

Гипербарическая оксигенация как метод пульмореабилитации пациентов с отдаленными респираторными исходами COVID-19 в сочетании с хронической бронхообструктивной патологией

Т. А. Новикова¹ ✉Н. Л. Шапорова²Т. В. Рубаник³А. А. Сперанская⁴

¹ Городской консультативно-диагностический центр № 1, Санкт-Петербург, Россия, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, nov7at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9795-5713>, SPIN 3796-0277

² Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, shapnl@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6457-5044>, SPIN 3496-2880

³ Городской консультативно-диагностический центр № 1, Санкт-Петербург, Россия, rubanik_tv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8470-1346>

⁴ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, a.spera@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8322-4509>, SPIN 8245-2730

Резюме

Введение. Основное поражение при инфицировании SARS-CoV-2 приходится на дыхательную систему пациентов. В ходе ряда исследований среди пациентов, у которых в анамнезе есть хроническая обструктивная болезнь легких, тяжелые осложнения во время COVID-19 отмечались чаще, чем у больных с бронхиальной астмой и пациентов без бронхообструктивной патологии. Существует необходимость поиска новых методов пульмореабилитации для предупреждения ухудшения и обострения хронической бронхообструктивной патологии у пациентов с отдаленными респираторными исходами COVID-19. Одним из таких перспективных методов пульмонологической реабилитации стала гипербарическая оксигенация — лечебное применение газовых смесей с повышенным парциальным давлением медицинского кислорода. В статье описывается применение метода гипербарической оксигенации в пульмореабилитации пациентов с хронической бронхообструктивной патологией (бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких), перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию не менее чем за 3 месяца до включения в исследования.

Материалы и методы. Основную группу составили 23 пациента, получившие 10-дневный курс гипербарической оксигенации, группу сравнения — 20 человек без лечения данным методом. Средние показатели индекса одышки по шкале mMRS; лабораторные маркеры воспаления (клинический анализ крови, С-реактивный белок, ферритин); спирометрические показатели; DLco и паттерны мультиспиральной компьютерной томографии оценивались исходно и через 3 месяца.

Результаты. У пациентов основной группы статистически значимо улучшилась толерантность к физическим нагрузкам (среднее значение mMRS уменьшилось с $2,4 \pm 0,6$ до $1,8 \pm 0,4$ балла, $p = 0,002$), снизились лабораторные маркеры воспаления (средние значения С-реактивного белка — с $6,9 \pm 3,9$ до $4,38 \pm 2,5$ мг/мл и ферритина — с 436 ± 22 до 427 ± 217 нг/мл, $p < 0,001$). Имел место прирост среднего значения показателя объема форсированного выдоха за 1 секунду у пациентов основной группы с $84 \pm 17,5$ до $91,1 \pm 11,5\%$ ($p < 0,001$) от должных величин. У пациентов группы сравнения подобных изменений не было. Мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки показала, что у пациентов основной группы через 3 месяца после проведения гипербарической оксигенации почти в 2 раза уменьшились ретикулярные изменения и разрешились признаки организуемой пневмонии. Отмечены статистически значимые различия общего поражения легких по данным мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки в обеих группах: в основной — с $29,7 \pm 19,2$ до $2,7 \pm 1,8\%$ ($p < 0,001$), в группе сравнения — с $27,4 \pm 20,8\%$ до $21,5 \pm 9,5\%$ ($p < 0,001$).

Заключение. Таким образом, гипербарическая оксигенация как метод пульмореабилитации оказалась эффективной в лечении отдаленных респираторных исходов COVID-19. Через 3 месяца после лечения гипербарической оксигенацией улучшилась толерантность пациентов к физическим нагрузкам, уменьшились проявления бронхиальной обструкции и системного воспалительного ответа, а легочные изменения, по данным мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки, разрешались быстрее.

Ключевые слова: гипербарическая оксигенация, пульмореабилитация, хроническая бронхообструктивная патология, COVID-19

Для цитирования: Новикова Т. А., Шапорова Н. Л., Рубаник Т. В., Сперанская А. А. Гипербарическая оксигенация как метод пульмореабилитации пациентов с отдаленными респираторными исходами COVID-19 в сочетании с хронической бронхообструктивной патологией. Лечащий Врач. 2025; 10 (28): 59-65. <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.10.009>

Конфликт интересов. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Hyperbaric oxygen therapy as a method of pulmonary rehabilitation for patients with long-term respiratory outcomes of COVID-19 in combination with chronic obstructive pulmonary disease

Tatyana A. Novikova¹ ✉

Nataliia L. Shapорова²

Tamara V. Rubanik³

Aleksandra A. Speranskaya⁴

¹ City Consultative and Diagnostic Center No. 1, Saint Petersburg, Russia, I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia, nov7at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9795-5713>, SPIN 3796-0277

² I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia, shapnl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6457-5044>, SPIN 3496-2880

³ City Consultative and Diagnostic Center No. 1, Saint Petersburg, Russia, rubanik_tv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8470-1346>

⁴ I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia, a.spera@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8322-4509>, SPIN 8245-2730

Abstract

Background. The respiratory system is the main target of SARS-CoV-2 infection. In a series of studies among patients with a history of chronic obstructive pulmonary disease, severe complications during COVID-19 were observed more often than in patients with bronchial asthma and patients without bronchial obstructive pathology. There is a need to find new methods of pulmonary rehabilitation to prevent the deterioration and exacerbation of chronic bronchial obstructive pathology in patients with long-term respiratory outcomes of COVID-19. One such promising method of pulmonary rehabilitation is hyperbaric oxygenation – the therapeutic use of gas mixtures with increased partial pressure of medical oxygen. The article discusses the application of hyperbaric oxygen therapy in pulmonary rehabilitation for patients with chronic obstructive bronchial diseases, such as bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease, as well as those who have recovered from COVID-19 associated with pneumonia, at least three months prior to inclusion in the study.

Materials and methods. The main group consisted of 23 patients who underwent a 10-day course of hyperbaric oxygen therapy, while the comparison group included 20 patients who did not receive hyperbaric oxygen therapy. The average scores of the dyspnea index on the mMRS scale, laboratory markers of inflammation (complete blood count, C-reactive protein, ferritin), spirometric parameters, DLco, and CT patterns were measured at the beginning of the study and three months later.

Results. The patients in the main group demonstrated a statistically significant improvement in exercise tolerance (the average mMRS score decreased from 2.4 ± 0.6 to 1.8 ± 0.4 points, $p = 0.002$), as well as a reduction in laboratory markers of inflammation (the average C-reactive protein levels decreased from 6.9 ± 3.9 to 4.3 ± 2.5 mg/ml and ferritin from 436 ± 22 to 427 ± 17 ng/ml, $p < 0.001$). The average FEV1 value in the main group increased from 84.17 ± 5 to $91.11 \pm 5\%$ of the predicted values ($p < 0.001$). No similar changes were observed in the comparison group. Chest CT scans showed that in the main group, reticular changes almost halved, and signs of organizing pneumonia disappeared three months after hyperbaric oxygen therapy. Statistically significant differences were noted in the overall lung involvement on CT in both groups (in the main group – from 29.7 ± 19.2 to $2.7 \pm 1.8\%$, $p < 0.001$; in the comparison group – from $27.4 \pm 20.8\%$ to $21.5 \pm 9.5\%$, $p < 0.001$).

Conclusion. Thus, the hyperbaric oxygen therapy method proved to be effective in treating the long-term respiratory consequences of COVID-19. Patients showed improved exercise tolerance, reduced manifestations of bronchial obstruction, and a decrease in systemic inflammatory response three months after hyperbaric oxygen therapy, while lung changes on CT resolved more rapidly.

Keywords: hyperbaric oxygen therapy, pulmonary rehabilitation, chronic bronchoobstructive pathology, COVID-19

For citation: Novikova T. A., Shapорова N L., Rubanik T. V., Speranskaya A. A. Hyperbaric oxygen therapy as a method of pulmonary rehabilitation for patients with long-term respiratory outcomes of COVID-19 in combination with chronic obstructive pulmonary disease. Lechaschi Vrach. 2025; 10 (28): 59-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.10.009>

Conflict of interests. Not declared.

Пандемия COVID-19 согласно Всемирной организации здравоохранения официально завершилась 5 мая 2023 года. Однако до сих пор в полной мере невозможно оценить последствия данного заболевания. В литературе описываются хронические отдаленные респираторные исходы COVID-19 с общей распространенностью 10-30% [1]: постковидный респираторный лонг-синдром, постковидный легочный фиброз, хроническая легочная гипертензия, ассоциированная с COVID-19.

Так как основное поражение при инфицировании вирусом *SARS-CoV-2* приходится на дыхательную систему, важно учитывать наличие хронической бронхообструктивной патологии — бронхиальной астмы (БА) и хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) у пациентов, инфицированных данным вирусом. В ходе ряда исследований у пациентов с анамнезом ХОБЛ тяжелые осложнения во время COVID-19 отмечались чаще, чем у больных БА и пациентов без бронхообструктивной патологии. Лишь у некоторой категории больных БА сохраняется риск тяжелых осложнений [2-4].

В связи с изложенным выше существует необходимость поиска новых методов пульмореабилитации для предупреждения ухудшения и обострения хронической бронхообструктивной патологии у пациентов с отдаленными респираторными исходами COVID-19. Одним из таких перспективных методов пульмонологической реабилитации стала гипербарическая оксигенация (ГБО) — лечебное применение газовых смесей с повышенным парциальным давлением медицинского кислорода. Механизм действия ГБО связан с увеличением растворенного в крови кислорода, повышением кислородной емкости крови, стимуляцией антиоксидантной защиты, усилением микроциркуляции [10].

Целью данного исследования было изучить влияние ГБО на респираторные исходы COVID-19 у пациентов с хронической бронхообструктивной патологией легких.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Оценить динамику выраженности одышки, лабораторных показателей воспаления у пациентов с отдаленными

ми исходами COVID-19, получивших и не получивших курс ГБО.

2. Изучить изменения показателей функции внешнего дыхания и диффузионной способности легких у этой когорты больных.

3. Проанализировать рентгенологические изменения в легких до и после курса ГБО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На базе ГБУЗ «ГКДЦ № 1» (центр Санкт-Петербурга) было проведено ретроспективное когортное наблюдательное исследование в двух параллельных группах пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию не менее чем за 3 месяца до первого визита в центр и имеющих отдаленные респираторные исходы COVID-19. В исследование было включено 43 человека, средний возраст составил $59 \pm 8,5$ года. Все пациенты имели хроническую бронхообструктивную патологию средней степени тяжести (ХОБЛ или БА) и получали базисную ингаляционную терапию согласно клиническим рекомендациям Минздрава России. В период наблюдения эти заболевания находились в состоянии ремиссии не менее 90 дней до визита в центр. Критериями невключения в исследование были обострение любого хронического заболевания, хроническая сердечная недостаточность в стадии декомпенсации,

хроническая почечная и печеночная недостаточности, онкологические и аутоиммунные заболевания.

Пациенты основной группы в дополнение к базисной терапии основного заболевания получили десятидневный курс ГБО (по 45 мин ежедневно в односторонних барокамерах «БЛКС-301 М» с давлением 1,5-2 атм.). Пациенты группы сравнения получили только базисную терапию. Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Как видно из табл. 1, пациенты обеих групп были сопоставимы по возрасту, наличию отдаленных респираторных исходов и тяжести хронической бронхообструктивной патологии.

Дизайн исследования включал в себя оценку тяжести одышки по шкале mMRS, лабораторных маркеров воспаления (С-реактивный белок, ферритин, общее количество лейкоцитов, нейтрофилов, лимфоцитов, скорости оседания эритроцитов — СОЭ), показателей спирометрического теста (жизненная емкость легких — ЖЕЛ, форсированная жизненная емкость легких — ФЖЕЛ, объем форсированного выдоха за 1 секунду — ОФВ₁) и диффузионной способности легких (DLco), рентгенологических изменений легких (мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки — МСКТ ОГК) дважды — в начале и через 3 месяца от начала исследования. Спирометрический

Таблица 1. Характеристика пациентов, включенных в исследование влияния ГБО на респираторные исходы COVID-19 у больных с хронической бронхообструктивной патологией [таблица составлена авторами] / Characteristics of patients enrolled in a study investigating the effect of HBO on respiratory outcomes of COVID-19 in patients with chronic bronchobstructive pathology [table compiled by the authors]

| Группа | Число всех пациентов | Возраст (± SD) | Диагноз ХОБЛ (n) | Диагноз БА (n) | Мужчины (n) | Женщины (n) |
|------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------|-------------|-------------|
| Основная | 23 | 58,3 ± 8,9 | 9 | 14 | 6 | 17 |
| Группа сравнения | 20 | 59,9 ± 8,2 | 8 | 12 | 3 | 17 |

Примечание. SD — standard deviation (среднее отклонение), n — количество человек.

Таблица 2. Динамика среднего балла индекса одышки по опроснику mMRS [таблица составлена авторами] / Dynamics of the average score of the dyspnea index according to the mMRS questionnaire [table compiled by the authors]

| Группа | Число пациентов | mMRS, средний балл (исходные значения) | mMRS, средний балл (через 3 мес) | p-value |
|------------------|-----------------|--|----------------------------------|---------|
| Основная | 23 | 2,4 ± 0,6 | 1,8 ± 0,4* | 0,002 |
| Группа сравнения | 20 | 2,3 ± 0,6 | 2,0 ± 0,5 | 0,61 |

тест с бронходилатационной пробой (400 мкг сальбутамола) проводился на спирометре МастерСкрин Пневмо, полностью соответствующем стандартам ERS и ATS. Оценка показателей проведена по системе должных величин Р. Ф. Клемента и соавт., 1986 г.

Статистическая обработка полученных в ходе наблюдательного исследования результатов проводилась на персональном компьютере с помощью программы IBM SPSS Statistics 2019. Анализ количественных показателей для независимых выборок двух групп проводился с помощью теста Манна – Уитни, для зависимых выборок – с помощью теста Вилкоксона. Разница между показателями считалась статически значимой при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы результаты лабораторного, функционального и рентгенологического обследования пациентов обеих групп, проведенного в соответствии с дизайном исследования, а также проведена оценка опросника mMRS в динамике.

Большинство пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию с поражением легочной ткани, отмечали одышку при незначительной физической нагрузке, связанную с ней низкую толерантность к физическим нагрузкам, быструю утомляемость. Лечение в барокамере достоверно уменьшило эти симптомы. У пациентов основной группы через 3 месяца после проведенного курса ГБО среднее значение индекса одышки по шкале mMRS уменьшилось более чем в 1,5 раза (с 2,4 до 1,8 балла, $p = 0,002$), тогда как у пациентов группы сравнения статистически значимого изменения этого показателя не отмечалось ($p = 0,61$) (табл. 2).

Исследование лабораторных маркеров воспаления в периферической крови показало исходное повышение С-реактивного белка, ферритина, ускорение СОЭ у пациентов обеих групп. Через 3 месяца у пациентов основной группы было зарегистрировано статистически значимое снижение С-реактивного белка и ферритина (табл. 3).

Выполнение спирометрии выявило сопоставимые значения основных показателей спирометрии в начале исследования в обеих группах (ФЖЕЛ и ЖЕЛ

Таблица 3. Динамика показателей лабораторных маркеров воспаления в периферической крови [таблица составлена авторами] / Dynamics of laboratory markers of inflammation in peripheral blood [table compiled by the authors]

| Показатели крови | Основная группа (n = 23) | | Контрольная группа (n = 20) | |
|---|--------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| | Исходные показатели | Через 3 месяца | Исходные показатели | Через 3 месяца |
| Лейкоциты (реф. зн. – $4-9 \times 10^9$) | $7,1 \pm 2,2$ | $6,7 \pm 1,3$ | $7,7 \pm 2,4$ | $7,1 \pm 2,7$ |
| Лимфоциты (реф. зн. – 29-55%) | $33,7 \pm 10,9$ | $31,9 \pm 9,8$ | $35,8 \pm 14,9$ | $29,7 \pm 12,2$ |
| Нейтрофилы (реф. зн. – 45-72%) | $58,0 \pm 13,1$ | $56,0 \pm 11,0$ | $60,5 \pm 11,8$ | $58,2 \pm 14,9$ |
| Моноциты (реф. зн. – 4-12%) | $7,8 \pm 1,8$ | $7,7 \pm 2,4$ | $8,9 \pm 2,8$ | $8,1 \pm 2,2$ |
| СОЭ (реф. зн. – 2-15 мм/час) | $20,1 \pm 11$ | $18,4 \pm 11,0$ | $17,2 \pm 6,8$ | $19,2 \pm 5,1$ |
| С-реактивный белок (реф. зн. – 0-5 мг/мл) | $6,9 \pm 3,9$ | $4,38 \pm 2,5^*$ | $5,2 \pm 2,8$ | $5,8 \pm 3,5$ |
| Ферритин (реф. зн. – 30-300 нг/мл) | $436,0 \pm 221,0$ | $427,0 \pm 217,0^*$ | $427,0 \pm 137,4$ | $468,0 \pm 233,0$ |

Примечание. Реф. зн. – референсные значения; * – $p < 0,001$.

Таблица 4. Динамика спирометрических показателей в основной и сравнительной группах [таблица составлена авторами] / Dynamics of spirometric parameters in the main and comparative groups [table compiled by the authors]

| Показатели спирометрии (% от должного) | Основная группа, n = 23 | | Контрольная группа, n = 20 | |
|--|-------------------------|-------------------|----------------------------|------------------|
| | Исходные показатели | Через 3 месяца | Исходные показатели | Через 3 месяца |
| ЖЕЛ | $91,5 \pm 16,1$ | $97,0 \pm 17,0$ | $88,0 \pm 17,7$ | $91,2 \pm 20,0$ |
| ФЖЕЛ | $91,1 \pm 16,4$ | $96,3 \pm 18,0$ | $83,5 \pm 17,3$ | $85,7 \pm 10,3$ |
| ОФВ ₁ | $84 \pm 17,5$ | $91,1 \pm 11,5^*$ | $78,0 \pm 17,0$ | $77,2 \pm 16,4$ |
| ОФВ ₁ /ФЖЕЛ | $80,6 \pm 8,1$ | $82,3 \pm 8,6$ | $117,7 \pm 20,4$ | $116,1 \pm 20,2$ |

Примечание. * – $p < 0,001$.

Таблица 5. Динамика диффузионной способности легких в основной группе и группе сравнения [таблица составлена авторами] / Dynamics of lung diffusion capacity in the main group and the comparison group [table compiled by the authors]

| Показатели DLco (% от должного) | Основная группа, n = 21 | | Контрольная группа, n = 18 | |
|---------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|------------------|
| | Исходные показатели | Через 3 месяца | Исходные показатели | Через 3 месяца |
| DLco | $77,23 \pm 10,6$ | $79 \pm 13^*$ | $72,3 \pm 8,2$ | $75,3 \pm 7,0^*$ |

Примечание. * – $p > 0,05$.

Таблица 6. Основные легочные МСКТ-паттерны в основной группе и группе сравнения [таблица составлена авторами] / Basic pulmonary MSCT patterns in the main group and the comparison group [table compiled by the authors]

| Легочные паттерны по МСКТ ОГК | Основная группа, n = 23 | | Сравнительная группа, n = 20 | |
|---|-------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| | Исходные | Через 3 месяца | Исходные | Через 3 месяца |
| Ретикулярные изменения | 14 | 6 | 5 | 6 |
| Консолидация (ателектазы, гиповентиляционные нарушения) | 7 | 9 | 9 | 10 |
| Эмфизема легких | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Организирующая пневмония | 1 | 0 | 2 | 2 |

Примечание. n – количество человек.

в пределах нормы) и очень легкие нарушения бронхиальной проходимости у пациентов основной группы; ФЖЕЛ и ЖЕЛ в пределах условной нормы и легкие нарушения бронхиальной проходимости у пациентов группы сравнения (в среднем по группам). Исследование диффузионной способности легких выявило легкое снижение теста DLco как в основной, так и в группе сравнения.

При повторном обследовании через 3 месяца было отмечено статистически значимое увеличение показателя ОФВ₁ у больных, получивших курс лечения в барокамере. В группе сравнения показатели бронхиальной проходимости не изменились. Показатели ЖЕЛ и ФЖЕЛ также имели тенденцию к увеличению у всех наблюдаемых пациентов, но статистически значимый прирост изменений не был получен (табл. 4).

Прирост DLco в обеих группах был статистически незначим (табл. 5).

До прохождения курса ГБО большинство пациентов (60%) в основной и группе сравнения имели описанный на МСКТ ОГК симптом матового стекла: от 26% до 50%, 0–25% и 51–75% поражения легких по типу матового стекла было описано у 17% пациентов основной группы и у 30% контрольной группы. Всего лишь один пациент с симптомом матового стекла более 76% присутствовал как в основной, так и в группе сравнения. Были изучены отдельные исходные КТ-паттерны пациентов основной группы: 14 человек имели ретикулярные легочные изменения, 7 — консолидацию в виде ателектазов и гиповентиляционных нарушений, 1 — организующую пневмонию, 6 — эмфизему легких. Исходные МСКТ-паттерны пациентов группы сравнения представлены ретикулярными легочными изменениями у 5 человек, консолидацию имели 9 пациентов, 2 человека были с организующей пневмонией, 6 имели воздушные ловушки в виде эмфиземы легких.

Исходное среднее значение поражения легких у пациентов основной группы составило $29,7 \pm 19,2\%$; а в группе сравнения — $27,4 \pm 20,8\%$. Через 3 месяца в основной группе среднее значение матового стекла составило $2,7 \pm 1,8\%$ ($p < 0,001$), в то время как в группе сравнения оно почти не изменилось и соста-

вило $21,5 \pm 9,5\%$ ($p < 0,001$). Расчет производился по специальным программам общего подсчета поражения легких на МСКТ ОГК.

Описание МСКТ ОГК показало, что у пациентов в основной группе через 3 месяца после проведения ГБО почти в 2 раза уменьшились ретикулярные изменения и разрешились признаки организующей пневмонии, консолидация уменьшилась в объеме и в конечном итоге сформировались фиброзные тяжи, симптом матового стекла разрешился. В группе сравнения ретикулярные изменения и организующая пневмония остались без динамики. Пациенты обеих групп сохранили воздушные ловушки в виде эмфиземы легких, что может говорить о сохраняющейся бронхиальной обструкции, характерной для хронической бронхообструктивной патологии (табл. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Гипербарический кислород выступает не только как антигипоксический фактор, но и как адаптогенный регулятор метаболических процессов, протекающих в организме больного. При этом запускаются механизмы адаптации к гипероксии, закрепившиеся в процессе эволюции, что проявляется повышением саногенного потенциала организма больного, приводящего к его выздоровлению [10]. Благодаря этому лечебный эффект ГБО может сохраняться в постгипероксическом периоде даже в условиях сохранения гипоксии, что позволяет предположить отдаленные эффекты ГБО-терапии при различных исходах COVID-19 [11–13].

Известно, что ХОБЛ может характеризоваться легочной гиперинфляцией и мышечной дисфункцией. Повышенная плотность дыхательной смеси, которая находится в системах ГБО, затрудняет выдох, что может приводить к уменьшению гиперинфляции легких и коррекции работы мышц грудной клетки [14]. Курс баротерапии приводит к повышению уровня противовоспалительных цитокинов. Данный эффект связан с активацией коры надпочечников, что немаловажно при лечении БА [15–17]. Более того, известно, что ГБО активно применяется в лечении хронического аллергического воспаления, которое может встречаться у пациентов с БА [18]. Однако

существует мнение, что, активируя свободно-радикальные процессы и перекисное окисление липидов, ГБО способна истощать антиоксидантную систему организма [5, 6], что может создавать представление о токсичном эффекте высоких концентраций кислорода для клетки [7, 8]. Такой побочный эффект происходит в том случае, если время безопасного нахождения пациента в условиях гипероксии подобрано неадекватно [9]. В проведенном нами исследовании побочные эффекты во время проведения баротерапии не зафиксированы. Наблюдалась положительная клиничко-рентгенологическая картина, улучшились показатели функции внешнего дыхания у пациентов основной группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В проведенном исследовании ГБО как метод пульмореабилитации оказался эффективным в лечении отдаленных респираторных исходов COVID-19.

Отмечалось статистически значимое снижение показателей системного воспалительного ответа в анализах периферической крови. При повторном обследовании через 3 месяца после проведения ГБО функциональные тесты показали улучшение показателя бронхиальной проходимости по сравнению с контрольной группой. Значимо уменьшился индекс одышки по шкале mMRS, увеличилась толерантность к физическим нагрузкам.

Применение метода ГБО у пациентов с отдаленными респираторными исходами COVID-19 в сочетании с сопутствующей хронической бронхообструктивной патологией способствовало более быстрому разрешению остаточных рентгенологических изменений в легких, связанных с поражением COVID-19. **ЛВ**

Этическая экспертиза. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Ethical review. The study was conducted in accordance with the principles of the World Medical Association's Declaration of Helsinki.

Вклад авторов:

Написание текста — Новикова Т. А.

Сбор и обработка материала — Новикова Т. А.

Анализ материала — Новикова Т. А., Рубаник Т. В., Сперанская А. А.

Редактирование — Шапорова Н. Л., Рубаник Т. В., Сперанская А. А.

Утверждение окончательного варианта статьи — Новикова Т. А., Шапорова Н. Л., Рубаник Т. В., Сперанская А. А.

Contribution of authors:

Text development — Novikova T. A.

Collection and processing of material — Novikova T. A.

Material analysis — Novikova T. A., Rubanik T. V., Speranskaya A. A.

Editing — Shaporova N. L., Rubanik T. V., Speranskaya A. A.

Approval of the final version of the article — Novikova T. A., Shaporova N. L., Rubanik T. V., Speranskaya A. A.

Литература/References

1. Голота А. С., Вологжанин Д. А., Камиллова Т. А. и соавт. «Длинный COVID»: современное состояние проблемы. Обзор зарубежных научно-медицинских публикаций. Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2023; 1 (5). DOI: 10.36425/rehab121733.
Golota A. S., Vologzhanin D. A., Kamilova T. A., et al. "Long COVID": the current state of the problem. Review of foreign scientific and medical publications. Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina, meditsinskaya rehabilitatsiya. 2023; 1 (5). DOI: 10.36425/rehab121733. (In Russ.)
2. Кулик Е. Г., Павленко В. И., Нарышкина С. В. Сравнительный анализ клинико-лабораторных показателей у больных ХОБЛ в зависимости от наличия обострения или новой коронавирусной инфекции. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2022; 85: 26-31.
Kulik E. G., Pavlenko V. I., Naryshkina S. V. Comparative analysis of clinical and laboratory parameters in patients with COPD depending on the presence of exacerbation or new coronavirus infection. Biulleten fiziologii i patologii dykhaniia. 2022; 85: 26-31. (In Russ.)
3. Хадарцев А. А. Биофизические аспекты управления жизнедеятельностью коронавирусов (обзор литературы). Вестник новых медицинских технологий. 2020; 1: 119-124. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16610.
Khadartsev A. A. Biophysical aspects of controlling the activity of coronaviruses (literature review). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. 2020; 1: 119-124. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16610. (In Russ.)
4. Jackson D. J., Busse W. W., Bacharier L. B. Association of respiratory allergy, asthma, and expression of the SARS-CoV-2 receptor ACE2. J. Allergy Clin. Immunol. 2020; 1 (146): 203206. DOI: 10.1016/j.jaci.2020.04.009.
5. Демченко И. Т. Активные формы кислорода, нейротрансмиттеры и оксид азота в механизме токсической гипероксии. Гипербарическая физиология и медицина. 1996; 4: 12-13.
Demchenko I. T. Active forms of oxygen, neurotransmitters, and nitric oxide in the mechanism of toxic hyperoxia. Giperbaricheskaya fiziologiya i meditsina. 1996; 4: 12-13. (In Russ.)
6. Гуськов Е. П., Шкурят Т. П., Покудина И. О. Роль железосодержащих белков в мутационном процессе при окислительном стрессе. Бюллетень гипербарической биологии и медицины. Воронеж. 2000; 8 (3-4): 3-11.
Guskov E. P., Shkurat T. P., Pokudina I. O. The role of iron-containing proteins in the mutation process under oxidative stress. Biulleten giperbaricheskoi biologii i meditsiny. Voronezh. 2000; 8 (3-4): 3-11. (In Russ.)
7. Fundamentals of hyperbaric medicine - Washington: National academy of sciences, 1966.
8. Жиронкин А. Г. Кислород. Физиологическое и токсическое действие. Обзор проблемы. Л.: Наука, 1972.
Zhironkin A. G. Oxygen. Physiological and toxic effects. Overview of the problem. L.: Nauka, 1972. (In Russ.)
9. Котович И. Л., Рутковская Ж. А., Таганович А. Д. Коррекция оксидантно-антиоксидантного баланса в легких при гипероксии с использованием лизосомальных форм альфа-токоферола и ретиноидов в эксперименте. Биомедицинская химия. 2017; 63 (4): 289-295.
Kotovitch I. L., Rutkovskaya Zh. A., Taganovich A. D. Correction of the oxidant-antioxidant balance in the lungs during hyperoxia using lysosomal forms of alpha-tocopherol and retinoids in an experiment. Biomeditsinskaya khimiya. 2017; 63 (4): 289-295. (In Russ.)
10. Леонов А. Н. Гипербарическая кислородная терапия. Адаптационно-метаболическая концепция. Актовая речь. Воронеж: ВГМИ, 1985.
Leonov A. N. Hyperbaric oxygen therapy. Adaptation-metabolic concept. Commencement speech. Voronezh: VGMU, 1985. (In Russ.)
11. Савилов П. Н., Яковлев В. Н., Леонов А. Н. Роль гипербарической оксигенации в механизмах детоксикации аммиака при резекции печени на фоне хронического гепатита. Анестезиология и реаниматология. 1994; 6: 31-34.
Savilov P. N., Yakovlev V. N., Leonov A. N. The role of hyperbaric oxygenation in the mechanisms of ammonia detoxification during liver resection in chronic hepatitis. Anesteziologiya i reanimatologiya. 1994; 6: 31-34. (In Russ.)
12. Ефремова О. Ю. Гипербарическая и нормобарическая оксигенотерапия при патологии беременных. Гипербарическая оксигенация в комплексном лечении фетоплацентарной недостаточности. Бюллетень гипербарической биологии и медицины. 2004; 12 (1-4): 48-52.
Efremova O. Yu. Hyperbaric and normobaric oxygen therapy in pregnant women with pathologies. Hyperbaric oxygenation in the complex treatment of fetoplacental insufficiency. Biulleten giperbaricheskoi biologii i meditsiny. 2004; 12 (1-4): 48-52. (In Russ.)
13. Яковлев В. Н., Савилов П. Н. Кислородный режим и обмен аммиака в сенсомоторной коре головного мозга кошек при кровопотере и гипербарической оксигенации. Общая реаниматология. 2020; 16 (2): 64-76.
Yakovlev V. N., Savilov P. N. Oxygen regime and ammonia metabolism in the sensorimotor cortex of the cat brain during blood loss and hyper-

- baric oxygenation. *Obshchaia reanimatologiya*. 2020; 16 (2): 64-76. (In Russ.)
14. Darby A. C., et al. Chronic obstructive pulmonary disease among residents of an historically industrialised area. *Thorax*. 2012; vol. 67 (10): 901-907.
 15. Алеманова Г. Д., Смолягин А. И., Воляник О. В. и др. Влияние адаптации к периодической гипобарической стимуляции на клинико-иммунологическую эффективность у детей, страдающих бронхиальной астмой. *Медицинская иммунология*. 2009; 2-3 (11): 269-272.
Alemova G. D., Smolyagin A. I., Volyanik O. V., et al. The effect of adaptation to periodic hypobaric stimulation on clinical and immunological efficacy in children with bronchial asthma. Meditsinskaya immunologiya. 2009; 2-3 (11): 269-272. (In Russ.)
 16. Ненасева Н. М. Клинические фенотипы атопической бронхиальной астмы и дифференцированная тактика диагностики и лечения: дис. д.м.н. М., 2009. 285 с.
Nenasheva N. M. Clinical phenotypes of atopic bronchial asthma and differentiated tactics for diagnosis and treatment: dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. Moscow, 2009. 285 p. (In Russ.)
 17. Barnes P. J. The cytokine network in asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *J. Clin. Invest.* 2008; vol. 118: 3546-3556.
 18. Воляник М. Н. Адаптация к гипобарической гипоксической стимуляции и ее терапевтическая эффективность у детей с аллергическими заболеваниями: дис. д-ра мед. наук. РАМН НИИ педиатрии. М., 1993. 225 с.
Volyanik M. N. Adaptation to hypobaric hypoxic stimulation and its therapeutic efficacy in children with allergic diseases: Doctor of Medical Sciences dissertation. Russian Academy of Medical Sciences Research Institute of Pediatrics. Moscow, 1993. 225 p. (In Russ.)
- Сведения об авторах:**
- Новикова Татьяна Андреевна,**
пульмонолог, Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городской консультативно-диагностический центр № 1»; Россия, 194354, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, 10, лит. А; соискатель кафедры общей врачебной практики (семейной медицины), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6-8; nov7at@yandex.ru
- Шапорова Наталия Леонидовна,**
д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общей врачебной практики (семейной медицины), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6-8; shapnl@mail.ru
- Рубаник Тамара Всеволодовна,**
к.м.н., заведующая пульмонологическим отделением, Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городской консультативно-диагностический центр № 1»; Россия, 194354, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, 10, лит. А; rubanik_tv@mail.ru
- Сперанская Александра Анатольевна,**
д.м.н., профессор кафедры рентгенологии и радиационной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6-8; a.spera@mail.ru
- Information about the authors:**
- Tatyana A. Novikova,** *pulmonologist, St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution City Consultative and Diagnostic Center No. 1; 10 A Sikeirosa str., Saint Petersburg, 194354, Russia; 10 A Sikeirosa str., Saint Petersburg, 194354, Russia; Applicant of the Department of General Practice (Family Medicine), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 6-8 Lva Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia; nov7at@yandex.ru*
- Natalia L. Shapороva,** *Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of General Practice (Family Medicine), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 6-8 Lva Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia; shapnl@mail.ru*
- Tamara V. Rubanik,** *Cand. of Sci. (Med.), Head of the Pulmonology Department, St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution City Consultative and Diagnostic Center No. 1; 10 A Sikeirosa str., Saint Petersburg, 194354, Russia; rubanik_tv@mail.ru*
- Aleksandra A. Speranskaya,** *Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Radiology and Radiation Medicine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 6-8 Lva Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia; a.spera@mail.ru*
- Поступила/Received 20.05.2025**
Поступила после рецензирования/Revised 19.06.2025
Принята в печать/Accepted 21.06.2025