

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

А.Л. Захаревич, Л.Ю. Ушакова,
Г.М. Загородный, Ю.Э. Питкевич

**МАКСИМАЛЬНОЕ
НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ
В ПРАКТИКЕ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ**

Практическое пособие

Минск
РНПЦ спорта
2018

УДК 796.01:61(076)+616-072.85

ББК 75.0ф

М 17

*Рекомендовано к изданию экспертной комиссией РНПЦ спорта,
протокол № 8 от 22 ноября 2018 года.*

Подготовлено в рамках отраслевого проекта
111-16 «Разработать программу медико-биологического контроля
подготовки спортивного резерва Республики Беларусь с учетом
особенностей детского и юношеского возраста»

Авторы:

А.Л. Захаревич;

Л.Ю. Ушакова, кандидат медицинских наук, доцент;

Г.М. Загородный, кандидат медицинских наук, доцент;

Ю.Э. Питкевич

Рецензенты:

К.Э. Зборовский, кандидат медицинских наук;

Н.В. Манкевич

Захаревич, А.Л.

М17 Максимальное нагрузочное тестирование в практике спортивной
медицины: практ. пособие / А.Л. Захаревич, Л.Ю. Ушакова,
Г.М. Загородный, Ю.Э. Питкевич. – Минск: РНПЦ спорта, 2018. – 40 с.
ISBN 978-985-7054-52-7

УДК 796.01:61(076)+616-072.85

ББК 75.0ф

В пособии представлена информация о методических и технических особенностях проведения велоэргометрии для оценки функционального состояния и физической работоспособности в практике спортивной медицины.

Издание предназначено для врачей спортивной медицины, специалистов организаций, обеспечивающих научно-методическое и медицинское сопровождение подготовки спортсменов.

ISBN 978-985-7054-52-7

© Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта», 2018

© Оформление. ГУ «Республиканский учебно-методический центр физического воспитания населения», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Проведение теста с физической нагрузкой является универсальным методом выявления процессов нарушения толерантности к интенсивной физической нагрузке, в частности у спортсменов, а также дает возможность оценить уровень физической работоспособности независимо от внешних факторов [1]. *Проведение нагрузочного тестирования у здоровых лиц – важный элемент количественного измерения уровня здоровья [2].*

В практике спортивной медицины и спортивной науки интерпретация результатов нагрузочного тестирования подразумевает оценку работоспособности, учет как медицинских, так и биологических параметров, влияющих на особенности деятельности организма спортсмена.

При анализе результатов нагрузочного тестирования атлетов с целью оценки общей работоспособности приоритетными становятся не так называемые «ЭКГ - признаки», а такие показатели, как мощность выполненной нагрузки, общий объем выполненной работы, динамика артериального давления и частоты сердечных сокращений, порог анаэробного обмена и др., как во время теста, так и в восстановительный период. При проведении проб с физической нагрузкой в спорте актуальна регистрация комплекса не только физиологических, но и биохимических показателей (лактат).

Главная задача при проведении нагрузочного тестирования – выявить для конкретного вида спорта те физиологические показатели, которые являются наиболее информативными и имеют прогностическую ценность.

В процессе осуществления тестирования необходимо учитывать цели и задачи его проведения. В конечном итоге при составлении заключения по результатам тестирования недостаточно отнести спортсмена к здоровым лицам, допущенным

к участию в тренировочно-соревновательном процессе, – необходимо выявить уровень адаптации к интенсивной физической нагрузке и резервные возможности организма. Как результат – проведение медико-биологического мониторинга с обеспечением текущего контроля функционального состояния спортсмена, сбором, обработкой и анализом информации, выраженной в показателях тестирования.

Таким образом, максимальное нагрузочное тестирование (велоэргометрия) для оценки работоспособности спортсмена, представленное в данном пособии, не направлено на диагностику заболеваний. Целью данной формы реализации диагностического метода является оценка функциональных резервов спортсмена, его адаптации к физической нагрузке.

1 АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В СПОРТЕ

Проблема физической работоспособности занимает особое место в спорте, так как любое физическое упражнение есть проявление работоспособности спортсмена. Определение физической работоспособности наряду со спортивными результатами и данными, полученными при спортивно-педагогическом контроле, необходимо для оценки состояния подготовленности спортсмена и управления его тренировочным процессом.

Изучение компонентов комплексного механизма физической работоспособности является важным направлением научных исследований, связанных с подготовкой перспективного спортивного резерва и воспитанием здорового во всех отношениях поколения [3, 4].

Несмотря на такую ключевую позицию проблемы физической работоспособности в жизни человека, многие аспекты её остаются малоизученными. В настоящее время недостаточно опубликовано данных о соотношении между общей тестовой физической работоспособностью и специальной работоспособностью спортсменов в различных видах спорта; зависимости физической работоспособности спортсменов от направленности тренировочного процесса, состояния основных физиологических систем и генетических особенностей организма. Кроме того, недостаточно изучена взаимосвязь между функциональными резервами, лимитирующими факторами, их системным обеспечением и физической работоспособностью [5].

Физическая работоспособность является интегральным показателем функционального состояния организма и зависит от морфологического и функционального состояния основных систем жизнеобеспечения и, в первую очередь, от состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Проявление работоспособности – степень мобилизации спортсменом своих возможностей – в значительной мере зависит от психологических факторов, в частности, от мотивации спортсмена: чем сильнее потребность, тем сильнее формируемый на основе этой

потребности мотив, тем большие усилия проявляет спортсмен для достижения поставленной цели [6].

Работоспособность оценивают по критериям профессиональной деятельности и состоянию функций организма с помощью прямых и косвенных показателей.

Прямые показатели у спортсменов позволяют оценивать их спортивную деятельность как с количественной (метры, секунды, килограммы, очки и т. д.), так и с качественной (надежность и точность выполнения конкретных физических упражнений) стороны.

К косвенным критериям работоспособности относят различные клинико-физиологические, биохимические и психофизиологические показатели, характеризующие изменения функций организма в процессе работы. Другими словами, косвенные критерии работоспособности представляют собой реакции организма на определенную нагрузку и указывают, какой физиологической ценой для атлета обходится эта работа. Это дает основание использовать тесты с физической нагрузкой для прогнозирования работоспособности спортсмена, а также для выяснения механизмов адаптации к конкретной профессиональной деятельности, оценке развития утомления и анализа других функциональных состояний организма [7].

2 ВИДЫ НАГРУЗОЧНЫХ ТЕСТОВ

Определение уровня физической работоспособности спортсменов осуществляется путем применения тестов с максимальными и субмаксимальными мощностями физических нагрузок [8].

Максимальной нагрузке соответствует максимальная для обследуемого частота сердечных сокращений (ЧСС). Эквивалентом максимальной нагрузки является максимальное утомление, в связи с чем в литературе максимальное нагрузочное тестирование называется тестированием на выносливость или тестированием «до отказа».

Под субмаксимальной понимается нагрузка, соответствующая определенной доле (75 или 85 %) от максимальной ЧСС.

В зависимости от технического оснащения нагрузочные тесты можно разделить на две группы: внелабораторные (полевые) тесты и высокотехнологические, проведение которых требует оборудования для оценки функции респираторной и сердечно-сосудистой системы, газообмена (газоанализатор, метабологграф) и устройства для дозирования физической нагрузки (эргометр).

По типу нагрузки нагрузочные тесты (пробы) также делятся на специфические (тестирование специальной работоспособности) и неспецифические (тестирование общей работоспособности и выносливости).

Специфическими называют такие функциональные пробы, фактором воздействия в которых служат движения, свойственные конкретному виду спорта. Например, для бегуна такой пробой будет бег (или бег на тредмиле), для пловца – плавание и т.д. К неспецифическим относятся пробы, в которых используются движения, не свойственные тому или иному виду спорта. Например, для борца – велоэргометрическая нагрузка и т.д.

Велоэргометры и тредбаны применяются для тестирования общей работоспособности спортсменов различной специализации, так как педалирование и бег – наиболее естественные для человека виды локомоций. Использование каждого метода имеет как свои преимущества, так и недостатки, в зависимости от цели применения. Вопрос о выборе использования тредмила или велоэргометра остается неразрешенным до сих пор. Считается, что в Европе более распространен велоэргометр, а в Северной Америке – тредмил.

Применение нагрузочного тестирования на велоэргометре дает возможность адекватного мониторинга большинства физиологических параметров при меньшей нагрузке на сердечно-сосудистую систему, в то время как тредбан-тест обеспечивает достижение показателей, более приближенных к максимальным, в сравнении с велоэргометрическим тестом, что делает его более пригодным для определения физической работоспособности у здоровых лиц. Наиболее серьезные отличия между двумя моделями тестирования заключаются в максимальном потреблении

кислорода (МПК), которое обычно выше при тестировании на тредмиле. Для тредбан-теста характерна более тесная взаимосвязь между потреблением кислорода и мощностью выполняемой нагрузки, имеющая, большей частью, прямолинейную зависимость в отличие от велоэргометрического теста, где данную закономерность нарушают процессы локального мышечного утомления [2]. К достоинствам велоэргометра следует отнести меньшую стоимость, вес и занимаемую площадь. Используя его, проще проводить физиологические измерения (ЭКГ, артериальное давление, газовый анализ, забор крови).

Согласно требованиям ВОЗ для проведения нагрузочного тестирования на общую работоспособность необходимо определение количественной оценки показателей, точной воспроизводимости метода при повторных тестах и обеспечение регистрации физиологических параметров реакции организма тестируемого на нагрузку [9].

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕДУРЫ

Нагрузочное тестирование считается в целом безопасной процедурой. Смертность при проведении проб с нагрузкой у пациентов без наличия ишемической болезни сердца составляет около 1 на 10000 исследований, а общее число осложнений (как фатальных, так и нефатальных) по данным разных авторов – от 2 до 5 на 10000 проб. При этом вероятность возникновения этих осложнений зависит от контингента обследуемых [10].

4 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Персонал

Нагрузочный тест должен проводиться только хорошо подготовленным персоналом, обладающим знанием физиологических процессов, происходящих при физической нагрузке, и способным провести экстренную сердечно-легочную реанимацию.

Дискутируемый в международной медицинской литературе вопрос о возможности проведения нагрузочного тестирования неврачебным персоналом не теряет своей актуальности. Согласно международным рекомендациям специально обученный неврачебный персонал (сертифицированные физиологи, медицинские сестры) может проводить пробы с физической нагрузкой при условии наличия достаточного опыта самостоятельного тестирования, присутствия врача, который при необходимости в любой момент может принять участие в тестировании и при обязательном контроле всех документированных результатов теста. Основанием для данного утверждения послужило низкое количество осложнений при проведении нагрузочного тестирования неврачебным персоналом [11].

Кроме того, неврачебный персонал должен иметь сертификат о прохождении курсов повышения квалификации в разделах оказания экстренной помощи и проведения сердечно-легочной реанимации [12].

В Республике Беларусь на современном этапе не существует реальной возможности обучения неврачебного персонала самостоятельному нагрузочному тестированию ввиду отсутствия законодательной и образовательной базы как для исходной сертификации такого персонала, так и для их регулярных сертификационных занятий.

Для грамотного отбора контингента для проведения специального тестирования, а также компетентного определения нагрузочной пробы, что в конечном итоге приведет к корректной интерпретации результатов исследования, специалисту необходимо владеть определенным объемом знаний и навыков [13], в том числе:

- Ø знаниями о различных протоколах тестирования;
- Ø знаниями о показаниях и противопоказаниях к проведению нагрузочного тестирования;
- Ø знаниями о физиологических процессах, происходящих в организме в ответ на физическую нагрузку;
- Ø умением своевременно распознавать осложнения, возникшие в процессе проведения пробы;

- Ø владеть навыками проведения сердечно-легочной реанимации;
- Ø знаниями критериев прекращения пробы;
- Ø знаниями о диагностической и прогностической ценности проведенного тестирования;
- Ø владеть навыками интерпретации ЭКГ.

Помещение

Помещение должно быть чистым, хорошо освещенным и вентилируемым, оснащенным термометром, гигрометром и барометром для контроля за температурой, влажностью воздуха и атмосферным давлением.

Известно, что частота сердечных сокращений и степень утомляемости увеличиваются при повышении температуры окружающей среды.

Кардиоваскулярный ответ на физическую нагрузку значительно варьирует, если влажность воздуха превышает 60%. Сочетание повышенной температуры и влажности снижает переносимость физических нагрузок.

Комфортной считается температура 19–23°C.

Выбор протокола тестирования

«Золотой стандарт» нагрузочного тестирования – это тест с возрастающей нагрузкой с одновременным электрокардиографическим и клиническим наблюдением. Проба с возрастающей или ступенчато возрастающей нагрузкой – один из самых распространенных методов оценки аэробной выносливости [1].

Выбор протокола нагрузки – важная и сложная задача. Различия в алгоритмах тестирования заключаются в длительности ступени и скорости прироста интенсивности нагрузки, наличии и продолжительности периодов отдыха/остановки между ступенями.

В клинической медицине даже опытные врачи, проводившие нагрузочные тесты по 10–15 лет, могут ошибаться, пытаясь «навскидку» выбрать протокол, подходящий для конкретного пациента. Понять, что выбранный протокол не подходит данному пациенту, можно лишь уже пройдя этот протокол. Признаками

того, что данный пациент проходил тестирование по не подходящему для него протоколу, являются:

1) продолжительность тестирования менее 2 минут (протокол «велик» пациенту, обычно встречается у лиц с низкой толерантностью к нагрузке);

2) продолжительность тестирования более 20 минут (протокол «мал» пациенту, обычно встречается у хорошо тренированных молодых людей) [14].

Выбор адекватного шага возрастания нагрузки – один из важнейших этапов в индивидуальной подготовке теста для каждого спортсмена. Шаг увеличения нагрузки не влияет на показатель МПК или максимальное значение ЧСС, но приведет к значительным различиям при определении максимальной мощности нагрузки (протоколы с «большим шагом» увеличения нагрузки приводят к более высокой пиковой мощности нагрузки) [15]. Вместе с тем выбор «большого шага» может приводить к быстрому приросту ЧСС и АД, а также преждевременному прекращению тестирования. При «маленьком шаге» увеличения нагрузки локальное утомление мышц нижних конечностей, а не максимальное утомление, станет причиной прекращения теста.

Условиями корректного тестирования со ступенчато повышающейся нагрузкой являются:

а) длительность работы на каждой ступени, достаточная для развертывания функций организма;

б) количество последовательных повышений мощности работы должно составлять не менее 5–6 для вычисления биоэнергетических параметров;

в) должна использоваться одна и та же схема повышения нагрузок, которая позволяет достигать предельных уровней функционирования биоэнергетических систем организма, не принося вреда испытываемому [16].

Подготовка спортсмена

На этапе подготовки к проведению тестирования проводится отбор спортсменов для тестирования, а также выявление медицинских противопоказаний для проведения максимального нагрузочного теста.

Накануне нагрузочного тестирования тренировка должна быть проведена в аэробном режиме. Проба с дозированной физической нагрузкой проводится в первой половине дня. При проведении тестирования спортсмен должен находиться в легкой, комфортной спортивной одежде, спортивной обуви. Исследование выполняется не ранее 1,5–2 часов после еды. Перед тестированием проводится осмотр и опрос испытуемого на предмет выявления противопоказаний к проведению пробы, измерение АД, выполняется запись ЭКГ в 12 стандартных отведениях в положении лежа.

Специалист, осуществляющий подготовку к тесту, должен объяснить спортсмену смысл процедуры и технику ее выполнения.

Информированное согласие

Перед проведением тестирования спортсмен изучает информированное согласие, а затем его подписывает.

5 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГРУЗКИ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ МОЩНОСТИ «ДО ОТКАЗА»

В спортивной физиологии (медицине) применяют различные виды нагрузок при проведении тестов. Для велоэргометрии предпочтительно использовать нагрузки возрастающей мощности до «отказа»[17].

Крайне важно определить цели и задачи тестирования, а также мотивировать спортсмена на выполнение максимальной нагрузки.

Алгоритм, а также этапы проведения максимального нагрузочного тестирования (велоэргометрии) наглядно представлены в приложениях 1, 2. Этапы проведения велоэргометрии с использованием нагрузки возрастающей мощности «до отказа» включают подготовительный этап, этап тестирования и заключительный этап.

5.1 Перечень необходимого инструментария и оборудования

Велоэргометр, тонометр, фонендоскоп, ЭКГ-аппарат, дефибриллятор, аптечка для оказания неотложной помощи.

Тестирование выполняет врач и медицинская сестра.

5.2 Контингент

Спортсмены старше 18 лет (спортсмены высокого класса, спортивный резерв)*.

Практически здоровые лица старше 18, занимающиеся физической подготовкой**.

Практически здоровые лица старше 18, планирующие занятия физической подготовкой***.

5.3 Показания к проведению теста

Определение уровня общей работоспособности.

Определение оптимального режима двигательной активности (тренировочных зон).

Текущий контроль функционального состояния организма / уровня подготовленности.

Контроль в динамике функционального состояния организма / уровня подготовленности.

Целенаправленный отбор перспективных спортсменов как для различных видов спорта, так и для разных специализаций в конкретном виде спорта.

* Не допускаются к прохождению теста лица, не прошедшие комплексное медицинское обследование, а также не допущенные к тренировочной и/или соревновательной деятельности по медицинским показаниям.

** Не допускаются к прохождению теста лица, не предоставившие предыдущие ЭКГ, результаты эхокардиографии (ЭхоКГ) давностью не более 3 месяцев, выписку из амбулаторной карты. При наличии показаний может быть назначена консультация терапевта или кардиолога для решения вопроса целесообразности проведения максимального нагрузочного тестирования.

*** Американский колледж спортивной медицины (ACSM) рекомендует людям, желающим начать или усложнить программу тренировок, пройти предварительный скрининг здоровья (опросник) [18].

5.4 Противопоказания к проведению теста*

Клюбое острое/подострое заболевание.

Обострение хронического заболевания.

Повышение температуры тела.

Наличие травмы/последствия травмы, препятствующей максимальному выполнению нагрузки.

Наличие патологических изменений на ЭКГ (частая желудочковая/суправентрикулярная экстрасистолия, нарушения проводимости).

Синусовая тахикардия (более 100 уд/мин).

Сходное АД выше 150/90 мм рт. ст.

5.5.1 Подготовка к тестированию

Разработанная памятка «Подготовка спортсмена к максимальному нагрузочному тестированию» поможет правильно подготовиться атлету к исследованию (приложение 3).

Непосредственно перед выполнением велоэргометрии необходимо:

измерить у обследуемого АД в положении сидя, лежа;

выполнить ЭКГ, провести интерпретацию (ЧСС, ритм, нарушения ритма/проводимости, сравнить ЭКГ в динамике);

определить наличие противопоказаний для проведения тестирования;

при отсутствии противопоказаний подписать информированное согласие на проведение максимального нагрузочного теста (приложение 4).

* Можно выделить два уровня выявления лиц, которым максимальное нагрузочное тестирование противопоказано (не показано): первый – на этапе отбора спортсменов для предстоящего тестирования (врач спортивной медицины), второй – непосредственно специалистом, проводящим тестирование (в день обследования). В приложении 1 первый уровень отображен до пунктирной линии, второй – после.

5.5.2 Тестирование

Перед началом тестовой процедуры специалист, проводящий тестирование, разъясняет кратко спортсмену методику проведения испытания с указанием назначения теста, определяемых параметров и особенностей его проведения и предлагают сообщить обо всех изменениях состояния.

После регулировки уровня подъема сидения и руля велоэргометра необходимо подключить электроды для непрерывного мониторинга ЭКГ, наложить манжету тонометра на плечо. Измерить АД исходно сидя на велоэргометре.

ПРОТОКОЛ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ

ПЕРИОД НАГРУЗКИ	
Тип нагрузки	Ступенчатая, непрерывно возрастающая
Скорость педалирования	60–70 оборотов в минуту
Мощность 1-й ступени для женщин	75–100 Вт
Мощность 1-й ступени для мужчин	100–125 Вт
Продолжительность ступени	2 минуты
Шаг нагрузки	25 Вт
Запись стандартной ЭКГ	Непрерывно
Измерение АД во время теста	В конце каждой ступени нагрузки, не прекращая процесса педалирования
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД	
Мощность ступени	25 Вт
Скорость педалирования	30–40 оборотов в минуту
Продолжительность ступени	Первые 2 минуты (по истечении времени педалирование прекратить)
Измерение АД в восстановительном периоде	Каждую минуту (вплоть до достижения исходного уровня)
Запись стандартной ЭКГ	Непрерывно весь период
Общее время восстановительного периода	5–15 минут, не менее 5 минут (до полного восстановления исходных показателей АД и ЧСС)

*Критерии остановки пробы**: клинические, электрокардиографические, технические.

Клинические:

- выраженное тахипноэ (более 60 вдохов в минуту) или диспноэ (можно использовать шкалу Борг – приложение 5);
- снижение систолического АД на 10 и более мм рт. ст., несмотря на увеличение мощности следующей ступени нагрузки**;
- повышение систолического АД свыше 230 мм рт. ст., диастолического – 120 мм рт. ст.;
- симптомы со стороны центральной нервной системы (нарушение координации движений, головокружение, бледность, тошнота);
- отказ спортсмена от продолжения пробы;
- невозможность удерживать спортсменом скорость педалирования.

Электрокардиографические:

- достижение максимальной ЧСС;
- диагностически значимая девиация сегмента ST;
- изменение комплекса QRS;
- желудочковая тахикардия;
- суправентрикулярная тахикардия;
- частая желудочковая и суправентрикулярная экстрасистолия;
- мерцательная аритмия, трепетание предсердий;
- атриовентрикулярная блокада II–III степени;
- синоатриальная блокада II–III степени;
- появление блокад ножек пучка Гиса.

Технические: неполадки в мониторинге, ЭКГ-оборудовании, дефибриляторе.

* Нагрузка выполняется «до отказа» либо появления критериев остановки пробы (с учетом критериев Gerald F.Fletcher, et. Al 2013 в приложении 6).

** Учитывать, что при проведении пробы на пике нагрузки может быть отмечено снижение АД. Это связано с тем, что спортсмен не держит скорость педалирования, не может наращивать усилия и снижает их мощность.

Учитывать, что в некоторых случаях отмечается высокий стартовый прирост систолического АД с приростом АД на 1–2 степени теста до 50–60 мм рт.ст. Однако затем прирост значительно замедляется, и допустимый уровень АД держится до окончания теста (динамика по типу «плато»).

Неадекватная динамика АД в каждом конкретном случае должна быть сопоставлена с самочувствием и жалобами спортсмена.

5.5.3 Анализ, интерпретация результатов тестирования

Анализ данных тестирования, интерпретацию его результатов осуществляет специалист, проводивший тестирование.

Интерпретация результатов нагрузочного тестирования включает:

1. оценку уровня общей физической работоспособности;
2. оценку динамики АД, ЧСС во время нагрузки;
3. оценку динамики АД, ЧСС в восстановительный период;
4. оценку ЭКГ (наличие проявлений ишемии миокарда, индуцированы или не индуцированы нарушения ритма или проводимости) как во время нагрузки, так и в восстановительный период.

При определении уровня общей физической работоспособности необходимо учитывать не только вид спорта, которым занимается спортсмен, но и уровень его квалификации. Пример сравнительного анализа показателей работоспособности с учетом квалификации на примере представителей плавания представлен в таблицах 1, 2 (приложение 7).

Для определения уровня общей физической работоспособности учитываются такие показатели, как мощность последней ступени (Вт) в абсолютных значениях и с учетом массы тела (Вт/кг), объем выполненной работы в кгм, общая длительность работы (мин).

Оценочные шкалы общей физической работоспособности по группам видов спорта, а также на примере представителей велосипедного спорта, разработанные с использованием формул в программе Excel, представлены в приложении 8 (таблицы 1–3).

Если учитывать все возможные комбинации ответа на физическую нагрузку систолического и диастолического АД отдельно, то количество вариантов реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку будет очень большим.

С учетом всех известных вариантов классификации можно выделить следующие варианты реакции АД на нагрузку:

- нормотензивная;
- гипертензивная (умеренная/выраженная);
- гипотензивная;
- дистоническая.

К типичному ответу АД на дозированную физическую нагрузку относят прогрессивное увеличение систолического АД (за счет систолического объема и силы сердечных сокращений) пропорционально нагрузке, до 160–220 мм рт. ст. при максимальных усилиях [2].

Тип реакции АД может быть расценен как гипертензивный: при нормализации уровня АД позже 3 минут после прекращения нагрузки; при высоком стартовом приросте АД; при повышении АД выше 220/100 мм рт. ст.

Гипотензивный тип реакции на нагрузку может быть отмечен в том случае, если у спортсмена до проведения теста регистрировались пониженные значения АД, которые затем на фоне продолжительного полноценного тестирования были ниже должных значений.

Дистонический тип реакции определяется при появлении «феномена бесконечного тона» на малых мощностях нагрузки (начальные ступени теста), а также при сохранении данного феномена более 3 мин в восстановительный период тестирования.

Определить референтные величины ответа АД по результатам проведенных велоэргометрических тестов можно при помощи статистического анализа. Пример определения референтных величин АД представлен в приложении 9, таблицах 1, 2.

На примере данных, представленных в таблице 1 приложения 9, можно считать гипертензивной реакцию по систолическому АД в группе спортсменов циклических видов спорта для

мужчин – при подъеме АД систолического выше 210 мм рт. ст. (уровень выше 75 % процентиля), а для женщин – выше 185 мм рт. ст.

Важно подчеркнуть, что реакцию АД (пиковые значения) корректно учитывать с учетом выбранного протокола, пола, вида спорта, достигнутой мощности нагрузки. Неадекватная динамика АД (например, неадекватно большой прирост систолического АД на первой ступени нагрузки, разовое снижение систолического АД на 10 мм рт.ст.) должна быть сопоставлена с самочувствием и жалобами спортсмена.

Оценка динамики снижения ЧСС и АД в восстановительный период имеет немаловажное значение. Также необходимо дать оценку и отношения АД и ЧСС на пике нагрузке и на 1, 3, 5-й минуте восстановительного периода.

Актуальны подходы к определению типа реакции на физическую нагрузку, разработанные в спортивной медицине:

физиологический адекватный тип (адекватное увеличение ЧСС, АД систолического, быстрое восстановление ЧСС и АД, нет патологических изменений на ЭКГ во время нагрузки и/или в восстановительном периоде);

физиологический неадекватный (преимущественно увеличение ЧСС, недостаточный подъем АД систолического в ответ на физическую нагрузку, замедленное восстановление АД, ЧСС, неспецифические изменения на ЭКГ, незначимые нарушения ритма);

патологическая /условно патологическая (падение или неадекватный прирост АД систолического во время нагрузки и/или в период восстановления, диагностически значимые изменения на ЭКГ, в том числе клинически значимые нарушения ритма во время нагрузки и/или восстановительный период).

Анализ динамики ЭКГ осуществляется во время теста (online) и после его окончания (ретроспективный анализ). Возможность мониторинга во время теста ЭКГ важно, прежде всего, для проведения безопасного теста. Широкий диапазон ретроспективного анализа приводит к максимально достоверной оценке динамики сегмента ST, оценке наличия нарушения

ритма/проводимости. Сопоставляя одни и те же сомнительные фрагменты в разных окнах программы, специалист приходит к определенному заключению. Именно этот этап работы является самым важным, поскольку способствует уменьшению количества ложноотрицательных и ложноположительных результатов.

5.5.4 Формирование заключения по результатам тестирования

В заключении по результатам тестирования спортсмена должна быть отображена следующая информация:

паспортная часть (фамилия, имя, отчество, возраст, вид спорта, уровень квалификации, период подготовки);

табличные данные с информацией о динамике (тренды) ЧСС, АД, мощности ступени (как правило, такая информация содержится в протоколе по результатам тестирования и формируется программой автоматически);

причины прекращения теста (медицинские, отказ спортсмена от дальнейшего продолжения пробы);

оценка результативности теста. Тест оценить как «неинформативный», если он прекращен по желанию спортсмена (ввиду низкой мотивации, последствий травмы и др.) до достижения критериев остановки теста (максимальная ЧСС, предельная утомляемость) при недостигнутой субмаксимальной ЧСС (менее 85 %);

максимально достигнутая мощность в тесте (Вт). Выставляется программой автоматически. Можно воспользоваться таблицей приложения 10;

объем выполненной работы (кгм). Выставляется программой автоматически. Можно воспользоваться таблицей в приложении 11;

максимально достигнутая ЧСС и ее процент от максимальной возрастной;

максимальное АД (на пике нагрузки);

оценка уровня общей физической работоспособности;

оценка реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку (ЧСС, АД);

оценка динамики ЧСС, АД в восстановительный период; отметку о наличии/отсутствии нарушений ритма/проводимости, изменении сегмента ST во время пробы;

в комментариях может быть отображена дополнительная важная информация о динамике ЭКГ (например, инверсия зубца T на пике физической нагрузки или исходно сидя, наличие редкой или частой экстрасистолии в восстановительный период и др.);

косвенное определение МПК (дискутируемый вопрос, так как расхождение между расчетным МПК и МПК, определенным прямым методом, составляет как минимум $\pm 10-15\%$). Используются различные нормограммы, диаграммы, формулы (в зависимости от протокола тестирования);

распределение зон интенсивности тренировочной нагрузки (тренировочных зон).

Справочно.

Диапазон значений ЧСС, используемый для развития конкретного физического качества, называется тренировочной зоной или зоной интенсивности тренировочной нагрузки. Различными авторами предложены варианты деления зон интенсивности тренировочных нагрузок.

Распределение на тренировочные зоны может осуществляться по максимальной ЧСС, по значению ЧСС на уровне порога анаэробного обмена (Janssen, 2001), на основании объективных и субъективных показателей (Bourdon, 2000) и др. Использование портативных биохимических анализаторов позволяет выделять зоны нагрузки в зависимости от содержания лактата в крови спортсмена [19].

оценка результатов в динамике (при проведении повторной велоэргометрии);

при необходимости рекомендации о дальнейших (дополнительных) диагностических манипуляциях, необходимости консультации другими специалистами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, роль и место нагрузочного тестирования в оценке текущего функционального состояния и физической работоспособности трудно переоценить, поскольку способность организма адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды наиболее полно можно исследовать и оценивать именно при проведении проб с физической нагрузкой.

Интерпретация результатов велоэргометрической пробы с целью определения общей физической работоспособности и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы позволит оценить функциональное состояние и адекватность тренирующей нагрузки на организм спортсмена. Выявление под воздействием дозированной физической нагрузки ранних и скрытых гемодинамических изменений поможет скорректировать тренировочные нагрузки, а также в случае необходимости своевременно использовать оптимальные лечебно-профилактические и реабилитационные мероприятия.

Представляется необходимым подчеркнуть, что проводить нагрузочное тестирование и интерпретацию его результатов с учетом поставленных задач и контингента обследуемых целесообразно в условиях специализированных учреждений (диспансеры спортивной медицины, научные лаборатории), которые осуществляют медицинское и научно-методическое обеспечение атлетов на протяжении их всей профессиональной карьеры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мустафина, М.Х. Кардиореспираторный нагрузочный тест / М.Х. Мустафина, А.В. Черняк // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2013. – № 3. – С. 56–62.

2. Михайлов, В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ / В.М. Михайлов. – Иваново: ОАО «Издательство «Галка», 2008. – 548 с.

3. Абрамова, В.В. Исследование физической работоспособности как одного из условий достижения высоких результатов в спорте / В.В. Абрамова // Сучасні проблеми фізичного виховання, спорту та здоров'я людини: збірник наукових праць / Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, Государственное учебное заведение «Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко»; [редкол.: П.С. Атаманчук (відп. ред.) та ін]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Випуск 3. – С. 3–11.

4. Pediatric Sports Injuries: an age comparison of children versus adolescents/ A. Stracciolini, R. Casciano, H.L. Friedman, W.P. Meehan III, L.J. Micheli// Am J Sports Med.– 2013. – Vol. 41, N8. – P. 1922–1929.

5. Солодков, А.С. Физическая работоспособность спортсменов и общие принципы ее коррекции (часть 1) / А.С. Солодков // Ученые записки. – 2014. – №3 (109). – С. 148–157.

6. Груздев, Г.И. Теоретический аспект физической работоспособности в спорте / Г.И. Груздев // Медико-биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни: сб. науч. ст. III Всерос. заочной науч.-практ. конф. с междунар. участием, Воронеж, 29 апр. 2014 г. / Воронежский государственный институт физической культуры; редкол.: О.Н. Савинкова [и др.]. – Воронеж, 2014. – Т. 2. – С. 778–781.

7. Солодков, А.С. Адаптационные возможности человека / А.С. Солодков // Физиология человека. – 1982. – Т. 8, № 3. – С. 445–449.

8. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.

9. World Health Organization [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.who.org. – Дата доступа: 10.09.2018.

10. Тавровская, Т.В. Велоэргометрия: Практическое пособие для врачей / Т.В. Тавровская. – СПб.: Кафедра факультетской терапии Алтайского государственного медицинского университета, 2007. – 138 с.

11. ACSM Guedelines for Exercise Testing and Prescription / Walter R. Thompson [et al.]. – 7th ed. – American College of Sports Medicine, 2010. – 380 p.

12. Recommendations for Clinical Exercise Laboratories: A Scientific Statement From the American Heart Association / J. Myers [et al.] // *Circulation*. – 2009. – Vol. 119. – P. 3144–3161.

13. Exercise Standards for Testing and Training: A Scientific Statement From the American Heart Association / Gerald F. Fletcher [et al.] // *Circulation*. – 2013. – Vol. 128. – P. 873–934.

14. Аксельрод, А.С. Выбор протокола нагрузочного тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.schiller.ru/articles/detail.php?ID=2165&sphrase_id=1485. – Дата доступа: 10.09.2018.

15. Physiological tests for elite athletes / R.K. Tanner, C.J. Gore second editon // Australian Institute of sport. – 2016. – 560 p.

16. Методология и методы определения функциональных возможностей спортсменов / Е.А. Ширковец [и др.] // *Вестник спортивной науки*. – 2010. – № 4. – С. 3–5.

17. Рылова, Н.В. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование в спортивной медицине / Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова, А.С. Самойлова // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2014. – №3. – С. 103–108.

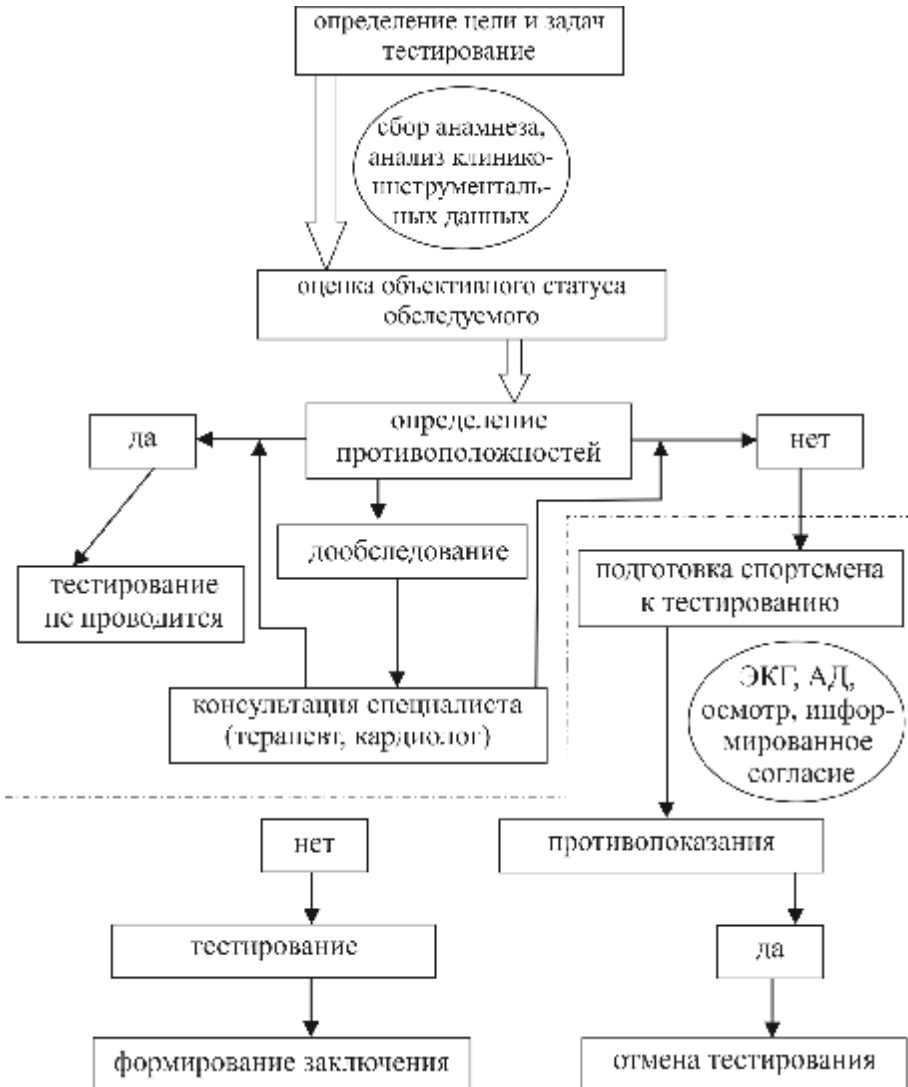
18. Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening / D. Riebe [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2015. – P. 47.

19. Ландырь, А.П. Мониторинг сердечной деятельности в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте / А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов. – М.: Триада X, 2011. – 176 с.

20. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В.Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГРУЗКИ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ МОЩНОСТИ «ДО ОТКАЗА»



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Этапы проведения велоэргометрии с использованием нагрузки возрастающей мощности «до отказа»

Этап	Объем работы	Ответственный
Подготовительный	<p>Подготовка спортсмена: психологическая настройка (мотивация), определение тренировочного режима накануне тестирования</p>	тренер
	<p>постановка цели, задач тестирования, определение наличия/отсутствия меди- цинских противопоказаний</p>	врач спортивной медицины
	<p>изучение информированного согласия</p>	спортсмен
Тестирование	<p>письменное согласие на проведение теста соответствующая экипировка анализ ЭКГ исходно в день тестирования оценка ЭКГ в динамике, измерение АД опрос, оценка объективного статуса определение наличия медицинских про- тивопоказаний описание краткой методики проведения техники безопасности выбор протокола тестирования мониторинг показателей (ЭКГ, ЧСС, АД) клиническое наблюдение за испытуемым оценка критериев остановки пробы измерение АД во время теста, в восста- новительный период</p>	<p style="text-align: center;">спортсмен</p> <p style="text-align: center;">специалист, проводящий тестирование</p> <p style="text-align: center;">медицинская сестра</p>
Заключи- тельный	<p>анализ, интерпретация показателей формирование итогового протоко- ла/заключения в соответствии с постав- ленными задачами перед началом нагру- зочного тестирования</p>	специалист, про- водивший тести- рование

**ПАМЯТКА
ПО ПОДГОТОВКЕ СПОРТСМЕНОВ К ТЕСТИРОВАНИЮ**

Нагрузочное тестирование с целью определения общей физической работоспособности используется в практике спортивной медицины и науки и отражает состояние функциональной подготовленности спортсмена, связанное с активацией всех систем и органов в ответ на физическую нагрузку.

Результаты тестирования зависят от множества субъективных и объективных факторов, максимально нивелировать (сгладить) влияние которых возможно при соблюдении условий подготовки и проведения тестирования.

Цель тестирования – определить максимальные возможности спортсмена при выполнении физической нагрузки на велоэргометре.

Результаты тестирования позволят скорректировать и индивидуализировать тренировочный процесс для достижения спортивного результата, оценить эффективность тренировочного процесса в динамике.

Корректная оценка общей работоспособности спортсмена требует соблюдения определенных условий подготовки спортсменов к тестированию.

Условия подготовки спортсменов к тестированию:

1. за день до тестирования – тренировка в аэробной зоне;
2. в день тестирования – легкий завтрак, исключить продукты, содержащие кофеин (кофе, чай);
3. отсутствие симптомов острых заболеваний верхних дыхательных путей (насморк, кашель, чувство заложенности носа и/или ушей, боль в горле при глотании), недавно (1–3 дня) возникших признаков аллергии;

4. наличие легкого спортивного костюма (шорты, майка), удобной спортивной обуви, полотенца, питьевой воды (для восстановления водного баланса после тестирования);

5. мотивация спортсмена тренером и/или врачом команды на выполнение максимально возможной физической нагрузки.

***ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕХ УСЛОВИЙ
ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ
ПОЗВОЛИТ КОРРЕКТНО ОЦЕНИТЬ ТЕКУЩЕЕ
СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНА, ОПРЕДЕЛИТЬ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА,
АДЕКВАТНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРГАНИЗМА
ПОСЛЕ НАГРУЗКИ***

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Информированное согласие

Максимальное нагрузочное тестирование на велоэргометре проводится с целью определения уровня общей (специальной) работоспособности и оценки функциональной подготовленности организма. Информацию по результатам тестирования можно использовать для оценки эффективности тренировок, а также для определения направленности будущей тренировочной программы.

Эквивалентом максимальной нагрузки является максимальное утомление, в связи с этим предстоящая нагрузочная проба является пробой на выносливость, тестированием «до отказа».

Предстоящее тестирование включает:

длительность одной ступени теста	2	мин.
начальная мощность ступени	100 (125)	Вт
скорость педалирования	60–65	оборотов
увеличение мощности ступени на	25	Вт

До начала теста Вам будут подключены электроды для непрерывной регистрации электрокардиограммы в течение всего теста. Артериальное давление будет измерено в покое (до начала теста), в конце каждой ступени теста, а также каждую минуту восстановительного периода. Выполняйте все требования специалиста, проводящего обследование. После прекращения повышения мощности не рекомендуется резкая остановка педалирования во избежание внезапного снижения АД. Врач, проводящий исследование, может в любое время прекратить тест по медицинским причинам. Кроме того, Вы сами можете остановить исследование, если почувствовали недомогание или любое другое неудобство.

Возможным риском проводимого теста являются редкие случаи нарушения ритма и проводимости, чрезмерный подъем или снижение артериального давления. Существует малая вероятность сердечного приступа и потери сознания. Существует вероятность потери координации и падения, травмирования.

Информация, которой Вы располагаете о состоянии Вашего здоровья, либо о наличии (ранее) эпизодов, связанных с нарушени-

ями в работе сердечно-сосудистой системы (боли в сердце, тяжесть в груди и др.), может оказать влияние на безопасность, проводимого тестирования. Вы несете ответственность за полное раскрытие своей медицинской истории.

Ваше правдивое сообщение о перечисленных и любых других необычных ощущениях накануне и во время нагрузочного тестирования представляется очень важным. Также Вы должны сообщить о лекарственных средствах, которые Вы принимали последнее время.

Результаты тестирования могут быть использованы для статистического анализа или научных целей с условием сохранения врачебной тайны (конфиденциальности).

Ознакомившись с вышеизложенной информацией и имея возможность получить ответы на интересующие вопросы, связанные с методикой проведения тестирования, настоящим

Я _____ даю добровольное согласие на проведение максимального нагрузочного тестирования на велоэргометре.

Дата _____

Подпись _____ ФИО _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Шкала Борг для оценки ощущаемых усилий (субъективная оценка тяжести нагрузки)

6–20-балльная шкала (15 степеней)	Словесное выражение	10-балльная шкала (15 степеней)
	ничего не ощущаю	0
7	очень-очень легкие	0,5
8		
9	очень легкие	1
10		
11	легкие	2
12		
13	умеренные	3
14	отчасти тяжелые	4
15	тяжелые	5
16		
17	очень тяжелые	7
		8
18		9
19	очень-очень тяжелые (максимальные)	10
20		

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

КРИТЕРИИ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОБЫ С ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ (American heart association, 2013)

Абсолютные критерии прекращения нагрузки

Элевация ST ($>1,0$ мм) в отведениях без патологического (постинфарктного) зубца Q (кроме aVR, aVL, V1).

Снижение АД на >10 мм рт. ст. при увеличении нагрузки в сочетании с другими признаками ишемии.

Возникновение приступа стенокардии умеренной или большой интенсивности.

Неврологические нарушения (атаксия, головокружение, предобморочное состояние).

Признаки гипоперфузии (цианоз или бледность).

Устойчивая желудочковая тахикардия, АВ-блокада 2–3 ст. или другая аритмия, влияющая на сердечный выброс.

Технические трудности при мониторинговании ЭКГ или АД.

Отказ пациента от дальнейшего проведения пробы.

Относительные критерии прекращения нагрузки

Значимое снижение ST (горизонтальное или косонисходящее > 2 мм, измеренное через 60–80 мс от точки J) у пациентов с подозрением на ИБС.

Снижение САД более чем на 10 мм рт. ст. по сравнению с исходным, несмотря на увеличение нагрузки, в отсутствие признаков ишемии.

Усиление болей в грудной клетке, усталость, одышка, судороги в ногах, перемежающаяся хромота.

Аритмии: короткие пробежки ЖТ, НЖТ, брадиаритмии, мультифокальные экстрасистолы и другие, которые могут повлиять на гемодинамику или прогрессировать при проведении пробы.

Чрезмерное повышение АД (САД > 250 мм рт. ст. или ДАД > 115 мм рт. ст.).

Появление блокады ножки пучка Гиса, которая не может быть сразу же дифференцирована от ЖТ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей общей физической работоспособности пловцов по уровню мастерства (мужчины)

Показатели	КМС, n=39	МС, n=63	МСМК, n=27
t, мин	10,67±3,14*	10,50±1,90^	12,09±2,52*^
A, кгм	10737,5±4986,12*	11213,27±2634,90^	13875±4369,97*^
W, кгм	1350±254,1*	1398±140,32^	1513,64±195,9*^
W, Вт	225±42,35*	233±23,39^	252,27±32,65*^
W, Вт /кг	3,43±0,59*^	3,09±0,4*	2,98±0,47^
ЧСС исходно, уд/мин	62,36±14,65	58,22±10,04	56,48±12,28
ЧСС макс., уд/мин	187,21±8,9*	178,3±11,12*	166,45±11,93*
МПК, л/мин (расчет)	3,3±0,4*	3,69±0,39*	3,98±0,45*
* , ^ – достоверные отличия при p≤0,05.			

Таблица 2 – Сравнительный анализ показателей общей физической работоспособности по уровню мастерства пловцов (женщины)

Показатели	КМС, n=36	МС, n=65	МСМК, n=42
t, мин	7,85±2,32	8±2,06*	6,91±1,58*
A, кгм	5955,56±2465,04	6530,17±2099,85	5523,53±1773,08
W, кгм	966,67±182,93*	1055,17±131,69*^	992,65±133,22^
W, Вт	161,11±30,49*	175,86±21,95*^	165,44±22,2^
Вт/кг	3±0,46*	2,92±0,38^	2,72±0,36*^
ЧСС исходно, уд/мин	64,36±10,53*^	58,75±9,11*	59,69±9,09^
ЧСС макс., уд/мин	186,11±8,2*^	177,55±8,55*	171,65±11,34^
МПК, л/мин (расчет)	2,66±0,37*^	2,99±0,28*	2,89±0,24^
* , ^ – достоверные отличия при p≤0,05.			

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 1 – Оценочная шкала уровня общей физической работоспособности представителей единоборств, мужчины (n=54)

Показатель	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
% от максимально возрастающей ЧСС	<77,54	77,54–82,73	82,74–89,84	89,85–95,03	>95,03
Вт/кг	<2,41	2,41–2,83	2,84–3,42	3,43–3,84	>3,84
Мощность последней ступени, Вт	<197,48	197,48–228,67	228,68–271,32	271,33–302,51	>302,51
A, кгм	<7241,73	7241,73–10958,76	10958,77–16041,23	16041,24–19758,26	>19758,26
Кгм/кг	<93,13	93,13–133,94	133,95–189,75	189,76–230,56	>230,56
Общее время теста	<8	8–10,37	10,38–13,62	13,63–15,99	>15,99

Таблица 2 – Оценочная шкала уровня общей физической работоспособности представителей циклических видов спорта, мужчины (n=156)

Показатель	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
% от максимально возрастающей ЧСС	<79,86	79,86–85,94	85,95–94,25	94,26–100,33	>100,33
Вт/кг	<2,78	2,78–3,44	3,45–4,35	4,36–5,01	>5,01
Мощность последней ступени, Вт	<232,31	232,31–272,51	272,52–327,48	327,49–367,68	>367,68
A, кгм	<10889,72	10889,72–16538,24	16538,25–24261,75	24261,76–29910,27	>29910,27
Кгм/кг	<123,66	123,66–202,62	202,63–310,59	310,6–389,55	>389,55
Общее время теста	<10,7	10,7–13,84	13,85–18,15	18,16–21,29	>21,29

Таблица 3 – Оценочная шкала уровня общей физической работоспособности представителей велосипедного спорта, мужчины (n=40)

Показатель	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
% от максимально возрастающей ЧСС	<78,76	78,76–84,74	84,75–92,91	92,92–98,89	>98,89
Вт/кг	<3,61	3,61–4,08	4,09–4,73	4,74–5,2	>5,2
Мощность последней ступени, Вт	<276,55	276,55–305,32	305,33–344,67	344,68–373,44	>373,44
A, кгм	<16767,36	16767,36–21241,29	21241,3–27358,7	27358,71–31832,63	>31832,63
Кгм/кг	<222,18	222,18–286,25	286,26–373,86	373,87–437,93	>437,93
Общее время теста	<14,14	14,14–16,43	16,44–19,56	19,57–21,85	>21,85

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Таблица 1 – Ответ артериального давления на физическую нагрузку у представителей циклических* видов спорта

Показатели	Me (25%;75%)	
	м	ж
АД _{сист.} исходно, мм рт. ст.	120 (120;130)	110 (100;120)
Мощность 1 ступени, Вт	125 (100;125)	100
% ЧСС на 1 ступени от ЧСС _{макс} возрастной	62,1 (57,9;65,6)	66,9 (63,6;71,3)
АД _{сист.} на 1 ступени нагрузки, мм рт. ст.	140 (130;150)	130 (110;140)
Мощность посл. ступени, Вт	300 (275;325)	225 (200;250)
ЧСС _{макс.} уд/мин	180 (171;185)	182 (174;186)
% ЧСС _{макс} от ЧСС _{макс} возрастной	90,1 (85,9; 93,7)	91,2 (87,8;95)
АД _{сист.} максим., мм рт. ст.	200 (185;210)	180 (160;180)

Таблица 2 – Ответ артериального давления на физическую нагрузку у представителей сложнокоординационных* видов спорта

Показатели	Me (25%;75%)	
	м	ж
АД _{сист.} исходно, мм рт. ст.	120(110;120)	110 (105;112)
Мощность 1 ступени, Вт	125	100
% ЧСС на 1 ступени от ЧСС _{макс} возрастной	66,3 (60,5;75,3)	76 (70,8; 80,8)
АД _{сист.} на 1 ступени нагрузки, мм рт. ст.	140 (130;150)	110 (110;115)
Мощность посл. ступени, Вт.	250 (200;275)	175 (175;200)
ЧСС _{макс.} уд/мин	176 (167;184)	182 (175;200)
% ЧСС _{макс} от ЧСС _{макс} возрастной	87,9 (84,2;92,4)	91,2 (89;94,03)
АД _{сист.} максим., мм рт. ст.	190 (180;200)	160 (145;165)

* Представители различных видов спорта объединены в группы согласно классификации, отражающей специфику движений, а также структуру соревновательной и тренировочной деятельности [20].

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Определение достигнутой мощности нагрузки (Вт)

Длительность теста (мин.)*	Начальная мощность нагрузки (Вт)		
	75	100	125
2	75	100	125
4	100	125	150
6	125	150	175
8	150	175	200
10	175	200	225
12	200	225	250
14	225	250	275
16	250	275	300
18	275	300	325
20	300	325	350
22	325	350	375
24	350	375	400
26	375	400	425
28	400	425	450
30	425	450	475

Для расчета выполненной мощности нагрузки в ваттах в тех случаях, когда последняя ступень продолжается менее 2 минут, можно использовать формулу (1):

$$W = W_1 + t_2 \times (W_2 - W_1) / 120, \quad (1)$$

где, W_1 – мощность предпоследней ступени;

W_2 – мощность последней ступени;

t_2 – длительность последней ступени в секундах.

* Длительность ступени 2 минуты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Определение объема выполненной работы* (кгм)

Длительность теста (мин.)**	Начальная мощность нагрузки (Вт)		
	75	100	125
1	450	600	750
2	900	1200	1500
3	1500	1950	2400
4	2100	2700	3300
5	2850	3600	4350
6	3600	4500	5400
7	4500	5550	6600
8	5400	6600	7800
9	6450	7800	9150
10	7500	9000	10500
11	8700	10350	12000
12	9900	11700	13500
13	11250	13200	15150
14	12600	14700	16800
15	14100	16350	18600
16	15600	18000	20400
17	17250	19800	22350
18	18900	21600	24300
19	20700	23550	26400
20	22500	25500	28500
21	24450	27600	30750
22	26400	29700	33000
23	28500	31950	35400
24	30600	34200	37800
25	32850	36600	40350
26	35100	39000	42900
27	37500	41550	45600
28	39900	44100	48300
29	42150	46800	51250
30	44400	49500	54200

* Объем выполненной работы (ОВР) – сумма произведений мощности каждой ступени нагрузки на время, отработанное на каждой ступени, например, если спортсмен отработал по 2 минуты на каждой из ступеней нагрузки 100–125–150 Вт, то ОВР=600 кгм/мин × 2 мин + 750 кгм/мин × 2 мин + 900 кгм/мин × 2 мин = 4500 кгм.

** Длительность ступени 2 минуты.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Актуальные аспекты определения физической работоспособности в спорте	5
2 Виды нагрузочных тестов	6
3 Безопасность процедуры	8
4 Общие требования к проведению нагрузочного тестирования	8
5 Технология проведения велоэргометрии с использованием нагрузки возрастающей мощности «до отказа»	12
5.1 Перечень необходимого инструментария и оборудования.....	13
5.2 Контингент	13
5.3 Показания к проведению теста.....	13
5.4 Противопоказания к проведению теста	13
5.5.1 Подготовка к тестированию.....	14
5.5.2 Тестирование.....	15
5.5.3 Анализ, интерпретация результатов тестирования.....	17
5.5.4 Формирование заключения по результатам тестирования	20
Заключение	22
Список использованных источников	23
Приложение 1	25
Приложение 2.....	26
Приложение 3.....	27
Приложение 4.....	29
Приложение 5.....	31
Приложение 6.....	32
Приложение 7.....	33
Приложение 8.....	34
Приложение 9.....	36
Приложение 10.....	37
Приложение 11.....	38

Производственно-практическое издание

*Захаревич Анна Леонидовна
Ушакова Людмила Юрьевна
Загородный Геннадий Михайлович
Питкевич Юлия Эдуардовна*

МАКСИМАЛЬНОЕ НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ В ПРАКТИКЕ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

Практическое пособие

Корректор А. М. Зиновик
Компьютерная верстка П .С. Максименко
Оформление обложки П .С. Максименко

Подписано в печать 28.12.2018. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,30. Тираж 100 экз.
Заказ 193.

Издатель: РНПЦ спорта

Свидетельство №1/447 от 14 ноября 2014 г.

Ул. Воронянского, 50/1, 220007, Минск

Полиграфическое исполнение:

Государственное учреждение «Республиканский учебно-методический центр
физического воспитания населения»

Свидетельство №1/42 от 1 октября 2013

Ул. Гусовского, 4–1, 220073, Минск