

Возможности применения нормобарической гипокситерапии в терапевтической и педиатрической практиках

Г.А. Игнатенко, А.В. Дубовая, Ю.В. Науменко

Государственная образовательная организация Высшего профессионального образования «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького», Донецк, Россия

Treatment potential of normobaric hypoxic therapy in therapeutic and pediatric practice

G.A. Ignatenko, A.V. Dubovaya, Yu.V. Naumenko

Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk, Russia

Нормобарическая гипокситерапия — лечебное или профилактическое применение газовой гипоксической смеси, содержащей 10% кислорода и 90% азота, чередующейся с дыханием атмосферным воздухом при нормальном барометрическом давлении. Применение нормобарической гипокситерапии позволяет включить и использовать генетически запрограммированные механизмы, направленные на повышение неспецифической резистентности организма. В статье представлены данные истории, подробно изложены патогенез нормобарической гипокситерапии и методика проведения, описано ее влияние на сердечно-сосудистую систему.

Ключевые слова: дети, гипоксия, нормобарическая гипокситерапия, методика проведения.

Для цитирования: Игнатенко Г.А., Дубовая А.В., Науменко Ю.В. Возможности применения нормобарической гипокситерапии в терапевтической и педиатрической практиках. Рос вестн перинатол и педиатр 2022; 67:(6): 46–53. DOI: 10.21508/1027–4065–2022–67–6–46–53

Normobaric hypoxic therapy is a therapeutic or prophylactic use of gas hypoxic mixture containing 10% oxygen and 90% nitrogen, alternating with breathing atmospheric air at normal barometric pressure. The use of normobaric hypoxic therapy allows activating and using genetically programmed mechanisms aimed at increasing the nonspecific resistance of the body. The history data, pathogenesis of normobaric hypoxic therapy, the procedure and its effect on the cardiovascular system are described.

Key words: children, hypoxia, normobaric hypoxic therapy, procedure.

For citation: Ignatenko G.A., Dubovaya A.V., Naumenko Yu.V. Treatment potential of normobaric hypoxic therapy in therapeutic and pediatric practice. Ros Vestn Perinatol i PEDIATR 2022; 67:(6): 46–53 (in Russ). DOI: 10.21508/1027–4065–2022–67–6–46–53

Возможности адаптации человека в современном обществе определяются состоянием природно-климатических, антропогенных и социальных факторов среды. Ухудшение экологической ситуации, психоэмоциональные стрессы служат причиной многих заболеваний. В настоящее время Донбасс является экокризисным регионом, уникальным с точки зрения наличия у населения многослойного множественного стресса: хронический стресс военного времени 2014–2022 гг., ковидный стресс, острый травматический стресс вследствие активных боевых действий. Помимо этого, неблагоприятное воздействие на состояние здоровья населения оказывают

«информационная война», социально-экономическая напряженность, внутрисемейные конфликты, утрата родных и близких и масса иных, сопряженных с войной, ситуаций, приводящих к срыву адаптационных возможностей организма и развитию дезадаптации. Это обуславливает необходимость поиска эффективных путей профилактики различных заболеваний, лечения и реабилитации взрослых и детей.

В последние годы широкое применение получили физические методы повышения адаптационного потенциала человека, в частности эффективно применяющаяся в Учебно-научно-лечебном комплексе «Университетская клиника» Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького методика интервальной нормобарической гипоксической тренировки (лечение «горным воздухом»).

Лечебные свойства горной местности известны на протяжении многих столетий. Природный горный воздух обладает целебными свойствами, наделяет человека новыми силами и укрепляет здоровье. Такой эффект объясняется низким содержанием кислорода в воздухе. Несколько недель, проведенных в горах, очень ценны для организма. Однако не каждый может позволить себе такой отдых. Для этих целей была разработана гипоксическая тренировка — методика повышения работоспособности, улучшения функционального состояния и качества жизни

© Коллектив авторов, 2022

Адрес для корреспонденции: Игнатенко Григорий Анатольевич — д.м.н., проф., зав. кафедрой пропедевтической и внутренней медицины, ректор Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, Герой Труда Донецкой Народной Республики, член-корреспондент НАМНУ, ORCID: 0000–0003–3611–1186
e-mail: gai-1959@mail.ru

Дубовая Анна Валериевна — д.м.н., проф., зав. кафедрой педиатрии №3, дир. Аккредитационно-симуляционного центра Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, ORCID: 0000–0002–7999–8656

Науменко Юлия Владимировна — к.м.н., асс. кафедры педиатрии №3 Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, ORCID: 0000–0002–6829–0371
283003 Донецк, пр. Ильича, д. 16

человека путем дозированной подачи «горного воздуха» с пониженным содержанием кислорода в обычных условиях. Использование данной методики лежит в основе профилактических и лечебно-реабилитационных программ.

Нормобарическая гипокситерапия: история. Нормобарическая гипокситерапия — лечебное или профилактическое применение газовой гипоксической смеси, содержащей 10% кислорода и 90% азота, чередующейся с дыханием атмосферным воздухом при нормальном барометрическом давлении [1]. В 1980 г. в России Н.А. Агаджаняном, Р.Б. Стрелковым, А.Я. Чижовым была предложена концепция замены горных и барокамерных гипобарических тренировок с профилактической, лечебной и реабилитационной целями на стимуляцию организма человека газовыми смесями с пониженным содержанием кислорода при нормальном атмосферном давлении, что явилось продолжением работ, выполненных в 30–40 годах XX века Л.Л. Шиком и Н.Н. Голубовым и соавт. На основании этой концепции и был разработан метод прерывной нормобарической гипокситерапии [2, 3].

Механизм действия нормобарической гипокситерапии. В основе лечебного действия прерывной нормобарической гипокситерапии лежит активизация адаптационных механизмов к условиям гипоксии, компенсирующих недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе. При гипоксической стимуляции генетически детерминированных механизмов адаптации происходит повышение неспецифической резистентности организма к факторам, лежащим в основе целого ряда патологических процессов. При адаптации к гипоксии в организме первоначально включаются резервные механизмы компенсации, а в дальнейшем формируются долговременные механизмы адаптации [4, 5]. К последним относят легочные механизмы — внешнее дыхание. Система дыхания выполняет множество функций в организме, одна из которых — обеспечение поддержания рН крови. При исследовании центрального звена регуляции дыхания выявлено активирующее действие на него как пониженного рН, так и самой гипоксии [6, 7]. Доказано, что при адаптации к гипоксическим условиям повышается эффективность вентиляционной функции легких за счет уменьшения сопротивления различных отделов трахеобронхиального дерева, оптимизации распределения регионарной вентиляции между различными зонами легкого [8]. У больных, склонных к гипервентиляции и развитию гипоксемии, во время прерывистых ингаляций гипоксических смесей, содержащих 12–15% кислорода, парциальное давление углекислого газа несколько повышалось. Впоследствии отмечалось снижение вентиляционной реакции на углекислый газ [5, 9]. При сравнении интенсивности дыхания воздухом, гипер- и гипоксической смесями гипер-

вентиляция в условиях гипоксии оказалась самой непродолжительной и с наименьшим суммарным объемом вентиляции. Статические экспираторные и инспираторные усилия сразу после гипервентиляции уменьшались. Гиперкапния же повышала интенсивность гипервентиляции, что приводило к более быстрому утомлению дыхательных мышц [10].

Циркуляторные механизмы проявляются увеличением сердечного выброса, перестройкой микроциркуляторного русла. Выявлен ряд свойств коронарного синуса, которые участвуют в регуляции сократительной функции миокарда желудочков и газового состава крови в аорте и легочной артерии по давлению в правом предсердии и самом коронарном синусе [11, 12]. Давление крови в сосудах оттока тем больше, чем больше суммарное давление газов в них [13]. При этом концентрации газов в крови коронарного синуса близки к таковым в крови пупочной вены плода и могут служить критериями гипоксического предела для венозной крови [14]. Выявлена важная роль синокаротидной рефлексогенной зоны в формировании адаптивных реакций организма: при двустороннем хирургическом ее удалении отсутствуют все адаптивные реакции, кроме повышения концентрации гемоглобина в крови [15–17].

Большое внимание современные исследователи уделяют адаптации к гипоксии сердечно-сосудистой системы. Еще в 1940 г. обнаружено, что гипоксия служит мощным сосудорасширяющим фактором для коронарных сосудов [18]. При снижении содержания кислорода во вдыхаемом воздухе до 8–9% значительно увеличивается скорость коронарного кровотока [18]. Описано влияние прерывистой нормобарической гипоксии на центральную гемодинамику. Отмечено первоначальное увеличение ударного и минутного объемов сердца с последующей стабилизацией этих показателей [19, 20]. Это становится возможным вследствие ряда биоэнергетических изменений миокарда.

Процесс улучшения насыщения гемоглобина кислородом, ускорения транспорта и повышения утилизации его клетками реализуется через непосредственные реакции систем организма и, что более существенно, через формирование долговременной адаптивности [21]. Как и при подъеме на высоту, при дыхании гипоксической газовой смесью отмечаются повышение артериального давления, давления в системе легочной артерии, увеличение частоты сердечных сокращений, дыхания. Одновременно в системе легочной артерии раскрываются резервные капилляры, происходит выброс в кровяное русло ранее депонированных эритроцитов, увеличиваются объем циркулирующей крови, минутный объем кровообращения. Все это образно можно назвать «борьбой за кислород». В ответ на гипоксический стимул происходит централизация кровообращения — защитная неспецифическая реакция сердечно-

сосудистой системы на разнообразные экстремальные раздражители [22]. При этом жизненно важные органы — мозг, сердце, почки — имеют преимущество в кровоснабжении за счет других органов и тканей. Эта реакция — своеобразная гарантия сохранения жизнеспособности целостного организма. При проведении полного курса прерывной нормобарической гипокситерапии происходят более глубокие, в том числе биохимические и структурные изменения, что приводит к адаптации организма к новым условиям функционирования [23].

Эффекты нормобарической гипокситерапии. Причиной биохимических реакций, лежащих в основе адаптации при гипоксическом воздействии, видимо, служат изменения внутриклеточного метаболизма, замедление обновления биомембран [24]. Частичное разрушение компонентов биомембран освобождает протеолитические ферменты, что ведет к деградации некоторых белков и образованию полипептидов. Последним отводится роль регуляторов синтеза дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот. Активация синтеза белков, протекающая в условиях накопления недоокисленных продуктов, приводит к изменению структуры и свойств макромолекул, создает запас прочности биохимических реакций и возможность их полноценного протекания в условиях пониженного содержания кислорода. Одновременно с перестройкой структуры в цепи окислительного фосфорилирования происходит активизация анаэробного гликолиза, что вносит вклад в энергообеспечение организма. Со временем в отсутствие гипоксической тренировки происходит дезадаптация, что служит показанием к повторному курсу прерывной нормобарической гипокситерапии (обычно через 6–12 мес, в зависимости от состояния пациента). При клинических исследованиях на уровне органов и систем по мере адаптации к прерывной нормобарической гипокситерапии закономерно наблюдается ряд эффектов [25]:

1. Улучшение микроциркуляции в органах и тканях за счет раскрытия резервных капилляров, а также образования новых, ранее не существовавших сосудов; повышение кислородтранспортной функции крови за счет выброса форменных элементов крови из депо и стимуляция красного роста костного мозга, а также повышение содержания гемоглобина.

2. Иммуномодулирующее действие, которое выражается подавлением патологических звеньев иммунитета и активизацией депрессивных звеньев, отмечается повышение количества антителопродуцирующих клеток, увеличение синтеза иммуноглобулинов, активизация фагоцитоза; снижается активность аллергических реакций.

3. Повышение активности антиоксидантной системы: прерывная нормобарическая гипокситерапия снижает активность перекисного окисления липидов в клеточных мембранах.

4. Мобилизация эндокринных механизмов функциональной регуляции гипоталамус–гипофиз–кора надпочечников, что реализуется путем повышения уровня общей сопротивляемости организма по отношению к различным экстремальным факторам окружающей среды.

5. Повышение устойчивости к интоксикации (в том числе при проведении химиотерапии), к физическим факторам окружающей среды.

6. Антистрессовое действие. Состояние хронического стресса характеризуется наличием доминантного застойного очага в центральной нервной системе (ЦНС), характерными сдвигами в формуле и биохимии крови. Прерывная нормобарическая гипокситерапия по принципу конкурентного влияния переводит состояние предболезни в физиологическое состояние.

7. Радиозащитное действие. Применение прерывной нормобарической гипокситерапии при предоперационной лучевой терапии злокачественных новообразований позволяет увеличить суммарную очаговую дозу облучения на 25%. Если учесть, что эта группа больных весьма многочисленна, то становится очевидной перспектива применения гипоксирadiотерапии. Радиозащитное действие гипоксии принято называть специфическим, поскольку оно непосредственно связано с патогенезом лучевой болезни, предотвращая повышение концентрации кислородных радикалов. Методический подход при проведении гипоксирadiотерапии несколько иной: на протяжении всего времени лучевого воздействия (например, сеанса гамма-терапии) больной непрерывно находится в состоянии дозированной гипоксии.

Доказано, что ведущим регулятором активности генов млекопитающих, ответственных за реакцию на недостаток кислорода, служит индуцируемый состоянием гипоксии фактор — HIF (hypoxia-inducible factor). При нормальной концентрации кислорода происходит гидроксирование аминокислотных остатков пролина свободно существующей молекулы HIF-1 α в результате активности особого регуляторного фермента пролилгидроксилазы.

Методика проведения гипокситерапии у детей. В.В. Долгих и соавт. [цит. по 3] описали методику проведения прерывной нормобарической гипокситерапии у детей, согласно которой исследование начинали в утренние часы, с обязательным соблюдением временного интервала после приема пищи не менее 30 мин. Процедуры отпускались на гипоксикаторе «Эверест-1» (Россия). Курс лечения проводился в условиях стационара и состоял из 10 ежедневных процедур. Дыхание гипоксической смесью осуществлялось в интервальном режиме (10–40 мин). Детям старше 12 лет сеансы нормобарической терапии отпускались по следующей схеме: на протяжении первых 3 сеансов дыхание гипоксической смесью составляло 3 мин с чередованием вдыхания атмосферного воз-

духа — 1 мин; с 4-го сеанса дыхание гипоксической смесью составляло 5 мин с чередованием вдыхания атмосферного воздуха — 1 мин. Продолжительность по времени была следующая: начинали с 10 мин, прибавляя на каждый последующий сеанс по 5 мин, до тех пор, пока базовое время не достигло 40 мин. Детям младше 12 лет процедуры проводились аналогично по изложенной схеме, но базовая экспозиция не превышала 30 мин (старше 7 лет) и 20 мин (младше 7 лет).

Гипокситерапия и метаболический синдром. О.С. Глазачев и соавт. [19] провели исследование с участием 35 пациентов с метаболическим синдромом (алиментарное ожирение I–III степени с индексом массы тела более 30 кг/м^2 , нарушение толерантности к углеводам или сахарный диабет 2-го типа, артериальная гипертензия и дислипидемия), которые случайным образом были разделены на 3 группы: контрольную (11 человек, базовая терапия), 1-ю опытную (13 человек, прошедших курс из 12 процедур прерывной нормобарической гипокситерапии) и 2-ю опытную (11 человек, прошедших курс прерывной нормобарической гипокситерапии одновременно с системной гипертермией и вибрационным аппаратным массажем) [19]. Продолжительность курса составила в среднем 21 день. До курса процедур гипокситерапии и на 3–4-й день по их завершении все пациенты проходили комплексное обследование, включающее сбор анамнеза, оценку пищевого режима; психометрическое тестирование, консультации психологом с целью определения типа пищевого поведения; антропометрические измерения; боди-импедансометрию, биохимическое исследование крови с определением уровня общего холестерина, липопротеидов высокой плотности, липопротеидов низкой плотности, триглицеридов, глюкозы плазмы натощак; тест с 6-минутной ходьбой для оценки физической работоспособности. Установлено, что применение гипо/гипероксических тренировок (изолированно или в сочетании с системной гипертермией и аппаратным вибромассажем) приводит к статистически значимому снижению массы тела пациентов преимущественно за счет уменьшения жировой массы, что сопровождается снижением уровня общего холестерина, липопротеидов низкой плотности, глюкозы, оптимизацией артериального давления, повышением гипоксической устойчивости, физической выносливости, улучшением психологического статуса. При индивидуальном подборе структуры курса, дозировании гипоксических воздействий, сочетании с другими физиотерапевтическими процедурами метод имеет перспективы в комплексном лечении и реабилитации пациентов с метаболическим синдромом.

Гипокситерапия и психосоматические заболевания. З.Х. Абазов и соавт. [15] описали особенности функционирования ЦНС, клинко-функционального и психофизиологического состояния больных с пси-

хосоматическими заболеваниями. После 15-дневного курса прерывной нормобарической гипокситерапии у детей и подростков с аутоиммунным тиреоидитом наблюдались положительные изменения в неврологическом статусе. Прежде всего отмечено статистически значимое улучшение показателей умственной работоспособности и тонкой координации движений. Кроме того, у детей и подростков отмечалось улучшение настроения, движения стали более активными. Рефлексометрия, проводимая после гипокситерапии, показала существенное укорочение длительности сухожильных рефлексов ($280 \pm 20 \text{ мс}$) по сравнению с показателями до лечения ($390 \pm 20 \text{ мс}$). На электроэнцефалограмме после гипокситерапии активность альфа-ритма, по сравнению с фоновыми данными, нарастала в затылочных отведениях. Выявлены положительные изменения и по данным омегаметрии; так, после курса прерывной нормобарической гипокситерапии значение омега-потенциала у детей и подростков составляло $-27,4 \pm 1,8 \text{ мВ}$, что характеризовало оптимальный уровень бодрствования и усиление адаптационных возможностей основных регуляторных систем. Положительная динамика отмечена и в гормональном статусе пациентов: после курса лечения нормализовалось содержание в крови тиреоидных гормонов с $7,6 \pm 0,06$ до $2,8 \pm 0,08 \text{ мкМЕ/мл}$. Наиболее ценным оказалось иммуномодулирующее действие курса интервальной гипоксической тренировки. В процессе адаптации к гипоксии у пациентов с аутоиммунным тиреоидитом наблюдались определенные положительные сдвиги в иммунном статусе; прежде всего отмечены статистически значимое увеличение исходно сниженного количества общих Т-лимфоцитов — CD3+ (с $44,6 \pm 1,32$ до $67,1 \pm 2,16\%$) и CD8+ (с $14,2 \pm 0,85$ до $29,8 \pm 1,22\%$), уменьшение исходно повышенного уровня Т-хелперов — CD4+ (с $54,6 \pm 2,34$ до $36,8 \pm 1,25\%$), нормализация иммунорегуляторного индекса. Повышение функции и количества клеток CD8+ после курса гипокситерапии предотвращает прогрессирование аутоиммунного процесса и способствует восстановлению функции щитовидной железы, что приводит к положительной динамике в неврологическом статусе больных. Положительная гормонально-иммунологическая и неврологическая динамика у детей и подростков с аутоиммунным тиреоидитом после интервальной гипоксической тренировки свидетельствует о целесообразности ее включения в схемы патогенетической терапии пациентов с данной патологией.

Гипокситерапия и сердечно-сосудистые заболевания. Г.А. Игнатенко и соавт. [24] провели сравнительную оценку эффективности прерывистой нормобарической гипокситерапии как в виде монотерапии, так и в сочетании с терапией бета-адреноблокатором метопрололом у больных мягкой эссенциальной гипертензией. Прерывистая нормобарическая гипокситерапия дает отчетливый гипотензивный

эффект, который потенцируется присоединением метопролола, что позволило у 50% больных снизить дозу бета-адреноблокатора. Наиболее оправданно с точки зрения гипотензивной эффективности и безопасности сочетание нормобарической гипокситерапии с бета-адреноблокатором метопрололом. О.С. Глазачев и соавт. [19] применяли курс гипоксии/гипероксических интервальных тренировок у пациентов с ишемической болезнью сердца, что привело к повышению переносимости физических нагрузок, устойчивости к эпизодам, гипоксии, а также сопровождается нормализацией липидного состава крови, субъективно — повышением качества жизни, снижением количества ангинальных приступов в повседневной жизни. Режим нормобарической гипокситерапии легко переносится пациентами, не сопровождается побочными эффектами и осложнениями, а замена нормоксических пауз гипероксическими позволяет интенсифицировать процесс тренировки, увеличивая продолжительность суммарной гипоксической стимуляции в каждой процедуре, что повышает их эффективность. Использование метода адаптации к интервальной гипоксии-гипероксии может иметь перспективы в поддержании и повышении кардиореспираторной выносливости спортсменов с ограниченными возможностями (в период травм и болезней), при последовательном или параллельном сочетании с физическими нагрузками; для вторичной профилактики ишемической болезни сердца в качестве средства пре- и посткондиционирования при подготовке к ангиопластике, в коррекции модифицируемых факторов риска.

С.А. Помосов и соавт. [17] провели обследование 104 пациентов с гипертонической болезнью I–III стадии, 1–3-й степени на фоне метаболического синдрома, средний возраст которых составил $48,29 \pm 2,23$ года. Группа наблюдения (54 пациента) получала курс интервальных нормобарических гипоксических тренировок на фоне фармако- и диетотерапии. Группа сравнения (50 пациентов) получала медикаментозное лечение и диетотерапию. Качество жизни оценивали по опроснику БР-36 (русскоязычная версия), психологический статус — по шкале депрессий CESD, вегетативные нарушения — по «Вопроснику для выявления признаков вегетативных изменений Вейна». Исследуемые параметры определялись исходно, через 1 и 6 мес от начала терапии. Динамическое наблюдение за обследованными выявило положительные изменения в клинической картине заболевания в обеих группах в виде нормализации артериального давления, уменьшения индекса массы тела, более выраженные у больных группы наблюдения. Применение курсовых интервальных нормобарических гипоксических тренировок обеспечило достоверно более раннюю и выраженную динамику качества жизни,

уменьшение выраженности депрессивных и вегетативных нарушений у обследованных пациентов.

Гипокситерапия и стенокардия. Результаты проведенного нами исследования доказали эффективность прерывистой нормобарической гипокситерапии у больных стенокардией с сопутствующим хроническим гломерулонефритом, что позволило более интенсивно снижать частоту болевых и безболевых приступов стенокардии, снизить потребность в дополнительных приемах нитратов, повысить пороговую мощность нагрузки и улучшить качество жизни пациентов по сравнению с традиционным медикаментозным лечением заболевания [20].

Проведение гипокситерапии у детей с артериальной гипертензией. Ряд авторов представили опыт проведения прерывной нормобарической гипокситерапии детям с артериальной гипертензией [3]. У 80% пациентов под воздействием гипокситерапии отмечался выраженный положительный эффект (нормализация артериального давления, улучшение самочувствия, снижение уровня тревожности), что сопровождалось сокращением длительности пребывания в стационаре, предотвращало осложнения.

Нами доказано, что использование гипокситерапии как компонента комплексной антигипертензивной программы у лиц молодого возраста на ранних этапах формирования гипертонической болезни позволяет более активно, чем традиционное медикаментозное лечение, снизить как среднее систолическое (разница между группами больных через 20 дней составила 16,4 мм рт.ст.), так и среднее диастолическое (разница между группами больных через 20 дней составила 13,4 мм рт.ст.) артериальное давление [23].

Включение гипоксии/гиперокситерапии в комплексную продолжительную лечебную программу у молодых больных генетически индуцированной гипертонической болезнью по сравнению с изолированным медикаментозным лечением позволило достоверно уменьшить частоту жалоб (головной боли на 15,9%, сердцебиения на 21,6%, перебоев в работе сердца на 26,7%), неосложненных (на 10,7%) и осложненных (на 8,2%) гипертензивных кризов, суправентрикулярной (на 8,9%), суправентрикулярно-вентрикулярной (на 9,5%) экстрасистолии, пароксизмов фибрилляции предсердий (на 9,5%), синусовой тахикардии и аритмии (на 50,4 и 23,5% соответственно), размеров левого предсердия (на 21,5%), толщины межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка (на 13,8 и 22,6% соответственно), среднесуточного систолического и диастолического артериального давления (на 31,2 и 20,7 мм рт.ст. соответственно), общего периферического сосудистого сопротивления (на 24,8 мм рт.ст.), Night-peaker (на 24,2%) типа циркадной variability артериального давления и увеличить частоту Dipper-типа (на 25,2%) [22].

Гипокситерапия и хронические заболевания дыхательных путей у детей. В.Д. Охрицкая и соавт. [13] проводили курс гипокситерапии детям с хроническими заболеваниями дыхательных путей (вторичные иммунодефицитные состояния при частых простудных заболеваниях, бронхиальная астма и респираторные аллергии), заболеваниями центральной и вегетативной нервной системы (вегетосудистая дисфункция по кардиальному и гипертоническому типу, эпилепсия, астенический синдром). После курса гипокситерапии у детей наблюдалось уменьшение частоты и длительности обострений заболеваний, увеличение периода ремиссии; при бронхиальной астме — уменьшение частоты и тяжести приступов удушья, улучшение функции внешнего дыхания. У детей со вторичным иммунодефицитом повысилась общая сопротивляемость организма. Авторы отмечают уменьшение явлений гиперкинезов, спастичности мышц, улучшение двигательных функций, речи, внимания, сна у детей с перинатальным поражением ЦНС. У детей с неврозами уменьшились проявления энуреза, логоневроза, навязчивости, улучшились сон и настроение.

Гипоксия и гипероксия. Принципиально новое направление — применение режима интервальной нормобарической гипоксической тренировки в циклическом варианте с чередованием периодов дозированной гипоксии и гипероксии. В период реоксигенации в клетке происходит интенсивная индукция активных форм кислорода, позволяющая запустить каскад редокс-сигнального пути, направленного на формирование адаптационного ответа, повышение резистентности, снижение повреждающего действия перекисного окисления [25].

Т.Г. Сазонтова и соавт. [18] провели теоретическое обоснование, экспериментальный анализ и исследование возможности реализации защитных эффектов нового метода адаптации к гипоксии/гипероксии в повышении толерантности организма к физическим нагрузкам. Установлено, что сочетание физических тренировок с адаптацией к гипоксии/гипероксии повышает выносливость при острой

физической нагрузке. Анализ свободнорадикальных процессов, уровня антиоксидантов и белков HSP показал, что кратковременная физическая тренировка, взятая отдельно, компенсирует стрессорную, но не гипоксическую компоненту острой физической нагрузки, сочетание тренировки с адаптацией к гипоксии/гипероксии полностью нормализует обе компоненты. В исследовании оценена эффективность такой адаптации у квалифицированных молодых спортсменов с синдромом перетренированности. После курса гипоксии/гипероксии на фоне физических тренировок в облегченном режиме у спортсменов нормализуется вегетативный баланс, повышаются устойчивость к острой гипоксии, уровень работоспособности, растут значения теста PWC170, максимального потребления кислорода и их относительных величин, снижается степень прироста двойного произведения на нагрузку. Подтверждены выводы экспериментальной части: гипоксия-гипероксия оптимизирует гипоксическую (устойчивость спортсменов к гипоксии) и стрессорную (экономичность работы миокарда при острой физической нагрузке) компоненты в системных реакциях адаптации и восстановления спортсменов с перетренированностью.

Заключение

Таким образом, применение интервальной нормобарической гипоксической тренировки позволяет включить и использовать генетически запрограммированные механизмы, направленные на повышение неспецифической резистентности организма, что дает основания рекомендовать метод в комплексах, применяемых в лечении, профилактике и реабилитации при различных заболеваниях и в различных стрессовых ситуациях у взрослых и детей. Перспективным представляется использование в терапевтической и педиатрической практике прерывистой нормобарической гипоксии/гиперокситерапии, повышающей переносимость физических нагрузок за счет улучшения транспорта кислорода и утилизации его тканями.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М. Горы и резистентность организма. М.: Наука, 1970; 184. [Agadzhanjan N.A., Mirrahimov M.M. Mountains and Resistance to Organism. M.: Nauka, 1970; 184. (in Russ.)]
2. Александров А.А. Повышение артериального давления в детском и подростковом возрасте (ювенильная артериальная гипертензия). Русский медицинский журнал 2014; 9: 559–565. [Aleksandrov A.A. Increasing the arterial drowsiness in the children and subcutaneous edema (juvenile arterial hypertension). Russkii meditsinskii zhurnal 2014; 9: 559–565. (in Russ.)]
3. Власенко А.В., Долгих В.В., Рычкова Л.В., Погодина А.В. Опыт применения нормобарической гипокситерапии в реабилитации детей и подростков с артериальной гипертензией в условиях клиники. Acta Biomedica Scientifica 2007; 1(53): 138–140. [Vlasenko A.V., Dolgikh V.V., Rychkova L.V., Pogodina A.V. Experience of using normobaric hypoxotherapy in rehabilitation of children and adolescents with arterial hypertension in a clinic. Acta Biomedica Scientifica 2007; 1(53): 138–140. (in Russ.)]
4. Алмазов В.А. Профилактика, диагностика и лечение первичной артериальной гипертензии в Российской Федерации. Клиническая фармакология и терапия 2000; 3: 5–30. [Almazov V.A. Prophylaxis, diagnostics and treatment of primary arterial high blood pressure in the Russian federation. Klinicheskaya farmakologiya i terapiya 2000; 3: 5–30 (in Russ.)]

5. Боголюбов В.М. Программы физиотерапии артериальной гипертонии. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация 2012; 3: 51. [Bogolubov V.M. Programs of physiotherapy of arterial high blood pressure. Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya 2012; 3: 51. (in Russ.)]
6. Абрамович С.Г. Немедикаментозное лечение и профилактика ишемической болезни сердца и гипертонической болезни. Иркутск: РИО НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН. 2013; 144–145. [Abramovich S.G. Unmedicamentous treatment and prophylaxis of ischemic heart and hypertensive illness trouble. Irkutsk: RIO NC RVH VSNC SO RAMN. 2013; 144–145. (in Russ.)]
7. Велижанина И.А., Гапон Л.И., Евдокимова О.В., Велижанина Е.С., Рудаков А.В. Оценка эффективности прерывистой нормобарической гипокситерапии в лечении артериальной гипертонии по данным суточного мониторингирования артериального давления. Клиническая практика 2017; 4: 51–55. [Velizhanina I.A., Gapon L.I., Evdokimova O.V., Velizhanina E.S., Rudakov A.V. Evaluation of the effectiveness of intermittent normobaric hypoxotherapy in the treatment of arterial hypertension according to daily blood pressure monitoring. Klinicheskaya Praktika 2017; 4: 51–55. (in Russ.)]
8. Леонтьева И.В. Артериальная гипертония у детей и подростков: метод. Рекомендации. МНИИ педиатрии и детской хирургии М.; 2014: 59. [Leont'eva I.V. Hyperpiesis for children and teenagers: method. Recommendations. MNII pediatrii i detskoi khirurgii M.; 2014: 59. (in Russ.)]
9. Стрелков Р.Б. Нормобарическая гипокситерапия: метод. рекомендации. Министерство здравоохранения России М.; 2013: 12. [Strelkov R.B. Normobaric hypoxotherapy. Methodical recommendations. Russian Ministry of Health M.; 2013: 12. (in Russ.)]
10. Брызгунов И.П. Первичная артериальная гипертония у детей и подростков. Вопросы современной педиатрии 2013; 3: 68–71. [Brjagunov I.P. Primary hyperpiesis for children and teenagers. Voprosy sovremennoi pediatrii 2013; 3: 68–71. (in Russ.)]
11. Березовский В.А. Цветок Гильгамеша. Природная и инструментальная оротерапия (очерки о горах и их влиянии на организм человека). Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2012; 304. [Berezovsky V.A. Gilgamesh flower. Natural and instrumental orotherapy (essays on mountains and their influence on the human body). Donetsk: Publisher Zaslavsky A.Yu., 2012; 304. (in Russ.)]
12. Ровда Ю.И. Факторы риска и их значимость в развитии артериальной гипертонии у детей. Педиатрия 2015; 6: 97. [Rovda Yu.I. Risk factors and their meaningfulness in development of hyperpiesis for children. Pediatriya 2015; 6: 97. (in Russ.)]
13. Охрицкая В.Д. Нормобарическая гипокситерапия в реабилитации детей с различными заболеваниями. Журнал международной медицины 2015; 2(13): 157–164. [Ohric-kaja V.D. Normobaric hypoxotherapy in the rehabilitation of children with different diseases. Zhurnal mezhdunarodnoi meditsiny 2015; 2(13): 157–164. (in Russ.)]
14. Yu I. Risk factors and their importance in the development of hypertension in children. Pediatrics 2015; 6: 97. DOI: 10.25207/1608–6228–2020–27–6–123–135
15. Абазова З.Х. Интервальная гипоксическая тренировка в лечении нейроиммуноэндокринных нарушений при аутоиммунном тиреоидите. Вестник восстановительной медицины 2013; 1: 27–31. [Abazova Z.Kh. Interval hypoxic training in the treatment of neuroimmunoendocrine disorders in autoimmune thyroiditis. Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny 2013; 1: 27–31. (in Russ.)]
16. Obrenovich T.P. Molecular physiology of preconditioning — induced brain tolerance to ischemia. Physiol Rev 2013; 88(1): 211–247. DOI: 10.1152/physrev.00039.2006
17. Помосов С.А., Максимов Н.И. Влияние интервальных нормобарических гипоксических тренировок на качество жизни и психовегетативный статус пациентов гипертонической болезнью с метаболическим синдромом. Архив внутренней медицины 2017; 7(3): 200–204. [Pomosov S.A., Maximov N.I. The effect of interval normobaric hypoxic training on quality of life and psycho-vegetative status of patients with essential hypertension with metabolic syndrome. Arkhiv vnutrennikh bolezney 2017; 7(3): 200–204. (in Russ.)] DOI: 10.20514/2226–6704–2017–7–3–200–204
18. Сазанова Т.Г., Глазачев О.С., Болотова А.В., Дудник Е.Н., Стряпко Н.В., Бедарева, И.В. и др. Адаптация к гипоксии и гипероксии повышает физическую выносливость: роль активных форм кислорода и редокс сигнализации. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова 2012; 98(6): 793–807. [Sazanova T. G., Glazachev O.S., Bolotova A.V., Dudnik E.N., Stryapko N.V., Bedareva I.V. et al. Adaptation to hypoxia and hyperoxia improves physical endurance: the role of reactive oxygen species and redox-signaling. Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova 2012; 98(6): 793–807. (in Russ.)]
19. Глазачев О.С., Дудник Е.Н., Поздняков Ю.М. Адаптация к интервальной гипоксии и гипероксии в реабилитации пациентов с ишемической болезнью сердца. Курский научно-практический вестник «Человек и его Здоровье» 2014; 1: 58–64. [Glazachev O.S., Dudnik E.N., Pozdnyakov Yu.M. Adaptation to interval hypoxia and hyperoxia in the rehabilitation of patients with coronary heart disease. Kurskiy nauchno-prakticheskiy byulleten «Chelovek i yego zdorov'ye» 2014; 1: 58–64. (in Russ.)]
20. Игнатенко Г.А., Туманова С.В., Мухин И.В. Антигипертензивная эффективность интервальной нормобарической гипокситерапии у больных хроническим гломерулонефритом и стенокардией. Нефрология 2007; 11(3): 64–69. [Ignatenko G.A., Tumanova S.V., Mukhin I.V. Anti-hypertensive efficacy of interval normobaric hypoxotherapy in patients with chronic glomerulonephritis and angina pectoris. Nefrologiya 2007; 11(3): 64–69. (in Russ.)]
21. Игнатенко Г.А., Мухин И.В., Родин И.Н. Применение нормобарической гипокситерапии у больных мягкой артериальной гипертонией. Врачебная практика 2006; 5: 73–76. [Ignatenko G.A., Mukhin I.V., Rodin I.N. The use of normobaric hypoxotherapy in patients with mild arterial hypertension. Vrachebnaya praktika 2006; 5: 73–76. (in Russ.)]
22. Игнатенко Г.А., Кошелева Е.Н., Дубовик А.В., Мухин И.В. Применение интервальной нормобарической гипокситерапии у больных артериальной гипертонией. Актуальные вопросы реабилитологии и педагогики: сборник научных трудов. Донецк. 2016; 2: 241–245. [Ignatenko G.A., Kosheleva E.N., Dubovik A.V., Mukhin I.V. The use of interval normobaric hypoxotherapy in patients with arterial hypertension. Aktual'nyye voprosy reabilitologii i pedagogiki: sbornik nauchnykh trudov. Donetsk. 2016; 2: 241–245. (in Russ.)]
23. Игнатенко Г.А., Гавриляк В.Г., Мухин И.В. Применение интервальной нормобарической гипокситерапии на ранних этапах формирования гипертонической болезни у лиц молодого возраста. Кардиология 2017: профессиональное образование наука и инновации. Материалы Российского национального конгресса кардиологов. Санкт-Петербург, 2017; 310. [Ignatenko G.A., Gavrilyak V.G. Mukhin I.V. The use of interval normobaric hypoxotherapy in the early stages of the formation of hypertension in young people. Kardiologiya 2017: professional'noye obrazovaniye nauka i innovatsii. Materials of the Russian National Congress of Cardiologists. St. Petersburg, 2017; 310. (in Russ.)]
24. Игнатенко Г.А., Контовский Е.А., Дубовик А.В., Мильнер И.А., Смирнова Я.Ю., Брызгатая Ю.О., и др. Применение интервальной нормобарической гипоксите-

рапии у больных с кардиопульмональной патологией Вестник гигиены и эпидемиологии 2018; 4 (4): 22–26. [Ignatenko G.A., Kontovsky E.A. Dubovik A.V., Milner I.A., Smirnova Ya.Yu., Bryzhataya Yu.O. et al. The use of interval normobaric hypoxotherapy in patients with cardiopulmonary pathology. Vestnik gigiyeny i epidemiologii. 2018; 4(4): 22–26. (in Russ.)]

25. Загайная Е.Э., Копылов Ф.Ю., Глазачев О.С., Дудник Е.Н., Быкова А.А., Сыркин А.Л. Влияние интервальных гипоксических-гипероксических тренировок на переноси-

мость физических нагрузок у пациентов со стабильной стенокардией напряжения II–III функционального класса на фоне оптимальной медикаментозной терапии. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия 2015; 8(3): 33–38. [Zagaynaia E. Je., Kopylov F.Iu., Glazachev O.S., Dudnik E.N., Bykova A.A., Syrkin A.L. Effect of interval hypoxic-hypoxic training on exercise tolerance in patients with angina pectoris functional classes II–III on background of optimal medical therapy. Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya 2015; 8(3): 33–38. (in Russ.)]

Поступила: 18.08.22

Received on: 2022.08.18

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.