

ОБЗОРЫ

УДК 616-06

DOI 10.34014/2227-1848-2025-2-6-18

**ОСТРОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК У ПАЦИЕНТОВ
С ИНФАРКТОМ МИОКАРДА В СОЧЕТАНИИ
С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ (COVID-19)****А.Ю. Денисова ¹, М.В. Мензоров ¹, С.Ф. Керимова ², М.В. Горбунов ¹,
В.М. Мензоров ³, Э.О. Бубас ¹**¹ ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия;² ГУЗ Ульяновская областная клиническая больница, г. Ульяновск, Россия;³ ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Острое повреждение почек является частым патологическим состоянием, осложняющим течение различных заболеваний и влияющим как на краткосрочный, так и на отдаленный прогноз. У пациентов с инфарктом миокарда неблагоприятная прогностическая роль острого повреждения почек продемонстрирована в значительном числе исследований. Особую актуальность проблема острого повреждения почек приобрела в эпоху пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19), периодические всплески которой отмечаются до сих пор, что связано с очередной мутацией вируса. COVID-19 способен как дестабилизировать течение имеющейся патологии, так и привести к возникновению новых заболеваний, в том числе инфаркта миокарда. У пациентов с инфарктом миокарда в сочетании с новой коронавирусной инфекцией ожидается мультипликативный эффект риска развития острого повреждения почек, механизм которого в каждом конкретном случае, вероятно, отличается: COVID-19 может одновременно вести к сочетанию почечных и кардиальных осложнений; острое повреждение почек может развиваться вследствие сердечной недостаточности, прямого повреждения сердца или инфаркта миокарда независимо от новой коронавирусной инфекции. В статье рассмотрены результаты исследований, касающихся взаимосвязи уровня креатинина, почечной дисфункции и риска развития инфаркта миокарда при новой коронавирусной инфекции. Описана патофизиологическая основа кардиоренальных взаимоотношений при COVID-19, характеризующаяся сложностью и уникальностью изменений.

Ключевые слова: острое повреждение почек, острый коронарный синдром, инфаркт миокарда, COVID-19, новая коронавирусная инфекция.

Практические клинические рекомендации по острому повреждению почек (ОПП) были сформулированы рабочей группой «Инициатива по улучшению глобальных исходов заболеваний почек» (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) (KDIGO)) в 2012 г. Они являются актуальными и на сегодняшний день, однако в 2025 г. ожидается их обновление [1]. Действующие Российские рекомендации по ОПП были созданы совместно Научным об-

ществом нефрологов России, Ассоциацией нефрологов России, ассоциацией анестезиологов-реаниматологов России, Национальным обществом специалистов в области гемафереза и экстракорпоральной гемокоррекции в 2020 г. [2]. ОПП в настоящее время диагностируется при наличии одного из следующих критериев: нарастание креатинина в сыворотке крови (Scr) на 0,3 мг/дл и более ($\geq 26,5$ мкмоль/л) в течение 48 ч, нарастание Scr в 1,5 раза и более от исход

ного, которое, как известно или предполагается, произошло в течение 7 сут, диурез менее 0,5 мл/кг/ч в течение 6 ч [1–3].

ОПП является неотъемлемой частью почечного континуума, отражающего взаимосвязи между острым повреждением почек, острой болезнью почек и хронической болезнью почек (ХБП) [4–6]. ОПП и острая болезнь почек определяются в период от начала заболевания до 3 мес., ХБП верифицируется при сохранении нарушений структуры или функции почек в течение 3 и более месяцев [5–7].

Распространенность ОПП в популяции высока и продолжает увеличиваться [8]. По данным крупного метаанализа Ну J. и соавт., частота ОПП в стационарах достигает 22 % [9]. В отделениях интенсивной терапии ОПП может иметь место у 57 % пациентов [10]. Госпитальная летальность при развитии ОПП составляет до 62 % [11]. ОПП ассоциировано с повышением смертности как в госпитальный период, так и после выписки из стационара [12–14].

ОПП осложняет течение многих заболеваний, в т.ч. острого коронарного синдрома (ОКС) [15]. По данным различных источников, ОПП при ОКС встречается у 9–25 % пациентов и ассоциировано с ухудшением краткосрочного и долгосрочного прогнозов [15–18]. Патогенетические особенности ОПП при ОКС многофакторны и включают в себя острую сердечную недостаточность, хирургическое вмешательство на коронарных артериях, воздействие контрастного вещества во время проведения чрескожного коронарного вмешательства, атеросклеротическую эмболию, причем эти механизмы взаимосвязаны между собой [19]. В соответствии с концепцией кардиоренальных синдромов (КРС) при ОКС может иметь место как острый кардиоренальный, так и острый ренокардиальный синдромы [20].

В марте 2020 г. ВОЗ было объявлено о пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) [21]. COVID-19 является высококонтагиозным респираторным заболеванием, которое вызывается вирусом SARS-CoV-2 [22]. Согласно информационной панели ВОЗ по COVID-19 на конец декабря 2024 г. новая коронавирусная инфекция выявлена у 0,8 млрд

человек в мире, из них 7 млн человек скончалось; в Российской Федерации количество заболевших составило 24,8 млн человек, из которых 404 тыс. умерли [23]. Многообразие клинических проявлений и большое количество органов-мишеней при развитии инфекционного процесса связаны с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента 2 типа (АПФ2), которые используются вирусом для проникновения в клетки [24–26].

Особого внимания требуют пациенты с сердечно-сосудистой патологией, которые более уязвимы для COVID-19 и чаще могут иметь неблагоприятный прогноз [27]. ОКС является одним из наиболее частых сердечно-сосудистых осложнений новой коронавирусной инфекции, ассоциированных с высоким риском смерти [28, 29]. В патогенезе и инфаркта миокарда (ИМ), и COVID-19 большую роль играют воспаление, микро- и макротромбозы, что делает коронарную сосудистую систему особенно уязвимой [30]. По данным M. Jafari-Oori и соавт., у пациентов с тяжелой формой COVID-19 частота случаев ИМ составляет 33 %, у умерших пациентов – 56 % [29]. Сочетание ИМ с подъемом сегмента ST (ИМпST) и COVID-19 ассоциировано со смертностью в 33 % случаев [31].

ОПП является частым осложнением COVID-19 [32]. Согласно американским и европейским исследованиям частота ОПП при COVID-19 (ОПП-C19) превышает 40 % и в ряде случаев достигает 56,9 % [33–35]. Развитие ОПП-C19 ассоциировано с восьмикратным увеличением риска смерти [36]. Согласно данным российских исследователей частота ОПП у пациентов с COVID-19 составляет 21,3 %, при этом чаще имеют место 1-я стадия и догоспитальный вариант ОПП [37]. Патогенез ОПП-C19 включает в себя прямое воздействие вируса SARS-CoV-2 на почки и косвенные механизмы, возникающие в результате системных реакций в ответ на вирусную инфекцию [32]. Также значимую роль играют механизмы, связанные с лечением COVID-19 [32]. Почки служат мишенью при COVID-19 ввиду высокой экспрессии АПФ2 в клетках проксимальных канальцев и подоцитах [38]. Также SARS-CoV-2 эндотизируется молекулой повреждения почек-1 (KIM-1)

[39]. Провоспалительные цитокины при COVID-19 выступают в роли прямого повреждающего фактора, способствуют развитию ишемической нефропатии, микрососудистой дисфункции и микротромбообразованию [40]. С развитием ОПП-С19 ассоциированы потеря жидкости и гиповолемия, гемодинамическая нестабильность, дыхательная недостаточность с развитием гипоксемии и гиперкапнии у пациентов с тяжелой формой заболевания, применение искусственной вентиляции легких с положительным давлением в конце выдоха и экстракорпоральной мембранной оксигенации, использование нефротоксичных антибактериальных и противовирусных препаратов, развитие кардиомиопатии и острого вирусного миокардита [41–45]. Установленными факторами риска развития ОПП-С19 являются высокий уровень С-реактивного белка, потребность в искусственной вентиляции легких, мужской пол, негроидная раса, возраст старше 50 лет, тяжелое течение COVID-19, сахарный диабет, положительный баланс жидкости, сепсис, нефротоксичные препараты, артериальная гипертензия, использование вазопрессорных препаратов, ожирение, застойная сердечная недостаточность, а наиболее значимым фактором была признана ХБП в анамнезе [33, 35, 42, 46–49].

С учетом высокой частоты и неблагоприятной прогностической роли ОПП при COVID-19 и ИМ по отдельности можно предполагать потенцирование неблагоприятных эффектов при сочетании этих заболеваний. Вероятность внелегочных кардиоренальных проявлений при COVID-19 связана с высокой экспрессией АПФ2 одновременно и в сердце, и в почках [50]. Сочетание почечных и кардиальных осложнений, вызванных COVID-19, можно расценивать как вторичный КРС 5-го типа, включающий в себя ряд состояний, затрагивающих как сердце, так и почки и возникших вследствие острых или хронических системных расстройств [51, 52]. С другой стороны, ОПП, вызванное сердечной недостаточностью, прямым повреждением сердца или ИМ, можно классифицировать как КРС 1-го типа [50]. Кроме того, возможно первона-

чальное развитие ОПП, которое может вести к ИМ в рамках острого кардиоренального синдрома (КРС 3-го типа). Все вышеперечисленное позволяет предположить, что механизмы развития КРС в каждом конкретном случае могут отличаться.

Имеются работы, в которых изучалась взаимосвязь между уровнем креатинина и риском развития ИМ и повреждения миокарда при COVID-19. В исследовании M.Y. Henein и соавт. в качестве маркера для прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений, в т.ч. ИМ, использовался уровень креатинина $\geq 1,25$ мг/дл [53]. M.J. Ababneh и соавт. доказали, что развитие ОПП во время госпитализации по поводу COVID-19 является неблагоприятным прогностическим фактором, поскольку тесно связано с повреждением миокарда и более высокой внутрибольничной смертностью [54]. Представлены отдельные клинические случаи, свидетельствующие о том, что значительное повышение уровня высокочувствительного тропонина является маркером повреждения миокарда, вызванного ОПП на фоне инфекции SARS-CoV-2 [55].

По данным Североамериканского регистра пациентов с инфарктом миокарда, вызванным COVID-19 (The North American COVID-19 STEMI Registry (NACMI)), который включил 474 пациента, была разработана универсальная шкала оценки риска внутрибольничной смерти, определяющая почечную дисфункцию как важную клиническую детерминанту [30].

В исследовании M. Rashid и соавт. у пациентов с ОКС в сочетании с COVID-19 значимыми независимыми факторами риска неблагоприятного исхода и 30-дневной смертности были признаны повышенный уровень креатинина и пикового тропонина, тахикардия, систолическая дисфункция левого желудочка и прием ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента или блокаторов рецепторов ангиотензина II [56]. Близкие данные получены в небольшом ретроспективном анализе H. Tavolipnejad и соавт., где маркеры снижения функции почек (мочевина и соотношение азота мочевины крови к креатинину) были связаны со смертностью при сочетании ИМ и COVID-19 [57].

С мая 2023 г. ВОЗ объявила о переходе к долгосрочному мониторингу и ведению COVID-19 [58]. SARS-CoV-2, накапливая различные мутации в геноме, постоянно меняется, в связи с чем ожидается появление его новых вариантов, что подчеркивает целесообразность постоянного обновления научных представлений о COVID-19 и состояниях, осложняющих его течение [59]. Существует необходимость изучения частоты острого повреждения почек, его тяжести, фенотипов, исходов у пациентов с сочетанием COVID-19 и

ИМ. Повышение осведомленности среди практикующих кардиологов о потенциальных неблагоприятных исходах и прогностической роли ОПП у пациентов с ИМ и COVID-19 имеет большое значение, поскольку большинство больных не будет проконсультировано врачом-нефрологом. Необходимо разрабатывать методы прогнозирования ОПП и идентифицировать группы высокого риска развития данного осложнения для своевременного начала профилактических и лечебных мероприятий и улучшения исходов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Мензоров М.В.

Литературный поиск, участие в исследовании, обработка материала: Мензоров М.В.,

Денисова А.Ю., Керимова С.Ф., Горбунов М.В., Мензоров В.М., Бубас Э.О.

Анализ и интерпретация данных: Мензоров М.В., Денисова А.Ю., Керимова С.Ф.,

Горбунов М.В., Мензоров В.М., Бубас Э.О.

Написание и редактирование текста: Мензоров М.В., Денисова А.Ю.

Литература

1. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. *Kidney inter. Suppl.* 2012; 2 (6): 1–138.
2. Острое повреждение почек (ОПП): клинические рекомендации; 2020. URL: https://rusnephrology.org/wp-116content/uploads/2020/12/AKI_final.pdf (дата обращения: 07.12.2024).
3. Смирнов А.В., Добронравов В.А., Румянцев А.И., Шилов Е.М., Ватазин А.В., Каюков И.Г., Кучер А.Г., Есаян А.М. Национальные рекомендации. Острое повреждение почек: основные принципы диагностики, профилактики и терапии. *Нефрология.* 2016; 20 (1): 79–104.
4. Chawla L.S., Bellomo R., Bihorac A., Goldstein S.L., Siew E.D., Bagshaw S.M., Bittleman D., Cruz D., Endre Z., Fitzgerald R.L., Forni L., Kane-Gill S.L., Hoste E., Koyner J., Liu K.D., Macedo E., Mehta R., Murray P., Nadim M., Ostermann M., Palevsky P.M., Pannu N., Rosner M., Wald R., Zarbock A., Ronco C., Kellum J.A. Acute Disease Quality Initiative Workgroup 16. Acute kidney disease and renal recovery: consensus report of the Acute Disease Quality Initiative (ADQI) 16 Workgroup. *Nat Rev Nephrol.* 2017; 13 (4): 241–257.
5. Шутков А.М., Ефремова Е.В., Мензоров М.В. Современная концепция – почечный континуум (острое повреждение почек, острая болезнь почек, хроническая болезнь почек). *Архив внутренней медицины.* 2021; 11 (2): 94–97.
6. Шутков А.М., Ефремова Е.В., Мензоров М.В. Почечный континуум: проблемы классификации. *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2023; 1: 43–49.
7. Сахаров В.С., Мензоров М.В., Денисова А.Ю., Керимова С.Ф., Матюшина В.В. Концепция острой болезни почек и ее место в почечном континууме. *Казанский медицинский журнал.* 2024; 105 (6): 994–1002.
8. Realista S. Acute Kidney Injury in the Inpatient and Outpatient Setting. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2022; 34 (4): 431–441.
9. Hu J., Chen R., Liu S., Yu X., Zou J., Ding X. Global Incidence and Outcomes of Adult Patients With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2016; 30 (1): 82–89.

10. Hoste E.A., Bagshaw S.M., Bellomo R., Cely C.M., Colman R., Cruz D.N., Edipidis K., Forni L.G., Gomersall C.D., Govil D., Honoré P.M., Joannes-Boyau O., Joannidis M., Korhonen A.M., Lavrentieva A., Mehta R.L., Palevsky P., Roessler E., Ronco C., Uchino S., Vazquez J.A., Vidal Andrade E., Webb S., Kellum J.A. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med.* 2015; 41 (8): 1411–1423.
11. Lee H.J., Son Y.J. Factors Associated with In-Hospital Mortality after Continuous Renal Replacement Therapy for Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17 (23): 8781.
12. Valle J.A., McCoy L.A., Maddox T.M., Rumsfeld J.S., Ho P.M., Casserly I.P., Nallamothu B.K., Roe M.T., Tsai T.T., Messenger J.C. Longitudinal Risk of Adverse Events in Patients With Acute Kidney Injury After Percutaneous Coronary Intervention: Insights From the National Cardiovascular Data Registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017; 10 (4): e004439.
13. Arias-Cabrales C., Rodríguez E., Bermejo S., Sierra A., Burbulla C., Barrios C., Soler M.J., Pascual J. Short- and long-term outcomes after non-severe acute kidney injury. *Clin Exp Nephrol.* 2018; 22 (1): 61–67.
14. Tandon P., James M.T., Abraldes J.G., Karvellas C.J., Ye F., Pannu N. Relevance of New Definitions to Incidence and Prognosis of Acute Kidney Injury in Hospitalized Patients with Cirrhosis: A Retrospective Population-Based Cohort Study. *PLoS One.* 2016; 11 (8): e0160394.
15. Parikh C.R. Long-term prognosis of acute kidney injury after acute myocardial infarction. *Arch Intern Med.* 2008; 9: 987-995.
16. Мухин Н.А., Мусеев В.С., Кобалава Ж.Д., Мусеев С.В., Фомин В.В. Кардиоренальные взаимодействия: клиническое значение и роль в патогенезе заболеваний сердечно-сосудистой системы и почек. *Тер. архив.* 2004; 6: 39–46.
17. Toso A., Servi S.D., Leoncini M., Morici N., Murena E., Antonicelli R., Cavallini C., Petronio A.S., Steffenino G., Piscione F., Bellandi F., Savonitto S. Acute Kidney Injury in Elderly Patients With Non-ST Elevation Acute Coronary Syndrome: Insights From the Italian Elderly: ACS Study. *Angiology.* 2015; 66 (9): 826–830.
18. Мензоров М.В., Шутков А.М., Ларионова Н.В., Страхов А.А., Серова Д.В. Прогностическое значение эритропоэтина у больных с острым коронарным синдромом. *Кардиология.* 2016; 56 (9): 15–20.
19. Zhang Y.F., Liu D.D., Zhou Y., Lou J.Z. Acute Kidney Injury in Patients with Acute Coronary Syndrome after Percutaneous Coronary Intervention: Pathophysiologies, Risk Factors, and Preventive Measures. *Cardiology.* 2021; 146 (6): 678–689.
20. Мензоров М.В., Шутков А.М., Сахаров В.С., Кабанова В.Н. Острое повреждение почек при остром коронарном синдроме. *Казанский медицинский журнал.* 2022; 103 (5): 797–806.
21. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. World Health Organization; 2020. URL: <https://www.who.int/ru/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (дата обращения: 07.12.2024).
22. Chung Y.S., Lam C.Y., Tan P.H., Tsang H.F., Wong S.C. Comprehensive Review of COVID-19: Epidemiology, Pathogenesis, Advancement in Diagnostic and Detection Techniques, and Post-Pandemic Treatment Strategies. *Int J Mol Sci.* 2024; 25 (15): 8155.
23. WHO COVID-19 dashboards. World Health Organization. URL: <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c> (дата обращения: 02.01.2025).
24. Harrison A.G., Lin T., Wang P. Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. *Trends Immunol.* 2020; 41 (12): 1100–1115.
25. 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 (2): 271–280.
26. Gusev E., Sarapultsev A., Solomatina L., Chereshev V. SARS-CoV-2-Specific Immune Response and the Pathogenesis of COVID-19. *Int J Mol Sci.* 2022; 23 (3): 1716.
27. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., Chuich T., Laracy J., Biondi-Zoccai G., Brown T.S., Der Nigoghossian C., Zidar D.A., Haythe J., Brodie D., Beckman J.A., Kirtane A.J., Stone G.W., Krumholz H.M., Parikh S.A. Cardiovascular Considerations for Patients, Health Care Workers, and Health Systems During the COVID-19 Pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020; 75 (18): 2352–2371.

28. Akinrinmade A.O., Obitulata-Ugwu V.O., Obijiofor N.B., Victor F., Chive M., Marwizi F.M., Odion-Omonhimin L.O., Obasi N.B. COVID-19 and Acute Coronary Syndrome: A Literature Review. *Cureus*. 2022; 14 (9): e29747.
29. Jafari-Oori M., Moradian S.T., Ebadi A., Jafari M., Dehi M. Incidence of cardiac complications following COVID-19 infection: An umbrella meta-analysis study. *Heart Lung*. 2022; 52: 136–145.
30. Dehghani P., Schmidt C.W., Garcia S., Okeson B., Grines C.L., Singh A., Patel R., Wiley J., Htun W.W., Nayak K.R., Alraies M.C., Ghasemzadeh N., Davidson L.J., Acharya D., Stone J., Alyousef T., Case B.C., Dai X., Hafiz A.M., Madan M., Jaffer F.A., Shavadia J.S., Garberich R., Bagai A., Singh J., Aronow H.D., Mercado N., Henry T.D. North American COVID-19 Myocardial Infarction (NACMI) Risk Score for Prediction of In-Hospital Mortality. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*. 2022; 1 (5): 100404.
31. Garcia S., Dehghani P., Grines C., Davidson L., Nayak K.R., Saw J., Waksman R., Blair J., Akshay B., Garberich R., Schmidt C., Ly H.Q., Sharkey S., Mercado N., Alfonso C.E., Misumida N., Acharya D., Madan M., Hafiz A.M., Javed N., Shavadia J., Stone J., Alraies M.C., Htun W., Downey W., Bergmark B.A., Ebinger J., Alyousef T., Khalili H., Hwang C.W., Purow J., Llanos A., McGrath B., Tannenbaum M., Resar J., Bagur R., Cox-Alomar P., Stefanescu Schmidt A.C., Cilia L.A., Jaffer F.A., Ghara-cholou M., Salinger M., Case B., Kabour A., Dai X., Elkhateeb O., Kobayashi T., Kim H.H., Roumia M., Aguirre F.V., Rade J., Chong A.Y., Hall H.M., Amlani S., Bagherli A., Patel R., Wood D.A., Welt F.G., Giri J., Mahmud E., Henry T.D. Initial Findings From the North American COVID-19 Myocardial Infarction Registry. *J Am Coll Cardiol*. 2021; 77 (16): 1994–2003.
32. Legrand M., Bell S., Forni L., Joannidis M., Koyner J.L., Liu K., Cantaluppi V. Pathophysiology of COVID-19-associated acute kidney injury. *Nat Rev Nephrol*. 2021; 17 (11): 751–764.
33. Hirsch J.S., Ng J.H., Ross D.W., Sharma P., Shah H.H., Barnett R.L., Hazzan A.D., Fishbane S., Jhaveri K.D. Acute kidney injury in patients hospitalized with COVID-19. *Kidney Int*. 2020; 98 (1): 209–218.
34. Richardson S., Hirsch J.S., Narasimhan M., Crawford J.M., McGinn T., Davidson K.W., Barnaby D.P., Becker L.B., Chelico J.D., Cohen S.L., Cookingham J., Coppa K., Diefenbach M.A., Dominello A.J., Duer-Hefele J., Falzon L., Gitlin J., Hajizadeh N., Harvin T.G., Hirschwerk D.A., Kim E.J., Kozel Z.M., Marrast L.M., Mogavero J.N., Osorio G.A., Qiu M., Zanos T.P. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York city area. *JAMA*. 2020; 323 (20): 2052–2059.
35. Fisher M., Neugarten J., Bellin E., Yunes M., Stahl L., Johns T.S., Abramowitz M.K., Levy R., Kumar N., Mokrzycki M.H., Coco M., Dominguez M., Prudhvi K., Golestaneh L. AKI in Hospitalized Patients with and without COVID-19: A Comparison Study. *J Am Soc Nephrol*. 2020; 31 (9): 2145–2157.
36. Xu H., Garcia-Ptacek S., Annetorp M., Bruchfeld A., Cederholm T., Johnson P., Kivipelto M., Metzner C., Religa D., Eriksdotter M. Acute kidney injury and mortality risk in older adults with COVID-19. *J Nephrol*. 2021; 34 (2): 295–304.
37. Сакаева Э.Р., Шутлов А.М., Ефремова Е.В., Попондополо И.О. Острое повреждение почек у пациентов с COVID-19. Ульяновский медико-биологический журнал. 2022; 4: 49–57.
38. Diao B., Wang C., Wang R., Feng Z., Zhang J., Yang H., Tan Y., Wang H., Wang C., Liu L., Liu Y., Liu Y., Wang G., Yuan Z., Hou X., Ren L., Wu Y., Chen Y. Human kidney is a target for novel severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. *Nat Commun*. 2021; 12 (1): 2506.
39. Habeichi N.J., Amin G., Lakkis B., Kataya R., Mericskay M., Booz G.W., Zouein F.A. Potential Alternative Receptors for SARS-CoV-2-Induced Kidney Damage: TLR-4, KIM-1/TIM-1, and CD147. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2024; 29 (1): 8.
40. Cantaluppi V., Quercia A.D., Dellepiane S., Ferrario S., Camussi G., Biancone L. Interaction between systemic inflammation and renal tubular epithelial cells. *Nephrol. Dial. Transpl*. 2014; 29: 2004–2011.
41. Domenech P., Perez T., Saldarini A., Uad P., Musso C.G. Kidney-lung pathophysiological crosstalk: its characteristics and importance. *Int Urol Nephrol*. 2017; 49 (7): 1211–1215.
42. Ronco C., Reis T. Kidney involvement in COVID-19 and rationale for extracorporeal therapies. *Nat Rev Nephrol*. 2020; 16 (6): 308–310.
43. Sang L., Chen S., Zheng X., Guan W., Zhang Z., Liang W., Zhong M., Jiang L., Pan C., Zhang W., Xia J., Chen N., Wu W., Wu H., Xu Y., Liu X., Liu X., He J., Li S., Zhang D., Zhong N., Li Y. The incidence, risk factors and prognosis of acute kidney injury in severe and critically ill patients with COVID-19 in mainland China: a retrospective study. *BMC Pulm. Med*. 2020; 20: 290.

44. Shaefi S., Brenner S.K., Gupta S., O'Gara B.P., Krajewski M.L., Charytan D.M., Chaudhry S., Mirza S.H., Peev V., Anderson M., Bansal A., Hayek S.S., Srivastava A., Mathews K.S., Johns T.S., Leonberg-Yoo A., Green A., Arunthamkun J., Wille K.M., Shaukat T., Singh H., Admon A.J., Semler M.W., Hernán M.A., Mueller A.L., Wang W., Leaf D.E. Extracorporeal membrane oxygenation in patients with severe respiratory failure from COVID-19. *Intensive Care Med.* 2021; 47: 208–221.
45. Husain-Syed F., Slutsky A.S., Ronco C. Lung-Kidney Cross-Talk in the Critically Ill Patient. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016; 194 (4): 402–414.
46. Russo E., Esposito P., Taramasso L., Magnasco L., Saio M., Briano F., Russo C., Dettori S., Vena A., Di Biagio A., Garibotto G., Bassetti M., Viazzi F. Kidney disease and all-cause mortality in patients with COVID-19 hospitalized in Genoa, Northern Italy. *J. Nephrol.* 2021; 34: 173–183.
47. Casas-Aparicio G.A., León-Rodríguez I., Alvarado-de la Barrera C., González-Navarro M., Peralta-Prado A.B., Luna-Villalobos Y., Velasco-Morales A., Calderón-Dávila N., Ormsby C.E., Ávila-Ríos S. Acute kidney injury in patients with severe COVID-19 in Mexico. *PLoS One.* 2021; 16 (2): e0246595.
48. Zhang J., Pang Q., Zhou T., Meng J., Dong X., Wang Z., Zhang A. Risk factors for acute kidney injury in COVID-19 patients: an updated systematic review and meta-analysis. *Ren Fail.* 2023; 45(1): 2170809.
49. Gupta S., Coca S.G., Chan L., Melamed M.L., Brenner S.K., Hayek S.S., Sutherland A., Puri S., Srivastava A., Leonberg-Yoo A., Shehata A.M., Flythe J.E., Rashidi A., Schenck E.J., Goyal N., Hedayati S.S., Dy R., Bansal A., Athavale A., Nguyen H.B., Vijayan A., Charytan D.M., Schulze C.E., Joo M.J., Friedman A.N., Zhang J., Sosa M.A., Judd E., Velez J.C.Q., Mallappallil M., Redfern R.E., Bansal A.D., Neyra J.A., Liu K.D., Renaghan A.D., Christov M., Molnar M.Z., Sharma S., Kamal O., Boateng J.O., Short S.A.P., Admon A.J., Sise M.E., Wang W., Parikh C.R., Leaf D.E. AKI treated with renal replacement therapy in critically ill patients with COVID-19. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2021; 32: 161–176.
50. Guven G., Ince C., Topeli A., Caliskan K. Cardio-Pulmonary-Renal Consequences of Severe COVID-19. *Cardiorenal Med.* 2021; 11 (3): 133–139.
51. Apetrii M., Enache S., Siritopol D., Burlacu A., Kanbay A., Kanbay M., Scripcariu D., Covic A. A brand-new cardiorenal syndrome in the COVID-19 setting. *Clin Kidney J.* 2020; 13 (3): 291–296.
52. Kumar U., Wettersten N., Garimella P.S. Cardiorenal Syndrome: Pathophysiology. *Cardiol Clin.* 2019; 37 (3): 251–265.
53. Henein M.Y., Mandoli G.E., Pastore M.C., Ghionzoli N., Hasson F., Nisar M.K., Islam M., Bandera F., Marrocco-Trischitta M.M., Baroni I., Malagoli A., Rossi L., Biagi A., Citro R., Ciccarelli M., Silverio A., Biagioni G., Moutiris J.A., Vancheri F., Mazzola G., Geraci G., Thomas L., Altman M., Pernow J., Ahmed M., Santoro C., Esposito R., Casas G., Fernández-Galera R., Gonzalez M., Rodriguez Palomares J., Bytyçi I., Dini F.L., Cameli P., Franchi F., Bajraktari G., Badano L.P., Cameli M. Biomarkers Predict In-Hospital Major Adverse Cardiac Events in COVID-19 Patients: A Multicenter International Study. *J Clin Med.* 2021; 10(24): 5863.
54. Ababneh M.J., Al-Kasasbeh A., Jarrah M., Malkawi L., Sanduka O., Smadi A.M., Smadi M.M. Myocardial injury and its correlation to mortality in hospitalized COVID-19 patients: A retrospective cohort study. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 9: 1039655.
55. Ştefan M.F., Magda Ş.L., Vinereanu D. COVID-19 presented as acute kidney injury with secondary myocardial damage. *J Infect Public Health.* 2021; 14 (3): 371–373.
56. Rashid M., Wu J., Timmis A., Curzen N., Clarke S., Zaman A., Nolan J., Shoaib A., Mohamed M.O., de Belder M.A., Deanfield J., Gale C.P., Mamas M.A. Outcomes of COVID-19-positive acute coronary syndrome patients: A multisource electronic healthcare records study from England. *J Intern Med.* 2021; 290 (1): 88–100.
57. Tavolinejad H., Hosseini K., Sadeghian S., Pourhosseini H., Lotfi-Tokaldany M., Masoudkabir F., Sattartabar B., Masoudi M., Shafiee A., Badalabadi R.M., Pashang M., Aein A., Tajdini M. Clinical implications and indicators of mortality among patients hospitalized with concurrent COVID-19 and myocardial infarction. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2021; 49 (4): 293–302.
58. World Health Organization Statement on the Fifteenth Meeting of the IHR Emergency Committee on the COVID-19 Pandemic. World Health Organization; 2023. URL: [https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic](https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic) (дата обращения: 26.11.2024).

59. Centers for Disease Control and Prevention CDC COVID Data Tracker. Centers for Disease Control and Prevention; 2024. URL: <https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/#variant-proportion> (дата обращения: 26.11.2024).

Поступила в редакцию 16.01.2025; принята 20.02.2025.

Авторский коллектив

Денисова Анна Юрьевна – аспирант кафедры терапии и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: sve2118@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0974-5407>.

Мензоров Максим Витальевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры терапии и профессиональных болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: menzorov.m.v@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6000-4850>.

Керимова Сабина Фаиговна – врач-кардиолог отделения кардиохирургии и нарушений ритма сердца, ГУЗ Ульяновская областная клиническая больница. 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Третьего Интернационала, 7; e-mail: sabina-kerimova-98@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0008-0005-4574>.

Горбунов Максим Васильевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: maksyagor@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0009-7194-7350>.

Мензоров Виктор Максимович – клинический ординатор кафедры пропедевтической терапии с курсом кардиологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 443099, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: menzorov73@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2981-4699>.

Бубас Эмма Олеговна – студентка медицинского факультета Института медицины, экологии и физической культуры, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: emmabubas@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8636-6508>.

Образец цитирования

Денисова А.Ю., Мензоров М.В., Керимова С.Ф., Горбунов М.В., Мензоров В.М., Бубас Э.О. Острое повреждение почек у пациентов с инфарктом миокарда в сочетании с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19). Ульяновский медико-биологический журнал. 2025; 2: 6–18. DOI: 10.34014/2227-1848-2025-2-6-18.

ACUTE KIDNEY INJURY IN PATIENTS WITH MYOCARDIAL INFARCTION AND NEW CORONAVIRUS INFECTION (COVID-19)

**A.Yu. Denisova¹, M.V. Menzorov¹, S.F. Kerimova², M.V. Gorbunov¹,
V.M. Menzorov³, E.O. Bubas¹**

¹ Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia;

² Ulyanovsk Regional Clinical Hospital, Ulyanovsk, Russia;

³ Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Samara, Russia

Acute kidney injury is a common pathological condition that complicates various diseases and affects both the short-term and long-term prognosis. There is ample research which testifies the unfavorable prognostic role of acute kidney injury in patients with myocardial infarction. The problem of acute kidney injury has become especially relevant during the COVID-19 pandemic, periodic outbreaks of which associated with

new virus mutation are still observed. COVID-19 can both destabilize the existing pathology and lead to the development of new diseases, including myocardial infarction. In patients with myocardial infarction and COVID-19, a multiplicative risk effect of getting acute kidney injury is expected, the mechanism of which is likely to be different in each particular case: COVID-19 can simultaneously lead to a combination of renal and cardiac complications; acute kidney injury can develop due to heart failure, direct heart injury or myocardial infarction regardless of the new coronavirus infection. The article reviews the studies on the correlation between creatinine levels, renal dysfunction and the risk of myocardial infarction in COVID-19 patients. The authors describe the pathophysiological basis of cardiorenal correlation in COVID-19, which is characterized by the complexity and uniqueness of changes.

Key words: acute kidney injury, acute coronary syndrome, myocardial infarction, COVID-19, new coronavirus infection.

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

Author contributions

Research concept and design: Menzorov M.V.

Literature search, participation in the study, data processing: Menzorov M.V.,

Denisova A.Yu., Kerimova S.F., Gorbunov M.V., Menzorov V.M., Bubas E.O.

Data analysis and interpretation: Menzorov M.V., Denisova A.Yu., Kerimova S.F.,

Gorbunov M.V., Menzorov V.M., Bubas E.O.

Text writing and editing: Menzorov M.V., Denisova A.Yu.

References

1. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. *Kidney inter. Suppl.* 2012; 2 (6): 1–138.
2. *Ostroie povrezhdenie pochk (OPP): klinicheskie rekomendatsii*; 2020 [Acute kidney injury (AKI): Clinical guidelines]. Available at: https://rusnephrology.org/wp-116content/uploads/2020/12/AKI_final.pdf (accessed: December 07, 2024) (in Russian).
3. Smirnov A.V., Dobronravov V.A., Rumyantsev A.Sh., Shilov E.M., Vatazin A.V., Kayukov I.G., Kucher A.G., Esayan A.M. Natsional'nye rekomendatsii. Ostroe povrezhdenie pochk: osnovnye printsipy diagnostiki, profilaktiki i terapii [National guidelines. Acute kidney injury: Fundamentals of diagnosis, prevention and therapy]. *Nefrologiya.* 2016; 20 (1): 79–104 (in Russian).
4. Chawla L.S., Bellomo R., Bihorac A., Goldstein S.L., Siew E.D., Bagshaw S.M., Bittleman D., Cruz D., Endre Z., Fitzgerald R.L., Forni L., Kane-Gill S.L., Hoste E., Koyner J., Liu K.D., Macedo E., Mehta R., Murray P., Nadim M., Ostermann M., Palevsky P.M., Pannu N., Rosner M., Wald R., Zarbock A., Ronco C., Kellum J.A. Acute Disease Quality Initiative Workgroup 16. Acute kidney disease and renal recovery: consensus report of the Acute Disease Quality Initiative (ADQI) 16 Workgroup. *Nat Rev Nephrol.* 2017; 13 (4): 241–257.
5. Shutov A.M., Efremova E.V., Menzorov M.V. Sovremennaya kontseptsiya – pochechnyy kontinuum (ostroie povrezhdenie pochk, ostraya bolezni pochk, khronicheskaya bolezni pochk) [Modern concept – renal continuum (acute kidney injury, acute kidney disease, chronic kidney disease)]. *Arkhiv" vnutrenney meditsiny.* 2021; 11 (2): 94–97 (in Russian).
6. Shutov A.M., Efremova E.V., Menzorov M.V. Pochechnyy kontinuum: problemy klassifikatsii [Renal continuum: classification problems]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal.* 2023; 1: 43–49 (in Russian).
7. Sakharov V.S., Menzorov M.V., Denisova A.Yu., Kerimova S.F., Matyushina V.V. Kontseptsiya ostroy bolezni pochk i ee mesto v pochechnom kontinuu [The concept of acute kidney disease and its place in the renal continuum]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2024; 105 (6): 994–1002 (in Russian).
8. Realista S. Acute Kidney Injury in the Inpatient and Outpatient Setting. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2022; 34 (4): 431–441.
9. Hu J., Chen R., Liu S., Yu X., Zou J., Ding X. Global Incidence and Outcomes of Adult Patients With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2016; 30 (1): 82–89.

10. Hoste E.A., Bagshaw S.M., Bellomo R., Cely C.M., Colman R., Cruz D.N., Edipidis K., Forni L.G., Gomersall C.D., Govil D., Honoré P.M., Joannes-Boyau O., Joannidis M., Korhonen A.M., Lavrentieva A., Mehta R.L., Palevsky P., Roessler E., Ronco C., Uchino S., Vazquez J.A., Vidal Andrade E., Webb S., Kellum J.A. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med.* 2015; 41 (8): 1411–1423.
11. Lee H.J., Son Y.J. Factors Associated with In-Hospital Mortality after Continuous Renal Replacement Therapy for Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17 (23): 8781.
12. Valle J.A., McCoy L.A., Maddox T.M., Rumsfeld J.S., Ho P.M., Casserly I.P., Nallamothu B.K., Ro M.T., Tsai T.T., Messenger J.C. Longitudinal Risk of Adverse Events in Patients With Acute Kidney Injury After Percutaneous Coronary Intervention: Insights From the National Cardiovascular Data Registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017; 10 (4): e004439.
13. Arias-Cabrales C., Rodríguez E., Bermejo S., Sierra A., Burballa C., Barrios C., Soler M.J., Pascual J. Short- and long-term outcomes after non-severe acute kidney injury. *Clin Exp Nephrol.* 2018; 22 (1): 61–67.
14. Tandon P., James M.T., Abinales J.G., Karvellas C.J., Ye F., Pannu N. Relevance of New Definitions to Incidence and Prognosis of Acute Kidney Injury in Hospitalized Patients with Cirrhosis: A Retrospective Population-Based Cohort Study. *PLoS One.* 2016; 11 (8): e0160394.
15. Parikh C.R. Long-term prognosis of acute kidney injury after acute myocardial infarction. *Arch Intern Med.* 2008; 9: 987–995.
16. Mukhin N.A., Moiseev V.S., Kobalava Zh.D., Moiseev S.V., Fomin V.V. Kardiorenal'nye vzaimodeystviya: klinicheskoe znachenie i rol' v patogeneze zabolevaniy serdechno-sosudistoy sistemy i pochek [Cardiorenal interactions: Clinical significance and role in the pathogenesis of cardiovascular and renal diseases]. *Ter arkhiv.* 2004; 6: 39–46 (in Russian).
17. Toso A., Servi S.D., Leoncini M., Morici N., Murena E., Antonicelli R., Cavallini C., Petronio A.S., Steffenino G., Piscione F., Bellandi F., Savonitto S. Acute Kidney Injury in Elderly Patients With Non-ST Elevation Acute Coronary Syndrome: Insights From the Italian Elderly: ACS Study. *Angiology.* 2015; 66 (9): 826–830.
18. Menzorov M.V., Shutov A.M., Larionova N.V., Strakhov A.A., Serova D.V. Prognosticheskoe znachenie eritropoetina u bol'nykh s ostrym koronarnym sindromom [Prognostic value of erythropoietin in patients with acute coronary syndrome]. *Kardiologiya.* 2016; 56 (9): 15–20 (in Russian).
19. Zhang Y.F., Liu D.D., Zhou Y., Lou J.Z. Acute Kidney Injury in Patients with Acute Coronary Syndrome after Percutaneous Coronary Intervention: Pathophysiologies, Risk Factors, and Preventive Measures. *Cardiology.* 2021; 146 (6): 678–689.
20. Menzorov M.V., Shutov A.M., Sakharov V.S., Kabanova V.N. Ostroe povrezhdenie pochek pri ostrym koronarnom sindrome [Acute kidney injury in acute coronary syndrome]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2022; 103 (5): 797–806 (in Russian).
21. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. *World Health Organization*; 2020. Available at: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (accessed: December 07, 2024).
22. Chung Y.S., Lam C.Y., Tan P.H., Tsang H.F., Wong S.C. Comprehensive Review of COVID-19: Epidemiology, Pathogenesis, Advancement in Diagnostic and Detection Techniques, and Post-Pandemic Treatment Strategies. *Int J Mol Sci.* 2024; 25 (15): 8155.
23. WHO COVID-19 dashboards. *World Health Organization*. Available at: <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c> (accessed: January 02, 2025).
24. Harrison A.G., Lin T., Wang P. Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. *Trends Immunol.* 2020; 41 (12): 1100–1115.
25. 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 (2): 271–280.
26. Gusev E., Sarapultsev A., Solomatina L., Chereshev V. SARS-CoV-2-Specific Immune Response and the Pathogenesis of COVID-19. *Int J Mol Sci.* 2022; 23 (3): 1716.
27. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., Chuich T., Laracy J., Biondi-Zoccai G., Brown T.S., Der Nigoghossian C., Zidar D.A., Haythe J., Brodie D., Beckman J.A., Kirtane A.J., Stone G.W., Krumholz H.M.,

- Parikh S.A. Cardiovascular Considerations for Patients, Health Care Workers, and Health Systems During the COVID-19 Pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020; 75 (18): 2352–2371.
28. Akinrinmade A.O., Obitulata-Ugwu V.O., Obijiofor N.B., Victor F., Chive M., Marwizi F.M., Odion-Omonhimin L.O., Obasi N.B. COVID-19 and Acute Coronary Syndrome: A Literature Review. *Cureus.* 2022; 14 (9): e29747.
 29. Jafari-Oori M., Moradian S.T., Ebadi A., Jafari M., Dehi M. Incidence of cardiac complications following COVID-19 infection: An umbrella meta-analysis study. *Heart Lung.* 2022; 52: 136–145.
 30. Dehghani P., Schmidt C.W., Garcia S., Okeson B., Grines C.L., Singh A., Patel R., Wiley J., Htun W.W., Nayak K.R., Alraies M.C., Ghasemzadeh N., Davidson L.J., Acharya D., Stone J., Alyousef T., Case B.C., Dai X., Hafiz A.M., Madan M., Jaffer F.A., Shavadia J.S., Garberich R., Bagai A., Singh J., Aronow H.D., Mercado N., Henry T.D. North American COVID-19 Myocardial Infarction (NACMI) Risk Score for Prediction of In-Hospital Mortality. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv.* 2022; 1 (5): 100404.
 31. Garcia S., Dehghani P., Grines C., Davidson L., Nayak K.R., Saw J., Waksman R., Blair J., Akshay B., Garberich R., Schmidt C., Ly H.Q., Sharkey S., Mercado N., Alfonso C.E., Misumida N., Acharya D., Madan M., Hafiz A.M., Javed N., Shavadia J., Stone J., Alraies M.C., Htun W., Downey W., Bergmark B.A., Ebinger J., Alyousef T., Khalili H., Hwang C.W., Purow J., Llanos A., McGrath B., Tannenbaum M., Resar J., Bagur R., Cox-Alomar P., Stefanescu Schmidt A.C., Cilia L.A., Jaffer F.A., Ghara-cholou M., Salinger M., Case B., Kabour A., Dai X., Elkhateeb O., Kobayashi T., Kim H.H., Roumia M., Aguirre F.V., Rade J., Chong A.Y., Hall H.M., Amlani S., Bagherli A., Patel R., Wood D.A., Welt F.G., Giri J., Mahmud E., Henry T.D. Initial Findings From the North American COVID-19 Myocardial Infarction Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2021; 77 (16): 1994–2003.
 32. Legrand M., Bell S., Forni L., Joannidis M., Koyner J.L., Liu K., Cantaluppi V. Pathophysiology of COVID-19-associated acute kidney injury. *Nat Rev Nephrol.* 2021; 17 (11): 751–764.
 33. Hirsch J.S., Ng J.H., Ross D.W., Sharma P., Shah H.H., Barnett R.L., Hazzan A.D., Fishbane S., Jhaveri K.D. Acute kidney injury in patients hospitalized with COVID-19. *Kidney Int.* 2020; 98 (1): 209–218.
 34. Richardson S., Hirsch J.S., Narasimhan M., Crawford J.M., McGinn T., Davidson K.W., Barnaby D.P., Becker L.B., Chelico J.D., Cohen S.L., Cookingham J., Coppa K., Diefenbach M.A., Dominello A.J., Duer-Hefele J., Falzon L., Gitlin J., Hajizadeh N., Harvin T.G., Hirschwerk D.A., Kim E.J., Kozel Z.M., Marrast L.M., Mogavero J.N., Osorio G.A., Qiu M., Zanos T.P. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York city area. *JAMA.* 2020; 323 (20): 2052–2059.
 35. Fisher M., Neugarten J., Bellin E., Yunes M., Stahl L., Johns T.S., Abramowitz M.K., Levy R., Kumar N., Mokrzycki M.H., Coco M., Dominguez M., Prudhvi K., Golestaneh L. AKI in Hospitalized Patients with and without COVID-19: A Comparison Study. *J Am Soc Nephrol.* 2020; 31 (9): 2145–2157.
 36. Xu H., Garcia-Ptacek S., Annetorp M., Bruchfeld A., Cederholm T., Johnson P., Kivipelto M., Metzner C., Religa D., Eriksdotter M. Acute kidney injury and mortality risk in older adults with COVID-19. *J Nephrol.* 2021; 34 (2): 295–304.
 37. Sakaeva E.R., Shutov A.M., Efremova E.V., Popondopolo I.O. Ostroe povrezhdenie pochek u patsientov s COVID-19 [Acute kidney injury in patients with COVID-19]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal.* 2022; 4: 49–57 (in Russian).
 38. Diao B., Wang C., Wang R., Feng Z., Zhang J., Yang H., Tan Y., Wang H., Wang C., Liu L., Liu Y., Liu Y., Wang G., Yuan Z., Hou X., Ren L., Wu Y., Chen Y. Human kidney is a target for novel severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. *Nat Commun.* 2021; 12 (1): 2506.
 39. Habeichi N.J., Amin G., Lakkis B., Kataya R., Mericskay M., Booz G.W., Zouein F.A. Potential Alternative Receptors for SARS-CoV-2-Induced Kidney Damage: TLR-4, KIM-1/TIM-1, and CD147. *Front Biosci (Landmark Ed).* 2024; 29 (1): 8.
 40. Cantaluppi V., Quercia A.D., Dellepiane S., Ferrario S., Camussi G., Biancone L. Interaction between systemic inflammation and renal tubular epithelial cells. *Nephrol. Dial. Transpl.* 2014; 29: 2004–2011.
 41. Domenech P., Perez T., Saldarini A., Uad P., Musso C.G. Kidney-lung pathophysiological crosstalk: its characteristics and importance. *Int Urol Nephrol.* 2017; 49 (7): 1211–1215.
 42. Ronco C., Reis T. Kidney involvement in COVID-19 and rationale for extracorporeal therapies. *Nat Rev Nephrol.* 2020; 16 (6): 308–310.
 43. Sang L., Chen S., Zheng X., Guan W., Zhang Z., Liang W., Zhong M., Jiang L., Pan C., Zhang W., Xia J., Chen N., Wu W., Wu H., Xu Y., Liu X., Liu X., He J., Li S., Zhang D., Zhong N., Li Y. The incidence,

- risk factors and prognosis of acute kidney injury in severe and critically ill patients with COVID-19 in mainland China: a retrospective study. *BMC Pulm. Med.* 2020; 20: 290.
44. Shaefi S., Brenner S.K., Gupta S., O'Gara B.P., Krajewski M.L., Charytan D.M., Chaudhry S., Mirza S.H., Peev V., Anderson M., Bansal A., Hayek S.S., Srivastava A., Mathews K.S., Johns T.S., Leonberg-Yoo A., Green A., Arunthamkun J., Wille K.M., Shaukat T., Singh H., Admon A.J., Semler M.W., Hernán M.A., Mueller A.L., Wang W., Leaf D.E. Extracorporeal membrane oxygenation in patients with severe respiratory failure from COVID-19. *Intensive Care Med.* 2021; 47: 208–221.
45. Husain-Syed F., Slutsky A.S., Ronco C. Lung-Kidney Cross-Talk in the Critically Ill Patient. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016; 194 (4): 402–414.
46. Russo E., Esposito P., Taramasso L., Magnasco L., Saio M., Briano F., Russo C., Dettori S., Vena A., Di Biagio A., Garibotto G., Bassetti M., Viazzi F. Kidney disease and all-cause mortality in patients with COVID-19 hospitalized in Genoa, Northern Italy. *J. Nephrol.* 2021; 34: 173–183.
47. Casas-Aparicio G.A., León-Rodríguez I., Alvarado-de la Barrera C., González-Navarro M., Peralta-Prado A.B., Luna-Villalobos Y., Velasco-Morales A., Calderón-Dávila N., Ormsby C.E., Ávila-Ríos S. Acute kidney injury in patients with severe COVID-19 in Mexico. *PLoS One.* 2021; 16 (2): e0246595.
48. Zhang J., Pang Q., Zhou T., Meng J., Dong X., Wang Z., Zhang A. Risk factors for acute kidney injury in COVID-19 patients: an updated systematic review and meta-analysis. *Ren Fail.* 2023; 45(1): 2170809.
49. Gupta S., Coca S.G., Chan L., Melamed M.L., Brenner S.K., Hayek S.S., Sutherland A., Puri S., Srivastava A., Leonberg-Yoo A., Shehata A.M., Flythe J.E., Rashidi A., Schenck E.J., Goyal N., Heddayati S.S., Dy R., Bansal A., Athavale A., Nguyen H.B., Vijayan A., Charytan D.M., Schulze C.E., Joo M.J., Friedman A.N., Zhang J., Sosa M.A., Judd E., Velez J.C.Q., Mallappallil M., Redfern R.E., Bansal A.D., Neyra J.A., Liu K.D., Renaghan A.D., Christov M., Molnar M.Z., Sharma S., Kamal O., Boateng J.O., Short S.A.P., Admon A.J., Sise M.E., Wang W., Parikh C.R., Leaf D.E. AKI treated with renal replacement therapy in critically ill patients with COVID-19. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2021; 32: 161–176.
50. Guven G., Ince C., Topeli A., Caliskan K. Cardio-Pulmonary-Renal Consequences of Severe COVID-19. *Cardiorenal Med.* 2021; 11 (3): 133–139.
51. Apetrii M., Enache S., Sîriopol D., Burlacu A., Kanbay A., Kanbay M., Scripcariu D., Covic A. A brand-new cardiorenal syndrome in the COVID-19 setting. *Clin Kidney J.* 2020; 13 (3): 291–296.
52. Kumar U., Wettersten N., Garimella P.S. Cardiorenal Syndrome: Pathophysiology. *Cardiol Clin.* 2019; 37 (3): 251–265.
53. Henein M.Y., Mandoli G.E., Pastore M.C., Ghionzoli N., Hasson F., Nisar M.K., Islam M., Bandera F., Marrocco-Trischitta M.M., Baroni I., Malagoli A., Rossi L., Biagi A., Citro R., Ciccarelli M., Silverio A., Biagioni G., Moutiris J.A., Vancheri F., Mazzola G., Geraci G., Thomas L., Altman M., Pernow J., Ahmed M., Santoro C., Esposito R., Casas G., Fernández-Galera R., Gonzalez M., Rodriguez Palomares J., Bytyçi I., Dini F.L., Cameli P., Franchi F., Bajraktari G., Badano L.P., Cameli M. Biomarkers Predict In-Hospital Major Adverse Cardiac Events in COVID-19 Patients: A Multicenter International Study. *J Clin Med.* 2021; 10(24): 5863.
54. Ababneh M.J., Al-Kasasbeh A., Jarrah M., Malkawi L., Sanduka O., Smadi A.M., Smadi M.M. Myocardial injury and its correlation to mortality in hospitalized COVID-19 patients: A retrospective cohort study. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 9: 1039655.
55. Ștefan M.F., Magda Ș.L., Vinereanu D. COVID-19 presented as acute kidney injury with secondary myocardial damage. *J Infect Public Health.* 2021; 14 (3): 371–373.
56. Rashid M., Wu J., Timmis A., Curzen N., Clarke S., Zaman A., Nolan J., Shoaib A., Mohamed M.O., de Belder M.A., Deanfield J., Gale C.P., Mamas M.A. Outcomes of COVID-19-positive acute coronary syndrome patients: A multisource electronic healthcare records study from England. *J Intern Med.* 2021; 290 (1): 88–100.
57. Tavolinejad H., Hosseini K., Sadeghian S., Pourhosseini H., Lotfi-Tokaldany M., Masoudkabir F., Sattartabar B., Masoudi M., Shafiee A., Badalabadi R.M., Pashang M., Aein A., Tajdini M. Clinical implications and indicators of mortality among patients hospitalized with concurrent COVID-19 and myocardial infarction. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2021; 49 (4): 293–302.
58. World Health Organization Statement on the Fifteenth Meeting of the IHR Emergency Committee on the COVID-19 Pandemic. World Health Organization; 2023. Available at: [https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic](https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic) (accessed: November 26, 2024).

59. Centers for Disease Control and Prevention CDC COVID Data Tracker. Centers for Disease Control and Prevention; 2024. Available at: <https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/#variant-proportion> (accessed: November 26, 2024).

Received January 16, 2025; accepted February 20, 2025.

Information about the authors

Denisova Anna Yur'evna, Postgraduate Student, Department of Therapy and Occupational Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: sve2118@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0974-5407>.

Menzorov Maksim Vital'evich, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Chair of Therapy and Occupational Diseases, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: menzorov.m.v@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6000-4850>.

Kerimova Sabina Faigovna, Cardiologist, Department of Cardiac Surgery and Heart Rhythm Disorders, Ulyanovsk Regional Clinical Hospital. 432017, Russia, Ulyanovsk, Tret'ego Internatsionala St., 7; e-mail: sabina-kerimova-98@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0008-0005-4574>.

Gorbunov Maksim Vasil'evich, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Public Health and Healthcare, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: maksyagor@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0009-7194-7350>

Menzorov Viktor Maksimovich, Clinical Resident, Chair of Propaedeutic Therapy with a Course in Cardiology, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation. 443099, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: menzorov73@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2981-4699>.

Bubas Emma Olegovna, Student, Department of Medicine, Institute of Medicine, Ecology and Physical Education, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: emma-bubas@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8636-6508>.

For citation

Denisova A.Yu., Menzorov M.V., Kerimova S.F., Gorbunov M.V., Menzorov V.M., Bubas E.O. Ostroe povrezhdenie pochk u patsientov s infarktom miokarda v sochetanii s novoy koronavirusnoy infektsiey (COVID-19) [Acute kidney injury in patients with myocardial infarction and new coronavirus infection (COVID-19)]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2025; 2: 6–18. DOI: 10.34014/2227-1848-2025-2-6-18 (in Russian).