

Дифференцированный подход к выбору операции Ross и имплантации аортального гомографта в хирургии корня аорты

Комаров Р.Н., Ткачев М.И., Цуренкова К.Е., Бабаева Г.М., Комарова К.Д., Бакиров Р.И., Механтьев Р.В.

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России), 119991, Российская Федерация, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Аннотация

Введение. Патология корня аорты, требующая хирургической коррекции с заменой аортального клапана (АК), остается одной из наиболее сложных задач современной кардиохирургии, особенно у пациентов молодого и среднего возраста. Операция Ross и имплантация аортального гомографта (АГ) являются признанными биологическими методами реконструкции корня аорты, каждый из которых обладает специфическими преимуществами и ограничениями. Вместе с тем выбор оптимальной хирургической тактики в ряде случаев основывается преимущественно на индивидуальном опыте хирурга, тогда как объективные, формализованные критерии принятия решения остаются недостаточно определенными.

Цель: оценить факторы выбора операции Ross и имплантации АГ в хирургии корня аорты и разработать алгоритм принятия хирургического решения на основе регрессионного анализа.

Материал и методы. Одноцентровое ретроспективное сравнительное исследование включило 43 пациента с патологией корня аорты, оперированных в 2015–2025 гг. методом полной замены корня аорты (full-root). АГ имплантирован у 19 пациентов (I группа), операция Ross выполнена у 24 пациентов (II группа). Мужчины составили 86,0% ($n = 37$). Средний возраст – $49,8 \pm 13,6$ года, индекс массы тела (ИМТ) – $26,4 \pm 4,0$ кг/м², площадь поверхности тела (ППТ) – $1,95 \pm 0,17$ м². Средний срок наблюдения был равен $58,2 \pm 13,9$ мес. в I группе и $74,9 \pm 11,3$ мес. – во II группе. Всем пациентам выполнялась серийная эхокардиография до операции, в раннем послеоперационном периоде и при динамическом наблюдении. Первичные конечные точки: общая выживаемость и свобода от повторных операций. Вторичные конечные точки: структурная дегенерация трансплантатов, дилатация корня аорты / аутографта, аортальная регургитация $\geq$ II степени, тромбоэмболические и геморрагические осложнения. Статистический анализ выполнен в IBM SPSS STATISTICS 26.0.

Результаты. Группы статистически не различались по возрасту ($51,3 \pm 15,2$ против $48,6 \pm 12,3$ года; $p > 0,05$), ИМТ ($25,8 \pm 4,2$ против $26,7 \pm 3,8$ кг/м²) и ППТ ($1,94 \pm 0,18$ против $1,96 \pm 0,16$ м²). В группе пациентов с имплантацией АГ чаще встречались инфекционный эндокардит (36,9 против 4,2%; $p = 0,007$), предшествующие операции на сердце (36,8 против 8,3%; $p = 0,024$) и соединительнотканная дисплазия (26,3 против 4,2%; $p = 0,040$). Госпитальная летальность составила 4,7% ($n = 2$) и отмечалась только в I группе; во II группе летальных исходов не зарегистрировано. Общая среднеотдаленная выживаемость составила 90,9%. Повторных операций в I группе не было; во II группе выполнены 2 реоперации (8,3%) через 80 и 96 мес. В отдаленном периоде максимальная скорость кровотока через АК в I группе увеличилась с 118 ± 10 до 126 ± 11 см/с ($p = 0,006$), во II группе – с 141 ± 18 до 146 ± 19 см/с ($p = 0,242$). Значимой аортальной регургитацией $\geq$ II степени не выявлено. Возраст оказался независимым предиктором прогрессирования дисфункции трансплантатов: для АГ AUC = 0,795; порог – 61,5 года (чувствительность – 62,5%, специфичность – 90,9%; $p = 0,032$); для операции Ross – AUC = 0,976; порог – 49,5 года (чувствительность – 100%, специфичность – 85,7%; $p = 0,001$). Дополнительными факторами риска являлись увеличение массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ) (270 ± 90 против 211 ± 48 г; $p = 0,044$) и время ишемии миокарда ≥ 130 мин (AUC = 0,864; $p = 0,008$).

Заключение. Возраст является ключевым независимым предиктором дисфункции трансплантатов. У пациентов с АГ повышенный риск прогрессирования дисфункции ассоциирован с более молодым возрастом ($< 61,5$ года), тогда как после операции Ross неблагоприятный прогноз отмечается у пациентов старше 49,5 года. Полученные данные указывают на принципиальное значение возраст-ориентированного выбора метода реконструкции корня аорты для оптимизации среднеотдаленных результатов.

Ключевые слова:

криосохраненные гомографты; аортальный гомографт; легочный гомографт, операция Ross.

✉ Ткачев Максим Игоревич, e-mail: tkachev.cardiovascular@gmail.com.

©: Комаров Р.Н., Ткачев М.И., Цуренкова К.Е., Бабаева Г.М., Комарова К.Д., Бакиров Р.И., Механтьев Р.В., 2026

Финансирование:	исследование выполнено без финансовой поддержки грантов, общественных, некоммерческих, коммерческих организаций и структур.
Соответствие принципам этики:	все пациенты подписали информированное согласие на использование гомографтов в целях хирургического лечения.
Для цитирования:	Комаров Р.Н., Ткачев М.И., Цуренкова К.Е., Бабаева Г.М., Комарова К.Д., Бакиров Р.И., Механтьев Р.В. Дифференцированный подход к выбору операции Ross и имплантации аортального гомографта в хирургии корня аорты. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2026;41(2):75–83. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-2-75-83

Differential approach to choosing between the Ross procedure and aortic homograft implantation in aortic root surgery

Komarov R.N., Tkachev M.I., Tsurenkova K.E., Babayeva G.M., Komarova K.D., Bakirov R.I., Mekhantsev R.V.

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract

Introduction. Aortic root pathology requiring surgical correction with aortic valve replacement remains one of the most challenging problems in modern cardiac surgery, particularly in young and middle-aged patients. The Ross procedure and aortic homograft implantation are recognized biological methods of aortic root reconstruction, each with specific advantages and limitations. At the same time, the choice of the optimal surgical strategy in many cases is largely based on the individual experience of the surgeon, while objective, formalized decision-making criteria remain insufficiently defined.

Aim: To evaluate the factors influencing the choice between the Ross procedure and aortic homograft implantation in aortic root surgery and to develop a surgical decision-making algorithm based on regression analysis.

Material and Methods. A single-center retrospective comparative study included 43 patients with aortic root pathology who underwent full-root aortic replacement between 2015 and 2025. An aortic homograft was implanted in 19 patients (Group I), and the Ross procedure was performed in 24 patients (Group II). Men accounted for 86.0% ($n = 37$). The mean age was 49.8 ± 13.6 years, body mass index (BMI) was 26.4 ± 4.0 kg/m², and body surface area (BSA) was 1.95 ± 0.17 m². The mean follow-up duration was 58.2 ± 13.9 months in Group I and 74.9 ± 11.3 months in Group II. All patients underwent serial echocardiography preoperatively, in the early postoperative period, and during follow-up. Primary endpoints were overall survival and freedom from reoperation. Secondary endpoints included structural graft degeneration, aortic root/autograft dilatation, aortic regurgitation $\geq$ grade II, and thromboembolic and hemorrhagic complications. Statistical analysis was performed using IBM SPSS STATISTICS 26.0.

Results. The groups did not differ significantly in age (51.3 ± 15.2 vs 48.6 ± 12.3 years; $p > 0.05$), BMI (25.8 ± 4.2 vs 26.7 ± 3.8 kg/m²), or BSA (1.94 ± 0.18 vs 1.96 ± 0.16 m²). In the aortic homograft group, infective endocarditis (36.9% vs 4.2%; $p = 0.007$), previous cardiac surgery (36.8% vs 8.3%; $p = 0.024$), and connective tissue dysplasia (26.3% vs 4.2%; $p = 0.040$) were more frequent. In-hospital mortality was 4.7% ($n = 2$) and occurred only in Group I; no deaths were recorded in Group II. Overall mid-term survival was 90.9%. No reoperations were required in Group I; in Group II, two reoperations (8.3%) were performed at 80 and 96 months. During follow-up, the maximum transaortic flow velocity increased from 118 ± 10 to 126 ± 11 cm/s in Group I ($p = 0.006$) and from 141 ± 18 to 146 ± 19 cm/s in Group II ($p = 0.242$). No significant aortic regurgitation $\geq$ grade II was observed. Age was identified as an independent predictor of graft dysfunction progression: for aortic homografts, AUC = 0.795 with a threshold of 61.5 years (sensitivity 62.5%, specificity 90.9%; $p = 0.032$); for the Ross procedure, AUC = 0.976 with a threshold of 49.5 years (sensitivity 100%, specificity 85.7%; $p = 0.001$). Additional risk factors included increased left ventricular myocardial mass (270 ± 90 vs 211 ± 48 g; $p = 0.044$) and myocardial ischemic time ≥ 130 minutes (AUC = 0.864; $p = 0.008$).

Conclusion. Age is a key independent predictor of graft dysfunction. In patients with aortic homografts, an increased risk of dysfunction progression is associated with younger age (< 61.5 years), whereas after the Ross procedure an unfavorable prognosis is observed in patients older than 49.5 years. These findings highlight the fundamental importance of age-oriented selection of the aortic root reconstruction method to optimize mid-term outcomes.

Keywords:

cryopreserved homografts; aortic homograft; pulmonary homograft; Ross procedure.

Funding:	the study was carried out without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations and structures.
Compliance with ethical standards:	all patients signed an informed consent to the use of homografts for surgical treatment.
For citation:	Komarov R.N., Tkachev M.I., Tsurenkova K.E., Babayeva G.M., Komarova K.D., Bakirov R.I., Mekhanteyev R.V. Differential approach to choosing between the Ross procedure and aortic homograft implantation in aortic root surgery. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2026;41(2):75–83. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-2-75-83

Введение

Патология корня аорты, сопровождающаяся поражением аортального клапана (АК), синусов Вальсальвы и восходящего отдела аорты, остается одной из наиболее сложных проблем современной кардиохирургии. Особую клиническую значимость данная патология приобретает у пациентов молодого и среднего возраста, для которых выбор метода реконструкции корня аорты должен учитывать не только непосредственный хирургический результат, но и отдаленную функциональную надежность, качество жизни и необходимость повторных вмешательств [1].

Среди биологических методов реконструкции корня аорты операция Ross и имплантация аортального гомографта (АГ) занимают особое место как наиболее физиологичные варианты замещения. Оба подхода обеспечивают благоприятные гемодинамические характеристики, отсутствие необходимости в пожизненной антикоагулянтной терапии и потенциально лучшую биосовместимость по сравнению с протезированием искусственными клапанами [2].

Имплантация АГ традиционно рассматривается как метод выбора при сложных формах патологии корня аорты, в том числе при инфекционном эндокардите, разрушении фиброзного кольца и необходимости радикальной санации очага инфекции. К преимуществам относят высокую резистентность к реинфекции и анатомическое соответствие корню аорты. Вместе с тем клиническое применение гомографтов ограничено их доступностью, вариабельностью морфологических характеристик и неопределенностью долговечности в отдаленные сроки [3].

Операция Ross, основанная на аутотрансплантации легочного клапана в аортальную позицию, демонстрирует отличные гемодинамические показатели и высокую адаптацию к нагрузкам системного кровотока. Однако данный метод сопряжен с высокой технической сложностью, риском дилатации аутографта и фактическим превращением «одноклапанной» коррекции в «двухклапанную», что требует взвешенного подхода к отбору пациентов [4].

Несмотря на накопленный клинический опыт применения операции Ross и имплантации АГ, четкие критерии выбора между этими методами реконструкции корня аорты до настоящего времени остаются недостаточно стандартизированными. Решение нередко основывается на предпочтениях хирурга или институциональных традициях, тогда как объективная оценка клинических и анатомических факторов, влияющих на результаты лечения, представлена ограниченно.

В этой связи представляется актуальной разработка дифференцированного подхода к выбору операции Ross и имплантации АГ, основанного на анализе факторов риска и использовании современных статистических методов, позволяющих оптимизировать хирургическую

тактику и повысить воспроизводимость клинических результатов.

Материал и методы

Проведено одноцентровое ретроспективное сравнительное исследование, включившее пациентов с патологией корня аорты, которым в период с 2015 по 2025 гг. выполнено хирургическое лечение с применением биологических методов реконструкции корня аорты – операции Ross или имплантации АГ. В исследование включены пациенты старше 18 лет, перенесшие полную замену корня аорты по методике «full-root». Критериями исключения являлись комбинированные операции на других клапанах сердца и необходимость одномоментной реконструкции дуги аорты.

Всего в исследование включены 43 пациента – 37 мужчин (86,0%) и 6 женщин (14,0%). Имплантация АГ выполнена 19 пациентам (I группа), операция Ross – 24 пациентам (II группа). I группа состояла из 16 мужчин (84,2%) и 3 женщин (15,8%), а II группа – из 21 мужчины (87,5%) и 3 женщин (12,5%). Средний возраст пациентов составил $49,8 \pm 13,6$ года, средний индекс массы тела (ИМТ) – $26,4 \pm 4,0$ кг/м², средняя площадь поверхности тела (ППТ) – $1,95 \pm 0,17$ м².

По клинико-anamнестическим характеристикам группы сопоставимы по большинству показателей. В таблице 1 представлены предоперационные клинико-anamнестические данные пациентов, включенных в исследование.

Всем пациентам проводилось стандартное клинико-инструментальное обследование, включавшее трансторакальную и чреспищеводную эхокардиографию в предоперационном периоде, в ранние послеоперационные сроки и при динамическом наблюдении. Оценивались размеры фиброзного кольца АК, синусов Вальсальвы и восходящей аорты, степень клапанной регургитации, фракция выброса левого желудочка (ЛЖ) и трансклапанные градиенты давления.

Эхокардиографические показатели до операции были сопоставимы в исследуемых группах. Статистически значимых различий по всем анализируемым параметрам не выявлено ($p > 0,05$). Подробные данные представлены в таблице 2.

Первичными конечными точками исследования являлись общая выживаемость и свобода от повторных операций на корне аорты в среднеотдаленные сроки. Вторичными конечными точками считались развитие структурной дегенерации клапанного аппарата, дилатация корня аорты или аутографта, появление значимой аортальной регургитации (II степени и более), а также тромбозмболические и геморрагические осложнения.

Все хирургические вмешательства выполнялись через срединную стернотомию в условиях искусственного

Таблица 1. Предоперационные клинико-anamnestические данные пациентов, включенных в исследование

Table 1. Preoperative clinical and anamnesic characteristics of the patients included in the study

Параметры	I группа (аортальный гомографт), n = 19	II группа (операция Ross), n = 24	p
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	3 (15,8)	1 (4,2)	0,198
Наличие атеросклеротической бляшки более 50% в любом сосудистом бассейне, n (%)	3 (15,8)	3 (12,5)	0,760
Артериальная гипертензия, n (%)	7 (36,8)	10 (41,7)	0,751
Соединительнотканная дисплазия, n (%)	5 (26,3)	1 (4,2)	0,040
Двустворчатый аортальный клапан, n (%)	8 (42,1)	12 (50,0)	0,610
Предшествующая операция на сердце, n (%)	7 (36,8)	2 (8,3)	0,024
Наличие нарушения ритма сердца, n (%)	4 (21,0)	2 (8,3)	0,237
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, n (%)	2 (10,5)	1 (4,2)	0,422
Хроническая болезнь почек, n (%)	1 (5,3)	3 (12,5)	0,423
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	3 (15,8)	2 (8,3)	0,454
Заболевания легких (хроническая обструктивная болезнь легких / бронхиальная астма), n (%)	5 (26,3)	6 (25,0)	0,923
Заболевания желудочно-кишечного тракта, n (%)	8 (42,1)	10 (41,7)	0,977
Онкологические заболевания в анамнезе, n (%)	3 (15,8)	2 (8,3)	0,454
Курение, n (%)	7 (36,9)	7 (29,2)	0,598
Инфекционный эндокардит, n (%)	7 (36,9)	1 (4,2)	0,007

Таблица 2. Эхокардиографические характеристики пациентов в исследуемых группах

Table 2. Echocardiographic characteristics of patients in the study groups

Параметры	I группа (аортальный гомографт), n = 19	II группа (операция Ross), n = 24	p
КДР, см	5,4 ± 0,5	5,8 ± 1,0	0,415
КДР/ППТ, см/м ²	2,8 ± 0,4	2,9 ± 0,5	0,533
КДО, мл	161 ± 41	163 ± 69	0,854
КДО/ППТ, мл/м ²	82 ± 21	83 ± 34	0,705
МЖП, см	1,16 ± 0,29	1,16 ± 0,25	0,347
ЗСЛЖ, см	1,05 ± 0,2	0,97 ± 0,12	0,201
ММЛЖ, г	242 ± 72	267 ± 111	0,760
ММЛЖ/ППТ, г/м ²	125 ± 40	136 ± 55	0,922
ФВ, %	59,2 ± 4,6	56,2 ± 5,4	0,065
Фиброзное кольцо АК, см	2,67 ± 0,40	2,68 ± 0,37	0,188
Синусы Вальсальвы, см	3,89 ± 0,59	4,03 ± 0,59	0,188
Восходящая аорта, см	4,21 ± 0,77	4,19 ± 0,76	0,990
Максимальная скорость на АК, см/с	250 ± 106	236 ± 84	0,826
Пиковый градиент на АК, мм рт. ст.	36,9 ± 34,1	34,9 ± 31,1	0,990
Средний градиент на АК, мм рт. ст.	21,7 ± 24,1	20,6 ± 21,6	0,824
Аортальный стеноз ≥ 2-й степени	3 (15,8)	3 (12,5)	0,760
Аортальная недостаточность ≥ 2-й степени	2 (10,5)	1 (4,2)	0,422
Аортальный стеноз и недостаточность ≥ 2-й степени	14 (73,7)	20 (83,3)	0,445
Легочная гипертензия	10 (52,6)	12 (50)	0,865

Примечание: КДР – конечный диастолический размер левого желудочка, КДО – конечный диастолический объем левого желудочка, МЖП – толщина межжелудочковой перегородки, ЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка, ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка, ФВ – фракция выброса левого желудочка.

кровообращения (ИК) и умеренной гипотермии. В I группе имплантация осуществлялась по методике полной замены корня аорты («full-root») с реимплантацией коронарных устьев по «button»-технике. Перед имплантацией АГ размораживались с последующей трехкратной промывкой физиологическим раствором; проксимальный и дистальный анастомозы формировались непрерывным швом Prolene 5-0, реимплантация коронарных артерий выполнялась швом Prolene 6-0. У пациентов с инфекционным эндокардитом проводилась радикальная санация операционного поля с иссечением всех измененных тканей.

Во II группе пациентам выполнялась аутоотрансплантация легочного клапана в аортальную позицию по методике полного корня. Легочный аутографт во всех случаях

стабилизировался путем экзопротезирования дакроновым протезом с целью профилактики дилатации. Фиксация аутографта к фиброзному кольцу АК и реимплантация коронарных устьев осуществлялись по «button»-технике. Для реконструкции выходного тракта правого желудочка использовался легочный гомографт.

Период наблюдения пациентов варьировал в зависимости от метода хирургического вмешательства. В I группе средний срок наблюдения составил 58,2 ± 13,9 мес. (36–83), тогда как во II группе – 74,9 ± 11,3 мес. (40–110).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета SPSS STATISTICS, версия 23.0 (IBM Corp., США). Проверка нормальности распределения количественных переменных выполнялась по критерию Шапиро – Уилка. Количественные

показатели представлены средним значением и стандартным отклонением, $M \pm SD$, категориальные – абсолютными и относительными частотами, n (%). Сравнение количественных показателей в двух независимых группах осуществлялось по критерию Стьюдента. Сравнение категориальных переменных проводилось по χ^2 -критерию Пирсона или точному критерию Фишера. Для выявления факторов, влияющих на выбор хирургической тактики и клинические исходы, проводился одно- и многофакторный логистический регрессионный анализ. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез составлял 0,05.

Результаты

В I группе (аортальный гомографт, $n = 19$) доля мужчин составила 84,2% ($n = 16$), женщин – 15,8% ($n = 3$). Во II группе (операция Ross, $n = 24$) мужчины составили 87,5% ($n = 21$), женщины – 12,5% ($n = 3$). Статистически значимых различий по полу между группами не выявлено ($p = 0,757$). Средний возраст пациентов во II группе 53,0 $\pm$ 16,4 года в I группе и 49,5 $\pm$ 14,0 года – во II группе ($p = 0,750$). ИМТ составил 26,2 $\pm$ 4,5 и 25,4 $\pm$ 3,8 кг/м² соответственно ($p = 0,883$). ППТ была сопоставима между группами – 1,96 $\pm$ 0,20 и 1,91 $\pm$ 0,16 м² соответственно ($p = 0,807$).

Интраоперационные и ранние послеоперационные показатели в I и II группах были сопоставимы. Время ИК составило 167,1 $\pm$ 52,0 и 166,7 $\pm$ 26,7 мин соответственно ($p = 0,750$), время ишемии миокарда (ИМ) – 130,0 $\pm$ 22,6 и 134,0 $\pm$ 24,5 мин ($p = 0,750$), длительность операции – 401,5 $\pm$ 74,7 и 370,9 $\pm$ 27,8 мин ($p = 0,799$). Объем интраоперационной кровопотери не различался между группами (835,8 $\pm$ 538,2 против 657,9 $\pm$ 180,0 мл; $p = 0,103$). Длительность пребывания в отделении реабилитации и интенсивной терапии (2,3 $\pm$ 2,1 против 1,3 $\pm$ 0,4 дня; $p = 0,077$) и в стационаре (28,3 $\pm$ 9,0 vs 28,9 $\pm$ 9,5 дня; $p = 0,824$) также статистически значимо не различалась.

Частота рестернотомий была низкой и наблюдалась только в I группе у 2 пациентов. Нарушения сердечного ритма встречались в обеих группах: фибрилляция предсердий наблюдалась у 4 пациентов I группы и у 3 пациентов II группы. Атриовентрикулярная блокада отмечалась у 3 пациентов в I группе (15,8%), что потребовало имплантации постоянного электрокардиостимулятора у 2 пациентов. Данный факт связан с тем, что имплантация АГ выполнялась зачастую пациентам с поражением корня аорты на фоне инфекционного процесса, что потребовало полного удаления близлежащих тканей.

Плевральный выпот ≥ 300 мл наблюдался у 9 пациентов в I группе и у 9 пациентов во II группе; выполнение пункции было необходимо у 7 и 6 пациентов соответственно. Острые послеоперационные осложнения, включая острую сердечную, почечную и дыхательную недостаточность, панкреатит, острое нарушение мозгового кровообращения и инфаркт миокарда, регистрировались в отдельных случаях и встречались у 1–2 пациентов в каждой группе. Таким образом, серьезные послеоперационные события наблюдались относительно редко и не имели выраженных межгрупповых различий.

Период наблюдения пациентов варьировал в зависимости от метода хирургического вмешательства. В I группе средний срок наблюдения составил 58,2 $\pm$ 13,9 мес. (36–83), во II группе – 74,9 $\pm$ 11,3 мес. (40–110).

При анализе отдаленной выживаемости в I группе (АГ) зарегистрировано 2 летальных исхода на госпитальном этапе, что соответствует выживаемости 89,5%. После выписки из стационара в данной группе пациентов отсутствовали летальные исходы. Во II группе (операция Ross) отмечено 2 отдаленных летальных исхода, выживаемость составила 91,7%. Общая отдаленная выживаемость достигала 90,9%. Кривые Каплана – Майера представлены на рисунке 1.

Повторные операции в I группе не проводились. Во II группе (операция Ross) зарегистрированы 2 реоперации: одна через 80 мес. по причине дисфункции легочного гомографта и одна через 96 мес. – из-за прогрессирующей аортальной недостаточности на легочном аутографте.

Эхокардиографический анализ в отдаленном периоде показал стабильность функциональных параметров аортального клапана. В I группе (АГ) максимальная скорость через клапан увеличилась с 118 $\pm$ 10 до 126 $\pm$ 11 см/с ($p = 0,006$), пиковый и средний градиенты изменились незначительно. Во II группе (операция Ross) показатели изменились не системно: максимальная скорость перед выпиской – 141 $\pm$ 18 см/с, в отдаленном периоде – 146 $\pm$ 19 см/с, $p = 0,242$. Незначительное уплотнение створок у пациентов I группы не сопровождалось ухудшением гемодинамики, что свидетельствует о высокой стабильности имплантатов в течение наблюдаемого периода. Более детально данные представлены в таблице 3.

В данном исследовании оценивались особенности прогрессирования дисфункции трансплантатов у пациентов с АГ (I группа) и после операции Ross (II группа). Регрессионный анализ показал, что единственным статистически значимым предиктором является возраст.

У пациентов с АГ возраст продемонстрировал статистически значимую прогностическую ценность в отношении риска прогрессирования дисфункции трансплантата. При этом более молодой возраст ассоциировался с повышенной вероятностью неблагоприятного исхода. По данным ROC-анализа, площадь под кривой (AUC) составила 0,795 (95% ДИ: 0,576–1,000; $p = 0,032$); пороговое значение возраста – 61,5 года (чувствительность – 62,5%, специфичность – 90,9%) (рис. 2А).

После операции Ross возраст также являлся независимым предиктором прогрессирования дисфункции легочного аутографта. ROC-анализ показал высокую дискриминационную способность модели (AUC = 0,976; 95% ДИ: 0,920–1,000; $p = 0,001$). При этом возраст старше 49,5 года ассоциировался с повышенным риском, тогда как у более молодых пациентов отмечался благоприятный прогноз (чувствительность – 100%, специфичность – 85,7%) (рис. 2Б).

В рамках регрессионного анализа пациенты с АГ были разделены на подгруппы «Без прогрессирования» ($n = 9$) и «С прогрессированием» ($n = 8$). У пациентов с прогрессированием дисфункции трансплантата статистически значимо чаще отмечались ишемическая болезнь сердца (37,5%; $p = 0,050$), атеросклеротические поражения сосудов $\geq 50\%$ (37,5%; $p = 0,050$), увеличение ММЛЖ (270 $\pm$ 90 против 211 $\pm$ 48 г; $p = 0,044$), а также более длительное время ИК (190 $\pm$ 63 против 141 $\pm$ 30 мин; $p = 0,016$) и ИМ (142 $\pm$ 11 против 114 $\pm$ 25 мин; $p = 0,007$). ROC-анализ времени ИМ продемонстрировал высокую прогностическую способность (AUC = 0,864; 95% ДИ: 0,701–1,000; $p = 0,008$), оптимальный порог – 130 мин (чувствительность – 81,8%, специфичность – 75%) (см. рис. 2).

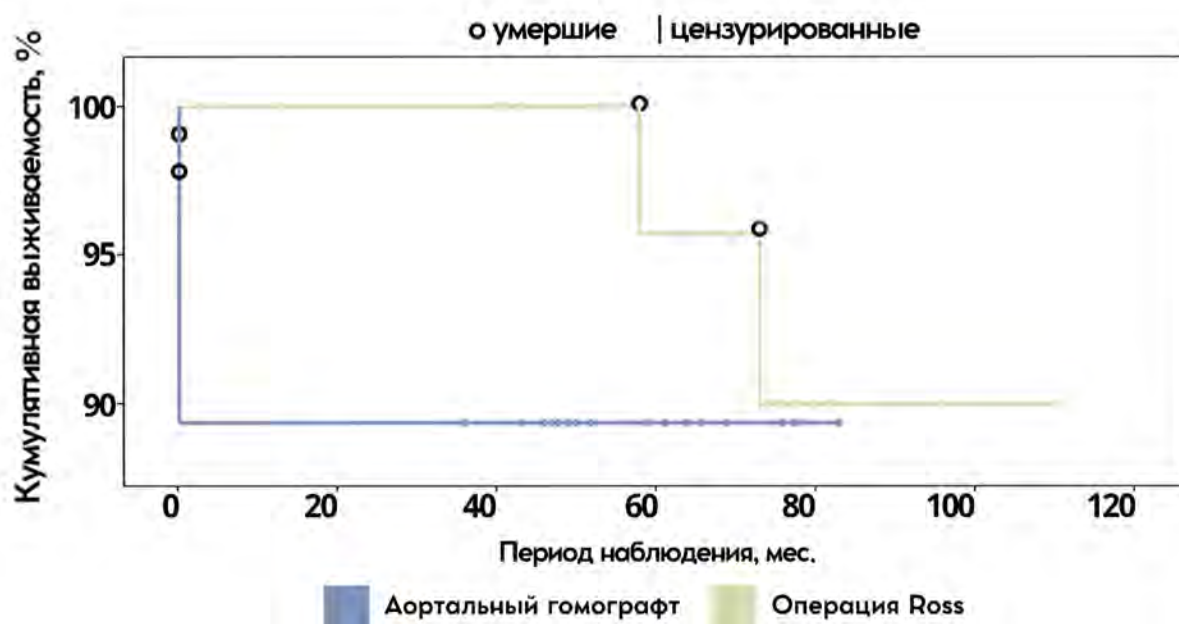


Рис. 1. Кривые выживаемости пациентов в исследуемых группах (метод Каплана – Майера)
Fig. 1. Survival curves of patients in the study groups (Kaplan – Meier method)

Таблица 3. Эхокардиографические параметры на аортальном клапане перед выпиской и в отдаленном периоде у пациентов после различных типов хирургической коррекции

Table 3. Echocardiographic parameters of the aortic valve at discharge and during long-term follow-up in patients after different types of surgical correction

Параметры	I группа (аортальный гомографт)		II группа (операция Ross)	
	Перед выпиской, $n = 17$	Отдаленный период, $n = 17$	Перед выпиской, $n = 24$	Отдаленный период, $n = 20$
Максимальная скорость на АК, см/с, $M \pm SD$	118 ± 10	126 ± 11	141 ± 18	146 ± 19
	$p = 0,006$		$p = 0,242$	
Пиковый градиент на АК, мм рт. ст., $M \pm SD$	$7,9 \pm 3,3$	$8,8 \pm 3,3$	$8,1 \pm 2,0$	$8,8 \pm 2,1$
	$p = 0,277$		$p = 0,144$	
Средний градиент на АК, мм рт. ст., $M \pm SD$	$4,1 \pm 1,8$	$4,6 \pm 1,9$	$4,7 \pm 1,2$	$5,2 \pm 1,3$
	$p = 0,282$		$p = 0,090$	

Аналогичный анализ пациентов после операции Ross показал, что у подгруппы с прогрессированием дисфункции легочного аутографта ($n = 6$) чаще встречались хроническая болезнь почек (33,3%; $p = 0,026$), трикуспидальная недостаточность ≥ 2 -й степени (83,3%; $p = 0,044$), атеросклеротические поражения сосудов $\geq 50\%$ (33,3%; $p = 0,026$), предшествующие операции на сердце (33,3%; $p = 0,026$), а также меньшая масса тела ($71,5 \pm 4,9$ против $83,8 \pm 14,2$ кг; $p = 0,013$) и ППТ ($1,85 \pm 0,03$ против $2,02 \pm 0,17$ м²; $p = 0,005$).

На основании этих данных предложен алгоритм выбора метода реконструкции корня аорты: имплантация АГ предпочтительна у пациентов старшего возраста, без выраженных сердечно-сосудистых заболеваний, с нормальной ММЛЖ и ожидаемыми допустимыми показателями времени ИМ; операция Росса показана более молодым пациентам при отсутствии тяжелых почечных и тромбоэмболических осложнений, а также при удовлетворительных антропометрических характеристиках. Более подробно алгоритм отображен на рисунке 3.

Обсуждение

В нашем исследовании мы сравнили клинические и отдаленные результаты реконструкции корня аорты с использованием АГ и операции Ross у взрослых пациентов. Основными исходами, которые мы оценивали, были общая выживаемость, частота повторных операций и стабильность функциональных параметров ауто- и гомографтов.

Результаты показали, что общая отдаленная выживаемость в обеих группах была высокой: 90,9% при среднем сроке наблюдения $58,2 \pm 13,9$ мес. для АГ и $74,9 \pm 11,3$ мес. – для операции Ross. Эти показатели сопоставимы с данными крупных международных серий. Так, исследования операции Ross сообщают о 10-летней выживаемости 92–95% и 15-летней – около 88–91% при сопоставимом наблюдении пациентов [5], а крупные многоцентровые серии подтверждают, что 25-летняя выживаемость после операции Ross может достигать 83% при условии выполнения процедуры в специализированных центрах [6].

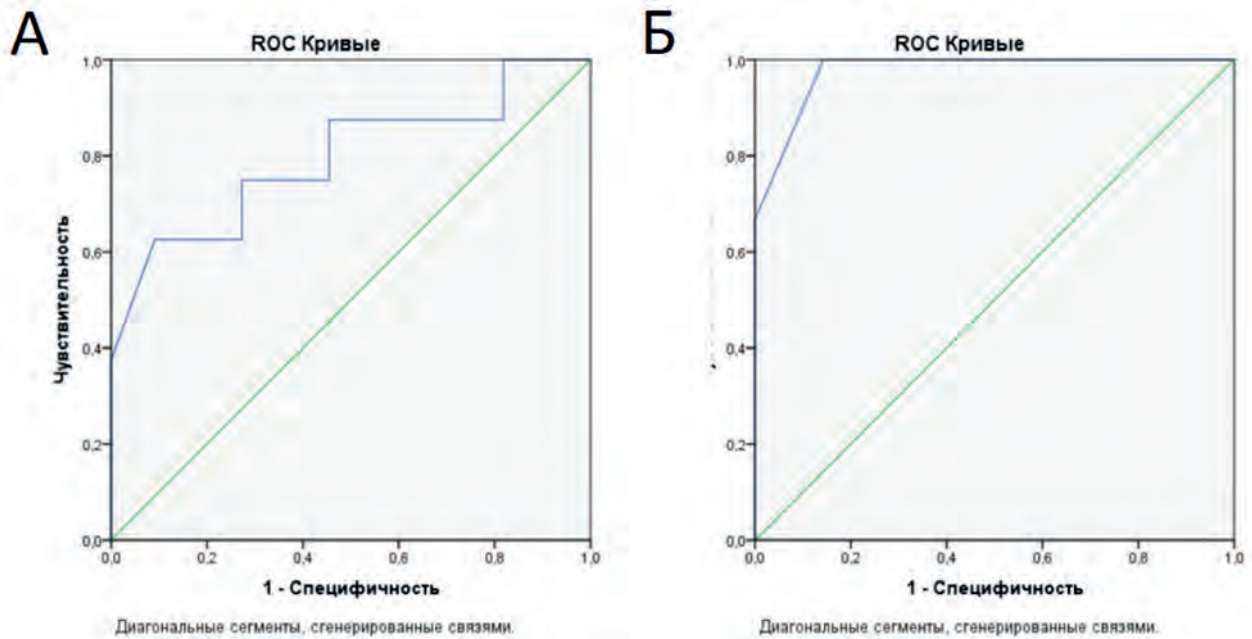


Рис. 2. А – ROC-кривая прогностической значимости возраста в отношении риска дисфункции аортальных гомографтов (AUC = 0,795); Б – ROC-кривая прогностической значимости возраста в отношении риска дисфункции легочных аутографтов (AUC = 0,976)
Fig. 2. A – ROC curve demonstrating the prognostic value of age for the risk of aortic homograft dysfunction (AUC = 0.795); Б – ROC curve demonstrating the prognostic value of age for the risk of pulmonary homograft dysfunction (AUC = 0.976)

Результаты нашего исследования

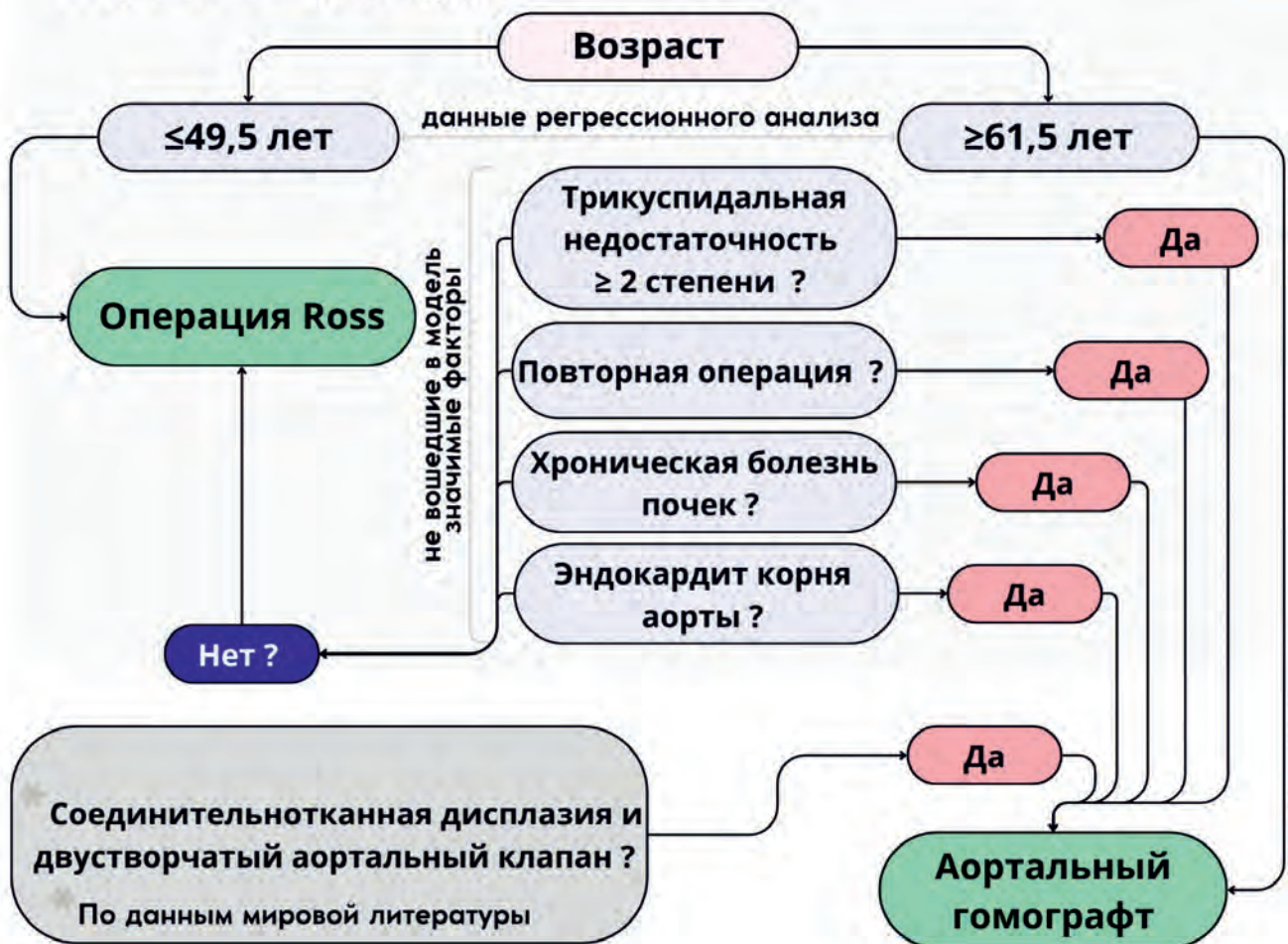


Рис. 3. Клинический алгоритм выбора между операцией Ross и имплантацией аортального гомографта
Fig. 3. Clinical algorithm for selecting between the Ross procedure and aortic homograft

Что касается АГ, международные исследования также демонстрируют высокую долгосрочную выживаемость, особенно у пациентов с инфекционным эндокардитом, где гомографты сохраняют устойчивость к реинфекции [7]. В нашей когортной выборке повторные операции проводились только у пациентов после операции Ross, что отражает известную особенность этой методики: несмотря на отличные показатели выживаемости, у части пациентов возможна дилатация аутографта или регургитация, требующая вмешательства. Международные данные подтверждают частоту реопераций после операции Ross в диапазоне 5–15% к 10–15 годам наблюдения [8].

Эхокардиографический анализ показал, что функциональные параметры АК оставались стабильными в отдаленном периоде для обеих групп. Максимальная скорость через клапан и трансклапанные градиенты не имели клинически значимого ухудшения, что подтверждает долгосрочную гемодинамическую эффективность как АГ, так и аутографтов Ross.

Регрессионный анализ выявил возраст как единственный независимый предиктор прогрессирования дисфункции трансплантатов: у пациентов с АГ более молодой возраст (< 61,5 года) был связан с повышенным риском неблагоприятного исхода, тогда как после операции Ross риск дисфункции аутографта возрастал у пациентов старше 49,5 года. Эти данные подчеркивают необходимость индивидуального подхода при выборе метода реконструкции корня аорты.

Выводы нашего исследования согласуются с международной практикой: операция Ross обеспечивает высокие показатели выживаемости, близкие к общей популяции, особенно у молодых пациентов при правильном подборе и высокой хирургической экспертизе [6]. АГ, в свою очередь, представляют безопасный и эффективный вариант для пациентов старшего возраста или с инфекционным эндокардитом, демонстрируя хорошую устойчивость к реинфекции и стабильные долгосрочные результаты [9, 10].

При этом наблюдается, что молодые пациенты с имплантацией АГ имеют более высокий риск структурной деградации трансплантата по сравнению с операцией Ross, что совпадает с данными литературы об ограниченной долговечности гомографтов у этой группы [9]. Таким образом, выбор метода реконструкции корня аорты должен учитывать возраст пациента, сопутствующую сердечно-сосудистую патологию и анатомические параметры, обеспечивая индивидуализированный подход для оптимальных клинических исходов.

Основным ограничением нашего исследования является ретроспективный дизайн и ограниченный объем выборки, что характерно для одноцентровых исследований в области реконструкции корня аорты. Несмотря на это, наши данные, наряду с мировыми публикациями, подтверждают, что как операция Ross, так и имплантация АГ являются безопасными и эффективными стратегиями реконструкции корня аорты при правильном отборе пациентов и опыте хирургической команды.

Заключение

Операция Ross и имплантация АГ обеспечивают высокую выживаемость и стабильные гемодинамические результаты в среднеотдаленные сроки при реконструкции корня аорты. Возраст пациента является ключевым фактором выбора хирургической тактики: АГ предпочти-

тельны для пациентов старшего возраста, тогда как операция Ross демонстрирует наилучшие результаты у более молодых больных при тщательном отборе и высокой хирургической экспертизе.

Литература / References

1. Chung J.C.Y. Pathology and pathophysiology of the aortic root. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2023;12(3):159–167. <https://doi.org/10.21037/acs-2023-avs1-17>
2. Chauvette V., Lefebvre L., Chamberland M.É. et al. Contemporary Review of the Ross Procedure. *Structural Heart.* 2021;5(1):11–23. <https://doi.org/10.1080/24748706.2020.1838016>
3. Karageorgos V., Koliopoulou A., Smyrli A. et al. Aortic Homografts in Surgical Management of Prosthetic Valve Endocarditis: A Case Series from Greece. *Am. J. Case Rep.* 2024;25:e945030. <https://doi.org/10.12659/AJCR.945030>
4. Nappi F., Spadaccio C., Acar C. Use of allogeneic tissue to treat infective valvular disease: Has everything been said? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2017;153(4):824–828. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.09.071>
5. Romeo J.L.R., Papageorgiou G., da Costa F.F.D. et al. Long-term Clinical and Echocardiographic Outcomes in Young and Middle-aged Adults Undergoing the Ross Procedure. *JAMA Cardiol.* 2021;6(5):539–548. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.7434>
6. Notenboom M.L., Melina G., Veen K.M. et al. Long-Term Clinical and Echocardiographic Outcomes Following the Ross Procedure: A Post Hoc Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol.* 2024;9(1):6–14. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2023.4090>
7. Solari S., Mastrobuoni S., De Kerchove L. et al. Over 20 years experience with aortic homograft in aortic valve replacement during acute infective endocarditis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;50(6):1158–1164. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezw175>
8. Richardt D., Hemmer W., Moritz A. et al. Age-related reoperation rate after the Ross procedure: a report from the German Ross Registry. *J. Heart Valve Dis.* 2015;24(2):220–227. PMID: 26204690
9. Yazdchi F., Harloff M., Hirji S. et al. Long-term Outcomes of Aortic Valve Replacement with Aortic Homograft: 27 Years Experience. *Ann. Thorac. Surg.* 2021;112(6):1929–1938. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.12.030>
10. Kim J.B., Ejiofor J.I., Yamine M. et al. Are homografts superior to conventional prosthetic valves in the setting of infective endocarditis involving the aortic valve? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2016;151(5):1239–1248.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.12.061>

Информация о вкладе авторов

Комаров Р.Н. – концепция и дизайн работы, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Ткачев М.И. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Цуренкова К.Е. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Бабаева Г.М. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Комарова К.Д. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Бакиров Р.И. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Механтьев Р.В. – концепция и дизайн работы, сбор и анализ данных, написание статьи, исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Комаров Роман Николаевич, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии, Институт профессионального образования, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: rnkomarov@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3904-6415>.

Ткачев Максим Игоревич, канд. мед. наук, доцент, кафедра сердечно-сосудистой хирургии, Институт профессионального образования, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: maximtkachev1997@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-2252-7773>.

Цуренкова Катерина Евгеньевна, студент 6-го курса, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: boring_same_as_you@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0006-9518-0375>.

Бабаева Гюльсара Мурадовна, студент 6-го курса, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: babaeva.g2016@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-8293-6971>.

Комарова Ксения Дмитриевна, студент 6-го курса, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: kronchonok@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0007-7960-4438>.

Бакиров Ринат Ильдарович, студент 6-го курса, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: brinatik12345@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-4753-1186>.

Механтьев Рэм Валерьевич, студент 6-го курса, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: wordrem@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0006-4542-1388>.

Поступила 10.02.2026;
рецензия получена 16.02.2026;
принята к публикации 01.04.2026.

Information on author contributions

Komarov R.N. – study concept and design, article writing, article editing, approving the final version of the article; Tkachev M.I. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article; Tsurenkova K.E. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article; Babayeva G.M. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article; Komarova K.D. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article; Bakirov R.I. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article; Mekhantsev R.V. – study concept and design, data collection and analysis, article writing, article editing, approving the final version of the article.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Roman N. Komarov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Institute of Professional Education of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: rnkomarov@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3904-6415>.

Maksim I. Tkachev, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Cardiovascular Surgery, Institute of Professional Education of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: maximtkachev1997@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-2252-7773>.

Katerina E. Tsurenkova, 6th-year student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: boring_same_as_you@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0006-9518-0375>.

Gulsara M. Babayeva, 6th-year student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: babaeva.g2016@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-8293-6971>.

Ksenia D. Komarova, 6th-year student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: kronchonok@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0007-7960-4438>.

Rinat I. Bakirov, 6th-year student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: brinatik12345@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0002-4753-1186>.

Rem V. Mekhantsev, 6th-year student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: wordrem@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0006-4542-1388>.

Received 10.02.2026;
review received 16.02.2026;
accepted for publication 01.04.2026.