**––**

Методические рекомендации

**Гипербарическая оксигенация в реаниматологии и интенсивной терапии**

МКБ 10:

Год утверждения (частота пересмотра): **2021 (пересмотр 2026; далее каждые 5 лет)**

ID:  
URL:

Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc62506922)

[Ключевые слова 4](#_Toc62506923)

[Список сокращений 4](#_Toc62506924)

[Термины и определения 5](#_Toc62506925)

[Введение 6](#_Toc62506926)

[1. Патофизиологические аспекты действия гипербарической оксигенации 6](#_Toc62506927)

[2. Показания к использованию гипербарической оксигенации в реаниматологии и интенсивной терапии 9](#_Toc62506928)

[2.1 Кодирование по МКБ 10 12](#_Toc62506929)

[3. Противопоказания к применению ГБО 14](#_Toc62506930)

[4. Оборудование для проведения ГБО 14](#_Toc62506931)

[5. Методика проведения ГБО 16](#_Toc62506932)

[6. Мониторинг состояния больного во время сеанса ГБО 17](#_Toc62506933)

[Дофамин < 5мкг/кг/мин 18](#_Toc62506934)

[Норадреналин < 0,1 мкг/кг/мин 18](#_Toc62506935)

[7. Частные случаи применения ГБО 19](#_Toc62506936)

[7.1 ГБО при отравлении оксидом углерода (СО) 19](#_Toc62506937)

[7.2 ГБО при декомпрессионной (кессонной) болезни 22](#_Toc62506938)

[7.3 ГБО при острой хирургической патологии 23](#_Toc62506939)

[7.3.1. ГБО при перитонитах и функциональной кишечной непроходимости 24](#_Toc62506940)

[7.3.2. ГБО при тонкокишечной непроходимостью (ОТКН) 24](#_Toc62506941)

[7.3.3. ГБО при гастродуоденальных кровотечениях 25](#_Toc62506942)

[7.3.4. ГБО в лечении острого панкреатита. 25](#_Toc62506943)

[7.4 ГБО при острых ишемических состояниях (ишемия/реперфузия) 25](#_Toc62506944)

[7.4.1 Применение ГБО при краш-синдроме 26](#_Toc62506945)

[7.4.2 Пересаживаемые ткани и лоскуты. 28](#_Toc62506946)

[7.5 ГБО при острой патологии головного и спинного мозга 28](#_Toc62506947)

[7.5.1. ГБО при тяжелой черепно-мозговой травме 30](#_Toc62506948)

[7.5.2. ГБО при осложнённой травме позвоночника. 30](#_Toc62506949)

[7.5.3. ГБО при ишемическом инсульте. 31](#_Toc62506950)

[7.5.4. ГБО в раннем послеоперационном периоде выключения из кровотока интракраниальных аневризм 31](#_Toc62506951)

[7.6 Применение гипербарической оксигенации в лечении новой коронавирусной инфекции 32](#_Toc62506952)

[7.7 ГБО при необходимости респираторной поддержки 33](#_Toc62506953)

[Список литературы 36](#_Toc62506954)

[Приложение A1. Состав Рабочей группы 37](#_Toc62506955)

[Приложение A2. Методология разработки клинических рекомендаций 37](#_Toc62506956)

[Приложение Б. Алгоритм проведения ГБО пациентам, находящимся в критическом состоянии 39](#_Toc62506957)

# Ключевые слова

Гипербарическая оксигенация, реперфузионный синдром,

# Список сокращений

АТА – абсолютная атмосфера

CO – оксид углерода, угарный газ

O2 – кислород

АОС – антиоксидантная система

ГБО – гипербарическая оксигенация

ИВЛ – искусственная вентиляция легких

ОТКН – острая тонкокишечная непроходимость

ПОЛ – перекисное окисление липидов

СМП – среднемолекулярные пептиды

ТГЭ – токсикогипоксическая энцефалопатия

ЦНС – центральная нервная система

ЭКГ – электрокардиография

I-R –ишемия/реперфузия

# Термины и определения

**Гипоксия** – состояние, возникающее при несоответствии потребности клетки в кислороде с его доставкой, либо когда это соответствие достигается в результате чрезмерного напряжения деятельности кислородотранспортной системы организма, что ведет к уменьшению ее адаптационного резерва.

**Атмосферное давление** – давление атмосферы, действующее на все находящиеся в ней предметы, равно весу вышележащего столба воздуха с площадью основания равной единице.

**Абсолютное давление** – это истинное давление сплошных масс (газов), отсчитываемое от абсолютного нуля давления – вакуума.

**Кислородная емкость крови -**.количество кислорода, которое может быть связано кровью при ее полном насыщении, выраженным в объемных процентов, зависит от концентрации в крови гемоглобина.

**Компрессия** – повышение давления в цилиндре (барокамере)

**Декомпрессия –** это процесс снижения давления в барокамере.

**Изопрессия –** это основной режим работы бароаппарата, на котором происходит непосредственно лечебный процесс, характеризующийся поддержанием заданного давления в течение заданного отрезка времени.

**Экспозиция –** время проведенное пациентом в барокамере.

**Ишемия –** уменьшение кровоснабжения участка органа, ткани вследствие ослабления или прекращения притока к ним крови.

**Реперфузия** – восстановление кровотока к органам или тканям, которые были лишены кровоснабжения в течение некоторого времени.

**Кислородная интоксикация**–повреждающее действие кислорода, связанное с избыточной генерацией активных форм кислорода, превышающей резервные возможности антиоксидантной системы организма

# Введение

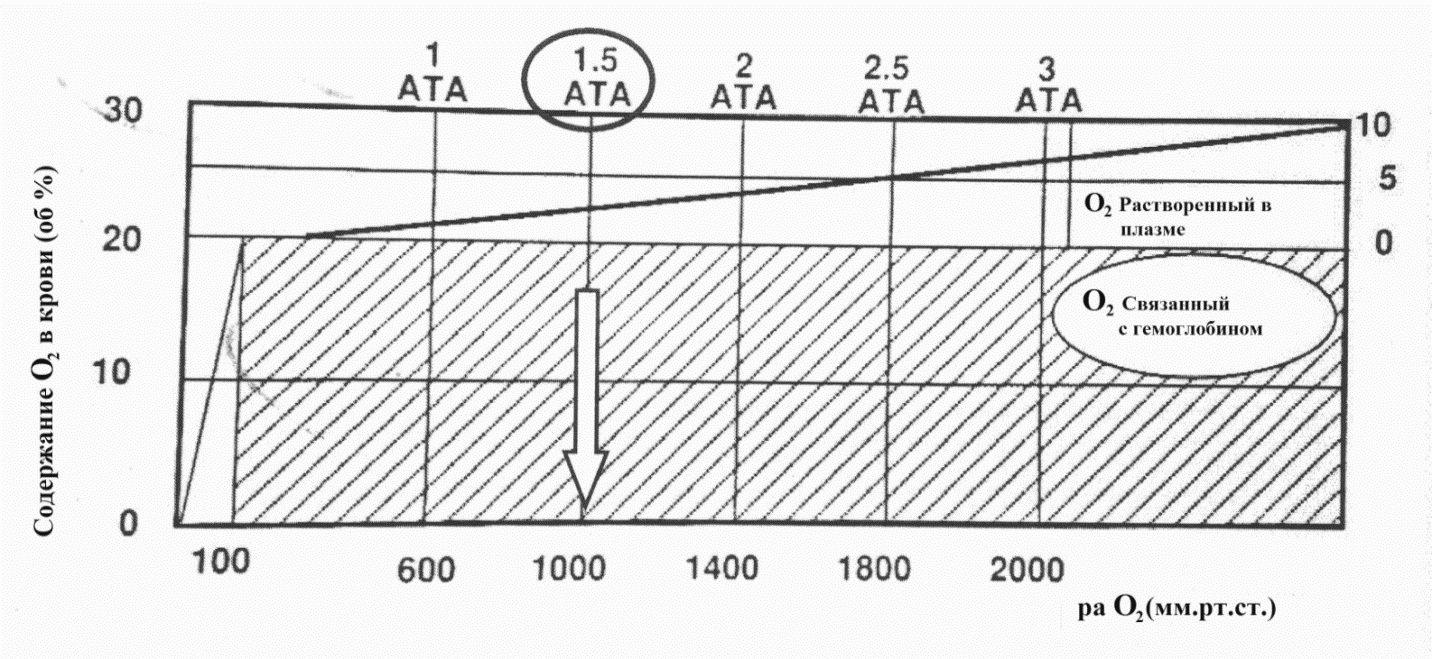
**Гипербарическая оксигенация (ГБО)** — это искусственное увеличение кислородной емкости крови за счет дополнительного растворения кислорода в плазме в результате повышения Ро2 во вдыхаемой газовой смеси вследствие увеличения общего барометрического давления внешней среды.

В интенсивной терапии ГБО никогда не является монотерапией, но выступает в качестве важного ее компонента. Показания к ГБО были проанализированы профильными экспертами, основывались на выводах десятой Европейской Консенсусной Конференции (Лилль, 2016) по гипербарической медицине, на которой были разработаны и утверждены Европейские показания к ГБО, основанных на широком обзоре данных литературы и многочисленных результатах исследований с достаточным уровнем доказательности, в том числе на двойных контролируемых исследованиях, также исходя из накопленного многолетнего опыта применения медицинской технологии ГБО в реанимации и интенсивной терапии в лечебных учреждениях Российской Федерации и зарубежных стран.

# Патофизиологические аспекты действия гипербарической оксигенации

Гипоксия – состояние, возникающее при несоответствии потребности клетки в кислороде с его доставкой, либо когда это соответствие достигается в результате чрезмерного напряжения деятельности кислородотранспортной системы организма, что ведет к уменьшению ее адаптационного резерва. Выделяют экзогенную и эндогенную формы гипоксии. Экзогенная гипоксия связана с недостаточным поступлением О2 с вдыхаемым воздухом. Эндогенная гипоксия является одной причин большинства заболеваний, поскольку подавляющее большинство заболеваний ведет к развитию кислородной недостаточности или обусловлено ею. Тяжесть гипоксии нередко является фактором, влияющим на исход заболевания. В клинических условиях гипоксия, как правило, возникает вторично, однако ее развитие усугубляет течение основного заболевания, утяжеляя имеющийся дефицит энергии и формируя «порочный круг». Энергетическая недостаточность клетки является универсальным фоном при ее различной патологии. Гипоксия возможна либо в результате нарушения доставки О2, либо вследствие повышения потребления, что характерно для острой фазы различных состояний, в том числе системной воспалительной реакции.

Наиболее эффективная коррекция энергетической недостаточности возможна только в условиях ГБО. ГБО – это лечебный метод, который в определенной степени позволяет управлять кислородным режимом организма путем «принудительного» насыщения жидких сред организма кислородом. В основе терапевтического эффекта ГБО лежит значительное увеличение кислородной емкости жидких сред организма (кровь, лимфа, тканевая жидкость и т.д.), которые при этом становятся эффективными переносчиками О2 к клеткам. Количество дополнительно растворенного в плазме О2 при его парциальном давлении, равном 1 абсолютной атмосфере, т.е. 1 АТА (ингаляция 100% О2 при нормальном атмосферном давлении), составляет в среднем 2 об. %. С повышением давления в барокамере во время сеанса ГБО на каждую избыточную атмосферу содержание плазменного О2 увеличивается на 2,3 об. %. Так, при избыточном давлении в барокамере в 1,5-2 АТА содержание кислорода в плазме составляет 4,34 об. %, а парциальное давление кислорода возрастает до 1000-1400 мм рт. ст. за счет растворенного в плазме кислорода (рис 1). Значительное повышение напряжения кислорода в плазме крови ускоряет его диффузию в межклеточную жидкость и лимфу, обеспечивая заместительное действие гипербарического кислорода.



**Рис. 1.** Содержание О2 в крови (об. %) в условиях ГБО (Jain K.K., 2017)

При избыточном давлении в 3 АТА, например, возросшая кислородная ёмкость плазмы может удовлетворить потребности организма в О2 без участия гемоглобина. Способность увеличивать кислородную ёмкость крови послужила основанием для использования ГБО при состояниях, когда гемоглобин полностью или частично исключается, из процесса транспортировки кислорода т.е. при анемической и токсической формах гемической гипоксии.

Расчетные данные показывают, что при повышении содержания О2 в артериальной крови до 25% по объему можно удовлетворить метаболические потребности тканей даже при снижении скорости кровотока тканей наполовину. Вместе с тем, для насыщения тканей необходима определенная корреляция между артериальным рО2 и скоростью кровообращения. Так, повышение давления вдыхаемого О2 до 2 ата при снижении минутного объёма крови до 19% не вызывает нарастания тканевого рО2. Высокое парциальное давление в артериальной крови приводит к соответствующему подъёму градиента напряжения О2 на уровне тканевой капилляр - ткань, что влечет за собой увеличение «кислородного потока» - количество О2, проходящего через ткань за 1 минуту.

Даже при сравнительно низкой скорости капиллярного кровотока высокое артериальное рО2 обеспечивает более интенсивную диффузию газа в ткани. Однако увеличение напряжения О2 в артериальном конце капилляра не приводит к аналогичному (строго линейному) подъёму рО2 в тканях и клетках. Степень его нарастания в различных органах зависит от их васкуляризации, условий местного кровотока, а также от кислородной ёмкости тканей и интенсивности метаболизма.

Адекватное поступление к клеткам кислорода не является единственным условием ликвидации энергетического дефицита. Наряду с достаточным поступлением субстратов окисления, обеспечивающих функционирование цикла Кребса, необходима нормальная работа цепи переносчиков кислорода и достаточное сопряжение окисления и регенерации макроэргов. Гипербарическая оксигенация поддерживает все эти процессы.

По сравнению с обычной кислородной терапией ГБО имеет следующие преимущества:

* компенсирует практически любую форму кислородной недостаточности и, прежде всего, гипоксию, обусловленную потерей или инактивацией значительной части циркулирующего гемоглобина;
* удлиняет расстояние эффективной диффузии в тканях;
* обеспечивает метаболические потребности тканей при снижении объемной скорости кровотока;
* восстанавливает баланс между доставкой кислорода и его потреблением.

Действие гипербарической оксигенации: компрессионное, антигипоксическое, гипероксическое, мембранотропное, детоксикационное, антибактериальное, адаптационное.

Образование активных форм кислорода абсолютно необходимо для организации сложной взаимосвязи физиологических реакций, включающих синтез и модификацию биологически активных веществ, фагоцитоз, апоптоз, реализацию сигнальных механизмов. Гипербарическая оксигенация, увеличивая количество активных форм кислорода, активирует и поддерживает эти процессы.

Универсальность гипербарической оксигенации обусловлена ее влиянием на типовые механизмы патологии, проявляющиеся практически при любой нозологической форме. Лечебный эффект гипербарической оксигенации, используемый в практике реаниматологии и интенсивной терапии, направлен на коррекцию основной триады синдромов, запускаемых любым повреждающим воздействием: гипоксии/ишемии/реперфузии - воспаления.

Известно, что ГБО может приводить как к положительным (терапевтическое действие), так и к отрицательным (токсическое действие) последствиям. Токсический эффект гипербарической оксигенации – прямое следствие увеличения количества активных форм кислорода, не компенсированное повышением активности антиокислительной системы. Это особенно важно у больных, находящихся в критическом состоянии, характеризующимся истощением антиоксидантной системы.

Клинически выраженная кислородная интоксикация может проявляться как в острой форме, так и в хронической. При острой форме на передний план выдвигается поражение ЦНС, при хронической – поражение легких. Диапазон между терапевтическим и токсическим действием ГБО достаточно велик. Условной «границей токсичности» ГБО является давление выше 3 АТА, при которой возникает реальная угроза кислородной интоксикации. Подобного рода компрессии в клинической практике используют только по особым показаниям и при коротких экспозициях.

# Показания к использованию гипербарической оксигенации в реаниматологии и интенсивной терапии

В группу абсолютных показаний вошли заболевания и состояния, в лечении которых ГБО имеет решающее значение.

Вторая группа состоит из заболеваний, соответствующих уровню доказательности В и С, а также заболевания, принятые в РФ с доказательностью уровня С, но не вошедшие в Европейский перечень (помечены звездочкой\*), учитывая при этом рекомендации Международного общества подводной и гипербарической медицины, Европейского Комитета по гипербарической медицине, а также решений регулярно проводимых консенсусных конференций по гипербарической оксигенации. Эта группа заболеваний и патологических состояний с устойчивым эффектом действия гипербарического кислорода, при которых значительно уменьшается число осложнений основного заболевания и достигается ранняя реабилитация пациентов.

Отравления тканевыми ядами, в том числе СО, Н2S, ССl4 (и их смесями), цианидами, метгемоглобинобразователями (нитриты, нитробензен), грибами.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Эмболии (при операциях на открытом сердце и /или сосудах, головном мозге, эндоскопических процедурах, катетеризациях сосудов).

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Декомпрессионная болезнь (при водолазных и кессонных работах, занятиях дайвингом, разгерметизации кабин самолетов при высотных полетах, быстром спуске с высоты, нештатном снижении давления в барокамере).

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – I.**

Анаэробная и смешанная раневая инфекция, газовая гангрена.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Острые травматические ишемии (краш-синдром, компартментный синдром) после хирургической коррекции.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – I.**

Постаноксическая энцефалопатия (незавершённое утопление, повешение, состояние после остановки сердца, асфиксии другой этиологии).

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Реперфузионный синдром при нарушениях тканевой перфузии, в том числе после трансплантации органов\*

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Термические ожоги более 20% тела, II степени и выше.

**Уровень убедительности доказательства – С.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Проблемные раны, в том числе пролежни.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Реплантации конечностей и/или пальцев, другие пластические и/или реконструктивные операции.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Острая массивная кровопотеря.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa**

Субарахноидальные кровоизлияния (травматические, послеоперационные, спонтанные, ишемия мозга после разрыва интракраниальных аневризм).

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Острое нарушение мозгового кровообращения.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Тяжёлая черепно-мозговая травма\* и её осложнения.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – I.**

Осложнённая травма позвоночника\*.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Тяжёлая открытая травма опорно-двигательного аппарата.

**Уровень убедительности доказательства – В.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Острая печёночно-почечная недостаточность различного генеза\*.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Панкреонекроз.

**Уровень убедительности доказательства – C.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIb.**

Динамическая кишечная непроходимость, послеоперационный парез кишечника\*.

**Уровень убедительности доказательства – С.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – IIa.**

Диабетическая язва стопы.

**Уровень убедительности доказательства – С.**

**Качество доказательств и сила рекомендации – I.**

## 2.1 Кодирование по МКБ 10

**Отравления (Т 36-Т 65)**

T 58 Отравление CO

T 59.6 Отравление H2S

T 53.5 Отравление CCl2

T 57.3 Отравление цианидами

T 46.3 Отравление метгемоглобинообразователями

T 62.0 Отравление грибами

**Эмболии (Т 82.0-Т82.3)**

Т 81.7 При вмешательствах на головном мозге

Т 80.0 При эндоскопических процедурах и катетеризации крупных сосудов

Т 82.4 При выполнении гемодиализа

Т 79.0 При баротравме легких и при минно-взрывной травме

**Декомпрессионная болезнь (Т70-Т90)**

Т 70.0 Отит после баротравмы

Т 70.3 Кессонная болезнь

Т 79.0 Травматическая воздушная эмболия

Т 79.7 Травматическая подкожная эмфизема

Т 90.3 Остеонекроз при кессонной болезни

**Ишемии (Т 79 - Т 87)**

T 79.6 Острые травматические ишемии (краш-синдром, компартментный синдром)

Н 34 Нарушения регионарного кровоснабжения, артериальная недостаточность

Т 170.2 Длительно не заживающие раны

Т 173 Пролежни

Т 86.8 Ишемизированные кожные лоскуты

Т 66 Радиационные некрозы мягких тканей

L 59 Некрозы костной ткани

79.5 Реперфузионный синдром при нарушениях тканевой перфузии, в том числе после трансплантации органов (после хирургической коррекции)

**Термические ожоги (T 20 – T 25)**

Т 20.3 Термические ожоги более 20% тела, II степени и выше

**Анаэробная и смешанная раневая инфекция, (A 48 – А 49, G 06-G07, М 72-М 73)**

А 48.0 Клостридиальный миозит, мионекроз

А 49.9 газовая гангрена

G 06 Абсцесс мозга

М 72.6 Некротизирующая инфекция мягких тканей

**Постаноксическая энцефалопатия (незавершённое утопление, повешение, состояние после остановки сердца, асфиксии другой этиологии) (G 93)**

**Острая массивная кровопотеря (D58 – D62)**

D 50.0 Анемия тяжелой степени, острая массивная кровопотеря

**Травмы (S 06 – Т 90)**

T90.5 Тяжёлая черепно-мозговая травма и её осложнения

S 12 Осложнённая травма позвоночника

T 02 Тяжёлая открытая травма опорно-двигательного аппарата

**Заболевания ЖКТ (К56 - К77)**

К 56.4 Динамическая кишечная непроходимость, послеоперационный парез кишечника

K 72.2 Острая печёночно-почечная недостаточность различного генеза **Субарахноидальные кровоизлияния (травматические, послеоперационные, спонтанные, ишемия мозга после разрыва интракраниальных аневризм) (I 60)**

**Острое нарушение мозгового кровообращения (I 61 – I 69)**

# Противопоказания к применению ГБО

Применение ГБО противопоказано при следующей патологии:

* Судорожные состояния в анамнезе;
* Наличие недренированных полостей (каверны, абсцессы) в лёгких;
* Клаустрофобия;
* Нестабильная гемодинамика;
* Нарушение проходимости евстахиевых труб и каналов, соединяющих придаточные пазухи носа с внешней средой (полипы и воспалительные изменения в носоглотке, среднем ухе, придаточных пазухах носа, аномалии развития);
* Напряжённый пневмоторакс;

При наличии абсолютных жизненных показаний к ГБО, большинство противопоказаний может быть устранено (введение кардиотонических препаратов при нестабильной гемодинамике, использование седативных препаратов при повышенной судорожной готовности, назначение гипотензивных средств при высоком артериальном давлении и другие способы, позволяющие уменьшить или устранить побочные явления).

# Оборудование для проведения ГБО

Для проведения ГБО возможно использование как многоместных, так и одноместных барокамер.

Многоместные барокамеры обладают рядом преимуществ по сравнению с одноместными: сеанс ГБО проводится при непосредственном присутствии медицинского персонала, который может проводить лечебные мероприятия, включая реанимационные. Главным недостатком многоместных бароаппаратов является сложность технического обеспечения и высокая стоимость эксплуатации.

Одноместные барокамеры привлекают относительно низкой стоимостью и простотой эксплуатации, однако серьезным минусом является отсутствие прямого доступа к пациенту во время сеанса и строгое соблюдение правил безопасности при нахождении в 100% кислороде.

Сегодня отделения гипербарической оксигенации укомплектованы в основном отечественными бароаппаратами БЛКС-303МК и БЛКС-307 «Хруничев». Серьёзным препятствием к проведению ГБО у пациентов, нуждающихся в респираторной поддержке, было отсутствие в ныне эксплуатируемых бароаппаратах системы ИВЛ. Однако в последние годы выпускаются барокамеры, позволяющие осуществлять искусственную вентиляцию легких и мониторинг основных функций организма непосредственно в барокамере во время сеанса ГБО («Sechrist»), система ИВЛ разработана для отечественных барокамер типа БЛКС.

Конструктивные особенности бароаппарата должны обеспечивать доступность визуального контроля состояния пациента.

При планировании и размещении отделений гипербарической оксигенации необходимо учитывать особенности ее применения в практике интенсивной терапии у наиболее тяжелых больных и пострадавших.

Основным требованием при применении кислородных бароаппаратов является принцип безопасности. Поэтому непременным условием работы отделения ГБО должно быть строгое соблюдение требований нормативных документов в области организации таких отделений, подготовки пациентов к лечению, техническому обслуживанию бароаппаратов и кислородного оборудования, норм и правил техники безопасности при работе с бароаппаратами всеми специалистами отделения. Важное значение имеет соблюдение требований ведения медицинской и технической документации, наличие эксплуатационных инструкций и их обязательного их выполнения.

Приточно-вытяжная вентиляция, системы кондиционирования воздуха, водоснабжения, отопления, электропитания и заземления, освещения, применяемые для обеспечения работы основных помещений отделения ГБО, должны соответствовать требованиям нормативной документации, учитывать особенности применяемого оборудования.

Согласно вышеуказанным требованиям в барозале размещается только штатное оборудование с качественным индивидуальным заземлением, в качестве покрытия пола используется антистатический линолеум или другие, разрешённые материалы. Электрические выключатели должны быть вынесены за пределы барозала. Следует предусмотреть автономную приточно-вытяжную вентиляцию, обеспечивающую трёхкратный воздухообмен в час. Предусмотрен приток воздуха в верхней зоне, а выброс - в нижней зоне. В помещении барозала должна поддерживаться относительная влажность воздуха не менее 55%.

Кислород, подаваемый в бароаппарат, должен соответствовать требованиям ГОСТ 5583-78 (медицинский О2),фармакопея 2020-2021

# Методика проведения ГБО

Перед помещением в кислородную барокамеру пациента переодевают в специальное хлопчатобумажное, чистое бельё, волосы на голове закрывают увлажнённым колпаком или косынкой. В обязательном порядке снимают повязки на жировой основе, удаляют косметические средства, украшения, съёмные протезы. В барозале должна быть специальная металлическая пластина из нержавеющей стали, снимающая статическое напряжение с пациентов и медицинского персонала. Кроме того, перед помещением в барокамеру на пациента накладывают особый браслет с индивидуальным заземлением. Необходимо тщательно проверить надежность фиксации всех катетеров, зондов и дренажей, их соединений и заглушек. Дренажные трубки и зонды должны быть открыты в герметично соединённые с ними коллекторы. При необходимости следует установить уретральный катетер и дренировать желудок. Все дренажи и катетеры должны быть доступны визуальному контролю.

Перед проведением сеанса ГБО необходимо оценить состояние пациента, уточнить, нет ли продолжающегося кровотечения, клинически и рентгенологически исключить наличие воздухосодержащих полостей в лёгких. По показаниям выполнить санацию трахеобронхиального дерева, оценить возможности спонтанного дыхания у больного в условиях ГБО, если он находится на вспомогательной вентиляции лёгких, заменить воздух в раздуваемых манжетах эндотрахеальной или трахеотомической трубок стерильным изотоническим раствором. Если пациент доступен контакту необходимо провести инструктаж по поведению в барокамере.

Во время выполнения сеанса проводится постоянное наблюдение за больным и динамикой его клинико-физиологических параметров. Отсутствие двигательного беспокойства, урежение пульса и дыхания, восстановление естественного цвета кожи и слизистых, нормализация ЭКГ свидетельствуют о благоприятном действии ГБО. Об отрицательном влиянии всего комплекса факторов, действующих на пациента в барокамере, говорит учащение сердцебиения и дыхания, депрессия сегмента ST на ЭКГ.

Нередко в начале компрессии у пациентов возникают боли в ушах. В этих случаях снижение давления, а затем вновь его увеличение обычно позволяет пройти «болевой барьер» и выполнить сеанс в расчётном режиме.

Обязательным условием достижения максимального лечебного эффекта гипербарической оксигенации является правильный выбор режимов, их последовательность и периодичность. Режимы, применяемые для терапии большинства зааболеваний подбираются индивидуально. Сеанс ГБО проводят при абсолютном давлении 1,3-2,0 АТА, длительный период изопрессии (экспозиция по наибольшему давлению О2) – от 40 до 60 мин., плавная декомпрессия за 2-5 минут.

Максимально применимое в клинической практике, абсолютное давление до 3,0 АТА в современной гипербарической медицине используется очень редко.

Как правило, большинству пациентов достаточно проведения 1 сеанса в сутки, однако в некоторых ситуациях количество сеансов увеличивают до 2-3 в сутки с последующим уменьшением их частоты по мере клинического улучшения состояния. Обычный курс ГБО составляет от 8 до 10 ежедневных сеансов. При выраженной клинической эффективности метода для получения стойкого положительного эффекта может оказаться достаточно и 4-5 сеансов, в случаях тяжёлого состояния пациента/пострадавшего иногда возникает необходимость в продлении курса до 30 и более ежесуточных сеансов (с кратковременными перерывами на 1-3 дня).

Проведение сеанса ГБО реанимационным больным осуществляется в присутствии и под наблюдением врача-реаниматолога, во всех остальных случаях персонал кабинета ГБО работает самостоятельно.

# Мониторинг состояния больного во время сеанса ГБО

При проведении ГБО необходимо динамическое наблюдение за пациентом с целью своевременного выявления обстоятельств, препятствующих продолжению сеанса. Диагностические значения мониторируемых параметров и критерии прекращения сеанса ГБО представлены в таблице 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Раздел мониторинга** | **Диапазон допустимых значений** | **Метод регистрации** | **Сигналы прекращения сеанса\* при проведении ГБО** |
| **Обязательные модальности** | | | | |
| 1 | Уровень сознания или седации | Шкала RASS =[-5; 2]  Состояние пациента, не требующее назначения дополнительной седации и/или нейролепсии («спокойный пациент»). | Клинический мониторинг | Снижение уровня сознания на 1 и более баллов или  повышение потребности в седации (в том числе и для синхронизации с аппаратом ИВЛ) |
| 2 | Неврологический статус | Отсутствие отрицательной динамики во время сеанса ГБО | Клинический мониторинг  или КТ исследование головного мозга | Признаки нарастания неврологического дефицита увеличение объема гематомы по данным КТ перед сеансом ГБО |
| 3 | Болевой статус | Ноль по шкале болевого поведения BPS или 0 по шкале ВАШ | Клинический мониторинг | Нарастание болевого синдрома |
| 4 | Статус вегетативной нервной системы | Отсутствие клинических признаков дисфункции | Повышение потоотделения;  изменение цвета кожных покровов лица |  |
| 5 | Систолическое давление (САД) | >90; <180 мм рт. ст. | Неинвазивный аппаратный мониторинг с измерением на каждом этапе сеанса ГБО | Повышение потребности в вазопрессорной поддержке или артериальная гипертензия  Снижение или повышение САД на 20 мм рт.ст. |
| 6 | Диастолическое давление (ДАД) | <80 мм рт.ст. | Снижение или повышение ДАД на 20 и более мм рт.ст. от исходного уровня |
| 7 | Среднее артериальное давление | >60 мм рт.ст. | Снижение среднего АД на 20 мм рт.ст. |
| 8 | ЭКГ | Отсутствие признаков коронарного синдрома | ЭКГ мониторинг | Депрессия или подъём зубца ST, отрицательные или нарастающие зубцы Т |
| 9 | Сердечный ритм | Синусовый ритм или постоянная форма аритмии | Остро возникшая аритмия |
| 10 | Предельные дозы инотропных препаратов | Дофамин < 5мкг/кг/мин  Норадреналин < 0,1 мкг/кг/мин |  | Увеличение потребности |
| 11 | Частота сердечных сокращений (ЧСС) | >50; <110-120 | Неинвазивный аппаратный или клинический мониторинг | Бради- или тахикардия |
| 12 | Дефицит пульса |  | Пульсоксиметр/ ЭКГ | Нарастание |
| 13 | Частота дыхания (ЧДД) | >10; <30 | Неинвазивный аппаратный или клинический мониторинг | Бради- или тахипноэ |
| 14 | Аксиллярная температура | >36,0; <38,5oC | Термометрия | Нарастание гипертермии после ГБО |
| 15 | Волемический статус | Гематокрит > 30, гемоглобин >70 г/л,  общий белок>55 г/л | Гематологический тест | Признаки гиповолемии и/или гипопротеинемии |
|  | клинический тест |
| **Дополнительные модальности** | | | | |
| 1 | Церебральное перфузионное давление (ЦПД) | > 60 мм рт.ст. | Инвазивный или неинвазивный мониторинг | Гипоперфузия |
| 2 | Внутричерепное давление (ВЧД) | < 25 мм рт.ст. | Инвазивный или неинвазивный мониторинг | Нарастание ВЧД более 25 мм рт. ст. |
| **Дополнительные модальности для пациентов на ИВЛ** | | | | |
| 1 | Синхронность с ИВЛ | Синхронность | Клиническое наблюдение | Десинхронизация |
| 2 | Показатель (рН) | < 7,37  > 7,44 | Газоанализатор | Нарастание нарушений кислотно-основного баланса |
| 3 | Показатель парциального напряжения углекислого газа в артериальной крови (PaCO2) | < 40 мм рт.ст. | Газоанализатор | Нарастание гиперкапнии |
| 4 | Положительное давление в конце выдоха (РЕЕР) | < 10 см H2 O | Монитор аппарата ИВЛ | Возрастание |

# Частные случаи применения ГБО

## 7.1 ГБО при отравлении оксидом углерода (СО)

Отравление CО является одной из наиболее распространенных и тяжелых форм острых интоксикаций. Оно обуславливает серьезные поражения систем и органов человека. Эти повреждения нередко приводят к гибели пострадавших на месте происшествия или через некоторое время. Актуальность данной проблемы является развитие отсроченных осложнений, значительно утяжеляющими заболевание. Последствия перенесенного отравления часто приводят к потере трудоспособности и инвалидизации пострадавших, наиболее частыми из которых являются персистирующий неврологический дефицит (кома или неврологические нарушения, которые могут манифестировать через месяц после отравления (паркинсонизм, спутанность сознания, деменция и нарушения памяти).

Окись углерода – монооксид углерода, угарный газ, оксид углерода (II) – продукт неполного сгорания веществ, содержащих углерод.

При отравлении СО основным факторами, поражающими ткани, является:

- артериальная гипоксемия: снижается доставка кислорода к тканям в связи с падением кислородной емкости крови из-за образования СОНb. Вследствие образования карбоксимиоглобина страдает миокард, падает сердечный выброс, развивается патологич сердечно-сосудистой системы.

- прямое токсическое действие на клетки за счет связывания с цитохромом а-а3, ведущим к нарушению окислительного фосфорилирования и уменьшения продукции АТФ

- реоксигенационное повреждение, сходное с синдромом ишемия – реперфузия, возникающее при восстановлении оксигенации ранее ишемизированных тканей, вызванное образованием большого количества активных форм кислорода при резком падении активности антиоксидантной системы.

Клиническая картина отравления в зависимости от уровня СОНb:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Симптомы | СОНb: | ГБО |
| Легкая головная боль | 1-10 | 60мин-.1.5ата-3 сеанса  60мин-1.3ата-6 сеансов (беременные) |
| Слабость, головная боль, головокружение | 10-20 | 60мин-1.5ата-5сеансов  60мин-1.3ата-8сеансов  (беременные) |
| Сильная головная боль, тошнота, головокружение | 20-30 | 90мин-1.5ата-7сеансов  60мин-1.3ата-10сеансов  (беременные) |
| Сильная головная боль, тошнота, рвота, головокружение, мышечная слабость | 30-40 | 90мин-1.5ата-10сеансов  60мин-1.3ата-10сеансов  (беременные) |
| Тошнота, рвота, нарушение зрения, кратковременная потеря сознания, одышка, тахикардия | 40-50 | 90мин-1.5ата-2 раза в сутки-12 сеансов |
| Кома, судороги | 50-60 |  |
| Кома, циркуляторная и дыхательная недостаточность | > 60 |  |

.

Кислород является антидотом СО. Элиминация СО зависит от его высвобождения из соединений с гемоглобином. Диссоциация карбоксигемоглобина ускоряется под действием высокого парциального давления кислорода, поэтому гипербарическая оксигенация при отравлении угарным газом как антидот превосходит нормобарическую кислородлную терапиюю при отравлении СО. Время полувыведения при нормобарической оксигенации составляет 90 минут, при ГБО 2 АТА – 35 мин, при ГБО 3 АТА – 22 мин. Повышая количество растворённого О2, ГБО восстанавливает его доставку к тканям.

. Первый сеанс ГБО проводится в течение 60-90 минут в режиме 2 АТА - 3 АТА независимо от уровня карбоксигемоглобина. Проведение ГБО целесообразно всем больным с клинически выраженным отравлением СО, если с момента отравления прошло не более суток.

Доказано, что гипербарическая оксигенация при отравлении СО не только безопасна для беременных, но и крайне желательна, так как элиминация СО из крови плода происходит замедленно, что опасно для его развития. Острое отравление у матери, может привести к выкидышу, возникновению пороков развития и даже к внутриутробной гибели плода (30-40%), в том числе отсроченной, вследствие постаноксической энцефалопатии.

Включение ГБО в лечение острой токсикогипоксической энцефалопатией (ТГЭ), обусловленной отравлениями монооксидом углерода и психофармакологическими препаратами сопровождается сокращением вдвое периода расстройства сознания, быстрым (в течение 1-2 сеансов ГБО) регрессом общемозговой и уменьшением психопатологической симптоматики в остром периоде, к снижению летальности в 2 раза и частоты развития психоневрологических расстройств при острых отравлений более чем в 4 раза. Максимально раннее включение ГБО в комплекс лечения больных с ТГЭ приводит к нормализации биоэлектрической активности мозга, а также оптимизации нейродинамических параметров при нейропсихологическом исследовании.

Установлено, что при острых отравлениях имеются нарушения в системе перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной системы (АОС). Применение ГБО приводит к снижению в 2 раза величины интегрального показателя дисбаланса в данной системе, в основном, за счет защитной мобилизации компонентов эндогенной АОС. Уменьшение уровня среднемолекулярных пептидов (СМП) под влиянием ГБО свидетельствует о ее дезинтоксикационном действии .

При острых отравлениях опиатами уменьшается в 2,3 раза количество органических психоневрологических расстройств, сокращается в 2 раза летальность у данной категории больных, восстановление гомеостаза на 2-4 суток раньше. Происходит нормализация показателей, не поддающихся коррекции при стандартной терапии. Повышение уровеня серотонина в крови после отдельного сеанса и курса ГБО у больных с острыми отравлениями сопровождается восстановлением сознания.

Применение ГБО в остром периоде отравлений позволяет предотвратить развитие поздних когнитивных и неврологических осложнений.

## 7.2 ГБО при декомпрессионной (кессонной) болезни

Неотложные состояния при травмах у лиц, работающих в условиях повышенного давления или спускающихся под воду – абсолютные показания к проведению экстренного лечения в барокамере. Режимы ГБО, применяемые для лечения острой декомпрессионной болезни и газовой эмболии, имеют особую специфику. В этих случаях положительный эффект связан в том числе и с механическим действием давления, обеспечивающим «раздавливание» и растворение газовых пузырьков в крови и тканях. Лечебный сеанс состоит из быстрого подъёма давления в камере до максимальных величин, периода изопрессии и длительной декомпрессии со ступенчатым сбросом давления и строгим соблюдением времени выдержки пациента на каждой промежуточной остановке. При расчёте количественных параметров режимов лечебной рекомпрессии учитываются сложные закономерности насыщения и рассыщения организма газами, составляющими дыхательную смесь. В практической работе лечебные режимы ГБО обычно представлены таблицами, учитывающими наибольшее избыточное давление в барокамере, время дыхания О2 под максимальным давлением, время перехода на первую остановку, время выдержек и давление на остановках. Для каждого режима также указывается общее суммарное время лечения.

Обычная продолжительность сеанса у таких пациентов составляет 3-4 часа. В одноместной лечебной барокамере осуществляется лечебная рекомпрессия по кислородному режиму, в одноместной реанимационной барокамере проводится лечебная рекомпрессия по кислородному или кислородно-воздушному режиму.

В таких случаях используют максимальное (предельное) давление, доступное для барокамеры (до 0,3 МПа, т.е. до 3 кгс/см2). При максимальном давлении экспозиция продолжается не менее 45 мин (изопрессия). При лечении декомпрессионной болезни и осложнений баротравмы легких сеанс завершают плавной продолжительной декомпрессией в течение 15 мин. В общем случае лечением декомпрессионных состояний занимаются врачи, получившие специальную подготовку.

## 7.3 ГБО при острой хирургической патологии

Гипербарическая оксигенация обладает бактериостатическим и, в меньшей степени, бактерицидным действием на возбудителя инфекционного процесса, что играет немаловажную роль в комплексе лечебных средств при лечении хирургической инфекции.

Гипербарическая оксигенация обладает синергизмом в отношении антибактериальных препаратов, снижая резистентность микроорганизмов к антибиотикам, и способствует быстрому повышениюконцентрации антибиотика в очаге инфекции, уменьшает степень токсического действия антибиотиков на различные системы организма. Одновременно гипербарическая оксигенация оказывает стимулирующее влияние на систему иммунной защиты, усиливая бактерицидную активность крови и нормализуя содержание иммуноглобулинов основных классов. Действие ГБО особенно заметно в отношении анаэробных возбудителей. Уже с первых сеансов уменьшается уровень токсемии и темпы тканевой деструкции. Гипероксия препятствует развитию инфекционно-токсического шока, а также токсическому поражению внутренних органов. Её раннее применение часто позволяет избежать таких хирургических вмешательств, как ампутация конечностей, обширные некрэктомии, лампасные разрезы и др., которые могут приводить к инвалидизации пациентов. Режимы ГБО при лечении газовой гангрены: в начале лечения обычно давление в барокамере поднимают до 2-3 АТА, экспозиция составляет 30-90 мин, интервалы между сеансами 6-8 ч. В дальнейшем идёт постепенное снижение режимов до 1,5-2 АТА. При лечении патологии, вызванной неклостридиальными возбудителями, режимы выбирают с учетом из состояния больного, курсы длительные, исходя из состояния раневой поверхности и необходимости проведения этапных некрэктомий. Антибактериальное и дезинтоксикационное действие ГБО составляют основу лечения гипербарическим кислородом гнойных ран, длительно не заживающих пролежней. ГБО на первых этапах приводит к быстрому отторжению некротических участков, усиливает раневое отделяемое, восстанавливая микроциркуляцию, способствует ликвидации отёка тканей, является профилактикой раневой инфекции. Отмечены положительные эффекты гипероксии при лечении гнойно-деструктивных заболеваний легких и плевры.

### 7.3.1. ГБО при перитонитах и функциональной кишечной непроходимости

В основу применения ГБО при перитонитах и функциональной кишечной **непроходимости** положена необходимость восстановление перфузии кишечной стенки, что, в свою очередь, приводит к снижению бактериальной транслокации и нормализации процессов всасывания Отсутствие улучшения состояния больного после проведения 5-6 сеансов ГБО нередко свидетельствует о недостаточной санации брюшной полости, требующей повторного оперативного вмешательства. Первые сеансы гипербарической оксигенации при тяжелых формах перитонита начинают с компрессии 1,2-1,3 АТА, с последующим увеличением давления, в наиболее тяжелых случаях сеансы проводят через 12 часов в течение 2-3 суток. В последующем по мере улучшения состояния больного сеансы проводятся один раз в сутки.

### 7.3.2. ГБО при тонкокишечной непроходимостью (ОТКН)

Пациенты с острой тонкокишечной непроходимостью (ОТКН) составляют значительную часть всех хирургических больных. Несмотря на постоянное совершенствование хирургической техники, спаечный процесс сопровождает практически каждую обширную лапаротомию, что в 20 % случаев впоследствии становится причиной механической, нередко рецидивирующей непроходимости тонкой кишки. Уже с самого начала заболевания, независимо от причины ОТКН, развивается целый каскад патофизиологических синдромов, основой которых является гипоксия смешанного генеза, усугубляющая в свою очередь гемодинамические расстройства, нарушения микроциркуляции в кишечной стенке с развитием в ней ишемии, выраженных метаболических нарушений, расстройством секреторных процессов, переваривающей и всасывательной деятельности кишечника и, следовательно, синдрома кишечной недостаточности. Кроме того, происходят нарушения реологических свойств крови, иммунологических и биохимических показателей, что в конечном итоге приводит к развитию эндотоксикоза и полиорганной недостаточности.

ГБО применяется при различных формах кишечной непроходимости. В трети случаев спаечной кишечной непроходимости и функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта сеансы ГБО, включенные в комплекс лечения таких больных, приводят к регрессу клинико-рентгенологической симптоматики, а в ряде случаев, разрешению непроходимости, в зависимости от степени выраженности механического компонента и глубины функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта. Показан выраженный дезинтоксикационный эффект гипербарического кислорода, определены сроки включения ГБО в комплексное лечение кишечной непроходимости и продемонстрировано профилактическое значение метода в плане развития послеоперационных осложнений. Рекомендуется начинать лечение с первых часов заболевания, лечебные режимы 1,6-2,0 АТА, ежедневно, 5-10 сеансов.

### 7.3.3. ГБО при гастродуоденальных кровотечениях

Включение ГБО в комплекс лечения пациентов с острыми **гастродуоденальными кровотечениями** способствует быстрой стабилизации гемодинамики, коррекции низкого сердечного выброса. В послеоперационном периоде у таких пациентов применение ГБО значительно снижает количество осложнений. Благодаря ГБО необходимость в переливании крови уменьшается. В то же время отмечается более быстрый темп прироста гемоглобина, а также ускоренное заживление язвенного дефекта.

### 7.3.4. ГБО в лечении острого панкреатита.

Положительные результаты получены при различных формах **острого панкреатита**. В частности, при отёчной форме панкреатита значительно быстрее проходит болевой синдром, в патологический процесс реже вовлекается парапанкреатическая клетчатка. При деструктивных формах панкреатита включение ГБО в комплекс лечения способствует более благоприятному течению заболевания, а также профилактике гнойно-септических осложнений.

## 7.4 ГБО при острых ишемических состояниях (ишемия/реперфузия)

Снижение тканевой перфузии на уровне микроциркуляции выявляется при любой острой патологии за счёт централизации кровообращения. Мероприятия, направленные на ликвидацию ишемии могут привести к дальнейшему ухудшению кровообращения в ткани за счёт воспалительных изменений на фоне реперфузионного повреждения. Гипербарическая оксигенация повышает рО2 ткани и параллельно усиливает антиокислительную защиту, противостоящую повреждающему действию АФК.

В частном случае к снижению перфузии приводит острое сдавление сосудов, их повреждение, посттравматический отек. Восстановление кровообращения не всегда приводит к желательному результату, потому что уже после 2-4 часов ишемии процесс может усугубиться за счёт воспалительной реакции на фоне реперфузионных повреждений (I-R травма). Посттравматический отёк с низким напряжением кислорода также оказывает негативное влияние на заживление ран и осложняет борьбу с инфекцией.

Пересадка кожи и реконструктивных лоскутов также может оказаться безуспешной из-за неадекватной перфузии с гипоксией и риском развития I-R повреждения.

### 7.4.1 Применение ГБО при краш-синдроме

Консенсусной конференцией, организованной Европейской комиссией по гипербарической медицине (ECHM) рекомендовано применение ГБО для лечения краш-травмы и других острых травматических ишемий. Для краш-травм характерен порочный круг из ишемии, гипоксии, отёка, нарушения микроциркуляции и вторичной ишемии в зонах, прилежащих к первичному травматическому очагу. В гипоксичных тканях механизмы контроля инфекции и заживления нарушены, что повышает риск инфекции и проблемного заживления ран по сравнению с другими видами повреждений. Восстановление перфузии может привести к реперфузионному повреждению. Воздействие гипербарического кислорода смягчает влияние острой травматической ишемии четырьмя путями: гипероксигенацией, вазоконстрикцией, влиянием на перфузию и иммунные факторы. Вспомогательное лечение ГБО следует начать в ранний срок т.к. при раннем применении возможно предупреждение значительного распространения ишемического некроза и ускорение заживления, а также предупреждение реперфузионного повреждения. При этом очень важно, чтобы раннее начало ГБО не препятствовало адекватному хирургическому лечению и применению средств и методов интенсивной терапии.

Применение гипербарической оксигенации при острых травматических ишемиях основывается на прямом влиянии гипербарического кислорода на этиопатогенез этих повреждений.

В условиях использования ГБО повышение уровня кислорода, растворённого в плазме, становится наиболее важным в условиях резкого нарушения мсикроциркуляции .Режимы сеансов гипербарической оксигенации выбираются индивидуально исходя из состояния пациента. Максимальное используемое давление давлением 2 АТА. Напряжение кислорода в крови при этом составляет 1600 мм рт.ст. Это стимулирует диффузию газа на значительно большее расстояние,тем самым увеличивая кислородную ёмкость жидких сред организма, что позволяет оксигенировать ткани даже в условиях нарушенного кровотока. Повышение артериального рО2 защищает от развития порочного круга, создаваемого гипоксией, ишемией и отёком. Дыхание чистым кислородом в условиях барокамеры приводит к растворению в плазме количества кислорода, достаточного для обеспечения почти нормальных метаболических потребностей тканей.

В этих условиях пострадавшие ткани могут сохранять жизнеспособность без кислорода, доставляемого в соединении с гемоглобином – только за счёт кислорода, растворённого в плазме. Таким образом, даже клетки, страдающие от ишемии в результате нарушения микроциркуляции, могут сохранить жизнеспособность. Этот антиишемический эффект может предупредить дальнейшее развитие некроза тканей.

Тканевая гипоксия, вызванная снижением кровотока и тромбозом капилляров, ведет к вторичному повреждению, возникает риск некрозов в отдалённых и не пострадавших при первичной травме тканях.

. ГБО вызывает вазоконстрикцию в гипероксигенированных тканях, которая снижает кровоток на 20%, что ведет к уменьшению отёка. Этот эффект можно было бы рассматривать как нежелательный, особенно в относительно ишемизированных тканях, но высокое содержание кислорода в протекающей крови компенсирует такое снижение кровотока. В связи с тем, что резорбция внеклеточной жидкости продолжается, происходит уменьшение отёка и улучшение оксигенации тканей. ГБО эффективно уменьшает отёк при лечении компартментного синдрома при условии раннего применения метода.

Таким образом, действие ГБО при острых травматических ишемиях состоит из следующих компонентов:

* повышения доставки кислорода в ткани;
* уменьшения отека;
* уменьшение вторичного повреждения тканей;
* защиты от реперфузионного повреждения.

Рекомендованная лечебная схема представляет собой два сеанса с давлением с максимальным давлением до 1,8-2.0 АТА , время изопрессии 40-60 минут, 2 сеанса в первые сутки,, в дальнейшем – один раз в день в течение 3 -5 дней. При присоединении инфекции, развитии органных повреждений, замедленное заживление ран или ишемиии, необходимости проведения пластики свободным лоскутом курс ГБО необходимо продолжить до 10 и более сеансов.

Чрезвычайно важно начать ГБО как можно скорее после травмы, так как основное нарушение микроциркуляции вследствие ишемии происходит в первые четыре-шесть часов реперфузии. ГБО необходимо рассматривать как компонент лечения, не прерывающий последовательность основных лечебных мероприятий. Раннее начало ГБО и активное применение хирургического лечения и интенсивной терапии жизненно важны.

### 7.4.2 Пересаживаемые ткани и лоскуты.

Рандомизированное слепое исследование группы из 48 пациентов, перенесших пересадку расщеплённых кожных трансплантатов, впервые было опубликовано в журнале Lancet (Perrins, 1967).

В данном исследовании пациенты основной группы получили по 7 сеансов ГБО начиная со дня операции. Полное или почти полное приживление трансплантатов было достигнуто в 64% при использовании гипербарической оксигенации по сравнению с лишь 17% в контрольной группе (р <0,01).

Ряд отчётов о клинических наблюдениях описали пользу ГБО при пересадке кожи и реконструктивных лоскутов на ножке, страдающих от недостаточного кровоснабжения и гипоксии (Bowersox et al., 1986; Zamboni and Baynosa, 2008). В обзоре Friedman et al. (2006) проанализирована имеющаяся литература по использованию ГБО при применении композитных трансплантатов, пересадке кожи, произвольных, отдалённых и свободных лоскутов Исследования последних лет показали, что применение гипербарической оксигенации не только увеличивает выживаемость трансплантатов, в том числе, кожных лоскутов, за счет улучшения их оксигенации, но и за счет снижения выраженности реперфузионной травмы и связанной с ней с воспалительной реакции.

## 7.5 ГБО при острой патологии головного и спинного мозга

Основой развития главных патофизиологических синдромов, возникающих при острых заболеваниях и повреждениях головного мозга (отёк мозга, дислокационный синдром, повышение внутричерепного давления), является гипоксия, которая запускает целый каскад биохимических реакций, усугубляющих явления гипоксии и ишемии мозга, что приводит к ухудшению состояния больного, если вовремя не будут использованы эффективные средства антигипоксической терапии, поддерживающие парциальное давление кислорода в клетке. Энергетический обмен тесно связан с потреблением кислорода.

Нервные клетки высокочувствительны к недостатку кислорода и расстройство их энергетического обмена проявляется прежде всего в резком снижении окислительного фосфорилирования, торможении биосинтеза макроэргов и задержке тех процессов, течение которых в той или иной степени зависит от обеспечения их источниками энергии. При ишемии отношение НАД•Н/НАД+ увеличивается в несколько раз, т. к. выключается окисление, активируемое цитохромоксидазой. В процессе ишемии мозга, как и гипоксии другого происхождения, быстро снижается содержание таких соединений с высокой энергией фосфатной связи, как фосфокреатин, или АТФ и АДФ.

В результате уменьшения доставки кислорода при ишемии нарушается как цикл Кребса, так и окислительное фосфорилирование, усиливается гликолитический процесс, в результате чего происходит накопление лактата параллельно с увеличением концентрации пирувата.

Отёк мозга любого генеза приводит к гипоксии нейронов и даже их некрозу или апоптозу. Грубые нарушения нейроглиальных отношений, имеющие место при отёке, оказывают патогенное влияние на функцию нейронов. Возникающие при этом повреждения мозговой ткани в свою очередь усугубляют отёк, формируя, таким образом, порочный круг. Патобиохимические каскадные реакции вследствие острой ишемии и сопутствующего ей дефицита макроэргических связей и лактацидоза протекают в разных отделах ЦНС, вызывая нейрональную дисфункцию, астроцитоз и микроглиальную активацию.

Учитывая, что гипоксия занимает значительное место при ишемии мозга и адекватная оксигенация может играть важную роль в лечении подобных состояний, именно гипероксия способна разорвать порочный круг «ишемия — отёк — ишемия». Становится очевидным, что применение гипероксии при острой церебральной патологии патогенетически оправдано. Применение ГБО в режиме 1,5 АТА у больных с церебральной патологией приводит к значительному уменьшению повышенного уровня гликолиза в мозге, активации аэробного обмена, восстановлению почти сбалансированного обмена углеводов, демонстрируя адекватную оксигенацию и энергообразование. Подобное воздействие на метаболизм в сочетании с церебральной вазоконстрикцией и снижением внутричерепного давления улучшает клиническое состояние пациентов.

Механизмы воздействия ГБО при острой церебральной патологии следующие:

* Улучшение оксигенации периферической зоны очага ишемии (пенумбры), за счёт чего в значительной степени ограничивается размер формирующегося инфаркта мозга.

Это положение подтверждено результатами МРТ-исследования, а также с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (SPECT).

* Уменьшение в ишемизированной зоне уровня глутамата и лактата, обладающих выраженной эксайтотоксичностью.

Одним из возможных механизмов нейропротекторного действия ГБО считается уменьшение уровня допамина.

* Оптимизация регионарного кровотока и микроциркуляции. В процессе лечения при сосудистой церебральной патологии наблюдается снижение исходно повышенной агрегации эритроцитов и тромбоцитов, гематокрита, уменьшение явлений гиперкоагуляции: удлинение времени свертывания крови, нормализация содержания фибриногена в плазме, периода образования эндогенного тромбопластина, его активности и пр. Помимо этого, улучшению микроциркуляции способствует подавление под влиянием ГБО адгезии лейкоцитов к эндотелиальной стенке путём угнетения медиатора этого процесса — β2 - интегрина и циклооксигеназы.
* Уменьшение проницаемости церебральных сосудов.

Отсутствие усиления процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в процессе лечения ГБО.

* Вазоконстрикторный и противоотечный эффект гипербарического кислорода. Известно, что сдерживающим моментом при назначении ГБО больным с ишемией мозга является именно вазоконстрикторный эффект гипербарического кислорода, т.к. считается, что ГБО угнетает активность эндотелиального синтеза NO или блокирует активность NO-синтазы, уменьшая таким образом синтез NO, что проявляется снижением действия физиологических вазодилататоров.

### 7.5.1. ГБО при тяжелой черепно-мозговой травме

Применение ГБО в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы, ускоряет восстановление нарушенных функций, позволяет предотвратить или существенно сократить число жизненно опасных осложнений - менингита и менингоэнцефалита, нагноения операционной раны, пролежней, пневмонии. Раннее включение ГБО в комплексное лечение пострадавших с черепно-мозговой травмой способствует значительному (в 3 раза) уменьшению частоты травматических психозов при отсутствии непосредственного анатомического повреждения лобных долей, когда психические расстройства играют роль очагового симптома наряду с другими неврологическими признаками поражения указанных областей мозга. При повреждении других зон мозга развивающийся отёк также сопровождается формированием психических расстройств, так называемых «психозов при отёке мозга», которые регрессируют под влиянием гипербарической оксигенации .

### 7.5.2. ГБО при осложнённой травме позвоночника.

В последние годы ГБО успешно применяется при осложнённой травме позвоночника**.** Эффективность ГБО оценивали с помощью международной шкалы ASIA. Отмечено улучшение более, чем у 50% пострадавших. Нередко уже во время первых сеансов в барокамере увеличивается объём движений в паретичных конечностях. Кроме того, более быстро, чем без применения ГБО, проходят развивающиеся у данной категории больных явления динамической кишечной непроходимости**.** При полном поперечном поражении спинного мозга (группа A по шкале ASIA) эффективность ГБО менее заметна, однако можно отметить сокращение числа таких осложнений, как пневмония, пролежни и восходящая инфекция мочевыводящих путей.

### 7.5.3. ГБО при ишемическом инсульте.

ГБО широко используют среди немедикаментозных методов нейропротекции при ишемическом инсульте**.** Лечение следует назначать в остром периоде заболевания, особенно в пределах так называемого «терапевтического окна», когда существует вероятность уменьшить объём инфаркта мозга за счёт зоны «пенумбры», где нервная ткань ещё не подверглась необратимым изменениям. ГБО может предотвратить возможные появления неврологических симптомов или ускорить их регресс. Так, при наличии речевых расстройств в виде моторной или сенсорной афазии пациенты во время нахождения в кислородной барокамере нередко начинают произносить отдельные слоги или слова, пытаются выполнять простые инструкции, что было невозможно до сеанса. Кроме того, наблюдается появление или нарастание объёма движений в паретичных конечностях. После сеанса указанные изменения имеют тенденцию возврата к исходному состоянию, однако от сеанса к сеансу отмечают чёткую положительную динамику. Одной из задач раннего назначения ГБО является существенное сокращение осложнений острого периода заболевания: частоты развития пневмоний, нейротрофических расстройств, пролежней. Тромбоэмболия лёгочной артерии и отёк мозга развиваются в единичных случаях при своевременном начале курса ГБО.

### 7.5.4. ГБО в раннем послеоперационном периоде выключения из кровотока интракраниальных аневризм

Сеансы ГБО включают в комплексное лечение в раннем послеоперационном периоде выключения из кровотока интракраниальных аневризм. Одним из наиболее частых и тяжёлых осложнений до- и послеоперационного периода при субарахноидальном кровоизлиянии вследствие разрыва аневризмы головного мозга является сосудистый спазм, который сопровождается снижением регионарного мозгового кровотока, приводящий к развитию ишемических очагов в мозговой ткани вплоть до инфаркта мозга. От выраженности ишемического поражения мозга в значительной степени зависят результаты оперативного вмешательства. Очевидна актуальность поиска новых направлений в лечении ишемии мозга, резвившейся вследствие церебрального спазма после разрыва аневризм. Назначение ГБО при ангиоспазме являются данные о том, что 20% мозговых сосудов не содержат эритроцитов. Следовательно, в этих сосудах нет гемоглобина, и единственным источником кислорода для тканей, снабжаемых ими, может быть только кислород, растворённый в плазме. Таким образом, назначение гипербарической оксигенации можно считать патогенетически оправданным.

Сеансы проводятся ежедневно один раз в сутки, в режиме изопрессии 1,2–1,6 АТА. Длительность курса зависит от тяжести состояния, индивидуальной переносимости и неврологической динамики (в среднем 8–12 сеансов).

## 7.6 Применение гипербарической оксигенации в лечении новой коронавирусной инфекции

Несмотря на широкий спектр поражения систем организма, затрагиваемых при коронавирусной инфекции, ведущей причиной в патогенезе данного заболевания является развитие у больного гипоксии которое идет по нескольким путям :

- в результате развития воспалительного процесса в лёгочной ткани, приводящего к нарушению диффузии кислорода через альвеолокапиллярную мембрану и из-за нарушения кислородтранспортной функции гемоглобина, вызванного прямым воздействием на него вирусных белков;

- вследствие повреждения системы микроциркуляции на фоне прогрессирующей системной воспалительной реакции («цитокиновый шторм») и нарушения системы гемостаза (микротромбообразование)

Совокупность этих факторов объясняет низкую эффективность, в ряде случаев, нормобарической оксигенотерапии, включая и инвазивную ИВЛ, применяемых при гипоксемии, вызванной COVID-19

Одним из вариантов решения данной проблемы является обход легких с помощью использования технологии экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО), т.е. прямого насыщения крови кислородом с помощью специального оборудования, однако использование ЭКМО связано с рядом существенных недостатков и применяется, как правило, в качестве крайнего средства.

С другой стороны, повысить растворение кислорода в тканях и преодолеть диффузионные барьеры позволяет гипербарическая оксигенотерапия. Причем, в отличие от ЭКМО, при которой нормализуется только содержание кислорода в плазме и эритроцитах, гипербарическая оксигенация (ГБО) безопасна, имеет минимум противопоказаний и побочных эффектов и оказывает мультифакторное действие за счет повышения:

- диффузии кислорода через альвеолокапиллярную мембрану,

- растворимости кислорода в плазме крови,

- насыщения гемоглобина кислородом,

- доставки кислорода в микроциркуляторное русло и к тканям

-ограничение активности системного воспаления (ГБО приводит к снижению уровня цитокинов (TNF-α, IL-1β, IL-6)

Необходимо отметить, что при терапевтических режимах (не более 2 АТА) ГБО не только не приводит к развитию окислительного стресса но и вызывает снижение процессов перекисного окисления липидов и стимулирование выработки антиоксидантов

.. предварительные исследования по лечению пациентов с COVID-19, показавшие положительные результаты позволяет рекомендовать данный метод в качестве перспективного для включения в комплексную терапию

Показания:

• Одышка, острая дыхательная недостаточность

• Снижение сатурации (SpO2)ниже 94%

• Нарушение микроциркуляции с образованием микротромбов

• КТ-2 – 4

• Отлучение от НИВЛ от масочного и высокопоточного кислорода

• период ранней и отдаленной реабилитации.

Методика проведения ГБО-терапии

• Лечение осуществляется в стационарных в барокамерах в режиме 1,4 -1,8 АТА (аболютных атмосфер), время экспозиции 40-90мин

• 1-2 сеанс рекомендуется проводить в режиме 1,4 -1,5 АТА в течение 40-60 мин. при мониторировании ЧД, АД, ЧСС, SpO2. Курс лечения от 4 до 10 сеансов с учетом состояния пациентов и переносимости ГБО-терапии.

Условия проведения курса ГБО

• Самостоятельное дыхание

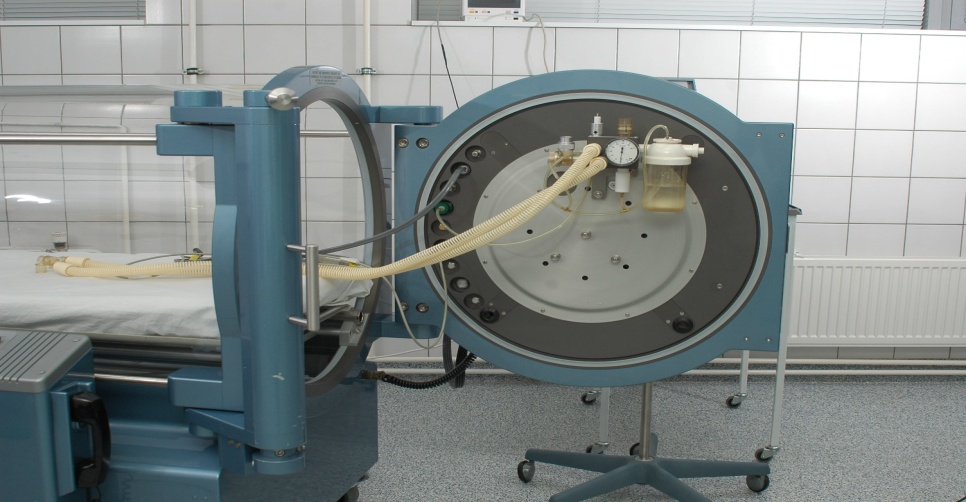
• Стабильная гемодинамика

• Отсутствие абсолютных противопоказаний (эпилептический синдром, наличие воздухосодержащих полостей в легких, флотирующие тромбы, клаустрофобия).

## 7.7 ГБО при необходимости респираторной поддержки

Одним из главных факторов, ограничивающих раннее начало гипербарической оксигенации, является нарушение витальных функций, в частности, расстройства дыхания, требующие применения ИВЛ. Однако, это ограничение преодолимо благодаря использованию реанимационных барокамер с дыхательным аппаратом (рис. 2).

**а**



**б**



**Рис. 2.** Оборудование для проведения ГБО: **а** -общий вид барокамеры«Sechrist 2800» (США), **б** - респиратор «Sechrist 500» и монитор «Oscillomate» 1630 для измерения АД у пациента внутри барокамеры во время сеанса ГБО

Данной категории пациентов в отделении нейрореанимации перед транспортировкой в барозал проводят медикаментозную синхронизацию дыхания с транспортным респиратором путём внутривенного введения препаратов бензодиазепинового ряда, миорелаксантов длительного действия и ненаркотических анальгетиков. Пациента доставляют в барозал с помощью транспортного респиратора и всегда в сопровождении врача-реаниматолога.

Условия проведения сеансов с использованием ИВЛ следующие:

* тщательный отбор пациентов с учётом противопоказаний. Решение о назначении ГБО принимается совместно с реаниматологом и лечащим врачом;
* Санация трахеобронхиального дерева перед сеансом;
* Введение седативных и миорелаксирующих средств для синхронизации дыхания больного с аппаратом ИВЛ;
* Сеансы ГБО с применением ИВЛ необходимо проводить бригадой, состоящей из реаниматолога и врача отделения ГБО;
* При проведении сеансов ГБО с использованием ИВЛ необходим контроль витальных функций и оценка газового состава крови.

Необходим мониторинг частоты и ритма сердечных сокращений, частоты дыхания и артериального давления. У пациентов с внутричерепными кровоизлияниями желательно контролировать ВЧД и газовый состав артериальной крови до и после сеанса. В качестве контроля за проводимым лечением и его режимами возможно измерение редокс-потенциала (РП) сыворотки крови до и после сеанса ГБО, величина которого отражает окислительно-восстановительное состояние данной среды и коррелирует с окислительно-восстановительными процессами, происходящими в организме.

Для профилактики повышения ВЧД во время сеанса требуется возвышенное на 30о положение головы больного. За ним ведут постоянное визуальное наблюдение через прозрачный акриловый корпус барокамеры. Лечебный режим (от 1,2 до 1,6 АТА) и время изопрессии подбирают индивидуально с учётом клинического состояния пациента и параметров гемодинамики (рис. 3.).



**Рис. 3 .** Проведение сеанса ГБО у пациента с тяжёлой черепно-мозговой травмой в условиях респираторной поддержки

При адекватной седации и релаксации в большинстве случаев не наблюдается повышения ВЧД.

Исследование газов крови у пациентов в условиях ИВЛ показало, что положительный эффект ГБО на оксигенацию артериальной крови наиболее выражен у пациентов, имеющих нарушения лёгочного газообмена (PaO2/FiO2<300).

Результаты измерения РП показали, что гипербарический кислород не усиливает процессы ПОЛ, а снижение окислительно-восстановительного потенциала плазмы (ОВП) свидетельствует об активизации системы антиоксидантной защиты, подавляя окислительный стресс у пациентов с острой церебральной патологией.

В ряде случаев пациентам, находящимся в отделении реанимации на поддерживающих режимах ИВЛ, проводят гипербарическую оксигенациюбез респираторной поддержки, рассчитывая на заместительный эффект гипероксии и на повышение кислородной ёмкости крови под влиянием избыточного давления кислорода, создаваемого во время сеанса. Это позволяет перевести пациентов на самостоятельное дыхание в более ранние сроки и снизить частоту послеоперационных осложнений.

Таким образом, ГБО в комплексе лечения пациентов с острой церебральной патологией способствует более быстрому восстановлению витальных функций, профилактике осложнений реанимационного периода, нормализации ВЧД, улучшению газового состава крови, активизации антиоксидантной системы крови, а также ускорению регресса неврологических симптомов.

## Список литературы

1. Гипербарическая медицина // Практическое руководство. Под ред. Д. Матье, 2009.

2. Клиническая хирургия // Национальное руководство. Под ред. В.С. Савельева, А.И. Кириенко. М., 2009.

3. Интенсивная терапия // Национальное руководство. Под ред. Б.Р. Гельфанда, А.И. Салтанова. М., 2019.

4. Textbook of Hyperbaric Medicine Edited by K. K. Jain • Publisher Hogrefe Publishing May 2017.

5.Neuman T. Thom S. Physiology and medicine of hyperbaric oxygen therapy Saunders, 2016

6. Hyperbaric oxygenation therapy. Shinomiya. Springer, 2020

7. Hyperbaric medicine practice. 4th ed. H.T.Whelan, E.P.Kindwall. Best Publishing comp., 2017

8. Policy and procedural gudelines for hyperbaric facilities. Owen J.O׳Neill. Best Publishing comp., 2017

9. Руководство по критической медицине. 7-е изд. в 2-х тт. С.-Пб., «Человек», 2019

10. Нейрохирургия и нейрореаниматология. Под ред. В.В. Крылова. М., ИД «АБВ-пресс», 2018

11. Медицинская токсикология. Национальное руководство. М., ИГ «Гэотар-Медиа», 2012

## Приложение A1. Состав Рабочей группы

Гринь Андрей Анатольевич, д.м.н., научный руководитель отделения неотложной нейрохирургии НИИ Скорой помощи им.Н.В.Склифософского, главный внештатный нейрохирург Департамента здравоохранения г. Москвы

Ефремова Ольга Юрьевна, к.м.н.,зав.отделением ГБО БУЗ ВО Воронежская областная клиническая больница №1, член ФАР

Колчина Елена Яковлевна, к.м.н. доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ДПО Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, член ФАР

Левина Ольга Аркадьевна, к.м.н. ведущий научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии НИИ Скорой помощи им. Н.В.Склифософского, член ФАР

Миннуллин Ильдар Пулатович, доктор медицинских наук, профессор Первого Санкт-Петербургского государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

Мельников Георгий Павлович, заведующий отделением гипербарической оксигенации ГКБ им. Ф.И. Иноземцева Департамента здравоохранения г. Москвы, преподаватель кафедры анестезиологии и реаниматологии РМАНРО, член ФАР

Молчанов Игорь Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ДПО Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, главный внештатный специалист анестезиолог-реаниматолог МЗ РФ, вице-президент ФАР

Мясников Алексей Анатольевич, д.м.н.. профессор по кафедре физиологии подводного плавания Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, заслуженный врач РФ

Савилов Павел Николаевич, д.м.н., профессор, ТОГБУЗ «Тамбовская ЦРБ», член ФАР

Струк Юрий Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анестезиологии-реаниматологии и скорой медицинской помощи ИДПО ФГБОУ «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» МЗ РФ член Правления ФАР

Чернов Василий Иванович, кандидат медицинских наук доцент кафедры физиологии подводного плавания Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова

Якушева Ольга Алексеевна к.м.н, доцент кафедры анестезиологии-реаниматологии и скорой медицинской помощи ИДПО ФГБОУ «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» МЗ РФ, член ФАР

## Приложение A2. Методология разработки клинических рекомендаций

* Таблица П1. Уровни достоверности доказательств с указанием использованной классификации уровней достоверности доказательств.

|  |  |
| --- | --- |
| **Уровни достоверности** | **Определение** |
| Класс I | Доказательно и/или имеется общее мнение, что проводимое лечение или процедура выгодны, удобны и эффективны |
| Класс II | Разночтения в доказательности и/или расхождение мнений о полезности/эффективности лечения или процедуры |
| Класс IIa | Сила доказательств и/или мнений указывают на полезность/эффективность |
| Класс IIb | Полезность/эффективность в меньшей степени установлены доказательствами/мнениями |
| Класс III | Доказательно и/или имеется общее мнение, что проводимое лечение или процедура не выгодны/эффективны, и в некоторых случаях могут принести вред |

* Таблица П2. Уровни убедительности рекомендаций с указанием использованной классификации уровней убедительности рекомендаций.

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень доказательности А | Данные получены на основе многоцентровых рандомизированных исследований или мета-анализов |
| Уровень доказательности В | Данные получены на основе одиночных рандомизированных исследований или больших нерандомизированных исследований |
| Уровень доказательности С | Консенсус мнений экспертов и/или небольших исследований, ретроспективных исследований, регистров |

## Приложение Б. Алгоритм проведения ГБО пациентам, находящимся в критическом состоянии

#### 

Отделение реаниматологии

* Оценка клинического состояния, неврологического статуса, КТ головного мозга, газового состава артериальной крови, ВЧД (при необходимости) и параметров центральной гемодинамики и дыхания (вентляции), рентгенография грудной клетки, ЭКГ, ЭЭГ при наличии судорожного синдрома в анамнезе;
* Консилиум в составе лечащего врача, специалиста ГБО, анестезиолога-реаниматолога
* Определение показаний и противопоказаний к проведению ГБО

Транспортировка больного в барозал, подключение к респиратору, которым оснащена барокамера.

Контроль газового состава артериальной крови, АД, ЧСС, ЧДД, ВЧД (при необходимости).

При выявлении гипер- или гипокапнии, несинхронности пациента с респиратором:

* дополнительное введение седативных препаратов, миорелаксантов;
* подбор параметров респираторной поддержки;
* санация трахеобронхиального дерева;
* повторный анализ газового состава крови

Отделение гипербарической оксигенации

Введение седативных препаратов, анальгетиков, миорелаксантов;

Сеанс гипербарической оксигенации (1,2-1,6 АТА) в условиях продолжающейся ИВЛ 50-60 минут.

Во время сеанса мониторинг АД, ЧДД, ЧСС.

По окончании сеанса контроль газового состава крови.

Транспортировка больного в реанимационное отделение.

Отделение реаниматологии

Контроль газового состава артериальной крови, АД, ЧСС, ЧДД.

Оценка неврологического статуса.