

© Коллектив авторов
УДК 616-092.12
DOI – https://doi.org/10.24412/2304-0343-2026_1_55

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК У ПАЦИЕНТОВ С ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ НА ЭТАПЕ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ

^{1,2}Дудченко Л. Ш., ¹Беляева С. Н., ¹Соловьёва Е. А., ¹Андреева Г. Н.

¹Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Республики Крым «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», Республика Крым, г. Ялта

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет», Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF INTERVAL HYPOXIC-HYPEROXIC TRAINING IN PATIENTS WITH POSTCOVID SYNDROME AT THE STAGE OF SPA TREATMENT

^{1,2}Dudchenko L. Sh., ¹Belyaeva S. N., ¹Solovyova E. A., ¹Andreeva G. N.

¹State Budgetary Healthcare Institution of the Republic of Crimea «Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I.M. Sechenov», the Republic of Crimea, Yalta

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Оценка эффективности интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) у пациентов с постковидным синдромом (ПКС) на санаторно-курортном этапе лечения.

Методы. Исследованы результаты лечения 60 пациентов с постковидным синдромом на санаторно-курортном этапе. Было выделено две группы по 30 человек: пациенты группы сравнения – получали комплексное санаторно-курортное лечение, пациенты основной группы получали комплексное санаторно-курортное лечение, дополненное ИГГТ. Эффективность лечения оценивалась по набору доменов Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ).

Результаты. Основная группа продемонстрировала более достоверное уменьшение выраженности симптомов ПКС, увеличение дистанции, пройденной за 6 минут, снижение одышки по шкале Борга. В группе сравнения наблюдалось статистически значимое снижение выраженности кашля и повышение сатурации, остальные показатели продемонстрировали лишь положительную тенденцию.

Заключение. Оценка санаторно-курортного лечения с использованием доменов МКФ доказала, что включение ИГГТ в программу восстановительного лечения пациентов с ПКС достоверно повышает ее эффективность.

Ключевые слова. Постковидный синдром, гипоксически-гипероксическая тренировка, санаторно-курортное лечение.

ABSTRACT

Aim. To evaluate the efficiency of interval hypoxic-hyperoxic training (IHHT) with patients suffering from post-COVID syndrome (PCS) during spa treatment.

Methods. The study analyzed the treatment results of 60 patients with post-COVID syndrome in a sanatorium setting. The patients were divided into two groups. Each group included 30 patients: the comparison group received comprehensive spa treatment, while the main group received comprehensive spa treatment supplemented with IHHT. The treatment efficiency was assessed using a set of domains from the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF).

Results. The main group demonstrated a significantly greater reduction in the severity of PCS symptoms, an increase in the 6-minute walk test distance, and a decrease in dyspnea according to the Borg scale. The comparison group showed a statistically significant reduction in cough severity and an increase in oxygen saturation; other indicators in this group showed only a positive trend.

Conclusion. An evaluation of spa treatment using ICF domains has proven that the inclusion of IHHT in the rehabilitation program for patients with PCS significantly increases its effectiveness.

Keywords. Post-COVID syndrome, hypoxic-hyperoxic training, spa treatment.

Для цитирования: Дудченко Л. Ш., Беляева С. Н., Соловьёва Е. А., Андреева Г. Н. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК У ПАЦИЕНТОВ С ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ НА ЭТАПЕ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ. Курортная медицина. 2026; 1: 55-62 DOI – https://doi.org/10.24412/2304-0343-2026_1_55

For citation: Dudchenko L. Sh., Belyaeva S. N., Solovyova E. A., Andreeva G. N. EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF INTERVAL HYPOXIC-HYPEROXIC TRAINING IN PATIENTS WITH POSTCOVID SYNDROME AT THE STAGE OF SPA TREATMENT. Resort medicine. 2026; 1: 55-62 DOI – https://doi.org/10.24412/2304-0343-2026_1_55

Введение

Постковидный синдром (ПКС) – состояние после COVID-19 развивается у лиц с анамнезом вероятной или подтвержденной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2, как правило, в течение 3 месяцев от момента дебюта COVID-19 и характеризуется наличием симптомов на протяжении не менее 2 месяцев, а также невозможностью их объяснения альтернативным диагнозом. К числу распространенных симптомов относятся утомляемость, одышка, кашель, ощущение неполного вдоха, когнитивная дисфункция, а также ряд других, которые, как правило, значительно снижают качество жизни. Может отмечаться появление симптомов после выздоровления от острой инфекции COVID-19 либо персистенция симптомов с момента начала заболевания. Кроме того, может иметь место периодическое возникновение или рецидивирование симптомов с течением времени [1].

Поскольку симптомы ПКС могут сохраняться длительное время, можно считать наиболее оправданным восстановительное лечение пациентов в условиях санаторно-курортных организаций.

Постковидный синдром, как системная проблема, требует особого подхода при составлении программ восстановительного лечения. Предпочтение должно отдаваться методам, воздействующим одновременно на несколько систем организма.

Интервальные гипоксически-гипероксические тренировки (ИГГТ) – новая перспективная технология в восстановлении пациентов, перенесших COVID-19, представляющая собой чередование фаз гипоксии и гипероксии при нормальном атмосферном давлении. Гипоксия оказывает иммуностимулирующий, гемостимулирующий, бронходилатирующий, репаративно-регенеративный эффекты. Фаза гипероксии способствует реализации иммуностимулирующего, репаративно-регенеративного, детоксикационного и вазопрессорного эффектов [2, 3].

Цель исследования

Оценить эффективность интервальных гипоксически-гипероксических тренировок у пациентов с постковидным синдромом на санаторно-курортном этапе лечения.

Материалы и методы

В исследование было включено 60 пациентов с диагнозом ПКС, поступивших на санаторно-курортное лечение в отделение пульмонологии ГБУЗ РК «АНИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», г. Ялта. Критериями включения в исследование были: наличие ПКС, возраст от 21 до 75 лет, подписанное добровольное согласие на участие в исследовании. Критериями исключения: возраст более 75 лет, положительный тест на SARS-CoV-2, хронические заболевания в стадии обострения, острые инфекционные заболевания, злокачественные новообразования.

Все пациенты методом простой выборки были разделены на две группы по 30 человек. 1 группа получала комплексное санаторно-курортное лечение, включавшее климатотерапию, диетическое питание, дыхательную гимнастику, массаж, ароматерапию, ингаляционную терапию по показаниям, дополненное ИГГТ. 2 группа получала лечение по аналогичной лечебной программе, но без включения ИГГТ.

ИГГТ проводились на аппарате для получения гипоксических, гипероксических и нормоксических газовых смесей Охутегга (производство ООО «ОКСИТЕРРА», Россия). Аппарат создает из окружающего воздуха как гипоксические газовые смеси с содержанием кислорода 7-16%, так и гипероксические смеси (до 33% O₂), моделируя условия высокогорья или нормальной атмосферы, а его

встроенные модули на основе биологической обратной связи позволяют контролировать текущее состояние пациента и подбирать персонализированный протокол тренировки. Во время процедуры человек дышит через маску, подключенную к аппарату. Компьютерная система контролирует параметры тренировки, включая длительность циклов гипоксии и гипероксии, и физиологические показатели пациента (сатурацию, пульс). Длительность процедуры составляла 36 минут: 5 циклов гипероксии (концентрация кислорода – до 33%) и 4 цикла гипоксии (со снижением кислорода до 10-12%), поочередно сменяющих друг друга [4].

Дизайн работы включал анализ исходного состояния пациентов с ПКС при поступлении на санаторно-курортное лечение по результатам комплексного клинико-функционального и лабораторного обследования. Функцию внешнего дыхания оценивали методом спирометрии, исследование проводилось с соблюдением необходимых требований ATS на аппарате Quark PFT, компании «COSMED» (Италия) [5]. Определение физической работоспособности проводили по 6-минутному шаговому тесту (6МШТ). Для оценки степени одышки применяли опросник BDI/TDI (Baseline Dyspnea Index/ Transition Dyspnea Index), mMRC (Modified Medical Research Council), диаграмму цены кислорода, шкалу Борга [6-8].

Психологическое тестирование включало оценку усталости шкалу FAS (Fatigue Assessment Scale), опросники качества жизни SF-36 (The Short Form-36) и EQ-5D (European Quality of Life Questionnaire) [9-12].

Для оценки эффективности санаторно-курортного лечения больных с ПКС разработан алгоритм на основе критериев Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ). Было выделено 6 доменов второго уровня, в которые вошли 32 показателя. По каждому из доменов рассчитывались баллы, после чего оценивалась достоверность их различий до и после лечения в группах пациентов.

Статистическая обработка результатов проведена с использованием программного пакета «Statistica 12». Соответствие нормальному распределению устанавливали с помощью W-критерия Шапиро-Уилка. Статистическую значимость различий между выборками определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали показатели при $p < 0,05$.

Результаты

Группы 1 и 2, включенные в исследование, были сопоставимы по полу и возрасту (табл. 1). Преобладали пациенты женского пола в обеих группах.

Таблица 1 – **Возрастное и гендерное распределение в группах пациентов с постковидным синдромом**

Значение		Группы	
		основная группа (группа 1)	группа сравнения (группа 2)
		n = 30	n = 30
Возраст, годы (M±σ)		60,43±12,76	61,07±9,94
Пол	Женщины абс., %	29 (96,67)	25 (83,33)
	Мужчины абс., %	1 (3,33)	5 (16,67)

При поступлении на санаторно-курортное лечение пациенты жаловались на повышенную утомляемость, снижение переносимости физической нагрузки, одышку, кашель, снижение памяти, тревожность, нарушения обоняния, сна, и другие симптомы, характерные для ПКС.

Средние показатели результатов большинства лабораторных и всех функциональных исследований были в пределах референсных значений. У 25 пациентов (41,67%) отмечалось повышение СОЭ (максимальное значение – 49 мм/ч), у 27 (45%) – повышение общего холестерина (до 9,1 ммоль/л), у 9 – отмечалась гипергликемия (до 7,9 ммоль/л).

В таблице 2 представлена динамика некоторых клинических симптомов, результатов функциональных тестов и опросников одышки в 1 и 2 группах.

Таблица 2 – Динамика клинических симптомов, функциональных тестов
и опросников одышки в группах

Показатель	Основная группа (группа 1)		Группа сравнения (группа 2)	
	поступление (M±σ)	выписка (M±σ)	поступление (M±σ)	выписка (M±σ)
Кашель частота, баллы	1,70±1,19	0,40±0,62***	1,60±1,26	0,73±1,00**
Кашель выраженность, баллы	1,43±1,19	0,33±0,48***	1,71±1,46	0,50±0,69***
Одышка, баллы	1,03±0,81	0,63±0,49**	1,07±0,72	0,87±0,52
Тревожность, баллы	0,30±0,65	0,07±0,25*	0,33±0,73	0,30±0,72
Снижение памяти, баллы	0,23±0,50	0,03±0,18*	0,17±0,55	0,17±0,55
SpO ₂ , %	96,13±1,41	97,47±1,25***	96,45±1,67	97,45±1,16**
ОФВ ₁ , %	85,30±22,26	85,57±19,99	83,87±20,04	82,86±21,83
ПОС выд, %	81,32±18,81	83,54±19,50	81,60±16,00	81,79±16,93
ЕВ, %	93,79±25,67	99,16±17,91	105,14±18,57	104,40±7,26
Тест 6-ти минутной ходьбы, м	537,74±79,26	580,88±79,91*	537,40±84,04	539,29±80,03
Шкала одышки mMRC, баллы	1,39±0,69	1,26±0,76	1,48±0,77	1,44±0,71
Шкала Борга, баллы	1,96±2,21	3,73±2,15**	1,79±2,55	2,52±2,77

Примечания: SpO₂ – сатурация, ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за первую секунду, ПОСвыд – пиковая объемная скорость выдоха, ЕВ – емкость вдоха, mMRC – шкала выраженности одышки (modified Medical Research Council). В таблице представлены количественные признаки (среднее арифметическое ± σ). * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001. Достоверность различий динамики показателей оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

В обеих группах наблюдалась выраженная положительная динамика по частоте и выраженности кашля. В основной группе частота снизилась с 1,70 до 0,40 балла (p<0,001), в группе сравнения – с 1,60 до 0,73 (p<0,01). Снижение в основной группе статистически более значимо. Выраженность кашля снизилась в обеих группах (p<0,001). В основной группе отмечено достоверное снижение выраженности одышки с 1,03 до 0,63 балла (p<0,01). В группе сравнения показатель изменился незначительно (с 1,07 до 0,87 балла, статистически незначимо).

Изменения психоэмоционального и когнитивного состояния оценивались по уровню тревожности и выраженности снижения памяти. В основной группе наблюдались достоверные положительные изменения, в группе сравнения улучшений не наблюдалось.

Обе группы показали достоверный прирост сатурации. В основной группе показатель вырос с 96,13% до 97,47% (p<0,001), в группе сравнения – с 96,45% до 97,45% (p<0,01). По показателям спирометрии наметилась положительная динамика без статистической значимости в основной группе, в группе сравнения положительных изменений не отмечалось.

Тест 6-минутной ходьбы – ключевой показатель физической выносливости, по которому основная группа продемонстрировала статистически значимый прирост пройденной дистанции с 537,74 м до 580,88 м (p<0,05). В группе сравнения дистанция практически не изменилась (с 537,40 м до 539,29 м).

По шкалам mMRC, BDI/TDI и OCD статистически значимых изменений нет в обеих группах. При этом по шкале Борга в основной группе отмечен рост показателя с 1,96 до 3,73 (p<0,01) и положительная динамика в группе сравнения.

Учитывая, что по динамике отдельно взятых признаков судить об эффективности санаторно-курортного лечения в целом и проводить сравнение между группами не представлялось возможным, возникла необходимость разработки нового метода оценки эффективности. Для пациентов с ПКС на базе «АНИИ им. И.М. Сеченова» был разработан специализированный комплекс доменов МКФ, включающий в себя 32 показателя, отражающих клинические проявления, данные функциональных проб, инструментальных методов исследования и стандартизованных опросников.

Все описательные клинические параметры подвергались кодированию в баллах согласно 5-ти градационной шкале от 0 до 4 баллов, совпадающей со шкалой МКФ: изменения отсутствуют – 0 баллов, незначительные – 1 балл, умеренные – 2 балла, значительные – 3 балла и резко выраженные – 4 балла [13, 14]. Использованы количественные показатели обследования и ряд опросников, рекомендуемых Временными методическими рекомендациями по реабилитации больных после новой коронавирусной инфекции [15]. Если опросники имели авторское разбиение на 5 диапазонов, они приравнивались к 5-ти балльной шкале МКФ. Если опросники имели разбиение на 3 диапазона, они приравнивались к 5-ти балльной шкале МКФ, где 1 балл опросника расценивался как «0», 2 балла – как «2», 3 балла – как «4». Если опросники имели оценку в баллах, проводилось определение количественных значений согласно рекомендациям МКФ: «0 баллов» – отсутствие проблем – 0-4% от всего диапазона значений оценок по опроснику, «1» – легкие проблемы – 5-24%, «2» – умеренные проблемы – 25-49%, «3» – выраженные проблемы – 50-95% и «4» – абсолютные проблемы – 96-100%.

Показатели были сгруппированы в 6 доменов: b280 – ощущение боли, b440 – функция дыхания, b450 – дополнительные дыхательные функции, b455 – функции толерантности к физической нагрузке, b460 – ощущения, связанные с функционированием сердечно-сосудистой и дыхательной систем, d240 – преодоление стресса.

В таблице 3 показана динамика доменов МКФ у пациентов с ПКС. В обеих группах отмечалась положительная динамика, однако в основной группе изменения имели более выраженную статистическую значимость по доменам b460 и d240, что свидетельствует о положительном влиянии ИГГТ на сердечно-сосудистую систему и функционирование нервной системы (возможности преодоления стресса). Достоверных различий динамики изменений между группами выявлено не было.

Таблица 3 – Динамика доменов МКФ для исследуемых групп

Домен МКФ	Основная группа (группа 1)		Группа сравнения (группа 1)		p
	до, баллы	после, баллы	до, баллы	после, баллы	
b450	1,25±0,80	0,28±0,43***	1,33±0,92	0,48±0,58***	0,57
b460	1,06±0,81	0,65±0,49***	1,07±0,69	0,87±0,51*	0,09
b280	1,83±0,56	1,60±0,63*	1,86±0,58	1,57±0,50**	0,60
b440	0,48±0,43	0,44±0,38	0,86±0,43	0,83±0,30	0,90
b455	1,72±0,45	1,63±0,45	1,86±0,49	1,81±0,52	0,73
d240	1,55±0,60	1,33±0,68*	1,48±0,70	1,33±0,62	0,40

Примечания: в таблице представлены количественные признаки (среднее арифметическое $\pm \sigma$). Различия показателей для связанных и несвязанных выборок анализировались с помощью t-критерия Стьюдента: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$; p – достоверность различий динамики между группами.

Обсуждение

Проблема постковидного синдрома сохраняет свою актуальность в связи с высокой распространенностью, многообразием симптомов и отсутствием четких алгоритмов медицинской помощи данному контингенту пациентов.

Разработка программ восстановительного лечения и способов оценки эффективности отдельных методик и лечебных комплексов является одним из направлений деятельности «АНИИ им. И.М. Сеченова».

Включенные в исследование пациенты перенесли инфекцию COVID-19 различной степени тяжести, а на момент поступления на санаторно-курортное лечение в пульмонологическое отделение имели симптомы ПКС. Средний возраст пациентов составлял $60,75 \pm 11,34$ лет, преобладали женщины – 54 (90%). Разделение на группы проводилось таким образом, чтобы получившиеся совокупности были сопоставимы по полу и возрасту.

Результаты обследования пациентов перед началом курса санаторно-курортного лечения продемонстрировали наличие разнообразных жалоб (одышка, кашель, снижение переносимости физических нагрузок, снижение памяти, тревожность и т.д.) при отсутствии серьезных изменений лабораторных показателей и данных функциональных проб. Можно предположить, что сложные механизмы ПКС реализуются на уровне клеток и тканей (нарушение тканевого метаболизма, внутриклеточного дыхания, проницаемости биологических мембран, функции эндотелия и пр.), не отражаясь на результатах общеклинических методов обследования. Внутреннюю картину болезни помогают оценить опросники SF36, EQ-5D, FAS, демонстрирующие снижение качества жизни и наличие синдрома патологической усталости у абсолютного большинства пациентов с ПКС.

Многообразие симптомов, свидетельствующее о вовлечении в патологическое состояние различных органов и систем, требует комплексного подхода при составлении программы восстановительного лечения.

Исследуемые группы получали лечение в условиях пульмонологического курорта Южного берега Крыма, следовательно, общим лечебным методом была климатотерапия. Кроме того, пациенты обеих групп получали диетическое питание, массаж, ароматерапию, ингаляционную терапию по показаниям и занимались дыхательной гимнастикой.

С учетом природы повреждений клеток вирусом SARS-CoV-2 представляется оправданным включение в восстановительную программу пациентов с ПКС интервальных гипоксически-гипероксических тренировок. Коронавирус обладает митохондриальной токсичностью, нарушая процессы клеточного дыхания. Механизм позитивного воздействия ИГТТ базируется на биологическом феномене гормезиса, при котором дозированный умеренный стресс запускает мощные адаптационные и восстановительные резервы организма без нанесения вреда. Фундаментальной основой этого процесса является обновление митохондриального пула клеток. В условиях контролируемого снижения уровня кислорода поврежденные митохондрии подвергаются митофагии, освобождая место для генерации новых, молодых и функционально активных органелл. Это приводит к тому, что клеточное дыхание становится более эффективным, а производство энергии в виде АТФ значительно возрастает, что ощущается пациентом как прилив сил и повышение общей выносливости [16, 17].

Важным аспектом является и тренировка антиоксидантной системы: чередование фаз гипоксии и гипероксии учит организм эффективнее справляться с окислительным стрессом, повышая уровень защитных ферментов, таких как супероксиддисмутаза и каталаза. Также происходит нормализация вегетативного баланса, снижается избыточная активность симпатической нервной системы, что благоприятно сказывается на уровне артериального давления и качестве сна. Повышается выработка оксида азота – фактора профилактики эндотелиальной дисфункции, являющейся частью патогенетического механизма ПКС [18].

Группа 1, получавшая ИГТТ, продемонстрировала более достоверное уменьшение выраженности симптомов ПКС, увеличение дистанции, пройденной за 6 минут, снижение одышки по шкале Борга. В группе 2 наблюдалось статистически значимое снижение выраженности кашля и повышение сатурации, остальные показатели продемонстрировали лишь положительную тенденцию.

Оценка санаторно-курортного лечения с использованием доменов МКФ доказала, что включение ИГТТ в программу восстановительного лечения пациентов с ПКС достоверно повышает ее эффективность.

Заключение

На основании представленных данных можно сделать вывод о высокой эффективности включения интервальных гипоксически-гипероксических тренировок в комплекс санаторно-курортного лечения. Отмечается достоверное увеличение толерантности к физической нагрузке (прирост дистанции в 6-минутном тесте), уменьшение выраженности одышки, кашля, тревожности, улучшение когнитивных функций, в связи с улучшением кислородного обеспечения тканей мозга и адаптационными механизмами в ответ на гипоксию. Комплексная оценка результата санаторно-курортного лечения

продемонстрировала повышение эффективности за счет включения в комплексную программу интервальных гипоксически-гипероксических тренировок.

Участие авторов. разработка концепции и дизайна исследования, научная редакция текста рукописи - Л. Ш. Дудченко; научная редакция текста рукописи - С. Н. Беляева; отбор и клиническое обследование пациентов, написание текста, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи - Е. А. Соловьёва; верификация данных, статистическая обработка данных - Г. Н. Андреева.

Источники финансирования. Научно-исследовательская работа по направлению «Реабилитация в условиях санаторно-курортного учреждения пациентов, страдающих хроническими неспецифическими заболеваниями органов дыхания и перенесших COVID-19» проведена в рамках договора апробации медицинского оборудования N30-25/ПТО от 19.05.2025. Использовался аппарат для получения гипоксических, гипероксических и нормоксических газовых смесей OXYTERRA (производство ООО «ОКСИТЕРРА», Россия, г. Москва).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict interest. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. WHO Clinical case definition working group on post-COVID-19 condition. Towards a universal understanding of post COVID-19 condition. Bulletin of the World Health Organization. 2021.
2. Doehner W, Gelbrich G, Agewall M W. [et al.] Intermittent Hypoxic-Hyperoxic Training During Inpatient Rehabilitation Improves Exercise Capacity and Functional Outcome in Patients With Long Covid. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle. 2025; 16(3): e13866.
3. Kapel J S, Stokholm R, Elmengaard B. [et al.] Individualized Algorithm-Based Intermittent Hypoxia Improves Quality of Life in Patients Suffering from Long-Term Sequelae After COVID-19 Infection. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(5): 1590.
4. Пономаренко Г. Н. Применение аппарата для получения гипоксических, гипероксических и нормоксических газовых смесей «OXYTERRA» в клинической практике: научно-методические рекомендации. Санкт-Петербург: [б. и.], 2024. 14 с.
5. Miller M R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F. Standardisation of spirometry. European Respiratory Journal. 2005; 26(2): 319–338.
6. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2002; 166: 111–117.
7. Milačić N, Milačić B, Dunjic O. [et al.] Validity of CAT and mMRC – dyspnea score in evaluation of COPD severity. Acta Medica Medianae. 2015; 54.
8. Chuang M L, Lee C H, Lin I F. Using the Oxygen-Cost Diagram in Ramp-slope Selection for Dyspneic. Internal Medicine. 2010; 49(14): 1325–1332.
9. Временные методические рекомендации. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 3 (01.11.2022) / Министерство здравоохранения Российской Федерации. Москва, 2022.
10. Амирджанова В. Н., Эрдес Ш. Ф. Валидация русской версии общего опросника EUROQOL – 5D (EQ-5D). Научно-практическая ревматология. 2007; 45(3): 69–76.
11. Michielsen H J, De Vries J, Van Heck G L. Psychometric qualities of a brief self-rated fatigue measure: The Fatigue Assessment Scale (FAS). Journal of Psychosomatic Research. 2003; 54: 345–352.
12. Ware J E, Kosinski M, Keller S D. SF-36. Physical and mental health summary scales: a user's manual. Boston: The Health Institute, New England Medical Center, 1994. P. 23–38.
13. Дудченко Л. Ш., Мизин В. И., Григорьев П. Е. [и др.] Применение международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья при медицинской реабилитации больных после COVID-19. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2022. № 85.
14. Савченко В. М. Унифицированная стандартизация значений показателей исследования в клинической пульмонологии. Украинский пульмонологический журнал. 2002; 3: 22–26.
15. Временные методические рекомендации. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 3 (01.11.2022) / Министерство здравоохранения Российской Федерации. Москва, 2022.
16. Molnar T, Lehoczi A, Fekete M. [et al.] Mitochondrial dysfunction in long COVID: mechanisms, consequences, and potential therapeutic approaches. GeroScience. 2024; 46(5): 5267–5286.
17. Nunn A V W, Guy G W, Bell J D. Understanding Long COVID; Mitochondrial Health and Adaptation—Old Pathways, New Problems. Biomedicines. 2022; 10(12): 3113.
18. Cai M, Chen X, Shan J. [et al.] Intermittent Hypoxic Preconditioning: A Potential New Powerful Strategy for COVID-19 Rehabilitation. Frontiers in Pharmacology. 2021; 12: 643619.

REFERENCES

1. WHO Clinical case definition working group on post-COVID-19 condition. Towards a universal understanding of post COVID-19 condition. Bulletin of the World Health Organization. 2021.

2. Doehner W, Gelbrich G, Agewall M W. [et al.] Intermittent Hypoxic–Hyperoxic Training During Inpatient Rehabilitation Improves Exercise Capacity and Functional Outcome in Patients With Long Covid. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2025; 16(3): e13866.
3. Kapel J S, Stockholm R, Elmengaard B. [et al.] Individualized Algorithm-Based Intermittent Hypoxia Improves Quality of Life in Patients Suffering from Long-Term Sequelae After COVID-19 Infection. *Journal of Clinical Medicine*. 2025; 14(5): 1590.
4. Пономаренко Г. Н. Применение аппарата для получения гипоксических, гипероксических и нормоксических газовых смесей «OXYTERRA» в клинической практике: научно-методические рекомендации. Санкт-Петербург: [б. и.], 2024. (In Russian)
5. Miller M R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*. 2005; 26(2): 319–338.
6. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002; 166: 111–117.
7. Milačić N, Milačić B, Dunjic O. [et al.] Validity of CAT and mMRC – dyspnea score in evaluation of COPD severity. *Acta Medica Medianae*. 2015; 54.
8. Chuang M L, Lee C H, Lin I F. Using the Oxygen-Cost Diagram in Ramp-slope Selection for Dyspneic. *Internal Medicine*. 2010; 49(14): 1325–1332.
9. Vremennye metodicheskie rekomendacii. Medicinskaya reabilitaciya pri novoj koronavirusnoj infekcii (COVID-19). Versiya 3 (01.11.2022) / Ministerstvo zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii. Moskva, 2022. (In Russian)
10. Amirdzhanova V N, Erdes SH F. Validaciya russkoj versii obshchego oprosnika EUROQOL – 5D (EQ-5D). *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. 2007; 45(3): 69–76. (In Russian)
11. Michielsen H J, De Vries J, Van Heck G L. Psychometric qualities of a brief self-rated fatigue measure: The Fatigue Assessment Scale (FAS). *Journal of Psychosomatic Research*. 2003; 54: 345–352.
12. Ware J E, Kosinski M, Keller S D. SF-36. Physical and mental health summary scales: a user's manual. Boston: The Health Institute, New England Medical Center, 1994. P. 23–38.
13. Dudchenko L SH, Mizin V I, Grigor'ev P E. [et al.] Application of the international classification of functioning, limitations of life activity and health in medical rehabilitation of patients after COVID-19. *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya*. 2022. № 85. (In Russian)
14. Savchenko V M. Unified standardization of research indicator values in clinical pulmonology. *Ukrainskij pul'monologicheskij zhurnal*. 2002; 3: 22–26. (In Russian)
15. Vremennye metodicheskie rekomendacii. Medicinskaya reabilitaciya pri novoj koronavirusnoj infekcii (COVID-19). Versiya 3 (01.11.2022) / Ministerstvo zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii. Moskva, 2022. (In Russian)
16. Molnar T, Lehoczi A, Fekete M. [et al.] Mitochondrial dysfunction in long COVID: mechanisms, consequences, and potential therapeutic approaches. *GeroScience*. 2024; 46(5): 5267–5286.
17. Nunn A V W, Guy G W, Bell J D. Understanding Long COVID; Mitochondrial Health and Adaptation—Old Pathways, New Problems. *Biomedicines*. 2022; 10(12): 3113.
18. Cai M, Chen X, Shan J. [et al.] Intermittent Hypoxic Preconditioning: A Potential New Powerful Strategy for COVID-19 Rehabilitation. *Frontiers in Pharmacology*. 2021; 12: 643619.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дудченко Лейла Шамилевна, д-р мед. наук, заведующая научно-исследовательским отделом пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», г. Ялта; доцент кафедры медицинской реабилитации Приволжского исследовательского медицинского университета, г.Нижний Новгород; E-mail: vistur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5486-7262>

Беляева Светлана Николаевна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», г. Ялта; E-mail: belyaeva-sveta-1956@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6161-6058>

Андреева Галина Николаевна, научный сотрудник научно-исследовательского отдела пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», г. Ялта; E-mail: galinaandreeva2901@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1876-0011>

Соловьёва Елена Александровна, научный сотрудник научно-исследовательского отдела пульмонологии ГБУЗРК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», г. Ялта; E-mail: cameliaaol@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7882-8885>