



## КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ И В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА И СОЧЕТАННЫМ ПОРАЖЕНИЕМ КЛАПАНА СЕРДЦА

К.Р. Заракушев<sup>1</sup>, Р.Н. Комаров<sup>1</sup>, Б.М. Тлисов<sup>1</sup>, Н.Б. Сейфатова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, Российская Федерация, 11999;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ленинский просп., 8, Москва, Российская Федерация, 119049

### Основные положения

• Актуальность исследования обусловлена высокой значимостью оптимизации хирургических подходов к лечению пациентов с ишемической болезнью сердца и сочетанным поражением клапанов. Сравнение методик реваскуляризации миокарда на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения позволяет определить тактику, обеспечивающую снижение интраоперационных рисков (сокращение времени пережатия аорты и искусственного кровообращения), уменьшение потребности в трансфузии крови, сокращение продолжительности операции и госпитализации, что в совокупности повышает безопасность вмешательства и улучшает результаты лечения данной сложной категории больных.

#### Цель

Сравнить результаты реваскуляризации миокарда на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения (ИК) у пациентов с ишемической болезнью сердца и сочетанным поражением аортального (АК) и митрального (МК) клапанов.

#### Материалы и методы

В исследование включены 132 пациента с ишемической болезнью сердца и сочетанным поражением клапана, которым одномоментно выполнены коронарное шунтирование (КШ) и коррекция порока клапана. Пациенты были разделены на четыре группы: КШ в условиях ИК и коррекция АК (n = 36) или МК (n = 31); КШ на работающем сердце и коррекция АК (n = 36) или МК (n = 29).

#### Результаты

КШ на работающем сердце, в сравнении с таковым под контролем ИК, продемонстрировало ряд преимуществ: сокращение времени пережатия аорты (АК:  $106,4 \pm 25,1$  против  $83,3 \pm 24,7$  мин, МК:  $115,6 \pm 21,9$  против  $84,07 \pm 21,3$  мин;  $p < 0,05$ ), снижение длительности ИК (АК:  $139,4 \pm 26,8$  против  $123,5 \pm 25$  мин, МК:  $166,2 \pm 32,7$  против  $133,2 \pm 34,9$  мин;  $p < 0,05$ ), сокращение общей продолжительности операции (АК:  $336,1 \pm 66,4$  против  $306,4 \pm 71$  мин, МК:  $352,5 \pm 100,7$  против  $298,1 \pm 84$  мин;  $p < 0,05$ ). Также отмечена меньшая потребность в трансфузии крови и ее компонентов – свежезамороженной плазмы (АК:  $2,56 \pm 0,84$  против  $2,2 \pm 0,47$  дозы, МК:  $2,81 \pm 0,47$  против  $2,38 \pm 0,56$  дозы;  $p < 0,05$ ) и эритроцитарной взвеси (АК:  $2,36 \pm 0,48$  против  $1,94 \pm 0,53$  дозы, МК:  $2,23 \pm 0,49$  против  $1,83 \pm 0,35$  дозы;  $p < 0,05$ ), определена тенденция уменьшения койка-дня пребывания в стационаре (АК:  $16,6 \pm 6,68$  против  $13,7 \pm 4,3$  сут, МК:  $17,5 \pm 6,4$  против  $13,5 \pm 4,8$  сут).

#### Заключение

Коронарное шунтирование на работающем сердце у пациентов с сочетанным поражением клапанов сердца продемонстрировало ряд важных преимуществ, среди которых снижение времени пережатия аорты, искусственного кровообращения и продолжительности операции, а также уменьшение потребности в трансфузии и продолжительности пребывания в стационаре.

#### Ключевые слова

Коронарное шунтирование • Аортальный клапан • Митральный клапан • Ишемическая болезнь сердца • Реваскуляризация миокарда • Искусственное кровообращение

Поступила в редакцию: 22.05.2025; поступила после доработки: 19.09.2025; принята к печати: 07.10.2025

Для корреспонденции: Казбулат Рафикович Заракушев, kazbulat07@mail.ru; адрес: ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, Российская Федерация, 11999

Corresponding author: Kazbulat R. Zarakushev, kazbulat07@mail.ru; address: 8–2, Trubetskaya St., Moscow, Russian Federation, 119991

OFF-PUMP CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING IN PATIENTS  
WITH CORONARY HEART DISEASE AND CONCOMITANT VALVULAR  
HEART DISEASE

K.R. Zarakushev<sup>1</sup>, R.N. Komarov<sup>1</sup>, B.M. Tliso<sup>1</sup>, N.B. Seifatova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 8–2, Trubetskaya St., Moscow, Russian Federation, 119991; <sup>2</sup> A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Ministry of Health, 135, Rublevskoe Hwy, Moscow, Russian Federation, 121552

Highlights

• The relevance of the study is determined by the high importance of optimizing surgical approaches to treating patients with coronary artery disease and concomitant valve lesions: comparing myocardial revascularization techniques on a beating heart (OPCABG) and under conditions of extracorporeal circulation (ONCABG) allows identifying a strategy that ensures a reduction in intraoperative risks (shortening the time of aortic clamping and extracorporeal circulation), decreasing the need for blood transfusion, and reducing the duration of surgery and hospital stay. This collectively enhances the safety of the intervention and improves treatment outcomes for this complex category of patients.

Aim	To compare the results of myocardial revascularisation (MR) in the working heart (OPCABG) with MR on cardiopulmonary bypass (ONCABG) in patients with coronary heart disease (CHD) and combined mitral and aortic valve damage.
Methods	The study included 132 patients with CAD and concomitant valvular heart disease who underwent one-stage revascularization and valve surgery. Patients were divided into 4 groups: ONCABG + AV (n = 36); OPCABG + AV (n = 36); ONCABG + MV (n = 31); OPCABG + MV (n = 29).
Results	The OPCABG technique demonstrated several advantages over the ONCABG technique: shorter aortic cross-clamp time (AV: 106,4 ± 25,1 min vs 83,3 ± 24,7 min / MV: 115,6 ± 21,9 min vs 84,07 ± 21,3 min, p < 0.05), reduced CPB time (AV: 139,4 ± 26,8 min vs 123,5 ± 25 min / MV: 166,2 ± 32,7 min vs 133,2 ± 34,9 min, p < 0.05), and shorter total operation time (AV: 336,1 ± 66,4 min vs 306,4 ± 71 min / MV: 352,5 ± 100,7 min vs 298,1 ± 84 min, p = 0.07). There was also a lower need for blood and blood product transfusions: packed red blood cells (AV: 2,56 ± 0,84 vs 2,2 ± 0,47 / MV: 2,81 ± 0,47 vs 2,38 ± 0,56); erythrocyte concentrate (AV: 2,36 ± 0,48 vs 1,94 ± 0,53 / MV: 2,23 ± 0,49 vs 1,83 ± 0,35), respectively p < 0.05, and a trend towards a shorter length of hospital stay (AV: 16,6 ± 6,68 vs 13,7 ± 4,3 / MV: 17,5 ± 6,4 vs 13,5 ± 4,8).
Conclusion	Coronary artery bypass grafting on the beating heart in patients with concomitant valvular heart disease demonstrated several important advantages: it is a safe and effective technique that can be successfully applied in clinical practice, which in turn reduces aortic cross-clamp time, cardiopulmonary bypass time, operation time, transfusion requirements, and length of hospital stay.
Keywords	Coronary bypass surgery • Aortic valve • Mitral valve • Coronary heart disease • Myocardial revascularization • Cardiopulmonary bypass time

Received: 22.05.2025; received in revised form: 19.09.2025; accepted: 07.10.2025

Список сокращений

АК — аортальный клапан	МР — митральная регургитация
ИК — искусственное кровообращение	МК — митральный клапан
КШ — коронарное шунтирование	

Введение

Ввиду увеличения средней продолжительности жизни на первый план выходят факторы, играющие ключевую роль в развитии дегенеративных пороков

клапанов сердца [1]. Также наблюдается рост частоты ишемической болезни сердца в сочетании с заболеваниями клапанов сердца, особенно в развитых странах [1]. Дегенеративные заболевания аортального клапа-

на (АК), распространенность которых увеличивается с возрастом, являются ведущей причиной клапанных пороков, сопровождающих ишемическую болезнь сердца [1, 3]. Атеросклероз играет ведущую роль не только в развитии ишемической болезни сердца, но и аортального стеноза. У взрослых людей наиболее частой причиной последнего служит возрастная кальцификация АК [3]. Наличие кальцинированных клапанов, даже без обструкции, ассоциировано с повышенным риском сердечно-сосудистой смерти и инфаркта миокарда [2]. Кальцификация клапанов обусловлена пролиферативными и воспалительными процессами, включающими отложение липидов, активацию ангиотензинпревращающего фермента, инфильтрацию макрофагами и Т-лимфоцитами [3]. Факторы риска кальцифицированного аортального стеноза схожи с таковыми атеросклероза сосудов: высокий уровень липопротеинов низкой плотности и липопротеина(а), сахарный диабет, курение и гипертония.

Митральная регургитация (МР) может быть обусловлена как первичными поражениями митрального клапана (МК), так и вторичными изменениями, связанными с патологией миокарда. В обоих случаях коронарные артерии играют значительную роль и их поражение может приводить к МР или усугублять ее течение. Первичные поражения МК включают ревматическую болезнь сердца, пролапс, инфекционный эндокардит и дегенеративные изменения клапана. Ревматическая болезнь сердца остается актуальной причиной МР, особенно в развивающихся странах, с характерными изменениями створок, комиссур и хордалных структур [4].

Пролапс является наиболее распространенным первичным поражением МК в развитых странах. Данная патология характеризуется выпячиванием одной или обеих створок в полость левого предсердия во время систолы, что приводит к МР [5]. Согласно исследованию N.A. Guicciardi и соавт., пролапс МК встречается у 2–3% населения и может сопровождаться различной степенью МР [6].

Дегенеративные изменения МК, такие как миксоматозное перерождение, приводят к утолщению и удлинению створок и хорд, нарушая нормальную функцию клапана и способствуя регургитации [7]. Исследования показывают, что у пациентов с дегенеративными изменениями МК часто обнаруживается сопутствующее поражение коронарных артерий, что может усиливать симптомы и ухудшать исходы [8].

Инфекционный эндокардит может вызывать перфорацию или разрушение створок МК, приводя к острой или хронической МР. Своевременная диагностика и лечение данного состояния имеют решающее значение для предотвращения серьезных осложнений [9]. При этом бактерии могут поражать не только клапанный аппарат, но и эндотелий коронарных артерий, вызывая коронарит и усугубляя ишемию миокарда [10].

Вторичные (функциональные, ишемические) формы МР развиваются на фоне структурных и геометрических изменений левого желудочка, часто в сочетании с ишемической болезнью сердца. Папиллярные мышцы, являясь конечными сегментами коронарного кровоснабжения, чувствительны к ишемии, и их дисфункция (в том числе после папиллярного инфаркта) способствует МР [11]. При этом дилатация левого желудочка и изменения в форме коронарной геометрии (например, смещение папиллярных мышц и увеличение расстояния между ними) нарушают нормальное взаимодействие папиллярных мышц и хорд, усиливая натяжение створок (tethering) и усугубляя МР [12]. В частности, смещение папиллярных мышц и натяжение створок считаются основными механизмами при ишемической МР, а стабильность геометрии субвалвулярного аппарата (в том числе через уменьшение межпапиллярного расстояния) рассматривается как важный фактор снижения риска рецидива МР после коррекции [13].

МР разной степени выраженности встречается у значительной доли пациентов, рассматриваемых в качестве кандидатов на аортокоронарное шунтирование. Так, в одном из исследований данный показатель составил 28% [14]. У таких пациентов МР часто носит вторичный характер: развивается вследствие ишемического повреждения папиллярных мышц и/или дилатации митрального кольца. Кроме того, по данным G.A. Lamas и соавт., у 19,4% лиц МР выявлена после острого инфаркта миокарда и наличие даже легкой степени регургитации ассоциировано с ухудшением прогноза [15]. В обзоре P.K. Varma МР после инфаркта миокарда отмечена как относительно частое явление, усиливающее нагрузку на сердце и неблагоприятно влияющее на исход [16].

Таким образом, поражение коронарных артерий играет ключевую роль как в первичных, так и во вторичных заболеваниях МК. Коронарный атеросклероз может усугублять течение первичной МР и влиять на ее клиническое проявление. В случае вторичной МР ишемия миокарда напрямую вызывает изменения в клапанном аппарате через дисфункцию папиллярных мышц и ремоделирование левого желудочка. Понимание этой взаимосвязи имеет решающее значение для выбора оптимальной тактики лечения и улучшения прогноза у пациентов с МР [17]. Многие распространенные кардиохирургические операции, такие как коронарное шунтирование (КШ), протезирование АК и пластика или протезирование МК, требуют использования искусственного кровообращения (ИК). Несмотря на то что эти процедуры выполняются у разных категорий пациентов и направлены на решение различных задач, показано, что длительность ИК и время зажима аорты независимо связаны с более высоким риском осложнений и летальности после операции [18]. Так, у пациентов, перенесших длительное ИК и зажим аорты, чаще наблюдается



тяжелая коагулопатия, вызванная ИК, что приводит к повышенной кровопотере и необходимости более частого переливания крови. Кроме того, у таких пациентов выше риск развития синдрома низкого сердечного выброса. Само по себе ИК может вызывать системную воспалительную реакцию, которая негативно влияет на исход операции [19].

**Цель исследования** – оценить результаты КШ на работающем сердце и в условиях ИК у пациентов с ишемической болезнью сердца и сочетанным поражением аортального и митрального клапанов.

## Материалы и методы

Исследование носило ретроспективный характер и включало анализ данных пациентов, оперированных в 2015–2023 гг. в отделении кардиохирургии Университетской клинической больницы № 1 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. В выборку вошли 132 пациента, соответствовавшие критериям включения и исключения.

Критерии включения: подтвержденный диагноз ишемической болезни сердца с поражением АК или МК, а также проведение одномоментного хирургического вмешательства – КШ и коррекции патологии клапанов сердца.

Критерии исключения: острый коронарный синдром на момент госпитализации, многоклапанное поражение сердца, требующее одновременной коррекции, а также патология восходящей аорты, требующая реконструкции. Из анализа также исключались больные, ранее перенесшие кардиохирургические операции, пациенты с терминальной стадией хронической болезни почек, требующей заместительной терапии (диализа), с циррозом печени любой стадии, а также лица с выраженной дыхательной недостаточностью на фоне хронической обструктивной болезни легких.

Пациенты были распределены на две группы в зависимости от типа операции: КШ с использованием ИК и кардиоплегии (до PSM  $n = 72$ , после PSM  $n = 67$ ), КШ на работающем сердце ( $n = 65$ ). Каждая из этих групп была дополнительно разделена на подгруппы в зависимости от коррекции клапанной патологии: КШ с применением ИК и коррекция АК (до PSM  $n = 41$ , после PSM  $n = 36$ ) или МК ( $n = 31$ ), КШ на работающем сердце с одновременной коррекцией АК ( $n = 36$ ) или МК ( $n = 29$ ).

У пациентов с митральной патологией метод PSM показал отсутствие значимых межгрупповых различий. В подгруппах с аортальной патологией выявлены различия, однако после применения PSM удалось достичь баланса (ASMD  $< 0,25$ ) (рисунк).

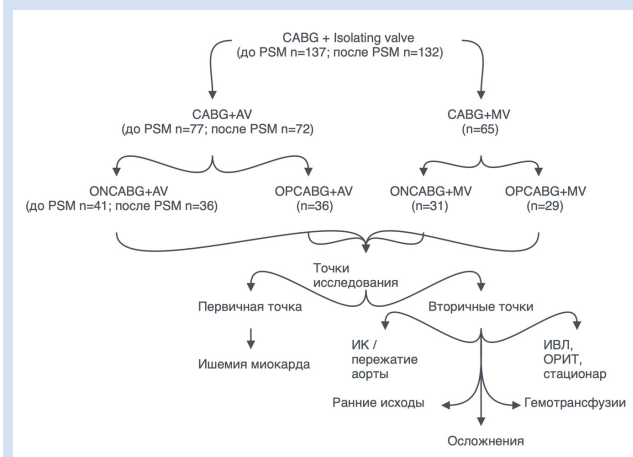
Первичной точкой исследования являлся анализ исходов коронарного шунтирования КШ и хирургической коррекции клапанных пороков клапанов сердца с приоритетным акцентом на продолжительность миокардиальной ишемии. Второстепен-

ные задачи включали оценку влияния длительности искусственного кровообращения ИК и времени пережатия аорты на ранние послеоперационные результаты, в том числе продолжительность искусственной вентиляции лёгких, сроки пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии и общую длительность госпитализации. Дополнительно проводился анализ потребности в гемотрансфузиях, эхокардиографических параметров, а также частоты и структуры послеоперационных осложнений.

Доступ осуществлен через полную срединную стернотомию с выделением внутренней грудной артерии и одновременным забором аутовенозных графтов с нижних конечностей.

В группе КШ на работающем сердце левая внутренняя грудная артерия анастомозирована с передней межжелудочковой артерией, аутовенные шунты наложены на заднюю межжелудочковую артерию и ветвь тупого края. Далее был подключен аппарат ИК по схеме «аорта – верхняя и нижняя полые вены» с проведением селективной либо неселективной антеградной кардиopleгии. В зависимости от характера клапанного порока были выполнены пластика или протезирование. Во второй группе КШ и реконструкции на клапане проведены в условиях ИК и кардиopleгии.

После завершения клапанного этапа производительность ИК постепенно снижалась до его прекращения. На завершающем этапе во всех группах на пристеночно отжатой аорте были сформированы проксимальные аутовенозные анастомозы.



Дизайн исследования

**Примечание:** ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ИК – искусственное кровообращение; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; AV – аортальный клапан; CABG – коронарное шунтирование; MV – митральный клапан; ONCABG – коронарное шунтирование в условиях ИК; OPCABG – коронарное шунтирование на работающем сердце; PSM – метод статистического сопоставления.

Design scheme

**Note:** MV – mechanical ventilation; CPB – cardiopulmonary bypass; ICU – Intensive Care Unit; AV – aortic valve; CABG – coronary artery bypass grafting; MV – mitral valve; ONCABG – on-pump coronary artery bypass grafting; OPCABG – off-pump coronary artery bypass grafting; PSM – propensity score matching.

### Статистический анализ

Статистический анализ выполнен с использованием программ Statistica (StatSoft, США). Проверка нормальности распределения осуществлена критерием Шапиро – Уилка. Количественные данные описаны в виде средних значений (М) и стандартных отклонений (SD). Для сравнения количественных показателей использован t-тест Стьюдента. Качественные переменные приведены абсолютными значениями (n) и их процентными распределениями (%). Категориальные переменные проанализированы посредством  $\chi^2$ -критерия или точного критерия Фишера.

Для минимизации систематических ошибок и повышения сопоставимости групп использован метод propensity score matching (PSM). Индекс склонности рассчитан с включением клинически значимых ковариат (тип клапанной патологии, возраст, пол, сопутствующие заболевания, EuroSCORE II, показатели функции почек, хроническая обструктивная болезнь легких, сахарный диабет). Сопоставление проведено методом ближайшего соседа (1:1) с ограничением caliper в 0,2 стандартного отклонения логита. Баланс оценен по стандартизированной разнице средних (ASMD), где значения  $< 0,10$  считались хорошим балансом, а  $< 0,25$  – приемлемым.

В подгруппах пациентов с митральной патологией PSM-анализ не показал межгрупповых различий, что подтвердило исходную сопоставимость выборок. В подгруппах с аортальной патологией исходно отмечены статистически значимые различия (особенно в возрасте), однако после применения PSM удалось достичь приемлемого уровня баланса (ASMD  $< 0,25$ ).

Для оценки предикторов ранней летальности и серьезных осложнений применена бинарная логистическая регрессия. В модель вошли определенные заранее клинически значимые параметры: возраст, EuroSCORE II, длительность ИК, время пережатия аорты, объем гемотрансфузий и осложнения.

Статистически значимыми считались результаты при уровне  $p < 0,05$ . Для визуализации данных использованы графики размаха, столбчатые диаграммы и таблицы сопряженности.

### Результаты

Средний возраст пациентов с патологией АК был выше в группе ИК на работающем сердце по сравнению с КШ в условиях ИК ( $67,25 \pm 5,3$  против  $66,1 \pm 5,9$  года,  $p = 0,13$ ). Средний возраст пациентов с патологией МК между группами статистически значимо не различался. В обеих группах отмечен сопоставимый половой состав, с преобладанием мужчин.

Сопутствующие заболевания также не продемонстрировали статистически значимых различий между группами. Основные заболевания включали гипертоническую болезнь, сахарный диабет 2-го типа, ожирение и другие состояния, характерные для этой когорты пациентов. Оценка рисков по шка-

ле EuroSCORE II не показала статистически значимого различия между группами. Клинико-демографические данные пациентов представлены в табл. 1.

Всем пациентам проведено комплексное обследование, включавшее коронароангиографию для оценки коронарного русла, эхокардиографию для анализа сократительной функции и состояния клапанов, ультразвуковое исследование магистральных сосудов и органов брюшной полости, а также функциональные тесты дыхательной системы.

По результатам эхокардиографического исследования группы оказались сопоставимы, статистически значимых различий не выявлено. Этиологический анализ показал, что в группе пациентов с поражением АК преобладал аортальный стеноз, тогда как в группе пациентов с митральным поражением основным диагнозом была митральная недостаточность, преимущественно обусловленная пролапсом МК. При изучении данных коронароангиографии и ультразвукового исследования различий, имеющих статистическую значимость, между группами также не зафиксировано. Полный перечень проведенных инструментальных исследований представлен в табл. 2.

В группе КШ без ИК, в сравнении с КШ в условиях ИК, наблюдалось улучшение ряда ключевых интраоперационных показателей: общая продолжительность операции, время ИК и пережатия аорты были статистически значимо ниже ( $p < 0,05$ ). Анализ интраоперационных данных представлен в табл. 3.

В группе КШ на работающем сердце, по сравнению с таковым в условиях ИК, продемонстрированы снижение потребности в компонентах крови – свежезамороженной плазмы и эритроцитарной массы ( $p < 0,05$ ), меньший объем кровопотери за первые сутки и сокращение длительности искусственной вентиляции легких. В обеих группах с одинаковой частотой встречались дисциркуляторная энцефалопатия, пароксизмы фибрилляции предсердий, нарушение атриовентрикулярной проводимости, требующее установки электрокардиостимулятора, раневые осложнения. В группе КШ в условиях ИК и одновременной коррекции МК чаще наблюдались гидроторакс, требовавший пункции или дренирования плевральных полостей, и послеоперационные кровотечения, требовавшие рестернотомии. Также в группе КШ на работающем сердце отмечено значимое сокращение общей длительности госпитализации и продолжительности пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии.

В группе КШ в условиях ИК и одновременной коррекции АК зарегистрированы четыре летальных исхода: один пациент умер на 10-е сут вследствие острого респираторного дистресс-синдрома, второй – на 13-е сут от панкреонекроза, третий – также на 13-е сут вследствие острой почечной недостаточности, четвертый – на 14-е сут в результате желудочно-кишечного кровотечения, осложненного острой почечной недостаточностью. В группе КШ в услови-

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика больных  
Table 1. Clinical characteristics of patients

Параметр / Parameter	КШ в условиях ИК и коррекция АК / ONCABG + AV, n = 36	КШ на работающем сердце и коррекция АК / OPCABG + AV, n = 36	КШ в условиях ИК и коррекция МК / ONCABG + MV, n = 31	КШ на работающем сердце и коррекция МК / OPCABG + MV, n = 29	p I + II / III + IV
Возраст, лет / Age, years, M ± SD	67,25 ± 5,3	69,2 ± 5,6	66,8 ± 6,7	63,9 ± 8,6	0,13 / 0,15
Мужчины / Male, n (%)	27 (75,0)	21 (58,3)	24 (77,4)	23 (79,3)	0,13 / 0,85
Женщины / Female, n (%)	9 (25,0)	15 (41,7)	7 (22,6)	6 (20,7)	–
Функциональный класс стенокардии по CSS / Angina pectoris according to CSS, n (%)					
II	5 (13,9)	8 (22,2)	7 (22,6)	4 (13,8)	0,35 / 0,37
III	31 (86,1)	27 (75)	23 (74,2)	25 (86,2)	0,23 / 0,24
IV	0	1 (2,8)	1 (3,2)	0	0,31 / 1
Функциональный класс сердечной недостаточности по NYHA / Classification by NYHA, n (%)					
II	6 (16,7)	7 (19,4)	6 (19,4)	6 (20,7)	0,75 / 0,89
III	28 (77,7)	29 (80,6)	25 (80,6)	22 (75,9)	0,77 / 0,65
IV	2 (5,6)	0	0	1 (3,4)	0,15 / 0,48
Сопутствующие заболевания / Concomitant diseases					
АГ / АН, n (%)	34 (94,4)	32 (88,9)	25 (80,6)	20 (69,0)	0,39 / 0,29
Нарушения ритма сердца / Arrhythmia n (%)	5 (13,9)	10 (27,8)	14 (45,2)	13 (44,8)	0,14 / 0,97
СКФ, мл/мин/1,73м² / GFR, mL/min/1.73m², M ± SD	67,0 ± 15,4	63,2 ± 14,2	70,3 ± 16,6	71,0 ± 21,3	0,28 / 0,72
СФК < 50 мл/мин / GFR mL/min, n (%)	5 (13,9)	7 (19,4)	4 (12,9)	4 (13,8)	0,52 / 0,91
ХОБЛ / COPD, n (%)	4 (11,1)	9 (25)	5 (16,1)	7 (24,1)	0,12 / 0,43
СД / DM, n (%)	6 (16,7)	7 (19,4)	5 (16,1)	5 (17,2)	0,75 / 0,9
ИМТ, кг/м² / BMI, kg/m², M ± SD	27,0 ± 4,0	26,9 ± 3,8	27,5 ± 3,4	27,3 ± 5,0	0,61 / 0,88
Ожирение / Obesity, n (%)	7 (19,4)	7 (19,4)	8 (25,8)	7 (24,1)	1 / 0,88
ОНМК/ТИА в анамнезе / Stroke/TIA in the anamnesis, n (%)	5 (13,9)	4 (11,1)	1 (3,2)	1 (3,3)	0,88 / 0,96
EuroSCORE II, баллы / Scores, M ± SD	3,4 ± 2,6	3,8 ± 1,7	3,3 ± 1,8	3,0 ± 1,7	0,45 / 0,43

**Примечание:** АГ – артериальная гипертензия; АК – аортальный клапан; ИК – искусственное кровообращение; ИМТ – индекс массы тела; КШ – коронарное шунтирование; МК – митральный клапан; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; СД – сахарный диабет; СКФ – скорость клубочковой фильтрации; ТИА – транзиторная ишемическая атака; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; CSS – Канадское общество сердечно-сосудистых заболеваний; EuroSCORE II – Европейская система оценки риска кардиохирургических операций; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов.  
**Note:** АН – arterial hypertension; AV – aortic valve; BMI – body mass index; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; CSS – Canadian Cardiovascular Society; DM – diabetes mellitus; EuroSCORE II scale – European system for assessing the risk of cardiac surgery; GFR – glomerular filtration rate; MV – mitral valve; NYHA – New-York Heart Association; ONCABG – on-pump coronary artery bypass grafting; OPCABG – off-pump coronary artery bypass grafting; TIA – transient ischemic attack.

Таблица 2. Данные инструментальных методов исследований  
Table 2. Data from instrumental studies

Параметр / Parameter	КШ в условиях ИК и коррекция АК / ONCABG + AV, n = 36	КШ на работающем сердце и коррекция АК / OPCABG + AV, n = 36	КШ в условиях ИК и коррекция МК / ONCABG + MV, n = 31	КШ на работающем сердце и коррекция МК / OPCABG + MV, n = 29	p I + II / III + IV
Дооперационная ЭхоКГ / Preoperative echocardiography					
ПИКС / PICS, n (%)	11 (30,6)	10 (27,8)	10 (32,3)	7 (24,1)	0,79 / 0,48
ФВ ЛЖ / LVEF, %, M ± SD	59,5 ± 8,6	58,06 ± 8,5	52,6 ± 8,5	55,8 ± 9,1	0,46 / 0,16
КДО ЛЖ/ПТТ, мл/м² / LV EDV/BSA, mL/m², M ± SD	68,9 ± 19,8	70,6 ± 23,9	67,2 ± 19,5	71,1 ± 21,7	0,74 / 0,47
КДР ЛЖ, см / LV EDD, cm, M ± SD	5,2 ± 0,7	5,1 ± 0,79	5,1 ± 0,65	5,2 ± 0,99	0,49 / 0,84
КДО ЛЖ, мл / LV EDV, mL, M ± SD	132,1 ± 41,9	130,8 ± 44,7	132 ± 40,2	141 ± 47,1	0,89 / 0,42
КСР ЛЖ, см / LV ESD, cm, M ± SD	3,55 ± 0,59	3,3 ± 0,66	3,7 ± 0,5	3,8 ± 0,8	0,2 / 0,44
КСО ЛЖ, мл / LV ESV, cm, M ± SD	55,9 ± 23,3	48,8 ± 24	61,7 ± 21,8	63,5 ± 34,4	0,2 / 0,81
УО, мл / SV, mL, M ± SD	77 ± 25,3	73,9 ± 22,6	70,4 ± 25,3	75 ± 17,4	0,35 / 0,42
ЛП, мл / LA, mL, M ± SD	92,2 ± 33,1	86,0 ± 27,4	89,4 ± 37	104,3 ± 27,3	0,58 / 0,08

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

ТМЖП, см / IVST, cm, M ± SD	1,34 ± 0,19	1,34 ± 0,18	1,27 ± 0,15	1,26 ± 0,18	0,9 / 0,9
ТЗСЛЖ, см / LVPWTH, cm, M ± SD	0,95 ± 0,2	0,95 ± 0,21	0,88 ± 0,15	0,94 ± 0,21	0,95 / 0,23
ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> / LVMI, g/m <sup>2</sup> , M ± SD	236,1 ± 61,1	232,3 ± 68,4	217,2 ± 57,3	231,6 ± 87	0,8 / 0,45
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> / LVMI index, g/m <sup>2</sup> , M ± SD	124,3 ± 30,1	125,6 ± 35,6	110,2 ± 27,4	119,6 ± 47,6	0,86 / 0,34
Фиброзное кольцо АК, см / AV annulus diameter, cm, M ± SD	2,2 ± 0,25	2,1 ± 0,22	–	–	0,55
Фиброзное кольцо МК, см / MV annulus diameter, cm, M ± SD	–	–	3,6 ± 0,32	3,8 ± 0,3	0,02
Синусы Вальсальвы / Sinus of Valsalva, cm, n (%)	3,5 ± 0,37	3,4 ± 0,35	–	–	0,87
AVA VTI, см <sup>2</sup> / cm <sup>2</sup> , M ± SD	0,62 ± 0,19	0,67 ± 0,16	–	–	0,2
РНТ, см <sup>2</sup> / cm, M ± SD	373,12 ± 107,3	343,8 ± 88,4	–	–	0,41
Vena contracta, см / cm, M ± SD	0,5 ± 0,19	0,53 ± 0,1	0,61 ± 0,18	0,66 ± 0,11	0,52 / 0,18
PISA, см / cm, M ± SD	–	–	1 ± 0,3	1,1 ± 0,16	0,05
Eго, см <sup>2</sup> / cm <sup>2</sup> , M ± SD	–	–	0,33 ± 0,09	0,37 ± 0,05	0,08
Площадь МК, см / The area of the MV, cm M ± SD	–	–	0,9 ± 0,05	–	–
Пиковый градиент, мм рт. ст. / Peak gradient, mmHg, M ± SD	92,9 ± 37,9	87,1 ± 33,9	–	–	0,5
Средний градиент, мм рт. ст. / Mean pressure gradient, mmHg, M ± SD	52,1 ± 20,8	51,3 ± 20,5	2,9 ± 2,7	1,9 ± 0,4	0,87 / 0,05
V <sub>max</sub> , см/с / cm/s, M ± SD	499,6 ± 63,8	487,4 ± 71,9	573 ± 66,3	568,7 ± 64,1	0,47 / 0,8
ТН > 1,5 степени / TR > 1,5 rank, n (%)	–	–	11 (35,5)	15 (51,7)	0,2
СДЛА, мм рт. ст. / SPAP, mmhg, M ± SD	32,7 ± 8	35,1 ± 9	40,4 ± 10,4	42,5 ± 12,3	0,23 / 0,48
ИЭ / IE, n (%)	2 (5,6)	0	–	–	0,15
Ревматический порок / Rheumatic disease, n (%)	2 (5,6)	0	2 (6,5)	0	0,15
Пролапс МК / MV prolapse, n (%)	–	–	23 (74,2)	23 (79,3)	0,64
Отрыв хорд МК / MV chordal detachment, n (%)	–	–	12 (38,7)	17 (58,6)	0,12
Болезнь Барлоу / Barlow's disease, n (%)	–	–	1 (3,2)	1 (3,4)	1
ИМП / IMR, n (%)	–	–	8 (25,8)	4 (13,8)	0,24
АН / AR 2,5–3, n (%)	4 (11,1)	4 (11,1)	–	–	1
Тяжелый аортальный стеноз / Severe aortic stenosis, n (%)	32 (88,9)	32 (88,9)	–	–	
МН / MR 2,5–3, n (%)	–	–	29 (93,5)	29 (100)	0,16
Тяжелый митральный стеноз / Severe mitral stenosis, n (%)	–	–	2 (6,5)	0	1
ППТ, м <sup>2</sup> / BSA, m <sup>2</sup> , M ± SD	1,9 ± 0,17	1,8 ± 0,17	1,96 ± 0,14	1,95 ± 0,2	0,24 / 0,82
<b>Ультразвуковое исследование артерий / Ultrasound of the arteries</b>					
МФА / MFA, n (%)	10 (27,8)	4 (11,1)	8 (25,8)	5 (17,2)	0,07 / 0,42
Атеросклероз БЦА / Atherosclerosis of the BCA, n (%)	9 (25)	5 (13,9)	8 (25,8)	3 (10,3)	0,35 / 0,12
Атеросклероз артерий нижних конечностей / Atherosclerosis of lower limb arteries, n (%)	3 (8,3)	5 (13,9)	3 (9,7)	6 (20,7)	0,45 / 0,23
<b>ПКА / CAD</b>					
Однососудистое / One – vascular, n (%)	14 (38,9)	8 (22,2)	7 (22,6)	7 (24,1)	0,12 / 0,88
Двусосудистое / Two – vascular, n (%)	10 (27,8)	13 (36,1)	12 (38,7)	10 (34,5)	0,44 / 0,73
Многососудистое (три и более бассейна) / Multivessel (three or more pools), n (%)	12 (33,3)	15 (41,7)	12 (38,7)	12 (41,4)	0,46 / 0,83

**Примечание:** АК – аортальный клапан; АН – аортальная недостаточность; БЦА – брахиоцефальные артерии; ИК – искусственное кровообращение; ИМП – ишемическая митральная регургитация; ИЭ – инфекционный эндокардит; КДО – конечный диастолический объем; КДР – конечный диастолический размер; КСО – конечный систолический объем; КСР – конечный систолический размер; КШ – коронарное шунтирование; ЛЖ – левый желудочек; ЛП – левое предсердие; МК – митральный клапан; ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка; МН – митральная недостаточность; МФА – мультифокальный атеросклероз; ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; ПКА – поражение коронарных артерий; ППТ – площадь поверхности тела; СДЛА – систолическое давление в легочной артерии; ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки; ТН – трикуспидальная недостаточность; УО – ударный объем; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ЭхоКГ – эхокардиография; AVA VTI (Aortic Valve Area Velocity Time Integra) – рассчитанная площадь открытия аортального клапана; Eго – эффективная площадь отверстия регургитации; РНТ – время полураспада градиента давления аортальной регургитации; PISA – метод оценки тяжести регургитации (недостаточности клапана сердца) на основе площади проксимальной части потока регургитации; V<sub>max</sub> – максимальная скорость потока; Vena contracta – наиболее узкая часть струи регургитации.

**Note:** AR – aortic regurgitation; AV – aortic valve; AVA VTI (Aortic Valve Area Velocity Time Integra) – calculated aortic valve opening area; BCA – brachiocephalic arteries; BSA – body surface area; CAD – coronary artery disease; EDD – end-diastolic dimension; EDV – end-diastolic volume; Ego – effective area of the regurgitation hole; ESD – end-systolic dimension; ESV – end-systolic volume; IE – infectious endocarditis; IMR – ischemic mitral regurgitation; IVST – interventricular septum thickness; LA – left atrium; LVEF – left ventricular ejection fraction; LVMI – left ventricular myocardial mass; LVPWth – left ventricular posterior wall thickness; MFA – multifocal atherosclerosis; MR – mitral regurgitation; MV – mitral valve; ONCABG – on-pump coronary artery bypass grafting; OPCABG – off-pump coronary artery bypass grafting; PHT (pressure half-time) – aortic regurgitation pressure gradient half-life; PICS – postinfarction cardiosclerosis; PISA (Proximal Isovelocity Surface Area) – method for assessing the severity of regurgitation (heart valve insufficiency) based on the area of the proximal part of the regurgitation flow; V<sub>max</sub> – maximum flow rate; SPAP – systolic pulmonary artery pressure; SV – stroke volume; TR – tricuspid regurgitation; Vena contracta – narrowest part of the regurgitation jet.



ях ИК и коррекции МК зарегистрированы три случая: два пациента скончались на 7-е и 9-е сут вследствие острого нарушения мозгового кровообращения, еще один – от комбинации инфаркта миокарда 2-го типа и острого нарушения мозгового кровообращения. В группе КШ на работающем сердце и одновременной коррекции МК отмечен один летальный исход: пациент погиб на 5-е сут после операции от нозокомиальной пневмонии, осложненной сепсисом.

Многофакторный регрессионный анализ показал направленное влияние длительности ИК и времени кросс-клампа на риск осложнений и ранней летальности. Однако из-за малого числа событий ассоциации не достигли статистической значимости, оставаясь лишь тенденцией повышения риска. После учета временных интервалов сам по себе тип операции (КШ с или без ИК) не демонстрировал независимого влияния. Эти результаты согласуются с предположением о том, что осложнения могут быть обусловлены увеличением длительности миокардиальной ишемии и использованием ИК,

что, вероятно, способствует усилению системного воспалительного ответа. Результаты анализа послеоперационного периода представлены в табл. 4.

Обсуждение

Длительные ИК и ишемия миокарда являются значимыми факторами риска развития послеоперационных осложнений. Продолжительное ИК способствует усилению системного воспалительного ответа организма, что может привести к повреждению органов и тканей, включая почки, легкие и центральную нервную систему [20]. Ишемия миокарда во время операции вызывает метаболические нарушения в кардиомиоцитах, что отрицательно сказывается на функциональном состоянии сердца и повышает риск развития сердечной недостаточности в послеоперационном периоде [21].

A.L. Axtell и соавт. продемонстрировали, что увеличение времени ИК (в пересчете на каждые 10 минут) связано с возрастанием вероятности острой почечной недостаточности (отношение шансов 1,06 на каждые 10 минут увеличения времени off-

ORIGINAL STUDIES

Таблица 3. Данные интраоперационного периода  
Table 3. Intraoperative data

Параметр / Parameter	КШ в условиях ИК и коррекция АК / ONCABG + AV, n = 36	КШ на работающем сердце и коррекция АК / OPCABG + AV, n = 36	КШ в условиях ИК и коррекция МК / ONCABG + MV, n = 31	КШ на работающем сердце и коррекция МК / OPCABG + MV, n = 29	р I + II / III + IV
Использование ВГА / Use of the ITA, n (%)	22 (61,1)	29 (80,6)	21 (67,7)	23 (79,3)	0,07 / 0,31
Индекс реваскуляризации / Revascularization index, M ± SD	1,89 ± 0,85	2,1 ± 0,7	2,16 ± 0,89	2,17 ± 0,8	0,11 / 0,96
Механический протез / Mechanical prosthesis, n (%)	21 (58,3)	11 (30,6)	12 (38,7)	10 (34,5)	0,008 / 0,73
Биологический протез / Biological prosthesis, n (%)	15 (41,7)	25 (69,4)	10 (32,3)	12 (41,4)	0,018 / 0,46
Пластика клапана / Valve plastic, n (%)	–	–	9 (29)	7 (24,1)	0,65
Время пережатия, мин / Clamping time, min, M ± SD	107,7 ± 25,1	83,3 ± 24,7	115,6 ± 21,9	84,07 ± 21,3	< 0,001 / < 0,001
Время ИК, мин / CPB time, min, M ± SD	141,9 ± 27,8	123,5 ± 25	166,2 ± 32,7	133,2 ± 34,9	0,003 / 0,00
Длительность операции, мин / Operation duration, min, M ± SD	339,9 ± 66,9	306,4 ± 71	352,5 ± 100,7	298,1 ± 84	0,07 / 0,02

Примечание: АК – аортальный клапан; ВГА – внутренняя грудная артерия; ИК – искусственное кровообращение; КШ – коронарное шунтирование; МК – митральный клапан.  
Note: AV – aortic valve; CPB – cardiopulmonary bypass; ITA – internal thoracic artery; MV – mitral valve; ONCABG – on-pump coronary artery bypass grafting; OPCABG – off-pump coronary artery bypass grafting.

Таблица 4. Данные послеоперационного периода  
Table 4. Postoperative data

Параметр / Parameter	КШ в условиях ИК и коррекция АК / ONCABG + AV, n = 36	КШ на работающем сердце и коррекция АК / OPCABG + AV, n = 36	КШ в условиях ИК и коррекция МК / ONCABG + MV, n = 31	КШ на работающем сердце и коррекция МК / OPCABG + MV, n = 29	р I + II / III + IV
Использование ЦП, дозы / FFP, doses, M ± SD	2,56 ± 0,84	2,2 ± 0,47	2,81 ± 0,47	2,38 ± 0,56	0,03 / 0,002
Использование эритроцитарной взвеси, дозы / Whole blood, doses, M ± SD	2,36 ± 0,48	1,94 ± 0,53	2,23 ± 0,49	1,83 ± 0,53	0,001 / 0,004
Объем кровопотери за первые сутки, мл / Volume of blood loss during the first day, mL, M ± SD	353 ± 130,7	296,3 ± 228,3	380 ± 128,4	314,4 ± 62,9	0,2 / 0,01



Длительность ИВЛ, ч / Duration of ventilation, h, M ± SD	13,3 ± 1,5	12,8 ± 1,5	12,7 ± 2,6	11,9 ± 2,1	0,15 / 0,18
Длительность пребывания в ОРИТ, сут / Duration of stay in the ICU, day, M ± SD	2,19 ± 1,39	1,5 ± 0,9	2,4 ± 2,1	1,83 ± 1,49	0,03 / 0,2
<b>Послеоперационная ЭхоКГ / Postoperative echocardiography</b>					
ФВ ЛЖ / LVEF, %, M ± SD	56,6 ± 9,7	57,2 ± 8,6	51,9 ± 7	53,9 ± 9	0,77 / 0,33
КДР ЛЖ, см / LV EDD, cm, M ± SD	4,6 ± 0,58	4,6 ± 0,6	4,6 ± 0,49	4,6 ± 0,44	0,94 / 0,98
КДО ЛЖ, мл / LV EDV, mL, M ± SD	105,1 ± 30,4	99,6 ± 33,8	98,9 ± 24	106 ± 26,5	0,46 / 0,28
КРС ЛЖ, см / LV ESD, cm, M ± SD	3,3 ± 0,59	3,2 ± 0,6	3,3 ± 0,38	3,4 ± 0,55	0,33 / 0,8
КСО ЛЖ, мл / LV ESV, cm, M ± SD	47 ± 20,1	44,3 ± 21,3	47,8 ± 12,5	50,2 ± 23,1	0,58 / 0,61
УО, мл / SV, mL, M ± SD	57,8 ± 17,8	55,3 ± 16,1	54 ± 16,9	55,8 ± 12,3	0,53 / 0,63
ЛП, мл / LA, mL, M ± SD	76,6 ± 20,8	79,1 ± 16,4	79,2 ± 26,5	84,6 ± 19	0,57 / 0,37
ТМЖП, см / IVST, cm, M ± SD	1,34 ± 0,19	1,34 ± 0,18	1,28 ± 0,17	1,26 ± 0,18	1 / 0,79
ТЗСЛЖ, см / LVPWth, cm, M ± SD	0,95 ± 0,2	0,95 ± 0,21	0,88 ± 0,15	0,9 ± 0,21	1 / 0,23
ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> / LVMI, g/m <sup>2</sup> , M ± SD	205,7 ± 52,6	194,8 ± 51,5	177,9 ± 42,5	190,3 ± 46,9	0,37 / 0,27
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> / LVMI index, g/m <sup>2</sup> , M ± SD	108,5 ± 27,2	105,5 ± 28	90,3 ± 21,6	98,4 ± 27	0,64 / 0,2
Фиброзное кольцо АК, см / AV annulus diameter, cm, M ± SD	1,9 ± 0,35	2,1 ± 0,21	–	–	0,08
Фиброзное кольцо МК, см / MV annulus diameter, cm, M ± SD	–	–	1,1 ± 1,7	1 ± 1,6	0,71
Vena contracta, cm, M ± SD	–	–	0,35 ± 0,05	0,35 ± 0,05	1
Пиковый градиент, мм рт. ст. / Peak gradient, mmHg, M ± SD	20,2 ± 8,4	19,3 ± 6,9	7,1 ± 1,8	7,7 ± 2,7	0,32 / 0,44
Средний градиент, мм рт. ст. / Mean pressure gradient, mmHg, M ± SD	10,7 ± 4,5	9,8 ± 3,4	3,57 ± 1,2	3,52 ± 1,3	0,34 / 0,86
АН / AR > 1,5, n (%)	4 (11,1)	4 (11,1)	–	–	1
МН / MR > 1,5, n (%)	–	–	4 (12,9)	2 (6,9)	0,43
ТН / TR > 1,5 n (%)	–	–	13 (41,9)	15 (51,7)	0,44
СДЛА, мм рт. ст. / SPAP, mmhg, M ± SD	32,7 ± 5,2	33,8 ± 5,9	36,7 ± 7,9	34,2 ± 6	0,4 / 0,17
<b>Послеоперационные осложнения / Postoperative complications</b>					
Дискуляторная энцефалопатия / Disculatory encephalopathy, n (%)	3 (8,3)	2 (5,6)	3 (9,7)	2 (6,9)	0,64 / 0,69
Пароксизмы ФП в п/о периоде Paroxysms of AF in the p/o period, n (%)	2 (5,6)	7 (19,4)	8 (25,8)	5 (17,2)	0,07 / 0,42
Нарушение атриовентрикулярной проводимости / Atrioventricular conduction disorder, n (%)	3 (8,3)	2 (5,6)	2 (6,5)	1 (3,4)	0,64 / 1
Кровотечение, потребовавшее рестернотомии / Bleeding requiring re sternotomy, n (%)	0	1 (2,8)	2 (6,5)	0	1 / 0,49
Раневые осложнения / Wound complications, n (%)	3 (8,3)	1 (2,8)	2 (6,5)	1 (3,4)	0,3 / 1
Гидроторакс, потребовавший пункции или дренирования плевральной полости / Hydrothorax, which required puncture or drainage of the pleural cavity, n (%)	7 (19,4)	10 (27,8)	8 (25,8)	2 (6,9)	0,4 / 0,05
Exitus letalis, n (%)	4 (11,1)	0	3 (9,7)	1 (3,4)	0,04 / 0,33
<b>Койко-дней в стационаре / Bed-days in hospital</b>					
Средний койко-день, сут / Average bed-day, day, M ± SD	23,5 ± 9,3	20,1 ± 6,6	22,1 ± 7,5	19,6 ± 7,6	0,08 / 0,19
Койко-дней после операции, сут / Bed-days after surgery, day, M ± SD	16,6 ± 6,8	13,7 ± 4,3	17,5 ± 6,4	13,5 ± 4,8	0,03 / 0,008

**Примечание:** АК – аортальный клапан; АН – аортальная недостаточность; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ИК – искусственное кровообращение; КДО – конечный диастолический объем; КДР – конечный диастолический размер; КСО – конечный систолический объем; КСР – конечный систолический размер; КШ – коронарное шунтирование; ЛЖ – левый желудочек; ЛП – левое предсердие; МК – митральный клапан; ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка; МН – митральная недостаточность; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; СДЛА – систолическое давление в легочной артерии; СЗП – свежезамороженная плазма; ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки; ТН – трикуспидальная недостаточность; УО – ударный объем; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФП – фибрилляция предсердий; ЭхоКГ – эхокардиография; Vena contracta – наиболее узкая часть струи регургитации.

**Note:** AF – atrial fibrillation; AR – aortic regurgitation; AV – aortic valve; EDD – end-diastolic dimension; EDV – end-diastolic volume; ESD – end-systolic dimension; ESV – end-systolic volume; FFP – fresh frozen plasma; ICU – intensive care unit; IVST – interventricular septum thickness; LA – left atrium; LV – left ventricular; LVEF – left ventricular ejection fraction; LVMI – left ventricle myocardial mass; LVPWth – left ventricular posterior wall thickness; MR – mitral regurgitation; MV – mitral valve; OPCABG – on-pump coronary artery bypass grafting; OPCABG – off-pump coronary artery bypass grafting; SPAP – systolic pulmonary artery pressure; SV – stroke volume; TR – tricuspid regurgitation; Vena contracta – narrowest part of the regurgitation jet.

pump) [22]. Кроме того, длительная ишемия миокарда способствует накоплению метаболитов и активации апоптотических путей в кардиомиоцитах, что усугубляет повреждение сердечной ткани [21].

Уменьшение времени ИК и пережатия аорты является важной стратегией для минимизации негативных последствий хирургического вмешательства на сердце. Использование методик, позволяющих сократить эти периоды, способствует снижению системного воспалительного ответа, уменьшению риска органной дисфункции и улучшению клинических исходов [19].

Коронарное шунтирование на работающем сердце у пациентов с сочетанным поражением клапанного аппарата приобретает все большее значение в современной кардиохирургии. Это обусловлено способностью метода снижать риски осложнений, связанные с использованием ИК и пережатием аорты. Осложнения, возникающие вследствие применения ИК, включают острую почечную недостаточность, острую дыхательную недостаточность, нарушения коагуляции и неврологические расстройства [23].

Сокращение продолжительности ИК и времени пережатия аорты напрямую связано с уменьшением системного воспалительного ответа организма, что подтверждено в ряде исследований. Так, согласно данным N. Al-Sarraf и соавт., время пережатия аорты является независимым предиктором заболеваемости и летальности у пациентов с разной степенью риска [24].

Пациенты, перенесшие КШ на работающем сердце, демонстрировали значительно меньшую продолжительность ИК и пережатия аорты по сравнению с лицами, которым было выполнено КШ под контролем ИК. Представленные нами данные согласуются с результатами исследований, согласно которым уменьшение времени ИК и пережатия аорты связано с более быстрым восстановлением пациентов, снижением частоты осложнений и уменьшением риска летального исхода [25]. В частности, J. Chalmers и соавт. обнаружили, что сокращение времени ИК при протезировании АК улучшает исходы пациентов, включая снижение продолжительности искусственной вентиляции легких и повышение ранней выживаемости [26].

В нашем исследовании пациенты, перенесшие КШ на работающем сердце, демонстрировали более быстрое восстановление, что проявлялось сокращением длительности пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии. Хотя разница в общей продолжительности госпитализации между группами была незначительной, тенденция сокращения сроков пребывания в стационаре у пациентов, оперированных без ИК, была очевидна.

Летальность в группе КШ под контролем ИК и коррекции АК составила четыре случая, в группе КШ под контролем ИК и коррекции МК – три случая, тогда как в группе КШ на работающем сердце и одномоментной коррекции МК был зарегистрирован лишь один летальный исход. Предполагает-

ся, что эти различия связаны с уменьшением времени ишемии миокарда и отсутствием негативного влияния ИК на организм, что приводит к снижению системного воспалительного ответа и, соответственно, осложнений [27].

Осложнения в раннем послеоперационном периоде в группе КШ на работающем сердце встречались реже. В частности, был менее распространен гидроторакс, требующий плевральной пункции и дренирования. Отсутствие случаев гипокоагуляционного кровотечения в группе КШ на работающем сердце и коррекции МК может быть связано с меньшей активацией системы гемостаза и воспалительного ответа, обусловленных ИК [28]. Дополнительно, в частности в работе D. Fudulu и соавт., показано, что КШ на работающем сердце эффективнее снижает частоту периоперационных инсультов и когнитивных нарушений по сравнению с таковым вмешательством в условиях ИК [29]. Также отмечено, что у пациентов с высоким риском, включая пожилых и имеющих сопутствующие заболевания, КШ без ИК обеспечивает лучшие исходы и меньшую частоту осложнений [30].

Таким образом, КШ на работающем сердце является эффективным и безопасным методом хирургического лечения у пациентов с сочетанной патологией коронарных артерий и клапанного аппарата. Сокращение времени ИК и пережатия аорты способствует уменьшению рисков осложнений и улучшению исходов лечения, что подтверждается результатами настоящего и ряда других исследований [31].

## Заключение

Реваскуляризация миокарда на работающем сердце в сочетании с коррекцией порока клапанов сердца обладает значимыми преимуществами по сравнению с вмешательствами в условиях ИК: меньшая ишемия миокарда, снижение потребности в гемотрансфузиях и сокращение сроков госпитализации. У пациентов, оперированных без использования ИК, отмечены лучшие интра- и послеоперационные показатели: меньшее время пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии, кровопотеря и длительность искусственной вентиляции легких. Частота послеоперационных осложнений в обеих группах была сопоставимой, при этом в группе КШ без ИК определена тенденция их снижения.

## Конфликт интересов

К.Р. Заракушев заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.Н. Комаров заявляет об отсутствии конфликта интересов. Б.М. Тлисов заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.Б. Сейфатова заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

## Информация об авторах

*Заракушев Казбулат Рафикович*, аспирант кафедры сердечно-сосудистой хирургии Института профессионального образования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9831-5868

*Комаров Роман Николаевич*, доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии Института профессионального образования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-3904-6415

*Тлисов Борис Магомедович*, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии Университетской клинической больницы № 1 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-4094-8771

*Сейфатова Насиба Баходировна*, ординатор первого года специальности «Кардиология» федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0003-5588-4923

## Вклад авторов в статью

**ЗКР** – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

**КРН** – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

**ТБМ** – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

**СНБ** – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

## Author Information Form

*Zarakushev Kazbulat R.*, Postgraduate Student of the Department of Cardiovascular Surgery at the Institute of Professional Education of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9831-5868

*Komarov Roman N.*, PhD, MD, Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery at the Institute of Professional Education of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-3904-6415

*Tlisov Boris M.*, PhD, Doctor of Cardiovascular Surgery, Department of Cardiac Surgery at the Educational Clinical Hospital № 1 of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-4094-8771

*Seifatova Nasiba B.*, 1<sup>st</sup> year resident in Cardiology, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Ministry of Health, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0009-0003-5588-4923

## Author Contribution Statement

**ZKR** – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

**KRN** – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

**TBM** – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

**SNB** – contribution to the concept and design of the study, data analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Chen, Q. F., Shi, S., Wang, Y. F., Shi, J., Liu, C., Xu, T., Ni, C., Zhou, X., Lin, W., Peng, Y., & Zhou, X. D. (2024). Global, Regional, and National Burden of Valvular Heart Disease, 1990 to 2021. *Journal of the American Heart Association*, 13(24), e037991. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.037991>
2. Myasoedova, V. A., Franchi, M., De Giorgi, D., Bonomi, A., Valerio, V., Pirola, S., Andreani, N., Rusconi, V., Bertolini, F., Massaiu, I., Pontone, G., & Poggio, P. (2025). High-Intensity Statins Promote PCSK9 Secretion and aortic valve calcification in patients with severe aortic stenosis: In vitro and clinical evidence. *Pharmacological research*, 215, 107737. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2025.107737>
3. Santangelo, G., Antonini-Canterin, F., & Faggiano, P. (2025). Could the Hemodynamic Progression of Aortic Valve Stenosis be

Slowed Pharmacologically? The Unsolved Dilemma. *Reviews in cardiovascular medicine*, 26(2), 26537. <https://doi.org/10.31083/RCM26537>

4. Neema, P. K., & Panidapu, N. (2025). The Mechanisms and Pathophysiology of Mitral Regurgitation: A Narrative Review. *Annals of cardiac anaesthesia*, 28(2), 109–118. [https://doi.org/10.4103/aca.aca\\_221\\_24](https://doi.org/10.4103/aca.aca_221_24)

5. Ronco, D., Buttiglione, G., Garatti, A., & Parolari, A. (2023). Biology of mitral valve prolapse: from general mechanisms to advanced molecular patterns-a narrative review. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 10, 1128195. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1128195>

6. Guicciardi, N. A., De Bonis, M., Di Resta, C., Ascione, G., Alfieri, O., Maisano, F., & Vergara, P. (2022). Genetic background



of mitral valve prolapse. Reviews in cardiovascular medicine, 23(3), 96. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2303096>

7. Neto, F. L., Marques, L. C., & Aiello, V. D. (2018). Myxomatous degeneration of the mitral valve. Autopsy & case reports, 8(4), e2018058. <https://doi.org/10.4322/acr.2018.058>

8. Olofsson, B. O., Bjerle, P., Aberg, T., Osterman, G., & Jacobsson, K. A. (1985). Prevalence of coronary artery disease in patients with valvular heart disease. Acta medica Scandinavica, 218(4), 365–371. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1985.tb08860.x>

9. Cabell, C. H., Abrutyn, E., & Karchmer, A. W. (2003). Cardiology patient page. Bacterial endocarditis: the disease, treatment, and prevention. Circulation, 107(20), e185–e187. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000071082.36561.F1>

10. Mazzotta, R., Orlandi, M., Scheggi, V., Marchionni, N., & Stefano, P. (2024). Coronary embolism in left-sided infective endocarditis. A retrospective analysis from a high-volume surgical centre and review of the literature. PloS one, 19(12), e0314718. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314718>

11. Li, S., Wang, Z., Fu, W., Li, F., Gu, H., Cui, N., Lin, Y., Xie, M., & Yang, Y. (2024). Left Ventricular Papillary Muscle: Anatomy, Pathophysiology, and Multimodal Evaluation. Diagnostics (Basel, Switzerland), 14(12), 1270. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14121270>

12. Gambardella, I., Spadaccio, C., Singh, S. S. A., Shingu, Y., Kunihara, T., Wakasa, S., & Nappi, F. (2024). Interpapillary muscle distance independently predicts recurrent mitral regurgitation. Journal of cardiothoracic surgery, 19(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02631-z>

13. Li, R., Hu, M., Fang, J., Wei, X., & Wan, S. (2025). Improving Repair Durability in Severe Ischemic Mitral Regurgitation: Revisiting Patient Selection and Adjunctive Repair Techniques. Seminars in thoracic and cardiovascular surgery, 37(3), 257–262. <https://doi.org/10.1053/j.semtevs.2025.04.009>

14. Wierup, P., Nielsen, S. L., Egeblad, H., Scherstén, H., Kimblad, P. O., Bech-Hansen, O., Roijer, A., Nilsson, F., Nielsen, P. H., Poulsen, S. H., & Mølgaard, H. (2009). The prevalence of moderate mitral regurgitation in patients undergoing CABG. Scandinavian cardiovascular journal : SCJ, 43(1), 46–49. <https://doi.org/10.1080/14017430802430943>

15. Lamas, G. A., Mitchell, G. F., Flaker, G. C., Smith, S. C., Jr, Gersh, B. J., Basta, L., Moyé, L., Braunwald, E., & Pfeffer, M. A. (1997). Clinical significance of mitral regurgitation after acute myocardial infarction. Survival and Ventricular Enlargement Investigators. Circulation, 96(3), 827–833. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.3.827>

16. Varma, P. K., Krishna, N., Jose, R. L., & Madkaiker, A. N. (2017). Ischemic mitral regurgitation. Annals of cardiac anaesthesia, 20(4), 432–439. [https://doi.org/10.4103/aca.ACA\\_58\\_17](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_58_17)

17. Sugiura, A., Yamamoto, M., Saji, M., Asami, M., Enta, Y., Nakashima, M., Shirai, S., Izumo, M., Mizuno, S., Watanabe, Y., Amaki, M., Kodama, K., Yamaguchi, J., Nakajima, Y., Naganuma, T., Bota, H., Ohno, Y., Yamawaki, M., Ueno, H., Mizutani, K., ... OCEAN-Mitral Investigators (2024). Cardiac Damage in Degenerative Mitral Regurgitation Treated With Transcatheter Mitral Edge-to-Edge Repair. Circulation. Cardiovascular interventions, 17(6), e013794. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.013794>

18. Durmaz, D., Gündöner, S., & Tekümit, H. (2025). Association of Aortic Cross-Clamping Time with Systemic Immune Inflammation and Systemic Inflammatory Response Indexes in Isolated Coronary Bypass Surgery. Brazilian journal of cardiovascular surgery, 40(5), e20240266. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2024-0266>

19. Hu, J., Liu, Y., Huang, L., Song, M., & Zhu, G. (2023). Association between cardiopulmonary bypass time and mortality among patients with acute respiratory distress syndrome after

cardiac surgery. BMC cardiovascular disorders, 23(1), 622. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03664-3>

20. Kant, S., Banerjee, D., Sabe, S. A., Sellke, F., & Feng, J. (2023). Microvascular dysfunction following cardiopulmonary bypass plays a central role in postoperative organ dysfunction. Frontiers in medicine, 10, 1110532. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1110532>

21. He, J., Liu, D., Zhao, L., Zhou, D., Rong, J., Zhang, L., & Xia, Z. (2022). Myocardial ischemia/reperfusion injury: Mechanisms of injury and implications for management (Review). Experimental and therapeutic medicine, 23(6), 430. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11357>

22. Axtell, A. L., Fiedler, A. G., Melnitchouk, S., D'Alessandro, D. A., Villavicencio, M. A., Jassar, A. S., & Sundt, T. M., 3rd (2020). Correlation of cardiopulmonary bypass duration with acute renal failure after cardiac surgery. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery, 159(1), 170–178.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.01.072>

23. Yang, X., Zhu, L., Pan, H., & Yang, Y. (2024). Cardiopulmonary bypass associated acute kidney injury: better understanding and better prevention. Renal failure, 46(1), 2331062. <https://doi.org/10.1080/0886022X.2024.2331062>

24. Al-Sarraf, N., Thalib, L., Hughes, A., Houlihan, M., Tolan, M., Young, V., & McGovern, E. (2011). Cross-clamp time is an independent predictor of mortality and morbidity in low- and high-risk cardiac patients. International journal of surgery (London, England), 9(1), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.10.007>

25. Polomsky, M., He, X., O'Brien, S. M., & Puskas, J. D. (2013). Outcomes of off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting: Impact of preoperative risk. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery, 145(5), 1193–1198. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.02.002>

26. Chalmers, J., Pullan, M., Mediratta, N., & Poullis, M. (2014). A need for speed? Bypass time and outcomes after isolated aortic valve replacement surgery. Interactive cardiovascular and thoracic surgery, 19(1), 21–26. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivu102>

27. Perazzo, Á., Mariani, S., Montenegro, G. L., Conci, L., Sepúlveda, D. P. L., Steffen, S. P., Gaiotto, F. A., Lorusso, R., Caldas, S., Neto, Lins, E. M., Leal, J. C. F., & Moraes, F. R., Neto (2025). Cardiopulmonary Bypass and Cross-Clamping Times in Aortic Valve Replacement Surgery by Miniresection with Sutureless Prosthesis Implantation Compared to Conventional Prosthesis: A Cross-Sectional Study. Brazilian journal of cardiovascular surgery, 40(2), e20240290. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2024-0290>

28. Li, X., Wang, R., Sun, D., Yao, Y., Wang, T., Luo, G., Liu, M., Xu, J., Cheng, Z., Gao, Q., Wang, Y., Wu, C., Xu, G., Lv, T., Zou, J., & Yan, M. (2023). Risk Factors for Hypocoagulability After Cardiac Surgery: A Retrospective Study. Clinical and applied thrombosis/hemostasis : official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis, 29, 10760296231209927. <https://doi.org/10.1177/10760296231209927>

29. Fudulu, D., Benedetto, U., Pecchinenda, G. G., Chivasso, P., Bruno, V. D., Rapetto, F., Bryan, A., & Angelini, G. D. (2016). Current outcomes of off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting: evidence from randomized controlled trials. Journal of thoracic disease, 8(Suppl 10), S758–S771. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.10.80>

30. Toz, H., Kuserli, Y., Türkyılmaz, G., Kavala, A. A., & Türkyılmaz, S. (2025). Comparison of Long-term Outcomes of On-pump and Off-pump Techniques in Isolated Coronary Artery Bypass Surgery: A Cohort Study. Med J Bakirkoy, 21(3), 296–304. <https://doi.org/10.4274/BMJ.galenos.2025.2025.4-15>

31. Qin, H., Si, P., Hua, K., & Yang, X. (2024). The value of off-pump coronary artery bypass grafting in the surgery for combined valvular and coronary heart disease. Frontiers in medicine, 11, 1451778. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1451778>

**Для цитирования:** Заракушев К.Р., Комаров Р.Н., Тлисов Б.М., Сейфатова Н.Б. Коронарное шунтирование на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения у пациентов с ишемической болезнью сердца и сочетанным поражением клапана сердца. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(6): 182–193. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6-182-193

**To cite:** Zarakushev K.R., Komarov R.N., Tlisov B.M., Seifatova N.B. Off-pump coronary artery bypass grafting in patients with coronary heart disease and concomitant valvular heart disease. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(6): 182–193. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6-182-193