

Оксигенотерапия при сердечно-сосудистых заболеваниях и инфекции COVID-19

К.м.н. Г.Б. Ухолкина^{1,2}

¹ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ», Москва

²Многопрофильный медицинский центр ЦБ РФ, Москва

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются вопросы патофизиологии гипоксии, механизмы ее устранения с помощью кислородотерапии, токсические эффекты кислорода. Освещены современные рекомендации и алгоритмы применения при сердечно-сосудистых заболеваниях, в т. ч. при сочетании с бронхолегочной патологией. С учетом данных доказательной медицины обсуждаются спорные и неясные аспекты кислородотерапии, возможность негативных последствий при неправильном использовании. Обсуждается мировой опыт применения кислородотерапии при новой коронавирусной инфекции COVID-19, в т. ч. дополнительные методы улучшения оксигенации (прон-позиция), также автор делится личным опытом лечения коморбидных пациентов с COVID-19. Изложены современные методы ингаляционной кислородотерапии и показания к их применению, включая неинвазивную вентиляцию легких, высокопоточную назальную оксигенацию (перспективную, но малораспространенную в нашей стране методику), различные виды масочной кислородотерапии, устройства для домашнего применения кислорода.

Ключевые слова: кислородотерапия, гипоксемия, кислород, насыщение крови кислородом, сатурация, острый респираторный дистресс-синдром, новая коронавирусная инфекция, COVID-19, ингаляции, кислородные маски.

Для цитирования: Ухолкина Г.Б. Оксигенотерапия при сердечно-сосудистых заболеваниях и инфекции COVID-19. РМЖ. 2020;11:14–18.

ABSTRACT

Oxygen therapy for cardiovascular diseases and COVID-19 infection

G.B. Ukholkina^{1,2}

¹City Clinical Hospital named after S.S. Yudin of the Moscow Health Department, Moscow

²Multidisciplinary Medical Center of the Central Bank of the Russian Federation, Moscow

The article discusses the pathophysiology of hypoxia, the mechanisms of its elimination with oxygen therapy, and the toxic effects of oxygen. It also highlights modern recommendations and algorithms for application in cardiovascular diseases, including in combination with bronchopulmonary pathology. Given the data of evidence-based medicine, controversial and unclear aspects of oxygen therapy and the possibility of negative consequences if used incorrectly are discussed. The world experience of using oxygen therapy for the new COVID-19, including additional methods for improving the oxygenation (prone position), is discussed, and the author also shares his personal experience in treating comorbid patients with COVID-19. The modern methods of inhalation oxygen therapy and indications for their use, including non-invasive ventilation, high-flow nasal oxygenation (a promising, but not widely used technique in our country), various types of oxygen therapy with masks, devices for home oxygen therapy are described.

Keywords: oxygen therapy, hypoxemia, oxygen, blood oxygen saturation, saturation, acute respiratory distress syndrome, new coronavirus infection, COVID-19, inhalations, oxygen masks.

For citation: Ukholkina G.B. Oxygen therapy for cardiovascular diseases and COVID-19 infection. RMJ. 2020;11:14–18.

ВВЕДЕНИЕ

Оксигенотерапия — применение кислорода с лечебно-профилактическими целями. Получение кислорода (вероятно, из селитры) для обогащения им воздуха впервые применил в XV в. К. ван Дреббель, изобретатель подводной лодки. Идея лечебного применения кислорода была высказана английским естествоиспытателем J. Priestley в 1775 г. В это же время французский врач F. Chaussier применил кислород для реанимации новорожденных, родившихся с асфиксией. В дальнейшем разработкой лечебного применения кислорода активно занимался Пневматический институт, основанный в Англии Т. Beddoes. С начала XIX в. кислородная терапия стала использоваться во врачебной практике, но наиболее широкое распространение она получила с начала XX в. с появлением баллонов

со сжатым кислородом. По мере появления промышленного производства приборов и устройств для ингаляционного введения кислорода, разработки новых методик кислородотерапия прочно вошла в арсенал каждого стационара [1].

Оксигенотерапия широко используется для восстановления доставки кислорода к тканям и устранения гипоксии, которая является существенным звеном патофизиологии многих сердечно-сосудистых и бронхолегочных заболеваний, в т. ч. новой коронавирусной инфекции COVID-19. Однако при кажущейся очевидности и широте применения кислородотерапии ее эффективность во многих случаях остается недоказанной, нередко она нецелесообразна, а в ряде случаев может увеличить риск смерти. Рассмотрению этих вопросов и посвящен данный обзор.

ФИЗИОЛОГИЯ ОКСИГЕНАЦИИ ТКАНЕЙ И ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ГИПОКСИИ

Поступление кислорода в кровь осуществляется путем простой диффузии через альвеоло-капиллярную мембрану, по градиенту парциального давления. При содержании кислорода около 21% в атмосферном воздухе парциальное давление кислорода в атмосфере составляет около 150 мм рт. ст., при этом в крови его содержание достигает 100 мм рт. ст. Транспорт кислорода кровью осуществляется в двух формах: растворенной в плазме и связанной с гемоглобином. В 100 мл крови растворяется 0,31 мл O_2 , что недостаточно для оксигенации тканей. Преимущественно кислород переносится в соединении с гемоглобином в эритроцитах: 100 мл крови переносят до 200 мл кислорода. Наиболее важный параметр, по которому можно судить о количестве кислорода, связанного с гемоглобином, — это насыщение гемоглобина кислородом — SaO_2 , или сатурация. При парциальном давлении кислорода в 100 мм рт. ст. насыщение гемоглобина кислородом в артериальной крови составляет около 97% [2].

Простым способом оценки SaO_2 и выявления гипоксемии стала пульсоксиметрия, основанная на различиях в поглощении гемоглобином света в зависимости от насыщения гемоглобина кислородом.

При снижении содержания кислорода в крови в первую очередь (в течение миллисекунд) реагируют клетки каротидного тельца сонных артерий, благодаря чему усиливается вентиляция легких и сердечный выброс. Далее включается множество компенсаторных механизмов для адаптации к условиям гипоксии: изменение вентиляции легких, сердечного выброса, ударного объема, концентрации гемоглобина, дилатации системного микрососудистого русла при одновременном спазме легочного русла, увеличение объема альвеол, спазм артериол в зоне гиповентиляции с целью перераспределения крови в зоны легкого с лучшей вентиляцией.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ КЛЕТЧНОГО ОТВЕТА

Прогресс молекулярной биологии позволяет понять связь между патофизиологией заболеваний и клеточным ответом на гипоксию. Разные ткани имеют различную потребность в кислороде, наиболее чувствительна нервная ткань. Механизмы, ведущие к гипоксии, различны: ишемия (снижение доставки крови к ткани), отравление углекислым газом, асфиксия, апноэ сна, тяжелая анемия, высотная болезнь, нарушения соотношения вентиляции и перфузии. В то же время последствия гипоксии для тканей одинаковы.

На уровне клетки 80% кислорода используется митохондриями, 20% — другими органеллами. При этом его парциальное давление в митохондриях чрезвычайно мало — 1–3 мм рт. ст. Кислород используется как донатор электронов в конце электронной транспортной цепочки, в комплексе IV, цитохром-С-оксидазы, с целью синтеза аденозинтрифосфата. В случае дефицита кислорода и его электронов электронная цепь претерпевает компенсаторные модификации. В то же время показано, что в условиях гипоксии клетки происходит прямой перенос электронов в электронную цепь из-за уменьшения потока переносчиков, и таким образом увеличивается ко-

личество активных форм кислорода и азота, чьи свободные радикалы чрезвычайно токсичны и приводят к гибели клетки.

Клеточный ответ на гипоксию реализуется через фермент, воспринимающий снижение напряжения кислорода в клетке — пролилгидроксилазу, который запускает реакцию другого фермента — индуцируемого гипоксией фактора (hypoxia-inducible factor — HIF). HIF регулирует транскрипцию генов, ответственных за изменение метаболизма с аэробного на анаэробный. Ферменты, участвующие в окислительном фосфорилировании, блокируются HIF, таким образом, пируват вместо гликолиза используется для образования лактата, способствуя ацидозу. Также HIF способствует увеличению выработки эритропоэтина и фактора роста эндотелия, активирует местный ангиогенез, ускоряя пролиферацию клеток, увеличивая выработку эндотелиального сосудистого фактора роста, дифференциацию и инвазию. HIF стимулирует выработку оксида азота, способствуя вазодилатации. Помимо активации генов, стимулирующих ангиогенез, HIF увеличивает выработку ангиопоэтина, тромбоцитарного фактора роста, фактора роста фибробластов, регулирует метаболизм железа.

Кроме того, было показано, что гипоксия индуцирует воспалительный ответ, в частности, отмечено увеличение содержания в крови провоспалительных цитокинов, интерлейкина 6 (ИЛ-6) и рецепторов к ним, фактора некроза опухоли альфа, С-реактивного белка. В свою очередь, воспаление ведет к уменьшению доставки кислорода к тканям. Таким образом, гипоксия и воспаление оказываются взаимно индуцирующими процессами.

HIF влияет и на иммунный ответ: увеличивает содержание аденозинтрифосфата в миелоидных клетках, усиливает фагоцитарную активность нейтрофилов, предотвращает апоптоз нейтрофилов, увеличивая продолжительность жизни нейтрофилов в тканях, испытывающих гипоксию [3].

ОКСИГЕНОТЕРАПИЯ ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Оксигенотерапия улучшает кровоток в альвеолах, уменьшает шунтирование крови и снижает давление в легочном артериальном русле, повышая ударный объем и сердечный выброс. При хронических бронхолегочных заболеваниях при длительном применении ингаляции кислорода способствуют обратному ремоделированию в легочных артериолах (уменьшению пролиферации гладкомышечных клеток, фибробластов и синтеза протеинов матрикса). Среди дополнительных эффектов оксигенотерапии было показано усиление бактерицидной активности нейтрофилов, снижение уровня дофамина в каротидных тельцах и, как следствие, уменьшение стимуляции хемотактических триггерных зон в головном мозге.

Следует учитывать, что оксигенотерапия направлена на лечение гипоксемии, но не одышки, таким образом, эффекта при лечении одышки в случае нормального содержания кислорода в крови ожидать не стоит. Кроме того, оксигенотерапия не устраняет причину гипоксемии. У всех пациентов с одышкой или в тяжелом состоянии следует проводить пульсоксиметрию с целью контроля сатурации и своевременного выявления гипоксемии.

Согласно различным рекомендациям по оксигенотерапии пороговым значением для начала оксигенотерапии в большинстве случаев является SpO_2 менее 90%, однознач-

но оксигенотерапия не показана при SaO_2 более 92% [4]. Среди пациентов, нередко получающих оксигенотерапию при отсутствии показаний, оказываются пациенты с инсультом без гипоксемии, большинство пациентов с инфарктом миокарда, сердечной недостаточностью. В то же время никогда не нужно прекращать оксигенотерапию у пациента, определенно в ней нуждающегося, с целью уточнения выраженности у него гипоксемии [5].

В зависимости от состояния пациента и ожидаемой потребности в кислороде выбирают средство доставки кислорода. В случае острого заболевания с ожидаемой очень высокой потребностью в кислороде (реанимационные мероприятия, остановка сердца, шок, сепсис, легочное кровотечение, эпилептический статус) выбирают неревверсивную маску, начиная с потока 15 л/мин и достигая целевых значений SaO_2 . Затем скорость потока постепенно уменьшают, обеспечивая сохранение целевых значений SaO_2 .

В случае ожидаемой меньшей потребности в кислороде (бронхиальная астма, пневмония, другие заболевания легких, пневмоторакс, тромбоэмболия легочной артерии, сердечная недостаточность) выбор также осуществляется с учетом заболевания и исходной сатурации: это могут быть назальные канюли с потоком 2–6 л/мин или простая лицевая маска с потоком 5–10 л/мин. Если предполагается гиперкапния и исходная сатурация менее 85%, то начинать оксигенотерапию следует также с неревверсивной маски с потоком 15 л/мин.

В большинстве случаев целевые значения SaO_2 составляют 94–96%. Некоторые рекомендации указывают на целевые значения 94–98%. Однако результаты исследований свидетельствуют, что среди пациентов, находящихся на оксигенотерапии с достижением сатурации более 96%, отмечается небольшое, но определенное увеличение смертности — на 1% [5].

Для пациентов с риском развития гиперкапнии (например, пациенты с хронической обструктивной болезнью легких — ХОБЛ) целевым значением является сатурация 92% (88–92%). В случае чрезмерной оксигенации риск гиперкапнии возрастает. Риск гиперкапнии имеют также пациенты с тяжелым ожирением (синдром Пиквика), выраженными деформирующими заболеваниями грудной клетки и позвоночника: кифосколиозом, болезнью Бехтерева, нервно-мышечными заболеваниями, бронхоэктатической болезнью, муковисцидозом. В некоторых случаях необходима дополнительная респираторная поддержка при наличии гипоксемии и/или гиперкапнии с респираторным ацидозом.

Оксигенотерапию следует прекратить, если сатурация при дыхании воздухом сохраняется на уровне равном или превышающем целевые значения. В случае риска повторного ухудшения состояния оксигенотерапия может быть продолжена [5].

До недавнего времени считалось, что оксигенотерапия практически безвредна, однако систематический обзор свидетельствует о том, что излишняя оксигенация у пациентов с нормальной сатурацией увеличивает смертность. Обзор включал 25 рандомизированных контролируемых исследований, где пациенты получали свободную или контролируемую оксигенотерапию, смертность пациентов в группе свободной оксигенотерапии оказалась выше [6].

Имеются данные, что у пациентов с инфарктом миокарда и инсультом при SaO_2 более 92% проведение оксигенотерапии может оказывать негативное воздействие: среди пациентов с инсультом отмечается увеличение смертно-

сти с 69 до 87 на 1000 человек, среди пациентов с инфарктом миокарда достоверного увеличения смертности не наблюдается, однако отмечено увеличение частоты повторной реваскуляризации в течение 6 мес. с 72 до 106 на 1000 человек, развитие повторного инфаркта миокарда в течение 1 года с 51 до 62 на 1000 человек [4].

ОКСИГЕНОТЕРАПИЯ ПРИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

Приблизительно у 14% пациентов с новой коронавирусной инфекцией заболевание протекает в тяжелой форме, основным критерием тяжести при этом является снижение насыщения кислородом крови, что требует госпитализации и оксигенотерапии. Около 5% всех пациентов (и около 25% госпитализированных) нуждаются в пребывании в отделении реанимации, чаще всего в связи с развитием картины острого респираторного дистресс-синдрома [7]. Механизмы развития гипоксемии при COVID-19 продолжают изучаться, одним из основных является тромбообразование в микроциркуляторном русле, связанное с повреждением эндотелия, что приводит к шунтированию крови, развитию ателектазов альвеол. В случае стабильного течения заболевания целевые значения SaO_2 — более 90%. В случае тяжелого течения заболевания, картины дыхательной недостаточности, шока — целевые значения SaO_2 более 94% [8]. В этом случае оксигенотерапия через носовые канюли или маску чаще всего оказывается недостаточно эффективной, предпочтительна высокопоточная назальная терапия или неинвазивная масочная вентиляция с положительным давлением. Своевременно начатые, эти методы позволяют снизить необходимость интубации и искусственной вентиляции легких (ИВЛ), по данным исследований и метаанализа, проведенных до пандемии COVID-19, причем высокопоточная вентиляция через носовые канюли имеет преимущество по сравнению с обычной оксигенотерапией через носовые канюли и вентиляцией с повышенным давлением [9, 10]. Учитывая нехватку аппаратов ИВЛ и мест в отделении реанимации в период эпидемии, трудно переоценить значение данных методов.

В случае недоступности оксигенотерапии через высокопоточные носовые канюли и неинвазивной вентиляции, а также при развивающейся полиорганной недостаточности или серьезных сопутствующих хронических заболеваниях показана ранняя интубация и инвазивная вентиляция легких. Специальных исследований по изучению оксигенотерапии при COVID-19 не проводилось. Но с учетом опыта, полученного при лечении других критических состояний, оптимальный уровень SaO_2 находится между 92 и 96%. Метаанализ 25 рандомизированных исследований показал, что оксигенотерапия без контроля сатурации (с достижением сатурации, близкой к 100%) приводит к росту смертности. В то же время в небольшом исследовании выявлено, что поддержание SaO_2 на относительно невысоких значениях (88–92%) также сопровождалось ростом смертности [11].

Вспомогательная методика, используемая в дополнение к оксигенотерапии, — пром-позиция (положение лежа на животе). Этот метод улучшает оксигенацию и исходы у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением респираторного дистресс-синдрома. Предположительно механизм связан с улучшением вентиляционно-перфузионного соотношения и раскрытием спавшихся альвеол в нижнеба-

зальных отделах легких. Как в исследованиях до эпидемии среди пациентов с гипоксемией на спонтанном дыхании, так и в нескольких исследованиях среди пациентов с новой коронавирусной инфекцией, находящихся на оксигенотерапии, было показано улучшение оксигенации и уменьшение потребности в интубации при использовании прон-позиции. Прон-позиция хорошо совмещается с оксигенотерапией через канюли и удовлетворительно — через маску. Используется у пациентов, которые могут длительное время находиться в положении лежа на животе и самостоятельно изменять положение тела. Не применяется у гемодинамически нестабильных пациентов, перенесших в недавние сроки хирургическое вмешательство на органах брюшной полости, имеющих нестабильность позвоночника. Убедительных данных о влиянии прон-позиции на отдаленный исход при COVID-19 в настоящее время нет [12, 13].

В числе практических рекомендаций при лечении пациентов с новой коронавирусной инфекцией и одышкой следует помнить о возможности декомпенсации сопутствующих хронических заболеваний и своевременно проводить дифференциальную диагностику одышки. При COVID-19 одышка не изменяется при перемене положения тела, и практически всегда одышка в покое и при минимальной нагрузке сопровождается снижением SaO_2 . Иногда можно наблюдать катастрофически низкие показатели пульсоксиметра (до 35–45%), однако без перевода на ИВЛ такие пациенты быстро погибают. Если у пациента одышка в покое, усиливающаяся в горизонтальном положении, но SaO_2 в норме, следует думать о декомпенсации сердечной недостаточности, особенно при наличии влажных хрипов в нижних отделах легких. Введение фуросемида в этом случае будет намного эффективнее оксигенотерапии. При новой коронавирусной инфекции преимущественно наблюдается различной степени ослабленное везикулярное дыхание, больше в нижних отделах. Степень ослабления дыхания обычно коррелирует с данными компьютерной томографии; иногда выслушивается крепитация в нижних отделах.

У пациентов с ХОБЛ, наоборот, на фоне сниженной сатурации (82–90%) одышка не отмечается, и оксигенотерапия должна проводиться с осторожностью, с контролем содержания CO_2 в крови (исследование кислотно-щелочного состояния) с целью избежать гиперкапнии. Появление свистящих хрипов позволяет заподозрить бронхообструкцию, в этом случае введение бронходилататоров через небулайзер заметно облегчит состояние пациента, малопоточная оксигенотерапия может выступать дополнительным методом лечения. Несмотря на кажущуюся простоту такой дифференциальной диагностики, на практике в связи с перегруженностью врачей и ориентацией на «типичное» лечение COVID-19 данные состояния нередко распознаются с задержкой.

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОКСИГЕНОТЕРАПИИ

Основным методом получения медицинского кислорода является низкотемпературная (криогенная) ректификация: производят сжатие воздуха и разделение на составные газы из-за разности температур кипения кислорода (-183 °С), азота (-195,8 °С) и аргона (-185,8 °С).

С учетом токсичности кислорода в концентрации более 60% для длительной оксигенотерапии используют воздушную смесь с 40–60% кислорода. Чистый кислород при ин-

галяции более 30 мин оказывает повреждающее действие на слизистую оболочку дыхательных путей (трахеит), кроме того, из-за нарушения образования и стойкости сурфактанта в альвеолах возникают адсорбционные ателектазы с последующим шунтированием крови, что не позволяет адекватно устранить гипоксемию. Таким образом, высокие концентрации кислорода применяют кратковременно при терминальных состояниях: апноэ, гипоксической коме, остановке сердца, отравлениях окисью углерода.

Основным методом оксигенотерапии является ингаляционный, который включает в себя различные способы введения кислорода и кислородных смесей в легкие через дыхательные пути, проводится с использованием различной кислородно-дыхательной аппаратуры.

Оксигенотерапия хорошо переносится, изредка отмечается сухость и раздражение слизистой носа и глотки, дискомфорт может доставлять ограничение двигательной активности, трудности при принятии пищи. Чтобы уменьшить высушивающее действие кислородно-воздушной смеси на слизистую оболочку дыхательных путей, кислородную смесь увлажняют, пропуская через воду, затем подают под давлением 2–3 атмосферы.

В клинических условиях в зависимости от показаний используются:

- ♦ *Носовые катетеры.* Необходимая концентрация кислорода достигается путем регуляции потока кислородно-воздушной смеси: скорость потока от 1 до 6 л/мин создает во вдыхаемом воздухе его концентрацию, равную 24–44%. При выраженной одышке (что приводит к высокой минутной вентиляции легких, превышающей поток кислорода) концентрация вдыхаемого кислорода снижается из-за избыточной потери при выдохе. Назальные канюли (носовые катетеры) обычно хорошо переносятся. В связи с вышеуказанными причинами их не следует применять при гипер- и гиповентиляции.

- ♦ *Лицевые маски.* Достоинством масок является их способность лучше справляться с утечкой потока кислорода через рот. С помощью клапанов выдыхаемый воздух выводится наружу, позволяя поддерживать необходимую концентрацию кислорода. При применении стандартной лицевой маски поток кислорода может составлять до 15 л/мин, что обеспечивает более высокую его концентрацию (50–60%) по сравнению с канюлями. При высокой минутной вентиляции легких применение масок, как и катетеров, может быть неэффективно. Маска является самым распространенным способом доставки кислорода. Существуют различные типы масок:

- простая (маска Хадсона);
- маска с клапаном Вентури — обеспечивает стабильную концентрацию кислорода независимо от типа дыхания пациента путем использования различных клапанов. Достижимая концентрация кислорода составляет 24–60% в зависимости от типа (цвета) используемого клапана-насадки, для чего скорость потока устанавливается также в зависимости от типа клапана-насадки. Часто используется при ХОБЛ, т. к. позволяет давать кислород строго в необходимой концентрации, избегая гиперкапнии;
- неревверсивная маска (маска с ребризером). Позволяет достичь максимальной концентрации кислорода во вдыхаемой смеси, при этом используется резервуар-мешок, который постоянно наполняется дыхательной смесью с кислородом и бла-

годаря наличию клапана работает только на вдох. Клапаны маски позволяют осуществлять выдох, но препятствуют попаданию воздуха под маску снаружи. Позволяет достичь концентрации кислорода 85–90% при потоке 15 л/мин, не используется для длительной оксигенотерапии.

При проведении оксигенотерапии необходим перидический контроль SaO_2 . Частота контроля зависит от заболевания, тяжести состояния пациента, выраженности гипоксемии. Контролируя насыщение крови кислородом, подбирают, поддерживают и при необходимости корректируют способ подачи кислорода. Если перечисленные методы оказываются неэффективны и гипоксемия нарастает, может быть показан перевод пациента на инвазивную вентиляцию легких с интубацией трахеи. Однако до этого рассматривают возможность неинвазивной вентиляции легких с созданием положительного давления в дыхательных путях пациента во время выдоха или постоянно. Возможно проведение вентиляции легких через лицевую, носовую маску, шлем или носовые канюли.

Неинвазивная вентиляция легких снижает потребность в инвазивной вентиляции. Позволяет избежать интубации трахеи, тем самым минимизируя риск поврежденной верхних дыхательных путей, избежать введения седативных препаратов, обеспечивает: большие безопасность и комфорт для больного; сохранение спонтанного дыхания; снижение риска развития ИВЛ-ассоциированной пневмонии; оставляет возможность контакта с больным; экономически выгодна. Однако методика более сложна и трудоемка для врача, т. к. необходимо непрерывно адаптировать различные параметры под постоянные изменения функции дыхания больного. Имеются и ограничения: невозможность применения при низком уровне сознания, анатомических особенностях больного; возможно повреждение кожи лица при длительном использовании масочной вентиляции; при неадекватном увлажнении и согревании газовой смеси могут наблюдаться повреждение слизистой верхних дыхательных путей, аэрофагия, тошнота, изжога, индивидуальная переносимость (клаустрофобия) [2].

Высокопоточная оксигенотерапия является разновидностью неинвазивной вентиляции легких, имеет несомненные преимущества перед традиционной оксигенотерапией, более комфортна, лишена многих недостатков масочной вентиляции легких и может быть эффективной альтернативой при острой дыхательной недостаточности различного генеза. При высокопоточной назальной оксигенотерапии увлажненная и нагретая газовая смесь доставляется в дыхательные пути через носовые канюли со скоростью потока 15–60 л/мин с возможностью варьирования доли вдыхаемого кислорода от 0,21 до 1 [14].

При неэффективности неинвазивной вентиляции легких необходима своевременная интубация трахеи и проведение инвазивной (искусственной) вентиляции легких. Рассмотрение данного метода выходит за рамки настоящего обзора.

В домашних условиях при стабильном течении хронических заболеваний бронхолегочной системы или в стационаре при отсутствии возможности доступа к центральному источнику медицинского кислорода (качество которого выше) для продолжительной оксигенотерапии может использоваться медицинский концентратор кислорода. Также применяются кислородные баллоны — обычно для транспортировки пациента с гипоксемией бригадой скорой по-

мощи или внутри стационара, продолжительность ингаляции при требуемой концентрации кислорода около 40% ограничена приблизительно 20 мин.

Можно встретить также кислородные баллончики, например баллончик «Основной элемент» (состав смеси: 90% кислорода, 10% азота, объем кислорода до 17 л, рассчитанных на 110–150 вдохов, без регулятора потока кислорода), однако для продолжительной коррекции гипоксемии объем кислорода в нем недостаточен. Данное устройство позиционируется как средство, позволяющее устранить негативные последствия пребывания в душном помещении, чрезмерных физических и умственных нагрузок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, оксигенотерапия, несмотря на более чем вековую историю применения, продолжает активно развиваться, занимая значимое место в лечении основных сердечно-сосудистых и бронхолегочных заболеваний. Значение ее трудно переоценить — нередко она позволяет спасти жизнь пациента, являясь одним из основных методов лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Различные аспекты применения кислорода подробно освещены в современных рекомендациях, разработаны показания и алгоритмы применения. В то же время остается ряд спорных вопросов, продолжают исследования, подтверждающие эффективность оксигенотерапии в одних случаях, демонстрирующие бесполезность и даже негативные эффекты — в других. Дальнейшее изучение применения кислорода, в т. ч. с использованием достижений молекулярно-клеточной биологии, а также прогресс технологий, благодаря которому продолжается разработка новых устройств для оксигенотерапии, закрепят за оксигенотерапией прочное место в повседневной лечебной практике.

Литература

1. Зильбер А.П., Тюрин Н.А. Большая медицинская энциклопедия. Под ред. Б.В. Петровского. 3-е изд. М.: Сов. энциклопедия, 1974–1989;10. [Zilber A.P., Tyurin N.A. Great medical encyclopedia. Ed. B.V. Petrovsky. 3rd ed. M.: Sov. Encyclopedia, 1974–1989; 10 (in Russ.).]
2. Гельфанд Б.Р., Кириенко П.А., Гриненко Т.Ф. и др. Анестезиология и интенсивная терапия: практическое руководство. М.: Литтерра, 2006. [Gelfand B.R., Kirienko P.A., Grinenko T.F. et al. Anesthesiology and intensive care: a practical guide. M.: Litterra, 2006 (in Russ.).]
3. Choudhury R. Hypoxia and hyperbaric oxygen therapy: a review. *Int J Gen Med.* 2018;11:431–442.
4. Siemieniuk R.A.C., Chu D.K., Kim L.H. et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. *BMJ.* 2018;363: k4169.
5. O'Driscoll B.R., Howard L.S., Earis J. et al. British Thoracic Society, Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *BMJ Open Res.* 2017;4: e000170.
6. Chu D.K., Kim L.H., Young P.J. et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2018;391(10131):1693–1705.
7. Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72,314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA.* 2020 Feb 24. DOI: 10.1001/jama.2020.2648. Online ahead of print.
8. World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020.
9. Xu X.P., Zhang X.C., Hu S.L. et al. Noninvasive ventilation in acute hypoxemic nonhypercapnic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2017;45(7): e727–e733.
10. Lyons C., Callaghan M. The use of high-flow nasal oxygen in COVID-19. *Anaesthesia.* 2020;75(7):843–847.
11. Barrot L., Asfar P., Mauny F. et al. Liberal or conservative oxygen therapy for acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2020;382(11):999–1008.
12. Scaravilli V., Grasselli G., Castagna L. et al. Prone positioning improves oxygenation in spontaneously breathing nonintubated patients with hypoxemic acute respiratory failure: A retrospective study. *J Crit Care.* 2015;30(6):1390–1394.

Полный список литературы Вы можете найти на сайте <http://www.rmj.ru>