

Федеральное медико-биологическое агентство

**ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины
и реабилитации Федерального медико-биологического агентства»**

М.В. Барсукова, А.А. Белозеров, И.Т. Выходец, Е.С. Гнетнева,
М.С. Ключников, Д.А. Кравчук, Ю.В. Мирошникова, А.С. Писарюк,
Т.А. Пушкина, М.А. Тетерина, Н.К. Хохлина, К.А. Шемитовский

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО СРОЧНОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОСЛЕ
ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК У СПОРТСМЕНОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМО-
И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ**

Методические рекомендации

Под редакцией проф. В.В. Уйба

Москва 2018

ГРНТИ 76.35.41
УДК 61:796/799

Утверждены Ученым советом ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» и рекомендованы к изданию (протокол № 16 от 29 марта 2018 г.). Введены впервые.

М.В. Барсукова, А.А. Белозеров, И.Т. Выходец, Е.С. Гнетнева, М.С. Ключников, Д.А. Кравчук, Ю.В. Мирошникова, А.С. Писарюк, Т.А. Пушкина, М.А. Тетерина, Н.К. Хохлина, К.А. Шемитовский. Методические рекомендации по срочному восстановлению после физических нагрузок у спортсменов с использованием нормо- и гипербарической оксигенации. Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2018. – 42 с.

Методические рекомендации предназначены для медицинского персонала спортсменов, врачей по спортивной медицине, массажистов, врачей-специалистов, оказывающих медицинскую помощь спортсменам, а также аспирантов, ординаторов и студентов медицинских вузов и других специалистов, непосредственно участвующих в медицинском и медико-биологическом обеспечении спортсменов.

ГРНТИ 76.35.41
УДК 61:796/799

© Федеральное медико-биологическое агентство, 2018
© ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, 2018

Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Федерального медико-биологического агентства

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОКСИГЕНОБАРОТЕРАПИИ. ОПИСАНИЕ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	6
2. РОЛЬ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГИНАЦИИ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ.....	12
2.1 Применение оксигенобаротерапии в качестве фактора, повышающего работоспособность и уменьшающего скорость восстановления после физических нагрузок у профессиональных спортсменов	12
2.2 Роль оксигенобаротерапии в восстановлении организма спортсмена высокой квалификации при травматических повреждениях	16
2.3 Ограничения и запреты использования нормо- и гипербарической оксигенации в спорте.....	21
3 ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕАНСОВ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ.....	22
4 АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ СБОРНЫХ КОМАНД НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	26
4.1 Методика проведения нормо- и гипербарической оксигенации	26
4.2 Техника выполнения процедур	28
4.3 Методики применения оксигенобаротерапии на различных этапах учебно-тренировочной деятельности	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:	36
СВЕДЕНИЯ О РЕДАКТОРАХ И АВТОРАХ	41

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АД - артериальное давление

АДсист - систолическое артериальное давление

Ата - абсолютная атмосфера

АТФ - аденозинтрифосфорная кислота

ГБО - гипербарическая оксигенация

ВСР – вариабельность сердечного ритма

КФК - креатинкиназа

МПК - максимальное потребление кислорода

НБО - нормобарическая оксигенация

O₂ - кислород

pO₂ - парциальное давление кислорода

PWC₁₇₀ - тест определения мощности физической нагрузки

pCO₂ - парциальное давление углекислого газа

SpO₂ - уровень насыщения крови кислородом

СИ – стресс индекс

ЧСС - частота сердечных сокращений

ЭКГ - электрокардиография

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущая конкуренция в современном спорте, увеличение объёмов и интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок обуславливают поиск новых путей и неиспользованных резервов, направленных на оптимизацию процессов постнагрузочного восстановления спортсменов высшей квалификации во время проведения учебно-тренировочного процесса и спортивных соревнований.

Восстановление после различных по интенсивности физических нагрузок не менее актуально, чем сама тренировка. Чем быстрее оно происходит, тем более объемную и эффективную работу может выполнить спортсмен без ущерба для здоровья. Скорость восстановления - один из основных показателей тренированности.

Одним из способов уменьшения времени восстановления наряду с рационализацией тренировок и режима является применение в спорте высших достижений вспомогательных средств, стимулирующих восстановительные процессы. Они являются составной частью внутренировочных и внесоревновательных факторов, которые дополняют тренировку и соревнования и оптимизируют их эффект (В.И. Дубровский, 1991; В.М. Волков и др., 1994; Л.П. Матвеев, 1997, С.П. Миронов и др., 2012).

Стоит подчеркнуть, необходимость научного обоснования использования различных восстановительных средств, тесно связанного со спецификой тренировочного процесса, что в свою очередь позволяет существенно повысить его качество, избежать перегрузок, не допустить переутомления и перетренированности.

1. ОКСИГЕНОБАРОТЕРАПИИ. ОПИСАНИЕ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Метод оксигенобаротерапии основан на прямой зависимости между давлением кислорода во вдыхаемой смеси и изменением его напряжения в жидких средах организма (межтканевая жидкость, плазма, лимфа).

Гипербарическая оксигенация (ГБО) относится к одному из видов баротерапии. В основе данного метода лечения лежат разработки водолазной физиологии и медицины. Под воздействием ГБО увеличивается кислородная емкость жидких сред организма, при этом происходит увеличение диффузии O_2 в ткани.

История ГБО уходит своими корнями к 60-м годам XVIII века, когда в качестве одного из методов лечения применялся сжатый воздух. Данный метод получил широкое распространение и в России, где располагалось 9 «пневматических лечебниц» - барокамер. Применение кислорода под повышенным давлением датируется началом 50-х годов XX века, тогда его применение было эпизодическим. Так в работах К.М. Раппопорт (1958) имеются указания на успешное лечение 24 пациентов с отравлением угарным газом. В те времена в основе применения метода лежали случайные открытия и наблюдения.

Еще одним важнейшим аспектом применения гипербаротерапии стало проведение сердечно-сосудистых операций с применением данного метода, в частности, такие операции были произведены в Амстердаме, Англии, США, а затем и в СССР (1956 г.).

Уже в 60-х гг. XX века метод ГБО получил широкое распространение в хирургии при терапии инфекций анаэробных (Беккер Д.Дж., 1983). При этом режим оксигенобаротерапии описанный в 1961 г. W. Brummelkamp используется и по настоящий день (Ратнер Г.Л., 1979; Сапов И.А., 1990).

Не смотря на, то, что в современной медицине имеются достаточные сведения по применению ГБО в различных отраслях, с использованием

различных режимов дозирования, данный метод не теряет своей актуальности и по сей день.

В артериальной крови здорового человека давление кислорода парциальное составляет 80-96 мм.рт.ст, при этом он содержится в крови в растворенном виде (0,3 об%) и в связанном с гемоглобином. При повышении парциального давления кислорода в крови более 100 мм.рт.ст. происходит окисление гемоглобина, и он превращается в оксигемоглобин, тогда увеличение насыщение крови O_2 осуществляется только при расходе несвязанного кислорода плазмы крови (Е.В. Ермаков и соавт., 1986).

При проведении сеанса оксигенобаротерапии парциальное давление O_2 увеличивается в артериальной крови, жидкости межтканевой, тем самым повещается транспорт кислорода в ткани организма человека. (С.Н. Ефуни, 1986). Насыщение крови артериальной O_2 способствует увеличению содержания кислорода в капиллярах, тем самым кислородный поток минутный через ткани возрастает, а следовательно, возрастает и диффузия O_2 во всех тканях организма (Аскельрод А.Ю. и соавт., 1986).

Однако, оксигенобаротерапия обладает различным влиянием на организм здорового человека и больного. Гипербарическая оксигенация в организме здорового испытуемого приводит в действие защитно-приспособительные механизмы, направленные на предотвращение избытка кислорода в организме (депонирование крови, снижение эритропоза и т.д.), при этом при патологических состояниях происходит кислород под повышенным давлением приводит к ликвидации гипоксии тканей. Ряд людей обладает повышенной чувствительностью к O_2 (Ратнер Г.Л., 1979; Ермаков Е.В. и соавт., 1986) у них при проведении барооксигенотерапии парциальное давления кислорода в тканях снижалось, что рядом авторов трактуется как защитная реакция организма, адресованная на поддержание постоянства внутренней среды. Таким индивидуумам рекомендуется проведение пробного сеанса при нормальном давлении атмосферном (Лукич В.Л. 1991).

Величина резерва утилизации у кислорода довольно мала, поэтому при избыточном поступлении или дефиците O_2 , баланс его быстро нарушается в организме. (Бернштейн С.А. и соавт., 1984). Интоксикация кислородная возможна уже при незначительном увеличении терапевтической дозы ГБО. При этом может развиваться вторичная гипоксия тканей (Аксельрод А.Ю. и др., 1986).

В современной научной литературе описан также обезболивающий эффект ГБО, также использование кислорода под повышенным давлением приводит к обезвреживанию различных токсических веществ. При этом иммунитет за счет клеточного и гуморального звеньев повышается, может быть достигнут противовоспалительный эффект (Успенская Е.П., 1984). Наряду с этим, описан компрессионный эффект ГБО (Аксельрод А.Ю. и соавт., 1986).

Несмотря на доказанную эффективность и очевидную целесообразность применения ГБО, ее реальное использование ограничено, что связано, прежде всего, с организационно-кадровыми проблемами (необходимость оборудованного помещения и подготовленных медицинских специалистов для обеспечения безопасности), а также с патофизиологическими работами, демонстрирующими повышенный риск развития окислительного стресса при применении ГБО. Это естественно, ведь в организме, как и во всем живом, важен баланс, а избыток кислорода приводит к образованию недоокисленных форм кислорода, активных форм кислорода, порождающих свободнорадикальное перекисное окисление липидов, приводя к необратимым изменениям клеток и тканей по типу некроза и апоптоза, что доказано при различных патологических состояниях (Скворцова В.И. и др., 2004, 2007; Болевич С.Б., 2006, 2009; Румянцева С.А., 2007, 2010; Хокомов М.А. и др., 2011; Силина Е.В. и др., 2011; Halliwell V. et al., 2007). Оксидантный (оксидативный) стресс ведет накоплению «патологических» генных aberrаций, провоцирует воспаление и расстройства функционирования сосудистой, нервной и иммунной систем,

провоцируя преждевременное старение (Halliwell B., Gutteridge J.M.C., 2007; Скулачев В.П., 2001; Болдырев А.А., 2003; Скворцова В.И. и др., 2004, 2007; Чеснокова Н.П., 2006; Зайчик Е.И., Чурилов Л.П., 2008; Болевич С.Б., 2006, 2009; Румянцева С.А., 2010; Хокомов М.А. и др., 2011; Силина Е.В. и др., 2011; Severina I.I. et al., 2013). Возможно, именно за счет разбалансировки свободнорадикальных процессов, обусловленной отсутствием применения скрининговых методов диагностики окислительного стресса во время сеанса ГБО, желаемый эффект достигается, к сожалению, далеко не у всех пациентов.

Оксигенация – это физиотерапевтический метод, основанный на дыхании воздухом с повышенным содержанием кислорода. Обычный атмосферный воздух содержит 21% кислорода, а используемый в окситерапии, то есть, обогащенный кислородом – 90,0-99,9%. Вдыхание обогащенного кислородом воздуха может производиться через маску из кислородного баллона или в закрытых камерах. Различают два типа оксигенации: нормобарическую (при атмосферном давлении) (НБО) и гипербарическую (при давлении выше атмосферного) (ГБО). Иногда выделяют мягкую или умеренную ГБО (mild hyperbaric oxygen therapy), в которой терапия проводится при давлениях менее 1,5 атм. По причине широкого спектра противопоказаний и ограничений (в том числе связанных с противопожарной безопасностью), гипербарическая оксигенация проводится специально подготовленным медперсоналом, допущенным к работе с лечебными гипербарическими системами. В отличие от этого, нормобарическая оксигенация – лечебное применение газовых смесей с повышенным содержанием кислорода при нормальном атмосферном давлении. Практически не имеющий противопоказаний, этот метод широко применяется как в лечебно-профилактических учреждениях, так и в SPA-салонах.

Источниками кислорода при нормоксической баротерапии являются кислородные генераторы находящиеся рядом с камерой позволяющие

получать кислород из атмосферного воздуха. В тоже время при гипербарической оксигенации (ГБО) требуется газификатор для хранения кислорода, система подачи кислорода до камеры и штат сотрудников со специальной дополнительной подготовкой обеспечивающих безопасность эксплуатации сосудов работающих под давлением в течение суток.

Нормоксическая баротерапия находит все более широкое применение в последнее время благодаря двум основным преимуществам: отсутствию необходимости доставки кислорода от источника и высокая техническая надежность аппаратуры. Кроме того, генератор кислорода мобилен, несложен и безопасен в эксплуатации.

Кроме того, нормоксическая баротерапия является гораздо более простой методикой, не требующей дополнительного оснащения, расходных материалов, специально подготовленных помещений и высокоспециализированных кадров. В таких барокамерах не существует места, где кислород мог бы выходить под высоким давлением, что чревато пожароопасностью и пугает разумного администратора ЛПУ. Экспериментальные и клинические исследования выявили, что оксигенация, помимо ликвидации гипоксии, обладает и свойством повышения способности клетки к антиоксидантной защите. У здоровых людей умеренная ГБО существенно повышает адаптационные возможности организма, снижает риск возникновения болезней. Сеансы в барокамере снимают усталость, восстанавливают силы после напряженной работы, повышают мышечный тонус, оказывают антистрессовое, общеукрепляющее и тонизирующее действие, снижают неблагоприятное влияние загрязненной атмосферы.

В данной связи последнее десятилетие ознаменовалось сменой гипероксической на нормоксическую баротерапию. Нормоксическая баротерапия (нормоксическая лечебно-реабилитационная компрессия) – более безопасная и «мягкая» методика, которая проводится под гораздо меньшим давлением, по сравнению с ГБО (от 1,1 до 1,4 ата при 30%

концентрации кислорода, это почти в 1,5 раза выше, чем в атмосфере, но в 3 раза меньше, чем при ГБО). Более чем за 10 лет накоплен обширный клинический доказательный материал, демонстрирующий не только позитивный лечебно-реабилитационный эффект, сопоставимый с ГБО, но и высокую безопасность. Так, японские ученые из университета Цукуба провели исследование уровня свободных радикалов, в результате которого установили, что ингаляции кислорода под давлением 1,3 ата с 30% концентрацией кислорода безопасны и не связаны с развитием окислительного стресса (до сеанса оксигенации среднее значение свободных радикалов составило 210,6 U.CARR (норма 200 ~ 300 U.CARR), после – 201,5 U.CARR). Другие японские исследователи из университета Гумма провели исследование парциального давления кислорода (pO_2) и углекислого газа (pCO_2) в артериальной крови здоровых людей, вдыхающих кислород разной концентрации и при различном давлении в покое и при движении. В результате эксперимента было установлено, что у испытуемых, вдыхавших кислород с концентрацией 30% и с давлением 1,3 ата, содержание кислорода в крови увеличилось почти в два раза, а pCO_2 не изменилось по сравнению с вдыхающими атмосферный воздух при нормальном давлении. Сегодня нормоксическая баротерапия активно вытесняет ГБО во всем мире и широко используется как с профилактической (общее оздоровление, косметология, подготовка к оперативным вмешательствам и наркозу), реабилитационной (от купирования абстинентного синдрома до восстановления физической активности профессиональных спортсменов), так и с лечебной целесообразностью (лечение практически всех патологических состояний, включая инсульты и инфаркты).

2. РОЛЬ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГИНАЦИИ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

В спорте высших достижений существуют 2 больших направления по использованию оксигенобаротерапии у профессиональных атлетов. Первое направление включает применение данного метода как фактора повышающего физическую работоспособность за счет энерготропного эффекта, второе – в качестве средства ускоряющего процессы восстановления организма спортсмена в период тренировочной и соревновательной деятельности, а также, укорачивающего процесс реабилитации после профессиональных травм. (Hodges et al, 2003, Ishii et al, 2005)

2.1 Применение оксигенобаротерапии в качестве фактора, повышающего работоспособность и уменьшающего скорость восстановления после физических нагрузок у профессиональных спортсменов

Вначале 1990-х в средствах массовой информации стали появляются сообщения об использовании ГБО спортсменами высшей квалификации перед соревнованиями для улучшения профессиональных результатов (Potera, 1995). Однако эти данные вызывали опасения у членов медицинского гипербарического сообщества, так как применение данного метода, в качестве средства повышающего работоспособность, не имело под собой никакой доказательной научной базы. И в 1994 году Международное Общество Подводной и Гипербарической Медицины опубликовало пресс-релиз, в котором сообщало о необходимости проведения клинических научных исследований на человеке, обосновывающих применение оксигенобаротерапии у атлетов в качестве средства повышающего спортивную производительность.

Изначально многие ученые связывали увеличение работоспособности с тем, что проведение сеанса ГБО до физической нагрузки может каким-то

образом насытить организм спортсмена избытком кислорода, который затем будет расходоваться на выполнение активной деятельности.

Одни из исследователей (Cabric et al., 1991) предположили, что избыток кислорода после экспозиции ГБО может привести к повышению физической работоспособности при последующих анаэробных нагрузках в нормобарических и нормоксических условиях. Но в то же время, в этом исследовании не было описано убедительных механизмов объясняющих данный эффект ГБО.

В пяти работах зарубежных авторов (Banister и др, 1970;. Хофман и др, 1990;. Cabanas и др, 1991. Webster и др., 1998; McGavock и др., 1999) рассматривался вопрос о сохранении влияния ГБО на работоспособность во время следующей физической нагрузки в нормоксических, нормобарических условиях. В одном из исследований (Бэкон и др., 1995) описал способность ГБО улучшать скорость восстановления после анаэробных упражнений.

Banister и др. (1970) обнаружили, что 70-ти минутная экспозиция при воздействии 100% кислорода и давлении в 2 атмосферы снижает абсолютную вентиляцию легких, максимальное потребление кислорода и уровень лактата крови после интенсивных физических нагрузок, выполненных через 40 минут после курса оксигенобаротерапии, по сравнению с той же нагрузкой без ГБО.

Hoffmann и соавт. (1990) показали в своей работе, что дыхание 100% кислородом при давлении в 1,5 атмосферы не оказывало никакого влияния на лактат крови после проведения велосипедистам старшего возраста последующего цикла тренировки при велоэргометрии с выполнением 70% нагрузки субмаксимальной мощности.

К сожалению, в этом исследовании не было четко определена длительность курса ГБО, а также время, прошедшее между воздействием оксигенобаротерапии и физическими упражнениями.

Cabric и соавт. (1991) сообщили, что воздействие 100% кислорода, в течение 60 минут при давлении в 2,8 атмосферы привело к увеличению

мощности нагрузки при выполнении функционального теста с субмаксимальной нагрузкой и максимального потребления кислорода (VO_2max) в течение не менее 3 ч после проведения ГБО у здоровых нетренированных студентов женского пола. Однако, в этой работе не было представлено четкого объяснения полученных результатов. По мнению ряда авторов, увеличение максимальной мощности и VO_2max могло быть частично обусловлено натренированностью испытуемых и являлось следствием эффекта обучения, а не результатом воздействия ГБО.

Webster и соавт. (1998) изучали влияние 1 часа воздействия ГБО при давлении в 2 атмосферы на параметры физической работоспособности после выполнения функционального теста с субмаксимальной нагрузкой у тренированных велосипедистов. Основными зависимыми параметрами в этом исследовании были выбраны VO_2max , вентиляционный порог, уровень лактата крови и мышечной оксигенации. Никаких существенных изменений ни в одном из описанных выше переменных после проведения ГБО не было обнаружено по сравнению с исходными показателями, и, следовательно, не было доказано очевидного эргогенного эффекта оксигенобаротерапии.

McGavock и соавт. (1999) изучили быстрые эффекты воздействия гипербарооксигенотерапии (при экспозиции 90 минут и давлении 2,5 ата) на восстановление организма спортсмена после длительного бега, а также ее влияния на последующую аэробную мощность (экономика бега, VO_2max и время бега до истощения). Никакого значительного эффекта ГБО на описанные параметры не наблюдалось, что подтвердило данные полученные в работах Webster и соавт. (1998).

В исследовании Бэкон и соавт. (1995) описывались эффекты ГБО на физическую работоспособность и изменение уровня лактата крови после анаэробные упражнения. В течение 2 дней, восемь хоккеистов выполняли анаэробные упражнения, согласно протоколу, за которыми следовал 45-ти минутный сеанс ГБО (100% кислород, при давлении 2,0 ата), либо нормобаротерапии. Сразу же после этого, проводился Wingate-тест. В

результате проведенного исследования не было обнаружено существенных различий между мощностью нагрузки при выполнении функционального теста с субмаксимальной нагрузкой до и после проведения сеансов оксигенобаротерапии, и уровнем лактата крови. Таким образом, исследователи в данной работе пришли к выводу, что ГБО не было эффективным средством улучшающим процессы восстановления после анаэробные упражнения.

Однако, Fischer и соавт., в своей книге упоминали, что ГБО терапия между играми в теннис выводит аммиак из крови, и способствует более быстрому восстановлению после интенсивных физических нагрузок, и тем самым укорачивает время подготовки спортсмена к следующей игре. В данном исследовании, использовались мягкие режимы оксигенобаротерапии - атмосферное давление не превышало 1,5 ата и время нахождения в барокамере составляло не более получаса (Fischer et al., 1998).

Наараниemi с соавт., создали необычную модель циркуляции крови в ноге крысы, перетянув бедро жгутом, для тестирования эффектов ГБО. По сравнению с контрольной группой, применение оксигенотерапии при 2.2 ата и времени экспозиции 45 минут, привело к повышению АТФ и креатинфосфата в мышцах. Данный эффект сохранялся еще на протяжении 4 часов после прекращения воздействия ГБО, кроме того, у животных экспериментальной группы был обнаружен более низкий уровень молочной кислоты (Наараниemi et al, 1995). Аналогичный эффект оксигенотерапии наблюдался в эксперименте Ishii и соавт., у 6 мужчин в течение 48 минут после физической нагрузки. У спортсменов, вдыхавших воздух в течение 45-ти минут при давлении в одну атмосферу, выведение из организма молочной кислоты составило 61%, в то время как, при дыхании чистым кислородом за тот же отрезок времени, при таком же уровне давления - 64,7%, а в тех же условиях, но при давлении в 1,3 ата - 76,0%, а когда испытуемые были помещены на 45 минут в 2 ата – 70 %. Из чего можно сделать вывод, что лучший результат отмечался при давлении в 1,3 ата.

Таким образом можно сделать вывод, что в современной литературе имеются неоднозначные данные, характеризующие эффекты ГБО и НБО в спорте высших достижений, в качестве средства повышающего работоспособность и уменьшающего время восстановления после физических нагрузок. Что требует более детального научного изучения данного вопроса, а также подбора индивидуальной дозы оксигенобаротерапии.

2.2 Роль оксигенобаротерапии в восстановлении организма спортсмена высокой квалификации при травматических повреждениях

В последнее время использование нормо- и гипербарической оксигенации в качестве основной и адъювантной терапии травматических повреждений в тренировочном и соревновательном периоде при лечении спортсменов высшей квалификации становится все более популярным. Большое количество профессиональных спортивных команд, включая хоккейные, футбольные, баскетбольные, а также команды американского футбола, используют и полагаются на использование НБО и ГБО в качестве вспомогательной терапии при многочисленных повреждениях, связанных с профессиональной деятельностью. Таким образом, оксигенотерапия может служить как базовым, так и дополнительным методом при восстановлении организма атлета после спортивных травм, в частности, содействовать более быстрому восстановлению прежнего уровня физической активности, а также способствовать улучшению краткосрочного и долгосрочного прогноза (Ishii et al., 2005).

Несмотря на это, к настоящему времени, опубликовано очень мало информации о преимуществах нормо- и гипербарической терапии в лечении спортивных травм. Большинство клинических исследований по изучению эффективности НБО и ГБО при лечении повреждений мягких тканей были ограничены размерами выборки, отсутствием рандомизации и дизайна исследования (Babul and Rhodes, 2000).

В работе, проведенной на животных Horie M и соавт., изучали влияние ГБО в качестве средства, способствующего процессу регенерации мышечных волокон. Повреждение индуцировали путем введения кардиотоксина в переднюю большеберцовую мышцу крыс. После чего животных помещали в камеру с 100% кислородом при давлении не менее 2,5 ата на 2 ч в день в течение 5 дней в неделю на протяжении 2 недель. Затем проводили гистологическое исследование, измеряли максимальную силу сокращения регенерирующих мышечных волокон, и проводили количественную полимеразную цепную реакцию для обнаружения миогенных регуляторных факторов мРНК. После проведения сеансов ГБО увеличились площади поперечного сечения и максимальная сила сокращения регенерирующих мышечных волокон. Экспрессии мРНК миогенных регуляторных факторов и мышечных протеинов, а также маркеров активации клеток-сателлитов была значительно выше в группе ГБО на 3 и 5 дней после травмы. В данном исследовании было показано, что лечение ГБО ускоряет пролиферацию клеток-сателлитов и созревание мышечных волокон крыс. Эти результаты свидетельствуют о том, что лечение ГБО ускоряет заживление и функциональное восстановление после мышечной травмы (Horie et al, 2013).

Два основных механизма действия оксигенобаротерапии способствуют заживлению ран, а именно, механический эффект (за счет повышенного давления) и физиологический эффект (за счет повышенного содержания кислорода).

Во время травмы мягких тканей, в них происходит разрушение клеток и кровеносных сосудов, что приводит к гипоксии и последующей агрегации тромбоцитов, а также образованию коллагена в области повреждения. Кроме того, происходит увеличение внеклеточной жидкости и дилатация сосудов, после чего в область повреждения мигрируют нейтрофилы, макрофаги, фибробласты, гладкомышечные и эндотелиальные клетки, что способствует восстановлению зоны повреждения. Образование лактата, гипоксия и продукция цитокинов в дальнейшем приводит к ангиогенезу и образованию

коллагена. Благодаря такому каскаду событий, происходит процесс заживления раны.

Повреждение тканей может сопровождаться отеком, снижением кровотока и отмиранием тканей, вследствие ишемии. Увеличение внеклеточной жидкости и дилатация сосудов затрудняет доставку кислорода от капилляров к клеткам из-за увеличения диффузионного расстояния. В результате уменьшается напряжение кислорода (например, ниже 30 мм рт.ст.) нарушается эффективность фагоцитоза. Вследствие чего, затягиваются процессы восстановления повреждения.

Таким образом, кислород играет решающую роль в процессе заживления раны. Он служит в качестве катализатора и источника энергии. В начале процесса заживления раны, фибробласты начинают мигрировать, делиться и производить коллаген, который является основной матрицей при повреждении сосуда. Кислород также должен присутствовать в количествах, достаточных для пролиферации фибробластов и образования коллагена. Для синтеза фибробластами коллагена необходимо гидроксигированных кислородом достаточное количество пролина и лизина (2 аминокислоты, активируемые с помощью кислорода). Присутствие кислорода в достаточном количестве в качестве источника энергии также необходимо в процессе заживления раны для синтеза протеинов. Как было показано в некоторых исследованиях, повышение содержания кислорода в тканях увеличивает соотношение РНК/ДНК. Pal и Hunt описали, что увеличение на 150% выше физиологического диапазона нормы для кислорода [парциальное давление (PO_2) = 40 мм. рт. ст.] ускоряет скорость производства коллагена в 7 раз. В работах других авторов на культурах клеток кожи человека было также показано, что ежедневное 90 мин воздействие ГБО (1 и 2,5 атм.) приводит к ускорению пролиферации фибробластов, увеличению продукции коллагена и дифференциации кератиноцитов. Давления выше 3 атм. не имели положительного эффекта (Dimitrijevič et al. 1999). Необходимо сказать, что

100% кислород при давлениях выше 3 атм. является крайне токсичным для человеческого организма (Plafki C, 2000; Mathieu, 2006).

Важное значение при заживлении ран имеет адекватная доставка кислорода через обширную сеть капилляров, так как диффузия кислорода через ткани ограничена. Разрыв капилляров вследствие травмы приводит к гипоксии и выделению гормональных медиаторов. Макрофаги высвобождают фактор ангиогенеза, который является мощным стимулом для активации эндотелиальных клеток. Полиморфноядерные клетки (ПМН) нуждаются в кислороде для обнаружения, идентификации, фагоцитоза и лизиса микроорганизмов, высвобождая при этом супероксид, перекись водорода, атомарный кислород и другие вещества посредством респираторного взрыва. ПМН защищены детоксицирующими свободными радикалами с супероксиддисмутазой, каталазой и глутатионом. Таким образом, функционирование полиморфноядерных клеток напрямую зависит от содержания кислорода.

Применение ГБО увеличивает количество активных форм кислорода в области травмы, что в свою очередь способствует процессам восстановления. Повышенное содержание кислорода приводит к сдвигу в каскаде кислорода (градиент парциального давления кислорода в окружающем воздухе приводит к тому, что кислород поступает сразу в тканях на клеточном уровне). Этот эффект гипероксигенации базируется на 2 законах, а именно на законе Генри и на законе Дальтона. Закон Генри гласит, что при увеличении давления кислорода при сжатии, количество O_2 , растворенного непосредственно в плазме, возрастает. За счет увеличения парциального давления кислорода в воздухе, значительное количество O_2 растворяется в плазме крови. Кроме того, закон Дальтона гласит, что воздух - это смесь газов, и что оказываемое общее давление является суммой парциальных давлений каждого газа в смеси. На уровне моря в атмосферном воздухе, содержится 0,32 мл O_2 , растворенного в каждых 100 мл всей крови (0,32 об %). При дыхании чистым (100%) кислородом, увеличение давления на 1

атмосферу приводит к дополнительным 2,3 об % O_2 , растворенного в плазме крови. Таким образом, при давлении в 2,0 атмосферы, содержание кислорода в крови увеличивается на 2,3%, тогда как в плазме и тканях содержание O_2 увеличится в 10 раз (на 1000%). Таким образом, достаточное количество физически растворенного в плазме крови кислорода поступает в ткани, с учетом того, что оксигемоглобин неспособен достичь области повреждения мягких тканей. При давлении в 3.0 атмосферы, парциальное давление O_2 в крови может возрасти до значений в 2200 мм рт. ст. (плазма крови будет содержать 6,8 об% кислорода). Это повышенное давление O_2 увеличивает градиент диффузии кислорода и улучшает его доставку к поврежденным тканям.

Опосредованные эффекты ГБО терапии при заживлении ран включают вазоконстрикцию, сокращение объема заполненных газом емкостей, подавление анаэробных микроорганизмов и ускорение неоваскуляризации. Вазоконстрикция в свою очередь способствует уменьшению отека на стороне поражения, что приводит к снижению перфузии тканей, но без ущерба их оксигенации. Достаточное количество кислорода растворяется в плазме крови, чтобы адекватно компенсировать уменьшение кровотока в области повреждения. Такое снижение гемодинамики приводит к последующему уменьшению на 20% посттравматических вазогенный отеков. ГБО терапия также приводит к сокращению объема заполненных газом емкостей путем уменьшения их размера. Этот физиологический эффект основан на законе Бойля, который гласит, что "объем газа обратно пропорционален его давлению при постоянной температуре. Таким образом, при увеличении давления объем газа уменьшается, уменьшая размер пузырьков газа, которые препятствуют циркуляции крови. Благодаря этому свойству ГБО используется в качестве основного метода лечения воздушной эмболии и декомпрессионной болезни. Кроме этого при повышении парциального давления кислорода более 1,3 атмосферы подавляется рост аэробных микроорганизмов.

2.3 Ограничения и запреты использования нормо- и гипербарической оксигенации в спорте

В 2016 году были введены ограничения и запреты использования нормо- и гипербарической оксигенации в спорте при проведении Олимпийских игр, а также в некоторых видах спорта при проведении чемпионатов мира и других крупных соревнований.

Так, во время проведения XXXI Олимпийских игр в Рио-де-Жанейро всем национальным олимпийским комитетам или членам их делегаций запрещалось проносить на территорию Олимпийских объектов следующее научное или медицинское оборудование:

- а. Кислородные баллоны и цилиндры;
- б. Гипоксические или гипероксические палатки или камеры;
- в. Криогенные камеры для криотерапии всего тела.

Данное оборудование было запрещено, так как его использование на территории Олимпийских объектов не допускалось.

На 50-м Конгрессе Международной федерации лыжного спорта (FIS), прошедшем с 5 по 11 июня 2016 года в Мексике, было принято решение о запрете использования барокамер и кислородных масок как медицинского оборудования во время проведения чемпионатов мира, Кубка мира и других соревнований под эгидой FIS, в которые входят также все российские старты.

Запрещено ввозить на территорию спортивного объекта и использовать следующее научное и медицинское оборудование: кислородные контейнеры, баллоны и сопутствующие приспособления; гипоксические и гипероксические камеры и сопутствующие приспособления; полноростовые криокамеры и сопутствующие приспособления.

Таким образом, при использовании в подготовке спортсменов методик нормо- и гипербарической оксигенации следует обратить внимание на правила международной федерации по виду спорта о возможном запрете на их использование.

3 ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕАНСОВ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ

Насыщение одной и той же ткани кислородом различно при проведении сеансов НБО и ГБО, и зависит от особенностей кровообращения, его уровня, интенсивности обмена веществ, а также кровенаполнения ткани.

Поль Бер описал в 1878 г. токсическое действие кислорода при повышенном давлении. Holbach K. et al. (1977 г.) в своем научном труде доказали, что после сеанса ГБО при 2,0 ата в мозге испытуемых с острым наращением мозгового кровообращения нарастает ацидоз метаболический, но если использовать давление в 1,5 ата, данный феномен не наблюдается, однако, терапевтическим эффектом гипербарический кислород при данном патологическом состоянии не обладает.

В литературе описаны две формы интоксикации кислородной – острая и хроническая. При кратковременном воздействии кислорода под повышенным давлением в 3 ата возможно появление острой интоксикации. Хроническая кислородная интоксикация может наблюдаться при долгосрочном воздействии небольших доз гипербарического кислорода или нормобарической гипероксии.

Осложнения, связанные с оксигенобаротерапией могут происходить в период компрессии, непосредственно во время лечения или декомпрессии и, как правило, являются результатом изменения барометрического давления или токсического действия кислорода. Во время компрессии, осложнения могут развиваться, когда заполненные газом структуры в организме спортсмена изменяют объём в ответ на изменения гипербарического давления кислорода, тогда боль может возникать под зубными пломбами, в носовых пазухах, и в области среднего уха. Травма среднего уха, на самом деле, является наиболее частым осложнением при гипербарической оксигенотерапии. Она обычно приводит к болям в области среднего уха и может привести к среднему серозному отиту или разрыву барабанной

перепонки (А. Kanhai, J. M Losito, 2003). Для предотвращения некоторых из этих осложнений, вызванных компрессией, необходимо уменьшить уровень давления или уравнивать давления в пазухах верхней челюсти и среднем ухе. Для этого используется проба с пустым глотком, проба Тойнби, проба Вальсальвы. При пробе с пустым глотком пациента просят сделать усиленный глоток, при пробе Тойнби во время глотания пациент должен зажать ноздри. Проба Вальсальвы проводится после глубокого вдоха; пациент закрывает рот, зажимает ноздри и пытается сделать выдох. Результаты проб оцениваются на основании ощущений пациента. Хорошая проходимость слуховой трубы характеризуется появлением «треска» в ушах при проведении пробы. При отеке трубы, но сохранении некоторой степени ее проходимости пациент отмечает бульканье, писк или другие феномены в пораженном ухе.

Еще одним серьезным осложнением, связанным с повышенным давлением в барокамере является пневмоторакс, который может произойти, если пациент задерживает свое дыхание во время компрессии или декомпрессии. Пневмоторакс чаще встречается у людей с тяжелым заболеванием легких или у пациентов, с нарушениями легочной васкуляризации. Симптомами данного осложнения считаются - затрудненное дыхание, кашель или боль в области грудной клетки (А. Kanhai, J. M Losito, 2003).

При использовании кислорода в качестве лечебного средства, его чрезмерное воздействие может привести к токсическому эффекту. Одним из главных органов-мишеней для токсического действия кислорода являются легкие. L. Smith, которому по праву принадлежит открытие хронического кислородного отравления, в своих исследованиях при длительном воздействии гипербарического O_2 от 0,8 до 1,9 ата описал наступление «пневмонии токсической», которая привела к гибели мышей. В своей работе он определил самую низкую концентрацию O_2 в дозе 0,74 ата, которая не приводила к развитию пневмонии при 4-х дневной гипербаротерапии.

Поражение легких при длительном воздействии кислорода под повышенным давлением приобрело название эффекта Лорана Смита. Первые субъективные симптомы отравления у здорового человека, проявляются возникновением трахеобронхита, при экспозиции O_2 в следующих дозах - 0,83, 1 и 2 ата через 6, 4 и 3 часа соответственно (Clark et al, 1999).

Давление кислорода, вид живого организма и его индивидуальная реактивность определяют время летальной экспозиции. Уже в работах L. Smith было описана гибель животных уже через 4 дня после воздействия кислорода под повышенным давлением в дозе 0,8 ата, при 1,25 ата гибель животных наступала через 64 часа, при 1,87 ата – через 24 часа соответственно. В исследованиях на крысах J.M. Clark и сотр., показали гипербарическую зависимость между повышенным давлением кислорода и продолжительностью его воздействия: при дыхании кислородом при давлении 1 ата 50% от времени смертности составило 76,4 часа, при 1,5 ата – 26,8 часа, при 2 ата – 17,4 часа, при 3 ата – 9 часов, при 4 ата – 6,4 часа соответственно.

По данным J.M. Clark верхним пределом безопасности для легких человека при многочасовых ингаляциях кислорода определяется давление 0,5 ата (или воздуха при 2,4 ата), ниже этих показателей не отмечается снижения показателей функции легких. При более высоких дозах O_2 в диапазоне 0,75 – 3 ата описано уменьшение жизненной емкости легких, ОФВ₁ и резервного объема выдоха. Данный вид осложнений относится к ранним и достоверным симптомам отравления кислородом под повышенным давлением. Даже после завершения оксигенотерапии данный токсический эффект сохранялся на протяжении 5,5 -13,0 часов (Clark et al., 1999). Описаны и более длительные токсические эффекты при проведении ГБО на функцию легких, например, при давлении в 2 ата и времени экспозиции 10 часов побочные реакции развились через 9 – 12 дней, а после сеанса в течении 74 часов при давлении в 1 ата – через 60 недель. При этом у здоровых испытуемых при курсовом использовании кислорода под повышенным на протяжении 12 дней

в 1,5 ата и временем экспозиции в 45 мин не наблюдалось отклонений со стороны жизненной емкости легких и максимальной объемной скорости выдоха.

Сбои в работе центральной нервной системы, обусловленные большими эпилептическими припадками, были зарегистрированы при давлении 3,0 атмосферы, в то время как отек легких отмечался уже при давлении в 2,0 атмосферы. Однако, оба токсичных эффекта проявились при длительном воздействии в течение 3 или более часов. Davis и Hunt оценили частоту токсического действия кислорода, как один случай на 11 000 процедур. Использование аспирина, инсулина, кортикостероидов, адреналина и норадреналина увеличивает токсичность кислорода. Доксорубин, цисплатин и дисульфирам также несовместимы с ГБО.

Также весьма актуальным является вопрос об усилении побочного действия кислорода при чрезмерной физической нагрузке. Но исследование, проведенное Stevens и соавт., показало, что таких эффектов не наблюдалось. И наоборот, антиоксиданты - такие как витамин Е (токоферол), литий, магний и мексамин были использованы для предотвращения или замедления наступления токсического действия кислорода. Лучшим способом для предотвращения токсичности кислорода, при его пролонгированном использовании, является применение периодических перерывов с инсоляцией комнатного воздуха (21% кислорода). В пятилетнем проспективном исследовании, проведенном с привлечением 12 468 добровольцев, с использованием метода гипербарической оксигенации при экспозиции 100% кислорода и давлении в 2,0, 2,2 и 2,4 ата никаких осложнений, вызванных гипербарическим кислородом, при давлении в 2,0 ата не отмечалось. Единственным осложнением в данной работе были легкие ушные баротравмы. В своей серии исследований Davis и Hunt показали, что только в 1 случае из 270 баротравма послужила основанием для прерывания курса оксигенобаротерапии. Другие авторы отмечали единичные случаи

осложнений, в виде тошноты, зубной боли и болей в назальных пазухах, а также нечёткости зрения (S. Babul, E.C. Rhodes, 2000).

Таким образом, можно сделать вывод, что при использовании оксигенобаротерапии в пределах терапевтических доз – время экспозиции от 60 до 90 минут и давлении в 2,0 атмосферы, а также при применения мягких режимов, токсических эффектов кислорода не наблюдается. Противопоказаниями для проведения сеансов НБО и ГБО являются: инфекции верхних дыхательных путей, сахарный диабет, беременность и роды, пневмоторакс, синусит, лихорадка, клаустрофобия (S. Babul, E.C. Rhodes, 2000), а также повышение систолического (свыше 160 мм рт.ст.) или диастолического (свыше 110 мм, рт. ст.) артериального давления и заложенность слуховых проходов.

4 АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМО- И ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ СБОРНЫХ КОМАНД НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Методика проведения нормо- и гипербарической оксигенации

В ходе проведенного исследования использовалась портативная модель барокамеры - Respiro 270 OxyHealth (США). Несомненным преимуществом данного типа является мобильность, что позволило проводить испытания непосредственно «у кромки поля» - на месте проведения учебно-тренировочного процесса. Данная модель уместается в прочную переносную сумку, обеспечивая тем самым легкость транспортировки, кроме того металлический каркас, который обеспечивает легкий вход и выход из барокамеры, легко собирается и разбирается при помощи специального ключа. Устойчивое положение обеспечивают две соединяющиеся между собой специальными застежками на липучке подушки, располагающиеся по

бокам и матрас с удобной и ровной поверхностью, все легко складывается и убирается при необходимости.

Вход и выход из барокамеры осуществляется благодаря двойной молнии, которая застегивается и расстегивается снаружи и изнутри. Спортсмен помещается в барокамеру полностью с головой. Компрессор непрерывно в течение всего сеанса лечения подает в барокамеру очищенный воздух из помещения, в котором установлена барокамера. Когда давления достигает максимума 1,3 ата открываются предохранительные клапаны, через которые происходит сброс CO_2 и поддерживается максимальное давление.

Давление в камере регулируют при помощи двойного клапана сброса давления. Имеется также клапан аварийного сброса давления.

Портативная барокамера OxyHealth: Respiro 270 отличается повышенной комфортностью для пациента. В сочетании с большими смотровыми окнами это способствуют более быстрой адаптации пациента к условиям замкнутого пространства (рисунок 1).



Рисунок 1 - Портативная барокамера OxyHealth: модель Respiro 270

Для дыхания спортсменов используют смесь кислорода (до 30%) и воздуха. При нормоксической баротерапии давление в барокамере не превышает 1,0 ата, при гипербарической – не более 1,3 ата. Повышение атмосферного давления производят со скоростью 85л/мин, понижение в

конце процедуры – автоматическое. Общая продолжительность процедуры зависит от выбранного режима лечебной рекомпрессии.

4.2 Техника выполнения процедур

На рисунке 2 представлен стандартный алгоритм проведения барооксигенотерапии у спортсменов высшей квалификации. В первую очередь при проведении оксигенации необходимо выбрать режим процедур. Выделяют два типа оксигенотерапии: нормобарическую (при атмосферном давлении) (НБО) и гипербарическую (при давлении выше атмосферного) (ГБО). В настоящее время в спортивной медицине предпочтение отдается использованию мягких или умеренных режимов барооксигенотерапии (при давлении менее 1,5 ата) (Ishii Y et al., 2005; Y.M. Tse et al, 2010; Г.Н. Паномаренко, 2011; P. G. Narch et al, 2012). Данный метод оксигенации по механизмам и эффектам воздействия на организм сопоставим со стандартными терапевтическими дозами ГБО в 2 ата, однако, токсическое воздействие кислорода при использовании баротерапии с максимальным давлением 1,5 ата существенно ниже.

По времени воздействия баротерапии различают - одноразовую дозу кислорода, получаемого во время сеанса нормо- и гипербарической оксигенации, которая включает в себя парциальное давление вдыхаемого кислорода и время его воздействия, и курсовую - количество сеансов и их периодичность.

Перед проведением ГБО и НБО необходимо провести осмотр спортсмена с оценкой относительных противопоказаний. Абсолютных противопоказаний к использованию нормо- и гипербарической оксигенации у спортсменов высшей квалификации, допущенных к учебно-соревновательной деятельности, не существует. Вместе с тем, существует перечень относительных противопоказаний, при которых не следует проводить нормо- и гипербарическую оксигенацию.

К ним относятся следующие функциональные состояния и заболевания:

- повышенное систолическое (свыше 160 мм рт.ст.) или диастолическое (свыше 110 мм рт. ст.) артериальное давление;
- заложенность слуховых проходов
- острые респираторные заболевания;
- клаустрофобия;

Перед процедурой спортсмены располагаются в барокамере в положении лежа. Не рекомендуется проводить процедуру баротерапии на голодный желудок. Атлету объясняют, что при повышении давления в барокамере у него может появиться ощущение «закладывания» в ушах. Если появляются болевые ощущения, процедура прекращается.

С целью профилактики ощущений заложенности уха необходимо:

Обучить спортсмена правилам поведения при компрессии: блокада евстахиевых труб может быть ликвидирована при глотании с закрытым ртом или вращательным движением нижней челюсти с широко открытым ртом, этому же способствует метод Вальсальвы (попытка энергичного выдоха через нос при закрытом рте и зажатом носе).

После застегивания двойной молнии включают компрессор и кондиционер, а также включают переключатель на концентраторе кислорода (режим компрессии). Основной режим работы барокамеры, на котором происходит непосредственный лечебный процесс, характеризующийся поддержанием заданного давления в течение заданного отрезка времени называется изопрессией. По достижении определенного давления в барокамере, контролируемого по манометру блока управления, начинается автоматический сброс воздуха из барокамеры - декомпрессия.

В смотровое окно барокамеры наблюдают за состоянием спортсмена.

В случае ухудшения состояния пациента при повышении давления подачу воздушной смеси прекращают и постепенно снижают давление в барокамере.



Рисунок 2 - Алгоритм проведения оксигенобаротерапии у спортсменов высшей квалификации

4.3 Методики применения оксигенобаротерапии на различных этапах учебно-тренировочной деятельности

В ходе выполнения работы были разработаны и оценены методики применения НБО и ГБО на разных этапах учебно-тренировочной деятельности.

Проведена оценка эффективности методики срочного восстановления после физических нагрузок у спортсменов сборных команд с применением нормо- и гипербарической оксигенации.

В исследовании принимали участие 46 спортсменов членов сборных команд РФ по летним и зимним олимпийским видам спорта в возрасте от 16 до 32 лет (27 мужчин и 19 женщин), представители таких видов спорта как легкая атлетика, плавание, горные лыжи, фехтование, бокс, хоккей.

Всем атлетам до проведения сеанса нормо- и гипербарической оксигенации была проведена комплексная оценка функционального

состояния с помощью аппаратно-диагностического комплекса Esteck System Complex.

После проведения оценки функционального состояния спортсмены были разделены на 2 группы по 23 человека в каждой. 1ая группа получала сеанс нормобарической оксигенации (давление 1,0 ата), 2ая группа – гипербарической (давление 1,3 ата) в течение 30 минут. Во время проведения нормо- и гипербарической оксигенации с помощью Esteck System Complex производилась регистрация основных физиологических параметров организма атлетов. У всех спортсменов на фоне применения оксигенобаротерапии отмечалась положительная динамика, в виде уменьшения показателя нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции, урежения частоты сердечных сокращений, снижение артериального давления, общего периферического сопротивления. Благоприятное влияние однократный сеанс оксигенации оказал на работу головного мозга в виде повышения нейронной возбудимости, что сопоставимо с данными зарубежных ученых (D. C. Chang et al., 2010; K. P. Stoller, 2011). Описанные выше эффекты ГБО и НБО способствуют срочному восстановлению организма спортсмена.

Для оценки эффективности скорости восстановительных процессов под влиянием НБО и ГБО в динамике во время проведения учебно-тренировочного этапа производилось определение биохимических показателей крови и гормонального статуса, параметров биологического паспорта спортсменов высшей квалификации на фоне применения нормо- и гипербарической оксигенации.

Для удобства атлеты были разделены на 2 группы по 20 человек в каждой, 1-ая группа получала однократный сеанс НБО, 2-ая – ГБО в течение 30 минут.

В полученных в ходе исследования с применением кислорода данных прослеживается тенденция в понижении содержания КФК в сыворотке крови исследуемых спортсменов, что в свою очередь указывает на положительное

влияние оксигенобаротерапии на скорость восстановительных процессов после физических нагрузок. Уровень кортизола так же незначительно снижается.

Параметры биологического паспорта спортсменов после проведения сеансов оксигенобаротерапии остались в пределах нормы.

Таким образом, однократный сеанс оксигенобаротерапии может быть рекомендован к применению в учебно-тренировочный и соревновательный этапы. Учитывая систему подготовки спортсмена высших достижений, когда базовым периодом тренировки является подготовительный период, целесообразно использовать сеанс ГБО и НБО именно в этот период, когда отмечаются признаки перенапряжения функциональных систем организма. Необходимо также отметить, что курсовое использование средств восстановления в подготовительный период не рекомендуется к применению рядом авторов (Т.М. Талышев, 1980; В.Д. Моногаров, 1986 и др.), причем в основном, в случаях перенапряжения каких-либо функциональных систем организма, в том числе, при выведении спортсменов на пик формы.

Применение нормо- гипербарической оксигенации в качестве средства ускорения восстановительных процессов после выполнения физической нагрузки и в качестве стимуляции работоспособности спортсменов наиболее целесообразно в предсоревновательном периоде.

Особенно эффективно использование оксигенобаротерапии на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям, так как на этом этапе основная задача – полное восстановление организма от предшествующих больших и интенсивных нагрузок.

Для обоснования эффективности применения нормо- и гипербарической оксигенации как фактора повышения скорости восстановления после физических нагрузок в предсоревновательный период нами был проведен ряд функциональных тестов.

Всем спортсменам проводился тест на велоэргометре с субмаксимальной нагрузкой. Каждый из испытуемых последовательно

выполняли две нагрузки без предварительной разминки в течение 5 минут с 3-минутным интервалом отдыха между ними. В последние 30 секунд пятой минуты каждой нагрузки подсчитывался пульс. Мощность первой нагрузки (W_1) подбиралась в зависимости от веса тела обследуемого с таким расчетом, чтобы в конце 5-й минуты пульс (F_1) достигал 110 - 130 уд./мин, а в конце 2-й нагрузки – 150-165 уд. /мин.

Для того чтобы ответить на вопрос как влияют сеансы нормо- и гипербарической оксигенации на восстановительные процессы всем спортсменам данный тест проводился 2 раза с 1,5-часовым интервалом отдыха между нагрузками, во время которого проводился сеанс оксигенотерапии. Исследование проводилось во время проведения учебно-тренировочного процесса и соревнований

Спортсмены были разделены на 2 группы. 1ая группа спортсменов в перерыве между функциональными нагрузками проходила сеанс ГБО, который проводился при давлении 1,3 ата в течение 30 минут. 2ая группа спортсменов получала сеансы нормобарической оксигенотерапии со следующими параметрами: 1,0 ата в течение 30 минут.

После окончания сеансов нормо- и гипербарической оксигенации показатели восстановления сердечно-сосудистой системы регистрировались через 1, 5, 30 и 60 минут. Как видно из представленных данных, восстановление функционального состояния системы кровообращения в сторону исходных данных (ЧСС в покое, АД в покое) в условиях НБО и ГБО происходит значительно быстрее, чем после выполнения первой нагрузки. По результатам исследования видно, что в условиях нормо- и гипербарической оксигенации различия показателей по сравнению с исходными данными исчезли к 30 минуте, в то время как в обычных условиях различия между показателями исчезли только к 60 минуте.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что дыхание кислородом под повышенным давлением в пределах общепринятых физиологических доз ($pO_2 = 1,3$ ата, 30 мин) и в условиях нормобарической

оксигенации ($pO_2 = 1,0$ ата, 30 мин) значительно сокращают время восстановления функционального состояния сердечно-сосудистой системы, а, следовательно, и организма в целом. Данный эффект оксигенобаротерапии является особенно актуальным в предсоревновательный период, т.к. именно на этом этапе основная цель – полное восстановление организма спортсмена от предшествующих больших и интенсивных нагрузок.

Таким образом, применение барооксигенотерапии в качестве средства срочного восстановления после физических нагрузок может быть рекомендовано в различные периоды учебно-тренировочной деятельности как одного из компонентов комплексной системы подготовки спортсмена высшей квалификации, дополняющих подготовку атлета и оптимизирующую ее эффект (Б.А. Ашмарин, 1990; Л.П. Матвеев, 1991; Ф.П. Суслов и др., 1997, Ю.Ф. Курамшин, 2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы были проведен анализ методологических подходов к проблеме срочного восстановления спортсменов после физических нагрузок с применением нормо- и гипербарической оксигенации на различных этапах учебно-тренировочной деятельности.

На основании описанных в научной литературе и собственных данных была разработана и апробирована методика срочного восстановления после физических нагрузок у спортсменов сборных команд с применением оксигенобаротерапии. Эффективность которой была доказана с использованием средств лабораторной и функциональной диагностики, в т.ч. оценки динамики биомеханических показателей: КФК, кортизол, тестостерон и индекс стимуляции; комплексной оценки функционального состояния (VCP, LF/HF, SDNN, Stress Index, интегральный показатель функционального состояния), биоимпедансного измерения соотношения внутри- и внеклеточной жидкости в организме профессиональных спортсменов при

проведении измерений непосредственно в процессе нормо- и гипербарической оксигенации.

На основании данных, полученных в результате использования барооксигенотерапии у высококвалифицированных спортсменов на различных этапах учебно-тренировочной, сделаны следующие выводы:

- у всех спортсменов высшей квалификации отмечался основной физиологический эффект оксигенобаротерапии в виде постепенного уменьшения показателя нарушения поглощения кислорода из системы микроциркуляции, что свидетельствует о повышении содержания (напряжения) кислорода в жидкостях и тканях организма;

- уменьшение показателей частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, общего периферического сопротивления от исходного уровня у спортсменов после проведения оксигенобаротерапии свидетельствует о снижении напряжения адаптационных процессов и переходом сердечно-сосудистой системы на более экономичный уровень функционирования, а значит, способствует более быстрому восстановлению организма атлета;

- использование сеансов оксигенобаротерапии не влияет на параметры биологического паспорта спортсменов;

- ГБО и НБО ускоряет скорость восстановления организма на уровне обменных процессов;

- при проведении сеансов оксигенобаротерапии необходимо учитывать индивидуальный ответ организма спортсмена высшей квалификации, что, непременно, необходимо учитывать при подборе дозы и продолжительности воздействия нормо- и гипербарической оксигенации для адекватного восстановления организма

Оксигенобаротерапия с доказанной эффективностью с учетом индивидуальных особенностей организма может применяться в системе медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов высшей квалификации в следующих случаях:

- для ускорения процессов срочного восстановления организма спортсменов после выполнения чрезмерной физической нагрузки;
- при перенапряжения функциональных систем организма спортсменов на различных этапах учебно-тренировочной деятельности;
- в качестве средства, ускоряющего процессы восстановления организма спортсмена.

При использовании в подготовке спортсменов методик нормо- и гипербарической оксигенации следует обратить внимание на правила международной федерации по виду спорта о возможном запрете на их использование во время проведения крупных спортивных соревнований, таких как Олимпийские игры, Чемпионаты мира и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Babul S., Rhodes E.C. The Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in Sports Medicine. Sports Med. 2000. Vol. 30, №6. P. 395–403.
2. Chang D.C., Lee J.T., Lo C.P., Fan Y.M., Huang K.L., Kang B.H., Hsieh H.L., Chen S.Y. Hyperbaric oxygen ameliorates delayed neuropsychiatric syndrome of carbon monoxide poisoning. Undersea Hyperb Med. 2010, 37(1):23–33.
3. Fischer B., Lehl S., Jain K., et al. Handbook of oxygen therapy. Berlin: Springer Verlag, 1988, 251-26
4. Haapaniemi T., Sirsjo A., Nylander G., et al. Hyperbaric oxygen treatment attenuates glutathione depletion and improves metabolic restitution in post-ischemic skeletal muscle. Free Radic Res 1995, 23: 91-101
5. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine. 4th ed. - Oxford: Oxford University Press. - 2007. – 851 P.
6. Harch P.G., Andrews Susan R., Fogarty Edward F., Amen Daniel, Pezzullo John C., Lucarini Juliette, Aubrey Claire, Taylor Derek V., Staab Paul K.,

Van Meter Keith W. A Phase I Study of Low-Pressure Hyperbaric Oxygen Therapy for Blast-Induced Post-Concussion Syndrome and Post-Traumatic Stress Disorder. *Journal of neurotrauma* – 2012. №29 (1). – P. 168–185

7. Hodges A. N. H., Delaney S., Lecomte J. M., Lacroix V. J., Montgomery D. L. Effect of hyperbaric oxygen on oxygen uptake and measurements in the blood and tissues in a normobaric environment. *Br J Sports Med.* – 2003. №37. – P. 516–520

8. Holbach K.H., Carolin A., Wassman M. Cerebral energy metabolism in patients with brain lesions at normal and hyperbaric oxygen pressure. *J.Neurol.*, 1977, v.237(1), p.17-30

9. Ishii Y., Deie M., Adachi N., Yasunaga Y., Sharman P., Miyanaga Y., Ochi M. Hyperbaric Oxygen as an Adjuvant for Athletes. *Sports Med.* 2005. Vol.35, №9. P. 739-746.

10. Kanhai A., J. M. Losito. Hyperbaric oxygen therapy for lower-extremity soft-tissue sports injuries. *Journal of the American Podiatric Medical Association.* 2003. Vol. 93, №4. P. 298–306.

11. Stoller K.P. Hyperbaric oxygen therapy (1.5 ATA) in treating sports related TBI/CTE: two case reports. *Med Gas Res.* 2011; 1: 17.

12. Tse Y.M., Lo1 K.K., Ko William C.W., Yau Anson C.L., So Raymond C.H., Ng Gabriel Y.F., K.F. Ng Joseph. The Effect of Hyperbaric Oxygen (HBO) Therapy on Modulation of Heart Rate Variability after Sub-maximal Cycling. Department of Rehabilitation Sciences, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong - 2010

13. Аксельрод А.Ю., Ашурова Л.Д., Божанов Н.Н. и др. Руководство по гипербарической оксигенации. М.: 1986, 416 с.

14. Ашмарин Б.А., Виноградов Ю.А., Вяткина З.Н. и др. Теория и методики физического воспитания: Учеб. для студентов фак. физ. культуры пед. ин-тов. Под ред. Б.А. Ашмарина. – М.: Просвещение, 1990. – 287 с.

15. Беккер Д.Дж. Двадцатилетний опыт использования ГБО в лечении газовой гангрены. Гипербарическая медицина: Материалы VII Междунар. конгр. – М., 1983. – Т.1. – С.224–225.

16. Бернштейн С.А., Гуревич М.И., Соловьев А.И. Дефицит кислорода и сосудистый тонус. – Киев: Наук. Думка, 1984. – 263 с.

17. Болевич С.Б. Бронхиальная астма и свободнорадикальные процессы / М.: Медицина. - 2006. - 256с.
18. Болевич С.Б., Румянцева С.А., Силина Е.В., Меньшова Н.И., Васильев Ю.Д. Влияние коррекции энергетического и свободнорадикального гомеостаза на клинико-морфологическую картину ишемического инсульта. Вестник Российской Военно-медицинской академии, 2009, №4, Т.4, с.108-111.
19. Волков В.М., Жилло Ж., Костюченков В.Н. и др. Средства восстановления в спорте. – Смоленск: “Смядынь”, 1994. – 160 с.
20. Гипербарическая терапия в военно-медицинской практике. Под ред. Е.В. Ермакова. - М. : Воениздат, 1986. - 300 с.
21. Дубровский В.И., Реабилитация в спорте. В. И. Дубровский. М; Физкультура и спорт, 1991. - 208 с
22. Ефуни С.Н. Руководство по гипербарической оксигенации (теория и практика клинического применения). Под ред. С.Н. Ефуни. М., -Медицина. 1986. - 416 с.
23. Зайчик А.Ш., Чурилов Л.П. Общая патофизиология (с основами иммунопатологии). 4-е изд. – СПб.: 2008.- ЭЛБИ-СПб. - 656 с.
24. Курамшин Ю.Ф. Теория и методика физической культуры: Учебник. Под ред. Ю.Ф. Курамшина. – 2-е изд. – М.: Советский спорт, 2004. – 464 с.
25. Лукич В.Л., Коротаев Г.М., Шахвердиев М.Г., Верненкин Э.Б. Применение ГБО в комплексной терапии при гнойном перитоните и перитонеальном сепсисе. Сов. медицина. 1991. - №5. - С.27-28.
26. Матвеев Л.П., Теория и методика физической культуры (общие основы теории и методики физического воспитания; теоретико-методические аспекты спорта и профессио-нально-прикладных форм физической культуры): Учеб. для ин-тов физ. культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 543 с, ил.
27. Матвеев Л.П. Основы спортивной тренировки. - М.: Физкультура и спорт, 1977. - 280 с.

28. Миронов С.П. Спортивная медицина: нац. руководство. гл. ред. С.П. Миронов, Б.А. Поляев, Г.А. Макарова. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 1184 с.
29. Моногаров В.Д. Утомление в спорте. – Киев, 1986.
30. Пономаренко Г.Н., Физические методы лечения – 4-е изд. перераб., доп. – СПб., 2011. – 326 с.
31. Ратнер Г.Л. Теоретические аспекты гипербарической оксигенации. Новый подход. Ратнер Г.Л. Гипербарическая оксигенация. - Куйбышев, 1979.- С. 4-9.
32. Румянцева С.А., Ступин В.А., Афанасьев В.В., Болевич С.Б., Федин А.И., Силина Е.В., Хоконов М.А., Голузова Ю.Н. Второй шанс (современные представления об энергокоррекции). М.: МИГ «Медицинская книга». 2010. - 176 с.
33. Румянцева С.А., Ступин В.А., Афанасьев В.В., Федин А.И., Силина Е.В. Критические состояния в клинической практике. М.: МИГ «Медицинская книга», 2010 - 640 с.
34. Румянцева С.А., Федин А.И., Болевич С.Б., Силина Е.В. Свободнорадикальные процессы и их коррекция при геморрагическом инсульте. Неврологический журнал, 2007, Т.12, №5, с.51-56.
35. Сапов И.А. К механизму токсического действия кислорода: Автореф. дис. канд. мед. наук. - Л., 1952. - 14 с.
36. Сапов И.А. Оксигенобаротерапия: история, состояние, перспективы. Физиологические основы нормирования кислорода при гипербарической оксигенации: Тез. докл. науч.-прак. конф. – Л., 1990. – С. 4-5.
37. Сапов И.С., Апанасенко Г.Л., Кулешов В.И. О начальных признаках гипероксической гипоксии у человека. Специальная и клиническая физиология состояний. – Киев, 1979. – Ч. 3. – С. 71-74.
38. Силина Е.В., Ступин В.А., Собиров М.А., Болевич С.Б., Смирнова Г.О., Силуянов С.В., Мартиросов А.В., Меньшова Н.И. Свободнорадикальные процессы у больных с желудочно-кишечными кровотечениями. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова, 2011, №12, с. 64-70.

39. Скворцова В.И., Нарциссов Я.Р., Бодыхов М.К., Кичук И.В., Пряникова Н.А., Гудкова Ю.В., Солдатенкова Т.Д., Кондрашова Т.Т., Калинина Е.В., Новичкова М.А., Кербиков О.Б., Шутьева А.Б. Оксидантный стресс и кислородный статус при ишемическом инсульте. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. - 2007. - N1. - С.30-36.
40. Скворцова В.И., Федоров В.Н., Бодыхов М.К. Свободные радикалы при ишемии головного мозга. Журнал неврологии и психиатрии. – 2004. №10.-С.33-38.
41. Скулачев В.П. Явления запрограммированной смерти. Митохондрии, клетки и органы: роль активных форм кислорода. Соровский Образовательный журнал, 2001.-7(6): 4-10.
42. Суслов Ф.П., Холодов Ж.К. Теория и методика спорта: Учебное пособие для училищ олимпийского резерва. Под общей редакцией Ф.П. Суслова, Ж.К. Холодова. – М.,1997. – 416 с.
43. Талышев Ф.М. Теоретические и практические аспекты использования средств восстановления в спорте. Совершенствование управления системой подготовки квалифицированных спортсменов. - М.: ВНИИФК, 1980. - С.140-152.
44. Успенская Е.П. Баротерапия в клинической практике. – Л.: Медицина, 1984. – 146 с.
45. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н. Источники образования свободных радикалов и их значение в биологических системах в условиях нормы. Современные наукоемкие технологии. - 2006. - №6. С. 28-34.
46. Шлык Н.И. Особенности variability сердечного ритма у детей и подростков с различным уровнем зрелости регуляторных систем. Variability сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение: тез. докл. Междунар. симп. (г. Ижевск, 20-21 ноября 2003 г.). Ижевск: Изд-во УдГУ, 2003. С. 52-61.

СВЕДЕНИЯ О РЕДАКТОРАХ И АВТОРАХ

- Уйба Владимир Викторович - Руководитель Федерального медико-биологического агентства, доктор медицинских наук, профессор
- Барсукова Маргарита Васильевна - Главный специалист по гигиене детей и подростков, заведующая центром здоровья ГБУЗ города Москвы «Детская городская поликлиника № 103 Департамента здравоохранения города Москвы», кандидат медицинских наук, доцент
- Белозеров А.А. - Главный врач ЗАО «Мастер Медиа»
- Выходец Игорь Трифанович - Главный внештатный специалист по спортивной медицине Министерства здравоохранения Российской Федерации в Центральном федеральном округе, член Комиссии по спортивному праву Ассоциации юристов России, кандидат медицинских наук, доцент
- Гнетнева Елена Сергеевна - Заместитель начальника Отдела координации деятельности учреждений в сфере охраны здоровья Управления координации и обеспечения деятельности организаций в сфере медицинских наук, охраны здоровья, образования и культуры ФАНО, кандидат медицинских наук
- Ключников Михаил Сергеевич - Заместитель директора ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России по научной работе
- Кравчук Дарья Андреевна - Врач-педиатр ОИО ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России
- Мирошникова Юлия Вячеславовна - Начальник Управления организации спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, кандидат медицинских наук

- Писарюк
Александра
Сергеевна - Аспирант медицинского института РУДН
- Пушкина
Татьяна
Анатольевна - Заместитель начальника Управления организации
спортивной медицины Федерального медико-
биологического агентства
- Тетерина
Марина
Александровна - Аспирант медицинского института РУДН
- Хохлина
Наталья
Константиновна - Ассистент кафедры реабилитации, спортивной
медицины и физической культуры ФГБОУ ВО
РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России
- Шемитовский
Кирилл
Александрович - Аспирант медицинского института РУДН