

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт физической культуры, спорта и молодежной политики
Кафедра физической культуры

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ ПЕРЕД ГЭК

Зав. Кафедрой физической культуры

_____ Набойченко Е.С.
(подпись) (Ф.И.О.)
« _____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ТЕХНОЛОГИИ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ СПОРТЕ

Направление 49.04.03 Спорт
Образовательная программа «Технологии спортивной подготовки»

Научный руководитель: Захарова А.В.

к.п.н., профессор кафедры ФК

Нормоконтролер: Мясникова Т.И.

Студент группы ФKM-270602 Мехдиева К.Р.

Екатеринбург
2019

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация 66 страниц машинописного текста в компьютерной верстке, 16 рисунков, 8 таблиц, 61 источник в библиографическом списке, в т.ч. 53 источника на иностранном языке, 4 приложения.

Ключевые слова: нагрузочное тестирование, контроль физической подготовленности, технологии тестирования, любительский и профессиональный спорт.

Объект исследования – контроль физической подготовленности в любительском и профессиональном спорте.

Предмет исследования – использование современных методик нагрузочного тестирования спортсменов в управлении тренировочным процессом.

Цель – оценить целесообразность, валидность и информативность различных методов нагрузочного тестирования для контроля физической подготовленности спортсменов.

В результате исследования были изучены методики нагрузочного тестирования 30 квалифицированных спортсменов от 14 до 35 лет, оценен уровень общей физической работоспособности, разработана эффективная методика функционального тестирования для управления тренировочным процессом.

Научная новизна исследования состоит в обосновании использования нагрузочного тестирования методом велоэргоспирометрии по протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой для оценки аэробной производительности и функциональной готовности как элитных спортсменов, так и спортсменов-любителей.

Практическая значимость работы заключается в разработке эффективных протоколов нагрузочного тестирования для адекватной и воспроизводимой оценки аэробной производительности и функциональной готовности спортсменов всех уровней квалификации и специализации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СПОРТСМЕНОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ СПОРТИВНОЙ НАУКИ.....	11
1.1. История использования нагрузочных проб и функциональных тестирований в отечественной спортивной медицине.....	11
1.2. Современные методики нагрузочного тестирования спортсменов для управления тренировочным процессом спортсменов.....	12
1.3. Требования к проведению нагрузочных тестирований спортсменов различных квалификаций на современном этапе развития спортивной медицины.....	21
1.4. Резюме.....	25
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.1. Методы исследования.....	27
2.1.1. Велоэргоспирометрия.....	29
2.1.2. Тредмилспирометрия.....	31
2.1.3. Высокоинтенсивное интервальное тестирование на лыжном тренажере ThoraxTrainer.....	35
2.1.4. Нагрузочное тестирование на гребном тренажере.....	36
2.1.5. Вингейт-тест.....	38
2.1.6. Статистический анализ данных.....	40
2.2. Группа исследования.....	40
2.3. Организация исследования.....	41
ГЛАВА 3. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИНФОРМАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ.....	44

3.1. Сравнительный анализ процедур тестирования спортсменов.....	44
3.2. Анализ результатов тестирования спортсменов различными методами.....	46
3.3. Взаимосвязи физиологических и физических параметров в тестах....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	67
Приложение 1.....	67
Приложение 2.....	68
Приложение 3.....	74
Приложение 4.....	75

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, СОКРАЩЕНИЙ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин

ССС – сердечно-сосудистая система

МПК – максимальное потребление кислорода, мл/кг/мин

ПАНО – порог анаэробного обмена

АэП – порог аэробного обмена

АД – артериальное давление, мм рт.ст.

P – мощность, Вт

$P_{\text{макс}}$ – максимально достигнутая мощность, Вт

$P_{\text{макс}}/\text{кг}$ – относительная максимально достигнутая мощность, Вт/кг

AP – средняя мощность, Вт

AP/кг – относительная средняя мощность, Вт/кг

МВЛ – максимальная вентиляция легких, л/мин

ЧД – частота дыхания, 1/мин

V – скорость, км/ч

НПТ – высокоинтенсивное интервальное тестирование

ВЭМ – велоэргоспирометрия – тестирование на велоэргометре с
газоанализом

ТЭМ – тредмилэргоспирометрия – тестирование на тредмиле с газоанализом

ВВЕДЕНИЕ

Функциональные тестирования спортсменов являются неотъемлемой частью тренировочного процесса на протяжении последних десятилетий [8, 9, 11]. Проведение проб с дозированной физической нагрузкой позволяет объективно оценивать текущее функциональное состояние организма, выявлять недостатки и преимущества атлетов в отдельных конкретных случаях [1, 6, 28, 39]. Область применения нагрузочных тестирований крайне широка: отбор перспективных спортсменов, отслеживание динамики изменений в организме под воздействием систематических физических нагрузок различного объема и интенсивности, оценка эффективности тренировочного процесса в условиях подготовки к важным стартам, планирование тренировочных микро- и мезоциклов в годичном цикле подготовки и т.д [2, 3, 5].

Важно учитывать тот факт, что полученные данные являются эффективным инструментом, позволяющим своевременно вносить необходимые корректировки в тренировочный процесс, а также своевременно оценивать реакцию организма на физические нагрузки и предотвращать возникновение патологий со стороны сердечно-сосудистой системы [10, 37, 40].

Медицинское и научно-методическое сопровождение занятий спортом и физической культурой имеет свои особенности и специфику у различных групп лиц. Прежде всего, это обусловлено постановкой цели и задач при проведении тех или иных обследований. Исходя из сложившейся системы подготовки спортсменов на территории Российской Федерации, важно учитывать тот что, медицинское обеспечение регламентируется нормативной документацией Минздрава РФ, а научно-методическое сопровождение спортсменов – постановлениями и приказами Министерства спорта РФ.

На сегодняшний день в подготовке спортсменов программы функционального тестирования используются для оценки работоспособности, а также определения эффективности тренировочного процесса. На основании данных, полученных в результате регулярного функционального тестирования,

можно контролировать происходящие изменения (как повышение, так и снижение) уровня физической работоспособности [4, 5, 56, 58]. Кроме того, с использованием функциональных тестирований, потенциально, можно выявлять предрасположенность к тому или иному виду спорта, зная конкретные требования определенного вида спорта. В некоторых частных случаях, на основе результатов тестирований можно прогнозировать также спортивный результат.

Проблема исследования – какими методами наиболее эффективно, информативно и доступно оценивается функциональное состояние спортсменов различных квалификаций.

Наиболее часто для определения аэробных способностей и общей физической работоспособности спортсменов применяются пробы со ступенчатым и непрерывным повышением нагрузки с использованием различных нагрузочных устройств. К таким устройствам относятся практически любые эргометры, имитирующие реальные условия циклической нагрузки: тредмил (беговая дорожка), велоэргометр, гребной эргометр, лыжный тредбан, ручной эргометр, степ-тренажер и т.д. Выбор того или иного нагрузочного устройства и протокола тестирования зачастую обусловлен спецификой вида спорта тестируемого спортсмена, а также технической обеспеченностью лаборатории или кабинета спортивной медицины. При этом наблюдается противоречие между устоявшимися методами нагрузочных тестирований спортсменов в соответствии с существующими рекомендациями и реально сложившейся ситуацией материально-технического и кадрового обеспечения лабораторий и медицинских центров спортивной медицины.

Так, по данным Комитета Государственной Думы РФ по охране здоровья, в настоящее время спортом и физической культурой на территории РФ занимается не менее сорока миллионов человек. Наряду с этим, за последние 25 лет количество врачебно-физкультурных диспансеров (ВФД) и центров спортивной медицины в России сократилось более чем в 3 раза. В отдельных регионах РФ службы ВФД были упразднены полностью. Учитывая тот факт,

что число занимающихся спортом и ФК на постоянной основе ежегодно возрастает, соответствующего медицинского сопровождения, и в особенности оснащенности медицинских центров, не хватает для решения текущих задач.

К основным проблемным аспектам нагрузочных тестирований спортсменов на сегодняшний день можно отнести следующее:

- . отсутствие «унифицированных» подходов к разработке протоколов тестирования и интерпретации полученных данных;
- . изнуряющий характер работы во время максимальных тестов с физической нагрузкой;
- . недостаточная мотивация спортсмена к выполнению неспецифичных нагрузочных тестов может потенциально привести к заведомо сниженным итоговым показателям измеряемых параметров.

Учитывая существенный факт влияния мотивации спортсменов при проведении нагрузочных тестирований на результат полученных данных, важность корректности применения того или иного метода и протокола тестирования является неоспоримой.

Методологический аппарат исследования

Объект исследования – контроль физической подготовленности в любительском и профессиональном спорте.

Предмет исследования – современные методики нагрузочного тестирования спортсменов в управлении тренировочным процессом.

Цель – оценить целесообразность, валидность и информативность различных методов нагрузочного тестирования для контроля физической подготовленности спортсменов.

Задачи:

1. Изучить особенности существующих технологий нагрузочного тестирования спортсменов.

2. Оценить эффективность и выявить недостатки в существующих методиках нагрузочного тестирования для управления тренировочным процессом.

3. Обосновать использование велоэргоспирометрии по максимальному протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой у профессиональных спортсменов и спортсменов-любителей.

Гипотеза исследования – нагрузочное тестирование методом велоэргоспирометрии является универсальным, доступным, воспроизводимым, информативным и наиболее безопасным методом оценки физической работоспособности спортсменов любой специализации и уровня квалификации.

Теоретическая основа исследования

Данная тема активно изучалась на протяжении многих лет как отечественными учеными (Белоцерковский З.Б., Карпман В.Л., Епифанов В.А. и др.), так и зарубежными научными коллективами и международными ассоциациями и коллегиями (American Society of Sports Medicine, European Society of Cardiology, American Heart Association и др.).

Методы исследования

Анализ научно-методической литературы, нагрузочное тестирование методом велоэргоспирометрии, тредмилспирометрии, нагрузочное тестирование с газоанализом с использованием гребного тренажера Concept по ступенчатому протоколу, тестирование на лыжном тренажере Thorax Trainer по протоколу Табата с газоанализом, Вингейт-тест при педалировании руками и ногами с газоанализом, статистический анализ данных.

Опытно-экспериментальная база исследования

Исследование было проведено на базе научно-исследовательской лаборатории «Технологии восстановления и отбора в спорте» ЦКП УрФУ (г. Екатеринбург).

Новизна исследования

Впервые были сопоставлены результаты специфичных и неспецифичных нагрузочных тестов на высокотехнологичном оборудовании. Сопостав-

лены результаты по максимальному РАМП протоколу, ступенчатому протоколу и Вингейт-тестированию руками и ногами. Выявлено и обосновано преимущество использования велоэргометрии в любительском и профессиональном спорте.

Апробация результатов исследования

Результаты исследований, изложенные в работе, были опубликованы в 12 публикациях, входящих в международные базы цитирования (WoS/Scopus), а также докладывались на 5 международных конференциях и конгрессах (Приложение 4).

Структура и объем диссертации

Полный объем диссертации – 66 страниц машинописного текста в компьютерной верстке, 16 рисунков, 8 таблиц, 61 источник в библиографическом списке, в т.ч. 53 источника на иностранном языке, 4 приложения.

ГЛАВА 1. НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СПОРТСМЕНОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ СПОРТИВНОЙ НАУКИ

1.1. История использования нагрузочных проб и функциональных тестирований в отечественной спортивной медицине

Нагрузочные тестирования и пробы с физической нагрузкой начали применяться в спортивной медицине еще с начала XX века [8]. В России первой пробой для оценки функциональных возможностей спортсменов и физкультурников была, так называемая проба ГЦИФКа, которую разработали Д.Ф. Шабашов и А.П. Егоров в 1925 г. [2, 6]. Суть пробы заключалась в выполнении 60 подскоков на месте. Оценивали реакцию организма по данным сердечной деятельности. В дальнейшем спортивные врачи и физиологи существенно расширили арсенал и методики применявшихся проб, зачастую используя успешный имеющийся опыт в клинической медицине.

Так, в тридцатые годы XX века с успехом начали использовать многомоментные функциональные пробы [3, 5]. В ходе этих видов исследований тестируемые спортсмены выполняли различную по интенсивности и характеру физическую работу. В число таких тестирований, например, входила комбинированная функциональная проба, разработанная С.П. Летуновым в 1937 году. Проба Летунова подразумевала оценку изменений артериального давления и пульса в ответ на физическую нагрузку (20 приседаний).

Кроме того, в отечественной практике широкое применение получила проба с дозированной физической нагрузкой для определения уровня физической работоспособности, разработанная учеными лаборатории утомления Гарвардского Университета в 1942 году.

Данный метод получил свое название «Гарвардский степ-тест». Проведение этого достаточно простого и воспроизводимого с технической точки зрения и доступного теста позволяло количественно оценивать процессы восстановления после дозированной мышечной работы. Кроме того, данный

тест отличался от ранее известных функциональных проб, как характером выполняемой испытуемым нагрузки, так и формой учета результатов тестирования [6, 8].

Суть тестирования заключалась в следующем: испытуемому было предложено выполнять физическую нагрузку в виде восхождения на ступеньку, высота которой и время выполнения мышечной работы были строго регламентированы (и определены в таблице) в зависимости от пола и возраста. По окончании теста рассчитывали индекс Гарвардского степ-теста, который, по сути, и являлся объективным индикатором уровня физической работоспособности спортсмена.

Гарвардский степ-тест и пробу Летунова использовали на протяжении многих десятилетий, как в отечественной, так и зарубежной спортивной медицине, что было обосновано простотой их выполнения, получение количественных данных в изменении физиологических показателей, а также отсутствия дорогостоящей медицинской техники и специализированного медицинского персонала. В частности, российские врачи спортивной медицины и ЛФК часто использовали степ-тест и пробу Летунова в кабинетах спортивной медицины, региональных врачебно-физкультурных диспансерах и т.д.

Однако стремительное развитие спорта и спортивной науки в последние годы предъявляло повышенные требования к медико-биологическому сопровождению тренировочного процесса и совершенствованию методик для получения объективных и информативных данных спортивно-медицинских тестирований.

1.2. Современные методики нагрузочного тестирования спортсменов для управления тренировочным процессом спортсменов

В настоящее время в практике спортивной медицины широко представлены различные методы нагрузочного тестирования спортсменов. Выбор методик определяется целями и задачами исследований, а также технической

оснащенности медицинских кабинетов врачебно-физкультурных диспансеров и центров спортивной медицины [19, 24, 41]. Учитывая различную прогностическую ценность тех или иных методов (выбор протокола исследования, нагрузочного устройства, методов регистрации данных и т.д.), крайне важно сопоставлять полученные данные со спецификой вида спорта, тренировочного режима, пола, возраста, а также антропометрических особенностей спортсменов [23, 26, 37, 48]. Кроме того важно соблюдать рекомендованные алгоритмы проведения исследования для получения достоверных и клинически значимых данных. Тем не менее, не смотря на большое количество существующих данных и рекомендаций по проведению проб с дозированной физической нагрузкой, перед спортивным врачом стоит непростая задача подбора наиболее подходящего вида тестирования, а также протокола исследования в зависимости от поставленной перед ним цели. В ряде случаев неправильный выбор вида тестирования, протокола нагрузки, нагрузочного устройства и т.д. может приводить к снижению информативности исследования [27, 30, 43, 53, 55, 58].

Внедрение новых технологий в спортивную медицину и повышение качества медицинской техники позволяет получать необходимую информацию для диагностики физической работоспособности и детально изучать реакцию организма на тренировочные воздействия и восстановление после нагрузок [7], что играет важную роль в предупреждении переутомления и перетренированности спортсменов [33]. Важно учесть, что отсутствие мониторинга динамики состояния сердечно-сосудистой системы и других жизнеобеспечивающих систем, включая дыхательную и нервно-мышечную, в тренировочном процессе может иметь крайне негативные последствия как на достижение спортивных результатов, так и сопровождаться возникновением патологических состояний на фоне чрезмерных (не соответствующих функциональному состоянию спортсмена) физических нагрузок. В соответствии с Приказом Минздрава РФ № 134-н от 01.03.2016 года, нагрузочные тестирования входят в программы углубленных и экспериментальных медицинских

обследований спортсменов всех специализаций и уровней квалификации. В ряде случаев, спортсменам рекомендуются тестирования по максимальным протоколам («до отказа»).

Нагрузочное тестирование по максимальным протоколам предполагает выполнение испытуемыми максимальных нагрузок (критической или сверхкритической мощности), характеризующихся предельной работой системы транспорта кислорода [50, 56, 60].

Исследование максимальной аэробной производительности проводится на основании определения такого важного показателя, как *максимального потребления кислорода* (МПК) [56]. Величина МПК может быть рассчитана с помощью различных протоколов нагрузки [6], при которых достигается индивидуально максимальный транспорт кислорода (прямое определение МПК). Наряду с этим величину МПК определяют с помощью косвенных расчетов, которые основываются на данных, полученных в процессе выполнения испытуемым субмаксимальных нагрузок (непрямое определение МПК) [13, 14, 61]. Важно отметить, что спортсменам высокой квалификации необходимо использовать именно методики, предполагающие прямое определение МПК для получения наиболее корректных данных и их дальнейшей интерпретации [34]. Чаще всего для проведения тестирования используют нагрузочные устройства – тредмил или велоэргометр [2, 11, 31, 52].

В настоящее время в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения принята методика прямого определения МПК, которая состоит в том, что испытуемый выполняет физическую нагрузку, мощность которой ступенчато возрастает вплоть до невозможности продолжать мышечную работу.

Величина МПК является одним из важнейших показателей, с помощью которого может быть наиболее точно охарактеризована величина общей физической работоспособности спортсмена (Рис.1) [47, 56]. Как показано на Рис. 1, параметр МПК является интегральным индикатором физической подготовленности спортсменов. Данный показатель зависит как от эффективно-

сти транспорта кислорода в организме, так и его утилизации работающими мышцами.

Информация о МПК особенно важна для того, чтобы корректно оценить функциональное состояние организма спортсменов, тренирующихся на выносливость, или спортсменов, у которых тренировке выносливости придается большое значение. Наблюдения за изменениями МПК у таких спортсменов могут оказать существенную помощь в оценке уровня функциональной готовности организма.

Одна из методик определения МПК с помощью велоэргометра заключается в следующем. После интенсивной (до 50 % от МПК) и длительной (5-10 мин) разминки задается исходная нагрузка в соответствии с полом, возрастом и спортивной специализацией испытуемого. Затем через каждые 3 мин интенсивность нагрузки повышается на 300-400 кгм/мин. Мощность нагрузки повышается до тех пор, пока испытуемый в состоянии продолжать работу.

В настоящее время в большей степени используются протоколы с ступенчатой и непрерывно-возрастающей (РАМП-протоколы) нагрузкой. Длительность ступени задается специалистом и составляет 1 или 2 минуты. Такие тестирования позволяют более корректно оценивать параметры в тестах [9-11, 37, 39].

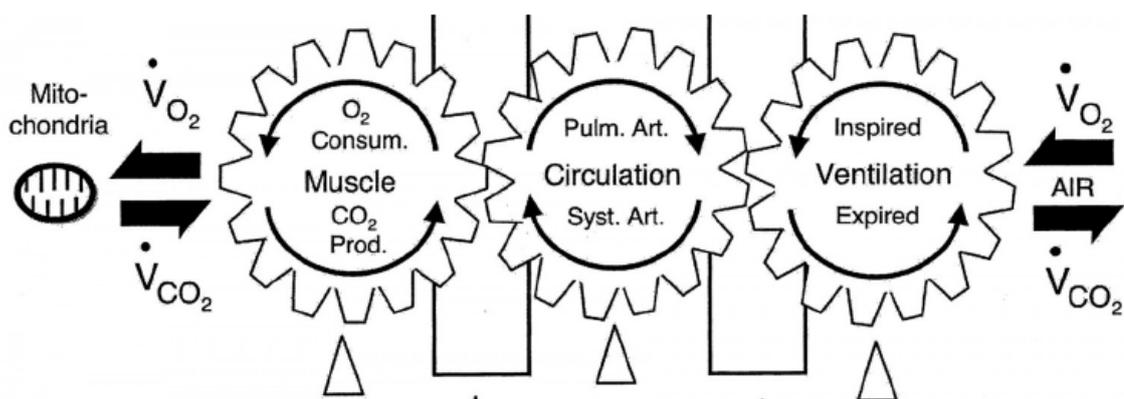


Рисунок 1 – Схема транспорта и утилизации кислорода в организме

При использовании в качестве нагрузочного устройства тредмила возрастание мощности физической нагрузки достигается либо путем ступенчатого увеличения скорости движения полотна, либо путем увеличения угла наклона ее по отношению к горизонтальной плоскости (имитация бега в гору) [2, 6].

Для спортсменов различных возрастов и спортивной специализации существуют нормативные значения для величины МПК (Рис.2).

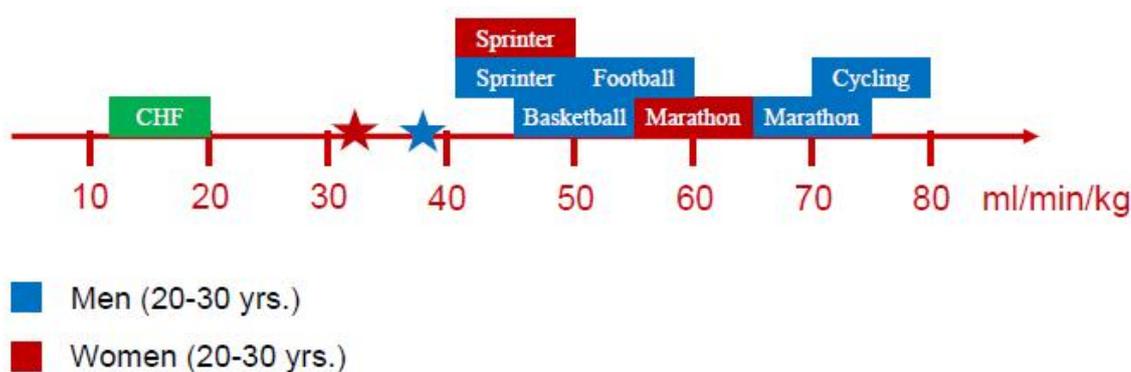


Рисунок 2 – Нормативные значения величины МПК для спортсменов

Считается, что показатель МПК зависит от объема мышечной массы, вовлекаемой в работу при проведении пробы. Например, по данным ряда авторов, если работа выполняется руками, то величина МПК будет ниже действительной; величина МПК, определенная с помощью велоэргометра, несколько ниже, чем при тестировании с помощью тредмила.

Рекомендуется учитывать это обстоятельство при динамических наблюдениях за одним и тем же спортсменом и/или при сравнении уровня МПК у разных спортсменов. Важно учитывать, что сопоставимыми являются величины, полученные с помощью одной и той же методики [2, 56].

При проведении исследований, направленных на определение МПК должно уделяться внимание мотивации. В некоторых случаях, отказ от нагрузки и невозможность продолжения теста не всегда связаны с выполнением спортсменом работы критической мощности, т.е. максимальной нагрузки.

Исследуемый в ходе нагрузочных тестирований, *показатель анаэробного порога (ПАНО)* [20] (Табл.1), наряду с величиной МПК, является индикатором аэробного обмена в организме и играет важную роль в выборе наиболее эффективного вида тренировок, а также выявление синдрома перетренированности у спортсменов.

В ряде исследований было показано, что именно изменение величины ПАНО является более чувствительным, чем самого показателя МПК [15, 56]. Считается, что, тренировка в зоне мощности на уровне порога анаэробного обмена положительно влияет, как на совершенствование физической формы, так и на профилактику сердечнососудистых заболеваний. В кардиологии этот параметр также играет важную роль в оценке аэробных возможностей у пациентов с хронической сердечной недостаточностью, а также при дозировании физических нагрузок у лиц с гипертензией, гиперлипидемией и диабетом.

В таблице 1 приведены изменения уровня лактата в крови, а также особенности энергообеспечения в различных зонах мощности выполняемой работы.

Абсолютным критерием достижения испытуемым кислородного «потолка» является наличие плато на графике зависимости величины потребления кислорода от мощности физической нагрузки. Кроме того, достаточно наглядным является факт замедления прироста потребления кислорода при продолжающемся возрастании мощности физической нагрузки.

Кроме того, используют также косвенные критерии достижения МПК – увеличение содержания лактата в крови свыше 70-80 мг % (более 8-10 ммоль/л), ЧСС при этом достигает 185-200 уд/мин, а дыхательный коэффициент превышает 1,0 [6].

Таблица 1 – Физиологические параметры в соответствии с зонами мощности нагрузки (Fort, 1983 и Rotman, 1985)

Уровень лактата, ммоль/л	% МПК	Зона мощности	Метаболизм
9-27	100 %	Кислородный долг	Некомпенсированный лактатный ацидоз
4-9	≤ 100 %	Анаэробная зона	Частично компенсированный лактатный ацидоз
4	60-90 %	Порог анаэробного обмена	Продукция лактата = утилизация лактата
2-4	60-90 %*	Аэробно-анаэробная зона	Частично анаэробный
2	50-70 %*	Порог аэробного обмена	Строго аэробная энергопродукция

Процедура определения МПК с использованием современных устройств (стационарных и портативных газоанализаторов, регистрирующих концентрацию газового состава выдыхаемого и вдыхаемого воздуха, оснащенными интегрированными пульсометрами для записи и анализа ЧСС на протяжении теста) позволяет регистрировать параметры сердечнососудистой и дыхательной систем [2, 9, 56]. В сочетании с данными о потреблении и транспорте кислорода, эти показатели позволяют получить полное представление о функциональном состоянии кардио-респираторной системы спортсмена. Однако, даже учитывая высокую информативность показателя МПК для тренера и спортивного врача, определение этого показателя имеет ряд недостатков. Во-первых, корректность и точность определения уровня МПК, как уже было отмечено ранее, будет во многом определяться мотивацией испытуемых к выполнению нагрузок критической мощности – около 6 % спортсменов прекращают работу, не достигнув уровня максимальной работы. Что, в свою очередь, приводит к тому, что у величины МПК оказываются заниженными. Это характеризует собой «шум», о котором будет указано далее при рассмотрении общих принципов тестирования [6].

Другим важным недостатком является изнуряющий характер исследования, что часто препятствует проведению тестирования.

Тренеру необходимо также знать, что прямое определение МПК является ответственной процедурой, требующей специального опыта и присутствия медицинского работника. Этот факт крайне важен, так как в настоящее время исследование МПК стало применяться и в педагогической практике.

Принято считать, что принципиальным фактором при планировании тестирования и выборе нагрузочного устройства является специфичность относительно принадлежности к виду спорта у конкретного спортсмена. Большинство авторов руководствуются мнением, что максимальная приближенность условий тестирования к реальным тренировочным и соревновательным условиям, с точки зрения вида мышечной работы, обеспечивает наиболее достоверный результат теста [4, 5, 6]. Однако важно учитывать, что любое нагрузочное устройство лишь «имитирует» реальную нагрузку. В частности, регистрация скорости бега на тредбане, к примеру, соответствующая 20 км/ч является скоростью движения полотна нагрузочного устройства, а не истинной скоростью бега атлета. При этом, ряд исследователей выявил разницу в активации мышц нижних конечностей при использовании нагрузочного устройства в сравнении с бегом в естественных условиях [12, 18, 38, 42]. Кроме того, биомеханический анализ бега в ходе проведения теста многочисленными группами исследователей выявил своеобразную «адаптацию» нижних конечностей к повышению скорости движения бегущей дорожки за счет увеличения длины шага и зачастую «подпрыгивания» атлетов, что невозможно в реальных условиях бега [59].

Важно отметить, что география использования разных видов тестов имеет свою специфику. Так, известно, что тредмилметрия чаще всего используется спортивными врачами и специалистами в сфере спорта в США, а велоэргометрия, как метод тестирования спортсменов, получила большее распространение в странах Европы [9].

Нагрузочное тестирование у спортсменов, наряду с изложенными выше целями, играет важную роль в постановке дифференциального диагноза при наличии той или иной патологии сердечно-сосудистой системы.

Наиболее частые диагнозы, требующие уточнения у лиц, занимающихся профессиональным спортом, это кардиомиопатии (гипертрофическая и аритмогенная кардиомиопатия правого желудочка), нарушения ритма (удлиненный интервал QT, синдром Бругада, полиморфная желудочковая тахикардия), синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта [9, 11].

В частности, при необходимости верифицировать гипертрофическую кардиомиопатию левого желудочка в случаях, когда толщина миокарда по данным эхокардиографии находится в, так называемой, «серой зоне» (12-14 мм), нагрузочное тестирование является дополнительным доступным методом, позволяющим судить о «физиологичности» увеличения массы миокарда и толщины стенки ЛЖ.

Большинство зарубежных спортивных кардиологов ориентируются на пороговое значение достигнутой нагрузки на уровне 120 % от расчетной. Считается, что выполнение нагрузки, превышающей указанный порог от расчетной с учетом возраста и поверхности тела, свидетельствует об отсутствии снижения функционального резерва сердца и, как следствие, в большинстве случаев исключает вероятность наличия КМП. У данных лиц гипертрофия рассматривается, как результат интенсивных тренировок в течение длительного времени, и не требует лечения.

В случае если спортсмен не способен выполнить 120 % от расчетной нагрузки, дальнейшая тактика постановки диагноза включает отказ от тренировок на срок от 2 до 6 месяцев с последующим контрольным эхокардиографическим исследованием в динамике. Снижение толщины миокарда, массы миокарда и индекса массы миокарда расцениваются как благоприятные с прогностической точки зрения маркеры. У данных лиц вносятся корректировки в тренировочный процесс и возможно продолжение спортивной карьеры. В остальных случаях атлеты направляются на дообследование с исполь-

зованием более технологичных дорогостоящих методик (магнитно-резонансная томография, генетическое тестирование и т.д.) с целью постановки диагноза и последующего лечения.

Таким образом, проведение нагрузочных тестирований имеет важность не только с точки зрения оценки функциональной готовности спортсменов и планирования тренировочного процесса, но и состояния здоровья и тактики спортивных врачей в случае обнаружения пограничных с нормой состояния сердечно-сосудистой системы в ходе скрининговых и углубленных медицинских обследований спортсменов.

1.3. Требования к проведению нагрузочных тестирований спортсменов различных квалификаций на современном этапе развития спортивной медицины

К числу общих требований к проведению функциональных проб относят, прежде всего, обеспечение санитарно-гигиенических норм и комфортного микроклимата в помещении для тестирования. Помещение должно соответствовать стандартам, предъявляемым к лабораториям для тестирования спортсменов – иметь достаточную площадь с учетом используемого оборудования, быть хорошо проветрено, температура в нем должна поддерживаться на уровне температуры комфорта. Рекомендованная температура воздуха должна составлять 20-22 °С, а относительная влажность – 50-60 %. В случае выполнения больших и длительных нагрузок, сопровождающихся интенсивным потоотделением, целесообразно испытательную установку, на которой проводится проба, снабдить вентилятором или кондиционером. Кроме того, помещение, в котором проводят исследование (лаборатория, кабинет функциональной диагностики и т.д.), должно быть эстетически хорошо оформлено.

Тестирование должно осуществляться квалифицированным специально обученным медицинским персоналом. Необходимо исключить возникнове-

ние звуковых, световых и других, не относящихся к исследованию сигналов. Обязательно необходимо иметь аптечку первой помощи с препаратами, стимулирующими кровообращение и дыхание. В ряде случаев при проведении проб с физической нагрузкой (особенно максимальной) обязательным требованием к перечню используемого оборудования является наличие автоматического дефибриллятора для возможности своевременного оказания неотложной помощи.

Непосредственно в процессе проведения функциональной пробы необходимо вести протокол тестирования. В протоколе должны быть указаны тип пробы, составляющие и элементы пробы, время их выполнения и временные моменты записи тех или иных показателей, а также применяемая измерительная аппаратура. Протокол пробы окончательно заполняется после расшифровки кривых, характеризующих те или иные физиологические функции, исследованные в процессе тестирования.

Крайне важно перед началом исследования подробно разъяснить подробную инструкцию о его поведении во время проведения функциональной пробы [9, 10, 58]. Невыполнение этого условия будет влиять на результаты тестирования, которые в значительной мере будут зависеть от эмоциональных реакций спортсмена. Чаще всего это может наблюдаться у юных спортсменов. В ряде случаев даже при полученной юными атлетами подробной инструкции первое испытание оказывается недостаточно достоверным. Только после усвоения методики проведения пробы, спортсмен при повторных тестированиях может демонстрировать результаты, реально соответствующие функциональному состоянию его организма.

Обязательным условием для проведения тестирования является заполнение спортсменом специально разработанной формы анкеты с вопросами о наследственных заболеваниях сердечнососудистой системы, наличии каких-либо известных спортсмену отклонений в состоянии здоровья, которые могут служить противопоказанием к проведению тестирования и т.д. Дополнительно каждый исследуемый подписывает информированное согласие на прове-

дение тестирования с физической нагрузкой, в котором прописываются возможные риски, сопряженные с процедурой, а также его права на прекращение тестирования (Приложение 1).

Ранее нагрузочные тестирования в спортивной медицине применялись, преимущественно, для оценки эффективности работы той или иной системы организма. Так, велоэргометрия и тредмилметрия использовались для получения информации о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, пробы с изменением дыхания – для оценки эффективности работы дыхательной системы, ортостатические пробы – для оценки деятельности вегетативной нервной системы и т.д.

Тем не менее, такие подходы к использованию функциональных проб в практике спортивного врача не вполне обоснованы. Это связано с тем, что в значительной степени нейрогуморальные влияния определяют изменения работы той или иной висцеральной системы, связанные с возмущающими воздействиями на организм. Так, к примеру, при оценке пульсовой реакции на физическую нагрузку, нельзя судить, является ли она отражением состояния сердечно-сосудистой системы или обусловлена особенностями вегетативной регуляции сердечной деятельности. Также крайне сложно судить о возбудимости вегетативной нервной системы, применяя пробу с переменной положением тела в пространстве (ортостатическую пробу), оценка которой проводится по данным ЧСС и АД.

Учитывая вышеизложенное, большинство используемых функциональных проб характеризует состояние организма человека в целом, а не только деятельность не одной отдельно взятой системы. Тем не менее, интегральный подход не исключает применения функциональных проб для оценки преимущественной реакции какой-либо отдельной системы в ответ на физическое воздействие [7].

Крайне важно понимать, что обязательным требованием к применяемым входным воздействиям является их количественное выражение их в физических величинах. К примеру, если в качестве входного воздействия ис-

пользуется физическая нагрузка, то мощность ее должна выражаться в ваттах (Вт), кгм/мин и др. [2, 5, 6].

Оценка реакции организма на то или иное входное воздействие ведется по данным регистрации изменения параметров, которые характеризуют деятельность той или иной системы организма. Чаще всего используются наиболее информативные физиологические величины, регистрация которых представляет наименьшие затруднения – пульс / ЧСС (уд/мин), частота дыхания (в мин), легочная вентиляция (л/мин), артериальное давление (систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее) (мм рт.ст.), потребление кислорода (мл/кг/мин) и т.д. [6].

Для того чтобы объективно оценить результаты тестирования необходимо, чтобы полученная информация была выражена в количественных физиологических величинах. С этой целью рекомендуется использовать специальные медицинские измерительные приборы. Так, для измерения ЧСС наиболее корректно регистрировать электрокардиограмму. Однако, использование современных систем регистрации ЧСС, таких как, пульсометры с встроенными датчиками в нагрудные пояса, позволяют регистрировать параметры изменения пульса не только в ходе тестирований, но и в процессе тренировочной деятельности.

Наименее информативной является качественная оценка результатов тестирования характеристики динамики показателей тестирования. В частности, это касается описательной характеристике результатов функциональной пробы (к примеру, «частота пульса быстро восстанавливается» или «частота пульса медленно восстанавливается»). В данном случае, целесообразно указывать скорость восстановления и точные параметры изменения пульсотометрических характеристик на протяжении 5 минут восстановительного периода после нагрузки, либо представление результатов в виде графических данных [4, 8].

Наряду с вышперечисленными сложностями, с которыми врач может столкнуться в ходе проведения функционального тестирования, нельзя забыть

вать о наличии помех («шума»). В данном случае речь идет о таких факторах, как сокращения мышц во время проведения тестирования, что приводит к появлению артефактов на ЭКГ в виде «дрейфа изолинии», ошибках в измерениях АД и т.д. [32]. Очевидно, что чем меньше «шум», тем выше качество тестирования, и наоборот. Стоит отметить, что при проведении тредмилметрии (использование беговой дорожки в качестве нагрузочного устройства) количество подобных «шумов» значительно больше, чем, к примеру, при проведении велоэргометрии (использование велоэргометра в качестве нагрузочного устройства) [25, 29, 35, 57].

Кроме того, при проведении максимальных и субмаксимальных проб с физической нагрузкой, в качестве «шума» также необходимо рассматривать и субъективное отношение исследуемого спортсмена к самому тесту и нагрузке. Очень важна мотивация при проведении максимальных тестов, когда от спортсмена требуется выполнять работу предельной интенсивности или длительности. Так, предлагая испытуемому нагрузку в виде 15-секундного бега на месте в максимальном темпе, никогда нельзя быть уверенным в том, что нагрузка действительно выполняется с максимальной интенсивностью. Это зависит от желания спортсмена развить предельную для себя интенсивность, его настроения и других мотивационных факторов. Минимальное влияние побочных воздействий подтверждается адекватной воспроизводимостью результатов [2, 3, 6].

1.4. Резюме

Используемые в настоящее время варианты нагрузочных тестирований по различным протоколам с использованием разных нагрузочных устройств имеют свои преимущества и недостатки. В предыдущем разделе мы описали сложности получения информативных данных в ходе некоторых видов функциональных тестов. Кроме того, важно указать, что использование специфических тестов, рекомендованных для спортсменов высоких квалифика-

ций, подразумевает сложности интерпретации в силу технико-зависимых мышечных нагрузок. В частности, «плохая» техника выполнения, к примеру, нагрузочного теста на лыжном тредбане или на гребном эргометре, может привести к искажению данных из-за неполноценной либо чрезмерной работы отдельных групп мышц. Кроме того, ряд зарубежных и отечественных авторов [17, 22, 43, 46, 51, 60, 61] отмечает зависимость получаемого результата нагрузочного теста, как от времени и вида протокола исследования, так и разновидности используемого нагрузочного устройства.

При этом, такой тест, как велоэргометрия практически лишен подобных недостатков. Это обусловлено спецификой выполнения нагрузки, а также отсутствия требований к специальным навыкам для проведения тестирования со стороны испытуемого. Нарушение технических требований к выполнению теста практически минимально в сравнении с остальными видами нагрузочных тестирований. В частности, такой вид, как беговой тест на тредбане в большой степени зависит от специальных навыков и техники бега у атлетов [12, 18, 36]. Неправильная постановка стопы или включения необходимых для данного вида физических нагрузок мышц может привести к искажению получаемых данных [44, 45, 54, 55].

Перечисленное выше подтверждает актуальность вопроса и необходимость разработки информативных, доступных методов нагрузочных тестирований спортсменов различных уровней квалификации и специализации. Данный аспект особенно важен как с позиции развития спортивной науки и внедрения новых технологий тестирования, так и постоянно повышающихся требований к функциональной готовности спортсменов. Другими словами, корректная оценка функционального состояния спортсменов с использованием эффективных методов и соответствующих нагрузочных устройств крайне важна для управления спортивной подготовкой спортсменов любых специализаций и всех уровней квалификации.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методы исследования

В ходе проведения исследования был проведен анализ научно-методической литературы (62 источника отечественных и зарубежных авторов) по теме нагрузочных тестирований спортсменов различных уровней квалификаций и специализаций.

Исследование было проведено в научно-исследовательской лаборатории «Технологии восстановления и отбора в спорте» ЦКП Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Для оценки функционального состояния спортсменов и уровня физической работоспособности спортсменов, а также поиска наиболее информативной методики были проведены следующие виды нагрузочных тестирований:

1. Велоэргоспирометрия с использованием системы нагрузочного тестирования Schiller (SCHILLER AG, Швейцария), нагрузочное устройство – велоэргометр, и портативного метаболического газоанализатора Fitmate (COSMED, Италия) по максимальному протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой (RAMP протокол) «до отказа».
2. Тредмилметрия с использованием системы нагрузочного тестирования Schiller (SCHILLER AG, Швейцария), нагрузочное устройство – тредмил, и портативного метаболического газоанализатора Fitmate (COSMED, Италия) по протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой (RAMP протокол) «до отказа».
3. Высокоинтенсивное интервальное тестирование (протокол Табата) с одновременной регистрацией и анализом газообмена для определения потребления кислорода в нагрузке (нагрузочные устройства – велоэргометр Schiller и лыжный эргометр Thorax Trainer).
4. Тестирование по протоколу со ступенчато-повышающейся нагрузкой на гребном тренажере Concept и анализом ЧСС и газообмена.

5. Вингейт-тест при педалировании руками (с использованием ручного эргометра Top Bike Excite (TechnoGym, Италия)) и ногами (с использованием велоэргометра Peak Bike 894E (Monark, Швеция)).

Используемые протоколы тестирований были разработаны с учетом международных рекомендаций для проведения нагрузочных тестирований [1, 2, 4]. При проведении тестирований для объективной оценки полученных данных, а также минимизации риска угрожающих жизни состояний использовали 10-балльную шкалу утомления Борга [16, 49] (модифицированный вариант) (Приложение 3). Кроме того, эта шкала применялась для наиболее точного определения момента наступления порога анаэробного обмена (вентиляционный порог) [21]. Косвенно при достижении мощности нагрузки, когда регистрировали момент времени, при котором испытуемый оценивал тяжесть нагрузки на уровне 5 («тяжелая» по 10-балльной шкале Борга), можно было судить об окончании переходного периода с аэробно-анаэробного обеспечения мышечной деятельности на анаэробный. Причем наибольшее «приближение» момента времени вентиляционного порога к моменту времени достижения максимального потребления кислорода свидетельствовало о большем аэробном потенциале, физической работоспособности и тренированности у спортсмена.

Для корректного сопоставления результатов тестирований спортсмены были протестированы в течение одного месяца. Между тестированиями атлетам был предоставлен двухдневный перерыв. Тестирования проводились примерно в одно и то же время дня, при одинаковых лабораторных условиях (температура в помещении – 20-21 °С, относительная влажность воздуха – 50-60%). Кроме того, обязательным условием проведения тестирований являлось отсутствие тренировок накануне исследования (за 24-48 часов), достаточная гидратация, а также прием пищи не позднее, чем за 4 часа до теста (для предотвращения состояний гипогликемии на фоне нагрузки).

2.1.1. Велоэргоспирометрия

Нагрузочное тестирование с использованием велоэргометра (Рис. 3) проводилось по максимальному протоколу («до отказа») с непрерывно возрастающей нагрузкой – РАМП-протокол, разработанному в соответствии с международными рекомендациями ACC/АНА 2002 Guidelines update for exercise testing, 2006 [ACC/АНА].



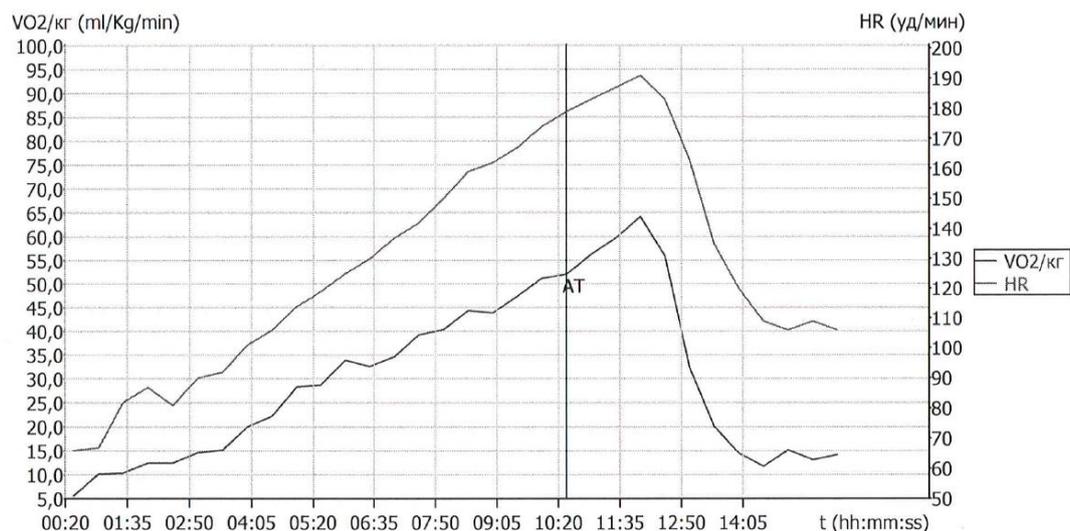
Рисунок 3 – Пример тестирования спортсмена на велоэргометре Schiller Ergosana в максимальном тесте с непрерывно возрастающей нагрузкой

Испытуемому предлагалось выполнять работу на велоэргометре с частотой педалирования на уровне 80 оборотов в минуту. Тест начинался с 1 минуты разминки (без нагрузки), со 2ой минуты непрерывное увеличение нагрузки составляло 40 Ватт в минуту (1 Ватт/1,5 с). На протяжении всего теста, начиная с первой минуты регистрировались основные физиологические

параметры организма: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), легочная вентиляция (МВЛ, л/мин), частота дыхания (ЧД, 1/мин), потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин), сатурация кислорода (%). Кроме того, используемое нагрузочное устройство позволяло непрерывно мониторировать величину достигнутой мощности – абсолютную (Р, Вт), относительную (Р/кг, Вт/кг) их максимальные значения (P_{max} , Вт и $P_{max}/кг$, Вт/кг).

Тест считался максимальным при выполнении следующих условий: существенное падение каденса вследствие невозможности нижних конечностей поддерживать заданную скорость из-за критического накопления молочной кислоты в мышцах, регистрация объективных абсолютных и относительных критериев остановки теста. К числу последних относятся достижение максимально допустимого с учетом возраста пульса, появление признаков утомления нервной и сердечно-сосудистой системы, резкое увеличение одышки, выраженные изменения цвета кожных покровов, жалобы исследуемого и т.д.

По завершению теста анализировались также параметры ЧСС на мощности 170 Вт, на уровне порога аэробного и анаэробного обменов (Рис. 4), на протяжении 5 минут восстановительного периода после нагрузки.



Итог							
t	VO2/kg	VE	Rf	HR	VO2	EE	Нагрузка
hh:mm:ss	ml/Kg/min	l/min	b/min	уд/мин	ml/min	Kcal/чвс	watt
Пиковые значения							
00:12:00	64,2	176,6	62	191	4236	1271	396
Анаэробный порог							
00:10:30	52,1	107,3	30	179	3439	1032	338

Рисунок 4 – Пример результатов нагрузочного тестирования на велоэргометре

Используемый протокол был рассчитан таким образом, чтобы продолжительность нагрузочной части теста составляла не более 10 минут, что обусловлено известными данными о достоверно более низких достигаемых значениях МПК и мощности при увеличении длительности теста более 12 минут. В среднем, продолжительность теста составляла от 5 до 10 минут в зависимости от специализации, уровня квалификации и спортивного стажа атлетов.

2.1.2. Тредмилспирометрия

Нагрузочное тестирование с использованием системы Schiller (SCHILLER AG, Швейцария), нагрузочное устройство – тредмил, и портативного метаболического газоанализатора Fitmate PRO (COSMED, Италия) (Рис. 5) по протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой (РАМП-протокол) «до отказа».

Разминочная скорость составила 6 км/ч, начальная скорость тестирования 10 км/ч, увеличивается непрерывно на 1 км/ч/мин. Используемый в данном случае именно РАМП-протокол, в отличие от ступенчатого, позволил корректно оценивать порог анаэробного и аэробного обмена, а также ЧСС на уровне ПАНО и АЭП. Тестирование на тредмиле проводилось с одновременной регистрацией ЭКГ, что позволяет объективно оценивать реакцию сердечно-сосудистой системы на повышающуюся нагрузку, а также оценивать утилизацию кислорода миокардом.

Как уже было описано выше в случае проведения ВЭМ, на протяжении всего теста, начиная с первой минуты регистрировались основные физиологические параметры организма: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), легочная вентиляция (МВЛ, л/мин), частота дыхания (ЧД, 1/мин), потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин), сатурация кислорода (%). В отличие от теста на велоэргометре, в случае использования тредмила в качестве нагрузочного устройства, оценивалась скорость ходьбы/бега во время теста.

Мощность выполняемой нагрузки оценивалась в единицах метаболического показателя (METs).

Метаболический эквивалент (METs) – это показатель, который косвенно отражает активность метаболических процессов в организме с помощью расчета уровня потребления кислорода при заданной нагрузке. За исходную величину (1 METs) принят уровень потребления кислорода в покое. При увеличении нагрузки метаболизм (потребление кислорода) возрастает, таким образом, количество METs также возрастает. Расчет выполняемой работы производится по формуле (1):

$$1 \text{ METs} = 3,5 \text{ мл } O_2 / \text{мин} / \text{кг веса тела} \quad (1)$$



Рисунок 5 – Пример тестирования спортсмена на тредмиле Schiller с газоанализом по максимальному протоколу

Большинство современных систем, включая использованную нами для проведения пробы стресс-систему, производят автоматический расчет ожидаемой нагрузки. При этом во время теста в рабочем окне программы отображается текущая нагрузка, а в окончательной таблице выводится конечный результат – максимально достигнутая нагрузка (METs), а также процент от расчетной нагрузки с учетом индивидуальных параметров спортсмена (возраст, рост, вес).

В ходе проведения нагрузочного тестирования были определены следующие параметры: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое артериальное давление (САД, мм), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт.ст.). Все параметры регистрировались до нагрузки, на каждой ступени нагрузки, сразу после нагрузки и на каждой из пяти минут восстановительного периода.

На основании проведенных измерений были рассчитаны показатели резервных возможностей сердца: хронотропный резерв (ХР, уд/мин) – разница между максимальным и исходным значением ЧСС; индекс хронотропного резерва – отношение прироста ЧСС при дозированной физической нагрузке к исходному; инотропный резерв (ИР, мм рт.ст.) – разница между максимальным давлением; двойное произведение (ДП, уд/м-мм рт.ст.) ($ДП = ЧСС \times САД / 100$) в покое и при максимальной нагрузке; прирост ДП (уд/м-мм рт.ст.), $ДП \text{ прирост} = ДП \text{ нагрузки} - ДП \text{ покоя}$ (уд/мин-мм рт.ст.).

Показатель прироста ДП отражает качество мобилизационного ответа сердечно-сосудистой системы на нагрузку, и может быть использован для косвенного суждения об «экономизации функций» при увеличении максимальной аэробной возможности обменных процессов в миокарде.

Показатели ХР, ИР, ДП нагрузки и прироста ДП были выбраны в качестве параметров, отражающих функциональный резерв спортсменов. Это основано на том, что по способу вычисления ХР, ИР, прирост ДП характеризуют абсолютную и относительную разницу между частотой сердечных сокращений и АД в состоянии покоя и в условиях навязанной нагрузки. Таким образом, чем больше величина этих показателей, тем менее экономично сердечно-сосудистая система реагирует на физическую нагрузку, то есть, тем меньше адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы при возрастающей нагрузке.

Критериями прекращения теста являлись: невозможность поддерживать заданную скорость из-за критического накопления молочной кислоты в мышцах, регистрация объективных абсолютных и относительных критериев остановки теста – достижение максимально допустимого с учетом возраста пульса, появление признаков утомления нервной и сердечно-сосудистой системы, резкое увеличение одышки, выраженные изменения цвета кожных покровов, жалобы исследуемого и т.д.

2.1.3. Высокoинтенсивное интервальное тестирование на лыжном тренажере ThoraxTrainer

Высокoинтенсивное интервальное тестирование с использованием лыжного тренажера ThoraxTrainer (Дания), имитирующего классический лыжный ход (Рис. 6). Применяли протокол Табата – 8 ускорений по 20 секунд с интервалами отдыха по 10 секунд с одновременной регистрацией ЧСС и анализом газообмена для определения потребления кислорода в нагрузке. Общая продолжительность теста (с интервалами отдыха) составляла 4 минуты. До тестирования спортсменам была рекомендована разминка в течении 2-3 минут без отягощения на лыжном тренажере.



Рисунок 6 – Пример тестирования спортсмена по протоколу Табата с газоанализом на лыжном тренажере ThoraxTrainer

В ходе проведения теста, начиная с первой минуты регистрировались: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), легочная вентиляция (МВЛ, л/мин), частота дыхания (ЧД, 1/мин), потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин), сатурация кислорода (%).

По завершению теста оценивались параметры мощности отталкивания ($P_{\text{отталкивания}}$, Вт), как на протяжении всего теста – на каждой ступени, так и максимальных значений, а также пройденной дистанции (км) на каждом отрезке и суммарно во всем тесте.

2.1.4. Нагрузочное тестирование на гребном тренажере

При проведении тестирования гребцов (Рис. 7) использовали гребной тренажер Concept (Модель Е, Concept 2, США) и метаболический газоанализатор Fitmate PRO (COSMED, Италия). Применяли специально разработанный протокол тестирования со ступенчато-возрастающей нагрузкой. Начальная нагрузка задавалась самим спортсменом на уровне 100 Вт. Затем спортсмену было рекомендовано в конце каждой минуты увеличивать мощность нагрузки на 50 Вт. Тест проводился до достижения критериев отказа от работы и невозможности продолжать тестирование на уровне заданной мощности для данной ступени.

На протяжении всего теста, начиная с первой минуты (разминки) оценивались: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), легочная вентиляция (МВЛ, л/мин), частота дыхания (ЧД, 1/мин), потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин), сатурация кислорода (%), мощность нагрузки на каждой ступени – абсолютная (P , Вт), относительная ($P/\text{кг}$, Вт/кг) их максимальные значения (P_{max} , Вт и $P_{\text{max}}/\text{кг}$, Вт/кг).



Рисунок 7 – Пример тестирования спортсмена на гребном тренажере Concept 2 с газоанализом и регистрацией ЧСС

Тест считался максимальным при выполнении следующих условий: существенное падение каденса и отказ от продолжения работы, регистрация объективных абсолютных и относительных критериев остановки теста. К числу последних относятся достижение максимально допустимого с учетом возраста пульса, появление признаков утомления нервной и сердечно-сосудистой системы, резкое усиление одышки, выраженные изменения цвета кожных покровов, жалобы исследуемого и т.д.

На рис. 8 приведены графики определения вентиляционных порогов с использованием программно-аппаратного обеспечения прибора FitMate PRO. В нашем случае, резкий прирост ЧСС во время теста с одновременным увеличением показателя VE/VO_2 (соотношение объема кислорода в общем дыхательном объеме) свидетельствовало о переключении зон энергетической мощности работы (порог аэробного обмена и порог анаэробного обмена).

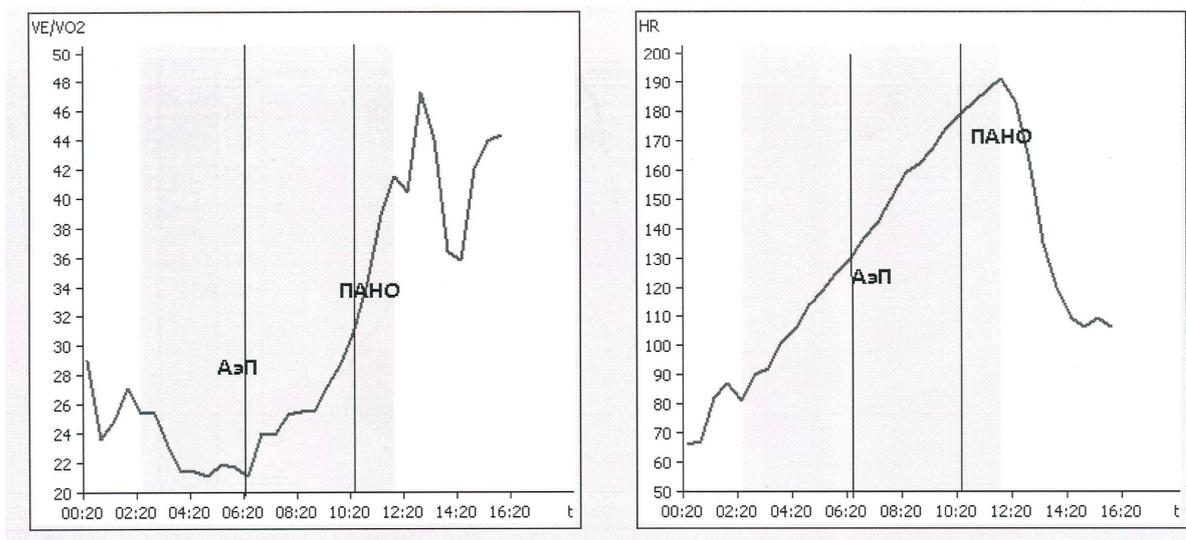


Рисунок 8 – Определение аэробного и анаэробного порогов с помощью соотношения дыхательных показателей VE/VO_2 и пульсовой кривой

2.1.5. Вингейт-тест

Стандартная продолжительность Вингейт-теста составляет 30 секунд, данная методика используется в большей степени для оценки анаэробных способностей.

В нашем исследовании Вингейт-тест позволил оценить вклад аэробных механизмов энергообеспечения при предельных физических нагрузках. Использовались ручной эргометр Technogym Top Bike (Technogym, Италия) и велоэргометр Anaerobic Ergometer 894E Peak Bike (Monark, Швеция) (Рис. 9) в качестве нагрузочных устройств. Кроме того, для оценки потребления кислорода также использовали портативный газоанализатор Fitmate PRO (COSMED, Италия).

Перед началом тестирований проводили калибровку оборудования для газоанализа (метаболограф FitmatePRO) под каждого спортсмена индивидуально. Старт теста запускался после устойчивой стабилизации показателя потребления кислорода на уровне $\leq 3,5$ мл/кг/мин (1 MET).

Так как тестирование проводилось с использованием метаболографа и датчика ЧСС, на протяжении 30 секунд теста оценивались:

- частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин),
- легочная вентиляция (МВЛ, л/мин),
- частота дыхания (ЧД, 1/мин),
- потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин),
- сатурация кислорода (%),
- мощность нагрузки абсолютная (P, Вт),
- относительная (P/кг, Вт/кг) их максимальные (P_{max} , Вт и $P_{max}/кг$, Вт/кг) и средние значения (AP, Вт и AP/кг, Вт/кг).

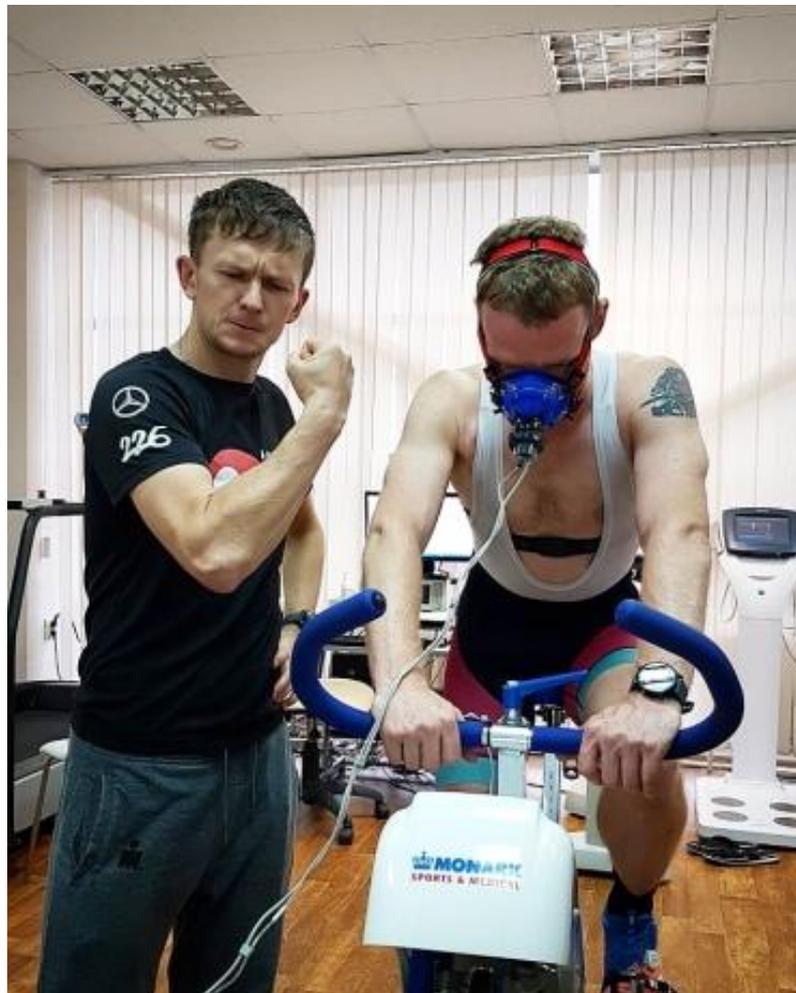


Рисунок 9 – Пример тестирования спортсмена методом Вингейт-теста на велоэргометре Peak Bike Monark с газоанализом

2.1.6. Статистический анализ данных

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакетов программ «Excel» (Microsoft Office 2007) и SPSS Statistics 23.0 (IBM). Для описания исследуемых и характеристики групп рассчитывали среднее (M), стандартное отклонение (SD), минимальные и максимальные значения показателей (min-max).

Нормальность распределения признака и однородности дисперсии в выборках оценивали с использованием теста Шапиро-Уилкса. Сопоставление результатов проведено на основе параметрического метода (t-критерий Стьюдента для независимых выборок) и непараметрического метода статистики (U-критерий Манна-Уитни). Для сопоставления результатов тестирования и выявления отличий между полученными данными проводили сравнительный анализ с использованием параметрического и непараметрического критериев Стьюдента и U-критерия Манна-Уитни. Для выявления возможных взаимосвязей между измеряемыми параметрами в ходе тестирований был проведен корреляционный анализ с вычислением коэффициентов корреляции по Пирсону и Спирмену, а также коэффициентов уравнений линейной и нелинейной регрессии.

Различия и корреляции считали достоверными при $p < 0,05$.

2.2. Группа исследования

В исследовании приняли участие 30 спортсменов в возрасте от 14 до 35 лет. С учетом спортивной специализации были сформированы 4 группы спортсменов. Первую группу составили 12 успешных триатлетов-любителей, регулярно принимающих участие в международных соревнованиях (средний возраст $34,9 \pm 3,4$ лет, рост $180,2 \pm 7,01$ см, вес $75,1 \pm 7,5$ кг). Вторая группа была представлена квалифицированными лыжниками-гонщиками, членами сборной Свердловской области по лыжным гонкам ($n = 5$, средний возраст

15,2±1,3 лет, рост 175,4±9,1 см, вес 63,5±11,6 кг). В третью группу вошли 7 бойцов смешанных единоборств мужского пола в возрасте 25,2±4,8 лет (средний рост 180,3±3,6 см, вес 81,7±10,3 кг). Исследуемые четвертой группы – члены сборной по академической гребле Свердловской области (n = 6), трое из которых являлись членами сборной РФ (средний возраст 24,3±4,7 лет, вес 70,3±5,2 кг, рост 178,2±7,4 см).

Все спортсмены были проинформированы о целях исследования, методах тестирования, противопоказаниях и возможных осложнениях перед тем, как у них было получено письменное информированное согласие на участие в эксперименте и дальнейшем опубликовании полученных данных. На момент тестирований все исследуемые не имели каких-либо острых или хронических патологий со стороны сердечно-сосудистой, нервной или мышечной систем, и были допущены к тренировочной и соревновательной деятельности. По данным врачебных наблюдений у участников эксперимента отсутствовали медицинские противопоказания к нагрузочным тестированиям. Предпринятое исследование соответствует принципам Хельсинской Декларации Всемирной Организации Здравоохранения.

2.3. Организация исследования

Исследование проводилось в научно-исследовательской лаборатории «Технологии восстановления и отбора в спорте» ЦКП УрФУ на базе Института физической культуры, спорта и молодежной политики.

Группы исследуемых спортсменов были сформированы с учетом спортивной специализации. Тестирования проводились в подготовительном периоде подготовки атлетов. Важным условием проведения нагрузочных тестов было наличие, как минимум, одного дня отдыха перед исследованием для получения наиболее достоверных результатов. Кроме того, учитывая тот факт, что протоколы тестов подразумевали максимальную нагрузку (проведения тестирования до отказа от работы), между каждым тестированием так-

же было рекомендовано не менее 1-2 дней отдыха. То есть, каждая из групп тестировалась в течение одной недели с достаточным временем отдыха между тестированиями.

Перед проведением исследований каждый спортсмен был подробно проинструктирован о методике тестирования, регистрируемых параметрах во время теста, правилах безопасности при проведении теста. Каждым из атлетов были получены рекомендации о необходимости сообщать о возникновении тех или иных симптомов, включая резкую слабость, затруднение дыхания, головокружение и т.д. Персонал, осуществлявший нагрузочные тестирования внимательно наблюдал за исследуемыми и при появлении каких-либо симптомов, являющихся индикаторами прекращения теста по медицинским показаниям, тестирования прекращались.

Обязательным условием проведения тестирования был прием пищи не менее, чем за 2 часа и не более чем за 4 часа до тестирования. Это было обусловлено изнуряющим характером работы в тесте и выполнением нагрузки до предела физических возможностей. Важно было исключить возможное развитие гипогликемии на максимуме нагрузки и потери сознания, связанной с этим состоянием. Все спортсмены были обеспечены необходимым количеством жидкости (питьевой воды) после проведения тестирований.

Помещения, в которых проводились исследования, были хорошо подготовлены и оборудованы, соответствовали санитарно-гигиеническим требованиям. Была обеспечена эффективная система вентиляции и кондиционирования лаборатории. Температура и влажность воздуха соответствовала требованиям для проведения нагрузочных тестирований спортсменов, учитывая международные рекомендации Российского, Европейского и Американского кардиологических сообществ.

В соответствии с требованиями ВОЗ и международными стандартами АСС/АНА, лаборатория была оснащена исправным дефибрилятором Zoll AED Pro (Zoll, США) для оказания первой доврачебной помощи исследуемым в случае возникновения необходимости.

Персонал, проводивший исследования был обучен основам доврачебной помощи и реанимации при остановке сердца и потери сознания.

ГЛАВА 3. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИН- ФОРМАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

3.1. Сравнительный анализ процедур тестирования

Основные характеристики вышеописанных методик тестирования приведены в табл.2. Как видно из данных таблицы, при проведении всех тестов были получены данные как о реакции организма на нагрузку, так на параметры используемой нагрузки в ходе теста (максимально достигнутая мощность в случае ВЭМ и тестирования на гребном тренажере, максимальная мощность отталкивания на лыжном тренажере, а также максимальная скорость при проведении тредилметрии).

Таблица 2 – Характеристики методик тестирования спортсменов и основных регистрируемых параметров в тестах

Показатели	Велоэргоспирометрия	Тредмилметрия	Тестирование на лыжном тренажере	Тестирование на гребном тренажере
Параметры кардиореспираторной системы	МПК, мл/кг/мин ЧСС, уд/мин МВЛ, л/мин ЧД, в мин ПАНО (ЧСС и %МПК) АэП (ЧСС)	МПК, мл/кг/мин ЧСС, уд/мин МВЛ, л/мин ЧД, в мин ПАНО (ЧСС и % МПК) АэП (ЧСС)	МПК, мл/кг/мин ЧСС, уд/мин МВЛ, л/мин ЧД, в мин	МПК, мл/кг/мин ЧСС, уд/мин МВЛ, л/мин ЧД, в мин ПАНО (ЧСС и %МПК) АэП (ЧСС)
Время теста	До отказа (8-12 мин)	До отказа (8-12 мин)	Продолжительность теста: 4 мин	До отказа (8-10 мин)
Параметры нагрузки	Р, Вт Р _{макс} , Вт Р _{макс} /кг, Вт/кг	V (тредмил), км/ч V _{макс} , км/ч	Р _{отталкивания} , Вт Дистанция, км	Р, Вт Р _{макс} , Вт Р _{макс} /кг, Вт/кг Частота (гребки), п/мин

Примечания: МПК – максимальное потребление кислорода, ЧСС – частота сердечных сокращений, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ЧД – частота дыхания, ПАНО – по-

рог анаэробного обмена, АЭП – порог аэробного обмена, $P_{\text{макс}}$ – максимальная достигнутая мощность, V – скорость движения полотна тредмила, $V_{\text{макс}}$ – максимальная достигнутая скорость, $P_{\text{отталкивания}}$ – мощность за одно отталкивание.

Обращает на себя внимания то, что в максимальных тестах (до отказа) была возможность проанализировать большее количество показателей, следовательно данные тесты были более информативными с точки зрения управления тренировочным процессом спортсменов.

Стоит также отметить, что использование велоэргометрии имело ряд преимуществ по сравнению с нагрузочным тестированием с использованием тредмила. В частности, при необходимости регистрации ЭКГ нагрузки, велоэргометрия позволяла получить лучшее качество ЭКГ. В большинстве случаев корректной записи ЭКГ при работе на тредмиле препятствовал дрейф изолинии вследствие активно сокращающихся мышц при движении.

Велоэргометрия по сравнению с другими видами тестирований отличается простотой создания РАМП-протоколов (непрерывно возрастающая нагрузка) в тесте, возможностью количественно оценить выполненную работу (достижение пиковой мощности, падение мощности, частота педалирования и т.д.).

Кроме того, при необходимости (по просьбе тренерского штаба или самого спортсмена) измерения уровня лактата или других биохимических показателей крови в ходе тестирования велоэргометрия является наиболее приемлемым видом тестирования в силу своих технических особенностей.

К другим преимуществам велоэргометрии в сравнении с тестами при использовании других нагрузочных устройств стоит отнести также доступность нагрузочного устройства, меньшие требования к размеру помещения для проведения тестирования, безопасность, мобильность и возможность проведения теста в положении лежа (специальный вид велоэргометров).

3.2. Результаты сравнительного анализа данных тестирований

Для того, чтобы сопоставить данные, полученные в ходе тестов и, таким образом, оценить информативность и эффективность методик тестирований с использованием различных нагрузочных устройств, далее был проведен сравнительный анализ. В табл. 3 приведены результаты сравнительного анализа велоэргометрии и тредмилметрии у триатлетов.

Как видно из данных, представленных в табл. 3, достоверных отличий в максимальных значениях потребления кислорода, дыхательных показателях, а также процессах восстановления после обоих видов тестов у атлетов не было выявлено.

Таблица 3 – Сравнительный анализ результатов велоэргометрии и тредмилметрии у триатлетов (M±SD)

Параметры	Велоэргометрия	Тредмилметрия	P
МПК, мл/кг/мин	56,32±6,7	57,7±4,7	0,27
ЧД, 1/мин	54,4±11,3	56,5±9,4	0,45
МВЛ, л/мин	153,7±25,8	147,7±18,3	0,14
ЧСС _{макс} , уд/мин	178,3±9,8	182±9,3	0,16
ЧСС ПАНО, уд/мин	162±11,5	166,4±8,8	0,14
ЧСС 1 мин восст, уд/мин	154,9±14,2	161,5±13	0,13
ЧСС 2 мин восст, уд/мин	136±11,4	133±13,9	0,3
ЧСС 3 мин восст, уд/мин	126±11,2	122±9,9	0,15
% ПАНО	79,6±12,3	77,3±5,9	0,45

Пояснения: МПК – максимальное потребление кислорода, ЧД – частота дыхания, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ЧСС – частота сердечных сокращений, ПАНО – порог анаэробного обмена, различия достоверны при $p < 0,05$.

Обращает на себя внимание тот факт, что такие показатели, как МПК, вентиляционный порог (% ПАНО), а также ЧСС на уровне ПАНО и максимальные значения ЧСС достоверно не отличались при выполнении работы на разных нагрузочных устройствах. Эта информация крайне важна для тренера, так как позволяет определять пульсовые зоны нагрузки корректно при использовании обоих видов нагрузочных устройств.

Далее был предпринят сравнительный анализ тестирования лыжников-гонщиков методом велоэргометрии по максимальному РАМП-протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой и с использованием тренажера Thorax-Trainer по протоколу высокоинтенсивного интервального тестирования (Табл. 4).

Таблица 4 – Сравнительный анализ результатов ВЭМ и тестирования на лыжном эргометре у лыжников-гонщиков ($M \pm SD$)

Параметры	Велоэргометрия	Thorax-trainer НПТ-тест	Р
МПК, мл/кг/мин	56,7±6,3	53,7±7,7	0,28
ЧД, 1/мин	57,8±9,1	71,8±15	0,06
МВЛ, л/мин	128,2±37	127,4±41,6	0,49
ЧСС _{макс} , уд/мин	184,4±15,9	181,2±19,7	0,39
ЧСС 1 мин восст, уд/мин	150,4±20,3	151±26,7	0,48
ЧСС 2 мин восст, уд/мин	122,2±19,7	137±14,8	0,12
ЧСС 3 мин восст, уд/мин	126,5±3,5	-	-

Пояснения: МПК – максимальное потребление кислорода, ЧД – частота дыхания, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ЧСС – частота сердечных сокращений, различия достоверны при $p < 0,05$.

Как видно из полученных данных, нами не были обнаружены достоверные отличия основных регистрируемых параметров в ходе тестирований. В частности, ответ кардио-респираторной системы на нагрузку в обоих тестах достоверно не отличался. Об этом свидетельствовали как максимальные значения ЧСС, дыхательных показателей (максимальная вентиляция легких, частота дыхания), так и характеристики ССС в 3х минутном восстановительном периоде после теста. Обращает на себя внимание также и отсутствие отличий максимальных значений потребления кислорода при нагрузке в тестах. Выявленные нами факты (табл. 3) имеют особую ценность для тренеров и медицинского персонала спортсменов при проведении врачебно-педагогических наблюдений и оценки тренированности.

В силу объективных технических сложностей воссоздания реальных условий физической нагрузки использование любых эргометров, кроме вело-эргометра, дает искаженный результат нагрузочного тестирования.

Дополнительно, был проведен сравнительный анализ данных, полученных в ходе тестирования бойцов ММА в Вингейт-тесте руками и ногами (Табл. 5).

Таблица 5 – Сравнительный анализ результатов тестирования бойцов смешанных единоборств в Вингейт-тесте руками и ногами (M±SD)

Параметры	Вингейт-тест ногами	Вингейт-тест руками	Р
МПК, мл/кг/мин	40,7±6,4	34,8±1,34	0,09
МВЛ, л/мин	111,8±25,5	114±25,5	0,6
МВЛ/кг, л/мин/кг	1,37±0,3	1,4±0,3	0,54
ЧСС _{макс} , уд/мин	157,6±15,8	158,6±13,2	0,82
ЧСС 1 мин восст, уд/мин	147,14±18	153,5±7,9	0,54
РР, Вт	797,2±99,9	614±122	0,003
РР/кг, Вт/кг	11,3±1,6	7,6±1,2	0,0001
АР, Вт	638,2±94,5	477±90,3	0,0001
АР/кг, Вт/кг	7,9±0,6	6,1±0,9	0,001

Пояснения: МПК – максимальное потребление кислорода, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ЧСС – частота сердечных сокращений, РР – максимальная мощность, АР – средняя мощность, различия достоверны при $p < 0,05$.

Как видно из данных таблицы, максимальные и относительные силовые показатели в тесте достоверно отличались, что логично, так как эти данные в большей степени зависят от объема мышечной массы, вовлекаемой в работу. Тем не менее, при проведении короткого 30-секундного, принятого за стандартное тестирование анаэробных способностей (Вингейт-тест), уровень потребления кислорода повышался, причем достоверных отличий при педалировании руками и ногами не было выявлено. Также достоверно не отличались и значения максимальной ЧСС в тесте и 1 мин восстановления.

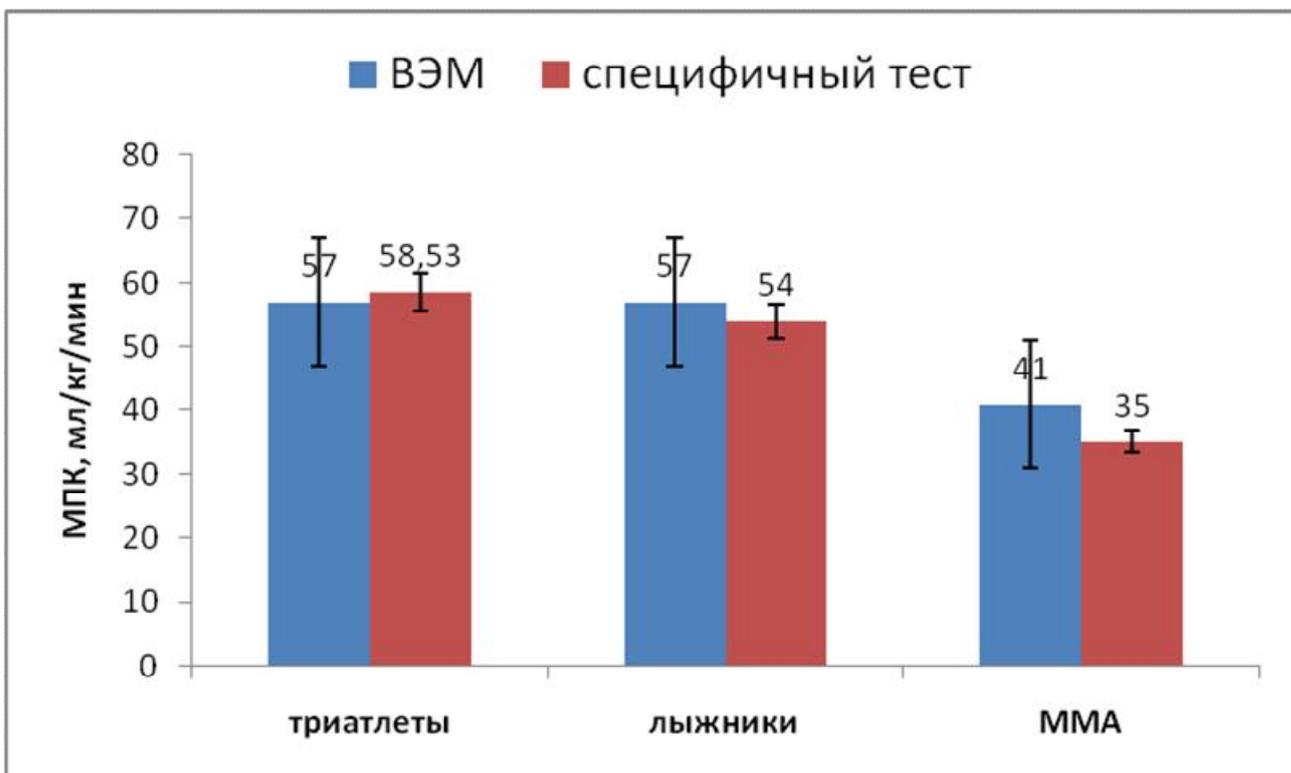


Рисунок 10 – Сравнительный анализ значений МПК у спортсменов

Представленные на рис. 10 результаты сравнительного анализа специфических тестирований и ВЭМ в группах триатлетов, лыжников и бойцов ММА, наглядно демонстрируют, что достоверных отличий в параметре МПК при проведении специфических тестов для избранного вида спорта и стандартной велоэргометрии по максимальному РАМП протоколу не было обнаружено.

Сопоставление данных, полученных в ходе тестирования гребцов высокой квалификации методом велоэргоспирометрии по максимальному РАМП протоколу и максимального тестирования по ступенчатому протоколу на гребном тренажере Concept, представлено в таблице 6.

Оба теста проводились с одновременной регистрацией газоанализа и частоты сердечных сокращений, что позволило выявить особенности реакции организма на возрастающую нагрузку.

Таблица 6 – Сравнительный анализ результатов велоэргометрии и нагрузочного тестирования на гребном тренажере у гребцов (M±SD)

Параметры	Велоэргометрия	Тест на Concept	P
МПК, мл/кг/мин	65,9±5,05	67,26±4,3	0,34
ЧД, 1/мин	63,24±7,77	56,44±17,97	0,23
МВЛ, л/мин	168,92±23,5	126,78±67,5	0,11
ЧСС _{покоя} , уд/мин	88,6±17,86	74,33±15,15	0,20
ЧСС 150 Вт, уд/мин	135,67±17,13	130,83±15,84	0,31
ЧСС 200 Вт, уд/мин	143±17,27	146±16,35	0,38
ЧСС 300 Вт, уд/мин	165,2±10,03	168,3±10,9	0,32
ЧСС _{макс} , уд/мин	181,2±5,42	177,5±6,69	0,16
ЧСС ПАНО, уд/мин	172±7,35	172,8±9,15	0,43
ЧСС 1 мин восст, уд/мин	155,33±4,63	133,3±44,15	0,13
ЧСС 2 мин восст, уд/мин	127,5±5,5	132,8±10,5	0,16
ЧСС 3 мин восст, уд/мин	119,4±5,8	124,5±6,36	0,18
% ПАНО	83±4,05	82,5±3,11	0,42
P _{макс} , Вт	405,33±61,64	429,5±76,96	0,28
P _{макс} /кг, Вт/кг	5,75±0,5	6,01±0,74	0,19

Примечания: МПК – максимальное потребление кислорода, ЧД – частота дыхания, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ЧСС – частота сердечных сокращений, ПАНО – порог анаэробного обмена, различия достоверны при $p < 0,05$.

Как видно из полученных данных, средние значения параметров, измеренных в тесте, не имели достоверных отличий. Особенно обращает на себя внимание как отсутствие значимых отличий в максимальных значениях потребления кислорода, максимально достигнутой мощности (абсолютных и относительных значений), вентиляционного порога (% ПАНО), а также пульсовых данных в обоих тестах.

На графиках, приведенных на рис. 11-16, представлены данные реакции сердечно-сосудистой системы (динамика ЧСС) на возрастающую нагрузку с использованием нагрузочных устройств – велоэргометра и гребного тренажера Concept.

Хорошо видно, что у всех спортсменов-ребцов прирост пульса в обоих вариантах тестирования не имел существенных различий. Кривые увеличения пульса в большинстве случаев различались лишь с небольшими отклонениями. Данный факт указывает на то, что реакция сердца и сосудов на максимальную физическую нагрузку с непрерывным увеличением до отказа от работы не имеет существенных различий при работе различных мышечных групп.

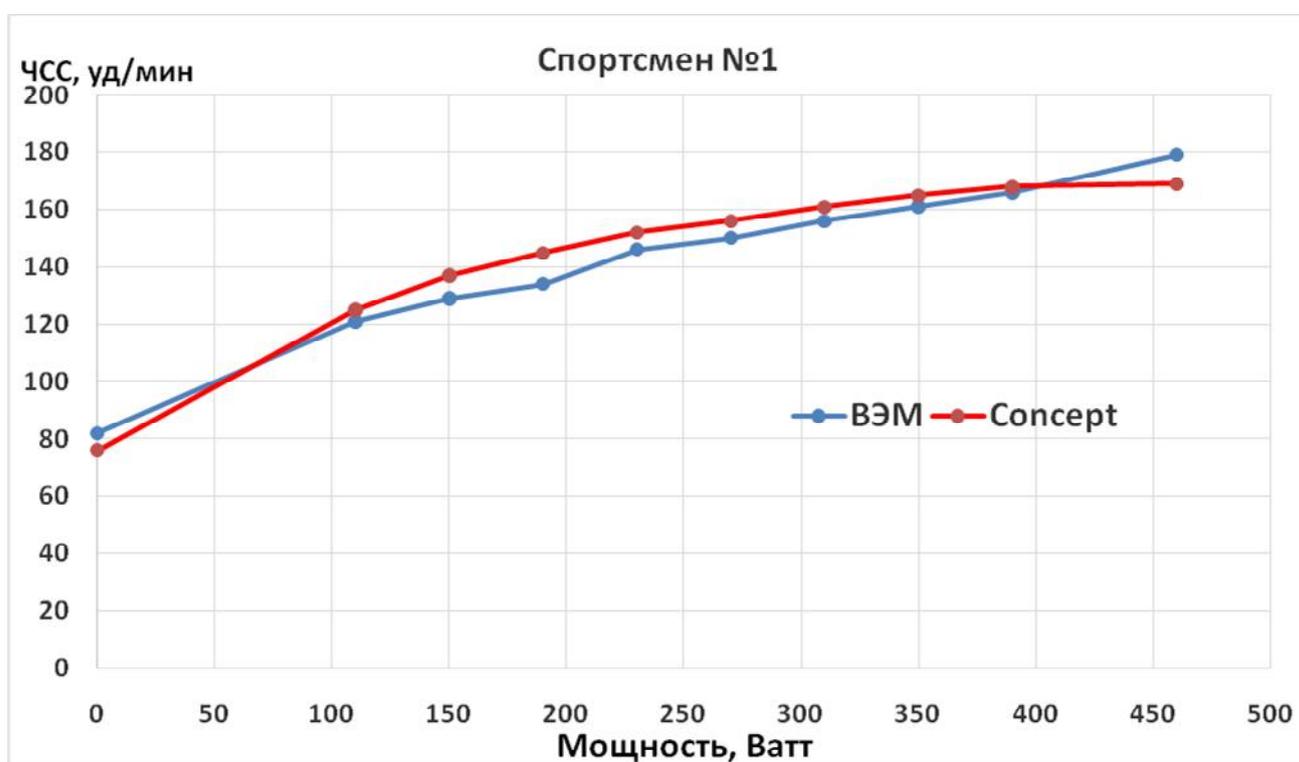


Рисунок 11 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у первого спортсмена-ребца

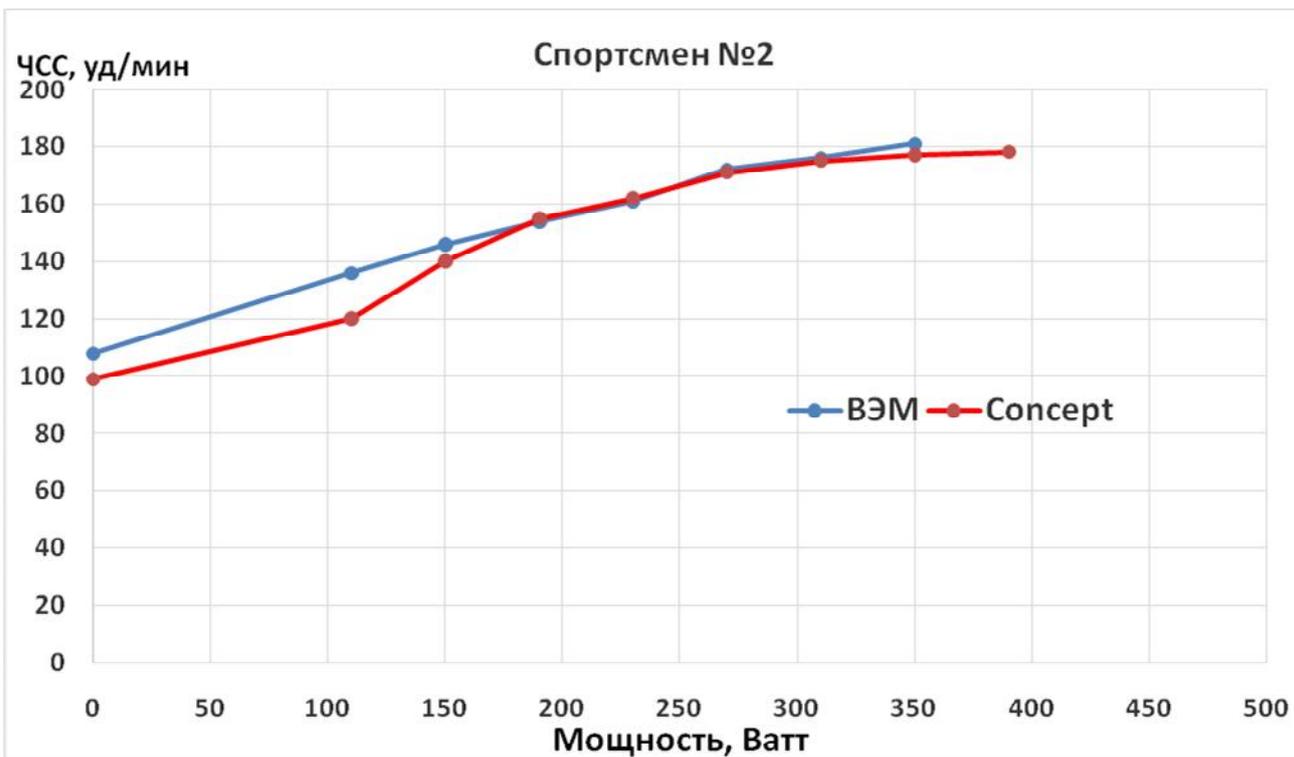


Рисунок 12 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у второго спортсмена-гребца

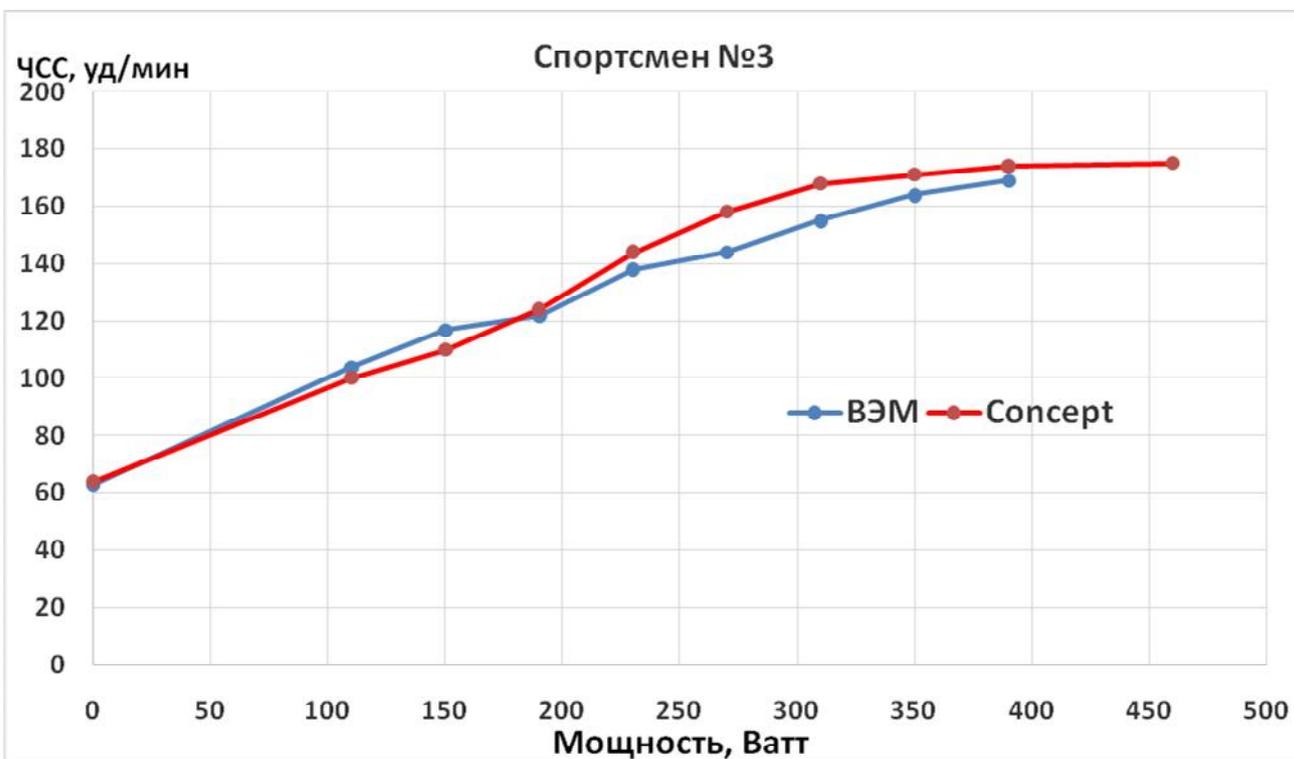


Рисунок 13 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у третьего спортсмена-гребца

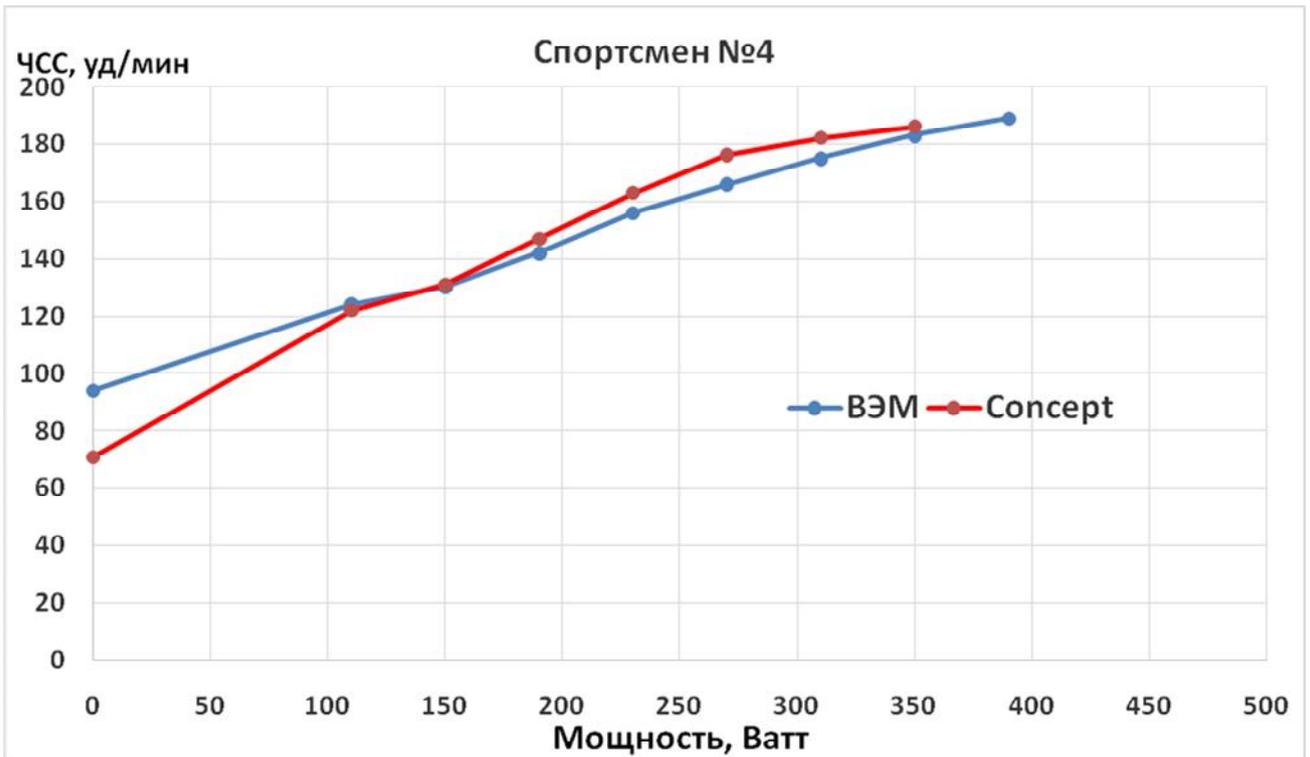


Рисунок 14 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у четвертого спортсмена-гребца

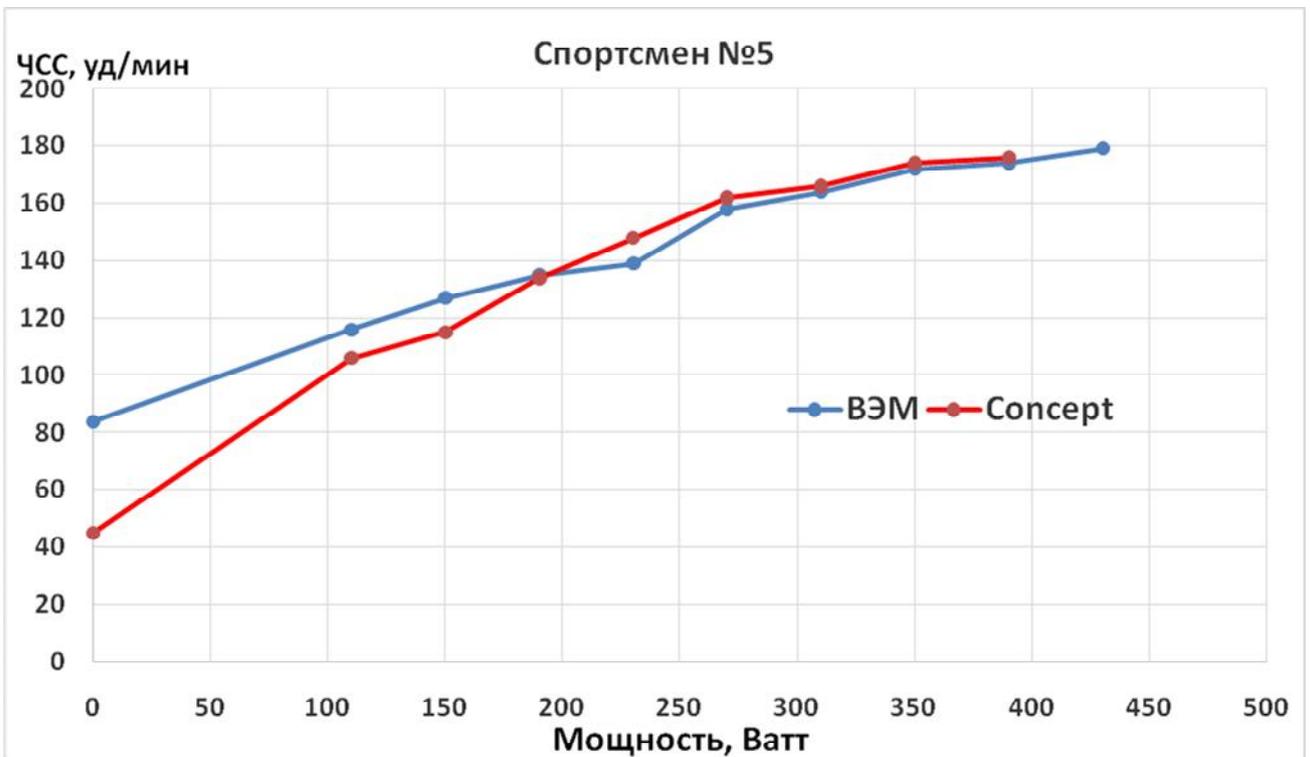


Рисунок 15 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у пятого спортсмена-гребца

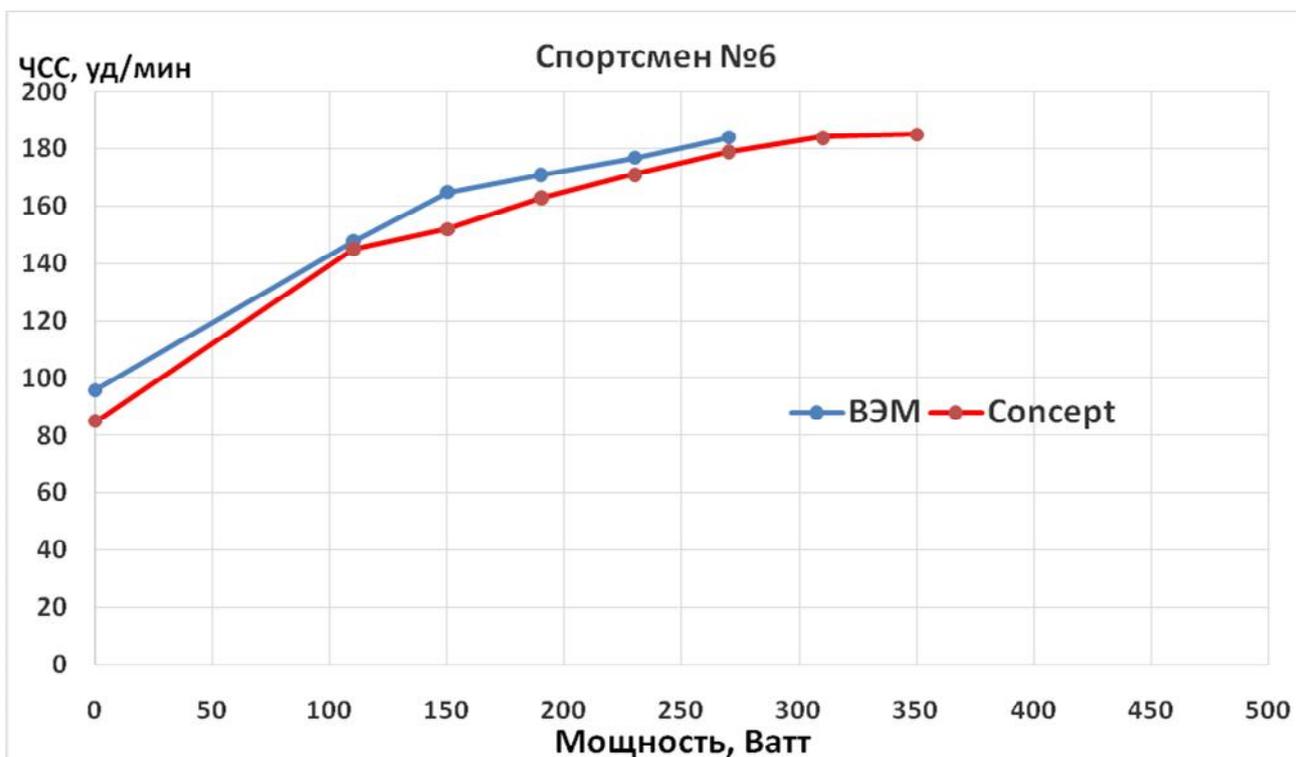


Рисунок 16 – График динамики ЧСС в тестах на велоэргометре и гребном тренажере у шестого спортсмена-гребца

3.3. Взаимосвязи физиологических и физических параметров в тестах

Для того чтобы выявить влияние выбора протокола тестирования и типа нагрузочного устройства, мы провели корреляционный анализ между параметрами нагрузки (максимальная абсолютная и относительная достигнутая мощность нагрузки при проведении велоэргометрии, максимальная скорость при проведении тредмилметрии) и параметрами физиологической реакции кардио-респираторной системы на нагрузку.

Результаты корреляционного анализа (корреляции Пирсона) представлены в табл. 7 и 8. Как видно из полученных данных, при проведении велоэргоспирометрии (выборе в качестве нагрузочного устройства велоэргометра) по максимальному протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой были установлены значимые взаимосвязи как между параметрами сердечно-сосудистой и дыхательной систем, так и интегральным показателем физиче-

ской работоспособности и максимально достигнутой мощности нагрузки (МПК и $P_{\text{макс}}$, $r = .678$, $p < 0.05$).

Таблица 7 – Взаимосвязи между параметрами при проведении велоэргометрии (корреляции Пирсона)

Параметры	МПК	МВЛ	ЧД	ЧСС макс	ПАНО % МПК	ЧСС ПАНО	ЧСС покоя	ЧСС 1 мин восст	ЧСС 2 мин восст	ЧСС 3 мин восст	$P_{\text{макс}}$	$P_{\text{макс/кг}}$
МПК	1	,597	,855**	,522	-,140	,767**	,242	,515	,439	,132	,678*	,463
МВЛ	,597	1	,771**	,712*	-,686*	,538	,479	,468	,277	,456	,399	-,224
ЧД	,855**	,771**	1	,562	-,480	,548	,301	,427	,206	,045	,528	,082
ЧСС макс	,522	,712*	,562	1	-,362	,727*	,545	,876**	,785**	,761*	,423	,320
ПАНО % МПК	-,140	-,686*	-,480	-,362	1	,029	-,050	-,215	,036	-,142	-,058	,422
ЧСС ПАНО	,767**	,538	,548	,727*	,029	1	,500	,802**	,734*	,653	,457	,535
ЧСС покоя	,242	,479	,301	,545	-,050	,500	1	,348	,392	,583	,455	-,098
ЧСС 1 мин восст	,515	,468	,427	,876**	-,215	,802**	,348	1	,913**	,707	,144	,477
ЧСС 2 мин восст	,439	,277	,206	,785**	,036	,734*	,392	,913**	1	,865**	,200	,478
ЧСС 3 мин восст	,132	,456	,045	,761*	-,142	,653	,583	,707	,865**	1	,144	,096
$P_{\text{макс}}$,678*	,399	,528	,423	-,058	,457	,455	,144	,200	,144	1	,314
$P_{\text{макс/кг}}$,463	-,224	,082	,320	,422	,535	-,098	,477	,478	,096	,314	1

Пояснения: ** - корреляция значима на уровне 0,01, * - корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Обращает на себя внимание тот факт, что при проведении нагрузочного теста с использованием тредмила значимых взаимосвязей между измеренными показателями кардио-респираторной системы и максимальной достигнутой скорости установлено не было (табл. 8). Данное обстоятельство подтверждает ранее высказанное нами предположение о том, что при выполнении работы на бегущей дорожке не воспроизводится полностью биомеханика отталкивания и рекрутирования тех же мышечных единиц, которые задействуются при беге в естественных условиях. Таким образом, скорость полотна тредмила не может являться мерой оценки физической работоспособности спортсмена, а лишь является индикатором достижения соответствующей степени теста.

Таблица 8 – Взаимосвязи между параметрами при проведении тредмилметрии (корреляции Пирсона)

Параметры	МПК	МВЛ	ЧД	ЧСС _{макс}	V _{макс}
МПК	1	,305	,111	-,234	,616
МВЛ	,305	1	,211	-,150	-,405
ЧД	,111	,211	1	,344	,464
ЧСС _{макс}	-,234	-,150	,344	1	-,290
V _{макс}	,616	-,405	,464	-,290	1

Пояснения: ** - корреляция значима на уровне 0,01, * - корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ научно-методической литературы позволил выявить недостатки существующих методик тестирования спортсменов и обосновать необходимость поиска наиболее эффективного универсального метода тестирования спортсменов любого уровня квалификации.
2. В результате проведенного исследования было установлено, что велоэргоспирометрия по максимальному протоколу с непрерывно повышающейся нагрузкой (РАМП-протокол) по сравнению с другими методиками нагрузочных тестирований, является наиболее информативным и универсальным методом тестирования функциональных возможностей спортсменов высокой квалификации. Данный метод тестирования не зависит от индивидуальной техники движения спортсмена и обладает такими важными преимуществами, как воспроизводимость, информативность и доступность. С другой стороны, при необходимости данный метод тестирования может быть максимально адаптирован (приближен) к специальной работе на профессиональном оборудовании.
3. Сравнительный анализ процедур тестирования и полученных данных позволил установить отсутствие достоверных отличий между измеряемыми параметрами в тестах (ВЭМ и тредмилметрия, ВЭМ и тестирование на лыжном тренажере, ВЭМ и тестирование на гребном тренажере).
4. Корреляционный анализ выявил, что в отличие от тредмилметрии в качестве нагрузочного тестирования спортсменов, в максимальном тесте с использованием велоэргометра существуют значимые достоверные взаимосвязи между параметрами нагрузки и интегральным показателем МПК.

Таким образом, оценка функциональной готовности является важным аспектом управления тренировочным процессом спортсменов любого пола,

возраста, квалификации и специализации. В настоящее время широко используются различные методы и протоколы тестирований спортсменов. В большей степени выбор методики зависит от сложившихся подходов к медико-биологическому сопровождению спортсменов в зависимости от уровня квалификации и специализации, а также техническим оснащением и кадровыми возможностями кабинетов/центров спортивной медицины, лабораторий.

Корректность выбора и использования того или иного метода и протокола тестирований спортсменов может в значительной степени влиять на результат тестирования и, соответственно, на итоговые данные для дальнейшей интерпретации на этапе научно-методического сопровождения спортсменов.

Результаты исследования внедрены в практическую работу лаборатории «Спортивные и оздоровительные технологии» и лаборатории «Технологии восстановления в спорте». Предложенная методика нагрузочного тестирования внедрена в программы научно-методического сопровождения спортсменов мини-футбольного клуба «Синара», футбольного клуба «Урал», баскетбольного клуба «Уралмаш», Академии единоборств РМК, сборных Свердловской области по лыжным гонкам, лыжному двоеборью, академической гребле, плаванию, ДЮСШ по хоккею, футболу, плаванию, легкой атлетике, фигурному катанию города Екатеринбурга, а также студенческих сборных Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоцерковский З.Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов (норма и атипичные изменения в нормальных и измененных условиях адаптации к физическим нагрузкам) / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина [Текст]. – М. : Советский спорт. – 2012. – с. 548. : ил.
2. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М. : Советский спорт. – 2005. – 312 с.
3. Епифанов В.А. Спортивная медицина: учеб.пособие / под ред. В.А. Епифанова. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2006. – 336 с.
4. Загородный Г.М. Программа комплексного тестирования спортсменов: методические указания для спортивных врачей / Г.М. Загородный, Е.А. Лосицкий, С.Л. Пристром // БелМапо. – Минск. – 2003.
5. Иорданская Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования): монография / Ф.А. Иорданская. – М. : Советский спорт, 2011. – С. 7-9.
6. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М. : Физкультура и спорт. – 1988. – 207 с.
7. Меерсон Ф.З. Физиология адаптационных процессов / Ф.З. Меерсон с соавт. – М. : Наука. – 1986. – 638 с.
8. Смоленский А.В. Курс лекций по спортивной медицине: учебное пособие / под ред. А.В. Смоленского – М.: Физическая культура. – 2011. – 280 с.
9. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th Ed. 2014. Linda S Pescatello, Ross Arena, Deborah Riebe, Paul D Thompson Wolters Kluwer / Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA. 456 pp.

- 10.ATS/ACPP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing / Am J Respir Crit Care Med. – 2003. – vol. 167. – P. 211-277.
11. Albouaini K. Cardiopulmonary exercise testing and its application / K. Albouaini, M. Egred, A. Alahmar, D.J. Wright // Postgrad Med J. – 2007. – vol. 83. – P. 675-682.
12. Arsenault A.B. Treadmill versus walkway locomotion in humans: an emg study / A.B. Arsenault, D.A. Winter and R.G. Marteniuk // Ergonomics. – 1986. – vol. 29. – no. 5. – P. 665-676.
13. Beekley M.D. Cross-validation of the YMCA submaximal cycle ergometer test to predict VO₂max / M.D. Beekley, W.F. Brechue, D.V. Dehoyos, L. Garzarella, G. Werber-Zion, M.L. Pollock // Research Quarterly for Exercise & Sport. – 2004. – Vol. 75. – P. 337-342.
14. Billinger S.A. Recumbent stepper submaximal exercise test to predict peak oxygen uptake / S.A. Billinger, S.E. Van, M. McClain, A.A. Lentz, M.B. Good // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2012. – Vol. 44. – P. 1539-1544.
15. Binder R.K. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing / R.K. Binder, M. Wonisch, U. Corra, A. Cohen-Solal, L. Vanhees, H. Saner, J.P. Schmid // Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. – 2008. – vol. 15. – P. 726–734.
16. Borg G.A. Psychophysical bases of perceived exertion / G.A. Borg // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1982 – vol. 14. – 377-381.
17. Chen H.Y. Development of FES-cycling System with Network Capability for Multi-Center Clinical Studies / H.Y. Chen, N.Yu. Yu, K. Chen, K.H. Tsai, L. Fu, S.C. Chen // Journal of Medical & Biological Engineering. – 2001. – Vol. 21. – P. 85-92.
- 18.Chen J.J. Applying fuzzy logic to control cycling movement induced by functional electrical stimulation / J.J. Chen, N,Y. Yu, D.G. Huang, B.T. Ann, G.C. Chang // IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering. – 1997. – Vol. 5. – P. 158-169.

19. Corrado D. Cardiovascular preparticipation screening of young competitive athletes for prevention of sudden cardiac death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology / D. Corrado, A. Pelliccia, H.H. Bjornstad, et al. // *Eur. Heart J.* – 2005. – Vol.26. – P. 516–524.
20. Coen B. Individual anaerobic threshold: Methodological aspects of its assessment in running / B. Coen, A. Urhausen and W. Kindermann // *International Journal of Sports Medicine.* – 2001. – vol. 22. – P. 8-16.
21. Coquart J.B. Prediction of maximal or peak oxygen uptake from ratings of perceived exertion / J.B. Coquart, M. Garcin, G. Parfitt, C. Tourny-Chollet, R.G. Eston // *Sports Med.* – 2014. – Vol. 44. – no. 5. – P. 563-578.
22. Cunha G. Effect of biological maturation on maximal oxygen uptake and ventilatory thresholds in soccer players: an allometric approach / G. Cunha, T. Lorenzi, K. Sapata, A.L. Lopes, A.C. Gaya, Á. Oliveira // *Journal of sports sciences.* – 2011. – vol. 29. – P. 1029-1039.
23. Damiano D.L. Comparison of elliptical training, stationary cycling, treadmill walking and overground walking / D.L. Damiano, T. Norman, C.J. Stanley, H.S. Park // *Gait & Posture.* – 2011. – Vol. 34. – P. 260-264.
24. Djaoui L. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers / L. Djaoui, M. Haddad, K. Chamari, A. Dellal // *Physiol Behav.* – 2017. – vol. 181. – P. 86-94. DOI: 10.1016/j.physbeh.2017.09.004.
25. Dubin D. Rapid Interpretation of EKG's: An Interactive Course. 6th ed. Tampa (FL): Cover Publications. – 2000. – 368 p.
26. Ericson M.O. Efficiency of pedal forces during ergometer cycling / M.O. Ericson, R. Nisell // *International Journal of Sports Medicine.* – 1988. – Vol. 9. – P. 118-122.
27. Formenti F. Pedaling rate is an important determinant of human oxygen uptake during exercise on the cycle ergometer / F. Formenti, A.E. Minetti, F. Borrani // *Physiological Reports.* – 2015. – Vol. 3 – e12500.

28. Foster C. A new approach to monitoring exercise testing / C. Foster, J.A. Florhaug, J. Franklin, L. Gottschall, L.A. Hrovatin, S. Parker, P. Doleshal, C. Dodge // *Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2001. – vol. 15. – P. 109–115.
29. Gamble P. A comparison of the standard 12-lead electrocardiogram to exercise electrode placements / P. Gamble, H. McManus, D. Jensen, V. Froelicher // *Chest*. – 1984. – vol. 85. – no.5. – P. 616–622.
30. Gibbons R.J. et al. ACC / AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of American College of Cardiology*. – 2006. – vol. 48. – no. 8. – 1731 p.
31. Glaner M.F. Validation of a new cycle ergometer / M.F. Glaner, R.A. Silva // *International Journal of Sports Medicine*. – 2011. – vol. 32. – P. 117-121.
32. Goldberger A.L. *Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach*. 7th ed. Philadelphia (PA): Mosby Elsevier. – 2006. – 337 p.
33. Halson S.L. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research / S.L. Halson, A.E. Jeukendrup // *Sports Med*. – 2004. – vol. 34. – no. 14. – P. 967-81.
34. Howley E.T. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary / E.T. Howley, D.R. Bassett, H.G. Welch // *Med Sci Sports Exerc*. – 1995. – vol. 27. P. 1292–1301.
35. Jowett N.I. Modified electrode placement must be recorded when performing 12-lead electrocardiograms / N.I. Jowett, A.M. Turner, A. Cole, P.A. Jones // *Postgrad Med J*. 2005. –vol. 81. – no. 52. – P.5-122.
36. Keir D.A. Influence of muscle metabolic heterogeneity in determining the VO_{2p} kinetic response to ramp-incremental exercise / D.A. Keir, A.P. Benson, L.K. Love, T.C. Robertson, H.B. Rossiter // *Journal of Applied Physiology*. – 2015. – Vol. 120. – No. 5. – P. 503-515.
37. Löllgen H. Exercise testing in sports medicine / H. Löllgen, D. Leyk // *Dtsch Arztebl Int*. – 2018. – vol. 115. – P. 409–416.

38. Marsh A.P. Effect of treadmill and overground walking on function and attitudes in older adults / A.P. Marsh, J.A. Katula, C.F. Pacchia, L.C. Johnson, K.L. Koury and W.J. Rejeski // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2006. – vol. 38. – no. 6. – P. 1157-1164.
39. Mezzani A. Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements / A. Mezzani // *Ann Am Thorac Soc*. – 2017. – vol. 14. – Suppl. 1. – P. S3–S11.
40. Mezzani A. European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation / A. Mezzani, L.F. Hamm, A.M. Jones, P.E. McBride, T. Moholdt, J.A. Stone, A. Urhausen, M.A. Williams // *Eur J Prev Cardiol*. – 2013. – vol. 20. – P. 442–467.
41. Miller M.S. Electromyographic analysis of a human powered stepper cycle during seated and standing riding / M.S. Miller, J.P. Peach, T.S. Keller // *Journal of Electromyography & Kinesiology Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2001. – Vol. 11. – P. 413-423.
42. Miller R.H. Evaluation of the minimum energy hypothesis and other potential optimality criteria for human running / R.H. Miller, B.R. Umberger, J. Hamill, et al. // *Proceedings of the Royal Society*. – 2012. – vol. 279. – P. 1498– 1505.
43. Myers J. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing / J. Myers, D. Bellin // *Sports Med*. – 2000. – vol. 30. – P. 23–29.
44. Nymark J.R. Electromyographic and kinematic nondisabled gait differences at extremely slow overground and treadmill walking speeds / J.R. Nymark,

- S.J. Balmer, E.H. Melis, E.D. Lemaire, S. Millar // *Journal of Rehabilitation Research and Development*. – 2005. – vol. 42. – no. 4. – P. 523-534.
45. Orłowski K. A pilot study to examine the activity of primary plantar flexor muscles using an electric motorized treadmill in comparison to overground walking / K. Orłowski, D. Wagner, A. L'Orteye, H. Ringk, V. Kohl, T. Schrader // *icSPORTS 2017 – Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*. – 2017. – P. 33-38.
46. Patterson R.P. Bicycle pedaling forces as a function of pedaling rate and power output / R.P. Patterson, M.I. Moreno // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1990. – Vol. 22. P. 512-516.
47. Poole D.C. Measurement of the maximum oxygen uptake VO_{2max} : VO_{2peak} is no longer acceptable / D.C. Poole, A.M Jones // *Journal of Applied Physiology*. – 2017. Vol. 122. – P. 997-1002.
48. Saw A.E. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review / A.E. Saw, L.C. Main, P.B. Gatin // *Br J Sports Med*. – 2016. – vol. 50. – no. 5. – P. 281-91. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094758.
49. Scherr J. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity / J. Scherr, B. Wolfarth, J.W. Christle, A. Pressler, S. Wagenpfeil, M. Halle // *Eur J Appl Physiol*. – 2013. – vol. 113. – no. 1. – P. 147-55.
50. Smith D.J. A framework for understanding the training process leading to elite performance / D.J. Smith // *Sports Med*. – 2003. – vol. 33. – no. 15. – P. 1103-26.
51. Souza K.M. Maximal power output during incremental cycling test is dependent on the curvature constant of the power-time relationship / K.M. Souza, R.D. de Lucas et al. // *Appl Physiol Nutr Metab*. – 2015. – Vol. 40. – P. 895-898.

52. Swain D.P. American College of Sports Medicine. ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins. – 2014.
53. Thomas J.R., Netson J.K. Research methods in physical activity. 5th ed. Champaign (IL): Human Kinetics. – 2005. – 456 p.
54. Van der Krogt M.M. Kinetic comparison of walking on a treadmill versus over ground in children with cerebral palsy / M.M. Van der Krogt, L.H. Sloot, A.I. Buizer and J. Harlaar // Journal of Biomechanics. – 2015. – vol. 48. – no. 13. – P. 3577-3583.
55. Vanhelst J. Equivalence of accelerometer data for walking and running: Treadmill versus on land / J. Vanhelst, G. Zunquin, D. Theunynck, J. Miku-
lovic, G. Bui-Xuan and L. Bghin // Journal of Sports Sciences. – 2009. – Vol. 27. – no. 7. – P. 669–675.
56. Vilikus Z. Functional Diagnostics. *College of Physical Education and Sport, Palestra*. – 2012. – P. 12-15.
57. Wagner G.S., Marriott H.J.L. Marriott's Practical Electrocardiography. 9th ed. Baltimore (MD): Williams & Wilkins. – 1994. – 434 p.
58. Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Stringer W.W., Whipp B.J. Measurements during integrative cardiopulmonary exercise testing. In: Wasser-
man K., Hansen J.E., Sue D.Y., Stringer W.W., Sietsema K.E., Sun X-G., Whipp B.J., editors. Principles of exercise testing and interpretation: includ-
ing pathophysiology and clinical applications, 5th ed. Philadelphia, PA: Lip-
pincott Williams & Wilkins, 2012, pp. 71–106.
59. Whittle M.W. Gait analysis : an introduction. Butterworth-Heinemann, Edinburgh New York. – 2007.
60. Wicks J.R. How accurate is the prediction of maximal oxygen uptake with treadmill testing? / J.R. Wicks, N.B. Oldbridge // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11. – No. 11. – e0166608.
61. Zhang R. Validity of a newly-designed rectilinear stepping ergometer sub-
maximal exercise test to assess cardiorespiratory fitness / R. Zhang, L. Zhan,

S. Sun, W. Peng, Y. Sun // Journal of Sports Science and Medicine. – 2017.
– Vol. 16. – P. 357-364.

Информированное согласие
на проведение функционального тестирования

Я, _____, даю добровольное согласие на проведение нагрузочного теста, который позволит оценить функциональное состояние кардиореспираторной и мышечной систем. Информация, полученная в процессе тестирования, позволит моему тренеру получить более полное представление о моих функциональных резервах, и оценить объем нагрузок, которые я смогу переносить без ущерба для здоровья. Мне объяснено, что исследование будет проводиться на велоэргометре с непрерывно возрастающей нагрузкой, что в момент проведения нагрузки за мной будут наблюдать врач спортивной медицины и тренер вплоть до появления симптомов, требующих прекращения теста и при необходимости мне будет оказана первая доврачебная помощь. Этими симптомами могут быть усталость, одышка, дискомфорт в грудной клетке. Я осведомлен, что во время нагрузки у меня может чрезмерно повыситься или снизиться артериальное давление, могут появиться резкая слабость, нарушения ритма. Я знаю, что риск процедуры минимален и очень редко, менее чем в одном случае на 10 000 исследований, возможен летальный исход. Я прочитал информированное согласие, ориентирован в необходимости проведения этого исследования и удовлетворен ответами, полученными на мои вопросы.

(Фамилия, Имя, Отчество)

(Подпись)

Зав.лабораторией/
врач функциональной диагностики, к.м.н.

(Ф.И.О./ Подпись)

Дата _____ 201_ г.

Примеры заключений нагрузочных тестирований



Лаборатория "Технологии восстановления и отбора в спорте" ЦКП
УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Фамилия: *Имя* Возраст: **28** Членство #: **00031**
Пол: **Мужчина** Рост (см): **177,00** Дата отчета: **25.08.2016**
Вес (кг): **65,0** Персональный тренер:

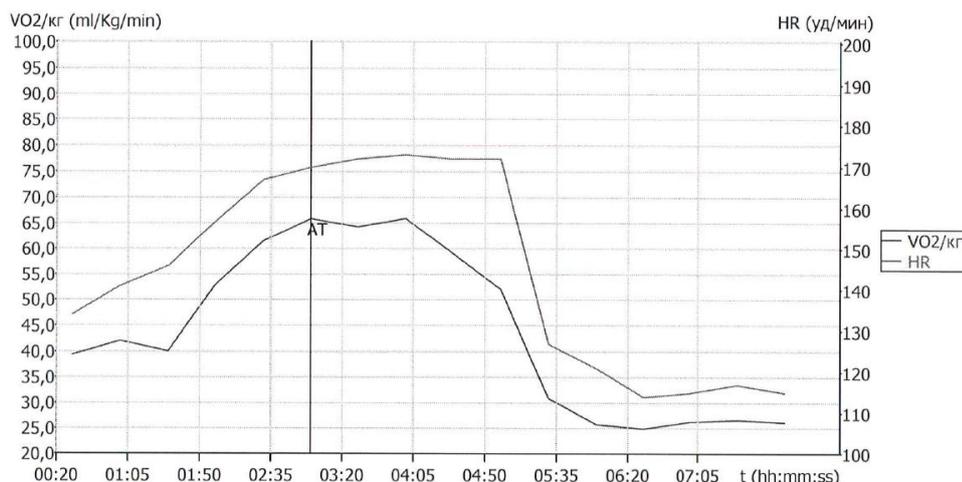
Кардио-респираторный фитнес

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)	65,9
Метод расчета	Измерение
Функциональная емкость (METS)	18,8
Тип теста	Максимальный
Тип эргометра	Treadmill Not Interfaced
Протокол по упражнениям	None

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)

Ранг: 100%	Измерение	65,9				
Очень плохо	Плохо	Посредственно	Хорошо	Отлично	Превосходно	
< 37,1	37,1 - 41,0	41,0 - 44,2	44,2 - 48,2	48,2 - 54,0	> 54,0	

Максимальный уровень потребления кислорода для конкретного человека. Также обозначается как «максимальная аэробная емкость», дает информацию об уровне выносливости в ходе тренировок. Высокие значения показателя «максимум VO2» соответствуют минимальным рискам ССЗ.



Итог

t	VO2/кг	VE	Rf	HR	VO2	EE	Скорость	Угол
hh:mm:ss	ml/Kg/min	l/min	b/min	уд/мин	ml/min	Ккал/чвс	км/ч	%
Пиковые значения								
00:04:00	65,9	155,6	53	173	4286	1286	0,0	0,0
Анаэробный порог								
00:03:00	65,9	147,6	47	170	4284	1285	0,0	0,0

Зоны тренировок

Сжигание жира

восстановление (35-65% максимум VO2)

HR (уд/мин) **116-145**
Нагрузка (watt) **110-220**
Скорость (км/ч) **7-12**
EE (Kcal/чвс) **680**

Темп бега (98-99% максимум VO2)

HR (уд/мин) **173-173**
Нагрузка (watt) **340-345**
Скорость (км/ч) **18-19**

Сжигание жира (66-94% VO2 максимум) **Порог** * (95-97% VO2 максимум)

HR (уд/мин) **146-173**
Нагрузка (watt) **225-325**
Скорость (км/ч) **12-18**
EE (Kcal/чвс) **1040**
HR (уд/мин) **173-173**
Нагрузка (watt) **330-335**
Скорость (км/ч) **18-18**

* Анаэробный порог = 99% максимум VO2,

максимум VO2 (100-100% максимум VO2) **Анаэробный** (101-105% VO2max)

HR (уд/мин) **173-173**
Нагрузка (watt) **350-350**
Скорость (км/ч) **19-19**
HR (уд/мин) **173-173**
Нагрузка (watt) **350-365**
Скорость (км/ч) **19-20**

Эти заявления не должны использоваться для диагностики, лечения или профилактики любых болезней. Проконсультируйтесь с вашим врачом перед началом программы потери веса или фитнес-программы.

Фамилия.	Возраст: 27	Членство #:	00031
Имя	Рост (см): 177,00	Дата отчета:	28.06.2016
Пол: Мужчина	Вес (кг): 66,0	Персональный тренер:	

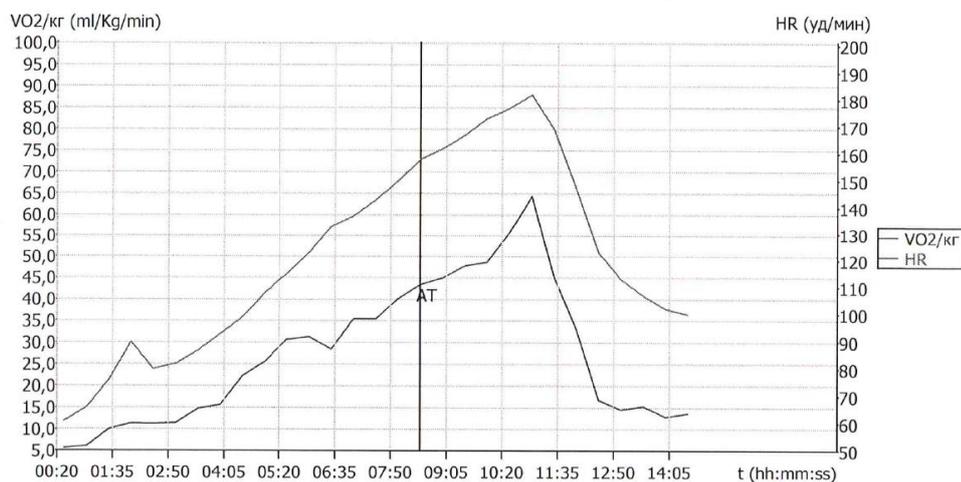
Кардио-респираторный фитнес

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)	64,4
Метод расчета	Измерение
Функциональная емкость (METS)	18,4
Тип теста	Максимальный
Тип эргометра	Bike Not Interfaced
Протокол по упражнениям	Bike Ramp 40W/min

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)

Ранг: 100%	Измерение	64,4				
Очень плохо	Плохо	Посредственно	Хорошо	Отлично	Превосходно	
< 37,1	37,1 - 41,0	41,0 - 44,2	44,2 - 48,2	48,2 - 54,0	> 54,0	

Максимальный уровень потребления кислорода для конкретного человека. Также обозначается как «максимальная аэробная емкость», дает информацию об уровне выносливости в ходе тренировок. Высокие значения показателя «максимум VO2» соответствуют минимальным рискам ССЗ.



Итог

t	VO2/кг	VE	Rf	HR	VO2	EE	Нагрузка
hh:mm:ss	ml/Kg/min	l/min	b/min	уд/мин	ml/min	Kcal/чвс	watt
Пиковые значения							
00:11:00	64,4	173,9	71	182	4253	1276	352
Анаэробный порог							
00:08:30	43,4	85,7	29	158	2868	860	258

Зоны тренировок

Сжигание жира восстановление (35-49% максимум VO2)

HR (уд/мин) **111-131**
Нагрузка (watt) **105-160**
Скорость (км/ч) **6-9**
EE (Kcal/чвс) **580**

Темп бега (71-86% максимум VO2)

HR (уд/мин) **161-182**
Нагрузка (watt) **240-295**
Скорость (км/ч) **13-16**

Сжигание жира (50-63% VO2 максимум) * (64-70% VO2 максимум)

HR (уд/мин) **132-150**
Нагрузка (watt) **160-210**
Скорость (км/ч) **9-12**
EE (Kcal/чвс) **750**

HR (уд/мин) **152-160**
Нагрузка (watt) **215-235**
Скорость (км/ч) **12-13**

* Анаэробный порог = 67% максимум VO2,

максимум VO2 (87-100% максимум VO2) **Анаэробный** (101-105% VO2max)

HR (уд/мин) **182-182**
Нагрузка (watt) **295-345**
Скорость (км/ч) **16-18**

HR (уд/мин) **182-182**
Нагрузка (watt) **350-360**
Скорость (км/ч) **18-19**

Фамилия:	Возраст: 28	Членство #:	00031
Имя	Рост (см): 177,00	Дата отчета:	06.01.2017
Пол: Мужчина	Вес (кг): 66,0	Персональный тренер:	

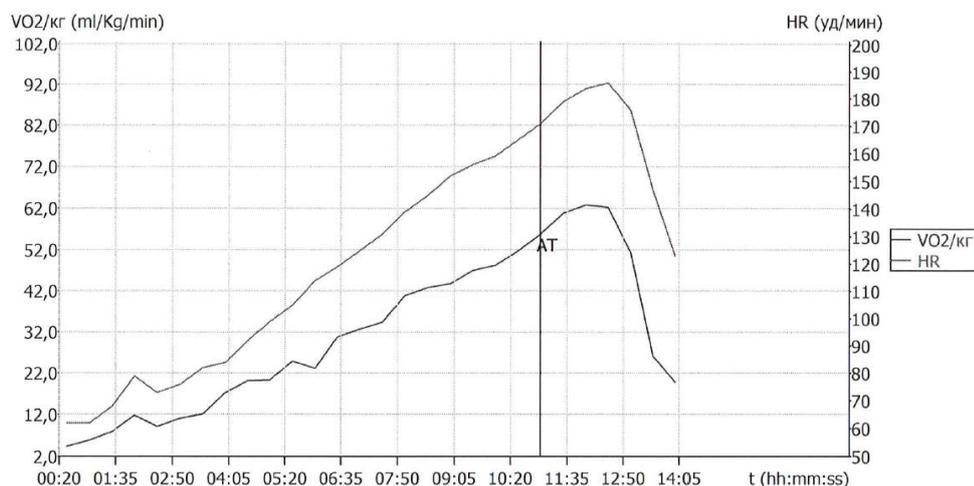
Кардио-респираторный фитнес

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)	62,9
Метод расчета	Измерение
Функциональная емкость (METS)	18,0
Тип теста	Максимальный
Тип эргометра	Bike Not Interfaced
Протокол по упражнениям	Bike Ramp 40W/min

Кардио-респираторный тест (ml/Kg/min)

Ранг: 100%	Измерение					62,9
Очень плохо	Плохо	Посредственно	Хорошо	Отлично	Превосходно	
< 37,1	37,1 - 41,0	41,0 - 44,2	44,2 - 48,2	48,2 - 54,0	> 54,0	

Максимальный уровень потребления кислорода для конкретного человека. Также обозначается как «максимальная аэробная емкость», дает информацию об уровне выносливости в ходе тренировок. Высокие значения показателя «максимум VO2» соответствуют минимальным рискам ССЗ.



Итог

t	VO2/кг	VE	Rf	HR	VO2	EE	Нагрузка
hh:mm:ss	ml/Kg/min	l/min	b/min	уд/мин	ml/min	Kcal/чвс	watt
Пиковые значения							
00:12:00	62,9	161,6	47	184	4149	1245	398
Анаэробный порог							
00:11:00	55,8	119,6	31	171	3684	1105	358

Зоны тренировок

**Сжигание жира
восстановление** (35-59%
максимум VO2)
HR (уд/мин) **106-136**
Нагрузка (watt) **105-190**
Скорость (км/ч) **6-11**
EE (Kcal/чвс) **620**

Темп бега (94-97% максимум VO2)
HR (уд/мин) **180-184**
Нагрузка (watt) **315-325**
Скорость (км/ч) **17-17**

Сжигание жира (60-84% VO2 максимум)
HR (уд/мин) **137-168**
Нагрузка (watt) **190-280**
Скорость (км/ч) **11-15**
EE (Kcal/чвс) **920**

Анаэробный порог * (85-93% VO2 максимум)
HR (уд/мин) **169-179**
Нагрузка (watt) **280-310**
Скорость (км/ч) **15-17**

* Анаэробный порог = 88% максимум VO2

максимум VO2 (98-100% максимум VO2)
HR (уд/мин) **184-184**
Нагрузка (watt) **330-335**
Скорость (км/ч) **17-18**

Анаэробный (101-105% VO2max)
Нагрузка (watt) **340-350**
Скорость (км/ч) **18-19**

Шкала Борга для определения уровня утомления

Шкала Борга для оценки ощущения усталости	
Шкала Борга	Модифицированная шкала Борга
6 – минимальная	0 – состояние покоя
7	1 – очень легкая
8 – совсем незначительная	2 – легкая
9 – незначительная	
10 – незначительная	3 – умеренная
11 – умеренная	
12 – несколько тяжелая	4 – умеренно тяжелая
13 – умеренно тяжелая	
14 –тяжелая	5 – тяжелая
15	6
16 – очень тяжелая	7 – очень тяжелая
17	8
18 – очень-очень тяжелая	9 – чрезвычайно тяжелая
19	10 – максимальная
20 – максимальная	

Список опубликованных работ по теме магистерской диссертации

1. **Mekhdieva K.** EXERCISE TESTING OF PROFESSIONAL ATHLETES: SPECIFIC OR UNIVERSAL? / Mekhdieva K. & Zakharova A. // Human. Sports. Medicine. 2019, vol.19, no.1 P.22-28.
2. Zakharova, A. Laboratory and exercise fitness control in young soccer players / Zakharova, A., **Mekhdieva, K.** & Berdnikova, A. // Sport Science Research and Technology Support - 4th and 5th International Congress, icSPORTS 2016, and icSPORTS 2017, Revised Selected Papers. Cabri, J., Vilas-Boas, J. & Pezarat-Correia, P. (ред.). Springer Verlag, стр. 176-191 16 стр. (Communications in Computer and Information Science; том 975).
3. Timokhina, V. Connective tissue dysplasia in young hockey players: advantage or risk? / Timokhina, V., **Mekhdieva, K.**, Zakharova, A., Serova, N. & Blyakhman, F. // 2018, В : Minerva Ortopedica e Traumatologica. 69, 3, стр. 26-30 5 стр.
4. Zakharova, A. Stage-based medical and biological control as a factor of management of amateur triathletes' training / Zakharova, A., Zasytkin, V., **Mekhdieva, K.** & Sokolova, L. // 2018, В : Minerva Ortopedica e Traumatologica. 69, 3, стр. 11-17 7 стр.
5. Zakharova, A. Testing of power abilities in high level soccer players: Quantitative and qualitative assessment methods / Zakharova, A., Berdnikova, A. & **Mekhdieva, K.** // 2018, icSPORTS 2018 - Proceedings of the 6th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support. Vilas-Boas, J. P., Cabri, J., Pezarat-Correia, P. & Rivera, O. (ред.). SciTePress, стр. 111-118 8 стр.
6. **Mekhdieva, K. R.** СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ВЕРТИКАЛИЗАЦИИ / Mekhdieva, K. R., Zinovieva, Y. A., Zakharova, A. V.

- & Tarbeeва, N. M., 2018, В : Человек. Спорт. Медицина. 18, 4, стр. 42-46 5 стр.
7. Timokhina, V. E. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ВЫСОКОКВАЛИФИРОВАННЫХ БОЙЦОВ СМЕШАННЫХ ЕДИНОБОРСТВ / Timokhina, V. E., **Mekhdieva, K. R.**, Zakharova, A. V. & Serova, N. B. // 2018, В : Теория і Практика Fizicheskoy Kultury. 11, стр. 48-50 3 стр.
 8. **Mekhdieva, K. R.** ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ L-КАРНИТИНА В ПОДГОТОВКЕ ФУТБОЛИСТОК / Mekhdieva, K. R., Plotnikova, M. O., Zakharova, A. V., Berdnikova, A. N., Timokhina, V. E., Kondratovich, S. V. & Selezneva, I. S. // 2018, В : Человек. Спорт. Медицина. 18, 1, стр. 103-114 12 стр.
 9. Zakharova, A. CARDIOVASCULAR HEALTH AND PHYSICAL CAPACITY IN STUDENT AND ELITE BASKETBALL PLAYERS / Zakharova, A., **Mekhdieva, K.** & Smirnov, V. // 2017, RRI 2016 - INTERNATIONAL CONFERENCE RESPONSIBLE RESEARCH AND INNOVATION. Yurevna, KA., Borisovich, AI., DeJong, WM. & Vladimirovich, MN. (ред.). FUTURE ACAD, стр. 1032-1039 8 стр. (European Proceedings of Social and Behavioural Sciences; том 26).
 10. Zakharova, A. Comprehensive fitness control in young soccer players comparison of laboratory and field testing indicators / Zakharova, A., **Mekhdieva, K.** & Berdnikova, A. // 2017, icSPORTS 2017 - Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support. Cabri, J., Vilas-Boas, J. P. & Correia, P. P. (ред.). SciTePress, стр. 25-32 8 стр.
 11. Zakharova, A. Physical and Psychophysiological Profiles of Sub-elite Basketball Players Novel Approach to Complex Testing / Zakharova, A., **Mekhdieva, K.** & Kondratovitch, S. // 2017, icSPORTS 2017 - Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support. Cabri, J., Vilas-Boas, J. P. & Correia, P. P. (ред.). SciTePress, стр. 132-139 8 стр.
 12. Zakharova, A. Technologies of effective training control in amateur triathlon non-invasive hemodynamic measurements and exercise testing for accurate

training prescription / Zakharova, A. & **Mekhdieva, K.** // 2016, icSPORTS 2016 - Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support. SciTePress, стр. 83-88 6 стр.