

УДК 616.26-008.64:616-07]616.24-008.811.6-036.12:578.834.1"COVID-19"

DOI: 10.36604/1998-5029-2023-89-44-50

## ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДИАФРАГМЫ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

И.Г.Меньшикова, Е.В.Магальяс, И.В.Скляр

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 675000, г. Благовещенск, ул. Горького, 95

**РЕЗЮМЕ. Цель.** Оценка функционального состояния диафрагмы у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), перенесших COVID-19. **Материалы и методы.** В исследование включено 35 пациентов с ХОБЛ, осложненной компенсированным хроническим легочным сердцем (ХЛС): в 1 группу вошли 15 больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, во 2 группу – 20 пациентов с ХОБЛ. Пациенты обследованы через 3 месяца после перенесенного COVID-19. С помощью ультразвуковой диагностической системы VIVID S70N изучали функциональное состояние диафрагмы. **Результаты.** Наибольшее снижение высоты стояния диафрагмы выявлялось у больных в 1 группе ( $p=0,001$ ). Экскурсия диафрагмы при спокойном дыхании была увеличена у пациентов в обеих группах, во 2 группе показатель был на 11% больше, чем в 1 группе. Экскурсия диафрагмы при форсированном дыхании была снижена у больных в 1 группе ( $p=0,02$ ). Скорость экскурсии диафрагмы на вдохе и выдохе при спокойном и форсированном дыхании в обеих группах была достоверно увеличена по сравнению с контрольной группой. Однако у пациентов в 1 группе скорость экскурсии диафрагмы на выдохе была выше на 49%. Эти изменения могут свидетельствовать об утомлении дыхательной мускулатуры у больных ХОБЛ, перенесших COVID-19. Толщина мышечной части диафрагмы на вдохе и выдохе при спокойном дыхании у больных в обеих группах по сравнению с группой контроля была достоверно выше. Данные показатели в обеих группах достоверно не отличались между собой. Выявлено снижение фракции утолщения мышечной части диафрагмы при спокойном ( $p=0,01$ ) и форсированном дыхании ( $p=0,001$ ) у пациентов в обеих группах, что указывает на начавшееся утомление мышц диафрагмы больных 2 группы и начальное развитие слабости диафрагмы у пациентов в 1 группе, у которых произошло наибольшее снижение этого показателя при форсированном дыхании. **Заключение.** Ультразвуковые методы диагностики значительно расширяют возможности оценки функционального состояния диафрагмы. Для больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, характерно значительное увеличение толщины диафрагмы, ограничение ее подвижности, замедление скорости расслабления мышечной части диафрагмы.

*Ключевые слова:* хроническая обструктивная болезнь легких, COVID-19, дисфункция диафрагмы.

## DIAGNOSTICS OF DISTURBANCES IN THE FUNCTIONAL STATE OF THE DIAPHRAGM IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE AFTER COVID-19

I.G.Menshikova, E.V.Magalyas, I.V.Sklyar

Amur State Medical Academy, 95 Gor'kogo Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation

**SUMMARY. Aim.** Assessment of the functional state of the diaphragm in patients with COPD who underwent COVID-19. **Materials and methods.** The study included 35 patients with COPD complicated by compensated chronic cor pul-

### Контактная информация

Елена Владимировна Магальяс, канд. мед. наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Горького, 95. E-mail: elenamagalias@mail.ru

### Correspondence should be addressed to

Elena V. Magalyas, MD, PhD (Med.), Associate Professor of Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Amur State Medical Academy, 95 Gor'kogo Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation. E-mail: elenamagalias@mail.ru

### Для цитирования:

Меньшикова И.Г., Магальяс Е.В., Скляр И.В. Диагностика нарушений функционального состояния диафрагмы у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких, перенесших COVID-19 // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.89. С.44–50. DOI: 10.36604/1998-5029-2023-89-44-50

### For citation:

Menshikova I.G., Magalyas E.V., Sklyar I.V. Diagnostics of disturbances in the functional state of the diaphragm in patients with chronic obstructive pulmonary disease after COVID-19. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniã* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; (89):44–50 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2023-89-44-50

monale (CCP): group 1 included 15 patients with COPD who had COVID-19, group 2 included 20 patients with COPD. Patients were examined 3 months after suffering COVID-19. The functional state of the diaphragm was studied using the VIVID S70N ultrasound diagnostic system. **Results.** The greatest decrease in the diaphragm dome height was detected in the 1st group ( $p=0.001$ ). The excursion of the diaphragm during quiet breathing was increased in both groups, in the 2nd group the indicator was 11% more than in the 1st group. The diaphragm excursion during forced breathing was reduced in the 1st group ( $p=0.02$ ). The rate of diaphragm excursion during inhalation and exhalation during quiet and forced breathing in both groups was significantly increased compared to the control group. However, in the 1st group, the rate of diaphragm excursion on expiration was 49% higher. These changes may indicate respiratory muscle fatigue in COPD patients who have had COVID-19. The thickness of the muscular part of the diaphragm during inhalation and exhalation during quiet breathing in both groups compared to the control group was significantly higher. These indicators in both groups did not significantly differ from each other. There was a decrease in the thickening fraction of the muscular part of the diaphragm during calm ( $p=0.01$ ) and forced breathing ( $p=0.001$ ) in both groups, which indicates the onset of fatigue of the muscles of the diaphragm in the 2nd group and the initial development of weakness of the diaphragm in the 1st group who had the greatest decrease in this indicator during forced breathing. **Conclusion.** Ultrasonic diagnostic methods significantly expand the possibilities for assessing the functional state of the diaphragm. Patients with COPD who have undergone COVID-19 are characterized by a significant increase in the thickness of the diaphragm, limitation of its mobility, and a slowdown in the rate of relaxation of the muscular part of the diaphragm.

*Keywords: chronic obstructive pulmonary disease, COVID-19, diaphragm dysfunction.*

В настоящее время хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к наиболее распространенным заболеваниям человека, что обусловлено непрекращающимся загрязнением окружающей среды, усиливающимся табакокурением и повторяющимися респираторными инфекционными заболеваниями. ХОБЛ – заболевание, которое ложится тяжелым бременем на общество и приобретает все большую социальную значимость [1]. В России, по данным Минздрава, ХОБЛ страдают 2,4 млн человек, а по результатам эпидемиологических исследований Российского респираторного общества – около 11 млн, включая не диагностированные случаи [2]. По данным ВОЗ, ежегодно от ХОБЛ умирает около 2,8 млн человек, что составляет 4,8% всех причин смерти. Основной причиной смерти пациентов с ХОБЛ является прогрессирование основного заболевания и развитие тяжелой степени дыхательной недостаточности с формированием декомпенсированного хронического легочного сердца (ХЛС) [1, 2].

В функциональном отношении к органам дыхания следует отнести не только легкие, но также и скелет грудной клетки с дыхательной мускулатурой. Ведущую роль при вентиляции легких играет диафрагма, ее вклад в обеспечение вдоха у здорового человека нельзя переоценить. При ХОБЛ диафрагма претерпевает ряд функциональных изменений. Выраженные нарушения бронхиальной проходимости сопровождаются одышкой, повышением нагрузки на респираторные мышцы, работа которых в этих условиях может увеличиться более чем вдвое, по сравнению со здоровыми людьми. Современные представления о важной роли дисфункции дыхательных мышц в развитии и прогрессировании легочно-сердечной недостаточности диктуют необходимость разработки высокоинформативных методов диагностики и лечения нарушений функциональной способности диафрагмы у больных ХОБЛ [3, 4].

В 2019 году в китайском городе Ухань впервые вы-

явили COVID-19, а ровно два года назад Всемирная организация здравоохранения присвоила новой коронавирусной инфекции статус пандемии. Коронавирус характеризовался быстрым ростом числа заболевших пневмонией неизвестной формы с тяжелым протеканием и осложнениями [5]. По статистике, у 10-20% людей, переболевших COVID-19, сохраняются различные симптомы до 3-6 месяцев после перенесенной инфекции. Следует отметить, что стойкость повреждений органов-мишеней при COVID-19 может быть различной. Одышка часто является постоянным симптомом после COVID-19, даже если сердечная и легочная функции в норме [6–8]. Объем легочного повреждения по данным компьютерной томографии не всегда коррелирует с выраженностью дыхательной недостаточности, что требует поиска дополнительных факторов, определяющих развитие дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19. При COVID-19 в острой фазе может нарушаться функция диафрагмы, но частота дисфункции диафрагмы после перенесенного COVID-19 остается неизученной [9, 10]. Поэтому раннее выявление дисфункции дыхательной мускулатуры с последующей коррекцией обнаруженных нарушений является важным звеном в комплексном лечении больных ХОБЛ, после перенесенной инфекции, связанной с COVID-19.

Цель исследования – оценить функциональное состояние диафрагмы у больных ХОБЛ с компенсированным ХЛС, перенесших COVID-19.

#### Материалы и методы исследования

С целью изучения функционального состояния диафрагмы обследовано 35 пациентов с ХОБЛ, осложненной ХЛС, из них мужчин было 71,4%, женщин – 28,6%. Средний возраст больных составил  $65,3 \pm 1,9$  лет, длительность ХОБЛ –  $16,4 \pm 2,3$  лет. Пациенты были разделены на 2 группы: в 1 группу вошли 15 больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, среднетяжелого течения с из-

менениями при компьютерной томографии 1-2, во 2 группу – 20 пациентов с ХОБЛ. Больные обследованы через 3 месяца после перенесённого COVID-19. Контрольную группу составили 20 добровольцев без патологии легких, сопоставимых по полу и возрасту. Пациентам проводилось комплексное клиничко-инструментальное обследование, включающее клинический и биохимический анализ крови. Сатурация кислорода крови определялась при помощи пальцевого пульсоксиметра Onyx 9500 (США). Выполнялась мультиспиральная компьютерная томография. ЭКГ в 12 стандартных отведениях проводилась на аппарате Nihon Kohden Cardiofax M (Япония). Ультразвуковое исследование сердечно-легочной гемодинамики выполнялось на ультразвуковом аппарате экспертного класса Toshiba Aplio (Япония). Функцию внешнего дыхания определяли на спирографе Spiroset 3000 (Германия). С помощью ультразвуковой диагностической системы экспертного класса Vivid S70N (США), с использованием матричного конвексного датчика с несущей частотой 3,5 МГц изображений в В-, М- и анатомическом М-режимах сканирования изучали функциональное состояние диафрагмы. Регистрировали высоту стояния купола диафрагмы (ВД) и экскурсию диафрагмы при спокойном дыхании (ЭД сд) и форсированном дыхании (ЭД фд); скорость экскурсии диафрагмы на вдохе (СЭД ВД сд) и выдохе (СЭД ВЫД сд) при спокойном дыхании; скорость экскурсии диафрагмы на вдохе (СЭД ВД фд) и выдохе (СЭД ВЫД фд) при форсированном дыхании; скорость сокращения (СС сд) и скорость расслабления (СР сд) мышечной части диафрагмы при спокойном и форсированном дыхании (СС фд) и (СР фд), соответственно; толщину мышечной части диафрагмы на вдохе и выдохе при спокойном (ТМД ВД сд) и (ТМД ВЫД сд), и форсированном дыхании (ТМД ВД фд) и (ТМД ВЫД фд). Рассчитывали фракцию утолщения мышечной части диафрагмы при спокойном (ФУТ МД сд) и форсированном дыхании (ФУТ МД фд).

Диагностика и лечение ХОБЛ проводились с учетом критериев постановки диагноза и лечения рабочей группы GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) [1] и Федеральных клинических рекомендаций по диагностике и лечению ХОБЛ Российского респираторного общества [2]. Диагноз COVID-19 устанавливали в соответствии с временными методическими рекомендациями «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), версия 17 (14.12.2022) [5]. Пациенты давали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью пакета программ Statistica версия 10.0 для Windows. Оценка соответствия признака нормальному распределению проводилась с помощью критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Для параметров, описываемых нормаль-

ным распределением, проводилось определение средней арифметической величины (M), стандартной ошибки среднего значения (m), для непараметрических данных вычислялась медиана, 25-й и 75-й квартили – Me ( $Q_{25}$ ;  $Q_{75}$ ). При парном сравнении независимых групп уровень значимости различий оценивали по параметрическому t-критерию Стьюдента. При наличии отличий от нормальности применялся непараметрический U критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test). Сравнение двух зависимых выборок при нормальном распределении данных производилось с помощью t-критерия для зависимых выборок, а при отклонении от нормального – T-критерия Вилкоксона (Wilcoxon Matched Pairs T Test). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

У пациентов обеих групп отмечалось уменьшение ВД ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой (табл.), однако наибольшее снижение выявлялось в 1 группе пациентов ( $p = 0,001$ ). Данные изменения могут быть связаны с нарушениями тканевой подвижности лёгких и иннервации, наблюдающейся у пациентов после перенесенного COVID-19.

ЭД при спокойном дыхании, несмотря на ее уплощение, была увеличена в обеих группах наблюдения, однако у больных 2 группы этот показатель был на 11% больше, чем у пациентов 1 группы. ЭД при форсированном дыхании была достоверно снижена в 1 группе больных на 29% ( $p = 0,02$ ), что может указывать на начальные признаки дисфункции диафрагмальной мышцы в 1 группе пациентов (табл.).

СЭД на вдохе и выдохе при спокойном дыхании в обеих группах наблюдения была достоверно увеличена, соответственно, на 46 и 38%, при этом наибольшее возрастание этих показателей выявлялось у пациентов 2 группы ( $p = 0,01$ ). При измерении СЭД на вдохе и выдохе при форсированном дыхании так же установлено достоверное повышение этих показателей в обеих группах по сравнению с контрольной, при этом в 1 группе пациентов СЭД на выдохе была выше на 49% (табл.). Это свидетельствует о наличии определенного резерва компенсаторных возможностей главной дыхательной мышцы.

Толщина мышечной части диафрагмы на вдохе и выдохе при спокойном дыхании в обеих группах больных ХОБЛ по сравнению с группой контроля была достоверно выше. При этом данные показатели в 1 и 2 группах больных достоверно не отличались между собой (рис. 1), что объясняется гипертрофией диафрагмальной мышцы у больных ХОБЛ. При форсированном дыхании на вдохе толщина мышечной части диафрагмы в 1 группе была достоверно выше, по сравнению с группой контроля. Однако на выдохе наблюдалась лишь тенденция к увеличению ( $p = 0,05$ ) этого показателя (рис. 1). Данные изменения могут свидетельствовать об утомлении дыхательной мускула-

туры у больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, но пока не являются маркерами ее слабости, так как выдох – процесс менее энергоемкий и дыхательная

мускулатура выполняет работу в более благоприятных условиях.

Таблица

Параметры функционального состояния диафрагмы у больных ХОБЛ

Параметр	Контроль (n=20)	1 группа (n=15)	2 группа (n=20)
	1	2	3
ВСД, см	7,0 (6,94; 7,06)	4,1 (3,96; 4,24) $p_{1-2}=0,001$	4,5 (4,42; 4,58) $p_{1-3}=0,002$ $p_{2-3}=0,04$
СЭД ВД сд, см/с	1,5 (1,43; 1,57)	2,3 (2,12; 2,66) $p_{1-2}=0,02$	2,8 (2,67; 2,93) $p_{1-3}=0,01$ $p_{2-3}=0,04$
СЭД ВЫД сд, см/с	1,3 (1,18; 1,42)	1,8 (1,01; 1,97) $p_{1-2}=0,02$	2,1 (1,98; 2,22) $p_{1-3}=0,01$ $p_{2-3}=0,04$
СЭД ВД фд, см/с	3,9 (3,69; 4,11)	6,5 (5,9; 7,1) $p_{1-2}=0,01$	7,4 (6,51; 8,29) $p_{1-3}=0,002$ $p_{2-3}=0,04$
СЭД ВЫД фд, см/с	4,0 (3,84; 4,16)	6,9 (5,74; 8,07) $p_{1-2}=0,01$	6,0 (5,28; 6,72) $p_{1-3}=0,02$ $p_{2-3}=0,04$
ЭД сд, см	1,3 (0,98; 1,62)	1,9 (1,4; 2,4) $p_{1-2}=0,02$	2,1 (1,85; 2,78) $p_{1-3}=0,01$ $p_{2-3}=0,04$
ЭД фд, см	5,1 (4,18; 6,02)	3,6 (3,33; 3,87) $p_{1-2}=0,001$	4,2 (4,09; 4,31) $p_{1-3}=0,01$ $p_{2-3}=0,04$

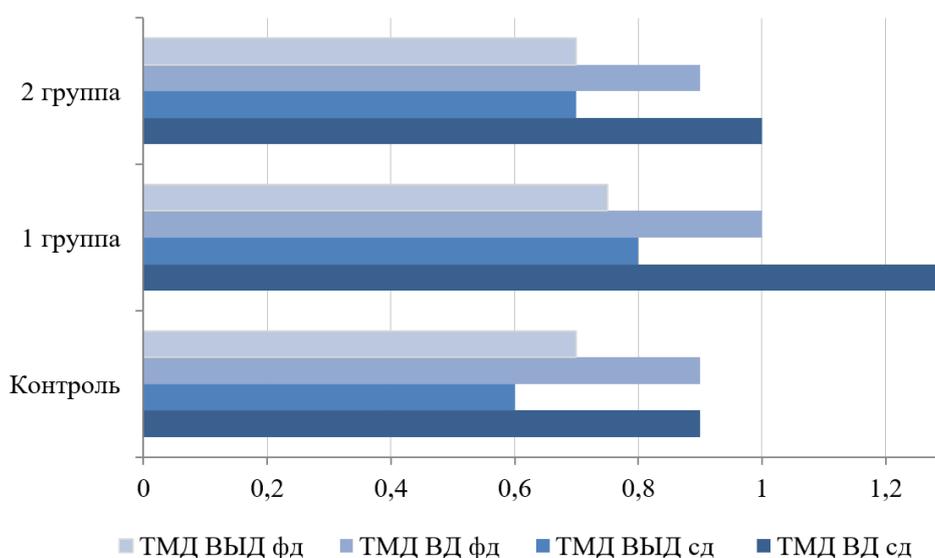


Рис. 1. Толщина мышечной части диафрагмы при спокойном и форсированном дыхании (см).

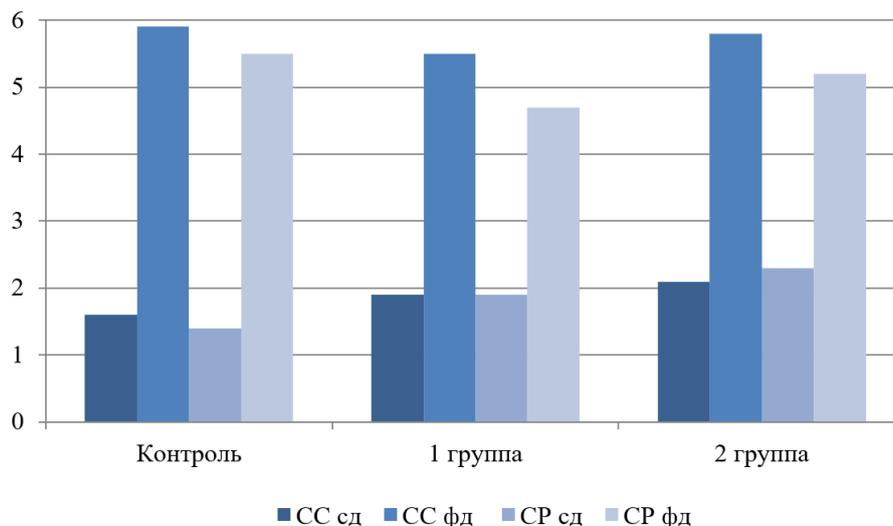


Рис. 2. Скоростные показатели мышечной части диафрагмы при спокойном и форсированном дыхании (см/с).

Определение скоростных показателей сокращения и расслабления диафрагмальной мышцы показало, что при спокойном дыхании скорость сокращения была достоверно выше в обеих группах больных ХОБЛ, по сравнению с контрольной группой (рис. 2). Статистически значимого различия этих параметров в 1 и 2 группах не было. Следовательно, у обследованных больных дыхательная мускулатура еще могла осуществлять повышенную работу, имея некоторый запас выносливости.

Скорость сокращения при форсированном дыхании у пациентов обеих групп имела тенденцию к замедлению по сравнению с контрольной группой ( $p=0,05$ ), значительное снижение СС зарегистрировано у пациентов с ХОБЛ, перенесших COVID-19 (рис. 2). Это указывает на развитие дисфункции диафрагмы, ведущей к развитию дыхательной недостаточности, основным признаком которой является прогрессирующая одышка.

При регистрации скорости расслабления мышечной

части диафрагмы при спокойном дыхании наблюдалось статистически значимое ее увеличение в обеих группах больных, по сравнению с группой контроля. При этом наибольшее повышение СР выявлялось во 2 группе пациентов, что на 92% ( $p=0,001$ ) превышало данный показатель в контрольной группе. При форсированном дыхании СР мышц диафрагмы у пациентов 1 группы была снижена на 14% ( $p=0,01$ ), тогда как у больных 2 группы имела лишь тенденцию к замедлению по сравнению с контрольной группой (рис. 2). Таким образом, процесс расслабления мышц у больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, претерпевает большие изменения, чем процесс сокращения. Это еще раз подтверждает существующее мнение о том, что биомеханические и гистохимические процессы, происходящие в волокнах мышц при расслаблении, процесс более сложный и тем самым более уязвимый, чем процесс сокращения, поэтому страдает и нарушается в первую очередь [8].

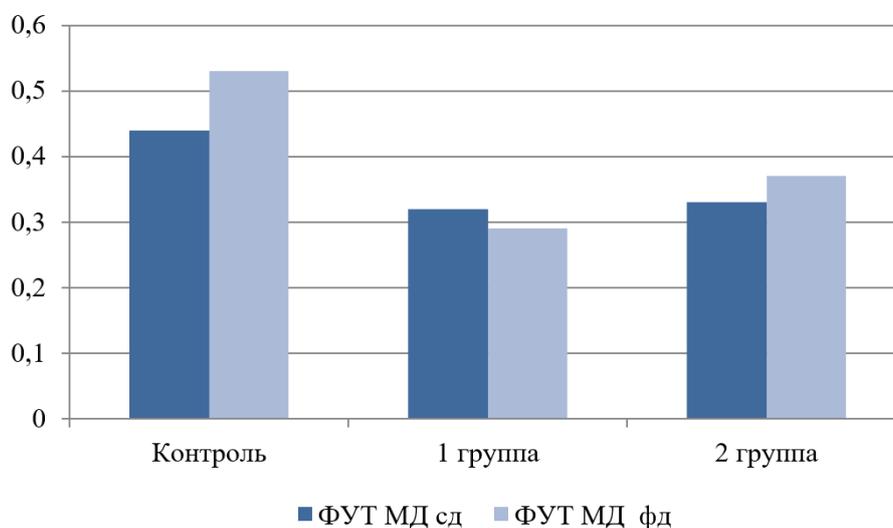


Рис. 3. Фракция утолщения мышечной части диафрагмы при спокойном и форсированном дыхании.

Сократительную способность диафрагмальной мышцы можно более точно оценить при расчёте фракции утолщения мышечной части диафрагмы. При спокойном дыхании ФУТ мышечной части диафрагмы была снижена в обеих группах (в среднем на 24%,  $p=0,01$ ), по сравнению с группой контроля (рис. 3). При форсированном дыхании зарегистрировано более выраженное снижение ФУТ МД (в среднем на 36%,  $p=0,001$ ). Это указывает на начавшееся утомление мышц диафрагмы у больных 2 группы и уже имеющееся утомление и начальное развитие слабости дыхательных мышц диафрагмы у больных 1 группы, у которых произошло наибольшее снижение ФУТ МД при форсированном дыхании – на 43%.

#### Выводы

1. Ультразвуковые методы диагностики значительно расширяют возможности оценки функционального состояния диафрагмы, позволяют выявлять ранние признаки дисфункции диафрагмы у больных ХОБЛ, перенесших COVID-19.

2. Для больных ХОБЛ, перенесших COVID-19, характерно увеличение толщины диафрагмы, ограниченное ее подвижности при спокойном и форсированном

дыхании.

3. В качестве ранних критериев диагностики нарушений функциональной способности диафрагмы у данных больных следует считать: увеличение толщины мышечной части диафрагмы, уменьшение ее экскурсии при форсированном дыхании и замедление скорости расслабления мышечной части диафрагмы.

4. Снижение фракции утолщения мышечной части диафрагмы у пациентов с ХОБЛ, перенесших COVID-19, является наиболее информативным показателем нарушения сократительной способности диафрагмальной мышцы.

#### Конфликт интересов

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

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

#### Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

#### Funding Sources

This study was not sponsored

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Global initiative for chronic obstructive lung disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Update 2020. URL: <https://goldcopd.org>.

2. Хроническая обструктивная болезнь легких. Клинические рекомендации. 2021. URL: [https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL\\_2021.pdf](https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2021.pdf).

3. Меньшикова И.Г., Перлей В.Е., Квасникова Ю.В., Скляр И.В., Магальяс Е.В. Коррекция дисфункции диафрагмы у больных хронической обструктивной болезнью легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2017. Вып.64. С.19–22. EDN: YTVLZJ. [https://doi.org/10.12737/article\\_5935fca0ee2974.18739498](https://doi.org/10.12737/article_5935fca0ee2974.18739498)

4. Неклюдова Г.В., Авдеев С.Н. Возможности ультразвукового исследования диафрагмы // Терапевтический архив. 2019. Т.91, №3. С.86–92. EDN: ZDFPCX. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.03.000129>

5. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), версия 17 (14.12.2022). 252 с. URL: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/252/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0\\_COVID-19\\_V17.pdf](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/252/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V17.pdf)

6. Funke-Chambour M., Bridevaux P.O., Clarenbach C.F., Soccia P.M., Nicod L.P., von Garnier C. Swiss Recommendation for the follow-up and treatment of pulmonary Long COVID // Respiration. 2021. Vol.100, Iss.8. P.826–41. <https://dx.doi.org/10.1159/000517255>

7. Torres-Castro R., Vasconcello-Castillo L., Alsina-Restoy X., Solis-Navarro L., Burgos F., Puppo H., Vilaró J. Respiratory function in patients post-infection by COVID-19: a systematic review and meta-analysis // Pulmonology. 2021. Vol.27, Iss.4. P.328–337. <https://dx.doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.10.013>

8. Михайлова А.С., Белевский А.С. Постковидный синдром: патогенетические механизмы развития одышки и пути их коррекции // Практическая пульмонология. 2021. №3. С.3–10. EDN: OTHZSZ. <https://doi.org/10.24412/2409-6636-2021-12415>

9. Farr E., Wolfe A.R., Deshmukh S., Rydberg L., Soriano R., Walter J.M., Boon A.J., Wolfe L.F., Franz C.K. Diaphragm dysfunction in severe COVID-19 as determined by neuromuscular ultrasound // Ann. Clin. Transl. Neurol. 2021. Vol.8, Iss.8. P.1745–1749. <https://doi.org/10.1002/acn3.51416>

10. Ferrandi P.J., Alway S.E., Mohamed J.S. The interaction between SARS-CoV-2 and ACE2 may have consequences for skeletal muscle viral susceptibility and myopathies // J. Appl. Physiol. (1985). 2020. Vol.129, Iss.4. P.864–867. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00321.2020>

#### REFERENCES

1. Global initiative for chronic obstructive lung disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. 2020 Report. Available at: <https://goldcopd.org>.

2. [Chronic obstructive pulmonary disease. Clinical guidelines]. 2021 (in Russian). Available at: [https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL\\_2021.pdf](https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2021.pdf).
3. Menshikova I.G., Perley V.E., Kvasnikova Y.V., Sklyar I.V., Magalas E.V. [Correction of diaphragm dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Bülleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2017; (64):19–22 (in Russian). [https://doi.org/10.12737/article\\_5935fca0ee2974.18739498](https://doi.org/10.12737/article_5935fca0ee2974.18739498)
4. Nekludova G.V., Avdeev S.N. [Possibilities of ultrasound research of the diaphragm]. *Ter. Arkh.* 2019; 91(3):86–92 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.03.000129>. PMID: 31094465.
5. [The prevention, diagnosis and treatment of the novel coronavirus infection (COVID-19). Temporary guidelines Ministry of Health of the Russian Federation, version 17 (12/14/2022)] (in Russian). Available at: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/252/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0\\_COVID-19\\_V17.pdf](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/252/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V17.pdf)
6. Funke-Chambour M., Bridevaux P.O., Clarenbach C.F., Soccia P.M., Nicod L.P., von Garnier C.; Swiss COVID Lung Study Group and the Swiss Society of Pulmonology. Swiss Recommendation for the follow-up and treatment of pulmonary Long COVID. *Respiration* 2021; 100(8):826–41. <https://dx.doi.org/10.1159/000517255>
7. Torres-Castro R., Vasconcello-Castillo L., Alsina-Restoy X., Solis-Navarro L., Burgos F., Puppo H., Vilaróet J. Respiratory function in patients post-infection by COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Pulmonology* 2021; 27(4):328–37. <https://dx.doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.10.013>
8. Mihaylova A.S., Belevskiy A.S. [Post-COVID syndrome: pathological mechanisms of dyspnea development, and the ways to correct it]. *Prakticheskaya pul'monologiya* 2021; (3):3–10 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2409-6636-2021-12415>
9. Farr E., Wolfe A.R., Deshmukh S., Rydberg L., Soriano R., Walter J.M., Boon A.J., Wolfe L.F., Franz C.K. Diaphragm dysfunction in severe COVID-19 as determined by neuromuscular ultrasound. *Ann. Clin. Transl. Neurol.* 2021; 8(8):1745–1749. <https://doi.org/10.1002/acn3.51416>
10. Ferrandi P.J., Alway S.E., Mohamed J.S. The interaction between SARS-CoV-2 and ACE2 may have consequences for skeletal muscle viral susceptibility and myopathies. *J. Appl. Physiol.* (1985) 2020; 129(4):864–867. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00321.2020>

---

**Информация об авторах:**

**Author information:**

**Ираида Георгиевна Меньшикова**, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: iraidamenshikova@mail.ru

**Iraida G. Menshikova**, MD, PhD, DSc (Med.), Professor, Head of Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Amur State Medical Academy; e-mail: iraidamenshikova@mail.ru

**Елена Владимировна Магалияс**, канд. мед. наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: elenamagalias@mail.ru

**Elena V. Magalias**, MD, PhD (Med.), Associate Professor of Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Amur State Medical Academy; e-mail: elenamagalias@mail.ru

**Ирина Васильевна Скляр**, канд. мед. наук, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: irinka.sklyar@bk.ru

**Irina V. Sklyar**, MD, PhD (Med.), Assistant of Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Amur State Medical Academy; e-mail: irinka.sklyar@bk.ru

---

Поступила 13.06.2023  
Принята к печати 27.06.2023

Received June 13, 2023  
Accepted June 27, 2023