

КАРДИОРЕСПИРАТОРНАЯ ОЦЕНКА РЕАКТИВНОСТИ ФУНКЦИИ ДЫХАНИЯ КИКБОКСЕРОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ДВУХ ГРУПП ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ЭТАПЕ РЕАЛИЗАЦИОННОГО МЕЗОЦИКЛА

Ю.Н. Романов, romanovyn@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0516-9505>
А.С. Аминов, aminovas@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0440-6553>
Э.Ф. Латыпова, latypovaef@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7905-3214>
Л.А. Романова, romanova@l.a.susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3377-4382>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: проведение кардиореспираторной оценки реактивности функции дыхания кикбоксеров высокой квалификации на этапе реализационного мезоцикла при применении модифицированных нагрузок. **Материалы и методы.** Обследовались кикбоксеры высокой квалификации по 16 человек в 2 группах. В статье представлено перспективное применение аппарата Oxycon Pro (Mobile) с принадлежностями (изготовитель Care Fusion Germany 234 GmbH, Germany). **Результаты.** Проведённое исследование доказало эффективность применяемых тренировочных методик через выявление более длительных фаз динамического гомеостаза, представленного «островками квазистойчивых состояний» параметров функции дыхания у кикбоксеров высокой квалификации, прошедших подготовку по модифицированной методике, что свидетельствовало о лучшей функциональной готовности к предстоящим стартам. **Заключение.** Применяемая прерывистая гипоксическая тренировка в виде волевой задержки дыхания, осуществляемая параллельно с упражнениями специального спектра двигательных действий, привела к получению ускоренными темпами модифицированного тренировочного эффекта за счёт снижения напряжения функциональных систем и экономизации их работы.

Ключевые слова: эргоспирометрия, функция дыхания, квазистойчивое состояние, кикбоксеры

Для цитирования: Кардиореспираторная оценка реактивности функции дыхания кикбоксеров высокой квалификации двух групп обследования на этапе реализационного мезоцикла / Ю.Н. Романов, А.С. Аминов, Э.Ф. Латыпова, Л.А. Романова // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 2. С. 15–23. DOI: 10.14529/hsm250202

Original article
DOI: 10.14529/hsm250202

CARDIORESPIRATORY ASSESSMENT OF RESPIRATORY FUNCTION REACTIVITY IN ELITE KICKBOXERS DURING TWO-PHASE TESTING AT THE REALIZATION MESOCYCLE STAGE

Yu.N. Romanov, romanovyn@susu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0516-9505>
A.S. Aminov, aminovas@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0440-6553>
E.F. Latypova, latypovaef@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7905-3214>
L.A. Romanova, romanova@l.a.susu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3377-4382>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to evaluate the responsiveness of pulmonary function in elite kickboxers during the realization mesocycle through modified training interventions. **Materials and methods.** Thirty-two national-level kickboxers were allocated into 2 groups (N = 16/group). The prospective application of the Oxycon Pro (Mobile) system with accessories (Care Fusion Germany 234 GmbH, Germany) is presented. **Results.** The modified training regimen significantly extended periods of dynamic homeostasis, manifested

as discrete quasi-steady states in respiratory parameters. These physiological markers correlated with enhanced competitive readiness in the intervention group. **Conclusion.** The integration of apnea training with sport-specific movement patterns elicited superior training adaptations, evidenced by reduced cardiopulmonary stress and improved metabolic economy during high-intensity exertion.

Keywords: ergospirometry, respiratory function, quasi-steady state, kickboxers

For citation: Romanov Yu.N., Aminov A.S., Latypova E.F., Romanova L.A. Cardiorespiratory assessment of respiratory function reactivity in elite kickboxers during two-phase testing at the realization mesocycle stage. *Human. Sport. Medicine*. 2025;25(2):15–23. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250202

Введение. В кикбоксинге применяются ациклические нестандартно-переменные (ситуационные) упражнения с абсолютно разным характером и интенсивностью двигательной деятельности [12, 14]. Это требует от организма кикбоксеров обладания высоким качеством регуляции дыхательной функции в связи с должным соответствием уровня обмена веществ кислородному запросу организма в каждый момент поединка [4, 9]. Оценивание параметров кардиореспираторной системы организма кикбоксеров позволяет определять возникновение равновесных и устойчивых состояний, возникающих при оптимальном уровне спортивной подготовленности у занимающихся, что возникает чаще при выполнении упражнений в аэробном режиме [1, 5, 11]. В более интенсивных упражнениях скорость потребления кислорода постепенно начинает возрастать. Такой рабочий период относится к условно устойчивому состоянию вследствие колебаний других физиологических функций [2, 14]. В устойчивом состоянии при повышении нагрузки параметры изменяются достаточно медленно, находясь в «дрейфе». Чем выше нагрузка, тем выше скорость «дрейфа» функциональных показателей [13, 21]. Те спортсмены, у которых «островки дрейфа» более продолжительны во времени, характеризуются лучшей спортивной подготовленностью. «Дрейф» функциональных показателей дает отражение динамики адаптации организма, которая развивается в процессе утомления при выполнении упражнения [7, 15]. В период квазиустойчивого состояния, в котором находятся квалифицированные спортсмены в процессе «моделирования боевых практик», постоянно идёт увеличение лёгочной вентиляции, растёт альвеолярно-артериальная разность по кислороду, что ведет к тенденции снижения парциального напряжения CO_2 и pH артериальной крови. В конце концов, происходит некая совокупность изменений в органах и системах организма при выполнении физи-

ческой работы, когда наступает момент невозможности её выполнения, что проявляется в субъективном ощущении усталости [18, 19].

Методы и организация исследования.

В эксперименте шло сравнение двух методик подготовки спортсменов высокой квалификации по 16 человек в каждой группе в заключительном реализационном мезоцикле при блочной периодизации [8] длительностью в две недели через оценивание параметров кардиореспираторной системы организма спортсменов. Первая группа кикбоксеров проходила подготовку с применением базового набора упражнений с подключением упражнений специального спектра двигательных действий: моделирование боевых практик («бой с тенью») по общепринятым методикам, а также с виртуальным соперником в условиях интервальной искусственной гипоксии (волевая задержка дыхания); комплекс упражнений на развитие статокINETической устойчивости (бой с тенью в условиях зрительной депривации (бой с закрытыми глазами); кувырки вперед–назад, вращения вокруг вертикальной оси с открытыми и закрытыми глазами, вращения вокруг вертикальной оси в наклоне вперед, прыжки через скамейку с одновременным вращением вокруг вертикальной оси влево или вправо и др.); комплекс упражнений на развитие локально-региональной мышечной выносливости [3]. Контрольная группа тренировалась по традиционной методике: тактико-техническая подготовка в парах в режимах соревновательной деятельности; условные бои; вольные бои; спарринги; моделирование боевых практик («бой с тенью») по общепринятым методикам; работа на снарядах.

Эргоспирометрические параметры кикбоксеров фиксировались на аппарате Охусон Pro (Mobile) производства Германии, позволяющем в режиме реального времени (на голову надевается маска, закрывающая рот и нос, датчики крепятся непосредственно на испытуемом с помощью системы ремennого креп-

ления на спине в виде рюкзака), через каждые 30 с трехраундового двухминутного «боя с тенью» – «моделирования боевых практик» и в период двухминутного отдыха после теста, получать данные по 10 показателям в 1-м и 2-м обследованиях.

С целью проверки гипотезы о значимости различий использовался критерий t-Стьюдента [16], статистически значимым принимался уровень различий $p \leq 0,05$. Анализ цифрового материала выполнялся с помощью специализированных пакетов прикладных программ: Statistica 6.0, Microsoft Word, Microsoft Excel и SPSS.

Результаты исследования и их обсуждение. При выполнении кикбоксерами тестирующего задания через каждые 30 секунд на персональном компьютере телеметрически шла регистрация эргоспирометрических параметров: частота сердцебиений (HR, 1/min), легочная вентиляция (VE, L/min), коэффициент газообмена (RER), запас дыхания (BR, %), потребление кислорода (VO_2 , ml/min) и выделение углекислого газа (VCO_2 , ml/min), кислородный пульс O_2/HR (ml/min/kg), вентиляционные эквиваленты по кислороду (EgO_2) и по углекислому газу ($EgCO_2$). В качестве примера на рис. 1 представлены графические данные одного из базовых эргоспирометрических показателей – кислородного пульса, отражающего количество кислорода, которое экстрагируется мышцами за 1 удар сердца. По данным профессора А.Л. Сыркина при значительной нагрузке нормальное значение кислородного пульса равно 10–20 мл/удар [6, 17]. Снижение кислородного пульса может отражать как ухудшение насосной функции сердца, так и нарушение экстракции кислорода и наблюдается при детренированности, сердечно-сосудистой патологии, снижении уровня гемоглобина, нарушении оксигенации крови [10, 20]. Данные кислородного пульса представлены для первой группы в двух обследованиях, а для контрольной – только во втором обследовании, так как в первом тестировании, ещё до включения в тренировочный процесс нагрузок реализационного мезоцикла, этот параметр в 1-й и 2-й группах обследования значимо не различался. У спортсменов 1-й группы в результате нагрузок специального спектра двигательных действий кислородный пульс к концу мезоцикла снизился достоверно, но в то же время остался в референтных границах диапазона 10–20 мл/удар. У спортсменов 2-й группы показатели кислородного

пульса снизились значительно и вышли за пределы референтных границ, что свидетельствовало, скорее всего, о состоянии перетренированности. После тестирования наблюдалось последовательное снижение значений O_2/HR ($p \leq 0,05$ – $0,01$). Данные O_2/HR во 2-м обследовании на протяжении всего теста были достоверно ($p \leq 0,05$ – $0,01$) ниже данных 1-го обследования, что говорило об адаптации кикбоксеров к стандартной нагрузке (см. таблицу).

Достоверность различий параметров кислородного пульса у спортсменов экспериментальной группы в начале и в конце мезоцикла представлена во втором столбце (II обследование), а в третьем столбце рядом с параметрами второго обследования контрольной группы указаны различия между группами сравнения в конце мезоцикла. Более наглядно изменения кислородного пульса в ходе выполнения моделирования боевых практик спортсменами групп сравнения представлены на рис. 1.

Все полученные параметры кардиореспираторной системы организма кикбоксеров были проанализированы на предмет сохранения устойчивых состояний по двум критериям: сохранение абсолютного значения какого-либо параметра во времени не менее 30 с, возможное снижение или повышение величины параметра не должно превышать 5 %. Таким образом, возникающие, по выражению Я.М. Коца, известного российского физиолога, «островки квазистойчивости» (на это первым обратил внимание нобелевский лауреат Арчибальд Хилл) параметров кардиореспираторной системы в 1-й и 2-й группах кикбоксеров с медленными функциональными изменениями («дрейфом»), отражают сложную динамику адаптации организма к выполнению заданной нагрузки в условиях развивающегося на протяжении раунда процесса утомления, что представлено на рис. 2 и 3.

К окончанию реализационного мезоцикла в процессе моделирования боевых практик таких «островков квазистойчивого состояния» в 1-й группе (считается совокупное удержание во времени квазистойчивых состояний всех представленных параметров кардиореспираторной системы) возникает на 27 % больше, чем в контрольной 2-й группе, эргометрические данные которой представлены на рис. 3. За период «дрейфа» в изменении параметров происходит постепенная перестройка в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной и других систем.

Изменение параметров кислородного пульса в группах сравнения
в ходе моделирования боевых практик
Oxygen pulse profiles in experimental and control groups
during simulated combat exercises

Раунд Round	Время Time	O ₂ /HR, мл/мл Экспериментальная группа Experimental group n ₁ = 16		Контрольная группа в конце мезоцикла Control group (end of mesocycle) n ₂ = 16
		I обследование Examination I	II обследование Examination II	
1	00:30	16,57 ± 0,37	13,98 ± 0,73**	4,45 ± 0,66^^^
	1:00	17,51 ± 0,16	11,08 ± 0,76***	9,25 ± 0,91^
	1:30	17,66 ± 1,21	11,35 ± 1,06**	7,09 ± 1,10^^^
	2:00	18,16 ± 1,11	15,13 ± 1,66	8,10 ± 1,12^^^
Перерыв Inter-round break	2:30	13,24 ± 1,41	11,94 ± 1,06	7,21 ± 1,23^^^
	3:00	12,97 ± 1,34	11,80 ± 1,29	5,08 ± 0,87^^^
2	3:30	20,46 ± 2,63	10,32 ± 1,06**	7,65 ± 1,49^^^
	4:00	16,93 ± 2,92	13,75 ± 1,41	6,28 ± 1,09^^^
	4:30	17,57 ± 1,63	14,44 ± 1,02	7,45 ± 1,81^^^
	5:00	19,82 ± 1,59	14,16 ± 1,17*	8,30 ± 1,25^^^
Перерыв Inter-round break	5:30	14,35 ± 2,17	10,41 ± 0,40	6,10 ± 1,06^^^
	6:00	12,22 ± 1,28	11,00 ± 0,56	5,23 ± 0,89^^^
3	6:30	16,25 ± 0,48	9,92 ± 0,80***	5,45 ± 0,25^^^
	7:00	18,28 ± 2,62	15,73 ± 0,90	5,50 ± 1,15^^^
	7:30	18,21 ± 2,62	13,23 ± 1,49	8,33 ± 1,21^^^
	8:00	20,00 ± 1,44	12,13 ± 1,32***	6,34 ± 1,25^^^
Отдых после теста Post-test recovery	8:30	16,96 ± 1,21	9,16 ± 0,70***	7,25 ± 0,90^^^
	9:00	15,51 ± 0,67	8,47 ± 0,63***	4,18 ± 0,63^^^
	9:30	12,71 ± 0,07	7,09 ± 0,45***	2,92 ± 0,49^^^
	10:00	8,67 ± 0,15	6,77 ± 0,32***	1,67 ± 0,21^^^

Примечание: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001 – степень статистически значимых различий в начале и в конце мезоцикла в экспериментальной группе; ^ p < 0,05; ^^ p < 0,01; ^^ p < 0,001 – степень статистически значимых различий в группах сравнения в конце мезоцикла.

Note: * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001 for within-group comparisons (pre- vs post-mesocycle) in the experimental group; ^ p < 0.05; ^^ p < 0.01; ^^ p < 0.001 for between-group comparisons at mesocycle completion.

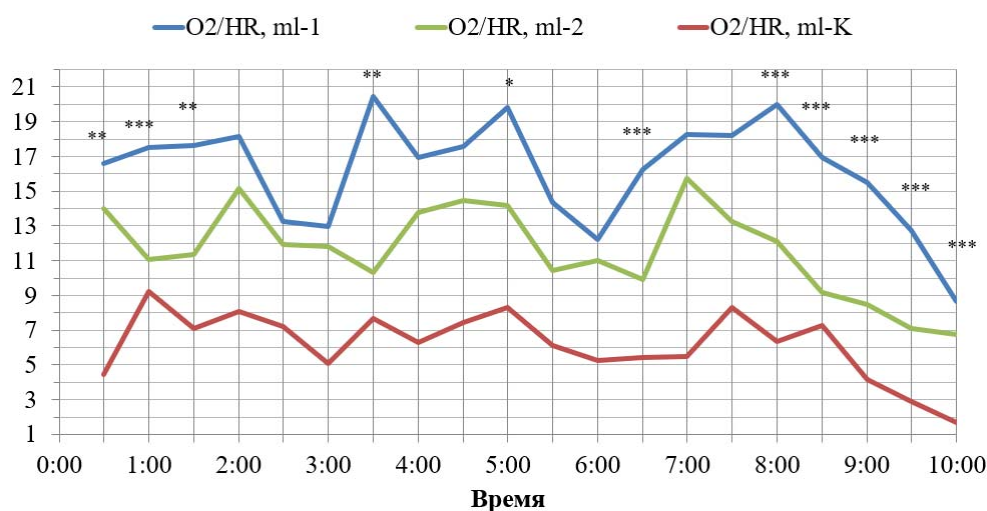


Рис. 1. Динамика кислородного пульса кикбоксеров высокой квалификации двух групп обследования до и после включения в тренировочный процесс нагрузок результирующего мезоцикла
Fig. 1. Oxygen pulse dynamics in elite kickboxers across mesocycle training phases: intervention vs control group comparisons

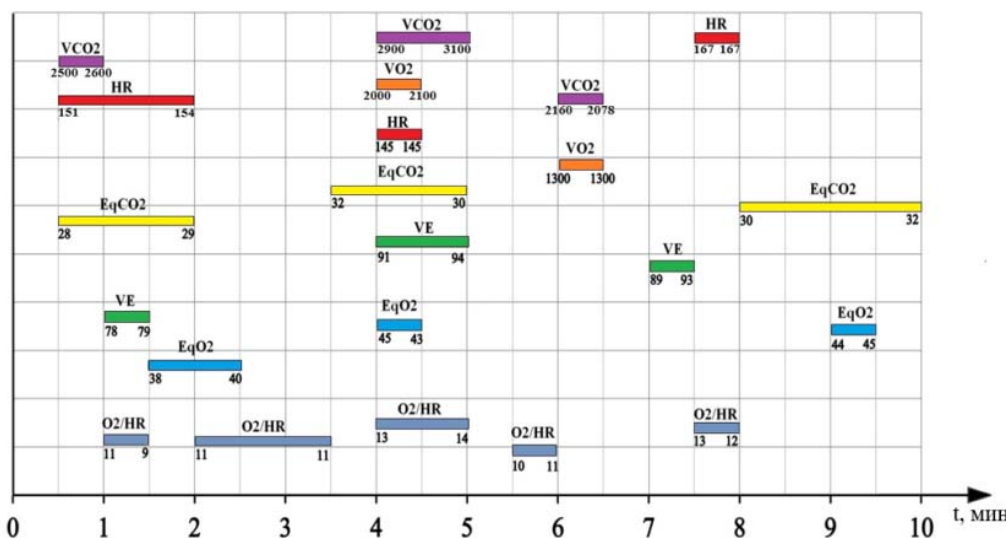


Рис. 2. Периоды квазистойчивого состояния параметров кардиореспираторного состояния кикбоксеров первой группы. Примечание: VE – легочная вентиляция (л/мин); HR – ЧСС (1/мин); VCO₂ – производство CO₂; VO₂ – потребление O₂; EqO₂ – вентиляционный эквивалент по O₂; EqCO₂ – вентиляционный эквивалент по CO₂; O₂/HR – кислородный пульс (мл/удар)

Fig. 2. Maintenance of quasi-steady states in cardiorespiratory parameters (experimental group).
Note: VE – minute ventilation (L/min); HR – heart rate (L/min); VCO₂ – carbon dioxide production; VO₂ – maximal oxygen consumption; EqO₂ – breathing equivalent (O₂); EqCO₂ – breathing equivalent (CO₂); O₂/HR – oxygen pulse (ml/beat)

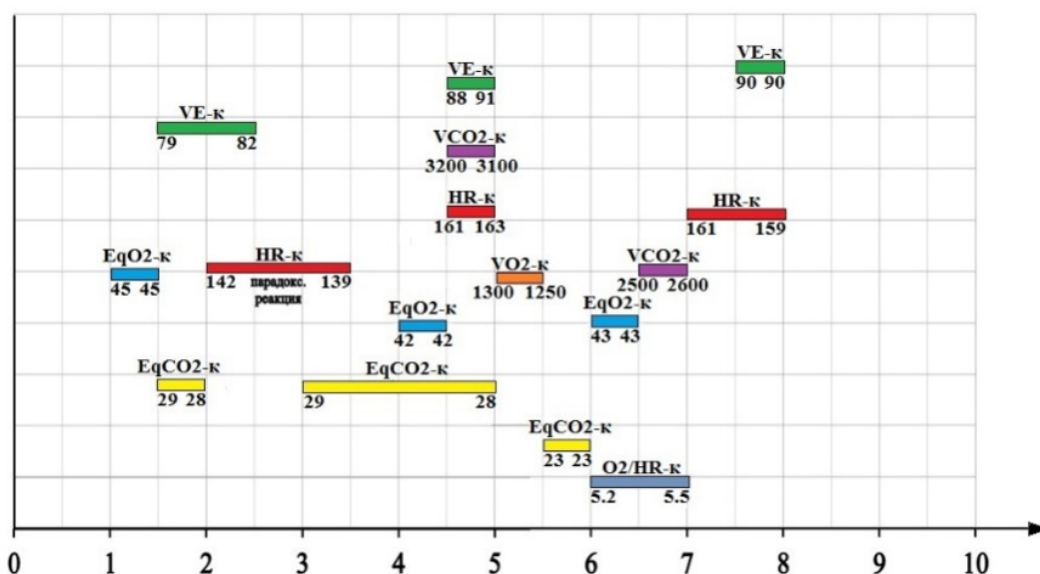


Рис. 3. Периоды квазистойчивого состояния параметров кардиореспираторного состояния кикбоксеров второй группы. Примечание: VE – легочная вентиляция (л/мин); HR – ЧСС (1/мин); VCO₂ – производство CO₂; VO₂ – потребление O₂; EqO₂ – вентиляционный эквивалент по O₂; EqCO₂ – вентиляционный эквивалент по CO₂; O₂/HR – кислородный пульс (мл/удар)

Fig. 3. Maintenance of quasi-steady states in cardiorespiratory parameters (control group).
Note: VE – minute ventilation (L/min); HR – heart rate (L/min); VCO₂ – carbon dioxide production; VO₂ – maximal oxygen consumption; EqO₂ – breathing equivalent (O₂); EqCO₂ – breathing equivalent (CO₂); O₂/HR – oxygen pulse (ml/beat)

На протяжении выполнения теста такие параметры, как запас дыхания и коэффициент газообмена не выходили в «дрейф», что можно объяснить сложностью оставаться этим характеристикам кардиопульмональной системы

даже в квазистойчивом состоянии вследствие их зависимости от многих факторов.

Это может свидетельствовать, во-первых, о лучшей адаптации спортсменов 1-й группы к нагрузкам моделирования боевых практик и,

во-вторых, свидетельствует о переходе систем энергообеспечения на более экономичный режим.

Заключение. Адаптация организма кикбоксеров высокой квалификации к нагрузкам специальной соревновательной направленности формировалась через уменьшение функциональной активности клеток, тканей, органов и систем с переводом их на сниженное потребление кислорода, что подтверждалось данными эргоспирометрических исследований. Применяемая в спортивной подготовке в реализационном мезоцикле прерывистая гипоксическая тренировка в виде волевой за-

держки дыхания, осуществляемая параллельно с упражнениями специального спектра двигательных действий, используемых активно в кикбоксинге, привела к проведению ускоренными темпами на протяжении двух недель адаптации кардиореспираторной системы модифицированного тренировочного эффекта за счёт снижения напряжения функциональных систем и экономизации их работы: отмечено достоверно значимое снижение частоты сердечных сокращений ($p \leq 0,001$), вентиляции легких ($p \leq 0,001$), потребления кислорода и производства углекислоты ($p \leq 0,05-0,001$), увеличение запаса дыхания ($p \leq 0,001$).

Список литературы

1. Бабик, Т.М. Морфофункциональная адаптация организма высококвалифицированного спортсмена: методологический аспект исследования / Т.М. Бабик, А.Ф. Попова, И.Ф. Харина // Изв. ТулГУ. Физ. культура. Спорт. – 2021. – № 4. – С. 81–89.
2. Бахарева, А.С. Особенности функционального ответа организма лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлих // Соврем. вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 2 (19).
3. Белоцерковский, З.Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов (норма и атипичные изменения в нормальных и измененных условиях адаптации к физическим нагрузкам): моногр. / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина. – М.: Совет. спорт, 2012. – 548 с.
4. Внешнее дыхание и газообмен при прерывистой нормобарической гипоксии у спортсменов с различным типом тренировочного процесса / С.Н. Водяницкий, В.Э. Диверт, С.Г. Кривошеков // Бюл. СО РАМН. – 2011. – № 3. – С. 33–39.
5. Домрачев, А.А. Экономичность как параметр экспресс-оценки функционального состояния дыхательной системы в условиях психофизиологической активности / А.А. Домрачев // Сиб. мед. журнал. – 2012. – № 8. – С. 100–102
6. Исаев, А.П. Индивидуальная динамика полифункционального исследования у мастера спорта по легкой атлетике, выполнившего олимпийский норматив после длительного пребывания в верхнем среднегорье / А.П. Исаев, Е.В. Романова // Поволжская ГАФКСиТ. – 2012. – Т. 1. – С. 124–127.
7. Исаев, А.П. Спорт и среднегорье. Моделирование адаптивных состояний спортсменов: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 425 с.
8. Иссурин, В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В.Б. Иссурин. – М.: Спорт, 2016. – 464 с.
9. Кобринский, М.Е. К вопросу о функциональной подготовке в спорте / М.Е. Кобринский, А.Г. Нарский // Ученые записки Белорус. гос. ун-та физ. культуры. – 2020. – № 23. – С. 81–89.
10. Колчинская, А.З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте: руководство для врачей / А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко. – М.: Медицина, 2003. – 408 с.
11. Корягина, Ю.В. Научно-методическое обеспечение сборных команд в спортивных играх / Ю.В. Корягина, В.А. Блинов, С.В. Нопин. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2016. – 130 с.
12. Критерии оценки функционального состояния организма спортсменов-кикбоксеров в современных эмпирических исследованиях / Ю.Н. Романов, Д.З. Шибкова, Л.А. Романова, А.А. Захарев // Физ. воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – № 4 (46). – С. 105–114.
13. Мищенко, В.С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте: моногр. / В.С. Мищенко, Е.Н. Лысенко, В.С. Виноградов. – Киев, 2007. – 351 с.

14. Параметры функциональной подготовленности, сопряженные с высокой физической работоспособностью у спортсменов циклических видов спорта / О.В. Балберова, Е.В. Быков, А.В. Чипышев, Е.Г. Сидоркина // *Соврем. вопросы биомедицины*. – 2020. – Т. 4, № 3 (12). – С. 5–14.
15. Солодков, А.С. История и современное состояние проблемы адаптации в спорте // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2013. – № 6 (100). – С. 123–130.
16. Строева, И.В. Статистические методы обработки результатов педагогических исследований / И.В. Строева. – Смоленск, 2021. – 164 с.
17. Сыркин, А.Л. Руководство по функциональной диагностике болезней сердца. Научно-практическое пособие по кардиологии / А.Л. Сыркин, М.Г. Полтавская. – М.: Золотой Стандарт, 2009. – 368 с.
18. Gibson, A. The interaction of psychological and physiological homeostatic drives and role of general control principles in the regulation of physiological systems, exercise and the fatigue process – The Integrative Governor theory / A. Gibson, J. Swart, R. Tucker // *European journal of sport science*. – 2018. – Vol. 18. – No. 1. – P. 25–36.
19. Individual adaptation kinetics following heavy resisted sprint training / J.B. Morin, F. Capello-Ramirez, M.A. Rodriguez-Pérez et al. // *Journal Strength Cond Res*. – 2022. – Vol. 36 (4). – P. 1158–1161.
20. Peers Chris. Hypoxic regulation of ion channel function and expression / Peers Chris // *Exp. Physiol*. – 2002. – Vol. 87. – No. 4. – P. 413–422.
21. Vascular adaptation to exercise in humans: role of hemodynamic stimuli / D.J. Green, M.T. Hopman, J. Padilla et al. // *Physiological reviews*. – 2017. – Vol. 97 (2). – P. 495–528.

References

1. Babik T.M., Popova A.F., Kharina I.F. [Morphofunctional Adaptation of the Body of a Highly Qualified Athlete: Methodological Aspect of the Study]. *Izvestiya TulGU. Fizicheskaya kul'tura. Sport* [Bulletin of Tula State University. Physical Education. Sport], 2021, no. 4, pp. 81–89. (in Russ.)
2. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlich V.V. [Features of the Functional Response of the Body of Cross-country Skiers with Different Speed Indicators in the Load Test]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2022, vol. 6, no. 2 (19). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3
3. Belotserkovsky Z.B., Lyubina B.G. *Serdechnaya deyatel'nost' i funktsional'naya podgotovlennost' u sportsmenov (norma i atipichnyye izmeneniya v normal'nykh i izmenennykh usloviyakh adaptatsii k fizicheskim nagruzkam): monografiya* [Cardiac Activity and Functional Fitness in Athletes (Norm and Atypical Changes in Normal and Changed Conditions of Adaptation to Physical Activity). Monograph]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2012. 548 p.
4. Vodyanitsky S.N., Divert V.E., Krivoshechekov S.G. [External Respiration and Gas Exchange During Intermittent Normobaric Hypoxia in Athletes with Different Types of Training Processes]. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences], 2011, no. 3, pp. 33–39. (in Russ.)
5. Domracheev A.A. [Efficiency as a Parameter for Express Assessment of the Functional State of the Respiratory System Under Conditions of Psychophysiological Activity]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian Medical Journal], 2012, no. 8, pp. 100–102. (in Russ.)
6. Isaev A.P., Romanova E.V. [Individual Dynamics of a Multifunctional Study in a Master of Sports in Track and Field who Fulfilled the Olympic Standard After a Long Stay in the Upper Middle Mountains]. *Povolzhskaya GAFKSiT* [Povolzhskaya GAFKSiT], 2012, vol. 1, pp. 124–127. (in Russ.)
7. Isaev A.P., Erlich V.V. *Sport i srednegor'ye. Modelirovaniye adaptivnykh sostoyaniy sportsmenov: monografiya* [Sport and the Middle Mountains. Modeling of Adaptive States of Athletes. Monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013. 425 p.
8. Issurin V.B. *Podgotovka sportsmenov XXI veka: nauchnyye osnovy i postroyeniye trenirovki* [Preparation of Athletes of the 21st Century. Scientific Foundations and Training Structure]. Moscow, Sport Publ., 2016. 464 p.
9. Kobrinsky M.E., Narskin A.G. [On the Issue of Functional Training in Sports]. *Uchenyye zapiski Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta fizicheskoy kul'tury* [Scientific Notes of the Belarusian State University of Physical Culture], 2020, no. 23, pp. 81–89. (in Russ.)

10. Kolchinskaya A.Z., Tsyganova T.N., Ostapenko L.A. *Normobaricheskaya interval'naya gipoksicheskaya trenirovka v meditsine i sporte: rukovodstvo dlya vrachey* [Normobaric Interval Hypoxic Training in Medicine and Sports. A Guide for Doctors]. Moscow, Medicine Publ., 2003. 408 p.
11. Koryagina Yu.V., Blinov V.A., Nopin S.V. *Nauchno-metodicheskoye obespecheniye sbornyykh komand v sportivnykh igrakh* [Scientific and Methodological Support of National Teams in Sports Games]. Omsk, SibSUPC Publ., 2016. 130 p.
12. Romanov Yu.N., Shibkova D.Z., Romanova L.A., Zakharyets A.A. [Criteria for Assessing the Functional State of the Body of Kickboxers in Modern Empirical Studies]. *Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka* [Physical Education and Sports Training], 2023, no. 4 (46), pp. 105–114. (in Russ.)
13. Mishchenko V.S., Lysenko E.N., Vinogradov V.S. *Reaktivnyye svoystva kardiorespiratornoy sistemy kak otrazheniye adaptatsii k napryazhennoy fizicheskoy trenirovke v sporte: monografiya* [Reactive Properties of the Cardiorespiratory System as a Reflection of Adaptation to Intense Physical Training in Sports. Monograph]. Kiev, 2007. 351 p.
14. Balberova O.V., Bykov E.V., Chipyshev A.V., Sidorkina E.G. [Parameters of Functional Fitness Associated with High Physical Performance in Athletes of Cyclic Sports]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2020, vol. 4, no. 3 (12), pp. 5–14. (in Russ.)
15. Solodkov A.S. [History and Current State of the Problem of Adaptation in Sports]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2013, no. 6 (100), pp. 123–130. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2013.06.100.p123-130
16. Stroeveva I.V. *Statisticheskiye metody obrabotki rezul'tatov pedagogicheskikh issledovaniy* [Statistical Methods for Processing the Results of Pedagogical Research]. Smolensk, 2021. 164 p.
17. Syrkin A.L., Poltavskaya M.G. *Rukovodstvo po funktsional'noy diagnostike bolezney serdtsa. Nauchno-prakticheskoye posobiye po kardiologii* [Guide to Functional Diagnostics of Heart Diseases. Scientific and Practical Manual on Cardiology]. Moscow, Golden Standard Publ., 2009. 368 p.
18. Gibson A., Swart J., Tucker R. The Interaction of Psychological and Physiological Homeostatic Drives and Role of General Control Principles in the Regulation of Physiological Systems, Exercise and the Fatigue Process – The Integrative Governor Theory. *European Journal of Sport Science*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 25–36. DOI: 10.1080/17461391.2017.1321688
19. Morin J.B., Capelo-Ramirez F., Rodriguez-Pérez M.A. et al. Individual Adaptation Kinetics Following Heavy Resisted Sprint Training. *Journal Strength Cond Research*, 2022, vol. 36 (4), pp. 1158–1161. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003546
20. Peers Chris. Hypoxic Regulation of Ion Channel Function and Expression. *Experimental Physiology*, 2002, vol. 87, no. 4, pp. 413–422. DOI: 10.1111/j.1469-445X.2002.tb00054.x
21. Green D.J., Hopman M.T., Padilla J. et al. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiological Reviews*, 2017, vol. 97 (2), pp. 495–528. DOI: 10.1152/physrev.00014.2016

Информация об авторах

Романов Юрий Николаевич, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Аминов Альберт Сибгатуллович, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Латыпова Эльвира Фаритовна, старший преподаватель кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Романова Лариса Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Yuri N. Romanov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Albert S. Aminov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Elvira F. Latypova, Senior Lecturer, Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Larisa A. Romanova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education and Health, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.02.2025

The article was submitted 02.02.2025