

3.1.15 Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ, У БОЛЬНЫХ С ДИФфуЗНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

*Е.А. Борзов, Р.С. Латыпов, В.П. Васильев, Е.В. Бурмистрова, А.А. Ширяев

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, Москва

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Борзов Егор Андреевич (Egor A. Borzov), e-mail: borzov-egor94@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Цель: сравнить госпитальные исходы коронарного шунтирования (КШ) у пациентов с диффузным поражением коронарных артерий, выполненного на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения (ИК), для определения категорий больных, имеющих потенциальные преимущества от операции без ИК.

Материалы и методы: в рамках одноцентрового ретроспективного исследования проанализированы данные пациентов с диффузным поражением коронарного русла, перенесших КШ в период с 2020 по 2023 гг. (n=340). После проведения псевдорандомизации были сформированы две сопоставимые группы: группа 1 (n=77) – КШ на работающем сердце, группа 2 (n=77) – КШ в условиях ИК. Оценивались периоперационные осложнения: инфаркт миокарда (ИМ), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), выраженная дыхательная недостаточность, потребовавшая пролонгированной искусственной вентиляции легких (ИВЛ), и острая почечная недостаточность (ОПН), требующая заместительной почечной терапии (ЗПТ). В качестве интегрального показателя использовалась комбинированная конечная точка (ККТ), включающая перечисленные события.

Результаты: частота периоперационных сердечно-сосудистых событий была низкой. ИМ зарегистрирован у 2,6% и 1,3% пациентов в группах 1 и 2, соответственно (p=0,623). Случаев ОНМК в группе 1 не отмечено, в группе 2 – 1,3% (p=0,499). Выраженная дыхательная недостаточность с пролонгированной ИВЛ встречалась у 6,5% и 5,2% (p=0,742). Потребность в ЗПТ вследствие ОПН отмечена только в группе 2 (3,9%, p (для групп) =0,123). Совокупная частота ККТ составила 9,7% (n=15), демонстрируя тенденцию к увеличению в группе ИК (ОШ=2,1; 95% ДИ 0,7-6,6; p=0,277). Многофакторный анализ выявил значимое влияние мультифокального атеросклероза (ОШ=3,4; 95% ДИ 1,1-10,8; p=0,034) на риск развития ККТ, тогда как женский пол (ОШ=3,1; 95% ДИ 0,9-10,2; p=0,058) и постинфарктный кардиосклероз (ОШ=3,8; 95% ДИ 0,8-18,1; p=0,099) продемонстрировали тенденцию к ассоциации. В субанализе для пациентов высокого риска выявлена тенденция к более благоприятным исходам при выполнении КШ на работающем сердце (ОШ=3,28, 95% ДИ 0,83-12,92, p=0,098).

Заключение: проведенное исследование демонстрирует сопоставимость госпитальных исходов коронарного шунтирования на работающем сердце и в условиях ИК у пациентов с диффузным поражением коронарных артерий. При этом у больных высокого риска выявлена тенденция к преимуществу операции без ИК, что позволяет рекомендовать ее в качестве предпочтительной стратегии для данной селективной группы.

Ключевые слова: диффузное поражение, коронарное шунтирование, искусственное кровообращение.

Для цитирования. Е.А. Борзов, Р.С. Латыпов, В.П. Васильев, Е.В. Бурмистрова, А.А. Ширяев, «ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ, У БОЛЬНЫХ С ДИФфуЗНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2026; 2(2): 18–27.

FACTORS DETERMINING THE ADVANTAGES OF OFF-PUMP CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING IN PATIENTS WITH DIFFUSE CORONARY ARTERY DISEASE

*Egor A. Borzov, Ruslan S. Latypov, Vladislav P. Vasiliev, Elena V. Burmistrova, Andrey A. Shiryayev

FSBI «National Medical Research Center for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

ABSTRACT

Aim: to compare in-hospital outcomes of coronary artery bypass grafting (CABG) in patients with diffuse coronary artery disease, performed either off-pump or on-pump, and to identify patient categories that may benefit from off-pump surgery.

Materials and Methods: a single-center retrospective study analyzed data from patients with diffuse coronary artery disease who underwent CABG between 2020 and 2023 (n=340). After propensity score matching, two comparable groups were formed: Group 1 (n=77) – off-pump CABG, Group 2 (n=77) – on-pump CABG. Perioperative complications assessed included: myocardial infarction (MI), acute cerebrovascular accident (stroke), severe respiratory failure requiring prolonged mechanical ventilation, and acute renal failure (ARF) requiring renal replacement therapy (RRT). A combined endpoint (CE), encompassing these events, was used as the primary outcome measure.

Results: the frequency of perioperative cardiovascular events was low. MI was registered in 2.6% and 1.3% of patients in Groups 1 and 2, respectively (p=0.623). No strokes occurred in Group 1, compared to 1.3% in Group 2 (p=0.499). Severe respiratory failure with prolonged mechanical ventilation occurred in 6.5% and 5.2% (p=0.742). The need for RRT due to ARF was noted only in Group 2 (3.9%, p (for groups)=0.123). The cumulative incidence of the CE was 9.7% (n=15), showing a trend towards an increase in the on-pump group (OR=2.1; 95% CI 0.7-6.6; p=0.277). Multivariate analysis revealed a significant influence of peripheral artery disease (OR=3.4; 95% CI 1.1-10.8; p=0.034) on the risk of CE, while female sex (OR=3.1; 95% CI 0.9-10.2; p=0.058) and previous myocardial infarction (OR=3.8; 95% CI 0.8-18.1; p=0.099) demonstrated a trend towards association. In a subanalysis of high-risk patients, a trend towards more favorable outcomes with off-pump CABG was identified (OR=3.28, 95% CI 0.83-12.92, p=0.098).

Conclusion: this study demonstrates comparable in-hospital outcomes for off-pump and on-pump coronary artery bypass grafting in patients with diffuse coronary artery disease. However, a trend towards a benefit of off-pump surgery was identified in high-risk patients, suggesting it can be recommended as a preferred strategy for this selective group.

Keywords: diffuse coronary lesion, coronary artery bypass grafting, cardiopulmonary bypass.

ВВЕДЕНИЕ

Диффузное поражение коронарных артерий (КА) представляет собой одну из наиболее сложных проблем в кардиохирургии, частота которой неуклонно возрастает. Данная патология, выявляемая у 30-40% пациентов, направляемых на хирургическую реваскуляризацию, является независимым предиктором неблагоприятных исходов и ассоциирована с высоким риском периоперационных осложнений [1, 2]. При этом неполная реваскуляризация в этой группе больных напрямую сопряжена с ухудшением отдаленных результатов [3-6].

Ключевым инструментом достижения полной реваскуляризации при диффузном поражении является микрохирургическая техника, положительный опыт применения которой подробно освещен в литературе [5-8]. Однако, несмотря на накопленный значительный опыт проведения коронарного шунтирования (КШ) с микрохирургической техникой в условиях искусственного кровообращения (ИК), возможности ее применения на работающем сердце у данной категории больных исследованы недостаточно. Основное препятствие широкому внедрению методики заключается в технической сложности выполнения операций на работающем сердце. Такие вмешательства, особенно сложные коронарные реконструкции, традиционно ассоциируются с повышенным риском периоперационных осложнений, который у пациентов с изначально диффузным поражением коронарного русла может быть еще выше.

Несмотря на эти объективные сложности, появляются данные, свидетельствующие о возможности успешного применения метода. В частности, наши ранее опубликованные исследования [9, 10] демонстрируют обнадеживающие госпитальные результаты и отдаленные исходы после операций без ИК у данной категории больных, что указывает на принципиальную возможность минимизировать травму эндотелия и достичь качественного дистального анастомоза с помощью микрохирургического подхода.

Таким образом, в настоящее время актуальной научно-практической задачей является накопление сравнительных данных операций КШ в условиях ИК и на работающем сердце у больных с диффузным поражением КА и определение селективной группы пациентов, которые могут получить максимальные преимущества от выполнения КШ на работающем сердце, что явилось целью нашего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было проведено ретроспективное исследование на базе отделения сердечно-сосудистой хирургии Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова (ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ). Работа осуществлялась в строгом соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации для медицинских исследований с участием людей. Протокол исследо-

вания одобрен Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ Кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ (№ 262 заседания Комитета от 30.10.2020). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

Критерии отбора пациентов

В исследовании участвовали пациенты с многососудистым и диффузным поражением коронарных артерий, перенесшие коронарное шунтирование (КШ) в период с 2020 по 2023 гг.

Диффузное поражение диагностировалось по критериям исследований CASS и SYNTAX. К нему относили атеросклеротическое поражение с сужением хотя бы одной из основных коронарных артерий или их крупных ветвей, при котором участок поражения длиной более 2 см располагался после основного стеноза, а диаметр дистального сегмента сосуда был менее 2 мм на большей части его протяженности [11, 12]. Из исследования были исключены пациенты со сниженной фракцией выброса левого желудочка (<35%), перенесшие инфаркт миокарда менее чем за 1,5 месяца до операции, с тяжелыми формами хронической обструктивной болезни легких, хронической болезни почек 3Б стадии и более, а также те, кто ранее переносил открытые операции на сердце.

Формирование групп

Пациенты были разделены на две группы: группа 1 (n=88) - пациенты, перенесшие КШ на работающем сердце (off-pump); группа 2 (n=252) - пациенты, перенесшие КШ в условиях ИК (on-pump).

Для обеспечения сопоставимости групп использовался метод псевдорандомизации (propensity score matching, PSM). Это позволило создать две группы с минимальными различиями по исходным параметрам. В модель оценки PS были включены 13 исходных параметров (ковариаты), закодированных в конфаундеры, которые потенциально могли повлиять на выбор метода лечения и исход лечения. Среди них: пол, возраст, индекс массы тела, наличие постинфарктного кардиосклероза, фракция выброса левого желудочка, артериальная гипертензия, сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких, мультифокальный атеросклероз, курение в анамнезе, нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, скорость клубочковой фильтрации и хроническая сердечная недостаточность. По указанным в материалах исследования ковариатам проведена псевдорандомизация между исследуемой и контрольной группами. Для каждого наблюдения в основной группе подбиралась ближайшая пара из группы сравнения, которая имела наиболее близкое значение PS. Значение отрезка PS, составляющее 0,1 от стандартного отклонения логита PS, было достаточным для обеспечения необходимого сходства наблюдений в парах по имеющемуся набору конфаундеров.

Таким образом сформированы две равные группы по 77 пациентов в каждой.

Обследование и конечные точки

Все пациенты прошли стандартное предоперационное обследование, включавшее лабораторные анализы (клинический и биохимический анализ крови, липидный профиль, коагулограмму), ЭКГ, суточное мониторирование ЭКГ, эхокардиографию и коронарографию. При необходимости проводились томографические исследования.

Анализировались госпитальные результаты, включая летальный исход, изучена частота развития ИМ и ОНМК, а также выраженной дыхательной недостаточности, потребовавшей продленной ИВЛ, ОПН с проведением ЗПТ. В качестве составной конечной точки рассматривалась совокупность указанных событий. Наличие любого события рассматривалось в качестве неблагоприятного течения госпитального периода. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

Методы статистического анализа данных

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы IBM SPSS Statistics 26, StatTech v. 3.1.8 (разработчик - ООО «Статтех», Россия). База данных составлялась в программе Microsoft Office Excel 2010. С целью формирования исследуемых групп выполнена псевдорандомизация. Перед началом анализа количественных данных, проводилась их проверка на нормальность распределения (визуальный анализ гистограммы, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации, критерий Колмогорова-Смирнова). При распределении, близком к нормальному, переменные представлены в виде среднего арифметического (M) и стандартного отклонения (SD), а при существенном отклонении от нормального распределения использовали медиану (Me) и интерквартильный размах (Q1-Q3). Для клинически значимых эффектов рассчитывали отношение шансов с его 95% доверительным интерва-

лом (ДИ). При сравнении двух независимых групп использовали непараметрический критерий Манна-Уитни или параметрический критерий Стьюдента. Для сравнения долей в двух и более независимых группах использовался критерий χ^2 или точный критерий Фишера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка. Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода, применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Большинство участников исследования в обеих группах составляли мужчины (81,8% в группе 1 и 79,2% в группе 2). Средний возраст пациентов был сопоставимым: $65,9 \pm 8,6$ лет в первой группе и $64,6 \pm 6,9$ лет — во второй. Значения индекса массы тела у больных соответствовали норме. Анализ сопутствующей патологии показал, что у подавляющего большинства пациентов в анамнезе имелась артериальная гипертензия (85,7% и 89,6% соответственно). Около половины пациентов были курильщиками (53,2% против 45,5%), в то время как ХОБЛ диагностировалась относительно редко (13,0% и 14,3%). Большинство пациентов ранее перенесли инфаркт миокарда (64,9% и 58,4%). При этом функция левого желудоч-



Рис. 1. Дизайн исследования.

Fig. 1. Study design.

ка в среднем оставалась сохранной (фракция выброса $56,6 \pm 6,7\%$ и $56,7 \pm 5,4\%$), а частота сердечной недостаточности была низкой ($14,3\%$ и $13,0\%$), что согласуется с критериями исключения из исследования. Сахарный диабет был менее чем у трети пациентов ($23,4\%$ и $22,1\%$). Распространенный атеросклероз с поражением других артериальных бассейнов отмечался примерно у трети пациентов ($35,1\%$ и $24,7\%$). По всем перечисленным показателям статистически значимых различий между группами обна-

ружено не было. Клиническая характеристика представлена в **таблице 1**.

Существенное различие выявлено в частоте предшествующих чрескожных коронарных вмешательств: в группе пациентов, оперированных на работающем сердце, таких больных было значительно больше ($28,6\%$ против $13,0\%$, $p=0,009$). При этом степень тяжести коронарного поражения по шкале SYNTAX (>32 баллов) в обеих группах была сходной ($51,9\%$ против $58,4\%$, $p=0,418$). Длитель-

Таблица 1. Исходная клинико-демографическая характеристика больных

Table 1. Baseline clinical and demographic characteristics of patients

Характеристики/Parameters	Группа 1/Group 1 (n=77)	Группа 2/Group 2 (n=77)	P
Возраст (годы)/ Age (years), M $\pm$ SD	65,9 $\pm$ 8,6	64,6 $\pm$ 6,9	0,284
Мужчины/ Male, n (%)	63 (81,8%)	61 (79,2%)	0,684
ИМТ (кг/м ²)/BMI (kg/m ²), M $\pm$ SD	28,1 $\pm$ 4,1	28,3 $\pm$ 3,5	0,704
Постинфарктный кардиосклероз/ Previous myocardial infarction, n (%)	50 (64,9%)	45 (58,4%)	0,407
Фракция выброса левого желудочка (%) / Left ventricular ejection fraction (%), M $\pm$ SD	56,6 $\pm$ 6,7	56,7 $\pm$ 5,4	0,905
Артериальная гипертензия/ Hypertension, n (%)	66 (85,7%)	69 (89,6%)	0,462
Сахарный диабет/ Diabetes mellitus, n (%)	18 (23,4%)	17 (22,1%)	0,848
ХОБЛ / COPD, n (%)	10 (13,0%)	11 (14,3%)	0,815
Курение в анамнезе /Smoking, n (%)	41 (53,2%)	35 (45,5%)	0,334
Мультифокальный атеросклероз / Peripheral artery disease, n (%)	27 (35,1%)	19 (24,7%)	0,159
НМК в анамнезе / Previous stroke, n (%)	15 (15,6%)	7 (9,1%)	0,221
СКФ (мл/мин) / GFR (ml/min), M $\pm$ SD	83,3 $\pm$ 17,7	84,2 $\pm$ 13,0	0,721
ХСН I-II ФК по NYHA / Chronic heart failure NYHA I-II, n (%)	11 (14,3%)	10 (13,0%)	0,815

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, ФК – функциональный класс, НМК – нарушение мозгового кровообращения, СКФ – скорость клубочковой фильтрации.

Note: BMI – body mass index; COPD – Chronic obstructive pulmonary disease; GFR – glomerular filtration rate; NYHA – New York Heart Association.

Таблица 2. Госпитальные результаты

Table 2. In-hospital results

Результат/Result	Группа 1/Group 1 (n=77)	Группа 2/Group 2 (n=77)	P
Госпитальная летальность / In-hospital mortality, n (%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)	1,0
Острый инфаркт миокарда / Acute myocardial infarction, n (%)	2 (2,6%)	1 (1,3%)	1,0
Повторная реваскуляризация / Repeat revascularization, n (%)	2 (2,6%)	0	0,497
ОНМК/ Acute stroke, n (%)	0	1 (1,3%)	1,0
Дыхательная недостаточность (продленная) / Respiratory failure (prolonged MV mechanical ventilation), n (%)	5 (6,5%)	4 (5,2%)	1,0
Острая почечная недостаточность / Acute renal failure, n (%)	0	3 (3,9%)	0,245
Рестернотомия / Resterotomy, n (%)	2 (2,6%)	2 (2,6%)	1,0
Нарушение ритма сердца/ Arrhythmia, n (%)	7 (7,8%)	15 (14,3%)	0,199
Послеоперационный койко-день / Postoperative hospital stay, M $\pm$ SD	8,9 $\pm$ 2,1	9,9 $\pm$ 2,2	0,149

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, ИВЛ – искусственная вентиляция легких.

Note: MV – mechanical ventilation.

ность ИК и времени ишемии миокарда для группы 1 составила $79,1 \pm 12,3$ мин и $50,6 \pm 10,2$ мин, соответственно. Значение индекса реваскуляризации для операции в условиях ИК составило $4,23 \pm 0,58$, для операции на работающем сердце $4,12 \pm 0,64$ ($p=0,769$). Полная реваскуляризация достигнута практически у всех исследуемых: 100% в группе 1 и 98,7% в группе 2.

Проведена оценка госпитальных результатов, данные которой представлены в **таблице 2**.

Сравнительный анализ показал, что в группе пациентов, прооперированных на работающем сердце, основные показатели эффективности хирургического лечения были сопоставимы с другой группой. Госпитальная летальность в обеих группах была одинаковой и составила 1,3%, частота периоперационных ИМ не имела статистически значимых различий (2,6% против 1,3%), случай ОНМК был зарегистрирован только в группе 2, а ОПН, потребовавшая ЗПТ, отмечена в 3,9% случаев в группе 2, тогда как в группе 1 таких случаев не было; однако разница не является статистически значимой. Следует отме-

тить, что операция в условиях ИК была связана с тенденцией к более частому развитию послеоперационных нарушений ритма по сравнению с операцией на работающем сердце (14,3% против 7,3%, $p=0,199$). Вероятно, это повлияло на некоторое увеличение средней продолжительности госпитализации после операции ($9,9 \pm 2,2$ койко-дня против $8,9 \pm 2,1$, $p=0,149$), хотя различия и не достигли статистической значимости.

Неблагоприятное течение госпитального периода встречалось несколько чаще в группе больных, перенесших операцию в условиях ИК (6,5% против 13,0%; отношение шансов (ОШ)=2,1, 95% доверительный интервал (ДИ) 0,7-6,6, $p=0,277$) (**рис. 2**).

Следующим шагом нами выполнена попытка определения группы высокого риска. Для этого мы изучили влияние всех исходных клиничко-демографических параметров на неблагоприятный исход в обеих группах в многофакторного анализа, результатом которого было выделение трех основных факторов, представленных в **таблице 3**.

На основе проведенного многофакторного анализа была

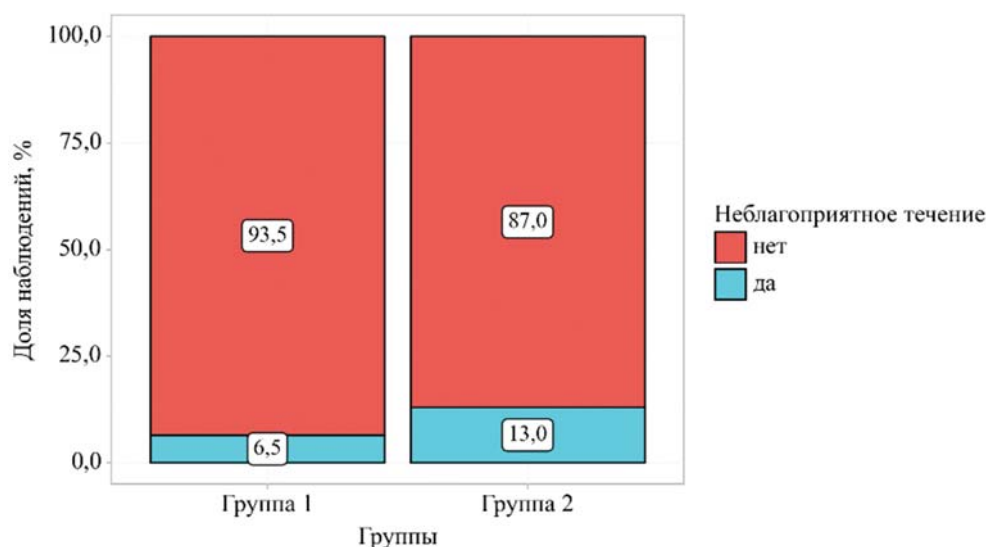


Рис. 2. Частота осложненного течения госпитального периода.

Fig. 2. Incidence of complicated hospital period.

Таблица 3. Результат многофакторного анализа факторов риска неблагоприятного течения госпитального периода

Table 3. Results of multivariate analysis of risk factors for complicated hospital course

Предикторы/ Predictors	Нескорректированное/Unadjusted		Скорректированное/Adjusted	
	ОШ; 95% ДИ/ OR; 95% CI	p	ОШ; 95% ДИ/ OR; 95% CI	p
Постинфарктный кардиосклероз/ Previous myocardial infarction	4,52; 1,00 – 20,80	0,049	3,76; 0,78 – 18,07	0,099
Мультифокальный атеросклероз/ Peripheral artery disease	4,14; 1,38 – 12,42	0,011	3,44; 1,10 – 10,78	0,034
Женский пол/ Female sex	2,90; 0,95 – 8,86	0,062	3,13; 0,96 – 10,20	0,058

Примечание: ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.

Note: OR – odd ratio; CI – confidence interval.

Таблица 4. Факторы риска, включенные в прогностическую шкалу

Table 4. Risk factors included in the prognostic scale

Мультифокальный атеросклероз/ Peripheral artery disease	Постинфарктный кардиосклероз/ Previous myocardial infarction	Женский пол/ Female
2 балла	1 балл	1 балл

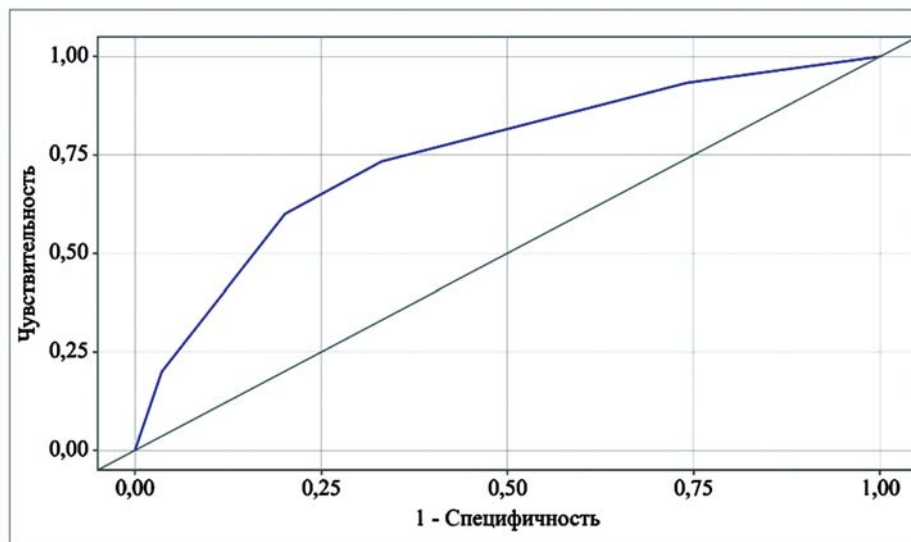


Рис. 3. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности осложненного течения от значения прогностической шкалы.

Fig. 3. ROC curve characterizing the probability of a complicated course based on the prognostic scale.

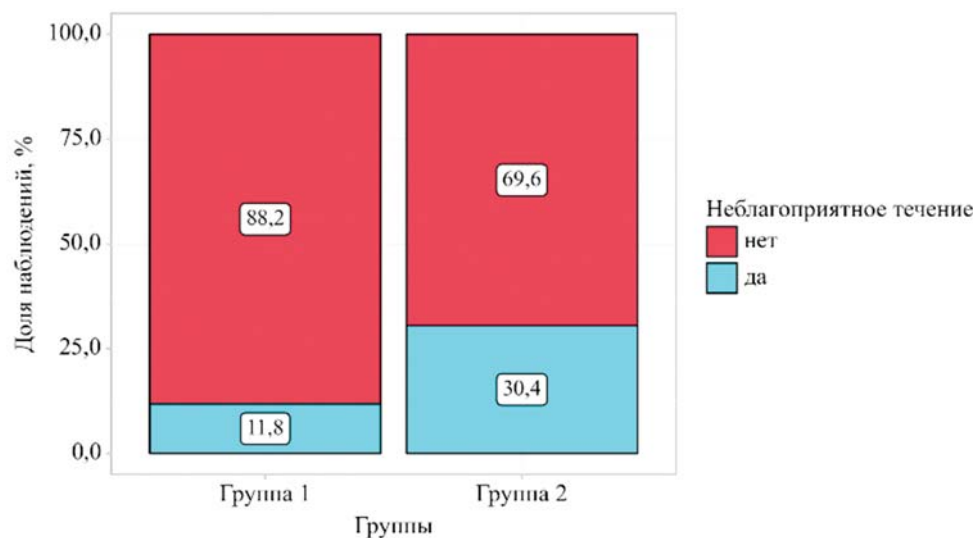


Рис. 4. Госпитальные результаты в двух группах у больных высокого риска неблагоприятного течения госпитального периода.

Fig. 4. In-hospital outcomes in both groups among patients at high risk of a complicated course.

создана прогностическая шкала для выявления пациентов высокого риска и оценки потенциальных преимуществ операции на работающем сердце именно в этой категории больных. Каждый фактор риска в данной шкале (табл. 4) получил определенный балл, отражающий степень его влияния на исход лечения. Распределение баллов выполнено эмпирическим путем, с учетом наиболее выраженного негативного вклада мультифокального атеросклероза.

Для оценки прогностической способности разработанной шкалы был применен ROC-анализ. Полученная ROC-кривая (рис.3) демонстрирует площадь под кривой (AUC) $0,748 \pm 0,075$ при 95% доверительном интервале от 0,600 до 0,896. Статистическая значимость модели подтверждена ($p < 0,001$).

Оптимальным пороговым значением шкалы, определенным по максимальному индексу Юдена, явилось 2 балла. Значение шкалы, равное или превышающее данный

порог, прогнозирует неблагоприятный исход в госпитальном периоде. Чувствительность модели составила 73,3%, специфичность — 66,9%.

На следующем этапе для выявления пациентов, имеющих потенциальное преимущество от операции на работающем сердце (off-pump), все больные с диффузным поражением были стратифицированы на две группы по количеству баллов по прогностической шкале:

Группа низкого риска: 0-1 балл (n=97)

Группа высокого риска: 2-4 балла (n=57)

В группе высокого риска частота осложнений в госпитальном периоде была статистически значимо выше (19,3% против 4,1% в группе низкого риска; ОШ=3,1; 95% ДИ 1,7–18,4; $p = 0,004$). Дальнейший анализ в группе высокого риска показал, что большинство этих пациентов (59,6%, n=34) были прооперированы на работающем сердце. Применение методики off-pump коронарного шунтирования в этой когорте ассоциировалось со снижением вероятности развития госпитальных осложнений в три раза (ОШ=3,28; 95% ДИ 0,83–12,92; $p = 0,098$), что представлено на **рисунке 4**.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования демонстрируют, что операция КШ на работающем сердце (off-pump) может быть выполнена с удовлетворительными результатами, которые не отличаются от результатов операции КШ в условиях ИК. Анализ госпитальных исходов показал относительно низкую и сопоставимую частоту развития основных осложнений, таких как госпитальная летальность и периоперационный инфаркт миокарда (ИМ), как и в ранее опубликованной работе [10, 13]. Этот вывод согласуется с данными современных научных публикаций.

Обзор литературы позволяет заключить, что КШ на работающем сердце с использованием сложных коронарных реконструкций является эффективным и безопасным методом, не уступающим операции в условиях ИК [14–18]. В недавнем проспективном исследовании Ahmed H.N. и соавт., не было зарегистрировано статистически значимых различий в частоте периоперационного ИМ между группами с ИК и без него [19].

Крупный мета-анализ Wang J. и соавт., включивший данные 63 730 пациентов, также не выявил достоверных различий в госпитальной летальности после КШ с эндартерэктомией (КЭЭ) на работающем и остановленном сердце [20].

Одним из ключевых достижений данного исследования является идентификация группы пациентов высокого риска, для которых методика КШ на работающем сердце может иметь наибольшие преимущества. Считается общепринятым, что основные преимущества off-pump подхода заключаются в снижении риска неблагоприятных событий в госпитальном периоде, причем эти различия наибо-

лее выражены именно у больных высокого риска. В нашем исследовании была разработана прогностическая шкала, позволившая стратифицировать пациентов. Анализ показал, что у больных высокого риска выполнение КШ на работающем сердце сопровождалось трехкратным снижением вероятности развития осложнений в госпитальном периоде (ОШ = 3,28, 95% ДИ 0,83 – 12,92, $p=0,098$). Хотя различия не достигли общепринятого уровня статистической значимости, сильная тенденция и величина отношения шансов являются клинически важными. Отсутствие формальной значимости, вероятно, связано с относительно небольшим размером подгруппы высокого риска (n=57), что ограничивает статистическую мощность анализа.

Полученные нами данные согласуются с результатами других исследований, сфокусированных на пациентах с повышенным операционным риском.

Например, в работе Lemma M.G. и соавт., где критерием высокого риска служил Euroscore > 6%, частота комбинированной конечной точки в госпитальном периоде была достоверно ниже в группе off-pump (5,8% против 13,3% в группе с ИК; $p=0,010$). Схожие результаты были продемонстрированы и в других исследованиях [21, 22]. Механизм, лежащий в основе улучшения исходов у высокорисковых пациентов при отказе от ИК, требует дальнейшего изучения. Наиболее вероятным объяснением является отсутствие системного воспалительного ответа, индуцированного ИК [23]. Этот эффект может быть особенно критичным для пациентов с изначальноотягощенным коморбидным статусом, например, с мультифокальным атеросклерозом и постинфарктным кардиосклерозом, которые вошли в нашу прогностическую модель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать предварительные выводы о сопоставимой эффективности коронарного шунтирования на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения у пациентов с диффузным поражением коронарных артерий. Особый интерес представляет тенденция к снижению частоты госпитальных осложнений при использовании метода off-pump у пациентов высокого риска, выделенных с помощью разработанной прогностической шкалы. Хотя выявленные различия не достигли статистической значимости, возможно, из-за ограниченной выборки, этот обнадеживающий результат требует дальнейшего изучения. Для формирования окончательных выводов необходимы дополнительные исследования на более крупных выборках, включая валидацию прогностической шкалы и оценку отдаленных результатов. Полученные данные определяют перспективные направления для совершенствования персонализированного подхода в коронарной хирургии. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fukui T, Takanashi S, Hosoda Y. Long segmental reconstruction of diffusely diseased left anterior descending coronary artery with left internal thoracic artery with or without endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 2005; 80(6):2098-105. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2005.06.047](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.06.047)
2. Li D, Guo P, Chen L, et al. Outcomes of Surgical Patch Angioplasty of The Coronary Artery for Diffuse Coronary Artery Disease. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2020; 35(5):706-712. DOI: [10.21470/1678-9741-2019-0390](https://doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0390)
3. Garcia S, Sandoval Y, Roukoz H. et al. Outcomes after complete versus incomplete revascularization of patients with multivessel coronary artery disease: a meta-analysis of 89,883 patients enrolled in randomized clinical trials and observational studies. *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62(16):1421-31. DOI: [10.1016/j.jacc.2013.05.033](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.05.033)
4. Семченко А, Зайцев И, Шевченко А. Влияние неполной реваскуляризации на результаты коронарного шунтирования у больных ишемической болезнью сердца. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2021; 25(1): 74–84. DOI: [10.21688/1681-3472-2021-1-74-84](https://doi.org/10.21688/1681-3472-2021-1-74-84)
5. Семченко А, Шевченко А, Зайцев И. и др. Микроскоп-ассистированное коронарное шунтирование при диффузном поражении коронарных артерий: непосредственные и среднесрочные результаты. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2023; 27(3): 31–43. DOI: [10.21688/1681-3472-2023-3-31-43](https://doi.org/10.21688/1681-3472-2023-3-31-43)
6. Ширяев А.А., Акчурин Р.С., Васильев В.П. и др. Результаты коронарного шунтирования с использованием микрохирургической техники и эндартерэктомии при диффузном поражении коронарных артерий. Вестник РАМН. 2022; 77(2):119–130. DOI: [10.15690/vramn1282](https://doi.org/10.15690/vramn1282)
7. Пашаев Р.А., Петровский Д.В., Курбанов С.К. и др. Отдаленные результаты коронарного шунтирования у пациентов с тяжелым протяженным кальцинозом коронарных артерий. Московский хирургический журнал. 2024; (1):46-54. DOI: [10.17238/2072-3180-2024-1-46-54](https://doi.org/10.17238/2072-3180-2024-1-46-54)
8. Spagnolo S, Barbato M, Scalise F. et al. Long Term Patency Rates of Saphenous Vein Grafts a Comparison between Microsurgery and Standard Coronary Bypass Technique. *On J Cardio Res & Rep.* 2019;1(3): DOI: [10.33552/OJCRR.2019.01.000512](https://doi.org/10.33552/OJCRR.2019.01.000512)
9. Борзов Е.А., Латыпов Р.С., Васильев В.П. и др. Годичные результаты коронарного шунтирования на работающем сердце при диффузном поражении коронарных артерий. Кардиологический вестник. 2024;19(1):5663. DOI: [10.17116/Cardiobulletin20241901156](https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241901156)
10. Борзов Е.А., Латыпов Р.С., Васильев В.П. и др. Госпитальные результаты коронарного шунтирования на работающем сердце при диффузном поражении коронарных артерий. Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. 2023; 18(3):48. DOI: [10.25881/20728255.2023.18.3.4](https://doi.org/10.25881/20728255.2023.18.3.4)
11. Ryan T.J., Faxon D.P., Gunnar R.M. et al. Guidelines for percutaneous transluminal coronary angioplasty. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty). *Circulation.* 1988 Aug;78(2):486-502. DOI: [10.1161/01.cir.78.2.486](https://doi.org/10.1161/01.cir.78.2.486)
12. Sianos G, Morel M.A., Kappetein A.P. et al. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroIntervention.* 2005; 1(2):219-27.
13. Борзов Е.А. Операции коронарного шунтирования на работающем и остановленном сердце при диффузном поражении коронарных артерий: специальность 3.1.15 "Сердечно-сосудистая хирургия": диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. 2025. – 100 с.
14. Chen X, Xu M., Wang L.M. et al. Coronary endarterectomy and bypass grafting without cardiopulmonary bypass for patients with diffused coronary artery disease. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2006; 44(14):940-2. Chinese.
15. Nishigawa K, Takanashi S. Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting with Concomitant Coronary Endarterectomy for the Diffusely Diseased Coronary Artery. *Kyobu Geka.* 2016; 69(8):594-8. Japanese.
16. Qiu Z, Chen X, Jiang Y, et al. Comparison of off-pump and on-pump coronary endarterectomy for patients with diffusely diseased coronary arteries: early and midterm outcome. *J Cardiothorac Surg.* 2014;9:186. DOI: [10.1186/s13019-014-0186-5](https://doi.org/10.1186/s13019-014-0186-5)
17. Шнейдер Ю.А. Лесбеков Т.Д., Кузнецов К.В. и др. Коронарная эндартерэктомия при операциях аортокоронарного шунтирования на работающем сердце. Ангiology и сосудистая хирургия. Журнал имени академика А.В. Покровского. 2008; 14(3): 101-106
18. Soylu E, Harling L, Ashrafian H. et al. Adjunct coronary endarterectomy increases myocardial infarction and early mortality after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014; 19(3):462-73. DOI: [10.1093/icvts/ivu15](https://doi.org/10.1093/icvts/ivu15)
19. Ahmed H.H., Sha'aban K. A., Dokhan A. L. et al. Early and midterm outcomes of left anterior descending coronary artery reconstruction in extensive coronary artery atherosclerosis. *Menoufia Medical Journal.* 2023; 36(2): 68-78
20. Wang J, Gu C, Yu W. et al. Short- and Long-Term Patient Outcomes From Combined Coronary Endarterectomy and Coronary Artery Bypass Grafting: A Meta-Analysis of 63,730 Patients (PRISMA). *Medicine (Baltimore).* 2015;94(41):e1781. DOI: [10.1097/MD.0000000000001781](https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001781)
21. Hlavicka J, Straka Z, Jelinek S. et al. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting surgery in high-risk patients: PRAGUE-6 trial at 30 days and 1 year. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2016;160(2):263-70. DOI: [10.5507/bp.2015.059](https://doi.org/10.5507/bp.2015.059)
22. Lemma M.G, Coscioni E, Tritto F.P. On-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery in high-risk patients: operative results of a prospective randomized trial (on-off study). *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(3):625-31. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2011.11.011](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.11.011)
23. Guida GA, Chivasso P, Fudulu D. et al. Off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients: a review. *J Thorac Dis.* 2016 Nov;8(Suppl 10):S795-S798. DOI: [10.21037/jtd.2016.10.107](https://doi.org/10.21037/jtd.2016.10.107)

REFERENCES

1. Fukui T, Takanashi S, Hosoda Y. Long segmental reconstruction of diffusely diseased left anterior descending coronary artery with left internal thoracic artery with or without endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 2005;80(6):2098-105. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2005.06.047](#)
2. Li D., Guo P., Chen L., et al. Outcomes of Surgical Patch Angioplasty of The Coronary Artery for Diffuse Coronary Artery Disease. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2020;35(5):706-712. DOI: [10.21470/1678-9741-2019-0390](#)
3. Garcia S., Sandoval Y., Roukoz H. et al. Outcomes after complete versus incomplete revascularization of patients with multivessel coronary artery disease: a meta-analysis of 89,883 patients enrolled in randomized clinical trials and observational studies. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(16):1421-31. DOI: [10.1016/j.jacc.2013.05.033](#)
4. Semchenko, A., Zaicev, I., Schevchenko A. Influence of incomplete revascularisation on the outcomes of coronary artery bypass grafting in patients with ischaemic heart disease. *Patologiya Krovoobrashcheniya I Kardiokirurgiya* 2021; 25(1): 74–84. DOI: [10.21688/1681-3472-2021-1-74-84](#)
5. Semchenko A., Shevchenko A., Zaicev I., Microscope-assisted coronary artery bypass grafting in diffuse coronary artery disease: immediate and mid-term results. *Patologiya Krovoobrashcheniya I Kardiokirurgiya.* 2023;27(3): 31–43. DOI: [10.21688/1681-3472-2023-3-31-43](#)
6. Shiryayev A.A., Akchurin R.S., Vasiliev V.P et al. Results of CABG Using Microsurgical Technique and Endarterectomy for Diffuse Lesions of the Coronary Arteries. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2022;77(2):119–130. DOI: [10.15690/vramn1282](#)
7. Pashaev R.A., Petrovskiy D.V., Kurbanov S.K. et al. Long Term Outcomes After Cabg in Patients With Severe Extensive Coronary Artery Calcinosi. *Moscow Surgical Journal.* 2024;(1):46-54. DOI: [10.17238/2072-3180-2024-1-46-54](#) [In Russ].
8. Spagnolo S., Barbato M., Scalise F. et al. Long Term Patency Rates of Saphenous Vein Grafts a Comparison between Microsurgery and Standard Coronary Bypass Technique. *On J Cardio Res & Rep.* 2019;1(3): DOI: [10.33552/OJCRR.2019.01.000512](#)
9. Borzov EA, Latypov RS, Vasiliev VP, Burmistrova IV, Kurbanov SK, Shiryayev AA. One-year outcomes after off-pump coronary artery bypass grafting in diffuse coronary atherosclerosis. *Russian Cardiology Bulletin.* 2024; 19(1):566–3. DOI: [10.17116/Cardiobulletin20241901156](#) [In Russ].
10. Borzov E.A., Latypov R.S., Vasiliev V.P. et al. Hospital outcomes after off-pump coronary artery bypass grafting in diffuse coronary artery disease. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center* – 2023;18 (3): 4-8 [In Russ.]
11. Ryan T.J., Faxon D.P., Gunnar R.M. et al. Guidelines for percutaneous transluminal coronary angioplasty. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty). *Circulation.* 1988 Aug;78(2):486-502. DOI: [10.1161/01.cir.78.2.486](#)
12. Sianos G, Morel M.A., Kappetein A.P. et al. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroIntervention.* 2005;1(2):219-27.
13. Borzov E.A. Coronary bypass surgery on a functioning and stopped heart with diffuse coronary artery disease: specialty 3.1.15 "Cardiovascular surgery": dissertation for the degree of Candidate of Medical Sciences. 2025. – 100 p.
14. Chen X., Xu M., Wang L.M. et al. Coronary endarterectomy and bypass grafting without cardiopulmonary bypass for patients with diffused coronary artery disease. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2006;44(14):940-2. Chinese.
15. Nishigawa K., Takanashi S. Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting with Concomitant Coronary Endarterectomy for the Diffusely Diseased Coronary Artery. *Kyobu Geka.* 2016;69(8):594-8. Japanese.
16. Qiu Z., Chen X., Jiang Y., et al. Comparison of off-pump and on-pump coronary endarterectomy for patients with diffusely diseased coronary arteries: early and midterm outcome. *J Cardiothorac Surg.* 2014;9:186. DOI: [10.1186/s13019-014-0186-5](#)
17. Shneider I. A., Lesbekov T. D., Kuznetsov K. V. et al. Coronary endarterectomy during off-pump coronary artery bypass surgery. *Angiology and vascular surgery.* 2008;14(3):101-106. [in Russ.]
18. Soylu E., Harling L., Ashrafian H. et al. Adjunct coronary endarterectomy increases myocardial infarction and early mortality after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014;19(3):462-73. DOI: [10.1093/icvts/ivu157](#)
19. Ahmed H.H., Sha'aban K. A., Dokhan A. L. et al. Early and midterm outcomes of left anterior descending coronary artery reconstruction in extensive coronary artery atherosclerosis. *Menoufia Medical Journal* 2023; 36(2): 68-78
20. Wang J., Gu C., Yu W. et al. Short- and Long-Term Patient Outcomes From Combined Coronary Endarterectomy and Coronary Artery Bypass Grafting: A Meta-Analysis of 63,730 Patients (PRISMA). *Medicine (Baltimore).* 2015; 94(41):e1781. DOI: [10.1097/MD.0000000000001781](#)
21. Hlavicka J., Straka Z., Jelinek S. et al. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting surgery in high-risk patients: PRAGUE-6 trial at 30 days and 1 year. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2016;160(2):263-70. DOI: [10.5507/bp.2015.059](#)
22. Lemma M.G., Coscioni E., Tritto F.P. On-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery in high-risk patients: operative results of a prospective randomized trial (on-off study). *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(3):625-31. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2011.11.011](#)
23. Guida G.A., Chivasso P., Fudulu D. et al. Off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients: a review. *J Thorac Dis.* 2016 Nov;8(Suppl 10):S795-S798. DOI: [10.21037/jtd.2016.10.107](#)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Борзов Егор Андреевич – [ORCID: 0000-0003-4957-5182] аспирант отделения сердечно-сосудистой хирургии

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ

121552, Российская Федерация, г. Москва, ул. Академика Чазова, 15а

Латыпов Руслан Сергеевич – [ORCID: 0000-0002-1652-7232] к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории микрохирургии сердца и сосудов отделения сердечно-сосудистой хирургии

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ

121552, Российская Федерация, г. Москва, ул. Академика Чазова, 15а

Васильев Владислав Петрович – [ORCID: 0000-0002-2297-6026] к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории микрохирургии сердца и сосудов отделения сердечно-сосудистой хирургии

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ

121552, Российская Федерация, г. Москва, ул. Академика Чазова, 15а

Бурмистрова Елена Валерьевна – [ORCID: 0000-0003-4757-3845] к.м.н., научный сотрудник лаборатории искусственного и вспомогательного кровообращения отделения сердечно-сосудистой хирургии

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ

121552, Российская Федерация, г. Москва, ул. Академика Чазова, 15а

Ширяев Андрей Андреевич – [ORCID: 0000-0002-3325-9743] член-корр. РАН, профессор, д.м.н., руководитель лаборатории микрохирургии сердца и сосудов отделения сердечно-сосудистой хирургии

ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ

121552, Российская Федерация, г. Москва, ул. Академика Чазова, 15а

Вклад авторов. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

AUTHOR INFORMATION FORM

Egor A. Borzov – [ORCID: 0000-0003-4957-5182] postgraduate student, Department of Cardiovascular Surgery

NMRC for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation

15a, Akademika Chazova St., Moscow, Russian Federation, 121552

Ruslan S. Latypov – [ORCID: 0000-0002-1652-7232] MD, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Heart and Vessel Microsurgery, Department of Cardiovascular Surgery

NMRC for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation

15a, Akademika Chazova St., Moscow, Russian Federation, 121552

Vladislav P. Vasiliev – [ORCID: 0000-0002-2297-6026] MD, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Heart and Vessel Microsurgery, Department of Cardiovascular Surgery

NMRC for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation

15a, Akademika Chazova St., Moscow, Russian Federation, 121552

Elena V. Burmistrova – [ORCID: 0000-0003-4757-3845] MD, PhD, Researcher, Laboratory of Artificial and Assisted Circulation, Department of Cardiovascular Surgery.

NMRC for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation

15a, Akademika Chazova St., Moscow, Russian Federation, 121552

Andrey A. Shiryaev – [ORCID: 0000-0002-3325-9743] MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Heart and Vessel Microsurgery, Department of Cardiovascular Surgery

NMRC for Cardiology named after academician Yevgeniy Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation

15a, Akademika Chazova St., Moscow, Russian Federation, 121552

Contribution. All authors contributed equally to the preparation of the publication.

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

Funding. The authors declare no funding sources.