

<https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-71-76>

ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ РАНЕЕ ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19, В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Корягина[✉], С.М. Абуталимова, С.В. Нопин, Ю.В. Кушнарева

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия

Введение. В современных научных работах имеются данные, показывающие эффективность применения гипербарической оксигенации для восстановления после COVID-19, а также восстановления спортсменов после физических нагрузок.

Цель. Выявление эффектов применения гипербарической оксигенации для восстановления спортсменов, в том числе ранее перенесших COVID-19, в условиях среднегорья по данным исследования систем дыхания и кровообращения.

Материал и методы. Исследование проводило в период подготовки в среднегорье у 39 спортсменов высокой квалификации. До гипербарической оксигенации, сразу после, через 10 мин после, после курса из 7 процедур у спортсменов определялись показатели variability сердечного ритма, центральной гемодинамики, сатурации и внешнего дыхания.

Результаты. Согласно показателям variability сердечного ритма у женщин, перенесших COVID-19, имелась тенденция к снижению частоты сердечного ритма через 10 мин после гипербарической оксигенации и показателя мощности очень медленных волн после курса (до — 665,65 (592,54; 921,07) мс²; после — 541,47 (371,01; 840,89) мс², $p < 0,05$). После первого сеанса выявлено снижение систолического артериального давления (до — 117 (111; 120) мм рт. ст.; после — 109 (104; 115) мм рт. ст., $p < 0,03$), а также показателя объемной скорости воздушного потока в момент выдоха 50% форсированной жизненной емкости легких. Сравнение показателей мужчин выявило снижение периферического сосудистого сопротивления и артериального давления. У женщин и мужчин, ранее болевших COVID-19, под действием гипербарической оксигенации снижались показатели нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции.

Выводы. Гипербарическая оксигенация — безопасный и эффективный метод восстановления организма спортсменов в условиях среднегорья, в том числе у ранее перенесших COVID-19. Выраженные улучшения функционального состояния, проявляются при курсовом применении (7 сеансов).

Ключевые слова: спортсмены; функциональное состояние; сердечно-сосудистая система; дыхательная система; среднегорье; гипербарическая оксигенация; COVID-19

Для цитирования: Тер-Акопов Г.Н., Корягина Ю.В., Абуталимова С.М., Нопин С.В., Кушнарева Ю.В. Применение гипербарической оксигенации для восстановления спортсменов, в том числе ранее перенесших COVID-19, в условиях среднегорья. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2024;26(3):71–76. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-71-76>

Финансирование: работа выполнена в соответствии с государственным заданием ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России № 48.001.22.800 от 1 января 2022 г. на выполнение НИР «Разработка и научное обоснование системы восстановительных и реабилитационных мероприятий для спортсменов, перенесших COVID-19, с использованием факторов гипо- и гипероксии в условиях среднегорья», шифр: «COVID среднегорье 22/24».

Соответствие принципам этики: исследование было одобрено локальным этическим комитетом по экспертизе биомедицинских исследований ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, протокол № 1 от 20.01.2022. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), а также разрешение на обработку персональных данных.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Корягина Юлия Владиславовна nauka@skfmba.ru

Статья поступила: 20.06.2024 **После доработки:** 18.10.2024 **Принята к публикации:** 24.10.2024

HYPERBARIC OXYGENATION FOR ASSISTING RECOVERY OF ATHLETES INCLUDING THOSE AFFECTED BY COVID-19 UNDER MEDIUM-ALTITUDE CONDITIONS

Gukas N. Ter-Akopov, Yulia V. Koryagina[✉], Sabina M. Abutalimova, Sergey V. Nopin, Yulia V. Kushnareva

North-Caucasian Federal Research-Clinical Center, Essentuki, Russia

Introduction. Modern scientific studies demonstrate the effectiveness of hyperbaric oxygenation in assisting recovery following physical exertion including those affected by COVID-19 infection.

Objective. The study sets out to identify the beneficial effects of hyperbaric oxygenation therapy in assisting the recovery of athletes under medium-altitude conditions, including those who have previously undergone COVID-19, by examining respiratory and circulatory systems.

Materials and methods. The study was performed on 39 highly qualified athletes during a period of training in mountainous areas. The athletes' heart rate variability, central hemodynamics, saturation and external respiration were determined prior to hyperbaric oxygenation, as well as immediately following the procedure, 10 min after the procedure, and following a course of 7 procedures.

Results. According to heart rate variability indices in women who underwent COVID-19, there was a tendency to decrease heart rate 10 min after hyperbaric oxygenation and very a slow wave power index after the course of (before — 665.65 (592.54; 921.07) ms²; after — 541.47 (371.01; 840.89) ms², $p < 0.05$). After the first session there was a decrease in systolic blood pressure (before — 117 (111; 120) mm Hg; after — 109 (104; 115) mm Hg, $p < 0.03$), as well as in the index of volumetric airflow velocity at the moment of exhalation of 50% of forced vital capacity of lungs. A comparison of men's parameters revealed a decrease in peripheral vascular resistance and blood pressure. In women and men who had previously suffered COVID-19 infection, the index of impaired oxygen uptake from the microcirculation system decreased under the influence of hyperbaric oxygenation.

Conclusions. Hyperbaric oxygenation therapy is a safe and effective method for assisting the recovery of athletes under medium-altitude conditions, including those who have previously suffered COVID-19 infection. The observed improvements in functional state are manifested over the course of application (7 sessions).

Keywords: athletes; functional status; cardiovascular system; respiratory system; mid- mountain; hyperbaric oxygenation therapy; COVID-19

For citation: Ter-Akopov G.N., Koryagina Y.V., Abutalimova S.M., Nopin S.V., Kushnareva Y.V. Hyperbaric oxygenation for assisting recovery of athletes including those affected by COVID-19 under medium-altitude conditions. *Extreme Medicine*. 2024;26(3):71–76. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-71-76>

© Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, С.В. Нопин, Ю.В. Кушнарева, 2024

Funding: the study was performed in accordance with the state assignment of North-Caucasian Federal Research-Clinical Center No. 48.001.22.800 from January 01, 2022, for the performance of the research "Development and scientific substantiation of the system of recovery and rehabilitation measures for athletes who suffered COVID-19 with the use of factors of hypo- and hyperoxia in the medium-altitude conditions", cipher: "COVID medium-altitude 22/24".

Compliance with ethical principles: the study was approved by the Local Ethical Committee for Expert Review of Biomedical Research of North-Caucasian Federal Research-Clinical Center, protocol #1 of 20.01.2022. All participants gave informed consent to participate in the study in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), as well as permission to process personal data.

Potential conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

✉ Yulia V. Koryagina nauka@skfmba.ru

Received: 20 June 2024 **Revised:** 18 Oct. 2024 **Accepted:** 24 Oct. 2024

ВВЕДЕНИЕ

Гипербарическая оксигенация (ГБО) — это искусственное увеличение кислородной емкости крови за счет дополнительного растворения кислорода в плазме в результате повышения парциального напряжения кислорода во вдыхаемой газовой смеси вследствие увеличения общего барометрического давления внешней среды [1, 2]. При ГБО, проводимой с субоптимальной или оптимальной дозой, организм переходит в качественно новое состояние, характеризующееся экономичностью (гипофункцией) физиологических систем [3, 4].

В связи с началом пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 возникла необходимость в применении методов, препятствующих развитию осложнений данного заболевания, проявляющихся в виде гипоксии, дополнительной кислородной поддержки [5]. Возник вопрос безопасности применения ГБО у пациентов с COVID-19. Включение в комплексную терапию при COVID-19 ежедневных сеансов (не менее 4) ГБО в «мягких» режимах (1,4–1,6 атм.) показало свою безопасность и предварительный положительный эффект на субъективное состояние обследованных пациентов и динамику насыщения крови кислородом [6].

Применение ГБО для повышения функциональных возможностей спортсменов в целом ряде работ показало положительный эффект, заключающийся в улучшении функционального состояния и повышении физической и умственной работоспособности [7–10]. В условиях утомления, вызванного физической нагрузкой, ГБО может увеличить снабжение кислородом системы скелетных мышц, что может активировать клеточную активность, увеличить синтез аденозинтрифосфата и способствовать метаболическому клиренсу веществ, вызывающих утомление [9].

Согласно исследованиям А.Г. Щурова ГБО может применяться в различных видах спорта с целью быстрого устранения утомления, являющегося следствием выполненной нагрузки, в качестве предварительной стимуляции работоспособности перед тренировкой или соревнованиями, а также для профилактики и устранения нарушений функционирования органов и систем из-за чрезмерного физического перенапряжения [8]. Следовательно, имеются данные, показывающие эффективность применения ГБО для восстановления пациентов после COVID-19, а также восстановления спортсменов после физических нагрузок. Однако в доступных источниках не было найдено данных о применении ГБО для восстановления спортсменов, тренирующихся в условиях гипобарической

гипоксии (условия среднегорья), а также восстановления в данных условиях спортсменов, ранее перенесших COVID-19.

Цель исследования — выявление эффектов применения гипербарической оксигенации для восстановления спортсменов, в том числе ранее перенесших COVID-19, в условиях среднегорья по данным исследования систем дыхания и кровообращения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование эффектов ГБО при подготовке спортсменов в условиях среднегорья проводилось в период учебно-тренировочных сборов на высоте 1240 метров в России у 39 спортсменов высокой квалификации (возраст — 21,5 (18; 25) года, спортивная квалификация — кандидаты в мастера спорта и мастера спорта; смешанные группы по видам спорта: самбо, лыжные гонки, фигурное катание, гандбол), из них 27 женщин (16 — основная группа (ОГ), 11 — контрольная группа (КГ)) и 12 мужчин (7 ОГ и 5 КГ).

Как показали проведенные нами ранее исследования, в период тренировок в среднегорье без применения специальных средств восстановления (ГБО) у спортсменов могут наблюдаться напряжение адаптационных механизмов, усиление симпатической активности и центральной гемодинамики, что особенно выражено у спортсменов, ранее переболевших COVID-19 [11, 12]. В связи с тем что эти данные уже опубликованы, в данной работе деление на ОГ и КГ основывалось только на наличии в анамнезе COVID-19. Следовательно, спортсмены, ранее перенесшие COVID-19, были отнесены к ОГ, а не болевшие — к КГ. Все спортсмены, участвовавшие в исследовании, принимали ГБО.

Критерии включения: высокая квалификация спортсменов, высокие тренировочные нагрузки в условиях среднегорья.

Критерии исключения: отказ от участия в исследовании, острые заболевания и травмы, наличие противопоказаний к ГБО (наличие в анамнезе эпилепсии, клаустрофобии, гипертермии, неконтролируемой артериальной гипертонии, гипотонии, синусита, нарушения проходимость евстахиевых труб и каналов, соединяющих придаточные пазухи носа с внешней средой, повышенной чувствительности к кислороду).

Курс процедур ГБО проводился в барокамере «БарОкс 1.0» с использованием маски «Ковидиен ЛЛс» (США) в предустановленной программе со следующими параметрами: избыточное давление — 30 кПа,

содержание кислорода — $93 \pm 2\%$, расход воздуха — 45 л/мин, скорость компрессии/декомпрессии — 6 кПа/мин. Длительность одной процедуры — 30 мин, курс — не менее 7 процедур (1 процедура в сутки), положение тела — полулежа.

Исследование показателей центральной гемодинамики, вариабельности ритма сердца (BCP) и кислорода (нарушение поглощения кислорода из системы микроциркуляции и сатурация крови) проводилось на приборе «ESTECK System Complex» (LD Technology, США). Спирометрические показатели спортсменов определяли с помощью спирометра «Carefusion MicroLab Mk8» (Южный Уэльс, Великобритания).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы «Statistica 13.0». Сравнение показателей между основной и контрольной группами проводилось с помощью критерия Манна — Уитни, сравнение показателей основной и контрольной групп при применении у них ГБО в динамике — с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. Показатели представлены в виде медиан и квартилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При анализе данных воздействия ГБО сравнивались показатели спортсменов до ГБО (исходный уровень), сразу после применения ГБО, через 10 мин после применения ГБО и после курса из 7 сеансов ГБО. Исходные показатели ОГ и КГ статистически значимо не различались. По данным параметров BCP у женщин по динамике частоты сердечных сокращений (ЧСС) статистически значимых изменений не выявлено, но у всех женщин (болевших и не болевших COVID-19) имела тенденция к снижению ЧСС через 10 мин после ГБО по сравнению с исходным уровнем (рис. 1А).

Такая же положительная тенденция наблюдалась и для показателя мощности быстрых высокочастотных волн HF, который повышался через 10 мин после ГБО у спортсменок, ранее не болевших COVID-19 (до — 758,38 (585,11; 1015,1) мс^2 ; через 10 мин после — 1734,57 (998,57; 2086,71) мс^2).

Показатель мощности низкочастотных волн LF у спортсменок, ранее не болевших COVID-19,

имел тенденцию к снижению после курса ГБО (до — 731,07 (505,87; 984,3) мс^2 ; сразу после 1-го сеанса — 711,66 (441,24; 894,39) мс^2 ; через 10 мин после 1-го сеанса — 808,8 (619,2; 1086,15) мс^2 ; после курса — 426,23 (265,4; 940,66) мс^2).

Показатель мощности очень медленных волн VLF, отражающий работу самого медленного уровня регуляции — надсегментарного или энергометаболического, у спортсменок, ранее перенесших COVID-19, снижался к концу курса (до курса — 665,65 (592,54; 921,07) мс^2 ; после курса — 541,47 (371,01; 840,89) мс^2 , $p < 0,05$). 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 (до — 665,24 (618,97; 848,75) мс^2 ; сразу после 1-го сеанса — 695,94 (639,81; 992,72) мс^2 ; через 10 мин после 1-го сеанса — 1219,29 (577,34; 1759,04) мс^2 ; после курса — 620,17 (414; 712,03) мс^2). Также у женщин, ранее не болевших COVID-19, имеется тенденция к снижению индекса напряжения (ИН) сразу после 1-го сеанса ГБО (до — 100,3 (73,8; 128,2) усл. ед.; сразу после 1-го сеанса — 81,55 (39,7; 111,5) усл. ед.; через 10 мин после 1-го сеанса — 48,35 (44,9; 113,35) усл. ед.; после курса — 107,3 (65,1; 149,4) усл. ед.).

При анализе показателей центральной гемодинамики у женщин, ранее перенесших COVID-19, после первого сеанса выявлено снижение систолического артериального давления АДс (до — 117 (111; 120) мм рт. ст.; сразу после 1-го сеанса — 109 (104; 115) мм рт. ст., $p < 0,03$; через 10 мин после 1-го сеанса — 114 (107; 117) мм рт. ст., $p < 0,05$; после курса — 114 (108; 122,5) мм рт. ст.) (рис. 1Б). Снижался показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции VO_2 (до — 320 (310; 320) мл/мин/м^2 ; сразу после 1-го сеанса — 130 (130; 180) мл/мин/м^2 , $p < 0,001$; через 10 мин после 1-го сеанса — 130 (130; 130) мл/мин/м^2 , $p < 0,001$; после курса — 320 (310; 330) мл/мин/м^2).

У женщин, не имеющих в анамнезе COVID-19, наблюдалось снижение индекса жесткости, характеризующего давление крови в крупных артериях, и в одном сеансе, и после курса процедур ГБО (до — 6,22 (5,26; 6,86) м/с ; сразу после 1-го сеанса — 6,02 (5,27; 6,29) м/с , $p < 0,05$; через 10 мин после 1-го сеанса — 6,15 (6,02; 6,62) м/с ;

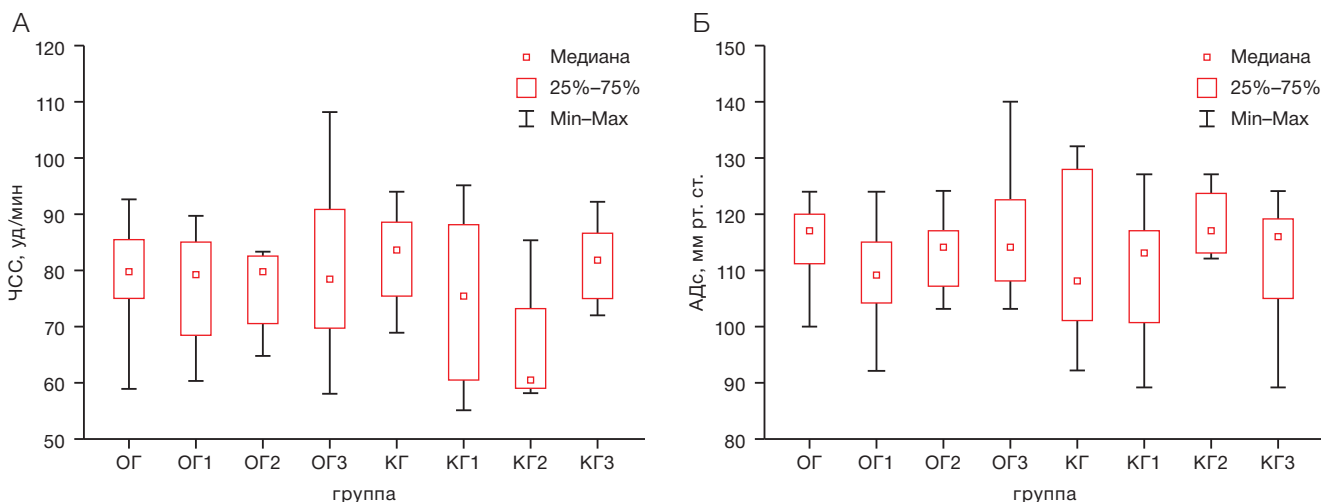
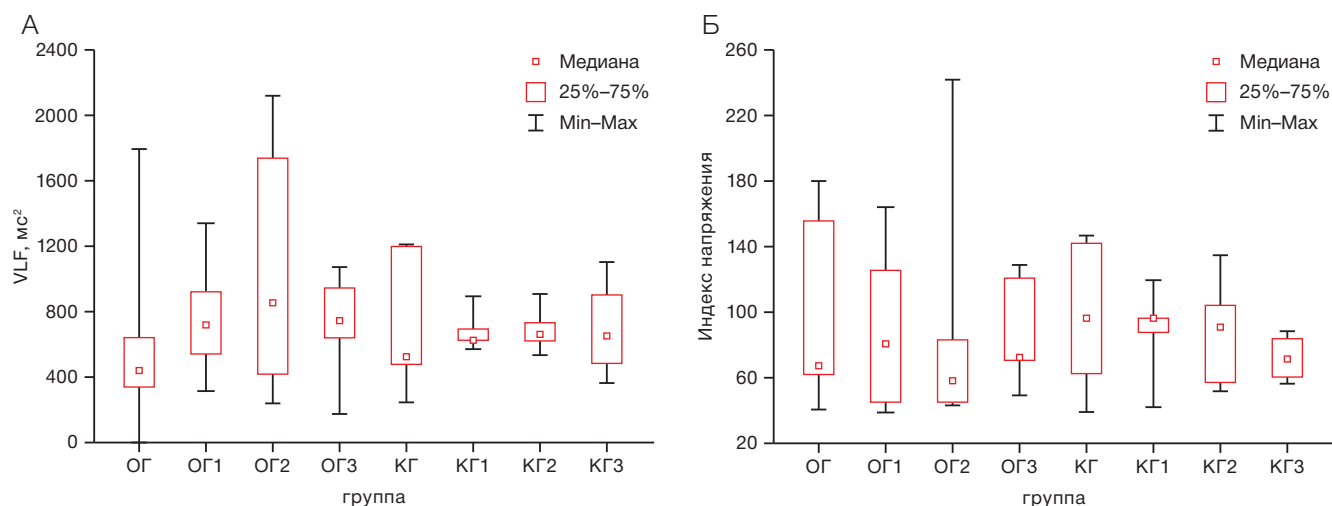


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Показатели ЧСС (А) и АДс (Б) у высококвалифицированных спортсменов, болевших и не болевших COVID-19, под воздействием ГБО: ОГ — до сеансов ГБО, ОГ1 — сразу после ГБО, ОГ2 — 10-я мин после ГБО, ОГ3 — после курса ГБО, КГ — до сеансов ГБО, КГ1 — сразу после ГБО, КГ2 — 10-я мин после ГБО, КГ3 — 3 после курса ГБО



Рисунки подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Показатели VLF (А) и индекса напряжения (Б) у мужчин-спортсменов, болевших и не болевших COVID-19, под воздействием ГБО: ОГ — до ГБО, ОГ1 — сразу после ГБО, ОГ2 — 10-я мин после ГБО, ОГ3 — после курса ГБО, КГ — до сеансов ГБО, КГ1 — сразу после ГБО, КГ2 — 10-я мин после ГБО, КГ3 — 3 после курса ГБО

после курса — 5,94 (5,24; 6,56) м/с, $p < 0,05$). После первого сеанса в этой же группе снизились показатели ПСС (до — 1207,6 (1132,9; 1243,8) МПа×с/м³; сразу после 1-го сеанса — 1180,3 (975,5; 1243,5) МПа×с/м³, $p < 0,05$; через 10 мин после 1-го сеанса — 1062,9 (823,15; 1330,2) МПа×с/м³, $p < 0,05$; после курса — 1156,6 (1074,3; 1342,5) МПа×с/м³ (рис. 34)) и артериального диастолического давления (АДд) (до — 67 (64; 74) мм рт. ст., $p < 0,05$; сразу после 1-го сеанса — 64 (59,5; 69,5) мм рт. ст., $p < 0,05$; через 10 мин после 1-го сеанса — 65,5 (61,5; 70) мм рт. ст.; после курса — 64 (61; 69) мм рт. ст.).

По показателям функции внешнего дыхания у женщин, ранее перенесших COVID-19, существенных изменений при применении ГБО не наблюдалось, за исключением показателей МОС 50 (объемная скорость воздушного потока в момент выдоха 50% форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ)), который значительно снижался (до — 4,99 (4,42; 5,83) л; сразу после — 4,66 (4,09; 5,62) л, $p < 0,01$), по-видимому, вследствие расслабления дыхательных мышц. У женщин, не имеющих ранее в анамнезе COVID-19, после курса ГБО статистически значимо снижалась ФЖЕЛ (до — 4,25 (4; 4,77) л; после курса — 4,13 (3,85; 4,53) л, $p < 0,02$).

Сравнение показателей ВСР в ходе сеансов ГБО у мужчин, ранее болевших COVID-19, выявило статистически

значимое повышение мощности очень медленных волн VLF ($p < 0,05$) (рис. 2А). У мужчин-спортсменов, ранее не болевших COVID-19, имелась тенденция к снижению ИН после курса ГБО (до — 96,2 (61,5; 141,1) усл. ед.; сразу после 1-го сеанса — 95,6 (86,6; 95,8) усл. ед.; через 10 мин после 1-го сеанса — 90,2 (56,3; 103) усл. ед.; после курса — 70,45 (59,2; 82,8) усл. ед.) (рис. 2Б).

По показателям центральной гемодинамики (табл. 1) сразу после 1 сеанса ГБО снижалось ПСС ($p < 0,05$), после курса данный показатель возвращался к исходным величинам. Имелась тенденция к снижению АДс и АДд. Так же, как и у женщин, у мужчин-спортсменов, ранее болевших COVID-19, под действием ГБО статистически значимо снижался показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции VO_2 . Показатели спирометрии у мужчин, как ранее перенесших, так и не имеющих в анамнезе COVID-19, статистически значимо не изменились. У мужчин-спортсменов, ранее не болевших COVID-19, в ходе сеанса и курса ГБО статистически значимых различий по показателям ВСР и центральной гемодинамики не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Учеными ранее было отмечено, что в условиях ГБО наступает не только ускоренное восстановление

Таблица 1. Показатели центральной гемодинамики и нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции у мужчин-спортсменов, ранее перенесших COVID-19, при применении ГБО, Ме (Q1; Q3), $n = 7$

Показатели	ОГ	ОГ1	ОГ2	ОГ3	P
ПСС, МПа×с/м ³	1020,3 (857,9; 1232,5)	970,3 (822,6; 1247,2)	972,6 (823,1; 1036,6)	1045,15 (995,3; 1086,5)	ОГ-ОГ1 < 0,05
Сердечный выброс, л/мин	7,3 (6,6; 8,4)	7,5 (6,6; 8,5)	7,7 (6,8; 8,7)	7 (6,7; 7,1)	-
CI, л/мин/м ²	3,4 (3,3; 3,9)	3,9 (3,2; 3,9)	3,9 (3,4; 4,2)	3,55 (3,2; 3,9)	-
АД среднее, мм рт. ст.	92,0 (90,0; 95,3)	87,7 (83,0; 103,0)	90,0 (83,0; 103,0)	90,65 (87,3; 93,0)	-
VO_2 , мл/мин/м ²	320 (320; 320)	180 (130; 320)	190 (130; 320)	315 (310; 320)	ОГ-ОГ2, ОГ-ОГ3 < 0,05
АДс, мм рт. ст.	127 (120; 136)	122 (115; 133)	122 (115; 133)	123 (120; 129)	-
АДд, мм рт. ст.	75 (73; 78)	69 (67; 88)	73 (67; 88)	74,5 (71; 78)	-

Таблица подготовлена авторами по собственным данным

Примечание: VO_2 — показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции, ПСС — периферическое сопротивление сосудов, CI — индекс объемной скорости кровотока, ОГ — до ГБО, ОГ1 — сразу после ГБО, ОГ2 — 10-я мин после ГБО, ОГ3 — после курса ГБО.

организма, но и расширение физиологических резервов [8]. Показатель сатурации крови и индекс насыщения тканей имели значимые различия между группами, использовавшими ГБО и нормобарическую оксигенацию [13]. Однако в зарубежной литературе имеются данные, описывающие не всегда эффективное применение ГБО для восстановления работоспособности спортсменов и восстановления после спортивных травм [14, 15], что, по-видимому, обусловлено различным протоколом процедур.

В нашем исследовании в условиях среднегорья было установлено, что применение ГБО не оказывает однозначного положительного эффекта на увеличение функциональных возможностей организма, а скорее способствует релаксации. Показатели сатурации после ГБО не изменились (до и после были в пределах нормы), но после 1-го сеанса снижался показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции, что свидетельствует о благоприятном влиянии и необходимом насыщении тканей кислородом. Положительные эффекты ГБО больше проявлялись у женщин, в частности в виде увеличения парасимпатической активности после всего курса. Общее состояние, вызванное усилением тонуса парасимпатического отдела ВНС у женщин, приводило к расслабляющему влиянию, в том числе и на дыхательные мышцы.

В настоящее время известны следующие модели проведения тренировок на разных высотах. Классическим подходом считается модель «Жить высоко — тренироваться высоко», когда спортсмены живут и тренируются на одном и том же уровне горной местности [12, 16]. Существует модель горной подготовки, использующий гипероксию «Жить высоко — тренироваться низко с дополнительным кислородом». При данном варианте

спортсмены проживают в среднегорье, но тренируются на моделированном уровне моря с помощью приёма дополнительного кислорода в виде ингаляций [17]. Развивая направления горной подготовки спортсменов и используя полученные нами данные, мы предлагаем новую модель подготовки, обозначенную нами как «Жить высоко — тренироваться высоко — восстанавливаться с ГБО».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ГБО в условиях среднегорья является безопасным и эффективным методом восстановления организма, в том числе у спортсменов, ранее перенесших COVID-19, однако применение одного сеанса не оказывает срочного положительного эффекта увеличения функциональных возможностей систем кровообращения и дыхания, данный метод эффективен при курсовом применении (не менее 7 сеансов). После 1-го сеанса ГБО динамика функциональных показателей у спортсменов, как болевших, так и не болевших COVID-19, под воздействием ГБО в условиях тренировок в среднегорье проявлялась снижением сосудистого тонуса, АД и гипер-адаптивной реакцией. После всего курса положительные эффекты ГБО проявлялись в виде увеличения парасимпатической активности и были более выражены у женщин, что у них приводило к расслабляющему влиянию, в том числе и на дыхательные мышцы. У всех спортсменов улучшалось насыщение тканей кислородом. В целом данный метод рекомендуется для общего восстановления организма после тренировочного дня, микро- и мезоцикла и в межсезонный период подготовки, но не рекомендуется непосредственно перед тренировочными занятиями и соревнованиями.

Литература / References

1. Branco BH, Fukuda DH, Andreato LV, Santos JF, Esteves JV, Franchini E. The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Post-Training Recovery in Jiu-Jitsu Athletes. *PLoS ONE*. 2016;11(3):e0150517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150517>
2. Пустовойт ВИ, Никонов РВ. Гипербарическая оксигенация в клинической и спортивной практике. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2022;1:78–86. Pustovoyt VI, Nikonov RV. Hyperbaric oxygenation in clinical and sports practice. *Kremlin Medicine Journal*. 2022;1:78–86 (In Russ.). <https://doi.org/10.26269/1jtg-0435>
3. Байдин СА ред., Граменицкий АБ, Рубинчик БА ред. Руководство по гипербарической медицине. М.: Медицина; 2008. Baidin SA, Gramenitsky AB, Rubinchik BA. A Guide to Hyperbaric Medicine. Moscow: *Medicine*; 2008 (In Russ.). EDN: [QLRMML](https://doi.org/10.26269/1jtg-0435)
4. Поликарпочкин А. Н., Левшин И. В. Гипербарическая оксигенация при физической реабилитации после перенесенной инфекции «COVID-19». *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2021;1:225–30. Polikarpochkin AN, Levshin IV. Hyperbaric oxygenation in physical rehabilitation after recovery from “COVID-19” infection. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*. 2021;1:225–30 (In Russ.). EDN: [VNHKQQ](https://doi.org/10.26269/1jtg-0435)
5. Левина ОА, Евсеев АК, Шабанов АК, Кулабухов ВВ, Кутровская НЮ, Горончаровская ИВ и др. Безопасность применения гипербарической оксигенации при лечении COVID-19. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2020;9(3):314–20. Levina OA, Evseev AK, Shabanov AK, Kulabukhov VV, Kutrovskaya NY, Goroncharovskaya IV, et al. The Safety of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Covid-19. *Russian Sklifosovsky Journal “Emergency Medical Care”*. 2020;9(3):314–20 (In Russ.). <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-314-320>
6. Черняк АВ, Неклюдова ГВ, Науменко ЖК, Пашкова ТЛ. Функция внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом. *Пульмонология*. 2019;29(1):62–9. Chernyak AV, Neklyudova GV, Naumenko ZhK, Pashkova TL. Lung function in athletes involved in skiing and speed skating. *Pulmonology*. 2019;29(1):62–9 (in Russ.). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69>
7. Щуров АГ, Дмитриев ГГ, Ендальцев БВ. Динамика восстановления функционального состояния спортсменов после физической нагрузки в условиях гипербарической оксигенации. *Теория и практика физической культуры*. 2016;2:37–9. Shchurov AG., Dmitriyev GG, Yendaltsev BV. Dinamika vostanovleniya funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov posle fizicheskoy nagruzki v usloviyakh giperbaricheskoy oksigenatsii. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2016;2:37–9 (In Russ.). EDN: [VOLNWX](https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69)
8. Sperlich B, Zinner C, Hauser A, Holmberg HC, Wegryz J. The impact of hyperoxia on human performance and recovery. *Sports Med*. 2017;47(3):429–38. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0590-1>
9. Ishihara, A. Mild hyperbaric oxygen: mechanisms and effects. *J Physiol Sci*. 2019;69(4):573–80. <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00678-5>

10. Корягина ЮВ, Нопин СВ, Абуталимова СМ, Тер-Акопов ГН. Вегетативная регуляция сердечного ритма высококвалифицированных лыжников-гонщиков в условиях тренировки в среднегорье. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3–2):98. Koryagina YuV, Nopin SV, Abutalimova SM, Ter-Akopov GN. Vegetative regulation of the heart rate of highly qualified ski racers in the conditions of training in the middle mountains. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2021;98(3–2):98 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221>
11. Тер-Акопов ГН, Корягина ЮВ, Нопин СВ, Абуталимова СМ. Морфофункциональное состояние спортсменов, имеющих в анамнезе COVID-19, в условиях среднегорья. *Теория и практика физической культуры*. 2022;(12):33–5. Morphofunctional state of athletes with a history of covid-19 in the conditions of the middle mountains. *Theory and practice of physical culture*. 2022;(12):33–5 (In Russ.). EDN: [JDPFMX](https://doi.org/10.17116/kurort20219803221)
12. Sperlich PF, Holmberg HC, Reed JL, Zinner C, Mester J, Sperlich B. Individual versus Standardized Running Protocols in the Determination of VO₂max. *J Sports Sci Med*. 2015;14(2):386–93. PMID: PMC4424469
13. Bennett MH, Lehm JP, Jepson N. Hyperbaric oxygen therapy for acute coronary syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015.23(7);CD004818. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd004818.pub4>
14. Branco BH, Fukuda DH, Andreato LV, Santos JF, Esteves JV, Franchini E. The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on PostTraining Recovery in Jiu-Jitsu Athletes. *PLoS ONE*. 2016;11(3):e0150517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150517>
15. Sharma AP. Factors Affecting Sea-Level Performance Following Altitude Training in Elite Athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2022;4(2):315–30. <https://doi.org/10.1007/s42978-022-00198-6>
16. Park HY, Hwang H, Park J, Lee S, Lim K. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes — a meta-analysis. *J Exerc Nutrition Biochem*. 2016;20(1):15–22. <https://doi.org/10.20463/jenb.2016.03.20.1.3>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Тер-Акопов Г.Н. — разработка идеи и дизайна исследования, анализ конечных результатов; Корягина Ю.В. — анализ данных, написание текста статьи; Абуталимова С.М. — сбор материала и составление исходных таблиц; Нопин С.В. — статистическая обработка и анализ данных; Кушнарера Ю.В. — сбор материала и составление исходных таблиц.

ОБ АВТОРАХ

Тер-Акопов Гукас Николаевич, канд. экон. наук
<https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>
sk@fmbamail.ru

Корягина Юлия Владиславовна, д-р биол. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>
nauka@skfmba.ru

Абуталимова Сабина Маликовна, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>
sabina190989@yandex.ru

Сергей Викторович Нопин, канд. тех. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>
work800@yandex.ru

Юлия Валериевна Кушнарера, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-7343-4622>
juli_83-83@mail.ru