



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА HEARTSTRING И ТЕХНИКИ БЕЗ КАСАНИЯ АОРТЫ: ОПЫТ ОДНОГО ЦЕНТРА

**В.Н. Колесников¹, С.Т. Энгиноев^{1,2}, А.А. Зеньков^{1,2}, М.М. Хассан², Н.Э. Рамазанова²,
О.Р. Диб², И.И. Чернов¹**

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), ул. Покровская Роща, 4, Астрахань, Российская Федерация, 414004; ² Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Бакинская, 121, Астрахань, Российская Федерация, 414000

Основные положения

- Коронарное шунтирование (КШ) на работающем сердце с использованием устройства Heartstring и техники без касания аорты демонстрирует сопоставимые результаты в отношении послеоперационных осложнений, включая частоту инсультов, периоперационного инфаркта миокарда, острого повреждения почек и госпитальной летальности.
- Использование устройства Heartstring связано с большей продолжительностью операции и более частой необходимостью в гемотрансфузии, что может быть обусловлено более высоким индексом реваскуляризации в этой группе.
- Обе методики являются безопасными и эффективными, а выбор подхода должен основываться на индивидуальных особенностях пациента, анатомии коронарных артерий и технических возможностях хирургической бригады.

Цель

Сравнить непосредственные результаты коронарного шунтирования (КШ) на работающем сердце без искусственного кровообращения (ИК) с использованием устройства Heartstring и техники без касания аорты.

Материалы и методы

В ретроспективное исследование включены данные 2 550 пациентов, которым в период с апреля 2009 по декабрь 2022 гг. выполнено КШ на работающем сердце без ИК с использованием устройства Heartstring или техники без касания аорты в ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» (г. Астрахань). Критерии включения: возраст ≥ 18 лет, КШ на работающем сердце без ИК с использованием устройства HeartString или без касания аорты. Критерии исключения: конверсия на ИК, сочетанные операции с сонными артериями, минидоступ, наложение бокового зажима. После псевдорандомизации (метод ближайшего соседа, 1:1) сформированы две сопоставимые группы: группа Heartstring ($n = 742$) и группа без касания аорты ($n = 742$). Оценивались периоперационный инфаркт миокарда, инсульт, острое почечное повреждение, нагноение раны, послеоперационная фибролизис предсердий, реэксплорация по поводу кровотечения, гемотрансфузии и госпитальная летальность.

Результаты

Медиана возраста пациентов составила 61 год (56–65 лет; $p = 0,296$). В группе Heartstring мужчин было 76,1%, в группе без касания аорты – 83,4% ($p < 0,001$). Частота фибролизиса предсердий составила 8,2% и 11,2% ($p = 0,054$), инсулита в анамнезе – 8,6% и 7,3% ($p = 0,337$), ранее выполненного ЧКВ – 7,8% и 8% ($p = 0,923$) соответственно. Медиана фракции выброса левого желудочка в обеих группах составила 55% (50–59%; $p = 0,175$). Длительность операции была больше в группе Heartstring (155 (130–180) минут против 140 (110–170) минут; $p < 0,001$), что связано с более высоким индексом реваскуляризации (3 (2–4) против 2 (1–3); $p < 0,001$). Частота бимаммарного КШ и полной артериальной реваскуляризации была выше в группе без касания аорты (29,9% против 3,1%; $p < 0,001$ и 68,6% против 2%; $p < 0,001$ соответственно). Послеоперационные осложнения и госпитальная летальность

не имели статистически значимых различий между группами, за исключением более частой необходимости в гемотрансфузии в группе Heartstring (23,2% против 15,6%; $p < 0,001$). Частота периоперационного инфаркта миокарда составила 1,5% против 0,5% ($p = 0,117$), инсультов – 0,7% против 0,8% ($p = 1,0$), острого почечного повреждения – 1,5% против 0,8% ($p = 0,329$), нагноения раны – 1,6% против 0,5% ($p = 0,07$), послеоперационной фибрилляции предсердий – 10,8% против 9,8% ($p = 0,377$), реэксплорации по поводу кровотечения – 0,7% против 1,2% ($p = 0,422$). Госпитальная летальность составила 0,5% против 1,1% ($p = 0,386$).

Заключение

Обе методики демонстрируют сопоставимые результаты в отношении постоперационных осложнений и госпитальной летальности. Использование устройства Heartstring связано с большей продолжительностью операции и более частой необходимостью в гемотрансфузии, что может быть обусловлено более высоким индексом реваскуляризации.

Ключевые слова

Коронарное шунтирование • Ишемическая болезнь сердца • Коронарное шунтирование на работающем сердце • Инсульт

Поступила в редакцию: 14.04.2025; поступила после доработки: 07.05.2025; принята к печати: 13.06.2025

COMPARATIVE ANALYSIS OF CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING ON A BEATING HEART USING THE HEARTSTRING DEVICE AND THE NO-TOUCH AORTA TECHNIQUE: SINGLE-CENTER EXPERIENCE

V.N. Kolesnikov¹, S.T. Enginoev^{1,2}, A.A. Zen'kov^{1,2}, M.M. Hassan², N.E. Ramazanova², O.R. Dib², I.I. Chernov¹

¹ Federal State Budgetary Institution «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), 4, Pokrovskaya Roscha St., Astrakhan, Russian Federation, 414004;

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, 121, Bakinskaya St., Astrakhan, Russian Federation, 414000

Highlights

- Coronary artery bypass grafting (CABG) on a functioning heart using a Heartstring device and a non-aortic touch technique demonstrates comparable results in postoperative complications, including the incidence of strokes, perioperative myocardial infarction, acute kidney injury, and hospital mortality.
- The use of the Heartstring device is associated with a longer duration of surgery and a more frequent need for hemotransfusion, which may be due to a higher revascularization index in this group.
- Both techniques are safe and effective, and the choice of approach should be based on the individual characteristics of the patient, the anatomy of the coronary arteries and the technical capabilities of the surgical team.

Aim

To compare the immediate outcomes of off-pump coronary artery bypass grafting (CABG) using the Heartstring device and the no-touch aorta technique.

Methods

This retrospective study included data from 2 550 patients who underwent off-pump CABG using either the Heartstring device or the no-touch aorta technique at the Federal Center for Cardiovascular Surgery (Astrakhan, Russia) between April 2009 and December 2022. Inclusion criteria: age ≥ 18 years, off-pump CABG using the Heartstring device or the no-touch aorta technique. Exclusion criteria: conversion to on-pump CABG, combined procedures with carotid artery surgery, minimally invasive access, or use of a side clamp. After propensity score matching (nearest neighbor method, 1:1), two comparable groups were formed: the Heartstring group ($n = 742$) and the no-touch aorta group ($n = 742$). Outcomes assessed included perioperative myocardial infarction, stroke, acute kidney injury, wound infection, postoperative atrial fibrillation, re-exploration for bleeding, blood transfusions, and in-hospital mortality.

Results

The median age of patients was 61 years (56–65 years; $p = 0.296$). The proportion of males was 76.1% in the Heartstring group and 83.4% in the no-touch aorta group ($p < 0.001$). The incidence of atrial fibrillation was 8.2% vs. 11.2% ($p = 0.054$), history of stroke was 8.6% vs. 7.3% ($p = 0.337$), and prior percutaneous coronary intervention was 7.8% vs. 8% ($p = 0.923$), respectively. The median left ventricular ejection fraction was 55% (50–59%) in both groups ($p = 0.175$). Operative time was longer in the Heartstring group (155 (130–180) minutes vs. 140 (110–170) minutes; $p < 0.001$), likely due to a higher revascularization index (3 (2–4) vs. 2 (1–3); $p < 0.001$). Bilateral internal mammary artery grafting and complete arterial revascularization were more frequent in the no-touch aorta group (29.9% vs. 3.1%; $p < 0.001$ and 68.6% vs. 2%; $p < 0.001$, respectively). Postoperative complications and in-hospital mortality did not differ significantly between the groups, except for a higher rate of blood transfusions in the Heartstring group (23.2% vs. 15.6%; $p < 0.001$). The incidence of perioperative myocardial infarction was 1.5% vs. 0.5% ($p = 0.117$), stroke was 0.7% vs. 0.8% ($p = 1.0$), acute kidney injury was 1.5% vs. 0.8% ($p = 0.329$), wound infection was 1.6% vs. 0.5% ($p = 0.07$), postoperative atrial fibrillation was 10.8% vs. 9.8% ($p = 0.377$), and re-exploration for bleeding was 0.7% vs. 1.2% ($p = 0.422$). In-hospital mortality was 0.5% vs. 1.1% ($p = 0.386$).

Conclusion

Both techniques demonstrated comparable results in terms of postoperative complications and in-hospital mortality. The use of the Heartstring device was associated with longer operative times and a higher need for blood transfusions, likely due to a higher revascularization index.

Keywords

Coronary artery bypass grafting • Ischemic heart disease • Off-pump coronary artery bypass grafting • Stroke

Received: 14.04.2025; received in revised form: 07.05.2025; accepted: 13.06.2025

Список сокращений

ИК – искусственное кровообращение ПОИ – послеоперационный инсульт
КШ – коронарное шунтирование

Введение

Коронарное шунтирование (КШ) остается золотым стандартом в лечении пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии, низкой фракцией выброса левого желудочка, трехсосудистым поражением коронарных артерий, а также у пациентов с высоким баллом по шкале SYNTAX [1–3]. Однако, несмотря на высокую эффективность, КШ связано с риском послеоперационных осложнений, среди которых особое внимание уделяется послеоперационному инсульту (ПОИ). ПОИ является редким, но серьезным осложнением, возникающим в 1,5–3,5% случаев после КШ [4, 5]. Это единственное сердечно-сосудистое осложнение, при котором чрескожное коронарное вмешательство демонстрирует преимущество перед хирургической реваскуляризацией, что подчеркивает необходимость изучения причин возникновения инсульта и разработки стратегий для его минимизации [4].

Одной из основных причин церебральной атероэмболии и последующего инсульта считаются манипуляции с восходящей аортой во время операции. В связи с этим значительное внимание уделяется разработке и внедрению методов, минимизирующих воздействие на аорту. Одним из таких методов является КШ без касания аорты, которое ис-

ключает любые манипуляции с восходящей аортой и использование искусственного кровообращения (ИК) [6]. Преимуществом данной техники является потенциальное снижение риска неврологических осложнений за счет предотвращения повреждения атеросклеротических бляшек и эмболизации [7].

КШ без искусственного кровообращения (OPCABG) также ассоциируется с уменьшением системного воспаления, повреждения органов-мишеней и нарушений коагуляции [8]. Эти преимущества особенно важны для пациентов высокого риска, таких как пожилые пациенты с выраженным атеросклеротическим поражением аорты [9]. Долгосрочные результаты OPCABG демонстрируют обнадеживающие данные, что подтверждается рядом исследований [10, 11].

Традиционно OPCABG выполняется с использованием бокового зажима аорты для наложения проксимального аортокоронарного анастомоза, что предполагает определенную степень манипуляции с аортой. Для минимизации таких манипуляций были разработаны специальные устройства, такие как система Heartstring (Maquet Cardiovascular, Сан-Хосе, Калифорния), которые позволяют выполнять проксимальный анастомоз без использования бокового зажима [12]. Однако даже такие

устройства предполагают некоторое воздействие на аорту, что отличает их от истинной техники без касания аорты.

Несмотря на растущий интерес к данным методикам, сравнительные исследования, оценивающие эффективность и безопасность КШ с использованием устройства Heartstring и техники без касания аорты, остаются ограниченными [13, 14]. Целью данного исследования является сравнительный анализ двух методик выполнения КШ на работающем сердце без ИК: с использованием устройства Heartstring и техники без касания аорты.

Материалы и методы

Популяция включенных больных

В ретроспективное исследование были включены 2 550 пациентов, которым выполнено КШ на работающем сердце без касания аорты или с использованием устройства HeartString. Оперативные вмешательства проводились в период с апреля 2009 г. по декабрь 2022 г. в ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань). Всем пациентам выполнена коронарография по месту жительства или при поступлении в клинику. Также выполнялась эхокардиографическое исследование до операции, интраоперационно и непосредственно после вмешательства и перед выпиской из стационара. Некоторым больным в зависимости от предпочтения хирурга выполнялась эпикардатальное сканирование после вскрытия перикарда.

Критерии включения:

- Возраст ≥ 18 лет;
- КШ на работающем сердце без ИК с использованием устройства HeartString или без касания аорты.

Критерии исключения:

- Конверсия (подключение ИК);
- сочетанные операции с сонными артериями;
- операции с ИК;
- минидоступ;
- наложение бокового зажима.

Конечные точки исследования:

- периоперационный инфаркт миокарда;
- инсульт;
- острое почечное повреждение;
- нагноение послеоперационной раны;
- послеоперационная фибрилляция предсердий;
- реэксплорация по поводу кровотечения;
- гемотрансфузии;
- госпитальная летальность.

Группы пациентов:

Пациенты были разделены на две группы в за-

висимости от типа техники:

- Группа I (использование HeartString): 1 700 пациентов;
- Группа II (КШ без касания аорты): 850 пациентов.

Для минимизации систематической ошибки и повышения сопоставимости групп использован метод псевдорандомизации (PSM) в соотношении 1:1. Для подбора пар применялся метод ближайшего соседа (Nearest Neighbor 1:1) с допустимым значением калипера, равным 0,01 стандартного отклонения логита propensity score.

После применения метода псевдорандомизации были сформированы две сопоставимые группы:

- Группа I (использование HeartString): 742 пациентов;
- Группа II (КШ без касания аорты): 742 пациентов.

Статистический анализ

Статистическая обработка материала выполняли с использованием пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26 (Chicago, IL, USA). Выполнена проверка всех количественных переменных на тип распределения с помощью критерия Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллифорса. Количественные признаки, имеющие нормальное распределение, описывали в форме среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$), при отличии от нормального – в виде медианы и интерквартильного размаха ($Me [Q1–Q3]$). Данные независимых групп, имеющие категориальные выражение, сравнивались при помощи χ^2 теста Пирсона или точного критерия Фишера. Количественные данные независимых групп оценивались с помощью межгруппового непараметрического критерия Манна–Уитни и параметрического критерия (t-критерия Стьюдента). С целью минимизации смещения результатов и обеспечения максимальной сопоставимости групп выполнено их уравнивание методом псевдорандомизации (Propensity score matching). Переменные, которые потенциально имели статистически значимую разницу и влияющие на госпитальную летальность, ПОИ, были включены в логистическую регрессионную модель для выполнения PSM. По этим ковариатам проведена псевдорандомизация. Каждому наблюдению первой группы подбирали пару из второй группы, которая имела наиболее близкое значение PS (метод «ближайшего соседа», Nearest Neighborhood 1:1). Только значение отрезка PS, составляющее 0,001 (0,2, далее 0,1; 0,01) от стандартного отклонения логита PS, было достаточным для обеспечения сходства наблюдений в паре по имеющемуся набору конфаундеров. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали за 0,05.

Результаты

Демографические данные

Медиана возраста пациентов, включенных в исследование, в обеих группах составила 61 год (56–65 лет; $p = 0,296$). В обеих группах преобладали мужчины: в группе с использованием устройства Heartstring их доля составила 565 человек (76,1%), а в группе без касания аорты – 619 человек (83,4%; $p < 0,001$). Фибрилляция предсердий была зарегистрирована у 8,2% пациентов в группе Heartstring и у 11,2% в группе без касания аорты ($p = 0,054$). Инсульт в анамнезе встречался с одинаковой частотой в обеих группах: 8,6% в группе Heartstring и 7,3% в группе без касания аорты ($p = 0,337$). Ранее выполненное чрескожное коронарное вмешательство отмечалось у 7,8% пациентов в группе Heartstring и у 8% в группе без касания аорты ($p = 0,923$). В обеих группах преобладали пациенты с сохранной фракцией выброса левого желудочка, медиана которой составила 55% (50–59%) в обеих группах ($p = 0,175$). Все исходные демографические и клинические характеристики пациентов представлены в табл. 1.

Операционные данные

Всем пациентам, включенными в исследование, выполнялась срединная стернотомия. Перевязка ушка левого предсердия чаще проводилась в группе с использованием устройства Heartstring (28,3% против 21,2%; $p < 0,001$). Атероматоз аор-

ты, выявленный при пальпации или эпикардальном сканировании, был диагностирован у 184 пациентов (24,8%) в группе Heartstring и у 196 пациентов (26,4%) в группе без касания аорты ($p = 0,475$). Бимаммарное КШ и полная артериальная реваскуляризация чаще выполнялись в группе без касания аорты (29,9% против 3,1%; $p < 0,001$ и 68,6% против 2%; $p < 0,001$ соответственно). Длительность операции была значимо больше в группе с использованием устройства Heartstring по сравнению с группой без касания аорты (155 (130–180) минут против 140 (110–170) минут; $p < 0,001$), что, вероятно, связано с более высоким индексом реваскуляризации в группе Heartstring (3 (2–4) против 2 (1–3); $p < 0,001$) (табл. 2).

Послеоперационные осложнения и госпитальная летальность

Не было выявлено статистически значимых различий между группами по частоте послеоперационных осложнений и госпитальной летальности, за исключением необходимости гемотрансфузии, которая чаще выполнялась в группе с использованием устройства Heartstring. Частота периоперационного инфаркта миокарда составила 1,5% (11 случаев) в группе Heartstring против 0,5% (4 случая) в группе без касания аорты ($p = 0,117$). Частота инсультов была сопоставимой: 0,7% (5 случаев) в группе Heartstring против 0,8% (6 случаев) в группе без касания аорты ($p = 1,0$). Острое поврежде-

Таблица 1. Общая характеристика включенных больных
Table 1. General characteristics of included patients

| Параметры / Parameters | До PSM / Before PSM | | p-value | После PSM / After PSM | | p-value |
|--|---------------------|---------------------|---------|-----------------------|------------------|---------|
| | HS, n = 1700 | NA, n = 850 | | HS, n = 742 | NA, n = 742 | |
| Возраст, года / Age, years, Me (Q1–Q3) | 63 (58–69) | 60 (54–64) | < 0,001 | 61 (56–65) | 61 (56–65) | 0,296 |
| Мужчины / Male, n (%) | 1 502 (88,4) | 716 (84,2) | 0,004 | 565 (76,1) | 619 (83,4) | < 0,001 |
| ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ² Me (Q1–Q3) | 29,4 (26,6–32,6) | 29,65 (27,00–33,10) | 0,100 | 30,1 (27,0–33,1) | 29,6 (26,9–33,0) | 0,228 |
| СД / DB, n (%) | 456 (26,8) | 174 (20,5) | < 0,001 | 224 (30,2) | 157 (21,2) | < 0,001 |
| АГ / Hypertension, n (%) | 1 551 (91,2) | 783 (92,1) | 0,451 | 640 (86,3) | 689 (92,9) | < 0,001 |
| ХОБЛ / COPD, n (%) | 316 (18,6) | 164 (19,3) | 0,667 | 89 (12) | 144 (19,4) | < 0,001 |
| ФП в анамнезе / AF in history, n (%) | 175 (10,3) | 92 (10,8) | 0,681 | 61 (8,2) | 83 (11,2) | 0,054 |
| Инсульт / Stroke, n (%) | 158 (9,3) | 63 (7,4) | 0,111 | 64 (8,6) | 54 (7,3) | 0,337 |
| ЧКВ в анамнезе / History of PCI, n (%) | 172 (10,1) | 64 (7,5) | 0,034 | 58 (7,8) | 59 (8) | 0,923 |
| Постинфарктный кардиосклероз / Post-infarction cardiosclerosis, n (%) | 1 073 (63,1) | 555 (65,4) | 0,264 | 491 (66,2) | 484 (65,3) | 0,729 |
| ФВ ЛЖ / EF LV, %, Me (Q1–Q3) | 55 (50–59) | 55 (50–60) | 0,125 | 55 (50–59) | 55 (50–59) | 0,175 |
| Систолическое давление в легочной артерии, мм рт. ст. / Systolic pulmonary artery pressure, mmHg, Me (Q1–Q3) | 25 (24–29) | 25 (23–28) | < 0,001 | 25 (23–29) | 25 (23–28) | 0,311 |

Примечания: АГ – артериальная гипертензия; ИМТ – индекс массы тела; СД – сахарный диабет; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФП – фибрилляция предсердий; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов.

Note: AF – atrial fibrillation; AH – arterial hypertension; BMI – body mass index; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; DM – diabetes mellitus; LVEF – left ventricular ejection fraction; NYHA – New York Heart Association; PCI – percutaneous coronary intervention.

ние почек (ОПП) наблюдалось у 1,5% (11 пациентов) в группе Heartstring и у 0,8% (6 пациентов) в группе без касания аорты ($p = 0,329$). Нагноение раны зарегистрировано у 1,6% (12 пациентов) в группе Heartstring и у 0,5% (4 пациентов) в группе без касания аорты ($p = 0,07$). Послеоперационная фибрилляция предсердий отмечалась у 10,8% (80 пациентов) в группе Heartstring и у 9,8% (73 пациента) в группе без касания аорты ($p = 0,377$).

Реэксплорация по поводу кровотечения потребовалась у 0,7% (5 пациентов) в группе Heartstring и у 1,2% (9 пациентов) в группе без касания аорты ($p = 0,422$). Гемотрансфузии выполнялись у 23,2% (172 пациентов) в группе Heartstring и у 15,6% (116 пациентов) в группе без касания аорты ($p < 0,001$). Госпитальная летальность составила 0,5% (4 случая) в группе Heartstring и 1,1% (8 случаев) в группе без касания аорты ($p = 0,386$) (табл. 3).

Таблица 2. Операционные показатели
Table 2. Operating parameters

| Параметры / Parameters | До PSM / Before PSM | | p-value | После PSM / After PSM | | p-value |
|---|---------------------|---------------|---------|-----------------------|---------------|---------|
| | HS, n = 1700 | NA, n = 850 | | HS, n = 742 | NA, n = 742 | |
| Перевязка ушка ЛП / LA appendage ligation, n (%) | 360 (21,2) | 184 (21,6) | 0,785 | 210 (28,3) | 157 (21,2) | < 0,001 |
| Атероматоз аорты / Aortic atheromatosis, n (%) | 917 (53,9) | 196 (23,1) | < 0,001 | 184 (24,8) | 196 (26,4) | 0,475 |
| БиМКШ / BIMA, n (%) | 56 (3,3) | 243 (28,6) | < 0,001 | 23 (3,1) | 222 (29,9) | < 0,001 |
| Полная артериальная реваскуляризация / Complete arterial revascularization, n (%) | 24 (1,4) | 593 (69,8) | < 0,001 | 15 (2,0) | 509 (68,6) | < 0,001 |
| ЛВГА / LIMA, n (%) | 1 650 (97,1) | 847 (99,6) | < 0,001 | 711 (95,8) | 739 (99,6) | < 0,001 |
| ПВГА / RIMA, n (%) | 65 (3,8) | 241 (28,4) | < 0,001 | 28 (3,8) | 220 (29,6) | < 0,001 |
| ЛА / RA, n (%) | 157 (9,2) | 210 (24,7) | < 0,001 | 112 (15,1) | 177 (23,9) | < 0,001 |
| AB / SV, n (%) | 1 676 (98,6) | 257 (30,2) | < 0,001 | 727 (98) | 233 (31,4) | < 0,001 |
| Количество дистальных анастомозов / Number of distal anastomoses, Me (Q1–Q3) | 3 (2–3) | 2 (1–3) | < 0,001 | 3 (2–4) | 2 (1–3) | < 0,001 |
| Длительность операции, мин / Duration of surgery, min, Me (Q1–Q3) | 155 (135–180) | 140 (109–170) | < 0,001 | 155 (130–180) | 140 (110–170) | < 0,001 |

Примечание: AB – аутовена; БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование; ЛА – лучевая артерия; ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ЛП – левое предсердие; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия.

Note: BIMA – bilateral mammary artery bypass grafting; LA – left atrium; LIMA – left internal mammary artery; RA – radial artery; RIMA – right internal mammary artery; SV – saphenous vein.

Таблица 3. Послеоперационные показатели
Table 3. Postoperative parameters

| Параметры / Parameters | До PSM / Before PSM | | p-value | После PSM / After PSM | | p-value |
|--|---------------------|-------------|---------|-----------------------|-------------|---------|
| | HS, n = 1700 | NA, n = 850 | | HS, n = 742 | NA, n = 742 | |
| Периоперационный ИМ / Perioperative MI, n (%) | 22 (1,3) | 5 (0,6) | 0,101 | 11 (1,5) | 4 (0,5) | 0,117 |
| Инсульт / Stroke, n (%) | 22 (1,3) | 6 (0,7) | 0,179 | 5 (0,7) | 6 (0,8) | 1 |
| ОПП / AKI, n (%) | 25 (1,5) | 7 (0,8) | 0,166 | 11 (1,5) | 6 (0,8) | 0,329 |
| Нагноение послеоперационной раны / Postoperative wound infection, n (%) | 19 (1,1) | 6 (0,7) | 0,320 | 12 (1,6) | 4 (0,5) | 0,07 |
| Делирий / Delirium, n (%) | 75 (4,4) | 21 (2,5) | 0,015 | 13 (1,8) | 21 (2,8) | 0,165 |
| ПОФП / POAF, n (%) | 230 (13,5) | 80 (9,4) | 0,003 | 80 (10,8) | 73 (9,8) | 0,377 |
| Реэксплорация по поводу кровотечения / Re-exploration for bleeding, n (%) | 27 (1,6) | 12 (1,4) | 0,312 | 5 (0,7) | 9 (1,2) | 0,422 |
| Гемотрансфузии / Blood transfusions | 333 (19,6) | 128 (15,1) | < 0,001 | 172 (23,2) | 116 (15,6) | < 0,001 |
| Госпитальная летальность / In-hospital mortality, n (%) | 15 (0,9) | 9 (1,1) | 0,664 | 4 (0,5) | 8 (1,1) | 0,386 |
| Время нахождения в реанимации, ч / Length of stay in ICU, days, Me (Q1–Q3) | 22 (19–24) | 22 (19–24) | 0,829 | 22 (19–24) | 22 (19–25) | 0,9465 |

Примечание: ИМ – инфаркт миокарда; ОПП – острое почечное повреждение; ПОФП – постоперационная фибрилляция предсердий.

Note: AKI – acute kidney injury; MI – myocardial infarction; POAF – postoperative atrial fibrillation.

Обсуждение

Патогенез инсульта или субклинического неврологического повреждения после КШ может включать несколько механизмов: эмболизацию воздуха, тромбов из контура ИК, гипоперфузию или гиперперфузию, системный воспалительный ответ или дестабилизацию атеросклеротических бляшек при манипуляциях на восходящей аорте [15]. Таким образом, отказ от манипуляций на аорте и использования ИК, а также снижением манипуляций на аорте при помощи устройства «HeartString» может снизить частоту послеоперационных инсультов. Ранее проведенные метаанализы продемонстрировали снижение частоты инсультов после КШ без касания аорты [16–18]. Единственно существующий сетевой мета-анализ сравнивающие всевозможные варианты КШ, показал, что КШ без касания аорты является наиболее предпочтительной техникой, за которой следуют КШ без ИК с использованием HeartString, КШ с использованием бокового зажима и, наконец, КШ с ИК и КП [19]. Однако, в нашем исследовании мы не увидели разницы в частоте послеоперационных осложнений и госпитальной летальности, за исключением того, что частота гемотрансфузии была чаще в группе где использовалось устройства HeartString. Эти результаты особенно значимы, учитывая, что в группах КШ без касания аорты и КШ с использованием HeartString отмечалась более высокая частота предшествующих инсультов и цереброваскулярных заболеваний по сравнению с группой КШ с ИК [19]. Кроме того, исследования с использованием эпикардального УЗИ выявили более высокую распространенность тяжелого атеросклероза восходящей аорты (> 5 мм) среди пациентов кому выполнялась КШ без касания аорты [13]. В нашем же исследовании у каждого четвертого пациента имелась атеросклеротическое поражение аорты в обеих группах. По данным сетевого мета-анализа не было выявлено значимых различий между методами по частоте послеоперационных инфарктов миокарда, где КШ с использованием HeartString и КШ без касания аорты продемонстрировали схожую эффективность [19], что также было подтверждено нашим исследованием. Важно отметить, что в группе КШ без касания аорты чаще выполнялось полная артериальная реваскуляризацию с использованием обеих внутренних грудных артерий или с использованием лучевой артерии, что в отдаленном периоде может ассоциироваться с улучшением отдаленных результатов [20]. В случаях, когда требуется проксимальный аортокоронарный анастомоз и нет возможности использования методики КШ без касания аорты, система HeartString, демонстрирующая более низкую частоту инсультов по данным сетевого анализа, может быть предпочтительнее КШ с использованием бокового зажима и КШ с ИК [19].

Ограничение исследования

Ограничением данного исследования является его ретроспективный анализ, не исключается, что в группу с использованием методики КШ без касания аорты попадались пациенты с более тяжелым атеросклеротическим поражением аорты.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует сопоставимые результаты КШ на работающем сердце с использованием устройства HeartString и техники без касания аорты. Обе методики показали схожую частоту послеоперационных осложнений, включая perioperative инфаркт миокарда, инсульт, острое повреждение почек, нагноение раны и послеоперационную фибролляцию предсердий. Госпитальная летальность также не имела статистически значимых различий между группами.

Однако было отмечено, что использование устройства HeartString связано с большей продолжительностью операции и более частой необходимостью в гемотрансфузии, что может быть обусловлено более высоким индексом реваскуляризации в этой группе. В то же время техника без касания аорты чаще применялась при выполнении бимаммарного КШ и полной артериальной реваскуляризации, что подчеркивает ее преимущества в сложных клинических случаях.

Полученные данные свидетельствуют о том, что обе методики являются безопасными и эффективными для выполнения КШ на работающем сердце. Выбор метода может зависеть от индивидуальных особенностей пациента, а также технических возможностей хирургической бригады. Дальнейшие исследования с более длительным периодом наблюдения и большим объемом выборки необходимы для оценки отдаленных результатов и определения оптимальных показаний к применению каждой из методик.

Таким образом, техника без касания аорты и использование устройства HeartString представляют собой перспективные подходы к хирургической реваскуляризации миокарда, которые могут быть адаптированы в зависимости от клинической ситуации и предпочтений хирурга.

Конфликт интересов

В.Н. Колесников заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.Т. Энгиноев заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.А. Зеньков заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.М. Хассан заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.Э Рамазанова заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.Р. Диб заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.И. Чернов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Колесников Владимир Николаевич, кандидат медицинских наук главный врач, врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0003-0637-1427

Энгиоев Сослан Тайсумович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), Астрахань, Российская Федерация; доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8376-3104

Зеньков Александр Александрович, доктор медицинских наук заведующий кардиохирургическим отделением № 1, врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), Астрахань, Российская Федерация; заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии факультета последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-7119-2340

Хассан Мадиан Мохамед, ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0006-7989-7077

Рамазанова Наргиз Эльшадовна, ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0001-7562-2096

Диб Омар Риад, ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0009-3355-2972

Чернов Игорь Ионович, доктор медицинских наук заместитель главного врача по хирургической помощи, врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), Астрахань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9924-5125

Author Information Form

Kolesnikov Vladimir N., MD, PhD, Chief Physician, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0009-0003-0637-1427

Enginoev Soslan T., MD, PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), Astrakhan, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8376-3104

Ziankou Alexander A., MD, DSc, Head of Cardiac Surgery Department No. 1, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), Astrakhan, Russian Federation; Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-7119-2340

Hassan Madian M., Resident Physician, Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0009-0006-7989-7077

Ramazanova Nargiz E., Resident Physician, Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0009-0001-7562-2096

Dib Omar R., Resident Physician, Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0009-0009-3355-2972

Chernov Igor I., MD, DSc, Deputy Chief Physician for Surgical Care, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “Federal Center for Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), Astrakhan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9924-5125

Вклад авторов в статью

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

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

ZAA – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

XMM – вклад в концепцию исследования, анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

RHЭ – вклад в концепцию исследования, анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

DOP – вклад в концепцию исследования, анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЧИИ – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

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

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

ZAA – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

HMM – contribution to the concept of the study, data analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

RNE – contribution to the concept of the study, data analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

DOR – contribution to the concept of the study, data analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

ЧII – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neumann F.-J., Sousa-Uva M., Ahlsson A., Alfonso F., Banning A.P., Benedetto U., et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2019;40:87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
2. Feldman T.E., Brand M. Van Den, Bass E.J., Dyck N. Van, Leadley K., Dawkins K.D., et al. new england journal 2009;961–72.
3. Goel S.S., Shishehbor M.H. Strategies for multivessel revascularization in patients with diabetes. *Cardiol Rev* 2013;29:2375–84. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1211585>.
4. Mohr F.W., Morice M.-C., Kappetein A.P., Feldman T.E., Stähle E., Colombo A., et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet* 2013;381:629–38. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60141-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60141-5).
5. Puskas J.D., Winston A.D., Wright C.E., Gott J.P., Brown W.M. 3rd, Craver J.M., et al. Stroke after coronary artery operation: incidence, correlates, outcome, and cost. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1053–6. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)01569-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)01569-6).
6. Valley M.P., Yan T.D., Edelman J.J.B., Hayman M., Brereton R.J.L., Ross D.E. Anaortic, Total-arterial, Off-pump Coronary Artery Bypass Surgery: How To Do It. *Hear Lung Circ* 2010;19:555–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2010.04.078>.
7. Ramponi F., Seco M., Brereton R.J.L., Gaudino M.F.L., Puskas J.D., Calafiore A.M., et al. Toward stroke-free coronary surgery: The role of the anaortic off-pump bypass technique. *J Card Surg* 2021;36:1499–510. <https://doi.org/10.1111/jocs.15372>.
8. Edelman J.J., Reddel C.J., Kritharides L., Bannon P.G., Fraser J.F., Curnow J.L., et al. Natural history of hypercoagulability in patients undergoing coronary revascularization and effect of preoperative myocardial infarction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148:536–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.028>.
9. Cooper E.A., Edelman J.J.B., Black D., Brereton R.J., Ross D.E., Bannon P.G., et al. Anaortic Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting in the Elderly and Very Elderly. *Hear Lung Circ* 2013;22:989–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.05.650>.
10. Deutsch M.-A., Zittermann A., Renner A., Schramm R., Götte J., Börgermann J., et al. Risk-adjusted analysis of long-term outcomes after on- versus off-pump coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2021;33:857–65. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab179>.
11. Чернов И.И., Энгиноев С.Т., Кондратьев Д.А., Зеньков А.А., Екимов С.С., Мотрева А.П., Магомедов Г.М., Цароев Б.С., Тарасов Д.Г., Комаров Р.Н. Отдаленные результаты коронарного шунтирования на работающем сердце без искусственного кровообращения // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2020. Т. 8, № 4. С. 49–54. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2020-8-4-49-54>
12. Amano Yoshiyuki, Maekawa, Atsuo, Yamana, Koji; Akita, Kiyotoshi; Matsuhashi, Kazuki; Niwa, Wakana; Takagi, Yasushi KT. Outcomes of 881 Consecutive Coronary Artery Bypass Graft Patients Using Heartstring Device. *Thorac Cardiovasc Surg* 2024. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1786986>.
13. Moss E., Puskas J.D., Thourani V.H., Kilgo P., Chen E.P., Leshnower B.G., et al. Avoiding aortic clamping during coronary artery bypass grafting reduces postoperative stroke. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;149:175–80. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.09.011>.
14. Manabe S., Fukui T., Miyajima K., Watanabe Y., Matsuyama S., Shimokawa T., et al. Impact of proximal anastomosis procedures on stroke in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Card Surg* 2009;24:644–9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2009.00911.x>.
15. Seco M., Edelman J.J.B., Boxtel B. Van, Forrest P., Byrom M.J., Wilson M.K., et al. Neurologic Injury and Protection in Adult Cardiac and Aortic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015;29:185–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1053/j.jvca.2014.07.026>.
16. Edelman J.J., Yan T.D., Bannon P.G., Wilson M.K., Valley M.P. Coronary Artery Bypass Grafting With and Without Manipulation of the Ascending Aorta – A Meta-Analysis. *Hear Lung Circ* 2011;20:318–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2011.02.003>.
17. Pawliszak W., Kowalewski M., Raffa G.M., Malvindi P.G., Kowalkowska M.E., Szwed K.A., et al. Cerebrovascular events after no-touch off-pump coronary artery bypass grafting, conventional side-clamp off-pump coronary artery bypass, and

- proximal anastomotic devices: A meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2016;5:1–13. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002802>.
18. Misfeld M., Brereton R.J.L., Sweetman E.A., Doig G.S. Neurologic complications after off-pump coronary artery bypass grafting with and without aortic manipulation: meta-analysis of 11,398 cases from 8 studies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;142:e11-7. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.11.034>.
 19. Zhao D.F., Edelman J.J., Seco M., Bannon P.G., Wilson M.K., Byrom M.J., et al. Coronary Artery Bypass Grafting With and Without Manipulation of the Ascending Aorta: A Network Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:924–36. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.11.071>.
 20. Torregrossa G., Amabile A., Williams E.E., Fonceva A., Hosseiniyan L., Balkhy H.H. Multi-arterial and total-arterial coronary revascularization: Past, present, and future perspective. *J Card Surg* 2020;35:1072–81. <https://doi.org/10.1111/jocs.14537>.

REFERENCES

1. Neumann F.-J., Sousa-Uva M., Ahlsson A., Alfonso F., Banning A.P., Benedetto U., et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2019;40:87–165. <https://doi.org/10.1093/euroheartj/ehy394>.
2. Feldman T.E., Brand M. Van Den, Bass E.J., Dyck N. Van, Leadley K., Dawkins K.D., et al. new england journal 2009;961–72.
3. Goel S.S., Shishehbor M.H. Strategies for multivessel revascularization in patients with diabetes. *Cardiol Rev* 2013;29:2375–84. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1211585>.
4. Mohr F.W., Morice M.-C., Kappetein A.P., Feldman T.E., Stähle E., Colombo A., et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet* 2013;381:629–38. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60141-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60141-5).
5. Puskas J.D., Winston A.D., Wright C.E., Gott J.P., Brown W.M. 3rd, Craver J.M., et al. Stroke after coronary artery operation: incidence, correlates, outcome, and cost. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1053–6. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)01569-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)01569-6).
6. Vallely M.P., Yan T.D., Edelman J.J.B., Hayman M., Brereton R.J.L., Ross D.E. Anaortic, Total-arterial, Off-pump Coronary Artery Bypass Surgery: How To Do It. *Hear Lung Circ* 2010;19:555–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2010.04.078>.
7. Ramponi F., Seco M., Brereton R.J.L., Gaudino M.F.L., Puskas J.D., Calafiore A.M., et al. Toward stroke-free coronary surgery: The role of the anaortic off-pump bypass technique. *J Card Surg* 2021;36:1499–510. <https://doi.org/10.1111/jocs.15372>.
8. Edelman J.J., Reddel C.J., Kritharides L., Bannon P.G., Fraser J.F., Curnow J.L., et al. Natural history of hypercoagulability in patients undergoing coronary revascularization and effect of preoperative myocardial infarction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148:536–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.028>.
9. Cooper E.A., Edelman J.J.B., Black D., Brereton R.J., Ross D.E., Bannon P.G., et al. Anaortic Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting in the Elderly and Very Elderly. *Hear Lung Circ* 2013;22:989–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.05.650>.
10. Deutsch M.-A., Zittermann A., Renner A., Schramm R., Götte J., Börgermann J., et al. Risk-adjusted analysis of long-term outcomes after on- versus off-pump coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2021;33:857–65. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab179>.
11. Chernov I.I., Enginoev S.T., Kondrat'ev D.A., Ziankou A.A., Ekimov S.S., Motreva A.P., Magomedov G.M., Tsaroev B.S., Tarasov D.G., Komarov R.N. Long-term results of the off-pump coronary artery bypass. Clinical and Experimental Surgery. *Petrovsky Journal*. 2020; 8 (4): 49–54. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2020-8-4-49-54> (in Russ).
12. Amano Yoshiyuki, Maekawa, Atsuo, Yamana, Koji; Akita, Kiyotoshi; Matsuhashi, Kazuki; Niwa, Wakana; Takagi, Yasushi KT. Outcomes of 881 Consecutive Coronary Artery Bypass Graft Patients Using Heartstring Device. *Thorac Cardiovasc Surg* 2024. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1786986>.
13. Moss E., Puskas J.D., Thourani V.H., Kilgo P., Chen E.P., Leshnower B.G., et al. Avoiding aortic clamping during coronary artery bypass grafting reduces postoperative stroke. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;149:175–80. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.09.011>.
14. Manabe S., Fukui T., Miyajima K., Watanabe Y., Matsuyama S., Shimokawa T., et al. Impact of proximal anastomosis procedures on stroke in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Card Surg* 2009;24:644–9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2009.00911.x>.
15. Seco M., Edelman J.J.B., Boxtel B. Van, Forrest P., Byrom M.J., Wilson M.K., et al. Neurologic Injury and Protection in Adult Cardiac and Aortic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015;29:185–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1053/j.jvca.2014.07.026>.
16. Edelman J.J., Yan T.D., Bannon P.G., Wilson M.K., Vallely M.P. Coronary Artery Bypass Grafting With and Without Manipulation of the Ascending Aorta—A Meta-Analysis. *Hear Lung Circ* 2011;20:318–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hlc.2011.02.003>.
17. Pawliszak W., Kowalewski M., Raffa G.M., Malvindi P.G., Kowalkowska M.E., Szwed K.A., et al. Cerebrovascular events after no-touch off-pump coronary artery bypass grafting, conventional side-clamp off-pump coronary artery bypass, and proximal anastomotic devices: A meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2016;5:1–13. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002802>.
18. Misfeld M., Brereton R.J.L., Sweetman E.A., Doig G.S. Neurologic complications after off-pump coronary artery bypass grafting with and without aortic manipulation: meta-analysis of 11,398 cases from 8 studies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;142:e11-7. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.11.034>.
19. Zhao D.F., Edelman J.J., Seco M., Bannon P.G., Wilson M.K., Byrom M.J., et al. Coronary Artery Bypass Grafting With and Without Manipulation of the Ascending Aorta: A Network Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:924–36. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.11.071>.
20. Torregrossa G., Amabile A., Williams E.E., Fonceva A., Hosseiniyan L., Balkhy H.H. Multi-arterial and total-arterial coronary revascularization: Past, present, and future perspective. *J Card Surg* 2020;35:1072–81. <https://doi.org/10.1111/jocs.14537>.

Для цитирования: Колосников В.Н., Энгиноев С.Т., Зеньков А.А., Хассан М.М., Рамазанова Н.Э., Диб О.Р., Чернов И.И. Сравнительный анализ коронарного шунтирования на работающем сердце с использованием устройства Heartstring и техники без касания аорты: опыт одного центра. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(5): 200-209. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-5-200-209

To cite: Kolesnikov V.N., Enginoev S.T., Ziankou A.A., Hassan M.M., Ramazanova N.E., Dib O.R., Chernov I.I. Comparative analysis of coronary artery bypass grafting on a beating heart using the Heartstring device and the no-touch aorta technique: single-center experience. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(5): 200-209. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-5-200-209