

УНИВЕРСИТЕТ РЕАБИЛИТАЦИИ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КУРС «ГИПОКСИЧЕСКАЯ ТРЕНИРОВКА»

Журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация», ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации и Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина Федерального агентства научных организаций представляют дистанционный образовательный курс «Гипоксическая тренировка», подготовленный компетентными специалистами направления.

Заочные занятия ведут *О.С. Глазачев*, профессор, д-р мед. наук, заведующий лабораторией «Здоровье и качество жизни студентов» Научно-исследовательского центра Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, визит-профессор Университета Инсбрука (Австрия), медицинского факультета Университета Нови Сад (Сербия), Городского университета Дублина (Ирландия); *И.Е. Зеленкова*, канд. мед. наук, ведущий специалист Инновационного центра Олимпийского комитета России, обеспечивает научно-методическое сопровождение сборных команд России при подготовке к Олимпийским Играм, врач спортивной медицины Международного Олимпийского комитета. Ведущий рубрики *О.В. Кубряк*, канд. биол. наук, заведующий лабораторией физиологии функциональных состояний человека НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина. Каждое занятие состоит из краткой лекции и контрольных вопросов. Отличительной особенностью предлагаемого дистанционного курса является его мультидисциплинарный характер, особенно актуальный при проведении реабилитационной работы.

Форма:

- заочный дистанционный курс. В каждом выпуске журнала в 2017 г. в рубрике «Университет реабилитации» публикуются материалы очередного занятия и вопросы к нему. Участник курсов присылает отве-

ты электронной почтой на адрес: r@nphys.ru (в теме письма указывать «КУРС-2017»).

Диплом:

- выдается диплом об участии всем успешно ответившим на вопросы в случае соблюдения условий участия.

Условия участия:

- подписаться на журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» на 2017 г., печатный или электронный вариант (от физического или юридического лица). Одна подписка (один комплект журналов) позволяет получить один диплом. Электронная подписка в РИНЦ (www.elibrary.ru) доступна в любое время;
- зарегистрироваться в качестве участника. Для этого необходимо отправить отсканированную копию квитанции о подписке на журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» электронной почтой на адрес r@nphys.ru. В письме разборчиво указать фамилию, имя, отчество, квалификацию (по диплому), специальность, место работы, контактный телефон, почтовый и электронный адреса. В теме электронного письма написать «КУРС-2017»;
- прислать ответы на вопросы ко всем занятиям 2017 г. до 15 марта 2018 г.;
- следить за актуальной информацией, уточнением условий в журнале «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» и на сайте журнала <http://www.medlit.ru/journalsview/physiotherapy>;
- курс рассчитан на специалистов, имеющих высшее медицинское или медико-биологическое образование, а также на студентов старших курсов высших учебных заведений биомедицинского профиля.

Занятие № 6. Интервальные гипоксические тренировки в реабилитации пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями

Завершая цикл лекций на тему применения адаптации к интервальной гипоксии в клинической, превентивной, спортивной медицине, курортологии и медицинской реабилитации, рассмотрим имеющийся опыт применения гипокситерапии/гипоксических тренировок у пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями.

Заболевания, ассоциированные с метаболическими нарушениями, а также болезни органов дыхания на сегодняшний день представляют собой важную социально-медицинскую проблему.

К наиболее распространенным формам бронхолегочной патологии можно отнести бронхиальную астму (БА) и хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ), а к метаболическим нарушениям – избыточную массу тела и ожирение, а также метаболический синдром как сложный кластер взаимосвязанных нарушений, включая артериальную гипертензию, центральное ожирение, инсулинорезистентность, атерогенную дислипидемию, что при отсутствии ранней диагностики и должного лечения приводит к развитию диабета, атеросклеротической и неатеросклеротической

кардиоваскулярной патологии. Поиск эффективных немедикаментозных средств для лечения и повышения качества жизни больных с вышеперечисленными хроническими состояниями является актуальной задачей современной медицины.

На сегодняшний день накоплено большое количество клинических данных по анализу эффективности применения нормобарической гипоксии в интервальном режиме у пациентов с бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями. Неоспоримыми преимуществами данного подхода являются практическое отсутствие побочных эффектов и выраженная коррекция функционального состояния пациентов с вышеперечисленными заболеваниями после применения курса процедур в сочетании с коррекцией поведенческих факторов риска.

При этом методические подходы к применению адаптации к периодической гипоксии и отпуск процедур для отмеченных групп пациентов несколько различается. Эмпирически доказана эффективность длительного пребывания в условиях естественного среднегорья пациентов с бронхолегочной патологией на этапе реабилитации [1, 4]. Однако выезд в условия среднегорья сопряжен с большими затратами и организационными сложностями, чем использование стационарных гипоксикаторов. Методом выбора для пациентов с ХОБЛ и БА является пассивная нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка (ИГТ) при уровне O_2 во вдыхаемой газовой смеси 14–11%. Пациент находится в комфортных условиях сидя или полулежа, получая процедуру путем дыхания через ротоносовую маску, герметично фиксированную на лице. Как правило, курс состоит из 15–25 процедур продолжительностью 30–60 мин в режиме ежедневно 5 раз в неделю или через день.

Для пациентов с ожирением и метаболическим синдромом рекомендуется применять комбинирование физических тренировок в гипоксической газовой среде (создание гипоксической среды в спортивном зале, палатке, оснащенной тренажерами, или выполнение дозированных нагрузок на велоэргометре, тредмиле при параллельном дыхании гипоксической смесью через ротоносовую маску, содержание O_2 – 14–15%, 3 процедуры в неделю, всего 4–6 нед). В случаях тяжелого, морбидного ожирения можно начать реабилитацию с курса пассивных ИГТ в сочетании с низкокалорийной диетой.

В основе положительного эффекта тренировки с использованием нормобарической гипоксии у названных категорий пациентов будут схожие с ранее описанными эффекты воздействия воздуха с пониженным содержанием O_2 на организм. Во время повторяющихся гипоксических воздействий запускаются и закрепляются позитивные адаптационные перестройки, которые выражаются в существенных реакциях со стороны респираторной, сердечно-сосудистой, нервной систем, отслеживаются на молекулярном и клеточном уровнях [4, 9]. По сравнению со здоровыми добровольцами именно у лиц со сниженными кардиореспираторными

резервами, высоким риском развития или уже имеющимися метаболическими расстройствами наблюдается более выраженный адаптационный сдвиг в ответ на применение нормобарического гипоксического воздействия [7]. Более подробно протоколы и позитивные аспекты ИГТ представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, убедительно показано улучшение состояния пациентов с ХОБЛ и БА вне стадии обострения после прохождения курса процедур пассивной ИГТ (в сочетании с медикаментозной терапией) по отношению к группам контроля. Установлены снижение значений исходно повышенных значений артериального давления, частоты сердечных сокращений в покое, рост дыхательного объема, резервного объема выдоха, форсированной жизненной емкости легких, улучшение бронхиальной проходимости, вентилиционно-перфузионных отношений, повышение насыщения артериальной крови O_2 , увеличение артериовенозной разницы по O_2 , повышение утилизации O_2 тканями.

Показаны обнадеживающие результаты применения процедур ИГТ для коррекции состояний, связанных с синдромом апное во сне. При этом одним из ключевых механизмов позитивных сдвигов в дыхательной системе является феномен респираторной пластичности как основанное на долговременной нейросинаптической потенциации изменение в активности нейронных сетей, вовлеченных в генерацию дыхательной активности в ответ на адаптацию к повторяющимся интервалам гипоксической стимуляции.

Наконец, суммирован позитивный опыт комбинированного применения процедур адаптации к гипоксии и энтеральной оксигенотерапии при лечении и реабилитации пациентов с БА [5]. Показано, что применение 15 процедур нормобарической ИГТ в сочетании с кислородными коктейлями приводит к нормализации клеточного и гуморального иммунитета, улучшению клинического течения астмы у детей.

Положительные аспекты применения различных протоколов пассивной ИГТ у пациентов с ожирением и метаболическими нарушениями также показаны в ряде клинических исследований. Так, пребывание в условиях среднегорья в течение 7–10 дней, или процедуры пассивной ИГТ 3 раза в неделю в течение 4–6 нед приводят к значительному снижению массы тела, сопровождающемуся повышением основного обмена и снижением аппетита и потребления пищи. Показан эффект от комбинированного применения пассивной ИГТ с заменой нормоксических пауз дыханием гипоксической газовой смесью (30% O_2) – у пациентов с метаболическим синдромом курс из 15 процедур на фоне адекватной терапии и низкокалорийной диеты приводил к более выраженному по сравнению с группой контроля снижению массы тела за счет жировой массы, снижению кардиометаболических факторов риска (уровня общего холестерина, глюкозы натощак, артериального давления). Еще более значимые эффекты наблюдаются при выполнении пациентами с метаболическим синдромом/ожирением физических нагрузок в гипоксической среде: существенное

Таблица 1

Основные клинические исследования эффектов пассивных ИГТ у пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями*

Автор	Число пациентов (опыт+контроль)	Основной диагноз	Тип исследования	Протокол гипоксического воздействия	Эффекты
Ахматова и соавт., 1999 [1]	58+20	ХОБЛ	Рандомизированное контролируемое	60 мин/день, 3–4 цикла (12–30 мин $\text{FIO}_2 = 12\%$)	↑ Резервного объема выдоха, форсированной жизненной ёмкости легких, средней объемной скорости выдоха (25/50/75) ↓ Числа астматических эпизодов ↓ Интенсивности одышки ↑ Увеличение толерантности к физическим нагрузкам субмаксимальной и максимальной мощности ↓ САД и ДАД
Bernardi и соавт., 2010 [6]	9+9	ХОБЛ	Рандомизированное двойное слепое плацебо контролируемое	5–9 циклов в день (3–5 мин $\text{FIO}_2 = 12–15\%$, 3–5 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$)	↑ Барорефлекторной чувствительности ↑ Аэробной работоспособности ↑ Общей массы гемоглобина
Иванов и соавт., 2017 [5]	130+710+205+65	БА	Рандомизированное контролируемое	4 цикла в день (5 мин $\text{FIO}_2 = 12–16\%$, 5 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$), 15 дней	↑ Резервного объема выдоха ↑ Форсированной жизненной ёмкости легких ↑ Средней объемной скорости выдоха (25/50/75) ↑ Жизненной ёмкости легких
Burtscher и соавт., 2009 [7]	9+9	ХОБЛ	Рандомизированное плацебо контролируемое	5–9 циклов в день (3–5 мин $\text{FIO}_2 = 12–15\%$, 3–5 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$)	↑ Аэробной работоспособности ↓ Накопления лактата на нагрузке 1 и 1,5 Вт/кг массы тела ↑ Насыщения артериальной крови O_2 при нагрузках на уровне порога анаэробного окисления ↑ Общей массы гемоглобина
Галактионова и соавт., 2003 [2]	30+20	БА	Контролируемое	60 мин в день, 6 циклов: 1–5 мин $\text{FIO}_2 = 12\%$, 5–9 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$), 20 процедур	↓ Числа астматических эпизодов ↑ Длительности периодов ремиссии
Haider и соавт., 2009 [8]	9+9	ХОБЛ	Рандомизированное контролируемое	6–7 циклов в день: 5–7 мин $\text{FIO}_2 = 11\%$, 2–3 мин $\text{FIO}_2 = 30–35\%$), 15 процедур	↑ Барорефлекторной чувствительности Тенденция остаточного объема и ↓ ЧДД
Глазачев и соавт., 2011 [3]	11+13+11	Метаболический синдром	Рандомизированное контролируемое	6–7 циклов в день: 5–7 мин $\text{FIO}_2 = 11\%$, 2–3 мин $\text{FIO}_2 = 30–35\%$), 15 процедур	↓ АД ↓ Уровня холестерина ↓ Эндотелиальной дисфункции ↑ Микроциркуляции ↑ Толерантности к физической нагрузке
Wiessner и соавт., 2010 [11]	24+21	Ожирение	Контролируемое	60 мин в день, 3 дня в нед $\text{PIO}_2 = 103$ мм рт. ст., 4 нед по 5 процедур	↓ Инсулинорезистентности ↑ Безжировой массы
Workman и соавт., 2012 [12]	11+4	Ожирение	Контролируемое слепое	$\text{SpO}_2 = 80\%$ 3 ч в день, 7 процедур	↓ Окисления глюкозы ↑ Окисления липидов
Leone и соавт., 2010 [10]		Сахарный диабет 2-го типа		40 мин, 5 мин $\text{FIO}_2 = 14\%$, 3 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$), 15 процедур, 4 нед	↑ Толерантности к физическим нагрузкам ↑ Вентиляторного резерва
Duennwald и соавт., 2013 [8]	14+14	Сахарный диабет 2-го типа		5 циклов, 6 мин $\text{FIO}_2 = 13\%$, 6 мин $\text{FIO}_2 = 21\%$), 15 процедур, 4 нед	↓ Уровня глюкозы в крови ↓ Вентиляторного ответа ↑ Насыщения артериальной крови O_2

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – использован неопубликованный литературный обзор M. Burtscher и соавт., с изменениями и дополнениями.

Таблица 2

Физиологические эффекты ИГТ и их механизмы у пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями

Эффект	Механизм
Улучшение функции внешнего дыхания	Улучшенная проходимость бронхов Улучшенная функция вентиляции легких Увеличение гипоксического и гиперкапнического вентиляторного ответа
Повышение кислородной емкости крови	Повышение общей массы гемоглобина Стимуляция эритропоэза
Повышение иммунитета организма	Активация фагоцитоза Увеличение синтеза иммуноглобулинов, Т-лимфоцитов
Снижение уровня холестерина, триглицеридов	Активация окисления холестерина в первичные желчные кислоты монооксигеназной системой цитохрома Р-450 гепатоцитов
Повышение чувствительности тканей к инсулину	Стимуляция утилизации глюкозы скелетными мышцами
Снижение уровня глюкозы крови	Повышение активности гликолиза, увеличение количества митохондрий, активности ферментов митохондриального комплекса, белков-транспортёров глюкозы GLUT4
Снижение массы тела	Увеличение уровня серотонина и лептина, снижение концентрации грелина

снижение объема жировой массы, нормализация значений артериального давления, повышение аэробных возможностей. Причем выраженность позитивных сдвигов зависит в большей степени не от интенсивности выполняемых нагрузок и/или уровня гипоксии, а от длительности (больше – лучше) тренировки, выполнение же упражнений в гипоксической среде позволяет снизить объем работы без потери позитивных эффектов.

Отдельно следует отметить положительное влияние гипокситерапии/активного тренинга в гипоксической среде на пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, у которых были отмечены снижение уровня глюкозы плазмы крови натощак, увеличение скорости утилизации глюкозы крови, повышение чувствительности к инсулину, а также снижение активности симпатической нервной системы в покое и ее реактивности на стресс-стимулы.

Эффективность вышеприведенных протоколов для пациентов с хронической бронхолегочной патологией, а также для пациентов с метаболическими нарушениями представлена в табл. 2.

Для заболеваний сердечно-сосудистой системы, которые, как правило, ассоциированы с метаболическим синдромом – атеросклероз, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, вы можете найти более подробную информацию применения гипоксического кондиционирования и протоколы реабилитации в предыдущем занятии Университета реабилитации.

Следует подчеркнуть, что пассивные ИГТ для пациентов хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями являются в существенной мере альтернативой физической нагрузке, которую они не в силах выполнять вследствие тяжелой хронической патологии и/или ортопедической коморбидности. Таким образом, ИГТ для таких категорий больных могут служить хорошим дополнением к фармакологической терапии.

Немаловажным аспектом в применении метода пассивных нормобарических гипоксических тренировок/терапии в клинической практике при различных вариантах применения метода и использования различных приборов для генерации гипоксических газовых смесей с заданными параметрами является удовлетворение критериям эффективности и безопасности, сравнительно недорогая стоимость аппаратуры и отпуска процедур, практическое отсутствие/минимальные проявления побочных эффектов.

Стоит также отметить, что применение инструментов генерации гипоксических газовых смесей для лечебных/реабилитационных целей следует осуществлять с осторожностью, так как многие из них не являются медицинскими приборами, а зарегистрированы как дыхательные тренажеры. Приборами для отпуска процедур интервальной гипоксии с индивидуальным дозированием интенсивности и продолжительности гипоксических стимулов, зарегистрированным как медицинское оборудование в России, являются, например, аппараты «Реокси», «Био-Нова».

В целом, подводя итог курсу лекций, можно отметить, что нормобарическая гипокситерапия/ИГТ – уникальный метод физиотерапевтического лечения, оказывающий на организм человека множество положительных эффектов, позволяющий проводить лечение, реабилитацию, а также первичную и вторичную профилактику ряда хронических заболеваний и патологических состояний.

Увеличение доступности данного метода в клинической практике связано с разработкой и внедрением новых эффективных устройств для гипокситерапии, усовершенствованием протоколов применения разных вариантов метода гипоксического кондиционирования, подходов к определению эффективных индивидуальных гипоксических воздействий, а также с большей информированностью медицинских работников о возможностях и клинических эффектах методов ИГТ.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахматова С.Н., Фади́на З.М., Логи́нов А.Г., Феофанова И.Д. Применение прерывистой нормобарической гипоксии в лечении больных хроническими обструктивными заболеваниями легких в условиях санатория. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 1999; (4): 46–7.
- Галактионова Л.П., Варшавский Б.Я., Кореновский Ю.В. Влияние интервальной нормобарической гипокситерапии на оксидантно-антиоксидантный статус больных бронхиальной астмой. *Сибирский медицинский журнал*. 2003; (4): 9–13.
- Глазачев О.С., Звенигородская Л.А., Дудник Е.Н., Ярцева Л.А., Мищенко Т.В., Платоненко А.В., Спирина Г.К. Интервальные гипоксигипероксические тренировки в лечении больных метаболического синдрома. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2010; (7): 51–6.
- Гребенюк С.А., Озаровский Е.Е. Применение прерывистой нормобарической гипокситерапии в лечении больных с хроническими неспецифическими заболеваниями легких в условиях военного санатория. *Военно-медицинский журнал*. 2003; 324(11): 69–70.
- 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. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2015; 17(4): 312–7.
- Bernardi L. Interval hypoxic training in COPD. *4th International Symposium for Hypoxia in Medical Research, Training and Rehabilitation: Proceedings*. Moscow; 2010: 4.
- Burtscher M., Haider T., Domej W., Linser T., Gatterer H. et al. Intermittent hypoxia increases exercise tolerance in patients at risk for or with mild COPD. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2009. 165(1): 97–103.
- Duennwald T., Gatterer H., Groop P.H., Burtscher M., Bernardi L. Effects of a single bout of interval hypoxia on cardiorespiratory control and blood glucose in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2013; 36(8): 2183–9.
- Haider T., Casucci G., Linser T., Faulhaber M., Gatterer H., Ott G. et al. Interval hypoxic training improves autonomic cardiovascular and respiratory control in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *J. Hypertens.* 2009. 27(8): 1648–54.
- Leone R.J., Lalande S. Intermittent hypoxia as a means to improve aerobic capacity in type 2 diabetes. *Med. Hypotheses*. 2017; 100: 59–63.
- Wiesner S., Haufe S., Engeli S., Mutschler H., Haas U., Luft F.C., Jordan J. Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight to obese subjects. *Obesity*. 2010; 18(1): 116–20.
- Workman C., Basset F.A. Post-metabolic response to passive normobaric hypoxic exposure in sedentary overweight males: a pilot study. *Nutr. Metab. (Lond.)*. 2012; 9(1): 103.

Контрольные вопросы к занятию № 6

№	Вопрос	Выделите только один однозначно верный, на Ваш взгляд, вариант ответа из предложенных (верных и ошибочных):			
		1	2	3	4
1	Какой метод гипоксической тренировки в большей степени подходит для реабилитации пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями?	Повторные ускорения в гипоксической среде	Пассивная ИГТ	Активный тренинг/ повторные ускорения в гипоксической среде	Гипоксическая тренировка не подходит данным категориям пациентов
2	На чем основан положительный эффект ИГТ у пациентов с хронической бронхолегочной патологией и метаболическими нарушениями?	Повышение настроения и снижение тревоги на фоне дополнения инновационным методом стандартной медикаментозной терапии	Потенцирование действия лекарственных средств	Адаптационный ответ на гипоксическое воздействие	За счет эффекта «плацебо»
3	Влияет ли и как курс ИГТ на переносимость физических нагрузок у пациентов с ХОБЛ и метаболическими нарушениями	Нет, не влияет	Достоверных данных не получено, в отдельных случаях влияет негативно	Да, повышает	Повышение толерантности к физической нагрузке не является существенным у данных категорий пациентов
4	Какая концентрация O ₂ будет наиболее эффективна при отпуске процедур ИГТ для пациентов с ХОБЛ	FIO ₂ = 20–21%	FIO ₂ = 30–35%	FIO ₂ = 11–15%	FIO ₂ = 6–8%
5	Для каких заболеваний, относящихся к метаболическим нарушениям, ИГТ показало наибольшую эффективность?	Ожирение, сахарный диабет 2-го типа	Ожирение, сахарный диабет 1-го и 2-го типов	Артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет 1-го типа	Артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца
6	У каких групп пациентов с бронхолегочной патологией применение ИГТ наиболее эффективно?	Острая пневмония	ХОБЛ и бронхиальная астма	Туберкулез, пневмокониозы	Отек легких
7	Применение ИГТ в клинической практике	Дорого и неэффективно	Может полностью заменить лекарственную терапию	Эффективно и безопасно, а также сравнительно недорогая процедура и отсутствие побочных эффектов	Невозможно