

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-2662>

Кузьмичкина Мария Анатольевна, e-mail: kuzmariakuz@gmail.com.

Влияние новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на осложнения после хирургической реваскуляризации миокарда (обзор литературы)

Кузьмичкина М.А., Кавешников В.С.

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (НИИ кардиологии Томского НИМЦ), 634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

Аннотация

Пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19) оказала значимое влияние не только на систему здравоохранения в целом, но и на количество операций хирургической реваскуляризации миокарда. COVID-19, являясь тяжелым заболеванием с высокой летальностью, сказывался на частоте возникновения послеоперационных осложнений при коронарном шунтировании (КШ). Изучение исследований, основанных на анализе течения послеоперационного периода при КШ и COVID-19, позволило выявить наиболее частые осложнения. Помимо увеличения смертности у больных с COVID-19 в послеоперационном периоде пневмонии и инсульты наблюдались чаще по сравнению с пациентами, перенесшими КШ, но не заболевшими COVID-19. В статье представлены результаты работ по изучению особенностей течения послеоперационного периода на фоне заболевания COVID-19 в различные сроки в зависимости от оперативного вмешательства.

Ключевые слова: коронарное шунтирование; COVID-19; новая коронавирусная инфекция; пандемия; осложнения коронарного шунтирования; инсульт; фибрилляция предсердий; пневмония; смертность; инфекция грудины.

Финансирование: исследование не имело дополнительного финансирования.

Для цитирования: Кузьмичкина М.А., Кавешников В.С. Влияние новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на осложнения после хирургической реваскуляризации миокарда (обзор литературы). *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2025;40(4):

Impact of novel coronavirus infection (COVID-19) on complications following surgical myocardial revascularization (literature review)

Kuzmichkina M.A., Kaveshnikov V.S.

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC), 111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

Abstract

The novel coronavirus infection has had a significant impact not only on the healthcare system as a whole, but also on the number of surgical myocardial revascularization procedures. COVID-19, being a severe disease with high mortality, has affected the incidence of postoperative complications in coronary artery bypass grafting (CABG). A study of research based on the analysis of the postoperative course of CABG and COVID-19 revealed the most common complications. Against the background of an increase in mortality after CABG operations, pneumonia and stroke were more often observed compared to patients who underwent CABG but did not develop COVID-19. The article presents the results of studies on the features of the course of the postoperative period against the background of COVID-19 at different times relative to surgery.

Keywords: coronary artery bypass grafting; COVID-19; coronavirus infection; pandemic; coronary artery bypass grafting complications; stroke; atrial fibrillation; pneumonia; mortality; sternal infection.

Funding: the study was carried out without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations and structures.

For citation: Kuzmichkina M.A., Kaveshnikov V.S. Impact of novel coronavirus infection (COVID-19) on complications following surgical myocardial revascularization (literature review). *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(4):

Цель обзора: обобщение современных научных данных, посвященных проблеме выполнения хирургической реваскуляризации миокарда среди пациентов, ранее перенесших, страдающих или заболевших в послеоперационном периоде COVID-19. Статья призвана ознакомить кардиологов, терапевтов с новыми научными исследованиями.

Методология поиска

Методология научного поиска сводилась к анализу результатов исследований по тематике обзора, доступных на электронных ресурсах PubMed, Scopus, Web of Science и e-Library. Критериями отбора исследований стали соответствие теме обзора, информационная ценность, научная новизна. Предпочтительными языками были русский и английский. Ключевыми словами для поиска литературных источников являлись следующие: коронарное шунтирование, COVID-19, пандемия, осложнения коронарного шунтирования, инсульт, фибрилляция предсердий, пневмония, смертность, инфекция грудины. Всего было проанализировано 86 статей.

Пандемия коронавирусной инфекции оказала серьезное влияние на течение сердечно-сосудистых заболеваний [1–3]. В период пандемии возникла чрезвычайная нагрузка на систему здравоохранения с последующей потребностью в перепрофилировании медицинских учреждений. Снижение количества кардиохирургических центров и выполняемых операций коронарного шунтирования (КШ), невозможность полностью прекратить выполнение КШ в период пандемии, а также увеличение доли экстренных операций по поводу острого коронарного синдрома, требовавших выполнения именно КШ, привели к увеличению смертности и частоты послеоперационных осложнений. Повсеместно

происходила отмена плановых операций или их отсрочка в тех случаях, когда это было возможно [4–6]. Возник вопрос об оценке частоты развития послеоперационных осложнений среди лиц, ранее перенесших, страдающих или заболевших в послеоперационном периоде COVID-19.

При наличии коморбидного фона увеличивалась вероятность летального исхода среди больных COVID-19 [7, 8]. У больных COVID-19 отмечалась высокая частота хронических сердечно-сосудистых заболеваний, в результате чего возникла проблема более тяжелого течения инфекции у данной когорты пациентов [9–11].

Уровень смертности среди больных COVID-19 при хирургических вмешательствах

В хирургической практике в целом на фоне пандемии COVID-19 зарегистрирован значительный рост числа периоперационных осложнений и летальности. В 2020 г., по данным международного многоцентрового когортного исследования, наблюдалось увеличение смертности среди пациентов, которым было проведено любое хирургическое лечение с подтвержденным COVID-19 за 7 дней до или в течение 30 дней после операции. Инфекция SARS-CoV-2 была подтверждена до операции у 294 (26,1%) пациентов. Смертность в течение 30 дней составила 23,8% (268 из 1128) [12]. Почти в 3 раза смертность была выше у пациентов в возрасте 70 лет и старше, чем у пациентов моложе 70 лет (33,7 против 13,9%, $p < 0,0001$). При экстренных вмешательствах смертность была выше по сравнению с плановыми операциями (25,6 против 18,9%, $p = 0,023$). Китайскими исследователями установлено, что смертность среди больных COVID-19, перенесших различные операции, составляла 20,6%, что выше, чем среди пациентов без COVID-19 [13]. По данным метаанализа (2024), было показано, что риск смертности хирургических пациентов с COVID-19 был в 9 раз выше, чем без COVID-19 (отношение рисков - 8,99; 95% доверительный интервал; 4,96-16,32) [14].

На сегодняшний день в научной литературе недостаточно данных об оценке риска развития осложнений среди пациентов с COVID-19, подвергшихся кардиохирургическому вмешательству. Ситуация осложняется отсутствием единых протоколов ведения пациентов с потребностью в неотложном кардиохирургическом вмешательстве при COVID-19 [15]. В начале пандемии смертность среди лиц с COVID-19, перенесших кардиохирургические вмешательства, достигала 44% [16]. Согласно другим источникам, общая смертность составляла 16,6-24,8% [17-26]. Высокие показатели смертности были отмечены по всем хирургическим направлениям.

Из кардиохирургических вмешательств особый интерес представляют данные относительно послеоперационных осложнений у пациентов при КШ, поскольку данный вид операций является наиболее частым.

Осложнения коронарного шунтирования при коронавирусной инфекции

На фоне уменьшения общего количества выполняемых операций КШ в период пандемии COVID-19 наблюдался рост частоты осложнений [27].

По данным Алтайского краевого кардиологического диспансера (Барнаул), было обследовано 60 пациентов с запланированным КШ, из них 30 пациентов с перенесенным COVID-19 (первая группа) и 30 пациентов – без COVID-19 (вторая группа). Примечательно, что группы значительно различались по следующим параметрам: индекс Syntax SCORE исходно был выше у пациентов с перенесенным COVID-19, чем без COVID-19 в анамнезе – 25,55 против 21,62 соответственно ($p = 0,03$), длительность искусственного кровообращения (ИК) у пациентов первой группы – 1,51 против 0,87 ч соответственно ($p = 0,008$), гидроперикард в первой группе был выявлен у 4 пациентов против 0 во второй ($p = 0,04$), фибрилляция предсердий (ФП) в первой группе наблюдалась чаще, чем во второй – 11 (36,6%) против 6 (20%) соответственно ($p = 0,19$) [28]. Несмотря на то, что нарушения ритма развивались чаще других осложнений, статистически значимых различий по частоте развития ФП между группами выявлено не было. Согласно результатам другой работы отечественных исследователей, летальность

среди пациентов, подвергнутых КШ, составила 16%. Данный показатель был определен среди 19 больных, прооперированных в 2020 г. в Самарском областном клиническом кардиологическом диспансере им. В.П. Полякова, у которых ранний послеоперационный период осложнился развитием COVID-19 [29]. Результаты российских авторов подтверждают данные мировой литературы, свидетельствующие о высокой смертности среди пациентов с COVID-19, перенесших КШ.

Индийскими учеными были представлены результаты 11 клинических случаев выполнения КШ среди лиц, недавно перенесших COVID-19, причем эти пациенты прошли вакцинацию (COVISHIELD™ производства Serum Institute of India Pvt. Ltd). Отмечается, что этим пациентам выполнялось оперативное вмешательство без применения ИК с целью снижения частоты его негативных влияний. При этом смертность достигала 9,09%. Все пациенты в дооперационном периоде перенесли COVID-19 в легкой форме. У единственного умершего пациента с предшествующим инсультом в анамнезе в послеоперационном периоде произошел инсульт. Из развившихся послеоперационных осложнений среди выживших пациентов авторы отмечают один случай ФП [30].

Вызывают интерес результаты работы американских ученых. Крупномасштабная национальная централизованная база США включает данные медицинских карт всех пациентов, прошедших тестирование на COVID-19 по всей стране (более 15 млн пациентов) [31]. По данным источника, КШ было выполнено в 39 393 случаях. Для анализа было отобрано 16 747 случаев с наличием показаний для срочного или экстренного КШ, сформировано 3 группы: COVID-негативные (отрицательный ПЦР-тест до КШ) пациенты ($n = 16252$), COVID-активные (положительный тест ≤ 2 нед. до КШ) ($n = 127$), COVID-выздоровливающие (положительный тест > 2 нед. до КШ) ($n = 367$). Оценивали продолжительность госпитализации, смертность (госпитальная, 30- и 90-дневная после перенесенного КШ), почечное повреждение, инфекцию, цереброваскулярные события, кровотечение, пневмонию, развившиеся в период 30 или 90 дней после КШ. Не было выявлено различий в продолжительности

госпитализации между группой COVID-активных пациентов по сравнению с остальными группами. У COVID-активных пациентов наблюдалась более высокая смертность во всех периодах наблюдения (внутрибольничная, 30- и 90-дневная) ($p < 0,01$). В данной группе чаще выявлялась пневмония в 30- и 90-дневные сроки в сравнении с COVID-негативной группой ($p < 0,01$). У COVID-выздоровливающих пациентов в 30- и 90-дневные периоды чаще, чем в других группах отмечались нарушения функции почек ($p < 0,05$). Межгрупповых различий по частоте возникновения инфекционных осложнений или нарушений мозгового кровообращения выявлено не было [31]. Авторы делают вывод, что не было установлено различий в смертности между COVID-негативной группой и группой с неплановым КШ в период до пандемии COVID-19. Это свидетельствует о том, что изменения в процессах оказания помощи во время пандемии не вызвали негативных изменений результатов лечения, когда КШ выполнялось внепланово. Также важным моментом явилось то, что уровень смертности у пациентов, переболевших COVID-19 более чем за 2 нед. до КШ, составлявший 2,8% в стационаре и 3,8% в 90-дневный период, не отличался от данного показателя у COVID-негативных пациентов [31]. Таким образом, лица, страдающие COVID-19 на момент выполнения КШ, являются группой высокого риска.

Высокая смертность (46,7%) также была отмечена бразильскими учеными, продемонстрировавшими, что у пациентов, подвергшихся КШ и перенесших COVID-19, риск смертности был в 11 раз выше по сравнению с группой пациентов, не страдавших COVID-19, перенесших только КШ (95% доверительный интервал; 2,2–54,9; $p < 0,003$) [32]. Сравнивая частоту развития послеоперационных осложнений у пациентов, страдавших COVID-19, с лицами без COVID-19, авторы указывают на увеличение частоты пневмоний (40%, $p < 0,01$), тромбоэмболических осложнений, в частности тромбоэмболии легочной артерий (13,3%, $p < 0,01$), острой ишемии конечностей (13,3%, $p < 0,01$). Более высокий процент инсульта определялся у пациентов с COVID-19 (6,7%), хотя значимого уровня он не достигал ($p = 0,315$) [32].

В другой работе бразильских авторов оценивались результаты КШ и осложнения в зависимости от срока заболевания COVID-19 [33]. Описаны случаи проведения хирургической реваскуляризации на фоне COVID-19 у пациентов с острым коронарным синдромом. Среди пациентов было выделено 3 группы: группа 1 ($n = 6$) – пациенты с наличием положительного результата ПЦР не менее чем за 2 нед. до КШ или до полного разрешения клинических симптомов, группа 2 ($n = 3$) – оперированные пациенты во время активной инфекции, группа 3 ($n = 4$) – заболевшие пациенты через несколько дней после КШ. Установлено, что среди пациентов, заболевших COVID-19 после перенесенного КШ (группа 3), не было летальных исходов. Средние сроки до заболевания COVID-19 составили 8,5 дня после КШ. Среди послеоперационных осложнений в данной группе были установлены тромбоэмболия легочной артерии ($n = 1$) и кровотечение с потребностью переливания тромбоцитарной массы ($n = 2$). В группе пациентов с перенесенным COVID-19 до КШ (группа 1) один пациент скончался от септического шока, второй пациент – от тяжелой энцефалопатии. В послеоперационном периоде у троих человек были зарегистрированы ФП, наджелудочковая тахикардия, кровотечение с переливанием тромбоцитарной массы, септический шок. Заместительная почечная терапия была проведена одному пациенту. Троим пациентам КШ было выполнено в активной стадии инфекции. Одному из них потребовалось выполнение внутриаортальной баллонной контрпульсации, в последующем этот пациент умер. Из послеоперационных осложнений в данной группе был зарегистрирован септический шок, двоим проводилась заместительная почечная терапия [33]. Таким образом, уровень смертности среди всех трех групп составил 23%, что в целом согласуется с результатами других работ [30]. Среди всех трех групп не выявлено изменений частоты других послеоперационных осложнений, что, возможно, связано с малочисленностью групп.

В Иране ретроспективное когортное исследование включало 62 пациента с подтвержденной инфекцией COVID-19 в течение 14 дней до КШ; контрольная группа состояла из 109 прооперированных пациентов [34]. Статистически

значимых различий в показателях смертности в 30-дневный период выявлено не было (11,3 и 8,3% соответственно). В послеоперационном периоде инсульты в COVID-положительной группе случались чаще – в 12,9 против 5,5% случаев в контрольной группе. Значительная разница была установлена при возникновении ФП у COVID-инфицированных пациентов – 25,8 против 9,2% у COVID-19-негативных лиц. Плевральный и перикардальный выпот был зарегистрирован у 40 и 8,1% пациентов с COVID-19 соответственно, у пациентов без COVID-19 – в 24,8 и 2,8% случаев соответственно. Однако эта разница была значимой только для плеврального выпота. Тяжелые осложнения, включавшие сепсис, почечную недостаточность и цереброваскулярные события, наблюдались у 12,9 и 3,7% пациентов с COVID-19 и без COVID-19 соответственно. ФП, плевральный выпот и инсульт были значительно выше у пациентов с COVID-19 (отношение шансов 3,99, 2,25 и 3,49 соответственно в скорректированной модели) [34].

В 2023 г. был опубликован метаанализ, включавший вышеупомянутые нами работы и объединявший данные 12 исследований по выполнению КШ среди COVID-положительных пациентов ($n = 99$) [6]. Хирургическая реваскуляризация с ИК была выполнена 87% ($n = 86$) пациентов; 13% пациентов перенесли операцию без ИК. Операция выполнялась пациентам в активной стадии COVID-19 или в течение 30 дней после заражения. Смертность составила 11,1% ($n = 11$). Один пациент умер из-за острого респираторного дистресс-синдрома, один – из-за рефрактерного кардиогенного шока, один – из-за тяжелой энцефалопатии, шесть – из-за сердечной недостаточности, один – из-за септического шока, еще у одного пациента причиной смерти был инсульт. У 6,5% пациентов отмечалась потребность в длительной искусственной вентиляции легких (> 48 ч). Данный показатель сопоставим с таковым у пациентов без COVID-19, которым выполнялось срочное или экстренное КШ. Однако в том случае, когда операция проводилась в течение одного дня от выявления COVID-19, 50% пациентов нуждались в длительной искусственной вентиляции легких. Был сделан вывод, что COVID-19 способствует продлению искусственной вентиляции легких.

Что касается частоты развития послеоперационных осложнений, то в большинстве случаев показатели не отличались от таковых при выполнении срочного и экстренного КШ пациентам без COVID-19.

Среди пациентов, заболевших COVID-19 в периоперационном периоде, инсульт встречался в 10% случаев. У пациентов после КШ частота развития инсульта до пандемии составляла 0,0–5,2% [35].

Частота развития ФП среди больных COVID-19 была сопоставима с таковой среди пациентов без коронавирусной инфекции. Уровень смертности среди COVID-положительных пациентов не отличался от данного показателя у COVID-негативных лиц. Однако если оценивать смертность среди пациентов, инфицированных COVID-19 в день выполнения КШ, данный показатель уже составляет 20%, что сопоставимо с данными других авторов. Кроме того, результаты вышеописанной работы охватывали случаи инфицирования только до операции или в день операции КШ, а пациенты, заболевшие COVID-19 в послеоперационный период, в данной работе не учитывались. Результаты представленного исследования свидетельствуют о снижении риска смерти при увеличении промежутка между моментом диагностирования COVID-19 и оперативным вмешательством.

Литовские ученые представили данные по выполнению кардиохирургических вмешательств у больных COVID-19 в послеоперационном периоде ($n = 14$) [36]. После КШ рестернотомия по поводу кровотечения была выполнена 2 пациентам (14,3 против 0%; $p = 0,018$), глубокая раневая инфекция выявлена у 3 пациентов ($n = 3$ (21,4%) против $n = 12$ (14,8%); $p = 0,013$). ФП зарегистрирована у 42,9% ($n=6$), пневмония – у 28,6% с наличием COVID-19 против 12,3% у пациентов без COVID-19 ($p = 0,114$). Пневмония выявлялась чаще по сравнению с периодом до COVID-19, но различия не были значимыми между группами с COVID-19 и без COVID-19. Смертность составила всего 7,1%, что ниже в сравнении с другими имеющимися данными [36]. Вероятно, относительно низкая смертность обусловлена тем, что в данной работе представлены результаты плановых вмешательств, когда хирургическое лечение выполнялось

пациентам в стабильном состоянии, в отличие от экстренных операций. Хирургической реваскуляризации подвергались пациенты с отрицательным тестом на COVID-19 за 72 ч до операции. Результаты данной работы продемонстрировали возможность выполнения плановых вмешательств в период пандемии.

Стоит отметить, что в большинстве случаев выполняемые кардиохирургические вмешательства носили срочный или экстренный характер, что, безусловно, негативно сказывалось на показателях смертности. Крайне малочисленны исследования относительно частоты послеоперационных осложнений при плановых вмешательствах.

Патофизиологические основы послеоперационных осложнений при COVID-19

Объяснить высокую частоту осложнений среди больных COVID-19 можно рядом патологических механизмов заболевания. Вирус, провоцируя развитие дисфункции эндотелия, способствует усилению продукции проагрегантов и вазоконстрикторов, что, в свою очередь, вызывает массивное тромбообразование и закупорку мелких сосудов. Нарушение микроциркуляции в легких, почках, сердце, печени и других органах в последующем способствует нарушению функции данных органов. Было выдвинуто несколько гипотез о сердечно-сосудистых поражениях, связанных с SARS-CoV2, включая дестабилизацию коронарных бляшек, гипоксию, системное воспаление, реакцию цитокинов Т-клеток, фиброз миокарда и прямое повреждение кардиомиоцитов [37].

Пациенты, перенесшие кардиохирургические вмешательства, имели более серьезные проявления COVID-19. Тяжелая форма дыхательной недостаточности, наблюдаемая при большом объеме поражения легочной паренхимы, способствовала высокой летальности. Повреждение эндотелия, связанное с репликацией вируса SARS-CoV-2, приводит к нарушениям регуляции иммунной системы [38].

Важные данные были получены при исследовании тканей коронарных артерий и атеросклеротических бляшек умерших пациентов с COVID-19. РНК

вируса SARS-CoV-2 была обнаружена в стенках артерий в большей концентрации, чем в окружающей периваскулярной жировой ткани [39]. В высокой концентрации РНК вируса накапливается в пенистых клетках, что провоцирует воспаление в атеросклеротических бляшках. Активация воспалительной реакции стенки артерий и атеросклеротических бляшек объясняет причину высокой восприимчивости пациентов с атеросклеротической болезнью к COVID-19. Запущенный мощный воспалительный ответ провоцирует выработку интерлейкинов IL-6 и IL-1 β , ключевых цитокинов, которые, как известно, сопровождают ишемические сердечно-сосудистые события, а также ряд послеоперационных осложнений. Наблюдаемое ухудшение системных расстройств усугубляется последствиями ИК и кардиopleгии. Указанные процессы способствуют чрезмерной активации комплемента и развитию аномального клеточного иммунного ответа, что приводит к высоким уровням интерлейкинов, металлопротеиназ, тканевого фактора роста, нарушению регуляции гемостаза.

Высказывается мнение, что активация иммунитета, выраженный системный воспалительный ответ на хирургический стресс в последующем вызывали притупление иммунного ответа на COVID-19 [40].

Хирургическое вмешательство может ускорить прогрессирование COVID-19 посредством измененного иммунного ответа, таким образом, провоцируя процесс заболевания у тех, кто до операции был в инкубационном периоде COVID-19 [12, 23].

Высокая тропность Sars-CoV-2 к клеткам почечной ткани обуславливает первичное повреждение почек при COVID-19 [41]. Образование микротромбов в микроциркуляторном русле почек, острый некроз канальцев способствуют развитию почечных осложнений с потребностью в заместительной почечной терапии. Гиперкоагуляционное состояние при COVID-19 приводит к формированию тромбоэмболических осложнений с последующим развитием воспалительной реакции [42].

Выводы

Представленные выше работы свидетельствуют о том, что не во всех исследованиях выявлялись статистически значимые различия по частоте развития послеоперационных осложнений. Вероятно, это обусловлено разнородными выборками пациентов, различными сроками включения в исследование пациентов относительно периода заболевания COVID-19. Часть исследователей описывают результаты выполнения КШ у пациентов, заразившихся COVID-19 в различные периоды до операции – более и менее чем за 2 нед. до КШ, до полного разрешения симптомов инфекции без указания срока заболевания. В других работах анализу подвергались только случаи заболевания коронавирусной инфекцией после операции. Некоторые работы включают случаи заболевания коронавирусной инфекцией как до КШ, так и в послеоперационном периоде.

Суммируя данные проанализированных работ, можно сделать вывод о том, что у больных COVID-19, подвергнутых КШ, наблюдается высокая смертность (16–23%). Из послеоперационных осложнений у них чаще, чем у лиц без COVID-19, которым было выполнено КШ, выявляются пневмония (28,6–40%) и инсульт (10%). COVID-19, являясь отягощающим фактором, увеличивает риск послеоперационных осложнений. Результаты представленных работ свидетельствуют о снижении риска смерти при увеличении временного промежутка между сроком выявления COVID-19 и оперативным вмешательством.

Литература / References

1. Yang J., Zheng Y., Gou X., Pu K., Chen Z., Guo Q. et al. Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Infect. Dis.* 2020;94:91–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.017>
2. Wu Z., McGoogan J.M. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72314 cases from the Chinese center for disease control and prevention. *JAMA*. 2020;323(13):1239–1242. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648>

3. Bonow R.O., Fonarow G.C., O'Gara P.T., Yancy C.W. Association of Coronavirus disease 2019 (COVID-19) with myocardial injury and mortality. *JAMA Cardiol.* 2020;5(7):751–753. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1105>

4. Перфильева Д.Ю., Бойков В.А., Деев И.А., Шибалков И.П., Милькевич М.Н., Барановская С.В. и др. Эпидемиологические особенности распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на территории Томской области в первый год пандемии. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2024;39(4):194–204. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-194-204>

Perfileva D.Yu., Boykov V.A., Deev I.A., Shibalkov I.P., Milkevich M.N., Baranovskaya S.V. et al. Epidemiological features of the spread of new coronavirus infection (COVID-19) in the Tomsk region in the first year of the pandemic. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2024;39(4):194–204. (In Russ.). <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-194-204>

5. Bonalumi G., di Mauro M., Garatti A., Barili F., Gerosa G., Parolari A. et al. The COVID-19 outbreak and its impact on hospitals in Italy: the model of cardiac surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2020;57(6):1025–1028. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa151>

6. Agarwal R., Mudgal S., Arnav A., Ranjan N. Coronary artery bypass grafting in active or recent COVID-19 infection: a systematic review. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2023;39(4):350–358. <https://doi.org/10.1007/s12055-023-01495-7>

7. Амонотиди А.В., Булгакова А.С., Бойков В.А., Аржаник М.Б., Барановская С.В., Перфильева Д.Ю. и др. Анализ факторов, ассоциированных с высокой вероятностью летального исхода у пациентов с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), получавших лечение в стационарных условиях. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2025;40(1):187–198. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-187-198>

Amonotidi A.V., Bulgakova A.S., Boykov V.A., Arzhanik M.B., Baranovskaya S.V., Perfileva D.Y. et al. Analysis of factors associated with a high probability of fatal case in patients with new coronavirus infection (COVID-19) treated in hospital.

Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. 2025;40(1):187–198. (In Russ.). <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-187-198>

8. Молочков А.В., Каратеев Д.Е., Огнева Е.Ю., Зулкарнаев А.Б., Лучихина Е.Л., Макарова И.В. и др. Коморбидные заболевания и прогнозирование исхода COVID-19: результаты наблюдения 13 585 больных, находившихся на стационарном лечении в больницах Московской области. *Альманах клинической медицины*. 2020;48(S1):S1–S10. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2020-48-040>

Molochkov A.V., Karateev D.E., Ogneva E.Yu., Zulkarnaev A.B., Luchikhina E.L., Makarova I.V. et al. Comorbidities and predicting the outcome of COVID-19: the treatment results of 13,585 patients hospitalized in the Moscow Region. *Almanac of Clinical Medicine*. 2020;48(S1):S1–10. (In Russ.). <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2020-48-040>

9. Барбараш О.Л., Каретникова В.Н., Кашталап В.В., Зверева Т.Н., Кочергина А.М. Новая коронавирусная болезнь (COVID-19) и сердечно-сосудистые заболевания. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020;9(2):17–28. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2020-9-2-17-28>

Barbarash O.L., Karetnikova V.N., Kashtalap V.V., Zvereva T.N., Kochergina A.M. New coronavirus disease (COVID-19) and cardiovascular disease. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020;9(2):17–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2020-9-2-17-28>

10. Чулакова Н.А., Потапов А.Ф., Чулаков К.В., Иванова А.А. Влияние коморбидности на исход лечения больных тяжелой COVID-19-ассоциированной пневмонией. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2025;14(1):81–88. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-1-81-88>

Chulakova N.A., Potapov A.F., Chulakov K.V., Ivanova A.A. The Impact of comorbidities on the treatment outcome in patients with severe COVID-19-associated pneumonia. *Russian Sklifosovsky Journal “Emergency Medical Care”*. 2025;14(1):81–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-1-81-88>

11. Khairy Y., Naghibi D., Moosavi A., Sardareh M., Azami-Aghdash S. Prevalence of hypertension and associated risks in hospitalized patients with COVID-19: a meta-analysis of meta-analyses with 1468 studies and 1,281,510 patients. *Syst. Rev.* 2022;11(1):242. <https://doi.org/10.1186/s13643-022-02111-2>

12. COVIDSurg Collaborative. Mortality and pulmonary complications in patients undergoing surgery with perioperative SARS-CoV-2 infection: an international cohort study. *Lancet.* 2020;396(10243):27–38. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31182-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31182-X)

13. Lei S., Jiang F., Su W., Chen C., Chen J., Mei W. et al. Clinical characteristics and outcomes of patients undergoing surgeries during the incubation period of COVID-19 infection. *EClinicalMedicine.* 2020;21:100331. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100331>

14. Obidike P., Chang A., Calisi O., Lee J.J., Ssentongo P., Ssentongo A.E. COVID-19 and mortality in the global surgical population: a systematic review and meta-analysis. *J. Surg. Res.* 2024;297:88–100. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.01.021>

15. Romiti S., Totaro M., Laderchi A., Peruzzi M., Vinciguerra M., Greco E. Case report: Emergency CABG following failure of PTCA in a COVID-19 patient. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021;7:620610. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.620610>

16. Yates M.T., Balmforth D., Lopez-Marco A., Uppal R., Oo A.Y. Outcomes of patients diagnosed with COVID-19 in the early postoperative period following cardiac surgery. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2020;31(4):483–485. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa143>

17. Valooran G.J., Gopal K., Jose R., Varma P.K. Early outcomes of cardiac surgical patients who developed COVID-19 in the peri-operative period-results from an online survey. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2022;38(1):115–117. <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01242-w>

18. Barkhordari K., Khajavi M.R., Bagheri J., Nikkhah S., Shirzad M., Barkhordari S. et al. Early respiratory outcomes following cardiac surgery in patients with COVID-19. *J. Card. Surg.* 2020;35(10):2479–2485. <https://doi.org/10.1111/jocs.14915>

19. Fattouch K., Corrao S., Augugliaro E., Minacapelli A., Nogara A., Zambelli G. et al. Cardiac surgery outcomes in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): A case-series report. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2022;163(3):1085–1092.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.09.138>
20. Spadaccio C., Rose D., Candura D., Lopez Marco A., Cerillo A., Stefano P. et al. Effect of Hospital-associated SARS-CoV-2 Infections in Cardiac Surgery: A Multicenter Study. *Ann. Thorac. Surg.* 2024;117(1):213–219. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.05.034>
21. Gomes W.J., Rocco I., Pimentel W.S., Pinheiro A.H.B., Souza P.M.S., Costa L.A.A. et al. COVID-19 in the perioperative period of cardiovascular surgery: the Brazilian experience. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2021;36(6):725–735. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2021-0960>
22. Chiariello G.A., Bruno P., Pavone N., Calabrese M., D'Avino S., Ferraro F. et al. Bleeding complications in patients with perioperative COVID-19 infection undergoing cardiac surgery: a single-center matched case-control study. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2022;36(7):1919–1926. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.11.013>
23. Sanders J., Akowuah E., Cooper J., Kirmani B.H., Kanani M., Acharya M. et al. Cardiac surgery outcome during the COVID-19 pandemic: a retrospective review of the early experience in nine UK centres. *J. Cardiothorac. Surg.* 2021;16(1):43. <https://doi.org/10.1186/s13019-021-01424-y>
24. Sanders J., Akowuah E., Cooper J., Kirmani B.H., Kanani M., Acharya M. et al. Outcomes of COVID-19 infection occurring in the recovery period of the open-heart surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2022;30(4):489–494. <https://doi.org/10.5606/tgkdc.dergisi.2022.22818>
25. Ismail N.A., Jaapar A.N., Yunus A.M., Sanusi A.R., Taib M.E., Yakub M.A. Outcome of adult cardiac surgery following COVID-19 infection in unvaccinated population in a national tertiary centre. *PLoS One.* 2022;17(4):e0266056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266056>

26. Gupta A.K., Leslie A., Hewitt J.N., Kovoov J.G., Ovenden C.D., 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. <https://doi.org/10.1111/ans.17667>

27. Khalil K.H., Sá M.P.B.O., Vervoort D., Roever L., Pires M.A.A., Lima J.M.O. et al. Impact of the COVID-19 pandemic on coronary artery bypass graft surgery in Brazil: A nationwide perspective. *J. Card. Surg.* 2021;36(9):3289–3293. <https://doi.org/10.1111/jocs.15765>

28. Суспицына И.Н., Сукманова И.А., Ануфриенко Е.В. Частота госпитальных осложнений и годовые исходы у пациентов после АКШ в зависимости от перенесенной COVID-19. *Байкальский медицинский журнал.* 2023;2(3):101–103. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2023-3-101-103>

Suspitsyna I.N., Sukmanova I.A., Anufrienko E.V. Frequency of hospital complications and annual outcomes in patients after cabg depending on the post-COVID-19. *Baikal Medical Journal.* 2023;2(3):101–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2023-3-101-103>

29. Кузнецов Д.В., Геворгян А.А., Новокшенов В.В., Крюков А.В., Поляева М.В., Ляс М.Н. и др. Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца с SARS-CoV-2 инфекцией: поиск оптимальной стратегии. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(1S):4342. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4342>

Kuznetsov D.V., Gevorgyan A.A., Novokshenov V.V., Kryukov A.V., Polyayeva M.V., Lyas M.N. et al. Coronary artery bypass grafting in patients with coronary artery disease and COVID-19: search for an optimal strategy. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(1S):4342. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4342>

30. Bhattacharya S., Bandyopadhyay A., Pahari S., Das S., Dey A.K. Outcomes of urgent coronary artery bypass grafting in patients who have recently recovered from COVID-19 infection, with a median follow-up period of twelve months: our experience. *Egypt Heart J.* 2022;74(1):66. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00304-7>

31. Grimsley E.A., Torikashvili J.V., Janjua H.M., Read M.D., Kothari A.N., Verhagen N.B. et al. Nonelective coronary artery bypass graft outcomes are adversely impacted by Coronavirus disease 2019 infection, but not altered processes of care: A National COVID Cohort Collaborative and National Surgery Quality Improvement Program analysis. *JTCVS Open*. 2023;16:342–352. <https://doi.org/10.1016/j.xjon.2023.09.020>

32. Mejia O.A.V., Borgomoni G.B., Silveira L.M.V., Guerreiro G.P., Falcão Filho A.T.G., Goncharov M. et al. The arrival of COVID-19 in Brazil and the impact on coronary artery bypass surgery. *J. Card. Surg.* 2021;36(9):3070–3077. <https://doi.org/10.1111/jocs.15712>

33. Farsky P.S., Feriani D., Valente B.B.P., Andrade M.A.G., Amato V.L., Carvalho L. et al. Coronary artery bypass surgery in patients with COVID-19: What have we learned? *Circ. Cardiovasc. Qual. Outcomes*. 2021;14(1):e007455. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.120.007455>

34. Ayati A., Hosseini K., Hadizadeh A., Jalali A., Lotfi-Tokaldany M., Milan N. et al. Surgical coronary revascularization in patients with COVID-19; complications and outcomes: A retrospective cohort study. *Health Sci. Rep.* 2022;5(5):e751. <https://doi.org/10.1002/hsr2.751>

35. Palmerini T., Savini C., Di Eusanio M. Risks of stroke after coronary artery bypass graft - recent insights and perspectives. *Interv. Cardiol.* 2014;9(2):77–83. <https://doi.org/10.15420/icr.2011.9.2.77>

36. Venckus V., Budrikis A., Kazlauskaite M., Kemesyte K., Jakuska P., Rumbinaite E. et al. The impact of COVID-19 on adult cardiac surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2022;30(4):495–502. <https://doi.org/10.5606/tgkdc.dergisi.2022.23157>

37. Babapoor-Farrokhman S., Gill D., Walker J., Rasekhi R.T., Bozorgnia B., Amanullah A. Myocardial injury and COVID-19: Possible mechanisms. *Life sciences*. 2020;253:117723. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117723>

38. Silveira L.M.V.D., Guerreiro G.P., Lisboa L.A.F., Mejía O.A.V., Dallan L.R.P., Dallan L.A.O. et al. Coronary artery bypass graft during the COVID-19 pandemic.

Braz. J. Cardiovasc. Surg. 2020;35(6):1003–1006. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2020-0283>

39. Eberhardt N., Noval M.G., Kaur R., Amadori L., Gildea M., Sajja S. et al. SARS-CoV-2 infection triggers pro-atherogenic inflammatory responses in human coronary vessels. *Nat. Cardiovasc. Res.* 2023;2(10):899–916. <https://doi.org/10.1038/s44161-023-00336-5>

40. Cerillo A.G., Marchionni N., Bacchi B., Stefano P. COVID-19 in patients recovering from cardiac surgery: A surprising mild disease course. *J. Card. Surg.* 2021;36(3):909–912. <https://doi.org/10.1111/jocs.15326>

41. Дзугкоев С.Г., Дзугкоева Ф.С., Маргиева О.И., Хубулова А.Е. Механизмы повреждения почек у пациентов с COVID-19 и диагностические методы. *Профилактическая медицина.* 2023;26(1):114-119. <https://doi.org/10.17116/profmed202326011114>

Dzugkoev S.G., Dzugkoeva F.S., Margieva O.I., Khubulova A.E. Mechanisms of kidney injury in COVID-19 and diagnostic methods. *Russian Journal of Preventive Medicine.* 2023;26(1):114-119. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed202326011114>

42. Лаврентьева А., Тсотсолис С. Тромбоэмболические осложнения при заболевании COVID-19, кратко об изменениях в рекомендациях. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2021;18(1):37–46. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-1-37-46>

Lavrentieva A., Tsotsolis S. Thromboembolic complications in COVID-19 disease, a brief update. *Messenger of anesthesiology and resuscitation.* 2021;18(1):37–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-1-37-46>

Информация о вкладе авторов

Кузьмичкина М.А., Кавешников В.С. – интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Information on author contributions

Kuzmichkina M.A., Kaveshnikov V.S. – data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: authors do not declare a conflict of interest.

Сведения об авторах

Кузьмичкина Мария Анатольевна, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория регистров сердечно-сосудистых заболеваний, высокотехнологичных вмешательств и телемедицины, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: kuzmariakuz@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-5587-3947>.

Кавешников Владимир Сергеевич, канд. мед. наук, руководитель лаборатории регистров сердечно-сосудистых заболеваний, высокотехнологичных вмешательств и телемедицины, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: kaveshnikov29@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0211-4525>.

Information about the authors

Maria A. Kuzmichkina, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Laboratory of Registries of Cardiovascular Diseases, High-Tech Interventions and Telemedicine, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia. e-mail: kuzmariakuz@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-5587-3947>.

Vladimir S. Kaveshnikov, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Head of Laboratory of Registries of Cardiovascular Diseases, High-Tech Interventions and Telemedicine, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia. e-mail: kaveshnikov29@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0211-4525>.

Поступила 29.04.2025;
рецензия получена 17.07.2025;
принята к публикации 30.07.2025.

Received 29.04.2025;
review received 17.07.2025;
accepted for publication 30.07.2025.