



Scan to know paper details and  
author's profile

# Comprehensive Rehabilitation of Patients with Pneumonia Caused by COVID-19 at the Ambulatory Stage

*T.A. Novikova, E.A. Popov, T.V. Rubanik, N.V. Shapiro, N.L. Shaporova & A.V. Tishkov*

## ABSTRACT

Lung damage caused by the SARS-COV-2 virus is a serious obstacle to recovery in patients with COVID-19-associated pneumonia. The treatment of post-COVID-19 syndrome is currently a significant problem in world health care.

Therefore, pulmonary rehabilitation is important at all stages of the disease. The article presents programs of restorative treatment, such as physiotherapy, haloinhalation, exercise therapy and hyperbaric oxygenation. Their influence on the indicators of the function of external respiration, on blood tests, CT, pulse oximetry, and on the assessment of dyspnea according to the mMRS questionnaire was considered. It is known that with coronavirus infection, diffuse alveolar damage develops, which can lead to a violation of the diffusion capacity of the lungs (DSL). The article discusses the effect of hyperbaric oxygenation on DSL indicators.

**Keywords:** COVID-19; post-COVID-19 syndrome; pulmonary rehabilitation; hyperbaric oxygenation; lung diffusion capacity.

**Classification:** DDC Code: 616.8106 LCC Code: RC388.5

**Language:** English



LJP Copyright ID: 975826  
Print ISSN: 2514-863X  
Online ISSN: 2514-8648

London Journal of Research in Computer Science and Technology

Volume 22 | Issue 3 | Compilation 1.0



© 2022. T.A. Novikova, E.A. Popov, T.V. Rubanik, N.V. Shapiro, N.L. Shaporova & A.V. Tishkov. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 Unported License <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>, permitting all noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



# Comprehensive Rehabilitation of Patients with Pneumonia Caused by COVID-19 at the Ambulatory Stage

Комплексная реабилитация пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию, на амбулаторном этапе

T.A. Novikova<sup>а</sup>, E.A. Popov<sup>б</sup>, T.V. Rubanik<sup>в</sup>, N.V. Shapiro<sup>г</sup>, N.L. Shaporova<sup>д</sup> & A.V. Tishkov<sup>е</sup>

## АННОТАЦИЯ

Повреждение легких, вызванное жизнедеятельностью вируса SARS-COV-2, является серьезным препятствием к выздоровлению пациентов с COVID-19-ассоциированной пневмонией. Лечение постковидного синдрома в настоящее время – значимая проблема мирового здравоохранения.

Именно поэтому проведение пульмонологической реабилитации важно на всех этапах болезни. В статье представлены программы комплексной реабилитации, включающие физиолечение, галоингаляции, лечебную физкультуру и гипербарическую оксигенацию. Изучено влияние данных методов на показатели функции внешнего дыхания, анализы крови, состояние органов грудной клетки по результатам компьютерной томографии, пульсоксиметрии, одышки по опроснику mMRS. Известно, что при коронавирусной инфекции развивается диффузное альвеолярное повреждение, которое может привести к нарушению диффузионной способности легких. В статье рассматривается влияние гипербарической оксигенации на показатели диффузионной способности легких.

**Ключевые слова:** COVID-19; постковидный синдром; пульмонологическая реабилитация; гипербарическая оксигенация; диффузионная способность легких.

**Для цитирования:** Новикова Т.А., Попов Е.А., Рубаник Т.В., Шапиро Н.В., Шапорова Н.Л.,

Тишков А.В. Комплексная реабилитация пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию, на амбулаторном этапе.

Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2022;4(1):In Press. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab90576>

## ABSTRACT

*Lung damage caused by the SARS-COV-2 virus is a serious obstacle to recovery in patients with COVID-19-associated pneumonia. The treatment of post-COVID-19 syndrome is currently a significant problem in world health care.*

*Therefore, pulmonary rehabilitation is important at all stages of the disease. The article presents programs of restorative treatment, such as physiotherapy, haloinhalation, exercise therapy and hyperbaric oxygenation. Their influence on the indicators of the function of external respiration, on blood tests, CT, pulse oximetry, and on the assessment of dyspnea according to the mMRS questionnaire was considered. It is known that with coronavirus infection, diffuse alveolar damage develops, which can lead to a violation of the diffusion capacity of the lungs (DSL). The article discusses the effect of hyperbaric oxygenation on DSL indicators.*

**Keywords:** COVID-19; post-COVID-19 syndrome; pulmonary rehabilitation; hyperbaric oxygenation; lung diffusion capacity.

**Author а с р г:** State Budgetary Institution of Healthcare "City Consultative and diagnostic Centre № 1", Saint Petersburg, Russian Federation.

№ §: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation.

*For Citation:* Novikova TA, Popov EA, Rubanik TV, Shapiro NV, Shaporova NL, Tishkov AV. Comprehensive rehabilitation of patients with pneumonia caused by COVID-19 at the ambulatory stage. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2022;4(1):In Press. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab90576>.

## I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время борьба с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) стала приоритетной задачей мирового здравоохранения. Известно, что после выздоровления и выписки из стационара у пациентов в течение продолжительного времени сохраняются одышка, утомляемость, снижение работоспособности, потеря памяти и другие симптомы.

Так появился новый термин - постковидный синдром (*син.*: long COVID; post-COVID-19 syndrome; post-acute COVID-19 syndrome), описывающий признаки и симптомы, которые развиваются в течение заболевания COVID-19 или после него, продолжающиеся более 12 нед, возникающие волнообразно или на постоянной основе и не имеющие альтернативного диагноза (консенсусное определение пока отсутствует).

Постковидный синдром получил официальный статус болезни и появился в новой редакции Международной классификации болезней 10-го пересмотра под кодом U09.9 Post-COVID-19 condition. В основе патогенеза постковидного синдрома лежат следующие механизмы: нейротропность и нейровирулентность, патологический иммунный ответ, повышенное тромбообразование [1].

Известно, что при коронавирусной инфекции развивается диффузное альвеолярное повреждение, сопровождаемое альвеолярно-

геморрагическим синдромом и распространенным тромбозом микроциркуляторного русла, что служит причиной гипоксии и дыхательной недостаточности [2]. В связи с этим можно предположить, что наиболее значимым функциональным нарушением респираторной системы при COVID-19 является нарушение диффузионной способности легких (ДСЛ), которое также может сохраняться при постковидном синдроме.

Данное предположение подтверждается результатами отечественных и зарубежных исследований. Так, по данным Х. Мо и соавт. [3], нарушение диффузионной способности легких в ранний период выздоровления пациентов, перенесших COVID-19, было выявлено в половине случаев. В исследованиях сотрудников Главного военного клинического госпиталя имени академика Н. Н. Бурденко [4] было показано, что в ранний период выздоровления после COVID-19 более чем у половины пациентов отмечалось нарушение ДСЛ [5, 6].

Frija-Masson и соавт. [7] выявили респираторные нарушения у 54% пациентов на 30-й день после появления первых симптомов COVID-19.

Функциональные нарушения респираторной системы после COVID-19 (нарушение ДСЛ) влияют на качество жизни пациентов, служат причиной одышки, слабости и утомляемости [8], что обуславливает особенности пульмонологической реби-

### Список сокращений

ГБО — гипербарическая оксигенация  
ДСЛ — диффузионная способность легких

литации этих пациентов на всех этапах болезни и диктует необходимость поиска новых подходов к ведению больных с постковидным синдромом.

В отечественной и зарубежной литературе активно обсуждаются вопросы легочной реабилитации после COVID-19. Согласно

Временным методическим рекомендациям по медицинской реабилитации пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 от Союза реабилитологов России [9], медицинская реабилитация включает три этапа.

Первый — оказание медицинской помощи по медицинской реабилитации в отделениях интенсивной терапии и инфекционно-терапевтических отделениях, организованных для пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Второй этап проводится в отделениях медицинской реабилитации пациентов с соматическими заболеваниями, третий в амбулаторно-поликлинических и санаторно-курортных (при наличии реабилитационного отделения) медицинских учреждениях. Реабилитационные мероприятия позволяют значительно восстановить дыхательную функцию у пациентов, улучшить качество жизни, сократить сроки временной нетрудоспособности и уменьшить число случаев первичной инвалидности [10].

## II. СХЕМА МАРШРУТИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ

СПб ГБУЗ «ГКДЦ № 1» является крупнейшим лечебно - профилактическим амбулаторным учреждением Санкт-Петербурга, где проводится обследование и лечение больных различных профилей. С июня 2020 г.

учреждение одним из первых в городе организовало реабилитационное лечение пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию. За год (с июня 2020 по июнь 2021 г.) пульмонологическая реабилитация была проведена более чем 1000 пациентам. Обследование и ведение этих больных проводилось по следующему алгоритму (рис. 1).

Одним из звеньев в патогенезе COVID-19 является развитие гипоксии. Формирование данного патологического процесса происходит по нескольким механизмам: нарушение диффузии кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану в результате воспалительного процесса в легочной ткани; нарушение кислородно-транспортной функ-

ции гемоглобина, обусловленное токсическим воздействием белка вируса; образование микротромбов-

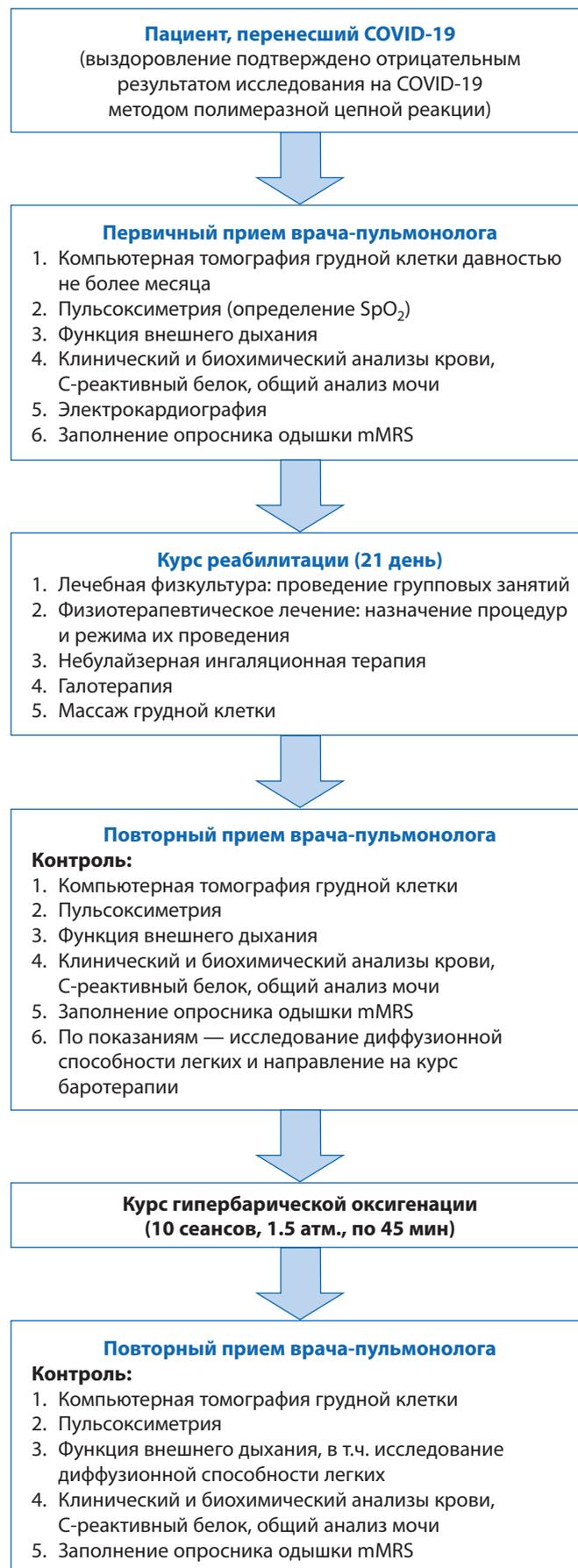


Рис. 1: Схема маршрута пациента на 3-м этапе реабилитации после COVID-19 (амбулаторная помощь)

в капиллярах, связанное с нарушением микроциркуляции [11]. Исследования показали высокую эффективность и безопасность лечения гипоксии методом гипербарической оксигенации (ГБО) в терапевтическом режиме (1,3–1,6 АТА 30–45 мин). ГБО успешно применялся у больных с нагноительной патологией легких [12–14], в комплексном лечении больных туберкулезом [11] и хроническими обструктивными заболеваниями лёгких [14]. У больных наблюдались улучшение общего самочувствия, нормализация сна, уменьшение одышки, повышение переносимости физической нагрузки, что способствовало улучшению качества их жизни и социальной адаптации [14]. И. В. Безенков [15] и П. Н. Савилов [16] объясняют это биологическим эффектом гипероксии, в основе которого лежит формирование новых функциональных систем, повышающих саногенный потенциал организма в условиях сверхнасыщения организма кислородом [17]. П. Н. Савилов считает возможным включать ГБО в терапию больных COVID-19-ассоциированной пневмонией не только как средство устранения гипоксемии, но и как адаптогенный регулятор метаболических процессов, протекающих в больном организме [11]. Лечение методом гипербарической оксигенации способствует уменьшению воспалительных процессов, увеличивает парциальное давление кислорода в плазме крови и восстанавливает кислородный баланс в тканях организма, уменьшает образование пневмофиброза [18–20]. Баротерапия повышает переносимость физических нагрузок и интенсивность тренировок.

С учетом вышеизложенного, задачей настоящего исследования было проанализировать эффективность предложенного алгоритма реабилитации пациентов с постковидным синдромом и целесообразность дополнительного включения ГБО в комплексный план реабилитации этих больных.

### III. ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛГОРИТМА РЕАБИЛИТАЦИИ

Для решения указанной задачи нами был проведен анализ результатов пульмонологической реабилитации 98 пациентов, обследование и лечение которых соответствовало приведенной выше блок-схеме. Средний возраст пациентов составил 56,9 (11,3) лет. Обследовано 45 (45,9%) мужчин и 53 (54,1%) женщины.

Всем пациентам оценивали клинический статус и выраженность одышки, выполняли пульсоксиметрию (показатели колебались в пределах нормальных значений — от 95 до 98%), определяли уровень СРБ в анализе крови (среднее значение 7,5), измеряли функцию внешнего дыхания (исходно и в пробе с бронхолитиком), выполняли электрокардиографию и компьютерную томографию (КТ) грудной клетки. Курс пульмонологической реабилитации проводился в течение 21 дня и включал следующие процедуры: занятия лечебной физкультурой (ежедневно по 45 мин), физиотерапевтические процедуры (сверхвысокочастотное электромагнитное поле, низкочастотную магнитотерапию, высокочастотную импульсную магнитотерапию, электрофорез лекарственных препаратов, СМТ-терапию (синусоидально модулированный ток), массаж грудной клетки), ингаляционную терапию (небулайзерное введение лекарственных средств, галоингаляции).

Все исследования выполнялись в динамике до начала и по завершении указанного алгоритма пульмонологической реабилитации.

Дополнительно десятидневный курс ГБО получили 40 пациентов из анализируемой нами группы ( $n=98$ ) с сохранявшимися проявлениями постковидного синдрома.

Продолжительность процедуры составила 45 мин; давление, создаваемое в камере, — 1,5–1,7 АТА. Группу сравнения составили 58 пациентов, которым дополнительный курс ГБО не проводился. Дополнительно диффузионную способность легких до и через месяц

по завершении курса реабилитации определяли 28 пациентам (из них 14, получившим курс лечения ГБО, и 14 из группы сравнения).

Описательная статистика для количественных данных приводилась в виде среднего и стандартного отклонения  $M$  ( $SD$ ), для качественных — в виде количества и доли (процентов) вхождения данного значения в выборку. Проверка гипотез о различиях между выборками проводилась при помощи парного и непарного критерия Стьюдента.

Выборочные распределения для количественных показателей были согласованы с нормальным распределением, проверка проводилась при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. Для качественных показателей проверка гипотез осуществлялась при помощи критерия хи-квадрат.

Критический уровень значимости при проверке гипотез принимали равным 0,05.

Проведенные исследования показали, что половина пациентов предъявляли жалобы на кашель: в 32 (65,3%) случаях — сухой, в 17 (34,7%) — с отделением мокроты. Среди больных, принятых на реабилитационное лечение, 86,7% отмечали одышку при небольшой физической нагрузке, и связанную с ней низкую толерантность к физическим нагрузкам, слабость и быструю утомляемость.

Больные с одышкой при заполнении модифицированного опросника mMRS (оценка тяжести одышки) значительно отличались от пациентов без одышки ( $p < 0,001$ ).

В табл. 1 обращает внимание, что одышка (и, соответственно, более высокое значение mMRS) чаще беспокоила лиц старшей возрастной группы ( $p < 0,001$ ) и больных с большим объемом поражения легких по КТ ( $p < 0,001$ ). Среднее значение mMRS у всей группы пациентов до начала лечения составило 2,7 балла.

Дополнительный анализ распространенности поражения легочной ткани у больных с

постковидным синдромом, включенных в настоящее исследование, показал, что более половины перенесли среднетяжелое течение пневмонии с поражением легочной ткани по КТ от 25 до 50% (КТ-2). У 1/4 пациентов заболевание протекало тяжело с большим объемом поражения (КТ-3), и лишь у 8% больных имело место легкое течение заболевания (КТ-1); табл. 2.

По завершении курса реабилитации была отмечена субъективная и объективная положительная динамика: у половины пациентов исчез или значительно уменьшился кашель, более чем у 1/3 больных исчезла одышка, а средний индекс одышки уменьшился в 1,4 раза (с 2,67 до 1,92 балла); рис. 2.

Половине пациентов после курса реабилитации была выполнена контрольная КТ легких. Это были больные с объемом поражения легочной ткани более 50% (среднее значение  $56,3 \pm 5,4\%$ ). У всех больных имела место положительная рентгенологическая динамика, уменьшились объем и интенсивность легочного поражения ( $p < 0,001$ ). Отмечалось также повышение абсолютных значений функциональ-

Таблица 1: Выраженность одышки (исходные значения)

Показатель	n (%)	Средний возраст, лет	Компьютерная томография (поражение легких, средние значения в группе, %)
Одышка присутствовала	85 (87)	59,0±10,1	45,8±10,1
Опросник MMRS (среднее значение)	2,86		
Одышка отсутствовала	13 (13)	43,0±8,6	27,9±7,1
Опросник MMRS (среднее значение)	1,46		
ВСЕГО	98	56,9±11,3	43,4±11,5
Опросник MMRS (среднее значение всей группы)	2,7		

Таблица 2: Поражение легочной ткани (исходные значения)

Поражение легочной ткани, %	Среднее значение, %	Число пациентов, n
КТ-1 (20–25)	22	8
КТ-2 (26–50)	40,3	64
КТ-3 (51–75)	57,7	26
Всего	43,4	98

ных показателей внешнего дыхания (ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ в среднем на 10%), улучшение процессов реполяризации на электрокардиограмме, снижение концентрации С-реактивного белка в 1,2 раза (рис. 3).

Однако у 40 пациентов по завершении трехнедельного курса реабилитации сохранялись слабость, одышка, низкая толерантность к

физической нагрузке и распространенные изменения легких по КТ. Для

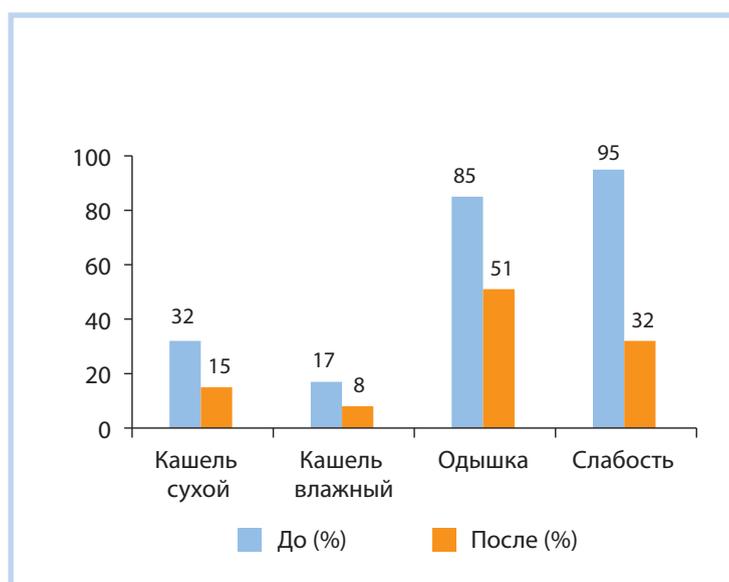


Рис. 2: Динамика жалоб пациентов до и после реабилитации

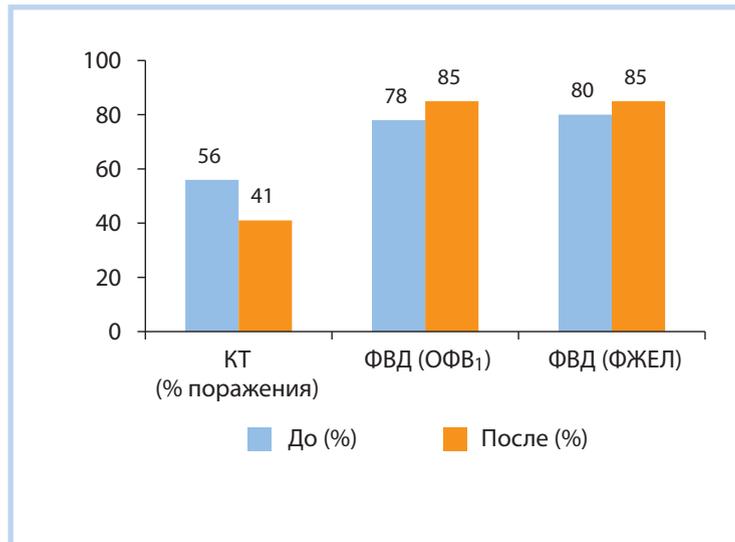


Рис. 3: Динамика результатов обследования пациентов до и после реабилитации

дальнейшего лечения эти пациенты были направлены в центр оксигенотерапии СПб ГБУЗ «ГКДЦ № 1», где им был проведен десятидневный курс ГБО. Продолжительность процедуры составляла 45 мин; давление, создаваемое в камере, — 1,5–1,7 АТА.

По завершении курса баротерапии все пациенты отмечали существенное уменьшение слабости ( $p < 0,001$ ) и одышки ( $p < 0,001$ ), лучшую переносимость физических нагрузок. Практически у всех больных исчез кашель ( $p < 0,010$ ); рис. 4.

Показательна динамика изменений шкалы одышки mMRS (табл. 3). Если вначале

реабилитационного лечения одышка разной степени выраженности (от легкой при быстрой ходьбе или подъеме на небольшое возвышение до тяжелой, заставляющей больного делать остановки через несколько минут ходьбы по ров-

Таблица 3: Динамика шкалы одышки mMRS

Исходное значение ( $n=98$ )	2,7
↓	
После реабилитации ( $n=98$ )	2,35
↓	
После ГБО ( $n=40$ )	1,15
Без ГБО ( $n=58$ )	1,60

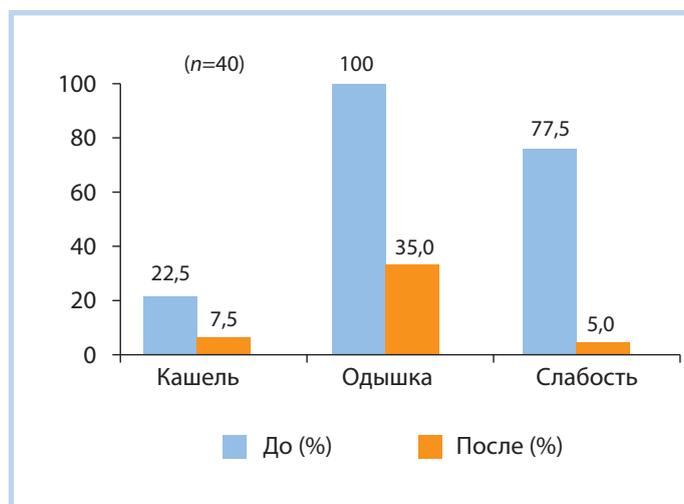


Рис. 4: Динамика жалоб пациентов до и после курса гипербарической оксигенации

ной местности) беспокоила всех пациентов, и средний показатель mMRS составлял 2,7 балла, то после курса реабилитации он снизился на 13% — 2,35 балла ( $p < 0,001$ ). В группе пациентов, получивших лечение в барокамере, индекс одышки снизился еще вдвое ( $p < 0,001$ ), а у 9 из них одышка исчезла полностью. У больных группы сравнения одышка также стала менее выраженной, но в меньшей степени.

Через месяц после завершения курса пульмонологической реабилитации всем пациентам была выполнена контрольная КТ легких (табл. 4).

Данные табл. 4 свидетельствуют, что в целом распространенность поражения легочной ткани через 2 мес лечения уменьшилась почти вдвое (с 43,4 до 24,3%),  $p < 0,001$ . Однако пациенты, получившие 10-дневный курс лечения в барокамере, изначально имели более тяжелое течение заболевания и больший объем поражения легочной ткани по КТ (54,4%), чем больные группы сравнения (35,9%);  $p < 0,001$ . Улучшение рентгенологической картины по КТ у пациентов, получивших последовательно курсы пульмонологической реабилитации и гипербарической оксигенации, было более значимым, чем за то же время у больных, получивших только реабилитацию, — на  $30,0 \pm 6,3$  и  $11,7 \pm 7,5\%$  соответственно,  $p < 0,001$ .

Анализ КТ в группе пациентов, получивших последовательно оба метода лечения, свидетельствует об уменьшении распространенности изменений в легочной ткани после пульмонологической реабилитации на  $15,2 \pm 6,1\%$  ( $p < 0,001$ ) и на  $11,9 \pm 8,7\%$  ( $p < 0,001$ ) после последующей баротерапии, оба изменения статистически значимы ( $p < 0,001$ ).

Анализ ДСЛ, выполненный в динамике (до и через месяц после курса реабилитации) 28 пациентам после коронавирусной пневмонии (14 получили лечение в барокамере и 14 из группы сравнения), представлен в табл. 5.

Таким образом, у пациентов, прошедших ГБО, диффузионная способность легких увеличилась на 16,2%, когда как в группе сравнения наблюдалось небольшое снижение ДСЛ (на 0,76%).

Пациенты отмечали существенное уменьшение ощущений слабости и одышки, значительно лучшую переносимость физических нагрузок.

Нежелательных явлений и серьезных нежелательных явлений при проведении ГБО нами не зарегистрировано.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение реабилитации, включающей в себя дыхательные упражнения, ингаляционную небулайзерную, физио- и галотерапию, у пациентов, перенесших COVID-пневмонию, уменьшает проявления и степень выраженности остаточных изменений заболевания.

Проведение баротерапии на этапе реабилитации у этих пациентов эффективно для уменьшения выраженности одышки, улучшения переносимости физических нагрузок и других проявлений постковидного синдрома, способствует более быстрому разрешению интерстициальных изменений в легких.

Таблица 4: Динамика изменений по результатам компьютерной томографии после курса реабилитации с использованием гипербарической оксигенации

Пациенты	Исходные данные	После реабилитации (через 1 мес)	Через 2 мес
	Поражение легких, средние значения, %		
Всего (n=98)	43,4±11,5	-	24,3±7,4
Получили ГБО (n=40)	54,4±6,1	41,0±6,1	24,4±7,0
Без ГБО (n=58)	35,9±7,6	Не выполнялась	24,2±7,8

Примечание. ГБО – гипербарическая оксигенация

Таблица 5: Динамика изменений диффузионной способности легких в группах гипербарической оксигенации и сравнения

Группа	Число пациентов, n	До, %	После, %
		DLCO, мл/мин/мм рт.ст.	
Получили курс ГБО	14	84	97,6
Группа сравнения	14	78,8	78,2

Примечание. ГБО – гипербарическая оксигенация; DLCO (Diffusing Capacity Of The Lungs For Carbon Monoxide) – метод исследования функции легких, позволяющий количественно оценить процесс диффузии газов через альвеоларно-капиллярная мембрану, или эффективность транспорта кислорода из альвеол в кровотоки.

Совместное последовательное использование данных методов реабилитации имеет дополнительное положительное влияние на респираторную систему пациентов, перенесших COVID-19, и может быть рекомендовано к применению в рутинной практике на 3-м амбулаторном этапе реабилитации.

*Дополнительная информация* Источник финансирования

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

*Funding source*

This study was not supported by any external sources of funding.

*Конфликт интересов*

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

*Competing interests*

The authors declare that they have no competing interests.

*Вклад авторов*

Т. В. Рубаник – написание текста статьи; Т. А. Новикова – набор материала, поисково-аналитическая работа; Н. В. Шапиро – набор материала; Е. А. Попов, Н. Л. Шапорова – обсуждение и редактирование текста статьи; А. В. Тишков – математическая обработка данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

*Author contribution*

T. V. Rubanik – writing the text of the article; T. A. Novikova – set of material, search and

analytical work; N. V. Shapiro — a set of material; E. A. Popov.

N. L. Shapороva — discussion and editing of the text of the article; A. V. Tishkov — mathematical data processing. All authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

### Список литературы / References

1. Van den Borst B, Peters JB, Brink M, et al. Comprehensive health assessment 3 months after recovery from acute coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis*. 2020;73(5):e1089–e1098. doi: 10.1093/cid/ciaa1750.
2. Самсонова М.В., Михалева Л.М., Зайратьянц О.В., и др. Патология легких при COVID-19 в Москве// Архив патологии. 2020. Т. 82, № 4. С. 32–40. [Samsonova MV, Mikhaleva LM, Zairatyants OV, et al. Pathology of the lungs with COVID-19 in Moscow. *Arch Pathol*. 2020;82(4):32–40. (In Russ).] doi: 10.17116/patol20208204132.
3. Mo X, Jian W, Su Z, et al. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge. *Eur Respir J*. 2020;55(6):2001217. doi: 10.1183/13993003.01217-20202.
4. Крюков Е.В., Савушкин О.И., Малашенко М.М., и др. Влияние комплексной медицинской реабилитации на функциональные показатели системы дыхания и качество жизни у больных, перенесших COVID-19//Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. № 78. С. 84–91. [Kryukov EV, Savushkin OI, Malashenko MM, et al. The influence of complex medical rehabilitation on the functional parameters of the respiratory system and the quality of life in patients who have undergone COVID-19. *Bull Physiol Pathol Ofrespiration*. 2020;(78): 84–91. (In Russ).] doi: 10.36604/1998-5029-2020-78-84-91.
5. Зайцев А.А., Савушкина О.И., Черняк А.В., и др. Клинико-функциональная характеристика пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 // Практическая пульмонология. 2020. № 1.
6. С. 78–81. [Zaitsev AA, Savushkina OI, Chernyak AV, et al. Clinical and functional characteristics of patients who have undergone a new coronavirus infection COVID-19. *Practical Pulmonol*. 2020;(1):78–81. (In Russ).]
7. Савушкина О.И., Черняк А.В., Крюков Е.В., и др. Функциональные нарушения системы дыхания в период раннего выздоровления после COVID-19// Медицинский алфавит. 2020. № 25. С. 7–12. [Savushkina OI, Chernyak AV, Kryukov EV, et al. Functional disorders of the respiratory system during early recovery after COVID-19. *Medical Alphabet*. 2020;(25):7–12. (In Russ).] doi: 10.33667/2078-5631-2020-25-7-12.
8. Frija-Masson J, Debray MP, Gilbert M, et al. Functional characteristics of patients with SARS-CoV-2 pneumonia at 30 days post-infection. *Eur Respir J*. 2020;56(2):2001754. doi: 10.1183/13993003.01754-2020.
9. Савушкина О.И., Зайцев А.А., Черняк А.В., и др. Диффузионная способность легких при обследовании пациентов, перенесших COVID-19 // Практическая пульмонология. 2020. № 4. С. 34–37. [Savushkina OI, Zaitsev AA, Chernyak AV, et al. Diffusion ability of the lungs in the examination of patients who underwent COVID-19. *Practical Pulmonol*. 2020;(4):34–37. (In Russ).]
10. Министерство здравоохранения РФ. Временные методические рекомендации. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции COVID-19. Версия 2 от 31.07.2020. [Ministry of Health of the Russian Federation. Temporary methodological recommendations. Medical rehabilitation for a new coronavirus infection COVID-19. Version 2 from 07/31/2020. (In Russ).]

12. Леушина Е.А., Морокова Д.Р., Плаксина М.Ю. Разработка эффективных программ медицинской реабилитации пациентов с пневмониями, ассоциированными с новой коронавирусной инфекцией COVID-19// II Международная научно-практическая конференция. Пенза, 2020. 48 с. [Leushina EA, Morozova DR, Plaksina MY. Development of effective medical rehabilitation programs for patients with pneumonia associated with the new coronavirus infection COVID-19. In: II International Scientific and Practical Conference. Penza; 2020. 48 p. (In Russ).]
13. Савилов П.Н. О возможностях гипербарической кислородной терапии в лечении SARS-CoV-2-инфицированных пациентов // Znanstvena Misel J. 2020. № 42. С. 55–60. [Savilov PN. On the possibilities of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of SARS-CoV-2-infected patients. Znanstvena Misel J. 2020;42: 55–60. (In Russ).]
14. Булынин В.И., Кошелев П.И., Алексеева А.Н., и др. Гипербарическая оксигенация в лечении больных с нагноительными заболеваниями легких и плевры // Хирургия. 1982. № 3. С. 56–62. [Bulynin VI, Koshelev PI, Alekseeva AN, et al. Hyperbaric oxygenation in the treatment of patients with suppurative diseases of the lungs and pleura. Surgery. 1982;(3):56–62. (In Russ).]
15. Лесницкий Л.С., Буравцов В.И. Гипербарическая оксигенация в лечении больных с острыми гнойно-деструктивными заболеваниями легких и плевры // Вестник хирургии им. Грекова. 1983. № 131. С. 36–42. [Lesnitskiy LS, Buravtsov VI. Hyperbaric oxygenation in the treatment of patients with acute purulent-destructive diseases of the lungs and pleura. Bulletin Surgery Named After Grekov. 1983;(131):36–42. (In Russ).]
16. Буравцов В.И. Эффективность ГБО в комплексном лечении больных с инфекционно-деструктивными заболеваниями легких // Вестник хирургии им. Грекова. 1989. № 131. С. 37–41. [Buravtsov VI. The effectiveness of HBO in the complex treatment of patients with infectious and destructive lung diseases. Bulletin Sur Named After Grekov. 1989;(131):37–41. (In Russ).]
17. Безенков И.В. Дыхание и кровообращение в лёгких при гипербарической оксигенации у больных туберкулёзом: Автореф. дис. канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 1992. 29 с. [Bezenkov IV. Respiration and blood circulation in the lungs during hyperbaric oxygenation in patients with tuberculosis [dissertation abstract]. Saint Petersburg; 1992. 29 p. (In Russ).]
18. Савилов П.Н. Гипероксическое состояние организма // Бюллетень гипербарической биологии и медицины. 2005. Т. 13, № 1–4. С. 30–95. [Savilov PN. Hyperoxic state of the organism. Bulletin Hyperbaric Biology Med. 2005;13(1–4):30–95. (In Russ).]
19. Гринцова А.А., Ладария Е.Г., Боева И.А., и др. Применение гипербарической оксигенации в комплексной терапии пациентов с профессиональным ХОЗЛ // Университетская клиника Донецк. 2015. Т. 11, № 2. С. 52–54. [Grintsova AA, Ladaria EG, Boeva IA, et al. The use of hyperbaric oxygenation in the complex therapy of patients with occupational COPD. University Clinic Donetsk. 2015;11(2):52–54. (In Russ).]
20. Руководство по гипербарической оксигенации (Теория и практика клинического применения) / под ред. С.Н. Ефуни. Москва: Медицина, 1986. 413 р. [Guide to hyperbaric oxygenation (Theory and practice of clinical application). Ed. by S.N. Efuni. Moscow: Medicine; 1986. 413 p. (In Russ).]
21. Руководство по гипербарической оксигенации / под ред. С.А. Байдина, А.Б. Граменицкого, Б.А. Рубинчика. Москва: Медицина, 2008. 559 с. [Guide to hyperbaric oxygenation. Ed. by S.A. Baidin, A.B. Gramenitsky, B.A. Rubinchik. Moscow: Meditsina; 2008. 559 p. (In Russ).]
22. Гипербарическая медицина: практическое руководство / под ред. Д. Матье. Перевод с английского. Москва: Бином, 2009. 720 с. [Hyperbaric Medicine: a practical guide. Ed. by D. Mathieu. Transl. from English. Moscow: Binom; 2009. 720 p. (In Russ).]