

УДК 616-08-031.81; 616-08-039.78

<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11>

В. С. ОСОСКОВ¹, А. А. ФЕДОРОВИЧ^{1, 2}, А. И. КОРОЛЕВ¹,
К. С. САМАТОВА¹, О. М. ДРАПКИНА¹

Клинические эффекты интервальных гипоксических тренировок у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (обзор)

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации
101990, Россия, Москва, Петроверигский переулок, д. 10/3

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем» Российской академии наук
123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76А
E-mail: vip.ososkov11@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.10.25 г.; принята к печати 14.11.25 г.

Резюме

В кратком обзоре приводятся данные за последние 25 лет клинической эффективности интервальных нормобарических гипоксических тренировок (ИГТ) у пациентов с заболеваниями органов сердечно-сосудистой (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность, заболевания сосудов головного мозга), дыхательной систем (хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма) и сахарным диабетом 2 типа. Показано, что курсы ИГТ имеют системные положительные эффекты на клеточном, органном и системном уровнях во всех возрастных категориях при самом широком спектре заболеваний. Метод ИГТ как альтернативный метод лечения и реабилитации пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями является очень перспективным и требует дальнейшего развития.

Ключевые слова: хронические неинфекционные заболевания, интервальные нормобарические гипоксические тренировки

Для цитирования: Ососков В. С., Федорович А. А., Королёв А. И., Саматова К. С., Драпкина О. М. Клинические эффекты интервальных гипоксических тренировок у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (обзор). Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2025;24(4):4–11. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11>.

UDC 616-08-031.81; 616-08-039.78

<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11>

V. S. OSOSKOV¹, A. A. FEDOROVICH^{1, 2}, A. I. KOROLEV¹,
K. S. SAMATOVA¹, O. M. DRAPKINA¹

Clinical Effects of Hypoxic Interval Training in Patients with Chronic Non-infectious Diseases (review)

¹ National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine
10/3, Petroverigsky per., Moscow, Russia, 101990

² Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences
76A, Khoroshevskoe shosse, Moscow, Russia, 123007
E-mail: vip.ososkov11@gmail.com

Received 01.10.25; accepted 14.11.25

Summary

This brief review presents data from the past 25 years on the clinical effectiveness of interval normobaric hypoxic training (IHT) in patients with cardiovascular diseases (arterial hypertension, coronary heart disease, chronic heart failure, cerebrovascular disease), respiratory diseases (chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma), and type 2 diabetes mellitus. It has been shown that IHT courses lead to systemic positive effects at the cellular, organ and systemic levels in all age groups with the widest range of diseases. IHT, as an alternative treatment and rehabilitation method for patients with chronic non-infectious diseases, is very promising and requires further development.

Keywords: chronic non-infectious diseases, chronic non-communicable diseases, interval normobaric hypoxic training

For citation: Ososkov V. S., Fedorovich A. A., Korolev A. I., Samatova K. S., Drapkina O. M. Clinical effects of hypoxic interval training in patients with chronic non-infectious diseases (review). Regional hemodynamics and microcirculation. 2025;24(4):4–11. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-4-4-11>.

Введение

В настоящее время все большее внимание медицинского сообщества привлекают альтернативные методы лечения и реабилитации пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (ХНИЗ), которые направлены на активацию адаптационных механизмов самого организма. Это обусловлено тем, что функционирование систем здравоохранения в наиболее развитых странах мира, благодаря достижениям фармакологической промышленности и методам высокотехнологичной медицинской помощи при большинстве ХНИЗ, демонстрирует существенное увеличение продолжительности жизни коморбидных пациентов (сочетание 2 и более ХНИЗ). С одной стороны, это свидетельствует об эффективности работы медицинских ведомств данных государств, а с другой, повышает финансовую нагрузку на бюджеты систем здравоохранения и пенсионного обеспечения целых государств.

Одним из эффективных методов немедикаментозного лечения пациентов с ХНИЗ является метод гипоксических тренировок. Снижения уровня кислорода во вдыхаемом воздухе можно достичь двумя путями: 1) при снижении барометрического давления и, как следствие, снижении парциального давления кислорода (гипобарическая гипоксия), что происходит в горах или при «подъеме» в барокамере на «высоту» 2500 метров и более над уровнем моря; 2) при изменении газового состава вдыхаемого воздуха с уменьшением фракции кислорода (тент, палатка) или уменьшением концентрации кислорода, подаваемого через лицевую маску газовой смеси посредством установок для дыхательной терапии при нормальном барометрическом давлении (нормобарическая гипоксия) [1].

Второй вариант более предпочтителен, так как является более доступным для широкого клинического применения, и сегодня в Российской Федерации производится уже несколько моделей гипоксикаторов («Био-Нова», «Эверест», «Биохаер», «ОХУТЕРРА»), официально разрешенных к клиническому применению.

В ходе экспериментов было обнаружено, что моделируемый горный воздух (гипоксия) активирует целый каскад прямых и перекрестных адаптационных эффектов, повышая устойчивость организма как к последующим гипоксическим стимулам, так и к другим стрессорным воздействиям (физические нагрузки, температурные, эмоциональные и др.), что привело к формированию целого направления в лечении и реабилитации пациентов с ХНИЗ с использованием метода интервальных гипоксических тренировок (ИГТ).

Основной целью данного обзора является изучение выявленных и опубликованных клинических эффектов курсового применения ИГТ у пациентов с ХНИЗ.

Материалы и методы исследования

Поиск публикаций проводился на электронных ресурсах PubMed, MEDLINE, Scopus, Web of Science, e-library, cyberleninka. Период поиска – с 2000 по 2025 год. Использовались следующие ключевые

слова и словосочетания: интервальная гипоксическая терапия (interval hypoxic therapy), интервальная гипоксии-нормоксическая терапия (Interval hypoxic-normoxic therapy), интервальная гипоксии-гипероксическая терапия (interval hypoxic-hyperoxic therapy).

В обзор литературы включены только клинические результаты, опубликованные в научных медицинских журналах. Изданные в виде тезисов научных конференций результаты ИГТ в обзоре не учитывались. Вид периода реоксигенации (нормоксический или гипероксический) также не анализировался. Основной фокус в работе сделан на методах исследования клинических эффектов при курсовом применении ИГТ у пациентов с ХНИЗ, в которые входят заболевания органов сердечно-сосудистой системы, респираторной системы и нарушения обменных процессов (включая сахарный диабет 2 типа (СД2), метаболический синдром (МТС) и ожирение).

Результаты

В процессе анализа научного материала была выявлена одна характерная особенность – среди работ по данной теме доминируют труды российских и русскоговорящих исследователей из стран СНГ. Вероятнее всего это обусловлено тем, что первый опыт использования барокамер и состояния гипоксии был получен в СССР еще в конце 30-х годов XX века для тренировки летчиков. Первые исследования в области применения ИГТ для лечения сердечно-сосудистых заболеваний начались только в конце 80-х – начале 90-х годов в странах СНГ (Россия, Белоруссия, Украина) [2].

Второй особенностью является неуклонный рост научного интереса к этому направлению исследований. По данным только базы PubMed, за период с 2000 по 2025 год было опубликовано 699 работ, причем 557 из них – с 2013 года. Однако, несмотря на значительное общее число публикаций, исследований, посвященных конкретно пациентам с ХНИЗ, остается мало, так как основная масса опубликованных данных относится либо к другим нозологиям, либо представляет собой экспериментальные исследования на лабораторных животных.

Болезни системы кровообращения

Артериальная гипертензия. Исследования в области применения технологии ИГТ у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) представлены наиболее объемно, причем в самом широком возрастном диапазоне.

Исследование влияния ИГТ при эссенциальной АГ у 15 подростков обоего пола в возрасте 12–17 лет показало, что после 10 сеансов с содержанием O_2 на уровне 12 % по данным суточного мониторингирования артериального давления (СМАД) имели место достоверное снижение среднесуточных показателей и индексов времени гипертензии, а также нормализация эмоционального фона и увеличение двигательной активности подростков [3].

В группе из 35 молодых мужчин (29 ± 1 год) с АГ 1 стадии 1 степени после курсового (15 сеансов) применения ИГТ с содержанием O_2 на уровне 10 % по данным СМАД у 27 (77 %) отмечено достоверное

снижение САД, ДАД, индекса площади и индекса времени САД и ДАД, а также величины и скорости утреннего подъема САД без достоверной динамики со стороны частоты сердечных сокращений (ЧСС) [4].

В другом исследовании в группе мужчин в возрасте 45 ± 9 лет с АГ 1 степени ($n=26$) и АГ 2 степени ($n=33$) после 10 сеансов ИГТ с содержанием O_2 на уровне 10–12 %, кроме достоверного снижения САД и ДАД, отмечена достоверная динамика метаболитов арахидоновой кислоты, которая выражалась в снижении уровня вазоконстрикторного тромбоксана A_2 и увеличении уровня дилататорного простаглицлина [5].

В исследовании на 23 пациентах обоего пола (42 ± 3) с АГ I–III стадии стандартная антигипертензивная терапия (5 мг периндоприла + 1,5 мг индапамида) была дополнена курсом ИГТ из 16–20 сеансов с концентрацией кислорода на уровне 10–12 %. Группу контроля составили 22 человека, которые получали только антигипертензивную терапию. Параметры гемодинамики оценивались по данным СМАД и скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) в каротидно-бедренном и каротидно-радиальном сегментах. Через 6 месяцев после начала терапии в группе пациентов с ИГТ значения САД, ДАД и СРПВ были достоверно ниже, чем в группе сравнения [6].

На 33 пациентах с АГ 1 степени после 20 курсов ИГТ продемонстрировано снижение САД и ДАД, а также увеличение синтеза NO, который определяли по суточной экскреции стабильных метаболитов оксида азота (NO – нитрата и нитрита) с мочой [7].

На 93 пациентах (26–66 лет) с АГ I и II стадии курсовое применение ИГТ (16–30 сеансов) привело к снижению САД и ДАД у всех пациентов, а 85 человек (79 %) прекратили прием антигипертензивных препаратов. Гипотензивный эффект в течение 6 месяцев сохранялся у 86 человек (80 %), а в течение года – у 40 (43 %) [8].

В другом исследовании на группе из 56 человек с АГ I–II стадии 10 циклов ИГТ (10–14 %) привели к усилению эффекта обычных антигипертензивных препаратов в отношении снижения САД, ДАД, ЧСС и снижению периферического сосудистого сопротивления [9].

В исследовании В. Б. Симоненко с соавторами на группе из 30 пациентов с АГ было показано, что дополнение стандартной антигипертензивной терапии курсовым применением ИГТ по данным СМАД приводит к более существенному снижению АД с выраженным уменьшением ночных и дневных подъемов относительно группы контроля, члены которой получали только антигипертензивную терапию. При комбинированной терапии нормализовывался суточный профиль АД, уменьшались количество и продолжительность гипертонических кризов [10].

Интересным является наблюдение положительного влияния ИГТ у беременных женщин с высоким риском развития позднего токсикоза. Курсовое применение ИГТ приводило к снижению АД у беременных с гипертонической нейроциркуляторной дистонией и АГ I–II стадии [11].

Ишемическая болезнь сердца и хроническая сердечная недостаточность. При проведении 10 циклов

ИГТ у 50 ($57 \pm 1,4$) пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) в анамнезе, фракцией выброса левого желудочка (ФВ) <35 % и II–IV стадией хронической сердечной недостаточности по NYHA (ХСН) по данным трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) и сцинтиграфии миокарда (СГМ) было зарегистрировано достоверное увеличение площади жизнеобеспечения миокарда и достоверное снижение общего количества сегментов миокарда с нарушенной перфузией. По данным спирометрии (СВЭМ) отмечается увеличение объема выполненной работы, мощности пороговой нагрузки и уровня потребленного кислорода. На этом фоне, по данным лабораторных методов исследования, достоверно снижается уровень мозгового натрий-уретического пептида (BNP), эндотелина-1 (ЭТ-1), гомоцистеина и фактора некроза опухоли (ФНО) [12].

В другом исследовании у 51 пациента в возрасте 45–50 лет с АГ 1–2 степени и стенокардией напряжения I–II функционального класса после 20 курсов ИГТ отмечались достоверное снижение уровня ЭТ-1 и увеличение уровня NO [13].

У 27 пациентов (64 ± 12 лет) с ИБС II–III ФК по NYHA после 15 сеансов ИГТ отмечается достоверное снижение САД, ДАД, ЧСС, уровня глюкозы на фоне увеличения ФВ, а также увеличения переносимости физических нагрузок и улучшения качества жизни [14].

В целом ряде других исследований было продемонстрировано, что при курсовых ИГТ у пациентов с ИБС I–III ФК отмечается снижение эпизодов депрессии сегмента ST, снижение количества приступов стенокардии и суточной дозы нитроглицерина, повышение толерантности к физической нагрузке, увеличение дистанции в тесте с 6-минутной ходьбой, снижаются АД и функциональный класс стенокардии, улучшаются когнитивные функции и качество жизни [15–19].

У больных с ИБС были проведены исследования о влиянии курса ИГТ на состояние антиоксидантной защиты, показателя агрегации и состояние мембран эритроцитов. Отмечено достоверное увеличение толерантности плазмы к гепарину, снижение уровня малонового диальдегида, супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы [20]. Положительные эффекты лабораторных показателей крови наблюдаются и у пациентов с метаболическим синдромом (ИБС+АГ+ожирение). После курса ИГТ отмечается снижение уровня общего холестерина (ОХ), липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), триглицеридов (ТГ) и глюкозы [21].

Положительные эффекты курсовых ИГТ отмечаются и у больных с хронической сердечной недостаточностью I–III ФК по NYHA. В данной группе снижаются частота приступов стенокардии и суточная доза нитроглицерина, а также ФК стенокардии. При этом увеличивается ударный объем и сердечный выброс, толерантность к физической нагрузке и дистанция при тесте с 6-минутной ходьбой, снижаются периферическое сосудистое сопротивление и уровень АД [17, 22, 23].

Очень хорошо проявили себя курсы ИГТ и при подготовке к операции аорто-коронарного шунтиро-

вания в условиях искусственного кровообращения. У пациентов, прошедших курс ИГТ перед операцией, значительно реже развивались переоперационный инфаркт миокарда и нарушения ритма сердца в раннем послеоперационном периоде, снижался уровень тропонина I, крeтинфосфокиназы и лактата через 6–48 часов после операции [24–28].

Нарушения мозгового кровообращения. У пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией 1–2 стадии на фоне АГ I–II стадии после 10 курсов ИГТ по данным интракраниальной доплерографии отмечено достоверное снижение пиковой систолической и диастолической скорости кровотока в средней мозговой артерии, снижается частота и выраженность головных болей, улучшается качество ночного сна и кратковременная память. Данные положительные эффекты сопровождаются улучшением оксидативного статуса – снижаются общая прооксидантная активность и концентрация тиобарбитурат-реактивных продуктов в плазме крови на фоне повышения активности супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы [29].

В группе пациентов с транзиторными ишемическими атаками стандартное медикаментозное лечение было дополнено курсом ИГТ. Относительно группы сравнения у пациентов на фоне ИГТ отмечалось достоверное положительное изменение всех контуров вегетативной регуляции сердечной деятельности и выраженное улучшение самочувствия [30].

У пациентов с ишемическим инсультом в острый период (первые 5 дней) сочетание циклических низкоинтенсивных физических упражнений с ИГТ существенно улучшало толерантность к физическим нагрузкам и неврологический статус, что выражалось в повышении мобильности, активности в повседневной жизни и способности к самообслуживанию [31].

В группе пациентов с ишемическим инсультом в восстановительном периоде были проведены курсы ИГТ (12–15 сеансов) и, относительно группы сравнения, которой ИГТ не проводились, по данным электроэнцефалографии отмечена положительная динамика состояния межполушарной интеграции, проявляющаяся в достоверном повышении средних значений коэффициентов когерентности в диапазоне альфа-колебаний и снижении уровня межполушарной интеграции в диапазоне дельта-колебаний [32].

Хронические обструктивные заболевания легких

В группе из 65 человек с 1 и 2 стадиями ХОБЛ в период ремиссии исследовался оксидативный статус после 20 курсов ИГТ. Выявлено, что после курсового применения ИГТ отмечалось достоверное снижение общей прооксидантной активности и концентрации тиобарбитурат-реактивных продуктов в плазме крови, а также увеличение общей антиоксидантной активности, активности супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы в эритроцитах [33].

На большой группе детей (n=295) 8–12 лет с бронхиальной астмой легкой и средней степени тяжести и дыхательной недостаточностью 1–2 степени проводились исследования иммунологического статус-

са. После 15 процедур ИГТ отмечено достоверное увеличение содержания IgA, IgM и IgG (усиление противомикробного и противовирусного иммунитета), снижение уровня IgE (уменьшение хронического воспаления), снижение количества циркулирующих иммунных комплексов и увеличение содержания Т-лимфоцитов (улучшение клеточного и гуморального иммунитета). Улучшение иммунологического статуса сопровождалось увеличением жизненной емкости легких, проходимости воздушного потока на уровне крупных, средних и мелких бронхов с возрастанием объема форсированного выдоха за 1 секунду [34].

У пациентов из группы риска по ХОБЛ или с легкой формой ХОБЛ ИГТ на протяжении 3 недель достоверно увеличивали общую массу гемоглобина, общее время физической нагрузки и время физической нагрузки до анаэробного порога по сравнению с группой контроля. Изменения общего времени физической нагрузки были положительно связаны с изменениями общей массы гемоглобина, а изменения времени достижения анаэробного порога были положительно связаны с изменениями способности легких к диффузии монооксида углерода [35].

В другом исследовании у пациентов с хронической ХОБЛ средней степени тяжести трехнедельный курс ИГТ относительно группы контроля приводил к достоверному повышению чувствительности барорефлекса до нормального уровня и избирательному усилению гиперкапнической вентиляционной реакции без изменений гипоксической вентиляционной реакции [36].

Сахарный диабет

Несмотря на широкое распространение сахарного диабета 2 типа (СД), работ по применению ИГТ при СД очень мало. Так, в исследовании Ш. И. Ибрагимовой и А. С. Абусуева группы из 20 человек со средней (n=14) и тяжелой (n=6) степенью тяжести СД был проведен анализ эффективности дополнения стандартной сахароснижающей терапии (сахароснижающие препараты (n=10), сахароснижающие препараты + инсулин (n=6), только инсулин (n=4)) курсом ИГТ в количестве 10 сеансов. Контрольную группу составили 82 пациента, сопоставимые по возрасту и степени тяжести СД, которые получали только сахароснижающую терапию. На фоне проводимого лечения в группе контроля снижение уровня глюкозы крови составило в среднем 32 %, а в группе ИГТ – 56 %. Кроме более выраженного снижения уровня глюкозы, в группе ИГТ отмечено достоверное снижение уровня ОХ, чего не отмечено в группе контроля [37].

В исследовании на подростках с ожирением после курса ИГТ было выявлено повышение чувствительности тканей человека к инсулину [38], повышение толерантности к глюкозе и реакции инсулина на глюкозу [39].

В другой работе приводятся результаты курсового применения ИГТ в санаторных условиях у 16 пациентов с СД, но количество сеансов ИГТ, их режим и уровень снижения глюкозы в работе не приводятся.

Авторы отмечают только то, что «улучшение» отмечено у 50 % мужчин (n=4) и 75 % женщин (n=6), включая достоверное снижение АД и ЧСС [40].

Положительное влияние ИГТ на уровень глюкозы в крови можно отметить согласно результатам других исследований, в которые были включены пациенты с метаболическим синдромом и другими патологиями [21, 41].

Заключение

Особенностью безлекарственных методов лечения и несомненным их преимуществом является влияние на весь организм, а не на отдельное звено патогенеза заболевания, как при применении медикаментов. По существу их действие основывается на мобилизации различных адаптационных и компенсаторных резервов, имеющихся как непосредственно в сердечно-сосудистой системе, так и в других органах и тканях.

Знаковым событием в признании эффективности индивидуально дозированной периодической гипоксии стало вручение в 2019 году Нобелевской премии за открытие уникального механизма опознавания клетками изменений уровня кислорода, который запускает экспрессию более 300 генов, связанных практически со всеми важнейшими процессами в организме (ангиогенез, воспаление, энергетический обмен, регенерация, эритропоэз и др.). «Новая физиология гипоксии», как назвал ее один из Нобелевских лауреатов Р. J. Ratcliffe, в настоящий момент открывает широкие возможности для развития перспективной терапевтической стратегии у больных с ХНИЗ, основанной на управлении процессами адаптации к периодически создаваемой гипоксии [42].

Накопленный на сегодняшний день опыт применения ИГТ у пациентов с ХНИЗ демонстрирует однозначные положительные эффекты – субъективные (улучшение самочувствия, сна, памяти, повышение толерантности к физическим нагрузкам и др.), по данным инструментальных (снижение АД, увеличение ФВ, ударного объема и сердечного выброса, снижения СРПВ, увеличение вентиляционной функции легких и др.) и лабораторных методов исследования (нормализация иммунного и антиоксидантного статусов, снижение уровня вазоконстрикторных медиаторов с увеличением вазодилаторных, снижение ОХ, ЛПНП, глюкозы и др.). Совершенно очевидно, что эффекты ИГТ носят системный характер, но исследований систем микроциркуляции, которая не может не вовлекаться при системной гипоксии, в доступной нам литературе выявить не удалось.

В последние годы количество экспериментальных, прикладных и клинических работ, обосновывающих индукцию периодической гипоксией защитных эффектов на клеточном, органном и системном уровнях, прогрессивно нарастает, и здесь лидирующие позиции занимают ученые из России, Беларуси и Украины. В Российской Федерации производятся и официально разрешены к клиническому применению несколько моделей гипоксикаторов, начиная от самых простых («Эверест», «Био-Нова»,

«Биохакер») и заканчивая самыми высокотехнологичными («ОХУТERRA»). В Российской Федерации также выпускаются современные приборы для исследования микроциркуляции у человека в различных областях кожного покрова (лазерный доплеровский флоуметр «ЛАЗМА ПФ», фотоплетизмограф «AngioCode-301»), которые передают физиологическую информацию по беспроводным каналам связи (Bluetooth или WiFi), что крайне удобно для мониторинга системы микроциркуляции непосредственно в процессе гипоксической тренировки. Учитывая приведенные данные, можно констатировать, что российские ученые имеют конкурентные преимущества для проведения исследований по влиянию ИГТ на систему микроциркуляции у человека.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Финансирование / Financing

Работа выполнена в рамках инициативной НИР по исследованию микроциркуляции у человека при интервальных гипоксических тренировках. / This work was carried out as part of an investigator-initiated research project (IIRP) on human microcirculation during interval hypoxic training.

Литература / References

1. Соколов А. В., Ракита Д. Р., Кочеткова Н. Г., Гармаш В. Я. Прерывистая нормобарическая гипокситерапия в клинической практике // Российский медико-биологический вестник им. Академика И. П. Павлова. 2001. № 3–4. С. 166–172. [Sokolov AV, Rakita DR, Kotchetkova NG, Garmash VYa. *Faltering normobaric hypoxithrapy in clinical practice*. I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. 2001; 3-4:166-172. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 9448133.
2. Serebrovskaya TV. Intermittent hypoxia research in the Former Soviet Union and the Commonwealth of Independent States (CIS): history and review of the concept and selected applications. *High Alt Med Biol*. 2002; 3:205-221. <https://doi.org/10.1089/15270290260131939>.
3. Игнатенко Г. А., Дубовая А. В., Науменко Ю. В., и др. Интервальная нормобарическая гипокситерапия как метод немедикаментозной коррекции артериальной гипертензии у подростков // Практическая медицина. 2024; 22(3):81-84. [Ignatenko GA, Dubovaya AV, Naumenko YuV, et al. *Interval normobaric hypoxotherapy as a method of non-drug correction of arterial hypertension in adolescents*. *Practical medicine*. 2024; 22(3):81-84. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2024-3-81-84>.
4. Велижанина И. А., Гапон Л. И., Евдокимова О. В., и др. Оценка эффективности прерывистой нормобарической гипокситерапии в лечении артериальной гипертензии по данным суточного мониторирования артериального давления // Клиническая практика. 2017; 4:51-55. [Velizhanina IA, Gapon LI, Evdokimova OV, et al. *Efficacy of intermittent normobaric hypoxic training in the treatment of arterial hypertension assessed by 24-hour blood pressure monitoring*. *Journal of clinical practice*. 2017; 4:51-55. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/clinpract8451-55>.
5. Туманова М. В., Сметанина С. Р., Датуашивили М. Т., и др. Эффекты интервальной нормобарической гипоксической терапии у мужчин с эссенциальной артериальной

- гипертонией // Университетская клиника. 2024;4:59-65. [Tumanova MV, Smetanina SR, Datuashvili MT, et al. Effects of interval normobaric hypoxic therapy in men with essential arterial hypertension. University clinic. 2024; 4:59-65. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 82133722.
6. Максимов Н. И., Помосов С. А. Влияние интервальных нормобарических гипоксических тренировок на скорость распространения пульсовой волны при гипертензивной болезни // Пермский медицинский журнал. 2012. Т. 29, №6. С. 52–57. [Maksimov NI, Pomosov SA. Influence of interval normobaric hypoxic training on pulse wave propagation speed in hypertension. Perm Medical journal. 2012;29(6):52-57. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 18353385.
7. Lyamina NP, Lyamina SV, Senchiknin VN, et al. Normobaric hypoxia conditioning reduces blood pressure and normalizes nitric oxid synthesis in patients with arterial hypertension. J. Hypertens. 2011;29(11):2265-2272. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32834b5864>.
8. Воробьев Л. П., Чижов А. Я., Потиевская В. И. Возможности использования периодической нормобарической гипоксии для лечения гипертензии // Терапевтический архив. 1994;66(8):12-15. [Vorobyov LP, Chizhov AY, Potievskaya VI. The possibilities of using periodic normobaric hypoxia for the treatment of hypertension. Terapevticheskii arkhiv. 1994;66(8):12-15. (In Russ.)].
9. Мухарьямов Ф. Ю., Смирнова М. И., Бедритский С. А., Лядов К. В. Интервальные гипоксические тренировки при артериальной гипертензии // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2006;2:5-6. [Mukharlyamov FYu, Smirnova MI, Bedritskiy SA, Lyadov KV. Interval hypoxic training in arterial hypertension. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2006;2:5-6. (In Russ.)].
10. Симоненко В. Б., Ермолаев А. Л., Потиевская В. И., Степанянц О. С. Гипоксическая терапия артериальной гипертензии у больных с различной вариабельностью артериального давления // Клиническая медицина. 2003;81(11):35-37. [Simonenko VB, Ermolaev AL, Potievskaya VI, Stepanyants OS. Hypoxic therapy of arterial hypertension in patients with various blood pressure variability. Clinical Medicine (Russian Journal). 2003;81(11):35-37. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 17087007.
11. Евгеньева И. А., Караи Ю. М., Чижов Ф. Я. Профилактическое использование прерывистой нормобарической гипоксии у беременных женщин с высоким риском развития позднего токсикоза // Акушерство и гинекология. 1989;6:50-53. [Evgenieva IA, Karash YuM, Chizhov FYa. Preventive use of intermittent normobaric hypoxia in pregnant women at high risk of developing late-onset toxicosis. Scientific and practical journal Obstetrics and Gynecology. 1989;6:50-53. (In Russ.)].
12. Дубовик Т. А., Рачок Л. В. Влияние гипокситерапии на течение хронической сердечной недостаточности у пациентов с ишемической кардиомиопатией // Евразийский кардиологический журнал. 2017;32(3):32. [Dubovik TA, Rachok LV. The effect of hypoxic therapy on the course of chronic heart failure in patients with ischemic cardiomyopathy. Eurasian Heart Journal. 2017;32(3): 32. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 29987503.
13. Игнатенко Г. А., Мухин И. В., Гавриляк В. Г. Дисфункция сосудистого эндотелия и ее коррекция у молодых больных гипертензивной болезнью и стабильной стенокардией // Сибирский медицинский журнал. 2016;31(4):26-29. [Ignatenko GA, Mukhin IV, Gavriilyak VG. Dysfunction of vascular endothelium and its correction in young patients with essential hypertension and stable angina. Siberian Scientific Medical Journal. 2016;31(4):26-29. (In Russ.)]. <https://doi.org/1029001/2073-8552-2016-31-4-26-29>.
14. Glazachev O, Kopylov P, Susta D, et al. Adaptations following an intermittent hypoxia-hyperoxia training in coronary artery disease patients: a controlled study. Clin. Cardiol. 2017;40(6):370-376. <https://doi.org/10.1002/clc.22670>.
15. Борукаева И. Х., Абазова З. Х., Рагимбекова М. Р., Ашагре С. М. Эффективность интервальной гипокситерапии и энтеральной оксигенотерапии в лечении кардиологических больных // Российский кардиологический журнал. 2020;25(S2):19. [Borukaeva IH, Abazov ZH, Ragimbekova M, Ashagre SM. Efficacy if interval hypoxic therapy and entheral oxygen therapy in treatment of cardiological patients. Russian Journal of Cardiology. 2020;25(S2):19. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-s2>.
16. Сыркин А. Л., Глазачев О. С., Копылов Ф. Ю., и др. Адаптация к интервальной гипоксии-гипероксии в реабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца: переносимость физических нагрузок и качество жизни // Кардиология. 2017. Т. 57, №5. С. 10–6. [Syркин AL, Glazachev OS, Kopylov FYu, et al. Adaptation to Intermittent Hypoxia-Hyperoxia in the Rehabilitation of Patients With Ischemic Heart Disease: Exercise Tolerance and Quality of Life. Kardiologiya. 2017;57(5):10-16. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18565/cardio.2017.5.10-16>.
17. Карамова И. М., Кузьмина З. С., Газизова Н. Р., и др. Реабилитация больных ишемической болезнью сердца с применением управляемой нормобарической гипокситерапии // Российский кардиологический журнал. 2020. №25(S2). С. 19–20. [Karamova IM, Kuzmina ZS, Gazizova NR, et al. Rehabilitation of patients with ischaemic heart disease involving controlled normobaric hypoxic therapy. Russian Journal of Cardiology. 2020;25(S2):19-20. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-s2>.
18. Burtcher M, Pachinger O, Ehrenbourg I, et al. Intermittent hypoxia increases exercise tolerance in elderly men with and without coronary artery disease. Int J Cardiol. 2004;96(2):247-254. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.07.021>.
19. Bayer U, Likar R, Pinter G, et al. Intermittent hypoxic-hyperoxic training on cognitive performance in geriatric patients. Alzheimers Dement (NY). 2017;3(1):114-122. <https://doi.org/10.1016/j.trci.2017.01.002>.
20. Жеребкер Е. М. Влияние прерывистой нормобарической гипокситерапии на эндоекологические особенности холестеринного гомеостаза у больных ишемической болезнью сердца // Клиническая геронтология. 2008;3:74-77. [Gerebker EM. Fltering normobaric hypoxytherapy in treatment of arterial hypertension. Clinical gerontology. 2008;3:74-77. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 11031219.
21. Глазачев О. С., Звенигородская Л. А., Дудник Е. Н., и др. Интервальные гипо-гипероксические тренировки в коррекции индивидуальных компонентов метаболического синдрома // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2010. №7. С. 51–56. [Glazachev OS, Zvenigorodskaja LA, Dudnik EN, et al. Interval Hypo-hyperoxic training in the treatment of the metabolic syndrome. Experimental and Clinical Gastroenterology. 2010;7:51-56. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 15217062.
22. Мухарьямов Ф. Интервальные гипоксические тренировки в комплексном лечении сердечной недостаточности // Журнал «Сердечная недостаточность». 2007. Т. 8, №5. С. 225–230. [Mukharlyamov F. Interval hypoxic trainings in complex treatment of heart failure. Zhurnal serdechnaya nedostatochnost. 2007;8(5):225-230. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 16803619.
23. Кудаев М., Алиева С. Дозированная гипоксия в реабилитации больных с хронической сердечной недостаточностью // Клиническая физиология кровообращения.

2008. №2. С. 47–49. [Kudaev M, Alieva S. Dosed hypoxia in rehabilitation of chronic heart failure patients. *Klinicheskaya fiziologiya krovoobrashcheniya*. 2008;2:47-49. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 11911091.

24. Гелис Л., Дубовик Т., Рачок Л. Влияние прерывистой нормобарической гипокситерапии на компенсаторно-адаптационные возможности организма в комплексной предоперационной подготовке к кардиохирургическому лечению пациентов с ишемической кардиомиопатией // *Кардиология в Беларуси*. 2013. Т. 5, №30. С. 19–38. [Gelis L, Dubovik T, Rachok L. Influence of intermittent normobaric hypoxic therapy on compensatory and adaptational capabilities of body during the overall preparation prior surgery treatment of patients with ischaemic cardiac myopathy. *Cardiology in Belarus*. 2013;5(30):19-38. (In Russ.)].

25. Дхи́ф И., Глазачев О. С., Беставаши́ли А. А., и др. Интервальное гипоксическое прекондиционирование снижает риск пери- и послеоперационных осложнений при кардиохирургических операциях с использованием искусственного кровообращения // *Российский кардиологический журнал*. 2024. Т. 29, №7. С. 15–24. [Dhif I, Glazachev OS, Bestavashvili AA, et al. Intermittent hypoxic preconditioning reduces the risk of peri- and postoperative complications during on-pump cardiac surgery. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(7):15-24. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5778>.

26. Емельянова Т. В., Прут Д. А., Подоксенов Ю. К. Ишемическое прекондиционирование как фактор защиты миокарда при проведении кардиохирургических операций // *Сибирский медицинский журнал*. 2009. Т. 24, №1. С. 120–122. [Yemelyanova TV, Prut DA, Podoksenov JK. Ischemic preconditioning as a factor of myocardial protection during cardiac surgery. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2009;24(1):120-122. (In Russ.)].

27. Рачок Л. В., Дубовик Т. А., Булгак А. Г., и др. Использование прерывистой нормобарической гипокситерапии в предоперационной подготовке к коронарному шунтированию больных ишемической кардиомиопатией // *Кардиология в Беларуси*. 2001. Т. 4, №17. С. 28–45. [Rachok LV, Dubovik TA, Bulgak AG, et al. The use of intermittent normobaric hypoxotherapy in preoperative preparation for coronary bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy. *Cardiology in Belarus*. 2001;4(17):28-45. (In Russ.)].

28. Тутер Д. С., Комаров Р. Н., Глазачев О. С., и др. Применение интервальных гипоксически-гипероксических тренировок для профилактики интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений при шунтировании коронарных артерий // *Российский кардиологический журнал*. 2018. Т. 23, №6. С. 166–172. [Tuter DS, Komarov RN, Glazachev OS, et al. Application of intervalic hypoxic-hyperoxic entrainment to prevention of intra- and early postoperative complications in coronary bypass grafting. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;23(6):166-172. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-166-172>.

29. Ельчанинова С. А., Кореняк Н. А., Смагина И. В., и др. Интервальная гипоксия при лечении дисциркуляторной энцефалопатии // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2002. Т. 102, №11. С. 29–32. [Elchaninova SA, Korenyack NA, Smagina IV, et al. Intermittent hypoxia in the treatment of dyscirculatory encephalopathy. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2002;102(11):29-32. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 26462020.

30. Белявский Н. Н. Изменения вегетативной регуляции у больных с транзиторными ишемическими атаками под влиянием интервальной гипоксической тренировки по данным спектрального анализа вариабельности сердечного ритма // *Вестник ВГМУ*. 2008. Т. 7, №3. С. 5–9.

[Belyavsky NN. Changes in autonomic regulation in patients with transient ischemic attacks under the influence of interval hypoxic training according to spectral analysis of heart rate variability. *Vestnik VGMU*. 2008;7(3):5-9. (In Russ.)].

31. Бушкова Ю. В., Суворов А. Ю., Иванова Г. Е., и др. Использование интервальной нормобарической гипоксии-гиперокситерапии в реабилитации пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения (промежуточные результаты исследования) // *Вестник восстановительной медицины*. 2018. №3. С. 115–122. [Bushkova JV, Suvorov AU, Ivanova GE, et al. Normobaric interval hypoxia-hyperoxic therapy (IHHT) in the process of medical rehabilitation of patients after stroke. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018;3:115-122. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 35245991.

32. Солкин А. А. Динамика изменений межполушарной интеграции пациентов с ишемическим инсультом в восстановительном периоде по данным когерентного анализа электроэнцефалограммы на фоне интервальной нормобарической гипокситерапии // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2013. №2. С. 48–51. [Solkin AA. Dynamics of changes in inter-hemispheric integration in patients with ischemic stroke in the recovery period according to the data of coherence analysis of the electroencephalogram under the influence of interval normobaric hypoxotherapy. *Journal of Grodno State Medical University*. 2013;2:48-51. (In Russ.)].

33. Загородникова С. И., Галактионова Л. П. Оксидантно-антиоксидантный статус у больных хронической обструктивной болезнью легких и его изменение под влиянием интервальной нормобарической гипокситерапии // *Респираторная медицина*. 2007. №1. С. 44–47. [Zagorodnikova SI, Galaktionova LP. Oxidant-antioxidant status in patients with chronic obstructive pulmonary disease and its changes under the influence of interval normobaric hypoxotherapy. *Journal of Respiratory Medicine*. 2007;1:44-47. (In Russ.)].

34. Иванов А. Б., Борукаева И. Х., Шхагумов К. Ю., Абазова З. Х. Комбинированное применение гипокситерапии и оксигенотерапии – эффективный метод коррекции иммунологического статуса больных бронхиальной астмой // *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке»*. 2015. Т. 17, №4. С. 312–317. [Ivanov AB, Borukaeva IH, Shhagumov KY, Abazova ZH. Combined application of hypoxotherapy and oxygentherapy is an effective method of correction of immunological status of patients with bronchial asthma. *The journal of scientific articles Health and Education millennium*. 2015;17(4):312-317. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 25339847.

35. Burtcher M, Haider T, Domej W, et al. Intermittent hypoxia increases exercise tolerance in patients at risk for or with mild COPD. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009;165(1):97-103. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.10.012>.

36. Haider T, Casucci G, Linser T, et al. Interval hypoxic training improves autonomic cardiovascular and respiratory control in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *J Hypertens*. 2009;27(8):1527-1532. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32832c0018>.

37. Ибрагимова Ш. И., Абусуев С. А. Лечение больных сахарным диабетом 2 типа пожилого и старческого возраста прерывистой нормобарической гипокситерапией // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2012. Т. 130, №1. С. 57–59. [Ibragimova SH, Abusuev SA. Treatment of 2 type diabetes mellitus in patients of elderly and senile age by intermittent normobaric hypoxotherapy. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2012;130(1):57-59. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 17683219.

38. Morishima T, Hasegawa Y, Sasaki H, et al. Effects of different periods of hypoxic training on glucose metabolism and insulin sensitivity. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2014;35(2):104-109. <https://doi.org/10.1111/cpf.12133>.

39. Groote EDE, Britto FA, Bullok L, et al. Hypoxic training improves normoxic glucose tolerance in adolescents with obesity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2018;50(11):2200-2208. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001694>.

40. Ковальчук П. Н., Ковальчук Л. С. Нормобарическая гипокситерапия при хронических заболеваниях // Проблемы здоровья и экологии. 2013;38(4):95-99. [Kovalchuk PN, Kovalchuk LS. Normobaric hypoxithrapy in chronic diseases. *Health and Ecology Issues*. 2013;38(4):95-99. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2013-10-4-18>.

41. Ойноткинова О. Ш., Мацкеплишвили С. Т., Масленникова О. М., Ершов А. А. Комплексные подходы к коррекции сердечно-сосудистых показателей и митохондриальной дисфункции при метаболическом синдроме методом гипо-гипероксических тренировок // Эффективная фармакотерапия. 2024. Т. 20, №26. С. 14–23. [Oynotkinova OSh, Matskeplishvili ST, Maslennikova OM, Yershov AA. Comprehensive approaches to the correction of cardiovascular parameters and mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome by the method of hypoxic-hyperoxic training. *Effektivnaya farmakoterapiya*. 2024;20(26):14-23. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2024-20-26-14-23>.

42. Pugh CW, Ratcliffe PJ. New horizons in hypoxia signaling pathways. *Experimental Cell Research*. 2017;356(2):116-121. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2017.03.008>.

Информация об авторах

Ососков Виталий Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории микроциркуляции и регионарного кровообращения, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: vip.ososkov11@gmail.com, ORCID: 0009-0005-9678-1378.

Федорович Андрей Александрович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории микроциркуляции и регионарного кровообращения, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины; старший научный сотрудник лаборатории вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия, e-mail: faa-micro@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5140-568X.

Королев Андрей Игоревич – канд. мед. наук, руководитель лаборатории микроциркуляции и регионарного кровообращения, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: dr.korolev.andrei@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9830-8959.

Саматова Камила Саматовна – младший научный сотрудник отдела фундаментальных и прикладных аспектов ожирения, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: kamilasamatova@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-7116-9805.

Драпкина Оксана Михайловна – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: ODrapkina@gnicpm.ru, ORCID: 0000-0002-4453-8430.

Authors information

Ososkov Vitaly S. – Junior Researcher, Laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: vip.ososkov11@gmail.com, ORCID: 0009-0005-9678-1378.

Fedorovich Andrey A. – Candidate of Sciences (PhD) in Medicine, Senior Researcher, Laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine; Senior Researcher, Laboratory of Autonomic Regulation of Cardiovascular System, Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: faa-micro@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5140-568X.

Korolev Andrey I. – Candidate of Sciences (PhD) in Medicine, Head, Laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: dr.korolev.andrei@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9830-8959.

Samatova Kamila S. – Junior Researcher, Department of Fundamental and Applied Aspects of Obesity, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: kamilasamatova@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-7116-9805.

Drapkina Oksana M. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Science; Director, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: ODrapkina@gnicpm.ru, ORCID: 0000-0002-4453-8430.