

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

REVIEWS AND LECTURES

© В.А. Федулкина, А.А. Артамонова, 2024
УДК 578.834.1-06 : 616.61.019.941

doi: 10.36485/1561-6274-2024-28-2-23-30
EDN: QJXVTN

НЕОЧЕВИДНЫЕ ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ COVID-19 ДЛЯ ПОЧЕК. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вероника Андреевна Федулкина^{1✉}, Александра Анатольевна Артамонова²

^{1,2}Хирургическое отделение трансплантации почки, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва, Россия

¹ v.fedulkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1773-9971>
² aartamonova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6010-8975>

РЕФЕРАТ

Влияние COVID-19 на течение хронической болезни почек (ХБП) уже подтверждено исследователями всего мира. В основном, изучая поражение почек при COVID-19, авторы уделяют внимание новой коронавирусной инфекции в срезе именно развития острого повреждения почек (ОПП) или смертности от нее больных с уже имеющейся ХБП, особенно пациентов, получающих гемодиализ или имеющих трансплантированную почку, приводя анализ смертности, рисков и прогнозов. Однако до сих пор в публикациях отсутствует описание того, как данная инфекция может влиять на функцию почек, не имевших признаков ХБП до COVID-19. Особенно скудны в настоящее время исследования, посвященные анализу долгосрочных результатов наблюдения и лечения таких больных. В данном обзоре рассмотрены зарубежные и отечественные исследования, касающиеся как влияния хронических заболеваний почек на тяжесть течения коронавирусной инфекции, так и рисков развития заболеваний почек после перенесенного COVID-19, в том числе, с развитием острого повреждения почек и в долгосрочной перспективе. Такой подход способен подчеркнуть актуальность своевременного выявления среди больных COVID-19 пациентов с развивающейся хронической болезнью почек на ранних стадиях с целью их дальнейшего диспансерного наблюдения и своевременного назначения нефропротективной терапии. Поиск источников литературы проводился с помощью PubMed, Science Direct, eLibrary по ключевым словам «коронавирус», «COVID-19», «SARS-CoV-2», «острое повреждение почек», «хроническая болезнь почек», «acute kidney injury», «chronic kidney disease» и их комбинациям с охватом публикаций с 2019 по 2023 г. на русском и английском языках.

Ключевые слова: COVID-19, SARS-CoV-2, коронавирус, острое повреждение почек, хроническая болезнь почек, отдаленные последствия

Для цитирования: Федулкина В.А., Артамонова А.А. Неочевидные отдаленные последствия COVID-19 для почек. Обзор литературы. *Нефрология* 2024;28(2):23-30. doi: 10.36485/1561-6274-2024-28-2-23-30. EDN: QJXVTN

UNOBVIOUS LONG-TERM EFFECTS OF COVID-19 FOR KIDNEYS. THE LITERATURE REVIEW

Veronica A. Fedulkina^{1✉}, Alexandra A. Artamonova²

^{1,2} Surgical Department of Kidney Transplantation, Moscow Regional Research Clinical Institute named after. M.F. Vladimirsky, Moscow, Russia

¹ v.fedulkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1773-9971>
² aartamonova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6010-8975>

ABSTRACT

The impact of COVID-19 on the course of chronic kidney disease (CKD) has already been confirmed by researchers around the world. Basically, studying kidney damage in COVID-19, the authors pay attention to the new coronavirus infection in terms of the development of acute kidney injury (AKI) or mortality from it in patients with existing CKD, especially patients receiving hemodialysis or having a transplanted kidney, providing an analysis of mortality, risks and forecasts. However, there is still no published description of how this infection can affect the function of kidneys that did not have signs of CKD before COVID-19. Currently, studies devoted to the analysis of long-term results of observation and treatment of such patients are especially scarce. The review examines foreign and domestic studies concerning both the influence of chronic kidney disease on the severity of coronavirus infection and the risks of developing kidney disease after COVID-19, including the development of acute kidney injury and in the long term. This approach can highlight the relevance of timely identification of patients with developing

CKD in the early stages among patients with COVID-19 for the purpose of their further follow-up and timely prescription of nephroprotective therapy. The search for literature sources was carried out using PubMed, Science Direct, eLibrary using the keywords “coronavirus”, “COVID-19”, “SARS-CoV-2”, “acute kidney injury”, “chronic kidney disease” and their combinations covering publications from 2019 to 2023 in Russian and English.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, acute kidney injury, chronic kidney disease, long-term consequences

For citation: Fedulkina V.A., Artamonova A.A. Unobvious long-term effects of COVID-19 for kidneys. The literature review. *Nephrology (Saint-Petersburg)* 2024;28(2):23-30. (In Russ.) doi: 10.36485/1561-6274-2024-28-2-23-30. EDN: QJXVTN

ВВЕДЕНИЕ

Распространенность хронической болезни почек (ХБП) сопоставима с такими социально значимыми заболеваниями, как гипертоническая болезнь и сахарный диабет, а также с ожирением и метаболическим синдромом [1–3]. В мировом масштабе общее число лиц с ХБП, острым повреждением почек (ОПП) и лиц, получающих заместительную почечную терапию (ЗПТ), превышает 850 миллионов человек, что является действительно тревожной цифрой, вдвое превышающей число людей с диабетом во всем мире [4]. Кроме того, международное общество нефрологов в 2021 году спрогнозировало рост распространенности ХБП на 16 % в ближайшие 5 лет [5]. Однако до сих пор уровень диагностики и осведомленности о ХБП остается на низком уровне, особенно до 3 стадии, несмотря на клинические рекомендации, подчеркивающие важность раннего скрининга ХБП [6].

Не являются исключением и пациенты, перенесшие COVID-19 с явными или скрытыми признаками влияния вируса на функцию почек, которые чаще всего минуют группу риска развития ХБП и не попадают под наблюдение нефролога в постковидном периоде, что неизбежно приводит к прогрессированию ХБП. В то же время, согласно оперативным данным ВОЗ, Россия на данный момент занимает 11-ю позицию в общем рейтинге заболеваемости новой коронавирусной инфекцией, так как к лету 2023 года ей переболели в России уже 22,9 млн человек, а количество умерших достигло 399 тысяч [7].

Известно, что при новой коронавирусной инфекции существенное влияние оказывает наличие у пациента сопутствующих хронических заболеваний. Например, согласно сведениям Центра контроля и профилактики болезней Китая, уровень смертности возрастает на 10,5 % при наличии сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний, на 7,3 % – при сахарном диабете, на 6,3 % – при хронических заболеваниях дыхательной системы и на 5,6 % – в случае онкологии [8]. Многие авторы подчеркивают особое влияние хронических заболеваний почек на течение вируса [9–11], а

ХБП при этом попала в список основных факторов риска как заболеваемости, так и тяжелого течения вируса [13–15], заняв IV место и уступив лишь гипертонической болезни, сахарному диабету и ишемической болезни сердца [11].

Некоторые ученые, помимо ассоциирования хронических заболеваний почек с риском развития тяжелого течения COVID-19, особенно выделяют пациентов, получающих ЗПТ или имеющих почечный трансплантат. Очевидно, что риск развития COVID-19 у пациентов с терминальной почечной недостаточностью выше, чем в общей популяции. Причем, доказано, что COVID-19 у пациентов, получающих гемодиализ, приобретает тяжелый характер течения с повышенным уровнем летальности по причине развития, помимо респираторной, полиорганной недостаточности [12]. В свою очередь, COVID-19 у реципиентов почечных трансплантатов предвещает высокую смертность по максимально очевидной причине сложного надлежащего управления иммуносупрессией и индивидуального подхода к лечению этой хрупкой группы больных [16–19].

С другой стороны – многочисленные публикации показывают, что, в свою очередь, ОПП является тяжелым осложнением COVID-19 с распространенностью 8,9%, способным увеличить тяжесть течения заболевания, продолжительность госпитализации и уровень смертности пациентов [20–22]. По данным системы ЕМИАС (Единая медицинская информационно-аналитическая система) Московской области, за 2020–2021 гг. в регионе переболело COVID-19 более 330 тысяч человек, при этом 19% пациентов поставлен диагноз острое почечное повреждение. В соответствии с данными 2022 года конгресса Европейской ассоциации нефрологов, у 15–20% таких пациентов со временем разовьется хроническая болезнь почек [5]. Однако, несмотря на всю актуальность грядущей проблемы, долгосрочные прогнозы развития ХБП после COVID-19 как с явными признаками ОПП, так и без таковых, до сих пор не изучены.

COVID-19 и пациенты с ХБП

Еще в самом начале пандемии одним из лидирующих факторов риска тяжелого течения и

неблагоприятного исхода COVID-19 признана патология почек. К примеру, в китайском исследовании 2020 года под руководством Z. Li проанализирована функция почек у 193 пациентов с лабораторно-подтвержденным COVID-19 из четырех госпиталей, признаки протеинурии отмечены у 59% больных, гематурии – у 44%, повышения уровня мочевины крови – у 10% и креатинина крови – у 10% больных. Причем, данные изменения авторы связали со смертностью пациентов с помощью одномерного регрессионного анализа Кокса [23].

Результаты еще одного китайского исследования, проведенного Y. Cheng в 2020 году и включившего 701 пациента с лабораторно-подтвержденным COVID-19, показали протеинурию у 43,9% больных, гематурию – у 26,7%, повышение креатинина и мочевины крови – у 14,4% и 13,1% пациентов соответственно, а также снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) менее 60 мл/мин/1,73 м² – у 13,1% пациентов. Опираясь на анализ по Каплану–Мейеру, авторы утверждают, что пациенты с заболеваниями почек имеют значительно более высокий риск госпитальной смерти [24].

Итальянские ученые В.М. Henry и G. Lippi в своем мета-анализе 2020 года, изучив данные по 1389 больным, показали явную зависимость между предшествующей ХБП и тяжелым течением COVID-19 с показателем отношения шансов 3,03 (95% ДИ 1,09–8,47) [14].

Крупный мета-анализ китайских ученых Q. Yang и X. Yang объединил данные 24 исследований с участием 10180 пациентов и выявил повышение креатинина и мочевины крови, появление протеинурии и гематурии у 8,3, 6,2, 50,1 и 30,3% пациентов с COVID-19 соответственно. Причем, средние значения креатинина и мочевины крови оказались в 6,4 и 1,8 раза соответственно выше в отделениях интенсивной терапии, чем у пациентов с более легким течением коронавируса [25].

В исследовании G. Pei и соавт. подтвердили нарушение функции почек у 75,4% пациентов из группы 333 больных коронавирусной инфекцией, выявив протеинурию у 65,8% пациентов и гематурию – у 41,7%. Авторы отметили, что, несмотря на разрешение протеинурии и гематурии в течение 3 нед после появления первых симптомов заболевания, почечные осложнения при COVID-19 были связаны с более высокой смертностью [26].

В очень показательном исследовании Е.С. Столяревич и соавт., проанализировавшем клинические и морфологические признаки почечной па-

тологии у 220 пациентов, умерших от COVID-19, выявлено повышение креатинина крови у 55 пациентов (15%), причем лишь 33 из них имели морфологические признаки хронической почечной патологии. Как отмечают авторы, в остальных случаях азотемия, возможно, была связана с ОПП, дебютировавшим на догоспитальном этапе. И наоборот, у большинства пациентов, имевших морфологические признаки предсуществующей почечной патологии, на момент госпитализации функция почек была нормальной [27].

Острое повреждение почек при COVID-19

Ранние отчеты из Китая и Италии показали, что частота ОПП при COVID-19 достаточно разнится, составляя от 0,5 до 29% [10, 24, 28–34]. Ранние данные из США были ограничены пациентами в отделении интенсивной терапии в больнице Ситла, у которых частота ОПП составила 19% [35].

На сегодняшний день опубликовано уже достаточное количество работ, затрагивающих ОПП при COVID-19, факторов риска и исходов после ОПП. Исследователи начинают называть ОПП отличительной чертой COVID-19 и основным фактором риска, связанным с неблагоприятными исходами у госпитализированных пациентов [24, 36–38].

Например, вышеупомянутые Z. Li и соавт. с помощью регрессионного анализа Кокса показали, что у пациентов с COVID-19, у которых развилось ОПП, риск смертности в 5,3 раза выше, чем у пациентов без ОПП, что намного выше, чем у пациентов с сопутствующими хроническими заболеваниями (риск смертности в ~1,5 раза выше у пациентов без сопутствующих хронических заболеваний) [23].

В исследовании J.S. Hirsch и соавт. из клиники Northwell Health в Нью-Йорке показано, что ОПП возникло у 36,6% пациентов с COVID-19, из которых 14,3% понадобилась заместительная почечная терапия. Авторы утверждают, что развитие ОПП происходит стремительно, во временной связи с дыхательной недостаточностью и связано с плохим прогнозом [37].

Другие данные свидетельствуют о том, что ОПП, даже при восстановлении функции почек, связана с увеличением долгосрочной смертности [26, 39–41]. Например, I. Chaudhri и соавт. отметили, что внутрибольничное ОПП повышало риск смерти (OR 27,14, 95% CI 4,44–270,17), в то время как восстановление после ОПП снижало его (OR 0,01, 95% CI 0,001–0,06). Однако это исследование было ограничено небольшим размером выборки, отсутствием COVID-отрицательной группы и коротким периодом наблюдения [42].

Становится очевидно, что ОПП при COVID-19 является фактором риска развития ХБП, в том числе, у лиц с полным выздоровлением, однако, в основном уделяется внимание прогрессированию уже имевшейся до пандемии ХБП [43, 44], при этом до сих пор нет масштабных исследований, определяющих частоту развития ХБП именно в долгосрочной перспективе после перенесенного COVID-19, в том числе, в зависимости от стадии ОПП, а также клинических рекомендаций по выявлению пациентов повышенного риска и назначению такой группе больных нефропротективной терапии [45].

Отдаленное влияние COVID-19 на экскреторную функцию почек

Принимая во внимание, что ОПП при COVID-19 является признанным независимым фактором риска развития ХБП, в исследованиях в основном сообщают о сохранении почечной дисфункции при выписке [46, 47].

Имеются лишь единичные исследования с описанием клинических случаев развития ХБП, как следствия COVID-19, либо описывающих статистику развития и исходов острого повреждения почек при коронавирусной инфекции или смертности от нее больных с уже имеющейся ХБП и на диализе [13, 48–53].

По данным международного регистра по анализу динамики коморбидных заболеваний у пациентов, перенесших инфицирование SARS-CoV-2 («АКТИВ»), среди пациентов, наблюдавшихся в течение 6 мес постгоспитального периода ($n=2256$), 6 % составляли пациенты с ХБП, однако, в отчете не указывается, имели ли эти пациенты диагноз ХБП до перенесенного COVID-19 либо ХБП явилось следствием перенесенной инфекции. Далее в отчете регистра говорится, что впервые диагностированная ХБП после перенесенного COVID-19 составила 0,8 % к 3 мес наблюдения и 0 % к 6 мес постковидного периода. Также у пациентов, умерших от COVID-19, в начале болезни был ниже уровень СКФ ($53,59 \pm 21,2$ у умерших и $77,02 \pm 20,83$ у выживших) и уровень калия ($3,88 \pm 0,51$ против $4,27 \pm 0,59$). Авторы относят к самым сильным факторам летальности первого трехмесячного периода возраст >80 лет, индекс массы тела $<18,5$ кг/м², ОПП и тромбоз глубоких вен нижних конечностей, инсульт в анамнезе, СКФ $44,9–30$ мл/мин/1,73 м², ХБП и сочетание артериальной гипертензии с хронической сердечной недостаточностью [54].

Сопоставимые данные приводятся в исследовании D. Ayoubkhani и соавт. У пациентов, выписанных из стационара после перенесенной новой

коронавирусной инфекции, был впоследствии поставлен диагноз ХБП чаще, чем в группе контроля в 1,9 раза, наряду с сердечно-сосудистыми заболеваниями и сахарным диабетом [55].

В двух похожих исследованиях шведских и американских ученых сообщается о наблюдении в течение 3–6 мес пациентов после ОПП, связанного с COVID-19. M. Hultstrom и соавт. обнаружили, что тяжесть ОПП в стационаре была связана с развитием более высоких стадий ХБП в дальнейшем, тогда как J. Nugent и соавт. сообщили, что пациенты с ОПП, связанным с COVID-19, имели более быстрое снижение СКФ по сравнению с пациентами с ОПП без COVID-19 [43, 44].

Противоположные данные опубликованы китайскими учеными H. Chaolin и соавт., которые обнаружили снижение СКФ менее 90 мл/мин на 1,73 м² при долгосрочном наблюдении (спустя 6 мес после выписки из стационара) у 107 из 822 пациентов без острого повреждения почек и с нормальной СКФ в острой фазе COVID-19 [56].

В противоречивом исследовании S. Sun и соавт. были ретроспективно проанализированы данные 3299 госпитализированных пациентов (1338 – с COVID-19 и 1961 – с острым респираторным заболеванием, но с отрицательным тестом на COVID-19). У 255 пациентов с положительным результатом теста на COVID-19 с ОПП 2-3 стадии были отмечены более низкие показатели выздоровления и более высокая смертность, чем в группе COVID-19-негативных пациентов (51 % – частичное восстановление функции почек, 25 % – полное восстановление функции почек, 24 % – умерли). Однако через 12 мес наблюдения среди 52 выживших после ОПП 2-3 стадии у 26 % COVID-19-положительных и у 24 % COVID-19-отрицательных пациентов наблюдались случаи возникновения или прогрессирования ХБП. Однофакторный анализ пациентов с ОПП 2-3 стадии и без него при наличии ($n=51961$) и отсутствии COVID-19 ($n=51338$) показал, что ХБП развилось у 256 (14,31 %) пациентов после перенесенного коронавируса и у 38 (22,09 %) пациентов без такового ($p=0,0068$). При этом у выживших после ОПП с подтвержденным тестом на COVID-19 не было различий в частоте возникновения или прогрессирования ХБП по сравнению с пациентами с отрицательным результатом на COVID-19 (16 % против 18 % соответственно, $p=0,99$). Поэтому в заключение авторы предполагают, что риск ХБП может быть одинаковым у COVID-19-положительных и -отрицательных пациентов [57].

Российские исследования, касающиеся развития ХБП после коронавирусной инфекции, не

являются исключением и до сих пор остаются немногочисленными. К примеру, целью исследования авторов из г. Новосибирска было изучить ассоциации тяжести перенесенной коронавирусной инфекции, почечной дисфункции и гиперурикемии. В исследование включены 234 человека, разделенных на 3 группы в соответствии с тяжестью перенесенного COVID-19 и наблюдаемых по истечению двух месяцев после реконвалесценции. Результаты исследования показали, что спустя 2 мес средний уровень СКФ составил $80,34 \pm 16,66$ мл/мин/1,73 м², при этом у пациентов с легким течением коронавирусной инфекции – $82,52 \pm 15,78$ мл/мин/1,73 м², со среднетяжелым течением – $78,33 \pm 17,69$ мл/мин/1,73 м², с тяжелым течением – $79,71 \pm 13,38$ мл/мин/1,73 м². В целом, среди наблюдаемых пациентов снижение СКФ ниже 90 мл/мин/1,73 м² встречалось в 69,3% случаев, причем более значимые различия были получены между 1-й и 2-й группами ($p=0,046$) [58].

К сожалению, при подготовке данного обзора не найдено исследований, захватывающих всю популяцию переболевших COVID-19 с отдаленным поражением почек хотя бы по данным одного центра или региона и рассматривающих развитие ХБП как следствие перенесенной коронавирусной инфекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что хроническая болезнь почек до 3 стадии зачастую имеет бессимптомное течение, в результате чего в нефрологических кругах названа «тихим убийцей». Поэтому пациенты, перенесшие COVID-19, особенно с признаками ОПП, должны являться группой риска развития ХБП и наблюдаться у нефролога в постковидном периоде, а для нефрологов, в свою очередь, необходимы соответствующие клинические рекомендации для предупреждения развития или прогрессирования ХБП у данной группы больных [45, 50].

Немаловажно отметить, что до сих пор не обозначен какой-либо маркер почечного повреждения, позволяющий быстро и точно подтвердить наличие ХБП у пациентов, в том числе, не имеющих явных клинических признаков заболевания. Ученые обращают внимание на необходимость раннего мониторинга функции почек и на необходимость осторожно относиться к пациентам с COVID-19 и ОПП, считая, что изучение динамики и механизмов повреждения почек способствует открытию новых маркеров, необходимых для ранней диагностики, прогнозирования течения болезни и дальнейшего выбора оптимальной персонифицированной терапии [59, 60].

В литературе стали появляться публикации, посвященные анализу потенциальных ранних биомаркёров повреждения почек при COVID-19 и сравнению их с клиническими биомаркёрами ОПП. Биомаркеры повреждения почек, такие как функциональные биомаркеры (CysC), биомаркеры повреждения (KIM-1, L-FABP, IL-18, suPAR и NGAL) и биомаркеры стресса (TIMP-2 и IGFBP7), согласно исследованиям, могут быть эффективны для выявления ОПП, а также имеют прямое отношение к прогрессированию заболевания у пациентов с COVID-19 [61].

Возможно, применение технологии определения человеческого липокалина-2 (NGAL) в образцах плазмы методом иммуноферментного анализа, позволяющей провести раннюю диагностику процессов почечного повреждения даже при минимальных изменениях уровней креатинина и мочевины в сыворотке крови, позволит выявить пациентов с развивающейся ХБП после перенесенной коронавирусной инфекции, своевременно назначить нефропротективную терапию и затормозить прогрессирование хронической почечной недостаточности. Данный маркер активно используется в России и за рубежом, в основном в кардиологии [62–65]. До сих пор никем не применено определение NGAL для ранней диагностики почечного повреждения у пациентов, перенесших COVID-19.

До конца не ясно, приведет ли COVID-19 к увеличению распространенности ХБП в долгосрочной перспективе, но стратегия, направленная на снижение неблагоприятных последствий вируса, имеет важное значение [66].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ REFERENCES

1. Degenaar A, Jacobs A, Kruger R et al. Cardiovascular risk and kidney function profiling using conventional and novel biomarkers in young adults: the African-PREDICT study. *BMC Nephrol* 2023;24(1):96. doi: 10.1186/s12882-023-03100-w
2. Major RW, Cheng MRI, Grant RA et al. Cardiovascular disease risk factors in chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2018;13(3):e0192895. doi: 10.1371/journal.pone.0192895
3. Tangri N, Moriyama T, Schneider MP et al. Prevalence of undiagnosed stage 3 chronic kidney disease in France, Germany, Italy, Japan and the USA: results from the multinational observational REVEAL-CKD study. *BMJ Open* 2023;13(5):e067386. doi: 10.1136/bmjopen-2022-067386
4. Jager KJ, Kovesdy C, Langham R et al. A single number for advocacy and communication-worldwide more than 850 million individuals have kidney diseases. *Kidney Int* 2019;96(5):1048–1050. doi: 10.1016/j.kint.2019.07.012
5. Power A, Sultan AA, Arnlov J. Inside CKD: projecting the future burden of chronic kidney disease in Europe using micro-simulation modelling [poster]. Presented at: International Society of Nephrology World Congress of Nephrology (ISN-WCN) (Virtual Meeting); April 15–19, 2021
6. Kushner P, Peach E, Wittbrodt E et al. Investigating the

global prevalence and consequences of undiagnosed stage 3 chronic kidney disease: methods and rationale for the REVEAL-CKD study. *Clin Kidney J* 2021;15(4):738–746. doi: 10.1093/ckj/sfab235

7. World Health Organization (WHO). Statistics on COVID-19 in Russian Federation. 15.08.2023 [Internet]. Available from: <https://covid19.who.int/region/euro/country/ru>

8. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72314 Cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* 2020;323(13):1239–1242. doi: 10.1001/jama.2020.2648

9. CDC COVID-19 Response Team. Preliminary Estimates of the Prevalence of Selected Underlying Health Conditions Among Patients with Coronavirus Disease 2019 – United States. February 12 – March 28. *Weekly* 2020;69(13):382–386. doi:10.15585/mmwr.mm6913e2

10. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y et al. China Medical Treatment Expert Group for Covid-19. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med* 2020;382(18):1708–1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032

11. COVID-19 Surveillance Group. Characteristics of COVID-19 patients dying in Italy: report based on available data on March 20th, 2020. Rome, Italy: Istituto Superiore Di Sanita; 2020 [Internet]. Available from: https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/bollettino/Report-COVID-2019_20_marzo_eng.pdf

12. Томилина НА, Фролова НФ, Артюхина ЛЮ и др. COVID-19: связь с патологией почек. Обзор литературы. *Нефрология и диализ* 2021;23(2):147–159. doi: 10.28996/2618-9801-2021-2-147-159

Tomilina NA, Frolova NF, Artyuhina LYU et al. COVID-19: relationship with kidney diseases. Literature review. *Nephrology and dialysis* 2021; 23(2): 147–159 (In Russ.) doi: 10.28996/2618-9801-2021-2-147-159

13. Кравченко АЯ, Концевая АВ, Будневский АВ, Черник ТА. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) и патология почек. *Профилактическая медицина* 2022;25(3):92–97

Kravchenko AY, Kontsevaya AV, Budnevsky AV, Chernik TA. Novel coronavirus infection (COVID-19) and kidney disease. *Profilakticheskaya Meditsina* 2022;25(3):92–97 (In Russ.) doi: 10.17116/profmed2022503192

14. Henry BM, Lippi G. Chronic kidney disease is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *International Urology and Nephrology* 2020;52(6):1193–1194. doi: 10.1007/s11255-020-02451-9/

15. Suleyman G, Fadel RA, Malette KM et al. Clinical Characteristics and Morbidity Associated with Coronavirus Disease 2019 in a Series of Patients in Metropolitan Detroit. *JAMA Network Open* 2020;3(6):e2012270. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.12270

16. Duarsa GWK, Sugianto R, Yusari IGAAA et al. Method for determining predictor factor for worse outcomes in kidney transplant recipients infected with coronavirus disease 2019 in a systematic review and meta-analysis research. *MethodsX* 2023;11:102250. doi: 10.1016/j.mex.2023.102250

17. Ghaffari Rahbar M, Nafar M, Khoshdel A et al. Low rate of COVID-19 pneumonia in kidney transplant recipients-A battle between infection and immune response? *Transpl Infect Dis* 2020;22(5):e13406. doi: 10.1111/tid.13406

18. Caillard S, Anglicheau D, Matignon M et al. French SOT COVID Registry. An initial report from the French SOT COVID Registry suggests high mortality due to COVID-19 in recipients of kidney transplants. *Kidney Int* 2020;98(6):1549–1558. doi: 10.1016/j.kint.2020.08.005

19. Santeusano AD, Menon MC, Liu C et al. Influence of patient characteristics and immunosuppressant management on mortality in kidney transplant recipients hospitalized with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin Transplant* 2021;35(4):e14221. doi: 10.1111/ctr.14221

20. Zhang J, Pang Q, Zhou T et al. Risk factors for acute kidney injury in COVID-19 patients: an updated systematic review and meta-analysis. *Ren Fail* 2023;45(1):2170809. doi: 10.1080/0886022X.2023.2170809

21. Chen YT, Shao SC, Hsu CK et al. Incidence of acute kidney

injury in COVID-19 infection: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2020;24(1):346. doi: 10.1186/s13054-020-03009-y

22. Sabaghian T, Kharazmi AB, Ansari A et al. COVID-19 and Acute Kidney Injury: A Systematic Review. *Front Med (Lausanne)* 2022;9:705908. doi: 10.3389/fmed.2022.705908

23. Zhen Li, Ming Wu, Jiwei Yao et al. Caution on Kidney Dysfunctions of COVID-19 Patients. *MedRxiv preprint* 2020;02.08.20021212; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.02.08.20021212>

24. Cheng Y, Luo R, Wang K et al. Kidney disease is associated with in-hospital death of patients with COVID-19. *Kidney Int* 2020;97(5):829–838. doi: 10.1016/j.kint.2020.03.005

25. Yang Q, Yang X. Incidence and risk factors of kidney impairment on patients with COVID-19: A meta-analysis of 10180 patients. *PLOS One* 2020;15(11):e0241953. doi: 10.1371/journal.pone.0241953

26. Pei G, Zhang Z, Peng J et al. Renal Involvement and Early Prognosis in Patients with COVID-19 Pneumonia. *J Am Soc Nephrol* 2020;31(6):1157–1165. doi: 10.1681/ASN.2020030276

27. Столяревич ЕС, Фролова НФ, Артюхина ЛЮ, Варясин ВВ. Поражение почек при Covid-19: клинические и морфологические проявления почечной патологии у 220 пациентов, умерших от Covid-19. *Нефрология и Диализ* 2020;22 (Спецвыпуск):46–55. doi: 10.28996/2618-9801

Stolyarevich ES, Frolova NF, Artyuhina LYU, Varyasin VV. Kidney damage in COVID-19: clinical and morphological manifestations of renal pathology in 220 patients died from COVID-19. *Nephrology and Dialysis* 2020;22 (Special Issue):46–55. doi: 10.28996/2618-9801

28. Wang D, Hu B, Hu C et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020;323(11):1061–1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585

29. Huang C, Wang Y, Li X et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020;395(10223):497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5

30. Chen N, Zhou M, Dong X et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* 2020;395(10223):507–513. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7

31. Diao B, Wang C, Wang R et al. Human kidney is a target for novel severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. *Nat Commun* 2021;12(1):2506. doi: 10.1038/s41467-021-22781-1

32. Zhou F, Yu T, Du R et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet* 2020;395(10229):1054–1062. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30566-3

33. Chen T, Wu D, Chen H et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ* 2020;368:m1091. doi: 10.1136/bmj.m1091

34. Yang X, Yu Y, Xu J et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med* 2020;8(5):475–481. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30079-5

35. Arentz M, Yim E, Klaff L et al. Characteristics and Outcomes of 21 Critically Ill Patients With COVID-19 in Washington State. *JAMA* 2020;323(16):1612–1614. doi: 10.1001/jama.2020.4326

36. Sun S, Annadi RR, Chaudhri I et al. Short- and Long-Term Recovery after Moderate/Severe AKI in Patients with and without COVID-19. *Kidney* 2021;3(2):242–257. doi: 10.34067/KID.0005342021

37. Hirsch JS, Ng JH, Ross DW et al. Northwell COVID-19 Research Consortium; Northwell Nephrology COVID-19 Research Consortium. Acute kidney injury in patients hospitalized with COVID-19. *Kidney Int* 2020;98(1):209–218. doi: 10.1016/j.kint.2020.05.006

38. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M et al. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area. *JAMA* 2020;323(20):2052–2059. doi: 10.1001/jama.2020.6775

39. Hobson CE, Yavas S, Segal MS et al. Acute kidney injury

is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery. *Circulation* 2009;119(18):2444–2453. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.800011

40. Ng JH, Hirsch JS, Hazzan A et al. Northwell Nephrology COVID-19 Research Consortium. Outcomes Among Patients Hospitalized With COVID-19 and Acute Kidney Injury. *Am J Kidney Dis* 2021;77(2):204–215.e1. doi: 10.1053/j.ajkd.2020.09.002

41. Sang L, Chen S, Zheng X et al. 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(1):290. doi: 10.1186/s12890-020-01305-5

42. Chaudhri I, Moffitt R, Taub E et al. Association of Proteinuria and Hematuria with Acute Kidney Injury and Mortality in Hospitalized Patients with COVID-19. *Kidney Blood Press Res* 2020;45(6):1018–1032. doi: 10.1159/000511946

43. Hultström M, Lipcsey M, Wallin E et al. Severe acute kidney injury associated with progression of chronic kidney disease after critical COVID-19. *Crit Care* 2021;25(1):37. doi: 10.1186/s13054-021-03461-4

44. Nugent J, Akilil A, Yamamoto Y et al. Assessment of Acute Kidney Injury and Longitudinal Kidney Function After Hospital Discharge Among Patients With and Without COVID-19. *JAMA Netw Open* 2021;4(3):e211095. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.1095

45. Legrand M, Bell S, Forni L et al. Pathophysiology of COVID-19-associated acute kidney injury. *Nat Rev Nephrol* 2021;17(11):751–764. doi: 10.1038/s41581-021-00452-0

46. Cheng Y, Luo R, Wang K et al. Kidney disease is associated with in-hospital death of patients with COVID-19. *Kidney Int* 2020;97(5):829–838. doi: 10.1016/j.kint.2020.03.005

47. Chan L, Chaudhary K, Saha A et al. On behalf of the Mount Sinai COVID Informatics Center (MSCIC). AKI in Hospitalized Patients with COVID-19. *J Am Soc Nephrol* 2021;32(1):151–160. doi: 10.1681/ASN.2020050615

48. Temiz MZ, Hacibey I, Yazar RO et al. Altered kidney function induced by SARS-CoV-2 infection and acute kidney damage markers predict survival outcomes of COVID-19 patients: a prospective pilot study. *Ren Fail* 2022;44(1):233–240. doi: 10.1080/0886022X.2022.2032743

49. Filev R, Rostaing L, Lyubomirova M et al. COVID-19 Infection in Chronic Kidney Disease Patients in Bulgaria: Risk Factors for Death and Acute Kidney Injury. *J Pers Med* 2022;12(10):1676. doi: 10.3390/jpm12101676

50. Ойноткинова ОШ, Мацкеплишвили СТ, Ларина ВН и др. Влияние SARS-CoV-2 на мультиорганное поражение и реабилитационная тактика в постковидном периоде. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия* 2022;15(2):202–214. doi: 10.17116/kardio202215021202

Oynotkinova OSh, Matskeplishvili ST, Larina VN et al. The effect of SARS-CoV-2 on multi-organ damage and rehabilitation tactics in the post-COVID period. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya* 2022;15(2):202–214 (In Russ.) doi: 10.17116/kardio202215021202

51. Борисова ОВ, Маковецкая ГА, Мазур ЛИ и др. Пандемия COVID-19 и поражение почек у детей: обзор литературы и собственные региональные наблюдения. *Медицинский Совет* 2022;(1):134–141. doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-1-134-141

Borisova OV, Makovetskaya GA, Mazur LI et al. COVID-19 pandemic and kidney disease in children: literature review and own regional observations. *Meditsinskiy sovet* 2022;(1):134–141 (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-1-134-141

52. Нуруллина ГИ, Халфина ТН, Исламова ГМ и др. Клинический случай острого повреждения почек у пациента с COVID-19. *Практическая медицина* 2022;20(1):129–132. doi: 10.32000/2072-1757-2022-1-129-132

Nurullina GI, Khalфина TN, Islamova et al. Clinical case of acute kidney injury in a patient with COVID-19. *Practical medicine* 2022;20(1):129–132 (In Russ.) doi: 10.32000/2072-1757-2022-1-129-132

53. Иванов ДД, Гоженко АИ, Иванова МД, Завальная ИН.

Влияние COVID-19 на функцию почек у пациентов с артериальной гипертензией 1–2 степени и хронической болезнью почек. *Нефрология* 2022;26(1):34–43. doi: 10.36485/1561-6274-2022-26-1-34-43

Ivanov DD, Gozhenko AI, Ivanova MD, Zavalnaya IN. Effect of COVID-19 on kidney function in patients with arterial hypertension grade 1–2 and CKD. *Nephrology* (Saint-Petersburg) 2022;26(1):34–43. (In Russ.) doi: 10.36485/1561-6274-2022-26-1-34-43

54. Арутюнов ГП, Тарловская ЕИ, Арутюнов АГ и др. Клинические особенности постковидного периода. Результаты международного регистра «Анализ динамики коморбидных заболеваний у пациентов, перенесших инфицирование SARS-CoV-2 (АКТИВ SARS-CoV-2)». (12 месяцев наблюдения). *Российский кардиологический журнал* 2023;28(1):5270. doi: 10.15829/1560-4071-2023-5270

Arutyunov GP, Tarlovskaya EI, Arutyunov AG et al. Clinical features of post-COVID period. Results of an International Register "Dynamics Analysis of Comorbidities in SARS-CoV-2 Survivors (ACTIV SARS-CoV-2)" (12-month follow-up). *Russian Journal of Cardiology* 2023;28(1):5270. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2023-5270

55. Ayoubkhani D, Khunti K, Nafilyan V et al. Post-covid syndrome in individuals admitted to hospital with covid-19: retrospective cohort study. *BMJ* 2021;372:n693. doi: 10.1136/bmj.n693

56. Chaolin H, Huang C, Huang L et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet* 2021;397(10270):220–232. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32656-8

57. Sun S, Annadi RR, Chaudhri I et al. Short- and Long-Term Recovery after Moderate/Severe AKI in Patients with and without COVID-19. *Kidney* 2021;3(2):242–257. doi: 10.34067/KID.0005342021

58. Худякова АД, Каширина АП, Карасева АА и др. Почечная дисфункция и гиперурикемия у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию. *Нефрология и диализ* 2022;24(3):486–493. doi: 10.28996/2618-9801-2022-3-486-493

Hudyakova AD, Kashirina AP, Karaseva AA et al. Associations of renal dysfunction and hyperuricemia in patients with a new coronavirus infection. *Nephrology and dialysis* 2022;24(3):486–493. (In Russ.) doi: 10.28996/2618-9801-2022-3-486-493

59. Chávez-Valencia V, Orizaga-de-la-Cruz C, Lagunas-Rangel FA. Acute Kidney Injury in COVID-19 Patients: Pathogenesis, Clinical Characteristics, Therapy, and Mortality. *Diseases* 2022;10(3):53. doi: 10.3390/diseases10030053

60. Pan XW, Xu D, Zhang H et al. Identification of a potential mechanism of acute kidney injury during the COVID-19 outbreak: a study based on single-cell transcriptome analysis. *Intensive Care Med* 2020;46(6):1114–1116. doi: 10.1007/s00134-020-06026-1

61. Su L, Zhang J, Peng Z. The role of kidney injury biomarkers in COVID-19. *Ren Fail* 2022;44(1):1280–1288. doi: 10.1080/0886022X.2022.2107544

62. Алиева АМ, Теплова НВ, Резник ЕВ и др. Биомаркеры в кардиологии: липокалин, связанный с желатиной нейтрофилов (NGAL), и сердечно-сосудистые заболевания. *Терапия* 2022;8(1):50–59. doi: 10.18565/therapy.2022.1.50-59

Alieva AM, Teplova NV, Reznik EV et al. Biomarkers in cardiology: lipocalin associated with neutrophil gelatinase (NGAL) and cardiovascular diseases. *Therapy* 2022;8(1):50–59. (In Russ.) doi: 10.18565/therapy.2022.1.50-59

63. Garganeeva AA, Kuzheleva EA, Fediunina VA et al. Low level of neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) in patients with chronic heart failure and multivessel coronary atherosclerosis. *Russian Open Medical Journal* 2022;11:e0102. doi: 10.15275/rusomj.2022.0102

64. Малярчиков АВ, Шаповалов КГ, Лукьянов СА и др. Острое почечное повреждение у больных пневмониями на фоне гриппа А/Н1N1. *Acta Biomedica Scientifica* 2021;6(3):53–59. doi: 10.29413/ABS.2021-6.3.5

Malyarchikov AV, Shapovalov KG, Lukyanov SA et al. Acute kid-

ney injury in patients with pneumonia with A/H1N1 influenza. *Acta Biomedica Scientifica* 2021;6(3):53–59. (In Russ.) doi: 10.29413/ABS.2021-6.3.5

65. Stopic B, Medic-Brkic B, Savic-Vujovic K et al. Biomarkers and Predictors of Adverse Cardiovascular Events in Different Stages of Chronic Kidney Disease. *Dose Response* 2022;20(3):15593258221127568. doi: 10.1177/15593258221127568

66. Bruchfeld A. The COVID-19 pandemic: consequences for nephrology. *Nat Rev Nephrol* 2021;17(2):81–82. doi: 10.1038/s41581-020-00381-4

Сведения об авторах:

Старший научный сотрудник Федулкина Вероника Андреевна, канд. мед. наук

129110, Россия, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2. Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, хирургическое отделение трансплантации почки. Тел.: 8(495)684-57-91; E-mail: v.fedulkina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1773-9971

Старший научный сотрудник Артамонова Александра Анатольевна, канд. мед. наук

129110, Россия, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2. Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, хирургическое отделение трансплантации почки. Тел.: 8(495)684-57-91; E-mail: aartamonova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6010-8975

About the authors:

Senior researcher Fedulkina Veronika Andreevna, MD, PhD 129110, Russia, Moscow, st. Shchepkina, 61/2. Moscow Regional Research Clinical Institute named after. M.F. Vladimirovsky, surgical department of kidney transplantation, Phone.: 8(495)684-57-91; E-mail: v.fedulkina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1773-9971

Senior researcher Artamonova Alexandra Anatolyevna, Ph.D. n. 129110, Russia, Moscow, st. Shchepkina, 61/2. Moscow Regional Research Clinical Institute named after. M.F. Vladimirovsky, surgical department of kidney transplantation, Phone: 8(495)684-57-91; E-mail: aartamonova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6010-8975

Вклад авторов: авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024;
одобрена после рецензирования 01.04.2024;
принята к публикации 27.05.2024
The article was submitted 12.01.2024;
approved after reviewing 01.04.2024;
accepted for publication 27.05.2024