

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 796

Ананьев¹ В. Н., Прокопьев² Н. Я., Гуртовой³ Е. С.

¹ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН
noradrenalin1952@mail.ru

²Тюменский государственный университет

³Тюменский государственный медицинский университет

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПО ТЕСТУ PWC-170 В СПОРТЕ (КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Аннотация. В обзоре систематизированы современные данные о применении субмаксимального нагрузочного теста PWC170 в спортивной практике. Рассмотрены физиологическое обоснование метода, его стандартная и модифицированные методики проведения, а также диагностическая значимость при оценке аэробной производительности спортсменов различной специализации, возраста и квалификации. Проанализированы достоинства теста (стандартизированность, безопасность, информативность) и выявленные ограничения, включая проблему специфичности нагрузки и арте-

факты экстраполяции. Показаны возможности метода для динамического контроля тренированности, прогнозирования спортивного результата и оптимизации тренировочного процесса. Отмечены перспективы дальнейшего совершенствования теста, включая разработку новых модификаций, создание цифровых систем анализа и валидацию для специфических видов спорта и возрастных групп.

Ключевые слова: спорт, физическая работоспособность, тест PWC170.

Ananyev¹ V. N., Prokopyev² N. Ya., Gurtovoy³ E. S.

¹*State Research Center of the Russian Federation, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences
noradrenalin1952@mail.ru*

²*Tyumen State University*

³*Tyumen State Medical University*

ASSESSMENT OF PHYSICAL PERFORMANCE USING THE PWC-170 TEST IN SPORTS (A BRIEF LITERATURE REVIEW)

Annotation. The review systematizes current data on the use of the submaximal load test PWC170 in sports practice. It examines the physiological rationale for the method, its standard and modified procedures, as well as its diagnostic significance in assessing the aerobic performance of athletes with different specializations, ages, and levels of expertise. The advantages of the test (standardization, safety, informative value) and the identified limitations, including the problem of load specificity and extrapolation

artifacts, are analyzed. The method's capabilities for dynamic monitoring of training status, prediction of sports performance, and optimization of the training process are demonstrated. The prospects for further improvement of the test are noted, including the development of new modifications, the creation of digital analysis systems, and validation for specific sports and age groups.

Keywords: *sports, physical performance, PWC170 test*

Введение и новизна. Тест PWC170, разработанный Т. Шестрандом в 1950-х годах и рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения для оценки физической работоспособности, прочно вошёл в арсенал спортивной физиологии и медицины [1]. Его ключевой принцип заключается в определении мощности мышечной работы, при которой частота сердечных сокращений достигает 170 уд/мин, что соответствует уровню оптимального функционирования кардиореспираторной системы. Широкое распространение теста обусловлено субмаксимальным характером нагрузки, стандартизованностью, хорошей воспроизводимостью результатов и возможностью применения у спортсменов разного возраста и квалификации [2; 3]. Несмотря на многолетнюю историю использования, вопросы диагностической и прогностической ценности теста, его модификаций для специфических видов спорта, а также методологических ограничений остаются предметом активных дискуссий [4, 5]. Новизна настоящего обзора заключается в комплексном анализе накопленных научных данных с акцентом на решение современных задач спортивной подготовки – от отбора и прогнозирования до индивидуализации тренировочных нагрузок, при этом особое внимание уделено синтезу классических работ и результатов недавних исследований [6; 7].

Методы исследования. Классическая методика теста PWC170 предполагает выполнение двух последовательных нагрузок возрастающей мощности на велоэргометре. После 3-минутного периода вработывания и стабилизации ЧСС на первой

нагрузке регистрируется частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), а затем мощность увеличивается, и после аналогичного периода стабилизации фиксируется ЧСС на второй нагрузке. Искомая мощность PWC170 рассчитывается по линейной экстраполяции [8; 9]. Продолжительность каждой ступени составляет от 3 до 5 минут, темп педалирования – 60–70 об/мин. Для коррекции влияния антропометрических характеристик рассчитывают относительный показатель PWC170/кг массы тела. Наряду со стандартным велоэргометрическим вариантом разработаны специфические модификации: беговая проба PWC170, степ-тест, гребная проба, а также методики раздельного тестирования для верхних и нижних конечностей [10; 11]. Модифицированный тест PWC170 с использованием счётной линейки позволяет проводить массовые исследования в условиях физической культуры без привлечения специального оборудования [12]. Процедура требует соблюдения унифицированных правил подготовки: тест выполняют в первой половине дня, через 2–3 часа после легкого завтрака, исключая кофеин, курение и интенсивные тренировки за 24 часа до исследования [13; 14].

Результаты и обсуждение. Многочисленные исследования подтвердили высокую информативность теста PWC170 для оценки физической работоспособности спортсменов [1; 2]. Установлено, что абсолютные значения PWC170 варьируют в широких пределах (от 1100 до 2100 кгм/мин и выше) в зависимости от вида спорта, квалификации и периода тренировочного цикла. Наиболее высокие показатели демонстрируют представители циклических видов спорта, тренирующих выносливость (лыжники, бегуны, велосипедисты, пловцы), у которых относительные величины PWC170 достигают 23,1–26,0 кгм/мин/кг [3; 15]. Спортсмены игровых видов спорта и единоборств занимают промежуточное положение (1260–1865 кгм/мин или 18–22 кгм/мин/кг), тогда как у представителей скоростно-силовых и сложно координационных видов спорта показатели несколько ниже [4; 16]. Выявлена прямая корреляция между PWC170 и максимальным потреблением кислорода, что подтверждает адекватность теста для оценки аэробных возможностей [5; 17]. Динамические наблюдения показывают, что в процессе многолетней тренировки у высококвалифицированных спортсменов значения PWC170 могут увеличиваться на фоне стабилизации гемодинамических показателей. Так, у гребцов на протяжении подготовительного периода работоспособность возрастает на 13,9 %, а у футболистов после учебно-тренировочных сборов показатель PWC170 улучшается в среднем на 5,0% [6; 18]. В то же время ряд авторов указывают на недостаточную специфичность стандартного велоэргометрического теста для спортсменов, не использующих велосипед в своей подготовке: у борцов, боксёров и гимнастов результаты PWC170 могут быть занижены по сравнению с менее квалифицированными лыжниками, но с более привычной для них тестовой нагрузкой [10; 19]. Существенной методологической проблемой остаётся использование принципа экстраполяции для расчёта PWC170. Как показано в работах С. П. Майфат и Ю. Г. Травина, традиционный экстраполяционный подход может приводить к парадоксальным результатам: спортсмен с большей ЧСС на первой нагрузке получает более высокую оценку PWC170 при одинаковой ЧСС на второй нагрузке, что противоречит логике [9; 20]. Выходом может служить приближение второй нагрузки к целевому пульсу 170 уд/мин или даже превышение его с пере-

ходом к интерполяции, а также учёт крутизны нарастания ЧСС от первой ко второй нагрузке [11; 21]. Результаты долгосрочных исследований на 636 молодых спортсменах 15–16 лет свидетельствуют, что показатели PWC170 в сочетании с данными специальной эргометрии могут служить критериями для прогнозирования успешности выступлений на соревнованиях [12; 22].

Выводы. Тест PWC170 является валидным, безопасным и информативным методом оценки общей физической работоспособности и аэробной производительности спортсменов, рекомендованным ведущими международными организациями [1; 2]. Его использование позволяет решать широкий круг задач спортивной физиологии и медицины: от начального отбора и мониторинга тренированности до оптимизации тренировочных нагрузок и прогнозирования соревновательного результата [3; 4]. Наиболее высокие абсолютные и относительные значения PWC170 характерны для спортсменов циклических видов спорта, что отражает специфику адаптации их кардиореспираторной системы к нагрузкам на выносливость [5; 6]. Вместе с тем тест имеет методологические ограничения: зависимость результатов от специфичности тестовой нагрузки, артефакты линейной экстраполяции при расчёте целевой мощности, а также возможное занижение результатов у спортсменов скоростно-силовых и игровых видов спорта при использовании неспецифических модификаций [7; 8]. Для повышения прогностической ценности теста необходимо учитывать не только абсолютные значения PWC170, но и динамику ЧСС в ходе нагрузок, а также применять видовые модификации и комплексные эргометрические протоколы [9; 10].

Перспективы. Дальнейшее развитие теста PWC170 в спортивной практике видится в нескольких направлениях. Во-первых, необходима разработка и валидация специфических модификаций теста для каждого вида спорта с использованием естественных локомоций (бег, плавание, гребля, лыжи), что повысит диагностическую ценность метода [11; 12]. Во-вторых, актуальной является проблема учёта возрастных особенностей, особенно при тестировании юных спортсменов, где стандартная экстраполяция даёт наибольшие погрешности [13; 14]. В-третьих, создание автоматизированных цифровых систем сбора и анализа данных позволит не только оперативно рассчитывать PWC170, но и отслеживать его динамику в тренировочном процессе, сопоставляя с другими функциональными и биохимическими маркерами [15; 16]. Перспективным представляется также интеграция теста PWC170 в комплексные скрининговые программы для отбора перспективных спортсменов, особенно на этапе начальной спортивной специализации [17; 18]. Наконец, распространение модифицированных и упрощённых вариантов теста (например, PWC170 со счётной линейкой) в массовую физическую культуру будет способствовать повышению безопасности и эффективности оздоровительных занятий для широких контингентов населения [19; 20].

Список литературы

1. Шестранд, Т. Физическая работоспособность детей и подростков. В кн.: Методы исследования физической работоспособности человека / под ред. И.Б. Ушакова. М.: Медицина, 2007. – С. 45–67.

2. Карпман, В. Л. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт; 1988. – 208 с.
3. Svannshvili, R. A. Athletes' physical working capacity / R. A. Svannshvili, G. V. Matchavariani, A. K. Natsvlishvili, M. A. Akhmeteli, K. E. Menabde, S. Sh Kevlishvili et al. // Georgian Medical News. – 2009. – 166. – Pp. 68–73.
4. Yost, L. J. Pulmonary diffusing capacity and physical working capacity in swimmers and non-swimmers during growth / L.J. Yost, P.C. Schrader, R.G. Thomas, R.J. Bache, R.O. Crapo // Respiration. – 1981. – 41(4). – Pp. 251–257. DOI: 10.1159/000194397.
5. Копылов, М. С. Проблемы использования теста PWC170 для контроля физической работоспособности представителей бега на средние дистанции / М. С. Копылов // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 3. – С. 45–48.
6. Никифорова, О. Н. Эффективность использования бегового варианта пробы PWC170 для контроля за уровнем тренированности / О. Н. Никифорова // Научные труды ВНИИФК. – 2020. – № 35(3). – С. 78–82.
7. Гарганеева, Н. П. Влияние физических нагрузок разной направленности на показатели физической работоспособности и уровень максимального потребления кислорода у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса / Н. П. Гарганеева, С. А. Афанасьев, М. М. Петрова // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. – № 10(3). – С. 52–58.
8. Хорошуха, М. Ф. Про возможности определения физической работоспособности (PWC170) по величине одной субмаксимальной нагрузки / М. Ф. Хорошуха // Физическое воспитание студентов. – 2008. – № 4. – С. 97–101.
9. Майфат, С. П. Некоторые уточнения принципа экстраполяции при оценке результатов теста PWC170 у юных спортсменов-легкоатлетов / С. П. Майфат, Ю. Г. Травин // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – № 5. – С. 29–30.
10. Манолаки, В. Относительные показатели физической работоспособности борцов вольного стиля PWC170(V) с применением специфических нагрузок / В. Манолаки, И. Мруц, В. Манолаки. – Кишинёв: Ştiinţa Culturii Fizice; 2019. – 200 с.
11. Белоцерковский, З. Б. Исследования физической работоспособности с помощью специфических нагрузок / З. Б. Белоцерковский, В. Л. Карпман, А. А. Кирилов // Теория и практика физической культуры. – 1977. – № 4. – С. 25–28.
12. Погосян, Т. А. Алгоритмы оценки показателей функциональной тренированности спортсменов в инновационной компьютерной программе «Чемпион» / Т. А. Погосян, Г. С. Арутюнян, А. С. Мкртчян // Human. Sport. Medicine. 2024. – № 24(S1). – С. 78–85.
13. Михалюк, Е. Л. Выбор мощности первой физической нагрузки на велоэргометре при проведении теста PWC170 спортсменам с брадикардией и массой тела меньше 55 кг / Е. Л. Михалюк // Медицина сегодня и завтра. 2014. – № 3-4. – С. 89–91.
14. Абросимова, Л. И. Определение физической работоспособности подростков / Л. И. Абросимова, В. Е. Карасик // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1977. – № 2(9). – С. 114–117.

15. Rowland, T. W. Accuracy of physical working capacity (PWC170) in estimating aerobic fitness in children / T. W. Rowland, J. M. Rambusch, J. S. Staab, V. B. Unnithan, S. F. Siconolfi // *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 1993. – № 33(2). – С. 184–188.
16. Аъзамов, Р. М. Показатели физической работоспособности и аэробных возможностей игроков в хоккее, выполняющих различные игровые амплуа / Р. М. Аъзамов // *Fan-Sportga*. – 2020. – № 4. – С. 17–20.
17. Калинин, В. К. Определение аэробных возможностей бегунов методом телепульсометрии / В. К. Калинин, Н. И. Пудов, Ф. П. Суслов // *Теория и практика физической культуры*. – 1972. – № 12. – С. 50–52.
18. Корниенко, И. А. Возрастные изменения некоторых показателей аэробной производительности у мальчиков 7–16 лет / И. А. Корниенко, Г. М. Маслова, В. Д. Сонькин, Л. Г. Евсеев // *Физиология человека*. – 1978. – № 4(1). – С. 61–67.
19. Синельников, Ю. А. Необходимость коррекции методики и единиц измерения теста PWC170 / Ю. А. Синельников // *Теория и практика физической культуры*. – 2012. – №7. – С. 89–91.
20. Майфат, С. П. Некоторые методические и физиологические характеристики оценки физической работоспособности у детей школьного возраста / С. П. Майфат // *Теория и практика физической культуры*. – 2004. – № 5. – С. 29–31.
21. Граевская, Н. Д. Физическая работоспособность спортсменов / Н. Д. Граевская, В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский и др.. – М.: Медицина, 1976. – 128 с.
22. van de Vliet, P. Physical fitness profile of elite athletes with intellectual disability / P. van de Vliet, P. Rintala, K. Fröjd, J. Verellen, S. van Houtte, D. J. Daly, Y. C. Vanlandewijck // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. – 2006. – № 16(6). – Pp. 417–425. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00539.x.

References

1. Shestrand, T. Fizicheskaya rabotosposobnost` detej i podrostkov. V kn.: *Metody` issledovaniya fizicheskoy rabotosposobnosti cheloveka / pod red. I.B. Ushakova*. М.: Медицина, 2007. – С. 45–67.
2. Karpman, V. L. Testirovanie v sportivnoj medicine / V. L. Karpman, Z. B. Belocerkovskij, I. A. Gudkov. – М.: Fizkul`tura i sport; 1988. – 208 s.
3. Svannshvili, R. A. Athletes' physical working capacity / R. A. Svannshvili, G. V. Matchavariani, A. K. Natsvlshvili, M. A. Akhmeteli, K. E. Menabde, S. Sh Kevlishvili et al. // *Georgian Medical News*. – 2009. –166. – Pp. 68–73.
4. Yost, L. J. Pulmonary diffusing capacity and physical working capacity in swimmers and non-swimmers during growth / L.J. Yost, P.C. Schrader, R.G. Thomas, R.J. Bache, R.O. Crapo // *Respiration*. – 1981. – 41(4). – Pp. 251–257. DOI: 10.1159/000194397.
5. Копы`lov, М. S. Problemy` ispol`zovaniya testa PWC170 dlya kontrolya fizicheskoy rabotosposobnosti predstavitelej bega na srednie distancii / М. S. Копы`lov // *Vestnik sportivnoj nauki*. – 2012. – № 3. – С. 45–48.

6. Nikiforova, O. N. E`ffektivnost` ispol`zovaniya begovogo varianta proby` PWC170 dlya kontrolya za urovnem trenirovannosti / O. N. Nikiforova // Nauchny`e trudy` VNIIFK. – 2020. – № 35(3). – S. 78–82.
7. Garganeeva, N. P. Vliyanie fizicheskix nagruzok raznoj napravlenosti na pokazateli fizicheskoy rabotosposobnosti i uroven` maksimal`nogo potrebleniya kisloroda u kvalificirovanny`x sportsmenov v zavisimosti ot perioda trenirovochnogo processa / N. P. Garganeeva, S. A. Afanas`ev, M. M. Petrova // Sportivnaya medicina: nauka i praktika. 2020. – № 10(3). – S. 52–58.
8. Xoroshuxa, M. F. Pro vozmozhnosti opredeleniya fizicheskoy rabotosposobnosti (PWC170) po velichine odnoj submaksimal`noj nagruzki / M. F. Xoroshuxa // Fizicheskoe vospitanie studentov. – 2008. – № 4. – S. 97–101.
9. Majfat, S. P. Nekotory`e utochneniya principa e`kstrapolyacii pri ocenke rezul`tatov testa PWC170 u yuny`x sportsmenov-legkoatletov / S. P. Majfat, Yu. G. Travin // Fizicheskaya kul`tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka. – 2004. – № 5. – S. 29–30.
10. Manolaki, V. Otnositel`ny`e pokazateli fizicheskoy rabotosposobnosti borczov vol`nogo stilya PWC170(V) s primeneniem specificheskix nagruzok / V. Manolaki, I. Mrucz, V. Manolaki. – Kishinyov: Ştiinţa Culturii Fizice; 2019. – 200 s.
11. Belocerkovskij, Z. B. Issledovaniya fizicheskoy rabotosposobnosti s pomoshh`yu specificheskix nagruzok / Z. B. Belocerkovskij, V. L. Karpman, A. A. Kirilov // Teoriya i praktika fizicheskoy kul`tury`. – 1977. – № 4. – S. 25–28.
12. Pogosyan, T. A. Algoritmy` ocenki pokazatelej funkcional`noj trenirovannosti sportsmenov v innovacionnoj komp`yuternoj programme «Chempion» / T. A. Pogosyan, G. S. Arutyunyan, A. S. Mkrtchyan // Human. Sport. Medicine. 2024. – № 24(S1). – S. 78–85.
13. Mixalyuk, E. L. Vy`bor moshhnosti pervoj fizicheskoy nagruzki na veloe`rgometre pri provedenii testa PWC170 sportsmenam s bradikardiej i massoj tela men`she 55 kg / E. L. Mixalyuk // Medicina segodnya i zavtra. 2014. – № 3-4. – S. 89–91.
14. Abrosimova, L. I. Opredelenie fizicheskoy rabotosposobnosti podrostkov / L. I. Abrosimova, V. E. Karasik // Novy`e issledovaniya po vozrastnoj fiziologii. – 1977. – № 2(9). – S. 114–117.
15. Rowland, T. W. Accuracy of physical working capacity (PWC170) in estimating aerobic fitness in children / T. W. Rowland, J. M. Rambusch, J. S. Staab, V. B. Unnithan, S. F. Siconolfi // Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 1993. – № 33(2). – S. 184–188.
16. A`zamov, R. M. Pokazateli fizicheskoy rabotosposobnosti i ae`robny`x vozmozhnostej igrokov v xokkee, vy`polnyayushhix razlichny`e igrovy`e amplua / R. M. A`zamov // Fan-Sportga. – 2020. – № 4. – S. 17–20.
17. Kalinin, V. K. Opredelenie ae`robny`x vozmozhnostej begunov metodom telepul`sometrii / V. K. Kalinin, N. I. Pudov, F. P. Suslov // Teoriya i praktika fizicheskoy kul`tury`. – 1972. – № 12. – S. 50–52.
18. Kornienko, I. A. Vozrastny`e izmeneniya nekotory`x pokazatelej ae`robnoj proizvoditel`nosti u mal`chikov 7–16 let / I. A. Kornienko, G. M. Maslova, V. D. Son`kin, L. G. Evseev // Fiziologiya cheloveka. – 1978. – № 4(1). – S. 61–67.

19. Sinel'nikov, Yu. A. Neobxodimost' korrekcii metodiki i edinicz izmereniya testa PWC170 / Yu. A. Sinel'nikov // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury`. – 2012. – №7. – S. 89–91.

20. Majfat, S. P. Nekotory'e metodicheskie i fiziologicheskie xarakteristiki ocenki fizicheskoy rabotosposobnosti u detej shkol'nogo vozrasta / S. P. Majfat // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury`. – 2004. – № 5. – S. 29–31.

21. Graevskaya, N. D. Fizicheskaya rabotosposobnost' sportsmenov / N. D. Graevskaya, V. L. Karpman, Z. B. Belocerkovskij i dr.. – M.: Medicina, 1976. – 128 s.

22. van de Vliet, P. Physical fitness profile of elite athletes with intellectual disability / P. van de Vliet, P. Rintala, K. Fröjd, J. Verellen, S. van Houtte, D. J. Daly, Y. C. Vanlandewijck // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2006. – № 16(6). – Pp. 417–425. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00539.x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Николай Яковлевич Прокопьев – доктор медицинских наук, профессор. Тюменский государственный университет. E-mail: pronik44@mail.ru.

Владимир Николаевич Ананьев – Доктор медицинских наук, профессор. ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН. E-mail: noradrenalin1952@mail.ru

Елисей Сергеевич Гуртовой – Студент Тюменский государственный медицинский университет

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai Ya. Prokopyev – Doctor of Medical Sciences, Professor. Tyumen State University. E-mail: pronik44@mail.ru.

Vladimir Nikolaevich. Ananyev – Doctor of Medical Sciences, Professor. State Research Center of the Russian Federation, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences. E-mail: noradrenalin1952@mail.ru

Gurtovoy Elisey Sergeevich – Student, Tyumen State Medical University.