



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЮ ДВИЖЕНИЙ

УДК 159.944

Вашляев Б.Ф. ¹

Вашляев Ф.Б. ¹

¹ Екатеринбургский институт физической культуры (филиал) ФГБОУ ВО УралГУФК, 620146, Россия, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, 85.

Аннотация.

Актуальность. В данной статье рассматривается значимость контроля физической работоспособности и преобладающих механизмов энергообеспечения в достижении определенного её уровня, а также возможность последующего управления тренировочными нагрузками на основе данных тестирования физической работоспособности.

Цель исследования - практическое применение методов определения физической работоспособности в подготовке спортсменов.

Методы и организация исследования. Приводится обзор существующих методик определения и оценки физической работоспособности, включая разработанные и применяемые в научно-исследовательской лаборатории Екатеринбургского института физической культуры. Описываются варианты заключений и интерпретаций педагогического плана, позволяющих управлять тренировочным процессом.

Выводы. На разных этапах спортивной подготовки состояния спортсменов меняются, что при повторении тестов отражается на графиках, характеризующих физическую работоспособность

Ключевые слова: физическая работоспособность, мощность, внешнее дыхание, энергообеспечение двигательной деятельности, тестирование.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вашляев Ф.Б., Вашляев Б.Ф. Определение физической работоспособности по энергообеспечению движений. // Научные и образовательные основы в физической культуре и спорте. 2023. Т10. №2. <https://doi.org/10.57006/2782-3245-2023-10-2-16-22>

Дата поступления статьи: 21.04.2023

Дата принятия статьи к публикации: 06.06.2023

Дата публикации: 29.06.2023

Информация для связи с автором: fvashlyaev@yandex.ru

DETERMINATION OF PHYSICAL PERFORMANCE BY ENERGY SUPPLY OF MOVEMENTS

Boris F. Vashlyayev ¹

Fedor B. Vashlyayev ¹

¹ Ekaterinburg Institute of Physical Culture
85 Shahumyan st., Yekaterinburg, Russia, 620146

Annotation.

Relevance. This article discusses the importance of controlling physical performance and the prevailing mechanisms of energy supply in achieving a certain level, as well as the possibility of subsequent management of training loads based on physical performance testing data.

The purpose of the research is the practical application of methods for determining physical performance in the training of athletes.

Methods and organization of research. An overview of existing methods for determining and evaluating physical performance, including those developed and used in the research laboratory of the

Yekaterinburg Institute of Physical Culture, is provided. The variants of conclusions and interpretations of the pedagogical plan are described, which allow managing the training process.

Conclusions. At different stages of sports training, the conditions of athletes change, which, when repeated tests, is reflected in the graphs characterizing physical performance

Keywords: physical performance, power, external respiration, energy supply of motor activity, testing.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Vashlyayev F.B., Vashlyayev B.F. DETERMINATION OF PHYSICAL PERFORMANCE BY ENERGY SUPPLY OF MOVEMENTS. // Scientific and educational foundations in physical culture and sports. 2023. T10. №2. <https://doi.org/10.57006/2782-3245-2023-10-2-16-22>

Date of receipt of the article: April 21, 2023

Date of acceptance of the article for publication: June 06, 2023

Date of publication: June 29, 2023

Information for contacting the author: fvashlyayev@yandex.ru

Актуальность. Спортивная подготовленность является динамичным состоянием, детерминированным физической работоспособностью. Техничко-тактическое мастерство спортсмена не сможет в полной мере проявиться при снижении работоспособности. Причём физическая работоспособность будет определять и психические процессы, сопровождающие спортивную деятельность.

Показатели, получаемые при медицинских обследованиях, информируют о состоянии здоровья, но не дают информации о физической работоспособности. Оценка состояния спортсмена выражается в двух определениях: больной или здоровый. Таким образом, например, по уровню гемоглобина или по электрокардиограмме невозможно определить состояние физической работоспособности или дать прогноз её развития. Неслучайно тренеры не стремятся общаться с медиками, разве только для подписания заявки или для лечения. Об обсуждении тренировочного процесса речь, как правило, не идёт.

Тем не менее, если необходимость медико-биологического обеспечения спортивной подготовки не вызывает сомнений, то потребность в научно-методическом обеспечении остаётся без внимания. В результате тренировочный процесс протекает бесконтрольно. В отчётах тренеров о проведённых тренировках фиксируются организационно-финансовые показатели, выполненные нагрузки, но недостаточно отражается динамика физической работоспособности. Таким

образом, целесообразность методики тренировок можно оценить только, в конечном счете, по итогам соревнований, когда зачастую, уже ничего быстро не исправить. Этапными оценками физической работоспособности зачастую пренебрегают.

Педагогические тесты внешне демонстрируют уровень проявляемых физических качеств, но не отражают их внутреннего содержания [17], характеризующегося, прежде всего, вкладом анаэробного и аэробного энергообеспечения двигательной деятельности.

Кроме того, многие методики требуют дорогостоящего оборудования (ступенчатый тест на велоэргометре или тредбане с газоанализом) и обслуживания высококвалифицированными специалистами, либо дают приблизительную оценку, не позволяющую понять какое энергообеспечение, окислительное или гликолитическое, определило показанный уровень физической работоспособности (степ-тест PWC 170) [1, 14].

Управление физической работоспособностью, заключающееся в планировании, оценке и прогнозе, является существенной профессиональной задачей тренера. Поскольку физические качества не абстрактны, а проявляются в конкретных движениях, то работоспособность может быть как общей, так и специальной.

Цель исследования. Практическое применение методов определения физической работоспособности в подготовке спортсменов.

Теоретическое обоснование. Мощность преодолеваемой нагрузки является основным фактором, детерминирующим как физическую работоспособность, так и изменения, происходящие в организме и психике спортсмена.

Разнообразие спортивных движений создаёт сложности оценки мощности, несмотря на по многим показателям биологических реакций на нагрузку. Однако увеличение их числа не приводит к повышению точности оценки, поскольку разные органы и системы неравномерно реагируют на нагрузку в одно и то же время. Целесообразно выбрать наиболее информативный, «ведущий» для данного вида нагрузки критерий, интегрирующий сопутствующие детерминанты [1, 14].

В.Б. Коренберг определяет физическую работоспособность как аэробную и анаэробную [9]. Именно процессы энергообеспечения детерминируют развитие структур, функций и взаимосвязей, определяющих спортивную подготовленность [16]. В числе детерминантов энергообеспечения, следующие:

1. Максимальное потребление кислорода (МПК) характеризующее окисление.

2. Концентрация лактата в общем русле крови, характеризующая степень анаэробного гликолиза.

Эти детерминанты определяют выносливость, силу и, совместно, скоростно-силовую выносливость, определяя, в свою очередь, длительность и мощность двигательной деятельности.

Однако методика измерений МПК и концентрации лактата по ряду причин может оказаться недоступной из-за сложности или нецелесообразности, например, в детском спорте.

Физическая работоспособность детерминирована потреблением кислорода в процессе работы. Повышение лёгочной вентиляции и возрастание частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) при увеличении мощности работы очевидны.

Измерения минутного объёма дыхания (МОД), характеризующего лёгочную вентиляцию, позволяют отслеживать динамику потребления кислорода. В этом мы основывались на данных Girandola R.N., Katch F.I., Henri F.M. (1971), показавших высокую корреляцию между

потреблением кислорода и минутным объёмом дыхания при работе на велоэргометре с большой нагрузкой [10]. Кроме того, возрастающий кислородный запрос при образовании кислородного долга в физической работе также увеличивает лёгочную вентиляцию [2, 10].

Оценки энерготрат на основе лёгочной вентиляции предпринимались А.В. Ford, Н.К. Heilerstein (1959); М.С. Maihotra, S.S.Ramaswami, S.Ray, Т.Н. Shrivastav (1962), а также Е.Б. Мякинченко, В.Н. Селуяновым (2005), В.В. Роженцовым, М.М. Полевщиковым (2006) [11, 12, 14, 15]. Сопоставляя мощность нагрузки и ответные биологические реакции, можно оценить вклад аэробного или анаэробного энергообеспечения двигательной деятельности [16].

Методика исследования. В научно-исследовательской лаборатории Екатеринбургского института физической культуры (филиал Урал ГУФК) разработаны и успешно применяются следующие методики оценки физической работоспособности:

1. *Определение* отношения минутного объёма дыхания (МОД, л/мин) к мощности преодолеваемой нагрузки (N, Вт) (первая производная $dMOД/dN$), являющаяся, удельным дыхательным объёмом, то есть объёмом вентилируемого воздуха, приходящимся на единицу работы и обозначается нами как Вентиляционная Мощность, (ВМ, мл/Дж). Динамика ВМ может использоваться в качестве маркера детерминант физической работоспособности [3].

Напрямую мощность нагрузки в качестве аргумента целесообразно задать в общеизвестном велоэргометрическом тесте со ступенчато возрастающей нагрузкой. Косвенно мощность нагрузки можно задать, ступенчато повышая скорость в беге на тредбане, а также и в естественных условиях, в беге на коньках, на лыжах, в плавании и т.п.

2. Однако не представляется возможным непосредственно задать или определить мощность нагрузки в спортивных играх или единоборствах.

В этом случае используется *определение* отношения МОД к ЧСС (первая производная $dMOД/dЧСС$), являющегося

удельным дыхательным объемом, то есть объемом вентилируемого воздуха, приходящимся на один удар пульса и обозначается нами как Вентиляционный Пульс (ВП, децилитров/удар) [5]. Поскольку по данным многих исследований, в том числе и наших, увеличивающаяся частота

сердечных сокращений в диапазоне до 170 уд/мин является линейной функцией возрастающей мощности преодолеваемой нагрузки. [1, 6, 7, 8, 12]. Коэффициент корреляции между МОД и ЧСС $r=0,97$.

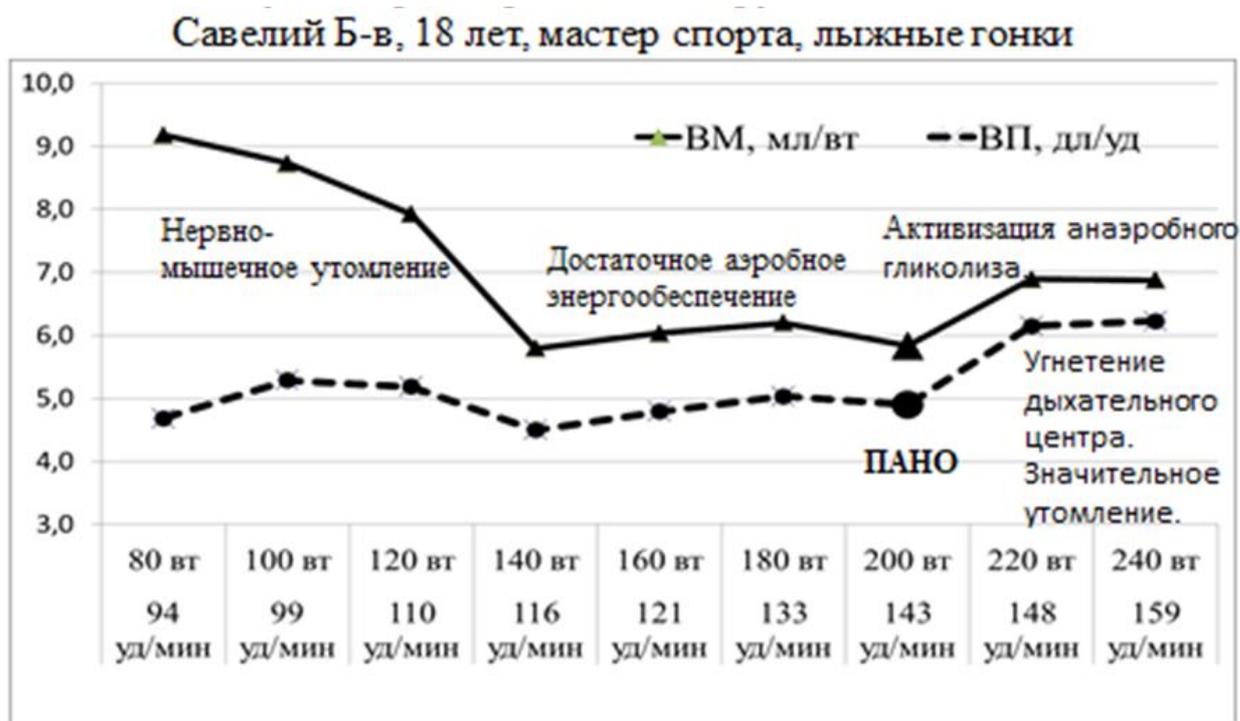


Рис. 1. Графики ВМ и ВП относительно мощности преодолеваемой нагрузки в ступенчатом велоэргометрическом тесте [рисунок авторов]

Fig.1. Graphs of VM and VP relative to the power of the load to be overcome in a stepwise bicycle ergometric test [figure by authors]

Таким образом, очевидная взаимосвязь дыхания и пульса также даёт основание для оценки энергообеспечения двигательной деятельности. В качестве аргумента нелинейной функции внешнего дыхания (МОД) возможно опираться не только на показатели, формально определяющих мощность, но и на ЧСС, что позволяет вывести показатель, характеризующий вклад аэробных и анаэробных процессов в энергообеспечение различных движений, в том числе и затруднительных для формализации показателей мощности нагрузки, например, в борьбе или боксе. Динамика ВП может

использоваться в качестве маркера детерминант физической работоспособности [5].

3. *Определение зоны умеренной мощности.* Умеренная мощность характеризуется равным соотношением между кислородным запросом и кислородным потреблением при изменении нагрузки, определяющим по А. Хиллу «истинное устойчивое состояние» и, вследствие этого, стабильную работоспособность в течение длительного времени [1, 6, 12].

Основным критерием оценки соответствия физической нагрузки умеренной зоне мощности является достаточность аэробного энергообеспечения, которую

можно определить по горизонтальным трендам ВМ и ВП, описанным выше. Очевидно, что для оценки соответствия физической нагрузки умеренной зоне мощности актуален тест в несложных движениях, изначально исключаящих анаэробный гликолиз [4].

Отметим, что оценка физической работоспособности проводится, зачастую, в тестах, сопровождающихся нагрузками с анаэробным гликолитическим энергообеспечением, в движениях далеко не всегда комфортных для тестируемого (тест Купера, тест Новакки, Гарвардский степ-тест, субмаксимальный тест Валунда-Шестранда) [1, 6, 7, 8].

Тренды ВМ и ВП можно построить по двум разновысоким ступеням в степ-тесте. Первая ступень задаётся на уровне аэробного порога

Результаты исследования и их обсуждение. На первых ступенях теста при изначально нагрузке умеренной мощности тренды ВМ и ВП различаются, а именно (рис. 1):

- снижающийся тренд ВМ ($dMOD/dN$), – следствие изначально неадекватно завышенного МОД, при этом внешнее дыхание обеспечивает, прежде всего, дыхательные движения грудной клетки и перемещение собственно частей тела;

- повышающийся тренд В/П ($dMOD/dЧСС$) – следствие неадекватно завышенного пульса.

В том и другом случае изначально причиной различия трендов ВМ и В/П может являться отсутствие разминки и (или) нерациональная техника движений, свидетельствующая о неэффективной мышечной деятельности или нервно-мышечном утомлении.

Далее стабильность трендов $\pm 5\%$ ВМ и В/П на графиках при нарастании

нагрузки, соответственно и пульса, свидетельствует о достаточности аэробного энергообеспечения работы, несмотря на повышающуюся нагрузку [13].

Возрастание трендов ВМ и В/П, при дальнейшем нарастании нагрузки и соответственно пульса обусловлено активизацией анаэробного гликолиза, так как дыхание обеспечивает не только преодоление нагрузки, но и дополнительно устранение образующегося кислородного долга.

Снижение трендов ВМ и В/П, хотя нагрузка продолжает нарастать до субмаксимальной мощности для исследуемого, объясняется угнетением дыхательного центра вследствие значительного утомления [2, 10].

На разных этапах спортивной подготовки состояния спортсменов меняются, что при повторении тестов отражается на графиках, характеризующих физическую работоспособность (рис. 1).

Заключение.

1. Определение физической работоспособности через взаимоотношения дыхания, пульса и мощности преодолеваемых нагрузок возможно и целесообразно не только в лаборатории, но и на тренировке в движениях избранного вида спорта.

2. Тренды вентиляционной мощности и вентиляционного пульса позволяют определить как характер энергообеспечения, так и мощность, и экономичность дыхания, и частоту сердечных сокращений в разных зонах интенсивности нагрузки.

3. Описанные выше детерминанты физической работоспособности, основанные на взаимоотношениях внешнего дыхания, частоты сердечных сокращений и мощности преодолеваемых нагрузок позволяют управлять тренировочными нагрузками.

© Борис Федорович Вашляев, 2023

© Федор Борисович Вашляев, 2023

© ЕИФК, 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
2. Бреслав, И.С. Дыхание. Висцеральный и поведенческий аспекты / И.С. Бреслав, А.А. Ноздрачёв. – СПб.: Наука, 2005. – 309 с.

3. Вашляев Б.Ф и др. Роспатент № 2449727 «Определение (оценка) физической работоспособности по динамике отношения минутного объёма дыхания к мощности возрастающей нагрузки».
4. Вашляев Б.Ф и др. Роспатент № 111546 «Способ оценки соответствия преодолеваемой физической нагрузки умеренной зоне мощности».
5. Вашляев Б.Ф и др. Роспатент № 115946. «Схема) Способ (модель) оценки энергообеспечения работы по отношению минутного объёма дыхания к частоте пульса».
6. Губа, В.П. Измерения и вычисления в спортивно-педагогической практике. Учебное пособие для вузов физической культуры. – 2-е издание / В.П. Губа, М.П. Шестаков, Н.Б. Бубнов, М.П. Борисенков. – М.: Физкультура и Спорт, 2006 – 220 с., ил.
7. Зацюрский, В.М. Основы спортивной метрологии / В.М. Зацюрский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 152 с.
8. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, В.Л. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
9. Коренберг, В. Б. Спортивные способности и возможности / В. Б. Коренберг // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 3. – С. 3-9.
10. Мищенко, В.С. Чувствительность и устойчивость реакций системы дыхания к гипоксии как отражение адаптации к напряженной спортивной тренировке / В.С. Мищенко, А.С. Павлик // Спортивная медицина. – 2008. - №1. – С. 55-65.
11. Мьякинченко, Е.Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е.Б. Мьякинченко, В.Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 338 с.
12. Наука и спорт. Пер. с англ / М.: «Прогресс», 1982 – 270 с.
13. Начинская, С.В. Спортивная метрология: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.В. Начинская. – М.: Издательский центр «Академия», 2005, – 240 с.
14. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / под. ред. И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1979. – 195 с., ил.
15. Роженцов, В.В. Утомление при занятиях физической культурой и спортом: проблемы, методы исследования: монография / В.В. Роженцов, М.М. Полевщиков. – Советский спорт, 2006. – 280 с.
16. Физиология адаптационных процессов / О.Г. Газенко, Ф.З. Меерсон и др.; под ред. П. Г. Костюка. – М.: Наука, 1986. – 635 .
17. Halson S.L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. Sports Med. 2014;44(Suppl 2):S 139–S147. PubMed doi:10.1007/s40279-014-0253-z.

REFERENCES:

1. Belotserkovsky, Z.B. Ergometric criteria of physical performance in athletes / Z.B. Belotserkovsky. – М.: Soviet sport, 2005. – 312 p.
2. Breslav, I.S. Breath. Visceral and behavioral aspects / I.S. Breslav, A.A. Nozdachev. – St. Petersburg: Nauka, 2005. – 309 p.
3. Vashlyayev B.F. et al. Rospatent No. 2449727 "Determination (assessment) of physical performance based on the dynamics of the ratio of the minute volume of respiration to the power of increasing workload."
4. Vashlyayev B.F. et al. Rospatent No. 111546 "A method for assessing the compliance of overcome physical activity with a moderate power zone".
5. Vashlyayev B.F. et al. Rospatent No. 115946. "Scheme) Method (model) for evaluating the energy supply of work in relation to the minute volume of respiration to the pulse rate.
6. Guba, V.P. Measurements and calculations in sports and pedagogical practice. A textbook for universities of physical culture. – 2nd edition / V.P. Guba, M.P. Shestakov, N.B. Bubnov, M.P. Bo-risenkov. – Moscow: Physical Culture and Sport, 2006 – 220 p., ill.
7. Zatsiorsky, V.M. Fundamentals of sports metrology / V.M. Zatsiorsky. – М.: Physical culture and sport, 1979. – 152 p.
8. Karpman, V.L. Testing in sports medicine / V.L. Karpman, V.L. Belotserkovsky, I.A. Gudkov. – М.: Physical culture and sport, 1988. – 208 p
9. Korenberg, V. B. Athletic abilities and opportunities / V. B. Korenberg // Theory and practice of physical culture. - 2009. – No. 3. – pp. 3-9.
10. Mishchenko, V.S. Sensitivity and resistance of respiratory system reactions to hypoxia as a reflection of adaptation to strenuous sports training / V.S. Mishchenko, A.S. Pavlik // Sportivna meditsina. - 2008. - No. 1. – pp. 55-65.
11. Myakinchenko, E.B. Development of local muscular endurance in cyclic sports / E.B. Myakinchenko, V.N. Seluyanov. – М.: TVT Division, 2005. – 338 p.
12. Science and sport. Translated from English / М.: "Progress", 1982 – 270 p

13. Nachinskaya, S.V. Sports metrology: a textbook for students. higher. studies. institutions / S.V. Nachinskaya. – M.: Publishing center "Academy", 2005, 240 p.
14. Determination of physical performance in the clinic and sports / ed. by I.V. Aulik. – M.: Medicine, 1979. – 195 p., ill.
15. Rozhentsov, V.V. Fatigue during physical education and sports: problems, methods of research: monograph / V.V. Rozhentsov, M.M. Polevshchikov. – Soviet sport, 2006. – 280 p.
16. Physiology of adaptive processes / O.G. Gazenko, F.Z. Meerson et al.; edited by P. G. Kostyuk. – M.: Nauka, 1986. – 635 .
17. Halson S.L. Monitoring of training load for understanding the fatigue of athletes. Official medicine. 2014; 44 (Supplement 2): S139–S147. Published doi:10.1007/s40279-014-0253- z.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

<p>Вашляев Борис Федорович Кандидат педагогических наук., профессор Екатеринбургский институт физической культуры (филиал) УралГУФК, г. Екатеринбург Россия Вклад в работу 50%</p>	<p>Boris F. Vashlyayev Cand. Sci., Prof. Ekaterinburg Institute of Physical Culture Ekaterinburg, Russia Contribution to the work 50%</p>
<p>Вашляев Федор Борисович Екатеринбургский институт физической культуры (филиал) УралГУФК, г. Екатеринбург Россия Вклад в работу 50% Автор ответственный за переписку</p>	<p>Fedor B. Vashlyayev Ekaterinburg Institute of Physical Culture Ekaterinburg, Russia Contribution to the work 50% The author responsible for the correspondence</p>