

УДК 616.24-036.8-06:612.216/.235]«SARS-CoV-2»

DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-48-59

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛЕ SARS-CoV-2 – АССОЦИИРОВАННОГО ПОРАЖЕНИЯ ЛЕГКИХ

О.И.Савушкина^{1,2}, И.Ц.Кулагина¹, М.М.Малашенко¹, Е.Р.Кузьмина¹, М.И.Чушкин³, Е.В.Крюков⁴

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, 105094, г. Москва, Госпитальная пл., 3

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства, 115682, г. Москва, Ореховый бульвар, 28

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза», 107564, г. Москва, Яузская аллея, 2

⁴Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6Ж

РЕЗЮМЕ. Цель – изучение динамики функциональных показателей респираторной системы у пациентов без бронхолегочной патологии в анамнезе после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких. **Материалы и методы.** Выполнено ретроспективное исследование 29 пациентов (медиана возраста 46 (43–51) лет) в 2 этапа: визит 1 – через 1–4 мес., визит 2 – 8–13 мес. от начала COVID-19. Проанализированы данные спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста, импульсной осциллометрии (ИОС), результаты компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки, полученные в острый период заболевания (КТ_{макс}), одышка по шкале mMRC. **Результаты.** Медиана КТ_{макс} составила 75%, 66% пациентов проходили лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии. На момент визита 1 одышка у пациентов была легкой или умеренной степени. Медианы жизненной емкости легких (ЖЕЛ), общей емкости легких, остаточного объема легких, диффузионной способности легких (DLco) были снижены (<80% долж.), медиана объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁) и показатели ИОС были в пределах нормы. Однако было установлено увеличение площади реактанса (AX) и абсолютной частотной зависимости резистанса (R5–R20) в 59% и 24% случаев, соответственно. На момент визита 2 сохранялась одышка легкой степени. Легочные объемы были в пределах нормы, их медианы между визитами различались статистически значимо. Медиана DLco на момент визита 1 была снижена, на момент визита 2 увеличилась до нормы и различия медиан между визитами также были статистически значимыми. Медианы показателей ИОС сохранялись в пределах нормы, статистически значимых различий между визитами выявлено не было. Однако на визите было выявлено увеличение показателей AX и (R5–R20) в 59% и 24%, на визите 2 – в 45% и 17% случаев, соответственно, статистически значимых различий между визитами установлено не было. **Выводы.** Среди отдаленных функциональных последствий перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-

Контактная информация

Ольга Игоревна Савушкина, канд. биол. наук, зав. отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, 105094, Россия, г. Москва, Госпитальная пл., 3. E-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Olga I. Savushkina, PhD (Biol.), Head of the Department of External Respiratory Function Research, Center for Functional Diagnostic Research, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko Russian Defense Ministry, Senior Scientist of the Laboratory of Functional and Ultrasonic Research Methods, Federal State Budgetary Institution "Pulmonology Scientific Research Institute" under Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation, 3 Gospitalnaya square, Moscow, 105229, Russian Federation. E-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Для цитирования:

Савушкина О.И., Кулагина И.Ц., Малашенко М.М., Кузьмина Е.Р., Чушкин М.И., Крюков Е.В. Отдаленные последствия функционального состояния респираторной системы после SARS-CoV-2 – ассоциированного поражения легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.93. С.48–59. DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-48-59

For citation:

Savushkina O.I., Kulagina I.Ts., Malashenko M.M., Kuzmina E.R., Chushkin M.I., Kryukov E.V. Long-term consequences of the functional state of the respiratory system after SARS-CoV-2-associated lung damage. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; (93):48–59 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-48-59

ассоциированным поражением легких следует отметить нарушение диффузионной способности легких (снижение DLco) и дисфункцию мелких дыхательных путей у части пациентов (в случае увеличения AX и/или R5-R20). С целью диагностики дисфункции мелких дыхательных путей в план комплексного функционального обследования пациентов после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 целесообразно включать импульсную осциллометрию.

Ключевые слова: инфекция SARS-CoV-2, COVID-19, отдаленные последствия, легочные функциональные тесты, импульсная осциллометрия.

LONG-TERM CONSEQUENCES OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE RESPIRATORY SYSTEM AFTER SARS-CoV-2-ASSOCIATED LUNG DAMAGE

O.I.Savushkina^{1,2}, I.Ts.Kulagina¹, M.M.Malashenko¹, E.R.Kuzmina¹, M.I.Chushkin³, E.V.Kryukov⁴

¹Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko Russian Defense Ministry, 3 Gospitalnaya square, Moscow, 105229, Russian Federation

²Pulmonology Scientific Research Institute under FMBA of Russia, 28 Orekhovy boulevard, Moscow, 115682, Russian Federation

³Federal State Budgetary Scientific Institution "Central Tuberculosis Research Institute", 2 Yauzskaya Alley, Moscow, 107564, Russian Federation

⁴S.M.Kirov Military Medical Academy, 6G Akademika Lebedeva Str., Saint-Petersburg, 194044, Russian Federation

SUMMARY. Aim. To study the dynamics of respiratory system function in patients without a history of bronchopulmonary pathology after SARS-CoV-2 infection with virus-associated lung damage. **Materials and methods.** A retrospective study was conducted on 29 patients (median age 46 [43-51] years) at two stages: visit 1 (1-4 months) and visit 2 (8-13 months) from the onset of COVID-19. Data from spirometry, bodyplethysmography, diffusion capacity test, impulse oscillometry (IOS), and chest computed tomography (CT) obtained during the acute phase of the disease (CTmax), as well as dyspnea assessed by the mMRC scale, were analyzed. **Results.** The median CTmax was 75%, and 66% of patients received treatment in the intensive care unit. At visit 1, dyspnea was of mild or moderate severity. Medians of vital capacity (VC), total lung capacity (TLC), residual volume (RV), and diffusion capacity of the lungs (DLco) were reduced (<80% predicted). The median forced expiratory volume in the first second (FEV₁) and IOS parameters were within normal ranges. However, increased reactance area (AX) and absolute frequency dependence of resistance (R5-R20) were found in 59% and 24% of cases, respectively. At visit 2, mild dyspnea persisted. Lung volumes were within normal limits, with statistically significant differences between visits. The median DLco was reduced at visit 1 but increased to normal at visit 2, with statistically significant differences between visits. The median IOS parameters remained within normal limits, with no statistically significant differences between visits. However, in visit 1 increased AX and (R5-R20) were observed in 59% and 24%, in visit 2 – 45% and 17% of cases, respectively, with no statistically significant differences between visits. **Conclusions.** Among the long-term functional consequences of SARS-CoV-2 infection with virus-associated lung damage, decreased lung diffusion capacity (reduced DLco) and small airway dysfunction (increased AX and/or R5-R20) were noted in some patients. Impulse oscillometry should be included in the comprehensive functional assessment plan for patients after SARS-CoV-2 infection to diagnose small airway dysfunction.

Key words: SARS-CoV-2 infection, COVID-19, long-term consequences, pulmonary function tests, impulse oscillometry.

С начала пандемии инфекции SARS-CoV-2 (от англ. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2) стали постепенно накапливаться сведения как о патогенезе COVID-19 (коронавирусное заболевание 2019 года), так и о его последствиях. В ранее проведенных исследованиях было показано, что остаточные изменения в легких по данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки могут сохраняться длительное время [1-4].

Абдуллаева Г.Б. и соавторы [5] наблюдали 45 пациентов, средний возраст которых составил 61 год, через 3, 6 и 12 месяцев после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с поражением легких более 50% по данным КТ в острую фазу заболевания. За время наблюдения было отмечено уменьшение степени выраженности рентгенологических признаков перенесенного вирусного воспаления легких и отклонений функциональных

показателей респираторной системы. Однако через 1 год наблюдения у всех пациентов были выявлены «матовые стекла» и ретикулярные изменения в той или иной степени выраженности, тогда как зоны консолидации не определялись ни у одного пациента. Одышка, утомляемость и тревожные расстройства оставались наиболее часто выявляемыми симптомами в конце наблюдения. Нарушение диффузионной способности легких (ДЛ) через 1 год наблюдения сохранялось у 69% пациентов, нарушение вентиляции по рестриктивному типу – у 20% пациентов. Черняк А.В. с коллегами [6] обследовали 60 пациентов в динамике через 1-6 и 12-24 месяцев после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких. Медиана возраста пациентов составила 61 год. У 60% включенных в исследование пациентов COVID-19 протекал с поражением легких более 75% по данным КТ

в острую фазу заболевания. Результаты показали, что через 1 год у 57% пациентов сохранялось нарушение ДЛ, у 29% – нарушение вентиляции по рестриктивному типу. Вместе с тем наблюдалась выраженная положительная динамика функциональных показателей респираторной системы между визитами. Следовательно, к настоящему времени уже опубликованы результаты отдаленных последствий влияния вируса SARS-CoV-2 на функциональное состояние респираторной системы. Однако сравнивать результаты, полученные в разных исследованиях, сложно из-за отсутствия единообразия дизайна исследования, гетерогенности обследованных групп, выбора системы должных значений, временного интервала от начала COVID-19. Кроме того, ни в одном из приведенных исследований не применялся метод импульсной осциллометрии, который позволяет выявлять дисфункцию мелких дыхательных путей.

Таким образом, цель настоящего исследования – изучение динамики функциональных показателей респираторной системы после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких с помощью широкого спектра легочных функциональных методов исследования.

Материалы и методы исследования

Проведено ретроспективное исследование 29 пациентов без бронхолегочной патологии в анамнезе, которые перенесли инфекцию SARS-CoV-2, осложненную вирус-ассоциированным поражением легких. Все пациенты наблюдались в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации (ГВКГ).

Критериями включения были возраст 18 лет и старше; перенесенная инфекция SARS-CoV-2, подтвержденная методом полимеразной цепной реакции; результаты КТ органов грудной клетки, полученные в острый период заболевания, с указанием максимального объема поражения легочной ткани (КТ_{макс}). Критериями невключения были заболевания легких в анамнезе, а также состояния, которые могут влиять на функциональные показатели респираторной системы. Критерием исключения было неудовлетворительное выполнение хотя бы одного легочного функционального исследования.

Исследование было одобрено независимым Этическим комитетом ГВКГ (протокол №254 от 20.04.2022.). Все пациенты, проходившие обследования в ГВКГ, дали информированное согласие на проведение легочных функциональных тестов.

Исследование выполнено в 2 этапа: визит 1 – через 1-4 месяца, визит 2 – через 8-13 месяцев от начала COVID-19. Были проанализированы демографические данные, КТ_{макс}, длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), данные КТ органов грудной клетки на момент обоих визитов. Легочные функциональные методы исследования

включали спирометрию, бодиплетизмографию, диффузионный тест, импульсную осциллометрию (ИОС). Были проанализированы: жизненная емкость легких (ЖЕЛ); объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁); отношение ОФВ₁/ЖЕЛ; общая емкость легких (ОЕЛ); остаточный объем легких (ООЛ); аэродинамическое бронхиальное сопротивление (R_{aw}); показатель ДЛ по монооксиду углерода, скорректированный на уровень гемоглобина (DL_{co}); альвеолярный объем (VA); резистивное сопротивление (резистанс) при частоте осцилляций 5 Гц (R5) и 20 Гц (R20); отклонение от должного значения реактивного сопротивления (реактанса) при частоте осцилляций 5 Гц: $\Delta X5 = X5_{\text{долж}} - X5_{\text{факт}}$; абсолютная частотная зависимость резистанса: (R5-R20); резонансная частота (f_{res}); площадь реактанса (AX). Кроме того, оценивались выраженность одышки по шкале mMRC (Modified Medical Research Council).

Исследования проводились на аппаратах MasterScreen Jager Erich (Viasys Healthcare (2009) и Vyair Medical (2020), Германия. Исследования были выполнены согласно рекомендациям по их проведению [7–9]. Полученные данные спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста сравнивались с должными величинами Европейского общества угля и стали (ECCS 1993) [10, 11]. За нижнюю границу нормы показателей ЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ, ООЛ, DL_{co}, VA было принято фиксированное значение 80% от должного (%долж.).

Рестриктивный тип нарушения вентиляции диагностировался при снижении ОЕЛ менее 80%долж., обструкция дыхательных путей – при снижении отношения ОФВ₁/ЖЕЛ менее 70%.

Бронхиальное сопротивление считалось увеличенным, если показатель Raw превышал 0,3 кПа•сек/л.

Показатели ИОС были интерпретированы как норма, если: R5 < 150 %долж. [12] (в этом случае были использованы уравнения должных значений Vogel J. и Smidt U. [13]); R5-R20 < 0,08 кПа•с/л [14–16]; $\Delta X5 < 0,15 \text{ кПа} \cdot \text{с/л}$ [12]; AX < 0,33 кПа/л [17].

Анализ результатов был выполнен с использованием статистических программ Medcalc v18.2.1. (MedCalc Software Inc) и MS Excel 2016. Количественные данные, распределенные по закону, отличному от нормального, описывались с использованием медианы и 25^{го} и 75^{го} квартилей – Me(Q1-Q3); для сравнения двух зависимых выборок применялся критерий Уилкоксона. Описание качественных переменных производилось путем расчета частоты встречаемости признака в общей выборке (n, %), оценка различий осуществлялась с использованием критерия МакНемара. Различия считались статистически значимыми при p < 0,05 (p – достигнутый уровень значимости различий).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристика пациентов без бронхолегочной патологии в анамнезе после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких на момент визита 1

Показатель	n=29
Пол, муж/ жен, n	25/4
Возраст, лет	46 (43-51)
Рост, см	178 (168-182)
ИМТ, кг/м ²	31 (29-32)
Курящие, n (%)	8 (28)
Не курящие/экс-курильщики, n (%)	21 (72)
КТ _{макс.} , %	75(65-80)
КТ _{макс} - 1,2, n (%)	2 (7)
КТ _{макс} - 3,4, n (%)	27 (93)
ОРИТ, n (%)	19 (66)
Длительность лечения в ОРИТ, сут	9 (3,5-10,5)

Примечание: Здесь и в таблице 2: данные представлены как медиана (25^я-75^я квартили) или n (%) – количество пациентов. ИМТ – индекс массы тела; КТ_{макс} – максимальный объем поражения легочной ткани в острый период COVID-19; КТ_{макс} -1,2 – объем поражения < 50%; КТ_{макс} -3,4 – объем поражения ≥ 50%; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.

Из таблицы 1 следует, что большинство обследованных пациентов были мужчинами, медианный возраст – 46 лет. Медиана индекса массы тела составила 31 кг/м². Большинство (21 пациент) на момент исследования были некурящими или экс-курильщиками. Медиана КТ_{макс} составила 75% (у 27 пациентов КТ_{макс} превышал 50%), 66% пациентов проходили лечение в ОРИТ, медиана длительности пребывания в ОРИТ составила 9 дней. На момент визита 1 (1-4 мес. от начала COVID-19) по данным КТ органов грудной клетки характерные для COVID-19 зоны «матового стекла» у большинства пациентов регрессировали в мелкоочаговые уплотнения, уплотнения меж- и внутридольковых перегородок, перибронхиального интерстиция. На момент визита 2 по данным КТ органов грудной клетки у большинства пациентов сохранялись зоны фиброза в обоих легких.

Из таблицы 2 следует, что на момент визита 1 в целом по группе одышка была от легкой до умеренной степени, на момент визита 2 одышка сохранялась в легкой степени.

На момент визита 1 медианы ЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ были снижены (< 80%долж.) и частоты их снижения составили 52%, 55% и 59%, соответственно. Медиана ОФВ₁ была в пределах нормальных значений. Однако у 14 (48%) пациентов показатель ОФВ₁ был снижен. На момент визита 2 (табл. 2) легочные объемы были в пределах нормы, и статистические различия медиан между визитами были значимыми. Вместе с тем показатели ЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ были снижены у 3 (10%), 2

(7%) и 29 (31%) пациентов, соответственно, и статистические различия по частотам их снижения между визитами также были значимыми. Медиана ОФВ₁ была выше по сравнению с визитом 1, и различия между визитами были статистически значимыми. Снижение ОФВ₁ было зарегистрировано лишь у 1 пациента. Показатель R_{aw} и отношение ОФВ₁/ЖЕЛ сохранялись в пределах нормы в период наблюдения, статистически значимые различия их медиан между визитами выявлены не были. Нарушение ДЛ на момент визита 1 было выявлено у 26 (86%) пациентов, и медиана DLco составила 59,8%долж. (снижение умеренной степени). На момент визита 2 ДЛ была нарушена у 17 (59%) пациентов, и медиана DLco составила 77%долж. (снижение легкой степени). Медианы и частоты снижения показателя DLco между визитами различались статистически значимо. Медиана альвеолярного объема на момент визита 1 была снижена (69%долж.), на момент визита 2 увеличилась до нормы (87%долж.), и различия медиан между визитами также были статистически значимыми.

Динамика показателей ЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ, DLco между визитами представлена на рисунках 1-4. Медианы показателей ИОС сохранялись в пределах нормальных значений, статистически значимых различий между визитами выявлено не было. Вместе с тем на момент визита 1 было установлено увеличение показателей АХ, (R5–R20) и ΔX5 в 17 (59%), 7 (24%) и 2 (7%) случаев, соответственно. На момент визита 2 увеличение показателей АХ, (R5–R20) и ΔX5 было вы-

явлено в 13 (45%), 5 (17%) случаев и у 1 пациента, соответственно. Различия по частотам патологических отклонений показателей (R5–R20) и ΔX_5 между визи-

тами были статистически значимыми.

На рисунках 5 и 6 представлена динамика показателей (R5–R20) и AX между визитами.

Таблица 2

Показатели спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста, импульсной осциллометрии у пациентов без бронхолегочной патологии в анамнезе после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких

Показатель	Визит 1 n=29	Визит 2 n=29	p
Время визита от начала COVID-19, дни	61 (29-112)	312 (259-399)	-
Одышка по шкале mMRC	1,5 (1-2)	1 (0-2)	<0,001
ЖЕЛ, %долж.	79 (65,5-102,5)	105 (89,5-113)	<0,001
ЖЕЛ < 80%долж., n (%)	15 (52)	3 (10%)	0,008
ОФВ ₁ , %долж.	84 (69,5-106)	105 (95-115,3)	<0,001
ОФВ ₁ < 80%долж., n (%)	14 (48)	1	<0,001
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %	84 (80-86)	83 (79-86)	NS
ОФВ ₁ /ЖЕЛ < 70%	0	0	-
ОЕЛ, %долж.	79 (66-97)	95 (84,5-106,8)	0,005
ОЕЛ < 80%долж., n (%)	16 (55)	2 (7)	<0,001
ООЛ, %долж.	77 (65-89)	85 (78-95)	0,002
ООЛ < 80%долж., n (%)	17 (59)	9 (31)	0,035
Raw _{общ} , кПа·сек/л	0,24 (0,20-0,28)	0,22 (0,18-0,30)	NS
DL _{CO} , %долж.	59,8 (43,5-68)	77 (67,5-89)	<0,001
DL _{CO} < 80%долж., n (%)	25(86)	17(59)	0,005
VA, %долж.	69 (58-78)	87 (77-97)	<0,001
R5,%долж.	110 (93-119)	100 (88-132)	NS
R20,%долж.	102 (92-115)	107 (84-124)	NS
(R5–R20), кПа·сек/л	0,055 (0,035-0,08)	0,05 (0,02-0,06)	NS
(R5–R20) ≥ 0,08 кПа·сек/л, n(%)	7 (24)	5 (17)	0,002
ΔX_5 , кПа·сек/л	0,08 (0,06-0,10)	0,06 (0,05-0,09)	0,013
$\Delta X_5 \geq 0,15$ кПа·сек/л, n(%)	2 (7)	1	<0,001
AX, кПа/л	0,30 (0,12-0,44)	0,13 (0,10-0,43)	NS
AX ≥ 0,33 кПа/л, n(%)	17 (59)	13 (45)	NS

Примечание: p – достигнутый уровень значимости различий; NS – статистических различий между визитами 1 и 2 не выявлено.

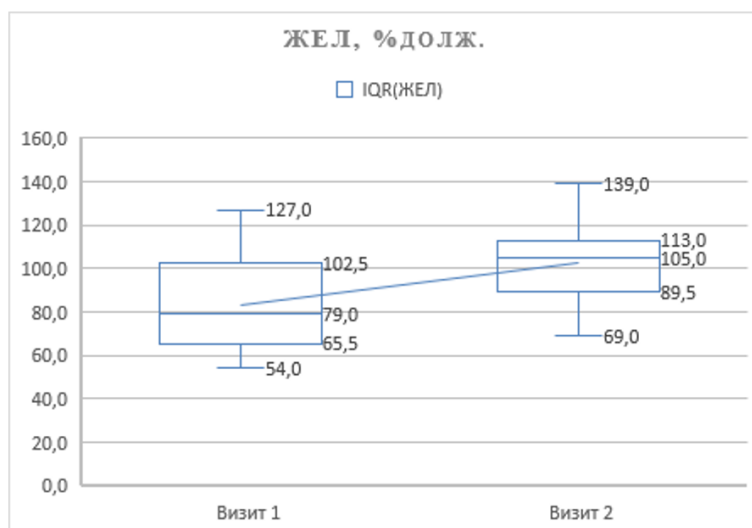


Рис. 1. Динамика жизненной емкости легких между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких. Здесь и далее в рис. 2-6: IQR – интерквартильный размах.

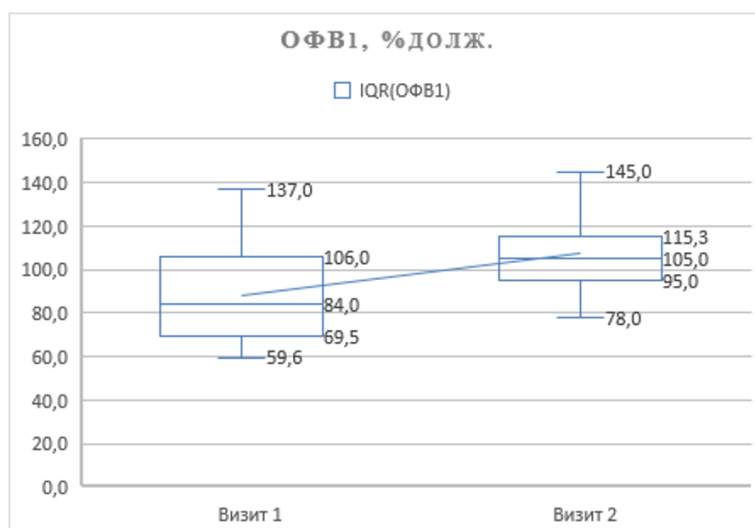


Рис. 2. Динамика объема форсированного выдоха за первую секунду между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких.

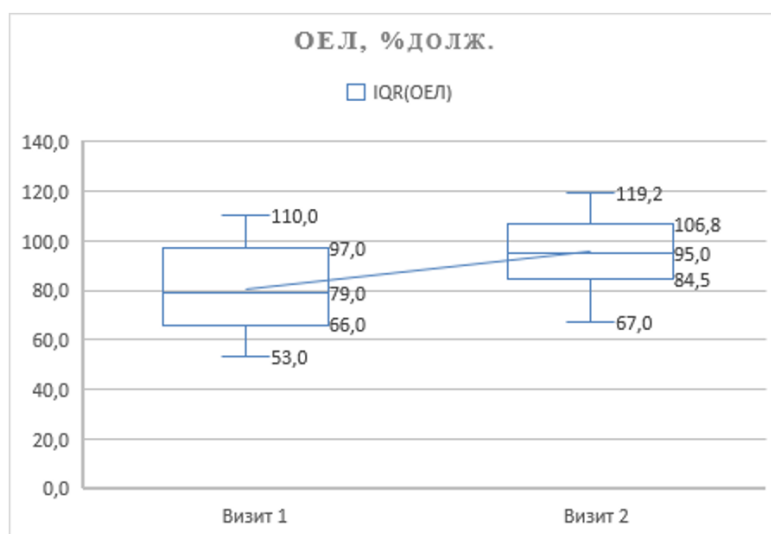


Рис. 3. Динамика общей емкости легких между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких.

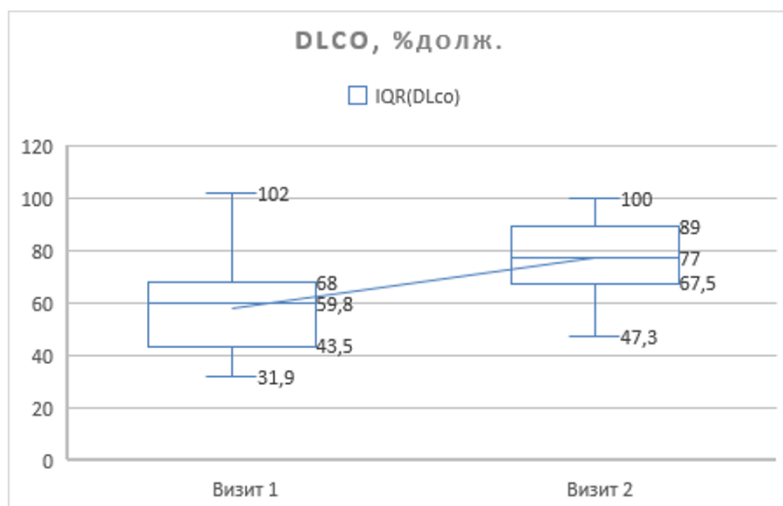


Рис. 4. Динамика DLco между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких, IQR – интерквартильный размах.

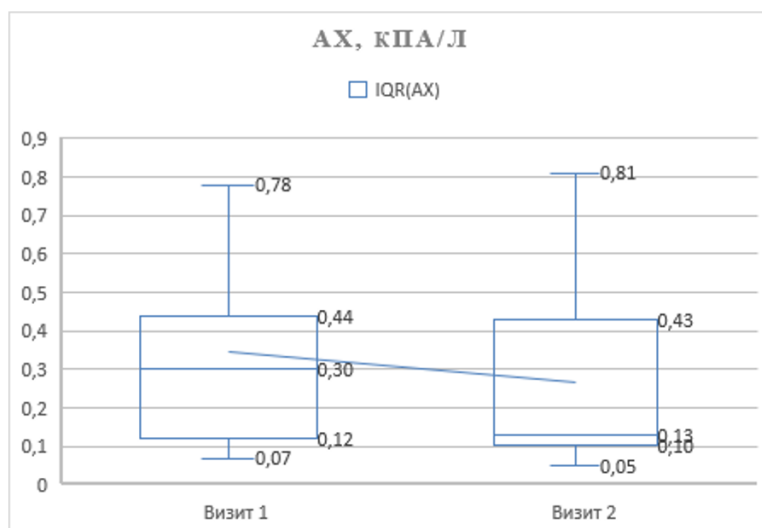


Рис. 5. Динамика площади реактанса между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких.

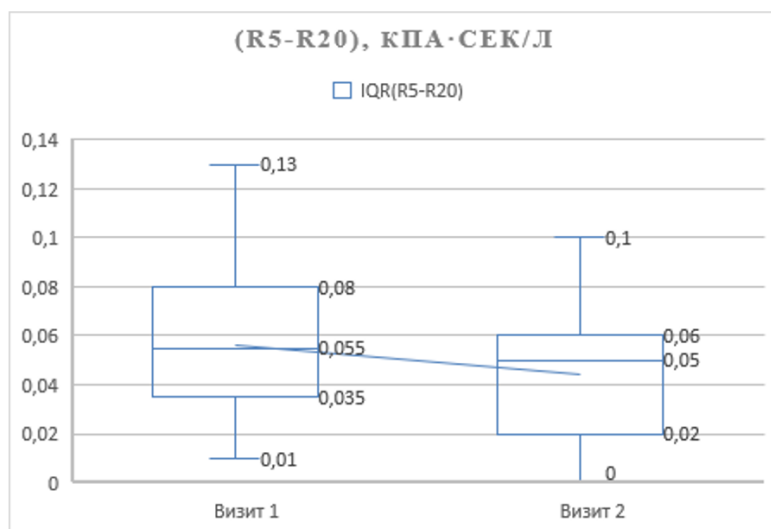


Рис. 6. Динамика абсолютной частотной зависимости резистанса между визитами пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, подтверждают ранее полученные данные о том, что нарушение ДЛ после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких является одним из самых распространенных отдаленных функциональных отклонений. Частота снижения показателя DLco и его медиана на момент визита 2 в период 8-13 месяцев с момента начала COVID-19 совпадают с данными других отечественных исследований [5, 6]. Вместе с тем следует обратить внимание, что нарушение вентиляции по рестриктивному типу в период 8-13 месяцев от начала COVID-19 в настоящем исследовании было зарегистрировано лишь у 2-х пациентов, тогда как в исследованиях Г.Б. Абдуллаевой и соавторов [5] и А.В. Черняка и соавторов [6] через 1 год от начала COVID-19 – в 20% и 29% случаев, соответственно. Тяжесть перенесенного COVID-19, объем поражения легочной ткани в острый период заболевания в упомянутых исследованиях были одинаковыми. Возможно, выявленное расхождение связано с тем, что в наше исследование были включены более молодые пациенты, медиана возраста которых составила 46 лет, по сравнению с пациентами в исследованиях Абдуллаевой Г.Б. и Черняка А.В., медиана возраста которых составила 61 год, что могло повлиять на скорость восстановления легочных объемов.

Относительно ИОС следует сказать, что лишь в единичных исследованиях, в том числе наших, данный метод применялся для оценки функционального состояния мелких дыхательных путей после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 [18–23].

Проблема дисфункции мелких дыхательных путей, обусловленной вирусом SARS-CoV-2, широко обсуждается в литературе. Так, более чем у половины пациентов в течение двух лет после перенесенного COVID-19 имеет место постковидный синдром [24], включающий, в том числе одышку, утомляемость, снижение толерантности к физическим нагрузкам, тогда как функциональные показатели респираторной системы, получаемые с помощью спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста, находятся в пределах нормальных значений. Одной из причин сохраняющихся жалоб (в настоящем исследовании одышка легкой степени на момент визита 2 была зарегистрирована у большинства пациентов) может являться дисфункция мелких дыхательных путей [25], о наличии которой судят в случае увеличения показателей ИОС, таких как (R5–R20) и AX [26].

В нашем предыдущем исследовании [23], включающем 315 пациентов, было продемонстрировано увеличение показателей AX и (R5–R20) у 29,8% и 17,8% человек, соответственно. Более высокая частота патологических отклонений показателей AX и (R5–R20) (в 59% и 24% случаев, соответственно) в настоящем исследовании, вероятнее всего, обусловлена более тяжелым течением COVID-19 у включенных в анализ пациентов.

Также обращает на себя внимание, что статистически значимых различий по частоте увеличения показателя AX между визитами выявлено не было. Данное наблюдение позволяет предположить необратимость патологических изменений мелких дыхательных путей у пациентов с сохраняющимися жалобами на одышку, несмотря на положительную динамику и восстановление до нормы большинства показателей спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких.

Выявленную патологию мелких дыхательных путей по данным ИОС и поствоспалительные изменения легочной ткани по данным компьютерной томографии органов грудной клетки, по нашему мнению, необходимо учитывать при составлении программ медицинской реабилитации после перенесенной инфекции SARS-CoV-2. С этой целью целесообразно применять методики медицинской реабилитации, влияющие на микроциркуляцию в легких и тонус гладких мышц дыхательных путей, а именно: ультразвуковую терапию, лазеротерапию, магнитотерапию, импульсные токи, дыхательные упражнения и др. Таким образом, учитывая данные наших предыдущих исследований и принимая во внимание, что ИОС выполняется при спокойном дыхании и не требует выполнения форсированных дыхательных маневров, можно рекомендовать включение ИОС в план обследования пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2.

Выводы

1. В течение периода наблюдения у большинства пациентов без бронхолегочной патологии в анамнезе после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких более 50% по данным компьютерной томографии органов грудной клетки в острый период заболевания отмечена положительная динамика большинства изучаемых функциональных показателей респираторной системы.

2. Среди отдаленных функциональных последствий перенесенной новой коронавирусной инфекции с вирус-ассоциированным поражением легких следует отметить нарушение диффузионной способности легких и у части пациентов дисфункцию мелких дыхательных путей.

3. С целью диагностики дисфункции мелких дыхательных путей и коррективы индивидуальных программ медицинской реабилитации в план комплексного функционального обследования пациентов после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 с вирус-ассоциированным поражением легких целесообразно включать импульсную осциллометрию.

Выражение признательности

Авторы выражают благодарность инженеру ЗАО «Медицинские системы» Заитову Марату Ринатовичу за техническую поддержку

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Marat Rinatovich Zaitov, an engineer at ZAO (CJSC) "Medical Systems," for his technical support

Конфликт интересов

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

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests

Источники финансирования

Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи

Funding Sources

The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винокуров А.С., Юдин А.Л. Необратимые изменения лёгких в исходе повреждения при COVID-19 –размышления на тему и примеры лучевых изображений // Архив внутренней медицины. 2022. Т.12, №5(67). С.370–379. <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2022-12-5-370-379>
2. Погосова Н.В., Палеев Ф.Н., Аушева А.К., Кучиев Д.Т., Гаман С.А., Веселова Т.Н., Белькинд М.Б., Соколова О.Ю., Жетишева Р.А., Терновой С.К., Бойцов С.А. Последствия COVID-19 на отдаленном этапе после госпитализации // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2022. Т.18, №2. С.118–126. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2022-04-03>
3. Костычева Т.В., Першукова Т.Н., Бикейкин А.В. Отдаленные последствия вирусного поражения легких на фоне COVID-19 у военнослужащих // Военно-медицинский журнал. 2024. №2. С.44–49. https://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_2_44
4. Карчевская Н.А., Скоробогач И.М., Черняк А.В., Мигунова Е.В., Лещинская О.В., Калманова Е.Н., Буланов А.Ю., Островская Е.А., Костин А.И., Никулина В.П., Кравченко Н.Ю., Белевский А.С., Петриков С.С. Результаты отдаленного обследования пациентов после COVID-19 // Терапевтический архив. 2022. Т.94, №3. С.378–388. <https://doi.org/10.26442/00403660.2022.03.201399>
5. Абдуллаева Г.Б., Авдеев С.Н., Фоминых Е.В., Гордина Г.С., Мустафина М.Х. Оценка отдаленных клинко-функциональных изменений у пациентов, перенесших тяжелое COVID-19-ассоциированное поражение легких // Пульмонология. 2023. Т.33, №4. С.461–471. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-4-461-471>
6. Черняк А.В., Мустафина М.Х., Науменко Ж.К., Калманова Е.Н., Зыков К.А. Динамика функциональных изменений системы дыхания у пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированное поражение легких, через 1 год после выписки из стационара // Пульмонология. 2023. Т.33, №5. С.611–621. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-5-611-621>
7. Каменева М.Ю., Черняк А.В., Айсанов З.Р., Авдеев С.Н., Бабак С.Л., Белевский А.С., Берестень Н.Ф., Калманова Е.Н., Малявин А.Г., Перельман Ю.М., Приходько А.Г., Стручков П.В., Чикина С.Ю., Чушкин М.И. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов // Пульмонология. 2023. Т.33, №3. С.307–340. <https://doi.org/10.18093/08690189-2023-33-3-307-340>
8. Wanger J., Clausen J.L., Coates A., Pedersen O.F., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pellegrino R., Viegi G. Standardisation of the measurement of lung volumes // Eur. Respir. J. 2005. Vol.26, Iss.3. P.511–522. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035005>
9. Graham B.L., Brusasco V., Burgos F., Cooper B.G., Jensen R., Kendrick A., MacIntyre N.R., Thompson B.R., Wanger J. 2017 ERS/ATS Standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung // Eur. Respir. J. 2017. Vol. 49, Iss.1. Article number:1600016. <https://doi.org/10.1183/13993003.00016-2016>
10. Quanjer Ph.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J-C. 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. Vol.16. P.5–40.
11. Cotes J.E., Chinn D.J., Quanjer P.H., Roca J., Yernault J.C. 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. Vol.16. P.41–52.
12. Bednarek M., Grabicki M., Piorunek T., Batura- Gabryel H. Current place of impulse oscillometry in the assessment of pulmonary diseases // Respir. Med. 2020. Vol.170. Article number:105952. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.105952>
13. Vogel J., Smidt U. Impulse oscillometry: analysis of lung mechanics in general practice and the clinic, epidemiological and experimental research. Frankfurt am Main; Moskau; Sennwald; Wien: Pmi-Verl.-Gruppe, 1994. 176 p. ISBN: 3891193165.
14. Pisi R., Aiello M., Frizzelli A., Feci D., Aredano I., Manari G., Calzetta L., Pelà G., Chetta A. Detection of small

airway dysfunction in asthmatic patients by spirometry and impulse oscillometry system // *Respiration*. 2023. Vol.102, №7. P.487–494. <https://doi.org/10.1159/000531205>

15. Crisafulli E., Pisi R., Aiello M., Vigna M., Tzani P., Torres A., Bertorelli G., Chetta A. Prevalence of small-airway dysfunction among COPD patients with different GOLD stages and its role in the impact of disease // *Respiration*. 2017. Vol.93, Iss.1. P.32–41. <https://doi.org/10.1159/000452479>

16. Galant S.P., Komarow H.D., Shin H.W., Siddiqui S., Lipworth B.J. The case for impulse oscillometry in the management of asthma in children and adults // *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2017. Vol.118, Iss.6. P.664–671. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.04.009>

17. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system // *Breathe*. 2015. Vol.11, Iss.1. P.57–65. <https://doi.org/10.1183/20734735.020514>

18. Huang Y., Tan C., Wu J., Chen M., Wang Z., Luo L., Zhou X., Liu X., Huang X., Yuan S., Chen C., Gao F., Huang J., Shan H., Liu J. Impact of coronavirus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase // *Respir. Res.* 2020. Vol.21, №1. P.163. <https://doi.org/10.1186/s12931-020-01429-6>

19. Tamminen P., Kerimov D., Viskari H., Aittoniemi J., Syrjänen J., Lehtimäki L. Lung function during and after acute respiratory infection in COVID-19 positive and negative outpatients // *Eur. Respir. J.* 2022. Vol.59, Iss.3. Article number:2102837. <https://doi.org/10.1183/13993003.02837-2021>

20. Lindahl A., Reijula J., Malmberg L.P., Aro M., Vasankari T., Mäkelä J. Small airway function in Finnish COVID-19 survivors // *Respir. Res.* 2021. Vol.22, Iss.1. P.237. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01830-9>

21. Lopes A.J., Litrento P.F., Provenzano B.C., Carneiro A.S., Monnerat L.B., da Cal M.S., Ghetti A.T.A., Mafort T.T. Small airway dysfunction on impulse oscillometry and pathological signs on lung ultrasound are frequent in post-COVID-19 patients with persistent respiratory symptoms // *PLoS One*. 2021. Vol.16, Iss.11. Article number:e0260679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260679>

22. Савушкина О.И., Черняк А.В., Крюков Е.В., Асеева Н.А., Зайцев А.А. Динамика функционального состояния системы дыхания через 4 месяца после перенесенного COVID-19 // *Пульмонология*. 2021. Т.31, №5. С.580–586. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-5-580-587>

23. Савушкина О.И., Астанин П.А., Неклюдова Г.В., Авдеев С.Н., Зайцев А.А. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике функциональных нарушений бронхолегочной системы после перенесенного COVID-19 // *Терапевтический архив*. 2023. Т.95, №11. С.924–929. <https://doi.org/10.26442/00403660.2023.11.202474>

24. Fernández-de-Las-Peñas C., Rodríguez-Jiménez J., Cancela-Cilleruelo I., Guerrero-Peral A., Martín-Guerrero J.D., García-Azorín D., Cornejo-Mazzuchelli A., Hernández-Barrera V., Pellicer-Valero O.J. Post-COVID-19 symptoms 2 years after SARS-CoV-2 infection among hospitalized vs nonhospitalized patients // *JAMA Netw. Open*. 2022. Vol.5, Iss.11. Article number:e2242106. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.42106>

25. Cherrez-Ojeda I., Osorio M. F., Robles-Velasco K., Calderón J.C., Cortés-Télles A., Zambrano J., Guarderas C., Intriago B., Gochicoa-Rangel L. Small airway disease in post-acute COVID-19 syndrome, a non-conventional approach in three years follow-up of a patient with long COVID: a case report // *J. Med. Case Rep.* 2023. Vol.17, Iss.1. Article number:386. <https://doi.org/10.1186/s13256-023-04113-7>

26. Савушкина О.И., Черняк А.В. Методы диагностики дисфункции мелких дыхательных путей и равномерности вентиляции лёгких: их применение после перенесенной новой коронавирусной инфекции // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2022. Вып.84. С.137–143. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2022-84-137-143>

REFERENCES

1. Vinokurov A.S., Yudin A.L. [Irreversible lung transformation resulting from damage in COVID-19 – discourses and examples of CT images]. *Arkhiv' vnutrenney meditsiny = The Russian Archives of Internal Medicine* 2022; 12(5):370–379 (in Russian). <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2022-12-5-370-379>

2. Pogosova N.V., Paleev F.N., Ausheva A.K., Kuchiev D.T., Gaman S.A., Veselova T.N. Belkind M.B., Sokolova O.Yu., Zhetisheva R.A., Ternovoy S.K., Boytsov S.A. [Sequelae of COVID-19 at long-term follow-up after hospitalization]. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii = Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2022; 18(2):118–126 (in Russian). <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2022-04-03>

3. Kostycheva T.V., Pershukova T.N., Bikeikin A.V. [Term consequences of viral lung damage against the background of COVID-19 in military personnel]. *Voenno- meditsinskiy zhurnal = The Military Medical Journal* 2024; 2:44–49 (in Russian). https://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_2_44

4. Karchevskaya N.A., Skorobogach I.M., Cherniak A.V., Migunova E.V., Leshchinskaya O.V., Kalmanova E.N., Bulanov A.I., Ostrovskaya E.A., Kostin A.I., Nikulina V.P., Kravchenko N.Iu., Belevskiy A.S., Petrikov S.S. [Long-term follow-up study of post-COVID-19 patients]. *Terapevticheskii Arkhiv = Terapevticheskiy arkhiv* 2022; 94(3):378–388 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2022.03.201399>

5. Abdullaeva G.B., Avdeev S.N., Fominykh E.V., Gordina G.S., Mustafina M.Kh. [Assessment of long-term clinical and functional changes in patients recovering from severe COVID-19-associated lung damage]. *Pul'monologiya = Russian*

Pulmonology 2023; 33(4):461–471 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-4-461-471>

6. Chernyak A.V., Mustafina M.Kh., Naumenko Zh.K., Kalmanova E.N., Zykov K.A. [Dynamics of functional changes in the respiratory system after COVID-19-associated lung injury at one year after hospital discharge]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2023; 33(5):611–621 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-5-611-621>

7. Kameneva M.Yu., Cherniak A.V., Aisanov Z.R., Avdeev S.N., Babak S.L., Belevskiy A.S., Beresten N.F., Kalmanova E.N., Malyavin A.G., Perelman J.M., Prikhodko A.G., Struchkov P.V., Chikina S.Yu., Chushkin M.I. [Spirometry: national guidelines for the testing and interpretation of results]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2023; 33(3): 307–340 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/08690189-2023-33-3-307-340>

8. Wanger J., Clausen J.L., Coates A., Pedersen O.F., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D., Macintyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pellegrino R., Viegi G. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26(3):511–522. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035005>

9. Graham B.L., Brusasco V., Burgos F., Cooper B.G., Jensen R., Kendrick A., MacIntyre N.R., Thompson B.R., Wanger J. 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 Ph.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.-C. 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.

11. Cotes J.E., Chinn D.J., Quanjer P.H., Roca J., Yernault J.C. 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.

12. Bednarek M., Grabicki M., Piorunek T., Batura-Gabryel H. Current place of impulse oscillometry in the assessment of pulmonary diseases. *Respir. Med.* 2020; 170:105952. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.105952>

13. Vogel J., Smidt U. Impulse oscillometry: analysis of lung mechanics in general practice and the clinic, epidemiological and experimental research. Frankfurt am Main; Moskau; Sennwald; Wien: Pmi-Verl.-Gruppe; 1994. ISBN: 3891193165.

14. Pisi R., Aiello M., Frizzelli A., Feci D., Aredano I., Manari G., Calzetta L., Pelà G., Chetta A. Detection of small airway dysfunction in asthmatic patients by spirometry and impulse oscillometry system. *Respiration* 2023; 102(7):487–494. <https://doi.org/10.1159/000531205>

15. Crisafulli E., Pisi R., Aiello M., Vigna M., Tzani P., Torres A., Bertorelli G., Chetta A. Prevalence of small-airway dysfunction among COPD patients with different GOLD stages and its role in the impact of disease. *Respiration* 2017; 93(1):32–41. <https://doi.org/10.1159/000452479>

16. Galant S.P., Komarow H.D., Shin H.W., Siddiqui S., Lipworth B.J. The case for impulse oscillometry in the management of asthma in children and adults. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2017; 118(6):664–671. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.04.009>

17. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe* 2015; 11(1):57–65. <https://doi.org/10.1183/20734735.020514>

18. Huang Y., Tan C., Wu J., Chen M., Wang Z., Luo L., Zhou X., Liu X., Huang X., Yuan S., Chen C., Gao F., Huang J., Shan H., Liu J. Impact of coronavirus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase. *Respir. Res.* 2020; 21(1):163. <https://doi.org/10.1186/s12931-020-01429-6>

19. Tamminen P., Kerimov D., Viskari H., Aittoniemi J., Syrjänen J., Lehtimäki L. Lung function during and after acute respiratory infection in COVID-19 positive and negative outpatients. *Eur. Respir. J.* 2022; 59(3):2102837. <https://doi.org/10.1183/13993003.02837-2021>

20. Lindahl A., Reijula J., Malmberg L.P., Aro M., Vasankari T., Mäkelä J. Small airway function in Finnish COVID-19 survivors. *Respir. Res.* 2021; 22(1):237. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01830-9>

21. Lopes A.J., Litrento P.F., Provenzano B.C., Carneiro A.S., Monnerat L.B., da Cal M.S., Ghetti A.T.A., Mafort T.T. Small airway dysfunction on impulse oscillometry and pathological signs on lung ultrasound are frequent in post-COVID-19 patients with persistent respiratory symptoms. *PLoS One* 2021; 16(11):e0260679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260679>

22. Savushkina O.I., Cherniak A.V., Kryukov E.V., Aseeva N.A., Zaytsev A.A. [Follow-up pulmonary function of COVID-19 patients 4 months after hospital discharge]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2021; 31(5):580–586 (in Russian) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-5-580-587>

23. Savushkina O.I., Astanin P.A., Nekludova G.V., Avdeev S.N., Zaytsev A.A. [The possibilities of impulse oscillometry in the diagnosis of the lung function disorders after COVID-19]. *Terapevticheskii Arkhiv = Terapevticheskiy arkhiv* 2023; 95(11):924–929 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2023.11.202474>

24. Fernández-de-Las-Peñas C., Rodríguez-Jiménez J., Cancela-Cilleruelo I., Guerrero-Peral A., Martín-Guerrero J.D., García-Azorín D., Cornejo-Mazzuchelli A., Hernández-Barrera V., Pellicer-Valero O.J. Post-COVID-19 symptoms 2 years

after SARS-CoV-2 infection among hospitalized vs nonhospitalized patients. *JAMA Netw. Open* 2022; 5(11):e2242106. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.42106>

25. Cherrez-Ojeda I., Osorio M. F., Robles-Velasco K., Calderón J.C., Cortés-Télles A., Zambrano J., Guarderas C., Intriago B., Gochicoa-Rangel L. Small airway disease in post-acute COVID-19 syndrome, a non-conventional approach in three years follow-up of a patient with long COVID: a case report. *J. Med. Case Rep.* 2023; 17(1):386. <https://doi.org/10.1186/s13256-023-04113-7>

26. Savushkina O.I., Cherniak A.V. [Methods for diagnosing dysfunction of small airways and uniformity of lung ventilation: their use after a novel coronavirus infection]. *Bülleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2022; (84):137–143 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2022-84-137-143>

Информация об авторах:

Ольга Игоревна Савушкина, канд. биол. наук, зав. отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4990>; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Ирина Цалиховна Кулагина, канд. мед. наук, зав. 20 пульмонологическим отделением, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5387-5244>; e-mail: irina-kulagina@mail.ru

Мария Михайловна Малашенко, канд. мед. наук, зав. отделением физиотерапии, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8204-6269>; e-mail: mar-malashenko@yandex.ru

Екатерина Рафаильевна Кузьмина, канд. мед. наук, врач отделения исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9969-9051>; e-mail: damieta@mail.ru

Михаил Иванович Чушкин, док. мед. наук, ведущий научный сотрудник Центра диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8263-8240>; e-mail: mchushkin@yandex.ru

Евгений Владимирович Крюков, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, начальник академии, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>; e-mail: evgeniy.md@mail.ru

Author information:

Olga I. Savushkina, PhD (Biol.), Head of the Department of External Respiratory Function Research, Center for Functional Diagnostic Research, Main Military Clinical Hospital named after academician N. N. Burdenko Russian Defense Ministry, Senior Scientist of the Laboratory of Functional and Ultrasonic Research Methods, Pulmonology Scientific Research Institute under FMBA of Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4990>; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Irina Ts. Kulagina, PhD (Med.), Head of the Pulmonology Department, Main Military Clinical Hospital named after academician N. N. Burdenko Russian Defense Ministry; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5387-5244>; e-mail: irina-kulagina@mail.ru

Maria M. Malashenko, PhD (Med.), Head of Department of Physiotherapy, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko Russian Defense Ministry; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8204-6269>; e-mail: mar-malashenko@yandex.ru

Ekaterina R. Kuzmina, PhD (Med), Doctor of the Department of External Respiratory Function Research, Center for Functional Diagnostic Research, Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko Russian Defense Ministry; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9969-9051>; e-mail: damieta@mail.ru

Mikhail I. Chushkin, MD, PhD, DSc (Med.), Leading Staff Scientist of the Center for Diagnosis and Rehabilitation of Respiratory Diseases, Federal State Budgetary Scientific Institution “Central Tuberculosis Research Institute”; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8263-8240>; e-mail: mchushkin@yandex.ru

Evgeniy V. Kryukov, MD, PhD, DSc (Med.), Academician of RAS, Head of the Academy, Kirov Military Medical Academy; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>; e-mail: evgeniy.md@mail.ru

Поступила 05.05.2024
Принята к печати 30.06.2024

Received May 05, 2024
Accepted June 30, 2024