

Изменения параметров функции легких у пациентов с хроническими заболеваниями легких: наблюдение до и после COVID-19

М.И. Чушкин¹, Л.Д. Кирюхина^{2,3}, Е.А. Шергина¹, Р.И. Алекперов¹,
А.Н. Тихонская¹, Н.Н. Макарьянц^{1,4}, Н.Л. Карпина¹

¹Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза, Москва

²Научно-исследовательский институт пульмонологии ФМБА России, Москва

³Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии

⁴Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

The changes of pulmonary function parameters due to COVID-19 in patients with chronic pulmonary diseases: follow-up after COVID-19

M. Chushkin¹, L. Kiryukhina^{2,3}, E. Shergina¹, R. Alekperov¹,
A. Tikhonskaya¹, N. Makaryants^{1,4}, N. Karpina¹

¹Central TB Research Institute, Moscow

²Research Institute of Pulmonology, FMBA of Russia, Moscow

³St. Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology

⁴Moscow Regional Research and Clinical Institute

© Коллектив авторов, 2024 г

Резюме

В большинстве работ анализируют результаты функции легких после COVID-19. И поэтому очень сложно определить реальное воздействие инфекции на функцию легких. **Целью** исследования было сравнение изменений параметров функции легких до и после COVID-19 у пациентов с хроническими заболеваниями легких. **Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ функции легких у 64 пациентов в возрасте 54,6±13,6 года, которым были выполнены спирометрия, бодиплетизмография и диффузионный тест за 77±79 нед до и 35±32 нед после COVID-19 (p>0,05). Сравнивали изменения параметров функции легких

и оценивали величину эффекта (effect size — ES), который определяли как разницу между средними значениями, деленную на стандартное отклонение показателя при первом осмотре. **Результаты.** Нарушения функции легких были выявлены в 76,1% случаев до и в 82,6% случаев после COVID-19. Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) составляла 103,6±19,6 и 95,7±22,0% должных величин (Д.В.) (p<0,001); объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁) — 96,0±20,5 и 87,1±22,7% Д.В. (p<0,001); общая емкость легких (ОЕЛ) — 102,2±16,0 и 99,0±21,6% Д.В. (p=0,084); диффузионная способность легких (ДСЛ) — 74,0±16,3 и 63,5±18,0% Д.В. (p<0,001) до и после COVID-19

соответственно. Величина эффекта (ES) для ОФВ₁, ФЖЕЛ, ОЕЛ и ДСЛ составили минус 0,26; 0,22; 0,21 и 0,4 соответственно. Наибольшая ES была для ДСЛ после тяжелого COVID-19 (1,81). **Заключение.** После COVID-19 у пациентов с хроническими заболеваниями легких величины всех параметров функции легких снижаются. В наибольшей степени происходит снижение ДСЛ после тяжелого течения COVID-19.

Ключевые слова: функция легких, диффузионная способность легких, COVID-19, величина эффекта

Summary

A little was known about changes in lung function after COVID-19. The most studies did not report the previous lung function of the patients, so it is not possible to know the real effect by the infection. **The aim** of study was to compare the changes of pulmonary function parameters before and after COVID-19 in patients with chronic pulmonary diseases. **Materials and methods.** 64 survivors after COVID-19 (aged 54.6±13.6) with chronic pulmonary diseases who had pulmonary function tests before COVID-19

have undergone pulmonary function testings after the disease (77±79 before and 35±32 weeks after COVID-19). We evaluated Cohen's effect size [ES] (the difference of mean values divided by the standard deviation of baseline score) of parameters of pulmonary function and compared their changes. **Results.** Forced vital capacity (FVC) was 103.6±19.6 and 95.7±22.0% of projected values; (p<0.001); forced expiratory volume in one second (FEV1) was 96.0±20.5 and 87.1±22.7% of projected values (p<0.001); total lung capacity (TLC) was 102.2±16.0 and 99.0±21.6% of projected values (p<0.084); diffusing capacity (DLco) was 74.0±16.3 and 63.5±18.0% of projected values (p<0.001); before and after COVID-19, respectively. ES for FEV1, FVC, TLC, and DLco were minus 0.26, 0.22, 0.21 and 0.4 respectively. The biggest ES was for DLco after severe COVID-19 (1.81). **Conclusion.** After COVID-19, patients with chronic lung diseases had a decrease in pulmonary function parameters, the largest changes were observed in diffusion capacity, especially after severe COVID-19.

Keywords: pulmonary function, diffusion capacity, COVID-19, effect size

Введение

Более 80% пациентов переносят заболевание, вызванное новой коронавирусной инфекцией COVID-19 (COroonaVirus Disease-2019), в легкой или бессимптомной форме и могут получать амбулаторное лечение, однако в 20% случаев требуется госпитализация в стационар, из них у четверти пациентов может развиваться дыхательная недостаточность [1].

В первую очередь COVID-19 поражает легочную ткань: вследствие инфекции происходят деструкция эпителия альвеол, нарушение структуры легких, образование тромбов в капиллярах и венозной системе, фиброз, консолидация. Все эти морфологические изменения способны приводить к нарушению функции легких. Так, в систематическом обзоре, включающем 380 пациентов, нарушения диффузионной способности легких наблюдали в 39% случаев, рестриктивные и обструктивные нарушения — в 15 и 7% случаев соответственно [2, 3].

По данным другого мета-анализа у 39% пациентов после перенесенного COVID-19 выявляют нарушения функции легких: в 31% случаев было выявлено снижение диффузионной способности легких (ДСЛ), в 12% случаев — рестриктивный тип вентиляционных нарушений, в 8% случаев — обструктивный тип нарушений функции легких [4].

Наиболее часто происходит нарушение диффузионной способности легких [3], причем частота наруше-

ний ДСЛ зависит от тяжести COVID-19. Анализ 768 пациентов показал, что при легком течении COVID-19 частота нарушений ДСЛ (ДСЛ<80% дв) составляла 20,3%; при среднетяжелом течении (требующем госпитализации в стационар) — 32% и при тяжелом течении (госпитализация в ОРИТ или кислородная поддержка) — 59,5% [2].

Большим недостатком работ по исследованию легочной функции при инфекции COVID-19 является отсутствие данных функции легких до COVID-19, поэтому трудно оценить фактическое влияние COVID-19 на изменение функциональных показателей [3, 5].

Пациентам с хроническими заболеваниями легких комплексное исследование функции легких с оценкой как вентиляционной, так и газообменной способности, как правило, выполняется в плановом порядке для оценки течения заболевания. В ряде исследований говорится о том, что хронические заболевания легких повышают риск тяжелого течения COVID-19, при этом тяжесть течения может также зависеть от фенотипа хронической легочной патологии [6]. Однако лишь у данной категории больных можно сравнить функциональные характеристики дыхания до и после COVID-19.

Цель исследования

Оценка влияния COVID-19 на динамику параметров функции легких за период до и после инфекции у пациентов с хроническими заболеваниями легких.

Материалы и методы исследования

В исследование включено 64 пациента с хроническими заболеваниями легких и подтвержденным диагнозом COVID-19. Среди пациентов преобладали женщины (44 человека); средний возраст пациентов составил $54,6 \pm 13,6$ года.

Критерии включения в исследование:

- возраст 18 лет и старше;
- наличие хронического заболевания легких, установленного до COVID-19;
- перенесенный COVID-19, подтвержденный методом полимеразной цепной реакции.

Критерии исключения:

- неудовлетворительное выполнение легочных функциональных тестов;
- обострение хронических заболеваний.

Пациенты, включенные в исследование, проходили лечение в ФГБНУ «Центральный НИИ туберкулеза» (45 человек) и ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России (19 человек). Сбор и анализ данных проводили в 2020–2023 гг. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования одобрен Этическим комитетом.

Всем пациентам до и после COVID-19 были выполнены спирометрия, бодиплетизмография, а также исследование диффузионной способности легких (в среднем 78 ± 79 нед до и 35 ± 32 нед после COVID-19). Исследование функции легких проводили в течение одного визита. Все исследования были выполнены согласно рекомендациям ATS/ERS [7–9].

Анализировали форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁), общую емкость легких (ОЕЛ), диффузионную способность легких, скорректированную на уровень гемоглобина (ДСЛ). В качестве должных величин использовали данные Европейского общества угля и стали [10, 11]. Границами нормальных значений ФЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ и ДСЛ считали 80% д.в. Нарушения вентиляции при ОФВ₁/ФЖЕЛ < 70% относили к обструктивному типу, при ОЕЛ < 80% д.в. к рестриктивному типу, смешанные нарушения определяли при сочетании изменений обструктивного и рестриктивного типов [12].

Изменения функции легких определяли в зависимости от тяжести перенесенного COVID-19. Легкое течение заболевания расценивали при амбулаторном лечении пациента и отсутствии критериев тяжелого и среднетяжелого течения (31 пациент); при наличии вирусного поражения легких и госпитализации в лечебное учреждение (27 пациентов) расценивали течение как средней тяжести; тяжелое течение заболевания определяли в случае госпитализации пациента в ОАРИТ либо при потребности в респираторной поддержке (6 пациентов) [13].

Все пациенты по поводу хронических заболеваний легких наблюдались ранее, из них саркоидозом с вовлечением легких страдали 35 (54,7%) пациентов; другими интерстициальными заболеваниями легких — 18 (28,1%) пациентов; прочими заболеваниями органов дыхания — 11 (17,2%) пациентов.

Динамику показателей функции дыхания между осмотрами оценивали по абсолютной величине разницы, изменению в процентах к исходному уровню, абсолютное изменение — в процентах от должных величин.

Для оценки изменений функции использовали величину эффекта (ES), которую определяли как разницу средних величин показателей между двумя исследованиями, деленную на стандартное отклонение при первом осмотре. Изменения критерия до 0,20 считали незначительными; от 0,20 до 0,50 — небольшими; от 0,50 до 0,80 — значительными; более 0,80 — большими [14].

Для оценки статистической достоверности изменений использовали индекс достоверности изменений (The reliable change index — RCI), который рассчитывали по формуле: $RCI = (M2 - M1) / (\sqrt{2} \cdot SEM)$, где M2 — величина при повторном измерении, M1 — величина при первоначальном измерении, SEM — стандартная ошибка измерения (Standard Error of Measurement — SEM). Расчет SEM проводили по формуле:

$$SEM = SD1 \cdot \sqrt{(1 - \text{коэффициент надежности})},$$

где за коэффициент надежности принимали коэффициент Альфа Кронбаха между двумя измерениями, а за SD1 — стандартное отклонение первого измерения. Изменения считали достоверными при RCI более 1,96 [15].

Статистическая обработка выполнена с помощью программы Medcalc v18.2.1. Для анализа и оценки данных использовали методы описательной статистики. Вычисляли среднюю арифметическую величину и среднее квадратичное отклонение показателей ($M \pm \sigma$). Достоверность различий пар измерений определяли с помощью парного t-теста. Для сравнения трех независимых групп использовали ANOVA-тест с поправкой Ньюмена–Кейлса. Корреляцию между количественными показателями определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Для оценки различий качественных показателей и пропорций использовали хи-квадрат. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Нарушение функции легких выявили у 76,9% и у 82,6% до и после COVID-19 соответственно ($p > 0,05$). При этом до COVID-19 в 27,08% случаев были выявлены нарушения обструктивного характера, в 2,08% случаев — рестриктивного характера; в 65,22% случаев выявлено нарушение ДСЛ. После COVID-19 обструктивные нарушения были выявлены в 27,08% случаев, рестриктивные нарушения — в 15,22% случаев,

Таблица 1

Показатели функции легких до и после COVID-19 (n=64)

Показатель	До COVID-19	После COVID-19	p
ФЖЕЛ, л	3,51±1,24	3,24±1,25	<0,001
ФЖЕЛ, % Д.В.	103,65±19,59	95,7±22,02	<0,001
ОФВ ₁ , л	2,68±1,01	2,42±0,98	<0,001
ОФВ ₁ , % Д.В.	96,05±20,5	87,06±22,70	<0,001
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	76,55±8,98	75,16±10,68	0,041
ОЕЛ, л	5,91±1,49	5,6±1,55	0,028
ОЕЛ, % Д.В.	102,17±16,03	99,0±21,62	NS
ДСЛ, ммоль/мин/кПа	6,47±2,26	5,57±2,32	<0,001
ДСЛ, % Д.В.	74,0±16,3	63,5±18,0	<0,001

Примечание. Данные представлены как средняя величина±стандартное отклонение. ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 секунду; ОЕЛ — общая емкость легких; ДСЛ — диффузионная способность легких; Д.В. — должная величина; NS — статистически значимых различий не выявлено.

Таблица 2

Динамика показателей функции легких до и после COVID-19 (n=64)

Показатель	Разница между результатами	Изменения в процентном отношении к исходному показателю	Изменения в абсолютных значениях процентов от должных величин	Величина эффекта (ES)	RCI
ФЖЕЛ, л	-0,27±0,38	-7,8%		-0,22	1,03
ФЖЕЛ, % Д.В.			-7,95±10,53		
ОФВ ₁ , л	-0,27±0,33	-9,9%		-0,26	1,13
ОФВ ₁ , % Д.В.			-8,99±10,26		
ОЕЛ, л	-0,21±0,57	-5,25%		-0,21	0,77
ОЕЛ, % Д.В.			-4,1±8,55		
ДСЛ, ммоль/мин/кПа	-0,91±1,02	-14,01%		-0,4	1,25
ДСЛ, % Д.В.			-10,39±10,83		

Примечание. Данные представлены как средняя величина±стандартное отклонение. ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 секунду; ОЕЛ — общая емкость легких; ДСЛ — диффузионная способность легких; Д.В. — должная величина.

нарушение ДСЛ наблюдалось в 71,4% случаев. Подробные данные представлены в табл. 1.

После COVID-19 количество пациентов с ОФВ₁ менее 80% Д.В. увеличилось в два раза. Так, из 64 пациентов ОФВ₁ менее 80% было выявлено у 11 (17,2%) больных до COVID-19 и у 22 пациентов (34,4%) после COVID-19 (p<0,05).

Как видно из табл. 1, все показатели, кроме ОЕЛ % Д.В., достоверно отличались до и после COVID-19. Динамика показателей функции легких до и после COVID-19 представлена в табл. 2.

Снижение ОФВ₁ и ФЖЕЛ за время наблюдения (в среднем немногим более двух лет) составило 270 мл, что значительно больше, чем при естественном снижении показателей, которое составляет 25–29 мл/год [10]. Коэффициент корреляции между величиной разницы и длительностью между осмотрами для ФЖЕЛ

составил 0,1 (p>0,05), а для ОФВ₁ — 0,03 (p>0,05), что показывает отсутствие взаимосвязи между снижением показателя и временем между осмотрами. Таким образом, снижение показателя зависит от других факторов, в том числе возможного влияния COVID-19.

Снижение диффузионной способности легких за два года составило 0,91 ммоль/мин/кПа — при естественном снижении 0,049–0,066 ммоль/мин/кПа в год [11]. Коэффициент корреляции между величиной разницы и длительностью между осмотрами составил 0,2 (p>0,05). Таким образом, снижение ДСЛ, вероятно, зависит от влияния COVID-19 либо может быть обусловлено прогрессирующим течением болезни, поскольку все больные имели хронические заболевания до COVID-19.

Как видно из табл. 2, изменения в процентном отношении к исходному показателю и изменения

показателей в абсолютных значениях процентов от должных величин наблюдали для всех параметров, но в наибольшей степени снижение наблюдалось для ДСЛ.

Однако возникает вопрос: как сравнить изменение параметров? Сравнение в абсолютных значениях не всегда возможно, поскольку у разных параметров разные единицы измерения. Если учитывать изменения в процентах от исходной величины, то при изначально низком значении показателя прирост окажется более значительным.

Парный t-тест (дисперсионный анализ) показывает статистическую достоверность разницы и говорит только о том, есть она или нет, но не показывает

информации о величине и клинической значимости изменений. Кроме того, статистическая значимость разницы зависит от числа сравниваемых пар. При достаточно большом числе наблюдений даже минимальная разница будет статистически достоверной [17].

Для оценки величины изменения какого-либо параметра используют величину эффекта. Величина эффекта не зависит от исходной величины и показывает, какую часть первоначальной вариабельности составляют изменения [14].

Как видно из табл. 2, величина эффекта (ES) для ОФВ₁, ФЖЕЛ, ОЕЛ и ДСЛ составила 0,26; 0,22; 0,21; 0,40 соответственно. Таким образом, изменения для всех

Таблица 3

Показатели функции легких до и после инфекции в зависимости от тяжести течения COVID-19

Показатель	Тяжелое течение (n=6)	Среднетяжелое течение (n=27)	Легкое течение (n=31)	p
ФЖЕЛ, л	-0,34±0,40	-0,33±0,42	-0,21±0,33	NS
ОФВ ₁ , л	-0,22±0,26	-0,29±0,29	-0,27±0,37	NS
ОЕЛ, л	-0,29±0,79	-0,41±0,67	-0,035±0,46	NS
ДСЛ, ммоль/мин/кПа	-1,66±0,73	-1,08±0,96	-0,58±1,01	0,024

Примечание. Данные представлены как разница между показателями первичного и повторного осмотров в виде средняя величина±стандартное отклонение. ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 секунду; ОЕЛ — общая емкость легких; ДСЛ — диффузионная способность легких; NS — статистически значимых различий не выявлено.

Таблица 4

Оценка изменений показателей функции легких до и после инфекции в зависимости от тяжести течения COVID-19

Показатель	Тяжелое течение (n=6)	Среднетяжелое течение (n=27)	Легкое течение (n=31)
ФЖЕЛ, л			
Изменения в процентном отношении к исходному показателю	-11,53%	-10,23%	-5,37%
Величина эффекта (ES)	-0,44	-0,27	-0,17
RCI	1,25	1,09	0,882
ОФВ ₁ , л			
Изменения в процентном отношении к исходному показателю	-10,4%	-11,88%	-8,48%
Величина эффекта (ES)	-0,31	-0,32	-0,23
RCI	1,22	1,26	0,993
ОЕЛ, л			
Изменения в процентном отношении к исходному показателю	-9,82%	-8,78%	-1,93%
Величина эффекта (ES)	-0,23	-0,33	-0,09
RCI	1,90	1,06	0,359
ДСЛ, ммоль/мин/кПа			
Изменения в процентном отношении к исходному показателю	-26,41%	-17,96%	-8,68%
Величина эффекта (ES)	-1,81	-0,45	-0,26
RCI	3,09	1,55	0,84

Примечание: ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 секунду; ОЕЛ — общая емкость легких; ДСЛ — диффузионная способность легких; RCI — индекс достоверности изменений.

параметров попадают под категорию небольших изменений; тем не менее в наибольшей степени мы наблюдаем снижение ДСЛ.

Недостатком ES является отсутствие статистической оценки. В формулу индекса достоверности изменений (RCI) включена формула для оценки стандартной ошибки измерения. Таким образом, величина RCI более 1,96 с вероятностью 95% превышает возможную ошибку при измерении динамики, и изменения параметра являются значительными [15]. Как показано в табл. 2, RCI для ОФВ₁, ФЖЕЛ, ОЕЛ и ДСЛ составила 1,03; 1,13; 0,77; 1,25 соответственно. Таким образом, сравнивая изменение всех параметров, в наибольшей степени мы наблюдаем снижение ДСЛ.

По данным литературы, анализ нарушений функции легких и тяжести перенесенной COVID-19 показал, что частота обструктивных и рестриктивных нарушений может быть одинаковой независимо от тяжести течения COVID-19 и составляет примерно 15% [18]. Сравнение нарушений ДСЛ показало, что частота нарушений зависит от тяжести COVID-19. Анализ 768 пациентов показал, что при легком течении COVID-19 частота нарушений ДСЛ (ДСЛ < 80% Д.В.) составляла 20,3%; при среднетяжелом течении (требующем госпитализации в стационар) — 32% и при тяжелом течении (госпитализация в ОРИТ или потребность в респираторной поддержке) — 59,5% [2].

В данном исследовании изменения параметров вентиляционной функции (ФЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ) не зависели от тяжести течения COVID-19 (см. табл. 3). Во всех случаях сравнение не выявило достоверных различий. Однако сравнение динамики ДСЛ, напротив, показало, что снижение показателя значительно больше при тяжелом течении болезни.

Изменения в процентном отношении к исходному показателю параметров вентиляционной функции

(ФЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ) мало зависели от тяжести течения COVID-19 (см. табл. 4). ES для всех параметров вентиляционной функции можно оценить как небольшую. RCI для показателей вентиляции было меньше 1,96, то есть изменения после COVID-19 не были статистически значимыми.

Вместе с тем сравнение динамики ДСЛ показало, что снижение показателя значительно больше при тяжелом течении COVID-19. Так, при тяжелом течении изменения в процентном отношении к исходному показателю составили 26%; ES была очень большой (1,81). Изменение ДСЛ при тяжелом течении — единственный показатель, где величина RCI была больше 1,96, что показывает значимость изменений и вероятность ошибки менее 5%.

Выводы

После COVID-19 у больных с хроническими заболеваниями легких вентиляционная функция снижалась при любой тяжести течения COVID-19, однако эти изменения не были значительными. Изменения диффузионной способности легких статистически значимо нарастали с увеличением тяжести COVID-19; наиболее выраженное и статистически значимое снижение ДСЛ наблюдалось при тяжелом течении с COVID-19-ассоциированным поражением легких.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Conflict of interest. The authors have no conflict of interests to declare.

Финансирование. Статья не имела спонсорской поддержки.

Funding. The study was not sponsored.

Список литературы

1. Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* 2020; 323 (13): 1239–1242. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648>.
2. Thomas M., Price O.J., Hull J.H. Pulmonary Function and COVID-19. *Curr. Opin. Physiol.* 2021; 21: 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2021.03.005>.
3. Torres-Castro R., Vasconcello-Castillo L., Alsina-Restoy X. et al. Respiratory function in patients post-infection by COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Pulmonology* 2021; 27: 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.10.013>.
4. Sanchez-Ramirez D.C., Normand K., Yang Z. et al. Long-Term Impact of COVID-19: A Systematic Review of the Literature and Meta-Analysis. *Biomedicine* 2021; 9 (8): 900. <https://doi.org/10.3390/biomedicine9080900>.
5. Черняк А.В., Карчевская Н.А., Савушкина О.И. и др. Функциональные изменения системы дыхания у пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированное поражение легких. *Пульмонология* 2022; 32 (4): 558–567. [Chernyak A.V., Karchevskaya N.A., Savushkina O.I. et al. Functional changes in the respiratory system after COVID-19-associated lung injury. *Pulmonologiya* 2022; 32 (4): 558–567. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-4-558-567>.
6. Лихоносова С.Э., Лукина О.В., Калмансон Л.М. Фенотипы хронической обструктивной болезни легких как фактор тяжелого течения новой коронавирусной инфекции. *Медицинский альянс* 2023; 11 (2): 50–58. [Likhonosova S.E., Lukina O.V., Kalmanson L.M. Phenotypes of chronic obstructive pulmonary disease as a factor in severe infection with a new coronavirus infection. *Medical Alliance* 2023; 11 (2): 50–58. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.36422/23076348-2023-11-2-50-58>.

7. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (2): 319–338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>.
8. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volume. *Eur. Respir. J.* 2005; 26: 511–522. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035005>.
9. Graham B.L., Brusasco V., Burgos F. et al. 2017 ERS/ATS Standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2017; 49 (1): 1600016. <https://doi.org/10.1183/13993003.00016-2016>.
10. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E. et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J. Suppl.* 1993; 16: 5–40. PMID: 8499054.
11. Cotes J.E., Chinn D.J., Quanjer P.H. et al. Standardization of the measurement of transfer factor (diffusing capacity). Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J. Suppl.* 1993; 16: 41–52. PMID: 8499053.
12. Чушкин М.И., Попова Л.А., Шергина Е.А., Карпина Н.Л. Вентиляционная функция легких и качество жизни пациентов после перенесенного туберкулеза легких. *Медицинский альянс* 2021; 9 (4): 37–44. [Chushkin M.I., Popova L.A., Shergina E.A., Karpina N.A. Ventilation function lungs and quality of life of patients after pulmonary tuberculosis. *Medical allians* 2021; 9 (4): 37–44. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.36422/23076348-2021-9-4-37-44>.
13. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации; версия 17. 2022. Режим доступа: <https://nasci.ru/?id=103858&download=1> (по состоянию на 02.05.2024) [Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19). Temporary methodological recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Version 17. 2022. Access mod: <https://nasci.ru/?id=103858&download=1> (Available on 02.05.2024) (In Russ.)].
14. Husted J.A., Cook R.J., Farewell V.T., Gladman D.D. Methods for assessing responsiveness: a critical review and recommendations. *J. Clin. Epidemiol.* 2000 May; 53 (5): 459–468. [https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(99\)00206-1](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(99)00206-1).
15. Hays R.D., Peipert J.D. Between-group minimally important change versus individual treatment responders. *Qual Life Res.* 2021; 30 (10): 2765–2772. <https://doi.org/10.1007/s11136-021-02897-z>.
16. Hays R.D., Hubble D., Jenkins F., Fraser A., Carew B. Methodological and Statistical Considerations for the National Children’s Study. *Front Pediatr.* 2021; 20; 9: 595059. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.595059>.
17. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Издательство Практика; 1999. [Glants S. Medical and social statistics. Praktika press; 1999 (In Russ.)]
18. 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: 2001217. doi.org/10.1183/13993003.01217-2020.

Поступила в редакцию: 19.06.2024 г.

Сведения об авторах:

Чушкин Михаил Иванович — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Центра диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; e-mail: mchushkin@yandex.ru; ORCID 0000-0001-8263-8240;

Кiryuhina Лариса Дмитриевна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; 115682, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; ведущий научный сотрудник, руководитель научно-исследовательской лаборатории функциональных исследований ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2-4; e-mail: kiryuhina_larisa@mail.ru; ORCID 0000-0001-6550-817X;

Шергина Елена Александровна — кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики Центра диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; e-mail: fdcnit@yandex.ru; ORCID 0000-0002-1433-5720;

Макарьянц Наталья Николаевна — доктор медицинских наук, заведующая отделом дифференциальной диагностики туберкулеза и экстракорпоральных методов лечения ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; ведущий научный сотрудник отделения пульмонологии ФГБУЗ «Московский областной научно-исследовательский институт (МОНИКИ) им. М.Ф. Владимирского»; 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2; главный внештатный специалист Минздрава Московской области; e-mail: makaryantz@yandex.ru; ORCID 0000-0002-6390-8759;

Алекперов Руслан Исраилович — аспирант отдела дифференциальной диагностики туберкулеза и экстракорпоральных методов лечения ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; e-mail: alekperovvra4ebnik@gmail.com; ORCID 0009-0004-8417-6341;

Тихонская Анастасия Николаевна — аспирант отдела дифференциальной диагностики туберкулеза и экстракорпоральных методов лечения ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; e-mail: raides03895@mail.ru; ORCID 0009-0001-3837-7247;

Карпина Наталья Леонидовна — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, руководитель Центра диагностики и реабилитации ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; 107564, Москва, Яузская аллея, д. 2; e-mail: natalya-karpina@rambler.ru; ORCID 0000-0001-9337-3903.