные раздражители или их следы, он назвал *первой сигнальной системой*. На ее основе формируется предметно-образное мышление.

У человека в процессе трудовой деятельности и социального развития развивается *вторая сигнальная система* – система восприятия окружающего мира через смысловое значение слова. Способность к отвлечению от конкретных признаков предметов и, следовательно, к обобщению является основой для развития абстрактно-логического мышления, свойственного человеку.

Обе сигнальные системы имеются у каждого человека. Однако соотношение активности первой и второй сигнальных систем находится в зависимости от индивидуальной совокупности наследственных факторов и условий среды и различается у разных людей. Учитывая их динамические отношения, И. П. Павлов предложил выделить специфические человеческие типы высшей нервной деятельности в зависимости от преобладания первой или второй сигнальной системы в восприятии действительности. Людей с преобладанием первой сигнальной системы над второй И. П. Павлов относит к художественному типу, если же более выраженной оказывается вторая сигнальная система, подавляющая первую, – к мыслительному типу. В тех случаях, когда сигналы первой и второй сигнальных систем вызывают одинаковой силы нервные процессы, ни первая, ни вторая сигнальные системы не оказывают доминирующего влияния на поведение человека. Таких людей И. П. Павлов относил к среднему типу. Большинство людей относится именно к этому типу высшей нервной деятельности.

Диагностику типа высшей нервной деятельности осуществляют по способности к конкретизации и обобщению.

**Оборудование:** электромиорефлексометр, бланки *А* и *Б* с наборами слов, калькулятор.

**Ход работы.** Работу выполнять в парах. Экспериментатор называет слово из бланка, одновременно нажимая на клавишу электромиорефлексо-

метра и включая тем самым миллисекундомер. Испытуемый произносит ответное слово, также одновременно с этим нажимая на свою клавишу и выключая миллисекундомер.

Эксперимент состоит из двух этапов. На первом этапе экспериментатор использует слова из бланка А. К ним испытуемый должен подобрать качественные характеристики, т. е. ответить на вопрос: «Какой? (Какая? Какое?)». Например, экспериментатор произносит слово «камень», испытуемый отвечает: «Твердый», «Стена» – «Кирпичная» и т. п. При этом испытуемый должен затрачивать на обдумывание как можно меньше времени, называя первое приходящее на ум подходящее по смыслу слово и одновременно с этим нажимая на свою клавишу, чтобы выключить миллисекундомер.

На втором этапе эксперимента используют слова из бланка Б, к которым испытуемый должен подобрать обобщающие характеристики, т. е. отнести обозначенный словом предмет или явление к группе сходных по значению, свойствам или качествам предметов или явлений. Например, экспериментатор произносит слово «стакан», испытуемый отвечает «Посуда», «Медведь» – «Животное» и т. д. Время рефлекса также регистрируется.

На каждом этапе эксперимента должно быть зафиксировано не менее 15 пар слов, исключая явно ошибочные, бессмысленные ответы.

Во время эксперимента в аудитории должна соблюдаться тишина, а экспериментатор и испытуемый не должны произносить ничего, кроме слова-вопроса и слова-ответа.

**Итоги работы.** Ассистент записывает в протокол (табл. 53) время рефлекса, зафиксированное на табло электромиорефлексометра.

Таблица 53

Результаты эксперимента

№ п/п	Время, мс	
	Качественные характеристики	Обобщающие характеристики
1		
...		
15		
Среднее	$X =$	$Y =$

Полученные результаты анализировать следующим образом. Определить среднее арифметическое значение показателя времени по результа-

там каждого опыта отдельно –  $X$  по качественным характеристикам слов,  $Y$  – по обобщающим характеристикам слов. Сравнить их значения:

если  $Y \approx 2X$ , – средний тип,

$Y \leq 2X$  (на 500 мс и более) – художественный тип,

$Y \geq 2X$  (на 500 мс и менее) – мыслительный тип.

Сделать вывод относительно принадлежности испытуемого к одному из типов высшей нервной деятельности по соотношению сигнальных систем.

## Практическое занятие 15 ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПАМЯТИ

Цель – изучить свойства памяти и ее возрастные особенности.

### *Возрастные особенности памяти*

Механизмы памяти претерпевают значительные изменения с возрастом. Память, основанная на простом запечатлевании следа (сенсорная память) осуществляется на ранних этапах развития. По мере развития сенсорных систем и усложнения процесса восприятия формируется образная память. На ранних этапах развития формируется также память, в основе которой лежит механизм выработки условного рефлекса. Этот вид памяти является базовым в формировании навыка, простых форм памяти. Относительная простота системы памяти в детском возрасте определяет устойчивость и прочность запоминания в раннем детстве. По мере структурно-функционального созревания коры больших полушарий, развития речевой функции формируется свойственная человеку словесно-логическая память. Человек способен запоминать не только и не столько подробности информации, сколько общие положения. Так, в прочитанном тексте взрослый человек запоминает не словесную формулировку, а содержание. Созревание высших корковых формаций с возрастом определяет длительность и постепенность развития и совершенствования этого вида памяти [1, 5].

**Теоретическое обоснование.** В основе явлений памяти лежит способность организма воспринимать информацию, фиксировать ее и воспроизводить. Эти процессы, связанные с организацией и деятельностью мозга, заключаются в объединении отдельных нервных клеток в сложную целостную систему. В научных работах, посвященных изучению проблемы памяти, показано наличие двух ее форм: кратковременной и долговременной, которые рассматриваются как два параллельных процесса.

Кратковременная память – это возможность ограниченного во времени хранения незначительного объема информации, которое основано на непродолжительной циркуляции импульсов по замкнутым цепям нейронов и облегчении проводимости этих импульсов в местах контактов (синаптических зонах) в специфическом нейронном ансамбле. Длительность хранения информации в кратковременной памяти составляет от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. Объем кратковременной памяти – это наи-

большее число отдельных элементов (фигуры, буквы, цифры, слоги, слова и т. д.), которое может быть воспроизведено после однократного предъявления этих элементов в определенной последовательности [5, 10].

### ***Задание 1. Определить объем кратковременной вербальной памяти [22]***

**Оборудование:** лист бумаги с подготовленным тестом из 25 слов, часы.

**Ход работы.** В течение 1 мин испытуемому внимательно читать (слушать) слова теста, затем в течение 5 мин записать в протокол все слова, которые удалось запомнить, в любом порядке.

Возможные слова для теста: сено, ключ, самолет, поезд, картина, месяц, певец, радио, трава, перевал, автомобиль, сердце, букет и т. д.

**Итоги работы.** Подсчитать число написанных слов. Проверить с помощью экспериментатора, нет ли ошибок. За каждое слово начислить 1 балл. Подсчитать сумму баллов, сравнить с приведенными ниже нормами. Сделать вывод об объеме кратковременной вербальной памяти. Ответить на вопрос: «Пользовались ли Вы каким-либо специальным способом для запоминания материала?»

Нормы для определения объема памяти:

6 слов и меньше – объем памяти низкий. Желательно регулярно выполнять упражнения по тренировке памяти;

7–12 – объем памяти чуть ниже среднего. Главной причиной слабого запоминания может быть неумение сосредоточиться;

13–17 – объем памяти хороший;

18–21 – объем кратковременной памяти отличный. Вы можете заставить себя сосредоточиться, следовательно, обладаете достаточной волей;

свыше 22 – Ваша память феноменальна.

### ***Задание 2. Определить объем кратковременной невербальной памяти***

**Оборудование:** бланки чисел, секундомер.

**Ход работы:**

1) Испытуемому в течение 30 с постараться запомнить при зрительном или слуховом предъявлении ряд, состоящий из 10 двузначных чисел. Например:

21 11 35 28 63 88 94 75 61 55.

2) Испытуемому записать числа, которые запомнил. Порядок записи чисел произвольный.

**Итоги работы.** Рассчитать процент правильно воспроизведенных чисел по формуле

$$\frac{\text{количество правильно воспроизведенных чисел}}{\text{общее количество чисел}} \times 100 \%$$

*Нормы:* При зрительном предъявлении отличный результат – 75%, при слуховом предъявлении – 58%.

Сравнить с нормами. Сделать вывод.

**Задание 3. Определить объем кратковременной образной памяти [22]**

**Оборудование:** секундомер, бланк с 16 рисунками.

**Ход работы:** В качестве единицы объема памяти принимают 1 образ (изображение предмета, геометрическую фигуру, символ).

Испытуемому предъявляют бланк с 16 различными рисунками (рис. 6). Испытуемый запоминает максимальное количество образов в течение 20 с.

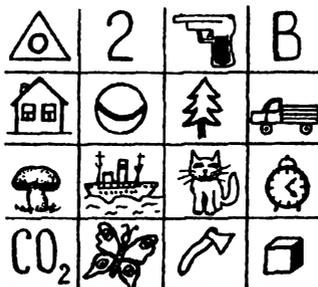


Рис. 6. Образец бланка

Затем в течение 1 мин испытуемому следует воспроизвести запомнившееся (записать или нарисовать). Экспериментатору подсчитать число правильно воспроизведенных образов.

*Норма:* 6 и более правильных ответов.

**Итоги работы.** Сделать вывод об объеме кратковременной образной памяти. Ответить на вопрос: «Пользовались ли Вы при запоминании и воспроизведении специальными мнемоническими приемами?».

**Задание 4. Определить объем смысловой кратковременной памяти**

**Оборудование:** секундомер, бланк с парами слов (для экспериментатора).

**Ход работы:** Экспериментатор читает 10 пар слов с интервалом 2 с. Примеры пар слов: луч – солнце, медь – свинец, сук – елка, год – месяц.

Исследуемый при прослушивании должен установить связь между словами каждой пары и запомнить как слова, так и связь между ними. Через 10 с после этого экспериментатор читает первые слова каждой пары с паузой 5 с. За это время испытуемый должен записать оба слова каждой пары.

**Итоги работы.** Записать пары слов.

Рассчитать коэффициент словесного логического запоминания (Ксл):

$$K_{сл} = \frac{\text{число правильно составленных пар слов}}{\text{число предъявленных пар слов}} .$$

Норма: 0,8 и более.

Сделать выводы.

Заполнить табл. 54 по результатам четырех тестирований.

Таблица 54

**Результаты исследования кратковременной памяти**

Вид кратковременной памяти	Результат	Вывод
Вербальная память		
Невербальная память		
Образная память		
Смысловая память		

Сделать выводы об объеме разных видов кратковременной памяти. Объяснить различия. Составить рекомендации для увеличения объема кратковременной памяти.

## Практическое занятие 16 ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ВНИМАНИЯ

**Цель** – изучить свойства внимания и его возрастные особенности.

### ***Общие положения***

Внимание – это процесс и состояние настройки субъекта на восприятие приоритетной информации и выполнение поставленных задач. Выделяют три основных вида внимания: произвольное, или активное, внимание, которое характеризуется направленностью субъекта на сознательно выбранную цель; непроизвольное внимание, выражающееся в переключении внимания на неожиданное изменение физических, временных, пространственных характеристик стимулов или на появление значимых сигналов; постпроизвольное внимание, которое появляется в процессе освоения деятельности и увлеченности выполняемой работой, не требует усилий воли, так как поддерживается интересом к работе.

Произвольное внимание развивается в игровой, учебной, трудовой деятельности. Разные виды деятельности развивают различные свойства произвольного внимания.

Произвольное внимание характеризуют его свойства: избирательность, объем, устойчивость, возможность распределения и переключения. Избирательность (или селективность) внимания определяют его направленностью на определенную характеристику стимула; она может быть либо узкой, либо широкой. Объем внимания измеряется количеством одновременно отчетливо осознаваемых объектов и характеризует ресурсы внимания человека. Объем внимания близок объему кратковременной памяти и составляет 7–9 стимулов, или элементов. Распределение внимания определяют по возможности одновременного выполнения двух или более заданий. Устойчивость внимания определяют по способности длительно задерживать восприятие на определенных объектах действительности. Под переключением внимания понимается возможность более или менее легкого перехода от одного вида деятельности к другому [5, 10].

### ***Возрастные особенности внимания***

Признаки непроизвольного внимания обнаруживаются уже в период новорожденности в виде элементарной ориентировочной реакции на экстренное применение раздражителя. Эта реакция еще лишена характерного

исследовательского компонента, но она уже проявляется в определенных изменениях электрической активности мозга, вегетативных реакциях (изменение дыхания, частоты сердцебиения).

В 2–3-месячном возрасте ориентировочная реакция приобретает исследовательский характер.

По мере созревания системы восприятия речи формируется социальная форма внимания, опосредованная речевой инструкцией. Однако вплоть до 5-летнего возраста эта форма внимания легко оттесняется произвольным вниманием, возникающим в ответ на новые привлекательные раздражители.

В 6–7-летнем возрасте существенно возрастает роль речевой функции в формировании произвольного внимания. Вместе с тем в этом возрасте еще велико значение эмоционального фактора.

Важнейшим этапом в организации произвольного внимания является младший школьный возраст. В 7–8 лет недостаточная зрелость фронтально-таламической системы регуляции активационных процессов определяет большую степень их генерализации и менее выраженную избирательность объединения корковых зон в рабочие функциональные конstellляции в ситуации предстимульного внимания, предвещающего конкретно реализуемую деятельность. К 9–10 годам механизмы произвольной регуляции совершенствуются: активационные процессы становятся более управляемыми, определяя улучшение показателей организации деятельности [1, 5].

### ***Задание 1. Изучить величину колебания внимания [6, 22]***

**Оборудование:** часы, лист бумаги с нанесенным на него изображением определенной формы.

**Ход работы.** Внимательно присмотритесь к рисунку, на котором изображена проекция усеченной пирамиды (рис. 7). Вы заметите, что вершина пирамиды то обращается к зрителю, то уходит от него вглубь. Это явление объясняется законом последовательной индукции. Когда мы смотрим на маленький квадрат, восприятие большого квадрата ухудшается, он кажется расположенным за плоскостью рисунка. Пирамида обращается усеченным концом к зрителю. Если мы переключим взгляд на большой квадрат, он будет восприниматься как ближний и пирамида окажется повернутой к зрителю основанием.

Измерение величины колебания произвольного внимания происходит следующим образом. В течение 60 с испытуемому следует смотреть

на пирамиду. При каждом изменении изображения делать в тетради штрих, не переводя взгляда (не глядя!).

Экспериментатору дать команду к началу опыта и его окончанию; сосчитать количество штрихов.

Проделать этот эксперимент 3 раза.

Величину колебания можно уменьшить волевым усилием. Для этого поставить перед испытуемым цель – как можно дольше удерживать внимание на каждом изображении. Измерить величину колебания произвольного внимания в этом случае.

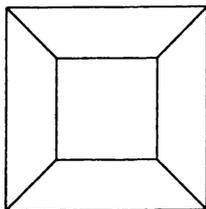


Рис. 7. Усеченная пирамида

**Итоги работы.** Результаты внести в протокол (табл. 55). Сравнить полученные в ходе работы данные со среднестатистическими значениями (табл. 56). Сделать выводы.

Таблица 55

Результаты исследования колебания внимания

№ опыта	Число колебаний	Оценка результата
<b>Непроизвольное внимание</b>		
<b>Произвольное внимание</b>		

Таблица 56

Нормы для оценки устойчивости внимания

Частота исчезновения изображения в течение 60 с, раз	Характеристика внимания
Не более 11	Очень устойчивое
12–20	Средней устойчивости
Более 20	Недостаточно устойчивое

## **Задание 2. Исследовать устойчивость произвольного внимания пробой «Перепутанные линии»**

**Оборудование:** бланк с изображением перепутанных ломаных линий (рис. 8), секундомер, бланки для ответов.

**Ход работы.** Работу проводить в парах: испытуемый – экспериментатор. Испытуемому по команде экспериментатора в течение 2 мин, не пользуясь указкой или карандашом, а только с помощью глаз проследить ход каждой линии, начинающейся в левом столбике цифрой от 1 до 25; найти конец каждой линии; выписать в бланк ответов соответствующую числу букву из правого столбика. Через 2 мин экспериментатору прерывать работу испытуемого и, проверив ее, оценить степень устойчивости произвольного внимания по числу правильно найденных концов линий.

**Итоги работы.** Результаты тестирования отметить в протоколе.

**Нормы:** 15 и более правильно найденных концов линий – высокая устойчивость внимания; 11–14 – средняя устойчивость; 10 и менее – низкая устойчивость.

Сделать выводы об устойчивости внимания по результатам двух тестов.

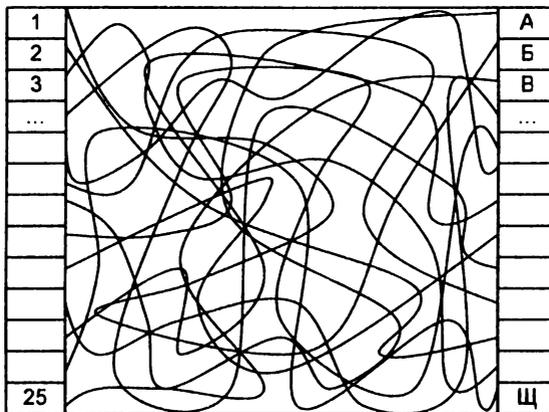


Рис. 8. Образец бланка «Перепутанные линии»

## **Задание 3. Изучить избирательность внимания (тест Мюнстерберга)**

**Оборудование:** бланки, секундомер.

**Ход работы.** Работу проводить в парах или в группе студентов.

Экспериментатор предоставляет испытуемому бланк, на котором напечатаны построчно буквы русского алфавита. Среди них в разных местах впечатаны слова, хорошо знакомые испытуемому. Испытуемый должен как можно быстрее найти эти слова и подчеркнуть их. Время работы 2 мин. Экспериментатор фиксирует время выполнения задания, количество найденных слов (всего их 25), количество ошибок (слова, не найденные испытуемым, неправильно воспринятые испытуемым, неправильно подчеркнутые).

**Итоги работы.** Успешность выполнения задания  $A$  оценивается по формуле

$$A = \frac{C - m}{C + n},$$

где  $C$  – общее количество выделенных слов;

$m$  – количество ошибочно выделенных слов;

$n$  – количество пропущенных слов.

Нормы: если  $A = 0,96-1,00$  – высокая избирательность;  $A = 0,92-0,95$  – средняя избирательность;  $A = 0,91$  и менее – низкая избирательность внимания.

Записать результаты в протокол (табл. 57), сравнить с нормами. Сделать вывод об избирательности внимания.

Таблица 57

Свойства произвольного внимания

№ п/п	Свойства внимания	Значение	Результат
1	Колебание внимания		
2	Устойчивость (проба Мюнстерберга)		
3	Избирательность		

Оценить результаты. Сделать вывод о свойствах внимания исследуемого. Составить рекомендации для развития внимания.

## Список литературы

### Основная литература

1. *Алейникова Т. В.* Возрастная психофизиология: учебное пособие / Т. В. Алейникова. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 285 с.
2. *Бароненко В. А.* Здоровье и физическая культура студента / В. А. Бароненко, Л. А. Рапопорт. Москва: Альфа-М: Инфра-М, 2006. 215 с.
3. *Батуев А. С.* Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: учебник / А. С. Батуев. Санкт-Петербург: Питер, 2005. 317 с.
4. *Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие: в 2 частях / В. А. Козловский, В. В. Розенблат, М. В. Северин, Т. Ф. Турова. Ч. 2: Физиология труда.* Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2003. 63 с.
5. *Безруких М. М.* Психофизиология ребенка: учебное пособие / М. М. Безруких, Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер. Москва: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2005. 496 с.
6. *Большой практикум по физиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под ред. А. Г. Камкина.* Москва: Академия, 2007. 448 с.
7. *Данилова Н. Н.* Физиология высшей нервной деятельности: учебник / Н. Н. Данилова, А. Л. Крылова. Москва: Учебная литература, 1997. 432 с.
8. *Ланда Б. Х.* Методика комплексной оценки физического развития и физической подготовленности: учебное пособие / Б. Х. Ланда. Москва: Советский спорт, 2006. 208 с.
9. *Макарова Г. А.* Спортивная медицина: учебник / Г. А. Макарова. Москва: Советский спорт, 2006. 480 с.
10. *Марютина Т. М.* Введение в психофизиологию: учебное пособие / Т. М. Марютина, О. Ю. Ермолаев. Москва: Флинта, 2001. 400 с.
11. *Начала физиологии: учебник для вузов / А. Д. Ноздрачев [и др.].* Санкт-Петербург: Лань, 2004. 1088 с.
12. *Сапин М. Р.* Анатомия и физиология детей и подростков: учебное пособие / М. Р. Сапин, З. Г. Брыксина. Москва: Академия, 2003. 456 с.
13. *Смирнов В. М.* Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: учебное пособие / В. М. Смирнов, С. М. Будылина. Москва: Академия, 2003. 304 с.

14. *Таблицы калорийности продуктов и блюд* / под ред. Н. Холодовой. Москва: Эксмо, 2005. 208 с.

15. *Физиология сенсорных систем: учебник* / под ред. Я. А. Альтмана. Санкт-Петербург: Паритет, 2003. 352 с.

16. *Эддар Ар. Трактат о питании* / Ар Эддар. Москва: Профит Стайл, 2005. 496 с.

#### **Дополнительная литература**

17. *Билич Г. Л. Основы валеологии* / Г. Л. Билич. Санкт-Петербург: Сотис, 1998. 386 с.

18. *Вартанян И. А. Физиология сенсорных систем: учебник* / И. А. Вартанян. Санкт-Петербург: Лань, 1999. 224 с.

19. *Воробьева А. А. Анатомия и физиология* / А. А. Воробьева. Москва: Медицина, 1981. 416 с.

20. *Ермолаев Ю. А. Возрастная физиология: учебное пособие* / Ю. А. Ермолаев. Москва: Высшая школа, 1985. 384 с.

21. *Нормальная физиология* / под ред. А. В. Коробкова. Москва: Высшая школа, 1980. 345 с.

22. *Рохлов В. С. Практикум по анатомии и физиологии человека: учебное пособие* / В. С. Рохлов, В. И. Сивоглазов. Москва: Академия, 1999. 160 с.

23. *Руководство к практическим занятиям по физиологии* / Д. Г. Квасов, В. Д. Глебовский, И. Г. Антонова, М. В. Коровина. Москва: Медицина, 1977. 216 с.

24. *Физиология человека* / Н. А. Агаджанян, Л. З. Тель, В. И. Циркин, С. А. Чеснокова. Санкт-Петербург: Сотис, 1998. 527 с.

25. *Физиология человека: учебник* / под ред. Г. И. Косицкого. Москва: Медицина, 1985. 544 с.

26. *Физиология человека и животных: учебник: в 2 частях* / под ред. А. Б. Когана. Москва: Высшая школа, 1984. Ч. I: 288 с.; Ч. II: 360 с.

27. *Чусов Ю. Н. Физиология человека: учебное пособие* / Ю. Н. Чусов. Москва: Просвещение, 1981. 240 с.

## Содержание

Введение .....	3
Практическое занятие 1. Физиология центральной нервной системы .....	5
Практическое занятие 2. Физиология вегетативной нервной системы .....	11
Практическое занятие 3. Физиология крови .....	16
Практическое занятие 4. Физиология сердечно-сосудистой системы .....	21
Практическое занятие 5. Физиология дыхательной системы .....	32
Практическое занятие 6. Обмен веществ .....	41
Практическое занятие 7. Физиология терморегуляции .....	54
Практическое занятие 8. Физиология зрительной сенсорной системы .....	60
Практическое занятие 9. Физиология кожной сенсорной системы .....	70
Практическое занятие 10. Физиология вестибулярной сенсорной системы .....	74
Практическое занятие 11. Физиология условных рефлексов .....	77
Практическое занятие 12. Типологические особенности высшей нервной деятельности человека .....	84
Практическое занятие 13. Функциональная межполушарная асимметрия .....	90
Практическое занятие 14. Сигнальные системы действительности .....	94
Практическое занятие 15. Психофизиология памяти .....	100
Практическое занятие 16. Психофизиология внимания .....	104
Список литературы .....	109

Учебное издание

*Махнева Светлана Георгиевна  
Турова Татьяна Федоровна  
Югова Елена Анатольевна и др.*

**ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ**

**Практикум**

**Редактор Т. А. Кузьминых  
Компьютерная верстка Н. А. Ушениной  
Дизайн обложки Д. В. Махнева**

**Печатается по постановлению  
редакционно-издательского совета университета**

Подписано в печать 08.04.11. Формат 60×84/16. Бумага для множ. аппаратов.  
Печать плоская. Усл. печ. л. 6,4. Уч.-изд. л. 6,9. Тираж 500 экз. Заказ № 488.  
Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

---

**Отпечатано ООО "ТРИКС"  
Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, ул. Феофанова, 4  
[www.printvp.ru](http://www.printvp.ru)**