

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

КАФЕДРА БИОЛОГИИ

**ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-
СОСУДИСТОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ У ЛИЦ
ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ
НАГРУЗКИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 06.03.01 Биология
очной формы обучения, группы 07001418
Сайфутдиновой Луизы Дамировны

Научный руководитель
к.б.н., доцент
Зубарева Е.В.

БЕЛГОРОД 2018

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Обзор литературы по теме исследования	5
1.1. Морфофункциональные особенности сердечно-сосудистой системы у лиц юношеского возраста.....	5
1.2. Морфофункциональные особенности дыхательной системы у лиц юношеского возраста	10
1.3. Влияние физической нагрузки на организм.....	14
Глава 2. Материалы и методы исследования	21
2.1. Измерение соматометрических показателей.....	21
2.2. Измерение физиометрических показателей.....	23
2.3. Исследование вариабельности сердечного ритма с помощью электрокардиографии	26
2.4. Функциональные пробы	29
Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение.....	32
Выводы	40
Список использованных источников	41

Введение

Юношеский возраст с 18 до 22 лет является сложным периодом в жизни каждого человека, так как происходит окончательное формирование всех систем организма и личности в целом. Также на этот возраст приходится время обучения в вузе. Этот процесс требует психологической мотивации и физических усилий. Малоподвижный образ жизни, экзаменационный стресс, нерегулярное питание, отсутствие распорядка дня, вредные привычки могут негативно влиять на состояние сердечно-сосудистой, дыхательной систем и на здоровье в целом [Волков, 2010]. Важную роль в этот период играет контроль и мониторинг состояния здоровья студентов. Проблема сохранения здоровья участников образовательного процесса не теряет своей актуальности и занимает значительное место в ряде различных исследований.

Одним из основных показателей здоровья является функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем, которое характеризуется целостностью и системными механизмами регуляции, а также индивидуальными особенностями.

Цель исследования – оценка функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем у лиц юношеского возраста при выполнении физической нагрузки.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- исследовать функциональное состояние сердечно-сосудистой системы студентов;
- изучить особенности функционирования дыхательной системы студентов;
- выявить взаимосвязь между уровнем физической работоспособности, состоянием сердечно-сосудистой, дыхательной систем и индивидуальными типологическими характеристиками студентов.

Объект исследования – сердечно-сосудистая и дыхательная системы.
Предмет – функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем при выполнении физической нагрузки.

Выпускная квалификационная работа изложена на 46 страницах. Она состоит из оглавления, введения, трех основных глав, заключения. Список использованных источников насчитывает 58 наименований. Работа содержит 7 таблиц, 10 рисунков.

Глава 1. Обзор литературы по теме исследования

1.1. Морфофункциональные особенности сердечно-сосудистой системы у лиц юношеского возраста

Система кровообращения – это обширная сеть органов и сосудов, которая отвечает за поступление крови, питательных веществ, гормонов, кислорода и других газов в клетки и выход из них. Без кровеносной системы организм не сможет бороться с болезнями или поддерживать стабильную внутреннюю среду [Агаджанян и др., 2006]. Сердечно-сосудистая система – система, которая транспортирует питательные вещества, дыхательные газы и продукты метаболизма на протяжении всей жизни организма, что позволяет поддерживать связь между различными тканями [Shephard, 1994].

Функционально существуют артериальная и венозная сети сердечно-сосудистой системы, обеспечивающие движение кислородсодержащей и дезоксигированной крови соответственно. Кровь, которая содержит кислород, переносится из сердца через аорту во все части тела. Дезоксигированная кровь возникает после того, как кислород высвобождается из крови и используется клетками для получения энергии и продуктов распада в организме [Warburton et al., 2002].

Лимфатическая система состоит из лимфатических сосудов и узлов. Она действует как вторичная система кровообращения и образует открытую сеть запутанных трубок, позволяющих переносить лимфу по всему телу. По мере того, как система перемещается по телу, происходит поддержание уровня жидкости в организме, фильтрация бактерий, сбор продуктов метаболизма и распределение их через определенные органы в теле, такие как мочевой пузырь, кишечник, легкие и кожу. Основное различие между сердечно-сосудистой и лимфатической системами заключается в том, что у последней нет сердца. Из-за этого движение лимфы по телу

осуществляется благодаря мышечным сокращениям и гравитации [Newsholme, Parry-Billings, 1999].

Сердечно-сосудистая сеть человека представляет собой систему с замкнутым контуром. Она позволяет переносить кислородсодержащую кровь в ткани и органы человеческого тела и дезоксигенированную кровь в органы дыхания. Сердце набирает примерно 5 л крови через сердечно-сосудистую сеть в жизненно важные органы человеческого организма, обеспечивая их необходимыми питательными веществами и кислородом, а затем транспортирует отходы и вредные химические вещества из организма [Воробьев, 2001].

Сердце – это насос, ответственный за поддержание адекватной циркуляции оксигенированной крови вокруг сосудистой сети организма [Drinkwater, 1994]. Оно состоит из четырех камер: правого предсердия, правого желудочка, левого предсердия и левого желудочка.

Функции сердца заключаются в следующем.

1. Управление кровоснабжением. Вариации скорости и силы сокращения сердца соответствуют притоку крови к меняющимся метаболическим потребностям тканей во время отдыха, физических упражнений и изменений в положении тела.

2. Повышение артериального давления. Сокращения сердца производят кровяное давление, которое необходимо для кровотока через кровеносные сосуды.

3. Обеспечение одностороннего кровотока. Клапаны сердца обеспечивают односторонний кровоток через сердце и кровеносные сосуды.

4. Передача крови. Сердце отделяет легочную и системную циркуляцию, что обеспечивает поток кислородсодержащей крови в ткани [Сидорова, 2006].

Правое предсердие получает дезоксигенированную кровь из системных вен; затем эта кровь через трехстворчатый клапан переходит в правый желудочек. Из правого желудочка дезоксигенированная кровь переходит через полулунные клапаны в легочные артерии и легкие. В легких кровь обогащается

кислородом и возвращается в левое предсердие через легочные вены. Эта богатая кислородом кровь движется через митральный клапан в левый желудочек и откачивается через полулунные клапаны к системным артериям и тканям тела [Данилова, 2010]. Для достижения этой цели, нормальное человеческое сердце должно биться регулярно и непрерывно всю жизнь. Авторитмические сердечные клетки инициируют и распределяют импульсы (потенциалы действия) по всему сердцу. Система внутренней проводимости координирует электрическую активность сердца. Эта электрическая активность в сердце коррелирует с волнами электрокардиограммы (ЭКГ). При нормальной записи ЭКГ волна Р отражает деполяризацию предсердий. Волна внутрижелудочкового возбуждения отражает деполяризацию желудочков, а затем их сокращение, а Т-волна – реполяризацию желудочков и релаксацию желудочков [Хаспекова, 2003].

В системе внутренней проводимости сердцебиение происходит за счет ритмической стимуляции от синоатриального узла внутрь самого сердца. Синоатриальный узел, расположенный в правом предсердии, является частью внутренней проводящей системы. Эта проводящая система начинается с синоатриального узла и приводит к деполяризации предсердий и их сокращению. Далее импульс идет к атриовентрикулярному узлу, где он ненадолго задерживается. В атриовентрикулярном узле происходит разделение на левую и правую ветви пучка и, наконец, импульс переходит в волокна Пуркинье, оба из которых приводят к деполяризации желудочков и их сокращению [Михайлов, 2010]. Все компоненты собственной системы проводимости содержат авторитмические клетки, которые спонтанно деполяризуют. В отсутствие внешних нейронных или гормональных влияний скорость стимуляции синоатриального узла будет составлять около 100 уд./мин. Тем не менее, сердечный ритм и сердечный выброс должны варьироваться в зависимости от потребностей организма. Чтобы быстро реагировать на изменяющиеся требования тканей организма, частота сердечных сокращений и сократимость

регулируются вегетативной нервной системой, гормонами и другими факторами [Нуштаев, 2011].

Вегетативная нервная система (ВНС) является компонентом периферической нервной системы, которая контролирует сокращение сердечной мышцы, висцеральную деятельность и железистые функции организма [Марищук, 2010]. В частности ВНС может регулировать частоту сердечных сокращений, артериальное давление, частоту дыхания, температуру тела, потливость, перистальтику и секрецию желудочно-кишечного тракта, а также другие висцеральные функции. ВНС действует непрерывно без сознательных усилий, однако, контролируется центрами, расположенными в спинном мозге, стволе головного мозга и гипоталамусе [Изуткин, 2010].

ВНС имеет две взаимодействующие системы: симпатическую и парасимпатическую. Симпатические и парасимпатические нейроны оказывают антагонистический эффект на сердце [Михайлов, 2010]. Симпатическая система готовит организм на трату энергии при экстренных или стрессовых ситуациях. И наоборот, парасимпатическая система наиболее активна в спокойных условиях. Парасимпатическая система противодействует симпатической после стрессового события и восстанавливает тело до состояния покоя. Симпатическая нервная система высвобождает норадреналин, в то время как парасимпатическая нервная система выпускает ацетилхолин [Сахарова, 2009]. Симпатическая стимуляция увеличивает частоту сердечных сокращений и сократимость миокарда.

Во время физических нагрузок, эмоционального возбуждения или при различных патологических состояниях (например, сердечной недостаточности) активируется симпатическая нервная система [Шлык, 2009]. Стимуляция симпатической нервной системы вызывает дилатацию зрачка, дилатацию бронхиола, сужение кровеносных сосудов, секрецию пота, подавляет перистальтику, увеличивает секрецию ренина почками, а также может вызывать сокращение репродуктивного органа и секрецию. Напротив, парасимпатическая стимуляция снижает частоту сердечных сокращений и сужает зрачки.

Она также усиливает секрецию глазных желез, увеличивает перистальтику, усиливает секрецию слюнных и поджелудочной железы и стягивает бронхиолы [Ноздрачев, Щербатых, 2001].

Большинство органов получают иннервации от обеих систем, которые обычно оказывают противодействующие влияния. Тем не менее, это не всегда так. Некоторые системы не реагируют на парасимпатическое раздражение. Например, у большинства кровеносных сосудов отсутствуют парасимпатическая иннервация, и их диаметр регулируется входом симпатической нервной системы, так что они имеют постоянное состояние симпатического тонуса [Пшенникова, 2001]. Данное уменьшение симпатической стимуляции или тонуса обеспечивает вазодилатацию. Во время отдыха, сна или эмоционального спокойствия преобладает парасимпатическая нервная система. Она контролирует частоту сердечных сокращений, которая составляет 60–75 уд./мин. В любой момент времени эффект ВНС на сердце – это баланс между противодействующими влияниями симпатической и парасимпатической систем [Жужгов, 2003].

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире, и, несмотря на снижение показателей смертности за последние 50 лет, уровень смертности от болезней сердца остается неприемлемо высоким. Кроме того, последние негативные тенденции, которые отличаются при оценке состояния здоровья юношей и девушек делают вполне вероятным, что в ближайшие годы эпидемия сердечно-сосудистых заболеваний только усугубится. Несколько недавних исследований показали, что в наши дни люди этого возраста не очень здоровы [Пшенникова, 2001].

Недавние исследования также обнаружили, что юноши и девушки, обучающиеся в вузах, подвержены постоянному стрессу. Ученые рассматривают студенческий возраст как важный период для формирования личностных позиций, вовлечения в различные сферы социальной среды, создания устойчивых способов поведения, овладения структурой будущей деятельности, принятия новых норм и стандартов и обретения желаемой социальной

роли. Для обучающихся особенно важен процесс адаптации к студенческой жизни. Все это характеризуется большим стрессом для организма. В то же время, в отличие от взрослых у молодых людей навыки управления стрессом развиты недостаточно и, таким образом, они могут быть подвержены в большей степени. Стресс является известным фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний [Simonete, 2013].

Кроме стресса, среди факторов риска, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями у молодых людей, наиболее распространенными являются курение и употребление наркотиков, высокое кровяное давление (гипертония) и повышенный уровень холестерина липопротеинов низкой плотности. Гипертензия сама по себе является фактором риска, который вызывает 13% смертей во всем мире. Сидячий образ жизни, злоупотребление алкоголем и ожирение также оказывают негативное влияние на организм [Кудря, Вернер, 2009].

Таким образом, у молодых людей в юношеском возрасте ещё наблюдаются морфологические и функциональные изменения, стабилизируется половая зрелость, что отражается на функциональном состоянии организма и сердечно-сосудистой системы.

1.2. Морфофункциональные особенности дыхательной системы у лиц юношеского возраста

Дыхательная система человека представляет собой совокупность органов, ответственных за получение кислорода и ликвидацию углекислого газа из организма. Основными органами дыхательной системы являются легкие, которые осуществляют обмен газов, во время дыхания [Сидорова, 2006].

Согласно данным, представленным в научной литературе, эритроциты осуществляют транспорт кислорода из легких к тканям. В то же время, красные кровяные клетки также собирают углекислый газ и переносят его обратно в легкие, где он покидает тело, когда мы выдыхаем.

Человеческому организму необходим кислород для поддержания гомеостаза. При снижении парциального давления кислорода возникает гипоксия, а при полном отсутствии – аноксия. Данные состояния негативно сказываются на организме в целом. При отсутствии кислорода в течение четырех минут клетки мозга начинают погибать, что может привести к повреждению механизмов работы головного мозга и, в конечном счете, к смерти [Крутько, 2014].

Частота дыхания у человека зависит от возраста, у новорожденных она составляет около 40 раз в минуту, и может замедляться до 20–40 раз в минуту, когда ребенок спит.

Для взрослых средняя частота дыхания составляет от 12 до 18 вдохов в минуту. Физическая нагрузка также влияет на частоту дыхания, некоторые могут осуществлять 45 вдохов в минуту, например, во время напряженных упражнений [Шейд, 2004].

Принято выделять грудной и брюшной тип дыхания. Первый характерен для женщин. Возникают предположения, что это связано с беременностью, когда необходимо уменьшить движение диафрагмы [Robinson, 1967]. Данный тип дыхания осуществляется за счет дыхательной мускулатуры и расширения грудной клетки.

Брюшной тип характерен для представителей мужского пола и происходит за счет сокращения диафрагмы.

Дыхательная система включает: нос, глотку, гортань, трахею и бронхи которые работают как система трубок, направляя воздух в легкие [Basset, Howley, 2000]. Когда возникают сбои в системе, например в результате инфекции, затрудняется процесс получения кислорода, возникает одышка, кашель и боль в груди.

Носовая полость составляет основное наружное отверстие дыхательной системы, представляет собой вход в дыхательный канал. Его роль заключается в обеспечении фильтрации, увлажнении и согревании вдыхаемого воздуха. Гортань образована несколькими видами хрящей и отвечает за защиту дыха-

тельных путей от попадания в них чужеродных частиц. Трахея имеет форму трубки, она проводит воздух от гортани до бронхов, а также очищает и согревает воздух. Нижний конец трахеи разделяет дыхательные пути на две ветви, которые переходят к бронхам [Сидорова, 2006].

Легкие – это два органа, которые располагаются внутри грудной клетки с левой и правой сторон. Они окружены мембраной, которая обеспечивает им достаточно места для расширения, когда они заполняются воздухом. Поскольку левое легкое расположено поперечно к сердцу, органы не идентичны: левое легкое меньше и имеет два лепестка, а правое легкое имеет три [Прокопьев, 2014]. Внутри легкие выстланы альвеолами: крошечными мешочками или воздушными мешками, окруженными однослойной мембраной и капиллярами.

Обмен газами происходит через мембрану легочной альвеолы: кислород поглощается из воздуха в кровеносные капилляры, и под действием сердца циркулирует во все ткани тела [Clausen, 1977]. В то же время углекислый газ транспортируется из капилляров в альвеолы, а затем через бронхи в верхние дыхательные пути.

Дыхательные мышцы участвуют в осуществлении вдоха и выдоха. Основной мышцей в этой системе является диафрагма. Также между ребрами расположены множественные межреберные мышцы, которые помогают сжимать и расширять легкие.

Акт дыхания состоит из двух этапов: вдоха и выдоха. Вдох осуществляется посредством всасывания воздуха в легкие через расширение объема грудной клетки, а выдох – вытеснением воздуха из легких в результате сокращения объема грудной клетки.

Исследование функций дыхательной системы производится путем оценки значений легочных показателей. Объем вдыхаемого воздуха измеряется в основном в литрах.

Выделяют четыре вида легочных объемов: дыхательный, остаточный, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха (рис. 1.1).

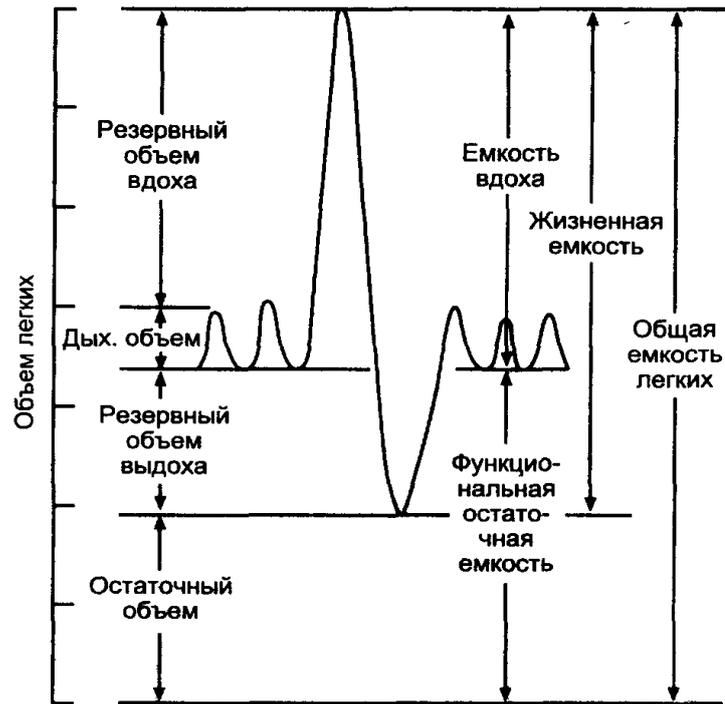


Рис. 1.1 Схематическое изображение объемов и емкостей легких [Гуминский и др., 1990]

Дыхательный объем представляет собой количество воздуха, вдыхаемого во время нормального расслабленного дыхания, в среднем составляет около 0,5 л.

Резервный объем вдоха (в среднем около 2 л) – это количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного вдоха.

Резервный объем выдоха (в среднем около 2 л) – это количество воздуха, которое можно выдохнуть после спокойного выдоха.

Остаточный объем – это количество воздуха, которое остается в легких человека после максимального выдоха, в среднем он составляет около литра у здорового человека. Анализ данного показателя с помощью специализированных тестов может указывать на состояние здоровья легких [Шейд, 2004].

Жизненная емкость легких – общая способность легких, максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после интенсивного вдоха [Чернявских, Присный, 2008]. Максимальный объем легких здорового взрослого составляет от 3 до 5 литров. У детей максимальный объем легких составляет

около двух литров, в зависимости от возраста. У младенцев от 0,6 до 1,0 литра. Он состоит из дыхательного и резервных объемов вдоха и выдоха.

Общая емкость легких (около 6 литров) представляет собой максимальное количество воздуха, которое может заполнить легкие.

На циркуляцию воздуха в легких оказывает влияние частота и глубина дыхания [Kohrt, 1991].

Наиболее распространенным, доступным и эффективным методом измерения функции легких является метод спирометрии. Его цель диагностировать состояние дыхательной системы. Спирометр измеряет жизненную емкость легких. Этот метод позволяет достичь достоверных результатов, а проверка данным прибором занимает всего несколько секунд.

1.3. Влияние физической нагрузки на организм

Здоровье человека в значительной степени определяется возможностями адаптации организма к тем или иным факторам внешней среды, а также к физическим нагрузкам. При этом важную роль играют сердечно-сосудистая и дыхательная системы [Ноздрачев, Щербатых, 2001].

Основными функциями сердечно-сосудистой и дыхательной систем являются обеспечение организма кислородом (O_2) и питательными веществами, избавление организма от углекислого газа (CO_2) и метаболитических отходов, поддержание температуры тела и кислотно-щелочного баланса и для переноса гормонов из эндокринных желез в их органы-мишени. Для нормальной работы сердечно-сосудистой системы должна реагировать на увеличение активности скелетных мышц. Низкие темпы работы, такие как ходьба со скоростью 4 километра в час, предъявляют относительно небольшие требования к сердечно-сосудистой и дыхательной системам [Трактат по гигиене..., 2011]. Однако по мере увеличения скорости мышечной работы интенсивность этих двух систем функционирования достигнет максимальной

мощности и они больше не смогут удовлетворять требованиям организма [Гончарук, 2009].

Некоторые авторы считают, что физические упражнения, на самом деле, являются формой стресса, так как приводят к нарушению гомеостаза [Геворкян и др., 2003].

Упражнение – это единичное выполнение физической нагрузки или мышечной деятельности, которая требует расхода энергии выше уровня покоя, что в большинстве случаев приводит к добровольному движению. Во время физической активности в организме человека происходит увеличение частоты сердечных сокращений, увеличение дыхательных частот и др., что позволяет нашим мышцам работать быстрее и усерднее. В этот момент и происходит поддержание гомеостаза [Clausen, 1977]. Таким образом, наблюдается здоровая форма стресса, которая может сделать человеческий организм более эффективным и продуктивным.

В дыхательной системе в результате адаптации к тренировкам почти сразу наблюдается увеличение легочной вентиляции, в основном за счет стимуляции дыхательных центров в стволе мозга от моторной коры и через обратную связь от проприоцепторов в мышцах и суставах активных конечностей. При длительной физической нагрузке или при более высоких темпах работы происходит увеличение производства CO_2 , ионов водорода (H^+) и температуры тела и крови, что стимулирует дальнейшее увеличение вентиляции легких. При низких интенсивностях работы увеличение вентиляции является, главным образом, результатом увеличения объема дыхания. При более высоких интенсивностях частота дыхания также увеличивается [Данилова, 2010]. У нетренированных взрослых в среднем скорость вентиляции легких может варьироваться от примерно 10 литров в минуту в покое, до более 100 литров в минуту при максимальных скоростях работы. У высококвалифицированных спортсменов мужского пола показатели вентиляции легких могут достигать более 200 литров в минуту при максимальных скоростях работы.

При физической нагрузке наш дыхательный объем адаптируется и увеличивается в состоянии покоя [Обоснование..., 2011]. Поэтому у человека, который часто тренируется, будет развиваться большой дыхательный объем. В результате, минутный объем после тренировки увеличивается и таким образом, повышается выносливость организма.

Систематическая мышечная работа сопровождается формированием физиологически рационального совершенного типа дыхания. Глубокий вдох, принудительный выдох при циклических видах мышечной работы увеличивают легочную и альвеолярную вентиляцию.

У спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта жизненная емкость легких (ЖЕЛ) значительно выше, чем у нетренированных мужчин (от 4,5 до 5,0 л). Так, у спринтеров ЖЕЛ достигает 6,0–6,5 л [Ильин, 2010; Физиологические механизмы..., 2009].

Объем вентиляции легких напрямую зависит от частоты и глубины дыхания. При этом интенсивность легочной вентиляции на единицу массы тела у детей больше, чем у взрослых.

В период полового созревания увеличиваются функциональные характеристики дыхательного аппарата за счет процессов роста. Легочная вентиляция увеличивается в 1,5 раза и достигает показателей взрослых. При осуществлении внешнего дыхания легочная вентиляция усиливается у детей главным образом за счет увеличения ее частоты [Егорышева, 2010].

Предельные значения показателей дыхательной функции во время физических упражнений у детей достигаются медленнее, чем у взрослых. Например, во время выполнения детьми велосипедного стресс-теста, выполненного при частоте пульса, равной 90% от уровня взрослых спортсменов, легочная вентиляция составляет всего 50%, а потребление кислорода – 60% от уровня взрослых спортсменов. Из-за относительно узких бронхиальных проходов у детей и подростков при мышечной работе повышается резистентность к потоку воздуха в легких [Жужгов, 2003]. Следствием этого является увеличение затрат энергии на работу дыхательных мышц.

Высокая интенсивность вентиляции легких у детей в определенной степени компенсирует более низкий, чем у взрослых, коэффициент использования кислорода, т. е. способность выделять кислород из вдыхаемого воздуха.

Повышение физической подготовки увеличивает диффузионную способность легких. Это связано с увеличением кровотока в ткани легкого, а также с уменьшением толщины альвеолярно-капиллярной мембраны. Увеличение площади контакта между поверхностью легких альвеол и стенками капилляров приводит к ускоренному переносу кислорода в кровь.

Транспорт кислорода по крови с возрастом становится более эффективным. Наиболее отчетливое повышение способности крови переносить кислород наблюдается в пубертатном периоде [Клиорин, 1996]. При этом повышается способность подростков переносить гипоксические состояния, связанные с мышечной работой или недостатком кислорода во вдыхаемом воздухе (например, при подъеме в горы).

Легочная вентиляция при интенсивной мышечной работе, к концу полового созревания близка к таковой у людей зрелого возраста (100 л/мин и более). О предельных возможностях повышения легочной вентиляции можно судить по максимальной легочной вентиляции (МЛВ), определяемой при форсированном дыхании в течение 15–20 секунд.

Значительное влияние на показатели внешнего дыхания оказывает и характер спортивной деятельности. Наибольшее количество произвольной легочной вентиляции на 1 кг массы тела наблюдалось у бегунов на среднее расстояние, меньше – у спринтеров и тяжелоатлетов.

Сердечно-сосудистая система, состоящая из сердца, кровеносных сосудов и крови, предсказуемо реагирует на возросшие потребности в физических упражнениях [Жужгов, 2003]. За некоторыми исключениями сердечно-сосудистый ответ на упражнения прямо пропорционален потребностям скелетных мышц в кислороде для любой заданной скорости работы, а поглощение кислорода линейно возрастает с увеличением темпов работы.

Минутный объем крови играет важную роль в удовлетворении кислородных потребностей для работы. По мере увеличения темпа работы минутный объем крови почти линейно увеличивается, чтобы удовлетворить возрастающую потребность в кислороде, но только до того момента, пока он не достигнет максимального значения.

Характер кровообращения резко меняется, когда человек переходит от пассивного отдыха к тренировкам. В состоянии покоя кожа и скелетные мышцы получают около 20% сердечного выброса. Во время тренировки большая часть крови направляется в активные скелетные мышцы. Этот процесс достигается как увеличением сердечного выброса, так и перераспределением кровотока из различных областей, например из внутренних органов. Данный процесс позволяет перераспределить примерно 80% сердечного выброса к активным скелетным мышцам при максимальных скоростях работы [Хаспекова, 2003].

Артериальное давление увеличивается в ответ на динамические упражнения, в основном из-за увеличения систолического артериального давления, так как диастолическое артериальное давление остается на уровне покоя. Систолическое кровяное давление линейно возрастает с увеличением темпов работы, достигая пиковых значений от 120 до 150 миллиметров ртутного столба у нормотоников [Сахарова, 2009]. Поскольку среднее артериальное давление равно сердечным выбросам, то общее периферическое сопротивление, наблюдаемое при увеличении среднего артериального давления, является следствием увеличения сердечного выброса, которое превышает сопутствующее снижение общего периферического сопротивления.

Увеличение артериального давления является нормальным и естественным ответом на физическую нагрузку и представляет собой результат работы артериального барорефлекса, увеличивающего симпатическую активность [Кича, Паначина, 1967; Атрощенко, Сахаров, 2010]. Без такого сброса организм испытывал бы сильную артериальную гипотензию во время интенсивной активности. Гипертоники обычно достигают более высоких си-

столических артериальных давлений при заданной норме работы, и они также могут испытывать повышение диастолического артериального давления. Таким образом, у данных людей, среднее артериальное давление обычно намного выше. Вероятно, это связано с меньшим уменьшением общего периферического сопротивления [Новые методы..., 2007].

В течение первых 2–3 часов после тренировки артериальное давление падает ниже уровня покоя. Данное явление называется постэкспериментальной гипотензией. Конкретные механизмы, лежащие в основе этого ответа, не были установлены. Острые изменения артериального давления после эпизода физических упражнений могут быть важным аспектом роли физической активности при контроле артериального давления у людей с гипертонической болезнью [Волков, 2010].

Морфофункциональное состояние костно-мышечной системы также в значительной степени зависит от физических упражнений. Основная функция костно-мышечной системы – обеспечение опоры и способности перемещения. Для обеспечения эффективной и действенной силы мышцам необходимо приспосабливаться к возникающим потребностям. В ответ на потребности они меняют свою способность извлекать кислород, выбирать источники энергии и избавляться от отходов. Тело содержит три типа мышечной ткани: скелетную мышцу, сердечную мышцу или миокард и гладкую (автономную) мышцу. Наибольшее влияние физическая нагрузка оказывает на скелетную мускулатуру.

Скелетная мышца состоит из двух основных различных по скорости типов мышечных волокон: медленно и быстро сокращающихся. Их характерная особенность во многом определяется различным типом миозина [Basset, Howley, 2000]. Мышечные волокна с относительно медленной скоростью сокращения имеют более высокую окислительную способность и устойчивость к усталости, низкую гликолитическую способность, относительно высокую пропускную способность крови, высокую плотность капилляров и высокое содержание митохондрий.

Быстрсокращающиеся мышечные волокна имеют быструю сократительную скорость и подразделяются на два подтипа: быстрсокращающиеся волокна типа «а» и быстрсокращающиеся волокна типа «б» [Drinkwater, 1994].

Волокна типа «а» имеют умеренно высокую окислительную способность, относительно устойчивы к усталости и обладают высокой гликолитической способностью, относительно высокой пропускной способностью крови, высокой плотностью капилляров и высоким содержанием митохондрий [Баевский, Берсенева, 1997].

Волокна типа «б» имеют низкую окислительную способность, низкую устойчивость к усталости, высокую гликолитическую способность и быструю сократительную скорость [Крутько, 1994]. Кроме того, они имеют относительно низкую пропускную способность крови, низкую плотность капилляров и меньшее содержание митохондрий.

Существует прямая связь между преобладающим типом волокна и производительностью в определенных видах спорта. Например, у большинства марафонских бегунов медленносокращающиеся волокна составляют более 90% от общего количества волокон в мышцах ног. При этом мышцы ног спринтеров на более чем 80%, состоят из быстрсокращающихся волокон. Несмотря на то, что вопрос до конца не изучен, ученые пришли к выводу, что тип мышечных волокон генетически определен. Исследования показали, что тип тренировки существенно не изменяют процент двух основных типов волокон [Drinkwater, 1994].

Таким образом, физическая активность имеет множество полезных физиологических эффектов. Наиболее широко отмечается ее влияние на сердечно-сосудистую, дыхательную и костно-мышечную системы. В целом, значительные адаптационные изменения деятельности этих систем при физической нагрузке происходят автоматически вследствие работы нормальных механизмов регуляции.

Глава 2. Материалы и методы исследования

Выпускная квалификационная работа выполнена на базе лаборатории «Физиологии адаптационных процессов» кафедры биологии Института инженерных технологий и естественных наук ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». В исследовании принимали участие 46 условно здоровых девушек, в возрасте от 18 до 22 лет, обучающихся на естественно-научных, инженерных и педагогических направлениях НИУ «БелГУ». Экспериментальная часть работы проведена с июня 2017 года по ноябрь 2018 года, в межсессионный период.

Исследования выполняли в первую половину дня, с 8.30 до 12.30, при температуре 18–22 °С. Эксперимент состоял из нескольких этапов. Вначале с девушками проводили устное анкетирование. Далее изучали соматометрические и физиометрические показатели, записывали электрокардиограмму, а затем проводили функциональные пробы.

Обработку и анализ полученных результатов проводили с помощью программ Excel и Statistica 10, где оценивали значение средней арифметической выборочной совокупности (M) и стандартную ошибку. Достоверность различий оценивали с помощью критерия Манна-Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

2.1. Измерение соматометрических показателей

В ходе эксперимента у испытуемых были исследованы следующие соматометрические показатели: длина тела, масса тела и окружность запястья.

Для определения длины тела использовали медицинский ростомер, состоящий из площадки, стойки с делениями и подвижной планшетки.

Измерение массы тела осуществляли с помощью механических напольных весов, с точностью измерения до 500 г. Перед измерением проводили проверку прибора. Весы устанавливали на твердой и ровной поверхности. Испы-

туемой предлагали снять обувь и тяжелые элементы гардероба, далее выполнялось непосредственное взвешивание.

Для определения индекса массы тела (ИМТ) использовалась формула, разработанную Адольфом Кетле (2.1).

$$I = \frac{m}{h^2} \quad (2.1)$$

где I – индекс массы тела, кг/см²;

m – масса тела в кг;

h – длина тела в см.

В соответствии с данными Всемирной организации здравоохранения были обозначены следующие категории по ИМТ: дефицит массы тела – до 18,50; норма – 18,51–24,99; избыточная масса тела – свыше 25,0.

На основании опроса, определяли окружность запястья ведущей руки, на правой – у правшей, на левой – у левшей [Яровой, Доломан, 1990]. Измерения выполняли с помощью сантиметровой ленты в области самой узкой части лучезапястного сустава. На основании полученных данных определяли тип телосложения с помощью индекса Г. А. Соловьева (табл 1.1).

Таблица 1.1

Классификация соматотипа по размеру запястья [Трактат по гигиене..., 2011]

Тип телосложения	Размер запястья	Характеристика
астенический	менее 15 см	Тонкокостные, конечности в основном длинные, грудная клетка вытянута вниз, мышечный скелет развит слабо, обычно небольшое количество жировой ткани.
нормостенический	15–17 см	Конечности пропорциональны, с хорошо развитым мышечным скелетом, грудная клетка выпуклая, среднее количество жировой ткани соответствуют средним.
гиперстенический	более 17 см	Ширококостные, кости тяжелые, плечи, грудная клетка и бедра широкие, ноги короткие, грудная клетка округлая, обычно количество жировой ткани обычно выше среднего.

2.2. Измерение физиометрических показателей

Для оценки функционального состояния дыхательной системы был использован метод регистрации объемов воздуха, поступающего в легкие.

Спирометрия является довольно доступным методом исследования. Он может быть полезен для обнаружения ранних изменений и прогрессирующих заболеваний. Особенно важно в спирометрии обеспечить точные и воспроизводимые результаты, иначе они могут быть неправильно интерпретированы [Атрощенко, Сахаров, 2010].

Оборудованием для осуществления данной методики стал механический сухой портативный спирометр с диапазоном измерений 2,5–6,5 л и с относительной погрешностью при расходах от 25 до 60 л/мин, $\pm 8\%$. Данный прибор предназначен для определения жизненной емкости легких в медицинских, учебных и спортивных учреждениях. Он представляет собой воздушную турбину, состоящую из крыльчатки, редуктора и корпуса (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Внешний вид спирометра

Перед каждым использованием спирометра сменную насадку прибора (мундштук) дезинфицировали спиртом, шкалу возвращали в исходное положение [Чернявских, Присный, 2008]. Для определения жизненной емкости легких (ЖЕЛ) испытуемому, после максимального вдоха, необходимо было

сделать максимальный выдох в спирометр с фиксированием полученного значения. Для того, чтобы повысить точность результатов измерения данную процедуру проводили трижды и вычисляли среднее значение [Спортивная медицина..., 2010].

Должная ЖЕЛ – это величина емкости легких, которая соответствует полу, возрасту и росту. При вычислении должной ЖЕЛ была использована формула, которая основывается на использовании значений показателей-возраста, роста и пола обследуемого, и дополнительных коэффициентов.

ДЖЕЛ рассчитывали по уравнению Т. Балдвина, К. Курнана и С. Ричардсона с учетом возраста и длины тела [Шейд, 2004].

Формула для расчета должной ЖЕЛ для женщин представлена ниже (2.2).

$$\text{ДЖЕЛ} = (0,049L - 0,019A)3,76 \quad (2.2)$$

где L – длина тела, в см;

A – возраст, в годах.

Следующим этапом являлось вычисление процентного отношения фактической ЖЕЛ к должной.

Отклонение фактической ЖЕЛ от должной в пределах $\pm 15\%$ считается нормой [Желтиков, 2001].

Основными показателями состояния сердечно-сосудистой системы являются: частота сердечных сокращений и артериальное давление, пульсовое давление, систолический объем и минутный объем крови [Погребняк и др., 2009].

Частоту сердечных сокращений (пульс) можно измерить несколькими способами: прощупыванием, или пальцевой метод, и путем регистрации с помощью датчиков – электронный метод. В исследовании подсчет пульса проводился двумя способами.

Первый способ являлся менее точным, однако, более доступным. Обследуемый принимал удобное положение, при этом его рука лежала свободно. Кисть испытуемого свободно захватывалась правой рукой в области лучезапястного сустава, большой палец располагался с локтевой стороны, а четыре других – на лучевой артерии. В норме прощупывалась пульсирующая, тонкая, упругая трубка – артерия, которую необходимо было слегка прижать к внутренней стороне лучевой кости, если же надавить сильно, пульсовая волна могла исчезнуть. При отсутствии прощупываемых импульсов на лучевой артерии, пульс определялся по височной или сонной артериям. Подсчет ударов проводился не менее чем за 30 секунд и полученное значение умножалось на 2, а при аритмичном пульсе – ЧСС подсчитывали не менее 1 мин.

Второй способ проводили с использованием электронных приборов, такими как полуавтоматический или автоматический тонометр и электрокардиограф.

Измерение артериального давления проводили с помощью полуавтоматического тонометра марки A&D UA-604 (Китай) (с диапазоном измерений: давления – 20–280 мм рт.ст. и частоты сердечных сокращений – 40–200 уд./мин, с предельной погрешностью измерений: давления ± 3 мм рт.ст., частоты сердечных сокращений: $\pm 5\%$) (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Внешний вид полуавтоматического тонометра A&D UA-604 (Китай)

Перед измерением испытуемому предлагалось отдохнуть в течение 5 минут, затем ему нужно было принять положение сидя так, чтобы спина была расслаблена, ноги опущены, не напряжены и не перекрещены. Далее плечо освобождалось от одежды, а рука располагалась таким образом, чтобы она была согнута в локте, лежала на поверхности опоры и была абсолютно расслабленной. Манжету прибора надевали на 2–3 см выше локтевого сгиба, а пневматический шланг, идущий к аппарату, был обращен в сторону кисти, располагался по центру локтевой ямки [Антонова, Сердюковская, 2010]. После включения, прибор издавал звуковой сигнал, который свидетельствовал о том, что можно приступать к измерению. Нагнетание воздуха в манжету осуществляли до тех пор, пока тонометр не издавал соответствующий сигнал. По окончании измерений на электронном табло аппарата появлялись показания давления и ЧСС, которые фиксировали в журнале.

Пульсовое давление определяли как разность между систолическим и диастолическим давлением.

2.3. Исследование вариабельности сердечного ритма с помощью электрокардиографии

Регистрацию вариабельности сердечного ритма проводили с помощью оборудования «Поли-Спектр» («Нейрософт», Иваново, Россия). Оборудование для регистрации ЭКГ состояло из электронного блока, кабеля отведений и многоразовых прижимных электродов для конечностей (рис. 2.3).

В исследовании использовали методику записи кардиоритмограмм по Р. М. Баевскому, выполняли анализ спектрограммы и ритмограммы. Исследования у девушек проводили в межменструальный период, так как гормональные изменения в организме влияют на сердечный ритм. Этот метод не направлен на выявление клинических патологий, а предназначен для оценки функциональных возможностей организма [Сиражетдинов, 1998].



Рис. 2.3. Оборудование для анализа сердечного ритма

Запись ЭКГ осуществляли в специально оборудованном помещении с кушеткой. Перед исследованием испытуемая студентка отдыхала в течение 10 минут. ЭКГ регистрировали в положении лежа, на конечности испытуемой наносили электропроводящий гель и накладывали электроды: красный – на правую руку, желтый – на левую руку, зеленый – на левую ногу, черный – на правую ногу. Запись электрокардиограммы проходила в состоянии покоя. Длительность регистраций составляла 5 минут, по окончании измерений проводили обработку полученных результатов.

Для оценки ВСР применяли несколько подходов: временной и спектральный анализ, учет основных показателей Р. М. Баевского [Баевский, Берсенева, 1997].

Временной анализ включал следующие элементы:

- RR, мс – средняя длительность RR интервала;
- SNDNN, мс – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов, которое отражает суммарный эффект вегетативной регуляции;
- RMSSD, мс – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов. Показатель характеризует активность парасимпатического звена вегетативной регуляции;

– pNN50%, мс – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в пробе. Относительное значение, характеризующее преобладание парасимпатического звена регуляции над симпатическим.

Спектральный анализ включал следующие характеристики:

- HF, мс^2 – мощность высокочастотных (дыхательных) волн в диапазоне от 0,4 до 0,15 Гц – отражает парасимпатическое влияние на деятельность сердца. Повышение HF наблюдается в покое, а снижение при повышенной умственной и физической нагрузке и стрессовых ситуациях;
- LF, мс^2 – мощность низкочастотных (медленных) волн от 0,15 до 0,04 Гц; характеризует симпатическое влияние на ритм сердца и барорецепторные механизмы. Высокие показатели LF свидетельствуют о нормальном состоянии, а низкие – о повышенной физической нагрузке, стрессе и различных заболеваниях;
- VLF, мс^2 – мощность волн ультранизкой частоты (очень медленных волн) от 0 до 0,04 Гц, отражает гормональное, метаболическое влияние и воздействие высших отделов головного на ритм сердца;
- LF/HF, усл. ед. – коэффициент вагосимпатического баланса, соотношение мощности низкочастотных волн к мощности высокочастотных, выражает баланс симпатического и парасимпатического влияния на ритм сердца. Повышенное соотношение ($\text{LF/HF} > 1,5$ усл. ед.) указывает на активность симпатического отдела, а пониженное ($\text{LF/HF} < 0,5$ усл. ед.) – активность парасимпатического отдела;
- HF% – относительное значение мощности высокочастотных волн. Преобладание в структуре спектра наблюдается у здоровых людей и спортсменов;
- LF% – относительное значение мощности низкочастотных волн. Повышение LF% наблюдается при физических нагрузках, стрессе, различных функциональных изменениях ритма сердца;

– VLF% – относительное значение мощности волн очень низкой частоты, отражает активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Повышение VLF% говорит о наличии тревожности, переутомлении, стрессе, органической патологии сердца. $33,68 \pm 9,04\%$ [Сахарова, 2009].

Основные показатели Р.М. Баевского:

- ВПР (вегетативный показатель ритма) – отражает вегетативный баланс организма;
- ИН (индекс напряжения регуляторных систем) – выражает степень централизации управления сердечным ритмом, адекватно отражает суммарный эффект сердечной регуляции. Данный показатель чувствителен к усилению тонуса симпатической ВНС, и небольшая нагрузка может увеличить его в несколько раз. В норме считаются показания от 50 до 200 усл.ед. Благодаря ИН среди испытуемых можно выделить ваготоников ($ИН \leq 50$ усл. ед.), нормотоников ($50 \leq ИН \leq 200$ усл. ед.), симпатотоников ($ИН \geq 200$ усл. ед.) [Воробьев, 2001].

2.4. Функциональные пробы

Функциональная проба – дозированная физическая нагрузка для определения функционального состояния организма и его резервных возможностей. Функциональная проба является важной частью комплексной методики контроля за состоянием здоровья человека [Обоснование..., 2011].

Девушкам предлагалось выполнить два вида физической нагрузки:

- проба Мартине;
- модифицированный гарвардский степ-тест.

Перед выполнением пробы Мартине студентке необходимо было отдохнуть в положении сидя в течение 30 сек, затем измеряли артериальное давление и регистрировали ЧСС в покое с помощью полуавтоматического тонометра. Далее испытуемая выполняла 20 глубоких приседаний, выводя

руки перед собой вперед, а колени разводя в стороны в течение 30 секунд. Сразу после нагрузки определяли значения АД и ЧСС.

Расчет систолического объема крови (СО) «до» и «после» приседаний проводили по формуле Старра (2.3).

$$CO = ((101 + 0,5ПД) - (0,6ДД)) - 0,6A \quad (2.3)$$

где СО – систолический объём, мл;

ПД – пульсовое давление, мм рт.ст;

ДД – диастолическое давление, мм рт.ст;

А – возраст испытуемого, в годах.

Величина минутного объема крови (МОК) равна произведению СО и ЧСС.

Определение разницы значений ЧСС «до» и «после» приседаний по ЧСС проводились по следующей формуле 2.4.

$$\frac{(P-H)}{H} \times 100\% \quad (2.4)$$

где P – исходный пульс;

H – пульс после нагрузки.

Полученные данные были выражены в процентах: диапазон от 76 до 100% свидетельствовал о плохом функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, 56–75% – об удовлетворительном состоянии, 36–55% – о среднем, менее 36% – о нормальном [Прокопьев, 2014].

Гарвардский степ-тест. Для проведения данной пробы было необходимо следующее оборудование: специальная платформа, высотой 40 см, секундомер и метроном с установленным ритмом 120 ударов в минуту. Перед выполнением степ-теста у испытуемого определяли ЧСС. Далее ему необходимо было совершать восхождения на скамью и спуски со скамьи под удары

метронома. Частота подъемов составляла приблизительно 30 раз в минуту, а продолжительность пробы 3 минуты. В первые 3 минуты после нагрузки подсчитывали значения ЧСС, в случае, если испытуемый начинал себя плохо чувствовать при выполнении задания, тест прекращали, и сразу же определяли пульс [Нагрузочные пробы..., 2014].

Индекс гарвардского степ-теста (ИГСТ) вычисляли по формуле 2.5.

$$\text{ИГСТ} = \frac{t}{2(f_1 + f_2 + f_3)} \times 100 \quad (2.5)$$

где t – время восхождения на ступеньку, с;

f_1, f_2, f_3 – частоты сердечных сокращений на 1-й, 2-й и 3-й минуте после выполнения нагрузки.

Полученные данные оценивали по критериям величины ИГСТ. Этот показатель характеризовал уровень физической подготовки, где 90 и более – отличный, 80–89 – хороший, 65–79 – умеренный, 55–64 – ниже среднего, менее 55 – плохой.

Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение

Проведенное исследование позволило выделить у студенток несколько типов регуляции функционирования сердечно-сосудистой системы. Данные типы определялись по соотношению частот кардиоритма преобладающего тонуса отделов вегетативной нервной системы. Среди испытуемых были отмечены ваготоники, нормотоники и симпатотоники (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Соотношение высоких и низких мощностей спектра кардиоритма, полученные в результате спектрального анализа ЭКГ ($M \pm m$)

Критерий	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
LF/HF	0,38±0,037*	0,92±0,051	3,18±0,387* ^Δ

Примечание: LF/HF – показатель соотношения высоких и низких мощностей спектра кардиоритма; * – достоверные отличия между нормотониками и исследуемыми группами; ^Δ – достоверные отличия между симпатотониками и ваготониками ($p < 0,05$)

Группа ваготоников состояла из 11 девушек, нормотоников – из 26, а симпатотоников – из 9 человек. На рисунке 3.1 представлено распределение испытуемых согласно соотношению LF/HF в процентах.

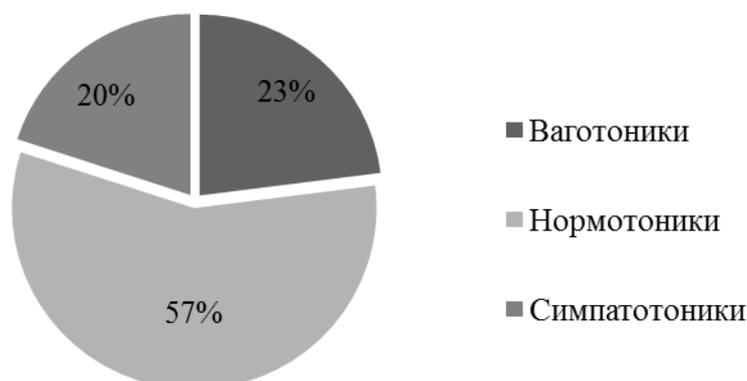


Рис. 3.1. Распределение испытуемых согласно соотношению LF/HF

Соматометрические показатели и возраст девушек с разным тоном вегетативной нервной системы представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Возраст, соматометрические показатели студенток с различным вегетативным тоном ($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Возраст, лет	20,5±0,4	20,3±0,2	20,1±0,4
Длина тела, см	164,8±2,9	165±1,2	166±1,2
Масса тела, кг	59,2±2,3	55,3±1,3	56,5±3,1
ИМТ, кг/см ²	21,8 ±0,6*	20,3±0,3	20,5±1,1 ^Δ

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; * – достоверные отличия между нормотониками и исследуемыми группами; ^Δ – достоверные отличия между симпатотониками и ваготониками ($p < 0,05$)

ИМТ у ваготоников, нормотоников, симпатотоников соответствует нормам, установленным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [Всемирная..., 2018]. Различия ИМТ между группами нормотоников и симпатотоников незначительны.

У испытуемых оценивали соматическую конституцию. Распределение испытуемых по типу телосложения согласно индексу Г. А. Соловьева представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Распределение студенток с различным вегетативным тоном по типу их телосложения (%)

Тип телосложения	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Астенический	9,1	30,8	55,6
Нормостенический	90,9	69,2	44,4

У групп нормотоников и ваготоников преобладает нормостенический тип телосложения, а у симпатотоников – астенический.

Для определения функционального состояния дыхательной системы оценивали значения фактической ЖЕЛ, сравнивая их с ДЖЕЛ (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Оценка функционального состояния дыхательного аппарата у испытуемых с различным вегетативным тонусом ($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
ЖЕЛ, л	2,81±0,07	2,82±0,05	2,8±0,07
ДЖЕЛ, л	3,25±0,02	3,25±0,02	3,31±0,03
Отличие ЖЕЛ от ДЖЕЛ, %	13,35	13,16	15,29

Примечание: ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких; ДЖЕЛ – должная жизненная ёмкость лёгких

В результате измерений полученные данные по ЖЕЛ находятся в допустимых пределах (2,5–3,5 л) [Спортивная медицина..., 2010]. При анализе отличия ЖЕЛ от ДЖЕЛ, у симпатотоников наблюдается отклонение более чем 15%, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии функций легких.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы в каждой из групп анализировали по показателям артериального давления и частоты сердечных сокращений зарегистрированным в спокойном состоянии и после физической нагрузки, пробы Мартине и по истечении 3-х минут после пробы (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы по пробе
Мартине ($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Состояние	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
ЧСС, уд./мин	покой	71,4±3,1	71,8±1,3	80,5±5*
	после нагрузки	99,4±3,2	100,8±2,7	115,5±3,9* ^Δ
	восстановление (ч/з 3 минуты)	81,5±3,7	80,2±2,3	92,9±4,2*
ПД, мм рт.ст	покой	38,8±1,3	41,5±1,2	44,8±2,4 ^Δ
	после нагрузки	39,6±1,4*	49,7±1,3	49,8±3,5 ^Δ
	восстановление (ч/з 3 минуты)	39,5±1,4	42,7±1,3	44,4±3,4
СО, мл	покой	69,7±3,4	68,2±0,7	67,8±2,5 ^Δ
	после нагрузки	62,1±0,9* ^a	68,7±1,2	64,4±2,9
	восстановление (ч/з 3 минуты)	66,6±1,5	68,1±1	68,3±3
МОК, мл	покой	4956±294,5	4893,9±108,5	5462,5±220,4*
	после нагрузки	6169,9±202,4 ^a	6933,2±226,6 ^a	7425,7±466,8 ^{Δa}
	восстановление (ч/з 3 минуты)	5408,5±224,3 ^a	5448,4±148,5	6342,5±390,8*

Примечание: ЧСС – число сердечных сокращений; ПД – пульсовое давление; СД – систолический объем; МОК – минутный объем крови; * – достоверные отличия между нормотониками и исследуемыми группами; ^Δ – достоверные отличия между симпатотониками и ваготониками; ^a – различия достоверны внутри группы по сравнению с зарегистрированными в состоянии покоя ($p < 0,05$).

Основные показатели сердечно-сосудистой системы в условиях относительного покоя у студенток с различным типом вегетативного тонуса находились в норме [Агаджанян и др., 2006].

Пульсовое давление крови у обследованных студентов как до, так и после выполнения физической нагрузки находилось в допустимых пределах [Всемирная..., 2018]. Наибольший показатель пульсового давления после приседаний отмечался в группе симпатотоников. Изменение систолического объема подчинялось общебиологическим закономерностям. Согласно вышеперечисленным параметрам, оценивали центральную дина-

мику в целом по значениям МОК. У ваготоников сразу после выполнения приседаний МОК увеличился по сравнению с исходным значением на 19,7%, а на 3 минуте после выполнения пробы отличался от исходного на 7,4%. У нормотоников значение данного показателя после выполнения нагрузки увеличилось на 29,4%, а разница между исходным и восстановленным по истечении 3 минут составила 10,5%. У симпатотоников МОК увеличился на 26,4% и разница между исходным и восстановленным значением по истечении 3 минут составила 13,3%.

Систолическое артериальное давление в группах увеличивалось при выполнении пробы. У ваготоников сразу после приседаний наблюдалось увеличение систолического давления на 8,6% по сравнению со значением соответствующего показателя в состоянии покоя, у нормотоников – на 12,8 %, у симпатотоников – на 13,3%, а диастолическое давление увеличивается на 12,5%, 8,5%, 10,0% соответственно (рис. 3.2–3.4).

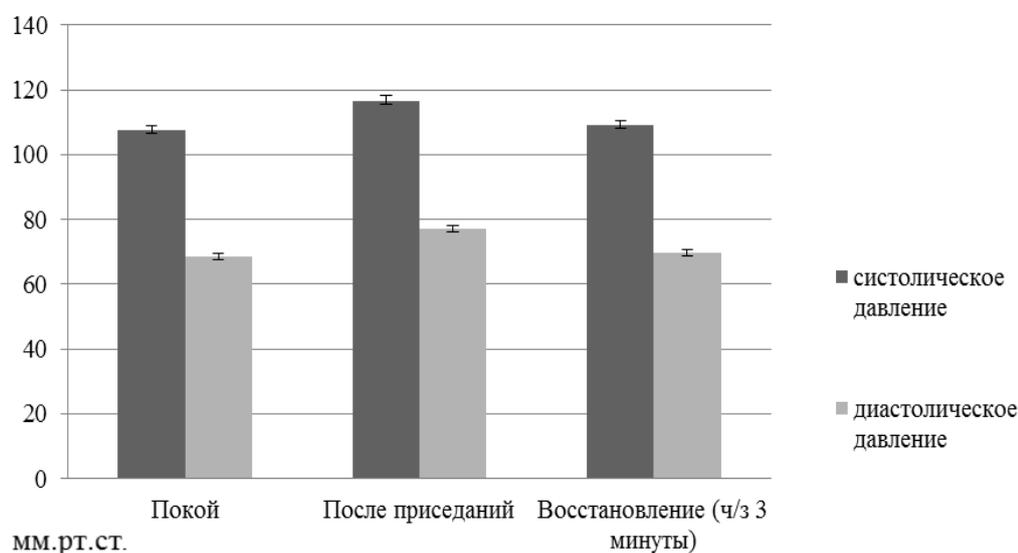


Рис. 3.2. Изменение артериального давления у ваготоников ($M \pm m$)

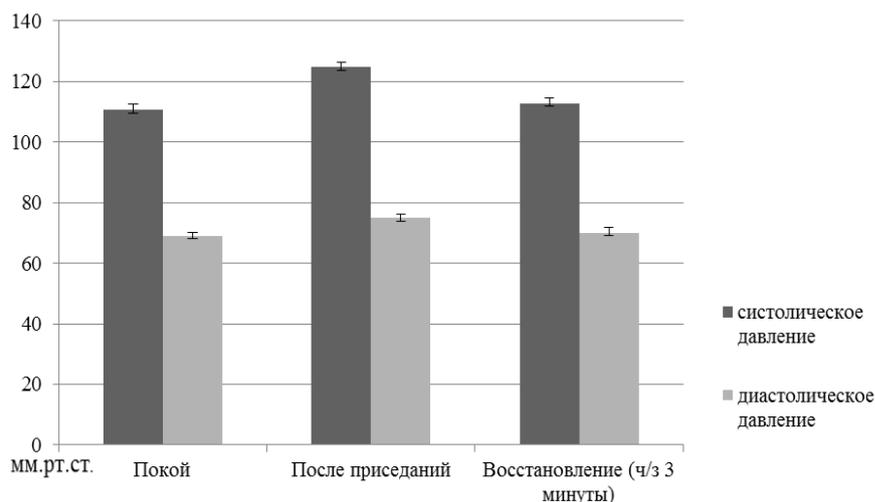


Рис. 3.3. Изменение артериального давления у нормотоников ($M \pm m$)

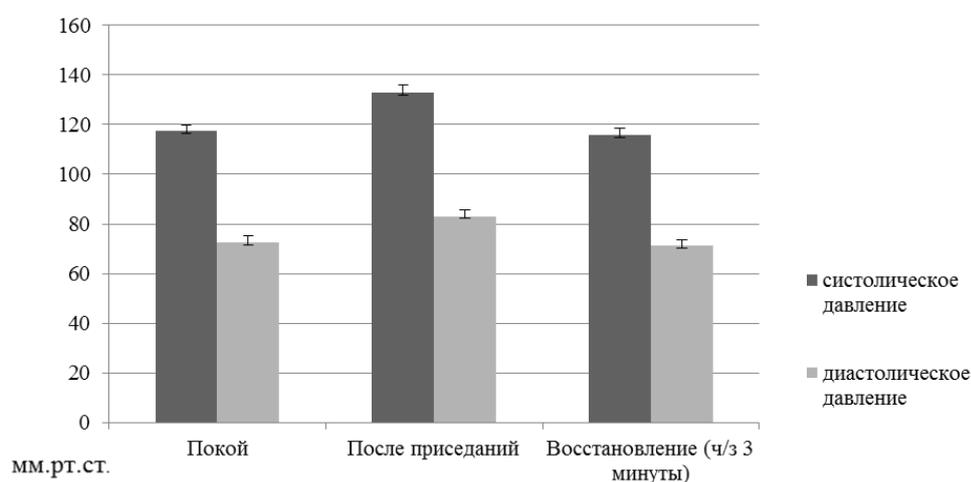


Рис. 3.4. Изменение артериального давления у симпатотоников ($M \pm m$)

Повышение артериального давления является нормальной реакцией организма на выполнение физических нагрузок. В течение непродолжительного периода времени показатели приблизились к начальному состоянию. Наибольшее увеличение артериального давления наблюдалось у симпатотоников, что можно связать с более выраженным напряжением у данной группы в ответ на физическую нагрузку.

Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) по пробе Мартине осуществлялась по показателям частоты сердечных сокращений, одного из лабильных показателей системы кровообращения. На рисунке 3.5

представлены данные, иллюстрирующие процент студенток в различных группах, для которых характерно отличное и хорошее состояние ССС.

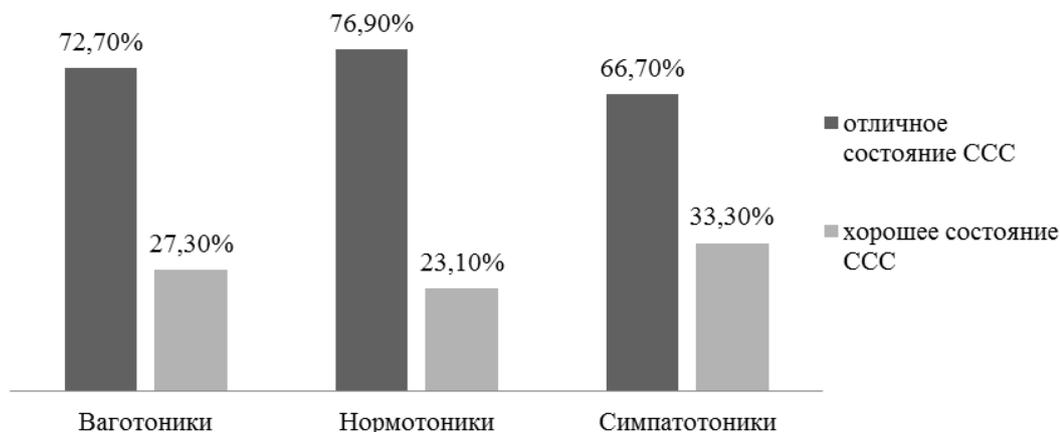


Рис. 3.5. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы по пробе Мартине

По средним показателям состояние ССС у симпатотоников ниже на 6% чем у остальных групп. В результате выполнения приседаний во всех изучаемых группах студентов была выявлено увеличение основных физиологических переменных, характеризующих возможности функциональных систем.

Оценку скорости восстановления организма после интенсивной непродолжительной нагрузки оценивали по показателям индекса гарвардского степ-теста. Данные по индексу представлены на рисунке 3.6.

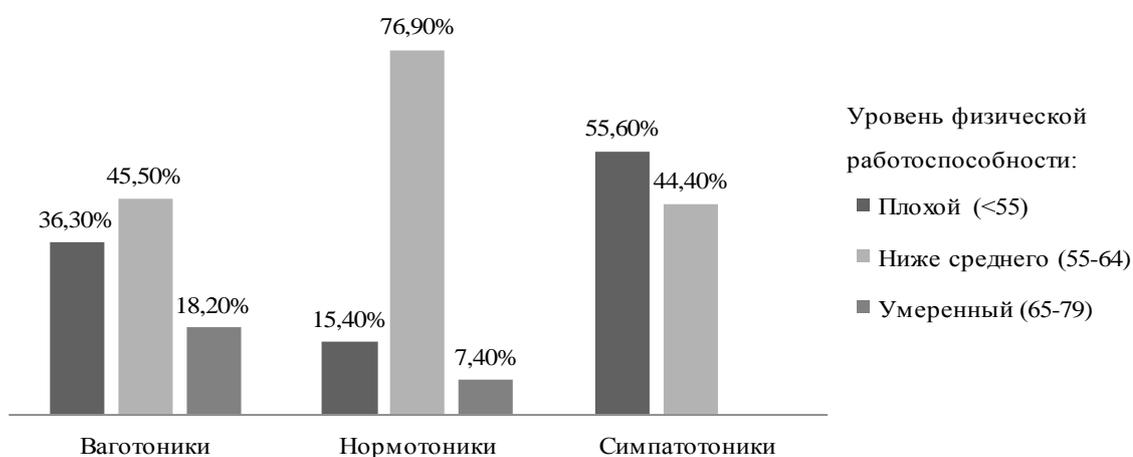


Рис. 3.6. Уровень физической работоспособности

Согласно нормативам, разработанным И. В. Ауликом группы ваготоников и нормотоников разделились на три уровня физической работоспособности: умеренный, ниже среднего и плохой, а у симпатотоников – на два: плохой и ниже среднего [Нагрузочные пробы..., 2014]. Реакция восстановления показателей ССС у нормотоников и ваготоников происходила быстрее, чем у симпатотоников.

Оценка вариабельности сердечного ритма представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Основные характеристики вариабельности сердечного ритма ($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
TP, mc^2	4594,6±782,9	4677,3±219,4	1938±492,7* ^Δ
%VLF	22,1±2,8*	22,1±2,7	46,8±4,4* ^Δ
%LF	20,5±1,5*	31,7±1,2	39,7±3,9* ^Δ
%HF	57,6±3,01*	36,4±1,8	13,22* ^Δ
ИН	30,13±5,7*	76,9±7,9	241,4±37,9* ^Δ

Примечание: TP – полная мощность спектра колебаний кардиоритма; LF% – процент колебаний низкой частоты в общей мощности спектра; HF% – процент колебания высоких частот в общей мощности спектра; VLF% – относительное значение мощности волн очень низкой частоты; ИН – индекс напряжения регуляторных систем; * – достоверные отличия между нормотониками и исследуемыми группами; ^Δ – достоверные отличия между симпатотониками и ваготониками ($p < 0,05$)

Все данные характеристики ВСР входят в границы, соответствующие нормативным показателям, сформированным на заседании Европейского общества кардиологов и Северо-Американского общества электростимуляции и электрофизиологии [Shephard, 1994].

Выводы

1. В результате анализа значений показателей жизненной емкости легких, артериального давления, систолического и минутного объемов крови девушек с разными индивидуальными типологическими характеристиками в состоянии покоя выявлено, что дыхательная и сердечно-сосудистая системы студенток функционируют в соответствии с нормой.

2. Установлено, что у симпатотоников происходило более выраженное повышение систолического давления и увеличение частоты сердечных сокращений после выполнения физической нагрузки по сравнению со значениями соответствующих показателей у нормотоников (на 6,7% и 14,1% соответственно) и ваготоников (на 13,5% и 15,7% соответственно).

3. Выявлено, что у студенток с преобладанием тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в течение трехминутного отдыха после выполнения физической нагрузки не происходило полного восстановления функционального состояния сердечно-сосудистой системы – минутный объем крови оставался больше значения, зарегистрированного в состоянии покоя, на 9,1%.

4. После проведения гарвардского степ-теста установлено, что уровень физической работоспособности симпатотоников характеризовался как плохой (у 55,6% студентов группы) и ниже среднего (у 44,4% студентов группы).

Список использованных источников

1. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсеньева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Москва: РУДН, 2006. 284 с.
2. Антонова Л. Т., Сердюковская Г. Н. О проблеме оценке состояния здоровья детей и подростков в гигиенических исследованиях // Гигиена и санитария. 2010. № 6. С. 22–28.
3. Атрощенко Г. Н., Сахаров И. Н. Влияние занятий по физкультуре на сердечно-сосудистую и дыхательную систему студентов // Гигиена и санитария. 2010. № 1. С. 41–42.
4. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. Москва: Медицина, 1997. 236 с.
5. Волков В. Ю. Организация и контроль в реабилитации здоровья студентов: учеб. пособие. СПб.: СПбГТУ, 2010. 231 с.
6. Воробьев К. П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма в интенсивной терапии // Вестник интенсивной терапии. 2001. № 2. С. 3–8.
7. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://www.who.int/ru> (дата обращения: 10.04.2018).
8. Геворкян Э. С., Даян А. В., Адамян Ц. И. Влияние экзаменационного стресса на психофизиологические показатели и ритм сердца студентов // Высшая нервная деятельность. 2003. Т. 53, № 1. С. 46–54.
9. Гончарук Е. И. Общая гигиена: пропедевтика гигиены: учеб. пособие. Киев: КНУ, 2009. 561 с.
10. Гуминский А. А., Леонтьева Н. Н., Маринова К. В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии. М.: Просвещение, 1990. 231 с.
11. Данилова Н. В. Нормирование двигательного режима в процессе физического воспитания молодежи: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2010. 23 с.

12. Данилова Н. Н. Функциональные состояния: механизмы и диагностика. Москва: МГУ, 2010. 287 с.
13. Егорышева И. В. Русское общество охранения народного здоровья (к 125-летию со дня основания) // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2010. № 6. С. 56–57.
14. Желтиков А. А. Некоторые критерии оценки функционального состояния организма // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2001. № 3. С. 66–72.
15. Жужгов А. П. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов различных видов спорта: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2003. 24 с.
16. Изуткин Д. А. Русские гигиенисты о связи образа жизни и здоровья людей // Здравоохранение Рос. Федерации. 2010. № 10. С. 23–25.
17. Ильин Е. П. Психофизиология физического воспитания: Деятельность и состояния. Москва: Просвещение, 2010. 199 с.
18. Кича Д. И., Паначина М. И. История социально-гигиенических исследований студентов // Советское здравоохранение. 1987. № 7. С. 63–66.
19. Клиорин А. И. Соматипы и парадигма индивидуальных конституций. Развитие учения о конституциях человека в России во второй половине 20-го столетия // Физиол. жур. им. И.М. Сеченова. 1996. Т. 82, № 3. С. 151–156.
20. Крутько В. Н. Подходы к «Общей теории здоровья» // Физиология человека. 1994. № 6. С. 34–42.
21. Кудря О. Н., Вернер В. В. Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы и системы энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении дозированных нагрузок юными спортсменами // Теория и практика физической культуры. 2009. № 3. С. 36–42.
22. Лаптев А. И. Комплексный контроль и коррекция аэробных и скоростно-силовых возможностей борцов-сурдолимпийцев в управлении их физической подготовкой: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2014. 24 с.

23. Марищук В. Л. Эмоции в спортивном стрессе. СПб.: ВИФК, 2010. 38 с.
24. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2010. 290 с.
25. Нагрузочные пробы в оценке функционального состояния физкультурников и спортсменов / Н. Я. Прокопьев, Е. Т. Колунин, М. Н. Гуртовая, А. П. Комаров // Вестник Шадринского государственного педагогического института. 2014. № 4 (24). С. 63–71.
26. Николаев В. Г. Антропологическое обследование в клинической практике. Красноярск: Версо, 2009. 173 с.
27. Новые методы электрокардиографии / С. В. Грачев [и др.]. М.: Техносфера, 2007. 496 с.
28. Ноздрачев А. Д., Щербатых Ю. В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 6. С. 95–113.
29. Нуштаев И. А. К истории научных медицинских обществ в Саратове // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2011. № 1. С. 56–57.
30. Обоснование аппаратно-программных методов, предназначенных для скрининг-диагностики внутренних заболеваний и для оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе диспансеризации военнослужащих и пенсионеров МО. Отчет о научно-исследовательской работе. СПб: ВМА СПб, 2011. 77 с.
31. Погребняк Т. А., Чернявских С. Д., Скоркина М. Ю. Практикум по возрастной анатомии и физиологии: учеб. пособие. Белгород: БелГУ, 2009. 119 с.
32. Прокопьев Н. Я. Оценка физической работоспособности и функционального состояния сердечнососудистой системы учащихся города Тюмени // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 6. С. 127–133.

33. Прокопьев Н. Я. Физиологические подходы к оценке функциональных нагрузочных проб в спорте // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 2. С. 146–150.
34. Пшенникова М. Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // *Актуальные проблемы патофизиологии*, 2001. № 8. С. 220–353.
35. Сахарова О. Б. Анализ заболеваемости студентов начальных курсов ДВГУ // *Наука-2020*. 2009. № 4 (10). С. 176–181.
36. Сидорова К. А. Анализ функциональных возможностей организма девушек при дозированной физической нагрузке // *Физическая культура и спорт в системе образования*. 2006. С. 142–146.
37. Сиражетдинов Р. Р. Адаптация центральной гемодинамики у больных с переломами конечностей // *XVII Съезд физиологов России. Тезисы докладов*. Ростов-на-Дону, 1998. С. 318.
38. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. *Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник*. Москва: Олимпия Пресс, 2005. 432 с.
39. *Спортивная медицина. Общая патология, врачебный контроль с основами частной патологии: учебник для студентов институтов физической культуры* / под ред. А. Г. Дембо. Москва: Физкультура и спорт, 2010. 328 с.
40. Тимербулатов В. М. Роль вуза в формировании врачебных кадров и сохранении их здоровья // *Медицина труда и промышленная экология*. 2010. № 7. С. 17–20.
41. *Трактат по гигиене: устранение всякого вреда от человеческих тел путем исправления различных ошибок в режиме* (перевод И. Бабахана) / под ред. У. И. Каримова. Ташкент: Фан, 2011. 115 с.
42. *Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ* / Е. Н. Чуян [и др.]. Симферополь: Эльиньо, 2009. 448 с.
43. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга variability ритма сердца // *Вестник аритмологии*. 2003. № 32. С.15–23.

44. Чернявских С. Д., Присный А. А. Лабораторный практикум по возрастной физиологии и геронтологии: учебное пособие. Белгород: БелГУ, 2008. 123 с.
45. Шейд П. Физиология дыхания // *Фундаментальная и клиническая физиология*. 2004. № 2. С. 73–88.
46. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский университет, 2009. 255 с.
47. Яровой В. Л., Долман В. И. Количественный способ определения вариантов обеспечения и типов регуляции минутного объема кровотока // *Физиология человека*. 1990. № 16 (2). С. 165–167.
48. Basset L. R., Howley E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000. Vol. 6, № 15. Pp. 70–84.
49. Clausen J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man // *Physiol. Rev.* 1977. Vol. 2, № 3. Pp. 779–815.
50. Drinkwater B. L. Physical activity, fitness, and osteoporosis // *Physical activity*. 1994. Vol. 17, № 4. Pp. 72–84.
51. Kohrt W. M., Malley M.T., Coggan A. R. Effects of gender, age, and fitness level on response of oxygen 2 max to training in 60–71 yr olds // *Applied Physiology*. 1991. Vol. 13, № 6. Pp. 4–11.
52. Lowenstein F. W. Some observations on the nutritional status of medical students in the Brazilian Amazon // *Am. J. Clin. Nutr.* 1960. Vol. 8, № 11. Pp. 870–874.
53. McLaren D. S. Nutrition in medical school // *Am. J. Clin. Nutr.* 1970. Vol. 23, № 10. Pp. 264–266.
54. Newsholme E. A. Parry-Billings M. Effects of exercise on the immune system // *Physical activity*. 1999. Pp. 51–55.
55. Robinson B. F. Relation of heart rate and systolic blood pressure to the onset of pain in angina pectoris // *Circulation*. 1967. Vol. 35, № 6. Pp. 73–83.

56. Shephard R. J. Aerobic fitness and health // *Human Kinetics*. 1994. Vol. 5, № 2. Pp. 47–54.
57. Simonete P., Gaston B. Short-term tracking of performance and health-related physical fitness in girls // *Sports Sciences*. 2013. Vol. 31(1). Pp. 104–113.
58. Warburton D. E., Haykowsky M. J., Quinney H. A. Myocardial response to incremental exercise in endurance-trained athletes: influence of heart rate, contractility and the Frank-Starling effect // *Experimental Physiology*. 2002. Vol. 7. Pp. 63–72.