



КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОКСИГЕНОТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАЗНОЙ НОЗОЛОГИИ В ХИРУРГИЧЕСКОЙ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ, В ЧАСТНОСТИ COVID-19

Д. Н. Ракашевич, Р. Э. Якубцевич

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

Актуальность проведенного обзора обусловлена ролью оксигенотерапии как одного из наиболее важных методов лечения пациентов с разными патологиями дыхательной системы.

Цель. Провести анализ литературы по клиническому значению медицинского кислорода, а также роли оксигенотерапии при пандемии COVID-19.

Материал и методы. Проанализировано 45 литературных источников.

Результаты. Получены сведения о важной роли кислородотерапии в лечении заболеваний разной нозологии как в хирургической практике, так и в терапевтической, особенно в период пандемии COVID-19.

Выводы. На основе клинических наблюдений установлено значимое влияние оксигенотерапии как компонента комплексной терапии у пациентов с разными патологиями дыхательной системы и респираторной недостаточностью.

Ключевые слова: оксигенотерапия, медицинский кислород, кислородотерапия, дополнительный кислород, COVID-19, искусственная вентиляция легких, экстракорпоральная мембранная оксигенация, высокопоточная назальная оксигенация.

Для цитирования: Ракашевич, Д. Н. Клиническое значение медицинского кислорода и его роль в комплексном лечении COVID-19 / Д. Н. Ракашевич, Р. Э. Якубцевич // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2023. Т. 21, № 2. С. 110-117. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2023-21-2-110-117>

В настоящее время медицинский кислород включен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в список лекарственных средств для лечения пациентов с острыми и хроническими заболеваниями, характеризующимися развитием гипоксемии [1].

Оксигенотерапия – один из наиболее распространенных методов лечения как амбулаторных пациентов с разными патологиями дыхательной системы, так и стационарных, особенно пациентов отделений интенсивной терапии, где почти половина нуждаются в дополнительном кислороде [2].

Несвоевременное распознавание гипоксемии и нерациональное использование кислородотерапии (часто из-за отсутствия возможности подачи кислорода и оборудования для мониторинга) связано со значительным увеличением смертности даже среди пациентов, не госпитализированных в отделения интенсивной терапии [3].

Одна из основных функций кислорода в организме – поддержание нормального функционирования митохондрий клеток и обмена веществ, что жизненно важно для нормального клеточного метаболизма [4].

Заболевания, которые вызывают дисфункцию кислородтранспортной системы организма, оказывают поликомпонентное влияние на тело человека – от митохондрий клеток до органов-мишеней, запуская каскад реакций, приводящих к гипоксии и общему набору клинических симптомов, ее характеризующих. Кислород с парциальным давлением и в концентрации, превышающей атмосферные показатели, используется в медицине для преодоления патофизиологиче-

ских барьеров в поглощении кислорода организмом и доставке его клеткам. Однако кислород также может быть токсичным, несмотря на его существенную роль в поддержании нормального аэробного дыхания. Избыточная концентрация кислорода вызывает окислительный стресс, что приводит к повреждению белков и нуклеиновых кислот [5].

Клиническое значение медицинского кислорода

На амбулаторном этапе оксигенотерапия нашла свое эффективное применение в лечении пациентов с хроническими гипоксемическими заболеваниями легких, в частности при гипоксической хронической обструктивной болезни легких [6, 7].

Широкое применение кислородотерапия нашла в интенсивной терапии при отравлениях угарным газом. Исследование Weaver продемонстрировало высокую эффективность оксигенотерапии и служит хорошим примером рентабельного, безопасного и простого использования нормобарической оксигенации в лечении пациентов с отравлениями угарным газом [8].

Другая категория пациентов, применение дополнительного кислорода у которых обосновано, это пациенты с черепно-мозговой травмой (ЧМТ). При ЧМТ головной мозг и прилегающие к нему структуры центральной нервной системы подвергаются механическому повреждению с последующей ишемией, усугубляющей вторичное повреждение головного мозга и в конечном итоге приводящей к гибели нейронов [9]. У большинства пациентов с ЧМТ наблюдается снижение церебрального кровотока, повышен-

ный эндотелиальный и периваскулярный отек, увеличивающий диффузионный градиент скорости доставки кислорода (DO_2) из внутрисосудистого пространства в митохондрии нейронов и приводящее к потенциально необратимым повреждениям [10]. Следовательно, нейроны могут оставаться в гипоксии даже при адекватном церебральном кровотоке и нормальной концентрации гемоглобина в крови пациентов. В этой связи патогенетически обосновано применение нормобарической оксигенации для обеспечения адекватного церебрального DO_2 путем преодоления диффузионного барьера, возникающего при тяжелой ЧМТ [10]. Хотя с точки зрения логистики гипербарическая оксигенация (ГБО) более сложна, она также была предложена в качестве эффективного средства лечения ЧМТ, в частности, за счет стимуляции ангиогенеза, что улучшает перфузию в поврежденных структурах и в конечном итоге оказывает благотворное влияние на регрессию когнитивных нарушений (даже через месяцы или годы после травмы) [11].

При систематическом обзоре рандомизированных клинических исследований для оценки дополнительной ценности ГБО была установлена эффективность данной методики в улучшении заживления диабетических язв нижних конечностей у пациентов с сопутствующей ишемией [12].

Применение кислородотерапии обосновано в хирургии для снижения оксидативного стресса, связанного с оперативными вмешательствами на толстом кишечнике. Исследование J. García de la Asunción, опубликованное в британском журнале хирургии, показывает, что 80-процентный кислород предотвращает окисление глутатиона и снижает перекисное окисление липидов при операциях на толстом кишечнике [13].

Нормобарическая и гипербарическая оксигенотерапия нашла свое применение для купирования приступов кластерных головных болей и мигрени, что было продемонстрировано в систематическом обзоре 11 рандомизированных клинических исследований с 209 участниками [14].

Кислородотерапия показала свою эффективность для купирования десатурации и минимализации гемодинамических изменений при эндоскопических вмешательствах у пациентов, которым проводится седация [15]. Исследование, опубликованное в журнале Gastrointestinal Endoscopy, демонстрирует эффективность низкопоточной оксигенотерапии для предотвращения гипоксии во время эндоскопической холангиопанкреатографии [16].

Виды протезирования внешнего дыхания

Оксигенотерапия пациентам проводится строго по показаниям с учетом тяжести их состояния, степени кислородзависимости и принимая во внимание особенности течения заболевания.

В этой связи для адекватной оксигенотерапии применяются разные виды протезирования внешнего дыхания, такие как низкопоточная назальная оксигенация, оксигенотерапия через лицевую маску, оксигенотерапия через маску с

кислородными резервуарами и/или системами клапанов, высокопоточная назальная оксигенация (ВПО), неинвазивная вентиляция легких (НИВЛ), инвазивная вентиляция легких, применяемые в зависимости от тяжести состояния пациента [17].

В большинстве случаев проведение оксигенотерапии начинается с низкопоточной назальной оксигенации, позволяющей создавать поток кислорода 1-6 л/мин и FiO_2 24-45%, или оксигенотерапии через лицевую маску, где поток кислорода составляет 5-10 л/мин, FiO_2 40-60% [18, 19]. Следующий уровень респираторной поддержки, позволяющий достичь FiO_2 40-60% при потоке кислорода 15 л/мин – оксигенотерапия через маску с кислородными резервуарами и/или системами клапанов для ограничения захвата воздуха в помещении [20].

В последние годы широкое применение нашла высокопоточная назальная оксигенация, создающая поток кислорода до 60 л/мин при FiO_2 21-100% и позволяющая создавать повышенное давление в дыхательных путях (ПДКВ) до 2-3 см H_2O [21]. При применении данного вида респираторной поддержки происходит снижение захвата комнатного воздуха, выведение углекислого газа и незначительное повышение среднего давления в дыхательных путях, что обеспечивает эффективное повышение концентрации кислорода в артериальной крови [22]. При проведении исследования J. P. Frat установлено, что проведение оксигенотерапии при помощи ВПО снижает риск интубации и смерти у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС) [23]. В исследовании G. Hernández продемонстрировано снижение риска повторной интубации у пациентов, отлученных от инвазивной искусственной вентиляции легких (ИВЛ), на фоне ВПО по сравнению с традиционной оксигенотерапией [24].

При неэффективности перечисленных выше способов протезирования внешнего дыхания пациентам проводится неинвазивная или инвазивная механическая вентиляция легких при помощи респиратора с возможностью достижения потока кислорода 10-80 л/мин, FiO_2 21-100% и ПДКВ до 5-15 см H_2O при неинвазивной ИВЛ, а также потока кислорода 30-120 л/мин, FiO_2 21-100% и ПДКВ до 5-30 см H_2O при инвазивной ИВЛ. С помощью респиратора возможно более эффективное удаление CO_2 из крови пациентов путем увеличения среднего альвеолярного давления за счет использования положительного ПДКВ или коррекции механики дыхания при применении разных режимов вентиляции, к примеру, более длительных периодов пикового давления вдоха [25].

Актуальность оксигенотерапии при COVID-19

Инфекция COVID-19 при тяжелом течении проявляется тяжелой респираторной недостаточностью и ОРДС, является одним из главных факторов, обуславливающих высокую летальность пациентов в отделениях интенсивной те-

рапии. Применение медицинского кислорода изначально было единственным известным методом лечения респираторной недостаточности и остается одним из наиболее важных направлений в лечении COVID-19 во всем мире.

Учитывая дефицит медицинского кислорода в странах с низким или средним уровнем дохода, COVID-19 поставил под угрозу жизни тысяч пациентов. В этой связи ВОЗ выделяет снабжение кислородом в странах с низким или средним уровнем дохода как глобальную чрезвычайную проблему в области здравоохранения [26,27]. Для оценки мировой потребности в кислороде ВОЗ была разработана методика, показавшая, что только для пациентов с COVID-19 в странах с низким или средним уровнем дохода требуется более 3,6 миллионов кислородных баллонов в сутки [28].

Дефицит медицинского кислорода существовал задолго до появления COVID-19, однако пандемия ускорила глобальную реакцию на снабжение кислородом. В этой связи в апреле 2020 г. была создана инициатива ВОЗ (план АСТ-А) для координации глобальных усилий по разработке инструментов для борьбы с COVID-19 и обеспечения доступа к таким ресурсам странам с низким или средним уровнем дохода [29]. В феврале 2021 г. после нескольких громких сообщений об острой нехватке кислорода и связанной с этим высокой смертностью в нескольких странах с низким или средним уровнем дохода была создана целевая группа АСТ-А по чрезвычайным ситуациям с кислородом, представляющая более 20 глобальных организаций здравоохранения, для решения и предотвращения нехватки медицинского кислорода, которая усугубилась пандемией. В конце 2021 г. обновленный стратегический план АСТ-А предусматривал получение дополнительного финансирования в размере 1,4 миллиарда долларов для продолжения усилий по поставке кислорода и предметов снабжения в страны с низким или средним уровнем дохода в 2022 г. [30].

Эффективность разных методов протезирования функции внешнего дыхания при COVID-19

Во время пандемии COVID-19 неинвазивная респираторная поддержка играет важную роль и является одним из основных методов лечения пациентов с острой гипоксической дыхательной недостаточностью средней и тяжелой степени тяжести. Основное преимущество неинвазивной респираторной поддержки перед ИВЛ заключается в возможности избежать осложнений, связанных с ее проведением, особенно вентилятор-ассоциированной пневмонии, частота развития которой только в США составляет от 250 000 до 300 000 случаев в год, что составляет от 5 до 10 случаев на 1000 госпитализаций при уровне летальности, по данным разных исследований, 30-40% [31-33].

Говоря об оксигенотерапии в период COVID-19, особое внимание следует уделить положению пациентов в постели, а именно прон-позиции. К преимуществам оксигенотерапии в прон-позиции следует отнести расправ-

ление гравитационно-зависимых ателектазов, улучшение вентиляционно-перфузионных соотношений, усиление дренажа секрета дыхательных путей, более равномерную альвеолярную вентиляцию на фоне проведения СРАР-терапии [34]. Об эффективности данной методики свидетельствует исследование, включающее более 600 пациентов с COVID-19, у которых на фоне оксигенотерапии в прон-позиции отмечалось улучшение оксигенации [35]. По результатам мета-анализа с участием 6 рандомизированных клинических испытаний, включающих 1126 пациентов с COVID-19, на фоне оксигенотерапии было продемонстрировано снижение показателей 28-дневной интубации и летальности [36].

Высокопоточная назальная оксигенация проявила себя в качестве эффективного и хорошо переносимого метода респираторной поддержки в терапии COVID-19. Ретроспективный анализ, проведенный Patel и соавт., включающий 445 пациентов с COVID-19, утверждает, что применение ВПО позволяет существенно снизить потребность в инвазивной механической вентиляции, но влияния на снижение летальности не установлено [37]. Большое проспективное многоцентровое обсервационное когортное исследование, в котором анализировалось применение прон-позиции у 55 пациентов с COVID-19-ассоциированной дыхательной недостаточностью из 199 включенных в исследование, демонстрирует, что при неудаче проведения ВПО использование прон-позиции совместно с ВПО позволяет отсрочить перевод пациентов на ИВЛ, однако не снижает риск интубации и не влияет на 28-дневную летальность [38].

Результаты исследования, проведенного Claudia Brusasco, свидетельствуют об эффективности СРАР-терапии у пациентов с COVID-19-ассоциированным повреждением легких средней и тяжелой степени тяжести в качестве альтернативы ранней ИВЛ [39]. Однако по результатам ретроспективного многоцентрового когортного исследования, опубликованного в EClinicalMedicine, не обнаружено различий в показателях выживаемости пациентов в группах, где использовалась стандартная оксигенотерапия в сравнении с группой СРАР [40]. Адаптивное рандомизированное клиническое исследование в параллельных группах с участием 1273 госпитализированных взрослых с острой гипоксической дыхательной недостаточностью, ассоциированной с COVID-19, показывает, что начальная стратегия неинвазивной оксигенотерапии с помощью СРАР или ВПО значительно снижает риск интубации трахеи и показатели летальности в сравнении с группой, где пациентам проводилась традиционная оксигенотерапия [41].

Тяжелая дыхательная недостаточность, вызванная COVID-19-ассоциированной пневмонией, не отвечающей на неинвазивную респираторную поддержку, требует проведения искусственной вентиляции легких. N. John Cronin и соавт. были даны и обоснованы рекомендации по проведению ИВЛ пациентам с тяжелым

COVID-19-ассоциированным ОРДС: дыхательные объемы не должны быть строго ограничены, уровни ПДКВ следует титровать, ориентируясь не на уровень гипоксемии, а на возможность рекрутирования легких; прона-позиция важна как у пациентов со спонтанным дыханием, так и у пациентов, находящихся на ИВЛ [42]. При этом следует констатировать, что летальность при проведении ИВЛ при COVID-19 значимо высокая. Так, результаты, опубликованные в журнале Американской медицинской ассоциации, указывают на смертность в 88% случаев среди госпитализированных в Нью-Йорке [43].

При неэффективности инвазивной ИВЛ пациентам проводится вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВВ ЭКМО). ВВ ЭКМО – это инвазивная жизнеподдерживающая методика, при которой происходит насыщение крови кислородом и удаление углекислого газа, в то время как поврежденные легкие «отдыхают», что дает им время на восстановление. Ведение пациентов на ЭКМО обычно осуществляется в Центрах специализированной медицинской помощи, поскольку для этого требуется опыт и соответствующая квалификация медицинского персонала в лечении

рефрактерной дыхательной недостаточности и тяжелого ОРДС, а также техническая обеспеченность стационара [44]. Результаты систематического обзора и мета-анализа, включающего 134 исследования (4044 пациентов на фоне ВВ ЭКМО), свидетельствуют об эффективности ВВ ЭКМО у пациентов с COVID-19-ассоциированным ОРДС. Летальность среди пациентов, включенных в систематический обзор, составила 39% [45].

Выводы

Согласно литературным данным, основанным на клинических наблюдениях, и актуальной информации отмечено значимое влияние оксигенотерапии в качестве эффективного средства лечения ЧМТ, в частности, за счет стимуляции ангиогенеза, для улучшения заживления диабетических язв нижних конечностей у пациентов с сопутствующей ишемией, для снижения оксидативного стресса, связанного с оперативными вмешательствами на толстом кишечнике. для купирования приступов кластерных головных болей и мигрени и для улучшения респираторного статуса особенно у пациентов с инфекцией COVID-19.

Литература

1. The selection and use of essential medicines: report of the WHO Expert Committee, 2017 (including the 20th WHO model list of essential medicines and the 6th WHO Model list of essential medicines for children) [Electronic resource] / World Health Organization. – Geneva, 2017. – (WHO technical report series ; № 1006). – Mode of access: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259481>. – Date of access: 02.11.2022.
2. The epidemiology of acute respiratory failure in critically ill patients / J. L. Vincent [et al.] // *Chest*. – 2002. – Vol. 121, iss. 5. – P. 1602-1609. – doi: 10.1378/chest.121.5.1602.
3. Highs and lows of hyperoxia: physiological, performance, and clinical aspects / J. V. Brugniaux [et al.] // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2018. – Vol. 315, iss. 1. – P. 1-27. – doi: 10.1152/ajpregu.00165.2017.
4. Oxidative stress: the paradox of aerobic life / K. J. Davies // *Biochem. Soc. Symp.* – 1995. – Vol. 61. – P. 1-31. – doi: 10.1042/bss0610001.
5. Oxygen as an essential medicine: under- and over-treatment of hypoxemia in low- and high-income nations/ T. Sutherland [et al.] // *Crit. Care Med.* – 2016. – Vol. 44, iss. 10. – P. 1015-1016. – doi: 10.1097/CCM.0000000000001912.
6. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group // *Ann. Intern. Med.* – 1980. – Vol. 93, iss. 3. – P. 391-398. – doi: 10.7326/0003-4819-93-3-391.
7. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings / B. R. O'Driscoll [et al.] // *Thorax*. – 2017. – Vol. 72, suppl. 1. – P. ii1-ii90. – doi: dx.doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
8. Weaver, L. K. Clinical practice. Carbon monoxide poisoning / L. K. Weaver // *N. Engl. J. Med.* – 2009. – Vol. 360, iss. 12. – P. 1217-1225. – doi: 10.1056/NEJMc0808891.
9. Brain tissue oxygen monitoring and hyperoxic treatment in patients with traumatic brain injury / C. Beynon [et al.] // *J. Neurotrauma*. – 2012. – Vol. 29, iss. 12. – P. 2109-2123. – doi: 10.1089/neu.2012.2365.
10. Diffusion limited oxygen delivery following head injury / D. K. Menon [et al.] // *Crit. Care Med.* – 2004. – Vol. 32, iss. 12. – P. 1384-1390. – doi: 10.1097/01.CCM.0000127777.16609.08.
11. Hyperbaric oxygen may induce angiogenesis in patients suffering from prolonged post-concussion syndrome due to traumatic brain injury / S. Tal [et al.] // *Restor. Neurol. Neurosci.* – 2015. – Vol. 33, iss. 6. – P. 943-951. – doi: 10.3233/RNN-150585.
12. Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review / R. M. Stoekenbroek [et al.] // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2014. – Vol. 47, iss. 6. – P. 647-655. – doi: 10.1016/j.ejvs.2014.03.005.
13. Inspired supplemental oxygen reduces markers of oxidative stress during elective colon surgery / J. García de la Asunción [et al.] // *Br. J. Surg.* – 2007. – Vol. 94, iss. 4. – P. 475-477. – doi: 10.1002/bjs.5497.
14. Normobaric and hyperbaric oxygen therapy for the treatment and prevention of migraine and cluster headache / M. H. Bennett [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2015. – № 12. – Art. CD005219. – doi: 10.1002/14651858.CD005219.pub3.
15. The effect of supplemental oxygen in sedated and unsedated patients undergoing upper gastrointestinal endoscopy / A. Al-Qoraini [et al.] // *J. Int. Med. Res.* – 1993. – Vol. 21, iss. 4. – P. 165-170. – doi: 10.1177/030006059302100401.
16. Supplemental low flow oxygen prevents hypoxia during endoscopic cholangiopancreatography / L. Crantock [et al.] // *Gastrointest Endosc.* – 1992. – Vol. 38, iss. 4. – P. 418-420. – doi: 10.1016/S0016-5107(92)70468-4.
17. Oxygen as an Essential Medicine / M. F. Mart [et al.] // *Crit. Care Clin.* – 2022. – Vol. 38, iss. 4. – P. 795-808. – doi: 10.1016/j.ccc.2022.06.010.
18. Variability of inspired oxygen concentration with nasal cannulas / E. A. Bazuaye [et al.] // *Thorax*. –

1992. – Vol. 47, iss. 12. – P. 1086. – doi: dx.doi.org/10.1136/thx.47.12.1086.
19. AARC Clinical Practice Guideline: oxygen therapy for adults in the acute care facility-2002 revision & update / T. J. Kallstrom // *Respir. Care.* – 2002. – Vol. 47, iss. 6. – P. 717-720.
 20. Bateman, N. T. ABC of oxygen. Acute oxygen therapy / N. T. Bateman, R. M. Leach // *BMJ.* – 1998. – Vol. 317, iss. 7161. – P. 798-801. – doi: 10.1136/bmj.317.7161.798.
 21. A systematic review of the high-flow nasal cannula for adult patients / Y. Helviz [et al.] // *Crit Care.* – 2018. – Vol. 22, iss. 1. – Art. 71. – doi: 10.1186/s13054-018-1990-4.
 22. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis / B. Rochweg [et al.] // *Intensive Care Med.* – 2019. – Vol. 45, iss. 5. – P. 563-572. – doi: 10.1007/s00134-019-05590-5.
 23. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure / J. P. Frat [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2015. – Vol. 372, iss. 23. – P. 2185-2196. – doi: 10.1056/NEJMoa1503326.
 24. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs non-invasive ventilation on reintubation and postextubation respiratory failure in high-risk patients: a randomized clinical trial / G. Hernández [et al.] // *JAMA.* – 2016. – Vol. 316, iss. 15. – P. 1565-1574. – doi: 10.1001/jama.2016.14194.
 25. Fifty years of mechanical ventilation-1970s to 2020 / N. MacIntyre [et al.] // *Crit. Care Med.* – 2021. – Vol. 49, iss. 4. – P. 558-574. – doi: 10.1097/CCM.0000000000004894.
 26. Usher, A. D. Medical oxygen crisis: a belated COVID-19 response / A. D. Usher // *Lancet.* – 2021. – Vol. 397, iss. 10277. – P. 868-869. – doi: 10.1016/S0140-6736(21)00561-4.
 27. Clinical management and mortality among COVID-19 cases in sub-Saharan Africa: a retrospective study from Burkina Faso and simulated case analysis / L. Skrip [et al.] // *Int. J. Infect. Dis.* – 2020. – Vol. 101. – P. 194-200. – doi: 10.1016/j.ijid.2020.09.1432.
 28. COVID-19 oxygen needs tracker [Electronic resource] / PATH. – Mode of access: <https://www.path.org/programs/market-dynamics/covid-19-oxygen-needs-tracker>. – Date of access: 02.11.2022.
 29. The access to COVID-19 tools (ACT) accelerator [Electronic resource] / World Health Organization. – Mode of access: <https://www.who.int/initiatives/act-accelerator>. – Date of access: 02.11.2022.
 30. The ACT-A Oxygen Emergency Taskforce...one year on : statement 23.02.2022 [Electronic resource] / Unitaid ; Every Breath Counts. – Mode of access: <https://stoppneumonia.org/wp-content/uploads/2022/02/ACTA-OxygenTaskforceAnniversaryStatement23February2022.pdf>. – Date of access: 02.11.2022.
 31. Nosocomial infections in medical intensive care units in the United States. National Nosocomial Infections Surveillance System / M. J. Richards [et al.] // *Crit. Care Med.* – 1999. – Vol. 27, iss. 5 – P. 887-892. – doi: 10.1097/00003246-199905000-00020.
 32. Prolongation of hospital stay and extra costs due to ventilator-associated pneumonia in an intensive care unit / I. Kappstein [et al.] // *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* – 1992. – Vol. 11, iss. 6. – P. 504-508. – doi: 10.1007/BF01960804.
 33. Effect of ventilator-associated pneumonia on mortality and morbidity / L. Papazian [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 1996. – Vol. 154, iss. 1. – P. 91-97. – doi 10.1164/ajrccm.154.1.8680705.
 34. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) : временные методические рекомендации [Электронный ресурс] / С. Н. Авдеев [и др.]. – Mode of access: http://edu.rosminzdrav.ru/fileadmin/user_upload/specialists/COVID-19/MR_COVID-19_v7.pdf. – Date of access: 02.11.2022.
 35. Conscious Proning: An Introduction of a Proning Protocol for Nonintubated, Awake, Hypoxic Emergency Department COVID-19 Patients / L. G. Jiang [et al.] // *Acad. Emerg. Med.* – 2020. – Vol. 27, iss. 7 – P. 566-569. – doi: 10.1111/acem.14035.
 36. Awake Prone Positioning Meta-Trial Group. Awake prone positioning for COVID-19 acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, controlled, multinational, open-label meta-trial / S. Ehrmann [et al.] // *Lancet Respir. Med.* – 2021. – Vol. 9, iss. 12 – P. 1387-1395. – doi: 10.1016/S2213-2600(21)00356-8.
 37. Retrospective analysis of high flow nasal therapy in COVID-19-related moderate-to-severe hypoxaemic respiratory failure / M. Patel [et al.] // *BMJ Open Respir. Res.* – 2020. – Vol. 7, iss. 1. – Art. e000650. – doi: 10.1136/bmjresp-2020-000650.
 38. Awake prone positioning does not reduce the risk of intubation in COVID-19 treated with high-flow nasal oxygen therapy: a multicenter, adjusted cohort study / C. Ferrando [et al.] // *Crit. Care.* – 2020. – Vol. 24, iss. 1. – Art. 597. – doi: 10.1186/s13054-020-03314-6.
 39. Continuous positive airway pressure in COVID-19 patients with moderate-to-severe respiratory failure / C. Brusasco [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 2021. – Vol. 57, iss. 2. – P. 2002524. – doi: 10.1183/13993003.02524-2020.
 40. Conventional oxygen therapy versus CPAP as a ceiling of care in ward-based patients with COVID-19: a multi-centre cohort evaluation / P. Bradley [et al.] // *EClinicalMedicine.* – 2021. – Vol. 40. – P. 101122. – doi: 10.1016/j.eclinm.2021.101122.
 41. Effect of Noninvasive Respiratory Strategies on Intubation or Mortality Among Patients with Acute Hypoxemic Respiratory Failure and COVID-19: The RECOVERY-RS Randomized Clinical Trial / G. D. Perkins [et al.] // *JAMA.* – 2022. – Vol. 327, iss. 6. – P. 546-558. – doi: 10.1001/jama.2022.0028.
 42. Mechanical ventilation in COVID-19: A physiological perspective / J. N. Cronin [et al.] // *Exp. Physiol.* – 2022. – Vol. 107, iss. 7. – P. 683-693. – doi: 10.1113/EP089400.
 43. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized with COVID-19 in the New York City Area / S. Richardson [et al.] // *JAMA.* – 2020. – Vol. 323, iss. 20. – P. 2052-2059. – doi: 10.1001/jama.2020.6775.
 44. Venovenous ECMO treatment, outcomes, and complications in adults according to large case series: A systematic review / J. H. Kim [et al.] // *Int. J. Artif. Organs.* – 2021. – Vol. 44, iss. 7. – P. 481-488. – doi: 10.1177/0391398820975408.
 45. ECMO in COVID-19 Patients: A Systematic Review and Meta-analysis / P. Bertini [et al.] // *J Cardiothorac. Vasc. Anesth.* – 2022. – Vol. 36, iss. 8 (pt. A). – P. 2700-2706. – doi: 10.1053/j.jvca.2021.11.006.

References

1. World Health Organization. The selection and use of essential medicines: report of the WHO Expert Committee, 2017 (including the 20th WHO model list of essential medicines and the 6th WHO Model list of essential medicines for children) [Internet]. Geneva; 2017. (WHO

- technical report series; no. 1006). Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259481>.
2. Vincent JL, Akça S, De Mendonça A, Haji-Michael P, Sprung C, Moreno R, Antonelli M, Suter PM. The epidemiology of acute respiratory failure in critically ill patients. *Chest*. 2002;121(5):1602-9. doi: 10.1378/chest.121.5.1602.
 3. Brugniaux JV, Coombs GB, Barak OF, Dujic Z, Sekhon MS, Ainslie PN. Highs and lows of hyperoxia: physiological, performance, and clinical aspects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2018;315(1):1-27. doi: 10.1152/ajp-regu.00165.2017.
 4. Davies KJ. Oxidative stress: the paradox of aerobic life. *Biochem Soc Symp*. 1995;61:1-31. doi: 10.1042/bss0610001.
 5. Sutherland T, Musafiri S, Twagirumugabe T, Talmor D, Riviello ED. Oxygen as an Essential Medicine: Under- and Over-Treatment of Hypoxemia in Low- and High-Income Nations. *Crit Care Med*. 2016;44(10):1015-6. doi: 10.1097/CCM.0000000000001912.
 6. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. *Ann Intern Med*. 1980;93(3):391-8. doi: 10.7326/0003-4819-93-3-391.
 7. O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax*. 2017;72(Suppl 1):ii1-ii90. doi: 10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
 8. Weaver LK. Clinical practice. Carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med*. 2009;360(12):1217-25. doi: 10.1056/NEJMc0808891.
 9. Beynon C, Kiening KL, Orakcioglu B, Unterberg AW, Sakowitz OW. Brain tissue oxygen monitoring and hyperoxic treatment in patients with traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2012;29(12):2109-23. doi: 10.1089/neu.2012.2365.
 10. Menon DK, Coles JP, Gupta AK, Fryer TD, Smielewski P, Chatfield DA, Aigbirhio F, Skepper JN, Minhas PS, Hutchinson PJ, Carpenter TA, Clark JC, Pickard JD. Diffusion limited oxygen delivery following head injury. *Crit Care Med*. 2004;32(6):1384-90. doi: 10.1097/01.ccm.0000127777.
 11. Tal S, Hadanny A, Berkovitz N, Sasson E, Ben-Jacob E, Efrati S. Hyperbaric oxygen may induce angiogenesis in patients suffering from prolonged post-concussion syndrome due to traumatic brain injury. *Restor Neurol Neurosci*. 2015;33(6):943-51. doi: 10.3233/RNN-150585.
 12. Stoekenbroek RM, Santema TB, Legemate DA, Ubbink DT, van den Brink A, Koelemay MJ. Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2014;47(6):647-55. doi: 10.1016/j.ejvs.2014.03.005.
 13. García de la Asunción J, Belda FJ, Greif R, Barber G, Viña J, Sastre J. Inspired supplemental oxygen reduces markers of oxidative stress during elective colon surgery. *Br J Surg*. 2007;94(4):475-7. doi: 10.1002/bjs.5497.
 14. Bennett MH, French C, Schnabel A, Wasiak J, Kranke P, Weibel S. Normobaric and hyperbaric oxygen therapy for the treatment and prevention of migraine and cluster headache. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(12):CD005219. doi: 10.1002/14651858.CD005219.pub3.
 15. Al-Qorain A, Adu-Gyamfi Y, Larbi EB, Al-Shedokhi F. The Effect of Supplemental Oxygen in Sedated and Unsedated Patients Undergoing Upper Gastrointestinal Endoscopy. *J Int Med Res*. 1993;21(4):165-170. doi: 10.1177/030006059302100401.
 16. Crantock L, Cowen AE, Ward M, Roberts RK. Supplemental low flow oxygen prevents hypoxia during endoscopic cholangiopancreatography. *Gastrointest Endosc*. 1992;38(4):418-20. doi: 10.1016/s0016-5107(92)70468-4.
 17. Mart MF, Sendagire C, Ely EW, Riviello ED, Twagirumugabe T. Oxygen as an Essential Medicine. *Crit Care Clin*. 2022;38(4):795-808. doi: 10.1016/j.ccc.2022.06.010.
 18. Davies RJ, Hopkin JM. Variability of inspired oxygen concentration with nasal cannulas. *Thorax*. 1992;47(12):1086. doi: 10.1136/thx.47.12.1086.
 19. Kallstrom TJ. AARC Clinical Practice Guideline: oxygen therapy for adults in the acute care facility-2002 revision & update. *Respir Care*. 2002;47(6):717-20.
 20. Bateman NT, Leach RM. ABC of oxygen. Acute oxygen therapy. *BMJ*. 1998;317(7161):798-801. doi: 10.1136/bmj.317.7161.798.
 21. Helviz Y, Einav S. A Systematic Review of the High-flow Nasal Cannula for Adult Patients. *Crit Care*. 2018;22(1):71. doi: 10.1186/s13054-018-1990-4.
 22. Rochweg B, Granton D, Wang DX, Helviz Y, Einav S, Frat JP, Mekontso-Dessap A, Schreiber A, Azoulay E, Mercat A, Demoule A, Lemiale V, Pesenti A, Riviello ED, Mauri T, Mancebo J, Brochard L, Burns K. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2019;45(5):563-572. doi: 10.1007/s00134-019-05590-5.
 23. Frat JP, Thille AW, Mercat A, Girault C, Ragot S, Perbet S, Prat G, Boulain T, Morawiec E, Cottreau A, Devaquet J, Nseir S, Razazi K, Mira JP, Argaud L, Chakarian JC, Ricard JD, Wittebole X, Chevalier S, Herblant A, Fartoukh M, Constantin JM, Tonnelier JM, Pierrot M, MATHONNET A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med*. 2015;372(23):2185-96. doi: 10.1056/NEJMoa1503326.
 24. Hernández G, Vaquero C, Colinas L, Cuenca R, González P, Canabal A, Sanchez S, Rodriguez ML, Villascasas A, Fernández R. Effect of Postextubation High-Flow Nasal Cannula vs Noninvasive Ventilation on Reintubation and Postextubation Respiratory Failure in High-Risk Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2016;316(15):1565-1574. doi: 10.1001/jama.2016.14194.
 25. MacIntyre N, Rackley C, Khusid F. Fifty Years of Mechanical Ventilation-1970s to 2020. *Crit Care Med*. 2021;49(4):558-574. doi: 10.1097/CCM.0000000000004894.
 26. Usher AD. Medical oxygen crisis: a belated COVID-19 response. *Lancet*. 2021;397(10277):868-869. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00561-4.
 27. Skrip L, Derra K, Kaboré M, Noori N, Gansané A, Valéa I, Tinto H, Brice BW, Gordon MV, Hagedorn B, Hien H, Althouse BM, Wenger EA, Ouédraogo AL. Clinical management and mortality among COVID-19 cases in sub-Saharan Africa: A retrospective study from Burkina Faso and simulated case analysis. *Int J Infect Dis*. 2020;101:194-200. doi: 10.1016/j.ijid.2020.09.1432.
 28. PATH. COVID-19 oxygen needs tracker [Internet]. Available from: <https://www.path.org/programs/market-dynamics/covid-19-oxygen-needs-tracker/>
 29. World Health Organization. The access to COVID-19 tools (ACT) accelerator [Internet]. Available from: <https://www.who.int/initiatives/act-accelerator>
 30. Unitaid; Every Breath Counts. The ACT-A Oxygen Emergency Taskforce...one year on [Internet]. Statement 23 Feb. 2022. Available from: <https://stopppneumonia.org/>

- wp-content/uploads/2022/02/ACTAOxygenTaskforceAnniversaryStatement23February2022.pdf
31. Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, Gaynes RP. Nosocomial infections in medical intensive care units in the United States. National Nosocomial Infections Surveillance System. *Crit Care Med.* 1999;27(5):887-92. doi: 10.1097/00003246-199905000-00020.
 32. Kappstein I, Schulgen G, Beyer U, Geiger K, Schumacher M, Daschner FD. Prolongation of hospital stay and extra costs due to ventilator-associated pneumonia in an intensive care unit. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 1992;11(6):504-8. doi: 10.1007/BF01960804.
 33. Papazian L, Bregeon F, Thirion X, Gregoire R, Saux P, Denis JP, Perin G, Charrel J, Dumon JF, Affray JP, Gouin F. Effect of ventilator-associated pneumonia on mortality and morbidity. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154(1):91-7. doi: 10.1164/ajrccm.154.1.8680705.
 34. Avdeev SN, Adamjan LV, Alekseeva EI, Bagnenko SF, Baranov AA, Baranova NN, Belevskij AS, Belkin AA, Beloborodov VB, Bodrova RA, Bujlova TV, Bojko EA, Briko NI, Brusina EB, Vavilova TV, Vajsman DSH, Vasileva EJu, Vasileva IA, Vasileva NV, Veselova EI, Vishneva EA, Volchkova EV, Volchenkov GV, Gaponova TV, Godkov MA, i dr. Profilaktika, diagnostika i lechenie novoj koronavirusnoj infekcii (COVID-19) [Internet]. Available from: http://edu.rosminzdrav.ru/fileadmin/user_upload/specialists/COVID-19/MR_COVID-19_v7.pdf (Russian).
 35. Jiang LG, LeBaron J, Bodnar D, Caputo ND, Chang BP, Chiricolo G, Flores S, Kenny J, Melville L, Sayan OR, Sharma M, Shemesh A, Suh E, Farmer B. Conscious Prone: An Introduction of a Prone Protocol for Nonintubated, Awake, Hypoxic Emergency Department COVID-19 Patients. *Acad Emerg Med.* 2020;27(7):566-569. doi: 10.1111/acem.14035.
 36. Ehrmann S, Li J, Ibarra-Estrada M, Perez Y, Pavlov I, McNicholas B, Roca O, Mirza S, Vines D, Garcia-Salcido R, Aguirre-Avalos G, Trump MW, Nay MA, Dellamonica J, Nseir S, Mogri I, Cosgrave D, Jayaraman D, Masclans JR, Laffey JG, Tavernier E. Awake prone positioning for COVID-19 acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, controlled, multinational, open-label meta-trial. *Lancet Respir Med.* 2021;9(12):1387-1395. doi: 10.1016/S2213-2600(21)00356-8.
 37. Patel M, Gangemi A, Marron R, Chowdhury J, Yousef I, Zheng M, Mills N, Tragesser L, Giurintano J, Gupta R, Gordon M, Rali P, D'Alonso G, Fleece D, Zhao H, Patlakh N, Criner G. Retrospective analysis of high flow nasal therapy in COVID-19-related moderate-to-severe hypoxaemic respiratory failure. *BMJ Open Respir Res.* 2020;7(1):e000650. doi: 10.1136/bmjresp-2020-000650.
 38. Ferrando C, Mellado-Artigas R, Gea A, Arruti E, Aldecoa C, Adalia R, Ramasco F, Monedero P, Maseda E, Tamayo G, Hernández-Sanz ML, Mercadal J, Martín-Grande A, Kacmarek RM, Villar J, Suárez-Sipmann F. Awake prone positioning does not reduce the risk of intubation in COVID-19 treated with high-flow nasal oxygen therapy: a multicenter, adjusted cohort study. *Crit Care.* 2020;24(1):597. doi: 10.1186/s13054-020-03314-6.
 39. Brusasco C, Corradi F, Di Domenico A, Raggi F, Timossi G, Santori G, Brusasco V. Continuous positive airway pressure in COVID-19 patients with moderate-to-severe respiratory failure. *Eur Respir J.* 2021;57(2):2002524. doi: 10.1183/13993003.02524-2020.
 40. Bradley P, Wilson J, Taylor R, Nixon J, Redfern J, Whittemore P, Gaddah M, Kavuri K, Haley A, Denny P, Withers C, Robey RC, Logue C, Dahanayake N, Min DSH, Coles J, Deshmukh MS, Ritchie S, Malik M, Abdelaal H, Sivabalah K, Hartshorne MD, Gopikrishna D, Ashish A, Nuttall E, et al. Conventional oxygen therapy versus CPAP as a ceiling of care in ward-based patients with COVID-19: a multi-centre cohort evaluation. *EclinicalMedicine.* 2021;40:101122. doi: 10.1016/j.eclinm.2021.101122.
 41. Perkins GD, Ji C, Connolly BA, Couper K, Lall R, Baillie JK, Bradley JM, Dark P, Dave C, De Soyza A, Dennis AV, Devrell A, Fairbairn S, Ghani H, Gorman EA, Green CA, Hart N, Hee SW, Kimbley Z, Madathil S, McGowan N, Messer B, Naisbitt J, Norman C, Parekh D, et al. Effect of Noninvasive Respiratory Strategies on Intubation or Mortality Among Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure and COVID-19: The RECOVERY-RS Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2022;327(6):546-558. doi: 10.1001/jama.2022.0028.
 42. Cronin JN, Camporota L, Formenti F. Mechanical ventilation in COVID-19: A physiological perspective. *Exp Physiol.* 2022;107(7):683-693. doi: 10.1113/EP089400.
 43. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, Barnaby DP, Becker LB, Chelico JD, Cohen SL, Cookingham J, Coppa K, Diefenbach MA, Dominello AJ, Duer-Hefele J, Falzon L, Gitlin J, Hajizadeh N, Harvin TG, Hirschwerk DA, Kim EJ, Kozel ZM, Marrast LM, Mogavero JN, Osorio GA, et al. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area. *JAMA.* 2020;323(20):2052-2059. doi: 10.1001/jama.2020.6775.
 44. Kim JH, Pieri M, Landoni G, Scandroglio AM, Calabrò MG, Fominskiy E, Lembo R, Heo MH, Zangrillo A. Venovenous ECMO treatment, outcomes, and complications in adults according to large case series: A systematic review. *Int J Artif Organs.* 2021;44(7):481-488. doi: 10.1177/0391398820975408.
 45. Bertini P, Guarracino F, Falcone M, Nardelli P, Landoni G, Nocchi M, Paternoster G. ECMO in COVID-19 Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2022;36(8Pt A):2700-2706. doi: 10.1053/j.jvca.2021.11.006.

THE CLINICAL SIGNIFICANCE OF OXYGEN THERAPY IN THE COMPLEX TREATMENT OF DISEASES OF VARIOUS NOSOLOGIES IN SURGICAL AND THERAPEUTIC PRACTICE, IN PARTICULAR COVID-19

D. N. Rakashevich, R. E. Yakubtsevich

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Background. The relevance of the review is associated with the role of oxygen therapy as one of the most popular methods of treating patients with a number of pathologies of the respiratory system.

Objective. To conduct a literature review on the clinical significance of medical oxygen, as well as the role of oxygen therapy during the COVID-19 pandemic.

Material and methods. 45 literature sources were analyzed.

Results. Data were obtained on the significance of oxygen therapy in the treatment of diseases of various nosologies, both in surgical and therapeutic practice, and especially during the COVID-19 pandemic.

Conclusions. On the basis of clinical observations, significant influence of oxygen therapy as a component of the complex therapy in patients with various pathologies of the respiratory system and respiratory failure was established.

Keywords: oxygen therapy, medical oxygen, oxygen therapy, supplemental oxygen, COVID-19, mechanical ventilation, extracorporeal membrane oxygenation, high-flow nasal oxygenation.

For citation: Rakashevich DN, Yakubtsevich RE. The clinical significance of oxygen therapy in the complex treatment of diseases of various nosologies in surgical and therapeutic practice, in particular COVID-19. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2023;21(2):110-117. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2023-21-2-110-117>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Об авторах / About the authors

*Ракашевич Дмитрий Николаевич / Rakashevich Dmitry, e-mail: wwwrakashevichdima2011@mail.ru

Якубцевич Руслан Эдвардович / Yakubtsevich Ruslan, e-mail: jackruslan@tut.by, ORCID: 0000-0002-8699-8216

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 28.11.2022

Принята к публикации / Accepted for publication: 21.03.2023