

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА «HEARTSTRING» ДЛЯ ПРОКСИМАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА У 1720 ПАЦИЕНТОВ ПРИ КОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ

В.Н. Колесников^{1,2}, *С.Т. Энгиноев^{1,2}, А.А. Зеньков^{1,2}, Г.М. Магомедов¹, Т.К. Рашидова¹, А. М.-С. Умаханова², Д.Б. Алероев³,
И.И. Чернов¹, А.Б. Гамзаев⁴¹ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России³Кабардино-Балкарский Государственный Университет им. Х.М. Бербекова⁴ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Энгиноев Сослан Тайсумович (Soslan T. Enginoev), e-mail: Surgery-89@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Цель исследования: оценить непосредственные результаты применения устройства Heartstring при формировании проксимальных анастомозов у пациентов, перенесших изолированное коронарное шунтирование (КШ) на работающем сердце.**Материалы и методы:** проведён ретроспективный анализ 1720 пациентов, оперированных в период с 2009 г. по 2022 г. Изучались демографические характеристики, интраоперационные данные и непосредственные результаты послеоперационного периода. Все вмешательства выполнены без искусственного кровообращения, с использованием устройства Heartstring для проксимальных анастомозов. Оценивались частота инсульта, периоперационного инфаркта миокарда, осложнений, требующих реэксплорации, а также госпитальная летальность.**Результаты:** медиана возраста пациентов составила 63 (58–69) лет, мужчин — 88,3%. Атероматоз аорты выявлен у 54,3% больных. Медиана длительность операции составила 155 (135–180) минут, конверсия к искусственному кровообращению потребовалась в 0,6% случаев. Частота периоперационного инфаркта миокарда составила 1%, инсульта — 1,2%, острого почечного повреждения — 1,6%, реэксплорации по поводу кровотечения — 1,6%. Госпитальная летальность составила 0,9%. Использование устройства Heartstring позволило безопасно выполнить проксимальные анастомозы без пережатия аорты даже у пациентов с выраженным атероматозом, обеспечив низкий уровень неврологических и геморрагических осложнений.**Заключение:** применение устройства Heartstring при КШ на работающем сердце является надёжной и безопасной технологией, позволяющей снизить риск инсульта и других осложнений, связанных с манипуляциями на аорте. Методика может рассматриваться как эффективная альтернатива традиционному способу анастомозирования у пациентов с высоким риском атероземболии.**Ключевые слова:** коронарное шунтирование, проксимальный анастомоз; устройство Heartstring, атероматоз аорты, инсульт, периоперационные осложнения.**Для цитирования.** В.Н. Колесников, С.Т. Энгиноев, А.А. Зеньков, Г.М. Магомедов, Т.К. Рашидова, А. М.-С. Умаханова, Д.Б. Алероев, И.И. Чернов, А.Б. Гамзаев, «ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА «HEARTSTRING» ДЛЯ ПРОКСИМАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА У 1720 ПАЦИЕНТОВ ПРИ КОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(4): 58–67.

EXPERIENCE WITH THE USE OF THE HEARTSTRING DEVICE FOR PROXIMAL ANASTOMOSIS IN 1,720 PATIENTS UNDERGOING OFF-PUMP CORONARY

V.N. Kolesnikov^{1,2}, *S.T. Enginoev^{1,2}, A.A. Ziankou¹, G.M. Magomedov¹, T.K. Rashidova¹, A.M.-S. Umahanova², D.B. Aleroev³,
I.I. Chernov¹, A.B. Gamzaev⁴¹FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation²FSBEI of HE «Astrakhan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation³Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov⁴Volga Region Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia.

ABSTRACT

Aim: to evaluate the early outcomes of using the Heartstring device for proximal anastomosis formation in patients undergoing isolated off-pump coronary artery bypass grafting (CABG).**Materials and Methods:** a retrospective analysis was performed in 1,720 patients operated on between 2009 and 2022. Demographic characteristics, intraoperative variables, and early postoperative outcomes were assessed. All procedures were performed without cardiopulmonary bypass, using the Heartstring device for proximal anastomoses. The incidence of stroke, perioperative myocardial infarction, bleeding requiring re-exploration, and in-hospital mortality was analyzed.**Results:** the median age of patients was 63 (58–69) years; 88.3% were men. Aortic atheromatosis was detected in 54.3% of cases. The median operative time was 155 (135–180) minutes; conversion to cardiopulmonary bypass was required in 0.6% of patients. The incidence of perioperative myocardial infarction was 1%, stroke — 1.2%, acute kidney injury — 1.6%, and re-exploration for bleeding — 1.6%. The in-hospital mortality rate was 0.9%. Use of the Heartstring device allowed safe construction of proximal anastomoses without aortic clamping, even in patients with advanced atheromatosis, resulting in low rates of neurological and hemorrhagic complications.**Conclusions:** application of the Heartstring device in off-pump CABG is a reliable and safe technique that reduces the risk of stroke and other aorta-related complications. This method can be considered an effective alternative to conventional clamping techniques in patients with a high risk of atheroembolism.**Keywords:** coronary artery bypass grafting, proximal anastomosis, Heartstring device, aortic atheromatosis, stroke, perioperative complications.

ВВЕДЕНИЕ

Коронарное шунтирование (КШ) остается «золотым стандартом» хирургического лечения многососудистого поражения коронарного русла и стеноза ствола левой коронарной артерии [1]. Несмотря на совершенствование хирургических техник и периоперационного ведения, инсульт остается одним из наиболее грозных осложнений КШ, ассоциированным с значительным увеличением летальности, заболеваемости, продолжительности госпитализации и стоимости лечения [2,3]. По данным крупных регистров, частота периоперационного инсульта может достигать 5% [2].

Одной из ключевых причин развития инсульта во время КШ является манипуляция на восходящей аорте, приводящая к мобилизации атеросклеротических бляшек и кальцинированных детридов с последующей эмболией церебральных артерий [4]. В связи с этим были разработаны стратегии, направленные на минимизацию контакта с аортой. На сегодняшний день существует спектр хирургических подходов, различающихся по степени манипуляции на аорте: от традиционного КШ с искусственным кровообращением (ИК) и поперечным наложением зажима на аорту до без касания аорты на работающем сердце (anOPCABG), полностью исключающего манипуляции с аортой и использование ИК [5]. Сетевой мета-анализ Zhao D. и соавт., продемонстрировал четкую градиацию риска периоперационного инсульта в зависимости от степени манипуляции на аорте [5]. Наименьший риск инсульта был ассоциирован с anOPCABG техникой, которая превосходила по этому показателю как КШ на работающем сердце с частичным зажимом (OPCABG-PC), так и КШ на работающем сердце с использованием устройства Heartstring (OPCABG-HS), и, тем более, традиционное КШ с ИК и кардиopleгией [5]. Это свидетельствует о том, что даже устройства для бесзажимного проксимального анастомоза, такие как Heartstring, не полностью устраняют риск, связанный с манипуляцией на аорте, по сравнению с истинной безаортальной техникой.

Однако в реальной клинической практике выполнение полной безаортальной реваскуляризации не всегда технически осуществимо или оправдано. В таких ситуациях устройство Heartstring представляет собой важную альтернативу, позволяющую выполнить проксимальный анастомоз без наложения бокового зажима. Ряд исследований подтверждают эффективность Heartstring в снижении риска инсульта по сравнению с техникой с частичным зажимом [6,7]. Вместе с тем, в литературе остаются дискуссионные моменты. Некоторые работы указывают на потенциальный риск микроэмболии газовыми пузырьками при использовании данного устройства [8], а другие подчеркивают, что низкая частота инсульта достигается лишь в рамках комплексного подхода, включающего преоперационную визуализацию аорты и интраоперационную эпиаортальную сканирование [9]. Кроме того, несмотря на растущее количество данных о ранних

результатах, в литературе остается недостаточно сведений об исходах у пациентов, оперированных с применением устройства Heartstring [9,10].

Целью настоящего исследования было проанализировать непосредственные результаты пациентов, перенесших изолированное КШ на работающем сердце с использованием устройства Heartstring для проксимального анастомоза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Популяция включенных больных

Настоящее исследование представляет собой одноцентровое ретроспективное не рандомизированное наблюдательное исследование, выполненное на базе ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии», г. Астрахань.

В анализ включены 1720 пациентов, оперированных в период с 2009 по 2022 гг., которым выполнено изолированное КШ на работающем сердце с применением устройства Heartstring для формирования проксимальных анастомозов (OPCABG-HS) (рис. 1).

Критерии включения:

1. Наличие гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий, подтвержденных коронарографией.
2. Возможность выполнения полной реваскуляризации без подключения искусственного кровообращения.

Критерии исключения:

3. Необходимость сопутствующих вмешательств на клапанах сердца, аорте или других отделах сердца.
4. Сочетанные операции с сонными артериями.
5. Планируемое использование ИК во время операции.
6. Повторные вмешательства.
7. Острый инфаркт миокарда менее чем за 24 часа до операции.

Медиана возраста больных составила 63 (58–69) лет, мужчин было 1519 (88,3%), женщин — 201 (11,7%). Индекс массы тела составил 29,4 (26,6–32,6) кг/м². Артериальная гипертензия выявлена у 1567 (91,1%) пациентов, сахарный диабет — у 461 (26,8%), хрониче-

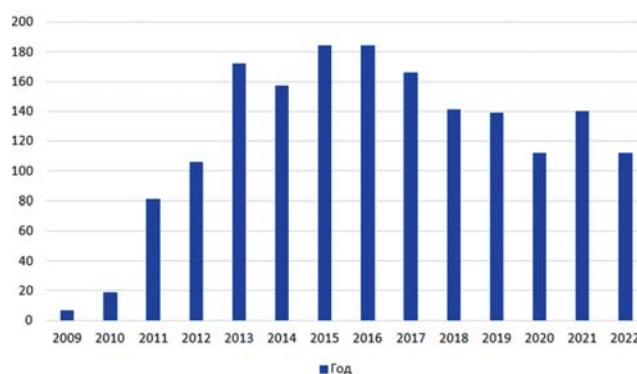


Рис. 1. Включенные в исследование пациенты по годам.

Fig. 1. Patients included in the study by year.

ская обструктивная болезнь лёгких — у 319 (18,5%), фибрилляция предсердий в анамнезе — у 179 (10,4%), инсульт — у 159 (9,2%), чрескожное коронарное вмешательство в анамнезе — у 176 (10,2%), постинфарктный кардиосклероз — у 1085 (63,1%). Хроническая сердечная недостаточность III–IV функционального класса по NYHA диагностирована у 655 (38%) пациентов.

По степени выраженности стенокардии распределение больных было следующим: безболевые формы — 23 (1,3%), I функциональный класс — 41 (2,4%), II класс — 479 (27,8%), III класс — 1032 (60,0%), IV класс — 137 (8,0%), нестабильная стенокардия — 8 (0,5%).

Таким образом, большинство пациентов имели стенокардию III–IV функционального класса. Медиана фракции выброса левого желудочка составила 55 (50–59) %, конечный диастолический объём — 113 (93–139) мл, конечный систолический объём — 50 (38–72) мл, систолическое давление в лёгочной артерии — 25 (24–29) мм рт. ст.

По данным коронарографии у большинства больных выявлено многососудистое поражение коронарного русла. Поражение ствола левой коронарной артерии менее 50% имелось у 1078 (62,7%) пациентов, 50–75% — у 422 (24,5%), 76–90% — у 160 (9,3%), 90–99% — у 57 (3,3%), окклюзия — у 3 (0,2%). В бассейне передней межжелудочковой артерии стеноз менее 50% отмечен у 49 (2,8%), 50–75% — у 389 (22,6%), 76–90% — у 506 (29,4%), 90–99% — у 358 (20,8%), окклюзия — у 418 (24,3%). В бассейне огибающей артерии стеноз менее 50% определялся у 231 (13,4%) больных, 50–75% — у 413 (24,0%), 76–90% — у 414 (24,1%), 90–99% — у 323 (18,8%), окклюзия — у 339 (19,7%). В бассейне правой коронарной артерии стеноз менее 50% встречался у 155 (9,0%), 50–75% — у 256 (14,9%), 76–90% — у 312 (18,1%), 90–99% — у 307 (17,8%), окклюзия — у 690 (40,1%) (табл. 1).

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics версии 26 (IBM Corp., Chicago, IL, USA). Для определения характера распределения количественных переменных применялся критерий Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Переменные с нормальным распределением описывались как среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$), тогда как переменные с ненормальным распределением — в виде медианы и межквартирного размаха ($Me [Q1-Q3]$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

У 934 (54,3%) пациентов интраоперационно пальпаторно или по данным эпияортального ультразвукового исследования выявлен атероматоз восходящей аорты, что учитывалось при выборе техники и места формирования проксимальных анастомозов. Эпияортальное УЗИ выполнено у 622 (36,2%) больных. Миниинвазивное коронарное

шунтирование проведено у 18 (1%) больных, перевязка ушка левого предсердия — у 359 (20,9%). Бимаммарное шунтирование выполнено у 64 (3,7%) пациентов, из них 50 — с использованием *in situ*-кондуитов и 14 — комбинированным способом. Полная артериальная реваскуляризация достигнута у 23 (1,3%) больных. Секвенциальное шунтирование применено в 873 (50,8%) случаях, Y- или T-графты — в 187 (10,9%).

В качестве кондуитов использовались: левая внутренняя грудная артерия у 1669 (97%) больных, правая внутренняя грудная артерия — у 73 (4,2%), лучевая артерия — у 160 (9,3%), аутовена — у 1697 (98,7%). Эндоскопический забор вены выполнен у 104 (6%) пациентов. Медиана количества дистальных анастомозов составила 3 (2–3), количество использованных устройств Heartstring — 1 (1–2). Средняя длительность операции — 155 (135–180) минут. Конверсия к искусственному кровообращению потребовалась в 10 (0,6%) случаях.

В бассейне передней межжелудочковой артерии шунтирование выполнено преимущественно с использованием левой внутренней грудной артерии — у 1613 (93,8%) пациентов. В бассейне огибающей артерии анастомоз с аутовеной сформирован у 1217 (70,8%), с лучевой артерией — у 150 (8,7%). В бассейне правой коронарной артерии аутовена использовалась у 1295 (75,3%) больных (табл. 2).

В послеоперационном периоде частота периоперационного инфаркта миокарда составила 17 (1%) случаев, инсульта — 21 (1,2%), из них интраоперационных — 9 (0,5%) и послеоперационных — 12 (0,7%) (табл. 3). У 11 пациентов инсульт носил множественный характер, в бассейне средней мозговой артерии зарегистрировано 16 случаев, в вертебробазилярном бассейне — 10, в разных бассейнах — 6. Средний показатель по шкале mRS при выписке составил 3 (1–5). Острое почечное повреждение развилось у 27 (1,6%) пациентов, делирий — у 75 (4,4%), нагноение послеоперационной раны — у 20 (1,2%), послеоперационная фибрилляция предсердий — у 232 (13,5%). Реэксплорация по поводу кровотечения потребовалась в 27 (1,6%) случаях, гемотрансфузии проведены у 402 (23,4%) больных. Вспомогательные методы поддержки кровообращения применялись редко: внутриаортальный баллонный контрпульсатор — у 9 (0,5%) больных, экстракорпоральная мембранная оксигенация — у 4 (0,2%). Мезентериальный тромбоз отмечен у 4 (0,2%) пациентов. Госпитальная летальность составила 15 (0,9%). Среднее время пребывания в отделении реанимации — 22 (19–24) часа, средняя длительность госпитализации — 6 (6–8) дней.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования подтверждают, что применение устройства Heartstring при выполнении изолированного КШ на работающем сердце обеспечивает высокую безопасность и эффективность вмешательства. В когорте из 1720 пациентов частота инсульта составила

Таблица 1. Общая характеристика включенных больных

Table 1. General characteristics of the included patients

Параметры/Parameters	n=1720
Возраст, года Me (Q1-Q3), / Age, years	63 (58-69)
Пол, мужчины, n (%), Male	1519 (88,3)
ИМТ, кг/м ² Me (Q1-Q3), BMI	29,4 (26,6-32,6)
ФК стенокардии, n (%), Angina FC	
Безболевая / Silent	23 (1,3)
I	41 (2,4)
II	479 (27,8)
III	1032 (60)
IV	137 (8)
Нестабильная / Unstable	8 (0,5)
ХСН III-IV ФК, n (%), CHF FC	655 (38)
СД, n (%) / Diabetes	461 (26,8)
АГ, n (%) / AH	1567 (91,1)
ХОБЛ, n (%) / COPD	319 (18,5)
ФП в анамнезе, n (%) / AF	179 (10,4)
Инсульт в анамнезе, n (%) / History of stroke	159 (9,2)
ЧКВ в анамнезе, n (%) / History of PCI	176 (10,2)
ПИКС, n (%) / Post-MI cardiosclerosis	1085 (63,1)
ФВ ЛЖ, % Me (Q1-Q3) / EF LV	55 (50-59)
КДО ЛЖ, мл Me (Q1-Q3) / EDV ml	113 (93-139)
КСО ЛЖ, мл Me (Q1-Q3) / ESV ml	50 (38-72)
СДЛА, мм рт.ст. Me (Q1-Q3) / SPPA	25 (24-29)
Данные коронарографии, n (%) / Coronary angiography data	
Ствол <50% / LMCA	1078 (62,7)
50-75%	422 (24,5)
76-90%	160 (9,3)
90-99%	57 (3,3)
Окклюзия / total occlusion	3 (0,2)
ПМЖА <50% / LAD	49 (2,8)
50-75%	389 (22,6)
76-90%	506 (29,4)
90-99%	358 (20,8)
Окклюзия / total occlusion	418 (24,3)
ОА <50% / CX	231 (13,4)
50-75%	413 (24)
76-90%	414 (24,1)
90-99%	323 (18,8)
Окклюзия / total occlusion	339 (19,7)
ПКА <50% / PDA	155 (9)
50-75%	256 (14,9)
76-90%	312 (18,1)
90-99%	307 (17,8)
Окклюзия/ total occlusion	690 (40,1)

Примечание: АГ – артериальная гипертензия; ИМТ – индекс массы тела; ЛКА – левая коронарная артерия; ОА – огибающая артерия; ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; ПКА – правая коронарная артерия; ПМЖА – передняя межжелудочковая артерия; СД – сахарный диабет; СДЛА – систолическое давление в лёгочной артерии; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФК – функциональный класс; ФП – фибрилляция предсердий; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь лёгких; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство, NYHA – New York Heart Association.

Note: BMI – body mass index; FC – functional class; CHF- chronic heart failure; AH – Arterial hypertension; COPD – Chronic Obstructive Pulmonary Disease; AF – atrial fibrillation; PCI – percutaneous coronary intervention; MI – myocardial infarction; EF LV – ejection fraction left ventricle; EDV- end diastolic volume; ESV – end systolic volume; SPPA – systolic pressure in the pulmonary artery; LMCA – left main coronary artery; LAD – left artery descending; CX – circumflex artery; PDA – posterior descending artery.

1,2 %, периперационного инфаркта миокарда — 1 %, а госпитальная летальность — 0,9 %, учитывая тот факт, что 54,3% имели атероматоз восходящей аорты.

Согласно данным Колесникова В.Н. и соавт, где проанализированы результаты КШ у 1136 пациентов с выражен-

ным атерокальцинозом аорты, устройство Heartstring использовалось в 82,2 % случаев и обеспечило минимальную частоту инсультов (1,6 %) и летальность 1,1 % у такой тяжелой категории больных [11]. Авторы подчеркнули, что сочетание бесзажимной методики и эпиа-

Таблица 2. Операционные показатели

Table 2. Operating parameters

Параметры / Parameters	n=1720
Миниинвазивное коронарное шунтирование, n (%) / Minimally invasive coronary artery bypass grafting,	18 (1)
Эпиаортальное УЗИ, n (%) / Epi-aortic ultrasound	622 (36,2)
Атероматоз аорты, n (%) / Aortic atheromatosis	934 (54,3)
Перевязка ушка ЛП, n (%) / Left atrial appendage ligation	359 (20,9)
БиМКШ, n (%) / BIMA	64 (3,7)
In situ	50
Композитное / Composite	14
Полная артериальная реваскуляризация, n (%) / Complete arterial revascularization	23 (1,3)
Секвенциальное шунтирование, n (%) / Sequential grafting	873 (50,8)
Y или T-графт, n (%) / Y or T graft configuration	187 (10,9)
ЛВГА, n (%) / LITA	1669 (97)
ПВГА, n (%) / RITA	73 (4,2)
ЛА, n (%) / RA	160 (9,3)
АВ, n (%) / SVG	1697 (98,7)
Эндоскопический забор АВ, n (%) / Endoscopic vein harvesting	104 (6)
No touch vein, n (%)	
Бассейн ПМЖА, n (%) / LAD territory	
Не Шунтировалась / Not grafted	17 (1)
С ЛВГА / Grafted with LITA	1613 (93,8)
С ПВГА / Grafted with RITA	39 (2,3)
С АВ / Grafted with SVG	45 (2,6)
СЛА / Grafted with RA	6 (0,3)
Бассейн ОА, n (%) / LCx territory	
Не Шунтировалась / Not grafted	284 (16,5)
С ЛВГА / Grafted with LITA	42 (2,4)
С ПВГА / Grafted with RITA	27 (1,6)
С АВ / Grafted with SVG	1217 (70,8)
С ЛА / Grafted with RA	150 (8,7)
Бассейн ПКА, n (%) / RCA territory	
Не Шунтировалась / Not grafted	415 (24,1)
С ЛВГА / Grafted with LITA	1 (0,1)
С ПВГА / Grafted with RITA	3 (0,2)
С АВ / Grafted with SVG	1295 (75,3)
С ЛА / Grafted with RA	5 (0,3)
Количество дистальных анастомозов, Me (Q1-Q3) / Number of distal anastomoses	3 (2-3)
Конверсия, n (%) / Conversion to cardiopulmonary bypass	10 (0,6)
Количество использованных устройств «HeartString» / Number of Heartstring devices used	1 (1-2)
Длительность операции, мин Me (Q1-Q3) / Operative time, min	155 (135-180)

Примечание: АВ – аутовена; БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование; ЛА – лучевая артерия; ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ОА – огибающая артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; ПКА – правая коронарная артерия; ПМЖА – передняя межжелудочковая артерия; УЗИ – ультразвуковое исследование; No-touch vein – без касания.

Note: BIMA – Bilateral Internal Mammary Artery; LITA – Left Internal Thoracic Artery; RITA – right Internal Thoracic Artery; LAD – LAD – left artery descending; SVG – saphenous vein graft; RA – radial artery; RCA – right coronary artery; LCx – left circumflex artery.

ортального УЗИ позволяет безопасно выполнять реваскуляризацию миокарда даже у пациентов с тяжёлым кальцинозом, подтверждая нашу тенденцию к значительному снижению цереброваскулярных осложнений. В многочисленных клинических и экспериментальных работах показано, что основной механизм инсульта при КШ связан с эмболией вследствие манипуляций на аорте [3,12,13].

Gaudino М. и соавт., указали, что до 70 % перипроцедурных инсультов возникает во время поперечного или бокового пережатия аорты, а исключение этих манипу-

ляций является наиболее эффективной стратегией профилактики [12]. В регистре SWEDENEART показано, что любое увеличение объёма аортальных манипуляций ассоциировано с ростом риска инсульта и летальности [13].

В исследованиях Emmert М. и соавт. и Vicol С. и соавт., было показано, что Heartstring обеспечивает герметичность и надёжность анастомозов без увеличения длительности операции и без компромисса по числу дистальных шунтов [14,15].

В мета-анализе Zhao D. и соавт., установлено, что страте-

Таблица 3. Послеоперационные осложнения

Table 3. Postoperative Complications

Параметры / Parameters	n=1720
Периоперационный ИМ, n (%) / Perioperative myocardial infarction	17 (1)
Инсульт, n (%) / Stroke	21 (1,2)
Интраоперационный / Intraoperative	9 (0,5)
Послеоперационный / Postoperative	12 (0,7)
Множественные очаги / Multiple cerebral lesions	11
Бассейн СМА / MCA territory	16
Бассейн ВББ / VBT territory	10
Разные бассейны / Multiple vascular territories	6
mRS при выписке, Me (Q1-Q3) / mRS at discharge	3 (1-5)
ОПП, n (%) / AKI	27 (1,6)
Делирий, n (%) / Delirium	75 (4,4)
Нагноение послеоперационной раны, n (%) / Surgical wound infection	20 (1,2)
ПОФП, n (%) / POAF	232 (13,5)
ЭКМО, n (%) / ECMO	4 (0,2)
ВАБК, n (%) / IABP	9 (0,5)
Резексплорация по поводу кровотечения, n (%) / Re-exploration for bleeding	27 (1,6)
Гемотрансфузии, n (%) / Blood transfusion	402 (23,4)
Мезентериальный тромбоз, n (%) / Mesenteric thrombosis	4 (0,2)
Госпитальная летальность, n (%) / In-hospital mortality	15 (0,9)
Время нахождения в ОАРИТ, ч Me (Q1-Q3) / Length of stay in intensive care unit, h	22 (19-24)
Период госпитализации, дн Me (Q1-Q3) / Total hospital stay, days	6 (6-8)

Примечание: ВАБК – внутриаортальный баллонный контрпульсатор; ВББ – вертебробазиллярный бассейн; ИМ – инфаркт миокарда; ОАРИТ – отделение анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии; ОПП – острое почечное повреждение; ПОФП – послеоперационная фибрилляция предсердий; СМА – средняя мозговая артерия; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; mRS – modified Rankin Scale.

Note: MCA – middle cerebral artery; VBT – vertebrobasilar system; AKI – acute kidney injury; POAF – postoperative atrial fibrillation; ECMO – extra corporeal membrane oxygenation; IABP – intra-aortic balloon counterpulsation.

гии anORCAV снижают риск инсульта на 78 %, а применение устройства Heartstring — примерно на 50 % по сравнению с традиционным боковым зажимом [5]. Эти данные дополняются работой Hilker M. и соавт. и Hangler H. и соавт., в которых было доказано, что отказ от зажима в off-pump операциях снижает частоту инсульта до 0,9–1,5 % [16,17]. Механизм защитного эффекта обусловлен комбинацией двух факторов — исключением аортальных манипуляций и тщательным интраоперационным визуальным контролем (эпиаортальное УЗИ). Доказано, что использование эпиаортального сканирования снижает частоту эмболий и позволяет точно определять зоны для анастомозирования [6,18]. В нашем исследовании эпиаортальное УЗИ выполнялось у 36 % пациентов, что сопровождалось отсутствием тяжёлых интраоперационных инсультов.

В работе Аmano K. и соавт., было показано, что 5- и 10-летняя выживаемость составила 86 % и 66 % соответственно, а частота инсульта не превысила 1% [9]. Эти данные подтверждают, что применение устройства обеспечивает не только непосредственные, но и долговременные результаты с низкой частотой МАСЕ.

Таким образом, использование Heartstring позволяет обеспечить долгосрочную защиту мозга и высокую проходимость шунтов при минимальном риске операционных осложнений.

ВЫВОДЫ

Применение устройства Heartstring при формировании проксимальных анастомозов у пациентов, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце, продемонстрировало высокую безопасность и эффективность метода. Использование данной технологии позволило полностью исключить необходимость пережатия аорты даже у больных с выраженным атероматозом, что сопровождалось низкой частотой инсульта (1,2%) и минимальной госпитальной летальностью (0,9%).

Техника обеспечила стабильные интраоперационные параметры, среднюю продолжительность вмешательства 155 (135–180) минут и низкий уровень конверсии к искусственному кровообращению (0,6%). Частота периоперационного инфаркта миокарда составила 1%, а частота значимых кровотечений, потребовавших резексплорации, — 1,6%. Полученные результаты свидетельствуют о надёжности и воспроизводимости технологии Heartstring в повседневной клинической практике. Её применение особенно целесообразно у пациентов с атероматозом восходящей аорты, у которых традиционные методы анастомозирования сопряжены с повышенным риском эмболических осложнений.

Таким образом, устройство Heartstring является эффективным и безопасным инструментом для выполнения

проксимальных анастомозов в условиях операции на работающем сердце, позволяющим снизить травматичность вмешательства, уменьшить риск инсульта и улучшить непосредственные результаты хирургического лечения

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, связанных как с дизайном, так и с методологическими особенностями. Прежде всего, работа выполнена в формате одноцентрового ретроспективного наблюдения, что ограничивает возможность экстраполяции полученных результатов на более широкую популяцию пациентов. Отсутствие рандомизации не позволяет исключить влияние скрытых факторов, способных влиять на выбор хирургической техники и периоперационные исходы.

Не проводилось сравнение с контрольной группой больных, у которых проксимальные анастомозы выполнялись традиционным способом с частичным наложением зажима на аорту. Это не даёт возможности количественно оценить степень снижения риска инсульта и других осложнений, непосредственно связанного с применением устройства Heartstring.

В исследовании оценивались только непосредственные

результаты госпитального периода, без анализа отдалённых клинических исходов, таких как выживаемость, повторные ишемические события, проходимость шунтов и частота реинтервенций. Отсутствие данных об отдалённом наблюдении ограничивает возможность окончательной оценки долговременной эффективности технологии. Кроме того, оценка выраженности атероматоза аорты проводилась преимущественно по данным интраоперационного эпиаортального ультразвукового исследования и пальпации, без предоперационного КТ-ангиографического подтверждения, что может приводить к субъективной вариабельности диагностики. Также не анализировалось влияние опыта хирурга и объёма ежегодных операций на исходы, что могло бы иметь значение при интерпретации результатов.

Таким образом, несмотря на значительный объём выборки и высокую достоверность полученных данных, результаты исследования следует рассматривать в контексте вышеуказанных ограничений. Для окончательной валидации преимуществ устройства Heartstring необходимы проспективные многоцентровые рандомизированные исследования с включением контрольных групп и длительным последующим наблюдением. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neumann F.J., Sousa-Uva M, Ahlsson A. et al 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. Eur Heart J 2019; 40:87–165. DOI: [10.1093/eurheartj/ehy394](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394)
2. Gaudino M., Angiolillo D.J., Di Franco A. et al. Stroke after coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention: Incidence, pathogenesis, and outcomes. J Am Heart Assoc 2019; 8:1–12. DOI: [10.1161/JAHA.119.013032](https://doi.org/10.1161/JAHA.119.013032)
3. Jonsson K., Barbu M., Nielsen S.J. et al. Perioperative stroke and survival in coronary artery bypass grafting patients: a SWEDEHEART study. Eur J Cardio-Thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thoracic Surg 2022; 62. DOI: [10.1093/ejcts/ezac025](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezac025)
4. Seco M., Edelman J.J.B., Boxtel B. Van et al. Neurologic Injury and Protection in Adult Cardiac and Aortic Surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth 2015; 29:185–95. DOI: [10.1053/j.jvca.2014.07.026](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2014.07.026)
5. Zhao D.F., Edelman J.J., Seco M. 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. DOI: [10.1016/j.jacc.2016.11.071](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.11.071)
6. El Zayat H., Puskas J.D., Hwang S. et al. Avoiding the clamp during off-pump coronary artery bypass reduces cerebral embolic events: results of a prospective randomized trial. Interact Cardiovasc Thorac Surg 2012; 14:12–6. DOI: [10.1093/icvts/ivr004](https://doi.org/10.1093/icvts/ivr004)
7. Thourani V.H., Razavi S.A., Nguyen T.C. et al. Incidence of postoperative stroke using the Heartstring device in 1,380 coronary artery bypass graft patients with mild to severe atherosclerosis of the ascending aorta. Ann Thorac Surg 2014; 97:2066–72; discussion 2072. DOI: [10.1016/j.athorac](https://doi.org/10.1016/j.athorac)

[sur.2014.02.044](https://doi.org/10.1016/j.athorac)

8. Halkos M.E., Anderson A., Binongo J.N.G. et al. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: A stratified, prospective randomized trial. J Thorac Cardiovasc Surg 2017; 154:1278–1285.e1. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2017.04.089](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.04.089)
9. Amano K., Takami Y., Maekawa A. et al. Outcomes of 881 Consecutive Coronary Artery Bypass Graft Patients Using Heartstring Device. Thorac Cardiovasc Surg 2025; 73:199–205. DOI: [10.1055/s-0044-1786986](https://doi.org/10.1055/s-0044-1786986)
10. Formica F., Tata G., Singh G. et al. Incidence of perioperative stroke in clampless aortic anastomosis during off-pump coronary artery bypass grafting. Heart Vessels 2018; 33:595–604. DOI: [10.1007/s00380-017-1106-0](https://doi.org/10.1007/s00380-017-1106-0)
11. Колесников В.Н., Энгиноев С.Т., Зеньков А.А., Чернов И.И. Коронарное шунтирование на работающем сердце у больных с многососудистым поражением коронарных артерий и атерокальцинозом аорты: одноцентровое ретроспективное исследование 1136 больных. Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2025; 13(2): 31–36. DOI: [10.33029/2308-1198-2025-13-2-31-36](https://doi.org/10.33029/2308-1198-2025-13-2-31-36)
12. Gaudino M., Angiolillo D.J., Di Franco A. et al. Stroke after coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention: Incidence, pathogenesis, and outcomes. J Am Heart Assoc 2019; 8:1–12. DOI: [10.1161/JAHA.119.013032](https://doi.org/10.1161/JAHA.119.013032)
13. Knol W.G., Budde R.P.J., Mahtab E.A. et al. Intimal aortic atherosclerosis in cardiac surgery: surgical strategies to prevent embolic stroke. Eur J Cardio-Thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thoracic Surg 2021; 60:1259–67. DOI: [10.1093/](https://doi.org/10.1093/)

[ejcts/ezab344](#)

14. Vicol C., Oberhoffer M., Nollert G. et al. First clinical experience with the HEARTSTRING, a device for proximal anastomoses in coronary surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; 79:1732-7; discussion 1737. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2004.05.080](#)

15. Emmert M.Y., Grünenfelder J., Scherman J. et al. HEART-STRING enabled no-touch proximal anastomosis for off-pump coronary artery bypass grafting: current evidence and technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 17:538-41. DOI: [10.1093/icvts/ivt237](#)

16. Hilker M., Arlt M., Keyser A. et al. Minimizing the risk of perioperative stroke by clampless off-pump bypass surgery: a

retrospective observational analysis. *J Cardiothorac Surg* 2010; 5:14. DOI: [10.1186/1749-8090-5-14](#)

17. Hangler H.B., Nagele G., Danzmayr M. et al. Modification of surgical technique for ascending aortic atherosclerosis: impact on stroke reduction in coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126:391-400. DOI: [10.1016/s0022-5223\(03\)00395-7](#)

18. Ikram A., Mohiuddin H., Zia A. et al. Does epiaortic ultrasound screening reduce perioperative stroke in patients undergoing coronary surgery? A topical review. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2018; 50:30-4. DOI: [10.1016/j.jocn.2018.01.003](#)

REFERENCE

1. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2019; 40:87-165. DOI: [10.1093/eurheartj/ehy394](#)

2. Gaudino M., Angiolillo D.J., Di Franco A. et al. Stroke after coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention: Incidence, pathogenesis, and outcomes. *J Am Heart Assoc* 2019; 8:1-12. DOI: [10.1161/JAHA.119.013032](#)

3. Jonsson K., Barbu M., Nielsen S.J. et al. Perioperative stroke and survival in coronary artery bypass grafting patients: a SWEDEHEART study. *Eur J Cardio-Thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thoracic Surg* 2022; 62. DOI: [10.1093/ejcts/ezac025](#)

4. Seco M., Edelman J.J.B., Boxtel B. Van et al. Neurologic Injury and Protection in Adult Cardiac and Aortic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015; 29:185-95. DOI: [10.1053/j.jvca.2014.07.026](#)

5. Zhao D.F., Edelman J.J., Seco M. 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. DOI: [10.1016/j.jacc.2016.11.071](#)

6. El Zayat H., Puskas J.D., Hwang S. et al. Avoiding the clamp during off-pump coronary artery bypass reduces cerebral embolic events: results of a prospective randomized trial. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012; 14:12-6. DOI: [10.1093/icvts/ivv004](#)

7. Thourani V.H., Razavi S.A., Nguyen T.C. et al. Incidence of postoperative stroke using the Heartstring device in 1,380 coronary artery bypass graft patients with mild to severe atherosclerosis of the ascending aorta. *Ann Thorac Surg* 2014; 97:2066-72; discussion 2072. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2014.02.044](#)

8. Halkos M.E., Anderson A., Binongo J.N.G. et al. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: A stratified, prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 154:1278-1285.e1. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2017.04.089](#)

9. Amano K., Takami Y., Maekawa A. et al. Outcomes of 881 Consecutive Coronary Artery Bypass Graft Patients Using Heartstring Device. *Thorac Cardiovasc Surg* 2025; 73:199-205. DOI: [10.1055/s-0044-1786986](#)

10. Formica F., Tata G., Singh G. et al. Incidence of periopera-

tive stroke in clampless aortic anastomosis during off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Vessels* 2018; 33:595-604. DOI: [10.1007/s00380-017-1106-0](#)

11. Kolesnikov V.N., Enginiev S.T., Ziankou A.A., Chernov I.I. Off-pump coronary artery bypass grafting in patients with multivessel coronary artery disease and aortic atherosclerosis: a single-center retrospective study of 1136 patients. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal*. 2025; 13 (2): 31-6 DOI: [10.33029/2308-1198-2025-13-2-31-36](#) [In Russ].

12. Gaudino M., Angiolillo D.J., Di Franco A. et al. Stroke after coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention: Incidence, pathogenesis, and outcomes. *J Am Heart Assoc* 2019; 8:1-12. DOI: [10.1161/JAHA.119.013032](#)

13. Knol W.G., Budde R.P.J., Mahtab E.A. et al. Intimal aortic atherosclerosis in cardiac surgery: surgical strategies to prevent embolic stroke. *Eur J Cardio-Thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thoracic Surg* 2021; 60:1259-67. DOI: [10.1093/ejcts/ezab344](#)

14. Vicol C., Oberhoffer M., Nollert G. et al. First clinical experience with the HEARTSTRING, a device for proximal anastomoses in coronary surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; 79:1732-7; discussion 1737. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2004.05.080](#)

15. Emmert M.Y., Grünenfelder J., Scherman J. et al. HEART-STRING enabled no-touch proximal anastomosis for off-pump coronary artery bypass grafting: current evidence and technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 17:538-41. DOI: [10.1093/icvts/ivt237](#)

16. Hilker M., Arlt M., Keyser A. et al. Minimizing the risk of perioperative stroke by clampless off-pump bypass surgery: a retrospective observational analysis. *J Cardiothorac Surg* 2010; 5:14. DOI: [10.1186/1749-8090-5-14](#)

17. Hangler H.B., Nagele G., Danzmayr M. et al. Modification of surgical technique for ascending aortic atherosclerosis: impact on stroke reduction in coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126:391-400. DOI: [10.1016/s0022-5223\(03\)00395-7](#)

18. Ikram A., Mohiuddin H., Zia A. et al. Does epiaortic ultrasound screening reduce perioperative stroke in patients undergoing coronary surgery? A topical review. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2018; 50:30-4. DOI: [10.1016/j.jocn.2018.01.003](#)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колесников Владимир Николаевич – [ORCID: 0009-0003-0637-1427] к.м.н., главный врач, врач сердечно-сосудистый хирург
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121
Энгиноев Сослан Тайсумович – [ORCID: 0000-0002-8376-3104] к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург,
доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121
Зеньков Александр Александрович – [ORCID: 0000-0002-7119-2340] д.м.н., зав. кардиохирургическим отделением № 1,
заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии ФПО, врач сердечно-сосудистый хирург
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121
Магомедов Гасан Магомедзагирович – [ORCID: 0000-0002-1278-9278] к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
Рашидова Тамара Кулумбековна – [ORCID: 0000-0002-6857-0830] врач ультразвуковой диагностики
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
Умахановна Аминат Мухмад-Салиховна – [ORCID: 0009-0003-1797-3298], клинический ординатор
кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121
Алероев Дени Бадрудинович – [ORCID: 0009-0001-6464-3609] студент факультета медицинской академии
Кабардино-Балкарский Государственный Университет им. Х.М. Бербекова
360004, Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173
Чернов Игорь Иванович – [ORCID: 0000-0002-9924-5125] д.м.н., зам. главного врача по хирургической помощи,
врач сердечно-сосудистый хирург
ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России
414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Покровская Роща, 4
Гамзаев Алишир оглы Баги – [ORCID: 0000-0001-7617-9578] д.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург
ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России
603005, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Площадь Минина и Пожарского, 10/1

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

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии источника финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR INFORMATION FORM

Vladimir N. Kolesnikov – [ORCID: 0009-0003-0637-1427] MD, PhD, Chief Physician, Cardiovascular Surgeon
FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation
4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004
FSBEI of HE «Astrakhan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation
121, Bakinskaya Str., Astrakhan, Russian Federation, 414000
Soslan T. Enginoev – [ORCID: 0000-0002-8376-3104] PhD, cardiovascular surgeon,
associate professor of the Department of Cardiovascular Surgery, Faculty of Postgraduate Education
FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation
4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004
FSBEI of HE «Astrakhan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation
121, Bakinskaya Str., Astrakhan, Russian Federation, 414000
Alexander A. Zenkov – [ORCID: 0000-0002-7119-2340] MD, PhD, Head of the Cardiac Surgery Department No.1,
Head of the Department of Cardiovascular Surgery of the Faculty of Postgraduate Education, Cardiovascular Surgeon
FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation
4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004
FSBEI of HE «Astrakhan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation
121, Bakinskaya Str., Astrakhan, Russian Federation, 414000
Gasan M. Magomedov – [ORCID: 0000-0002-1278-9278] PhD, cardiovascular surgeon
FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation,
4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004
Tamara K. Rashidova – [ORCID: 0000-0002-6857-0830] ultrasound doctor
FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation
4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004

Aminat M.S.Umahanova – [ORCID: 0009-0003-1797-3298], clinical resident of the Department of Cardiovascular Surgery of the Faculty of Postgraduate Education

FSBEI of HE "Astrakhan State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 121, Bakinskaya Str., Astrakhan, Russian Federation, 414000

Deni B.Aleroev – [ORCID: 0009-0001-6464-3609], student of the faculty of the Medical Academy Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

173, Chernyshevsky Str., Nalchik, Russian Federation, 360004

Igor I. Chernov – [ORCID: 0000-0002-9924-5125] MD, PhD, Deputy Chief Physician for Surgical Care, Cardiovascular Surgeon FSBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 4, Pokrovskaya Roscha Str., Astrakhan, Russian Federation, 414004

Alisher B. Gamzaev – [ORCID: 0000-0001-7617-9578] MD, cardiovascular surgeon

FSBEI of HE «Volga Region Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation» 10/1, Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005

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

Funding. The authors declare no funding sources.

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