

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 612.1/.2:[616.98-036:578.834.11]

DOI 10.34014/2227-1848-2021-3-6-18

КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАРУШЕНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ НОВУЮ КОРОНАВИРУСНУЮ ИНФЕКЦИЮ

А.Ю. Смирнова, В.В. Гноевых, Ю.А. Шорохова,
Н.Г. Чернова, В.А. Серов, В.А. Разин

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

Цель – систематизировать сведения о ранних и отсроченных клиничко-функциональных нарушениях дыхательной и сердечно-сосудистой систем после перенесенной коронавирусной инфекции. В обзоре основное внимание уделено клиничко-функциональным методам диагностики (лабораторным, инструментальным и лучевым) нарушений сердечно-сосудистой и дыхательной систем у пациентов, перенесших COVID-19.

На данный момент накоплено достаточно данных, подтверждающих наличие ранних и отсроченных последствий новой коронавирусной инфекции. Необходимость дальнейшей реабилитации может быть обусловлена наличием и тяжестью клиничко-функциональных нарушений со стороны органов дыхания и сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: новая коронавирусная инфекция (COVID-19), нарушения функции внешнего дыхания и диффузионной способности легких, острое повреждение миокарда, электрическая нестабильность миокарда.

Введение. На сегодняшний день известны несколько коронавирусов (HCoV-229E, -OC43, -NL63 и -HKU1), приводящих к поражению дыхательных путей различной степени тяжести. Так, с 2002 по 2004 г. коронавирус SARS-CoV вызвал эпидемию атипичной пневмонии, которая в 37 странах мира унесла жизни 774 чел. [1].

Новый коронавирус SARS-CoV-2 является РНК-содержащим вирусом, относящимся к семейству Coronaviridae линии Beta-CoV B. Возбудитель проникает в организм через эпителий верхних дыхательных путей и пищеварительного тракта, связываясь с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента II типа (АПФ2) [2, 3].

АПФ2 экспрессируется клетками различных органов и тканей, включая легкие (пневмоциты I и II порядка, бронхиальный эпителий), почки, миокард и эндотелий сосудов, ки-

шечник, пищевод, мочевой пузырь, центральную нервную систему. В настоящее время доказано, что S-белок нового коронавируса имеет высокое сродство к рецепторам АПФ2 [4].

Известно, что небольшая специальная популяция альвеолоцитов II типа имеет рецепторы к АПФ2 и экспрессирует многие другие гены, способствующие развитию и прогрессированию вирусной инфекции. Взаимодействие SARS-CoV-2 с рецепторами альвеолоцитов II типа вызывает их массовую гибель. Вследствие этого происходит усиление выработки провоспалительных факторов, развитие отека легких и образование гиалиновых мембран в межальвеолярном пространстве [5].

В патогенезе органических поражений при новой коронавирусной инфекции важную роль играют несколько факторов, связанных друг с другом: цитопатическое действие вируса; цитокиновый шторм, вызывающий коагулопатию, нарушение свертываемости крови

из-за поражения эндотелия сосудов и гепатоцитов с развитием тромбозов и кровоизлияний [6].

Поражение органов дыхания при новой коронавирусной инфекции. Наиболее распространенным и доказанным клиническим проявлением нового варианта коронавирусной инфекции является двусторонняя пневмония (пневмонит), у 3–4 % пациентов развивается острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) [1].

При новой коронавирусной инфекции встречаются разнообразные морфологические изменения легких [7–9]. По мнению ряда авторов [6], патологический процесс начинается с диффузного альвеолярного поражения органов дыхания, основными морфологическими проявлениями которого являются гиперплазия и метаплазия эпителия. Возникает цитокиновый шторм с развитием тромбоваскулитов мелких артерий, присоединяются альвеолит (пневмонит) и вирусно-бактериальная пневмония [6]. В дальнейшем формируются преимущественно диффузные фибротические изменения, включая аденоматоз и дисплазию эпителия. При компьютерной томографии (КТ) чаще всего выявляются периферически расположенные мелкосетчатые затемнения и/или изменения по типу «матовых стекол», реже – плевральный выпот и/или лимфаденопатия. Вовлечение в процесс центральных отделов легких при новой коронавирусной инфекции возможно, но не является характерным признаком при проведении КТ у больных COVID-19 [6].

Имеется ряд клинических исследований, описывающих ранние последствия COVID-19. Наиболее часто (примерно у 52 % пациентов) после COVID-19, преимущественно в период раннего выздоровления, отмечается снижение диффузионной способности легких (DLCO) [10]. Выявлена обратная связь между тяжестью заболевания, объемом поражения легких по данным КТ и жизненной емкостью легких (ЖЕЛ), форсированной жизненной емкостью легких (ФЖЕЛ), объемом форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1), остаточным объемом легких, емкостью вдоха и DLCO. В общей группе медианы всех изучаемых параметров вентиляционной способности легких оставались в норме. Однако ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1 и

общая емкость легких (ОЕЛ) оказались ниже в группе с более тяжелым течением коронавирусной инфекции и большим объемом поражения легких по данным КТ [10–12].

Информация об отдаленных последствиях COVID-19 пока ограничена. Предыдущие коронавирусные инфекции включали тяжелый острый респираторный синдром (ТОРС, англ. SARS) и ближневосточный респираторный синдром (MERC). SARS и MERC обычно начинаются остро, при этом большинство пациентов выздоравливают через две недели. Однако примерно у 1/3 больных возникают тяжелые легочные осложнения и ОРДС [13]. У больных, перенесших SARS, отмечены стойкие нарушения паренхимы легких, включая легочный фиброз [14, 15]. Согласно исследованиям D.S. Hui et al. (2005) у 30 % пациентов выявлялись изменения при КТ, а у 15,5 % отмечалось нарушение диффузионной способности легких через 6 мес. и даже через год после излечения от SARS-инфекции [16, 17].

Такая же частота остаточных рентгенологических изменений была установлена у выживших больных вирусными пневмониями другой этиологии, включая пневмонии H1N1 и H7N9 [18, 19]. Последующее обследование пациентов, перенесших H7N9, показало, что последствия заболевания сохраняются до 64 мес. после его начала в виде рестриктивных нарушений и одышки [19].

Некоторые китайские и российские исследователи обсуждают сохранение клинически значимых симптомов у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, спустя 1,5–3 мес. от начала заболевания [20, 21]. Среди жалоб наиболее часто встречаются повышенная утомляемость, слабость (72,5 %) и диспноэ (57,8 %) [20]. В 36,3 % случаев отмечается чувство нехватки воздуха на вдохе, кашель и неприятные ощущения в грудной клетке при дыхании [20]. У 31,2 % больных наблюдаются симптомы, связанные с поражением желудочно-кишечного тракта. Примерно у 40 % пациентов выявлен церебральный ангиодистонический синдром в виде цефалгии, нарушений сна и головокружения. В 25 % случаев встречаются миалгия и артралгия [20].

В исследовании Aditi S. Shah, Alyson W. Wong et al. (2020) установлено, что у 58 % паци-

ентов, перенесших коронавирусную инфекцию, даже через 3 мес. наблюдения имеется хотя бы один измененный параметр функции внешнего дыхания, а у 88 % сохраняются патологические изменения по результатам проведения КТ органов грудной клетки, представленные в основном «матовым стеклом» и ретикулярными тенями. Объем поражения грудной клетки через 3 мес. наблюдения в основном не превышает 10 %. При этом рестриктивные нарушения вентиляционной способности легких наблюдаются у 45 % пациентов, а обструктивные изменения – только у 11 %. Нарушения диффузионной способности легких обнаружены у 52 % больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию [21, 22].

В европейском национальном многоцентровом проспективном когортном исследовании Sabina A. Guleretal (2020) проведен анализ взаимосвязи нарушений вентиляции легких с изменениями легочной ткани по данным КТ органов грудной клетки через 4 мес. после перенесенного COVID-19. Пациенты были разделены на две группы: с легким/среднетяжелым течением и тяжелым/крайне тяжелым течением COVID-19. У 70,91 % пациентов при проведении КТ обнаружены изменения со стороны органов дыхания. При этом в 54,55 % случаев в патологический процесс были вовлечены 1–3 сегмента легких, а в 23,64 % обнаружено двухстороннее поражение легких. В другом подобном исследовании установлено, что предиктором сохранения изменений на КТ грудной клетки был уровень мочевины во время острого периода коронавирусной инфекции ($p=0,046$; OR 7,149; 95 % ДИ [1,038; 49,216]) [23]. В целом показатели вентиляционной способности легких находились в пределах нормы в обеих группах. При этом у больных с тяжелым/крайне тяжелым течением COVID-19 отмечалось достоверное снижение ОЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ. В то же время средние показатели диффузионной способности легких, физической работоспособности и оксигенации были снижены в обеих группах при достоверно большем снижении в группе пациентов с тяжелым/крайне тяжелым течением COVID-19 (DLCO – 73,2 против 95,3 % от должного, $p=0,003$) [24]. По данным Zhao,

Yumiao et al., предиктором снижения DLCO является уровень D-димера в остром периоде коронавирусной инфекции ($p=0,031$; OR 1,066; 95 % ДИ [1,006; 1,129]) [21].

Имеются убедительные данные о негативном влиянии объема поражения легких при новой коронавирусной инфекции на жизненно важные показатели легочной вентиляции, в частности на ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1, ОЕЛ и диффузионную способность легких. Наиболее частым последствием COVID-19 является снижение DLCO [25].

При анализе результатов теста с 6-минутной ходьбой (6MWT) выявлено уменьшение пройденной дистанции при увеличении десатурации со средним снижением SpO_2 на 5,6 % в группе больных с тяжелым/крайне тяжелым течением COVID-19 и лишь на 2,5 % в группе с легким/среднетяжелым течением заболевания ($p=0,02$). Исходные значения насыщения гемоглобина кислородом в обеих группах не отличались и были в пределах нормы. Полученные данные, с учетом выявления преимущественно рестриктивного типа нарушений вентиляции легких и нарушения диффузионной способности легких, требуют более глубокого изучения нарушений оксигенации крови в покое и при физической нагрузке. Данные по изучению состояния оксигенации крови в различных клинических ситуациях в настоящее время ограничены [24].

В данном исследовании установлена отрицательная корреляция между длительностью искусственной вентиляции легких в остром периоде заболевания и вентиляционной функцией легких, диффузионной способностью легких, пройденной дистанцией и оксигенацией крови во время 6MWT при 4-месячном наблюдении [24].

Нормализация функции внешнего дыхания и повышение толерантности к физической нагрузке – важные маркеры выздоровления и восстановления трудоспособности пациентов [10].

Поражение миокарда при новой коронавирусной инфекции. На сегодняшний день объем данных о долгосрочных морфологических и функциональных изменениях миокарда при COVID-19 недостаточен.

При обследовании больных, госпитализированных с диагнозом новой коронавирусной инфекции, в 19–40 % случаев наблюдались разнообразные нарушения ритма, ангинозные боли, снижение артериального давления и симптомы сердечной недостаточности [6]. Наиболее часто (от 16 до 72 %) встречались трепетание предсердий и синусовая тахикардия, несколько реже – брадиаритмия, острый коронарный синдром с характерными ЭКГ-признаками и маркерами асептического воспаления миокарда, а также внезапная коронарная смерть [6, 26–28]. Основной причиной смерти больных с тяжелым течением COVID-19 являлась сердечная и легочно-сердечная недостаточность.

По данным литературы, к основным патогенетическим механизмам поражения миокарда при новой коронавирусной инфекции относятся нарушение функционирования ренин-ангиотензиновой системы, системное воспаление с полиорганной недостаточностью, нарушение транспорта кислорода, дыхательная недостаточность, гипоксемия и гипоксия тканей и жизненно важных органов [29–31]. Вирусиндуцированное воспаление и эндотелиит с нарушением свертывающей системы крови повышают риск разрыва атеросклеротической бляшки с тромбозом коронарных артерий [29–31]. Сердечно-сосудистые события при COVID-19 условно можно разделить по клиническому течению на тромботические/тромбоэмболические осложнения, возникающие в результате коагулопатии, и повреждение миокарда, не связанное с тромбозом [32]. По данным многочисленных исследований, прослеживается четкая связь между уровнем Д-димера и выраженностью сердечно-сосудистой патологии, что может свидетельствовать о вкладе протромботических и ишемических механизмов в развитие кардиальных проявлений новой коронавирусной инфекции [33].

Применение МРТ позволило выявить и описать случаи развития миокардита при COVID-19 (из-за возможной тропности вируса к клеткам миокарда) даже у лиц молодого возраста без ковидного пневмонита [34–36]. Изучение результатов магнитно-резонансной

томографии сердца у 100 выздоровевших пациентов через 2 мес. показало наличие структурных изменений сердца у 78 чел., повышение содержания биомаркеров, указывающих на повреждение сердца, у 76 чел. и наличие признаков воспаления у 60 пациентов. Тот факт, что 78 % выздоровевших имели изменения сердца, означает, что сердце поражено у большинства пациентов, даже если болезнь COVID-19 не проявляется классическими сердечными симптомами, такими как стенокардия и боль в груди [37].

Российскими исследователями доказана возможность развития истинного вирусного лимфоцитарного миокардита у пациентов с тяжелым течением COVID-19 [34, 38]. Для коронавирусного миокардита оказался характерным деструктивно-продуктивный васкулит мелких коронарных артерий с диффузным периваскулярным разрастанием соединительной ткани [6].

Наиболее часто у больных при вирусном миокардите наблюдаются псевдоинфарктные изменения ЭКГ, вновь возникшие блокады ножек пучка Гиса и брадиаритмии с прогрессирующей атриовентрикулярной блокадой, а также удлинение интервала QT и различные желудочковые нарушения ритма [38, 39]. Установлено, что повышение уровня тропонина связано с риском развития злокачественных аритмий, таких как желудочковая тахикардия с переходом в фибрилляцию желудочков [35]. Патофизиологические механизмы в данном случае представлены гипоксией, развитием воспаления и нарушением метаболизма. Результаты другого исследования показали, что воспалительные цитокины, включая IL-6, оказывают на hERG-K1-каналы прямое действие, приводя к увеличению потенциала действия желудочков, что провоцирует риск развития жизнеугрожающих аритмий [37, 40]. Установлено также, что развитие аритмий связано с повышением уровня антимиокардиальных антител (антитела к антигенам кардиомиоцитов и антитела гладкой мускулатуры) при миокардите, вызванном новой коронавирусной инфекцией. Предполагается наличие двух механизмов данного феномена: отражение общей высокой иммунно-воспалительной реакции организма на инфекцию и

тельной активности (и тяжести болезни в целом) и непосредственно поражение миокарда. Ключевым представляется вопрос о роли антимиекардиальных антител в дальнейшем развитии болезни: можно ожидать как стихания их выработки на фоне регресса гипервоспалительного ответа, так и участия в поддержании хронического миокардита и развитии фиброза [33].

Наличие остаточного воспаления или фиброза в зависимости от типа повреждения миокарда может иметь различные последствия [41, 42]. Фиброз может вызывать неомогенность электрофизиологических свойств миокарда, лежащую в основе возникновения фибрилляции предсердий и многих желудочковых аритмий, раннее выявление и лечение которых могут улучшить долгосрочный прогноз пациентов, перенесших COVID-19.

У пациентов с COVID-19 возможно возникновение электрической нестабильности миокарда, повышающей риск развития жизнеугрожающих аритмий и внезапной коронарной смерти. К показателям электрической нестабильности миокарда относятся удлинение и дисперсия интервала QT, микровольтная альтернация зубца T, удлинение интервала Tr-Te и увеличение отношения Tr-Te/QT [39, 43–46]. Электрическая активность клеток субэндокардиальной зоны может быть повышена в случае ранней деполяризации миокарда.

Острое поражение миокарда у пациентов, госпитализированных с COVID-19, связано с более высокой заболеваемостью и смертностью. Поскольку SARS-CoV-2 является новым патогеном, нет данных о том, как острое течение COVID-19 может повлиять на фазу выздоровления или долгосрочное восстановление и функцию сердца [47]. На данный момент разработан определенный алгоритм ведения и лечения пациентов с сердечно-сосудистыми осложнениями новой коронавирусной инфекции, развившимися в краткосрочном периоде течения заболевания. Отмечается

важность определения уровня тропонина, Д-димера и натрийуретического пептида как важных прогностических факторов [37].

Заключение. Таким образом, вирус SARS-Cov-2, закономерно поражая органы дыхания, обладает выраженной кардиотропностью, обусловленной как механизмами проникновения в клетку, опосредованного рецепторами АПФ2, так и способностью повреждать миокард за счет системного воспаления, нарушения системы свертывания крови и дисбаланса доставки/потребления кислорода. Эти патологические процессы особенно значимы у больных с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями, повышающими риск тяжелого течения и летального исхода при COVID-19. Миокардит и сердечная недостаточность не только являются типичными клиническими проявлениями коронавирусной инфекции, но и имеют отдаленные последствия для здоровья и трудоспособности пациентов [48].

Необходимость реабилитации больных после перенесенной коронавирусной инфекции обусловлена наличием и тяжестью функциональных нарушений в первую очередь со стороны органов дыхания и сердечно-сосудистой системы. К критериям успешного восстановления функционирования жизненно важных органов и систем после перенесенной коронавирусной инфекции относятся улучшение/нормализация показателей легочной вентилизации, восстановление уровня оксигенации крови, повышение толерантности к физической нагрузке в сочетании со снижением десатурации, исчезновением аритмий, уменьшением ишемии миокарда, стабилизацией артериального давления, снижением тревожности и исчезновением проявлений церебрального ангиодистонического синдрома.

Наиболее актуальной на данный момент является разработка патогенетически обоснованных программ обследования и реабилитации пациентов с COVID-19.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 6 (28.04.2020)» (утв. Минздравом России).

2. *Chen L., Li X., Chen M., Feng Y., Xiong C.* The ACE2 expression in human heart indicates new potential mechanism of heart injury among patients infected with SARS-CoV-2. *Cardiovasc. Res.* 2020; 116: 1097–1100.
3. *Park W.B., Kwon N.J., Choi S.J., Kang C.K., Choe P.G., Kim J.Y.* Virus isolation from the first patient with SARS-CoV-2 in Korea. *J. Korean Med. Sci.* 2020; 35 (7): e84. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e84>.
4. *Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S., Krüger N., Herrler T., Erichsen S., Schiergens T.S., Herrler G., Wu N.H., Nitsche A., Müller M.A., Drosten C., Pöhlmann S.* SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell.* 2020; 181: 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052>.
5. *Лобанова О.А., Трусова Д.С., Руденко Е.Е., Проценко Д.Д., Коган Е.А.* Патоморфология новой коронавирусной инфекции COVID-19. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2020; 35 (3): 47–52. DOI: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-3-47-52>.
6. *Коган Е.А., Березовский Ю.С., Проценко Д.Д., Багдасарян Т.Р., Грецов Е.М., Демура С.А., Демяшкин Г.А., Калинин Д.В., Куклева А.Д., Курилина Э.В., Некрасова Т.П., Парамонова Н.Б., Пономарев А.Б., Раденска-Лоповок С.Г., Семенова Л.А., Тертычный А.С.* Патологическая анатомия инфекции, вызванной SARS-CoV-2. *Судебная медицина.* 2020; 6 (2): 8–30. DOI: <https://doi.org/10.19048/2411-8729-2020-6-2-8-30>.
7. *Aguilar D., Lobrinus J.A., Schibler M., Fracasso T., Lardi C.* Inside the lungs of COVID-19 disease. *International Journal of Legal Medicine.* 2020; 134: 1271–1274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02318-9>.
8. *Pomara C., Volti G.L., Cappello F.* COVID-19 Deaths: Are We Sure It Is Pneumonia? *Autopsy J. Clin. Med.* 2020; 9: 1259. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9051259>.
9. *Самсонова М.В., Михалева Л.М., Черняев А.Л., Мишнев О.Д., Крупнов Н.М.* Патологическая анатомия легких при COVID-19: атлас. М.; Рязань: Издательство ГУП РО «Рязанская областная типография»; 2020. 52.
10. *Савушкина О.И., Черняк А.В., Крюков Е.В., Кулагина И.Ц., Самсонова М.В., Калманова Е.Н., Зыков К.А.* Функциональные нарушения системы дыхания в период раннего выздоровления после COVID-19. *Медицинский алфавит.* 2020; 25: 7–12. DOI: <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-25-7-12>.
11. *Mo X., Jian W., Su Z., Zhuquan Chen, Mu Peng, Hui Peng, Ping Lei, Chunliang Chen, Ruchong Zhong, Nanshan Li, Shiyue.* Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge. *Eur. Respir. J.* 2020; 55 (6): 2001217. DOI: 10.1183/13993003.01217-2020.
12. *Wei J., Yang H., Lei P., Fan B., Qiu Y., Zeng B., Yu P., Lv J., Jian Y., Wan C.* Analysis of thin-section CT in patients with coronavirus disease (COVID-19) after hospital discharge. *Journal of X-ray science and technology.* 2020; 28 (3): 383–389. DOI: <https://doi.org/10.3233/XST-200685>.
13. *Ketai L., Paul N.S., Wong K.T.* Radiology of severe acute respiratory syndrome (SARS): the emerging pathologic-radiologic correlates of an emerging disease. *Journal of thoracic imaging.* 2006; 21 (4): 276–283.
14. *Tsui P.T., Kwok M.L., Yuen H., Lai S.T.* Severe acute respiratory syndrome: clinical outcome and prognostic correlates. *Emerging infectious diseases.* 2003; 9 (9): 1064–1069.
15. *Cheung O.Y., Chan J.W., Ng C.K., Koo C.K.* The spectrum of pathological changes in severe acute respiratory syndrome (SARS). *Histopathology.* 2004; 45 (2): 119–124.
16. *Hui D.S., Joynt G.M., Wong K.T.* Impact of severe acute respiratory syndrome (SARS) on pulmonary function, functional capacity and quality of life in a cohort of survivors. *Thorax.* 2005; 60 (5): 401–409.
17. *Hui D.S., Wong K.T., Ko F.W., Tam L.S., Chan D.P., Woo J., Sung J.J.* The 1-year impact of severe acute respiratory syndrome on pulmonary function, exercise capacity, and quality of life in a cohort of survivors. *Chest.* 2005; 128 (4): 2247–2261. DOI: 10.1378/chest.128.4.2247.
18. *Mineo G., Ciccarese F., Modolon C., Landini M.P., Valentino M., Zompatori M.* Post-ARDS pulmonary fibrosis in patients with H1N1 pneumonia: role of follow-up CT. *La Radiologia medica.* 2012; 117 (2): 185–200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11547-011-0740-3>.
19. *Wang Q., Jiang H., Xie Y., Tianchen Zhange, Shelan Liuf, Shenggen Wug, Qianlai Sunh, Shaoxia Songi, Wei Wanga, Xiaowei Denga, Lingshuang Rena, Tiantian Qinj, Peter Horbyk, Timothy Uyekil, Hongjie Yu.* Long-term clinical prognosis of human infections with avian influenza A(H7N9) viruses in China after hospitalization. *E-Clinical Medicine.* 2020; 20: 100282.

20. Макарова Н.И., Цыгина Т.Ю., Макарова А.В., Яблонский П.К. Результаты оздоровительного лечения пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, в условиях фтизиопульмонологического санатория. Медицинский альманс. 2020; 8 (3): 15–25. DOI: 10.36422/23076348-2020-8-3-15-24.
21. Zhao, Yu-miao & Shang, Yao-min & Song, Wen-bin Songd, Qing-quan Lie, Hua Xiee, Qin-fu Xuf, Jun-li Jiaf, Li-ming Lif, Hong-li Maog, Xiu-man Zhouh, Hong Luod, Yan-feng Gaob, Ai-guo Xu. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. E-Clinical Medicine. 2020; 25: 100463. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.
22. Shah A.S., Wong A.W., Hague C.J., Murphy D.T., Johnston J.C., Ryerson C.J., Carlsten C.A. A prospective study of 12-week respiratory outcomes in COVID-19-related hospitalisations. Thorax. 2020; 0: 1–3. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-216308.
23. Guler S.A., Ebner L., Aubry-Beigelman C., Bridevaux P.O., Brutsche M., Clarenbach C., Garzoni C., Geiser T.K., Lenoir A., Mancinetti M., Naccini B., Ott S.R., Piquilloud L., Prella M., Que Y.A., Soccal P.M., von Garnier C., Funke-Chambour M. Pulmonary function and radiological features four months after COVID-19: first results from the national prospective observational Swiss COVID-19 lung study. Eur. Respir J. 2021; 57 (4): 2003690. DOI: 10.1183/13993003.03690-2020.
24. Simpson R., Robinson L. Rehabilitation After Critical Illness in People With COVID-19 Infection. Am. J. Phys. Med. Rehabil. 2020; 99 (6): 470–474.
25. Зайцев А.А., Савушкина О.И., Черняк А.В., Кулагина И.Ц., Крюков Е.В. Клинико-функциональная характеристика пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19. Практическая пульмонология. 2020; 1: 78–81.
26. Guzik T.J., Mohiddin S.A., Dimarco A., Patel V., Savvatis K., Marelli-Berg F.M., Madhur M.S., Tomaszewski M., Maffia P., D'Acquisto F., Nicklin S.A., Marian A.J., Nosalski R., Murray E.C., Guzik B., Berry C., Touyz R.M., Kreutz R., Wang D.W., Bhella D., Sagliocco O., Crea F., Thomson E.C., McInnes I.B. COVID-19 and the cardiovascular system implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. Cardiovasc. Res. 2020; 116 (10): 1666–1687. DOI: 10.1093/cvr/cvaa106.
27. Xiong T.Y., Redwood S., Prendergast B., Chen M. Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. European Heart Journal. 2020; 0: 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa23123>.
28. Kochi A.N., Tagliari A.P., Forleo G.B., Fassini G.M., Tondo C. Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19. J. Cardiovasc. Electrophysiol. 2020; 31: 1003–1008. DOI: <https://doi.org/10.1111/jce.14479>.
29. Шляхто Е.В., Конради А.О., Арутюнов Г.П., Арутюнов А.Г., Баутин А.Е., Бойцов С.А., Виллевальде С.В., Григорьева Н.Ю., Дупляков Д.В., Звартау Н.Э., Козиолова Н.А., Лебедев Д.С., Мальчикова С.В., Медведева Е.А., Михайлов Е.Н., Моисеева О.М., Орлова Я.А., Павлова Т.В., Певзнер Д.В., Петрова М.М., Ребров А.П., Ситникова М.Ю., Соловьева А.Е., Тарловская Е.И., Трукишина М.А., Федотов П.А., Фомин И.В., Хрипун А.В., Чесникова А.И., Шапошник И.И., Явлов И.С., Яковлев А.Н. Руководство по диагностике и лечению болезней системы кровообращения в контексте пандемии COVID-19. Российский кардиологический журнал. 2020; 25 (3): 3801. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3-380.
30. Manish Bansal. Cardiovascular disease and COVID-19. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2020; 14: 247–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.03.013>.
31. Amir Tajbakhsh, Seyed Mohammad Gheibi Hayat, Hajar Taghizadeh, Ali Akbari. COVID-19 and cardiac injury: clinical manifestations, biomarkers, mechanisms, diagnosis, treatment, and follow up. Expert. Rev. Anti Infect. Ther. 2021; 19 (3): 345–357. DOI: 10.1080/14787210.2020.1822737.
32. Маев И.В., Шнектор А.В., Васильева Е.Ю., Манчуров В.Н., Андреев Д.Н. Новая коронавирусная инфекция COVID-19: экстрапульмональные проявления. Терапевтический архив. 2020; 92 (8): 4–11. DOI: 10.26442/00403660.2020.08.000767.
33. Благова О.В., Вариончик Н.В., Зайденов В.А., Савина П.О., Саркисова Н.Д. Оценка уровня антикардиальных антител у больных с тяжелым и среднетяжелым течением COVID-19 (корреляции с клинической картиной и прогнозом). Российский кардиологический журнал. 2020; 25 (11): 4054. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4054.
34. Коган Е.А., Березовский Ю.С., Благова О.В., Куклева А.Д., Богачева Г.А., Курилина Э.В. Миокардит у пациентов с COVID-19, подтвержденный результатами иммуногистохимического исследования. Кардиология. 2020; 7 (60): 4–10. DOI: <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.7.n1209>.

35. Kim I.-C., Kim J.Y., Kim H.A., Han S. COVID-19-related myocarditis in a 21-year-old female patient. *European Heart Journal*. 2020; 41 (19): 1859–1859. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa288.
36. Paul J.-F., Charles P., Richaud C., Caussin C., Diakov C. Myocarditis revealing COVID-19 infection in a young patient. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2020; 21 (7): 776. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa107.
37. Петриков С.С., Иванников А.А., Васильченко М.К., Эсауленко А.Н., Алиджанова Х.Г. COVID-19 и сердечно-сосудистая система. Ч. 1. Патофизиология, патоморфология, осложнения, долгосрочный прогноз. Неотложная медицинская помощь: журнал им. Н.В. Склифосовского. 2021; 10 (1): 14–26. DOI: <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26>.
38. Рябыкина Г.В. Изменения электрокардиограммы при инфекции COVID-19. *Кардиология*. 2020; 60 (8): 16–22.
39. Шляхто Е.В., Пармон Е.В., Бернгардт Э.Р., Жабина Е.С. Особенности электрокардиографических изменений при некоронарогенных синдромах у пациентов с COVID-19. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (7): 4019. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4019.
40. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., Chuich T., Laracy J., Biondi-Zoccai G. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2020; 75 (18): 2352–2371.
41. Suthahar N., Meijers W.C., Sillje H.H.W., de Boer R.A. From inflammation to fibrosis-molecular and cellular mechanisms of myocardial tissue remodelling and perspectives on differential treatment opportunities. *Curr. Heart Fail Rep*. 2017; 14: 235–250.
42. Mahmud E., Dauerman H.L., Welt F.G., Messenger J.C., Rao S.V., Grines C., Mattu A., Kirtane A.J., Jauhar R., Meraj P., Rokos I.C., Rumsfeld J.S., Henry T.D. Management of acute myocardial infarction during the COVID-19 pandemic: A Consensus Statement from the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI), the American College of Cardiology (ACC), and the American College of Emergency Physicians (ACEP). *Catheter Cardiovasc. Interv*. 2020; 96 (2): 336–345. DOI: 10.1002/ccd.28946.
43. Atıcı A., Panç C., Karaayvaz E.B., Demirkıran A., Kutlu O., Kaşalı K., Kekeç E., Sarı L., Akyol Sarı Z.N., Bilge A.K. Evaluation of the Tp-Te interval, Tp-Te/QTc ratio, and QT dispersion in patients with Turner syndrome. *Anatol. J. Cardiol*. 2018; 20 (2): 93–99. DOI: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.98250.
44. Пармон Е.В., Татаринова А.А., Трешкур Т.В. Микровольтная альтернация зубца Т как новый метод анализа изменений фазы реполяризации и выявления латентной электрической нестабильности миокарда. *Кардиология*. 2011; 6: 66–82.
45. Emori T., Antzelevitch C. Cellular basis for complex T waves and arrhythmic activity following combined I(Kr) and I(Ks) block. *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 2001; 12 (12): 1369–1378. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2001.01369.x.
46. Fatih Öztürk, Medeni Karaduman, Rabia Çoldur, Şaban İncecik, Yılmaz Güneş, Mustafa Tuncer. Interpretation of arrhythmogenic effects of COVID-19 disease through ECG. *The Aging Male*. 2020; 23 (5): 1362–1365. DOI: 10.1080/13685538.2020.1769058.
47. Raul D. Mitrani, Nitika Dabas, Jeffrey J. Goldberger COVID-19 cardiac injury: Implications for long-term surveillance and outcomes in survivors. *Heart Rhythm*. 2020; 11 (17): 1984–1990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.06.026>.
48. Козлов И.А., Тюрин И.Н. Сердечно-сосудистые осложнения COVID-19. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020; 17 (4): 14–22. DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-14-22.

Поступила в редакцию 12.06.2021; принята 14.07.2021.

Авторский коллектив

Смирнова Анна Юрьевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: arximed4@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>.

Гноевых Валерий Викторович – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: valvik@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>.

Шорохова Юлия Анатольевна – старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: yuliaport@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3991-0813>.

Чернова Надежда Георгиевна – старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: chernovanadezhda@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>.

Серов Валерий Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры терапии и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: valery_serov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-8816>.

Разин Владимир Александрович – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: cagkaf@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8557-1296>.

Образец цитирования

Смирнова А.Ю., Гноевых В.В., Шорохова Ю.А., Чернова Н.Г., Серов В.А., Разин В.А. Клинико-функциональные нарушения кардиореспираторной системы у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию. Ульяновский медико-биологический журнал. 2021; 3: 6–18. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-3-6-18.

CLINICAL AND FUNCTIONAL DISORDERS OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM IN PATIENTS WITH COVID-19

A.Yu. Smirnova, V.V. Gnoevykh, Yu.A. Shorokhova,
N.G. Chernova, V.A. Serov, V.A. Razin

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

The goal of the paper is to range information about early and delayed clinical and functional disorders of the respiratory and cardiovascular systems after COVID-19. The review focuses on clinical and functional diagnostic methods (laboratory, instrumental and radiation) of disorders of the cardiovascular and respiratory systems in patients after COVID-19.

At the moment, enough data has been accumulated confirming early and aftereffect of COVID-19. The need for further rehabilitation may be caused by the presence and severity of clinical and functional disorders of the respiratory and cardiovascular systems.

Key words: coronavirus disease (COVID-19), impaired respiratory function and diffusion lung capacity, acute myocardial injury, electrical myocardium instability.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

References

1. *Vremennye metodicheskie rekomendatsii «Profilaktika, diagnostika i lechenie novoy koronavirusnoy infektsii (COVID-19). Versiya 6 (28.04.2020)» (utv. Minzdravom Rossii)* [Interim guidelines “Prevention, diagnosis and treatment of a new coronavirus infection (COVID-19). Version 6 (April 28, 2020)” (approved by the Ministry of Health of the Russian Federation)] (in Russian).
2. Chen L., Li X., Chen M., Feng Y., Xiong C. The ACE2 expression in human heart indicates new potential mechanism of heart injury among patients infected with SARS-CoV-2. *Cardiovasc. Res.* 2020; 116: 1097–1100.
3. Park W.B., Kwon N.J., Choi S.J., Kang C.K., Choe P.G., Kim J.Y. Virus isolation from the first patient with SARS-CoV-2 in Korea. *J. Korean Med. Sci.* 2020; 35 (7): e84. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e84>.

4. Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S., Krüger N., Herrler T., Erichsen S., Schiergens T.S., Herrler G., Wu N.H., Nitsche A., Müller M.A., Drosten C., Pöhlmann S. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell*. 2020; 181: 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052>.
5. Lobanova O.A., Trusova D.S., Rudenko E.E., Protsenko D.D., Kogan E.A. Patomorfologiya novoy koronavirusnoy infektsii COVID-19 [COVID-19 pathomorphology]. *Sibirskiy zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noy meditsiny*. 2020; 35 (3): 47–52. DOI: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-3-47-52> (in Russian).
6. Kogan E.A., Berezovskiy Yu.S., Protsenko D.D., Bagdasaryan T.R., Gretsov E.M., Demura S.A., Demyashkin G.A., Kalinin D.V., Kukleva A.D., Kurilina E.V., Nekrasova T.P., Paramonova N.B., Ponomarev A.B., Radenska-Lopovok S.G., Semenova L.A., Tertychnyy A.S. Patologicheskaya anatomiya infektsii, vyzvannoy SARS-CoV-2 [Pathological anatomy of SARS-CoV-2 infection]. *Sudebnaya meditsina*. 2020; 6 (2): 8–30. DOI: <https://doi.org/10.19048/2411-8729-2020-6-2-8-30> (in Russian).
7. Aguiar D., Lobrinus J.A., Schibler M., Fracasso T., Lardi C. Inside the lungs of COVID-19 disease. *International Journal of Legal Medicine*. 2020; 134: 1271–1274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02318-9>.
8. Pomara C., Volti G.L., Cappello F. COVID-19 Deaths: Are We Sure It Is Pneumonia? *Autopsy J. Clin. Med.* 2020; 9: 1259. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9051259>.
9. Samsonova M.V., Mikhaleva L.M., Chernyaev A.L., Mishnev O.D., Krupnov N.M. *Patologicheskaya anatomiya legkikh pri COVID-19: atlas* [Pathological anatomy of the lungs in COVID-19 patients: Atlas]. Moscow; Ryazan: Izdatel'stvo GUP RO «Ryazanskaya oblastnaya tipografiya»; 2020. 52 (in Russian).
10. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kryukov E.V., Kulagina I.Ts., Samsonova M.V., Kalmanova E.N., Zykov K.A. Funktsional'nye narusheniya sistemy dykhaniya v period rannego vyzdorovleniya posle COVID-19 [Pulmonary function after COVID-19 in early convalescence phase]. *Meditsinskiy alfavit*. 2020; 25: 7–12. DOI: <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-25-7-12> (in Russian).
11. Mo X., Jian W., Su Z., Zhuquan Chen, Mu Peng, Hui Peng, Ping Lei, Chunliang Chen, Ruchong Zhong, Nanshan Li, Shiyue. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge. *Eur. Respir. J.* 2020; 55 (6): 2001217. DOI: 10.1183/13993003.01217-2020.
12. Wei J., Yang H., Lei P., Fan B., Qiu Y., Zeng B., Yu P., Lv J., Jian Y., Wan C. Analysis of thin-section CT in patients with coronavirus disease (COVID-19) after hospital discharge. *Journal of X-ray science and technology*. 2020; 28 (3): 383–389. DOI: <https://doi.org/10.3233/XST-200685>.
13. Ketai L., Paul N.S., Wong K.T. Radiology of severe acute respiratory syndrome (SARS): the emerging pathologic-radiologic correlates of an emerging disease. *Journal of thoracic imaging*. 2006; 21 (4): 276–283.
14. Tsui P.T., Kwok M.L., Yuen H., Lai S.T. Severe acute respiratory syndrome: clinical outcome and prognostic correlates. *Emerging infectious diseases*. 2003; 9 (9): 1064–1069.
15. Cheung O.Y., Chan J.W., Ng C.K., Koo C.K. The spectrum of pathological changes in severe acute respiratory syndrome (SARS). *Histopathology*. 2004; 45 (2): 119–124.
16. Hui D.S., Joynt G.M., Wong K.T. Impact of severe acute respiratory syndrome (SARS) on pulmonary function, functional capacity and quality of life in a cohort of survivors. *Thorax*. 2005; 60 (5): 401–409.
17. Hui D.S., Wong K.T., Ko F.W., Tam L.S., Chan D.P., Woo J., Sung J.J. The 1-year impact of severe acute respiratory syndrome on pulmonary function, exercise capacity, and quality of life in a cohort of survivors. *Chest*. 2005; 128 (4): 2247–2261. DOI: 10.1378/chest.128.4.2247.
18. Mineo G., Ciccarese F., Modolon C., Landini M.P., Valentino M., Zompatori M. Post-ARDS pulmonary fibrosis in patients with H1N1 pneumonia: role of follow-up CT. *La Radiologia medica*. 2012; 117 (2): 185–200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11547-011-0740-3>.
19. Wang Q., Jiang H., Xie Y., Tianchen Zhange, Shelan Liuf, Shenggen Wug, Qianlai Sunh, Shaoxia Songi, Wei Wanga, Xiaowei Denga, Lingshuang Rena, Tiantian Qinj, Peter Horbyk, Timothy Uyekil, Hongjie Yu. Long-term clinical prognosis of human infections with avian influenza A(H7N9) viruses in China after hospitalization. *EClinical Medicine*. 2020; 20: 100282.
20. Makarova N.I., Tsygina T.Yu., Makarova A.V., Yablonskiy P.K. Rezul'taty ozdorovitel'nogo lecheniya patsientov, perenessikh novuyu koronavirusnyuyu infektsiyu COVID-19, v usloviyakh ftiziopulmonologicheskogo sanatoriya [Results of health-improving treatment of patients with a new COVID-19 coronavirus infection in a phthisiopulmonological sanatorium]. *Meditsinskiy al'fans*. 2020; 8 (3): 15–25. DOI: 10.36422/23076348-2020-8-3-15-24 (in Russian).

21. Zhao, Yu-miao & Shang, Yao-min & Song, Wen-bin Songd, Qing-quan Lie, Hua Xiee, Qin-fu Xuf, Jun-li Jiaf, Li-ming Lif, Hong-li Maog, Xiu-man Zhouh, Hong Luod, Yan-feng Gaob, Ai-guo Xu. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClinical Medicine*. 2020; 25: 100463. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.
22. Shah A.S., Wong A.W., Hague C.J., Murphy D.T., Johnston J.C., Ryerson C.J., Carlsten C.A. A prospective study of 12-week respiratory outcomes in COVID-19-related hospitalisations. *Thorax*. 2020; 0: 1–3. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-216308.
23. Guler S.A. Ebner L., Aubry-Beigelman C., Bridevaux P.O., Brutsche M., Clarenbach C., Garzoni C., Geiser T.K., Lenoir A., Mancinetti M., Naccini B., Ott S.R., Piquilloud L., Prella M., Que Y.A., Soccal P.M., von Garnier C., Funke-Chambour M. Pulmonary function and radiological features four months after COVID-19: first results from the national prospective observational Swiss COVID-19 lung study. *Eur. Respir. J.* 2021; 57 (4): 2003690. DOI: 10.1183/13993003.03690-2020.
24. Simpson R., Robinson L. Rehabilitation After Critical Illness in People With COVID-19 Infection. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2020; 99 (6): 470–474.
25. Zaytsev A.A., Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kulagina I.Ts., Kryukov E.V. Kliniko-funktsional'naya kharakteristika patsientov, perenesshikh novuyu koronavirusnyuyu infektsiyu COVID-19 [Clinical and functional characteristics of patients who recovered from the novel coronavirus infection (COVID-19)]. *Prakticheskaya pul'monologiya*. 2020; 1: 78–81 (in Russian).
26. Guzik T.J., Mohiddin S.A., Dimarco A., Patel V., Savvatis K., Marelli-Berg F.M., Madhur M.S., Tomaszewski M., Maffia P., D'Acquisto F., Nicklin S.A., Marian A.J., Nosalski R., Murray E.C., Guzik B., Berry C., Touyz R.M., Kreutz R., Wang D.W., Bhella D., Sagliocco O., Crea F., Thomson E.C., McInnes I.B. COVID-19 and the cardiovascular system implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. *Cardiovasc. Res.* 2020; 116 (10): 1666–1687. DOI: 10.1093/cvr/cvaa106.
27. Xiong T.Y., Redwood S., Prendergast B., Chen M. Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. *European Heart Journal*. 2020; 0: 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa23123>.
28. Kochi A.N., Tagliari A.P., Forleo G.B., Fassini G.M., Tondo C. Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020; 31: 1003–1008. DOI: <https://doi.org/10.1111/jce.14479>.
29. Shlyakhto E.V., Konradi A.O., Arutyunov G.P., Arutyunov A.G., Bautin A.E., Boytsov S.A., Villeval'de S.V., Grigor'eva N.Yu., Duplyakov D.V., Zvartau N.E., Koziolova N.A., Lebedev D.S., Mal'chikova S.V., Medvedeva E.A., Mikhaylov E.N., Moiseeva O.M., Orlova Ya.A., Pavlova T.V., Pevzner D.V., Petrova M.M., Rebrov A.P., Sitnikova M.Yu., Solov'eva A.E., Tarlovskaya E.I., Trukshina M.A., Fedotov P.A., Fomin I.V., Khripun A.V., Chesnikova A.I., Shaposhnik I.I., Yavelov I.S., Yakovlev A.N. Rukovodstvo po diagnostike i lecheniyu bolezney sistemy krovoobrashcheniya v kontekste pandemii COVID-19 [Guidelines for the diagnosis and treatment of circulatory diseases in the context of the COVID-19 pandemic]. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2020; 25 (3): 3801. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3-380 (in Russian).
30. Manish Bansal. Cardiovascular disease and COVID-19. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2020; 14: 247–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.03.013>.
31. Amir Tajbakhsh, Seyed Mohammad Gheibi Hayat, Hajar Taghizadeh, Ali Akbari. COVID-19 and cardiac injury: clinical manifestations, biomarkers, mechanisms, diagnosis, treatment, and follow up. *Expert. Rev. Anti Infect. Ther.* 2021; 19 (3): 345–357. DOI: 10.1080/14787210.2020.1822737.
32. Maev I.V., Shpektor A.V., Vasil'eva E.Yu., Manchurov V.N., Andreev D.N. Novaya koronavirusnaya infektsiya COVID-19: ekstrakul'monal'nye proyavleniya [Novel coronavirus infection COVID-19: extrapulmonary manifestations]. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2020; 92 (8): 4–11. DOI: 10.26442/00403660.2020.08.000767 (in Russian).
33. Blagova O.V., Varionchik N.V., Zaydenov V.A., Savina P.O., Sarkisova N.D. Otsenka urovnya antikardial'nykh antitel u bol'nykh s tyazhelym i srednetyazhelym techeniem COVID-19 (korrelyatsii s klinicheskoy kartinoy i prognozom) [Anticardiac antibodies in patients with severe and moderate COVID-19 (correlation with the clinical performance and prognosis)]. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2020; 25 (11): 4054. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4054 (in Russian).

34. Kogan E.A., Berezovskiy Yu.S., Blagova O.V., Kukleva A.D., Bogacheva G.A., Kurilina E.V. Miokardit u patsientov s COVID-19, podtverzhdennoy rezul'tatami immunogistokhimicheskogo issledovaniya [Myocarditis in patients with COVID-19 confirmed by immunohistochemistry]. *Kardiologiya*. 2020; 7 (60): 4–10. DOI: <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.7.n1209> (in Russian).
35. Kim I.-C., Kim J.Y., Kim H.A., Han S. COVID-19-related myocarditis in a 21-year-old female patient. *European Heart Journal*. 2020; 41 (19): 1859–1859. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa288.
36. Paul J.-F., Charles P., Richaud C., Caussin C., Diakov C. Myocarditis revealing COVID-19 infection in a young patient. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2020; 21 (7): 776. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa107.
37. Petrikov S.S., Ivannikov A.A., Vasil'chenko M.K., Esaulenko A.N., Alidzhanova Kh.G. COVID-19 i serdechno-sosudistaya sistema. Ch. 1. Patofiziologiya, patomorfologiya, oslozhneniya, dolgosrochnyy prognoz [COVID-19 and cardiovascular system. Part 1. Pathophysiology, pathomorphology, complications, long-term prognosis]. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch': zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo*. 2021; 10 (1): 14–26. DOI: <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26> (in Russian).
38. Ryabykina G.V. Izmeneniya elektrokardiogrammy pri infektsii COVID-19 [EGG changes in COVID-19 infection]. *Kardiologiya*. 2020; 60 (8): 16–22 (in Russian).
39. Shlyakhto E.V., Parmon E.V., Bergardt E.R., Zhabina E.S. Osobennosti elektrokardiograficheskikh izmeneniy pri nekoronarogennykh sindromakh u patsientov s COVID-19 [Features of electrocardiographic changes in non-coronarogenic syndromes in patients with COVID-19]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2020; 25 (7): 4019. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4019 (in Russian).
40. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., Chuich T., Laracy J., Biondi-Zoccai G. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 75 (18): 2352–2371.
41. Suthahar N., Meijers W.C., Sillje H.H.W., de Boer R.A. From inflammation to fibrosis-molecular and cellular mechanisms of myocardial tissue remodelling and perspectives on differential treatment opportunities. *Curr. Heart Fail Rep.* 2017; 14: 235–250.
42. Mahmud E., Dauerman H.L., Welt F.G., Messenger J.C., Rao S.V., Grines C., Mattu A., Kirtane A.J., Jauhar R., Meraj P., Rokos I.C., Rumsfeld J.S., Henry T.D. Management of acute myocardial infarction during the COVID-19 pandemic: A Consensus Statement from the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI), the American College of Cardiology (ACC), and the American College of Emergency Physicians (ACEP). *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2020; 96 (2): 336–345. DOI: 10.1002/ccd.28946.
43. Atıcı A., Panç C., Karaayvaz E.B., Demirkıran A., Kutlu O., Kaşalı K., Kekeç E., Sarı L., Akyol Sarı Z.N., Bilge A.K. Evaluation of the Tp-Te interval, Tp-Te/QTc ratio, and QT dispersion in patients with Turner syndrome. *Anatol. J. Cardiol.* 2018; 20 (2): 93–99. DOI: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.98250.
44. Parmon E.V., Tatarinova A.A., Treshkur T.V. Mikrovol'naya al'ternatsiya zubtsa T kak novyy metod analiza izmeneniy fazy repolyarizatsii i vyyavleniya latentnoy elektricheskoy nestabil'nosti miokarda [Microvolt T wave alternans as a novel method of analysis of changes during repolarization phase and detection of latent electrical instability of the myocardium]. *Kardiologiya*. 2011; 6: 66–82 (in Russian).
45. Emori T., Antzelevitch C. Cellular basis for complex T waves and arrhythmic activity following combined I(Kr) and I(Ks) block. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2001; 12 (12): 1369–1378. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2001.01369.x.
46. Fatih Öztürk, Medeni Karaduman, Rabia Çoldur, Şaban İncecik, Yılmaz Güneş, Mustafa Tuncer. Interpretation of arrhythmogenic effects of COVID-19 disease through ECG. *The Aging Male*. 2020; 23 (5): 1362–1365. DOI: 10.1080/13685538.2020.1769058.
47. Raul D. Mitrani, Nitika Dabas, Jeffrey J. Goldberger COVID-19 cardiac injury: Implications for long-term surveillance and outcomes in survivors. *Heart Rhythm*. 2020; 11 (17): 1984–1990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.06.026>.
48. Kozlov I.A., Tyurin I.N. Serdechno-sosudistye oslozhneniya COVID-19 [Cardiovascular complications of COVID-19]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2020; 17 (4): 14–22. DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-14-22 (in Russian).

Information about the authors

Smirnova Anna Yur'evna, Candidate of Science (Medicine), Associate Professor, Chair of Propedeutics of Internal Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: arximed4@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>.

Gnoevykh Valeriy Viktorovich, Doctor of Science (Medicine), Head of the Chair of Propedeutics of Internal Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: valvik@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>.

Shorokhova Yuliya Anatol'evna, Senior Lecturer, Chair of Propedeutics of Internal Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: yuliaport@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3991-0813>.

Chernova Nadezhda Georgievna, Senior Lecturer, Chair of Propedeutics of Internal Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: chernovanadezhda@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>.

Serov Valeriy Anatol'evich, Doctor of Science (Medicine), Professor, Chair of Therapy and Occupational Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: valery_serov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-8816>.

Razin Vladimir Aleksandrovich, Doctor of Science (Medicine), Professor, Chair of Faculty Therapy, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: cagkaf@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8557-1296>.

For citation

Smirnova A.Yu., Gnoevykh V.V., Shorokhova Yu.A., Chernova N.G., Serov V.A., Razin V.A. Kliniko-funktsional'nye narusheniya kardiorespiratornoy sistemy u patsientov, perenesших novuyu koronavirusnuyu infektsiyu [Clinical and functional disorders of the cardiorespiratory system in patients with COVID-19]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2021; 3: 6–18. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-3-6-18 (in Russian).