

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Трыковская средняя общеобразовательная школа  
Карачевского района Брянской области**

**Выписка  
из основной образовательной программы среднего общего образования**

РАССМОТРЕНО

заседание МО

Протокол №1 от «30»  
августа 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

заместитель директора

Аксенова Н.А.  
«30» августа 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО

директор Суворова А. Ю.

Приказом №107 от «1»  
сентября 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**для среднего общего образования  
по внеурочной деятельности  
на 2023 – 2024 учебный год**

**Научные исследования в области биологии**

**В теме «Кровь. Кровообращение. Оценка физиологических ресурсов ССС»**

Составитель: учитель биологии Мишина Е.Н.

Выписка верна 01.09.2023

Директор

Суворова А.Ю.



## Предметные результаты:

- 1) формирование ценностного отношения к живой природе, к собственному организму; понимание роли биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира;
- 2) умение применять систему биологических знаний: раскрывать сущность живого, называть отличия живого от неживого, перечислять основные закономерности организации, функционирования объектов, явлений, процессов живой природы,
- 3) эволюционного развития органического мира в его единстве с неживой природой;;
- 4) владение основами понятийного аппарата и научного языка биологии: использование изученных терминов, понятий, теорий, законов и закономерностей для объяснения наблюдаемых биологических объектов, явлений и процессов;
- 5) понимание способов получения биологических знаний; наличие опыта использования методов биологии с целью изучения живых объектов, биологических явлений и процессов: наблюдение, описание, проведение несложных биологических опытов и экспериментов, в том числе с использованием аналоговых и цифровых приборов и инструментов;
- 6) умение решать учебные задачи биологического содержания, в том числе выявлять причинно-следственные связи, проводить расчёты, делать выводы на основании полученных результатов;
- 7) умение создавать и применять словесные и графические модели для объяснения строения живых систем, явлений и процессов живой природы;
- 8) понимание вклада российских и зарубежных учёных в развитие биологических наук;
- 9) владение навыками работы с информацией биологического содержания, представленной в разной форме (в виде текста, табличных данных, схем, графиков, диаграмм, моделей, изображений), критического анализа информации и оценки ее достоверности;
- 10) умение планировать под руководством наставника и проводить учебное исследование или проектную работу в области биологии; с учетом намеченной цели формулировать проблему, гипотезу, ставить задачи, выбирать адекватные методы для их решения, формулировать выводы; публично представлять полученные результаты;
- 11) умение интегрировать биологические знания со знаниями других учебных предметов;
- 12) сформированность основ экологической грамотности: осознание необходимости действий по сохранению биоразнообразия и охране природных экосистем, сохранению и укреплению здоровья человека; умение выбирать целевые установки в своих действиях и поступках по отношению к живой природе, своему здоровью и здоровью окружающих;
- 13) умение использовать приобретенные знания и навыки для здорового образа жизни, сбалансированного питания и физической активности; неприятие вредных привычек и зависимостей; умение противодействовать лженаучным манипуляциям в области здоровья;
- 14) овладение приемами оказания первой помощи человеку.

Тематика рассматриваемых экспериментов, количественных опытов, соответствует структуре примерной образовательной программы по биологии, содержанию Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) среднего (основного) общего образования

### Основные понятия и термины

**Цифровая (компьютерная) лаборатория** — комплект учебного оборудования, включающий измерительный блок, интерфейс которого позволяет обеспечивать связь с регистратором данных, и набор датчиков, регистрирующих значения различных физических величин.

**Программное обеспечение Releon Lite (ПО Releon)** — программное обеспечение, поставляемое в составе цифровой лаборатории, обеспечивающее работу датчиков, сохранение и первичную обработку полученных данных.

**Мультидатчик** — цифровой датчик, позволяющий вести одновременно учёт нескольких показателей окружающей среды и физиологических показателей организма человека. **Монодатчик** — цифровой датчик, позволяющий вести одновременно учёт только одно-

го показателя окружающей среды или физиологического показателя организма человека.

**Регистратор данных** — электронное устройство (интерактивная доска, персональный компьютер, ноутбук, планшет, мобильный телефон) поддерживающие работу ПО Releon.

**Логирование** — режим работы цифровой лаборатории, при котором датчик работает без регистратора данных, с возможностью последующей загрузки результатов измерений в память регистратора данных.

**Связка датчиков** — режим работы цифровой лаборатории, при котором на экране регистратора данных графически отображается работа одновременно двух и более подключенных цифровых датчиков.

**Рис.** Мультидатчик по физиологии: 1 — температура тела, 2 — пульс, 3 — частота дыхания (надет съёмный мундштук)  
Мультидатчик по физиологии позволяет определять артериальное давление, пульс, температуру тела, частоту дыхания, ускорение движения

**Датчик артериального давления** — позволяет измерять артериальное давление в диапазоне от 0 до 250 мм рт.ст. Разрешение датчика: 0,1 мм рт.ст. Датчик позволяет определять систолическое, диастолическое давление, пульс. В комплект датчика входит специальная манжета с утягивающим механизмом, нагнетатель воздуха с воздушным клапаном и трубка для подключения к датчику. Технологические особенности: необходимо контролировать плотность подключения разъёмов, правильность положения манжеты на плече. Воздух из манжеты следует спускать равномерно, медленно, слегка приоткрыв клапан нагнетателя.

**Датчик пульса** — позволяет непрерывно определять частоту сердечных сокращений. Имеет выносную клипсу, надеваемую на палец исследуемого. Диапазон измерения пульса: от 0 до 250 уд/мин. Разрешение: 1 уд/мин. Технологические особенности: следует контролировать правильность надевания клипсы, т. к. при излишне глубоком надевании она передавливает мелкие кровеносные сосуды пальца, что уменьшает точность измерений.

Цифровые лаборатории являются новым, современным оборудованием для проведения самых различных школьных исследований естественно-научного направления. С их помощью можно проводить работы, как входящие в школьную программу, так и совершенно новые исследования.

действиях:

- определение проблемы;
- постановка исследовательской задачи;
- планирование решения задачи;
- построение моделей;
- выдвижение гипотез;
- экспериментальная проверка гипотез;
- анализ данных экспериментов или наблюдений;
- формулирование выводов .





## Содержание

Сердце — самый работоспособный, продуктивный, функциональный и важный механизм в нашем организме. Сердцу даже ставят памятники. Так памятник сердцу украшает двор института сердца в Перми.

Человек — открытая биологическая система. Поэтому строение органов и процессы, происходящие в них можно объяснить не только с точки зрения биологии, но и физики и химии.

**Выдвижение гипотезы.** Предлагаем доказать, что процессы, происходящие в организме человека, обусловлены законами физики. И рассмотрим это на примере системы органов кровообращения.

1. Из каких органов состоит система органов кровообращения.
2. Назовите камеры сердца, их строение и функции.
3. Строение и функции клапанов сердца.
4. Работа сердца.
5. Особенности строения поперечнополосатой сердечной мышцы.
6. Автономия.

Сердце четырёхкамерное, сокращается ритмично и проталкивает кровь по сосудам, благодаря сердечной мышце.

Для чего необходимо измерять давление крови, пульс?

Исследование работы кровеносной системы человека.

Объяснить, почему в капиллярах кровь течет с меньшей скоростью, чем в крупных сосудах (аорте, венах, артериях). По закону Бернулли о неразрывности струи (Во сколько раз сечение сосуда больше во столько раз скорость течения жидкости в этом сосуде меньше и наоборот)

*Рассмотрим таблицу.*

№ п/п	Сосуды	Диаметр мм	Скорость см/с	Давление мм. рт. ст.
1	Аорта	20	50	50—150
2	Артерии	5—10	20—50	80—20
3	Артериолы	0,1—0,5	1—20	50—20
4	Капилляры	0,5—0,01	0,05—0,1	20—10
5	Венулы	0,1—0,2	0,1—1	10—2
6	Вены	10—30	10—20	/-5/-/+5/

Посмотрите на данные таблицы и постарайтесь объяснить, почему при уменьшении диаметра сосуда скорость крови, движущейся по ним уменьшается. Противоречат ли эти данные закону Бернулли о неразрывности струи.

Закон не нарушается, так как для ответа на этот вопрос необходимо помнить, что общая площадь сечения всех капилляров намного больше чем площадь сечения аорты, вены или артерии, поэтому скорость крови в капиллярах меньше.

## **Нарушение кровообращения при наложении жгута. Оборудование и материалы**

- Портативный компьютер
- Датчик температуры
- Прочная нить или тонкий шнур длиной около 40—60 см

### **Ход эксперимента**

1. Приступайте к выполнению опыта
2. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **СТАРТ** на панели инструментов.
3. Записывайте данные не менее 30 с.
4. Не прекращая записи данных, быстро и туго обмотайте два пальца (каждый отдель но, большой и указательный) ниткой.
5. Продолжайте запись, отмечая внешние признаки нарушения кровообращения (покраснение, а затем и посинение покровов, снижение чувствительности) не более 7—10 минут.
6. Не прекращая записи быстро снимите нитку.
7. Дождитесь стабилизации показаний датчика и остановите регистрацию нажав кнопку **СТОП**.
8. Сохраните полученные данные нажав кнопку **сохранить**

## **Анализ результатов**

1. Рассмотрите график и сравните температуру в начале опыта с минимальной температурой и температурой в конце опыта.
  2. Отметьте на графике моменты наложения и снятия перетяжки:
- Сделайте вывод о влиянии скорости движения крови по сосудам и теплоснабжения отдельных частей тела в которых протекает кровь

## **Влияние физической нагрузки на частоту пульса и давления человека**

Найдите зависимость частоты пульса от нагрузки человека с помощью цифровой лаборатории и сделайте вывод о том, как зависит частота ударов сердца при увеличении физической нагрузки человека.

1. Подключите датчик ЧСС через USB порт к ПК.
2. Закрепите датчик на пальце руки.
3. Определите число ударов пульса в спокойном состоянии и данные запишите в та- блицу.
4. Сделайте 10 приседаний и показания запишите в таблицу.
5. Сделайте 20 приседаний и показания запишите в таблицу.

<b>№ опыта</b>	<b>Число приседаний</b>	<b>Частота пульса</b>
1	0	
2	10	
3	20	

По результатам работы сделайте вывод о том, как зависит пульс человека от физической нагрузки. Постарайтесь объяснить такую зависимость.



### Тестирование

1. Рассмотрите характер движения сердца и подберите правильное слово характеризующее это движение?

- А) конвульсия                      **Б) ритмичность**                      В) беспорядочность

2. С помощью какого физического закона можно объяснить движение крови в сосудах?

- А) Гука                      **Б) Бернулли**                      В) Архимеда

3. Что заставляет кровь двигаться по сосудам?

- А) **разность давления в сосудах**                      Б) разность высоты тела  
В) сила тяжести                      Г) гравитация

4. В каких сосудах низкое давление, поэтому передвижению крови способствуют клапаны?

- А) капилляры                      **Б) вены**                      В) артерии                      Г) венулы

5. В каком круге кровообращения происходит насыщение крови кислородом?

- А) малом**                      Б) большом                      В) среднем

## Лабораторная работа

### «Влияние среды на клетки крови человека»

#### Теоретическая часть

Кровь это одна из разновидностей соединительной ткани. Представляет собой клетки нескольких типов взвешенных в плазме. На долю форменных элементов (клетки крови) приходится около 45% объёма, а 55% составляет плазма. Показатель *pH* крови варьирует от 7,35 до 7,45. Плазма на 90% состоит из воды и на 10% из различных растворённых веществ (белки, минеральные ионы и др.). Больше всего из растворённых компонентов в плазме крови содержится натрий-ионов. Среди форменных элементов доминирующую позицию по количеству клеток на единицу объёма занимают эритроциты. В 1 мм<sup>3</sup> крови содержится около 5 млн. эритроцитов.

Концентрация солей в плазме и клетках крови всегда должна быть примерно одинаковой. Одними из важнейших солей крови являются хлориды. Раствор в котором концентрация соли NaCl 0,9% называется физиологическим. Поэтому большинство лекарственных препаратов, которые вводятся в кровяное русло производят с использованием физиологического раствора. Если возникает разность концентраций, это приводит к осмосу. Осмос — это диффузия воды через полупроницаемую мембрану из области меньшей концентрации в область с большей концентрацией до установления равновесия. Явление осмоса играет важную роль в процессе поддержания постоянства внутренней среды нашего организма.

Отклонение осмотического давления от нормального физиологического уровня влечёт за собой нарушение обменных процессов между кровью, тканевой жидкостью и клетками организма. Сильное отклонение может нарушить структуру и целостность клеточных мембран.

Изменение состава плазмы крови при добавлении гипертонического или гипотонического растворов в лабораторных условиях, позволяет определить степень важности равновесия концентраций солей во внутренней среде организма.

#### Практическая часть

**Цель работы:** изучить осмотические явления в клетках крови человека.

**Оборудование и материалы:** предметные стекла, покровные стекла, ноутбук, биноккулярный микроскоп, препарат клетки крови человека.

#### Техника безопасности

1. Перед началом работы освободите рабочее место от посторонних предметов.
2. Соблюдайте осторожность при работе с предметными и покровными стёклами во избежание порезов.
3. Приступайте к работе только тогда, когда убедитесь в исправности микроскопа. Точно выполняйте указания учителя при работе с ним в отношении порядка действий.
4. По окончании работы приведите в порядок рабочее место.

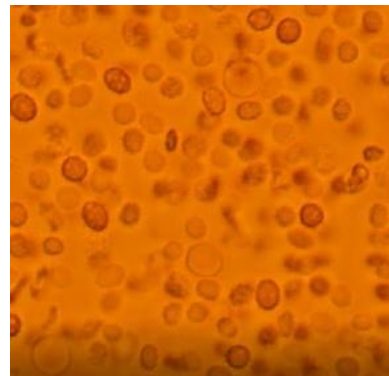
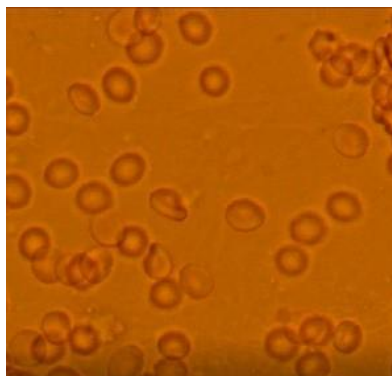
#### Ход работы:

##### Работа с микропрепаратами

1. Настройте микроскоп. Столик должен быть опущен, свет сфокусирован в окуляре, диафрагма полностью открыта, установлено малое увеличение (4x10).
2. Разместите микропрепарат на предметном столике и поднимите его до конца. При этом следите, чтобы покровное стекло и объектив не соприкоснулись.
3. Глядя в окуляр, медленно с помощью макровинта опускайте столик до появления чёткого изображения.
4. Рассмотрите микропрепарат при большом увеличении (10x10), используя микровинт для настройки резкости. Изучите особенности строения клеток крови человека.
5. Сделайте описание процессов, происходящих с клетками крови в растворах с различной концентрацией NaCl.

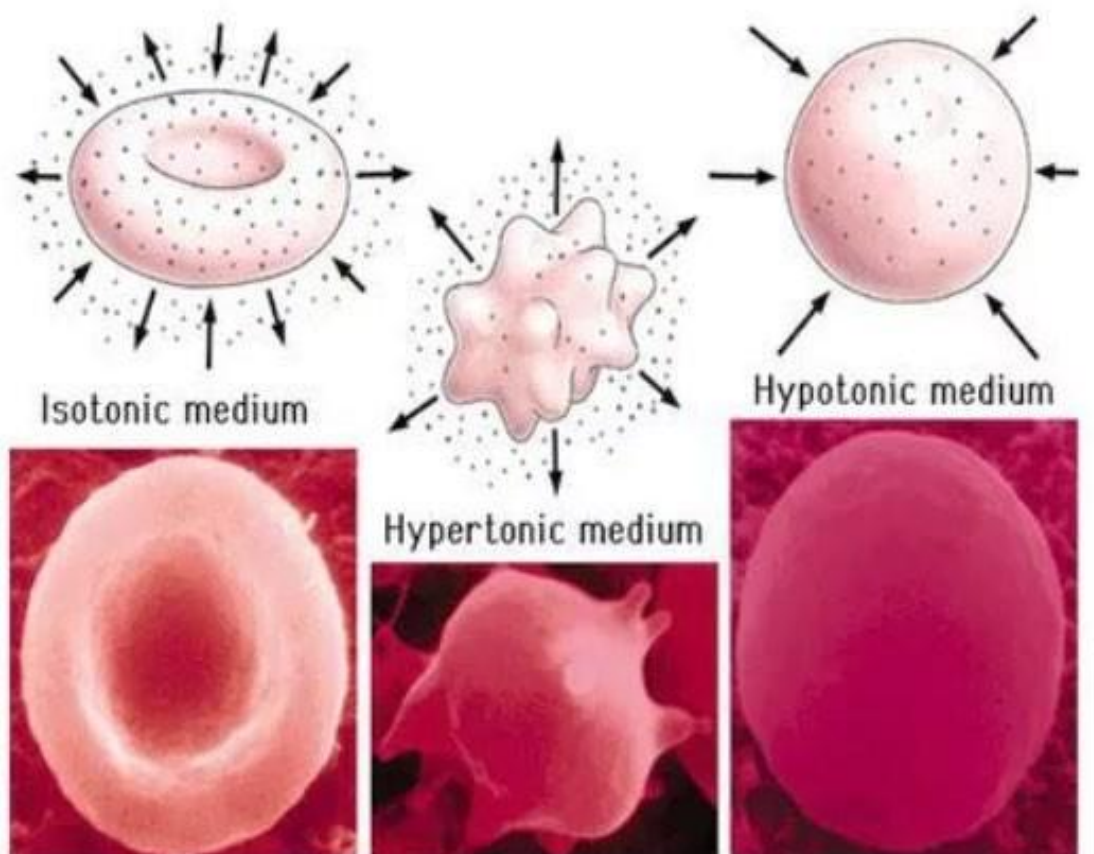
### Представление результатов наблюдений

**Задание 1.** Рассмотрите микропрепарат клетки крови человека. Зарисуйте исследуемый объект в пустую ячейку. Проведите сравнительный анализ морфологической структуры клеток крови изображенных на рисунках №2—3, в зависимости от раствора в котором они находятся.



**Рис. 1.** Изотонический р-р. **Рис. 2.** Гипертонический р-р. **Рис. 3.** Гипотонический р-р.

**Задание 2.** Используя материалы картинки заполните данные в таблице.



**Рис. 4.** Влияние среды на структуру эритроцита

Раствор	Концентрация NaCl	Форма эритроцита	Причина
Гипотонический	0, 2%		
Изотонический	0, 9%		
Гипертонический	2 %		

### Обратите внимание!

В данной работе необходимо использовать сопутствующие видеофрагменты, которые помогут визуализировать весь процесс изменения формы клеток крови в зависимости от концентрации используемых растворов.

### Выводы

1. Какими свойствами обладает физиологический раствор?
2. Как влияет повышение концентрации NaCl в плазме крови на эритроциты?
3. Объясните процесс гемолиза при попадании эритроцитов в гипотонический раствор?
4. Как осмотические явления влияют на организм человека в повседневной жизни?

### Контрольные вопросы

**1.** В каком растворе объём эритроцита увеличивается:

- а) изотонический
- б) гипотонический
- в) гипертонический
- г) раствор не влияет

Ответ: б

**2.** При какой концентрации NaCl происходит сморщивание эритроцитов:

- а) 0,2%
- б) 0,6%
- в) 0,9%
- г) 2%

Ответ: г

**3.** Почему возникает чувство жажды при избыточном потреблении солёной пищи?

Ответ: повышение концентрации солей в плазме крови приводит к тому, что вода из межклеточной жидкости поступает в кровяное русло. Это вызывает состояние отечности и недостатка влаги со стороны клеток.

Что такое сатурация кислорода?

*Сатурация* — это насыщение крови кислородом. Измеряется она в процентном соотношении и считается одним из главных показателей, по которому можно выявить патологические или заболевания дыхательной системы ещё на начальных стадиях.

Когда мы дышим, наши лёгкие первые получают дозу кислорода и доставляют его ко всем клеткам и тканям организма по кровотоку. Углекислый газ, который образовался в процессе дыхания, высвобождается из тканей и по крови передаётся обратно в лёгкие, из которых выходит наружу при выдохе. Свободное место, которое осталось в клетках после выхода углекислого газа, сразу же заполняется свежим кислородом. Так происходит непрерывный газообмен в организме человека.

Чтобы кислород транспортировался по кровеносным сосудам, он связывается с

молекулами гемоглобина. Эта связь внутри организма называется оксигемоглобин. Он и является параметром, который отражает сатурацию или уровень кислорода в крови человека.

### **Зачем измерять уровень насыщения кислородом в крови?**

Насыщение лёгких и тканей  $O_2$  жизненно важно для любого человека. Он необходим для нормальной жизнедеятельности, способности выполнять ежедневные функции, делать физические упражнения и просто жить. А 90% всей энергии человек получает именно из кислорода.

Дыхательная недостаточность может возникнуть по ряду причин:

- Избыточный вес
- Анемия
- Высокое артериальное давление
- Нарушения работы щитовидной железы
- Патологии сердца
- Плохое кровоснабжение
- Заболевания органов дыхания
- Курение
- Хирургические операции
- Тяжёлые травмы
- **Коронавирусная инфекция**

Показатели кислорода снижаются и при заболевании COVID-19. Когда инфекция попадает в лёгкие, она поражает альвеолы, которые участвуют в газообмене, а затем и гемоглобин, участвующий в транспортировке  $O_2$ . Воспаление тканей приводит к отёку лёгких и развитию пневмонии.

Главная опасность коронавируса в том, что при лёгких формах его проявления у человека может и не быть симптомов заболевания. Температура, кашель и слабость отсутствуют. Человек чувствует себя хорошо и даже не задумывается, что инфекция уже начала поражать лёгкие.

Измерение уровня кислорода в крови — один из действенных способов предупреждения инфекции. С его помощью можно выявить ковид ещё на начальных стадиях и начать соответствующее лечение. Показатель уровня сатурации поможет предупредить развитие болезни и избежать её прогрессирующей стадии, когда необходима госпитализация и подключения к аппарату искусственной вентиляции лёгких.

Однако следует помнить, что хоть измерить уровень насыщения кислородом можно и самостоятельно, предписывать, как и чем лечить коронавирус в домашних условиях, может только врач.

### **Какая норма уровня кислорода в крови?**

Норма сатурации кислорода в крови у взрослых и детей — показатель индивидуальный. Зависит он от физиологических особенностей организма и факторов окружающей среды.

Нормой принято считать:

- 95—98% — у здорового человека
- 92—95% — при хронических заболеваниях органов дыхания
- 92—95% — у курящих людей

При коронавирусе этот показатель снижется на несколько процентов. Чтобы избежать кислородного голодания, здоровый человек должен начать принимать меры уже при 94%. Когда насыщенность крови кислородом опускается до 90% и ниже, повышается нагрузка на жизненно важные органы — сердце, лёгкие, печень. Это состояние очень опасно и требует незамедлительного лечения. В наиболее тяжёлых случаях сатурация может опускаться вплоть до 70%, когда пациента подключают к аппарату ИВЛ. Гипоксемическая кома наступает при показателях ниже 60%.

Как измерить сатурацию в домашних условиях?

Чтобы отслеживать своё состояние и избежать катастрофических последствий, можно самостоятельно контролировать уровень кислорода в крови при коронавирусе. Сделать это можно с помощью специального прибора для измерения сатурации кислорода — **пульсоксиметра**.

Пульсоксиметр очень прост в использовании. Кроме уровня сатурации он также измеряет пульс. Работает прибор следующим образом:

1. Аппарат одевается на палец или мочку уха и начинает излучать волны разной длины с помощью светодиодного датчика.
2. Степень поглощения лучей зависит от количества кислорода, который содержится в крови. Насыщенные клетки крови поглощают больше инфракрасного света.
3. Аппарат получает данные о преломлении, отражении и прохождении этих лучей и выдаёт результат.



Чтобы получить максимально достоверную оценку, необходимо соблюдать определённые правила:

- Не пейте алкогольные и энергетические напитки перед процедурой
- Не принимайте пищу за 2 часа
- Не принимайте успокоительные и лекарственные препараты, которые влияют на работу сердечной или дыхательной систем
- Сохраняйте неподвижность во время процедуры
- Удалите лак с пальца, на который одевается датчик
- Снимите серьгу, если датчик помещается на мочку уха

*Как измерить уровень кислорода в крови без прибора?*

Проверять сатурацию пульсоксиметром рекомендуется в период пандемии, а также при ожирении, сердечных и лёгочных заболеваниях, болезнях щитовидки.

Если аппарата под рукой нет, но у вас появились одышка и опасения касательно своего состояния, в домашних условиях можно провести несложный тест. Впервые его опробовали в Англии, теперь же им пользуются жители многих стран. Несмотря на то, что его показания не считаются такими же достоверными, как при использовании прибора, тест поможет выявить нарушения в работе дыхательных органов.

*Как проверить сатурацию без пульсоксиметра?*

1. Сделайте глубокий вдох.
2. Задержите дыхание.
3. Отсчитывайте время на протяжении 30 секунд.

Абсолютно здоровые лёгкие выдержат это испытание. На основании подсчётов, можно приблизительно определить уровень насыщенности кислородом:

- 30 секунд — норма в 95—98%

- 10 секунд — сниженный показатель в 93—94%
- 7 секунд — экстремально низкий уровень в 90%

При нехватке кислорода следует обратиться к врачу за помощью, при сопутствующих симптомах коронавируса — вызвать врача на дом.

Ещё один способ узнать уровень насыщенности крови кислородом — сдать анализ крови в поликлинике.

### *Можно ли проверить сатурацию телефоном или умными часами?*

Техника не стоит на месте. Её возможности становятся гораздо шире игр и развлекательных приложений. С помощью гаджетов мы научились отслеживать свой пульс, физическую активность и состояние здоровья.

Несмотря на то, что появилось множество приложений, которые помогают отследить уровень кислорода, ни одно из них не покажет вам достоверные сведения. Это можно объяснить тем, что для отслеживания сатурации необходимо два прибора: пульсометр и датчик, который просвечивает кожу. В современных смартфонах данного функционала нет.

А вот некоторые smart-часы могут похвастаться такой функцией. В некоторых моделях фитнес-браслетов и Apple Watch установлен светодиод. Он излучает красные и инфракрасные волны, которые просвечивают

кожу и выявляют насыщенность кислородом по цвету. В гаджетах также встроен специальный датчик  $SpO_2$ , где S — уровень сатурации, P — пульс, а  $O_2$  — кислород. Датчик улавливает сигнал и выводит результаты на экран.

Однако показания таких часов также не корректны. Их точность зависит от второстепенных факторов: освещения, давления и



даже расположения часов на запястье. Поэтому полагаться на результаты гаджетов не стоит. Если чувствуете малейшие проблемы с дыханием, появилась лёгкая одышка и участился пульс, вероятно, у вас низкий уровень насыщенности крови кислородом. Чтобы удостовериться в своих опасениях, используйте пульсоксиметр или сдайте анализ крови. Только они дадут вам верный результат, на основании которого врач назначит соответствующее лечение

**Физиология** — наука о функциях и процессах, протекающих в организме или его составляющих системах, органах, тканях, клетках, и механизмах их регуляции, обеспечивающих жизнедеятельность человека и животного в их взаимосвязи с окружающей средой.

**Минутный объём крови (МОК)** — количество крови, выбрасываемое сердцем в течение 1 минуты. Выражается в л/мин или мл/мин. Максимальное значение МОК — 25—35 л/мин.

**Систолический объём крови** — количество крови (в мл), выбрасываемой сердцем за одно сокращение. В состоянии покоя систолический объём составляет 60—80 мл, при мышечной деятельности — возрастает до 150—200 мл.

**Автоматия сердца** — способность ритмически сокращаться без каких-либо внешних побуждений под влиянием импульсов, возникающих в нём самом. Автоматия наблюдается на изолированном сердце.

**Артериальное давление** — давление, создаваемое кровью в артериальных сосудах организма. Систолическое (максимальное) давление — это самый высокий уровень артериального давления, возникающий в момент систолы (сокращения) мышц желудочков. Диастолическое давление — самый низкий уровень артериального давления, который возникает во время диастолы (расслабления) мышц желудочков. При мышечной работе артериальное давление возрастает. Систолическое артериальное давление в этом случае может превысить исходный уровень в 1,5—2 раза.

**Артериальный пульс** — ритмические колебания стенок артериальных сосудов, обусловленные систолическим повышением давления крови в артериях.

**Синусный узел** (синоatriальный узел) — главный водитель ритма сердца, вырабатывает в среднем 70—110 импульсов в минуту. Расположен в стенке правого предсердия, между отверстием верхней полой вены и правым ушком, и отдаёт ветви к миокарду предсердий.

## ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Артериальное (кровенное) давление (АД) — это сила, приложенная к артериальной стенке в результате наполнения кровью артерий. Ритмические сокращения левого желудочка во время сердечного цикла вызывают периодические изменения артериального давления. Во время систолы АД достигает максимального значения — точки называемой «систолическим давлением», а во время расслабления желудочка, диастолы — регистрируется самое низкое значение — «диастолическое давление». Смена систолического и диастолического давления создает колебания стенок артерий, называемые артериальным пульсом. Разность между систолическими и диастолическими АД называют «пульсовым давлением».

Артериальное давление определяется двумя основными параметрами — объемом крови, прокачиваемым через сердце за минуту («сердечным выбросом»), и сопротивлением сосудов току крови. Сердечный выброс зависит от многих причин, например, ритма сокращений сердца и объема поступающей в сердце крови и ее вязкости. Сосудистое сопротивление также складывается из многих факторов, в числе которых мышечный тонус стенок малых артерий и артериол, который, в свою очередь, связан с активностью вегетативной нервной системы. Самое большое значение давления крови отмечается в крупных артериях большого круга кровообращения, снижаясь по мере уменьшения диаметра артерии. Помимо понижения давления, в мелких сосудах характер движения крови постепенно меняется с пульсирующего на равномерный. В венах давление крови минимально.

Акустический (аускультативный) метод измерения, с использованием стетоскопа или



микрофона и манжеты — это наиболее популярный метод определения АД. Метод основан на выслушивании звуков — «тонов Короткова», возникающих в результате пульсаций артерий при их частичном пережатии. На плечо обследуемого накладывается манжета, в которую нагнетается воздух, для создания давления, превышающего систолическое (домомента исчезновения пульсации). После накачивания манжеты, медленно стравливая воздух из нее, давление понижают. При этом систолическое и диастолическое артериальное давление определяют соответственно по появлению тонов Короткова (первым отчетливо слышимым тоном) и по их исчезновению (по последнему слышимому тону). Особенности выслушиваемых тонов — продолжительность их фаз (всего выделяют пять фаз), отчетливость, продолжительность и наличие периода отсутствия звука, зависят от эластичности артериальной стенки, показателей АД, возраста.

Другой метод — осциллометрический используется в электронных анализаторах АД и основан на сходном принципе, однако вместо тонов Короткова регистрируются колебания давления в манжете, возникающие в результате пульсации артерий. Этот метод позволяет обойтись без микрофона, но более сложен для анализа в вычислительном плане. Помимо значений систолического и диастолического АД и пульсового давления в определенный момент времени, используются показатели среднего артериального давления за сутки, день, ночь, максимальные и минимальные значения АД и ЧСС за различные периоды суток, вариабельность артериального давления, а также суточный индекс — степень снижения артериального давления в ночное время.

## **Лабораторная работа № 1**

### **«Определение артериального давления» Теоретическая часть**

На уровень давления крови в артериях влияют следующие факторы: объем сердечного выброса, скорость движения крови, сопротивление стенок сосудов, частота сердечных сокращений. После сокращения желудочков наблюдается максимальный подъем давления, это значение называется систолическим давлением. При расслаблении желудочков, в диастолу, давление в артериях поддерживается благодаря тону сосудов. Пульсовым давлением называется разница между систолическим и диастолическим давлением.

Из методов определения АД, не требующих оперативного вмешательства в кровеносную систему, выделяют акустический (аускультативный) и осциллометрический. Определение артериального давления на основании регистрации колебаний стенки плечевой артерии под манжетой, заполняемой воздухом, предложено Н. С. Коротковым в 1905 году. Как правило, артериальное давление определяют в плечевой артерии, где его показатели близки к давлению в аорте. Иногда давление определяют в бедренной, подколенной и других периферических артериях. Оценку артериального давления в нижних конечностях в сравнении с верхними используют, например, для диагностики врожденного сужения просвета аорты (коарктации аорты). Аускультативный метод основан на выслушивании с помощью стетоскопа момента начала и окончания звуковых тонов (тонов Короткова). Осциллометрический метод определения артериального давления основан на регистрации колебания давления в манжете и реализован в электронных мониторах артериального давления, он требует для обработки данных привлечения сложных расчетов. Приведенный ниже простейший способ определения систолического и диастолического АД при помощи осциллометрического метода неточен и может использоваться только для получения ориентировочных значений.

*Ключевые слова:* артериальное давление, сердечно-сосудистая система, систола, диастола.

### **Практическая часть**

**Цель работы:** Ознакомление с методиками определения артериального давления.

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик артериального давления, фонендоскоп

## Инструкция по выполнению лабораторной работы:

### Ход работы:

Перед измерением артериального давления дать испытуемому отдохнуть 5—10 минут в спокойной обстановке.

Подключите датчик артериального давления. *Важно измерять артериальное давление в постоянных условиях.* При измерении давления сидя спина испытуемого должна опираться на спинку стула, средняя точка плеча должна находиться на уровне четвертого межреберья, испытуемый не должен делать резких движений или разговаривать.

Отогните рукав одежды, он не должен пережимать руку испытуемого. Оберните манжету тонометра вокруг плеча, чуть выше локтя (на 2—3 сантиметра) так, чтобы воздушная трубка была расположена книзу, выходя из манжеты со стороны локтевой ямки.

Начните регистрацию показаний датчика. В верхнем левом окне отражаются изменения давления в манжете, в центре — кривая колебаний давления.

Измерение давления при помощи тонометра, методом Короткова.

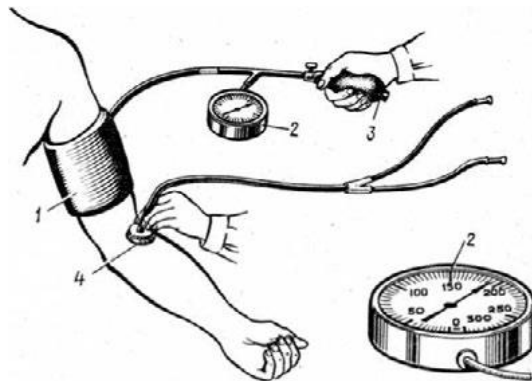


Рис. 1. Регистрация артериального давления аускультативным методом: 1 — манжета, 2 — манометр, 3 — груша, 4 — стетофонендоскоп

Закрутите вентиль манжеты. Быстро накачайте воздух в манжету до давления 160—180 мм рт. ст., ориентируясь на показания датчика в верхнем окне программы.

Медленно отпустите вентиль манжеты, так чтобы кривая давления понижалась без рывков, постепенно, с небольшим наклоном. Чем медленнее понижать давление в манжете, тем проще будет выполнить измерения. Наблюдайте начало появления колебаний в манжете и их снижение. При наличии фонендоскопа одновременно выслушивайте тоны Короткова, приложив головку фонендоскопа к локтевой ямке. Отметьте уровень давления в манжете соответствующий их началу (систолическое давление) и завершению (диастолическое давление).

После того как воздух выйдет из манжеты и давление окончательно снизится, остановите запись, снимите манжету с испытуемого.

Удобнее всего провести измерения на распечатке графиков

Измерьте максимальную амплитуду колебаний давления в манжете ( $A$ ). Рассчитайте предполагаемый уровень амплитуды для систолического давления:

$$A_s = A_{\max} * 0,55.$$

Найдите пик, расположенный перед максимальным по амплитуде пиком ( $A_{\text{тах}}$ ) и наиболее соответствующий расчетной амплитуде  $A_s$ . Соотнесите время его появления с уровнем давления в манжете (на верхнем графике). Полученный показатель будет значением систолического давления. Аналогично найдите уровень амплитуды, соответствующий диастолическому давлению, используя формулу  $A_d = A_{\max} * 0,85$ . Найдите близкий к этому значению амплитуды пик, расположенный после максимального пика колебаний.

1. Чему равна ЧСС покоя?
2. Как называется ЧСС выше 90 уд/мин.?
3. Как называется ЧСС ниже 50 уд/мин.?
4. Каковы нормальные значения АДс?
5. Как называется АДс выше 135 мм рт. ст.?
6. Как называется АДс ниже 90 мм рт. ст.?

## РЕАКЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

### Лабораторная работа

### «Реакция ЧСС и АД на общие физические нагрузки»

#### Теоретическая часть

Физические нагрузки бывают *общими*, когда в работе участвуют почти все мышцы, *региональными* — до 2/3 от всех мышц, например, работа двух ног, *локальные* — 1/3 от всех мышц (2 руки или 1 нога).

Механизм реакций кровообращения на любую физическую нагрузку заключается в том, что за счёт усиления симпатических влияний усиливается работа сердца, наблюдается увеличение показателей ЧСС и АДс. При общих нагрузках эти показатели изменяются больше, при локальных меньше.

Сосуды отвечают перераспределительной реакцией, то есть за счёт усиления симпатических влияний происходит сужение сосудов в общей системе циркуляции, при этом повышается давление крови. В работающих мышцах и органах (сердце, мозг) при этом сосуды расширяются за счет местного накопления химических продуктов обмена, например, молочной кислоты. Поэтому кровь под высоким давлением хорошо поступает в расширенные сосуды мышц, снабжая работающие мышцы кислородом и питательными веществами.

При общей работе участвуют большие мышечные массивы, в которых расширяются сосуды, и за счет низкого сопротивления току крови диастолическое АД снижается или остается неизменным.

При локальной работе задействованы малые группы мышц, в которых сосуды расширяются. В остальных массивах мышц и внутренних органах (за исключением сердца и мозга) сосуды сужаются. Таким образом, периферическое сопротивление сосудов растёт, и АДд повышается. Поэтому людям с гипертонией локальные нагрузки противопоказаны. Длительная работа на производстве с локальными нагрузками приводит к возникновению гипертонии. Профилактикой могут служить общие физические нагрузки и релаксация.

#### Практическая часть

**Цель работы:** определить изменения АД зависимости от нагрузки.

**Реактивы и оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления

#### Инструкция по выполнению лабораторной работы:

##### Ход работы

- 1) Подключите датчики частоты пульса и артериального давления.
- 2) Измерьте и запишите показатели ЧСС и АД у испытуемого в покое.
- 3) Затем выполняется нагрузка в виде 20 приседаний за 30 сек. Сразу после нагрузки вновь измеряются показатели ЧСС и АД. Или для дозированной физической нагрузки используйте стандартную методику Гарвардского степ-теста (восхождения на ступеньку), описанную ниже, или другой доступный вид физических упражнений, которые следует подобрать соответственно возможностям группы испытуемых.
- 4) Во время физической нагрузки разных типов можно регистрировать прирост ЧСС, если это позволяет выполняемое упражнение, для чего требуется закрепить датчик на груди.
- 5) Проследите изменения ЧСС и АД по окончании упражнений: рассчитайте систолический

и минутный объем крови у испытуемых в покое (по формуле Старра, приведенной в приложении к практической работе), на второй и третьей минуте после окончания физической нагрузки. Охарактеризуйте временную динамику этих показателей.

Результаты заносят в таблицу 1.

### **Результаты измерений/наблюдений**

*Таблица 1.*

Изменение показателей ЧСС и АД при общих нагрузках

<b>Показатели</b>	<b>Покой</b>	<b>Нагрузка</b>
ЧСС		
АДС		
АДд		

*Интерпретация результатов:* сделать вывод о механизмах изменения показателей ЧСС и АД при нагрузках общего характера.

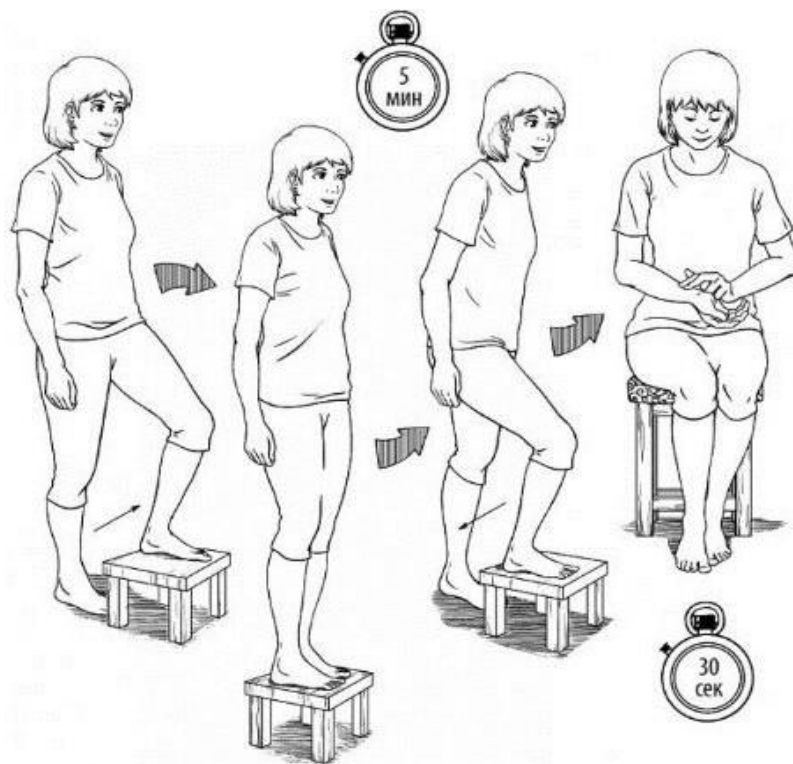
*Выводы:* Какие регуляторные механизмы сердечно-сосудистой системы срабатывают при физической нагрузке и после неё? В чём биологический смысл этих механизмов?

### **Приложение к работе**

#### **Методика степ-теста**

Степ-тест — это интенсивная физическая нагрузка. Применять этот тест в полном объеме для слаботренированных людей нецелесообразно. Поэтому имеет смысл снизить время выполнения теста относительно стандартного, приведенного в таблице.

1. Что такое артериальное кровяное давление?
2. Какие функции выполняет артериальное давление в организме?
3. Перечислите факторы, определяющие артериальное давление.
4. Как изменяется давление с возрастом?
5. За счёт каких механизмов повышается систолический объём у тренированных и нетренированных людей?



Испытуемый последовательно совершает следующие движения: встает на ступеньку (подставку) одной ногой, затем — двумя ногами, принимая вертикальное положение, затем ставит сначала одну ногу, а затем другую обратно на уровень пола. Частота этих движений задается метрономом, установленным на 120 ударов в минуту. Нагрузка задается в зависимости от пола и возраста испытуемых.

Группа	Высота ступеньки	Время теста (стандарт)	Рекомендуемое время для этой практической работы	Частота (восхожд. в минуту)
12—18 лет (юноши)	45 см	4 минуты	1—2 минуты	30
12—18 лет (девушки)	40 см	4 минуты	1—2 минуты	30
8—11 лет (оба пола)	35 см	3 минуты	1—2 минуты	30

При выполнении теста требуется соблюдать ритм, принимать полностью вертикальную позу на ступеньке, не ставить ногу на носок. В начале необходимо объяснить испытуемому задачу и дать возможность ее опробовать. Тест прекращают, если испытуемый начинает отставать от заданного ритма.

Для приблизительной оценки систолического объема (СО) выведено несколько эмпирических формул, в том числе, формула Старра, которая имеет следующий вид

$$\text{для взрослых: } \text{СО} = ((101 + 0,5 \cdot \text{ПД}) - (0,6 \cdot \text{ДД})) - 0,6 \cdot \text{А}$$

$$\text{для детей: } \text{СО} = ((40 + 0,5 \cdot \text{ПД}) - (0,6 \cdot \text{ДД})) + 3,2 \cdot \text{А},$$

где ПД — пульсовое давление (разность между систолическим и диастолическим давлением); ДД — диастолическое давление; А — возраст испытуемого (полный в годах). Минутный объем крови (МОК) рассчитывается по формуле:  $\text{МОК} = \text{СО} \cdot \text{ЧСС}$ , где ЧСС — частота сердечных сокращений; СО — систолический объем.

## Лабораторная работа № 3

### «Реакция ЧСС и АД на локальную нагрузку»

#### Теоретическая часть

Физические нагрузки бывают *общими*, когда в работе участвуют почти все мышцы, *региональными* — до 2/3 от всех мышц, например, работа двух ног, *локальные* — 1/3 от всех мышц (2 руки или 1 нога).

Механизм реакций кровообращения на любую физическую нагрузку заключается в том, что за счёт усиления симпатических влияний усиливается работа сердца, наблюдается увеличение показателей ЧСС и АДс. При общих нагрузках эти показатели изменяются больше, при локальных меньше.

Сосуды отвечают перераспределительной реакцией, то есть за счет усиления симпатических влияний происходит сужение сосудов в общей системе циркуляции, при этом повышается давление крови. В работающих мышцах и органах (сердце, мозг) при этом сосуды расширяются за счет местного накопления химических продуктов обмена, например, молочной кислоты. Поэтому кровь под высоким давлением хорошо поступает в расширенные сосуды мышц, снабжая работающие мышцы кислородом и питательными веществами.

При общей работе участвуют большие мышечные массивы, в которых расширяются сосуды, и за счет низкого сопротивления току крови диастолическое АД снижается или остается неизменным.

При локальной работе задействованы малые группы мышц, в которых сосуды расширяются. В остальных массивах мышц и внутренних органах (за исключением сердца и мозга) сосуды сужаются. Таким образом, периферическое сопротивление сосудов растёт, и АДд повышается. Поэтому людям с гипертонией локальные нагрузки противопоказаны. Длительная работа на производстве с локальными нагрузками приводит к возникновению гипертонии. Профилактикой могут служить общие физические нагрузки и релаксация.

#### Практическая часть

**Цель работы:** определить изменения АД зависимости от нагрузки.

**Реактивы и оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления, фонендоскоп, динамометр

**Инструкция по выполнению лабораторной работы:**

#### Ход работы:

У испытуемых измеряют показатели ЧСС и АД в состоянии покоя. В качестве нагрузки испытуемые удерживают на динамометре усилие в 1/3 от максимального, до утомления, т.е. до невозможности удержания усилия на одном уровне.

Вовремя и сразу после работы измеряют показатели ЧСС и АД и заносят в таблицу 2.

1. Подключите датчики частоты пульса и артериального давления.
2. Измерьте и запишите показатели ЧСС и АД у испытуемого в покое.
3. Затем испытуемые удерживают на динамометре усилие в 1/3 от максимального, до утомления.

Во время физической нагрузки разных типов можно регистрировать прирост ЧСС, если это позволяет выполняемое упражнение, для чего требуется закрепить датчик частоты.

Проследите изменения ЧСС и АД по окончании упражнений: рассчитайте систолический и минутный объем крови у испытуемых в покое (по формуле Старра, приведенной в приложении к практической работе), на второй и третьей минуте после окончания физической нагрузки. Охарактеризуйте временную динамику этих показателей.

Таблица 1

### Результаты измерений/наблюдений

ЧСС	АДс	АДд
1 П Ш	1 П Ш	1 П Ш

*Интерпретация результатов:* сделать вывод о механизмах

1— покой, П — работа, Ш — отдых.

**Вопросы для усвоения:**

1. Как изменяется ЧСС при общей и локальной нагрузке?
2. Как изменяется АДс при общей и локальной нагрузке?
3. Как изменяется АДд при общей и локальной нагрузке?

## Лабораторная работа № 5

### «Влияние тренировки на производительность сердца в условиях динамической физической нагрузки»

**Цель работы:** выявить различия в изменениях частоты сокращений сердца (ЧСС) и ударного объема (УО) крови, выбрасываемой сердцем, у тренированного и не тренированного к таким нагрузкам человека.

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления

**Объект исследования:** человек.

**Инструкция по выполнению лабораторной работы:**

Среди учащихся выделяют двух (тренированного и нетренированного) добровольцев одного пола, одинаковых по телосложению и массе тела. Испытуемые не должны иметь противопоказаний к физической нагрузке, обострения хронических заболеваний.

Определяют еще 5 участников эксперимента: двух — для определения у испытуемых ЧСС по пульсу, двух — для измерения АД и одного — для занесения в таблицу (на доске) полученных данных. До начала физической нагрузки у испытуемых в положении сидя определяют ЧСС (подсчет ведут за 60 с) и АД. Затем испытуемые под общую команду делают за 30 с 20 глубоких приседаний с вытягиванием вперед рук. После этого испытуемые быстро садятся, и у них немедленно подсчитывают пульс за 10 с и определяют АД. К найденному числу ударов пульса прибавляют 2 (эта поправка связана с инертностью ручного метода определения ЧСС) и сумму умножают на 6. Данные вносят в таблицу (надоске).

Каждый группы оформляет более развернутую таблицу и сравнивает в процентах показатели, полученные при физической нагрузке, с исходными.

**Рекомендации к оформлению**

В заключении делается вывод о различиях параметров работы сердца (ЧСС, УО) тре-

нированных и нетренированных лиц в условиях покоя и процента увеличения этих параметров при физической нагрузке.

**Вопросы для усвоения:**

1. Как изменяется ЧСС при общей и локальной нагрузке?
1. Как изменяется АДс при общей и локальной нагрузке?
1. Как изменяется АДд при общей и локальной нагрузке?

### **Лабораторная работа № 6**

**«Влияние ортостатической пробы на показатели гемодинамики» .**

**Цель работы:** изучение влияния ортостатической нагрузки на систему кровообращения и анализ приспособительных изменений системы кровообращения в условиях ортостаза.

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления

**Объект исследования:** человек.

**Инструкция по выполнению лабораторной работы:**

Исследуемый в течение 15—20 минут находится в горизонтальном положении с приподнятым головным концом. По истечении этого времени у испытуемого определяют частоту пульса и измеряют артериальное давление. Не снимая манжету, испытуемый быстро принимает вертикальное положение и стоит по стойке «смирно», но без напряжения мышц. При этом вновь определяют частоту пульса и артериальное давление.



У здоровых людей при выполнении ортостатической пробы обычно на 5—15 мм рт. ст. снижается артериальное давление, на 10—30 ударов возрастает частота сердечных сокращений. Эти показатели через 1—3 минуты восстанавливаются до исходного уровня.

#### *Рекомендации к оформлению*

В заключение протокола необходимо проанализировать изменения гемодинамических показателей при выполнении ортостатической пробы, а также объяснить их механизмы и биологическое значение.

#### **Вопросы для усвоения:**

1. Что такое ортостатическая проба?
2. Как изменяется ЧСС и АД при физических нагрузках?
3. Влияние Ортостатической пробы на тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы.

## **Лабораторная работа № 7**

### **«Оценка уровня здоровья человека по показателям ортостатической пробы» . Теоретические основы**

Как и любая функциональная проба, ортопроба — это стандартный нагрузочный тест, в котором роль физического воздействия на организм играет переход из положения лежа в положение стоя. При этом оценивается степень выраженности реакции организма на данное действие. В свою очередь выраженность реакции позволяет судить о степени восстановления спортсмена после предшествующих нагрузок.

Существуют разновидности ортостатической пробы. Ее могут проводить с мониторингом показателей ЧСС, ЧСС и АД, математическим анализом вариабельности сердечного ритма (этому методу будет посвящена отдельная статья). Есть варианты перехода из горизонтального положения в вертикальное, и наоборот. В последнем случае метод будет называться клиностатической пробой. Для использования в практике спорта наиболее подходящий самый простой вариант ортопробы: переход из положения лежа в положение стоя, с измерением только ЧСС.

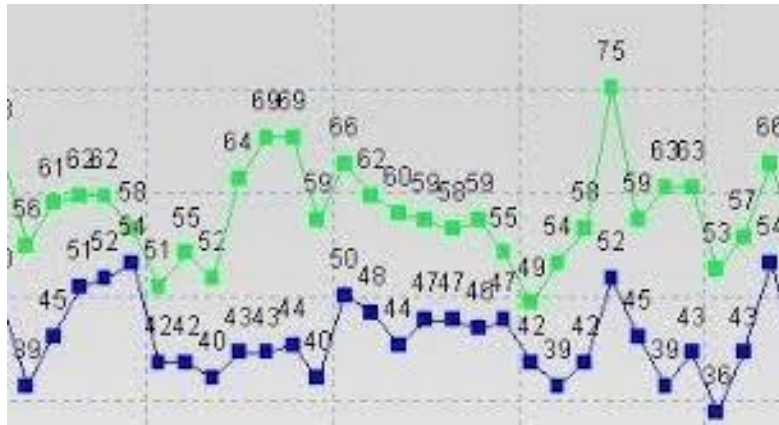
Алгоритм проведения пробы очень прост. Испытуемый лежит на протяжении 2—3 минут, далее измеряет ЧСС за одну минуту, переходит в положение стоя, стоит 1 минуту, потом измеряет ЧСС снова на протяжении минуты. Данные ортопробы записываются в дневник тренировок, в электронный дневник тренировок (если в нем есть специальное поле), или на специально отведенный лист для мониторинга за восстановлением организма. Далее необходимо провести анализ результатов и дать оценку оперативному состоянию организма, для последующей коррекции программы тренировок на этот день.

Любая функциональная проба со стандартной нагрузкой, как уже говорилось ранее, оценивает реакцию организма на определенное, мало изменяющееся по степени воздействия с течением времени действие, т.е. если ЧСС лежа у спортсмена колеблется в пределах 40—45 уд/мин, и один прекрасный день, оно составляет 55 уд/мин то можно судить про более выраженную реакцию на положение лежа. Более выраженная реакция свидетельствует или о недовосстановлении, поскольку из-за повышенного кислородного запроса, для восстановления разрушенных белков или количества энергосубстратов в мышцах, сердцу необходимо переносить больше крови с кислородом чем обычно, или же причиной выраженной реакции служит заболевание, которое также увеличивает количество газов — продуктов метаболизма, для успешного переноса которых сердцу нужно совершать больше сокращений.

Но самое главное, чем ортопроба выгодна в сравнении с многими другими похожими методами, это тем, что по мере повышения тренированности человека ее результаты все так же точно отражают процессы восстановления в организме.

Существует много методов интерпретации, и в большинстве своем они основываются на точных значениях ЧСС. (точные значения ЧСС для каждого человека будут разные). Что одному хорошо, то другому плохо. У всех разные размеры сердца и тела, разная реактивность, как и для зон интенсивности в вопросе ортопробы самое главное индивидуальный подход.

При увеличении ЧСС лежа, не важно при этом какой ЧСС стоя, следует значительно уменьшить нагрузку предстоящей тренировки. Если ЧСС лежа меньше среднего диапазона — можно смело увеличить тренировочную дозу если в этот день запланирована аэробная нагрузка. При ЧСС стоя ниже среднего диапазона (если ЧСС лежа в пределах или ниже средних значений) можно увеличить количество анаэробных воздействий на организм.



Пример записи результатов ортопроб

Если же ЧСС как лежа, так и стоя с течением времени мало изменяется, то вам необходимо обратиться за советом к специалисту, поскольку тренировки не оказывают на организм должного воздействия, или нарушены процессы восстановления. В любом случае в таком состоянии все что вы делаете с организмом не будет иметь никакого толку, а выводить себя из состояний истощения адаптационных ресурсов или разной степени перетренированности лучше с помощью опытных людей.

### Практическая часть

**Цель работы:** убедиться в наличии связи ортостатической реакции со здоровьем человека.

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления.

**Объект исследования:** человек.

### Инструкция по выполнению лабораторной работы:

Работа проводится так, как описано выше. Но при этом подсчитывается пульс только за 10 секунд дважды: 1) в положении лежа; 2) через минуту после перехода в вертикальное положение. Если число ударов пульса за 10 с увеличится на 1 удар, здоровье можно оценивать на 5, на 2 удара — на 4, на 3 удара — на 3, на 4 и более удара — на 2.

### Вопросы для усвоения:

1. Что показывает ортостатическая проба?
2. Что такое клиностатическая проба?
3. Что такое пульс и артериальное давление?

## Лабораторная работа № 8

### «Влияние дыхания на артериальное кровяное давление»

#### Теоретическая часть

Дыхательные волны артериального давления. Во время дыхательного цикла артери-

альное давление волнообразно повышается и понижается на 4—6 мм рт. ст. Это так называемые дыхательные волны артериального давления. Дыхательные волны появляются в результате нескольких совершенно разных причин.

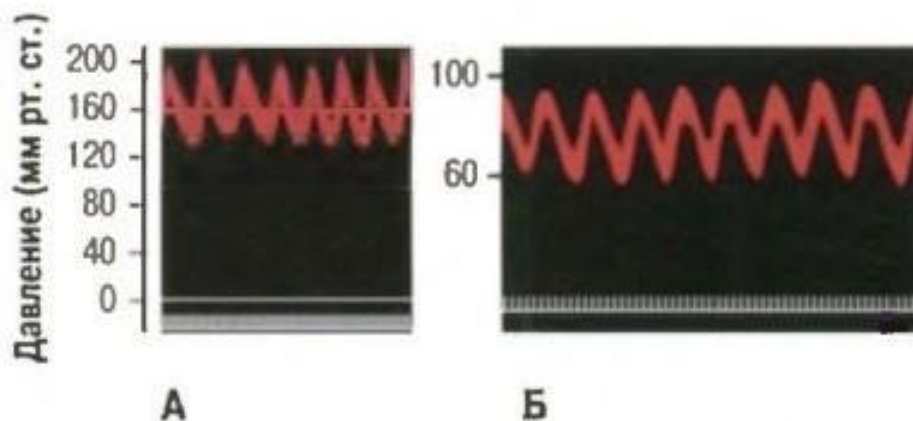
1. Импульсы, которые возникают в дыхательном центре продолговатого мозга, во время каждого дыхательного цикла иррадиируют к нейронам сосудодвигательного центра.

2. Каждый раз, когда человек делает вдох, давление в грудной полости становится более отрицательным, чем обычно.

Это приводит к растяжению кровеносных сосудов органов грудной клетки. По этой причине объем крови, поступающий в левые отделы сердца, временно уменьшается, а, следовательно, уменьшаются и сердечный выброс, и артериальное давление.

3. Изменение давления во внутригрудных сосудах, связанное с дыхательными движениями, вызывает возбуждение предсердных и сосудистых рецепторов растяжения. Взаимодействие перечисленных факторов, вызывающих формирование дыхательных волн артериального давления, с трудом поддается анализу, тем не менее, факты свидетельствуют о том, что обычно давление увеличивается в начале выдоха и уменьшается в течение остальной части дыхательного цикла.

При глубоком форсированном дыхании давление может измениться на 20 мм рт. ст. в течение дыхательного цикла.



А — сосудодвигательные волны, вызванные колебаниями ишемической реакции ЦНС; Б — сосудодвигательные волны, вызванные колебаниями активности барорецепторного механизма.

### Практическая часть

**Цель работы:** убедиться в возможности произвольного изменения артериального давления (АД).

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления.

**Объект исследования:** человек.

### Инструкция по выполнению лабораторной работы:

После 5-минутного отдыха в положении сидя у испытуемого определяют АД. Далее в течение 20 минут испытуемый делает задержки дыхания после каждого вдоха (на 1—15 секунд) и после каждого выдоха (на 5—10 секунд), по возможности не меняя глубину дыхания. Вновь определяют АД. В большинстве случаев оно снижается.

## Рекомендации к оформлению

В заключении следует объяснить полученный результат.

### Вопросы для усвоения:

1. Что такое дыхательные волны артериального давления?
2. Как изменяется артериальное давление при вдохе и выдохе?
3. Как влияет гипоксия на артериальное давление?

## Лабораторная работа № 9 «Реактивная гиперемия»

### **Важно!**

*Функциональные пробы сердечно-сосудистой системы у некоторых людей могут привести к ухудшению самочувствия!*

### Теоретическая часть

При усиленной работе органов и тканей организма происходит накопление продуктов метаболизма — углекислоты и лактата, что в свою очередь вызывает местную выработку эндотелиальными клетками сосудов сосудорасширяющих («вазодилатационных») факторов, основным из которых служит NO — оксид азота. Вазодилататоры вызывают расслабление гладкомышечных клеток сосудов и ответную реакцию кровеносной системы, направленную на увеличение кровотока и называемую «функциональной гиперемией», то есть — ответным усилением кровенаполнения. На действии оксида азота основано восстановление коронарного кровотока при приеме препарата нитроглицерин. Совместное действие сосудорасширяющих факторов, выделяемых клетками эндотелия, и сосудосуживающих влияний вегетативной нервной системы обеспечивает тонус сосудов. Баланс между этими двумя противодействующими влияниями позволяет регулировать кровоснабжение в различных условиях. Например, при временном прекращении кровотока, во время пережатия артерий нарастает недостаток кислорода в ткани, а при восстановлении кровотока возникает ответное расширение сосудов. Причем, поскольку в регуляции тонуса сосудов участвуют гуморальные механизмы, изменения наблюдаются не только местно, в области прекращения кровотока, но и системно, однако системные эффекты проявляются в меньшей степени.

### Практическая часть

**Цель работы:** Исследование изменений кровотока в периферических сосудах при временном прекращении кровоснабжения и при его восстановлении.

**Оборудование:** компьютер, компьютерный интерфейс сбора данных Releon Lite, датчик определения артериального давления, датчики частоты пульса (2 шт.), датчик температуры.

#### **Инструкция по выполнению лабораторной работы:**

Оденьте на плечо испытуемого манжету датчика артериального давления

Установите датчики частоты пульса на ногтевые фаланги пальцев обеих рук, зарегистрируйте показатели частоты сердечных сокращений в покое. Постарайтесь установить датчики так, чтобы амплитуда ФПГ и ее форма была примерно одинаковой при сравнении на обеих руках.

Резко поднимите давление в манжете, несколько выше уровня систолического давления (ориентируясь по графику колебаний давления в манжете). Наблюдайте падение амплитуды пульсовой волны и ее исчезновение, регистрируемое датчиком, расположенным на соответствующей руке.

Отметьте по секундомеру время начала остановки кровоснабжения. Выдерживайте манжету в накачанном состоянии около двух минут, затем спустите давление. Отмечайте ощущения испытуемого.

Продолжайте регистрацию частоты пульса и фотоплетизмограммы, обратите внимание на изменения амплитуды ФПГ на руке, которая была пережата, и сопоставьте их с изменениями на противоположной руке. Одновременно проводится регистрация снижения температуры конечности - испытуемый удерживает кончиками пальцев чувствительный элемент датчика температуры.

Через 3—4 минуты, когда показатели вернутся к норме, остановите запись, освободите руку испытуемого от манжеты, снимите датчики.

### Результаты измерений/наблюдений

Рассчитайте необходимые показатели и заполните таблицу:

Рука	Амплитуда фотоплетизмограммы (средняя из пяти пиков)						
	В покое	При накачанной манжете	30 с после	60 с после	90 с после	120 с после	180 с после
Левая							
Правая (манжета)							

Отметьте время начала изменений ФПГ, регистрируемой с левой и правой руки. Наблюдается ли задержка в изменении амплитуды ФПГ по сравнению с правой рукой. С чем это связано?

**Вывод:** Какие закономерности можно выявить в изменении кровотока в периферических сосудах при временном прекращении кровоснабжения и при его восстановлении? Как меняется температура конечности при прекращении кровоснабжения?

Вопросы для усвоения:

1. Что такое пульс? как его определить?
2. Определение АД методом Короткова и с помощью цифровых датчиков.
3. Какое значение имеет кровеносная система?

## Лабораторная работа № 10

### «Сопряженные сердечные рефлексy»

*Функциональные пробы сердечно-сосудистой системы у некоторых людей могут привести к ухудшению самочувствия!*

#### Теоретическая часть

Рефлексы, регулирующие деятельность сердечно-сосудистой системы (как и других систем), можно разделить на две основные категории: *собственные* рефлексы, возникающие при раздражении механо- и хеморецепторов, расположенных в сердце или сосудах, и *сопряженные*, возникающие при раздражении рецепторов других органов. Типичный рефлекс последнего типа — замедление ЧСС при надавливании на глазные яблоки (рефлекс Данини-Ашнера). Роль собственных рецепторов состоит в саморегуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, а сопряженных рецепторов — в ее адаптации к действию внешних и внутренних факторов. Кроме того, выделяют *неспецифические* рефлексы, наблюдаемые в условиях эксперимента.

Интересным сердечным рефлексом, носящим ясно выраженный адаптационный характер, является так называемый «дайвинг-рефлекс», наиболее выраженный у морских млекопитающих, приспособленных к длительному погружению в холодную воду. У человека этот рефлекс хотя и проявляется в меньшей степени, но может легко наблюдаться. При контакте холодной воды ( $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с поверхностью лица, при задержке дыхания происходит снижение ЧСС. Эта реакция прямо противоположна наблюдаемой при задержке дыхания на воздухе. В данной работе вместо опасного фактора — погружения в воду используется наложение холодного компресса на лицо испытуемого.

**Ключевые слова:** регуляция деятельности сердца, сопряженные рефлексy сердца, адаптация к условиям среды.

**Цель работы:** исследование сопряженных сердечных рефлексy на примере дайвинг-рефлекса.

**Оборудование и материалы:** датчик частоты пульса, термометр, холодильник, полотенце.

**Ход работы:**

1. Подключите датчик частоты пульса (регистрация частоты пульса также может быть проведена с помощью датчика ЭКГ). Посадите испытуемого на стул, надежно закрепите датчик частоты пульса на пальце руки.

2. Запишите пульсограмму в течение одной минуты при спокойном дыхании, после чего дайте указание на длительную задержку дыхания (30—40 секунд), и зарегистрируйте время начала задержки дыхания. После окончания задержки дыхания испытуемый должен продолжать нормальное дыхание в течение некоторого времени перед окончанием записи.

3. Остановите запись. Определите ЧСС до задержки дыхания и во время задержки на протяжении последних 20—30 секунд. Запишите полученные значения. Дайте испытуемому отдохнуть несколько минут, после чего приступите ко второму этапу эксперимента.

4. Заранее подготовьте колотый лед в закрытом полиэтиленовом пакете (или охладите гелевый мешок). Оберните пакет тонким полотенцем. Не замораживайте пакет, чтобы его температура не была ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

5. Начните запись частоты пульса при спокойном дыхании. Аналогично пункту «2» попросите испытуемого задержать дыхание и при этом прижать к лицу холодный компресс (40—60 секунд). После окончания задержки дыхания испытуемый должен поднять голову и продолжать нормальное дыхание в течение некоторого времени перед окончанием записи. Остановите запись. Дайте испытуемому чистое сухое полотенце, снимите датчики, очистите рабочее место.

6. Определите ЧСС до задержки дыхания и во время наложения холодного компресса на протяжении последних 15—20 секунд перед окончанием «погружения».

7. Заполните таблицу:

ЧСС при нормальном дыхании	ЧСС при задержке дыхания	ЧСС при охлаждении лица и задержке дыхания

**Примечание:** Работа может быть расширена за счёт проведения контрольного эксперимента с теплым компрессом. Может быть исследована зависимость выраженности рефлекса от температуры воды, для чего необходимо подготовить мокрые компрессы разной температуры. Кроме того, при задержке дыхания на воздухе может быть проведен анализ изменений частоты дыхания после его задержки (при помощи соответствующего датчика).

*Выводы:* Объясните изменение ЧСС при погружении лица в холодную воду. Какова роль сопряженных сердечных рефлексов для организма?

*Вопросы для усвоения:*

1. Что такое сопряженные сердечные рефлексы?
2. Как температура влияет на ЧСС и АД?
3. Что показывает рефлекс Данини-Ашнера?

## Основное содержание внеурочной деятельности

Тема. Кровь. Кровообращение. Оценка физиологических резервов ССС

Правила техники безопасности при работе с оборудованием цифровой лаборатории. Знакомство с приборами применяемыми для изучения темы: «Кровь. Кровообращение» и оценки физиологических резервов ССС.

Внутренняя среда. Кровь. Состав крови. Влияние среды на клетки крови. Значение кровообращения.

Сатурация - насыщение крови кислородом. Приборы измеряющие уровень кислорода в крови.

Сердце — центральный орган системы кровообращения. Особенности строения и работы клапанов сердца.

Сердечный цикл: систола, диастола. Систолический и минутный объём крови. Сердечный толчок. Тоны сердца. Автоматия сердца.

Сосуды. Движение крови по сосудам. Непрерывность движения крови. Причины движения крови по сосудам. Кровяное давление. Скорость движения крови. Движение крови по венам. Кровообращение в капиллярах. Иннервация сердца и сосудов. Роль Ф. В. Овсянникова в изучении вопросов регуляции кровообращения. Изменение работы сердца под влиянием адреналина, ацетилхолина, ионов калия, ионов кальция. Заболевания сердечно-сосудистой системы: гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, воспалительные заболевания (миокардит, ревматизм сердца), атеросклероз сосудов. Меры их профилактики (ЗОЖ, медосмотры).

Индивидуальный проект: Зависимость МОК у школьников с различными группами здоровья

Лабораторная работа № 1 «Влияние среды на клетки крови человека»

Лабораторная работа № 2. «Определение артериального давления» Лабораторная работа № 3. «Реакция ЧСС и АД на общие физические нагрузки»

Лабораторная работа № 4. «Реакция ЧСС и АД на локальную нагрузку»

Лабораторная работа № 5. «Определение в покое минутного и систолического объёмов крови. Расчёт сердечного индекса».

Лабораторная работа № 6.» Определение минутного объема кровообращения косвенным методом в покое и после физической нагрузки»

Лабораторная работа № 7. «Определение основных характеристик артериального пульса на лучевой артерии»



Лабораторная работа №8. «Определение функционального состояния ССС»  
 Лабораторная работа №9. «Проба с задержкой дыхания» .  
 Лабораторная работа №10-11. « Определение энергозатрат по состоянию сердечных сокращений».  
 Лабораторная работа № 12. «Влияние дыхания на артериальное кровяное давление».

### Календарно-тематическое планирование

№	Дата проведения		Тема	Кол-во
	По плану	По факту		
1			Правила техники безопасности при работе с оборудованием цифровой лаборатории. Знакомство с приборами применяемыми для изучения темы: « Кровь. Кровообращение и оценки физиологических резервов ССС»	1
2			Внутренняя среда. Кровь. Состав крови. Влияние среды на клетки крови. Значение кровообращения.	1
3			Лабораторная работа № 1 «Влияние среды на клетки крови человека»	1
4			Сатурация - насыщение крови кислородом. Приборы измеряющие уровень кислорода в крови.	1
5			Сердце — центральный орган системы кровообращения. Особенности строения и работы клапанов сердца.	1
6			Сердечный цикл: систола, диастола. Систолический и минутный объём крови. Сердечный толчок. Тоны сердца. Автоматия сердца.	1
7			Сосуды. Строение и движение крови по сосудам	1
8			Непрерывность движения крови. Причины движения крови по сосудам. Кровяное давление.	1
9			Лабораторная работа № 2. «Определение артериального давления»	1
10-11			Лабораторная работа № 3. «Реакция ЧСС и АД на общие физические нагрузки»	2
12			Лабораторная работа № 4. «Реакция ЧСС и АД на локальную нагрузку»	1
13-14			Лабораторная работа № 5. «Определение в покое минутного и систолического объёмов крови. Расчёт сердечного индекса».	2

15-16		Лабораторная работа № 6.» Определение минутного объема кровообращения косвенным методом в покое и после физической нагрузки»	2
17		Скорость движения крови. Движение крови по венам. Кровообращение в капиллярах.	1
18		Индивидуальный проект	1
19		Иннервация сердца и сосудов. Роль Ф. В. Овсянникова в изучении вопросов регуляции кровообращения.	1
20		Лабораторная работа № 7. « Определение основных характеристик артериального пульса на лучевой артерии»	1
21		Лабораторная работа №8. «Определение функционального состояния ССС»	1
22		Лабораторная работа №9. «Проба с задержкой дыхания» .	1
23		Изменение работы сердца под влиянием адреналина, ацетилхолина, ионов калия, ионов кальция.	1
24		Заболевания сердечно-сосудистой системы: гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, воспалительные заболевания (миокардит, ревматизм сердца), атеросклероз сосудов. Меры их профилактики (ЗОЖ, медосмотры).	1
25-26		Лабораторная работа №10-11. «Определение энергозатрат по состоянию сердечных сокращений».	2
27		Лабораторная работа № 12. «Влияние дыхания на артериальное кровяное давление».	1
28-33		Подведение итогов. Вывод.	1
		Выбор темы проекта, сбор информации, эксперимент, оформление результатов; корректировка полученного результата, итоговая защита.	5
34		Защита проекта	1

