Дата публикации: 01.03.2023
DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_28
УДК 615.835.3; 796

Publication date: 01.03.2023
DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_28
UDC 615.835.3; 796

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ В СИСТЕМЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СПОРТА ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНЫХ ТРЕНИРОВОК В СРЕДНЕГОРЬЕ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.В. Нопин
ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России), г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Целью исследования явился теоретический анализ исследований возможности применения гипербарической оксигенации в медико-биологическом обеспечении спорта высших достижений и определения протокола проведения данного лечебного мероприятия у спортсменов, перенесших COVID-19, в процессе интенсивных тренировок в среднегорье. Проведенный анализ показывает, что метод ГБО способствует улучшению доставки кислорода, уменьшению отека и патологического воспаления при спортивных травмах, индуцированию неоваскуляризации и неоангиогенеза. Эти механизмы активизируют восстановление организма спортсменов после нагрузок и реабилитацию после травм и заболеваний. Практическое применение ГБО в спорте, описанное в работах российских специалистов, показывает положительный эффект, заключающийся в улучшении функционального состояния и повышении физической и умственной работоспособности, однако исследования зарубежных ученых, проводимые с группой плацебо, имеют достаточно противоречивый характер, по большей части свидетельствующий об отсутствии позитивных эффектов. По-видимому, большую роль играет применяемый протокол воздействия, определяемый величиной давления и временем экспозиции, что необходимо учитывать и тщательно разрабатывать при применении данного метода, особенно в условиях среды среднегорья.

Ключевые слова: гипербарическая оксигенация, кислород, давление, спортсмены, адаптация, восстановление, реабилитация.

POSSIBILITIES OF USING HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN BIOMEDICAL SUPPORT OF HIGH PERFORMANCE SPORT DURING INTENSE TRAINING IN MIDDLE ALTITUDE (ANALYTICAL REVIEW)

Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.V. Nopin
FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Annotation. The purpose of the study was a theoretical analysis of research on possibilities of hyperbaric oxygen therapy in biomedical support of high performance sport and identification of the execution protocol of such therapy for athletes, who had COVID-19, during intense training in middle altitude. The conducted analysis shows that this method contributes to an improved oxygen transfer, reduced edema and pathological inflammation in case of sports injury, induced neovascularization and neoangiogenesis. These mechanisms activate recovery of athletes after activity and rehabilitation after injuries and diseases. A practical use of such treatment in sports, described in the works of Russian experts, shows a positive effect of improved functional state and increased physical and mental performance. However, data from foreign studies, conducted with the placebo group, is rather contradictive, mainly being evidence for no positive effects. It is possible that the used protocol, defined by pressure value and exposure time, plays a significant role, which must be considered and carefully developed when using this method, especially in middle altitude conditions.

Keywords: hyperbaric oxygen therapy, oxygen, pressure, athletes, adaptation, recovery, rehabilitation.

Введение. Гипербарическая оксигенация (ГБО) – это искусственное увеличение кислородной емкости крови за счет дополнительного растворения кислорода в плазме в результате повышения pO_2 во вдыхаемой газовой смеси вследствие увеличения общего барометрического давления внешней среды. Реализуется данный метод при помощи специальных барометрических камер. ГБО широко используется в медицине для лечения целого ряда заболеваний [1-2] и реабилитации после тяжелых травм [3] и ранений [4] для сохранения, повышения работоспособности и реабилитации моряков и летчиков [5], работников силовых структур, для восстановления работоспособности и функций систем организма в спорте [6-8].

Целью работы явился теоретический анализ исследований возможности применения гипербарической оксигенации в медико-биологическом обеспечении спорта высших достижений и определения протокола проведения данного лечебного мероприятия у спортсменов, перенесших COVID-19, в процессе интенсивных тренировок в среднегорье.

Методы и организация исследования. Проведен теоретический анализ научных публикаций российских и зарубежных ученых по данным электронных баз Scopus, eLibrary, Google scholar, КиберЛенинка по вопросам физиологического механизма воздействия гипербарической оксигенации и опыта применения данного метода в медицине и спорте. Всего проанализировано 33 источника.

Результаты исследования и их обсуждение. Действию гипербарического кислорода подвержены все ткани, органы и системы, т.е. кислород обладает общефизиологическим и общетоксическим действием, которое обусловлено с одной стороны его дозой, с другой – фенотипическими особенностями индивида, включая функциональное состояние. При ГБО, проводимой с субоптимальной или оптимальной дозой, организм переходит в качественно новое состояние, характеризуемое экономичностью (гипофункцией) физиологических систем. Повышение уровня деятельности той или иной системы организма по мере увеличения pO_2 при одной и той же процедуре, наступающее вслед за экономичным функционированием, является декомпенсацией и проявлением отравления кислородом [9].

В настоящее время установлено, что без ущерба для здоровья человека можно дышать некоторое время кислородом под давлением в 3 атм. В этом случае парциальное напряжение кислорода в альвеолярном воздухе достигает 2280 мм рт. ст., а количество растворенного кислорода в крови становится в 21 раз больше, чем обычно. Это – физиологический предел действия кислорода. При превышении физиологического предела развивается кислородная интоксикация [7, 10].

При ГБО, дозированной по парциальному давлению кислорода, в физиологической стадии снижается систолическое и пульсовое артериальное давление, урежается пульс, уменьшается минутный объем кровообращения, имеет место морфофункциональная стабилизация мембран эритроцитов и трансформация эхиноцитов I-III степени в дискоидные формы эритроцитов, увеличивается аэробная способность организма. При токсической дозе гипербарического кислорода повышается уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, уменьшается аэробная способность организма, в крови увеличивается количество эхиноцитарных и гемолизирующихся форм эритроцитов [9].

Ученые отмечают следующие эффекты и преимущества ГБО:

- компенсация любой формы гипоксии, в первую очередь обусловленной потерей или инактивацией значительной части циркулирующего гемоглобина;
- удлинение расстояния эффективной диффузии в тканях;

- обеспечение метаболических потребностей тканей при снижении объемной скорости кровотока;
- восстановление баланса между доставкой кислорода и его потреблением.

В литературе имеется множество примеров применения ГБО в целях лечения заболеваний сердечно сосудистой, дыхательной системы, восстановления после травм.

Экспертами европейской ассоциации барофизиологов и подводной медицины выдвинуты позиции, стремящиеся определить место ГБО в терапии ишемической болезни сердца (ИБС) и, в частности, в терапии острого инфаркта миокарда [11]. Применение современных методов интенсивной терапии гипоксии при остром инфаркте миокарда (сочетание ГБО с антигипоксантами и антиоксидантами) позволяет уменьшить сроки пребывания больных в стационаре, в палатах реанимации и интенсивной терапии и заметно снизить летальность [12].

Предполагается, что воздействие ГБО нормализует баланс вегетативной нервной системы и способствует снижению повышенного систолического артериального давления [13].

Изучено влияние ГБО на состояние перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у больных с изолированной и сочетанной черепно-мозговой травмой, воспалительных заболеваниях внутренних половых органов у женщин. ГБО временно усиливает эндотоксикоз с последующим быстрым темпом его снижения. Стимуляция процессов перекисного окисления липидов находится в прямой зависимости от степени исходных нарушений, обусловленных травмой или заболеванием [14].

Курсовое лечение методом ГБО оказывает иммунокорригирующее действие, проявляющееся в снижении повышенного уровня провоспалительных цитокинов, что способствует усилению противомикробного и противовирусного иммунитета, уменьшению воспалительного отека слизистой бронхов и их гиперчувствительности, улучшению эвакуаторной функции респираторного тракта. Использование ГБО в комплексном лечении пациентов с профессиональным хроническим обструктивным заболеванием легких (ХОЗЛ) способствует снижению объема поддерживающей ингаляционной бронхолитической терапии, минимизируя ее побочные эффекты, что позволяет рекомендовать включение ГБО в современные протоколы лечения [15]. В другом исследовании включение курса ГБО в комплексную терапию пациентов с ХОЗЛ показало уменьшение выраженности дыхательной недостаточности, повышение переносимости физической нагрузки и в целом способствовало улучшению качества жизни и социальной адаптации [16].

В связи с началом пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 возникла необходимость в применении методов, препятствующих развитию осложнений данного заболевания, проявляющихся гипоксией, в виде дополнительной кислородной поддержки [17]. Возник вопрос безопасности применения ГБО у пациентов с COVID-19. Включение в комплексную терапию при COVID-19 ежедневных сеансов (не менее 4) ГБО в «мягких» режимах (1,4-1,6 ата) показало свою безопасность и предварительный положительный эффект на субъективное состояние обследованных пациентов и динамику насыщения крови кислородом [18].

Имеются и другие примеры положительного применения ГБО в комплексном лечении пациентов с тяжелыми формами COVID-19 [19]. Проведенные исследования специалистов показали, что включение ГБО в комплексную терапию больных с COVID-19 показало свою эффективность, выражающуюся в увеличении насыщения гемоглобина кислородом, а также улучшении субъективных показателей состояния пациентов. Использование ГБО не вызывает активации свободнорадикальных процессов и истощения антиоксидантной системы защиты организма. Выраженный эффект на уровне

нормализации окислительно-восстановительных и апоптотических процессов в организме начинал проявляться после 3–4-го сеанса [20].

Большой интерес представляет протокол проведения лечебных мероприятий. В одном из исследований китайских ученых представлены данные, что сеансы ГБО у пациентов с тяжелой и критической формами течения инфекции COVID-19, двусторонней пневмонией, сатурацией 70%, проводились при давлении 1,6 ата (и даже 2 ата у одного из пациентов). Длительность первого сеанса составляла 90 минут, последующие – 60 минут [21]. После проведения ГБО у каждого из пациентов в течение дня наблюдалось устойчивое увеличение показателя сатурации, сохраняющееся до утра следующего дня. Анализ колебаний показателя сатурации в течение суток, проведенный авторами, показал его снижение у всех пациентов до минимального значения в 8 часов утра и его общее динамическое нарастание с начала проведения гипербарической оксигенации. После проведения 3-8 сеансов ГБО у всех пациентов отмечалось клиническое улучшение состояния (снижение температуры, нормализация частоты дыхания) [21].

Сотрудниками Федерального медицинского биофизического центра имени А.И. Бурназяна ФМБА России представлены данные, демонстрирующие отчетливый положительный эффект применения сеансов ГБО в комплексной терапии пациентов с COVID-19 среднетяжелого и тяжелого течения. Уже после первого сеанса ГБО в состоянии больных наблюдалась положительная динамика в виде достоверного прироста сатурации капиллярной крови кислородом. Отчетливое антигипоксическое действие метода улучшает клиническое состояние пациента в ожидании эффекта от лекарственной терапии, стабилизирует показатели газового состава крови и позволяет избежать (в ряде случаев) перевода больных на искусственную вентиляцию легких [22].

В другом исследовании у всех пациентов с коронавирусной инфекцией на фоне курса ГБО была отмечена положительная динамика в виде уменьшения одышки, снижения частоты сердечных сокращений и улучшения общего самочувствия. Сатурация крови после окончания курса составляла 96,5±1,8% (до проведения курса – 65,7±6,1%), что исключило потребность у всех пациентов в дальнейшей оксигенотерапии. Была выдвинута гипотеза о том, что использование ГБО в острой фазе COVID-19 у кислородзависимых пациентов способно предотвращать формирование неспецифической интерстициальной пневмонии [23].

Использование ГБО на более поздних сроках реабилитации после вирусной пневмонии, вызванной COVID-19, у представителей силовых структур способствовало улучшению ряда показателей, отражающих состояние центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательных систем организма спортсмена, а также повысило уровень спортивной работоспособности. Кроме того, субъективная оценка самих пострадавших больных говорила об улучшении настроения и самочувствия после окончания курса [8].

Применение ГБО для повышения функциональных возможностей спортсменов в целом ряде работ показало положительный эффект, заключающийся в улучшении функционального состояния и повышении физической и умственной работоспособности [24-26].

Анализ динамики восстановления функций спортсменов после физической нагрузки субмаксимальной мощности на велоэргометре до отказа с применением ГБО было проведено А.Г. Щуровым [26]. Данное исследование показало, что восстановление до исходного уровня показателей, характеризующих функциональное состояние, у спортсменов после физической нагрузки в условиях ГБО наступает к 5–30-й мин сеанса, т. е. через 25-50 мин после физической нагрузки.

При восстановлении в обычных условиях исследуемые параметры достигали уровня, характерного для спокойного состояния, только через 70-90 мин.

Также ученым было отмечено, что в условиях ГБО наступает не только ускоренное восстановление организма, но и расширение физиологических резервов, о чем свидетельствует достижение исходных значений большинством исследуемых показателей к 30-й мин восстановления, а затем даже их превышение [27].

Согласно заключению, по исследованиям А.Г. Щурова ГБО может применяться в различных видах спорта с целью быстрейшего устранения утомления, являющегося следствием выполненной нагрузки, в качестве предварительной стимуляции работоспособности перед тренировкой или соревнованиями, а также для профилактики и устранения нарушений функционирования органов и систем из-за чрезмерного физического перенапряжения [26].

Однако, в зарубежной литературе имеется множество данных, описывающее неэффективное применение ГБО для восстановления работоспособности спортсменов и восстановления после спортивных травм, при этом исследователи применяют различные протоколы процедур.

Так, ученые из Бразилии провели исследование по влиянию гипербарической оксигенотерапии на восстановление после тренировки у спортсменов джиу-джитсу. Гипербарическую оксигенотерапию проводили с помощью многоместной камеры Fogliene® вместимостью 14 человек. Спортсменов направляли в камеру, где они сидели на индивидуальных стульях, и через индивидуальные маски выпускали кислород. Сеанс начался со скоростью спуска около 7 метров в минуту. Спуск был прерван на глубине двух метров (1,20 ата), чтобы участники могли надеть маски. С этого момента выделяется 100% концентрация кислорода. На глубинах пять метров (1,50 ата) и девять метров (1,90 ата) спуск прерывали, чтобы выровнять внутригрудное давление. Сжатие продолжалось до глубины 13,9 метра (2,39 ата), где продолжалось 89 минут. После этого инициировали процесс разгерметизации камеры со скоростью 4 метра в минуту до достижения состояния полной разгерметизации. Когда цикл закончился, наступил период лечения/восстановления (высвобождение кислорода) продолжительностью один час сорок минут. Ученые пришли к заключению, что применение ГБО по данному протоколу не было эффективным. Они отмечают необходимость проведения исследований применения ГБО с использованием измененных протоколов с увеличением времени сеанса и экспозиции, проведения двух сеансов в один день или хронического воздействия после тренировки в течение тренировочного цикла [28].

Мекьявич и его коллеги не обнаружили восстановления мышц и исчезновение в них болезненности после физической нагрузки при применении ГБО. Они изучили 24 здоровых мужчин, которые были случайным образом распределены в группу плацебо или группу ГБО после возникновения боли в мышцах-сгибателях правого локтя [29]. Группа ГБО подвергалась воздействию 100% кислорода при 2,5 ата, а группа имитации – 8% кислорода при 2,5 ата как в течение 1 часа в день, так и в течение 7 дней. В течение 10 дней не было обнаружено различий в скорости восстановления мышечной силы между двумя группами или в воспринимаемой боли. Несмотря на то, что это было рандомизированное двойное слепое исследование, оно было небольшим [11].

В различных исследованиях место повреждения, по-видимому, оказывало влияние на эффективность лечения. Например, воздействия ГБО после травм мышц живота приносят меньше пользы, чем повреждения мышечно-сухожильных соединений и связок. Исследователи отмечают необходимость рандомизированных, контролируемых, двойных слепых клинических исследований на людях (в основном

спортсменах) и на животных моделях для того, чтобы выявить его эффекты и механизмы, определить, является ли он безопасным и эффективным для лечения спортивных травм [30].

Зарубежные теоретические обзоры также свидетельствуют о том, что ГБО неэффективна при синдроме отсроченной мышечной боли после физической нагрузки (крепатуры) [31]. Исследования на людях немногочисленны, несмотря на широкое использование ГБО среди спортсменов, и требуют тщательных научных исследований, прежде чем сделать вывод о том, может ли метод способствовать восстановлению спортсменов.

Современная система спортивной подготовки, особенно в видах спорта на выносливость, предусматривают применение естественной и искусственной гипоксии, адаптация к которой обеспечивает более высокие результаты в соревнованиях. В настоящее время тренироваться в среднегорье приходится и спортсменам, ранее перенесшим COVID-19. Имеются данные, свидетельствующие о том, что временное наложение инфекции SARS-CoV-2 и воздействия высокогорья/гипоксии может иметь пагубные последствия. Отсутствуют обоснованные фактические данные о том, может ли высота/гипоксия предотвращать, лечить или усугублять течение заболевания и каким образом. Хотя высота/гипоксия потенциально эффективна в качестве профилактической меры, она может быть связана с повышенным риском для спортсменов, перенесших ранее данное заболевание [32]. В связи с чем, большой интерес представляет использование ГБО для восстановления спортсменов, проживающих и тренирующихся в условиях среднегорья, в гипоксических условиях.

Заключение. Таким образом, проведенный теоретический анализ определил основные актуальные направления применения ГБО в спорте: антигипоксическое, гипероксическое, адаптационное. Данный метод обладает особой способностью улучшать доставку кислорода, уменьшать отек и патологическое воспаление при спортивных травмах, а также индуцировать неоваскуляризацию и неоангиогенез. Эти механизмы могут помочь процессу восстановления после нагрузок и реабилитации после травм и заболеваний. Практическое применение ГБО в спорте, описанное в работах российских специалистов, показало положительный эффект, заключающийся в улучшении функционального состояния и повышении физической и умственной работоспособности, однако исследования зарубежных ученых, проводимые с группой плацебо, имеют достаточно противоречивый характер, по большей части свидетельствующий об отсутствии позитивных эффектов.

По-видимому, большую роль играет применяемый протокол воздействия, определяемый величиной давления и временем экспозиции. Так, для клинических целей общество подводной и гипербарической медицины указывает, что достижения эффективного эффекта давление должно быть 1,4 ата (141,86 кПа) или выше. Обычный диапазон используемого давления составляет от 2 до 2,8 ата. Каждый сеанс должен занимать от 60 до 120 минут [33]. Эффективность метода также определяется направленностью поставленных задач и, по-видимому, более эффективно для восстановления функций и увеличения возможностей кардио-респираторной системы, чем опорно-двигательного аппарата.

Прежде чем рекомендовать включение на регулярной основе ГБО в процесс медико-биологического сопровождения в спорте высших достижений при тренировках в среднегорье, необходимо отчетливо представлять, какие долговременные адаптивные перестроения происходят в организме спортсмена, за счет каких изменений повышается специальная работоспособность и растут спортивные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефуни, С. Н. Гипероксия. Патофизиологические аспекты лечебного и токсического действия гипербарического кислорода / С. Н. Ефуни, А. Л. Сыркин, В. В. Родионов // Руководство по гипербарической оксигенации (теория и практика клинического применения) / под ред. С.Н. Ефуни. – М., 1986. – Гл. 2. – С. 28-55.

2. Левшин, И. В. Физиологические закономерности гипоксических воздействий на функциональное состояние системы внешнего дыхания спортсменов в спорте высших достижений / И. В. Левшин, С. М. Ашкинази, А. Н. Поликарпочкин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 9(67). – С. 62-66.

3. Левина, О. А. Гипербарическая оксигенация при острых заболеваниях и повреждениях головного мозга. Новые возможности. Новые решения / Левина О. А., Ромасенко М. В., Крылов В. В. [и др.] // Нейрохирургия. – 2014. – № 4. – С. 9-15.

4. Сакович, Е. Ф. Гипербарическая оксигенация в комплексе интенсивной терапии огнестрельных и взрывных ранений / Е. Ф. Сакович, Ю. В. Искра, Л. А. Мальцева //Медицина неотложных состояний. – 2015. – № 2(65). – С. 147-149.

5. Баротерапия в военной медицине / Кулешов В. И., Мясников А. А., Чернов В. И. [и др] // Военно-медицинский журнал. – 2016 – Т. 337(10). – С. 52-62.

6. Щуров, А. Г. Применение гипербарической оксигенации для повышения работоспособности спортсменов / А. Г. Щуров // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 9. – С. 28-29.

7. Байдин, С. А. Гипербарическая оксигенация в лечении вредных воздействий окружающей среды. Руководство по гипербарической медицине / С. А. Байдин, А. Б. Граменицкий, Б. А. Рубинчик. – М.: Медицина, 2008. – С. 450-457.

8. Поликарпочкин А. Н. Гипербарическая оксигенация при физической реабилитации после перенесенной инфекции «COVID-19» / А. Н. Поликарпочкин, И. В. Левшин // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. – 2021. – № 1. – С. 225-230.

9. Чернов В. И. Функциональное состояние организма при гипербарической оксигенации, дозированной по парциальному давлению кислорода: дис. / Василий Иванович Чернов. – СПб.: Воен.-мед. акад. им. СМ Кирова, 2004. – 32 с.

10.Матье, Д. Отравление окисью углерода / Д. Матье. – М.: Бином, 2009. – С. 221-241.

11.Bennett M. H. Hyperbaric oxygen therapy for acute coronary syndrome / M. H. Bennett, J. P. Lehm, N. Jepson // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2015. – Issue 7. – Art. No.: CD004818. DOI: 10.1002/14651858.CD004818.pub4.

12.Жданов, Г. Г. Гипербарическая оксигенация, антигипоксантная и антиоксидантная терапия при остром инфаркте миокарда / Г. Г. Жданов, И. М. Соколов // Общая реаниматология. – 2005. – Т. 1. – № 6. – С. 55-64.

13.Применение гипербарической оксигенации у больных с артериальной гипертензией / Лакотко Т. Г., Шишко В. И., Водоевич В. П. [и др.] // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2009. – № 3 (27). – С. 3-5.

14.К механизмам реализации адаптогенных свойств гипербарической оксигенации / Беляевский А. Д., Беляевский С. А., Маркарян Э. Г. [и др.] // Общая реаниматология. – 2005. – № 1(1). – С.51-53.

15.Гринцова, А. А. Изменение цитокинового профиля и показателей гуморального иммунитета у пациентов с профессиональным хроническим обструктивным заболеванием легких в результате лечения методом гипербарической оксигенации / А. А. Гринцова, Е. Г. Ладария // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2012. – Т. 13. – № 2. – С. 246-248.

16.Применение гипербарической оксигенации в комплексной терапии пациентов с профессиональным ХОЗЛ / Гринцова А. А., Ладария Е. Г., Боева И. А. [и др.] // Университетская клиника. – 2015. – № 11(2). – С. 52-55.

17.Joly, B. S. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19 / B. S. Joly, V. Siguret, A. Veyradier // Intensive Care Med. – 2020. – Vol. 46(8). – pp. 1603-1606.

18.Безопасность применения гипербарической оксигенации при лечении COVID-19 / Евсеев А. К., Шабанов А. К., Кулабухов В. В. [и др.] // Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. – 2020. – № 9(3). – С. 314-320.

19.Мозговой, Е. Д. Гипербарическая оксигенация в лечении осложненных случаев COVID-19: обзор первого опыта применения / Е. Д. Мозговой, Ю. Д. Удалов, М. В. Очколяс // Медицина

экстремальных ситуаций. – 2020. – Т. 22. – №. 3. – С. 72-76.
20.Гипербарическая оксигенация в терапии пациентов с COVID-19 / С. С. Петриков, А. К. Евсеев, О. А. Левина [и др.] // Общая реаниматология. – 2020. № 16(6). – С. 4-18.
21.Hyperbaric Oxygen Treatment Ameliorates the Decline in Oocyte Quality and Improves the Fertility of Aged Female Mice / Ma Y., Zhong Y., Chen X. [et al] // Reproductive Sciences. – 2022. – pp. 1-7.
22.Опыт применения гипербарической оксигенотерапии с использованием портативных барокамер для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 / Самойлов А. С., Удалов Ю. Д., Шеянов М.В. [и др.] // Биомедицина. – 2020. – № 2. – С. 39-46.
23.Опыт применения гипербарической оксигенации у кислородзависимых пациентов с тяжелыми формами коронавирусной инфекции / Ефремова О. Ю., Зайцев А. А., Золотухин О. В. [и др.] // Вестник Медицинского института непрерывного образования. 2022. №2. – P. 25-27.
24.Черняк, О. П. Анализ использования и влияние гипербарической оксигенации на работоспособность спортсменов / О. П. Черняк, О. А. Тка, Д. С. Проценко // Научный журнал Дискурс. – 2016. – № 2. – С. 204-211.
25.Фероян, Э. Эффективность гипербарической оксигенации в спортивной деятельности / Э. Фероян, К. Харитонашвили // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. – 2008. – № 6. – С. 221-223.
26.Щуров, А. Г. Применение гипербарической оксигенации и нормоксической компрессии в спортивной практике / А. Г. Щуров // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «БЕЗОПАСНЫЙ СПОРТ-2017», 2017. – С. 160.
27.Щуров, А. Г. Динамика восстановления функционального состояния спортсменов после физической нагрузки в условиях гипербарической оксигенации / А. Г. Щуров, Г. Г. Дмитриев, Б. В. Ендальцев // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 2. – С. 37-39.
28.The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on PostTraining Recovery in Jiu-Jitsu Athletes. / Branco B. H. M, Fukuda D. H., Andreato L. V. [et al] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11 (3). – Art. No. e0150517. DOI: 10.1371/journal.pone.0150517.
29.Hyperbaric oxygen therapy does not affect recovery from delayed onset muscle soreness / I. B. Mekjavic, J. A. Exner, P. A. Tesch, O. Eiken // Medicine and science in sports and exercise. – 2000. – Vol. 32(3). – pp. 558-563.
30.Hyperbaric oxygen effects on sports injuries / Barata P., Cervaens M., Resende R. [et al]// Therapeutic advances in musculoskeletal disease. – 2011. – Vol. 3(2). – pp. 111-121.
31.Hyperbaric Oxygen Therapy in Sports Musculoskeletal Injuries / Moghadam N., Michinari H., Ramey L. [et al] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – June 2020. – Vol. 52(6). – pp. 1420-1426. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002257.
32.Millet G.P. Altitude and COVID- 19: Friend or foe? A narrative review / Millet G. P., Debevec T., Brocherie F. [et al] // Physiological reports. – 2021. – Vol. 8(24). – Art. No. e14615.
33.Weaver, L. Hyperbaric Oxygen Therapy Indications. 13th ed. / L. Weaver // North Palm Beach (FL): Undersea and Hyperbaric Medical Society, 2014. – P. 415.

REFERENCES

1. Efuni S.N., Syrkin A.L., Rodionov V.V. Hyperoxia. Patophysiological aspects of therapeutic and toxic effect of hyperbaric oxygen. Guidelines on hyperbaric oxygen therapy (theory and practice of clinical use). Chapter 2. Ed. by S.N. Efuni. Moscow, 1986, pp. 28-55. (in Russ.)
2. Levshin I. V., Ashkinazi S.M., Polikarpochkin A.N. Physiological laws of hypoxic influences on the functional condition of system of external breath of athletes in elite sports. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2010, no. 9 (67), pp. 62-66. (in Russ.)
3. Levina O.A., Romasenko M.V., Krylov V.V., Petrikov S.S., Goldin M.M., Evseev A.K. Hyperbaric oxygenation therapy at acute cerebral diseases and brain damages. The new opportunities and new solutions. *Russian journal of neurosurgery*, 2014, no. 4, pp. 9-15. (in Russ.)
4. Sakovich E. F., Iskra Yu.V., Mal'tseva L.A. Hyperbaric oxygenation in the complex of intensive care for gunshot wounds and blast injuries. *Emergency Medicine*, 2015, no. 2 (65), pp. 147-149. (in Russ.)
5. Kuleshov V.I, Myasnikov A.A, Chernov V.I, Shitov A.Y., Andrusenko A.N, Zverev D.P. Barotherapy in the military medicine. *Russian military medical journal*, 2016, vol. 337(10), pp. 52-62. (in Russ.)
6. Shchurov A.G. Use of hyperbaric oxygen therapy for improving performance of athletes.

Theory and Practice of Physical Culture, 2006, no. 9, pp. 28-29. (in Russ.)
7. Bajdin S.A., Gramenitskij A.B., Rubinchik B.A. Hyperbaric oxygen therapy in treatment of harmful effects of the environment. Guide to Hyperbaric Medicine. Moscow: Meditsina, 2008. pp. 450-457. (in Russ.)
8. Polikarpochkin A.N., Levshin I.V. Hyperbaric oxygenation in physical rehabilitation after recovery from "COVID-19" infection. Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies, 2021, no. 1, pp. 225-230. (in Russ.)
9. Chernov V.I. Functional state of the body under hyperbaric oxygen therapy, dosed according to partial oxygen pressure: an author's dissertation. Saint Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy, 2004. 32 p. (in Russ.)
10.Matiere D. Carbon monoxide poisoning. Moscow: Binom, 2009. pp. 221-241. (in Russ.)
11.Bennett M.H. Lehm J.P., Jepson N. Hyperbaric oxygen therapy for acute coronary syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews,* 2015, issue 7. art. no.: CD004818. DOI: 10.1002/14651858.CD004818.pub4.
12.Zhdanov G.G., Sokolov I.M. Hyperbaric Oxygenation, Antihypoxant and Antioxidative Therapy for Acute Myocardial Infarction. *General Reanimatology*, 2005, vol. 1, no. 6, pp. 55-64. (in Russ.)
13.Lakotko T.G., Shishko V.I., Vodoevich V.P., Volkov V.N., Dedul V.I., Serafinovich I.A., Yakubchik T.N., Vinogradova T.A., Varnakova G.M., Snitko V.N., Kulesh L.D. The use of hyperbaric oxygenation in patients with arterial hypertension. *Journal of the Grodno State Medical University*, 2009, no. 3 (27), pp. 3-5. (in Russ.)
14.Belyaevskij A.D., Belyaevskij S.A., Markaryan E.G., Sogikyan A.S., Suyarova Y.D., Uyanayeva Z.R. To the Mechanisms of Realization of the Adaptogenic Properties of Hyperbaric Oxygenation. *General Reanimatology*, 2005, no. 1(1), pp. 51-53. (in Russ.)
15.Grintsova A.A., Ladaria E.G. Changes in cytokine profile and humoral immunity indicators in patients with occupational chronic obstructive pulmonary disease as a result of hypobaric oxygen therapy. *Vestnik neotlozhnoj i vosstanovitel'noj meditsiny*, 2012, vol. 13, no. 2, pp. 246-248. (in Russ.)
16.Grintsova A.A., Ladaria E.G., Boeva I.A. et al. Use of hyperbaric oxygen therapy in comprehensive treatment of patients with occupational COPD. *University Clinic*, 2015, no. 11(2), pp. 52-55. (in Russ.)
17.Joly B.S., Siguret V., Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med,* 2020, vol. 46(8), pp. 1603-1606.
18.Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K., Kulabukhov V.V., Kutrovskaya N.Y., Goroncharovskaya I.V., Popugaev K.A., Kosolapov D.A., Slobodeniuk D.S., Petrikov S.S. The Safety of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of COVID-19. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care",* 2020, no. 9(3), pp. 314-320. (in Russ.)
19.Mozgovoj E.D., Udalov Y.D., Ochkolyas M.V. Hyperbaric oxygenation therapy for treating complicated COVID-19: first experience. *Extreme medicine*, 2020, vol. 22, no. 3, pp. 72-76. (in Russ.)
20.Petrikov S.S., Evseev A.K., Levina O.A., Shabanov A.K., Kulabukhov V.V., Kutrovskaya N.Yu., Borovkova N.V., Klychnikova E.V., Goroncharovskaya I.V., Tazina E.V., Popugaev K.A., Kosolapov D.A., Slobodenyuk D.S. Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients with COVID-19. *General Reanimatology*, 2020, no. 16(6), pp. 4-18. (in Russ.)
21.Ma Y. Zhong Y., Chen X., Liu H., Shi Y., Zhang X., Sun H. Hyperbaric Oxygen Treatment Ameliorates the Decline in Oocyte Quality and Improves the Fertility of Aged Female Mice. *Reproductive Sciences*, 2022, pp. 1-7.
22.Samojlov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V., Gholinskij A.V., Litvinenko A.B. Experience in applying hyperbaric oxygen therapy using portable pressure chambers for the treatment of patients with the novel coronavirus infection COVID-19. *Journal Biomed*, 2020, no. 2, pp. 39-46. (in Russ.)
23.Efremova O.Yu., Zaitsev A.A., Zolotukhin O.V., Kostina N.E., Sharapova Yu.A. Experience in the use of hyperbaric oxygen therapy in oxygen-dependent patients with severe forms of coronavirus infection. *Bulletin of the Medical Institute of Continuous Education*, 2022, no. 2, pp. 25-27. (in Russ.)
24.Chernyak O.P., Tka O.A., Protsenko D.S. Analysis of use and effect of hypobaric oxygen therapy on athlete's performance. *Discourse*, 2016, no. 2, pp. 204-211. (in Russ.)
25.Feroyan E., Kharitonashvili K. Efficiency of hyperbaric oxygenation in sports activity. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2008, no. 6, pp. 221-223. (in Russ.)
26.Shchurov A.G. Use of hyperbaric oxygen therapy and normoxic compression in sports practice. All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "SAFE SPORT-2017". 2017. p. 160. (in Russ.)

27.Shchurov A.G., Dmitriev G.G., Endal'tsev B.V. Dynamics of recovering the functional state of athletes after physical activity in conditions of hyperbaric oxygen therapy. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2016, no. 2, pp. 37-39. (in Russ.)
28.Branco B.H.M., Fukuda D.H., Andreato L.V., De Silva Santos J.F., Del Conti Esteves J.V., Franchini E. The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on PostTraining Recovery in Jiu-Jitsu Athletes. *PLoS ONE*, 2016, vol. 11 (3), art. no. e0150517. DOI: 10.1371/journal.pone.0150517
29.Mekjavic I.B., Exner J.A., Tesch P.A., Eiken O. Hyperbaric oxygen therapy does not affect recovery from delayed onset muscle soreness. *Medicine and science in sports and exercise*, 2000, vol. 32(3), pp. 558-563.
30.Barata P., Cervaens M., Resende R., Camacho, Ó., Marques F. Hyperbaric oxygen effects on sports injuries. *Therapeutic advances in musculoskeletal disease*, 2011, vol. 3(2), pp. 111-121.
31.Moghadam N., Michinari H., Ramey L., Levine B.D., Guilliod R. Hyperbaric Oxygen Therapy in Sports Musculoskeletal Injuries. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, June 2020, vol. 52(6), pp 1420-1426. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002257.
32.Millet G.P. Debevec T., Brocherie F., Burtscher M., Burtscher J. Altitude and COVID- 19: Friend or foe? A narrative review. *Physiological reports*, 2021, vol. 8(24), art. no. e14615.
33.Weaver L. Hyperbaric Oxygen Therapy Indications. 13th ed. North Palm Beach (FL): Undersea and Hyperbaric Medical Society, 2014. p. 415.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Гукас Николаевич Тер-Акопов – кандидат экономических наук, генеральный директор ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Сергей Викторович Нопин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yulia Vladislavovna Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Gukas Nikolaevich Ter-Akopov – Candidate of Economic Sciences, General Director of the FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.
Sergej Victorovich Nopin – Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.

Для цитирования: Корягина, Ю. В. Возможности применения гипербарической оксигенации в системе медико-биологического сопровождения спорта высших достижений в период интенсивных тренировок в среднегорье (аналитический обзор) / Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов, С. В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_28

For citation: Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V. Possibilities of using hyperbaric oxygen therapy in the system of biomedical support of high-performance sport during intense training in middle altitude (analytical review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_07_01_28