Дата публикации: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_30
УДК 796; 615.835.3

Publication date: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_30
UDC 796; 615.835.3

СИСТЕМА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАКТОРОВ ГИПО- И ГИПЕРОКСИИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, С.М. Абуталимова, Ю.В. Кушнарева
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Цель исследования – разработка и научное обоснование системы медико-биологического обеспечения спортсменов, перенесших COVID-19, с использованием факторов гипо- и гипероксии в условиях среднегорья. В исследовании приняло участие 255 спортсменов высокой квалификации. У спортсменов разных видов спорта были исследованы: исходный уровень и динамика функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем; динамика состояния данных систем под воздействием кислородотерапии и гипербарической оксигенации в условиях среднегорья. Проведенные клинические исследования применения курса кислородотерапии при тренировках в среднегорье у спортсменов, переболевших COVID-19, выявили повышение экономизации работы сердечно-сосудистой системы и усиление парасимпатической активности. Увеличились (в пределах физиологической нормы) показатели гемодинамики: индекс жесткости; среднее и диастолическое артериальное давление. У женщин, как болевших, так и не болевших COVID-19, снизился показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции. Положительные эффекты гипербарической оксигенации больше проявлялись у женщин, в частности в виде увеличения парасимпатической активности после всего курса. Полученные данные позволяют рекомендовать применение метода гипероксических ингаляций в условиях среднегорья в целях одновременного повышения аэробного потенциала и более существенного повышения тренированности по сравнению с традиционным (только тренировки в среднегорье). Применение метода гипербарической оксигенации в условиях среднегорья рекомендуется для общего восстановления организма после тренировочного дня, микро- и мезоцикла и в межсезонный период подготовки.
Ключевые слова: спортсмены, COVID-19, кислородотерапия, гипербарическая оксигенация, среднегорье, гипоксия, восстановление.

BIOMEDICAL SUPPORT SYSTEM FOR ATHLETES WHO HAVE HAD COVID-19 USING HYPO- AND HYPEROXIA FACTORS IN CONDITIONS OF MIDDLE ALTITUDE

G.N. Ter-Akopov, Yu.V. Koryagina, S.V. Nopin, S.M. Abutalimova, Yu.V. Kushnareva
FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Abstract. Aim of the study was to develop and scientifically substantiate a biomedical support system for athletes who have had COVID-19 using hypo- and hyperoxia factors in conditions of middle altitude. 225 elite athletes participated in the study. Following parameters were examined: initial level and changes in the functional state of the cardiovascular and respiratory systems; changes in the functional state of these systems under the effect of oxygen therapy and hyperbaric oxygen therapy in conditions of middle altitude. The conducted clinical study has revealed an increased economization of the cardiovascular system, as well as an enhanced parasympathetic activity. The hemodynamic indices, i.e. stiffness index, mean and diastolic blood pressure, also increased (within the physiological norm limits). In women, both those who have had COVID and those who have not, the VO_2 index decreased. Positive effects of the hyperbaric oxygen therapy were more manifested in women, in particular in the form of the enhanced parasympathetic activity after the course. The data obtained allow us to recommend the application of hyperoxic

inhalations in conditions of middle altitude in order to simultaneously increase aerobic potential and improve fitness compared to the traditional method (only training in middle altitude conditions). Application of hyperbaric oxygen therapy in conditions of middle altitude is recommended for total body recovery after a training day, micro- and mesocycle, and in the off-season training period.

Keywords: athletes, COVID-19, oxygen therapy, hyperbaric oxygen therapy, middle altitude, hypoxia, recovery.

Введение. Несомненно, к важным вопросам реабилитации и восстановления после перенесенного COVID-19 относят выбор методологических подходов при разных вариантах ее проявления и сопутствующей патологии [1]. В настоящее время специалистами разработаны рекомендации по реабилитации после COVID-19, в том числе и с помощью методов кардиореспираторной и физической реабилитации [2-3]. Однако недостаточно данных по конкретным методам и средствам восстановления после COVID-19 у спортсменов для дальнейшего возобновления больших тренировочных нагрузок, восстановлению уровня тренированности, дальнейшему повышению адаптационных возможностей организма [4-5]. В связи с этим была определена цель исследования – разработка и научное обоснование системы медико-биологического обеспечения (МБО) спортсменов, перенесших COVID-19, с использованием факторов гипо- и гипероксии в условиях среднегорья.

Методы и организация исследования. Всего в исследовании приняло участие 255 спортсменов высокой квалификации (КМС, МС, МСМК), возраст – 18-30 лет. Исследования спортсменов в условиях среднегорья проводились на высоте 1240 метров горы Малое седло г. Кисловодска в условиях учебно-тренировочных сборов в ФГБУ «Юг Спорт» в подготовительный период тренировочного процесса.

У спортсменов разных видов спорта были исследованы: исходный уровень и динамика функционального состояния сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем; динамика состояния данных систем под воздействием кислородотерапии и гипербарической оксигенации (ГБО) в условиях среднегорья.

В период проведения исследования спортсмены находились в подготовительном периоде тренировочного процесса и каждый день выполняли по несколько интенсивных тренировок. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с Хельсинской декларацией (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), а также разрешение на обработку персональных данных. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом по экспертизе биомедицинских исследований ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, протокол № 1 от 20.01.2022.

Исследование физиологических и морфологических (состав тела) параметров спортсменов при наблюдении срочных эффектов адаптации к среднегорью проводилось на системе ESTECK System Complex (LD Technology, США). Спирометрические показатели спортсменов определяли с помощью портативного спирометра Carefusion MicroLab Mk8 компании MicroMedical «Williams Medical Corporate» (Южный Уэльс, Великобритания).

Нормобарическая оксигенация (кислородотерапия) выполнялась с помощью кислородного концентратора JAY-8 / JAY-10 (LONGFIAN SCITECH CO., LTD.), длительность процедуры – 30 минут. ГБО проводилась в барокамере БароОкс 1.0 со следующими параметрами: избыточное давление – 30 кПа, содержание кислорода – 93±2%, расход воздуха – 45 л/мин, скорость компрессии/декомпрессии – 6 кПа/мин. Длительность одной процедуры – 30 минут, проводятся ежедневно, курс не менее 7 процедур.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной

программы Statistica 13.0. Рассчитывались стандартные показатели описательной статистики (среднее значение, среднее квадратическое отклонение). Сравнение показателей проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. Статистическая значимость принималась при $p<0,05$. Для выделения наиболее значимых переменных морфо-функционального статуса применялся факторный анализ (метод вращения факторов варимакс).

Результаты исследования и их обсуждение. Исследование исходного уровня морфо-функционального состояния (МФС) у спортсменов, имеющих и не имеющих в анамнезе COVID-19, в условиях гипоксии среднегорья не выявило существенных различий [6]. Это подтверждает литературные данные о преимущественно легком течении COVID-19 у спортсменов [7], что, на наш взгляд, связано с высокими резервными адаптационными возможностями ДС и ССС спортсменов и обусловлено большим диапазоном реакций на факторы среды и устойчивостью организма к изменениям состояния внутренней среды организма.

Динамика изменения МФС в условиях среднегорья была больше выражена у спортсменок, чем у спортсменов [8]. По мере адаптации к гипоксии среднегорья у спортсменов обоих полов с большей выраженностью у женщин проявлялся гомеостатический эффект в регуляции ритма сердца: снижение напряжения регуляторных процессов у спортсменов с преобладанием симпатической и центральной регуляции сердечного ритма и их повышение у спортсменов с преобладанием парасимпатической активности. Также наблюдалось снижение индекса объемной скорости кровотока и показателя нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции (VO_2), сатурации, что было более выражено у лиц с 3-м типом вегетативной регуляции [9-10].

Учитывая тот факт, что у спортсменов больше проявлялось бессимптомное течение заболевания, представляло интерес сравнение МФС у спортсменов, переболевших COVID-19 бессимптомно и с симптомами различной степени тяжести. В нашем исследовании спортсменки, болевшие COVID-19 бессимптомно, в сравнении с теми, кто имел симптомы (повышенная температура, потеря обоняния, насморк, боль в горле, кашель), отличались большими значениями жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ) [8]. Спортсмены, болевшие COVID-19 бессимптомно, отличались от спортсменов, имеющих симптомы, лучшими показателями сатурации [9].

Системный анализ структуры МФС, проведенный с помощью факторного анализа его переменных, у спортсменов разных групп по отношению к COVID-19 (не болели, болели бессимптомно, болели с симптомами различной тяжести), показал, что у не болевших ранее спортсменов имеется более четкая структуризация факторов (1-й – показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) и индекс объемной скорости кровотока, 2-й – состав тела и индекс аугментации, 3-й – индекс жесткости и артериальное давление (АД)). Факторная структура переменных МФС у спортсменов, переболевших COVID-19 бессимптомно, отличалась и не была четко структурирована. 1-й фактор включал одновременно переменные состава тела и производительности сердца, 2-й фактор включал переменные ВСР, состава тела, сосудистого тонуса, 3-й – АД и объем легких. Спортсмены, перенесшие COVID-19 более тяжело, с симптомами различной степени тяжести, также характеризовались смешанной структурой: 1-й фактор включал состав тела, 2-й фактор – вес тела, производительность сердца, кровоток, 3-й – ВСР.

Рассматривая результаты полученного факторного анализа с позиций теории адаптации и теории систем, можно заключить, что структура МФС организма спортсменов, переболевших COVID-19, характеризуется увеличением корреляционных взаимосвязей между различными показателями, т.е.

напряжением адаптации организма, в период которого возможно обострение различных заболеваний [8-9].

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют об эффективности применения в спортивной практике методов гипобарической гипоксии в целях повышения аэробной работоспособности [11-12], а также нормобарической (гипероксической ингаляции, кислородотерапии) [13-14] и ГБО в целях повышения работоспособности, ускорения процессов восстановления, реабилитации после заболеваний и травм [13]. Однако практически не изучены, но в то же время имеют перспективы методы сочетанного воздействия естественной гипоксии и нормобарической и гипербарической гипероксии, искусственной гипоксии и гипероксии. Отсутствуют данные по сочетанному применению данных методов у спортсменов, ранее переболевших COVID-19.

Проведенные клинические исследования применения курса кислородотерапии при тренировках в среднегорье у спортсменов, переболевших COVID-19, в объединенных выборках (без учета спортивной специализации) выявили повышение экономизации работы ССС и усиление парасимпатической активности.

У женщин, не болевших COVID-19, увеличились (в пределах физиологической нормы) показатели гемодинамики: индекс жесткости; среднее и диастолическое АД (табл. 2-3). У женщин, как болевших, так и не болевших COVID-19, снизился показатель VO_2.

По гемодинамике у мужчин, переболевших COVID-19, наблюдалось снижение показателей индекса жесткости ($p<0,03$), индекса объемной скорости кровотока ($p<0,03$) и диастолического АД ($p<0,02$).

Таблица 1

Динамика вариабельности сердечного ритма спортсменок, переболевших COVID-19, в условиях среднегорья под воздействием курса кислородотерапии, M±δ

№ п/п	Показатели	Норма	Болели COVID-19 (n=17)		P<	Не болели COVID-19 (n=16)		P<
			до	после		до	после	
1	ЧСС, уд/мин	60-80	84,2±12,4	76,5±12,0	0,02	90,5±22,1	77,2±13,7	0,05
2	HF, мс²	22-34	31,1±7,6	31,2±7,7	-	28,8±7,8	32,2±9,2	-
3	LF, мс²	22-46	31,3±6,7	30,7±7,6	-	31,4±8,5	31,0±8,4	-
4	LF/HF	0,5-2	1,1±0,4	1,1±0,5	-	1,2±0,4	1,0±0,4	-
5	ИН, усл.ед.	50-200	140,3±68,4	124,9±58,3	-	193,8±206,6	128,9±112,4	-
6	SDNN, мс	40-80	51,6±13,5	50,1±13,6	-	49,7±17,1	56,6±17,5	-

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; HF – мощность быстрых волн (высокочастотных); LF – мощность медленных волн (низкочастотных); ИН – индекс напряжения регуляторных систем; SDNN – среднее квадратичное отклонение кардиоинтервалов

Таблица 2

Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы и показателя VO_2 у спортсменок, переболевших COVID-19, в условиях среднегорья под воздействием курса кислородотерапии, M±δ

№ п/п	Показатели	Норма	Болели COVID-19 (n=17)		P<	Не болели COVID-19 (n=16)		P<
			до	после		до	после	
1	Индекс жесткости, м/с	7-9	5,9±0,7	5,9±0,9	-	5,4±0,6	5,5±0,6	0,002
2	АДср, мм рт. ст.	95-110	82,5±7,1	82,0±10,2	-	78,3±9,5	80,8±8,2	0,04
3	VO_2, мл/мин/м²	200-300	320,0± 7,1	288,2±55,0	0,05	319,3±4,6	277,8±72,8	0,04
4	АДс, мм рт. ст.	110-140	109,2± 11,6	107,8±12,0	-	107,4±13,7	109,9±13,3	-
5	АДд, мм рт. ст.	75-90	69,2±6,2	69,2±10,4	-	63,8±9,1	66,2±7,9	0,006

Примечание: АДср – среднее артериальное давление; VO_2 – показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции; АДс – систолическое артериальное давление; АДд – диастолическое артериальное давление

Таблица 3

Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов, переболевших COVID-19, в условиях среднегорья под воздействием курса кислородотерапии, M±δ

№ п/п	Показатели	Норма	Болели COVID-19 (n=17)		P<	Не болели COVID-19 (n=15)	
			до	после		до	после
1	Индекс жесткости, м/с	7-9	6,5±0,7	6,3±0,5	0,03	5,7±0,4	5,8±0,5
2	Индекс отражения, %	30-45	25,5±3,2	25,5±1,6	-	27,5±5,5	25,2±3,3
3	Индекс аугментации, усл.ед.	0,89-1,33	1,0±0,1	1,0±0,1	-	1,0±0,1	1,0±0,1
4	ПСС, МПа*с/м³	900-1500	1091,6± 124,4	1192,3± 57,9	-	1159,3± 189,7	1223,0± 166,6
5	Сердечный выброс, л/мин	4,6-5,6	6,7±0,7	6,1±0,5	-	6,1±0,9	5,8±0,7
6	CI, л/мин/м^2	2,6-3,2	3,4±0,2	3,1±0,1	0,03	3,3±0,4	3,2±0,2
7	АДср, мм рт. ст.	95-110	90,3±8,9	90,5± 6,2	-	86,1±6,7	88,4±8,5
8	VO_2, мл/мин/м²	200-300	291,0± 54,8	319,0± 5,7	-	297,7± 44,4	269,0± 72,1
9	АДс, мм рт. ст.	110-1	123,9± 9,1	129,2± 8,6	-	120,8± 12,2	124,5± 12,1
10	АДд, мм рт. ст.	75-90	73,5±9,9	71,2± 7,0	0,02	68,7±6,4	70,4±8,6

Примечание: ПСС – периферическое сопротивление сосудов; АДср – среднее артериальное давление; CI – индекс объемной скорости кровотока; VO_2 – показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции; АДс – систолическое артериальное давление; АДд – диастолическое артериальное давление

Показатели функции внешнего дыхания статистически значимо улучшились под воздействием кислородотерапии у женщин, ранее не болевших COVID-19 (ЖЕЛ: до – 3,9±1,0; после – 4,1±0,9, p<0,01; ФЖЕЛ: до – 3,9±0,9; после – 4,1±0,8, p<0,03).

Применение ГБО в условиях среднегорья не оказывает однозначный положительный эффект на рост работоспособности. Динамика функциональных показателей ССС у женщин- и мужчин-спортсменов, как болевших, так и не болевших COVID-19, под воздействием ГБО в условиях тренировок в среднегорье проявлялась снижением сосудистого тонуса и АД и гиперадаптивной реакцией после 1-го сеанса ГБО.

Положительные эффекты ГБО больше проявлялись у женщин, в частности в виде увеличения парасимпатической активности после всего курса. Низкочастотные колебания LF, отражающие активность симпато-адреналовой системы и вазомоторного центра, значимо снижались после курса ГБО у спортсменок, ранее не болевших COVID-19 (до – 731,07 (505,87; 984,3) мс²; сразу после 1-го сеанса – 711,66 (441,24; 894,39) мс²; через 10 минут после 1-го сеанса – 808,8 (619,2; 1086,15) мс²; после курса – 426,23 (265,4; 940,66) мс²). Показатель мощности очень медленных волн VLF у спортсменок, ранее перенесших COVID-19, снижался к концу курса (до курса – 665,65 (592,54; 921,07) мс²; после курса – 541,47 (371,01; 840,89) мс², p<0,05) (рис. 1). У спортсменок, ранее не болевших COVID-19, также отмечалась тенденция к снижению этого показателя после курса ГБО, в то время как после 1-го сеанса он повышался.

Статистически значимое снижение показателя VO_2 после 1-го сеанса свидетельствует о благоприятном влиянии и необходимом насыщении тканей кислородом. Общее состояние, вызванное усилением тонуса парасимпатического отдела ВНС у женщин, приводило к расслабляющему влиянию, в том числе и на дыхательные мышцы.

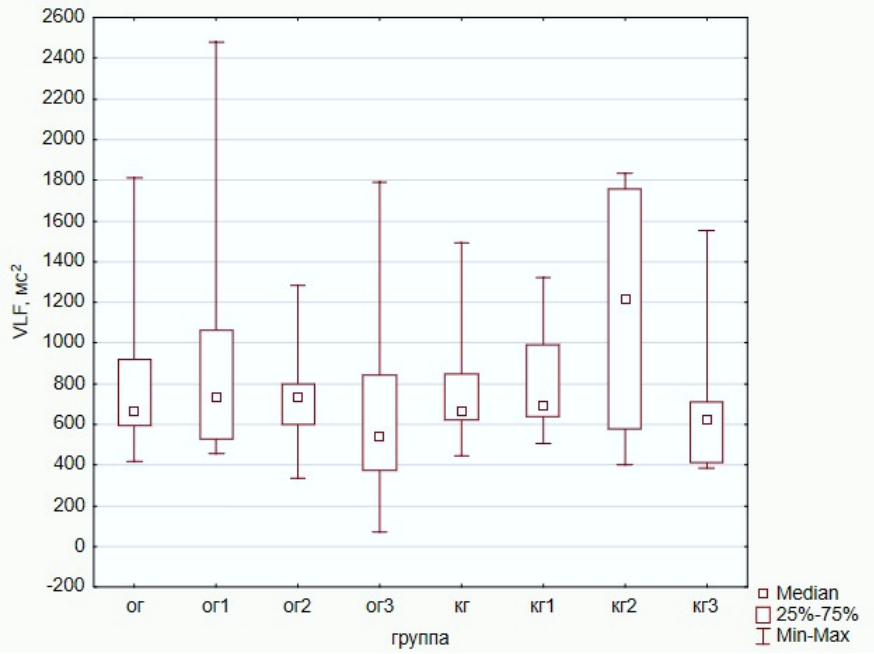


Рис. 1. Показатели мощности очень медленных волн (VLF) у высококвалифицированных спортсменок, болевших и не болевших COVID-19, под воздействием гипербарической оксигенации

Примечание: ОГ (n=16) – основная группа (COVID-19 в анамнезе, до сеансов ГБО); ОГ1 – 10-я мин после ГБО; ОГ2 – после сеансов ГБО; КГ (n=11) – не болели COVID-19; КГ1 – сразу после ГБО; КГ2 – 10-я мин после ГБО; КГ3 – после сеансов ГБО

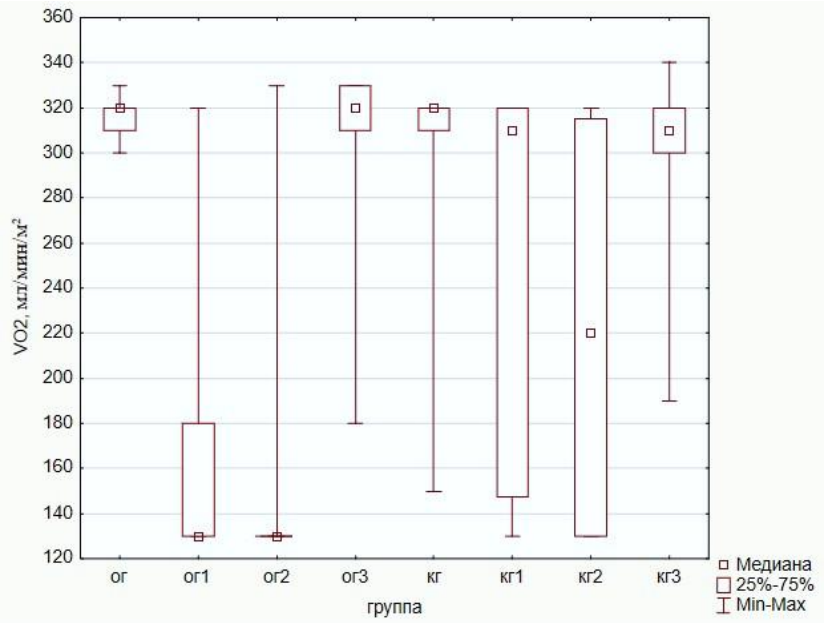


Рис. 2. Показатель VO_2 у высококвалифицированных спортсменок, болевших и не болевших COVID-19, под воздействием гипербарической оксигенации

Примечание: ОГ (n=16) – основная группа (COVID-19 в анамнезе, до сеансов ГБО); ОГ1 – 10-я мин после ГБО; ОГ2 – после сеансов ГБО; КГ (n=11) – не болели COVID-19 до сеансов ГБО; КГ1 — сразу после ГБО; КГ2 – 10-я мин после ГБО; КГ3 – после сеансов ГБО

Заключение. Таким образом, была разработана система МБО спортсменов, ранее перенесших COVID-19, с использованием факторов гипо- и гипероксии для применения в условиях среднегорья. Полученные данные позволяют рекомендовать применение метода гипероксических ингаляций в условиях среднегорья в целях одновременного повышения аэробного потенциала и более существенного повышения тренированности по сравнению с традиционным (только тренировки в среднегорье). Применение метода ГБО в условиях среднегорья рекомендуется для общего восстановления организма после тренировочного дня, микро- и мезоцикла и в межсезонный период подготовки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы иммунореабилитации при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Пособие для врачей / Под. ред. М. П. Костинова – М.: Группа МДВ, 2020. – 112 с.
2. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19) / Иванова Г. Е., Баландина И. Н., Бахтина И. С. [и др.] / Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2020. – Т. 2. – № 2. – С. 140-189. DOI: 10.36425/rehab34231.
3. Physical Medicine and Rehabilitation and Pulmonary Rehabilitation for COVID-19 / Wang T. J., Chau B., Lui M. [et al] / American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. – 2020. – Vol. 99. – № 9. – P. 769-774. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001505.
4. Exercise and sports after COVID-19-Guidance from a clinical perspective / Halle M., Bloch W., Niess A. M. [et al] / Transl Sports Med. – 2021. – Vol. 4. – № 3. – P. 310-318. DOI: 10.1002/-tsm2.247.
5. Коррекция тренировочного процесса спортсменов циклических видов спорта, перенесших инфекцию, вызванную COVID-19 / В. П. Губа, С. П. Левушкин, В. В. Маринич, О. Б. Соковиков // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 7. – С. 14-16.

6. Функциональное состояние легкоатлетов в период акклиматизации к условиям среднегорья, в том числе у спортсменов, перенесших COVID-19 / Ю. В. Корягина, А. Н. Попов, С. В. Нопин, С. М. Абуталимова // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5. – № 3 (16). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_03_4
7. Acute and post-acute COVID-19 presentations in athletes: A systematic review and meta-analysis / Lemes I. R., Smaira F. I., Ribeiro W. J. D. [et al] // Br. J. Sports Med. – 2022. – № 56 (16). – P. 941-947. DOI: 10.1136/bjsports-2022-105583
8. Динамика морфофункционального статуса женщин-спортсменок, ранее перенесших COVID-19, в период тренировок в среднегорье / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин, Г. Н. Тер-Акопов, С. М. Абуталимова // Человек и его здоровье. – 2022. – Т. 25. – № 4. – С. 73-81.
9. Тер-Акопов, Г. Н. Воздействие гипоксии среднегорья и кислородотерапии на динамику функционального состояния кардиореспираторной системы организма спортсменов, переболевших COVID-19 / Г. Н. Тер-Акопов, Ю. В. Корягина, С. М. Абуталимова // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 8. – С. 44-46.
10. Влияние гипероксической смеси на функциональное состояние системы внешнего дыхания спортсменов, перенесших ранее COVID-19 и тренирующихся в условиях среднегорья / Ю. В. Кушнарева, Ю. В. Корягина, С. М. Абуталимова, А. Н. Попов // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2023. – Т. 2. – № 2 (6). DOI: 10.24412/2782-6570-2023_02_02_4.
11. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study / Sharma A. P., Saunders P. U., Garvican-Lewis L. A. [et al] // Journal of sports science & medicine. – 2018. – Vol. 17. – № 4. – P. 607-616.
12. The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice / T. Haugen, Q. Sandbakk, S. Seiler, E. Tønnessen // Sports Med Open. – 2022. – Vol. 1. – № 8(1) – P. 46. DOI: 10.1186/s40798-022-00438-7.
13. Sperlich, B. The impact of hyperoxia on human performance and recovery / B. Sperlich, C. Zinner, A. Hauser // Sports Med. – 2017. – Vol. 47. – № 3. – P. 429-438. DOI: 10.1007/s40279-016-0590-1.
14. Cyr-Kirk, S. Hyperoxia improves repeated-sprint ability and the associated training load in athletes / S. Cyr-Kirk, F. Billaut // Frontiers in Sports and Active Living. – 2022. – Vol. 11(4). – P. 817280. DOI: 10.3389/fspor.2022.817280.
15. Щуров, А. Г. Применение гипербарической оксигенации и нормоксической компрессии в спортивной практике / А. Г. Щуров // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Безопасный спорт-2017», 2017. – С. 160.
16. Ishihara, A. Mild hyperbaric oxygen: mechanisms and effects / A. Ishihara // J Physiol Sci. – 2019. – Vol. 69. – № 4. – P. 573-580. DOI: 10.1007/s12576-019-00678-5.

REFERENCES

1. Basics of immunorehabilitation in new coronavirus infection (COVID-19). Manual for doctors. Kostinov M.P., ed. Moscow: MDV Group, 2020. 112 p. (in Russ.)
2. Ivanova G.E., Balandina I.N., Bakhtina I.S., Belkin A.A., Belyaev A.F., Bodrova R.A., Buylova T.V., Grechko A.V., Didur M.D., Kalinina S.A. Medical rehabilitation at a new coronavirus infection (COVID-19). *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 140-189. DOI: 10.36425/rehab34231. (in Russ.)
3. Wang T.J., Chau B., Lui M., Lam G.T., Lin N., Humbert S. Physical Medicine and Rehabilitation and Pulmonary Rehabilitation for COVID-19. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2020, vol. 99, no. 9, pp. 769-774. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001505.
4. Halle M., Bloch W., Niess A.M., Predel H.G., Reinsberger C., Scharhag J., Steinacker J., Wolfarth B., Scherr J., Niebauer J. Exercise and sports after COVID-19-Guidance from a clinical perspective. *Transl Sports Med*, 2021, vol. 4, no. 3, P. 310-318. DOI: 10.1002/tsm2.247.
5. Guba V.P., Levushkin S.P., Marynich V.V., Sokovikov O.B. Customized training service with health and fitness tests for cyclic sports elite in post-COVID-19 rehabilitation period. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 7, pp. 14-16. (in Russ.)
6. Koryagina Yu.V., Popov A.N., Nopin S.V., Abutalimova S.M. Functional state of track-and-field athletes during of the acclimation to the middle altitude conditions, including athletes with COVID-19. *Modern Issues of Biomedicine*, 2021, vol. 5, no. 3 (16). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_03_4 (in Russ.)
7. Lemes I.R., Smaira F.I., Ribeiro W.J.D., Favero N.K., Matos L.D.N.J., Pinto A.L.S., Dolan E.,

Gualano B., Coalition SPORT-COVID-19. Acute and post-acute COVID-19 presentations in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med*, 2022, no. 56 (16), pp. 941-947. DOI: 10.1136/bjsports-2022-105583

8. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N., Abutalimova S.M. Morphofunctional status dynamics of female athletes who had COVID-19 during training in the middle altitude. *Humans and their health*, 2022, vol. 25, no. 4, pp. 73-81. (in Russ.)

9. Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M. Impact of middle-allands hypoxia and oxygen therapy on the dynamics of the functional state of the cardiorespiratory system of the organism of athletes suffering COVID-19. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2023, no. 8, pp. 44-46. (in Russ.)

10. Kushnareva Yu.V., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Popov A.N. Influence of hyperoxic mixture on the functional state of the external respiration system of athletes who had COVID-19 and train in middle altitude. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2023, vol. 2, no. 2. DOI: 10.24412/2782-6570-2023_02_02_4.

11. Sharma A.P., Saunders P.U., Garvican-Lewis L.A., Périard J.D., Clark B., Gore C.J., Raysmith B.P., Stanley J., Robertson E.Y., Thompson K.G. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study. *Journal of sports science & medicine*, 2018, vol. 17, no. 4, pp. 607-616.

12. Haugen T., Sandbakk Q., Seiler S., Tønnessen E. The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice. *Sports Med Open*, 2022, vol. 1, no. 8(1), pp. 46. DOI: 10.1186/s40798-022-00438-7.

13. Sperlich B., Zinner C., Hauser A. The impact of hyperoxia on human performance and recovery. *Sports Med*, 2017, vol. 47, no. 3, pp. 429-438. DOI: 10.1007/s40279-016-0590-1.

14. Cyr-Kirk S., Billaut F. Hyperoxia improves repeated-sprint ability and the associated training load in athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2022, vol. 11(4), p. 817280. DOI: 10.3389/fspor.2022.817280.

15. Shchurov A.G. Hyberbaric oxygen therapy in normoxic compression in sports practice. All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participtation “Safe sport-2017”, 2017. p. 160. (in Russ.)

16. Ishihara A. Mild hyperbaric oxygen: mechanisms and effects. *J Physiol Sci*, 2019, vol. 69, no. 4, pp. 573-580. DOI: 10.1007/s12576-019-00678-5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гукас Николаевич Тер-Акопов – кандидат экономических наук, генеральный директор ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: sk@fmbamail.ru.

Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Сергей Викторович Нопин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.

Сабина Маликовна Абуталимова – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: sabina190989@yandex.ru.

Юлия Валериевна Кушнарева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: u.v.kushnareva@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Gukas N. Ter-Akopov – Candidate of Economic Sciences, General Director of the FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: sk@fmbamail.ru.

Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Sergej V. Nopin – Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.
Sabina M. Abutalimova – Candidate of Medical Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: sabina190989@yandex.ru.
Yulia V. Kushnareva – Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: juli_83-83@mail.ru.

Для цитирования: Система медико-биологического обеспечения спортсменов, перенесших COVID-19, с использованием факторов гипо- и гипероксии в условиях среднегорья / Тер-Акопов Г. Н., Корягина Ю. В., Нопин С. В. [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_30

For citation: Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Abutalimova S.M., Kushnareva Yu.V. Biomedical support system for athletes who have had COVID-19 using hypo- and hyperoxia factors in conditions of middle altitude. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_30