

*На правах рукописи*

Калабин Олег Владимирович

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА,  
ЦЕНТРАЛЬНАЯ И ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ ГЕМОДИНАМИКА  
У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПАУЭРЛИФТИНГОМ**

03.03.01 – физиология

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Киров – 2018

Работа выполнена на кафедре патофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель:** **Спицин Анатолий Павлович**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патофизиологии ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Минздрава России

**Официальные оппоненты:** **Викулов Александр Демьянович**

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой теории физической культуры ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского»

**Литвин Федор Борисович**

доктор биологических наук, профессор кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», институт физической культуры и спорта

**Защита состоится 18 октября 2018 года в 11 часов** на заседании диссертационного совета Д 001.008.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина» по адресу: 125009, г. Москва, ул. Моховая, д.11, стр. 4.

**С диссертацией можно ознакомиться** в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина» и на сайте <http://nphys.ru/>.

Автореферат разослан

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 001.008.01,  
доктор биологических наук

Кубряк Олег Витальевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В последнее десятилетие быстрыми темпами начало развиваться такое направление атлетизма, как пауэрлифтинг, или силовое троеборье. Среди силовых видов спорта, таких как тяжёлая атлетика, бодибилдинг, гиревой спорт, пауэрлифтинг является самым молодым видом соревновательных упражнений [М.Ю. Минов, 2010; Б.И. Шейко, 2013; И.Ф. Крылова, А.С. Ефремов, Д.А. Микаилова, 2014]. Научная проблема заключается в том, что организация учебно-тренировочного процесса находится на стадии разработки [В.А. Холопов, 2008; В.В. Кострюков, 2011; В.Н. Рязанов, 2012; М.Х. Спатаева, Т.П. Замчий, 2013; И.А. Шилов, 2016].

Достижение высоких спортивных результатов неразрывно связано с эффективностью тренировочного процесса [В.Д. Зверев, Д.Д. Дальский, Э.В. Науменко 2012; Т.О. Бомпа, К.А. Буццичелли, 2016; В.Б. Иссурин, 2016; Т.Н. Шутова, А.П. Додонов, 2017]. При этом одним из наиболее важных принципов построения тренировочной программы является соответствие физических нагрузок текущему функциональному состоянию [Н.Д. Граевская, В.Н. Платонов, 2004; В.В. Роженцов, 2012; В.Н. Рязанов, 2012; В.А. Таймазов, А.А. Хадарцев, 2013; Ю.Н. Семенов, 2016].

Объективными критериями оценки функционального состояния, адаптационно-резервных возможностей и физической подготовленности спортсменов являются физиологические показатели, отражающие состояние механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности [Н.И. Шлык, 2009; Р.Я. Власенко, А.В. Котов, 2013; Ф.Б. Литвин, 2016]. Хорошо сбалансированная регуляция позволяет спортсмену при наличии индивидуального подхода к планированию тренировочных нагрузок максимально использовать свои функциональные возможности и определяет быстроту восстановительных процессов [А.С. Бань, Г.М. Загородный, 2011; С.П. Левушкин, 2016; И.И. Шумихина, 2017].

Один из наиболее информативных экспресс-методов изучения регуляторных систем в настоящее время базируется на исследовании вариабельности сердечного ритма и позволяет как количественно, так и качественно охарактеризовать общее состояние регуляторных механизмов, а также активность различных отделов вегетативной нервной системы [Р.М. Баевский, 1984; А.П. Жужгов, 2003; Н.И. Шлык, 2009; Т. Gerstner, J. Sprenger, T. Schaible, C. Weiss, S. Koenig, 2010; И.И. Макарова, 2011; О.Н. Солодчук, Е.М. Спивак, 2012; Е.В. Быков, 2016].

Ортостатическое тестирование позволяет дать более детальную оценку функциональному состоянию регуляторных систем и адаптационно-резервных возможностей организма спортсмена [Е.А. Гаврилова, 2015]. При этом необходимо учитывать исходный тип вегетативной регуляции [Н.И. Шлык, 2011].

**Степень разработанности темы.** Многие аспекты влияния пауэрлифтинга на организм человека остаются недостаточно изученными. Так, отсутствуют данные по изучению вариабельности ритма сердца, центральной и периферической гемодинамики у пауэрлифтеров, в зависимости от роста спортивного мастерства.

Между тем известно о том, что рост физической силы в пауэрлифтинге достигается при помощи выполнения сложных тренировочных программ [Б.И. Шейко, 2005; В.А. Холопов, 2008; В.В. Кострюков, 2011; Т.Н. Шутова, А.П. Додонов, 2017]. Но системы подготовки в спорте высших достижений без учета функционального состояния спортсмена и при неправильной организации тренировочного процесса могут вызвать функциональные нарушения и заболевания, в первую очередь сердечно-сосудистой системы [В.А. Таймазов, А.А. Хадарцев, 2013; Ю.Н. Семенов, 2016; Н.И. Шлык, 2018].

В связи с этим, особого внимания заслуживают методы определения текущего функционального состояния пауэрлифтеров, особенно в соревновательный период.

Все вышесказанное, с учетом важности изучения влияния пауэрлифтинга на организм человека, и послужило основой для постановки цели и задач исследования.

**Целью** данного исследования является оценка показателей вариабельности сердечного ритма, центральной и периферической гемодинамики у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом.

Применительно к этой цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Исследовать временные и спектральные показатели сердечного ритма, центральную и периферическую гемодинамику у пауэрлифтеров в покое.
2. Определить особенности изменения вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при функциональных нагрузках (дозированный стресс, дыхание с управляемым ритмом и ортостатическая проба).
3. Сравнить временные и спектральные показатели сердечного ритма, показатели центральной и периферической гемодинамики у пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации.
4. Определить особенности изменения вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров в зависимости от типов вегетативной регуляции при воздействии тренировочного процесса.
5. Провести динамический контроль функционального состояния пауэрлифтеров разной квалификации.

**Методология и методы диссертационного исследования.** Диссертационная работа выполнена с позиций системного подхода к анализу функционального состояния организма человека. Методический уровень экспериментов соответствует стандартам современных исследований по физиологии. В исследовании приняли участие 38 спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом и 20 студентов, занимающихся физической культурой в рамках образовательной программы.

В работе использованы экспериментальные данные вариабельности ритма сердца, центральной и периферической гемодинамики. Всего проведено 1112 исследований, проанализировано 23856 различных показателей. На всех этапах работы соблюдены этические принципы проведения исследований с участием человека. Легитимность исследования подтверждена решениями Локального этического комитета и Ученого Совета ГОУ ВПО Кировская ГМА Росздрава.

**Научная новизна исследования.** Определена направленность и выраженность изменений variability сердечного ритма, центральной и периферической гемодинамики в зависимости от уровня квалификации спортсменов, занимающихся силовым троеборьем. Раскрыты отличия в изменениях variability сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

Выявлены особенности реагирования сердечного ритма и центральной гемодинамики на пробы с дозированной психоэмоциональной нагрузкой, дыханием с управляемым ритмом и ортостатическую пробу у пауэрлифтеров.

Получены результаты комплексной оценки функционального состояния пауэрлифтеров разного уровня квалификации. Показано, что у высококвалифицированных спортсменов в регуляции сердечного ритма включается преимущественно автономный контур регуляции, а у начинающих – больше центральный.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Сведения, полученные в настоящем исследовании, значительным образом дополняют существующее научное знание об организме спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом. Дана количественная оценка уровня напряжения регуляторных систем по показателям variability сердечного ритма и центральной гемодинамики в пауэрлифтинге.

Полученные результаты могут быть:

- 1) использованы в спортивной практике для профилактики перенапряжений и более успешного управления тренировочным процессом;
- 2) положены в основу индивидуальных рекомендаций по применению средств и методов физической культуры с целью обеспечения оптимального физиологического состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов;
- 3) использованы в качестве методических рекомендаций по совершенствованию диагностики и профилактики сердечно-сосудистой патологии спортсменов, занимающихся силовой подготовкой.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Показатели variability сердечного ритма пауэрлифтеров указывают на усиление симпатических влияний и централизацию в управлении ритмом сердца. Отличительной особенностью сердечного ритма спортсменов высокой квалификации является сниженная variability. Для пауэрлифтеров характерны более высокие значения систолического артериального давления, общего периферического сопротивления сосудов.

2. У спортсменов, занимающихся силовым троеборьем, происходит постепенное изменение параметров периферического кровообращения в нижних конечностях, которые включают изменения в артериальном и, особенно, в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения показателей реовазографии выявлены на участках «голень» и «стопа». Одной из дополнительных причин в изменении периферического кровотока в нижних конечностях у высококвалифицированных спортсменов, следует назвать

использование специальной экипировки, создающей дополнительные условия для затруднения притока и оттока крови.

3. Для спортсменов-пауэрлифтеров характерно изменение реактивности сердечно-сосудистой системы на функциональные нагрузки (дозированный стресс, дыхание с управляемым ритмом и ортостатическую пробу).

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались и обсуждались на Международном конгрессе «Человек, спорт, здоровье». Санкт-Петербург, 2011; Всероссийской научно-практической конференции «Культура здоровья и образование: состояние, проблемы, перспективы». Екатеринбург: РГППУ, 2011; Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании». Одесса: Черноморье, 2011; Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современной конкурентной среде». Уфа: ИЦИПТ, 2014; Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки и образования». Киров: КФ МФЮА, 2016; VI Всероссийском симпозиуме с международным участием: «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов». Ижевск: УдГУ, 2016; Всероссийской научно-практической конференции «По вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших достижений». Москва: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, 2016; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и инновации спортивного менеджмента, рекреации и спортивно-оздоровительного туризма». Казань: ПГАФКСиТ, 2017; Всероссийской научно-практической конференции «Современные методы организации тренировочного процесса, оценки функционального состояния и восстановления спортсменов». Челябинск: УралГУФК, 2017; XII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2017». Москва: РАСМИРБИ, 2017.

Диссертационная работа апробирована на расширенном заседании проблемной комиссии ГОУ ВПО «Кировская государственная медицинская академия Росздрава» (г. Киров, 18.11.2014).

**Внедрение результатов работы.** Результаты диссертационного исследования внедрены в практику работы отделения пауэрлифтинга КОГАУ «Вятская спортивная школа олимпийского резерва» (акт от 15.03.2018); в тренировочный процесс РОО «Федерация пауэрлифтинга Кировской области» (акт от 22.03.2018); в учебно-тренировочный процесс кафедры физвоспитания ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (акт от 23.03.2018); кафедры физвоспитания ГОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия» (акт от 15.03.2015); кафедры физвоспитания ГОУ ВПО «Кировская государственная медицинская академия Росздрава» (акт от 30.03.2015); используются в процессе физподготовки ВК «Зенит-Казань» (акт от 03.03.2018); ВК «Ассоциация спортивных клубов Нижегородской области» (акт от 26.02.2018); ВК «Академия-Казань» при ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма» (акт от 19.02.2018).

**Диссертационная работа соответствует специальности:**

03.03.01 – Физиология – исследование закономерностей функционирования основных систем организма по следующим областям исследований:

п. 2: Анализ механизмов нервной и гуморальной регуляции, генетических, молекулярных, биохимических процессов, определяющих динамику и взаимодействие физиологических функций;

п. 3: Исследование закономерностей функционирования основных систем организма (нервной, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, размножения, внутренней секреции и др.);

п. 5: Исследование динамики физиологических процессов на всех стадиях развития организма.

**Личный вклад автора** заключается в самостоятельной разработке программы исследования и участии в его осуществлении. Результаты, представленные в диссертации по оценке структурно-функциональных параметров сердечно-сосудистой системы спортсменов в покое и функциональных нагрузках, получены автором при обследовании студентов Вятского государственного университета, Вятской государственной сельскохозяйственной академии и Кировского филиала Московской финансово-юридической академии. Анализ, интерпретация, изложение полученных данных, формулирование выводов и практических рекомендаций выполнены автором самостоятельно. Подбор статистических методик и обработка полученного материала также были проведены автором лично.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста и состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа иллюстрирована 2 рисунками и 51 таблицей. Библиография включает 137 отечественных и 46 зарубежных публикаций. По материалам диссертации опубликовано 19 печатных работ, из них 5 статей в журналах, рецензируемых ВАК, одна из них в базах, рецензируемых Scopus.

# ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

## Глава 1. Обзор литературы

Постоянный рост физических и психоэмоциональных нагрузок в современном пауэрлифтинге превратили его в экстремальный вид человеческой деятельности. Тренировки и соревнования требуют больших усилий и значительной мобилизации функциональных систем организма спортсмена [А.А. Хадарцев, Н.А. Фудин, В.А. Орлов, 2011]. Не обнаруженные вовремя функциональные нарушения под влиянием интенсивной тренировки на фоне развивающегося переутомления усугубляются и позже проявляются в виде заболеваний, преимущественно сердечно-сосудистой системы [С.Е. Павлов, Е.В. Перова, 2010; Ю.Н. Семёнов, 2016]. В этих условиях очень необходим поиск адекватного метода оперативного контроля функционального состояния спортсменов для своевременной коррекции тренировочных нагрузок у пауэрлифтеров [В.А. Таймазов, А.А. Хадарцев, 2013].

## Глава 2. Организация, объем и методы исследования

**2.1. Материал и методы исследования.** Все исследование сердечно-сосудистой системы проводилось у одной и той же группы 38 спортсменов-мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом в подготовительном периоде. Контрольная группа была сопоставима по весу, росту и возрасту и составляла 20 студентов, занимающихся физической культурой по образовательной программе для вузов. Обследуемые спортсмены, занимающиеся пауэрлифтингом, имели как спортивные разряды, так и звания «Мастер спорта России».

Обследовались только здоровые лица, которые на период исследований не имели острых и хронических заболеваний. Обследование осуществлялось на базе Кировского ГМУ Минздрава РФ и одобрено Локальным комитетом по этике Кировского ГМУ Минздрава РФ. Непосредственно до начала исследования осуществлялось измерение длины тела и веса. В последующем антропометрические данные использовались в качестве основы для расчета отдельных показателей центральной и периферической гемодинамики, а также вычисления должных величин.

Обследование спортсменов проводилось в подготовительном периоде после дня отдыха утром через 1,5 - 2 ч после приема пищи в комфортных микроклиматических условиях.

### 2.2. Исследование сердечно-сосудистой системы.

Регистрацию электрокардиограммы выполняли с использованием вегетотестера «ВНС-Микро» компании «Нейрософт» (г. Иваново). Длительность регистрации кардиоинтервалограммы составляла 5 минут. В дальнейшем с помощью программы «Поли-Спектр» рассчитывали временные стандартизированные характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: средняя продолжительность R-R интервалов (RRNN, мс); среднеквадратичное отклонение последовательных R-R интервалов (SDNN, мс); стандартное отклонение разности последовательных R-R интервалов (rMSSD, мс); частота последовательных R-R интервалов с разностью более 50 мс (pNN50, %); амплитуда моды (AMo, %); индекс напряжения (ИН, у. е.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, баллы). Условные обозначения показателей variability



сердечного ритма (ВСП) представлены в соответствии с международными стандартами оценки ВСП и используемыми ориентировочными нормативами. На основе проведения спектрального анализа ВСП рассчитывали и анализировали частотные параметры: общую мощность спектра ( $TP, \text{mc}^2$ ), мощности в высокочастотном (HF, 0,15 – 0,4 Гц), низкочастотном (LF, 0,04 – 0,15 Гц) и очень низкочастотном (VLF, < 0,04 Гц) диапазонах. Кроме того, определяли коэффициент LF/HF, отражающий баланс симпатических и парасимпатических регуляторных влияний на сердце.

Частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое (АДС, мм рт. ст.) и диастолическое (АДД, мм рт. ст.) артериальное давление крови измеряли манометром «Omron 705 IT» (Япония) по общепринятой методике. Среднее гемодинамическое артериальное давление (СрГД) определяли по формуле:  $\text{СрГД} = \text{АДД} + (\text{ПД}/3)$ . Исследование ударного объема непрямым способом производили по формуле Старра:  $\text{УО} = 90,97 + (0,54 \text{ ПД}) - (0,57 \text{ ДАД}) - (0,61 \times \text{возраст})$ . Минутный объем кровообращения (МОК) определяли как произведение УО на ЧСС. Величину общего периферического сопротивления рассчитывали по формуле Пуазейля:  $\text{ОПСС} = (\text{АДД} + 1/3\text{ПД}) \times 1330 \times 60 / \text{МО}$ . Сердечный индекс (СИ) рассчитывали по отношению минутного объема крови к одному квадратному метру поверхности тела. Площадь поверхности тела (ППТ) определяли исходя из роста и массы тела по формуле Дюбуа:  $\text{ППТ} = 0,007184 \times 0,423 \text{ В} \times 0,725 \text{ Р}$ , где В - масса испытуемого в кг, а Р - рост тела в см. Ударный индекс рассчитывали по формуле:  $\text{УИ} = \text{УОК}/\text{ППТ}$ . Удельное периферическое сопротивление (УПС) вычисляли по формуле:  $\text{УПС} = (\text{САД} \times \text{ППТ})/\text{МОК}$ . Вегетативный индекс (ВИК) рассчитывали по формуле:  $\text{ВИК} = (1 - \text{ДАД}/\text{ЧСС}) \times 100$ . Для оценки уровня функционирования системы кровообращения был использован адаптационный потенциал (АП) по А.П. Берсеновой:  $\text{АП} = 0,011 \text{ ЧСС} + 0,014 \text{ В} + 0,009 \text{ МТ} - 0,009 \text{ Р} - 0,27$ , где В - возраст (в годах), МТ - масса тела (в кг), Р - рост (в см).

Для исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро» применяли реографический аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр - 3» компании «Нейрософт» (г. Иваново) с помощью программы «Поли-Спектр». Техника наложения РВГ-электродов продольная по принципу «общего электрода».

Региональное кровообращение оценивали по следующим параметрам: базовое сопротивление тела ( $Z_{\text{базов}}$ ), амплитуда реограммы на уровне систолического максимума производной ( $A_{\text{сисст}}$ ), максимальная амплитуда артериальной компоненты ( $A_{\text{арт}}$ ), амплитуда венозной составляющей реограммы ( $A_{\text{вен}}$ ), амплитуда реограммы на уровне инцизуры ( $A_{\text{инц}}$ ), амплитуда на уровне дикротического зубца ( $A_{\text{дик}}$ ), амплитуда реограммы на середине катакроты ( $A_{\text{кат}}$ ), амплитуда реограммы на последней 1/4 реоволны ( $A_{3\_4}$ ), амплитуда реограммы на последней 1/5 реоволны ( $A_{4\_5}$ ), максимальная амплитуда дифференциальной реограммы ( $A_{\text{дифф\_макс}}$ ), время распространения пульсовой волны от сердца ( $Q_x$ ), время быстрого кровенаполнения ( $\text{Альфа}1$ ), время медленного кровенаполнения ( $\text{Альфа}2$ ), время восходящей части реоволны ( $\text{Альфа}$ ), время систолы (период изгнания крови) ( $T_{\text{сисст}}$ ), длительность катакроты ( $T_{\text{кат}}$ ),

реографический индекс (РИ), амплитудно-частотный показатель (АЧП), относительный объемный пульс (Pr), региональный минутный пульсовый объем крови (РМПО), дикротический индекс (ДИК), диастолический индекс (ДИА), модуль упругости (Альфа/Ткардио), индекс быстрого наполнения (ИБН), соотношение "приток-отток" (Альфа/Ткат), угол вершины волны, угол спуска катакроты, максимальная скорость быстрого наполнения ( $V_{\max}$ ), средняя скорость медленного наполнения ( $V_{\text{ср}}$ ), показатель замедления кровотока (ПЗК), показатель венозного оттока (ПВО), коэффициент венозного оттока (КВО), индекс Симонсона ( $A_{\text{кат}}/A_{\text{арт}} \times 100\%$ ) (ИВО\_Сим), венозное отношение (ВО), диастолическое отношение (ДО), реографический показатель (РП), относительный реографический показатель (ОРП), показатель Альфа (ПАльфа), показатель Бета (ПБета), относительный показатель Бета (ОПБета), ударный объем (УО), минутный объем кровообращения (МОК), сердечный индекс (СИ), фракция выброса (ФВ) и частота сердечных сокращений за 1 минуту (ЧСС).

Исследование включало следующие этапы: 1) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления в покое лежа; 2) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления при ортопробе; 3) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления при стресс-тесте; 4) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления при дыхании с управляемым ритмом 6 циклов в минуту; 5) исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро»; 6) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления у спортсменов в покое лежа до и после тренировки; 7) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления у спортсменов при ортопробе до и после тренировки; 8) регистрация кардиоритмограммы, ЧСС и артериального давления у пауэрлифтеров различной квалификации в динамике.

Результаты обрабатывали при помощи пакета программ "IBM SPSS Statistics v. 20". Осуществляли определение средней ( $M$ ), среднего квадратичного отклонения ( $SD$ ) и ошибки средней ( $m$ ). Характер распределения оценивали при помощи критерия Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали непарный  $t$ -критерий Стьюдента, а при непараметрическом – критерий Вилкоксона – Манна – Уитни.

Для выявления связи между исследуемыми показателями использовали методы корреляционного анализа для параметрических и непараметрических видов распределения – критерии Пирсона и Спирмена соответственно. Достоверными считали различия и корреляции при  $p < 0,05$ .

### **Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение**

**3.1. Особенности variability сердечного ритма у пауэрлифтеров в состоянии покоя.** По показателям BCP пауэрлифтеры и студенты, не занимающиеся спортом, различались по средней продолжительности R-R интервалов (табл. 1). Вместе с тем, SDNN у спортсменов было достоверно меньше по сравнению с контрольной группой, что указывает на более выраженную активацию парасимпатического отдела ВНС. Однако показатель rMSSD,

отражающий активность парасимпатического отдела ВНС, не имел достоверных различий (табл. 1). Для пауэрлифтеров характерна более выраженная централизация управления сердечным ритмом. Индекс напряжения регуляторных систем был достоверно выше у спортсменов (табл. 1). Достоверные различия выявлены также и в спектральных показателях ВСП. У пауэрлифтеров мощность во всех частотных диапазонах была достоверно меньше по сравнению с контрольной группой. Вместе с тем отношение LF/HF, отражающее баланс симпатико-парасимпатических влияний не имело достоверных различий (табл. 1).

Таблица 1. Показатели ВСП у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом в покое ( $M \pm m$ ).

Показатели	Группы (фон)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
RRNN, мс	813,30±27,70	790,95±19,84	0,547
SDNN, мс	56,20±5,16	41,34±4,08	0,035
rMSSD, мс	44,80±5,54	32,79±3,84	0,088
pNN50, %	18,74±4,93	7,61±1,87	0,059
BP, мс	281,60±35,30	171,77±15,54	0,000
ИН, у. е.	103,88±21,47	238,45±54,73	0,016
TP, мс <sup>2</sup>	3947,20±649,98	1675,77±344,70	0,006
VLf, мс <sup>2</sup>	1687,40±436,33	494,17±105,90	0,024
LF, мс <sup>2</sup>	1129,60±182,33	605,12±156,20	0,014
HF, мс <sup>2</sup>	1130,50±215,27	551,07±138,26	0,024
LF/HF, у. е.	1,37±0,29	1,68±0,31	0,639

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

Аналогичные данные имеются в работе Н.Г. Аршиновой, А.Д. Викулова, М.В. Бочарова (2010) у кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта. Наши данные о сниженных показателях rMSSD, HF, TP и повышенном индексе LF/HF у спортсменов силовой направленности тренировочного процесса согласуются с данными работы [R.C. Melo, R.J. Quiterio, A.C.M. Takahashi, 2008], в которой установлено увеличение нормализованной мощности LF волн, а также индекса LF/HF и снижении АДС после трехмесячной силовой тренировки у здоровых пожилых мужчин.

**3.2. Особенности центральной гемодинамики у пауэрлифтеров в состоянии покоя.** Систолическое артериальное давление у пауэрлифтеров было достоверно выше по сравнению с группой контроля (табл. 2). Диастолическое артериальное давление достоверно не отличалось. Частота сердечных сокращений была выше у пауэрлифтеров. Среднее гемодинамическое давление также оказалось более высоким у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом (табл. 2).

Минутный объем крови был выше у пауэрлифтеров. Вместе с тем УИ у спортсменов оказался меньше, чем в группе контроля. Удельное периферическое сопротивление сосудов у спортсменов было выше в сравнении с группой контроля (табл. 2). Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у спортсменов оказался более низким по сравнению с контрольной группой (табл. 2).

Таблица 2. Показатели центральной гемодинамики у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом в покое ( $M \pm m$ ).

Показатели ЦГ	Группы (фон)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
АДС	114,47±1,87	125,83±2,87	0,008
АДД	63,60±1,67	67,39±1,68	0,107
ЧСС	68,27±2,23	75,11±1,92	0,082
ПД	50,87±2,51	58,44±2,16	0,041
УО	77,07±1,97	76,79±1,46	0,885
СрГД	80,56±1,27	86,87±1,90	0,013
МОК	5233,03±167,23	5758,57±163,32	0,038
СИ	3,30±0,15	2,91±0,09	0,076
УПСС	25,20±1,30	30,58±1,39	0,019
ДП	77,90±2,31	95,10±4,05	0,002
АП	1,89±0,04	2,36±0,09	0,000

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

**3.3. Особенности периферической гемодинамики у пауэрлифтеров в состоянии покоя.** Выявлено достоверное снижение амплитуды систолической волны (Асист), амплитуды артериальной волны (Аарт), амплитуды максимального систолического значения венозной компоненты (Авен) у пауэрлифтеров по сравнению с контрольной группой на участке «бедро» (табл. 3). Если время быстрого кровенаполнения сосудов не отличалось, то время медленного кровенаполнения, обусловленное тонусом сосудов среднего и мелкого калибра, было больше у пауэрлифтеров. Время систолы также было изменено у пауэрлифтеров (табл. 3).

Реографический индекс (РИ) был существенно ниже у пауэрлифтеров, что указывает на менее интенсивный кровоток в исследуемом сегменте. Учитывая большую массу тела в основной группе спортсменов и, вероятно, связанный с этим повышенный уровень общих обменных процессов, этот механизм может играть значительную роль в кровоснабжении тела при силовой тренировке.

На высокую потребность в кислороде у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, что выражается в повышенном МОК, регуляция которого зависит от потребностей и реальной доступности кислорода, указывают некоторые авторы [Н.П. Гарнеева, И.Ф. Таминова, И.Н. Ворожцова, Н.А. Бурматов, 2012].

Выявлено существенное снижение амплитудно-частотного показателя (АЧП) у пауэрлифтеров (табл. 3). Индекс быстрого наполнения был достоверно ниже у пауэрлифтеров. На изменение тонуса сосудистой стенки у пауэрлифтеров указывали и значения Альфа/Ткат. Увеличение Альфа/Ткат у пауэрлифтеров указывало на увеличение тонуса сосудистой стенки (табл. 3).

Аналогичные данные получены исследователями [J. Sugawara, S. Maeda, T. Otsuki, T. Tanabe, 2007] у спортсменов силовых видов спорта, но в то же время, у лиц, занимающихся видами спорта с преимущественным проявлением выносливости, системная артериальная податливость наоборот была повышена.

На снижение тонуса мелких и средних артерий у пауэрлифтеров указывала и средняя скорость медленного наполнения (табл. 3).

Таблица 3. Показатели реовазографии на участке «бедро» у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом ( $M \pm SD$ ).

Показатели РВГ	Группы (РВГ бедро)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
Асист, Ом	0,04±0,01	0,02±0,01	0,001
Аарт, Ом	0,08±0,02	0,05±0,02	0,002
Авен, Ом	0,06±0,02	0,04±0,01	0,010
Альфа2, с	0,09±0,01	0,12±0,02	0,000
Тсист, с	0,26±0,02	0,28±0,02	0,002
РИ, у. е.	0,79±0,25	0,53±0,16	0,001
АЧП, у. е.	0,85±0,24	0,58±0,16	0,000
ИБН, %	46,95±3,37	43,47±4,63	0,016
Альфа/Ткат, у. е.	0,22±0,04	0,27±0,053	0,002
V <sub>ср</sub> , Ом/с	0,44±0,14	0,26±0,08	0,000

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

Анализ показателей реовазографии «голени» в основной и контрольной группах выявил следующие особенности. Амплитуда венозной составляющей реограммы (Авен), амплитуда на уровне инцизуры (Аинц), а также амплитуда на уровне дикротического зубца (Адик) достоверно различались (табл. 4). Если Альфа1 в контрольной группе составляло  $0,063 \pm 0,004$  с, то у пауэрлифтеров –  $0,068 \pm 0,007$  с,  $p = 0,015$ , то Альфа2 было  $0,068 \pm 0,005$  с и  $0,085 \pm 0,015$  с соответственно,  $p = 0,000$ . Увеличение этих показателей считается характерным для уменьшения растяжимости артерий крупного и среднего калибра, например, в связи с повышением их тонуса, причем в большей степени страдают сосуды среднего калибра.

Рядом авторов высказывается предположение, что хронические изменения кровотока при мышечных нагрузках способны направленно изменять диаметр вовлеченных артериальных сосудов [X. Girerd, S. Laurent, M.E. Safar, 1996; Е.Ю. Дратцев, 2008]. Также была изменена длительность систолы, длительность катакроты и длительность диастолы (табл. 4). У спортсменов они оказались достоверно больше по сравнению с контрольной группой. Индекс быстрого наполнения (ИБН) был меньше у спортсменов, что также указывает на повышение тонуса крупных артерий (табл. 4).

На изменение эластичности сосудистой стенки артерий мелкого и среднего калибра указывает изменение показателя замедления кровотока (ПЗК). Соотношение времени быстрого и медленного кровенаполнения (Альфа1/Альфа2) у пауэрлифтеров было сдвинуто в сторону преобладания тонуса крупных сосудов (табл. 4). Также достоверно отличался показатель состояния венозного оттока (ПВО). Хорошо известно, что отток крови снизу вверх обеспечивает ряд факторов, важнейшим из которых является сокращение мышц при физической нагрузке [В.Ю. Богачев, 2003].

Таблица 4. Показатели реовазографии на участке «голень» у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом (M±SD).

Показатели РВГ	Группы (РВГ голень)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
Авен, Ом	0,08±0,02	0,07±0,02	0,015
Аинц, Ом	0,04±0,02	0,02±0,01	0,006
Адик, Ом	0,04±0,01	0,03±0,01	0,034
Тсист, с	0,18±0,02	0,24±0,02	0,000
Тдик, с	0,27±0,09	0,38±0,08	0,001
Тдиаст, с	0,75±0,13	0,67±0,10	0,035
ИБН, %	51,37±1,16	47,94±4,49	0,001
Альфа1/Альфа2, у. е.	0,91±0,07	0,82±0,16	0,018
ПЗК, с	0,08±0,01	0,09±0,01	0,001
ПВО, %	3,58±4,65	9,00±4,51	0,000

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

По-видимому, продолжительные физические нагрузки, периодическое и длительное напряжение мышц нижних конечностей создает препятствие для нормального оттока венозной крови. Следует отметить, что нарушения на уровне венозного звена выявлены и у спортсменов тренирующих быстроту и выносливость [О.Н. Кудря, А.М. Кирьянова, Л.В. Капилевич, 2012].

Сравнительный анализ показателей реовазографии «*стопы*» показал следующее. У пауэрлифтеров, особенно амплитуда на уровне инцизуры была меньше (табл. 5). Время медленного кровенаполнения в контрольной группе составило 0,060±0,004 с, а у спортсменов – 0,074±0,012 с, p = 0,000. Достоверно отличалась и длительность дикроты (табл. 5).

Таблица 5. Показатели реовазографии на участке «стопа» у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом (M±SD).

Показатели РВГ	Группы (РВГ стопа)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
Аинц, Ом	0,05±0,02	0,03±0,02	0,004
Тдик, с	0,22±0,09	0,36±0,09	0,001
ДИА, %	50,05±12,69	38,94±12,27	0,005
ПЗК, с	0,08±0,00	0,09±0,01	0,000
ПВО, %	2,61±3,31	11,33±20,56	0,012
ОПбета, у. е.	79,16±16,99	68,12±21,93	0,031

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

У пауэрлифтеров диастолический индекс (ДИА) был меньше. Показатель замедления кровотока (ПЗК) был достоверно выше у спортсменов. Показатель состояния венозного оттока (ПВО) также был существенно больше у пауэрлифтеров (табл. 5). По мнению некоторых авторов [К.П. Иванов, 1999] показано, что даже небольшие величины изменений венозного возврата к сердцу (3-7% исходного кровотока в полых венах) имеют существенное значение для

изменений сердечного выброса и системного артериального давления. Относительный показатель (ОПбета), который дает информацию о взаимосвязи венозного оттока с артериальным достоверно отличался в основной и контрольной группах, у пауэрлифтеров он был меньше (табл. 5).

Сравнительный анализ показателей реовазографии в зависимости от спортивного мастерства выявил достоверные различия между разрядниками и мастерами спорта только на уровне «голень».

У более квалифицированных спортсменов наблюдается достоверное увеличение времени медленного кровенаполнения Альфа2 -  $0,10 \pm 0,02$  с, по сравнению с разрядниками -  $0,08 \pm 0,01$ ,  $p = 0,016$ , увеличение диастолического индекса и снижение индекса быстрого наполнения (рис. 1). Так же у кандидатов и мастеров спорта характерно увеличение индекса Симонсона (ИВО\_Сим), указывающий на признаки венозного застоя.

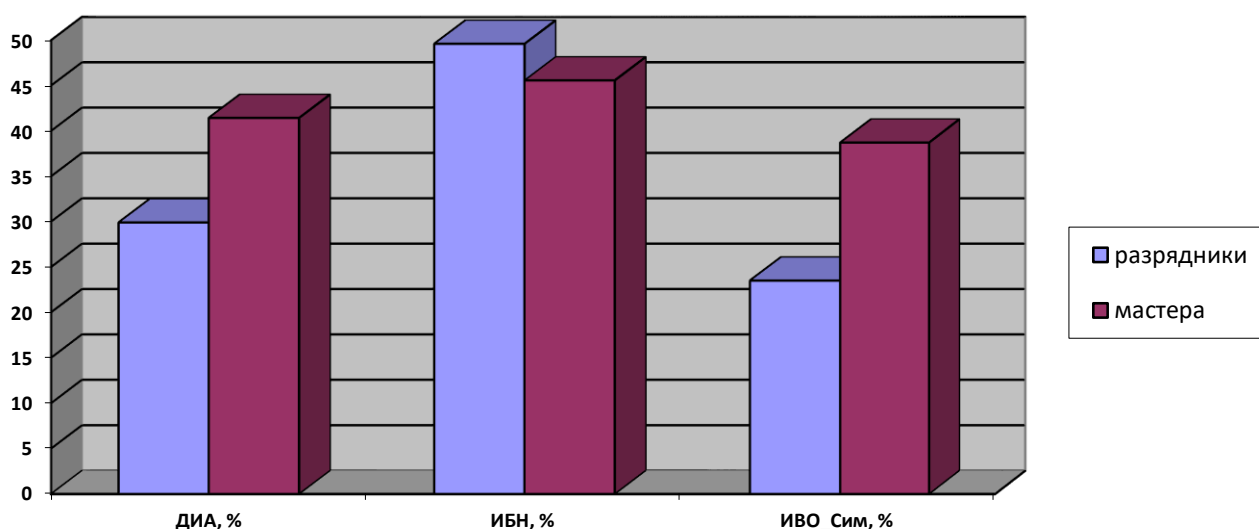


Рисунок 1. Показатели реовазографии на участке «голень» у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, в зависимости от спортивной квалификации ( $p < 0,05$ ).

### 3.4. Особенности variability сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при функциональных нагрузках

**3.4.1. Особенности variability сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при дозируемой эмоциональной нагрузке.** Для создания стрессового состояния мы использовали компьютерное задание выбора, которое позволяет воспроизвести состояние психоэмоционального напряжения у обследуемых лиц любого возраста. Задание состояло в том, чтобы максимально быстро погасить появляющееся на экране монитора изображение квадрата зеленого цвета путем нажатия определенной клавиши. Скорость предъявления квадратов увеличивалась с каждым этапом теста, которые следовали друг за другом без перерыва, причем продолжительность этапов была одинакова (2 мин.), а количество предъявлений увеличивалось от 70 (на 1-м этапе) до 120 (на 5-м этапе). В исходном состоянии, а также на 1, 5 и 10-й минутах выполнения теста, и через две минуты отдыха измеряли АД, регистрировали ЧСС.

Для спортсменов на *первой минуте* выполнения пробы с дозируемой психоэмоциональной нагрузкой характерно умеренное увеличение SDNN (табл. 6). Для пауэрлифтеров характерна более высокая активация симпатического отдела ВНС, что проявляется в достоверных различиях значений rMSSD, AMo, pNN50, ИВР, ИН (табл. 6). У спортсменов были более низкие значения TP, VLF, LF и HF.

Таблица 6. Показатели ВСР у пауэрлифтеров на первой минуте выполнения пробы с дозируемой психоэмоциональной нагрузкой (M±m).

Показатели ВСР	Группы (стресс 1 мин.)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
rMSSD, мс	60,80±8,28	37,24±4,50	0,024
pNN50, %	28,55±5,41	8,92±2,06	0,003
BP, мс	382,40±65,40	189,29±13,62	0,000
TP, мс <sup>2</sup>	5512,80±1059,60	1717,43±308,91	0,005
VLF, мс <sup>2</sup>	1172,10±222,83	444,55±100,73	0,006
LF, мс <sup>2</sup>	2093,10±477,33	731,06±146,60	0,018
HF, мс <sup>2</sup>	2247,30±573,01	520,14±140,90	0,002
LF/HF, у. е.	1,04±0,13	2,52±0,60	0,056
ИН, у. е.	89,60±19,30	192,90±41,21	0,009

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

На *пятой минуте* выполнения пробы в основной группе существенных изменений АДС, АДД и ЧСС в сравнении с исходным состоянием не происходит. МОК у спортсменов увеличивается всего на 5,9% (в контрольной на 12,8%). ВИК в основной группе начинает увеличиваться по сравнению с первой минутой наблюдения (на 43,06%). Различия в значениях ударного индекса продолжают сохраняться (p = 0,001). Также более низким остается и АП (2,43±0,09 балла против 1,99±0,04 баллов в контрольной группе; p = 0,001).

На *десятой минуте* пробы значения SDNN, rMSSD и pNN50 у пауэрлифтеров были меньше, что указывает на более выраженное усиление симпатического отдела ВНС у спортсменов. Хотя ИН у пауэрлифтеров также снижался, но его снижение было более выражено в контрольной группе (на 29% и 11,8%, по сравнению с пятой минутой соответственно, p = 0,021).

После двухминутного *отдыха* нормализация показателей сердечного ритма происходит более заметно у пауэрлифтеров. Эти различия свидетельствуют о том, что восстановление психоэмоционального состояния у спортсменов происходит быстрее, что отражают временные и спектральные показатели СР.

На *первой минуте* выполнения пробы АДС в основной группе увеличивается на 3,7 %, а в контрольной на 5,3%. В отличие от контрольной группы ЧСС у пауэрлифтеров практически не изменяется (на 0,95% против 8,8% в контроле). Среднее гемодинамическое давление остается более высоким в основной группе. Удельное периферическое сопротивление практически не изменяется, но остается более высоким, чем в контрольной группе (табл. 7).

Ударный индекс сохраняется более низким у спортсменов. Вегетативный индекс Кердо (ВИК) в основной группе даже снижается (на 7,2%) в отличие от



увеличения в контрольной группе (на 84,3%).

Таблица 7. Показатели центральной гемодинамики у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом на первой минуте выполнения дозируемой психоэмоциональной пробы ( $M \pm m$ ).

Показатели гемодинамики	Группы (стресс 1 мин.)		p
	Контроль (n = 20)	Пауэрлифтинг (n = 38)	
АДС	120,20±2,57	130,50±2,84	0,022
АДД	76,80±1,44	81,39±1,43	0,019
СрГД	83,58±1,39	89,06±1,56	0,011
УИ	49,19±1,89	39,52±1,22	0,000
СИ	3,62±0,17	2,99±0,11	0,007
УПСС	24,01±1,38	30,61±1,48	0,003
АП	2,04±0,04	2,44±0,09	0,000
ИК	78,99±2,08	60,29±2,79	0,000

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

На *пятой минуте* выполнения пробы в основной группе существенных изменений АДС, АДД и ЧСС в сравнении с исходным состоянием не происходит. МОК у спортсменов увеличивается всего на 5,9% (в контрольной на 12,8%). ВИК в основной группе начинает увеличиваться по сравнению с первой минутой наблюдения (на 43,06%). Различия в значениях ударного индекса продолжают сохраняться ( $p = 0,001$ ). Также более низким остается и АП ( $2,43 \pm 0,09$  балла против  $1,99 \pm 0,04$  баллов в контрольной группе;  $p = 0,001$ ).

На *десятой минуте* выполнения пробы у пауэрлифтеров существенных изменений показателей гемодинамики не происходит. Достоверные различия по сравнению с контрольной группой сохраняются в значениях АДС ( $p = 0,002$ ), пульсового давления ( $p = 0,005$ ), среднего гемодинамического давления ( $p = 0,018$ ), ударного индекса ( $p = 0,002$ ) и УПСС ( $p = 0,025$ ).

**3.4.2. Особенности вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при дыхании с управляемым ритмом.** При дыхании с частотой 6 циклов в минуту длительность R-R интервалов уменьшается в обеих группах, но значимые различия сохраняются. В обеих группах наблюдается увеличение SDNN, rMSSD, pNN50, при этом уровень различий был достаточно высоким, свидетельствующим об усилении парасимпатических влияний. Также у пауэрлифтеров отмечено более существенное снижение ИН ( $46,46 \pm 2,06$  у. е. против  $126,90 \pm 20,80$  у. е. в контрольной группе;  $p = 0,000$ ) (рис. 2), что указывает на ослабление центральных влияний в регуляции ритма сердца. В основной и в контрольной группах отмечен рост общей мощности спектра, но абсолютные значения TP были больше в контрольной группе.

Характерно значительное увеличение доли LF волн, причем существенное в группе контроля. Увеличивается и доля HF волн, и в данном случае наибольший прирост регистрируется в контроле ( $5796,16 \pm 396,86$  мс<sup>2</sup> против  $3244,67 \pm 457,61$  мс<sup>2</sup> у пауэрлифтеров;  $p = 0,012$ ). Хотя тенденции в изменении спектральных

показателей однонаправлены, значимые различия в мощности спектра сохраняются как в LF, так и в HF диапазонах.

На усиление симпатических влияний указывает значительный рост коэффициента LF/HF, более существенный в группе контроля. Характерен значительный рост индекса активации подкорковых центров, более значимый в контрольной группе. На существенные изменения в структуре сердечного ритма при дыхании с заданной частотой отмечают и другие исследователи [Д.А. Димитриев, Н.М. Ремизова, 2014].

Как в основной, так и в контрольной группе при дыхании с частотой 6 циклов в минуту имело место снижение ударного индекса (УИ), но более значительное у пауэрлифтеров. В основной группе выявлено снижение сердечного индекса, а в группе контроля – увеличение. В контрольной группе наблюдается снижение ОПСС, а у пауэрлифтеров – увеличение. ВИК в основной группе уменьшался, а в группе контроля увеличивался. АП оставался более низким у пауэрлифтеров. Индекс кровоснабжения также был более низким у пауэрлифтеров ( $56,37 \pm 2,51$  у. е. против  $71,06 \pm 2,06$  у. е.,  $p = 0,000$ ) (рис. 2).

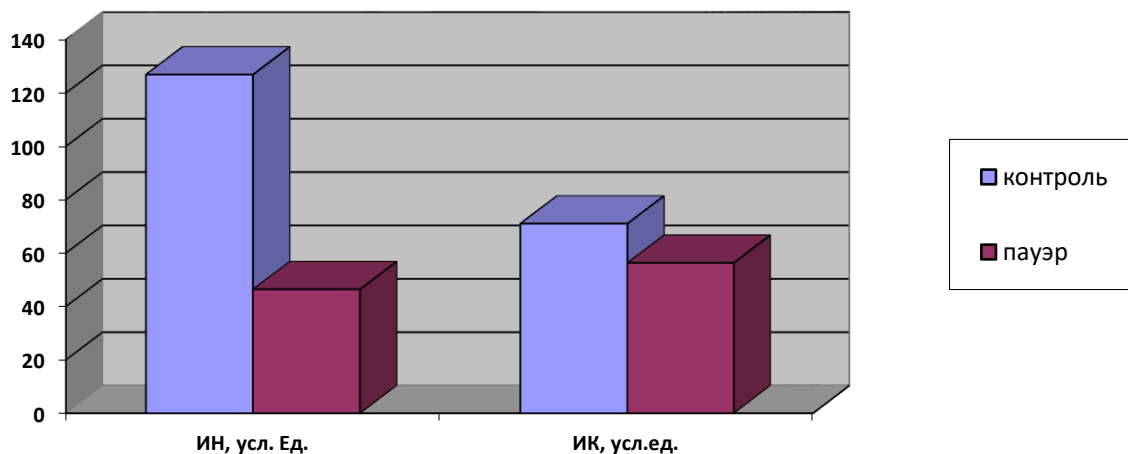


Рисунок 2. Показатели вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при дыхании с управляемым ритмом ( $p < 0,05$ ).

**3.4.3. Особенности вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при ортостатической пробе.** Исходя из представлений о двухконтурной модели управления сердечным ритмом, было выделено четыре типа вегетативной регуляции сердечного ритма: два с преобладанием центральной регуляции умеренное (I тип) и выраженное (II тип) и два с преобладанием автономной регуляции умеренное (III тип) и выраженное (IV тип) [Н.И. Шлык, 2009].

Взяв за основу классификации не отделы вегетативной нервной системы (симпатический и парасимпатический), а центральный и автономный контуры вегетативного управления физиологическими функциями, тем самым подтвердили участие в процессах вегетативной регуляции многих звеньев единого регуляторного механизма. Это системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций, о котором можно судить по данным анализа ВСР. Для экспресс-оценки преобладающего типа вегетативной

регуляции за основу берутся количественные критерии показателей ВСР: ИН и VLF [Н.И. Шлык, 2011].

#### Оценка вегетативной регуляции кровообращения

I тип. Умеренное преобладание центральной регуляции (нормосимпатотония)	ИН > 100 у. е., VLF > 240 мс <sup>2</sup>
II тип. Выраженное преобладание центральной регуляции (гиперсимпатотония)	ИН > 100 у. е., VLF < 240 мс <sup>2</sup>
III тип. Умеренное преобладание автономной регуляции (нормоваготония)	20 > ИН < 100 у. е., VLF > 240 мс <sup>2</sup>
(IV тип) Выраженное преобладание автономной регуляции (нарушение работы синусового узла) (гиперваготония)	ИН < 20 у. е., TP > 16000 мс <sup>2</sup> VLF > 500 мс <sup>2</sup>

В ответ на тренировочную нагрузку у пауэрлифтеров с нормоваготоническим типом регуляции наблюдается смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатической активности, на что указывает уменьшение rMSSD, увеличение АМо и ИН, а также смещение индекса вагосимпатического взаимодействия. Характерно достоверное снижение мощности во всех частотных диапазонах (табл. 8).

У пауэрлифтеров, с данным типом вегетативной регуляции, в ответ на ортостатическую пробу до тренировки наблюдается увеличение симпатической (увеличение АМо, ИН) и уменьшение парасимпатической активности (уменьшение rMSSD, HF). Это указывает на высокую реактивность регуляторных механизмов и функциональные возможности организма пауэрлифтеров.

Таблица 8. Показатели вариабельности сердечного ритма у пауэрлифтеров-нормоваготоников (n = 22) в ответ на тренировочную нагрузку (M±m).

Показатели	Фон		p	Ортопроба		p
	До тренировки	После		До тренировки	После	
RRNN, мс	871,1±18,26	688,2±32,39	0,00	679,8±13,03	559,9±20,28	0,00
rMSSD, мс	43,80±4,33	17,5±3,95	0,00	21,90±2,85	11,60±2,76	0,01
TP, мс <sup>2</sup>	3607,6±605,5	1265,3±356,5	0,01	3209,9±402,7	1359,9±323,1	0,01
HF, мс <sup>2</sup>	1099,6±292,2	305,0±121,0	0,01	450,6±120,4	166,6±67,96	0,01
LF, мс <sup>2</sup>	1086,7±202,5	511,0±140,2	0,02	1660,1±217,9	667,6±177,4	0,00
VLF, мс <sup>2</sup>	1421,5±237,6	449,0±108,1	0,00	1099,3±134,9	525,6±128,9	0,01
LF/HF, у.е.	1,38±0,30	4,99±1,67	0,00	5,81±1,26	8,67±2,55	0,42
АМо, %	36,18±2,53	65,72±6,88	0,00	45,03±1,62	62,58±5,74	0,00
ВПП, у. е.	3,41±0,29	13,35±3,29	0,00	5,40±0,53	12,80±2,52	0,00
ИН, у. е.	63,08±7,42	528,7±171,9	0,00	124,0±15,26	440,9±123,7	0,00

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

После тренировки показатели ВСР существенно отличались от исходного состояния (табл. 8). Временные показатели (rMSSD, АМо, ИН), а также спектральные показатели сердечного ритма (VLF, LF, HF) указывали на

сохраняющееся напряжение регуляторных механизмов. Это может указывать на достаточную выраженную тренировочную нагрузку.

У спортсменов-нормосимпатотоников тренировочная нагрузка также сопровождалась увеличением симпатической активности (увеличением АМо, ИН) и снижением парасимпатической (уменьшение HF). При этом долевые вклады VLF и LF достоверно не изменяются (табл. 9). Причем долевой вклад VLF и LF еще до тренировки был больше чем HF, что указывает на напряжение регуляторных механизмов.

У пауэрлифтеров с нормосимпатотоническим типом вегетативной регуляции в ответ на ортостатическую пробу до тренировки временные показатели (SDNN, rMSSD, АМо, ИН) достоверно не изменяются (табл. 9), что указывает на низкую реактивность автономной нервной системы. В тоже время отмечается увеличение VLF волн, что указывает на подключение центрального контура регуляции ритмом сердца.

Сравнение показателей ВСР ортостатического воздействия до и после тренировки показало следующее (табл. 9). Характерно выраженное уменьшение мощности VLF, увеличение LF norm, смещение вегетативного баланса (LF/HF) в сторону активации симпатического отдела ВНС.

Высокое напряжение регуляторных механизмов до тренировки, низкая реактивность автономной нервной системы, высокая централизация в управлении сердечным ритмом указывают на низкие функциональные возможности организма пауэрлифтеров с данным типом вегетативной регуляции.

Таблица 9. Показатели вариабельности сердечного ритма у пауэрлифтеров-нормосимпатотоников (n = 16) в ответ на тренировочную нагрузку (M±m).

Показатели	Фон		p	Ортопроба		p
	До тренировки	После		До тренировки	После	
RRNN, мс	817,5±37,42	672,4±29,86	0,00	673,4±39,20	569,8±30,42	0,04
rMSSD, мс	24,86±2,22	12,63±2,98	0,01	17,38±2,87	12,13±3,50	0,15
TP, мс <sup>2</sup>	1555,1±157,4	852,4±208,3	0,02	3209,9±402,7	1359,9±323,1	0,01
HF, мс <sup>2</sup>	367,3±58,12	154,1±65,50	0,01	297,9±81,21	135,4±47,99	0,09
LF, мс <sup>2</sup>	671,5±101,8	381,0±134,8	0,02	1042,5±266,5	833,8±213,2	0,46
VLF, мс <sup>2</sup>	516,4±70,10	317,3±55,93	0,02	1499,6±373,6	394,8±90,20	0,01
LF norm	64,33±3,68	75,23±4,48	0,07	78,79±2,89	88,03±1,82	0,00
HF norm	35,68±3,68	24,78±4,48	0,07	21,21±2,89	11,97±1,83	0,00
LF/HF, у.е.	2,05±0,35	6,20±3,08	0,07	4,19±0,54	13,02±6,19	0,00
АМо, %	48,09±3,06	61,86±5,57	0,04	46,69±5,05	60,30±6,87	0,17
ИН, у. е.	158,0±30,02	438,0±99,48	0,02	190,2±49,65	559,4±189,2	0,11

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

В ответ на тренировочную нагрузку у пауэрлифтеров с нормоваготонией наблюдается достоверное увеличение МОК. Увеличение МОК происходит за счет увеличения ЧСС и снижения ОПСС. При этом АДС почти не изменяется, а АДД снижается (табл. 10).

У нормосимпатотоников также происходит увеличение МОК. Вегетативное обеспечение сердечной деятельности происходит за счет увеличения ЧСС, но в

большей степени за счет уменьшения ОПСС (табл. 11). Считается, что увеличение МОК за счет роста ЧСС является более оптимальным.

Сравнение показателей гемодинамики с различным типом ВНС до тренировки не выявило достоверных различий по большинству показателей. Не было различий и в значениях гемодинамики после тренировки.

У нормоваготоников ортостатическое воздействие до тренировки сопровождалось увеличением АДС, АДД и ЧСС (табл. 10). При этом ОПСС не изменяется. Таким образом, вегетативное обеспечение деятельности происходит за счет увеличения ЧСС, при этом не происходит снижение МОК.

Таблица 10. Показатели центральной гемодинамики у пауэрлифтеров-нормоваготоников (n = 22) в ответ на тренировочную нагрузку (M±m).

Показатели	Фон		p	Ортопроба		p
	До тренировки	После		До тренировки	После	
АДС	132,2±2,72	129,6±3,96	0,47	139,0±4,50	131,3±5,24	0,12
АДД	69,60±2,70	62,00±2,04	0,03	79,10±2,45	73,60±4,49	0,06
ЧСС	67,80±1,88	87,60±3,67	0,00	86,40±2,12	108,6±4,08	0,00
УО	71,93±3,38	78,96±3,78	0,28	65,05±3,11	67,00±6,34	0,65
МОК	4898,9±297,5	6950,3±471,2	0,00	5605,2±268,05	7236,9±680,8	0,02
УПСС	39,78±4,32	26,20±2,70	0,01	37,15±3,25	30,50±6,01	0,02

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

В ответ на ортопробу у нормосимпатотоников происходит достоверный рост АДС, АДД (табл. 11). При этом ЧСС увеличивается, но недостоверно, а УО снижается. Уменьшение УО, отсутствие значимых различий МОК и ОПСС до и после ортопробы может указывать на исходное напряжение регуляторных систем у пауэрлифтеров с нормосимпатотоническим типом вегетативной регуляции.

Таблица 11. Показатели центральной гемодинамики у пауэрлифтеров-нормосимпатотоников (n = 16) в ответ на тренировочную нагрузку (M±m).

Показатели	Фон		p	Ортопроба		p
	До тренировки	После		До тренировки	После	
АДС	135,4±1,40	134,4±3,58	0,87	147,63±3,38	141,75±3,98	0,46
АДД	69,75±2,08	60,00±3,87	0,06	80,88±2,32	72,38±4,87	0,11
ЧСС	73,88±3,61	90,25±4,01	0,01	85,25±5,72	104,5±4,44	0,04
УО	73,38±2,41	83,67±3,44	0,04	67,65±2,09	73,91±4,46	0,14
МОК	5463,5±436,4	7593,5±558,6	0,01	5807,3±508,8	7737,5±587,7	0,03
УПСС	34,57±3,13	23,11±2,51	0,02	37,23±4,40	25,92±3,29	0,04

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами.

Изменения показателей вариабельности ритма сердца при ортостатическом воздействии позволяют более точно выявить согласованность работы симпатического и парасимпатического отделов ВНС, а также взаимодействия с центральным контуром регуляции в отличие от показателей центральной гемодинамики.

### 3.4.4. Пример динамического контроля функционального состояния пауэрлифтеров различного уровня спортивной квалификации.

Исследование включало регистрацию кардиоритмограммы, АДС, АДД и ЧСС, с последующим расчетом наиболее информативных показателей variability сердечного ритма и центральной гемодинамики в соревновательном периоде. В исследовании приняли участие начинающий спортсмен 3-го разряда и Мастер спорта по пауэрлифтингу Чемпион России среди студентов.

Как показывают фоновые значения variability сердечного ритма (табл. 12 и 13), оба обследуемых спортсмена обладают нормоваготоническим типом вегетативной регуляции [Н.И. Шлык, 2011]. Но в динамике показатели variability сердечного ритма не постоянны, а сильно изменяются под воздействием тренировочной и, особенно, соревновательной нагрузки (19.12.) на организм.

Таблица 12. Показатели variability ритма сердца разрядника.

Показатели	28.10.		12.12.		14.12.		16.12.		19.12.	
	фон	орто	фон	орто	фон	орто	фон	орто	фон	орто
rMSSD, мс	53	24	46	20	80	24	24	16	26	13
TP, мс <sup>2</sup>	4123	4796	4057	3429	5569	3848	1830	3039	2405	1807
VLF, мс <sup>2</sup>	796	954	1043	1042	619	1039	367	750	437	487
LF, мс <sup>2</sup>	1777	3367	732	1731	1305	2538	1032	1939	1211	1012
HF, мс <sup>2</sup>	1550	475	2282	655	3646	272	430	351	758	307
LF/HF, у. е.	1,15	7,09	0,321	2,64	0,358	9,34	2,4	5,53	1,6	3,29
ИН, у. е.	52,2	131	81,5	141	47,3	105	110	172	135	431

Реакция начинающего спортсмена на ортопробу (табл. 12) в подготовительном периоде и, особенно, накануне соревнований была парадоксальной. Мощность VLF волн при выполнении ортопробы превышала фоновые значения, что говорит о подключении центрального контура регуляции в вегетативное обеспечение функции.

По снижению rMSSD, TP и повышению ИН в фоне (табл. 13) можно судить о недовосстановлении Мастера спорта (15.12.), который (14.12.) не смог приехать на исследование и тренировался по месту жительства. Но накануне соревнований уже был в норме.

Таблица 13. Показатели variability ритма сердца Мастера спорта.

Показатели	28.10.		12.12.		15.12.		16.12.		19.12.	
	фон	орто	фон	орто	фон	орто	фон	орто	фон	орто
rMSSD, мс	57	37	67	36	35	17	55	18	40	18
TP, мс <sup>2</sup>	5692	5529	5232	4000	2005	1830	4277	2482	5633	3109
VLF, мс <sup>2</sup>	2357	1506	1116	1037	384	392	1429	681	2869	640
LF, мс <sup>2</sup>	1448	2828	1558	1994	524	896	1109	1575	1776	1925
HF, мс <sup>2</sup>	1886	1195	2557	969	1096	542	1739	226	987	545
LF/HF, у. е.	0,768	2,37	0,609	2,06	0,478	1,65	0,638	6,96	1,8	3,53
ИН, у. е.	38,9	47,8	59,2	64,5	124	209	68,1	200	77	180

Следует отметить, что реакция центральной гемодинамики на ортопробу у высококвалифицированного спортсмена была более стабильной и сопровождалась, в основном приростом ЧСС при небольшом росте АДС и АДД. Что является наиболее оптимальной реакцией сердечнососудистой системы и соответствует высокому мастерству спортсмена.

Таким образом, анализ показателей variability сердечного ритма и центральной гемодинамики позволяет контролировать функциональное состояние спортсмена. Что особенно необходимо в соревновательном периоде, когда пауэрлифтеры выполняют тяжелые тренировки с большими весами.

## ВЫВОДЫ

1. Показатели variability ритма сердца у пауэрлифтеров SDNN, rMSSD, pNN50, TP, HF были достоверно меньше, а LF/HF выше соответствующих показателей здоровых нетренированных людей, что указывает на усиление симпатических влияний и централизацию управления сердечным ритмом. Отличительными особенностями сердечного ритма кандидатов и мастеров спорта были: сниженная variability сердечного ритма (низкие значения rMSSD, pNN50) с преобладанием симпатической активности в вегетативном балансе (высокие значения АМо, ИН), а также существенное снижение мощности спектра во всех частотных диапазонах по сравнению со спортсменами-разрядниками.
2. Для спортсменов-пауэрлифтеров характерны более высокие значения систолического артериального давления, общего периферического сопротивления сосудов и более низкий адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы по сравнению с лицами, не занимающимися спортом.
3. Характер сдвигов гемоциркуляции включает изменения, как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения периферического кровообращения выявлены на участках «голень» и «стопа». По мере роста спортивного мастерства характер и степень сосудистых изменений нарастает, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей сосудистой системы нижних конечностей на интенсивные физические нагрузки. Одной из дополнительных причин в изменении периферического кровотока в нижних конечностях у высококвалифицированных спортсменов является использование специальной экипировки, создающей дополнительные условия для затруднения притока и оттока крови.
4. Для спортсменов-пауэрлифтеров характерно снижение реактивности сердечно-сосудистой системы в начальный период реакции на дозированный стресс. Только с пятой минуты начинается активное изменение гемодинамики (рост ЧСС, снижение ОПСС). Однако для завершающего этапа характерно снижение эффективности гемодинамики (снижение УО, МОК и увеличение ОПСС), чего не наблюдается в контрольной группе.
5. Дыхательная регуляция вносит весомый вклад в общую variability сердечного ритма. В обеих группах при дыхании 6 циклов в минуту выявлено увеличение SDNN, rMSSD, pNN50, свидетельствующее об усилении

парасимпатических влияний, при этом уровень различий в показателях вариабельности сердечного ритма был достаточно высоким.

6. Напряженность и выраженность реакции регуляторных систем у пауэрлифтеров определяется исходным вегетативным тонусом. Проведение ортостатической пробы до и после тренировки позволяет оценить функциональное состояние и адаптационно-резервные возможности организма спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом.

7. Для наиболее эффективного управления тренировочным процессом необходим динамический контроль функционального состояния спортсменов по показателям вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики, особенно в соревновательном периоде.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Для эффективного выявления и оценки выраженности дезадаптации у лиц, занимающихся силовым троеборьем, целесообразен более тщательный мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы, уже начиная со спортсменов-разрядников.

2. При ведении мониторинга текущего функционального состояния спортсменов включать оценку вариабельности сердечного ритма как наиболее чувствительного индикатора сердечно-сосудистой системы.

3. Использовать метод анализа вариабельности ритма сердца до и после тренировки для корректировки индивидуальной нагрузки в пауэрлифтинге и силовой подготовке других видов спорта.

4. Отказаться от жесткой соревновательной экипировки (комбинезона для приседа и тяги, жимовой майки и бинтов на колени).

5. Включить в тренировочный процесс пауэрлифтеров профилактические мероприятия, такие как разминка и заминка на велотренажерах, вибрационные упражнения ног.

6. Применять глубокое регулируемое дыхание после тренировки для снижения уровня стресса, вызванного психоэмоциональными и физическими нагрузками.



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах, рецензируемых ВАК:

1. Калабин О.В. Особенности регионального кровообращения у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом в зависимости от спортивной квалификации / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Новые исследования, 2011. - № 3 (28). - С. 75-83.
2. Калабин О.В. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов с силовой направленностью тренировочного процесса / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Новые исследования, 2011. - № 4 (29). - С. 124-130.
3. Калабин О.В. Изменение показателей центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов-пауэрлифтеров и здоровых добровольцев в условиях управляемого дыхания / О.В. Калабин, А.П. Спицин, Н.Е. Кушкова // Новые исследования, 2012. - № 3 (32). - С. 63-75.
4. Калабин О.В. Стресс-реактивность центральной гемодинамики у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Теория и практика физической культуры, 2014. - № 9 - С. 74-77.
5. Калабин О.В. Особенности вариабельности сердечного ритма пауэрлифтеров при воздействии тренировочного процесса / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Якутский медицинский журнал, 2018. - № 1 - С. 30-32.

### Материалы в журналах и сборниках конференций:

1. Калабин О.В. Основные принципы профилактики травматизма в пауэрлифтинге / О.В. Калабин // Материалы межрегиональной научно-практической конференции: «Проблемы учебной и тренировочной деятельности в физическом воспитании и спорте». Киров: ВятГГУ, 2002. - С. 81-84.
2. Калабин О.В. Использование анализа вариабельности сердечного ритма при оптимизации двигательной активности / О.В. Калабин, А.П. Спицин // «Вятский медицинский вестник». Киров: КГМА, 2005. - № 1. - С. 49-50.
3. Калабин О.В. Изменения временных и спектральных показателей ВСР у спортсменов занимающихся силовым троеборьем (пауэрлифтингом) от уровня спортивного мастерства / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы IV Всероссийского симпозиума с международным участием: «Вариабельность сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение» Ижевск: УдГУ, 2008. - С. 115-118.
4. Калабин О.В. Особенности вариабельности сердечного ритма у спортсменов на дозируемую эмоциональную нагрузку / О.В. Калабин // Материалы международной научно-практической конференции: «Аллергология и иммунология». Москва, 2009. - № 1. - том 10. - С. 103.
5. Калабин О.В. Особенности центральной гемодинамики спортсменов силовых видов спорта (пауэрлифтинга) в зависимости от тонуса ВНС / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы международной научно-практической конференции: «Опыт спортивного наследия – универсиаде 2013». Н. Челны, 2009. - С. 288-290.

6. Калабин О.В. Особенности регионального кровообращения у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом / О.В. Калабин // Материалы V международного конгресса: «Человек, спорт, здоровье». Санкт-Петербург, 2011. - С. 332-333.
7. Калабин О.В. Особенности регионального кровообращения у спортсменов, занимающихся силовым троеборьем (пауэрлифтингом) / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: «Культура здоровья и образование: состояние, проблемы, перспективы». Екатеринбург: РГППУ, 2011. - С. 273-279.
8. Калабин О.В. Особенности центральной гемодинамики спортсменов, занимающихся силовым троеборьем (пауэрлифтингом) в зависимости от спортивной квалификации / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании». Одесса: Черноморье, 2011. - том 35. - С. 37-43.
9. Калабин О.В. Динамика изменения центральной гемодинамики у спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом, при дозируемой эмоциональной нагрузке / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы международной научно-практической конференции: «Наука и образование в современной конкурентной среде». Уфа: ИЦИПТ, 2014. - С. 119-124.
10. Калабин О.В. Адаптация сердечнососудистой системы пауэрлифтеров при ортостатической пробе / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки и образования». Киров: МФЮА, 2016. - С. 423-428.
11. Калабин О.В. Особенности вариабельности сердечного ритма пауэрлифтеров при ортостатической пробе / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы VI Всероссийского симпозиума с международным участием: «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов». Ижевск: УдГУ, 2016. - С. 139-142.
12. Калабин О.В. Особенности вариабельности сердечного ритма спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом при пробах с регулируемой частотой дыхания / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и инновации спортивного менеджмента, рекреации и спортивно-оздоровительного туризма». Казань: ПГАФКСиТ, 2017. - С. 229-234.
13. Калабин О.В. Адаптационные возможности пауэрлифтеров в зависимости от типа вегетативной регуляции ритма сердца / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современные методы организации тренировочного процесса, оценки функционального состояния и восстановления спортсменов». Челябинск: УралГУФК, 2017. - С. 105-111.
14. Калабин О.В. Динамика изменения ритма сердца в ответ на тренировочную нагрузку / О.В. Калабин, А.П. Спицин // Материалы XII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2017». Москва: РАСМИРБИ, 2017. - С. 55-57.