

Гипербарическая оксигенация в реабилитации больных, перенесших COVID-19

К. Н. Поляков¹, С. В. Левончук², М. А. Лаперишвили¹

¹ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 13 Департамента здравоохранения Москвы»

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

Тяжелыми осложнениями COVID-19 являются пневмония и развитие острого респираторного дистресс-синдрома, что сопровождается гипоксией. Гипоксия тканей усиливается на фоне воспалительных реакций и гиперкоагуляции. Гипербарическая оксигенация может эффективно снижать системную гипоксию, улучшать кровообращение, оказывает благотворное влияние на уменьшение выраженности воспалительного состояния путем модулирования окислительного стресса, включая перекисное окисление липидов, и увеличения антиоксидантных ферментов. Обзор клинических исследований, проведенных в разных странах, показывает общую эффективность системной поддерживающей терапии с включением гипербарической оксигенации, которая позволяет сократить использование искусственной вентиляции легких и снизить уровень смертности тяжелых пациентов с COVID-19. В статье представлены результаты собственных исследований по реабилитации 10 пациентов, переболевших тяжелой формой COVID-19. Включение в реабилитацию больных COVID-19 ежедневных сеансов гипербарической оксигенации в «мягких» режимах (1,4–1,6 ATA) в комплексе с дыхательной и физической гимнастикой показало положительный эффект и безопасность. У пациентов уменьшилась одышка, улучшились показатели сатурации крови, когнитивные функции, снизилась выраженность тревожности и депрессии, повысилась толерантность к физическим нагрузкам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гипербарическая оксигенация, COVID-19, реабилитация, клиническое наблюдение.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Hyperbaric oxygen therapy in rehabilitation of patients after COVID-19

K. N. Polyakov¹, S. V. Levonchuk², M. A. Laperishvili¹

¹City Clinical Hospital No. 13, Moscow, Russia

²Russian National Research Medical University n.a. N. I. Pirogov, Moscow, Russia

SUMMARY

Severe complications of COVID-19 are pneumonia and the development of acute respiratory distress syndrome, which is accompanied by hypoxia. Tissue hypoxia increases against the background of inflammatory reactions and hypercoagulation. Hyperbaric oxygenation can effectively reduce systemic hypoxia, improve blood circulation, has a beneficial effect on reducing the severity of the inflammatory condition by modulating oxidative stress, including lipid peroxidation, and increasing antioxidant enzymes. A review of clinical studies conducted in different countries shows the overall effectiveness of systemic maintenance therapy with the inclusion of hyperbaric oxygenation, which reduces the use of artificial ventilation and reduces the mortality rate of severely ill patients with COVID-19. The article presents the results of our own research on the rehabilitation of 10 patients who had a severe form of COVID-19. The inclusion in the rehabilitation of COVID-19 patients of daily sessions of hyperbaric oxygenation in 'soft' modes (1.4–1.6 ATA) in combination with respiratory and physical gymnastics showed a positive effect and safety. In patients, shortness of breath decreased, blood saturation indicators improved, cognitive functions decreased, the severity of anxiety and depression decreased, and exercise tolerance increased.

KEY WORDS: hyperbaric oxygenation, COVID-19, rehabilitation, clinical observation.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Кислород является важным компонентом нормального обмена веществ, жизненно необходимым для всех тканей организма, и успешно используется в терапевтических целях. Гипероксия улучшает оксигенацию тканей, оказывает противовоспалительное и антибактериальное действие, усиливает механизмы восстановления тканей [1]. По мнению экспертов, тканевая гипоксия приводит к системной воспалительной реакции, которая во многих случаях сопровождается полиорганной дисфункцией [2–4]. Гипербарическая оксигенация (ГБО) уменьшает выраженность воспаления путем модулирования окислительного стресса, включая перекисное окисление липидов и увеличение антиоксидантных ферментов [5, 6]. Протективное

действие ГБО на воспалительную реакцию и уровень цитокинов было продемонстрировано в исследованиях на животных [7, 8]. Предполагается, что гипербарический кислород оказывает влияние на регуляцию воспаления за счет повышения активности мезенхимальных стволовых клеток [9].

Исследования ГБО свидетельствуют об эффективности ее применения при церебральном ишемическом инсульте, интоксикации угарным газом, некротизирующих инфекциях мягких тканей, хронических язвах кожи, черепно-мозговых травмах и др. [10, 11]. В современной практике ГБО применяется для лечения заболеваний дыхательной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем.



Рисунок. Процедура гипербарической оксигенации.

Грипп, коронавирусная инфекция и другие острые респираторные вирусные инфекции являются наиболее распространенными инфекционными заболеваниями, протекающими с поражением дыхательной системы [12–14]. Характерной особенностью COVID-19 является гипоксия из-за дисфункции легких при пневмонии, приводящей к острому респираторному дистресс-синдрому. Гипоксия тканей усиливается на фоне воспалительных реакций и гиперкоагуляции. Оксигенотерапия играет важную роль в облегчении дыхательной недостаточности. Однако некоторые пациенты COVID-19 с тяжелой гипоксемией, несмотря на введение высоких фракций кислорода и проведение искусственной вентиляции легких, не могут быть адекватно насыщены кислородом [15]. ГБО – самая мощная из известных методов оксигенотерапии, который может быть эффективным у тяжелобольных пациентов с COVID-19. Результаты исследований показывают, что пациенты с COVID-19 после гипербарического воздействия сохраняют улучшенный кислородный статус в течение нескольких часов [1].

Китайские исследователи провели лечение ГБО у пациентов с тяжелой формой COVID-19 и пришли к выводу, что ГБО эффективно влияет на системную гипоксию, улучшает кровообращение и иммунную функцию. Раннее лечение ГБО тяжелых пациентов с COVID-19 может повысить общую эффективность системной поддерживающей терапии, сократить использование искусственной вентиляции легких и снизить уровень смертности [16]. Профессор P. G. Harch из Университета штата Луизиана в Новом Орлеане пришел к выводу, что всего 3–8 сеансов ГБО способствуют снижению риска развития острого респираторного дистресс-синдрома [17].

На сайте *clinicaltrials.gov* опубликовано 11 исследований, посвященных изучению влияния ГБО на пациентов, инфицированных SARS-Cov-2. В публикации из Китая сообщалось об успешных результатах у пяти тяжелобольных пациентов, у которых ГБО предотвратила перевод на искусственную вентиляцию легких [16, 18]. S. A. Gorenstein и его коллеги сообщили об исследовании 20 пациентов, получавших ГБО, которая, по сравнению

с контрольной группой, показала свою эффективность и безопасность [19]. По результатам лечения пациентов D. Guo *et al.* также были сделаны выводы, что терапия ГБО может быстро улучшить прогрессирующую гипоксемию у пациентов с пневмонией, вызванной COVID-19 [20]. Исследования турецких ученых-медиков по использованию многоместной гипербарической камеры показали низкий риск возможного перекрестного инфицирования пациентов во время проведения процедур ГБО [21], что позволяет увеличить число пациентов, получающих это лечение.

Методические рекомендации по реабилитации пациентов после COVID-19 наряду с лекарственной терапией рекомендуют активное применение лечебной физкультуры и различных видов физиотерапевтических процедур, включая ГБО [22, 23]. Методические рекомендации МЗ РФ «Гипербарическая оксигенация в реаниматологии и интенсивной терапии» 2021 года выделяют следующие показания к применению ГБО: острая дыхательная недостаточность, снижение сатурации (SpO_2) ниже 94 %, нарушение микроциркуляции с образованием микротромбов, КТ-2–4, отлучение от НИВЛ, от масочного и высокопоточного кислорода, период ранней и отдаленной реабилитации. Лечение должно осуществляться в стационарных барокамерах в режиме 1,4–1,8 АТА (абсолютных атмосфер), время экспозиции – 40–90 мин [24].

В ГКБ № 13 (Москва) проводится реабилитация пациентов, переболевших тяжелой формой COVID-19, с поражением легочной ткани более 50 %. В курс входят ГБО «мягких» режимов (до 1,4 АТА) с последующей коррекцией давления (не выше 1,6 АТА), длительностью 45 мин, на аппарате БЛКС-303МК (см. рис.). За 2020 год ГБО прошли 80 пациентов, перенесших COVID-19. В комплексную программу реабилитации также входят ежедневные занятия физической и дыхательной гимнастикой.

Во время курса ГБО нежелательных явлений у пациентов выявлено не было. По окончании проведенного курса все переболевшие, которые участвовали в исследовании, отметили субъективно хороший результат – уменьшилась выраженность одышки, улучшилось общее самочувствие и эмоциональное состояние, повысилась работоспособность. После курса комплексной реабилитации, включая ГБО, проведено обследование 10 пациентов. Были отмечены объективные улучшения: 1) улучшились показатели сатурации кислорода (выше 98 %); 2) повысилась толерантность к физическим нагрузкам. Тест 6-минутной ходьбы: до реабилитации – $401,25 \pm 60,50$, после – $577,50 \pm 18,70$ м; 3) улучшились когнитивные функции (по тесту кратковременной памяти на слова); 4) госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS): до реабилитации – субклинически выраженная депрессия ($8,25 \pm 1,70$) балла, после реабилитации наблюдалось отсутствие депрессии ($2,2 \pm 1,2$ балла); до реабилитации – субклинически выраженная тревога ($16,3 \pm 2,2$ балла), после реабилитации – отсутствие достоверно выраженных симптомов тревоги ($3,2 \pm 1,2$ балла).

Выводы

Включение в реабилитацию больных COVID-19 ежедневных сеансов гипербарической оксигенации в «мягких» режимах (1,4–1,6 АТА) в комплексе с дыхательной и физической гимнастикой показало положительный эффект и безопасность.

Список литературы / References

1. Paganini M., Bosco G., Perozzo F.A.G., Kohlscheen E., Sonda R., Bassetto F., et al. Role of Hyperbaric Oxygen Treatment for COVID-19: A Review. *Adv Exp Med Biol.* 2021; 1289: 27–35. DOI: 10.1007/5584_2020_568.
2. Чукаева И.И., Орлова Н.В., Алешкин В.А., Пухальский А.А., Алексеева Е.Г., Горина О.Н. и др. Воспалительные реакции у больных ишемической болезнью сердца с сопутствующими ожирением и сахарным диабетом 2-го типа. *Клиническая медицина.* 2008. Т. 86. № 1. С. 27–30. <https://medlit.ru/journal>
3. Чукаева И.И., Орлова Н.В., Хавка Н.Н., Клепикова М.В. Изучение факторов воспаления у больных с метаболическим синдромом. *Лечебное дело.* 2010. № 4. С. 50–56. <https://cyberleninka.ru>
4. Чукаева И.И., Клепикова М.В., Орлова Н.В., Никонова А.С., Денисова Н.Н. Новые факторы риска ишемической болезни сердца у женщин. *Лечебное дело.* 2011. № 2. С. 28–33. <https://cyberleninka.ru>
5. Thom S.R., Bhopale V.M., Yang M., Bogush M., Huang S., Milovanova T.N. Neutrophil beta2 integrin inhibition by enhanced interactions of vasodilator-stimulated phosphoprotein with S-nitrosylated actin. *J Biol Chem.* 2011 Sep 16; 286 (37): 32854–65. DOI: 10.1074/jbc.M111.255778.
6. Bosco G., Yang Z.J., Nandi J., Wang J., Chen C., Camporesi E.M. Effects of hyperbaric oxygen on glucose, lactate, glycerol and anti-oxidant enzymes in the skeletal muscle of rats during ischaemia and reperfusion. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007 Jan-Feb; 34 (1–2): 70–6. DOI: 10.1111/j.1440-1681.2007.04548.x.
7. Halbach J.L., Prieto J.M., Wang A.W., Hawisher D., Cauvi D.M., Reyes T., et al. Early hyperbaric oxygen therapy improves survival in a model of severe sepsis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2019 Jul 1; 317 (1): R160–R168. DOI: 10.1152/ajpregu.00083.2019.
8. Pedoto A., Nandi J., Yang Z.J., Wang J., Bosco G., Oler A., et al. Beneficial effect of hyperbaric oxygen pretreatment on lipopolysaccharide-induced shock in rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2003 Jul; 30 (7): 482–8. DOI: 10.1046/j.1440-1681.2003.03865.x.
9. Feldmeier J.J., Kirby J.P., Buckley J.C., Denham D.W., Evangelista J.S., Gelly H.B., et al. Physiologic and biochemical rationale for treating COVID-19 patients with hyperbaric oxygen. *Undersea Hyperb Med.* 2021 First-Quarter; 48 (1): 1–12. DOI: 10.22462/01.03.2021.1.
10. Bouachour G., Cronier P., Gouello J.P., Toulemonde J.L., Talha A., Alquier P. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma.* 1996 Aug; 41 (2): 333–9. DOI: 10.1097/00005373-199608000-00023. PMID: 8760546.
11. Nemoto EM, Betterman K. Basic physiology of hyperbaric oxygen in brain. *Neurol Res.* 2007 Mar; 29 (2): 116–26. DOI: 10.1179/016164107X174138.
12. Rusyniak D.E., Kirk M.A., May J.D., Kao L.W., Brizendine E.J., Welch J.L., et al. Hyperbaric Oxygen in Acute Ischemic Stroke Trial Pilot Study. *Hyperbaric oxygen therapy in acute ischemic stroke: results of the Hyperbaric Oxygen in Acute Ischemic Stroke Trial Pilot Study.* *Stroke.* 2003 Feb; 34 (2): 571–4. DOI: 10.1161/01.str.0000050644.48393.d0.

13. Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Орлова Н.В., Кардонова Е.В., Сметанина С.В. Алгоритмы оказания медицинской помощи больным ОРВИ. *Медицинский алфавит.* 2019. Т. 2. № 27 (402). С. 6–13. [https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-27\(402\)-6-13](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-27(402)-6-13)
14. Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Орлова Н.В., Кардонова Е.В., Сметанина С.В. Algorithms for providing medical care to patients with ARVI. *Medical Alphabet.* 2019. Vol. 2. No. 27 (402). P. 6–13. [https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-27\(402\)-6-13](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-27(402)-6-13)
15. Орлова Н.В., Чукаева И.И. Современные подходы к терапии острых респираторных вирусных инфекций верхних дыхательных путей. *Медицинский совет.* 2017. № 5. С. 58–64. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-5-58-64>
16. Орлова Н.В., Чукаева И.И. Modern approaches to the treatment of acute respiratory viral infections of the upper respiratory tract. *Medical Advice.* 2017. No. 5. P. 58–64. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-5-58-64>
17. Орлова Н.В. Острые респираторно-вирусные инфекции в практике врача терапевта. *Трудный пациент.* 2013. Т. 11. № 4. С. 22–27. <https://t-patient.ru>
18. Орлова Н.В. Acute respiratory viral infections in the practice of a general practitioner. *Difficult patient.* 2013. V. 11. No. 4. P. 22–27. <https://t-patient.ru>
19. Senniappan K., Jeyabalan S., Rangappa P., Kanchi M. Hyperbaric oxygen therapy: Can it be a novel supportive therapy in COVID-19? *Indian J Anaesth.* 2020 Oct; 64 (10): 835–841. DOI: 10.4103/ija.IJA_613_20.
20. Chen R.Y., Tang Y.C., Zhong X.L. Effects of hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe patients with COVID-19 pneumonia. *AJ SMMU.* 2020. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/31.1001.R.20200429.1212.002.html>. [In Chinese]
21. Harch P.G. Hyperbaric oxygen treatment of novel coronavirus (COVID-19) respiratory failure. *Med Gas Res.* 2020 Apr-Jun; 10 (2): 6–62. DOI: 10.4103/2045-9912.282177.
22. Thibodeaux K., Speyrer M., Raza A., Yaakov R., Serena T.E. Hyperbaric oxygen therapy in preventing mechanical ventilation in COVID-19 patients: a retrospective case series. *J Wound Care.* 2020 May 1; 29 (Sup. 5a): S4–S8. DOI: 10.12968/jowc.2020.29.Sup5a.S4.
23. Gorenstein S.A., Castellano M.L., Slone E.S., Gillette B., Liu H., Alsamraie C., et al. Hyperbaric oxygen therapy for COVID-19 patients with respiratory distress: treated cases versus propensity-matched controls. *Undersea Hyperb Med.* 2020 Third-Quarter; 47 (3): 405–413. DOI: 10.22462/01.03.2020.1.
24. Guo D., Pan S., Wang M., Guo Y. Hyperbaric oxygen therapy may be effective to improve hypoxemia in patients with severe COVID-2019 pneumonia: two case reports. *Undersea Hyperb Med.* 2020 Second-Quarter; 47 (2): 181–187. DOI: 10.22462/04.06.2020.2.
25. Ozgok-Kangal K., Zaman T., Koc B. The outcomes of COVID-19 measures in a hyperbaric oxygen therapy centre during the pandemic. *Int Marit Health.* 2021; 72 (3): 228–236. DOI: 10.5603/IMH.2021.0042.
26. Временные методические рекомендации профилактики, диагностики и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 15 от 22.02.2022. <https://static-0.minzdrav.gov.ru>
27. Interim guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of novel coronavirus infection (COVID-19). Version 15 dated February 22, 2022. <https://static-0.minzdrav.gov.ru>
28. Бабушкина Г.В., Москвин С.В. Лазерная терапия в комплексном лечении больных артериальной гипертензией. Москва, 2013. 104 стр. <https://www.matrixmed.ru>
29. Babushkina G.V., Moskvina S.V. Laser therapy in the complex treatment of patients with arterial hypertension. Moscow, 2013. 104 pp. <https://www.matrixmed.ru>
30. Методические рекомендации МЗ РФ «Гипербарическая оксигенация в реаниматологии и интенсивной терапии» 2021 года. anesth.ru
31. Methodological recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation «Hyperbaric oxygenation in resuscitation and intensive care» 2021. anesth.ru

Статья поступила / Received 28.02.22
Получена после рецензирования / Revised 11.03.22
Принята в печать / Accepted 28.03.22

Сведения об авторах

Поляков Константин Николаевич, зав. гипербарическим отделением¹. E-mail: levonchuk1111@yandex.ru
Левончук Сергей Вячеславович, врач-ординатор кафедры факультетской терапии педиатрического факультета². E-mail: levonchuk1111@yandex.ru
Лапершвили Михаил Александрович, врач-терапевт¹. E-mail: shfxcgt@gmail.com

¹ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 13 Департамента здравоохранения Москвы»

²ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Левончук Сергей Вячеславович. E-mail: levonchuk1111@yandex.ru

Для цитирования: Поляков К.Н., Левончук С.В., Лапершвили М.А. Гипербарическая оксигенация в реабилитации больных, перенесших COVID-19. *Медицинский алфавит.* 2022; (3): 47–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-3-47-49>.

About authors

Polyakov Konstantin N., head of Hyperbaric Dept¹. E-mail: levonchuk1111@yandex.ru
Levonchuk Sergey Vyacheslavovich, resident physician, Dept of Faculty Therapy, Faculty of Pediatrics². E-mail: levonchuk1111@yandex.ru
Laperishvili Mikhail A., therapist¹. E-mail: shfxcgt@gmail.com

¹City Clinical Hospital No. 13, Moscow, Russia

²Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

Corresponding author: Levonchuk Sergey V. E-mail: levonchuk1111@yandex.ru

For citation: Polyakov K.N., Levonchuk S.V., Laperishvili M.A. Hyperbaric oxygen therapy in rehabilitation of patients after COVID-19. *Medical alphabet.* 2022; (3): 47–49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-3-47-49>.