

Дата публикации: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_01_4
УДК 796; 615.835.3; 578.834.1

Publication date: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_01_4
UDC 796; 615.835.3; 578.834.1

ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПЕРОКСИЧЕСКИХ ИНГАЛЯЦИЙ У СПОРТСМЕНОВ С АЭРОБНЫМ И АНАЭРОБНЫМ ЛАКТАТНЫМ МЕХАНИЗМАМИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ПЕРЕНЕСШИХ РАНЕЕ COVID-19, ПРИ ТРЕНИРОВКАХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Ю.В. Кушнарева, Г.Н. Тер-Акопов, С.М. Абуталимова

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Целью настоящей работы явилась оценка влияния курса ингаляций гипероксической газовой смесью на кислородтранспортную систему спортсменов с аэробным и анаэробным лактатным механизмами энергообеспечения мышечной деятельности, перенесших COVID-19, при выполнении интенсивных тренировочных нагрузок в условиях среднегорья. В исследовании приняли участие 54 квалифицированных спортсмена (КМС, МС, МСМК), среди них 24 спортсмена мужского пола и 30 женского. Из 54 спортсменов 25 перенесли COVID-19. Курс ингаляций гипероксической газовой смесью, включающий не менее 7 процедур, оказал положительное влияние на кислородтранспортную систему спортсменов всех исследованных видов спорта независимо от преобладающего механизма энергообеспечения мышечной деятельности в период учебно-тренировочных сборов (УТС) в среднегорье, в том числе спортсменов, перенесших ранее COVID-19. Спортсмены с анаэробным лактатным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности особенно нуждаются в дополнительной поддержке гипероксической смесью в связи со спецификой их тренировочного и соревновательного процесса.

Ключевые слова: гипероксическая смесь, среднегорье, спортсмены, COVID-19, механизмы энергообеспечения мышечной деятельности, кислородтранспортная система.

EFFECTS OF HYPEROXIC INHALATION IN ATHLETES WITH AEROBIC AND ANAEROBIC LACTATE MECHANISMS OF ENERGY SUPPLY OF MUSCLE ACTIVITY, WHO HAD COVID-19, DURING TRAINING IN MIDDLE ALTITUDE CONDITIONS

Yu.V. Kushnareva, G.N. Ter-Akopov, S.M. Abutalimova

FSBI "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, Russia

Abstract. Aim of the study – to evaluate an effect of a hyperoxic inhalation course on the oxygen transport system of athletes with aerobic and anaerobic lactate mechanisms of energy supply of muscle activity, who previously had COVID-19, when performing intense training loads in middle altitude conditions. The study included 54 qualified athletes (Candidate for Master of Sports, Master of Sports of International Class), among which 24 male and 30 female athletes. 25 of them had COVID-19. The inhalation course that consisted of not less than 7 procedures, had a positive effect on the oxygen transport system of all athletes regardless of the predominant energy supply mechanism during training camps in middle altitude, including athletes, who had COVID-19. Athletes with the anaerobic lactate mechanism especially need additional support with hyperoxic mixture due to the specificity of their training and competitive activity.

Keywords: hyperoxic mixture, middle altitude, athletes, COVID-19, mechanisms of energy supply of muscle activity, oxygen transport system.

Введение. Подготовка спортсменов в условиях гипоксии среднегорья широко практикуется в спорте высших достижений. Большинство специалистов считают среднегорьем зону от 800-1000 м до 2500 м над уровнем моря, особенностью которой является проявление функциональных изменений в организме уже при умеренных нагрузках. Адаптация организма к высотной гипоксии – сложный процесс, который вызывает изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, аппарата кровотока, внешнего дыхания, газообмена. Поэтому горная подготовка спортсменов практикуется в качестве средства повышения функциональных возможностей спортсменов и их спортивных результатов во всех видах спорта [1-2]. При подготовке спортсменов, перенесших COVID-19 и приступивших к тренировкам в условиях среднегорья, необходимо учитывать тот факт, что во время интенсивных физических нагрузок у них могут снижаться параметры насыщения крови кислородом при неопределенной морфологической природе данных проявлений. Проявления такого характера могут являться следствием как нарушения диффузионной способности легких, так и повышенной реактивности бронхов [3]. Таким образом, высотная гипоксия может быть связана с определенным риском для спортсменов, перенесших COVID-19, следовательно к ним необходимы особый подход и дополнительные способы поддержки функционального состояния кардиореспираторной системы [4-5]. Одним из дополнительных способов поддержки при тренировках в среднегорье может стать использование смесей с повышенным содержанием кислорода, широко применяемое в спорте высших достижений вот уже несколько лет в целях коррекции функционального состояния, повышения функциональных возможностей дыхательной системы, работоспособности спортсменов [6-9]. В литературных источниках имеются исследования, демонстрирующие, что сочетанное действие гипоксии среднегорья с дозированной кислородотерапией оказывает на кардиореспи-

раторную систему спортсменов, перенесших COVID-19, положительный эффект. Кроме того, в этих исследованиях сделан вывод, что для спортсменов, перенесших ранее COVID-19, тренировки в условиях среднегорья эффективны и безопасны [10-12]. Однако практически отсутствуют исследования, где показано влияние гипероксических газовых смесей на функциональное состояние спортсменов, перенесших COVID-19 и тренирующихся в среднегорье, с учетом специфики видов спорта.

Целью настоящей работы явилась оценка влияния курса ингаляций гипероксической газовой смесью на кислородтранспортную систему спортсменов с аэробным и анаэробным лактатным механизмами энергообеспечения мышечной деятельности, перенесших COVID-19, при выполнении интенсивных тренировочных нагрузок в условиях среднегорья.

Методы и организация исследования. Настоящее исследование проведено в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в среднегорье на высоте 1240 м (гора Малое седло, г. Кисловодск) в период UTC на базе ФГУП «Юг Спорт». В исследовании приняли участие 54 квалифицированных спортсмена (КМС, МС, МСМК), среди них 24 спортсмена мужского пола и 30 женского. Средний возраст спортсменов – $18,7 \pm 5,6$ лет. Специализации: бокс (13 человек, женщины), подводное плавание (7 человек, мужчины), фигурное катание (17 человек, женщины), альпинизм (5 человек, мужчины), лыжные гонки (5 человек, мужчины), ски-альпинизм (7 человек, мужчины). Из 54 спортсменов 25 (20 спортсменов женского пола, 5 мужского) ранее перенесли COVID-19. В период проведения исследования спортсмены не освобождались от интенсивных тренировочных нагрузок (тренировались 2-3 раза в день).

Всем спортсменам в начале и в конце UTC проведен мониторинг, включающий исследование физиологических параметров сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной систем. Физиологические параметры ССС

исследовали с помощью программно-аппаратного комплекса ESTECK System Complex (LD Technology, USA), исследовали вариабельность сердечного ритма (BCR), гемодинамику, показатели насыщения крови кислородом и поглощения кислорода из системы микроциркуляции. Оценка функции внешнего дыхания проводилась с помощью портативного спирометра MicroLoop (CareFusion, UK) в компьютерной программе Spirometry PC Software (CareFusion, UK).

Для создания гипероксической смеси использовался кислородный концентратор JAY-10 (Longfian, Китай). Концентрация кислорода в смеси составила $93 \pm 3\%$, производительность – 5 л/мин, экспозиция – 20 мин. Гипероксическая смесь подавалась в дыхательные пути посредством канюли. Ингаляции проводились ежедневно, курс составил не менее 7 процедур.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью непараметрических критериев Вилкоксона (Wilcoxon matched pair test) в компьютерной программе Statistica 13.0. Разницу значений считали значимой при $p < 0,05$. Данные представлены в виде медиан и квартилей (Me (Q1; Q3)) в связи с малочисленностью исследованных групп.

Результаты исследования и их обсуждение. Учитывая различный вклад аэробных источников в энергообеспечение мышечной деятельности в различных видах спорта и соответственно разного лимитирующего вклада кислородтранспортной системы в результативность, анализировали эффекты применения гипероксических ингаляций в процессе тренировок у спортсменов с преимущественно аэробным и анаэробным лактатным механизмами энергообеспечения мышечной деятельности.

Эффекты применения гипероксических ингаляций у спортсменов, специализирующихся в видах спорта с анаэробным лактатным энергообеспечением мышечной деятельности, во время UTC в среднегорье.

Фигурное катание. Длительность произвольной программы в фигурном катании – до 4 минут, короткой программы – до 2,5 минут, следовательно механизм энергообеспечения мышечной деятельности в основном анаэробный лактатный. В исследовании приняли участие спортсменки, как ранее перенесшие COVID-19, так и не имеющие COVID-19 в анамнезе. Все спортсменки прошли курс ингаляций гипероксической смеси. У спортсменок-фигуристок, как ранее болевших, так и не болевших COVID-19, показатели частоты сердечных сокращений (ЧСС) достоверно снизились (болели – $p < 0,02$; не болели – $p < 0,05$) на фоне тенденции к снижению индекса напряжения (ИН) и повышению мощности быстрых волн (высокочастотных) (HF), что свидетельствует о положительной динамике и усилении парасимпатической регуляции сердечного ритма (табл. 1).

У спортсменок, перенесших COVID-19, наблюдалась положительная динамика в показателях сердечно-сосудистой системы, заключающаяся в повышении экономичности функционирования (хотя показатели и были ниже физиологической нормы, связанной с долговременной адаптацией и со спортивной гипотонией), обусловленная снижением индекса жесткости, среднего и диастолического артериального давления (АД) и показателя нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции (табл. 2).

Показатели спирометрии у спортсменок, ранее не болевших COVID-19, после курса кислородотерапии статистически значимо повышались (табл. 3).

Таблица 1

Динамика вариабельности сердечного ритма у женщин, занимающихся фигурным катанием, под действием кислородотерапии в условиях среднегорья, Ме (Q1; Q3)

№ п/п	Показатели	Норма	Болели COVID-19, n=7		P<	Не болели COVID-19, n=10		P<
			до	после		до	после	
1	ЧСС, уд/мин	60-80	88,0 (73,8; 102,0)	79,0 (64,1; 80,3)	0,02	93,8 (82,0; 99,0)	86,7 (70,7; 87,2)	0,05
2	HF, %	22-34	30,2 (22,8; 35,6)	31,4 (21,9; 40,0)	-	27,0 (20,2; 32,9)	29,1 (24,0; 34,7)	-
3	LF, %	22-46	28,8 (25,9; 30,9)	29,9 (25,4; 33,1)	-	29,5 (25,3; 31,0)	31,4 (30,2; 34,7)	-
4	LF/HF	0,5-2	0,9 (0,9; 1,1)	1,0 (0,8; 1,0)	-	1,3 (0,8; 1,5)	1,0 (0,9; 1,5)	-
5	ИН, усл.ед.	50-200	142,0 (90,0; 185,4)	119,6 (57,6; 172,1)	-	177,0 (86,0; 224,5)	108,8 (102,3; 146,5)	-
6	SDNN, мс	40-80	50,3 (44,0; 54,9)	48,4 (40,5; 70,5)		40,7 (36,7; 66,4)	55,6 (39,7; 61,2)	-

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

Таблица 2

Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы у женщин, занимающихся фигурным катанием, под действием кислородотерапии в условиях среднегорья, Ме (Q1; Q3)

№ п/п	Показатели	Норма	Болели COVID-19, n=7		P<	Не болели COVID-19, n=10	
			до	после		до	после
1	SpO ₂ , %	95-100	95,0 (93,0; 96,0)	96,0 (95,0; 97,0)	-	94,0 (94,0; 96,0)	95,0 (94,0; 96,0)
2	Индекс жесткости, м/с	7-9	5,3 (5,0; 5,4)	5,1 (4,8; 5,2)	0,04	5,0 (4,7; 5,2)	5,2 (5,0; 5,4)
3	Индекс отражения, %	30-45	25,0 (25,0; 25,0)	25,0 (25,0; 25,0)	-	25,0 (25,0; 25,0)	25,0 (25,0; 25,0)
4	Индекс аугментации, усл.ед	0,89-1,33	1,0 (1,0; 1,1)	1,0 (1,0; 1,0)	-	1,0 (1,0; 1,0)	1,0 (0,9; 1,0)
5	b/a, усл.ед	-0,77- -0,41	-1,2 (-1,2; -1,1)	-1,1 (-1,2; -1,1)	-	-1,1 (-1,2; -1,1)	-1,1 (-1,2; -1,0)
6	d/a, усл.ед	0,15- 0,49	-0,2 (-0,3; -0,2)	-0,3 (-0,3; -0,2)	-	-0,3 (-0,3; -0,2)	-0,3 (-0,3; -0,2)
7	ПСС, мПа*S/m ³	900- 1500	1324,9 (1084,0; 1365,9)	1162,1 (1115,5; 1363,3)	-	1178,9 (1115,8; 1296,8)	1295,0 (1074,8; 1407,0)

Продолжение таблицы 2

8	Сердечный выброс, л/мин	4,6-5,6	5,1 (4,7; 5,4)	4,9 (4,4; 5,4)	-	4,8 (4,6; 5,2)	4,7 (4,3; 5,4)
9	СИ, л/мин/м ²	2,6-3,2	3,2 (2,8; 3,3)	3,1 (2,8; 3,3)	-	3,1 (2,8; 3,2)	3,1 (2,8; 3,1)
10	АД ср, мм рт. ст.	95-110	78,0 (72,7; 84,3)	75,0 (68,7; 75,7)	0,04	74,0 (68,7; 78,3)	78,9 (72,3; 84,7)
11	VO ₂ , мл/мин/м ²	200-300	320,0 (320,0; 320,0)	310,0 (190,0; 320,0)	0,05	320,0 (320,0; 320,0)	320,0 (320,0; 320,0)
12	АДс, мм рт. ст.	110-140	100,0 (90,0; 111,0)	93,0 (92,0; 99,0)	-	99,5 (93,0; 109,0)	110,0 (97,0; 112,0)
13	АДд, мм рт. ст.	75-90	68,0 (64,0; 70,0)	64,0 (54,0; 66,0)	0,03	60,0 (56,0; 63,0)	65,5 (56,0; 69,0)

Примечание: SpO₂ – насыщение артериальной крови кислородом (сатурация); b/a – маркер функции левого желудочка сердца; d/a – индикатор жесткости артерий малого и среднего калибра; ПСС – периферическое сопротивление сосудов; СИ – индекс объемной скорости кровотока; АДср – среднее артериальное давление; VO₂ – показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции; АДс – артериальное давление систолическое; АДд – артериальное давление диастолическое

Таблица 3

Показатели спирометрии у женщин, занимающихся фигурным катанием, под действием кислородотерапии в условиях среднегорья, Ме (Q1; Q3)

№ п/п	Показатели	Болели COVID-19, n=7		Не болели COVID-19, n=10		P<
		до	после	до	после	
1	ЖЕЛ, л	3,5 (3,2; 3,6)	3,5 (3,4; 3,9)	3,2 (3,2; 3,6)	3,5 (3,2; 3,7)	0,04
2	% должн. ЖЕЛ	93,0 (87,0; 95,0)	96,0 (91,0; 99,0)	89,0 (87,0; 96,0)	93,0 (88,0; 100,0)	0,05
3	ФЖЕЛ, л	3,8 (3,5; 4,3)	3,7 (3,5; 4,1)	3,4 (3,1; 3,7)	3,6 (3,3; 3,8)	0,04
4	ОФВ1/ФЖЕЛ %	86,0 (82,0; 95,0)	89,0 (85,0; 91,0)	93,0 (89,0; 97,0)	89,0 (84,0; 93,0)	0,02

Примечание: ЖЕЛ – жизненная емкость легких; % должн. – процент от должных значений; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ1/ФЖЕЛ – отношение объема форсированного выдоха за первую секунду к форсированной жизненной емкости легких (индекс Тиффно)

Подводное плавание. Длина дистанций в подводном плавании составляет до 1500 м, тренировочная деятельность проходит в состоянии гипоксии, поэтому в большей степени также преобладает анаэробный лактатный механизм энергообеспечения. В исследовании приняли участие

спортсмены, не имеющие в анамнезе COVID-19, во время UTC они прошли курс ингаляций гипероксической газовой смесью. Анализ показателей спортсменов позволил выявить статистически значимое снижение SDNN (до: 62,3 (48,1; 78,6) мс, после: 49,8 (48,0; 58,5) мс, p<0,04) (рис. 1).

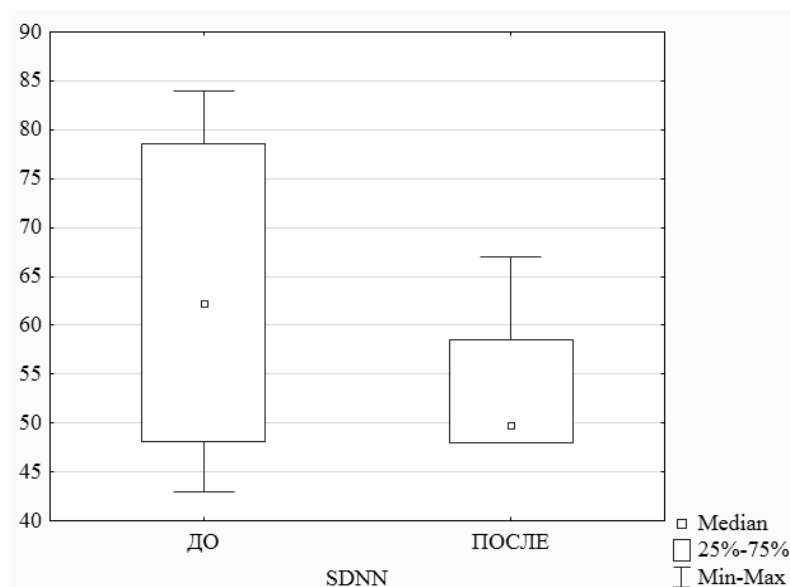


Рис. 1. Динамика среднего квадратичного отклонения кардиоинтервалов (SDNN) у мужчин, занимающихся подводным плаванием (n=7), в условиях среднегорья до и после курса кислородотерапии

Также выявлена тенденция к повышению ИН (до: 73,2 (48,3; 128,5) усл.ед., после: 137,5 (77,6; 166,9) усл.ед.), что может свидетельствовать об усилении симпатических влияний на ритм сердца.

По показателям функционального состояния сердечно-сосудистой системы и сатурации крови статистически значимой динамики не выявлено. Необходимо отметить, что как до, так и после применяемых воздействий у спортсменов наблюдались низкие показатели сатурации (до: 93,0 (93,0; 95,0) %, после: 94,0 (92,0; 94,0) %), что свидетельствует о состоянии гипоксии.

По показателям спирометрии у мужчин, занимающихся подводным плаванием, наблюдалась положительная динамика (без достоверных различий), проявившаяся в увеличении ЖЕЛ (до: 6,4 (5,1; 6,7) л, после: 6,5 (5,3; 6,9) л) и ФЖЕЛ (до: 6,2 (5,2; 6,8) л, после: 6,4 (5,1; 6,4) л).

Бокс. Исходя из правил соревнований, длительность раунда в боксе составляет от 1 до 3 минут, в связи с чем бокс является видом спорта, в котором в большей мере проявляется анаэробный лактатный механизм энергообеспечения. В исследовании приняли участие женщины-боксеры, ранее перенесшие COVID-19. Во время UTC они

не прошли курс ингаляций гипероксической смесью. Анализируя показатели ВСР у женщин-боксеров, перенесших COVID-19, выявлено отсутствие статистически значимой динамики. Имелась тенденция к снижению ИН (до: 130,1 (106,9; 154,3) усл.ед., после: 113,1 (84,4; 150,1) усл.ед.), что указывает на тенденцию к снижению напряжения регуляторных систем организма спортсменов, ослаблению активности центральных механизмов регуляции к концу UTC.

По показателям гемодинамики отмечалось статистически значимое повышение АДс (до: 103,0 (96,0; 117,0) мм рт. ст., после: 111,0 (107,0; 113,0) мм рт. ст., $p < 0,05$), к концу сборов в среднегорье АДс пришло в пределы физиологической нормы.

У женщин-боксеров наблюдалась положительная динамика (без достоверных изменений) по показателям внешнего дыхания, проявившаяся в увеличении показателей ЖЕЛ (до: 3,7 (3,6; 4,2) л, после: 4,0 (3,8; 4,3) л) и ФЖЕЛ (до: 3,6 (3,6; 4,1) л, после: 3,9 (3,7; 4,1) л).

Таким образом, спортсмены с преимущественно анаэробным лактатным механизмом энергообеспечения, соответственно испытывающие гипоксию в процессе своей

специфической спортивной деятельности, могут испытывать состояние гипоксии и в условиях покоя при тренировках в среднегорье. Для ликвидации кислородного долга после физических нагрузок они нуждаются в дополнительных средствах поступления кислорода. Применение ингаляций гипероксической газовой смеси у таких спортсменов, особенно ранее перенесших COVID-19, способствует положительной динамике функционального состояния, заключающейся в снижении напряжения регуляторных механизмов, усилении тонуса парасимпатической нервной системы в регуляции ритма сердца, повышении экономизации параметров центральной гемодинамики, повышении функций системы внешнего дыхания.

Эффекты применения гипероксических ингаляций у спортсменов, специализирующихся в видах спорта с преимущественно аэробной направленностью, во время УТС в среднегорье.

Альпинизм. Альпинизм связан с длительным многочасовым выполнением мышечной работы большой и умеренной мощности, следовательно его относят к видам спорта с преимущественно аэробным механизмом энергообеспечения. В исследовании приняли участие спортсмены, не имеющие в анамнезе COVID-19; во время УТС прошли курс ингаляций гипероксической газовой смесью. Анализ динамики показателей ВСР у альпинистов-мужчин показал достоверное снижение ЧСС (до: 86,2 (81,3; 86,7) уд/мин, после 82,3 (76,5; 86,6) уд/мин, $p < 0,04$) (рис. 2).

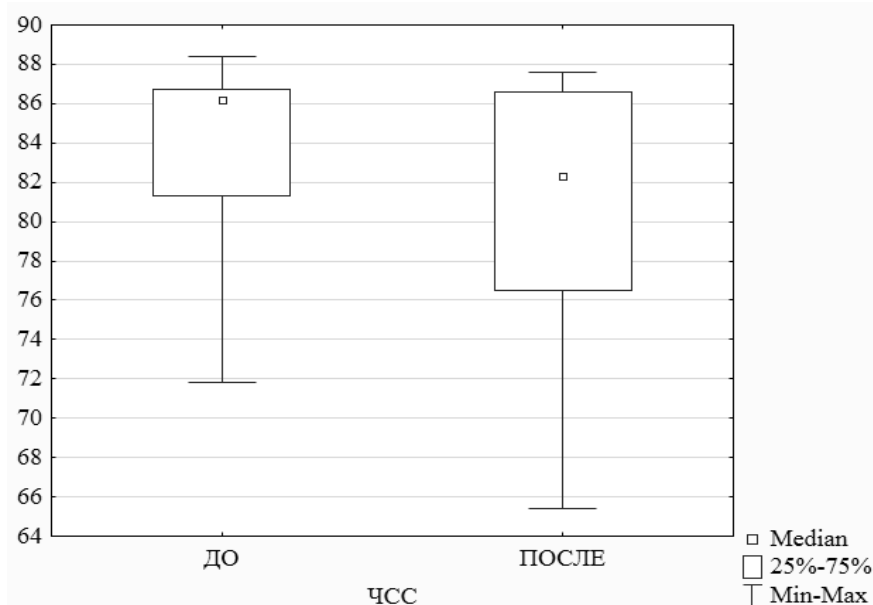


Рис. 2. Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) у альпинистов-мужчин (n=5) в условиях среднегорья до и после курса кислородотерапии

Отмечена тенденция снижения ИН (до: 100,4 (74,7; 143,4) усл.ед., после: 78,5 (72,4; 144,0) усл.ед.) и увеличения HF (до: 31,1 (29,8; 31,9) %, после: 36,4 (25,4; 36,9) %), что свидетельствует об увеличении тонуса парасимпатической нервной системы в регуляции ритма сердца.

По показателям сатурации и гемодинамики у мужчин-альпинистов статистически значимых различий не выявлено, однако

имелась тенденция к снижению индекса объемной скорости кровотока. После курса ингаляций гипероксической газовой смесью значение данного показателя укладывалось в пределы референсных значений. Как до, так и после применяемых воздействий по показателям гемодинамики альпинисты характеризовались состоянием спортивной гипотонии (табл. 4).

Таблица 4

Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы альпинистов-мужчин (n=5) в условиях среднегорья под воздействием курса кислородотерапии, Ме (Q1; Q3)

№ п/п	Показатели	Норма	До	После
1	SpO ₂ , %	95-100	96,0 (94,0; 97,0)	95,0 (95,0; 95,0)
2	Индекс жесткости, м/с	7-9	5,6 (5,3; 5,8)	5,4 (5,4; 5,5)
3	Индекс отражения, %	30-45	25,0 (25,0; 25,0)	25,0 (25,0; 25,0)
4	Индекс аугментации, усл.ед.	0,89-1,33	1,1 (1,1; 1,1)	1,1 (1,0; 1,1)
5	b/a, усл.ед.	-0,77- -0,41	-1,3 (-1,3; -1,2)	-1,3 (-1,3; -1,1)
6	d/a, усл.ед.	0,15-0,49	-0,3 (-0,3; -0,3)	-0,3 (-0,3; -0,3)
7	ПСС, мПа*S/m ³	900-1500	1287,2 (1098,8; 1453,7)	1266,1 (1244,8; 1461,5)
8	Сердечный выброс, л/мин	4,6-5,6	5,6 (5,3; 5,9)	5,4 (4,6; 5,6)
9	CI, л/мин/м ²	2,6-3,2	3,4 (3,1; 3,4)	3,1 (2,9; 3,4)
10	АД ср, мм рт. ст.	95-110	85,0 (81,7; 90,0)	84,3 (81,7; 84,7)
11	VO ₂ , мл/мин/м ²	200-300	310,0 (300,0; 320,0)	320,0 (320,0; 320,0)
12	АДс, мм рт. ст.	110-140	115,0 (115,0; 120,0)	112,0 (109,0; 118,0)
13	АДд, мм рт. ст.	75-90	70,0 (65,0; 75,0)	71,0 (63,0; 72,0)

Примечание: SpO₂ – насыщение артериальной крови кислородом (сатурация); b/a – маркер функции левого желудочка сердца; d/a – индикатор жесткости артерий малого и среднего калибра; ПСС – периферическое сопротивление сосудов; CI – индекс объемной скорости кровотока; АДср – среднее артериальное давление; VO₂ – показатель нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции; АДс – артериальное давление систолическое; АДд – артериальное давление диастолическое

При анализе показателей спирометрии альпинистов-мужчин статистически значимых изменений не выявлено, однако все исследованные показатели находились в пределах физиологической нормы.

Лыжные гонки. Соревновательные дистанции лыжников-гонщиков в настоящее время значительно варьируют по продолжительности от субмаксимальной до умеренной мощности, но в большей степени преобладают соревновательная и тренировочная работа с преимущественно аэробным механизмом энергообеспечения. В исследовании приняли участие спортсмены, ранее перенесшие COVID-19. Во время УТС они прошли курс ингаляций гипероксической газовой смесью. У лыжников-гонщиков статистически значимых изменений по показателям ВСР не

выявлено, однако имелась тенденция увеличения HF (до: 34,9 (34,6; 35,5) %, после: 40,0 (33,8; 42,7) %) и снижения ИН (до: 86,9 (75,2; 93,3) усл.ед., после: 79,1 (72,2; 81,8) усл.ед.).

По показателям центральной гемодинамики также не отмечено статистически значимых изменений после курса кислородотерапии, однако имелась положительная тенденция к повышению индекса жесткости (до: 6,5 (6,5; 6,8) м/с, после 6,7 (6,2; 6,8) м/с) и сатурации (до: 94,0 (94,0; 94,0) %, после: 95,0 (94,0; 95,0) %).

По показателям спирометрии лыжников-гонщиков имелась тенденция к повышению ЖЕЛ (до: 5,51 (5,12; 6,13) л, после: 5,88 (5,80; 6,39) л).

Ски-альпинизм. Ски-альпинизм предполагает прохождение маршрута в горах с

подъёмом на лыжах с камусом и/или пешком с лыжами и спуском на лыжах без трассы (фрирайд). Продолжительность прохождения соревновательных дистанций – от 3 минут до 2 часов. Следовательно, как и у лыжников-гонщиков, энергообеспечение может осуществляться как анаэробными лактатными, так и аэробными механизмами. Большинство соревнований длительные, в связи с чем мы отнесли данный вид спорта к видам с преимущественно аэробным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности. В исследовании приняли участие спортсмены, не имеющие в анамнезе COVID-19, во время УТС прошли курс ингаляций гипероксической газовой смесью. Анализ динамики ВСР у

мужчин ски-альпинистов статистически значимых изменений не выявил, однако имелась положительная тенденция к снижению ЧСС (до: 86,5 (71,8; 88,4) уд/мин, после: 77,7 (72,6; 95,9) уд/мин) и ИН (до: 143,4 (74,7; 178,6) усл.ед., после: 78,5 (60,6; 291,8) усл.ед.).

По показателям центральной гемодинамики статистически значимое снижение отмечено для АДс ($p<0,03$), вместе с повышением поглощения кислорода из системы микроциркуляции ($p<0,04$). Имелась тенденция к снижению сатурации (табл. 5). По-видимому, у ски-альпинистов при тренировках в среднегорье наблюдались признаки гипоксии.

Таблица 5

Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы у ски-альпинистов мужчин ($n=7$) в условиях среднегорья под воздействием курса кислородотерапии, Ме (Q1; Q3)

№ п/п	Показатели	Норма	До	После	P<
1	SpO ₂ , %	95-100	96,0 (94,0; 97,0)	95,0 (93,0; 96,0)	-
2	Индекс жесткости, м/с	7-9	5,8 (5,6; 7,6)	5,5 (5,4; 7,2)	-
3	Индекс отражения, %	30-45	25,0 (25,0; 30,0)	25,0 (25,0; 30,0)	-
4	Индекс аугментации, усл.ед.	0,89-1,33	1,1 (1,1; 1,1)	1,1 (1,0; 1,1)	-
5	b/a, усл.ед.	-0,77- -0,41	-1,1 (-1,3; -1,0)	-1,1 (-1,1; -0,7)	-
6	d/a, усл.ед.	0,15-0,49	-0,3 (-0,3; -0,3)	-0,3 (-0,3; -0,2)	-
7	ПСС, mPa*S/m ³	900-1500	1316,0 (1207,1; 1491,8)	1250,5 (1188,6; 1449,9)	-
8	Сердечный выброс, л/мин	4,6-5,6	5,6 (4,8; 6,2)	5,7 (4,3; 5,9)	-
9	CI, л/мин/м ²	2,6-3,2	3,4 (3,2; 3,4)	3,1 (3,1; 3,6)	-
10	АД ср, мм рт. ст.	95-110	90,3 (85,0; 95,7)	85,7 (84,7; 88,0)	-
11	VO ₂ , мл/мин/м ²	200-300	300,0 (190,0; 320,0)	320,0 (310,0; 320,0)	0,04
12	АДс, мм рт. ст.	110-140	120,0 (115,0; 133,0)	118,0 (104,0; 119,0)	0,03
13	АДд, мм рт. ст.	75-90	77,0 (70,0; 77,0)	72,0 (69,0; 75,0)	-

Примечание: SpO₂ –насыщение артериальной крови кислородом (сатурация); b/a – маркер функции левого желудочка сердца; d/a – индикатор жесткости артерий малого и среднего калибра, ПСС – периферическое сопротивление сосудов; CI – индекс объемной скорости кровотока; АДср – среднее артериальное давление; VO₂ – поглощение кислорода из системы микроциркуляции; АДс – артериальное давление систолическое; АДд – артериальное давление диастолическое

По показателям спирометрии статистически значимых изменений выявлено не было, однако все исследованные показатели находились в пределах физиологической нормы.

Таким образом, курс ингаляций гипероксической газовой смесью способствовал положительной динамике функционального состояния, которая проявилась в снижении напряжения регуляторных механизмов, повышении тонуса парасимпатической нервной системы в регуляции сердечного ритма спортсменов с преимущественно аэробным энергообеспечением мышечной деятельности (в том числе перенесших COVID-19) во время UTC в среднегорье.

Заключение. Курс ингаляций гипероксической газовой смесью, включающий не менее 7 процедур, продемонстрировал достаточную эффективность. Отмечено положительное влияние на кислородтранспортную систему спортсменов всех исследованных видов спорта независимо от преобладающего механизма энергообеспечения мышечной деятельности, в том числе спортсменов, перенесших ранее COVID-19, в условиях интенсивных тренировок в среднегорье. Однако спортсмены с анаэробным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности особенно нуждаются в дополнительной поддержке гипероксической смесью, что объясняется проявлениями гипоксии и образованием кислородного долга в связи со спецификой их тренировочного и соревновательного процесса.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатова, М. М. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов / М. М. Булатова, В. Н. Платонов // Спортивная медицина. – 2008. – Т. 1. – С. 95-119.
2. Байковский, Ю. В. Факторы, определяющие тренировку спортсмена в условиях высокогорья и среднегорья / Ю. В. Байковский, Т. В. Байковская. – Москва: ТВТ Дивизион. – 2010. – 280 с.
3. Тер-Акопов, Г. Н. Применение гипо- и гипероксических факторов в медико-биологическом обеспечении спортсменов (Аналитический обзор) / Г. Н. Тер-Акопов, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6 (4). – С. 252-259.
4. Altitude and COVID-19: Friend or foe? A narrative review / Millet G. P., Debevec T., Brocherie F. [et al] // Physiological reports. – 2021. – Vol. 8(24). – P. e14615.
5. Коррекция тренировочного процесса спортсменов циклических видов спорта, перенесших инфекцию, вызванную COVID-19 / В. П. Губа, С. П. Левушкин, В. В. Маринич, О. Б. Соколов // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 7. – С. 14-16.
6. Щуров, А. Г. Применение гипербарической оксигенации для повышения работоспособности спортсменов / А. Г. Щуров // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 9. – С. 28-29.
7. Реуцкая, Е. А. Ингаляции воздушной дыхательной смеси с повышенным содержанием кислорода как средство повышения функциональных возможностей дыхательной системы лыжников / Е. А. Реуцкая, Ю. В. Корягина // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. – 2013. – № 1. – С. 198-207.
8. Михалев, В. И. Влияние кислородно-воздушной смеси с содержанием кислорода 93% на вариабельность сердечного ритма и систему внешнего дыхания спортсменов / В. И. Михалев, Е. А. Реуцкая, Ю. В. Корягина // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 11. – С. 012-015.
9. Алиев, Д. Ф. Гипероксия как средство восстановления пловцов после тренировочных занятий разной направленности / Д. Ф. Алиев, О. Н. Кудря // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 3-2 (105). – С. 6-10.
10. 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.

11. Влияние нормобарической кислородотерапии на динамику функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов, переболевших COVID-19, при тренировках в среднегорье / Г. Н. Тер-Акопов, Ю. В. Корягина, С. М. Абуталимова, С. В. Нопин // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100. – № 3-2. – С. 196-197.

12. 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). – С. 27-33.

REFERENCES

1. Bulatova M.M., Platonov V.N. Middle altitude, high altitude and artificial hypoxia in athlete training. *Sports medicine*, 2008, vol. 1, pp. 95-119. (in Russ.)
2. Bajkovskij Yu.V., Bajkovskaya T.V. Factors defining an athlete's training in conditions of high and middle altitude. Moscow: TVT Divizion, 2010. 280 p. (in Russ.)
3. Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V. Using hypo- and hyperoxic factors in the medical and biological support of athletes (analytical review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4, pp. 252-259. (in Russ.)
4. Millet G.P., Debevec T., Brocherie F., Burtscher M., Burtscher J. Altitude and COVID-19: Friend or foe? A narrative review. *Physiological reports*, 2021, vol. 8(24), art. no. e14615.
5. Guba V.P., Levushkin S.P., Marinich 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. Shchurov A.G. Hyperbaric oxygen therapy to improve performance of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2006, no. 9, pp. 28-29. (in Russ.)

7. Reutskaya E.A., Koryagina Yu.V. Inhalation of air breathing mixture with increased oxygen content as a measure of increasing the functional capabilities of the respiratory system of skiers. *Issues of functional training in elite sports*, 2013, no. 1, pp. 198-207. (in Russ.)

8. Mikhalev V.I., Reutskaya E.A., Koryagina Yu.V. The effect of oxygen-air mixture with 93% of oxygen on heart rate variability and external respiration system of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2012, no. 11, pp. 12-15. (in Russ.)

9. Aliev D.F., Kudrya O.N. Hyperoxia as a means of recovery of swimmers after training sessions in various types of sports. *International Research Journal*, 2021, no. 3-2 (105), pp. 6-10. (in Russ.)

10. Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M. Impact of middle-altitude 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.)

11. Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Nopin S.V. Influence of normobaric oxygen therapy on the dynamics of the functional state of the cardiorespiratory system of athletes who recovered from COVID-19 during training in the middle mountains. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*, 2023, vol. 100, no. 3-2, pp. 196-197. (in Russ.)

12. 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(6), pp. 27-33. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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.

Гюкас Николаевич Тер-Акопов – кандидат экономических наук, генеральный директор ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки.

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia V. Kushnareva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: u.v.kushnareva@skfmiba.ru.

Gukas N. Ter-Akopov – General Director, FSBI “North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki.

Sabina M. Abutalimova – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: sabina190989@yandex.ru.

Для цитирования: Кушнарева, Ю. В. Эффекты применения гипероксических ингаляций у спортсменов с аэробным и анаэробным лактатным механизмами энергообеспечения мышечной деятельности, перенесших ранее COVID-19, при тренировках в условиях среднегорья / Ю. В. Кушнарева, Г. Н. Тер-Акопов, С. М. Абуталимова // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2024. – Т. 3. – № 1. DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_01_4

For citation: Kushnareva Yu.V., Ter-Akopov G.N., Abutalimova S.M. Effects of hyperoxic inhalation in athletes with aerobic and anaerobic lactate mechanisms of energy supply of muscle activity, who had COVID-19, during training in middle altitude conditions. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2023, vol. 3, no. 1. DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_01_4