

Doi: 10.52341/20738080_2025_139_6_69

МЕДИЦИНСКИЕ ГАЗЫ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



УДАЛОВ Ю.Д.,
д.м.н., доцент, генеральный директор ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России,

главный внештатный специалист ФМБА России по медицинской радиологии, заслуженный врач Российской Федерации, jmbc@jmbamail.ru



КУЛИКОВ А.Г.,
д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России,

профессор кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования, ag-kulikov@mail.ru



АБРАМОВИЧ С.Г.,
д.м.н., профессор, заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования – филиала ФГБОУ ДПО

«Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России», prof.abramovich@yandex.ru



ПЕТРОВА В.В.,
к.м.н., заведующая лабораторией экспериментальной спортивной медицины Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России,

stotesto@gmail.com



НАЗАРЯН С.Е.,
к.псх.н., заведующая отделением спортивной психологии Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России,

sveta-nazaryan@yandex.ru

Внимание исследователей все больше привлекает использование при коронавирусной инфекции медицинских газов, особенностью которых является влияние на различные звенья патогенеза многих заболеваний.

Ключевые слова: COVID-19, медицинские газы, реабилитация.

MEDICAL GASES IN REHABILITATION OF THE PATIENTS WITH CORONAVIRUS INFECTION. REVIEW OF LITERATURE

Udalov Yu., Kulikov A., Abramovich S., Petrova V., Nazaryan S.

Use of the medical gases, affecting various stages of the pathogenesis of many diseases, in case of coronavirus infection is increasingly attracting attention of the researchers.

Key words: COVID-19, medical gases, rehabilitation.

Введение

Проблема повышения эффективности лечения и реабилитации пациентов после перенесенного COVID-19 продолжает сохранять свою актуальность. Наряду с современными лекарственными препаратами различной направленности большое место занимают лечебные физические факторы, прежде всего – методы аппаратной физиотерапии, лечебной гимнастики, механотерапии. В то же время внимание исследователей все больше привлекает использование в реабилитации данной категории больных медицинских газов. Их особенностями являются влияние на различные звенья патогенеза многих заболеваний, способность восстанавливать нарушения функционального состояния различных органов и систем, хорошая переносимость, возможность использования на всех этапах реабилитации.

Кислородотерапия

Это – наиболее известный и широко применяемый на постоянной или периодической основе на всех этапах реабилитации метод устранения гипоксии как в острый период (в том числе при тяжелых клинических проявлениях заболевания), так и при необходимости. Раннее ее назначение при COVID-19 лучше купирует проявления острой дыхательной недостаточности, снижает вероятность перевода пациентов в отделение реанимации на ИВЛ [1, 2].

Кислородотерапия хорошо переносится больными, однако для уменьшения высушивающего действия на слизистую дыхательных путей целесообразно ее предварительное увлажнение. Периодическая кислородная поддержка показана пациентам, перенесшим COVID-19, когда при выполнении той или иной физической нагрузки отмечается значительное снижение показателей сатурации [3].

Существуют несколько методик применения кислорода с лечебной целью. Одна из них – *использование назальных трубок*. Обычно в этом случае скорость потока O_2 составляет 1–5 л в мин., а концентрация во вдыхаемой смеси не превышает 25–40%. Но следует учесть, что при выраженной одышке за счет большой потери кислорода в окружающее пространство его содержание будет на нижних значениях указанного диапазона.

Другим способом, более предпочтительным в клинической практике за счет оптимального соотношения простоты выполнения и лечебной эффективности, является применение лицевых масок. Скорость потока кислорода возрастает до 8–10 и даже 15 л в мин., а концентрация кислорода во вдыхаемой пациентом смеси может увеличиться до 50–60%. Следует подчеркнуть, что в этом случае, особенно при наличии клапанного механизма в масках, потеря O_2 существенно сокращается. Это позволяет более эффективно купировать проявления гипоксии и улучшать функциональное состояние больных.

Наиболее интенсивными считаются методики *высокопоточной назальной оксигенотерапии* или *неинвазивной масочной вентиляции* с регулируемым положительным давлением, во время проведения которых объем подаваемой увлажненной смеси достигает 15–60 л в мин., а концентрация кислорода находится в диапазоне от 25% до 100%.

Гипербарическая оксигенотерапия

Данный метод существует в нашей стране с 70-х годов прошлого века, и за это время он получил широкую известность. На сегодня описано его успешное использование при большом числе заболеваний хирургиче-

ского и терапевтического характера. Лечебное действие гипербарической оксигенотерапии (ГБО) заключается в ее способности за счет резкого возрастания парционного давления кислорода устранять проявления тканевой гипоксии, восстанавливать энергетический потенциал миокарда, уменьшать степень периферического шунтирования, усиливать сродство гемоглобина к O_2 [4]. Таким образом, основным положительным моментом является значительное улучшение соотношения доставки и потребления кислорода.

При реабилитации лиц, перенесших COVID-19, назначение ГБО позволяет активизировать проникновение O_2 через альвеолокапиллярный барьер, повышает содержание O_2 в тканях, усиливает его растворимость в плазме крови и насыщение гемоглобина [5, 6]. Результатом ГБО-терапии является купирование симптомов заболевания, улучшение общего состояния больных, устранение гипоксемии и тканевой гипоксии [7].

Метод, назначаемый в адекватных состоянии пациентов параметрах, достаточно безопасен и имеет минимальное число противопоказаний. Он обычно не вызывает чрезмерной активации свободнорадикальных процессов. После выполнения 3–4 процедур (в ряде случаев – к концу курса лечения) отмечается снижение показателей, характеризующих уровень перекисного окисления липидов при одновременной активации системы антиоксидантной защиты.

Доказана способность ГБО снижать уровень провоспалительных цитокинов (TNF- α , IL-1 β , IL-6), положительно влиять на пролиферацию капилляров, активировать синтез факторов роста эндотелия сосудов, ускорять включение коллатерального кровотока при тромбозах [8]. Важным преимуществом ГБО при COVID-19, по сравнению с другими методами, является эффективное устранение различных инфекционных осложнений.

Имеющийся опыт применения ГБО в лечении и реабилитации пациентов с COVID-19 показал возможность их перевода с высокопоточной назальной кислородотерапии или неинвазивной вентиляции легких с положительным давлением на обычную инсuffляцию O_2 и на спонтанное дыхание. То есть ГБО у данной категории пациентов с COVID-19 существенно усиливает эффект проводимой терапии и позволяет раньше отказать от респираторной поддержки [9].

Терапия с использованием оксида азота (NO-терапия)

Газообразный оксид (монооксид) азота – относительно неустойчивое соединение, срок

жизни которого составляет около 10 сек. В организме человека оксид азота (NO) синтезируется в эндотелиальных и нервных клетках, а также макрофагах в результате расщепления L-аргинина ферментом NO-синтазой. В клетках нервной системы NO – медиатор межнейронных коммуникаций и синаптической пластичности, он обеспечивает релаксацию гладкомышечных клеток [10, 11].

NO для лечебного применения получают плазмохимическим способом из атмосферного воздуха, выделяя оба основных компонента – азот и кислород. Воздействие газовым потоком оксида азота на кожу и слизистые пациентов позволяет достичь бактериостатического и (при определенных условиях) даже бактерицидного эффекта, обусловленного возрастанием активности протеолитических ферментов макрофагов, усилением синтеза в них и моноцитах эндогенного NO [12].

Под влиянием ингаляционной NO-терапии происходит улучшение процессов микрогемодинамики, устранение имеющихся трофических расстройств и проявлений гипоксии. Процедуры NO-терапии позволяют усиливать синтез оксида азота в эндотелии, являющийся мощным вазодилататором и одновременно антиагрегантом тромбоцитов и эритроцитов, ингибитором тромбообразования.

Основными лечебными эффектами NO-терапии в настоящее время признаны выраженные противовоспалительный, иммуностимулирующий и репаративно-регенеративный [10, 11]. Назначение данного метода при остром респираторном дистресс-синдроме средней и тяжелой степеней, вызванном COVID-19, способствовало достижению положительного эффекта. Установлено, что ингаляционное воздействие NO ингибирует репликацию вируса, улучшает оксигенацию, снижает легочное сосудистое сопротивление [13, 14].

Ингаляционную терапию следует использовать на ранних стадиях COVID-19 для уменьшения в дальнейшем потребности в инвазивной ИВЛ [15]. Однако следует подчеркнуть, что пока еще не всеми исследователями данный метод признается в качестве эффективного способа лечения лиц с новой коронавирусной инфекцией.

Озонотерапия

Данный метод представляет собой непосредственное воздействие на организм пациентов газовой озонкислородной смесью или жидкостями (вода, физиологический раствор), содержащими растворенный в них

озон. Озонотерапия широко известна как в нашей стране [16, 17], так и за рубежом. Доказаны эффективность и безопасность озонотерапии (ОТ) при многих заболеваниях, в том числе инфекционной природы.

Известен широкий спектр методик ОТ: как путем системного воздействия озоном в виде процедур большой гемоозонотерапии, внутривенного введения озонированного физиологического раствора и ректальной инсуффляции газовой O_3/O_2 смеси, так и с помощью его местного, в том числе полостного и парентерального, применения [16, 17].

Специалисты ряда европейских клиник первыми стали использовать ОТ в лечении COVID-19, показав, что онакратно уменьшает вероятность развития респираторного дистресс-синдрома, перевода пациентов на ИВЛ, летального исхода и ускоряет выздоровление [18].

Назначение системной ОТ выявило ее антиоксидантное, противовоспалительное и противовирусное действие, нормализацию иммунного ответа, в том числе за счет регуляции уровня цитокинов (IL-2, IL-6, TNF-альфа и IFN-гамма), активации лимфоцитов и макрофагов [19]. Озон, купируя проявления гипоксемии (характерной для COVID-19), может быть предложен в качестве важного компонента лечебного комплекса [18].

При комбинировании ОТ с лекарственными препаратами удавалось не только улучшать клинический статус больных, но и быстрее снижать вирусную нагрузку [20].

Как было показано в исследованиях *Т.А. Федоровой и соавт.* [21], общая (системная) ОТ при COVID-19 быстро снижала температуру тела, уровень С-реактивного белка и ферритина, фибриногена и D-димера в сыворотке крови, уменьшала одышку в покое и при физической нагрузке, повышала уровень гемоглобина и показатели сатурации.

В другой работе отечественных исследователей – *Е.В. Хаммад, И.Г. Никитина, К.В. Федорова* [22] – внутривенная ОТ с концентрацией озона в физиологическом растворе 2,2–2,4 мг/л показала безопасность и высокую эффективность метода за счет значительного противовирусного, антиоксидантного и иммуномодулирующего эффектов. ОТ целесообразна на разных стадиях заболевания при легких и среднетяжелых формах [23], а с учетом способности ОТ снижать уровень провоспалительных цитокинов ее следует назначать для предотвращения «цитокинового шторма». Кроме того, был установлен положительный эффект применения ОТ при реабилитации пациентов с постковидным синдромом [24].

Ассоциацией российских озонотерапевтов также были даны рекомендации по использованию при COVID-19 комбинированной методики ОТ, включающей назначение процедур общего воздействия и малой аутогемотерапии. Причем ОТ может быть использована как в остром периоде заболевания, так и при осуществлении реабилитационных мероприятий. У пациентов отмечались быстрое и эффективное купирование воспаления, нормализация микроциркуляции и улучшение реологических параметров крови, устранение тканевой гипоксии, активация различных звеньев иммунитета.

Оксигенелиотерапия

Данный метод лечения начал получать весьма широкое распространение с момента начала развития пандемии COVID-19 [25]. Его особенностью является то, что в подаваемой пациенту газовой смеси отсутствует основной компонент воздуха – азот, который замещен на существенно более легкий элемент гелий (He) в сочетании с O_2 . Это снижает плотность газа почти на 80% (с 1,29 до 0,43 г/л). Соотношение He и O_2 во вдыхаемой газовой смеси зависит от клинических особенностей пациентов, уровня сатурации и составляет от 79 до 50% для He и от 21 до 50% – для O_2 .

Ингаляции He/ O_2 (гелиокситерапия) при COVID-19 с помощью маски позволяют увеличить экскурсию грудной клетки за счет облегчения работы дыхательной мускулатуры. Столь значимое снижение плотности газовой смеси значительно уменьшает сопротивление турбулентного потока газов в дыхательных путях, что, в свою очередь, способствует значительному снижению аэродинамического сопротивления дыханию, позволяющему обеспечивать более свободное поступление газов в мелкие бронхи и бронхиолы, улучшить вентиляцию альвеол [26].

По сравнению с дыханием обычным воздухом, практически в 2–3 раза снижается нагрузка на дыхательную мускулатуру. У пациентов возникает более редкое и глубокое дыхание. Облегчение дыхания позволяет увеличить объем сформированного выдоха и жизненную емкость легких.

Использование гелиево-кислородной смеси при COVID-19 дает возможность увеличить поступление O_2 , стимулирует альвеолокапиллярную диффузию его, а также CO_2 . В свою очередь, усиленное удаление эндогенного CO_2 из альвеол угнетает инспираторную зону дыхательного центра и каротидных хеморецепторов. Вследствие значительной диффузионной способности He быстрее про-

никает в плохо вентилируемые пространства легких и за счет малой растворимости в крови остается в них, препятствуя развитию ателектазов, что является крайне важным для лиц с COVID-19. Кроме того, снижение плотности вдыхаемой газовой смеси позволяет существенно улучшить транспорт кислорода к альвеолярно-капиллярной мембране.

Под действием He/ O_2 -смеси возрастают альвеолярная вентиляция и показатели SpO_2 , улучшается микрогемодинамика, активируются метаболизм легочной ткани, клеточный иммуногенез и микросомальные детоксикационные системы, а развивающийся гипоканнический газовый ацидоз тормозит выделение гормонов в кровь, что уменьшает спазм бронхов, препятствует спаданию альвеол.

Разновидностью методики гелиокситерапии, обладающей более высокой эффективностью [27, 28], является использование газовой смеси, нагреваемой перед подачей до температуры 70–96°C.

В Клиническом протоколе лечения больных COVID-19 [29] гелиокситерапия рекомендована при легком среднем и тяжелом течении заболевания с различием методик выполнения – в зависимости от уровня сатурации.

Так, при сатурации $\geq 93\%$ содержание He составляет 79%, а O_2 – 21% при температуре 85–96°C, с постепенным повышением фракции O_2 на 2% в 1 мин. до достижения нормальной сатурации. Если же уровень сатурации снижен до 85–92%, то содержание He снижают до 70%, а O_2 повышают до 30% при той же температуре газовой смеси с постепенным повышением фракции O_2 на 2% в 1 мин. до достижения нормальной сатурации. И, наконец, при сатурации $< 85\%$ содержание He уменьшают до 65% при уровне O_2 35% и температуре смеси 75–84°C с постепенным повышением фракции O_2 на 2% в 1 мин., но не более, чем до 50% для поддержания нормальной сатурации.

Длительность одной ингаляции должна составлять не менее 7–10 мин. в зависимости от переносимости, а общая продолжительность гелиокситерапии – до 60 мин. в сутки при длительности курса лечения до 10 дней [30, 31].

Лечебное применение водорода

Метод относительно недавно начал входить в практическую медицину. Известно, что молекулярный водород практически инертен. Сила связи между двумя его атомами составляет около 2,3 эВ, поэтому для ее разрыва нужна дополнительная энергия. Данное обстоятельство легло в основу создания ап-

паратив, преобразующих обычный водород в химически активное состояние.

Активные формы водорода являются важным физиологическим регулятором с характерным антиоксидантным эффектом [32]. При этом обращает на себя внимание определенная избирательность указанного эффекта, заключающаяся в том, что активный водород нейтрализует только высокотоксичные и химически активные радикалы – гидроксил-радикал и пероксинитрит, неконтролируемо вступающие в реакции с нуклеиновыми кислотами, липидами (вызывая их перекисное окисление) и белками, осуществляющими фрагментацию ДНК. К другим сигнальным реактивным формам кислорода и азота, также имеющим физиологическое значение, водород нейтрален [33].

Такая избирательность обусловлена тем, что высокая окислительная активность гидроксил-радикала позволяет ему реагировать с молекулой водорода, тогда как свободные радикалы с более низкой окислительной активностью (супероксидный анион-радикал, перекись водорода и нитроксид) не могут вступить в подобные реакции. Особенностью лечебного эффекта данного метода являются его значимые противовоспалительное, противоаллергическое и антиапоптотическое действия [33].

У пациентов с COVID-19 терапия с использованием водорода позволяет существенно снижать проявления окислительного стресса и восстанавливать окислительно-восстановительный статус клеток [34].

Основным способом применения активного водорода является ингаляционная методика, в том числе с использованием масок или назальных трубок. Пациент вдыхает воздушную смесь с содержанием водорода 1–4%. При данной методике лечебный эффект, как правило, наступает быстро. Эта методика может быть использована для купирования острого окислительного стресса, например, при инфаркте миокарда, инсульте головного мозга, септическом поражении. Однако она не вполне приемлема в случае длительного применения активного водорода с профилактической целью.

Другим способом служит внутренний прием воды, содержащей растворенный водород. Такой подход рекомендован для периодического введения водорода в организм с целью профилактики окислительного стресса при различных заболеваниях.

Наряду с упомянутыми известны парентеральное, полостное введение физиологического раствора, насыщенного водородом, или наружное его воздействие в виде общих ванн

с растворенным в воде водородом. В последнем случае происходит его диффузия через кожные покровы пациентов.

Основное направление применения водорода – лечение заболеваний, сопровождаемых окислительным стрессом, с наличием воспалительного компонента или метаболических расстройств. К ним следует отнести ряд патологий сердечно-сосудистой, пищеварительной, респираторной, мочевыделительной и эндокринной систем. Метод все более активно начинает использоваться при церебральных инсультах, травматических повреждениях мозга, последствиях перинатальной гипоксии.

Под воздействием водорода вначале кратковременно активируется секреция макрофагами провоспалительных цитокинов (TNF- α , IL-1 β и др.), но уже через несколько часов происходит длительное (до суток) повышение продукции противовоспалительных цитокинов (IL-10) [35].

Что касается применения терапии водородом при COVID-19, то было показано, что назначение ингаляционной методики воздействия более эффективно нормализует нарушенные клинические и биохимические показатели крови. Одновременно уменьшаются проявления эндотелиальной дисфункции, что способствует нормализации реологических свойств крови [36].

У лиц, перенесших COVID-19, за счет восстановления нарушенной микрогемодинамики и улучшения доставки кислорода к тканям создаются предпосылки для значительного повышения толерантности к физической нагрузке, что является очень важным аспектом на всех этапах их реабилитации [37].

Заключение

Таким образом, включение указанных выше медицинских газов в лечебно-реабилитационные комплексы при новой коронавирусной инфекции существенно повышает их эффективность за счет улучшения клинико-функционального состояния пациентов, ускорения нормализации нарушенных биохимических и иммунологических показателей, профилактики возникновения различного рода осложнений. Все это позволяет добиться более раннего восстановления больных и повышения качества их жизни.

Литература

