

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ • ORIGINAL ARTICLES

ГОСПИТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ ПРИ ДИФFUЗНОМ ПОРАЖЕНИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

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

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. Е.И. Чазова», Москва

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_3_4

Резюме. Обоснование: Диффузное поражение коронарных артерий (КА) ограничивает проведение коронарного шунтирования (КШ) и требует использования сложных коронарных реконструкций (СКР). КШ с использованием СКР в условиях искусственного кровообращения (ИК) демонстрирует удовлетворительные результаты в этой группе больных. Возможности КШ с использованием СКР на работающем сердце малоизучены.

Цель: Оценка госпитальных результатов КШ у больных с диффузным поражением КА на работающем сердце и в условиях ИК.

Материалы и методы. В исследование включено 164 пациента с диффузным поражением КА, которые были разделены на 2 группы: первую группу сформировали пациенты, перенесшие КШ на работающем сердце (группа 1 — off-pump, n = 82). Вторую — пациенты, перенесшие КШ в условиях ИК (группа 2 — on-pump, n = 540). Выполнена псевдорандомизация, получены сопоставимые группы, выполнен сравнительный анализ госпитальных результатов: возврат стенокардии, повторная реваскуляризация, инфаркт миокарда, сюда же включен летальный исход.

Результаты. Большинство обследуемых были мужчины (76,8%), их средний возраст составил 64,5±7,9 лет. На госпитальном этапе летальных исходов в обеих группах не наблюдалось, из значимых сердечно-сосудистых событий диагностировано по одному (1,2%) периоперационному инфаркту миокарда в каждой группе. Острая почечная недостаточность наблюдалась у 2 (2,4%) пациентов второй группы, также у 1 (1,2%) пациента в этой группе возникло периоперационное нарушение мозгового кровообращения. Рестернотомия по поводу послеоперационного кровотечения выполнялась у 1 (1,2%) пациента из первой группы и у 3 (3,6%) второй группы.

Заключение. КШ при диффузном поражении КА на работающем сердце демонстрирует сопоставимую эффективность и безопасность и не уступает таковому в условиях ИК.

Ключевые слова: коронарное шунтирование, работающее сердце, диффузное поражение.

Введение

Коронарное шунтирование (КШ) является оптимальным способом хирургического лечения больных с диффузным поражением коронарных артерий (КА). Использование сложных коронарных реконструкций (СКР), таких как коронарная шунтопластика или коронарная эндартерэктомия делают возможным шунтирование целевых артерий в случае тяжелого атеросклеротического поражения. В течение последнего десятилетия опубликован ряд исследований, демонстрирующих высокую эффективность и безопасность КШ с использованием СКР при диффузном коронарном атеросклерозе [1; 2].

HOSPITAL OUTCOMES AFTER OFF-PUMP CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING IN DIFFUSE CORONARY ARTERY DISEASE

Borzov E.A.*, Latypov R.S., Vasiliev V.P., Shiryayev A.A.

National Medical Research Centre Of Cardiology Named After Academician E.I. Chazov, Moscow

Abstract. Introduction: Diffuse coronary artery disease (CAD) limits coronary artery bypass surgery (CABG) and requires complex coronary artery reconstruction (CAR). On-pump CABG with using CAR demonstrates satisfactory in these patients. Possibilities for off-pump CABG with using CAR are little-studied.

Aim: Evaluation of clinical outcomes after on-pump and off-pump CABG in patients with diffuse CAD.

Methods: 146 patients were included in the study, which divided into 2 groups: the first group formed by patients who underwent off-pump CABG (group 1 — off-pump, n = 82); the second group formed by patients who underwent on-pump CABG (group 2 — on-pump, n = 540). Propensity score matching was done to get comparable groups. The comparative analysis of hospital outcomes (angina recurrence, repeat revascularization, myocardial infarction, all-cause mortality) was performed.

Results: Most of patients were men (n = 76.8%), the mean age was 64.5±7.9. The rate of 30-day mortality was 0% in both groups. Major cardiovascular events were analyzed; one patient from each group was suffered from perioperative myocardial infarction (1.2%). Acute renal failure was diagnosed in 2 patients from group 2 (2.4%), perioperative stroke was registered in 1 patient in the same group (1.2%). Resternotomy for excessive bleeding was performed in 1 patient from the 1 group (1.2%) and 3 patients from the 2 group (3.6%).

Conclusion: Off-pump CABG in patients with diffuse CAD is safe and associated with comparable effectiveness that rivals to on-pump surgery.

Keywords: coronary artery bypass grafting, off-pump surgery, diffuse coronary artery disease.

В настоящее время большинство операций КШ проводится в условиях искусственного кровообращения (ИК), что сопровождается риском церебральных периоперационных осложнений и развитием когнитивной дисфункции, основными причинами которых являются пережатие, канюляция аорты во время вмешательства и формирование проксимальных анастомозов [3]. Кроме того, использование ИК может быть одной из причин развития нарушений ритма сердца, почечной недостаточности, дисбаланса системы гемостаза и развития системной воспалительной реакции [4]. Теоретически отказ от использования ИК позволяет избежать этих

* e-mail: borzov-egor94@yandex.ru

осложнений, результаты исследований подтверждают значимое снижение риска развития острой почечной недостаточности (ОПН), респираторных осложнений, кровотечений с необходимостью проведения рестернотомии и гемотрансфузий. Однако комбинированная частота развития летального исхода и крупных сердечно-сосудистых событий (нефатальный инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения), ОПН, требующая гемодиализа, в качестве единой конечной точки оказываются сопоставимы как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде. Следует отметить, что частота повторной реваскуляризации в случае отказа от ИК оказывается выше, что вкупе с выше указанными факторами не позволяет судить о наличии преимуществ хирургического вмешательства на работающем сердце в общей популяции больных [5]. КШ на работающем сердце может рассматриваться в качестве альтернативы у пациентов высокого риска с диффузным поражением КА.

Проведение КШ без ИК при диффузном поражении приобретает все большую популярность. В 2014 г. E. Soylu и соавт. в своей работе попытались получить ответ на вопрос: «Следует ли рассматривать КШ на работающем сердце у больных, требующих проведения коронарной эндартерэктомии?» В ходе исследования авторы изучили накопленный опыт и высказали суждение о высокой эффективности и безопасности коронарной эндартерэктомии без ИК: клинические результаты оперативного вмешательства оказались сопоставимы вне зависимости от использования ИК [6]. Все исследования, включенные в обзор, были наблюдательными и ретроспективными, а также включали малое количество пациентов, что существенно ограничивает интерпретацию полученных результатов и внедрение выводов в клиническую практику. Проведение КШ на работающем сердце не имеет большой доказательной базы, текущие данные литературы подтверждают безопасность ее проведения, а сравнительные исследования в группах КШ с использованием ИК и без него ограничены одной работой [7].

Целью настоящего исследования является оценка госпитальных результатов КШ на работающем сердце у больных с диффузным поражением КА и в условиях ИК.

Материалы и методы

Выполнено ретроспективное исследование. Работа проводилась на базе отделения сердечно-сосудистой хирургии института клинической кардиологии им А.Л. Мясникова ФГБУ НМИЦ кардиологии. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека».

В исследование включались пациенты с многососудистым поражением КА, наличием диффузного поражения, перенесшие операцию КШ в период с 2018 по 2020 гг.

Для верификации диффузного поражения данные коронарографии оценивались тремя независимыми экспертами. Дополнительно проводилось интраоперационное измерение диаметра КА в области анастомоза. По совокупности признаков, использованных в исследованиях CASS (Coronary Artery Surgery Study) и SYNTAX (Synergy between Percutaneous Coronary Intervention with TAXUS and Cardiac Surgery), к диффузной форме относили стенозирующее атеросклеротическое поражение хотя бы одной из основных ветвей и ветвей 1-го порядка КА различной степени тяжести, с длиной участка поражения более 2 см дистальнее основного значимого стеноза или окклюзии и диаметром дистального сегмента менее 2 мм на протяжении 75% оцениваемого сосуда [8].

Из исследования были исключены пациенты с фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) <35%, пациенты с перенесенным инфарктом миокарда в срок <1,5 месяца до вмешательства, пациенты с тяжелыми формами хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), тяжелой почечной недостаточности а также больные, которые ранее подвергались открытым операциям на сердце и КА.

Пациенты, включенные в исследование, были разделены на 2 группы: первую группу сформировали пациенты, перенесшие КШ на работающем сердце (группа 1 — off-pump, n = 82). Вторую — пациенты, перенесшие КШ в условиях ИК (группа 2 — on-pump, n = 540). Отбор больных на операцию на работающем сердце выполняли с учетом выраженности атеросклеротического поражения КА и кальциноза аорты. При отсутствии признаков тяжелого поражения КА (syntax score <35 баллов) и выраженном кальцинозе аорты на основании данных предоперационного обследования пациенты могли быть направлены на КШ на работающем сердце. Все больные оценены по основным клинико-демографическим и ангиографическим параметрам, выполнена псевдорандомизация (propensity score matching — PSM) для получения двух равновеликих сопоставимых групп. Этот метод позволил сформировать группы с минимальным отклонением исходных параметров (ковариат), кодированных в конфаундеры, которые были включены в модель оценки PS (propensity score). Используются следующие 12 ковариат: пол, возраст, индекс массы тела (ИМТ), наличие постинфарктного кардиосклероза (ПИКС), предшествовавшие чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ), наличие хронической сердечной недостаточности (ХСН), сахарного диабета (СД), артериальной гипертензии (АГ), ХОБЛ и мультифокального атеросклероза, нарушение мозгового кровообращения (НМК) в анамнезе, значение СКФ. Выполнена последовательная псевдорандомизация между двумя группами больных. Отбор контрольных групп осуществляли на основе указанных характеристик по наиболее близким показателям склонности методом поиска «ближайшего соседа» 1:1, соответствующего заданному отрезку PS. Целевым для достаточного сходства в парах считали программное значение PS — 0,1 (допуск

соответствия). Таким образом, получены 2 сопоставимые группы по 82 пациента в каждой.

Все пациенты проходили стандартное клиническое обследование с общим и биохимическим анализами крови, анализами липидного профиля и коагулограммы, выполнением ЭКГ, суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру, ЭхоКГ, коронарографии и томографических исследований при необходимости. Изучены госпитальные результаты, в качестве конечной точки взята сумма коронарных ишемических событий: возврат стенокардии, повторная реваскуляризация, инфаркт миокарда, сюда же включен летальный исход.

Методы статистического анализа данных. Статистическую обработку проводили при помощи пакета прикладных программ SPSS 26.0 (IBM, США) и MS Excel 2010 (США). 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 интервалом (ДИ). При сравнении двух независимых групп использовали непараметрический критерий Манна-Уитни или параметрический критерий Стьюдента с апостериорным анализом с помощью критерия Тьюки при одинаковом размере групп или критерия Шеффе при различном размере групп. Для сравнения долей в двух и более независимых группах использовались критерий χ^2 или точный критерий Фишера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Большинство обследуемых были мужчины (76,8%), их средний возраст составил $64,5 \pm 7,9$ лет. При сравнении демографических характеристик существенных отклонений не обнаружено. Клинические параметры также не различались в обеих группах, так больше половины исследуемых обеих групп перенесли инфаркт миокарда без систолической дисфункции миокарда левого желудочка. Полученные данные представлены в таблице 1.

Ангиографическая характеристика пациентов несколько различалась по количеству пораженных КА. Эти различия были ожидаемы, поскольку КШ на работающем сердце проводилось у пациентов с одно- или двухсосудистым поражением. В группе пациентов, перенесших КШ в условиях ИК, как правило, поражение КА было многососудистым. При этом основной целью настоящего исследования была оценка хирургического вмешательства при диффузном коронарном атеросклерозе, поэтому наиболее важным нам представляется сравнение диффузно

Табл. 1. Демографическая и клиническая характеристика больных

Характеристики	Группа 1 (n = 82)	Группа 2 (n = 82)	P
Возраст (годы), M \pm SD	65,0 \pm 8,5	63,9 \pm 7,3	0,182
Мужчины, n (%)	62 (75,6%)	64 (78,0%)	0,711
ИМТ (кг/м ²), M \pm SD	28,2 \pm 4,0	28,2 \pm 3,6	0,766
Постинфарктный кардиосклероз, n (%)	54 (65,9%)	45 (45,9%)	0,151
ФВ ЛЖ, M \pm SD	56,4 \pm 6,2	57,1 \pm 5,0	0,866
АГ, n (%)	73 (89,0%)	75 (91,5%)	0,599
СД, n (%)	20 (24,4%)	23 (28,0%)	0,594
ХОБЛ, n (%)	9 (11,0%)	9 (11,0%)	1,000
Курение в анамнезе, n (%)	41 (50,0%)	41 (50,0%)	1,000
Мультифокальный атеросклероз, n (%)	32 (39,0%)	25 (30,5%)	0,251
НМК в анамнезе, n (%)	11 (13,4%)	8 (9,8%)	0,464
СКФ, M \pm SD (мл/мин.)	83,3 \pm 18,7	84,4 \pm 13,5	0,786
ХСН I-II ФК по NYHA, n (%)	11 (13,4%)	10 (12,2%)	0,816

Табл. 2. Ангиографическая и интраоперационная характеристика

Характеристики	Группа 1 (n = 82)	Группа 2 (n = 82)	P
Многососудистое поражение, n (%)	37 (45,1%)	77 (93,9%)	<0,001
Поражение ствола ЛКА, n (%)	6 (7,3%)	15 (18,3%)	<0,001
ЧКВ в анамнезе, n (%)	20 (24,4%)	26 (31,7%)	>0,05
Всего дистальных анастомозов, n	180	298	–
Всего дистальных анастомозов к КА с ДП, n	130	141	–
Время ишемии миокарда, M \pm SD (мин.)	–	70 \pm 15	<0,001
Длительность ИК, M \pm SD (мин.)	–	100 \pm 20	<0,001

Примечание: ЛКА — левая коронарная артерия, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ДП — диффузное поражение.

пораженных артерий в обеих группах: количество диффузно пораженных артерий было сопоставимо в обеих группах. Подробная ангиографическая характеристика представлена в таблице 2.

Наличие диффузного поражения делает хирургическую реваскуляризацию миокарда сложной и требует использования СКР. Частота использования СКР в обеих группах была сопоставимой, что выглядит предсказуемо в связи с схожим количеством диффузно пораженных целевых КА. В большинстве случаев использовалась КШ как при операции в условиях ИК так и без него.

При анализе госпитальных результатов помимо основной конечной точки в виде суммы коронарных ишемических событий и летального исхода, нами были изучены частота развития острого НМК в раннем послеоперационном периоде, ОПН и других событий, все результаты отражены в таблице 3.

Представленные данные о госпитальных результатах демонстрируют сопоставимую эффективность и безопасность проведения КШ на работающем сердце при одно- и двухсосудистом диффузном поражении КА, требующим проведения операции с использованием СКР.

Табл. 3. Госпитальные результаты

Характеристики	Группа 1 (n = 82)	Группа 2 (n = 82)	P
Госпитальная летальность, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	>0,05
Периоперационный ИМ, n (%)	1 (1,2%)	1 (1,2%)	>0,05
Периоперационное НМК, n (%)	0 (0%)	1 (1,2%)	>0,05
Кровотечение (рестернотомия), n (%)	1 (1,2%)	3 (3,6%)	>0,05
Острая почечная недостаточность, n (%)	0 (0%)	2 (2,4%)	>0,05
Повторная реваскуляризация, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	>0,05
Пролонгированная ИВЛ (>24 ч), n (%)	1 (1,2%)	2 (2,4%)	>0,05

Примечание: ИМ — инфаркт миокарда.

Обсуждение

КШ на работающем сердце продемонстрировало свою эффективность в ряде сравнительных исследований с операцией в условиях ИК. В одном из первых крупных метаанализов, объединивших 37 рандомизированных клинических исследований (РКИ), КШ без ИК не увеличивало риск летальности и сердечно-сосудистых событий и сопровождалось снижением частоты развития нарушений ритма сердца (фибрилляции предсердий), гемотрансфузий, необходимости инотропной поддержки, респираторных инфекций, длительности искусственной вентиляции легких (ИВЛ), длительности пребывания в отделении реанимации и госпитализации в целом [9]. В отдельных исследованиях были получены преимущества по частоте развития сердечно-сосудистых событий и 30-дневной летальности, так в одной из работ (65097 больных) госпитальная летальность составила 2,02% для операции off-pump против 2,52% для операции on-pump (10–12). В целом данные литературы свидетельствуют об отсутствии существенных различий по крупным сердечно-сосудистым событиям и смерти на госпитальном этапе. К преимуществам отказа от использования ИК относят меньшую кровопотерю, частоту развития почечной недостаточности, частоту нарушений ритма сердца и длительность госпитализации. К отрицательным сторонам операции на работающем сердце можно отнести неполную реваскуляризацию, необходимость повторных вмешательств и худшую проходимость шунтов [13; 14]. В отечественной литературе получены результаты во многом схожие с международными, большинство авторов отмечает ограничения в проведении полной реваскуляризации миокарда, особенно в случае диффузного поражения КА [15; 16].

Диффузное поражение КА признается главным техническим ограничением КШ и требует использования высокой прецизионности вмешательства, использования микрохирургической техники и проведения СКР. Впервые в отечественной клинической практике использование операционного микроскопа и внедрение микрохирургической техники описано Р.С. Акчуриным и А.А. Ширяевым. Успешное применение хирургического микроскопа в коронарной хирургии

и накопление опыта позволило расширить показания к КШ и проводить успешные хирургические вмешательства при диаметре КА менее 1 мм [17]. С целью дальнейшей оптимизации проведения хирургических вмешательств по реваскуляризации миокарда в условиях работающего сердца, в начале 2000-х годов в НМИЦ кардиологии группой ученых во главе с Акчуриным Р.С. запатентован комплекс «КОСМЕЯ». Данный комплекс состоит из устройства для иммобилизации локального участка миокарда и закрепленного на ранорасширителе с удерживающими участок миокарда вакуумными присосками. Технический результат заключается в обеспечении высокой степени иммобилизации оперируемого участка и минимального травматического воздействия на миокард.

В нашем исследовании впервые в отечественной литературе представлен опыт КШ на работающем сердце при диффузном поражении КА. Проведение КШ на работающем сердце при диффузно пораженных КА в зарубежных источниках отражается использованием реконструктивных вмешательств. В серии исследований проведение коронарной эндартерэктомии не сопровождалось увеличением частоты периоперационного инфаркта миокарда и не ухудшало госпитальные результаты [18; 19]. В одной из работ авторы описывают технически удобное проведение эндартерэктомии на работающем сердце с выделением атеросклеротической бляшки в такт с систолическим сокращением миокарда [18]. Проведение КШ на работающем сердце описано лишь в одном ретроспективном исследовании в 2019 г., авторы отмечают высокую эффективность вмешательства, сопоставимую со стандартным хирургическим лечением у больных с локальным поражением КА [20]. Результаты нашего сравнительного исследования также демонстрируют отсутствие различий по основной конечной точке — развитию сердечно-сосудистых событий и летального исхода. Нам не удалось продемонстрировать преимуществ операции на работающем сердце в снижении риска госпитальных осложнений.

Заключение

КШ на работающем сердце не уступает КШ в условиях ИК при диффузном поражении КА. Пациентов с диффузным коронарным атеросклерозом при одно- или двухсосудистом поражении следует рассматривать в качестве кандидатов на хирургическое вмешательство без ИК, особенно среди пациентов с кальцинозом аорты, высоким риском кровотечений, респираторных осложнений и нарушений ритма сердца. Важно учитывать, что внедрение в клиническую практику результатов исследования требует большого хирургического опыта, использования микрохирургической техники и опыта в проведении СКР.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Song Y, Xu F, Du J, et al. Coronary endarterectomy with coronary artery bypass graft decreases graft patency compared with isolated coronary artery bypass graft: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017; 25(1): 30-6. doi/10.1093/icvts/ivx045.
- Li D, Guo P, Chen L, et al. Outcomes of Surgical Patch Angioplasty of the Coronary Artery for Diffuse Coronary Artery Disease. *Brazilian J Cardiovasc Surg.* 2020; 35(5): 706-12.
- Gao L, Taha R, Gauvin D, et al. Postoperative Cognitive Dysfunction After Cardiac Surgery. *Chest.* 2005; 128(5): 3664-70.
- Auer J, Weber T, Berent R, et al. Risk Factors of Postoperative Atrial Fibrillation After Cardiac Surgery. *J Card Surg.* 2005; 20(5): 425-31. doi/10.1111/j.1540-8191.2005.2004123.x.
- Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, et al. Five-Year Outcomes after Off-Pump or On-Pump Coronary-Artery Bypass Grafting. *N Engl J Med.* 2016; 375(24): 2359-68. doi/10.1056/NEJMoa1601564.
- 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.
- Vettath M, Vellachamy K, Ganagadharan N, et al. Revascularisation Strategies in OPCAB (Off Pump Coronary Artery Bypass). B: *Cardiac Surgery Procedures.* IntechOpen; 2020.
- Sianos G, Morel M-A, Kappetein AP, et al. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroIntervention.* 2005; 1(2): 219-27.
- Cheng DC, Bainbridge D, Martin JE, Novick RJ. Does Off-pump Coronary Artery Bypass Reduce Mortality, Morbidity, and Resource Utilization When Compared with Conventional Coronary Artery Bypass? A Meta-analysis of Randomized Trials. *Anesthesiology.* 2005; 102(1): 188-203.
- Hannan EL, Wu C, Smith CR, et al. Off-Pump Versus On-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Circulation.* 2007; 116(10): 1145-52. doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675595.
- Bakaeen FG, Chu D, Kelly RF, et al. Perioperative Outcomes after On- and Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Texas Hear Inst J.* 2014; 41(2): 144-51.
- Lemma MG, Coscioni E, Tritto FP, et al. 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.
- Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, et al. Off-Pump or On-Pump Coronary-Artery Bypass Grafting at 30 Days. *N Engl J Med.* 2012; 366(16): 1489-97. doi/10.1056/NEJMoa1200388.
- Shroyer AL, Grover FL, Hattler B, et al. On-Pump versus Off-Pump Coronary-Artery Bypass Surgery. *N Engl J Med.* 2009; 361(19): 1827-37. doi/abs/10.1056/NEJMoa0902905.
- Акчурин Р.С., Ширяев А.А., Васильев В.П. и др. Современные тенденции в коронарной хирургии // Патология кровообращения и кардиохирургия. — 2017. — Т.21. — №3S. — С.34-44. [Akchurin RS, Shiryayev AA, Vasiliev VP, et al. Modern trends in coronary surgery. *Patologiya Krovooobrashcheniya I Kardiokhirurgiya.* 2011; 21(3S): 34-44. (In Russ.)]
- Хорев Н.Г., Ермолин П.А., Сукманова И.А. и др. Сравнительная оценка результатов реваскуляризации миокарда на работающем сердце // Бюллетень медицинской науки. — 2021. — Т.23. — №3. — С.19-27. [Horev NG, Ermolin PA, Sukmanova IA, et al. Clinical trial of myocardial revascularization of the beating heart. *Bulleten' medicinskoj nauki* 2021; 23(3): 19-27. (In Russ.)]
- Курбанов С.К., Власова Э.Е., Саличкин Д.В. и др. Госпитальные и годичные результаты коронарного шунтирования при диффузном поражении коронарных артерий // Кардиологический вестник. — 2019. — №1. — С.60-66. [Kurbanov SK, Vlasova EE, Salichkin DV, et al. In-hospital and one-year outcomes after coronary artery bypass grafting in patients with diffuse coronary artery disease. *Kardiologicheskij vestnik.* 2019; 1: 60-66. (In Russ.)]
- Nishigawa K, Fukui T, Takaki J, Takanashi S. Coronary endarterectomy for diffusely diseased coronary artery: An ace in the hole in coronary artery surgery. *JTCVS Tech.* 2021; 10: 133-7.
- Takahashi M, Gohil S, Tong B, Lento P, Filsoufi F, Reddy RC. Early and mid-term results of off-pump endarterectomy of the left anterior descending artery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013; 16(3): 301-5. doi/10.1093/icvts/ivs482.
- Shen J, Xia L, Song K, Wang Y, Yang Y, Ding W, et al. Off-pump onlay-patch grafting using the left internal mammary artery for a diffusely diseased left anterior descending artery: In-hospital and mid-term outcomes. *Coron Artery Dis.* 2019; 30(5): 354-9.