

Острое почечное повреждение у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 после кардиохирургических вмешательств

Г.А. Бердников[✉], С.И. Рей, М.А. Сагиров, В.С. Селяев, А.И. Ковалев, Д.А. Косолапов

Отделение неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

129090, Российская Федерация, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3

✉ Контактная информация: Бердников Геннадий Анатольевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ».

Email: polina1905@yandex.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

Новая коронавирусная (SARS-CoV-2) инфекция (COVID-19) впервые была выявлена в Китае и быстро распространилась по всему миру, став чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения. Острое почечное повреждение (ОПП) встречается у 8–60% пациентов с COVID-19, сопровождается значительной летальностью, особенно у пациентов, требующих проведения заместительной почечной терапии (ЗПТ).

Выявление факторов риска развития ОПП, анализ течения этого жизнеугрожающего состояния, изучение применения методов ЗПТ и экстракорпоральной гемокоррекции (ЭКГК) у пациентов с COVID-19 и кардиохирургическими вмешательствами представляет значительный интерес.

ЦЕЛЬ

Выявить факторы риска развития ОПП, оценить частоту развития осложнений и исходы лечения у пациентов с COVID-19 после кардиохирургических вмешательств. Изучить опыт применения методов ЗПТ и ЭКГК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы 23 пациента, находившиеся на лечении в инфекционном отделении ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» в 2021 г. с подтвержденным диагнозом COVID-19; из них 19 мужчин (82,6%) и 4 женщины (17,4%). Средний возраст пациентов составил 42 года. Все пациенты нуждались в экстренной кардиохирургической помощи. В зависимости от развития ОПП, потребовавшего применения методов ЗПТ и ЭКГК, пациенты были разделены на две группы: у 10 пациентов с развитием ОПП и полиорганной дисфункцией потребовалось применение методов ЗПТ и ЭКГК (группа 1); у 13 пациентов без ОПП применялась стандартная терапия (группа 2). Двадцати двум пациентам выполнены операции в условиях искусственного кровообращения (ИК) и одна операция без ИК. Показаниями для применения методов ЗПТ и ЭКГК у пациентов были развитие ОПП, в том числе на фоне хронической болезни почек, в соответствии с критериями KDIGO-2012, а также сепсиса, септического шока, острого респираторного дистресс-синдрома, необходимость коррекции водно-электролитного баланса, кислотно-основного состояния, системного воспаления и «цитокинового шторма».

ВЫВОДЫ

1. У пациентов с COVID-19, которым требуется выполнение кардиохирургических вмешательств, развитие острого почечного повреждения ухудшает прогноз заболевания и сопровождается статистически значимым увеличением длительности искусственной вентиляции легких (медиана 3,2 дня по сравнению с 1,0 днем во 2-й группе) и периода нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии – 16,5 дня и 9 дней соответственно.

2. В 1-й группе летальность составила 30%, во 2-й – 15%, $p=0,475$, у пациентов с острым почечным повреждением отмечалась тенденция к более частому развитию послеоперационных осложнений – острое нарушение мозгового кровообращения возникало в 20% и 7,7% случаев, анемия – в 80% и 53,3% (статистически незначимо в обоих случаях), гематома средостения развивалась у 20% пациентов только 1-й группы.

3. Факторами риска развития острого почечного повреждения в послеоперационном периоде явились повышенный уровень в крови мочевины и наличие в анамнезе хронической болезни почек. У пациентов 1-й группы уровень интраоперационной кровопотери был на 41,7% больше, чем во 2-й (различия статистически незначимы).

Ключевые слова:

острое почечное повреждение, заместительная почечная терапия, новая коронавирусная инфекция COVID-19, кардиохирургия, методы экстракорпоральной гемокоррекции

Ссылка для цитирования

Бердников Г.А., Рей С.И., Сагиров М.А., Селяев В.С., Ковалев А.И., Косолапов Д.А. Острое почечное повреждение у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 после кардиохирургических вмешательств. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2024;13(2):186–195. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-2-186-195>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

АДср. — среднее артериальное давление
 АК — аортальный клапан
 ГБ — гипертоническая болезнь
 ЗПТ — заместительная почечная терапия
 ИВЛ — искусственная вентиляция легких
 ИК — искусственное кровообращение
 ИЛ — интерлейкин
 ИМТ — индекс массы тела
 КТ — компьютерная томография
 ЛЖ — левый желудочек
 МК — митральный клапан
 МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография
 ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения
 ОПП — острое почечное повреждение
 ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром

ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии
 ПО — плазмообмен
 СД — сахарный диабет
 СКФ — скорость клубочковой фильтрации
 ТК — трикуспидальный клапан
 ФВ — фракция выброса
 ХБП — хроническая болезнь почек
 ЧСС — частота сердечных сокращений
 ЭКГК — экстракорпоральная гемокоррекция
 ACE2 — ангиотензинпревращающий фермент 2
 СРБ — С-реактивный белок
 COVID-19 — новая коронавирусная (SARS-CoV2) инфекция
 IgM — иммуноглобулины M
 IgG — иммуноглобулины G

АКТУАЛЬНОСТЬ

Новая коронавирусная (SARS-CoV-2) инфекция (COVID-19) впервые была выявлена в Китае и быстро распространилась по всему миру, став чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения. Острое почечное повреждение (ОПП) встречается у 8–60% пациентов с COVID-19, сопровождается значительной летальностью, особенно у пациентов, требующих проведения заместительной почечной терапии (ЗПТ) [1, 2]. По данным исследования *M. Fisher et al.* [3], ОПП развивается у 56,9% пациентов с COVID-19, по сравнению с 37,2%, у которых не было коронавирусной инфекции в 2020 году. В метаанализе *L. Ouyang et al.* у тяжелобольных пациентов с COVID-19 ОПП развилась в 13,6 раза чаще, чем в нетяжелых случаях, и достигала у умерших больных 30,7% [4].

Патогенез ОПП при COVID-19 имеет многофакторный характер. Коронавирус SARS-CoV-2 проникает в клетки проксимальных канальцев и подоцитов путем эндоцитоза или с помощью трансмембранного гликопротеина *CD147-spike*, что приводит к прямому цитопатическому воздействию коронавируса на эпителиальные клетки проксимальных канальцев и подоцитов [5]. SARS-CoV-2 связывается с мембраносвязанным ангиотензинпревращающим ферментом 2 (ACE2) через S1 субъединицу. Снижение уровня ACE2 приводит к несбалансированной активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, активируется ангиотензин II посредством активации комплемента и снижения уровня ангиотензина 1–8, что приводит к гиперкоагуляции и микроангиопатии, активируются миелоидные клетки, и это в дальнейшем вызывает выброс цитокинов, гломеруллопатию и митохондриальные нарушения. Выраженный дисбаланс концентраций про- и противовоспалительных медиаторов, а также развитие цитокинового шторма обуславливают эндотелиальную и тубулярную дисфункцию, развитие синдрома «капиллярной утечки» и диссеминированного внутрисосудистого свертывания, что в конечном счете приводит к развитию и прогрессированию ОПП в рамках полиорганной дисфункции [6–8].

По данным *M. Gaudino et al.*, количество кардиохирургических операций во время пандемии сократилось на 50–75%, при этом более чем на 50% сократилось и количество кардиологических коек в отделениях интенсивной терапии [9]. В литературе описывается небольшое количество пациентов с кардиохирургическими вмешательствами. Так, в метаанализ 2022 года [10] после обработки 4223 статей были включены только 44 пациента с госпитальной летальностью 27,3%,

длительностью нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) 7,4 дня и стационаре 17,8 дня.

Острое почечное повреждение развивается у 20–40% пациентов после кардиохирургических вмешательств, в 3% требует применения ЗПТ, сопровождается увеличением относительного риска смерти в 5,14 раза, неблагоприятными отдаленными результатами, 5- и 7-летняя выживаемость составляет 54% и 38% соответственно, а у 25% развивается хроническая болезнь почек (ХБП) [11–13]. У пациентов с тяжелым течением COVID-19, прогрессирующей дыхательной и (или) полиорганной недостаточностью согласно «временным методическим рекомендациям профилактики, диагностики и лечения новой коронавирусной инфекции МЗ РФ» рекомендовано использовать методы экстракорпоральной гемокоррекции (ЭКГК) [14].

Таким образом, выявление факторов риска развития ОПП, анализ течения этого жизнеугрожающего состояния и изучение применения методов ЗПТ и ЭКГК у пациентов с COVID-19 и кардиохирургическими вмешательствами представляет значительный интерес.

Цель нашего исследования — выявить факторы риска развития ОПП, оценить частоту развития осложнений и исходы лечения у пациентов с COVID-19 после кардиохирургических вмешательств. Изучить опыт применения методов ЗПТ и ЭКГК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы 23 пациента, находившихся на лечении в инфекционном отделении ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» в 2021 году с подтвержденным диагнозом COVID-19. Из них 19 мужчин (82,6%) и 4 женщины (17,4%). Средний возраст пациентов составил 42 года.

Все пациенты нуждались в экстренном кардиохирургическом оперативном лечении, включавшем в себя две патологии: острый инфекционный эндокардит (нативных клапанов сердца или ранее имплантированных протезов) и острое расслоение аорты (табл. 1). Первичные кардиохирургические вмешательства выполнены 20 (87%) пациентам, повторные вмешательства — 3 пациентам (13%).

В 22 (96%) случаях операцию выполняли на открытом сердце, в условиях искусственного кровообращения (ИК), причем 15 пациентов (64%) были оперированы с использованием кардиopleгии и в условиях полной остановки сердца, а у 7 (32%) операция про-

изведена на работающем сердце. В одном случае (4%) у пациента она была выполнена после сонно-подключичного шунтирования и эндопротезирования нисходящего грудного отдела аорты. Спектр операций в условиях ИК включал в себя: вмешательства на восходящем отделе и при необходимости на дуге аорты — 3 (13%) пациента, а также в сочетании с вмешательством на аортальном клапане — один пациент (4%); изолированные вмешательства на митральном (МК) — 2 (9%), аортальном (АК) — 4 (17%) и трикуспидальном (ТК) — 9 (39%) клапанах, комбинированные клапанные операции на МК и ТК — 1 (4%), МК и АК — 2 (9%) пациента. Всего умерли 5 пациентов, летальность составила 21,7% (табл. 1).

В зависимости от развития ОПП пациенты были разделены на две группы: 10 пациентам с развитием ОПП и полиорганной дисфункцией потребовалось применение методов ЗПТ и ЭКГК (группа 1), а 13 пациентам без ОПП применяли стандартную терапию (группа 2).

Показаниями для применения методов ЗПТ и ЭКГК были развитие ОПП, в том числе на фоне ХБП, в соответствии с критериями KDIGO-2012 [15], а также сепсис, септический шок, острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), необходимость коррекции водно-электролитного баланса, кислотно-основного состояния, системного воспаления и «цитокинового шторма» [16]. Медиана времени от оперативного вмешательства до начала ЗПТ составила 2 дня (табл. 2). Наиболее часто, в 66,7% случаев, использовали режим гемодиализа; гемофильтрация применялась в 23,8%, а гемодиализ — интермиттирующий продленный (12 часов) и продолжительный (24 часа) — в 8,7%. Длительность процедур ЗПТ составила 13,0 (10; 26) часов, достигнутая доза — 25,4 (14,2; 42,8) мл/кг/час.

У 3 пациентов с развитием «цитокинового шторма» и септического шока были выполнены следующие процедуры ЭКГК: у одного пациента — селективная гемосорбция цитокинов с использованием гемосорбента CytoSorb® (Cytosorbents, Corporation, США), селективная гемосорбция липополисахаридов на картридже Toraymixin PMX-20R (Toray Company, Япония) и один сеанс плазмообмена (ПО), у двух других — 3 процедуры ПО.

Степень тяжести пневмонии при COVID-19 оценивали по данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) легких. Фракцию выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) рассчитывали с помощью эхокардиографии. В лабораторное исследование крови включали рутинные биохимические показатели, определение уровня С-реактивного белка (СРБ), антител IgM и IgG. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) рассчитывали по формуле MDRD. Пробы крови брали до и после выполнения оперативного лечения, а также на 1-е, 3-и, 5-е и 7-е сутки послеоперационного периода. Оценку тяжести состояния больных проводили по шкалам APACHE-II [17], используя худшие показатели в течение 24 часов с момента операции, оценку операционного риска осуществляли по шкале EuroSCORE [18]. С использованием данных шкал также проводили оценку вероятности смертельного исхода. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ).

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программы Statistica 12 (StatSoft, Inc., США). Все выборки проверялись на нормальность распределения с помощью теста Колмогорова–Смирнова.

Рассчитывали медиану и интерквартильный размах (25-й и 75-й перцентили) Me (Q1; Q3). Для сравнения переменных с нормальным распределением пользовались парным *t*-критерием Стьюдента (для независимых выборок). При распределении, отличным от нормального, для несвязанных выборок применяли непараметрический критерий Манна–Уитни (*U*); для сравнения категориальных переменных — точный двухсторонний критерий Фишера (*F*); для анализа выживаемости больных — метод Каплана–Майера (K–M), тест для сравнения групп — *log-rank*. Полученные результаты признавали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Таблица 1

Распределение исследуемых пациентов по типу операций

Table 1

Distribution of study patients by type of surgery

Тип операции	Количество пациентов, n (%)	Летальность, n (%)
Протезирование МК	2 (9)	0
Протезирование АК	3 (13)	1 (33)
Репротезирование АК	1 (17)	1 (100)
Протезирование ТК	8 (35)	1 (12,5)
Комбинированные клапанные операции:		
Протезирование МК и пластика ТК;	2 (9)	0
Протезирование МК и АК	1 (4)	1 (100)
Репротезирование МК и АК	1 (4)	0
Протезирование восходящего отдела аорты	1 (4)	0
Протезирование восходящего отдела и частично дуги аорты	2 (9)	0
Протезирование восходящего отдела аорты и АК	1 (4)	1 (100)
Сонно-подключичное шунтирование и эндопротезирование нисходящего грудного отдела аорты	1 (4)	0
Всего	23 (100)	5 (21,7)
ИК/без ИК	22/1	5/0

Примечания: АК — аортальный клапан; ИК — искусственное кровообращение; МК — митральный клапан; ТК — трикуспидальный клапан
Notes: АК — aortic valve; МК — mitral valve; ТК — tricuspid valve; ИК — artificial blood circulation

Таблица 2

Применение различных методов заместительной почечной терапии и экстракорпоральной гемокоррекции

Table 2

Application of various methods of renal replacement therapy and extracorporeal hemocorrection

Показатели	Значения
Гемодиализ (продолжительная+продленная), n (%)	14 (66,7)
Гемофильтрация (продолжительная+продленная), n (%)	5 (23,8)
Гемодиализ (продолжительный+продленный), n (%)	2 (8,7)
Всего процедур ЗПТ	21
Срок от оперативного вмешательства до начала ЗПТ, сут	2,0 (2; 7)
Длительность процедур, часы	13,0 (10; 26)
Доза (продолжительной/продленной) ЗПТ, мл/кг/час	25,4 (14,2; 42,8)
Число процедур плазмообмена, n (%)	4 (3)
Число процедур селективной гемосорбции цитокинов, n (%)	1 (1)
Число процедур селективной гемосорбции липополисахаридов, n (%)	1 (1)

Примечания: данные представлены Me (Q1; Q3); ЗПТ — заместительная почечная терапия

Notes: Data is presented as Me (Q1; Q3); ЗПТ — renal replacement therapy

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение данных исследуемых групп показало, что пациенты статистически значимо не отличались по возрасту (в 1-й группе медиана возраста составила 42,5 года, во 2-й — 42 года), полу (женщин было 20% и 15,4% соответственно) и длительности заболевания (*COVID*-19 до момента оперативного вмешательства — 12 суток и 10 суток соответственно). Не было статистически значимых различий у пациентов 1-й и

Таблица 3

Характеристика пациентов в сравниваемых группах на момент включения в исследование

Table 3

Characteristics of patients in the compared groups at the time of inclusion in the study

Показатели	1-я группа (n=10)	2-я группа (n=13)	p	Критерий
Возраст, лет	42,5 (35; 51)	42,0 (32; 59)	0,533	U
Пол, м/ж	8/2	11/2	1,0	F
Длительность заболевания <i>COVID</i> -19 до момента оперативного вмешательства, сут	12,0 (7; 15)	10,0 (3; 16)	0,872	U
<i>EuroSCORE</i> , баллы	14,0 (14; 15)	13,0 (12; 14)	0,154	U
<i>APACHE-II</i> , баллы	13,0 (12; 17)	12,0 (11; 13)	0,177	U
Риск неблагоприятного исхода, %	16,5 (14,6; 26,2)	14,6 (12,8; 16,5)	0,212	U
ИМТ, кг/м ²	23,2 (20,7; 23,9)	26,5 (24,3; 30,9)	0,091	U
Объем введенного контраста, мл	100 (50; 120)	120 (100; 200)	0,172	U
ФВ ЛЖ, %	65,0 (57; 69)	63,0 (60; 66)	0,301	U
Предыдущие операции на сердце, n (%)	2 (20)	1 (7,8)	0,561	F
Болезни печени, n (%)	4 (40,0)	8 (61,5)	0,413	F
ХБП, n (%)	9 (90,0)	6 (46,1)	0,074	F
СД, n (%)	3 (30,0)	2 (15,4)	0,617	F
ГБ, n (%)	7 (70,0)	7 (53,8)	0,669	F
Онкологические заболевания, n (%)	1 (10,0)	3 (23,0)	0,603	F
Ожирение, n (%)	0	3 (23,0)	0,229	F
Креатинин, мкмоль/л	108,5 (62; 182)	84,0 (64; 119)	0,307	U
Мочевина, ммоль/л	10,3 (5; 17)	4,0 (4; 9)	0,022	U
СКФ, мл/мин/1,73 м ²	67,0 (37,6; 115,6)	86,5 (54,4; 114,4)	0,459	U
Гематокрит, %	27,0 (25; 33)	29,0 (24; 33)	0,929	U
Лейкоциты, ×10 ⁹ /л	12,0 (7; 14)	10,0 (7,5; 15,8)	0,852	U
Лимфоциты, %	10,0 (4; 19,5)	14,5 (11,5; 18)	0,463	U
СРБ, мг/л	87,2 (14,3; 211,0)	92,3 (64,0; 134,0)	0,750	U
Лактат, ммоль/л	1,6 (1,0; 1,8)	1,5 (1,2; 4,5)	0,874	U
КТ 1, n (%)	6 (60)	10 (76,9)	0,650	F
КТ 2, n (%)	3 (30)	3 (23,1)	1,0	F
КТ 3, n (%)	1 (10)	0	0,435	F
Антитела IgM к коронавирусу SARS-CoV-2, U/ml	0,55 (0,3; 1,9)	0,69 (0,3; 4,1)	0,766	U
Антитела IgG к коронавирусу SARS-CoV-2, U/ml	177,9 (96,3; 259,2)	77,7 (16,8; 309,4)	0,641	U

Примечания: данные представлены Me (Q1; Q3). ГБ — гипертоническая болезнь; ИМТ — индекс массы тела; КТ — компьютерная томография; СД — сахарный диабет; СКФ — скорость клубочковой фильтрации; ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка; ХБП — хроническая болезнь почек; СРБ — С-реактивный белок; U — непараметрический критерий Манна-Уитни; F — 2-сторонний критерий Фишера

Notes: Data is presented as Me (Q1; Q3); ГБ — hypertension; ИМТ — body mass index; КТ — computer examination of the chest; СД — diabetes mellitus; СКФ — glomerular filtration rate; ФВ — left ventricular ejection fraction; ХБП — chronic kidney disease; СРБ — C-reactive protein; U — nonparametric Mann-Whitney U test; F — 2-tailed Fisher's exact test

2-й групп по тяжести состояния по шкалам *APACHE-II* и *EuroSCOR*, ИМТ, объему введенного рентгенконтрастного препарата, ФВ ЛЖ (табл. 3).

При сравнении частоты сопутствующих заболеваний у пациентов 1-й группы чаще выявляли сахарный диабет (СД) и гипертоническую болезнь (ГБ), а 2-й группы — болезни печени, онкологические заболевания и ожирение, хотя статистически значимых различий между группами не выявлено. ХБП обнаружена у 90% пациентов 1-й группы и только у 46,1% 2-й, но различия были не статистически значимыми ($p=0,074$). В 1-й группе исходно отмечался более высокий уровень креатинина — 108,5 и 84,0 мкмоль/л соответственно и более низкое значение СКФ — 67,0 и 86,5 мл/мин/1,73 м² соответственно, но различия не были статистически значимыми. В то же время уровень в крови мочевины статистически значимо различался между группами и составил 10,3 ммоль/л в 1-й группе по сравнению с 4,0 ммоль/л во 2-й, $p=0,022$.

В исследуемых группах с *COVID*-19 с целью выявления патологических изменений в легких выполнено компьютерное исследование органов грудной клетки. В результате статистически значимых различий в исследуемых группах не получено. С диагностической целью пациентам проводилось исследование с внутривенным введением контрастного вещества: 100 мл в 1-й группе, 120 мл — во 2-й, $p=0,172$.

Пациенты 1-й и 2-й группы статистически значимо не различались по показателям гематокрита: 27% и 29% соответственно, количеству лейкоцитов: 12 и 10×10⁹/л соответственно, относительному содержанию лимфоцитов: 10% и 14,5% соответственно, содержанию СРБ: 87,2 и 92,3 мг/л соответственно, уровню лактата: 1,6 и 1,5 ммоль/л, антител IgM к коронавирусу SARS-CoV-2: 0,55 и 0,69 соответственно, и IgG-антител к коронавирусу SARS-CoV-2: 177,9 и 77,7 соответственно.

Пациенты в исследуемых группах интраоперационно (табл. 4) статистически значимо не различались по объему инфузионной терапии, длительности операции и ИК, температуре тела в условиях искусственной

Таблица 4

Интраоперационные показатели в исследуемых группах

Table 4

Intraoperative parameters in the study groups

Показатели	1-я группа (n=10)	2-я группа (n=13)	p	Критерий
Гематокрит 1-е сутки после операции, %	27,0 (24; 30)	29,0 (26; 32)	0,633	U
Гематокрит 2-е сутки после операции, %	30,0 (28; 31)	28,0 (27; 29)	0,405	U
Кровопотеря, мл	1200,0 (600; 1600)	700,0 (700; 1200)	0,378	U
Внутривенная инфузия, мл	2650,0 (1830; 4000)	2610,0 (1975; 3515)	0,482	U
Температура, °C	35,0 (34; 36)	35,0 (30; 36)	0,666	U
АДср., мм рт.ст.	78,4 (67; 90)	83,0 (80; 87)	0,556	U
ЧСС, уд./мин	89,0 (80; 90)	89,0 (80; 98)	0,352	U
Длительность операции, мин	233,5 (165; 246)	210,0 (180; 296)	0,914	U
Продолжительность ИК, мин	84,5 (74; 137)	101,0 (85; 120)	0,770	U

Примечания: данные представлены Me (Q1; Q3). ИК — искусственное кровообращение; АДср. — среднее артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; U — непараметрический критерий Манна-Уитни

Notes: Data is presented as Me (Q1; Q3). ИК — artificial blood circulation; АДср. — mean arterial pressure; ЧСС — heart rate; U — nonparametric Mann-Whitney U test

Таблица 5
Динамика клинико-лабораторных показателей в зависимости от групп пациентов
Table 5
Dynamics of clinical and laboratory parameters depending on patient groups

Показатели	Группа	Этапы исследования				
		Исходно	1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки
Креатинин, мкмоль/л	1	108,5 (62; 182)	129,0 (110; 218) *	145,0 (97; 165)	124,5 (76; 220)	190,0 (58; 220)
	2	84,0 (64; 119)	93,0 (64; 110)	78,5 (63,5; 116)	84,0 (73; 115)	101,0 (56; 154)
Калий, ммоль/л	1	4,0 (3,8; 4,0)	4,0 (3,9; 4,6)	4,5 (3,7; 4,6)	4,0 (3,7; 4,0)	3,9 (3,7; 4,2)
	2	4,0 (3,8; 4,5)	4,1 (3,9; 5,2)	3,9 (3,5; 4,7)	3,8 (3,8; 5,0)	4,0 (3,7; 4,7)
Мочевина, ммоль/л	1	10,3 (5; 17) *	12,0 (12; 24)	17,0 (10; 19) *	14,0 (6; 30)	14,0 (5; 21)
	2	4,0 (3,5; 9)	5,5 (4; 9)	7,3 (5; 9,9)	8,0 (3,5; 12)	6,0 (4; 14)
Диурез, мл/сут	1	–	1275,0 (800; 1700)	2500 (2100; 3100)	2500 (2050; 3500)	2900 (2500; 3200)
	2	–	1700,0 (1500; 2100)	2250 (1800; 2600)	2200 (2000; 2300)	2575 (1550; 3300)

Примечания: данные представлены Me (Q1; Q3), * – статистически значимые различия между группами ($p<0,05$), значимость различий оценивали с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни
Notes: Data is presented as Me (Q1; Q3); * – statistically significant differences between the groups ($p<0.05$), the significance of the differences was assessed using the non-parametric Mann–Whitney U test

гипотермии. В 1-й группе по сравнению со 2-й отмечалась статистически незначимая тенденция к большей интраоперационной кровопотере 1200 мл и 700 мл соответственно, что может являться фактором риска развития ОПП.

Проведена оценка динамики показателей уровня азотистых шлаков, калия и темпа диуреза на 1-е, 3-и, 5-е, 7-е сутки послеоперационного периода (табл. 5). Как видно из таблицы, уровни креатинина и мочевины повышались у пациентов 1-й группы на протяжении 7 суток послеоперационного периода, у пациентов 2-й группы показатели азотистого обмена имели нормальные значения в исследуемые сроки. Группы статистически значимо отличались по уровню в крови креатинина в 1-е сутки и мочевины на 3-и сутки. Темп диуреза в 1-е сутки был ниже у пациентов 1-й группы: 1275 мл и 1700 мл соответственно, различия не были статистически значимыми.

При оценке послеоперационных осложнений (табл. 6) установлено, что в 1-й группе чаще, чем во 2-й развивалось острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК): в 20% и 7,7% соответственно, определялось наличие тромбов в предсердии: 20% и 7,7% соответственно, развились гематомы средостения: 20% и 0% соответственно и анемия: 80% и 53,8% соответственно, также более частыми были развитие гастрита и колита, хотя различия между группами не были статистически значимыми. Выявленные у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 осложнения усугубляли тяжесть заболевания (табл. 6).

При анализе исходов лечения (табл. 7) выявлено, что у пациентов 1-й группы по сравнению со 2-й статистически значимо дольше требуется искусственная вентиляция легких (ИВЛ): 3,5 и 1,0 дня соответственно, $p=0,014$; отмечается тенденция к более длительной вазопрессорной поддержке: 2,5 и 1,0 дня соответственно, $p=0,214$; у них выявляется большая длительность нахождения в ОРИТ: 16,5 и 9,0 дня соответственно, $p=0,034$ (статистически значимо), и стационаре: 24,0 и 18,0 дня соответственно, $p=0,219$.

Летальность также была выше в 1-й группе и при отсутствии статистической значимости в разнице частот исходов составила 30% по сравнению с 15% во 2-й, $p=0,473$ (рисунок).

Таблица 6
Послеоперационные осложнения
Table 6
Postoperative complications

Показатели	1-я группа (n=10)	2-я группа (n=13)	p	Критерий
ОНМК, n (%)	2 (20)	1 (7,7)	0,559	F
Легочная гипертензия, n (%)	5 (50)	7 (53,8)	1,0	F
Гидроторакс, n (%)	6 (60)	9 (69,2)	0,685	F
Тромбоз в предсердии, n (%)	2 (20)	1 (7,7)	0,559	F
Гематома средостения, n (%)	2 (20)	0	0,177	F
Панкреонекроз, n (%)	1 (10)	0	0,434	F
Анемия, n (%)	8 (80)	7 (53,8)	0,378	F
Колит, n (%)	3 (30)	3 (23,1)	1,0	F
Гастрит, n (%)	3 (30)	2 (15,3)	0,617	F

Примечания: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; F – 2-сторонний критерий Фишера
Notes: ОНМК – acute cerebrovascular accident; F – 2-tailed Fisher's exact test

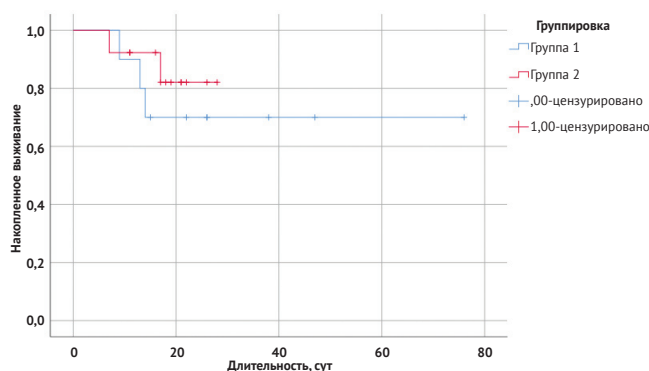
Таблица 7
Исходы лечения пациентов
Table 7
Patient outcomes

Показатели	1-я группа (n=10)	2-я группа (n=13)	p	Критерий
Длительность ИВЛ, сут	3,5 (2; 8)	1,0 (1; 2)	0,014	U
Длительность вазопрессорной поддержки, сут	2,5 (1; 4)	1,0 (1; 2)	0,214	U
Длительность лечения в ОРИТ, сут	16,5 (14; 25)	9,0 (7; 16)	0,034	U
Длительность лечения в стационаре, сут	24,0 (14; 38)	18,0 (16; 21)	0,292	U
Летальность, n (%)	3 (30%)	2 (15%)	0,475	K–M

Примечания: ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; U – непараметрический критерий Манна–Уитни; K–M – метод Каплана–Майера
Notes: ИВЛ – mechanical lung ventilation; ОРИТ – intensive care unit; U – nonparametric Mann–Whitney U test; K–M – Kaplan–Meier method

ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов в период новой коронавирусной инфекции COVID-19, которым требовалось выполнение кардиохирургических вмешательств, увеличивалась тяжесть заболевания и риск неблагоприятного исхода [19]. Так, в крупном многоцентровом исследовании, проведенном в США, оценивались результаты лечения 37 769 кардиохирургических пациентов с 2011



	Хи-квадрат	Статистическая значимость, <i>p</i>
Log Rank (Mantel-Cox)	0,511	0,475

Рисунок. Сравнение выживаемости в исследуемых группах с помощью метода Каплана–Майера
Figure. Comparison of survival in the study groups using the Kaplan–Meier method

по 2022 год [20]. Из них 7 269 пациентов были оперированы во время пандемии. По сравнению с результатами до пандемии у них статистически значимо чаще развивалась ОПП: 3,2 и 2,5% соответственно; чаще требовалось ЗПТ: 2,5% и 1,7% соответственно; были выше относительный риск смерти: 1,398 (95% ДИ 1,179–1,657) и стоимость лечения. Одним из основных факторов риска развития ОПП у пациентов с COVID-19 является ХБП, у этих же пациентов отмечается и более тяжелое течение COVID-19 с неблагоприятным исходом [21, 22]. С другой стороны, у пациентов с COVID-19, которые перенесли ОПП, часто развивается ХБП; так, по данным исследования из Великобритании, через 3 месяца после выписки у 16% пациентов развилось ХБП, 5% требовали проведения ЗПТ при выписке из стационара, госпитальная летальность у пациентов ОПП и COVID-19 составила 31,9%, по сравнению с 14% ($p < 0,001$, статистически значимо) у пациентов без нарушения функции почек [23]. В нашем исследовании ОПП, требующее ЗПТ, развивалось у пациентов 1-й группы, где у 90% пациентов в анамнезе была ХБП.

Для принятия решения о начале ЗПТ у пациента после кардиохирургических вмешательств оценивали клиническое состояние пациента, тяжесть органной дисфункции, уровень уремии, необходимость коррекции метаболизма, нарушений водно-электролитного обмена и кислотно-основного состояния. В последние годы много работ посвящено срокам и показателям, на которые необходимо ориентироваться при начале ЗПТ. По данным исследования STARRT-AKI [24], при сравнении данных группы «раннего» начала ЗПТ и группы «стандартного» начала ЗПТ не было выявлено статистически значимых отличий в 90-дневной летальности: 43,9% и 43,7% соответственно. В группе «раннего» начала ЗПТ отмечалось более короткое время пребывания в ОРИТ, но в ней чаще наблюдались такие осложнения, как гипотония и гипофосфатемия. В то же время, если откладывать начало ЗПТ, то повышается риск неблагоприятного исхода. Так, в исследовании AKIKI-2, при сравнении данных группы с 3-й стадией ОПП с таковыми в группе более позднего начала ЗПТ (мочевина более 50 ммоль/л, SCr — 521 мкмоль/л) мультивариантный анализ показал, что 60-дневная летальность была выше в «поздней» группе: 44% и 55% соответственно [25]. В метаанализе 2021 года [26] «раннее» начало

ЗПТ не сопровождалось разницей в летальности в сопоставлении с данными в группе сравнения: 45,5% и 46,6% соответственно, но в подгруппах хирургических пациентов в ОРИТ и использования ЗПТ «раннее» применение ЗПТ привело к статистически значимому снижению летальности. В нашем исследовании мы начинали применять методы ЗПТ через 2 суток от момента оперативного вмешательства, на 1–2-й стадии ОПП, ориентируясь больше на темп диуреза, уровень гидратации, показатели электролитного баланса и кислотно-основного состояния крови.

«Цитокиновый шторм», наступающий вследствие инфекции SARS-CoV-2, является основным механизмом, ведущим к развитию ОРДС и синдрома полиорганной недостаточности при COVID-19. Для борьбы с «цитокиновым штормом» при COVID-19 используются различные фармакологические препараты, блокирующие медиаторы воспаления. В то же время для элиминации широкого спектра медиаторов воспаления — хемокинов, про- и противовоспалительных цитокинов, PAMP и DAMP молекул — возможно применять ПО и селективную гемосорбцию цитокинов. У пациентов с COVID-19 использование ПО сопровождалось снижением уровня в крови интерлейкина (ИЛ)-6, ИЛ-10 и СРБ [27, 28]. В рандомизированном контролируемом исследовании [29] по применению ПО у пациентов с тяжелым течением COVID-19 (признаки ОРДС в соответствии с Берлинской дефиницией, тяжесть состояния по шкале APACHE II более 20 баллов) выявлено, что в группе с ПО отмечалось статистически значимое снижение длительности ИВЛ, нахождения в ОРИТ, быстрее нормализовалась органная дисфункция. Летальность в группе с ПО составила 20,9% в сопоставлении с 34,1% в группе сравнения, $p = 0,09$, статистически значимо. В опубликованном в 2023 году метаанализе применение гемосорбции цитокинов сопровождалось снижением уровня в крови СРБ, ИЛ-6, госпитальная летальность составила 42,1% [30]. В то же время в недавно опубликованном метаанализе [31] применение селективного гемосорбента цитокинов CytoSorb (CytoSorbents Corporation, США) не сопровождалось улучшением выживаемости как в общей группе пациентов: ОР=1,07 (0,88; 1,31), так и в подгруппах с сепсисом ОР=0,98 (0,74; 1,31); на фоне сердечно-сосудистой хирургии: ОР=0,91 (0,74; 1,31); с COVID-19 ОР=1,58 (0,50; 4,94). Не было статистически значимого изменения после сеансов гемоперфузии уровня лактата, ИЛ-6, как и различий в длительности нахождения в ОРИТ. Авторы считают, что необходимы дальнейшие исследования для выявления тех пациентов, которым процедуры селективной сорбции цитокинов будут показаны. В нашем исследовании своевременное использование комбинации методов ЗПТ и ЭКГК позволило остановить прогрессирование «цитокинового шторма» и полиорганной дисфункции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты подтверждают необходимость учета факторов риска развития острого почечного повреждения у пациентов с COVID-19, перенесших операцию на сердце в условиях искусственного кровообращения, постоянного мониторинга уровня в крови сывороточного креатинина и темпа диуреза для выявления ранних признаков развития острого почечного повреждения и для принятия своевременного решения о начале заместительной почечной терапии.

Своевременное применение методов экстракорпоральной гемокоррекции и заместительной почечной терапии препятствует прогрессированию цитокинового шторма и синдрома полиорганной недостаточности.

ВЫВОДЫ

1. У пациентов с COVID-19, которым требуется выполнение кардиохирургических вмешательств, развитие острого почечного повреждения ухудшает прогноз заболевания и сопровождается статистически значимым увеличением длительности искусственной вентиляции легких (медиана 3,2 дня по сравнению с 1,0 днем во 2-й группе) и периода нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии — 16,5 дня и 9 дней соответственно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Battle D, Soler MJ, Sparks MA, Hiremath S, South AM, Welling PA, et al. Acute kidney injury in COVID-19: emerging evidence of a distinct pathophysiology. *J Am Soc Nephrol.* 2020;31(7):1380–1383. PMID: 32366514 <https://doi.org/10.1681/ASN.2020040419>
- Gagliardi I, Patella G, Michael A, Serra R, Provenzano M, Andreucci M. COVID-19 and the kidney: from epidemiology to clinical practice. *J Clin Med.* 2020;9(8):2506. PMID: 32759645 <https://doi.org/10.3390/jcm9082506>
- Fisher M, Neugarten J, Bellin E, Yunes M, Stahl L, Johns TS, et al. AKI in Hospitalized Patients with and without COVID-19: A Comparison Study. *J Am Soc Nephrol.* 2020;31(9):2145–2157. PMID: 32669322 <https://doi.org/10.1681/ASN.2020040509>
- Ouyang L, Gong Y, Zhu Y, Gong J. Association of acute kidney injury with the severity and mortality of SARS-CoV-2 infection: A meta-analysis. *Am J Emerg Med.* 2021;43:149–157. PMID: 33046323 <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.08.089>
- Gabarre P, Dumas G, Dupont T, Darmon M, Azoulay E, Zafrani L. Acute kidney injury in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1339–1348. PMID: 32533197 <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06153-9>
- Wang K, Chen W, Zhou Y-S, Lian J-Q, Zhang Z, Du P, et al. SARS-CoV-2 invades host cells via a novel route: CD147-spike protein. *BioRxiv. The preprint server for biology.* 2021. <https://doi.org/10.1101/2020.03.14.988345> Available at: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.03.14.988345v1.full> [Accessed 11 Jul 2023]
- Vinayagam S, Sattu K. SARS-CoV-2 and coagulation disorders in different organs. *Life Sci.* 2020;260:118431. PMID: 32946915 <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118431>
- Faour WH, Choaib A, Issa E, Choueiry FE, Shbaklo K, Alhaji M, et al. Mechanisms of COVID-19-induced kidney injury and current pharmacotherapies. *Inflamm Res.* 2022;71(1):39–56. PMID: 34802072 <https://doi.org/10.1007/s00011-021-01520-8>
- Gaudino M, Chikwe J, Hameed I, Robinson NB, Fremes SE, Ruel M. Response of cardiac surgery units to COVID-19: an internationally-based quantitative survey. *Circulation.* 2020;142(3):300–302. PMID: 32392425 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047865>
- Gupta AK, Leslie A, Hewitt JN, Kovoor JG, Ovenden CD, Edwards S, et al. Cardiac surgery on patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *ANZ J Surg.* 2022;92(5):1007–1014. PMID: 35373439 <https://doi.org/10.1111/ans.17667>
- 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. PMID: 26482484 <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2015.06.017>
- Vandenbergh W, Gevaert S, Kellum JA, Bagshaw SM, Peperstraete H, Herck I, et al. Acute kidney injury in cardiorenal syndrome type 1 patients: a systematic review and meta-analysis. *Cardiorenal Med.* 2016;6(2):116–128. PMID: 26989397 <https://doi.org/10.1159/000442300>
- Yu Y, Li C, Zhu S, Jin L, Hu Y, Ling X, et al. Diagnosis, pathophysiology and preventive strategies for cardiac surgery-associated acute kidney injury: a narrative review. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):45. PMID: 36694233 <https://doi.org/10.1186/s40001-023-00990-2>
- Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции. (COVID-19). Версия 16 (18.08.2022). URL: <https://cdn.stopcoronavirus.ru/ai/doc/1467/attach/minsdraiv.180822-cov.pdf> [Дата обращения 13 мая 2024 г.]
- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2(1Suppl):4–138.
- Nadim MK, Forni LG, Mehta RL, Connor MJ Jr, Liu KD, Ostermann M, et al. COVID-19-associated acute kidney injury: consensus report of the 25th Acute Disease Quality Initiative (ADQI) Workgroup. *Nat Rev Nephrol.* 2020;16(12):747–764. PMID: 33060844 <https://doi.org/10.1038/s41581-020-00356-5>
- Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818–829. PMID: 3928249
- Nashef SA, Roques F, Michel F, Gauducheau E. European system for cardiac operative risk evaluation. *Europ J Cardiothorac Surg.* 1999;16(1):9–13. PMID: 10456395 [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(99\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(99)00134-7)
- Moosdorf R. Cardiac surgery during the COVID-19 pandemic. *Herz.* 2023;48(3):223–225. PMID: 37097474 <https://doi.org/10.1007/s00059-023-05175-5>
- Kaplan EF, Strobel RJ, Young AM, Wisniewski AM, Ahmad RM, Mehaffey JH, et al. Cardiac Surgery Outcomes During the COVID-19 Pandemic Worsened Across All Socioeconomic Statuses. *Ann Thorac Surg.* 2023;115(6):1511–1518. PMID: 36696937 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2022.12.042>
- Kellum J.A., Till O.V., Mulligan G. Targeting acute kidney injury in COVID-19. *Nephrol Dial Transplant.* 2020;35(10):1652–1662. PMID: 33022712 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaa231>
- Geetha D, Kronbichler A, Rutter M, Bajpai D, Menez S, Weissenbacher A, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on the kidney community: lessons learned and future directions. *Nat Rev Nephrol.* 2022;18(11):724–737. PMID: 36002770 <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00618-4>
- Lumlertgul N, Pirondini L, Cooney E, Kok W, Gregson J, Camporota L, et al. Acute kidney injury prevalence, progression and long-term outcomes in critically ill patients with COVID-19: a cohort study. *Ann Intensive Care.* 2021;11(1):123. PMID: 34357478 <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00914-5>
- Bagshaw SM, Wald R, Adhikari NKJ, Bellomo R, da Costa BR, Dreyfuss D, et al. Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury. *N Engl J Med.* 2020;383(3):240–251. PMID: 32668114 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2000741>
- Gaudry S, Hajage D, Martin-Lefevre L, Lebbah S, Louis G, Moschietto S, et al. Comparison of two delayed strategies for renal replacement therapy initiation for severe acute kidney injury (AKIKI 2): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial. *Lancet.* 2021;397(10281):1293–1300. PMID: 33812488 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00350-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00350-0)
- Pan HC, Chen YY, Tsai JJ, Shiao CC, Huang TM, Chan CK, et al. Accelerated versus standard initiation of renal replacement therapy for critically ill patients with acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis of RCT studies. *Crit Care.* 2021;25(1):5. PMID: 33402204 <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03434-z>
- Luo S, Yang L, Wang C, Liu C, Li D. [Clinical observation of 6 severe COVID-19 patients treated with plasma exchange or tocilizumab]. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2020;49(2):227–231. [Article in Chinese] PMID: 32391669 <https://doi.org/10.3785/j.issn.1008-9292.2020.03.06>
- Gluck WL, Callahan SP, Brevetta RA, Stenbit AE, Smith WM, Martin JC, Blenda AV, Arce S, Edenfield WJ. Efficacy of therapeutic plasma exchange in the treatment of penn class 3 and 4 cytokine release syndrome complicating COVID-19. *Respir Med.* 2020;175:106188. PMID: 33190086 <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106188>
- Faqihi F, Alharthy A, Abdulaziz S, Balhamar A, Alomari A, AlAseri Z, et al. Therapeutic plasma exchange in patients with life-threatening COVID-19: a randomised controlled clinical trial. *Int J Antimicrob Agents.* 2021;57(5):106334. PMID: 33838224 <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2021.106334>

30. Wei S, Zhang Y, Zhai K, Li J, Li M, Yang J, et al. CytoSorb in patients with coronavirus disease 2019: A rapid evidence review and meta-analysis. *Front Immunol.* 2023;14:1067214. PMID: 36798138 <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1067214>

REFERENCES

- Battle D, Soler MJ, Sparks MA, Hiremath S, South AM, Welling PA, et al. Acute kidney injury in COVID-19: emerging evidence of a distinct pathophysiology. *J Am Soc Nephrol.* 2020;31(7):1380–1383. PMID: 32366514 <https://doi.org/10.1681/ASN.2020040419>
- Gagliardi I, Patella G, Michael A, Serra R, Provenzano M, Andreucci M. COVID-19 and the kidney: from epidemiology to clinical practice. *J Clin Med.* 2020;9(8):2506. PMID: 32759645 <https://doi.org/10.3390/jcm9082506>
- Fisher M, Neugarten J, Bellin E, Yunes M, Stahl L, Johns TS, et al. AKI in Hospitalized Patients with and without COVID-19: A Comparison Study. *J Am Soc Nephrol.* 2020;31(9):2145–2157. PMID: 32669322 <https://doi.org/10.1681/ASN.2020040509>
- Ouyang L, Gong Y, Zhu Y, Gong J. Association of acute kidney injury with the severity and mortality of SARS-CoV-2 infection: A meta-analysis. *Am J Emerg Med.* 2021;43:149–157. PMID: 33046323 <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.08.089>
- Gabarre P, Dumas G, Dupont T, Darmon M, Azoulay E, Zafrani L. Acute kidney injury in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1339–1348. PMID: 32533197 <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06153-9>
- Wang K, Chen W, Zhou Y-S, Lian J-Q, Zhang Z, Du P, et al. SARS-CoV-2 invades host cells via a novel route: CD147-spike protein. *BioRxiv. The preprint server for biology.* 2021. <https://doi.org/10.1101/2020.03.14.988345> Available at: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.03.14.988345v1.full> [Accessed 11 Jul 2023]
- Vinayagam S, Sattu K. SARS-CoV-2 and coagulation disorders in different organs. *Life Sci.* 2020;260:118431. PMID: 32946915 <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118431>
- Faour WH, Choaib A, Issa E, Choueiry FE, Shbaklo K, Alhaji M, et al. Mechanisms of COVID-19-induced kidney injury and current pharmacotherapies. *Inflamm Res.* 2022;71(1):39–56. PMID: 34802072 <https://doi.org/10.1007/s00011-021-01520-8>
- Gaudino M, Chikwe J, Hameed I, Robinson NB, Fremes SE, Ruel M. Response of cardiac surgery units to COVID-19: an internationally-based quantitative survey. *Circulation.* 2020;142(3):300–302. PMID: 32392425 <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047865>
- Gupta AK, Leslie A, Hewitt JN, Kovoor JG, Ovenden CD, Edwards S, et al. Cardiac surgery on patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *ANZ J Surg.* 2022;92(5):1007–1014. PMID: 35373439 <https://doi.org/10.1111/ans.17667>
- 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. PMID: 26482484 <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2015.06.017>
- Vandenbergh W, Gevaert S, Kellum JA, Bagshaw SM, Peperstraete H, Herck I, et al. Acute kidney injury in cardiorenal syndrome type 1 patients: a systematic review and meta-analysis. *Cardiorenal Med.* 2016;6(2):116–128. PMID: 26989397 <https://doi.org/10.1159/000442300>
- Yu Y, Li C, Zhu S, Jin L, Hu Y, Ling X, et al. Diagnosis, pathophysiology and preventive strategies for cardiac surgery-associated acute kidney injury: a narrative review. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):45. PMID: 36694233 <https://doi.org/10.1186/s40001-023-00990-2>
- Vremennye metodicheskie rekomendatsii. Profilaktika, diagnostika i lechenie novoy koronavirusnoy infektsii. (COVID-19). Versiya 16 (18.08.2022). (in Russ.). Available at: https://cdn.stopcoronavirus.ru/ai/doc/1467/attach/minsdrav_180822-cov.pdf [Accessed May 13, 2024]
- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl.* 2012;2(1Suppl):4–138.
- Nadim MK, Forni LG, Mehta RL, Connor MJ Jr, Liu KD, Ostermann M, et al. COVID-19-associated acute kidney injury: consensus report of the 25th Acute Disease Quality Initiative (ADQI) Workgroup. *Nat Rev Nephrol.* 2020;16(12):747–764. PMID: 33060844 <https://doi.org/10.1038/s41581-020-00356-5>
- Becker S, Lang H, Barbosa CV, Tian Z, Melk A, Schmidt BMW. Efficacy of CytoSorb®: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2023;27(1):215. PMID: 37259160 <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04492-9>
- Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818–829. PMID: 3928249
- Nashef SA, Roques F, Michel F, Gauducheau E. European system for cardiac operative risk evaluation. *Europ J Cardiothorac Surg.* 1999;16(1):9–13. PMID: 10456395 [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(99\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(99)00134-7)
- Moosdorf R. Cardiac surgery during the COVID-19 pandemic. *Herz.* 2023;48(3):223–225. PMID: 37097474 <https://doi.org/10.1007/s00059-023-05175-5>
- Kaplan EF, Strobel RJ, Young AM, Wisniewski AM, Ahmad RM, Mehaffey JH, et al. Cardiac Surgery Outcomes During the COVID-19 Pandemic Worsened Across All Socioeconomic Statuses. *Ann Thorac Surg.* 2023;115(6):1511–1518. PMID: 36696937 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2022.12.042>
- Kellum J.A., Till OV, Mulligan G Targeting acute kidney injury in COVID-19. *Nephrol Dial Transplant.* 2020;35(10):1652–1662. PMID: 33022712 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaa231>
- Geetha D, Kronbichler A, Rutter M, Bajpai D, Menez S, Weissenbacher A, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on the kidney community: lessons learned and future directions. *Nat Rev Nephrol.* 2022;18(11):724–737. PMID: 36002770 <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00618-4>
- Lumlertgul N, Pirondini L, Cooney E, Kok W, Gregson J, Camporota L, et al. Acute kidney injury prevalence, progression and long-term outcomes in critically ill patients with COVID-19: a cohort study. *Ann Intensive Care.* 2021;11(1):123. PMID: 34357478 <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00914-5>
- Bagshaw SM, Wald R, Adhikari NKJ, Bellomo R, da Costa BR, Dreyfuss D, et al. Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury. *N Engl J Med.* 2020;383(3):240–251. PMID: 32668114 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2000741>
- Gaudry S, Hajage D, Martin-Lefevre L, Lebbah S, Louis G, Moschietto S, et al. Comparison of two delayed strategies for renal replacement therapy initiation for severe acute kidney injury (AKIKI 2): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial. *Lancet.* 2021;397(10281):1293–1300. PMID: 33812488 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00350-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00350-0)
- Pan HC, Chen YY, Tsai IJ, Shiao CC, Huang TM, Chan CK, et al. Accelerated versus standard initiation of renal replacement therapy for critically ill patients with acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis of RCT studies. *Crit Care.* 2021;25(1):5. PMID: 33402204 <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03434-z>
- Luo S, Yang L, Wang C, Liu C, Li D. [Clinical observation of 6 severe COVID-19 patients treated with plasma exchange or tocilizumab]. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2020;49(2):227–231. [Article in Chinese] PMID: 32391669 <https://doi.org/10.3785/j.issn.1008-9292.2020.03.06>
- Gluck WL, Callahan SP, Brevetta RA, Stenbit AE, Smith WM, Martin JC, Blenda AV, Arce S, Edenfield WJ. Efficacy of therapeutic plasma exchange in the treatment of penn class 3 and 4 cytokine release syndrome complicating COVID-19. *Respir Med.* 2020;175:106188. PMID: 33190086 <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106188>
- Faqihi F, Alharthy A, Abdulaziz S, Balhamar A, Alomari A, Alaseri Z, et al. Therapeutic plasma exchange in patients with life-threatening COVID-19: a randomised controlled clinical trial. *Int J Antimicrob Agents.* 2021;57(5):106334. PMID: 33838224 <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2021.106334>
- Wei S, Zhang Y, Zhai K, Li J, Li M, Yang J, et al. CytoSorb in patients with coronavirus disease 2019: A rapid evidence review and meta-analysis. *Front Immunol.* 2023;14:1067214. PMID: 36798138 <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1067214>
- Becker S, Lang H, Barbosa CV, Tian Z, Melk A, Schmidt BMW. Efficacy of CytoSorb®: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2023;27(1):215. PMID: 37259160 <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04492-9>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бердников Геннадий Анатольевич

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-3726-3256>, polina1905@yandex.ru;

30%: разработка дизайна исследования; отбор пациентов для проведения методов заместительной терапии, выполнение процедур, анализ результатов, статистическая обработка данных; написание рабочего варианта статьи

Рей Сергей Игоревич

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0001-7802-2283>, fanwal@mail.ru;

30%: анализ литературы для обоснования актуальности и обсуждения; отбор пациентов для проведения методов заместительной терапии, выполнение процедур, анализ результатов, статистическая обработка данных; написание рабочего варианта статьи

Сагиров Марат Анварович

кандидат медицинских наук, заведующий научным отделением неотложной кардиохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-2971-9188>, sagirovm@gmail.com;

10%: определение лечебной тактики в послеоперационном периоде, обработка результатов

Селяев Владислав Сергеевич

младший научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии, вспомогательного кровообращения и трансплантации сердца ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-6989-831X>, sel-vlad-serg@mail.ru;

10%: проверка критически важного содержания, редактирование текста

Ковалев Алексей Иванович

кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии, вспомогательного кровообращения и трансплантации сердца ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0001-9366-3927>, aleksey.kovaliov@gmail.com;

10%: проверка критически важного содержания, редактирование текста

Косолапов Денис Александрович

заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии для кардиохирургических больных ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-6655-1273>, kosolapovda@sklif.mos.ru;

10%: определение лечебной тактики в послеоперационном периоде, обработка результатов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Acute Kidney Injury in Patients with Novel Coronavirus Infection COVID-19 After Cardiac Surgery

G.A. Berdnikov , **S.I. Rey**, **M.A. Sagirov**, **V.S. Selyaev**, **A.I. Kovalev**, **D.A. Kosolapov**

Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care
 N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine
 Bolshaya Sukharevskaya Sq. 3, Moscow, Russian Federation 129090

✉ **Contacts:** Gennadii A. Berdnikov, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: polina1905@yandex.ru

RELEVANCE The novel coronavirus (SARS-CoV2) infection (COVID-19) was first identified in China and quickly spread throughout the world, becoming a public health emergency. Acute kidney injury (AKI) occurs in 8–60% of patients with COVID-19 and is associated with significant mortality, especially in patients requiring renal replacement therapy (RRT).

Identification of risk factors for the development of AKI, analysis of the course of this life-threatening condition, study of the use of RRT and extracorporeal hemocorrection (EHC) in patients with COVID-19 after cardiac surgery is of significant interest.

AIM OF THE STUDY To identify risk factors for the development of AKI, assess the incidence of complications and treatment outcomes in patients with COVID-19 after cardiac surgery. To study the experience of using RRT and EHC methods.

MATERIAL AND METHODS We examined 23 patients with a confirmed diagnosis of COVID-19 who were treated in the Infectious Diseases Department of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine in 2021. Of these, 19 were men (82.6%), and 4 – women (17.4%). The mean age of the patients was 42 years. All the patients required emergency cardiac surgery. Depending on the development of AKI, which required the use of RRT and EHC methods, patients were divided into two groups: in 10 patients with the development of AKI and multiple organ dysfunction, the use of RRT and EHC methods was required (group 1); in 13 patients without AKI, standard therapy was used (group 2). Twenty-two patients underwent surgery using cardiopulmonary bypass (CPB), and 1 – without CPB. Indications for the use of RRT and EHC methods in the patients were the development of AKI, including against the background of chronic kidney disease, in accordance with the KDIGO-2012 criteria, as well as sepsis, septic shock, acute respiratory distress syndrome, water-electrolyte imbalance, acid-base imbalance, systemic inflammation and "cytokine storm".

CONCLUSIONS 1. In patients with COVID-19 who require cardiac surgery, the development of acute kidney injury worsens the prognosis of the disease and is accompanied by a statistically significant increase in the duration of mechanical ventilation, the median was 3.2 days compared to 1.0 day in group 2, and the period of stay in the intensive care unit was 16.5 days and 9 days, respectively.

2. Mortality was 30% in group 1, and 15% in group 2, $p=0.475$; in patients with acute kidney injury, there was a tendency towards a more frequent development of postoperative complications – thus, acute cerebrovascular accident occurred in 20% and 7.7% of cases, anemia – in 80% and 53.3%, respectively, while mediastinal hematoma developed in 20% of patients in group 1 only.

3. Risk factors for the development of acute kidney injury in the postoperative period were elevated urea levels and a history of chronic kidney disease. In patients of group 1, the level of intraoperative blood loss was 41.7% higher than in group 2, but the differences were not statistically significant.

Keywords: acute kidney injury, renal replacement therapy, novel coronavirus infection COVID-19, cardiac surgery, methods of extracorporeal hemocorrection

For citation Berdnikov GA, Rey SI, Sagirov MA, Selyaev VS, Kovalev AI, Kosolapov DA. Acute Kidney Injury in Patients with Novel Coronavirus Infection COVID-19 After Cardiac Surgery. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2024;13(2):186–195. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-2-186-195> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Gennadii A. Berdnikov	Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-3726-3256 ; polina1905@yandex.ru; 30%, research design development; selection of patients for replacement therapy methods, implementation of procedures, analysis of results, statistical data processing, writing a working version of the article
Sergey I. Rey	Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-7802-2283 , fanwal@mail.ru; 30%, literature analysis to justify relevance and discussion. Selection of patients for replacement therapy methods, implementation of procedures, analysis of results, statistical data processing, writing a working version of the article
Marat A. Sagirov	Candidate of Medical Sciences, Head, Scientific Department of Emergency Cardiac Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-2971-9188 , sagirovm@gmail.com; 10%, determination of treatment tactics in the postoperative period, processing of the results
Vladislav S. Selyaev	Junior Researcher, Department of Emergency Cardiac Surgery, Assisted Circulation and Heart Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-6989-831X , sel-vlad-serg@mail.ru; 10%, critical content reviewing, text editing
Aleksey I. Kovalev	Candidate of Medical Sciences, Researcher, Department of Emergency Cardiac Surgery, Assisted Circulation and Heart Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-9366-3927 , aleksey.kovaliov@gmail.com; 10%, critical content reviewing, text editing
Denis A. Kosolapov	Head, Department of Reanimation and Intensive Care for Cardiac Surgery Patients, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-6655-1273 , kosolapovda@sklif.mos.ru; 10%, determination of treatment tactics in the postoperative period, processing of the results

Received on 31.07.2023

Review completed on 12.10.2023

Accepted on 26.03.2024

Поступила в редакцию 31.07.2023

Рецензирование завершено 12.10.2023

Принята к печати 26.03.2024