

УДК 616.61-001:578.834.1

# Повреждение почек при новой коронавирусной инфекции. Обзор литературы

**А.Д. Каприн**, д.м.н., профессор, академик РАН,  
**О.И. Аполихин**, д.м.н., профессор, чл.-корр. РАН, **М.Ю. Просьянников**, к.м.н.,  
**В.И. Потиевская**, д.м.н., г.н.с., **Н.В. Анохин**, к.м.н.,  
**П.Л. Хазан**, к.м.н., с.н.с., **В.Е. Антонова**, к.м.н., **Т.А. Коробова**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

UDC 616.61-001:578.834.1

**РЕЗЮМЕ.** Новая коронавирусная инфекция стала вызовом для современного мира. Проведенные исследования показали, что у пациентов с COVID-19 вовлекаются не только дыхательные пути, но и другие органы и системы. Доказано, что почки являются вторым наиболее поражаемым вирусом органом после легких. Острая почечная недостаточность (ОПН) развивается у большого процента пациентов с тяжелой формой течения заболевания. В настоящем обзоре мы изучили данные мировой литературы о вероятности возникновения ОПН у этой группы больных, привели статьи, в которых описывается патогистологическая картина паренхимы почки на фоне поражения вирусом SARS-CoV-2, процитированы исследования, характеризующие чувствительность и специфичность маркеров раннего почечного повреждения при COVID-19. Опираясь на мировой опыт, в работе даны рекомендации по усовершенствованию диагностики и лечения новой коронавирусной инфекции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** НОВАЯ КОРОНАВИРУСНАЯ ИНФЕКЦИЯ, COVID-19, ОСТРАЯ ПЕЧЕНОЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ, ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Каприн А.Д., Аполихин О.И., Просьянников М.Ю. и соавторы. Повреждение почек при новой коронавирусной инфекции. Обзор литературы. *Медицинский оппонент* 2021; 2 (14): 34–40.

**SUMMARY.** The new coronavirus infection has become a challenge for the modern world. Studies have shown that in patients with COVID-19, not only the respiratory tract, but also other organs and systems are damaged. It has been proven that the kidneys are the second most affected organ by the virus after the lungs. Acute renal failure (ARF) develops in a large percentage of patients with severe disease. In this review, we studied the world literature data on the likelihood of acute renal failure in this group of patients, cited articles describing the histopathological picture of the renal parenchyma with a background of damage by the SARS-CoV-2 virus, citing studies characterizing the sensitivity and specificity of markers of early renal damage in COVID-19. Based on world experience, the work provides recommendations for improving the diagnosis and treatment of the new coronavirus infection.

**KEYWORDS:** NEW CORONAVIRUS INFECTION, COVID-19, ACUTE LIVER INSUFFICIENCY, KIDNEY DAMAGE

**FOR CITATION:** Kaprin A.D., Apolikhin O.I., Prosyannikov M.Yu. et al. Kidney damage from new coronavirus infection. Literature review. *Meditsinskiy opponent = Medical opponent* 2021; 2 (14): 34–40.

## Kidney Damage From New Coronavirus Infection. Literature Review

**A.D. Kaprin, O.I. Apolikhin, M.Yu. Prosyannikov, V.I. Potievskaya, N.V. Anokhin, P.L. Khazan, V.E. Antonova, T.A. Korobova**

Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

## Введение

**Н**овая коронавирусная инфекция стала вызовом для современного мира. Вирус, обнаруженный в Китайской Народной Республике в 2019 году, стремительно распространился в разных странах мира [1]. По данным D. Wang и соавторов, коронавирусная инфекция в первую очередь поражает

верхние дыхательные пути, основными клиническими проявлениями болезни являются сухой кашель, утомляемость, потеря обоняния и вкуса и др. [1]. Первым изученным и описанным осложнением инфекции стали вирусная пневмония и связанная с ней дыхательная недостаточность [1, 2].

В то же время у пациентов с SARS-CoV-2 поражаются не только дыхательные пути, но и дру-

гие органы и системы. После попадания коронавируса в организм через верхние дыхательные пути при неэффективности иммунного ответа инфекционный агент проникает в кровь и разносится по организму, что провоцирует развитие вирусемии [3, 4].

Необходимо подчеркнуть, что геном коронавирусной инфекции, частью которого является гликопротеин, специфически тропен к эндотелиоцитам, содержащим рецептор ангиотензин-превращающего фермента II. Следствием этого становится способность SARS-CoV-2 поражать все паренхиматозные органы (легкие, печень, почки и т. д.), а также слизистые оболочки, в том числе дыхательных путей [5] (рис. 1).

Особое внимание необходимо уделить течению коронавирусной инфекции у пациентов с наличием ряда хронических болезней. К последним относятся бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания органов ЖКТ и др. Доказано, что пациенты с коронавирусной инфекцией и сопутствующим сахарным диабетом тяжелее переносят коронавирусную инфекцию, имеют двукратное увеличение риска смертности от COVID-19, а также тяжести течения болезни по сравнению со средними данными по популяции [6].

У людей с коронавирусом в 76% случаев были зафиксированы патологические результаты печеночных проб. У 21,5% больных обнаружили поврежденные гепатоциты. Известно, что пациенты с аномальными результатами печеночных тестов при поступлении имели более высокие шансы на прогрессирование заболевания до тяжелой стадии [7].

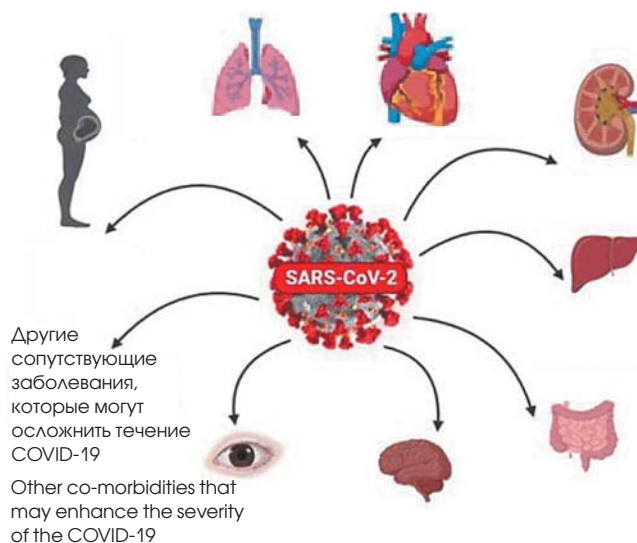
Вирус SARS-CoV-2 способен влиять на сперматогенез у мужчин репродуктивного возраста. Нарушение функции гематотестикулярного барьера может вызывать аутоиммунные поражения яичек даже без выраженной локальной симптоматики орхита. Это аутоиммунное поражение порой приводит к мужскому бесплодию в среднесрочной и отдаленной перспективе у мужчин, перенесших COVID-19 даже в легкой или бессимптомной форме. Об этом говорят данные исследования M. Yang и соавторов из Репродуктивного медицинского центра Университета Уханя [8].

В группу риска развития тяжелого течения новой коронавирусной инфекции также входят беременные женщины. В начале эпидемии предполагалось, что вирус способен проникать через гематоплацентарный барьер, поражать плод. В то же время ряд проведенных работ показал, что при заражении беременной женщины коронавирусной инфекцией не происходит вертикальной передачи инфекционного агента от матери к плоду [9–11]. Тем не менее риски для дальнейшего развития ребенка в утробе матери при этом крайне высоки. Доказано, что вирус SARS-CoV-2 может вызывать дистресс плода, выкидыш, респираторную недостаточность и преждевременные роды у беременных женщин [12–15].

Таким образом, в настоящий момент известно, что новая коронавирусная инфекция способна поражать не только дыхательные пути, но и другие органы и системы [16–19]. Наличие сопутствующих заболеваний в большинстве случаев ухудшает прогноз течения болезни. Доказано, что почки — второй по счету наиболее поражаемый вирусом орган после легких [20, 21].

## Рисунок 1. Органы-мишени при COVID-19 (5)

Figure 1. Target Organs in COVID-19 (5)



В связи с этим целью исследования является изучить особенности поражения почек у пациентов с новой коронавирусной инфекцией.

## Материалы и методы

В качестве источника информации использовали работы, опубликованные в научных базах e-Library, PubMed и на сайтах профессиональных медицинских ассоциаций. Поиск проведен по следующим ключевым словам: COVID-19, «коронавирус», «почечная недостаточность», renal failure, coronavirus, SARS-CoV-2, kidney injury и kidney disease. После чего было отобрано для анализа 50 публикаций.

## Результаты исследования

Первым о наличии острой почечной недостаточности у пациентов с новой коронавирусной инфекцией заявили L. Wang и соавторы. Исследователи представили свои данные, согласно которым из 116 пациентов с вирусом SARS-CoV-2 только у 12 (10,8%) наблюдали небольшое повышение сывороточного креатинина или азота мочевины в течение первых 48 часов пребывания в больнице [22]. Однако в последующем эта информация была оспорена. Дальнейшие исследования показали, что средняя частота встречаемости острой почечной недостаточности составляет 11% (8–17%) в целом. При этом с самым высоким уровнем среди тяжелобольных — 23% (14–35%) [22–29].

M. Gasparini и соавторы изучили возможность развития острой и хронической почечной недостаточности у 372 пациентов с коронавирусной инфекцией, находящихся на лечении в отделении реанимации. Исследователи пришли к выводу, что у 58% таких больных встречается ОПН. У пациентов с почечной недостаточностью (ПН) риск летального исхода увеличивается на 30% по сравнению с группой с нормальной функцией почек. Авторы утвержда-

ют, что риск летального исхода повышается прямо пропорционально стадии ПН. Исследователи заключили, что почечная недостаточность — обычное явление для пациентов с тяжелым течением новой коронавирусной инфекции [30].

J.S. Hirsch и соавторы изучили истории болезни 5 449 больных, проходивших лечение по поводу новой коронавирусной инфекции в клиниках Нью-Йорка. Исследователи пришли к выводу, что у 1 993 пациентов (36,6%) развивалась ОПН, при этом у 46,5% была обнаружена 1-я стадия ОПН, у 22,4% — 2-я, у 31,1% — 3-я. Заместительная почечная терапия потребовалась 14,3% больным. Среди пациентов с ОПН умерли 694 человека (35%), 519 (26%) были выписаны, 780 (39%) все еще оставались госпитализированными на момент написания статьи [31]. По данным Н. Вајава и соавторов, при развитии ОПН летальность достигает 94%. В их исследовании из 1 098 больных новой коронавирусной инфекцией ОПН развилась у 6% пациентов [32].

В работе R. Yang и соавторов показано, что у 50% пациентов с возникшей ОПН на момент госпитализации уже отмечался высокий уровень креатинина в сыворотке крови. В то же время у 50% больных увеличение уровня сывороточного креатинина было зафиксировано только во время повторного анализа. Исследователи подчеркнули, что частота повреждения почек (ПП) у пациентов с сопутствующими заболеваниями этого органа значительно выше, чем у людей без таких болезней (54,5% против 2,0%,  $p < 0,001$ ) [33].

Учитывая низкий уровень чувствительности и специфичности креатинина как маркера повреждения почки у больных на ранних этапах развития COVID-19, G.C. Meneses и соавторы предложили использовать новые биомаркеры ПП. Это липокалин,

связанный с желатиназой нейтрофилов (NGAL), хемотаксический белок моноцитов-1 (MCP-1) и интерлейкины [34].

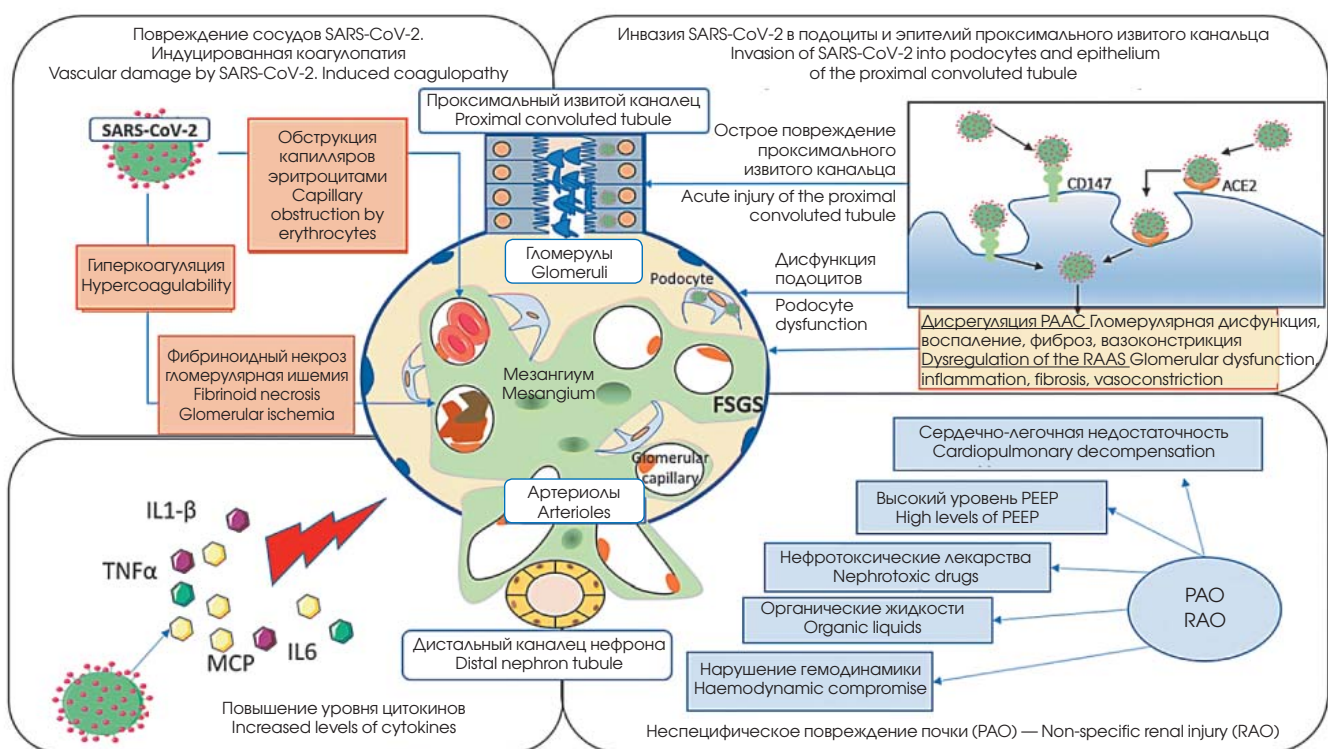
Представляется также перспективным использование в качестве биомаркера молекулы повреждения почек (КИМ-1). КИМ-1 — это трансмембранный гликопротеин, повышенная экспрессия которого клетками эпителия проксимальных канальцев является чувствительным и специфическим маркером острого ПП. Есть данные о том, что КИМ-1 принимает непосредственное участие в вирусной инвазии благодаря способности связываться с фосфолипидом клеточной мембраны (фосфатидилсерином) и окисленными липидами. Вирусные частицы, взаимодействуя с фосфатидилсерином, прикрепляются к поверхности клеток-мишеней [35, 36].

Таким образом, КИМ-1 является входными воротами для ряда вирусов, в том числе для возбудителей болезни Эбола, лихорадки денге, лихорадки Западного Нила, вируса Марбург и др. В настоящее время есть данные, что КИМ-1 — рецептор для SARS-CoV-2 как в почках, так и в легких [37]. Так, КИМ-1 связывается с липосомальными наночастицами эктодомена протеина S SARS-CoV-2 (виросомами) и способствует проникновению вируса в клетку. Опосредованно КИМ-1 индуцирует цитотоксический шторм за счет взаимодействия с фосфатидилсерином, связанным с вирусом, на поверхности мембран Т-лимфоцитов и в перспективе может быть использован для оценки динамики состояния больных.

Y. Cheng и соавторы обнаружили, что из всех пациентов с коронавирусной инфекцией и нарушением функции почек у 13% отмечались хронические заболевания почек в анамнезе, а у 2% — почечная недостаточность. При этом процент больных, у кото-

**Рисунок 2. Стадии повреждения паренхимы почек (40)**

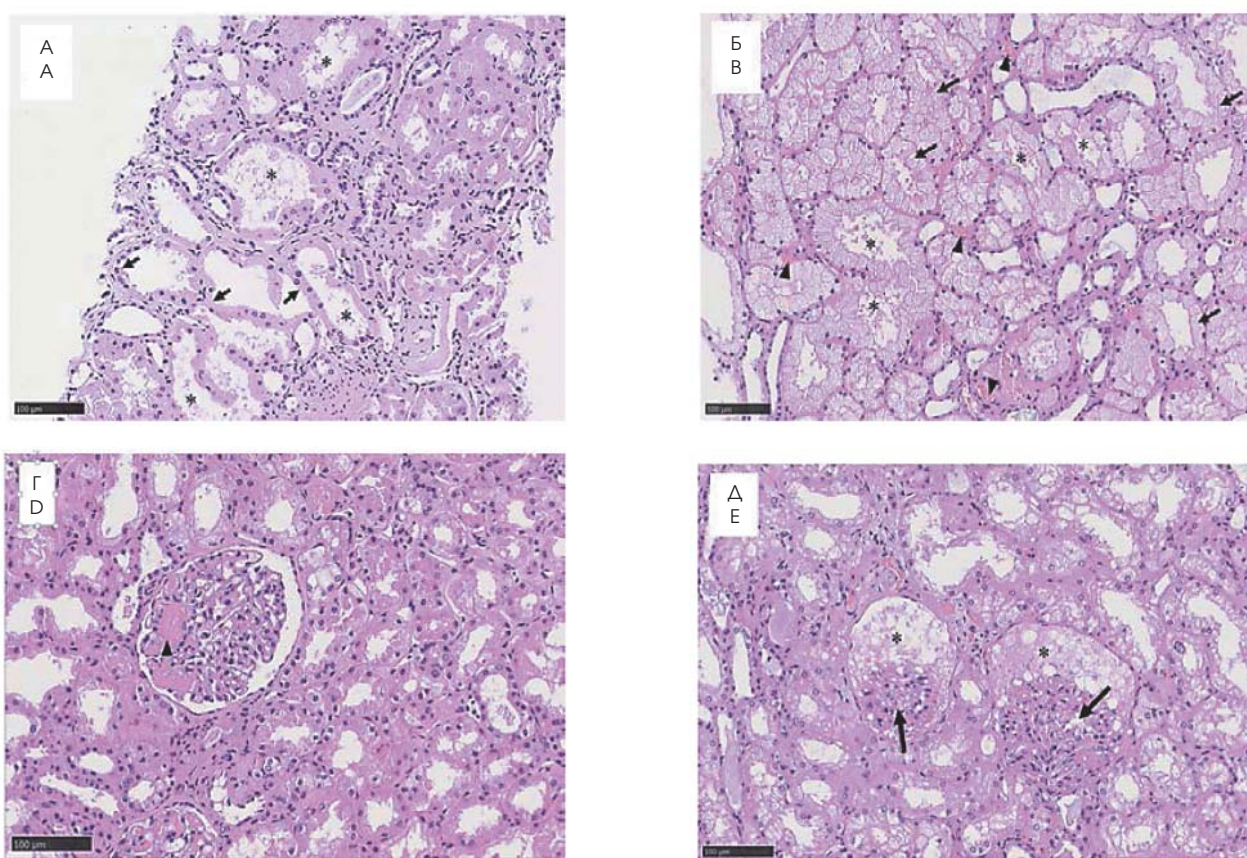
**Figure 2. Stages of renal parenchyma damage (40)**





**Рисунок 3.** Проксимальные канальцы: потеря щеточной каемки (А) и вакуолярная дегенерация с обломками, состоящими из некротизированного эпителия в просветах канальцев (Б) (обозначены звездочками). Часто присутствовали агрегаты эритроцитов, закупоривающие перитубулярные капилляры. Сегментарные фибриновые тромбы присутствовали в клубочках Боумена — Шумлянского (Г, Д), отмечалось ишемическое сокращение клубочков (стрелки) с накоплением просочившейся плазмы в клубочки Боумена — Шумлянского (звездочки). Окраска: гематоксилин и эозин

**Figure 3.** Proximal tubules: loss of brush border (A) and vacuolar degeneration with debris consisting of necrotic epithelium in the tubules lumen (B) (indicated by asterisks). Aggregates of erythrocytes were often present, occluding the peritubular capillaries. Segmental fibrin clots were present in Shumlyansky-Bowman glomeruli (D, E), ischemic glomerular contraction (arrows) with accumulation of leaked plasma into Shumlyansky-Bowman glomeruli (asterisks) was noted. Coloring: hematoxylin and eosin



рых развилась ОПН на фоне COVID-19, был выше у страдающих сахарным диабетом по сравнению с людьми без этой болезни. Ученые предполагают, что прямое вирусное и иммуно-опосредованное повреждение играет ключевую роль в патогенезе развития ПП [38–42].

P. Gabarre и соавторы систематизировали данные о повреждении паренхимы почек при COVID-19 и выявили 4 основных звена патогенеза почечной недостаточности (рис. 2).

1. Повреждение сосудов вирусом SARS-CoV-2 и индуцированная коагулопатия, приводящая к обструкции капилляров эритроцитами, гиперкоагуляции, фибриноидному некрозу и гломерулярной ишемии.

2. Инвазия SARS-CoV-2 в подоциты и эпителий проксимального извитого канальца, в результате

чего развиваются гломерулярная дисфункция, воспаление, фиброз и вазоконстрикция.

3. Повышение уровня цитокинов.

4. Неспецифическое повреждение почки с развитием полиорганной недостаточности [43].

H. Su и соавторы в июле 2020 года выпустили одну из показательных работ, изучающих морфологию поражения почек вирусом SARS-CoV-2. В исследовании продемонстрировано 26 наблюдений пациентов, скончавшихся от коронавирусной инфекции [44]. При морфологической оценке почек 26 больных (19 мужчин и 7 женщин в возрасте 39–78 лет) было зафиксировано острое повреждение проксимальных канальцев почек [45]. Отмечались потеря щеточной каемки, вакуолярная дегенерация, расширение канальцев клеточным детритом. Кроме того, фрагмен-

тарно наблюдались некроз и отслойка эпителия с обнажением базальной мембраны канальцев (рис. 3).

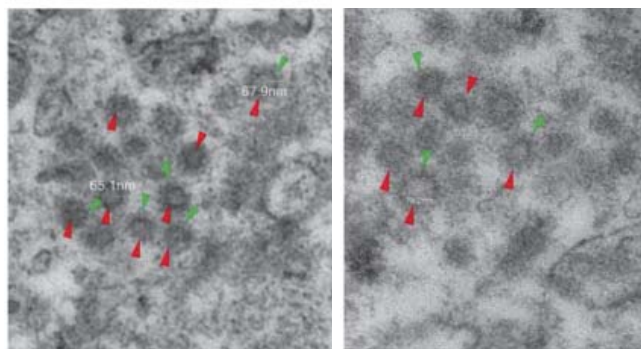
У двух пациентов по аналогии с патологическими находками в легких отметили острый пиелонефрит со множественными очагами бактерий и диффузными полиморфо-ядерными слепками в просвете почечных канальцев. Кроме того, диффузная агрегация эритроцитов и обструкция присутствовали в перитубулярных и клубочковых капиллярных петлях без отчетливой фрагментации эритроцитов, тромбоцитов или фибриновых тромбов. В дистальных канальцах и собирательных трубочках были выявлены лишь эпизодическое набухание клеток и отечное расширение интерстициального пространства, признаки воспаления на данном уровне отсутствовали. Лимфоцитарные инфильтраты присутствовали в зонах неспецифического фиброза, включая субкапсулярные области. У некоторых пациентов выявили несколько участков сегментарного фибринового тромба в петлях клубочковых капилляров, сочетающихся с тяжелым повреждением эндотелия.

При электронной микроскопии коронавирусаподобные частицы были обнаружены в цитоплазме эпителия проксимальных канальцев почек, а также в подоцитах и в дистальных канальцах (в меньшей степени) (рис. 4). Таким образом, в данной работе продемонстрировано наличие острого тубулярного повреждения. Причем на фоне вирусной инфекции в эпителии почечных канальцев и подоцитов. Полученные данные говорят о том, что коронавирус может напрямую поражать почечный канальцевый эпителий и подоциты, что сопровождается протеинурией у пациентов.

В октябре 2020 года В. Hanley и соавторы продемонстрировали, что у четырех из девяти пациентов (44%), умерших от тяжелой формы коронавирусной инфекции, отмечены признаки тромбоза в почках [45]. Ученые сделали вывод, что, несмотря на данные

**Рисунок 4. Коронавирусоподобные частицы (указаны стрелками) в цитоплазме эпителия проксимальных и дистальных канальцев почек**

**Figure 4. Coronavirus-like particles (indicated by arrows) in the cytoplasm of the epithelium of the proximal and distal renal tubules**



Проксимальные извитые канальцы  
Proximal convoluted tubules

Дистальные извитые канальцы  
Distal convoluted tubules

о наличии системного поражения при коронавирусе сердца, головного мозга, печени, почек, легких и т. д., именно поражение почек, проявляющееся почечной недостаточностью, — негативный прогностический фактор течения заболевания. Вместе с тем при благоприятном течении болезни поражение почек (протеинурия, гематурия и прогрессия ПН) разрешалось в среднем на протяжении трех недель [46, 47].

## Обсуждение

Повреждение паренхимы почки с признаками тромбоза и развитие почечной недостаточности являются одними из ключевых звеньев патогенеза COVID-19. Как было показано в ранее опубликованных работах, прогрессирование почечной недостаточности на фоне коронавирусной инфекции в подавляющем большинстве случаев возникает у пациентов с тяжелой стадией заболевания и считается негативным прогностическим фактором. Развитие ПН при COVID-19 гораздо чаще происходит у людей с сопутствующими болезнями. К последним относятся сахарный диабет и хронические заболевания почек на фоне микроангиопатий с тенденцией к тромбообразованию, ожирение и т. д. Правильная и своевременная терапия зачастую позволяет снизить риски от почечного поражения при COVID-19 [48–50].

Опираясь на международный опыт диагностики и лечения новой коронавирусной инфекции, для предупреждения почечных осложнений возможно применение принципов концепции управления рисками. Так, при инициальной оценке пациента следует анамнестически определять наличие поражения почек, а также рассчитывать клиренс креатинина с последующей регулярной оценкой уровня шлаков крови. На основании этого можно формировать группу риска для проведения усиленного наблюдения и лечения с влиянием на основные звенья патогенеза альтернативных процессов в поврежденных вирусом почках.

Кроме того, необходимо рассмотреть возможность внедрения в клиническую практику альтернативных креатинину и мочеvine маркеров ПП (КИМ-1, липокалин, связанный с желатиназой нейтрофилов (NGAL), хемотаксический белок моноцитов-1 (MCP-1) или интерлейкины). Они могут применяться у пациентов группы риска с подтвержденным почечным поражением для ранней диагностики прогрессии почечной недостаточности.

## Выводы

Таким образом, почки (наряду с легкими, сердцем, печенью) являются органом-мишенью, а прогрессирование почечной недостаточности — неблагоприятным прогностическим фактором.

Считаем целесообразным создание междисциплинарной группы (нефрологи, урологи, клинические фармакологи, инфекционисты) для проведения телемедицинских консультаций по ведению пациентов с COVID-19 и высоким риском почечного повреждения.

Предложенный подход к диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции может способствовать раннему выявлению и своевременному купированию осложнений коронавируса для уменьшения летальности при COVID-19.



## Литература/References

- Wang D., Hu B., Hu C. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020.
- Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Чернобровкина Т.Я. и др. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): клинико-эпидемиологические аспекты. *Архивъ внутренней медицины* 2020; 2 (52): 87–93. [Nikiforov V.V., Suranova T.G., Chernobrovkina T.Ya. et al. New coronavirus infection (COVID-19): clinical and epidemiological aspects. *Archives of Internal Medicine* 2020; 2 (52): 87–93. (In Russ.)].
- Колодкина Е.В., Латышко О.В. Патогенез коронавирусной инфекции. *Медицинское образование сегодня* 2020; 3 (11): 165–173. [Kolodkina E.V., Latyshko O.V. Pathogenesis of coronavirus infection. *Medical Education Today* 2020; 3 (11): 165–173. (In Russ.)].
- Adapa S., Aeddula N.R., Konala V.M. et al. COVID-19 and renal failure: challenges in the delivery of renal replacement therapy. *J. Clin. Med. Res.* 2020;12 (5): 276–285.
- Hanley B., Naresh K.N., Roufousse C. et al. Histopathological findings and viral tropism in UK patients with severe fatal COVID-19: a post-mortem study. *Lancet Microbe.* 2020; 1 (6): e245–e253.
- Kumar A., Arora A., Sharma P. et al. Is diabetes mellitus associated with mortality and severity of COVID-19? A meta-analysis. *Diabetes Metab. Syndr.* 2020; 14 (4): 535–545.
- Cai Q., Huang D., Yu H. et al. COVID-19: abnormal liver function tests. *Hepatol.* 2020; 73 (3): 566–574.
- Yang M., Chen S., Huang B. et al. Pathological findings in the testes of COVID-19 patients: clinical implications. *Eur. Urol. Focus* 2020; 6 (5): 1124–1129.
- Qiao J. What are the risks of COVID-19 infection in pregnant women? *The Lancet* 2020.
- Chua M.S.O., Lee J.C.S., Sulaiman S., Tan H.K. From the frontlines of COVID-19 — how prepared are we as obstetricians: a commentary. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology* 2020.
- Liu W., Wang Q., Zhang Q. et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) during pregnancy: a case series. 2020
- Mardani M., Pourkaveh B. A controversial debate: vertical transmission of COVID-19 in pregnancy. *Neoscriber Demo Publisher.*
- Rasmussen S.A., Smulian J.C., Lednický J.A. et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and pregnancy: what obstetricians need to know. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2020.
- Favre G., Pomar L., Musso D., Baud D. 2019-nCoV epidemic: what about pregnancies? *The Lancet* 2020; 395 (10224): e40.
- Schwartz D.A., Graham A.L. Potential maternal and infant outcomes from (Wuhan) coronavirus 2019-nCoV infecting pregnant women: lessons from SARS, MERS, and other human coronavirus infections. *Viruses* 2020; 12 (2): 1–16.
- Yang X., Jin Y., Li R. et al. Prevalence and impact of acute renal impairment on COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Crit. Care* 2020; 24 (1): 356.
- Kunutsor S.K., Laukkanen J.A. Renal complications in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Med.* 2020; 52 (7): 345–353.
- Barros Camargo L., Quintero Marzola I.D., Cárdenas Gómez J.C. et al. Acute kidney injury associated with COVID-19: another extrapulmonary manifestation. *Int. Urol. Nephrol.* 2020; 52 (7): 1403–1404.
- Zaim S., Chong J.H., Sankaranarayanan V., Harky A. COVID-19 and multiorgan response. *Curr. Probl. Cardiol.* 2020; 45 (8): 100618.
- Li Y., Hu Y., Yu J., Ma T. Retrospective analysis of laboratory testing in 54 patients with severe- or critical-type 2019 novel coronavirus pneumonia. *Lab Invest.* 2020; 100 (6): 794–800.
- Li X., Wang L., Yan S. et al. Clinical characteristics of 25 death cases with COVID-19: a retrospective review of medical records in a single medical center, Wuhan, China. *Int. J. Infect. Dis.* 2020; 94: 128–32.
- Wang L., Li X., Chen H. et al. Coronavirus disease 19 infection does not result in acute kidney injury: an analysis of 116 hospitalized patients from Wuhan, China. *AJN* 2020.
- Huang C., Wang Y., Li X. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020; 395: 497–506.
- 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): 829–38.
- Chen T., Wu D., Chen H. et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ* 2020; 368: m1091.
- Du Y., Tu L., Zhu P. et al. Clinical features of 85 fatal cases of COVID-19 from Wuhan: a retrospective observational study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020.
- 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.
- 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: 1054–1062.
- Xu S., Fu L., Fei J. et al. Acute kidney injury at early stage as a negative prognostic indicator of patients with COVID-19: a hospitalbased retrospective analysis. *MedRxiv* 2020.
- Gasparini M., Khan S., Patel J.M. et al. Renal impairment and its impact on clinical outcomes in patients who are critically ill with COVID-19: a multicenter observational study. *Anaesthesia* 2020.
- Hirsch J.S., Ng J.H., Ross D.W. et al. Acute kidney injury in patients hospitalized with COVID-19. *COVID-19 Research Consortium; Northwell Nephrology COVID-19 Research Consortium. Kidney Int.* 2020; 98 (1): 209–218.
- Bajwa H., Riaz Y., Ammar M. et al. The dilemma of renal involvement in COVID-19: a systematic review. *Cureus* 2020; 12 (6): e8632.
- Yang R., Gui X., Zhang Y., Xiong Y. The role of essential organ-based comorbidities in the prognosis of COVID-19 infection patients. *Expert Rev. Respir. Med.* 2020; 1–4.
- Meneses G.C., Silva Junior G.B.D., Tôrres P.P.B.F. et al. Novel kidney injury biomarkers in tropical infections: a review of the literature. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo.* 2020; 62: e14
- Evans J.P., Liu S.L. Multifaced roles of TIM-family proteins in virus-host interactions. *Trends Microbiol.* 2020; 28 (3): 224–235.
- Amara A., Mercer J. Viral apoptotic mimicry. *Nat. Rev. Microbiol.* 2015; 13 (8): 461–469.
- Ichimura T., Mori Y., Aschauer P. et al. KIM-1/TIM-1 is a receptor for SARS-CoV-2 in lung and kidney. *Preprint. MedRxiv.* 2020.
- Adapa S., Chenna A., Balla M. et al. COVID-19 pandemic causing acute kidney injury and impact on patients with chronic kidney disease and renal transplantation. *J. Clin. Med. Res.* 2020; 12 (6): 352–361.
- Farkash E.A., Wilson A.M., Jentzen J.M. Ultrastructural evidence for direct renal infection with SARS-CoV-2. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2020; 31 (8): 1683–1687.
- Darriverre L., Fieux F., de la Jonquière C. COVID-19 et insuffisance rénale aiguë en réanimation. [Acute renal failure during COVID-19 epidemic.] *Prat. Anesth. Reanim.* 2020; 24 (4): 207–211.
- Ahmadian E., Hosseiniyan Khatibi S.M., Razi Soofiyani S. et al. COVID-19 and kidney injury: pathophysiology and molecular mechanisms. *Rev. Med. Virol.* 2020; e2176.
- Martinez-Rojas M.A., Vega-Vega O., Bobadilla N.A. Is the kidney a target of SARS-CoV-2? *Am. J. Physiol. Renal. Physiol.* 2020; 318 (6): F1454–F1462.
- Gabarre P., Dumas G., Dupont T. et al. Acute kidney injury in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (7): 1339–1348.

44. Su H., Yang M., Wan C. et al. Renal histopathological analysis of 26 postmortem findings of patients with COVID-19 in China. *Kidney Int.* 2020; 98 (1): 219–227.
45. Hanley B., Naresh K.N., Roufousse C. et al. Histopathological findings and viral tropism in UK patients with severe fatal COVID-19: a post-mortem study. *Lancet Microbe* 2020; 1 (6): e245–e253.
46. 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.
47. Raza A., Estepa A., Chan V., Jafar M.S. Acute renal failure in critically ill COVID-19 patients with a focus on the role of renal replacement therapy: a review of what we know so far. *Cureus* 2020; 12 (6): e8429.
48. Ronco C., Reis T., Husain-Syed F. Management of acute kidney injury in patients with COVID-19. *Lancet Respir. Med.* 2020; 8 (7): 738–742.
49. Hirsch J.S., Ng J.H., Ross D.W. 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.
50. Katagiri D., Ishikane M., Ogawa T. et al. Continuous renal replacement therapy for a patient with severe COVID-19. *Blood Purif.* 2020; 1–3.

**Вклад авторов.** А.Д. Каприн, О.И. Аполихин, М.Ю. Просяников, В.И. Потиевская, Н.В. Анохин, П.Л. Хазан, В.Е. Антонова, Т.А. Коробова: разработка исследования, получение данных для анализа, обзор публикаций по теме статьи, статистический анализ полученных данных, написание текста рукописи.  
**Authors contributions.** A.D. Kaprin, O.I. Apolikhin, M.Yu. Prosyannikov, V.I. Potievskaya, N.V. Anokhin, P.L. Khazan, V.E. Antonova, T.A. Korobova: research development, obtaining data for analysis, reviewing publications on the topic of the article, statistical analysis of the obtained data, article writing.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Статья поступила:** 29.04.2021.

**Принята к публикации:** 21.05.2021.

**Article received:** 29.04.2021.

**Accepted for publication:** 21.05.2021.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Каприн Андрей Дмитриевич**, д.м.н., профессор, академик РАН, генеральный директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Аполихин Олег Иванович**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, директор НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Просяников Михаил Юрьевич**, к.м.н., заведующий отделом мочекаменной болезни НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Потиевская Вера Исааковна**, д.м.н., главный научный сотрудник МНИОИ им. П.А. Герцена — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Анохин Николай Валерьевич**, к.м.н., научный сотрудник отдела мочекаменной болезни НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Хазан Петр Леонидович**, к.м.н., старший научный сотрудник группы инфекционно-воспалительных заболеваний и клинической фармакологии НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Антонова Виктория Евгеньевна**, к.м.н., врач-нефролог НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный

медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

**Коробова Татьяна Анатольевна**, заведующая отделением нефрологии и гемодиализа НИИ урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации\*.

Адрес: 125284, г. Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 3. Телефон: 7 (495) 150-11-22. E-mail: contact@nmicr.ru.

#### AUTHORS INFORMATION

**Kaprin Andrey Dmitrievich**, PhD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director General of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Apolikhin Oleg Ivanovich**, PhD, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Prosyannikov Mikhail Yurievich**, PhD, Head of the Department of Urolithiasis, N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Potievskaya Vera Isaakovna**, PhD, Chief Researcher, P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute — a branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Anokhin Nikolay Valerievich**, PhD, Researcher, Department of Urolithiasis, N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Khazan Petr Leonidovich**, PhD, Senior Researcher, Group of Infectious and Inflammatory Diseases and Clinical Pharmacology, N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Antonova Victoria Evgenievna**, PhD, head of the department of Nephrology and Hemodialysis of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

**Korobova Tatyana Anatolyevna**, Head of the Department of Nephrology and Hemodialysis of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology — branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation\*.

Address: 125284, Moscow, 2nd Botkinsky Drive, 3. Phone: 7 (495) 150-11-22. E-mail: contact@nmicr.ru.