

ВЫЯВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ, СОПРЯЖЕННЫХ С ВЫСОКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Е.В. Быков, О.В. Балберова, А.В. Чипышев, Е.В. Леконцев

Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск, Россия

Цель исследования – выявить вклад параметров функциональной подготовленности в обеспечении успешной соревновательной деятельности у спортсменов циклических видов спорта. **Организация и методы исследования.** Исследование было проведено в лаборатории функциональной диагностики научно-исследовательского института Олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры. В нем приняли участие спортсмены циклических видов спорта 16–20 лет с разной спортивной квалификацией: кандидаты в мастера спорта (КМС), мастера спорта (МС), мастера спорта международного класса (МСМК). Для решения поставленной задачи весь массив спортсменов был разделен на две группы (спортсмены с высокими спортивными результатами и низкорезультативные спортсмены). Деление было произведено тренером на основании набранных суммарных очков, полученных по итогам выступлений в соревнованиях в избранном тренировочно-соревновательном сезоне. Этапные комплексные обследования включали в себя исследование соотношения мышечного и жирового компонентов, оценку сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности. **Результаты исследования.** Все параметры, полученные при прохождении этапного комплексного обследования, подлежали ROC-анализу на предмет выявления их влияния на высокий спортивный результат. Анализ полученных данных выявил, что в наибольшей степени на высокие спортивные достижения оказали влияние следующие параметры функционального состояния спортсмена: ударный объем сердца, максимальная мощность выполненной работы, мощность ПАНО, аэробная емкость, аэробная мощность и отношение максимальной мощности к максимальной частоте сердечных сокращений. **Заключение.** Представленный подход к оценке определения готовности спортсменов к соревновательной деятельности по показателям функциональной подготовленности показал высокую эффективность в управлении тренировочно-соревновательной деятельностью.

Ключевые слова: модельные характеристики, тренировочно-соревновательная деятельность, спортсмен, циклические виды спорта, функциональная подготовка.

Введение. В настоящее время проблема прогнозирования спортивной результативности является актуальной и неоднократно была нами исследована с разных позиций [2, 4, 5]. Это в первую очередь связано с тем, что соревновательная деятельность всегда сопряжена с предельными возможностями всех систем организма спортсмена. А попытки достигнуть рекордных результатов за счет повышения интенсивности нагрузок часто влекут за собой риск нанести ущерб здоровью спортсмена [3, 6].

За последние годы в структуре годичного тренировочно-соревновательного цикла значительно увеличился соревновательный период. В этих условиях проблема поиска диагностических критериев, которые могли бы по-

служить маркерами готовности спортсмена к соревновательной деятельности, является весьма актуальной. В условиях высокого роста спортивной конкуренции требуется постоянный поиск резервов увеличения дистанционной скорости, важно становится своевременно оценить адекватность тренировочных воздействий возможностям организма спортсмена. Мы полагаем, что действенным инструментом в этой ситуации может стать разработка критериев оценки или «модельных характеристик» функционального состояния систем организма, лимитирующих высокий спортивный результат: сердечно-сосудистой, дыхательной, вегетативной, систем энергообеспечения [1, 4, 5, 7, 8].

В задачу исследований входило определение диагностических возможностей показателей текущего этапного контроля у спортсменов в плане прогнозирования успешности их соревновательной деятельности в избранном годичном тренировочном цикле.

Организация и методы исследования.

В исследовании приняли участие спортсмены циклических видов спорта 16–20 лет с разной спортивной квалификацией: кандидаты в мастера спорта (КМС), мастера спорта (МС), мастера спорта международного класса (МСМК). Для решения поставленной задачи весь массив спортсменов был разделен на две группы. В первую группу вошли высокорезультативные спортсмены, занявшие первые 5 мест рейтинговой таблицы в течение анализируемого периода (n = 10). Во вторую группу – низкорезультативные спортсмены, занявшие последние 5 мест рейтинговой таблицы в течение анализируемого периода (n = 10). Регистрация данных осуществлялась в периоде специальной подготовки (предсоревновательный период).

Этапные комплексные обследования включали в себя исследование соотношения мышечного и жирового компонентов, оценку

сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности. Были проанализированы следующие параметры: жировая масса, мышечная масса, максимальная мощность выполненной нагрузки, мощность ПАНО, аэробная емкость, аэробная мощность, анаэробная емкость, анаэробная мощность, аэробная производительность, частота сердечных сокращений в покое (ЧССпок), ЧСС аэробного порога, ЧСС ПАНО, ЧСС максимальная, мощность выполненной нагрузки макс / ЧСС макс (W max / ЧСС max), разница ЧСС максимальная и ЧСС покоя, конечный диастолический объем (КДО), конечный систолический объем (КСО), фракция выброса (ФВ), толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), толщина межжелудочковой перегородки (МЖП), масса миокарда, ударный объем (УО), среднее артериальное давление (АД ср), индекс сократимости миокарда (ИСК), индекс работы левого желудочка (ИРЛЖ), индекс общего периферического сопротивления (ИОПС), ударный индекс (УИ), сердечный индекс (СИ), индекс доставки кислорода (ИДК).

Все параметры, полученные при прохождении этапного комплексного обследования, подлежали ROC-анализу на предмет выявления

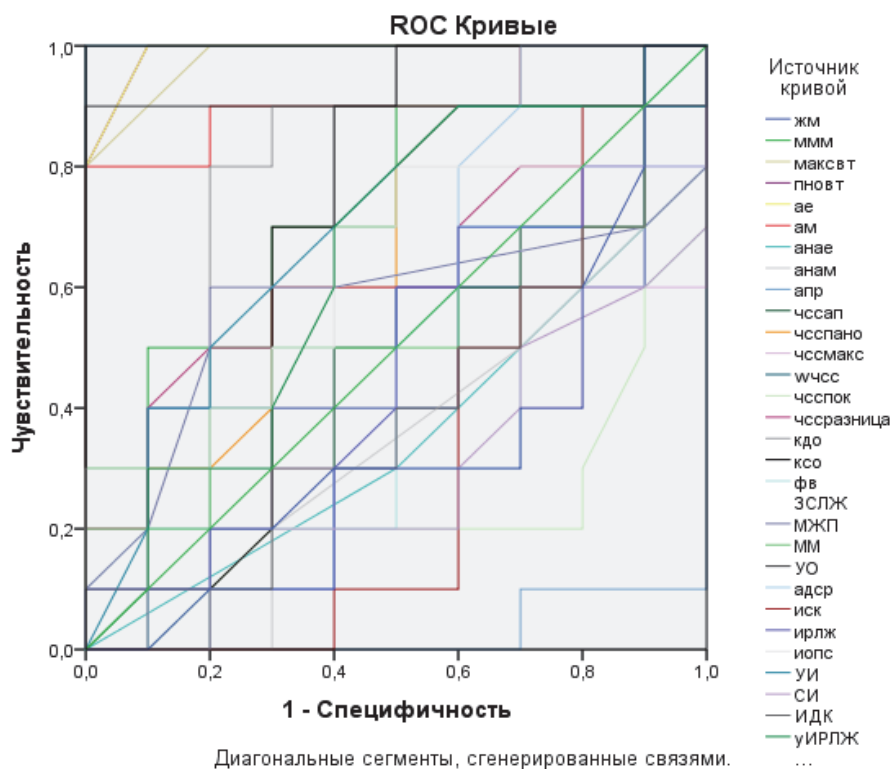


Рис. 1. Результаты ROC-анализа показателей этапного комплексного обследования у спортсменов циклических видов спорта

Fig. 1. ROC-analysis of the data obtained in a comprehensive examination of athletes of cyclic sports

ния их влияния на высокий спортивный результат. Количественной мерой ROC-анализа являлась площадь под ROC-кривой (AUS): чем выше значимость параметра в достижении высокого спортивного результата, тем ближе площади под кривой к 1,0. Результаты ROC-анализа представлены на рис. 1.

Результаты исследования. Из всего массива показателей нами были выбраны те, у которых зависимость от спортивного результата была максимальной и составляла не менее 0,9. Полученные данные представлены в таблице.

Результаты ROC-анализа показателей функциональной подготовленности у спортсменов циклических видов спорта
ROC analysis of functional fitness measurements in athletes of cyclic sports

Показатели Parameter	AUS
УО Stroke volume	0,900
Макс. мощность вып. работы, Вт Maximum power, W	0,980
Мощность ПАНО, Вт Anaerobic threshold power, W	0,990
Аэробная емкость Aerobic capacity	0,990
Аэробная мощность Aerobic power	0,910
W max / ЧСС max W max / HR max	1,0

Анализ полученных данных выявил, что в наибольшей степени на высокие спортивные достижения оказали влияние следующие параметры функционального состояния спортсмена: ударный объем сердца, максимальная мощность выполненной работы, мощность ПАНО, аэробная емкость, аэробная мощность и отношение максимальной мощности к максимальной частоте сердечных сокращений.

Сравнительный анализ показателей гемодинамики у двух групп спортсменов не выявил существенных различий в значениях параметров максимальной ЧСС и минутного объема кровотока. Достоверными различия были лишь по значению ударного объема, который связан с объемами камер сердца, с диаметром и эластичностью аорты, с величиной венозного возврата и общим периферическим сопротивлением сосудов.

Значимость параметра массы миокарда в достижении высокого спортивного результата

подтверждены исследованиями других авторов, согласно которым УО, размеры сердца и масса левого желудочка связаны с величиной МПК и со спортивным результатом в видах спорта, требующих проявления выносливости.

При выполнении велоэргометрического теста у высокорезультативных спортсменов отмечена следующая особенность: увеличение мощности нагрузки даже на последних ступенях сопровождалось ростом как пульса, так и ударного объема. Это свидетельствует о высокой производительности миокарда у спортсменов данной группы (рис. 2).

В литературе приводятся многочисленные экспериментальные данные, показывающие, что производительность сердца является одним из ключевых моментов, лимитирующих величину МПК организмом, – одного из наиболее часто используемых интегральных показателей для характеристики аэробной работоспособности [1, 3].

Значимость показателя мощности ПАНО в достижении высокого спортивного результата является очевидной, поскольку показатель мощности является интегрированным показателем функциональной подготовленности. Смещение точки ПАНО на графике вправо (увеличение) характеризует рост функциональной подготовленности спортсмена, а значит и большую вероятность его успешного выступления на соревнованиях.

Полученные результаты позволяют считать, что важным по значимости является фактор максимальной мощности выполненной нагрузки. Это следует считать весьма позитивным моментом, так как многолетний процесс тренировки, если он рационально организован, направлен, в том числе на повышение тотальной работоспособности.

Исследуя энергетическую составляющую в достижении высокого спортивного результата у спортсменов циклических видов спорта, мы определили высокие зависимости с параметрами аэробной емкости и мощности. Максимум аэробной мощности является одним из главных факторов, лимитирующих работоспособность. Чем ниже значения аэробной мощности, тем быстрее наступает дефицит поступающего кислорода во время выполнения велоэргометрической нагрузки, нарушаются окислительные процессы в мышечных клетках, что резко усиливает расходование адаптационных ресурсов.

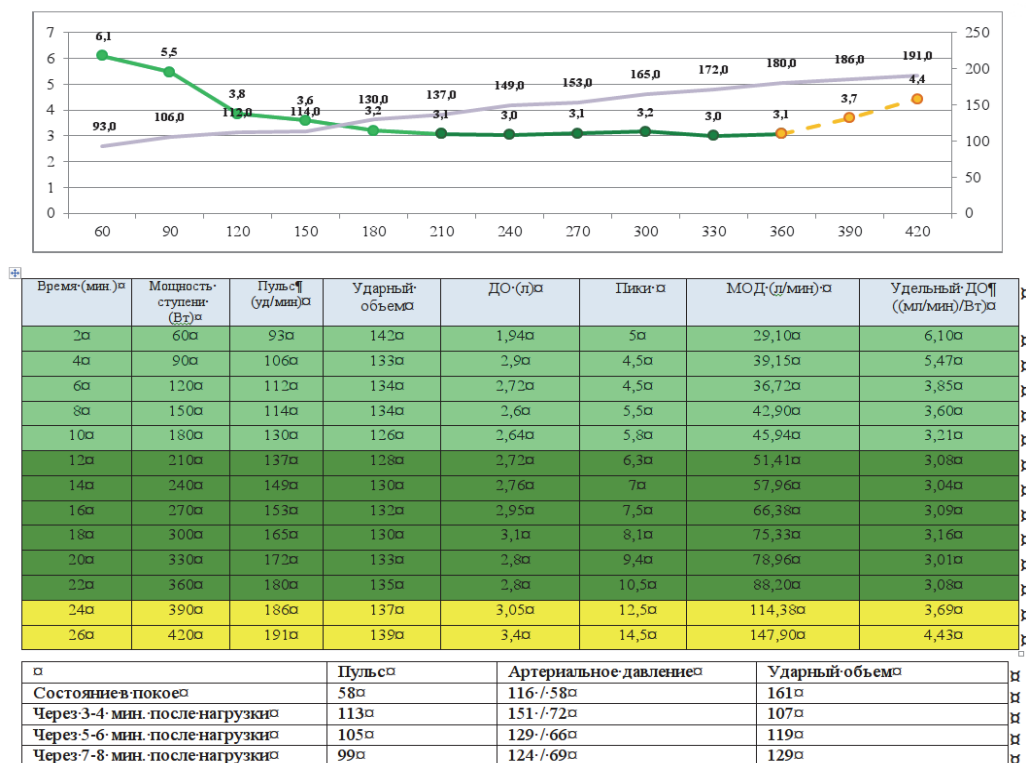


Рис. 2. Протокол велоэргометрического исследования высокорезультативного спортсмена
 Fig. 2. Protocol of the cycle ergometer test of a high performance athlete

Заключение. Таким образом, исходя из полученных данных, можно констатировать, что у спортсменов циклических видов спорта наибольшее влияние на высокий спортивный результат будут оказывать следующие показатели: ударный объем, максимальная мощность выполненной работы, мощность ПАНО, аэробная емкость, аэробная мощность, W_{max} / ЧСС $_{max}$. Представленный подход к оценке определения готовности спортсменов к соревновательной деятельности по показателям функциональной подготовленности показал высокую эффективность в управлении спортивной подготовкой.

Литература

1. Балберова, О.В. Динамика показателей физической работоспособности спортсменов в зависимости от этапа тренировки / О.В. Балберова, Е.В. Быков, Е.Г. Сидоркина // Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта: материалы Междунар. науч.-практ. конгресса, посвящ. 100-летию ГЦОЛИФК. Электрон. сб. М., РГУФКСМиТ, 30–31 мая 2018 г. / под общ. ред. А.А. Передельского и др. – М.: РГУФКСМиТ, 2018. – С. 185–189.
2. Взаимосвязь данных функционального тестирования и результатов соревновательной деятельности спортсменов с различной

направленностью физических нагрузок / Е.В. Быков, О.В. Балберова, О.И. Коломиец, А.В. Чипышев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 8 (162). – С. 32–38.

3. Особенности миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза у спортсменов циклических видов спорта с разной квалификацией / Е.В. Быков, О.В. Балберова, Е.С. Сабирьянова, А.В. Чипышев // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 36–45. DOI: 10.14529/hsm190305
4. Пути повышения спортивной результативности бегунов на средние дистанции / Е.О. Масленникова, Е.В. Быков, О.В. Балберова и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 5 (183). – С. 261–267.
5. Совершенствование медико-биологического обеспечения тренировочного процесса: использование модельных характеристик функционального состояния и информационных технологий / Е.В. Быков, О.В. Балберова, А.В. Чипышев и др. // О результатах выступления спортивных сборных команд Российской Федерации по зимним олимпийским видам спорта в спортивном сезоне 2018–2019 и ходе подготовки к XXIV Олимпийским зимним играм 2022 года в г. Пекине (КНР): сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., М., 16 мая 2019 г. – М., 2019. – С. 81–89.

6. Шибкова, Д.З. Чувствительность и специфичность интервалов ЭКГ в прогнозе сердечно-сосудистых катастроф у подростков, занимающихся спортом / Д.З. Шибкова, В.Б. Ярышева // *Материалы XXIII съезда Физиол. о-ва им. И.П. Павлова с междунар. участием*, 2017. – С. 193–194.

7. Эрлих, В.В. Пути повышения спортивной результативности юных спортсменов в циклических видах спорта, развиваю-

щих выносливость / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, В.Б. Ежов // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2011. – № 26. – С. 116–122.

8. *Integral assessment of the functional status for individualization of sports reserve training* / E.V. Bykov, O.V. Balberova et al. // *Proceedings of the 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019)*. – 2019. – P. 34–36. DOI: 10.2991/icistis-19.2019.10

Быков Евгений Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР Уральского государственного университета физической культуры, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

Балберова Ольга Владиславовна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: olga-balberova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5513-6384.

Чипышев Антон Викторович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: jk_m@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4672-0607.

Леконцев Евгений Витальевич, кандидат биологических наук, заведующий клинико-диагностической лабораторией Научно-исследовательского института олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: lekontsev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3360-4268.

Поступила в редакцию 25 августа 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm21s205

THE PARAMETERS OF FUNCTIONAL FITNESS ASSOCIATED WITH SUCCESSFUL ATHLETIC PERFORMANCE UNDER CYCLIC LOAD

E.V. Bykov, bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793,

O.V. Balberova, olga-balberova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5513-6384,

A.V. Chipyshev, jk_m@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4672-0607,

E.V. Lekontsev, lekontsev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3360-4268

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify the relationship between the parameters of functional fitness and successful athletic performance under cyclic load. **Materials and methods.** Our study was conducted at the Research Institute of Olympic sports (Ural State University of Physical Culture). Athletes of cyclic sports aged 16–20 years were involved in the study (sports ranks: Candidate for Master of Sport, Master of Sport, International Class Master of Sport). Two groups of athletes were formed with respect to their athletic performance (high performance and low performance athletes). Athletic performance was assessed by the coach by the total number of points in specific competitions in the selected season. A set of tests was conducted including the assessment of physical performance, functional state of the cardiovascular system, and body composition measurements. **Results.** The data obtained in a comprehensive examination were further

used for ROC analysis to identify their relationship with athletic performance. It was found that successful athletic performance was mostly influenced by the following parameters: stroke volume, maximum power, anaerobic threshold power, aerobic capacity, maximum power to maximum HR ratio. **Conclusion.** Our approach to the measurement of athletic potential by the indicators of functional fitness proved to be highly effective for sports training.

Keywords: functional fitness, model characteristics, success, athletic performance, sports activity, cyclic sports.

References

1. Balberova O.V., Bykov E.V., Sidorkina E.G. [Dynamics of Indicators of Physical Working Capacity of Athletes Depending on the Stage of Training]. *Nauchno-pedagogicheskiye shkoly v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo kongressa, posvyashchennogo 100-letiyu GTsOLIFK* [Scientific and Pedagogical Schools in the Field of Physical Culture and Sports. Materials of the International Scientific and Practical Congress Dedicated to the 100th Anniversary of the State Center for Physical Culture and Sports], 2018, pp. 185–189. (in Russ.)
2. Bykov E.V., Balberova O.V., Kolomiyets O.I., Chipyshev A.V. [The Relationship Between the Data of Functional Testing and the Results of Competitive Activity of Athletes with Different Orientation of Physical Loads]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft], 2018, no. 8 (162), pp. 32–38. (in Russ.)
3. Bykov E.V., Balberova O.V., Sabir'yanova E.S., Chipyshev A.V. Features of Myocardial-Hemodynamic and Vegetative Homeostasis in Athletes of Cyclic Sports with Different Qualifications. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 36–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190305
4. Maslennikova E.O., Bykov E.V., Balberova O.V. et al. [Ways to Improve the Sports Performance of Middle Distance Runners]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft], 2020, no. 5 (183), pp. 261–267. (in Russ.)
5. Bykov E.V., Balberova O.V., Chipyshev A.V. et al. [Improvement of Medical and Biological Support of the Training Process. The Use of Model Characteristics of the Functional State and Information Technologies]. *O rezul'tatakh vystupleniya sportivnykh sbornykh komand Rossiyskoy Federatsii po zimnim olimpiyskim vidam sporta v sportivnom sezone 2018–2019 i khode podgotovki k XXIV Olimpiyskim zimnim igram 2022 goda v g. Pekine (KNR): sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [On the Results of the Performance of the Sports Teams of the Russian Federation in the Winter Olympic Sports in the Sports Season 2018–2019 and the Preparation for the XXIV Olympic Winter Games in Beijing (China) in 2022. Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 81–89. (in Russ.)
6. Shibkova D.Z., Yarysheva V.B. [Sensitivity and Specificity of ECG Intervals in the Prognosis of Cardiovascular Accidents in Adolescents Involved in Sports]. *Materialy XXIII s'yezda Fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiyem* [Materials of the XXIII Congress of the Physiological Society Named after I.P. Pavlov with International Participation], 2017, pp. 193–194. (in Russ.)
7. Erlikh V.V., Isayev A.P., Ezhov V.B. Ways of Increasing the Sports Performance of Young Athletes in Cyclic Sports That Develop Endurance. *Human. Sport. Medicine*, 2011, no. 26, pp. 116–122. (in Russ.)
8. Bykov E.V., Balberova O.V. et al. Integral Assessment of the Functional Status for Individualization of Sports Reserve Training. *Proceedings of the 4th International Conference on Innovations in Sports, Tourism and Instructional Science (ICISTIS 2019)*, 2019, pp. 34–36. DOI: 10.2991/icistis-19.2019.10

Received 25 August 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Выявление параметров функциональной подготовленности, сопряженных с высокой результативностью соревновательной деятельности у спортсменов циклических видов спорта / Е.В. Быков, О.В. Балберова, А.В. Чипышев, Е.В. Леконцев // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S2. – С. 41–46. DOI: 10.14529/hsm21s205

FOR CITATION

Bykov E.V., Balberova O.V., Chipyshev A.V., Lekontsev E.V. The Parameters of Functional Fitness Associated with Successful Athletic Performance under Cyclic Load. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S2, pp. 41–46. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm21s205