

DOI: 10.33454/1728-1261-2022-3-40-43
УДК 613.72:616.12-072.85

Значение велоэргометрического исследования в спортивной медицине

А. М. Трусова, Л. Д. Алехина

Клинический центр восстановительной медицины и реабилитации, Хабаровск, Россия, medial@mail.ru

Significance of bicycle ergometry in sports medicine

A. M. Trusova, L. D. Alekhina

Clinical Center for Restorative Medicine and Rehabilitation, Khabarovsk, Russia, medial@mail.ru

В статье изложен опыт проведения велоэргометрии у спортсменов различных категорий с учетом возрастных, антропометрических и квалификационных критериев. Общее число обследуемых составило 24 человека – представители детских секций спортивной акробатики, лыжников-гонщиков, бойцов смешанных единоборств. Полученные результаты исследования показали, что максимальная мощность нагрузки напрямую зависит от квалификации и уровня тренированности спортсмена. Это позволяет определять пульсовые зоны нагрузки, а также имеет особую ценность для тренеров и медицинского персонала при проведении врачебно-педагогических наблюдений.

Ключевые слова: велоэргометрия, нагрузочное тестирование, максимальное потребление кислорода, спортивная медицина, мощности выполняемой нагрузки

The article describes the experience of conducting bicycle ergometry in athletes of various categories, taking into account age, anthropometric and qualification criteria. The total number of the examined was 24 people - representatives of children's sections of sports acrobatics, cross-country skiers, mixed martial arts fighters. The results of the study showed that the maximum load power directly depends on the qualification and level of training of the athlete. This allows you to determine the pulse load zones, and is also of particular value to coaches and medical personnel of athletes when conducting medical and training observations.

Keywords: bicycle ergometry, stress testing, maximum oxygen consumption, sports medicine, exercise power

Оздоровительное влияние физических упражнений на организм человека известно с глубокой древности. На их большое значение для борьбы с болезнями и продления жизни указывали в своих произведениях и высказываниях многие поколения греческих врачей и философов. Так, Аристотель говорил: «Жизнь требует движения... Ничто так не истощает и не разрушает человека, как длительное физическое бездействие» [1].

Для определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы широкое распространение получили пробы с физической нагрузкой. Они используются для выявления скрытой недостаточности коронарного кровообращения; оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы при начальных и скрыто протекающих формах ее заболеваний; гемодинамических особенностей, имеющих дифференциально-диагностическое значение; толерантности спортсменов к физической нагрузке; уровня тренированности и физической подготовки; а также для динамического наблюдения за этими показателями при проведении лечебных и оздоровительных мероприятий [2].

Цель работы

Оценить целесообразность и информативность нагрузочного тестирования для контроля физической подготовленности спортсменов различных категорий.

Материал и методы

В соответствии с приказом Минздрава РФ № 134-н от 01.03.2016 года в Клиническом центре восстановительной медицины и реабилитации нагрузочные тестирования проводятся в рамках углубленных медицинских обследований спортсменов всех специализаций и уровней квалификации.

Для оценки функционального состояния и уровня физической работоспособности спортсменов была проведена велоэргометрия с использованием системы нагрузочного тестирования Schiller (SCHILLER AG, Швейцария), нагрузочное устройство – велоэргометр.

В практике медицинского обследования людей, занимающихся спортом, ведущее место занимает велоэргометрия (ВЭМ).

Задачи проведения ВЭМ в спортивной медицине:

- дать количественную оценку состояния здоровья;
- выявить зависимость между основными показателями гемодинамической регуляции, параметрами работоспособности, состоянием нервной системы и нервно-мышечного аппарата;
- определить текущее функциональное состояние организма спортсмена на различных этапах подготовки;
- оценить адаптационные возможности организма спортсменов и диапазон приспособительных реакций к различным раздражителям внешней среды;
- выявить слабое звено, лимитирующее работоспособность организма спортсмена;
- создать модельные характеристики функционального состояния спортсменов и физкультурников [3].

Нагрузочное тестирование с использованием велоэргометра проводилось по максимальному протоколу («до отказа») с непрерывно возрастающей нагрузкой – РАМП-протоколу, разработанному в соответствии с международными рекомендациями ACC/АНА 2002 Guideline supdate forexercisetesting, 2006 [ACC/АНА].

Испытуемому предлагалось выполнять работу на велоэргометре с частотой педалирования 60 оборотов в минуту. Тест начинался с 1 минуты без разминки, со 2-й минуты непрерывное увеличение нагрузки составляло 40 Ватт в минуту (1 Ватт / 2 с). На протяжении всего теста, начиная с первой минуты, регистрировались основные физиологические параметры организма: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), частота дыхания (ЧД, 1/мин), потребление кислорода и его максимальное значение (МПК, мл/кг/мин). Кроме того, используемое нагрузочное устройство позволяло непрерывно мониторировать величину достигнутой мощности – абсолютную (P, Вт), относительную (P/кг, Вт/кг), их максимальные значения (P_{max} , Вт и P_{max} /кг, Вт/кг).

По завершении теста анализировались параметры ЧСС и АД на мощности 170 Вт на протяжении 5 минут восстановительного периода после нагрузки.

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.

В исследовании приняли участие 24 спортсмена в возрасте от 14 до 25 лет. С учетом спортивной специализации были сформированы три группы спортсменов. Первую группу составили 12 успешных спортсменов-любителей – представители детских секций спортивной акробатики, регулярно принимающих участие в соревнованиях (средний возраст $14,9 \pm 3,4$ года, рост $154,2 \pm 7,01$ см, вес $65,1 \pm 7,5$ кг). Вторая группа была представлена лыжниками-гонщиками ($n = 5$, средний возраст $15,2 \pm 1,3$ года, рост $175,4 \pm 9,1$ см, вес $63,5 \pm 11,6$ кг). В третью группу вошли 7 бойцов смешанных единоборств мужского пола в возрасте $15,2 \pm 4,8$ года (средний рост $180,3 \pm 3,6$ см, вес $81,7 \pm 10,3$ кг).

Все спортсмены были проинформированы о целях исследования, методиках тестирования, противопоказаниях и возможных осложнениях перед тем, как от них получено письменное информированное согласие на участие в эксперименте и дальнейшем опубликовании полученных данных. На момент тестирования 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 нагрузочному тестированию [4]. Также проведено минимальное обследование пациентов с определением ЧСС и АД, а также зарегистрирована ЭКГ в покое.

Для проведения нагрузочного тестирования кабинет оснащен оборудованием в соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ от 26 декабря 2016 года № 997н «Об утверждении Правил проведения функциональных исследований».

В настоящее время в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения в Клиническом центре восстановительной медицины и реабилитации мы активно используем методику прямого определения PWC_{170} . При выполнении нагрузочного тестирования испытуемые выполняли максимальные нагрузки, характеризующиеся достижением ими субмаксимальных величин ЧСС – от максимальной 85–92 %.

Нагрузочный тест интерпретировался по:

- субъективным симптомам;
- мощности выполненной работы (PWC_{170});
- гемодинамическим реакциям (ЧСС, АД);
- ЭКГ-изменениям;
- результатам сопоставления полученных данных с клиническим состоянием пациента.

Расчет показателей PWC_{170} производился математическим (по формуле) методом:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где:

W_1 – мощность первой нагрузки, кгм/мин;

W_2 – мощность второй нагрузки, кгм/мин;

f_1 – максимальная частота сердечных сокращений на 5-й минуте выполнения 1-й нагрузки;

f_2 – максимальная частота сердечных сокращений на 5-й минуте выполнения 2-й нагрузки [5].

Уровень физической работоспособности определяется прежде всего производительностью кардиореспираторной системы, поэтому на основании полученных результатов исследований рассчитывали величину максимального потребления кислорода (МПК), характеризующую аэробные возможности человека. МПК определялось с помощью косвенных расчетов, которые основываются на данных, полученных в процессе выполнения испытуемым субмаксимальных нагрузок [5].

$МПК = 2,2 \times PWC_{170} + 1070$ (для тренированных лиц).

Результаты и обсуждение

По результатам наших исследований, для оценки информативности и эффективности

методики тестирования на велоэргометрии, проведен сравнительный анализ полученных данных. Были оценены следующие параметры – физическая работоспособность PWC_{170} , максимальное потребление кислорода, максимальная ЧСС на 1-й минуте восстановления, максимальная ЧСС на 2-й минуте восстановления, максимальная ЧСС на 3-й минуте восстановления. Обращают на себя внимание показатели велоэргометрии у акробатов (сложнокоординированная группа спорта), лыжников (группа спорта на выносливость) и бойцов смешанных единоборств (единоборства) (табл. 1).

Как видно из представленных данных, достоверных отличий в максимальных значениях потребления кислорода, а также в процессах восстановления после выполнения тестов у спортсменов не было выявлено.

По результатам проведенного корреляционного анализа (корреляции Пирсона) при проведении велоэргометрии по максимальному протоколу с непрерывно возрастающей нагрузкой были установлены значимые взаимосвязи как между параметрами сердечно-сосудистой и дыхательной систем, так и между интегральным показателем физической работоспособности и максимально достигнутой мощностью нагрузки (МПК и $P_{\text{макс}}$, $r = 0,678$, $p < 0,05$).

Таблица 1

Сравнительный анализ результатов велоэргометрии

Параметры	Сложнокоординированный	На выносливость	Единоборства	P
PWC_{170} , кгм/м	954±128	1254±289	1158±381	0,98
МПК, мл/кг/мин	56,32±6,7	57,7±4,7	54,85±3,8	0,27
ЧСС _{макс} , уд/мин	178,3±9,8	182±9,3	168,3±7,4	0,16
ЧСС 1 мин восст., уд/мин	154,9±14,2	161,5±13	149,9±11,1	0,13
ЧСС 2 мин восст., уд/мин	133±13,9	136±11,4	138±9,8	0,3
ЧСС 3 мин восст., уд/мин	122±9,9	126±11,2	118±10,2	0,15

Примечание: различия достоверны при $p < 0,05$.

Таблица 2

Взаимосвязи между параметрами при проведении велоэргометрии (корреляции Пирсона)

Параметры	МПК	ЧСС макс.	ЧСС покоя	ЧСС 1 мин восст.	ЧСС 2 мин восст.	ЧСС 3 мин восст.	$R_{\text{макс}}$	$R_{\text{макс.}}/кг$
МПК	1	0,522	0,242	0,515	0,439	0,132	0,678*	0,463
ЧСС макс.	0,522	1	0,545	0,876**	0,785**	0,761*	0,423	0,320
ЧСС покоя	0,242	0,545	1	0,348	0,392	0,583	0,455	-0,098
ЧСС 1 мин восст.	0,515	0,876**	0,348	1	0,913**	0,707	0,144	0,477
ЧСС 2 мин восст.	0,439	0,785**	0,392	0,913**	1	0,865**	0,200	0,478
ЧСС 3 мин восст.	0,132	0,761*	0,583	0,707	0,865**	1	0,144	0,096
$R_{\text{макс}}$	0,678*	0,423	0,455	0,144	0,200	0,144	1	0,314
$R_{\text{макс.}}/кг$	0,463	0,320	-0,098	0,477	0,478	0,096	0,314	1

Примечания: *корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя); **корреляция значима на уровне 0,01.

В нашем исследовании не были обнаружены достоверные отличия основных регистрируемых параметров в ходе тестирования. В частности, ответ кардиореспираторной системы на нагрузку в тестах достоверно не отличался (табл. 2). Об этом свидетельствовали как максимальные значения ЧСС, так и характеристики ССС в 3-минутном восстановительном периоде после теста, а также отсутствие отличий максимальных значений потребления кислорода при нагрузке в тестах. Обращает на себя внимание значительное различие значений показателя физической работоспособности в каждой группе обследуемых. Так, в группе сложнокоординированных видов спорта PWC_{170} имеет минимальное значение, в то время как в группе «выносливых» он значительно выше. В данном случае можно судить о том, что показатель физической работоспособности линейно зависит от мощности выполняемой нагрузки на всех этапах тестирования, которая, в свою очередь, определяется видом спорта и уровнем тренированности атлета. Обнаружена тенденция к повышению показателя PWC_{170} у спортсменов с высокой квалификацией [2, 6]. Это позволяет определять пульсовые зоны нагрузки корректно при использовании различных видов нагрузочных устройств.

Выявленные нами факты имеют особую ценность для тренеров и медицинского пер-

сонала спортсменов при проведении врачебно-педагогических наблюдений и оценке тренированности.

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что велоэргометрия по максимальному протоколу с непрерывно повышающейся нагрузкой (РАМП-протокол) является информативным и универсальным методом тестирования функциональных возможностей спортсменов различных квалификаций. Данный метод тестирования не зависит от индивидуальной техники движения спортсмена и обладает такими важными преимуществами, как воспроизводимость, информативность и доступность.

Корреляционный анализ выявил, что в максимальном тесте с использованием велоэргометра существуют значимые достоверные взаимосвязи между параметрами нагрузки и интегральным показателем МПК. Результаты исследования внедрены в практическую работу отделения спортивной медицины Клинического центра восстановительной медицины и реабилитации.

Таким образом, выявление ранних и скрытых гемодинамических изменений под воздействием дозированной физической нагрузки корректирует тренировочный процесс.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Епифанов В. А. Спортивная медицина: учеб. пособие / под ред. В. А. Епифанова. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. 336 с.
2. Структурно-функциональные особенности сердечно-сосудистой системы спортсменов при вертикализации / К. Р. Мехдиева и др. // Человек. Спорт. Медицина, 2018. Т. 18, № 4. С. 42–46.
3. Иорданская Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования): моногр. М. : Совет спорт, 2011. С. 7–9.
4. Аксельрод А. С. Нагрузочные ЭКГ-тесты: 10 шагов к практике. М. : Медпресс-информ, 2016. С. 113–114.
5. Тавровская Т. В. Велоэргометрия. СПб., 2007. С. 18–20.
6. Михайлов В. М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмил-тест, степ-тест, ходьба. Иваново: Талка, 2008. С. 51–61.

REFERENCES

1. Epifanov V. A. Sports medicine: textbook. allowance / edited by V. A. Epifanov. M. : GEOTAR-Media, 2006. 336 p.
2. Structural and functional features of the cardiovascular system of athletes during verticalization / K.R. Mehdiava et al. // Man. Sport. The medicine. 2018. Vol. 18, No. 4. P. 42–46.
3. Iordanskaya F. A. Monitoring of the functional readiness of young athletes - the reserve of high performance sports (stages of in-depth training and sports improvement): monograph. M. : Council. Sport, 2011. P. 7–9.
4. Akselrod A. S. Stress ECG tests: 10 steps to practice. Moscow: Medpress-inform, 2016. P. 113–114.
5. Tavrovskaya T. V. Veloergometry. SPb., 2007. P. 18–20.
6. Mikhailov V. M. Stress testing under ECG control: bicycle ergometry, treadmill test, step test, walking. Ivanovo: Talka, 2008. P. 51–61.