



Физическая работоспособность в системе оценки эффективности технологий спортивной медицины

Киш А.А., Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Комлев А.М.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

Резюме

Цель. Определить эффективность использования специфического нагрузочного тестирования при оценке физической работоспособности спортсменов.

Материал и методы. Приводится ретроспективный анализ данных специфического и неспецифического нагрузочного тестирования (велозергометр, беговая дорожка, гребной эргометр, лыжероллерный тредбан) 23 спортсменов-гребцов (13 мужчин (средний возраст $25,85 \pm 0,88$ лет) и 10 женщин (средний возраст $22,90 \pm 1,20$ лет)); 125 спортсменов-легкоатлетов (75 спортсменов мужского пола (средний возраст $24,74 \pm 0,91$) и 50 спортсменов женского пола (средний возраст $23,81 \pm 1,35$)), 38 спортсменов лыжных видов спорта (22 спортсмена мужского пола (средний возраст $21,3 \pm 2,4$ лет) и 16 – женского пола (средний возраст $19,6 \pm 1,8$ лет)).

Результаты и обсуждение. При оценке физической работоспособности спортсменов-легкоатлетов различных амплу с использованием велозергометра и беговой дорожки у метателей и прыгунов параметр МПК находился в диапазоне 29-55 мл/мин/кг (целесообразнее использовать статоэргометр), у бегунов – 39-75 мл/мин/кг (тестирование на беговой дорожке предпочтительнее). Наибольшую эффективность и физиологическую обоснованность получило нагрузочное тестирование с использованием гребного эргометра у спортсменов-гребцов и лыжероллерного тредбана у спортсменов лыжных видов спорта (соотношение ЧСС на уровне ПАНО к ЧСС «на отказе» составляет ~ 97%). При велозергометрии получены низкие значения МПК у спортсменов, тренирующихся на выносливость, и, в том числе, на беговой дорожке, у спортсменов, чья ведущая нагрузка является силовой и подразумевает работу мышц верхнего плечевого пояса и спины. Полученные данные не отражают функциональных и резервных возможностей спортсмена и не позволяют судить об уровне его функциональной готовности.

Заключение. Технологии спортивной медицины, отражающие динамические характеристики физической работоспособности спортсменов, целесообразно оценивать с позиции информативности и эффективности их применения в зависимости от вида спорта. Вывод об эффективности технологий спортивной медицины следует делать с учетом результатов тестирования функционального состояния и физической работоспособности при нагрузке, специфической для конкретного вида спорта.

Ключевые слова: физическая работоспособность, специфическое нагрузочное тестирование, статоэргометр, оценка эффективности, спортсмены

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Киш А.А., Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Комлев А.М. Физическая работоспособность в системе оценки эффективности технологий спортивной медицины. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (6): 119-125. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-119-125>

Для корреспонденции: Голобородько Евгений Владимирович, e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com

Статья получена: 20.11.2021

Статья принята к печати: 06.12.2021

Athletes' Physical Performance in the System of the Sports Medicine Technologies Effectiveness Evaluation

Anna A. Kish, Evgeny V. Goloborodko, Sergey M. Razinkin, Artem M. Komlev

Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russian Federation

Abstract

Aim. To determine the effectiveness of the specific loading testing use in assessing the athletes' physical performance.

Material and methods. We present a post-hoc analysis of data from specific and nonspecific loading testing (bicycle ergometer, treadmill, rowing ergometer, and ski treadmill) of 23 oarsmen athletes (13 male (mean age 25.85 ± 0.88 years) and 10 female (mean age 22.90 ± 1.20 years)); 125 track and field athletes (75 male athletes (mean age 24.74 ± 0.91) and 50 female athletes (mean age 23.81 ± 1.35)), 38 ski athletes (22 male athletes (mean age 21.3 ± 2.4) and 16 female athletes (mean age 19.6 ± 1.8)).

Results and discussion. When assessing the physical performance of track and field athletes of various positions using a bicycle ergometer and a treadmill, the maximum oxygen consumption (MOC) parameter for throwers and jumpers was in the range

of 29-55 ml/min/kg (it is more appropriate to use a statoergometer), for runners – 39-75 ml/min/kg (testing on a treadmill is preferable). The greatest efficiency and physiological validity was obtained by load testing using a rowing ergometer for rowing athletes and a ski roller treadmill for athletes of ski sports (the ratio of heart rate at the anaerobic metabolism threshold level to the heart rate "on failure" is ~ 97%). With bicycle ergometry, low values of MOC were obtained in athletes training for endurance, and, including on the treadmill, in athletes with the main strength load and implies the work of the muscles of the upper shoulder girdle and back. The functional and reserve capabilities of the athlete are not reflected in the data obtained that makes impossible to judge the level of his/her functional readiness

Conclusion. Sports medicine technologies reflecting the dynamic characteristics of athletes' physical performance should be evaluated from the point of view of informativeness and efficiency of their application depending on the type of sport. Conclusion about the effectiveness of sports medicine technologies should be made considering the results of the functional and physical performance testing under the exertion, specific to a particular sport.

Keywords: physical performance, specific stress testing, statoergometer, performance evaluation, athletes

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kish A.A., Goloborodko E.V., Razinkin S.M., Komlev A.M. Athletes' Physical Performance in the System of the Sports Medicine Technologies Effectiveness Evaluation. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2021; 20 (6): 119-125. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-119-125>

For correspondence: Evgeny V. Goloborodko, e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com

Received: Nov 20, 2021

Accepted: Dec 06, 2021

Система оценки эффективности спортивных медицинских технологий предполагает оценку уровня здоровья спортсмена, то есть количественную и качественную характеристику здоровья с использованием интегрального показателя с учетом комплекса критериев, характеризующих состояние основных функциональных систем организма [1-7]. Оперативная диагностика и динамическая оценка состояния спортсменов на основе современных неинвазивных методов и цифровых технологий – это условие достижения высокого уровня профессиональной готовности [8-13]. Наиболее понятным и хорошо изученным авторами в спорте высших достижений является представление о структуре функциональной готовности спортсмена, то есть о готовности функциональных систем организма к реализации максимальных спортивных достижений на всех этапах тренировочно-соревновательной деятельности [14-16].

Основу структуры функциональной готовности спортсмена составляют параметры физической работоспособности. Технологии спортивной медицины, отражающие динамические характеристики физической работоспособности спортсменов, целесообразно оценивать с позиции информативности и эффективности их применения в зависимости от вида спорта [17-22].

Цель. Определить эффективность использования специфического нагрузочного тестирования при оценке физической работоспособности спортсменов.

Материал и методы

Приводится ретроспективный анализ данных специфического и неспецифического нагрузочного тестирования 23 спортсменов-гребцов (13 мужчин (средний возраст $25,85 \pm 0,88$ лет) и 10 женщин (средний возраст $22,90 \pm 1,20$ лет)); 125 спортсменов-легкоатлетов (75 спортсменов мужского пола (средний возраст $24,74 \pm 0,91$) и 50 спортсменов женского пола (средний возраст $23,81 \pm 1,35$)), 38 спортсменов лыжных видов спорта (22 спортсмена мужского пола (средний возраст $21,3 \pm 2,4$ лет) и 16 – женского пола (средний возраст $19,6 \pm 1,8$ лет)).

Нагрузочное тестирование на велоэргометре проводилось «до отказа» по Ramp-протоколу с постепенно

нарастающей нагрузкой с 5 Вт до 485 Вт. Во время тестирования спортсмен поддерживал постоянную скорость вращения педалей 60–70 оборотов в минуту. Восстановительный период составлял 5 минут вращения педалей в свободном темпе на мощности 25 Вт.

Нагрузочное тестирование на беговой дорожке проводилось «до отказа» по ступенчатому протоколу. Продолжительность нагрузки 16 минут и более, 5-минутный период восстановления. Длительность каждой ступени – 2 минуты. Диапазон увеличения скорости – от 2,7 до 10,2 км/ч, угла – от 8 до 150. Нагрузочное тестирование на гребном эргометре проводилось по непрерывному ступенчатому протоколу «до отказа». У спортсменов пола тестирование начиналось со 100 Вт, у мужчин – со 150 Вт. Продолжительность каждой ступени – 2 минуты. Увеличение мощности на каждой ступени составляло 50 Вт.

Результаты и их обсуждение

При проведении нагрузочного тестирования у спортсменов, представляющих различные виды спорта, для получения наиболее адекватных результатов необходимо применять методический подход, учитывающий специфику нагрузки при их профессиональной деятельности. На рисунках 1 и 2 показана существенная разница максимального потребления кислорода (МПК) у спортсменов различных легкоатлетических амплуа, полученного при нагрузочном тестировании «до отказа» на велоэргометре и беговой дорожке.

При велоэргометрии получены низкие значения МПК у спортсменов, тренирующихся на выносливость, и, в том числе, на беговой дорожке, у спортсменов, чья ведущая нагрузка является силовой и подразумевает работу мышц верхнего плечевого пояса и спины. Полученные данные не отражают функциональных и резервных возможностей спортсмена и не позволяют судить об уровне его функциональной готовности.

На основании этого можно сделать вывод, что для метателей и прыгунов такие широкие диапазоны значений МПК являются признаком неспецифичности нагрузки и не отражают уровня функциональных резервов организма. Для них, на наш взгляд, целесообразнее использовать

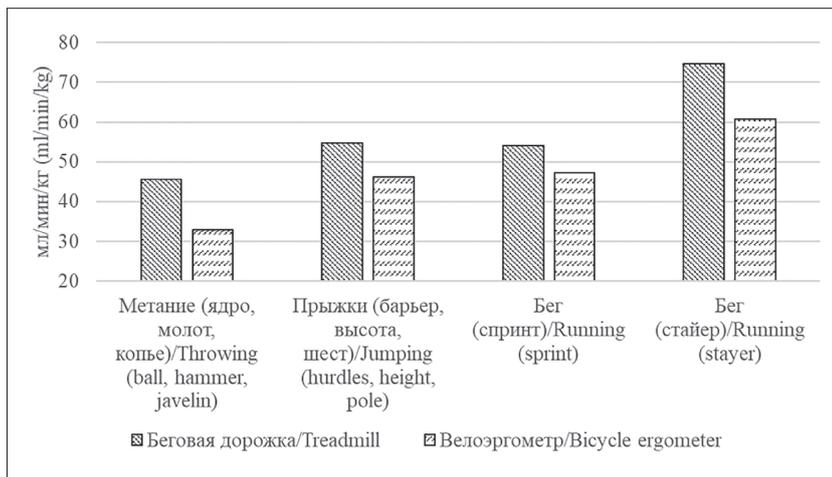


Рис. 1. Сравнительная оценка максимального потребления кислорода у спортсменов мужского пола в зависимости от вида спорта и вида нагрузочного тестирования

Fig. 1. Comparative assessment of maximum oxygen consumption in male athletes depending on sport and type of exercise testing

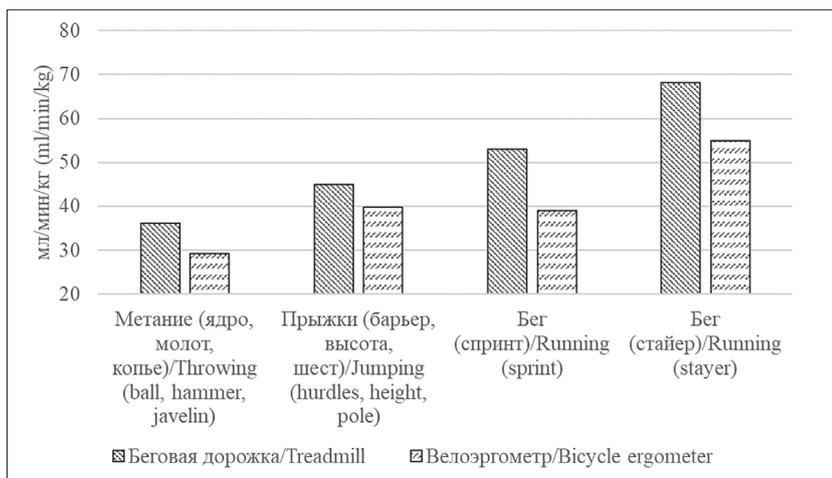


Рис. 2. Сравнительная оценка максимального потребления кислорода у спортсменов женского пола в зависимости от вида спорта и вида нагрузочного тестирования

Fig. 2. Comparative assessment of maximum oxygen consumption in female athletes depending on sport and type of exercise testing

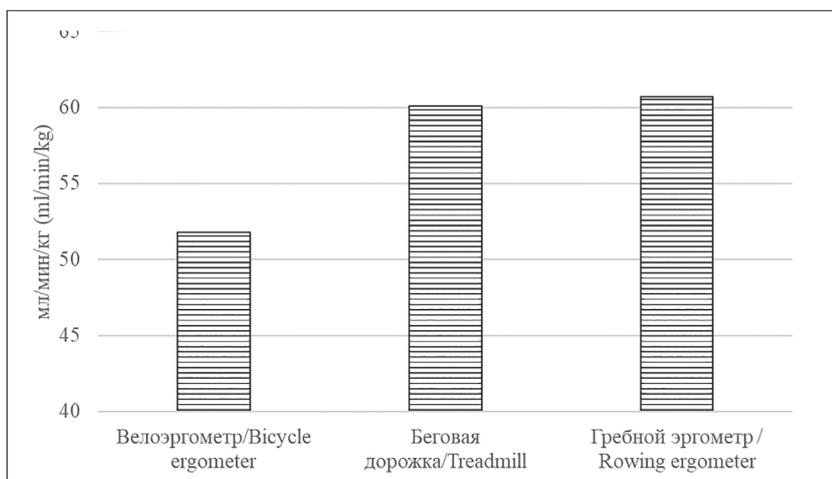


Рис. 3. Сравнительная оценка максимального потребления кислорода спортсменов-гребцов мужского пола в зависимости от вида нагрузочного тестирования, n=23

Fig. 3. Comparative assessment of maximal oxygen consumption of male rowing athletes depending on the type of stress testing, n=23

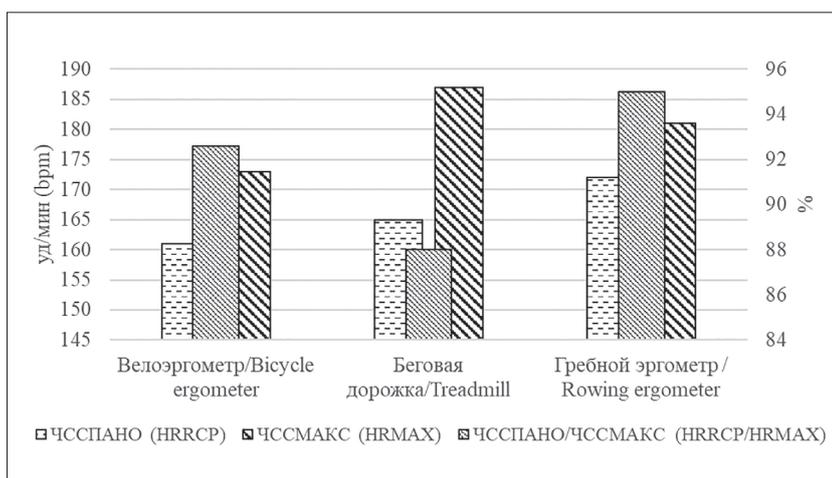


Рис. 4. Сравнительная оценка частотных характеристик пульса спортсменов-гребцов мужского пола при выполнении неспецифического и специфического нагрузочного тестирования, n=23

Fig. 4. Comparative evaluation of heart rate frequency characteristics of male rowing athletes during nonspecific and specific stress testing, n=23

Таблица 1. Отличия в профессиональной деятельности и медицинском обеспечении спортсменов и физкультурников
Table 1. Differences in occupational and health care for athletes and exercise physicians

Спортсмены / Athletes	Физкультурники / Exercise physicians
1. Особенности профессиональной деятельности / Specifics of professional activity	
Жесткий график тренировочного процесса (310-330 дней тренировочно-соревновательного периода) / Demanding training schedule (310 – 330 days of training and competition period)	–
Максимальные и субмаксимальные нагрузки в период тренировки / Maximum and submaximum loads during training	Поддерживающие нагрузки / Supporting loads
ЧСС _{МПК} – 190-210 уд/мин / HR _{МАХ} – 190-210 bpm	ЧСС _{АП} 116-130 уд/мин / HR _{АТ} – 115-130 bpm
ЧСС _{ПАНО} – 170-180 уд/мин / HR _{РСР} – 170-180 bpm	
ЧСС _{АП} – 125-150 уд/мин / HR _{АТ} – 125-150 bpm	
Достижение максимального результата в спортивной деятельности / Achieving maximum results in sports activities	–
2. Особенности медицинского обеспечения / Specifics of medical support	
Диссимуляция состояния, редко аггравация / Dissimulation of the state, rarely aggravation	–
Период реабилитации не более 15 дней в ходе тренировочно-соревновательного процесса / Rehabilitation period of not more than 15 days during the training and competition process	–
«Спортивное сердце» (норма-адаптация-патология) / «Sports heart» (norm-adaptation-pathology)	–
Высокий уровень резервов организма / High level of functional reserves of the organism	ЖЕЛ / VC – 4,2-4,5 л / l
ЖЕЛ / VC – 5,7-6,3 л / l	
Жесткий режим труда и отдыха / Demanding work and rest schedules	–
Высокие психоэмоциональные нагрузки / High psycho-emotional loads	–
Частая смена часовых и климатических поясов / Frequent changes in time and climate zones	–

статозергометр (возможно, в комплексе с ручным эргометром) [23-26]. Для бегунов тестирование на беговой дорожке является предпочтительным, однако для определения их функциональной готовности и динамического наблюдения (мониторирования) нагрузочное тестирование необходимо проводить в одних и тех же условиях на всех этапах медико-биологического сопровождения спортсменов.

В то же время сравнительная оценка информативности неспецифического и специфического нагрузочного тестирования у спортсменов-гребцов, при отсутствии достоверных различий по показателю МПК на беговой дорожке и гребном эргометре (рис. 3), позволила обратить внимание на значимость показателя отношения частоты сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена (ЧСС_{ПАНО}) к частоте сердечных сокращений на пике нагрузки (ЧСС_{МАКС}). Так, у членов мужской сборной

данный показатель достоверно выше при специфической нагрузке – 95%, чем при тестировании на тредмиле – 88% (p<0,05) (рис. 4).

Аналогичная зависимость параметров физической работоспособности от характера предъявляемой нагрузки была получена у спортсменов лыжных видов спорта, где наибольшую эффективность и физиологическую обоснованность получило нагрузочное тестирование с использованием лыжероллеров. При тестировании «до отказа» на лыжероллерном тредбане, беговой дорожке и велоэргометре время тестирования составляло 9,26±0,34 мин., 11,41±1, 26 мин. и 12,45±0,18 мин.; ЧСС_{МАКС} 190,95±1,63 уд/мин, 178,88±2,87 уд/мин и 172,71±3,11 уд/мин; МПК 71,98±1,44 мл/мин/кг, 64,23±1,12 мл/мин/кг и 63,53±1,78 мл/мин/кг, соответственно. Различия в оцениваемых параметрах также связаны с высокой эффективностью физической работы при характерной нагрузке.

Следует отметить, что экспертная оценка технологий спортивной медицины с использованием специфического для вида спорта нагрузочного тестирования проводится на основании нормативов, полученных при обследовании большого числа профессиональных спортсменов различных видов спорта. Также при отборе добровольцев-испытателей для оценки технологии учитываются факторы, оказывающие влияние на результат тестирования: возраст (не более 25 лет, когда спортсмен находится на пике своей формы), пол, мотивация, как система побуждений и стимулов, определяющих и направляющих профессиональную деятельность, а также уровень спортивного мастерства – не ниже первого взрослого спортивного разряда.

Жесткие требования к уровню спортивного мастерства обусловлены тем, что между физической культурой и спортом существуют определенные отличия в профессиональной деятельности и медицинском обеспечении спортсменов и физкультурников (табл. 1).

Заключение

1. Методологические подходы к оценке медицинских технологий в спортивной медицине должны базироваться на профессионально значимых структурных характеристиках высококвалифицированных спортсменов. Одним из ключевых компонентов функциональной готовности спортсмена являются параметры физической работоспособности. Технологии

спортивной медицины, отражающие динамические характеристики физической работоспособности спортсменов, целесообразно оценивать с позиции информативности и эффективности их применения в зависимости от вида спорта.

2. Вывод об эффективности технологий спортивной медицины следует делать с учетом результатов тестирования функционального состояния и физической работоспособности при нагрузке, специфической для конкретного вида спорта. При отборе респондентов, тестирующих технологию оценки физической работоспособности в спорте, следует учитывать возраст, пол, мотивацию и уровень спортивного мастерства.
3. Динамическая оценка функционального состояния и резервных возможностей состояния спортсменов с использованием наиболее информативных и эффективных методов и технологий спортивной медицины предполагает разработку и внедрение автоматизированных систем и программных алгоритмов обработки параметров кардиоэргоспирометрии на всех этапах тренировочно-соревновательной деятельности.

Список литературы

1. Голобородько Е.В., Шулепов П.А. Методические подходы к оценке эффективности новых технологий спортивной медицины. Курортная медицина. 2018; (2): 43-54.
2. Котенко Н.В., Котенко К.В., Разинкин С.М., Иванова И.И. Современные методы скрининг-диагностики психофизиологического состояния, функциональных и адаптивных резервов организма. Физиотерапевт. 2013; (4): 11-19.
3. Переборов А.А., Котенко Н.В., Разинкин С.М. Система оценки эффективности лечения. Сборник тезисов VI Международного конгресса «Восстановительная медицина и реабилитация 2009». Москва. 2009: 166-167.
4. Киш А.А., Брагин М.А., Матюшев Т.В. Прогноз физической работоспособности спортсменов-лыжников по параметрам variability сердечного ритма. Медицинская наука и образование Урала. 2018; 3(95): 100-104.
5. Лямина Н.П., Котельникова Е.В., Липчанская Т.П., Сенчихин В.Н. Ресурсы дистанционного мониторинга в системе физической реабилитации пациентов, перенесших инфаркт миокарда. Доктор.Ру. 2018; (148): 69-74.
6. Мехдиева К.Р., Захарова А.В., Тарбеева Н.М. Нагрузочное тестирование спортсменов для управления тренировочным процессом. Теория и практика физической культуры. 2020; (5): 64-66.
7. Иусов И.Г., Гильмутдинова И.Р., Гуменюк С.А. Гендерные различия восстановления сердечного ритма у юных спортсменов после тестовых физических нагрузок. Вестник восстановительной медицины. 2020; (99): 120-126.
8. Малащук Л.С., Филатов В.Н., Маряшин Ю.Е., Рыжов Д.И. Оценка профессионального здоровья и функциональных резервов курсантов летного училища в практике врачебно-летней экспертизы и методы их повышения. Военно-медицинский журнал. 2014; (12): 44-45.
9. Эрлих В.В., Шибкова Д.З., Байгужин П.А. Цифровизация технологий оперативной диагностики функциональных резервов и оценки подготовленности спортсменов. Человек. Спорт. Медицина. 2020; (1): 52-66.
10. Котенко К.В., Корчажкина Н.Б., Разинкин С.М., Михайлова А.А., Петрова В.В., Фомкин П.А., Иванова И.И. Сравнительная оценка состояния физического и психического здоровья спортсменов и студентов, активно занимающихся спортом. Функциональная диагностика. 2011; (3): 98-99.
11. Kearney R., Green B.D., Heerey J., Carolan A. Sports medicine highlights from other journals. British Journal of Sports Medicine. 2020; (10): 623-624. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100410>
12. Cruz E.L. Sport medicine at its peak. British Journal of Sports Medicine. 2017; (8): 623. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097742>
13. Khatra O., Shadgan A., Taunton J., Pakravan A., Shadgan B. A Bibliometric Analysis of the Top Cited Articles in Sports and Exercise Medicine. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2021; (1): 2325967120969902. <https://doi.org/10.1177/2325967120969902>
14. Самойлов А.С., Разинкин С.М., Петрова В. В., Шулепов П.А., Киш А.А., Брагин М.А. Избранные лекции по спортивной медицине. Москва. Научная книга. 2018: 664 с.
15. Шулепов П.А., Киш А.А. Функциональная готовность спортсменов как способность к реализации максимальных спортивных достижений. Сборник тезисов «VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию кафедры спортивной медицины». Москва. 2019: 343-351.
16. Разинкин С.М. Диагностика резервных возможностей организма при действии факторов внешней среды на организм человека. Новые медицинские технологии. Новое медицинское оборудование. 2010; (1): 16-25.
17. Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Самойлов А.С., Петрова В.В., Шулепов П.А., Киш А.А. Оценка физической работоспособности у высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018; (2-2): 42-43.
18. Голобородько Е.В., Фомкин П.А., Петрова В.В., Разинкин С.М. Некоторые подходы к оценке эффективности реабилитационных мероприятий у высококвалифицированных спортсменов. Саратовский научно-медицинский журнал. 2017; (4): 947-955.
19. Разинкин С.М., Самойлов А.С., Фомкин П.А., Петрова В.В., Киш А.А., Артамонова И.А. Методологический подход к оценке функциональных резервов спортсменов циклических видов спорта. Спортивная медицина: наука и практика. 2016; (1): 26-34.
20. Сюрис Н.А., Разинкин С.М., Комлев А.М. Аппаратно-программный метод доклинического выявления патологических состояний у лиц, прибывающих на медико-психологическую реабилитацию, в условиях санатория. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2021; (1): 61-68.

21. Dynako J., Owens G.W., Loder R.T., Frimpong T., Gerena R.G., Hasnain F., Snyder D., Freiman S., Hart K., Kacena M.A., Whipple E.C. Bibliometric and authorship trends over a 30 years publication history in two representative US sports medicine journals. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020; (3): e03698 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03698>
22. Rhim H.C., Kim S.J., Park J., Jang K.M. Effect of citrulline on post-exercise rating of perceived exertion, muscle soreness, and blood lactate levels: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 2020; 9(6): 553-561. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.02.003>
23. Клишин Г.Ю., Филатов В.Н. План-схема работы экспертной системы для автоматизированной оценки результатов тестирования и тренировки на «Статоэрометре». Патент на промышленный образец, № 108284, 2018.
24. Folland J.P., Allen S.J., Black M.I., Handsaker J.C., Forrester S.E. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2017; (7): 1412-1423. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001245>
25. Kellmann M., Bertollo M., Bosquet L., Brink M., Coutts A.J., Duffield R., Erlacher D., Halson S.L., Hecksteden A., Heidari J., Kallus K.W., Meeusen R., Mujika I., Robazza C., Skorski S., Venter R., Beckmann J. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018; (2): 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
26. Mujika I., Halson S., Burke L.M., Balagué G., Farrow D. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018; (5): 538-561. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0093>

References

1. Goloborod'ko E.V., Shulepov P.A. Metodicheskie podhody k ocenke jeffektivnosti novyh tehnologij sportivnoj mediciny [Methodological approaches to evaluating the effectiveness of new technologies in sports medicine]. *Resort Medicine*. 2018; (2): 43-54 (In Russ.).
2. Kotenko N.V., Kotenko K.V., Razinkin S.M., Ivanova I.I. Sovremennye metody skrining-dagnostiki psihofiziologicheskogo sostojanija, funkcional'nyh i adaptivnyh rezervov organizma [Modern methods of screening-diagnostics of psychophysiological state, functional and adaptive reserves of the organism]. *Physiotherapist*. 2013; (4): 11-19 (In Russ.).
3. Pereborov A.A., Kotenko N.V., Rasinkin S.M. Sistema otsenki jeffektivnosti lecheniya [A system for assessing the effectiveness of treatment]. *Sbornik tezisov VI Mezhdunarodnogo kongressa "vosstanovitel'naya medicina i reabilitacija 2009"* [Proceedings of the VI International Congress "Restorative Medicine and Rehabilitation 2009"]. Moscow. 2009: 166-167 (In Russ.).
4. Kish A.A., Bragin M.A., Matyushev T.V. Prognoz fizicheskoj rabotosposobnosti sportsmenov-lyzhnikov po parametram variabel'nosti serdechnogo ritma [Forecast of athletes-skiers physical performance in terms of heart rate variability parameters]. *Medical Science and Education of the Urals*. 2018; 95 (3): 100-104 (In Russ.).
5. Lyamina N. P., Kotel'nikova E. V., Lipchanskaya T. P., Senchihin V. N. Resursy distancionnogo monitoringa v sisteme fizicheskoj reabilitacii pacientov, perenessih infarkt miokarda [Remote monitoring resources in physical rehabilitation of patients with myocardial infarction]. *Doktor.Ru*. 2018; (148): 69-74 (In Russ.).
6. Mekhdieva K.R., Zaharova A.V., Tarbeeva N.M. Nagruzochnoe testirovanie sportsmenov dlya upravleniya trenirovochnym processom [Exercise testing of athletes to manage the training process]. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2020; (5): 64-66 (In Russ.).
7. Iusov I.G., Gil'mutdinova I.R., Gumenyuk S.A. Gendernye razlichija vosstanovleniya serdechnogo ritma u yunyh sportsmenov posle testovyh fizicheskikh nagruzok [Gender differences of cardiac rhythm recovery in young athletes after test physical exertion]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; (99): 120-126 (In Russ.).
8. Malashchuk L.S., Filatov V.N., Maryashin YU.E., Ryzhov D.I. Ocenka professional'nogo zdorov'ya i funkcional'nyh rezervov kursantov letnogo uchilishcha v praktike vrachebno-letnoj ekspertizy i metody ih povysheniya [Assessment of professional health and functional reserves of flight school cadets in the practice of medical-flight examination and methods of their improvement]. *The Military Medical Journal*. 2014; (12): 44-45 (In Russ.).
9. Erlih V.V., Shibkova D.Z., Bajguzhin P.A. Cifrovizaciya tekhnologij operativnoj diagnostiki funkcional'nyh rezervov i ocenki podgotovlennosti sportsmenov [Digitalization of Technologies of Operative Diagnostics of Functional Reserves and Assessment of Athletes' Fitness]. *Human. Sport. Medicine*. 2020; (1): 52-66 (In Russ.).
10. Kotenko K.V., Korchazhkina N.B., Rasinkin S.M., Mikhailova A.A., Petrova V.V., Fomkin P.A., Ivanova I.I. Sravnitel'naya otsenka sostoyaniya fizicheskogo i psikhicheskogo zdorovia sportsmenov i studentov. aktivno zanimayushchikhsya sportom [Comparative assessment of physical and mental health of athletes and students actively involved in sports]. *Modern Functional Diagnostics*. 2011; (3): 98-99 (In Russ.).
11. Kearney R., Green B.D., Heerey J., Carolan A. Sports medicine highlights from other journals. *British Journal of Sports Medicine*. 2020; (10): 623-624. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100410>
12. Cruz E.L. Sport medicine at its peak. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; (8): 623. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097742>
13. Khatra O., Shadgan A., Taunton J., Pakravan A., Shadgan B. A Bibliometric Analysis of the Top Cited Articles in Sports and Exercise Medicine. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2021; (1): 2325967120969902. <https://doi.org/10.1177/2325967120969902>
14. Samojlov A.S., Razinkin S.M., Petrova V. V., SHulepov P.A., Kish A.A., Bragin M.A. Izbrannye lekci po sportivnoj mediciny [Selected lectures on sports medicine]. Moscow. *Scientific Book*. 2019: 227 p. (In Russ.).
15. Shulepov P.A., Kish A.A. Funkcional'naya gotovnost' sportsmenov kak sposobnost' k realizacii maksimal'nyh sportivnyh dostizhenij [Functional readiness of sportsmen as ability to realize maximal sport achievements]. *Sbornik tezisov «VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 50-letiyu kafedry sportivnoj mediciny»* [Collection of theses of VIII All-Russian scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the department of sports medicine]. Moscow. 2019: 343-351 (In Russ.).
16. Razinkin S.M. Diagnostika rezervnyh vozmozhnostej organizma pri dejstvii faktorov vneshnej sredy na organizm cheloveka [Diagnostics of the organism's reserve capacities under the action of environmental factors on the human body]. *New Medical Technologies. New Medical Equipment*. 2010; (1): 16-25 (In Russ.).
17. Goloborod'ko E.V., Razinkin S.M., Samojlov A.S., Petrova V.V., SHulepov P.A., Kish A.A. Ocenka fizicheskoj rabotosposobnosti u vysokokvalificirovannyh sportsmenov razlichnyh vidov sporta [Assessment of physical performance in highly qualified athletes of different sports]. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2018; (2-2): 42-43 (In Russ.).
18. Goloborod'ko E.V., Fomkin P.A., Petrova V.V., Razinkin S.M. Nekotorye podhody k ocenke jeffektivnosti reabilitacionnyh meropriyatij u vysokokvalificirovannyh sportsmenov [Some approaches to evaluation of rehabilitation measures efficiency in highly skilled sportsmen]. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2017; (4): 947-955 (In Russ.).
19. Razinkin S.M., Samojlov A.S., Fomkin P.A., Petrova V.V., Kish A.A., Artamonova I.A. Metodologicheskij podhod k ocenke funkcional'nyh rezervov sportsmenov ciklicheskih vidov sporta [Methodological approach to the evaluation of functional reserves of athletes of cyclic sports]. *Sports Medicine: Research and Practice*. 2016; (1): 26-34 (In Russ.).
20. Syuris N.A., Razinkin S.M., Komlev A.M. Apparato-programmnyj metod doklinicheskogo vyyavleniya patologicheskikh sostoyanij u lic, pribyvayushchih na mediko-psihologicheskuyu reabilitaciyu, v usloviyah sanatoriya [Hardware-software method for preclinical detection of pathological conditions in persons arriving for medical and psychological rehabilitation in sanatorium conditions]. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2021; (1): 61-68 (In Russ.).
21. Dynako J., Owens G.W., Loder R.T., Frimpong T., Gerena R.G., Hasnain F., Snyder D., Freiman S., Hart K., Kacena M.A., Whipple E.C. Bibliometric and authorship trends over a 30 years publication history in two representative US sports medicine journals. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020; (3): e03698 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03698>
22. Rhim H.C., Kim S.J., Park J., Jang K.M. Effect of citrulline on post-exercise rating of perceived exertion, muscle soreness, and blood lactate levels: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 2020; 9(6): 553-561. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.02.003>

23. Klishin G.Yu., Filatov V.N. Plan-skhemata raboty ekspertnoj sistemy dlya avtomatizirovannoj ocenki rezul'tatov testirovaniya i trenirovki na «Statoergometre» [Schematic diagram of the expert system for automated assessment of the results of testing and training on the "Statoergometer"]. Patent RF, no. 108284, 2018. (In Russ.).
24. Folland J.P., Allen S.J., Black M.I., Handsaker J.C., Forrester S.E. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2017; (7): 1412-1423. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001245>
25. Kellmann M., Bertollo M., Bosquet L., Brink M., Coutts A.J., Duffield R., Erlacher D., Halson S.L., Hecksteden A., Heidari J., Kallus K.W., Meeusen R., Mujika I., Robazza C., Skorski S., Venter R., Beckmann J. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018; (2): 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759>
26. Mujika I., Halson S., Burke L.M., Balagué G., Farrow D. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018; (5): 538-561. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0093>

Информация об авторах:

Голобородько Евгений Владимирович, кандидат медицинских наук, заведующий научно-организационным отделом, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации.

E-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5124-6954>

Киш Анна Андреевна, научный сотрудник, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации.

E-mail: akish@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7148-7173>

Разинкин Сергей Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации.

E-mail: rasinkin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4627-4392>

Комлев Артем Михайлович, заместитель заведующего научного-организационного отдела, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации.

E-mail: artemiuse@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2965-748X>

Вклад авторов:

Разинкин С.М., Киш А.А. – идея проведения исследования; Голобородько Е.В., Комлев А.М. – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, Голобородько Е.В., Киш А.А. – написание текста рукописи, статистическая обработка полученного материала.

Information about the authors:

Evgeny V. Goloborodko, Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific and Organizational Department, State Scientific Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center.

E-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5124-6954>

Anna A. Kish, Researcher, State Scientific Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center.

E-mail: akish@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7148-7173>

Sergey M. Razinkin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Senior Scientist, State Scientific Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center.

E-mail: rasinkin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4627-4392>

Artem M. Komlev, Deputy Head, Scientific and Organizational Department, State Scientific Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center.

E-mail: artemiuse@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2965-748X>

Contribution:

Razinkin S.M., Kish A.A. – research idea; Goloborodko E.V., Komlev A.M. – research planning, data analysis; Goloborodko E.V., Kish A.A. – text writing, statistical processing of the material.

