

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ЗАДЕРЖИВАТЬ ДЫХАНИЕ У ВЗРОСЛЫХ ЛИЦ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

К.Ф. Борчев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5541-8402>

*Калининградский государственный технический университет
(г. Калининград)

Пробы на задержку дыхания служат простыми способами определения состояния дыхательной системы пациентов с респираторной патологией. **Цель работы** – изучить продолжительность произвольной задержки дыхания у взрослых лиц, перенесших COVID-19, с учетом социально-демографических и клинических данных. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали пациенты в возрасте от 46 до 84 лет, перенесшие COVID-19 с осложнением в виде двухсторонней полисегментарной пневмонии и поступившие на долечивание в отделение респираторной реабилитации второго этапа ГБУЗ КО «Центральная городская клиническая больница» (г. Калининград). Группировка пациентов включала разделение на жителей города и села, по возрастному и половому признакам, а также по наличию сопутствующих заболеваний и степени поражения легочной ткани (на основании данных компьютерной томографии). Оценивалось время произвольной задержки дыхания в фазе полного вдоха. **Результаты.** У всех пациентов, перенесших COVID-19 ($n = 367$), наблюдалось снижение времени произвольной задержки дыхания (среднее значение – $16,9 \pm 6,7$ с). Степень поражения легочной ткани оказывала значительное негативное влияние на время произвольной задержки дыхания независимо от пола, возраста, места жительства и сопутствующих заболеваний пациентов: лица с поражением легочной ткани менее 50 % ($n = 164$) в среднем значимо дольше (на 17 %, $p < 0,001$) задерживали дыхание, чем пациенты с более чем 50 %-м поражением ($n = 203$). При этом мужчины ($n = 125$) выполняли пробу на 23 % лучше ($p < 0,05$) женщин ($n = 242$), а городские жители ($n = 276$) – на 26 % хуже ($p = 0,004$) сельских ($n = 91$). Отмечен кумулятивный негативный эффект сопутствующих патологий на результаты пробы.

Ключевые слова: нарушение дыхательной функции, легочные осложнения, новая коронавирусная инфекция, последствия COVID-19, проба с задержкой дыхания на вдохе.

Ответственный за переписку: Борчев Кирилл Федорович, адрес: 236005, г. Калининград, ул. Летняя, д. 3;
e-mail: k.f.borchev@gmail.com

Для цитирования: Борчев К.Ф. Исследование способности задерживать дыхание у взрослых лиц, перенесших COVID-19 // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 3. С. 191–200. DOI: 10.37482/2687-1491-Z104

Клиническая польза от проб на задержку дыхания была доказана на примере различных патологий органов дыхания. Промонстрировано, что подобные пробы могут быть использованы как инструмент оценки тяжести приступов одышки у пациентов с хронической бронхиальной астмой [1]. У взрослых пациентов с муковисцидозом результаты теста коррелируют с потреблением кислорода на уровне анаэробного порога, предоставляя информацию о допустимой физической нагрузке [2]. Исследования показывают, что проба с задержкой дыхания может послужить ценным диагностическим методом анализа функционального состояния дыхательной системы при хронической обструктивной болезни легких [3]. В целом результаты пробы отражают чувствительность периферического хеморефлекса на состав газовой смеси в крови [4], коррелируют с данными спирометрии и могут способствовать более полной оценке функциональных возможностей пациентов [5].

Проба с произвольной задержкой дыхания может применяться для выявления пациентов с дыхательной недостаточностью [6], диагностики снижения функции и объема легочной ткани у пациентов с COVID-19 [7]. В свою очередь, в литературе очень мало сведений о нормированных значениях для проб с произвольной задержкой дыхания у различных групп пациентов, а также данных о том, как время произвольной задержки дыхания соотносится с объемом поражения легочной ткани. С другой стороны, интерес представляет, как другие, в частности демографические, факторы влияют на связь между временем задержки дыхания и объемом поражения легочной ткани.

Цель исследования заключалась в изучении продолжительности произвольной задержки дыхания у пациентов с диагнозом «двухсторонняя полисегментарная пневмония, вызванная перенесенной инфекцией COVID-19», с учетом социально-демографических и клинических переменных.

Материалы и методы. Исследование было проведено на базе отделения физиотерапии ГБУЗ КО «Центральная городская клиническая больница» (г. Калининград). В нем приняли участие пациенты в возрасте от 46 до 84 лет, перенесшие COVID-19 (вирус идентифицирован) и поступившие в отделение реабилитации второго этапа с осложнением «двухсторонняя полисегментарная вирусно-бактериальная пневмония в стадии разрешения» ($n = 367$). От каждого пациента было получено информированное согласие на участие в исследовании, которое проводилось с соблюдением всех необходимых условий (в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации).

Информация о росте, весе, основном диагнозе, сопутствующих заболеваниях, месте жительства была получена из регистрационных карт пациентов. Индекс массы тела рассчитывался как отношение массы тела пациента в килограммах к квадрату роста в метрах.

Проба с произвольной задержкой дыхания проводилась в утреннее время (с 9.00 до 11.00). После 5-минутного отдыха в положении сидя, пациентам предлагалось совершить три неглубоких вдоха-выдоха (до 3/4 от полного вдоха) и задержать дыхание в фазе максимального вдоха. Время задержки регистрировалось секундомером.

Компьютерная томография легких (КТ) была выполнена пациентам по факту выписки из инфекционного отделения с занесением результатов визуальной оценки врачом-радиологом в медицинскую карту (средний латентный срок до перевода в отделение реабилитации – $7,9 \pm 2,1$ дня).

Результаты исследования легочной ткани стали основным условием группировки пациентов. По объему поражения легочной ткани они были разделены на две группы: КТ1-2 – с объемом поражения менее 50 % ($n = 164$), КТ3-4 – с объемом поражения более 50 % ($n = 203$). Дополнительно обследуемые были разделены на жителей города и села, по возрастному и половому признакам, а также по наличию сопутствующих заболеваний.

Статистический анализ проводился в JASP (version 0.14.1)¹. Характеристики участников представлялись в виде средних значений с указанием 95 %-го доверительного интервала (ДИ), распределение участников – количественно и в процентах.

Время произвольной задержки дыхания на вдохе вычислялось как среднее значение *M* с отражением 95 %-го ДИ. Для сравнения групп применялся многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Исходная модель включала сравнение способности задерживать дыхание с учетом отличительных социально-демографических и клинических признаков. Разница показателей в группах рассчитывалась в процентах. Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0,05$.

Результаты. Всего анализу были подвергнуты данные 367 пациентов, поступивших в отделение респираторной реабилитации, из них 66 % составили женщины; 26 % проживали в сельской местности. Средний возраст участников составил 66,5 (46,2–84,1) лет; доля лиц среднего возраста (до 59 лет) – 18 % ($n = 64$), пожилого (старше 60 лет) – 82 % ($n = 303$) [8]. На момент поступления в отделение объем поражения легочной ткани по данным КТ составил: у 13 % пациентов – менее 25 % (КТ1), у 31 % – от 25 до 50 % (КТ2), у 42 % – от 50 до 75 % (КТ3), у 12 % – более 75 % (КТ4) [9]. Почти 46 % пациентов страдали заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

В выделенных группах по объему поражения легочной ткани было примерно одинаковое количество (табл. 1): мужчин и женщин

Таблица 1

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19,
ПО СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИМ И КЛИНИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ, чел. (%)**

**DISTRIBUTION OF PATIENTS AFTER COVID-19
BY SOCIO-DEMOGRAPHIC AND CLINICAL CHARACTERISTICS, people (%)**

| Признак | Вся выборка ($n = 367$) | Группа | |
|--|------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | КТ1-2 ($n = 164$) | КТ3-4 ($n = 203$) |
| Пол: | | | |
| женский | 242 (66) | 100 (61) | 142 (70) |
| мужской | 125 (34) | 64 (39) | 61 (30) |
| Возраст: | | | |
| средний | 64 (18) | 139 (84) | 164 (80) |
| пожилой | 303 (82) | 25 (15) | 39 (20) |
| Постоянное место жительства: | | | |
| город | 276 (74) | 130 (79) | 146 (72) |
| село | 91 (26) | 34 (21) | 57 (27) |
| Сопутствующие хронические заболевания: | | | |
| гипертоническая болезнь | 110 (29) | 47 (28) | 63 (31) |
| болезни дыхательной системы | 11 (3) | 5 (3) | 6 (2) |
| ишемическая болезнь сердца | 61 (17) | 28 (17) | 33 (16) |
| сахарный диабет | 29 (8) | 15 (9) | 14 (6) |
| болезни ЦНС | 15 (4) | 10 (6) | 5 (2) |
| другие хронические болезни* | 141 (38) | 59 (35) | 82 (40) |

Примечание: * – пациенты, имеющие два и более сопутствующих заболевания.

¹URL: <https://jasp-stats.org> (дата обращения: 01.08.2022).

($p = 0,071$); пациентов среднего и пожилого возраста ($p = 0,319$); городских и сельских жителей ($p = 0,412$); сопутствующих заболеваний ($p = 0,523$). Индекс массы тела пациентов двух групп не различался ($p = 0,068$) и составил в среднем $29,5 \pm 1,3$.

В табл. 2 представлены усредненные результаты тестирования способности произвольно задерживать дыхание в фазе полного вдоха у пациентов, переболевших COVID-19.

Средняя продолжительность задержки дыхания на вдохе у пациентов в общей выборке составила $16,9 \pm 6,7$ с. Мужчины задерживали дыхание на 2,7 с дольше, чем в среднем по выборке ($19,6$ против $16,9$ с), и на 4,1 с (на 23 %, $p < 0,001$) продолжительнее женщин. Пациенты из сельских районов на 5,3 с (26 %, $p = 0,004$) лучше справлялись с пробой, чем городские жители; время задержки дыхания у первых было выше среднего на 4,2 с ($20,2$ против $16,9$ с). Результаты пробы у пациентов среднего и пожилого возраста не имели значимых различий ($p = 0,352$).

Снижение времени произвольной задержки дыхания ассоциировалось с увеличением объема поражения легочной ткани. В общей выборке ($n = 367$) различие между группами пациентов с поражением легочной ткани более 50 % и менее 50 % при выполнении дыхательной пробы составило 3,1 с (17 %, $p < 0,001$). В свою очередь, у женщин это различие составило 2,1 с (13 %, $p = 0,013$), а у мужчин – 4,1 с (19 %, $p = 0,001$); у пациентов среднего возраста – 3,4 с (19 %, $p = 0,005$), пожилого – 2,0 с (16 %, $p < 0,001$).

Было также замечено снижение времени произвольной задержки дыхания при увеличении объема поражения легочной ткани: на фоне гипертонической болезни – на 3,9 с (20 %, $p = 0,002$), болезней органов дыхания – на 7,4 с (32 %, $p = 0,012$), наличия двух и более хронических заболеваний – на 2,8 с (25 %, $p = 0,007$). Однако в группах пациентов с сопутствующими заболеваниями сердца, сахарным диабетом и болезнями центральной нервной системы различия не были значимыми ($p > 0,05$).

С учетом степени поражения легочной ткани пол, возраст, место жительства и сопутствующие заболевания пациентов значимо не влияли на различия времени произвольной задержки дыхания ($p > 0,05$).

Обсуждение. Исследование показало, что у пациентов ($n = 367$) в возрасте от 46 до 84 лет, перенесших COVID-19 и поступивших на долечивание в отделение респираторной реабилитации второго этапа, способность задерживать дыхание на максимальном вдохе существенно снижена (среднее время задержки дыхания – около 17 с). Согласно клиническим рекомендациям, продолжительность задержки дыхания на вдохе менее 30 с может свидетельствовать о низкой толерантности к общей и транзиторной гипоксии [10, с. 203], что сопровождается головокружением, быстрой утомляемостью и обморочными состояниями. Подобные состояния характерны для пациентов, перенесших COVID-19 [9, 11], и могут быть вызваны снижением работоспособности срочных адаптивных механизмов сердечно-сосудистой и дыхательной систем [12, 13].

Учеными (например, A. Slim et al. [5]) продемонстрировано, что легочные патологии, приводящие к снижению объема дыхания, отрицательно коррелируют с уменьшением максимального времени произвольной задержки дыхания. В нашем исследовании наблюдается схожая тенденция: увеличение объема поражения легочной ткани у пациентов, перенесших COVID-19, ассоциируется с ухудшением способности произвольно задерживать дыхание ($p < 0,001$).

Выявленную закономерность можно объяснить следующим образом. С одной стороны, нарушение адаптационных возможностей дыхательной и сердечно-сосудистой систем может сопровождаться хронической активацией хеморефлекса [10]; действительно, пациенты, переболевшие COVID-19, склонны к быстро развивающейся гипоксемии [14]. С другой стороны, снижение дыхательной функции может быть не связано исключительно со структурными изменениями легких, не менее важную

Таблица 2

СПОСОБНОСТЬ ПРОИЗВОЛЬНО ЗАДЕРЖИВАТЬ ДЫХАНИЕ НА ВДОХЕ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19,
С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ И КЛИНИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
VOLUNTARY INSPIRATORY BREATH-HOLDING ABILITY IN PATIENTS AFTER COVID-19,
TAKING INTO ACCOUNT SOCIO-DEMOGRAPHIC AND CLINICAL CHARACTERISTICS

| Признак | Время задержки дыхания, M (95% ДИ), с | | | | p-value (тест ANOVA) | | |
|--|--|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-------|--|
| | Вся выборка (n = 367) | КТ1-2 (n = 164) | КТ3-4 (n = 203) | A | B | A+B | |
| Без учета признака | 16,9 (7,0–28,0) | 18,6 (17,6–19,6) | 15,5 (14,6–16,4) | <0,001 | – | – | |
| Пол: | | | | | | | |
| женский | 15,5 (5,1–26,0) | 16,7 (15,4–17,9) | 14,6 (13,6–15,7) | 0,013 | | 0,152 | |
| мужской | 19,6 (10,0–34,4) | 21,6 (20,0–32,1) | 17,5 (15,9–19,1) | < 0,001 | < 0,001 | | |
| Возраст: | | | | | | | |
| средний | 15,9 (10,0–23,0) | 18,0 (15,4–20,6) | 14,6 (12,5–16,7) | 0,005 | 0,352 | 0,802 | |
| пожилей | 17,1 (6,1–32,0) | 18,7 (17,6–19,8) | 15,7 (14,7–16,7) | < 0,001 | | | |
| Постоянное место жительства: | | | | | | | |
| село | 20,2 (10,0–36,1) | 24,1 (18,7–29,5) | 17,5 (13,1–21,9) | 0,132 | | 0,076 | |
| город | 14,9 (5,0–27,0) | 14,6 (11,9–17,4) | 15,1 (12,5–17,9) | 0,764 | 0,004 | | |
| Сопутствующие хронические заболевания: | | | | | | | |
| гипертоническая болезнь | 17,2 (8,0–30,2) | 19,4 (17,5–21,3) | 15,5 (13,9–17,2) | 0,002 | | | |
| болезни дыхательной системы | 16,5 (11,0–24,0) | 20,0 (14,2–25,8) | 13,6 (8,4–18,9) | 0,014 | 0,812 | 0,805 | |
| ишемическая болезнь сердца | 17,2 (5,0–32,0) | 18,9 (16,4–21,4) | 15,7 (13,5–17,9) | 0,123 | | | |
| сахарный диабет | 15,8 (5,8–27,6) | 16,0 (12,6–19,4) | 15,6 (12,1–19,1) | 0,883 | | | |
| болезни ЦНС | 18,7 (8,5–30,4) | 19,4 (15,3–23,5) | 17,2 (11,4–23,0) | 0,602 | | | |
| другие хронические болезни* | 16,6 (8,0–27,6) | 18,2 (16,5–19,9) | 15,4 (13,9–16,8) | 0,007 | | | |

Примечание: A – статистическая значимость различий в зависимости от объема поражения легочной ткани; B – статистическая значимость различий в зависимости от признака; * – пациенты, имеющие два и более сопутствующих заболевания. Полу жирным выделены статистически значимые различия.

роль в ее нарушении могут играть миофасциальные и полинейропатические процессы. Например, в работе О.И. Савушкиной и др. показано статистически значимое снижение силы инспираторных и экспираторных мышц у лиц, перенесших COVID-19 [15].

Функциональные нарушения такого рода наблюдаются и при других патологиях. Как правило, они развиваются вследствие вынужденного продолжительного лечения, длительного постельного режима и развившегося синдрома «последствий интенсивной терапии» [16]. При продолжительном обездвиживании и дыхательной недостаточности у пациентов часто ослаблен волевой компонент [17], что также является возможной причиной снижения времени произвольной задержки дыхания.

Настоящее исследование установило, что мужчины, переболевшие COVID-19, способны задерживать дыхание в фазе полного вдоха на 23 % продолжительнее женщин и эта способность не зависит от объема поражения легочной ткани ($p > 0,1$). В научной литературе способность здоровых мужчин задерживать дыхание дольше женщин объясняется различиями дыхательной функции, обусловленными антропометрическими и физиологическими особенностями [18]. Согласно нашим наблюдениям, при интерпретации результатов проб на задержку дыхания следует учитывать способность мужчин задерживать дыхание дольше женщин, однако с условием, что эта особенность не зависит от объема поражения легочной ткани.

Нами было отмечено, что сельские жители справляются с дыхательной пробой на 27 % лучше городских ($p < 0,004$). Хотя нет никаких данных, которые бы отражали состояние дыхательной системы лиц среднего и пожилого возраста, проживающих в сельских и городских районах Калининградской области, можно предположить, что снижение способности к произвольному апноэ у обследованных лиц связано с физической активностью до госпитализации. Известно, что сельские жители статистически значимо ($p < 0,05$)

больше двигаются в сравнении с городскими [19]. Физическая активность, в свою очередь, способствует толерантности к стрессорным нагрузкам дыхательной и сердечно-сосудистой систем [10], а также хорошему развитию дыхательной мускулатуры [20].

Проведенное исследование также показало, что различие результатов дыхательной пробы со средним значением в процентном эквиваленте у пациентов с разным объемом поражения легочной ткани увеличивается при наличии сопутствующих патологий. Например, у пациентов с гипертонической болезнью это различие увеличилось на 3 % ($p = 0,002$), у пациентов с хронической патологией дыхательной системы – на 11 % ($p = 0,014$), а у пациентов с двумя и более сопутствующими патологиями – на 8 % ($p = 0,007$). Однако данная тенденция не наблюдалась у пациентов с заболеваниями сердца, сахарным диабетом и др. В целом подобные результаты могут говорить о том, что наличие других патологий может оказать кумулятивное воздействие на течение основного заболевания, причем нет различий между тем, какое это заболевание, важнее учитывать стадию течения и риск обострения [9].

Уменьшение времени задержки дыхания (на 13–32 %) при увеличении объема поражения легочной ткани наблюдалось практически у всех выделенных нами групп пациентов, перенесших COVID-19. Снижение времени задержки дыхания в общей выборке хорошо ассоциировалось с увеличением объема поражения легочной ткани ($p < 0,001$).

Пробу с задержкой дыхания на вдохе можно рассматривать как простой метод выявления пациентов с высоким риском дыхательной недостаточности при COVID-19. Снижение времени задержки дыхания может быть связано с более низкой десатурацией и быть предвестником прогрессирования заболевания в тяжелую форму. Кроме этого, тест может использоваться как простой и надежный метод оценки тяжести состояния пациентов, перенесших COVID-19 [7, 11, 12], но с учетом тех моментов, которые

были нами обозначены выше. Пол, возраст, место жительства, сопутствующие заболевания, волевые качества пациентов могут существенно влиять на результаты дыхательной пробы, вместе с тем снижение способности задерживать дыхание, выявленное данной пробой, можно считать достоверным маркером ухудшения состояния дыхательной системы пациента.

К сожалению, дизайн настоящего исследования не позволил показать целостной факторной модели – мы лишь сравнили группы по определенному признаку. Поэтому в будущем необходимо сконцентрироваться на комплекс-

ных моделях, в частности на построении регрессионных моделей, которые позволят оценить силу связи факторов с измеряемым параметром. Несмотря на это данное исследование будет полезно практикующим специалистам, поскольку содержит информацию о функционировании дыхательной системы после перенесенного заболевания, вызванного инфекцией COVID-19, а также о том, как демографические и клинические данные могут повлиять на результаты проб с задержкой дыхания.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Nannini L.J., Zaietta G.A., Guerrera A.J., Varela J.A., Fernández O.M., Flores D.M. Breath-Holding Test in Subjects with Near-Fatal Asthma. A New Index for Dyspnea Perception // *Respir. Med.* 2007. Vol. 101, № 2. P. 246–253. DOI: [10.1016/j.rmed.2006.05.013](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.05.013)
2. Barnai M., Laki I., Gyurkovits K., Angyan L., Horvath G. Relationship Between Breath-Hold Time and Physical Performance in Patients with Cystic Fibrosis // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2005. Vol. 95, № 2. P. 172–178. DOI: [10.1007/s00421-005-1350-3](https://doi.org/10.1007/s00421-005-1350-3)
3. Hedhli A., Slim A., Ouahchi Y., Mjid M., Koumenji J., Cheikh Rouhou S., Toujani S., Dhahri B. Maximal Voluntary Breath-Holding Tele-Inspiratory Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease // *Am. J. Men's Health.* 2021. Vol. 15, № 3. Art. № 15579883211015857. DOI: [10.1177/15579883211015857](https://doi.org/10.1177/15579883211015857)
4. Trembach N., Zabolotskikh I. Breath-Holding Test in Evaluation of Peripheral Chemoreflex Sensitivity in Healthy Subjects // *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2017. Vol. 235. P. 79–82. DOI: [10.1016/j.resp.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.10.005)
5. Slim A., Hedhli A., Rouhou S.C., Mbarek N., Taboubi A., Benkhaled S., Ouahchi Y., Cherif J., Mjid M., Toujani S., Merai S. Maximal Voluntary Inspiratory Breath Holding Time Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease // *Eur. Respir. J.* 2018. Vol. 52, № 62. DOI: [10.1183/13993003.congress-2018.PA4053](https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.PA4053)
6. Ideguchi H., Ichiyasu H., Fukushima K., Okabayashi H., Akaike K., Hamada S., Nakamura K., Hirotsuko S., Kohroggi H., Sakagami T., Fujii K. Validation of a Breath-Holding Test as a Screening Test for Exercise-Induced Hypoxemia in Chronic Respiratory Diseases // *Chron. Resp. Dis.* 2021. Vol. 18. Art. № 14799731211012965. DOI: [10.1177/14799731211012965](https://doi.org/10.1177/14799731211012965)
7. Messineo L., Perger E., Corda L., Joosten S.A., Fanfulla F., Pedroni L., Terrill P.I., Lombardi C., Wellman A., Hamilton G.S., Malhotra A., Vailati G., Parati G., Sands S.A. Breath-Holding as a Novel Approach to Risk Stratification in COVID-19 // *Crit. Care.* 2021. Vol. 25, № 1. Art. № 208. DOI: [10.1186/s13054-021-03630-5](https://doi.org/10.1186/s13054-021-03630-5)
8. Милуков В.Е., Жарикова Т.С. Критерии формирования возрастных групп пациентов в медицинских исследованиях // *Клин. медицина.* 2015. № 11. С. 5–11.
9. Временные методические рекомендации: Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 14 (27.12.2021) / М-во здравоохранения Рос. Федерации. URL: https://static0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/059/041/original/BMP_COVID-19_V14_27-12-2021.pdf (дата обращения: 11.08.2022).
10. Анестезиология-реаниматология: клинические рекомендации / под ред. И.Б. Заболотских, Е.М. Шифмана. М.: ГЭОТАР-медиа, 2016. 947 с.
11. Бубнова М.Г., Шляхто Е.В., Аронов Д.М., Белевский А.С., Герасименко М.Ю., Глезер М.Г., Гордеев М.Н., Драккина О.М., Иванова Г.Е., Иоселиани Д.Г., Карамнова Н.С., Космачева Е.Д., Кулешов А.В., Кукушина А.А., Лядов К.В., Лямина Н.П., Макарова М.Р., Меццержакова Н.Н., Никитюк Д.Б., Пасечник И.Н., Персиянова-

Дуброва А.Л., Погонченкова И.В., Свет А.В., Стародубова А.В., Тутельян В.А. Новая коронавирусная инфекционная болезнь COVID-19: особенности комплексной кардиологической и респираторной реабилитации // Рос. кардиол. журн. 2021. Т. 26, № 5. С. 183–222. DOI: [10.15829/1560-4071-2021-4487](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4487)

12. Борчев К.Ф., Бондарев Д.В., Муромцев А.Б., Печеная Н.В. Изменения дыхательной и физической функций у пациентов среднего и пожилого возраста, перенесших COVID-19, после программы комплексной реабилитации // Успехи геронтологии. 2021. Т. 34, № 6. С. 934–940. DOI: [10.34922/AE.2021.34.6.016](https://doi.org/10.34922/AE.2021.34.6.016)

13. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Cheng Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. Clinical Features of Patients Infected with 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China // Lancet. 2020. Vol. 395, № 10223. P. 497–506. DOI: [10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

14. Донина Ж.А. Причины гипоксемии при COVID-19 // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2022. Т. 108, № 1. С. 3–12. DOI: [10.31857/S0869813922010058](https://doi.org/10.31857/S0869813922010058)

15. Савушкина О.И., Малащенко М.М., Черняк А.В., Крюков Е.В., Сеницын Е.А., Зыков К.А. Исследование силы дыхательных мышц у больных, перенесших COVID-19 // Медицина экстрем. ситуаций. 2021. Т. 23, № 3. С. 55–60. DOI: [10.47183/mes.2021.025](https://doi.org/10.47183/mes.2021.025)

16. Белкин А.А., Авдюнина И.А., Варако Н.А., Зинченко Ю.П., Вознюк И.А., Давыдова Н.С., Заболотских И.Б., Иванова Г.Е., Кондратьев А.Н., Лейдерман И.Н., Лубнин А.Ю., Петриков С.С., Пирадов М.А., Проценко Д.Н., Стаховская Л.В., Суворов А.Ю., Супонева Н.А., Шамалов Н.А., Щеголев А.В. Реабилитация в интенсивной терапии. Клинические рекомендации // Вестн. восстанов. медицины. 2017. № 2. С. 139–143.

17. Nishino T. Pathophysiology of Dyspnea Evaluated by Breath-Holding Test: Studies of Furosemide Treatment // Respir. Physiol. Neurobiol. 2009. Vol. 167, № 1. P. 20–25. DOI: [10.1016/j.resp.2008.11.007](https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.11.007)

18. Абдурахманов Р.Ш. Физиологические аспекты гипоксии нагрузки // Биомедицина (Баку). 2004. № 1. С. 3–9.

19. Николаев А.Ю. Физическая активность и малоподвижное поведение взрослых в городе и на селе по данным опросника IPAQ // Актуал. проблемы гуманитар. и естеств. наук. 2017. № 3-2. С. 89–93.

20. Rodrigues A., Muñoz Castro G., Jácome C., Langer D., Parry S.M., Burtin C. Current Developments and Future Directions in Respiratory Physiotherapy // Eur. Resp. Rev. 2020. Vol. 29, № 158. Art. № 200264. DOI: [10.1183/16000617.0264-2020](https://doi.org/10.1183/16000617.0264-2020)

References

1. Nannini L.J., Zaietta G.A., Guerrero A.J., Varela J.A., Fernández O.M., Flores D.M. Breath-Holding Test in Subjects with Near-Fatal Asthma. A New Index for Dyspnea Perception. *Respir. Med.*, 2007, vol. 101, no. 2, pp. 246–253. DOI: [10.1016/j.rmed.2006.05.013](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.05.013)

2. Barnai M., Laki I., Gyurkovits K., Angyan L., Horvath G. Relationship Between Breath-Hold Time and Physical Performance in Patients with Cystic Fibrosis. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2005, vol. 95, no. 2, pp. 172–178. DOI: [10.1007/s00421-005-1350-3](https://doi.org/10.1007/s00421-005-1350-3)

3. Hedhli A., Slim A., Ouahchi Y., Mjid M., Koumenji J., Cheikh Rouhou S., Toujani S., Dhahri B. Maximal Voluntary Breath-Holding Tele-Inspiratory Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am. J. Men's Health*, 2021, vol. 15, no. 3. Art. no. 15579883211015857. DOI: [10.1177/15579883211015857](https://doi.org/10.1177/15579883211015857)

4. Trembach N., Zabolotskikh I. Breath-Holding Test in Evaluation of Peripheral Chemoreflex Sensitivity in Healthy Subjects. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, 2017, vol. 235, pp. 79–82. DOI: [10.1016/j.resp.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.10.005)

5. Slim A., Hedhli A., Cheikh Rouhou S., Mbarek N., Taboubi A., Benkhaled S., Ouahchi Y., Cherif J., Mjid M., Toujani S., Merai S. Maximal Voluntary Inspiratory Breath Holding Time Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Eur. Respir. J.*, 2018, vol. 52, no. 62. DOI: [10.1183/13993003.congress-2018.PA4053](https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.PA4053)

6. Ideguchi H., Ichiyasu H., Fukushima K., Okabayashi H., Akaike K., Hamada S., Nakamura K., Hirotsako S., Kohrogi H., Sakagami T., Fujii K. Validation of a Breath-Holding Test as a Screening Test for Exercise-Induced Hypoxemia in Chronic Respiratory Diseases. *Chron. Respir. Dis.*, 2021, vol. 18. Art. no. 14799731211012965. DOI: [10.1177/14799731211012965](https://doi.org/10.1177/14799731211012965)

7. Messineo L., Perger E., Corda L., Joosten S.A., Fanfulla F., Pedroni L., Terrill P.I., Lombardi C., Wellman A., Hamilton G.S., Malhotra A., Vailati G., Parati G., Sands S.A. Breath-Holding as a Novel Approach to Risk Stratification in COVID-19. *Crit. Care*, 2021, vol. 25, no. 1. Art. no. 208. DOI: [10.1186/s13054-021-03630-5](https://doi.org/10.1186/s13054-021-03630-5)

8. Milyukov V.E., Zharikova T.S. Kriterii formirovaniya vozrastnykh grupp patsientov v meditsinskikh issledovaniyakh [Criteria for the Formation of Age Groups of Patients in Clinical Studies]. *Klinicheskaya meditsina*, 2015, no. 11, pp. 5–11.

9. *Temporary Guidelines: Prevention, Diagnosis and Treatment of the Novel Coronavirus Infection (COVID-19)*. Version 14 (27.12.2021). Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/059/041/original/VMR_COVID-19_V14_27-12-2021.pdf (accessed 11 August 2022) (in Russ.).

10. Zabolotskikh I.B., Shifman E.M. (eds.). *Anesteziologiya-reanimatologiya: klinicheskie rekomendatsii* [Anaesthesiology and Intensive Care Medicine: Clinical Guidelines]. Moscow, 2016. 947 p.

11. Bubnova M.G., Shlyakhto E.V., Aronov D.M., Belevsky A.S., Gerasimenko M.Yu., Glezer M.G., Gordeev M.N., Drapkina O.M., Ivanova G.E., Ioseliani D.G., Karamnova N.S., Kosmacheva E.D., Kuleshov A.V., Kukshina A.A., Lyadov K.V., Lyamina N.P., Makarova M.R., Meshcheryakova N.N., Nikityuk D.B., Pasechnik I.N., Persiyanova-Dubrova A.L., Pogonchenkova I.V., Svet A.V., Starodubova A.V., Tutelian V.A. Coronavirus Disease 2019: Features of Comprehensive Cardiac and Pulmonary Rehabilitation. *Russ. J. Cardiol.*, 2021, vol. 26, no. 5. Art. no. 4487. DOI: [10.15829/1560-4071-2021-4487](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4487)

12. Borchev K.F., Bondarev D.V., Muromtsev A.B., Pechenaya N.V. Izmeneniya dykhatel'noy i fizicheskoy funktsiy u patsientov srednego i pozhilogo vozrasta, perenesshikh COVID-19, posle programmy kompleksnoy reabilitatsii [Changes in Respiratory Function and Physical Performance in Middle-Aged and Old Inpatients Recovering from Covid-19 After a Rehabilitation Program]. *Uspekhi gerontologii*, 2021, vol. 34, no. 6, pp. 934–940. DOI: [10.34922/AE.2021.34.6.016](https://doi.org/10.34922/AE.2021.34.6.016)

13. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Cheng Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. Clinical Features of Patients Infected with 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 2020, vol. 395, no. 10223, pp. 497–506. DOI: [10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

14. Donina Zh.A. Prichiny gipoksemii pri COVID-19 [Causes of Hypoxemia in COVID-19]. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2022, vol. 108, no. 1, pp. 3–12. DOI: [10.31857/S0869813922010058](https://doi.org/10.31857/S0869813922010058)

15. Savushkina O.I., Malashenko M.M., Chernyak A.V., Kryukov E.V., Sinitsyn E.A., Zykov K.A. Issledovanie sily dykhatel'nykh myshts u bol'nykh, perenesshikh COVID-19 [Respiratory Muscle Strength in Patients After COVID-19]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*, 2021, vol. 23, no. 3, pp. 55–60. DOI: [10.47183/mes.2021.025](https://doi.org/10.47183/mes.2021.025)

16. Belkin A.A., Avdyunina I.A., Varako N.A., Zinchenko Yu.P., Voznyuk I.A., Davydova N.S., Zabolotskikh I.B., Ivanova G.E., Kondrat'ev A.N., Leyderman I.N., Lubnin A.Yu., Petrikov S.S., Piradov M.A., Protsenko D.N., Stakhovskaya L.V., Suvorov A.Yu., Suponeva N.A., Shamalov N.A., Shchegolev A.V. Reabilitatsiya v intensivnoy terapii. Klinicheskie rekomendatsii [Rehabilitation in Intensive Therapy: Clinical Recommendations]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, 2017, no. 2, pp. 139–143.

17. Nishino T. Pathophysiology of Dyspnea Evaluated by Breath-Holding Test: Studies of Furosemide Treatment. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, 2009, vol. 167, no. 1, pp. 20–25. DOI: [10.1016/j.resp.2008.11.007](https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.11.007)

18. Abdurakhmanov R.Sh. Fiziologicheskie aspekty gipoksii nagruzki [Physiological Aspects of Tension Hypoxia]. *Biomeditsina (Baku)*, 2004, no. 1, pp. 3–9.

19. Nikolaev A.Yu. Fizicheskaya aktivnost' i malopodvizhnoe povedenie vzroslykh v gorode i na sele po dannym oprosnika IPAQ [Physical Activity and Sedentary Behaviour of Adults in the City and in the Countryside According to IPAQ]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2017, no. 3-2, pp. 89–93.

20. Rodrigues A., Muñoz Castro G., Jácome C., Langer D., Parry S.M., Burtin C. Current Developments and Future Directions in Respiratory Physiotherapy. *Eur. Respir. Rev.*, 2020, vol. 29, no. 158. Art. no. 200264. DOI: [10.1183/16000617.0264-2020](https://doi.org/10.1183/16000617.0264-2020)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z104

*Kirill F. Borchev** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5541-8402>

*Kaliningrad State Technical University
(Kaliningrad, Russian Federation)

BREATH-HOLDING STUDY IN ADULTS AFTER COVID-19

Breath-holding tests are a simple way to determine the state of the respiratory system in patients with respiratory pathology. The **aim** of this study was to evaluate voluntary breath-holding time in COVID-19 survivors, taking into account the socio-demographic and clinical characteristics. **Materials and methods.** The study involved patients aged 46 to 84 years with a complication in the form of bilateral multisegmental pneumonia after COVID-19 who were admitted for aftercare to the second stage respiratory rehabilitation department of the Central City Clinical Hospital in Kaliningrad. The subjects were divided into urban and rural residents, as well as by age and sex, presence of concomitant diseases and degree of damage to the lung tissue (based on computed tomography data). Voluntary inspiratory breath-holding time was estimated. **Results.** All of the patients after COVID-19 ($n = 367$) showed decreased voluntary inspiratory breath-holding time (mean value 16.9 ± 6.7 s). The degree of damage to the lung tissue had a significant negative impact on voluntary inspiratory breath-holding time, irrespective of the patients' sex, age, place of residence and concomitant diseases: patients with less than 50 % lung tissue involvement ($n = 164$) on average held their breath significantly longer (by 17 %, $p < 0.001$) than patients with more than 50 % lung tissue involvement ($n = 203$). Men ($n = 125$) were able to hold their breath longer (by 23 %, $p < 0.05$) than women ($n = 242$), while patients from rural areas ($n = 91$) longer (by 26 %, $p = 0.004$) than urban residents ($n = 276$). Concomitant pathologies had a negative cumulative effect on the test results.

Keywords: *respiratory dysfunction, pulmonary complications, novel coronavirus infection, consequences of COVID-19, inspiratory breath-holding time test.*

Received 8 March 2022

Accepted 22 August 2022

Published 27 September 2022

Поступила 08.03.2022

Принята 22.08.2022

Опубликована 27.09.2022

Corresponding author: Kirill Borchev, *address:* ul. Letnyaya 3, Kaliningrad, 236005, Russian Federation; *e-mail:* k.f.borchev@gmail.com

For citation: Borchev K.F. Breath-Holding Study in Adults After COVID-19. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 191–200. DOI: 10.37482/2687-1491-Z104