

УДК 616.133.26-089.161.1:616.13-089

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-1-80-92>

# КОРОНАРОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ ВНУТРЕННЕЙ ГРУДНОЙ АРТЕРИИ В ОТДАЛЁННОМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

ФРОЛОВ А.В.<sup>1\*</sup>, ЗАГОРОДНИКОВ Н.И.<sup>2</sup>, ТАРАСОВ Р.С.<sup>1</sup>, ГРИГОРЬЕВ Е.В.<sup>1</sup>, ИВАНОВ С.В.<sup>1</sup>, БАРБАРАШ Л.С.<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», г. Кемерово, Россия<sup>2</sup>ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», г. Кемерово, Россия

## Резюме

**Цель.** Оценить коронаропротективную роль внутренней грудной артерии (ВГА) в морфофункциональной системе (МФС) «конduit-артерия» после коронарного шунтирования (КШ).

**Материал и методы.** Методом простого визуального анализа и применения шкал Gensini score и SYNTAX score оценены 102 ангиограммы, полученные в отдалённом послеоперационном периоде в ходе проведения коронарной ангиошунтографии (КАШГ) больным, подвергшимся ранее прямой реваскуляризации миокарда в виде КШ по поводу ишемической болезни сердца (ИБС). Определена роль ВГА и большой подкожной вены (БПВ) в способности оказывать коронаропротективное воздействие на шунтируемые коронарные артерии (КА) в МФС «конduit-артерия».

**Результаты.** При сравнительном анализе степени атеросклеротического поражения шунтированных ветвей тупого края (ВТК) по шкале Gensini score было выявлено, что оно менее выражено в группе, где в качестве шунтов применялась ВГА вместо БПВ (4 [0; 17] против 32 [2; 32],  $p < 0,05$ ). Прирост в процентном соотношении относительно изначальной степени по-

ражения составил для континуумов ВГА-ВТК – 21,05%, а БПВ-ВТК – 102,87%, соответственно. При оценке динамики нарастания поражения до и после операции в бассейне ВТК установлено, что он не различался для зависимых групп в случае использования ВГА и был достоверно выше после шунтирования ВТК БПВ (ВТК (БиМКШ) против ВГА-ВТК (БиМКШ),  $p = 0,125$  / ВТК (АКШ) против БПВ-ВТК (АКШ),  $p = 0,0002$ ).

**Выводы.** Доказано, что ВГА редуцирует прогрессирование атеросклероза в шунтируемых КА по сравнению с БПВ и обладает значительным защитным эффектом, способным, вероятно, объяснять лучшие клинические результаты аутоартериального КШ.

**Ключевые слова:** внутренняя грудная артерия, протективный эффект, атеросклероз, морфофункциональная система «конduit-артерия», коронарное шунтирование.

## Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Источник финансирования

Собственные средства.

## Для цитирования:

Фролов А.В., Загородников Н.И., Тарасов Р.С., Григорьев Е.В., Иванов С.В., Барбараш Л.С. Коронаропротективный эффект внутренней грудной артерии в отдалённом послеоперационном периоде после коронарного шунтирования. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2023;8(1): 80-92. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-1-80-92>

## \*Корреспонденцию адресовать:

Фролов Алексей Витальевич, 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6, E-mail: kjerne@yandex.ru

© Фролов А.В. и др.

## ORIGINAL RESEARCH

# USE OF INTERNAL THORACIC ARTERY AS A CONDUIT PROTECTS CORONARY ARTERY IN THE LONG-TERM PERIOD AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT SURGERY

ALEXEY V. FROLOV<sup>1</sup>\*, NIKITA I. ZAGORODNIKOV<sup>2</sup>, ROMAN S. TARASOV<sup>1</sup>, EVGENY V. GRIGORIEV<sup>1</sup>,  
SERGEY V. IVANOV<sup>1</sup>, LEONID S. BARBARASH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

<sup>2</sup>Kuzbass Clinical Cardiological Dispensary, Kemerovo, Russian Federation

## Abstract

**Aim.** To assess whether the internal thoracic artery (ITA) is able to protect coronary artery (CA) after coronary artery bypass graft (CABG) surgery.

**Material and Methods.** Having performed coronary angiography in the long term after CABG surgery, we evaluated 102 angiograms by visual analysis and using Gensini score and SYNTAX score. Using these parameters, we investigated the association of internal thoracic artery and saphenous vein grafts with anatomy and pathology of the coronary artery.

**Results.** Calculation of Gensini score revealed that use of ITA grafts was associated with mild coronary atherosclerosis [4 (0; 17)] as compared with SV

grafts [32 (2 ; 32)]. Relative increase of atherosclerotic burden in the coronary artery was 21.05% for the ITA grafts and 102.87% for the SV grafts. Lesion growth rate was significantly higher after using SV grafts than in case with ITA grafts ( $p = 0.0002$ )

**Conclusion.** ITA grafts reduce progression of atherosclerosis in bypassed coronary arteries in comparison with SV grafts.

**Keywords:** internal thoracic artery, saphenous vein, protective effect, atherosclerosis, coronary artery bypass graft surgery.

### Conflict of Interest

None declared.

### Funding

There was no funding for this project.

◀ English

### For citation:

Alexey V. Frolov, Nikita I. Zagorodnikov, Roman S. Tarasov, Evgeny V. Grigoriev, Sergey V. Ivanov, Leonid S. Barbarash. Use of internal thoracic artery as a conduit protects coronary artery in the long-term period after coronary artery bypass graft surgery. *Fundamental and Clinical Medicine*. (In Russ.). 2023;8(1): 80-92. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-1-80-92>

### \*Corresponding author:

Dr. Alexey V. Frolov, 6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation, E-mail: [kjerne@yandex.ru](mailto:kjerne@yandex.ru)

© Alexey V. Frolov, et al.

## Введение

На сегодняшний день в ходе проведения коронарного шунтирования (КШ) применяются два вида аутологических кондуитов – артериальные (ВГА, лучевая артерия (ЛА), правая желудочно-сальниковая артерия) и венозные (БПВ, малая подкожная вена, вены предплечья). Последние в общем объеме используются значительно чаще за счёт своей большей доступности и одновременной простоты манипуляции в процессе шунтирующей процедуры [1]. Однако, как показывают многочисленные исследования, венозные кондуиты склонны к дисфункции, и их отдалённая проходимость достоверно

ниже, чем артериальных [2, 3, 4]. Кроме этого, венозные кондуиты по сравнению с артериальными имеют менее выраженную продуцирующую способность разного рода вазотропных веществ, которые потенциально предотвращают прогрессирование атеросклеротического процесса как в самих кондуитах, так и в шунтируемых ими коронарных артериях (КА). Вместе с тем детальное и сравнительное изучение морфологии, физиологии и биохимии ВГА показало, что её эндотелиальные клетки гораздо активнее выделяют такие вещества, как оксид азота (NO), простаглицлин (простагландин I<sub>2</sub>), эндотелий-зависимый гиперполяризующий

фактор (Endothelium-Derived Hyperpolarizing Factor, EDHF), участвующие в защите сосудистой стенки благодаря вазодилатирующему и антиатерогенному свойствам [5, 6].

Любой конduit, используемый в ходе КШ, тотчас после наложения анастомоза становится шунтом и, находясь в едином континууме с КА, согласно недавно предложенной концепции морфофункциональной системы (МФС) «конduit-артерия», представляет собой единый взаимозависимый, сформированный хирургическим путём синергичный комплекс. Последний морфологически состоит из «сосуда-донора» и «сосуда-реципиента», которые взаимно оказывают влияние друг на друга [7]. В случае КШ возможны два сценария такой МФС: вено-артериальный и артерио-артериальный континуумы. Последний представляется более естественным, так как артериальным шунтам не требуется глобальной адаптации к своему же артериальному кровотоку, а в случае с венозными происходят их существенные изменения [8].

Возможно, что указанные защитные свойства и высокое сродство между «сосудом-донором» и «сосудом-реципиентом» способны объяснить, почему отдалённые клинические результаты после КШ с преимущественным использованием артериальных кондуитов, а особенно ВГА в варианте *in situ*, лучше, чем в случае шунтирования, где преобладали венозные. Некоторые исследования указывают на такую корреляцию [9], а также демонстрируют морфологические изменения в коронарном русле и системе микроциркуляции сердца после аутоартериального шунтирования, подтверждая феномен ангиопротективного эффекта [10, 11, 12]. Вместе с тем работ, посвящён-

ных такому влиянию, очень мало, что требует дальнейшего изучения прогрессирования нативного атеросклероза (АС) после КШ, чему и посвящено настоящее исследование.

## Цель исследования

Оценить коронаропротективную роль ВГА в МФС «конduit-артерия» после КШ.

## Материалы и методы

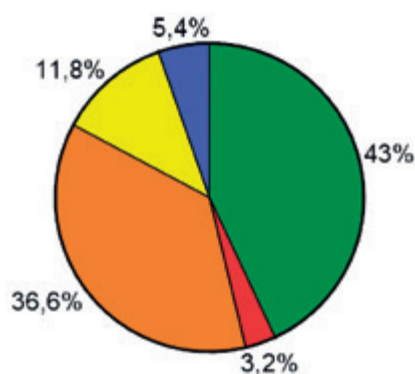
В исследовании были проанализированы все доступные для изучения ангиограммы ( $n = 102$ ), полученные в отдалённом послеоперационном периоде в ходе проведения КШГ больным, подвергшимся ранее прямой реваскуляризации миокарда в виде КШ по поводу ИБС в 2004–2006 годах. В зависимости от типа исходного хирургического вмешательства ангиограммы были разделены на группу, включившую 49 (48%) КШГ от пациентов после бимаммарного КШ (БиМКШ), то есть КШ с изолированным использованием обеих ВГА либо их сочетанием с другими кондуитами в виде фрагментов БПВ и/или ЛА, и группу, включившую 53 (52%) КШГ после стандартного аорто-коронарного шунтирования (АКШ), когда шунтирование выполнялось с применением только одной ВГА, а также в сочетании с аутовеной или аутоартерией. Средний период времени с момента операции до проведённой КШГ составил  $10,2 \pm 2,99$  (от 4 до 17) лет, а средний возраст пациентов, которым проводили КШГ, –  $53,5 \pm 6,48$  (от 37 до 69) лет соответственно. Общее количество изучаемых шунтов и анастомозов составило 323, средний индекс реваскуляризации (ИР) КШ, то есть количество дистальных анастомозов между кондуитом и КА – 3 [3; 4], при этом нормально функционирующие шунты составили 230 (71,2%), а количество дисфункций шунтов, включая их стеноз и окклюзию, – 93 (28,8%) соответственно. Причинами дисфункций в 40 (43%) случаях явилось плохое дистальное коронарное русло, в 3 (3,2%) – прогрессирование АС, в 34 (36,6%) – конкурентный кровоток, в 11 (11,8%) – дегенерация шунта, в 5 (5,4%) – причина не установлена (рисунок 1).

Исходное количество основных изучаемых поражённых сегментов КА – 366, из них поражение ствола левой КА (стЛКА) составило 17 (4,6%), передней нисходящей артерии (ПНА) – 98 (26,8%), диагональной ветви (ДВ) – 38 (10,4%), огибающей артерии (ОА) – 55 (15%), ветви тупого края (ВТК) – 67 (18,3%), правой коронарной артерии

**Рисунок 1.**  
Дисфункция шунтов в зависимости от причин.

**Figure 1.**  
Causes of graft failure.

Примечания: АС – атеросклероз.



- Плохое дистальное русло - 40 (43%)
- Прогрессирование АС - 3 (3,2%)
- Конкурентный кровоток - 34 (36,6%)
- Дегенерация шунта - 11 (11,8%)
- Причина не установлена - 5 (5,4%)

Дисфункции шунтов = 93

(ПКА) – 91 (24,9%) (рисунок 2).

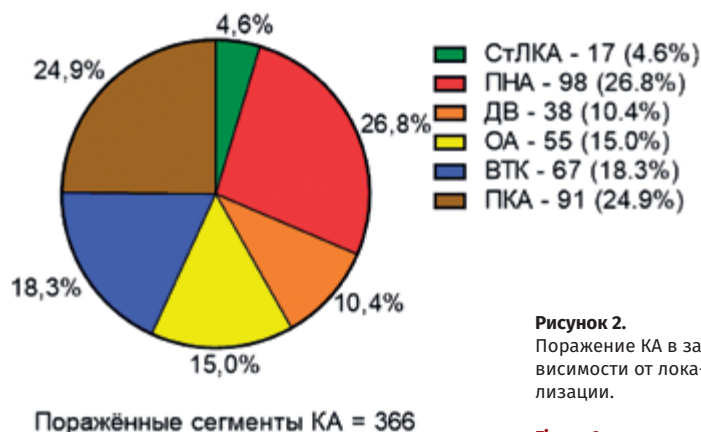
В ходе исследования был использован простой визуальный анализ коронарных ангиограмм, учитывающий описание качественных и количественных изменений КА, а также применены такие шкалы, как SYNTAX score (Synergy between percutaneous coronary intervention with Taxus and cardiac surgery) [13] и Gensini score [14].

Шкала SYNTAX представляет собой систему балльной оценки, используемой для распределения пациентов по степени поражения в зависимости от количества и локализации стеноза КА с учётом наличия изменений ствола левой КА (стЛКА), наличия трёхсосудистого поражения, особенностей бифуркационного поражения, наличия тотальной окклюзии КА и тромбоза, их извитости и оценкой кальцификации стенок КА. Градация шкалы SYNTAX предполагает 4 группы: нормальные КА – 0 баллов, незначительное поражение – 1–22 балла, поражение средней степени – 23–32 балла, тяжёлое поражение КА – более 32 баллов. В ходе анализа оценивались артерии более 1,5 мм в диаметре при их поражении более 50%. При подсчёте баллов по шкале SYNTAX был использован специальный компьютерный калькулятор, учитывающий вышеуказанные параметры, вычисляющий степень поражения КА в баллах.

Шкала Gensini учитывает степень стенозирования всех КА, включая ветви 1 и 2 порядков, от 25 до 100% степени стеноза, совокупность множественного поражения КА, локализацию сегмента в 15 сегментах. Сужению просвета КА присваиваются баллы от 1 до 32, полученное значение умножается на коэффициент от 0,5 до 5,0 в зависимости от локализации стеноза КА. Полученные значения суммируются путём простого сложения, а результат выражается также в баллах.

Кроме этого, были дополнительно оценены встречаемость факторов риска (ФР) и прогрессирования АС, его мультифокальность, как степень агрессивности и распространённости процесса, а также интраоперационные параметры, способные влиять на состоятельность коронарных шунтов в отдалённом периоде.

Формирование базы данных проводилось в Microsoft Excel 2016 (Microsoft). Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием пакета статистических программ Statistica версии 10.0.1011.0 (StatSoft)



**Рисунок 2.**  
Поражение КА в зависимости от локализации.

**Figure 2.**  
Localisation of coronary artery lesions.

Примечания: СтЛКА – ствол левой коронарной артерии, ПНА – передняя нисходящая артерия, ДВ – диагональная ветвь, ОА – огибающая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ПКА – правая коронарная артерия.

и GraphPad Prism версии 8.0.2 (GraphPad Software). Количественные данные проверяли на нормальность распределения с использованием одновыборочного критерия типа Колмогорова-Смирнова. В случае если при его расчёте  $p \leq 0,05$ , то гипотеза о нормальности распределения отвергалась. Для выявления статистических различий нормально распределённых данных двух независимых выборок применяли параметрическую статистику в виде t-критерия Student. В случае распределения отличного от нормального для выявления статистических различий двух независимых выборок использовали непараметрическую статистику в виде U-критерия Mann-Whitney, а в случае пограничного значения  $p$  анализ дополняли применением двухвыборочного критерия типа Колмогорова-Смирнова, при сравнении двух зависимых выборок применялся t-критерий знаковых рангов Wilcoxon. Для анализа различий качественных (бинарных) данных использовали  $\chi^2$  критерий согласия Pearson с поправкой Yates, а в случае значений в четырёхпольной таблице 10 и менее – точный тест Fisher. Количественные данные представляли в формате  $M \pm SD$ , где  $M$  (mean) – среднее значение (степенная средняя величина),  $SD$  (standard deviation) – стандартное отклонение, а также  $Me$  [25%, 75%] в случае распределения, отличного от нормального, где  $Me$  (median) – медиана (структурная средняя величина), [25%; 75%] – межквартильный размах (квартиль  $Q_1$  = 25 процентиль и квартиль  $Q_3$  = 75 процентиль), для качественных (бинарных) – в виде процентного отношения  $n$  (%).

Вероятность ошибки первого рода принималась за 5 %. Различия между группами признавались статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

## Результаты

В ходе анализа различных показателей, связанных с АС, были изучены предоперационные ФР, влияющие на возможное прогрессирование патологического процесса в КА после операции КИШ. Установлено, что отягощённая на-

следственность и АГ встречались чаще в первой (21 (42,86%) против 2 (3,77%),  $p < 0,05$ ); 49 (100%) против 47 (88,68%),  $p < 0,05$ ), однако дислипидемия, при пограничном значении  $p$ , преобладала во второй (15 (28,3%) против 6 (12,24%),  $p = 0,05$ ) (таблица 1).

Мультифокальность АС как степень агрессивности и распространённости процесса, предполагающая вовлечение не только коронарного, но и других артериальных бассейнов, встречалась с равной частотой в группах (таблица 2).

**Таблица 1.**  
ФР развития и прогрессирования атеросклероза пациентов в обеих группах.

**Table 1.**  
Risk factors for the development and progression of atherosclerosis in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

Показатели <i>Parameters</i>	БимКШ группа, BITA grafting <i>n</i> = 49 (48%)	АКШ группа, SITA grafting <i>n</i> = 53 (52%)	<i>p</i>
Мужской пол, <i>n</i> (%) <i>Male gender, n (%)</i>	46 (93,88)	51 (96,23)	0,669
Отягощённая наследственность, <i>n</i> (%) <i>Family history of early coronary artery disease, n (%)</i>	21 (42,86)	2 (3,77)	0,000
АГ, <i>n</i> (%) <i>Arterial hypertension, n (%)</i>	49 (100)	47 (88,68)	0,027
СД, <i>n</i> (%) <i>Diabetes mellitus, n (%)</i>	5 (10,2)	6 (11,32)	0,999
Избыточная масса тела, <i>n</i> (%) <i>Overweight or obesity, n (%)</i>	37 (75,51)	35 (66,04)	0,405
Индекс массы тела <i>Body mass index</i>	27,94±3,08	28,28±3,87	0,629
Курение, <i>n</i> (%) <i>Smoking, n (%)</i>	15 (30,61)	12 (22,64)	0,492
Дислипидемия, <i>n</i> (%) <i>Dyslipidaemia, n (%)</i>	6 (12,24)	15 (28,3)	0,052

Примечания: БимКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, АГ – артериальная гипертензия, СД – сахарный диабет.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting, AH – arterial hypertension, DM – diabetes mellitus.

**Таблица 2.**  
Мультифокальность атеросклероза в обеих группах.

**Table 2.**  
Amount of atherosclerotic burden in different arteries in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

Распространённость атеросклеротического поражения <i>Amount of atherosclerotic burden</i>	БимКШ группа, BITA grafting <i>n</i> = 49 (48%)	АКШ группа, SITA grafting <i>n</i> = 53 (52%)	<i>p</i>
Поражение БЦА, <i>n</i> (%) <i>Extracranial arteries, n (%)</i>	16 (32,65)	20 (37,74)	0,741
Поражение АНК, <i>n</i> (%) <i>Lower extremity arteries, n (%)</i>	1 (2,04)	4 (7,55)	0,364
Поражение ПА, <i>n</i> (%) <i>Renal arteries, n (%)</i>	1 (2,04)	0	0,480
Всего некоронарные поражения артерий, <i>n</i> (%) <i>Total extracoronary atherosclerosis, n (%)</i>	18 (36,73)	24 (45,28)	0,499
Комбинация поражения двух артериальных бассейнов, <i>n</i> (%) <i>2 vascular beds, n (%)</i>	16 (32,65)	18 (33,96)	0,944
Комбинация поражения трёх артериальных бассейнов, <i>n</i> (%) <i>3 vascular beds, n (%)</i>	1 (2,04)	3 (5,66)	0,618

Примечания: БЦА – брахиоцефальные артерии, АНК – артерии нижних конечностей, ПА – почечные артерии.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting.



Сравнение по некоторым интраоперационным показателям, способным влиять на МФС «конduit-артерия» как со стороны шунта, так и КА в отдалённом периоде, продемонстрировало, что выделение ЛВГА методом «скелетизации» достоверно чаще наблюдалось в первой группе (20 (40,82%) против 8 (15,09%),

$p < 0,05$ ), в то время как выделение ЛВГА «на лоскуте» (29 (59,18%) против 45 (84,91%),  $p < 0,05$ ) – во второй, соответственно. Кроме этого, во второй группе также отмечалось преобладание частоты использования Y-образного графта (18 (33,96%) против 6 (12,24%),  $p < 0,05$ ) (таблица 3).

Показатели <i>Parameters</i>	БиМКШ группа, <i>BITA grafting</i> <i>n = 49 (48%)</i>	АКШ группа, <i>SITA grafting</i> <i>n = 53 (52%)</i>	<i>p</i>
On-pump surgery, n (%)	42 (88,71)	51 (96,23)	0,083
Off-pump surgery, n (%)	7 (14,29)	2 (3,77)	0,083
Время ИК, мин, Ме [25%; 75%] <i>Cardiopulmonary bypass time, min, Me [25%; 75%]</i>	104 [85; 121]	102 [85,25;120]	0,942
Время пережатия аорты, мин, Ме [25%; 75%] <i>Aortic cross-clamp time, min, Me [25%; 75%]</i>	71 [58; 83,5]	71,5 [57; 81,5]	0,920
Количество кардиоплегий, n, Ме [25%; 75%] <i>Number of cardioplegias, n, Me [25%; 75%]</i>	2 [2; 3]	2 [2; 3]	0,699
Выделение ЛВГА методом «скелетизации», n (%) <i>Skeletonised harvesting, n (%)</i>	20 (40,82)	8 (15,09)	0,004
Выделение ЛВГА методом «на лоскуте», n (%) <i>Pedicle harvesting, n (%)</i>	29 (59,18)	45 (84,91)	0,004
Y-образный графт, n (%) <i>Y-shaped graft, n (%)</i>	6 (12,24)	18 (33,96)	0,011
Секвенциальный анастомоз, n (%) <i>Sequential anastomosis, n (%)</i>	0	3 (5,66)	0,243
Коррекция аневризмы ЛЖ, n (%) <i>Correction of left ventricle aneurysm, n (%)</i>	2 (4,08)	4 (7,55)	0,679
Коррекция поражений клапанов сердца, n (%) <i>Correction of valvular lesions, n (%)</i>	0	1 (1,89)	0,999
Кровопотеря, мл, Ме [25%; 75%] <i>Blood loss, ml, Me [25%; 75%]</i>	500 [500; 700]	500 [500; 700]	0,943
Индекс реваскуляризации, n, Ме [25%; 75%] <i>Revascularisation index, n, Me [25%; 75%]</i>	3 [3; 4]	3 [3; 3]	0,183

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, ИК – искусственное кровообращение, ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия, ЛЖ – левый желудочек.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting.

Оценка частоты встречаемости поражения КА по данным предоперационных коронарных ангиограмм показала, что она была сопоставима в группах (таблица 4).

Однако при оценке степени поражения КА по шкале Gensini score оказалось, что в предоперационном периоде она была выше в бассейнах ПНА и ДВ в первой группе (18 [6; 37] против 6 [2,75; 20],  $p < 0,05$ ; 12 [4; 16] против 4 [2; 8],  $p < 0,05$ ) (таблица 5).

Оценка степени поражения КА по шкале Gensini score в ходе проведения КШГ в послеоперационном периоде также показала отсут-

ствие достоверных различий в группах, несмотря на закономерный прирост с истечением времени во всех бассейнах и вне зависимости от хирургической методики (таблица 6).

При этом частота встречаемости дисфункций шунтов в зависимости от причин была различна. Так, дисфункция по причине плохого дистального русла достоверно чаще встречалась во второй группе (27 (58,7%) против 13 (27,66%),  $p < 0,05$ ), а дисфункция вследствие конкурентного кровотока – в первой (25 (53,19%) против 9 (19,57%),  $p < 0,05$ ) (таблица 7).

**Таблица 3.**  
Интраоперационные показатели в обеих группах.

**Table 3.**  
Intraoperative parameters in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

**Таблица 4.**  
Мультифокальность  
атеросклероза в  
обеих группах.

**Table 4.**  
Amount of atherosclerotic burden in different arteries in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

Локализация поражений в коронарных артериях и их сегментах <i>Affected coronary arteries and their segments</i>	БиМКШ группа, BITA grafting n = 49 (48%)	АКШ группа, SITA grafting n = 53 (52%)	p
Ствол левой коронарной артерии, n (%) <i>Left main coronary artery, n (%)</i>	5 (10,2)	12 (22,64)	0,114
Передняя нисходящая артерия, n (%) <i>Left anterior descending artery, n (%)</i>	49 (100)	49 (92,45)	0,118
Диагональная ветвь, n (%) <i>Diagonal branches of the left anterior descending coronary artery, n (%)</i>	23 (46,94)	15 (28,3)	0,081
Огибающая артерия, n (%) <i>Circumflex branch of left coronary artery, n (%)</i>	25 (51,02)	30 (56,6)	0,714
Ветвь тупого края, n (%) <i>Obtuse marginal artery, n (%)</i>	33 (67,34)	34 (64,15)	0,895
Правая коронарная артерия, n (%) <i>Right coronary artery, n (%)</i>	41 (83,67)	50 (94,34)	0,112

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting.

**Таблица 5.**  
Данные подсчёта  
Gensini согласно коронарной ангиографии в предоперационном периоде в обеих группах.

**Table 5.**  
Gensini score calculated according to pre-operative coronary angiography in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

Gensini score до операции <i>Gensini score before the CABG surgery</i>	БиМКШ группа, BITA grafting n = 49 (48%)	АКШ группа, SITA grafting n = 53 (52%)	p
СтЛКА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Left main coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	5 [0; 10]	10 [0; 20]	0,138
ПНА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Left anterior descending artery, scores, Me [25%; 75%]</i>	18 [6; 37]	6 [2,75; 20]	0,000
ДВ до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Diagonal branches of the left anterior descending coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	12 [4; 16]	4 [2; 8]	0,006
ВТК до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Obtuse marginal artery, Me [25%; 75%]</i>	12 [4; 16]	8 [4; 16]	0,576
ОА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Circumflex branch of left coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	5 [2; 20]	5 [0; 19]	0,306
ПКА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Right coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	8 [2; 16]	4 [2; 16]	0,816
Шунтируемые КА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Bypassed coronary arteries, Me [25%; 75%]</i>	72 [40; 98]	63 [40; 93]	0,578
Все КА до операции, Ме [25%; 75%] <i>All coronary arteries, Me [25%; 75%]</i>	72 [43,5; 99,5]	64 [44; 106]	0,884

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, СтЛКА – ствол левой коронарной артерии, ПНА – передняя нисходящая артерия, ДВ – диагональная ветвь, ВТК – ветвь тупого края, ОА – огибающая артерия, ПКА – правая коронарная артерия, КА – коронарная артерия.

Note: BITA – bilateral internal thoracic artery, SITA – single internal thoracic artery, LM – left main coronary artery, LAD – left artery descending, DB – diagonal branch, OM – obtuse marginal branch, Cx – circumflex artery, RCA – right coronary artery, CA – coronary artery.

Gensini score после операции <i>Gensini score after the CABG surgery</i>	БиМКШ группа, <i>BITA grafting</i> <i>n = 49 (48%)</i>	АКШ группа, <i>SITA grafting</i> <i>n = 53 (52%)</i>	p
СтЛКА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Left main coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	15 [10; 23]	10 [10; 20]	0,669
ПНА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Left anterior descending artery, scores, Me [25%; 75%]</i>	48 [15; 48]	32 [10; 48]	0,089
ДВ до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Diagonal branches of the left anterior descending coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	16 [8; 29]	32 [4; 32]	0,594
ВТК до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Obtuse marginal artery, Me [25%; 75%]</i>	16 [8; 32]	30 [4; 32]	0,618
ОА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Circumflex branch of left coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	20 [5; 32]	16 [5; 32]	0,994
ПКА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Right coronary artery, Me [25%; 75%]</i>	16 [4; 32]	16 [4; 32]	0,428
Шунтируемые КА до операции, баллы, Ме [25%; 75%] <i>Bypassed coronary arteries, Me [25%; 75%]</i>	120 [89; 199]	146 [112,5; 194]	0,211
Все КА до операции, Ме [25%; 75%] <i>All coronary arteries, Me [25%; 75%]</i>	144 [95; 200]	164 [118,5; 204,5]	0,148

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, СтЛКА – ствол левой коронарной артерии, ПНА – передняя нисходящая артерия, ДВ – диагональная ветвь, ВТК – ветвь тупого края, ОА – огибающая артерия, ПКА – правая коронарная артерия, КА – коронарная артерия.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting.

Таблица 6.

Данные подсчёта Gensini, согласно коронарной ангиографии в послеоперационном периоде в обеих группах.

Table 6.

Gensini score calculated according to post-operative coronary angiography in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.

Тип дисфункции шунта <i>Type of graft dysfunction</i>	БиМКШ группа, <i>BITA grafting</i> <i>n = 49 (48%)</i>	АКШ группа, <i>SITA grafting</i> <i>n = 53 (52%)</i>	p
Плохое дистальное русло, n (%) <i>Poor distal runoff, n (%)</i>	13 (27,66)	27 (58,7)	0,004
Прогрессирование АС, n, % <i>Atherosclerosis, n (%)</i>	1 (2,13)	2 (4,35)	0,616
Конкурентный кровоток, n (%) <i>Competitive flow, n (%)</i>	25 (53,19)	9 (19,57)	0,001
Дегенерация шунта, n (%) <i>Graft degeneration, n (%)</i>	4 (8,51)	7 (15,22)	0,354
Причина не установлена, n (%) <i>Undefined, n (%)</i>	4 (8,51)	1 (2,17)	0,361

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, АС – атеросклероз.

BITA – bilateral internal thoracic artery grafting, SITA – single internal thoracic artery grafting.

Таблица 7.

Частота встречаемости дисфункций шунтов, по данным КШГ, в обеих группах.

Table 7.

Prevalence of graft dysfunctions detected by coronary angiography in patients who underwent bilateral internal thoracic artery (BITA) or single internal thoracic artery (SITA) grafting.



**Таблица 8.**  
SYNTAX score пациен-  
тов в обеих груп-  
пах.

**Table 8.**  
SYNTAX score in pa-  
tients who underwent  
bilateral internal  
thoracic artery (BI-  
TA) or single internal  
thoracic artery (SITA)  
grafting.

Оценка выраженности АС КА по шкале SYNTAX score в периоперационном периоде (до операции, непосредственно после операции

и в отдалённые сроки после операции) показала, что группы были сопоставимы (**таблица 8, рисунок 3**).

SYNTAX score	БиМКШ группа, BITA grafting n = 49 (48%)	АКШ группа, SITA grafting n = 53 (52%)	p
SYNTAX score исходный, баллы, Me [25%; 75%] Initial SYNTAX score, Me [25%; 75%]	27 [22,5; 34]	28 [21,75; 36,25]	0,439
SYNTAX score резидуальный, баллы, Me [25%; 75%] Residual SYNTAX score, Me [25%; 75%]	2 [2; 3]	2 [2; 4]	0,730
SYNTAX score поздний, баллы, Me [25%; 75%] Long-term SYNTAX score, Me [25%; 75%]	4 [0; 12]	4 [0; 14,75]	0,545

Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование.

Note: BITA – bilateral internal thoracic artery, SITA – single internal thoracic artery.

**Рисунок 3.**  
Оценка АС КА до и  
после операции по  
шкале SYNTAX score в  
обеих группах.

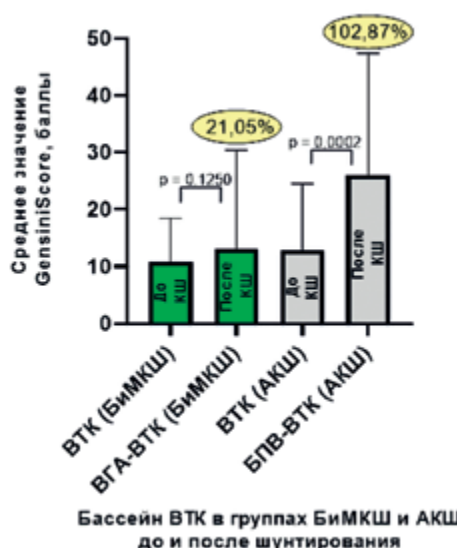
**Figure 3.**  
Assessment of coro-  
nary artery athero-  
sclerosis in patients  
who underwent bilat-  
eral internal thoracic  
artery (BITA) or single  
internal thoracic ar-  
tery (SITA) grafting ac-  
cording to the SYNTAX  
score.



Примечания: БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование, АКШ – аортокоронарное шунтирование, АС – атеросклероз, КА – коронарная артерия.

**Рисунок 4.**  
Прирост атероскле-  
ротического пора-  
жения в системе  
функционирующий  
шунт-ВТК.

**Figure 4.**  
Development of ath-  
erosclerosis in the  
internal thoracic artery  
and saphenous vein  
grafts connected with  
the obtuse marginal  
artery.



Примечания: ВТК – ветвь тупого края, ВГА – внутренняя грудная артерия, БПВ – большая подкожная ветвь, АКШ – аортокоронарное шунтирование, БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование.

Вместе с тем в ходе сравнительного анализа степени атеросклеротического поражения только шунтированных КА по шкале Gensini score одной и той же локализации функционирующими аутоартериальными (ВГА) или аутовенозными (БПВ) кондуитами в МФС «конduit-артерия» установлено, что оно менее выражено в бассейне ВТК в первой группе, где в качестве шунтов применялась ВГА вместо БПВ (4 [0; 17] против 32 [2; 32],  $p < 0,05$ ). При этом прирост в процентном соотношении, относительно изначальной степени поражения, составил для континуумов ВГА-ВТК – 21,05%, а БПВ-ВТК – 102,87% соответственно. При оценке динамики нарастания поражения до и после операции в бассейне ВТК установлено, что он не различался для зависимых групп в случае использования ВГА и был достоверно выше после шунтирования ВТК БПВ (ВТК (БиМКШ) против ВГА-ВТК (БиМКШ),  $p = 0,125$  / ВТК (АКШ) против БПВ-ВТК (АКШ),  $p = 0,0002$ ) (**рисунок 4**).

При анализе континуумов ВГА-ПКА и БПВ-ПКА было установлено, что степень атеросклеротического процесса в ПКА была сопоставима в обеих группах после шунтирования (32 [8; 32] против 32 [32; 32],  $p < 0,411$ ). При этом прирост в процентном соотношении, относительно изначальной степени поражения, составил для континуумов ВГА-ПКА – 92,95%, а БПВ-ПКА – 68,69% соответственно. В ходе оценки динамики нарастания поражения до и после операции в бассейне ПКА установлено, что он не различался для зависимых групп как в случае использования ВГА, так и БПВ, и достоверно нарастал в обеих группах (ПКА (БиМКШ) против ВГА-ПКА

(БиМКШ),  $p < 0,0001$ / ПКА (АКШ) против БПВ-ПКА (АКШ),  $p < 0,0001$ ) (рисунок 5).

Такие КА, как ДВ и ОА были статистически нерепрезентативны и не могли быть объективно оценены в ходе исследования, а поэтому не включались в указанный анализ в силу того, что для критерия Mann-Whitney необходимо не менее 3 значений в каждой из групп, а для Wilcoxon не менее 5. Кроме этого, ПНА также не изучалась по причине того, что абсолютное большинство этих КА шунтировалось ВГА в обеих группах.

## Обсуждение

Многие клинические исследования уже подтвердили эффективность КШ с применением аутоартериальных кондуитов в виде двух ВГА или ЛА по сравнению с аутовенозным [15], однако остаётся открытым вопрос, а что же действительно делает этот вид шунтирования таким эффективным? Среди различных объяснений, в том числе, предлагается особый морфофункциональный статус аутоартерий, которые в МФС «конduit-артерия» проявляют свойства, способные защищать шунтируемые КА от прогрессирования АС, а следовательно, и от дальнейшего ухудшения микроциркуляции миокарда и развития клинических проявлений в виде нарастания степени стенокардии и инфаркта миокарда [9, 10].

В настоящем исследовании было установлено, что анализируемые группы имели некоторые различия как в пред-, так и в интраоперационном периодах. Установлено, что АГ и отягощённая наследственность достоверно чаще встречались в первой группе с использованием двух ВГА, тогда как дислипидемия преобладала во второй, где применялась одна. Данная находка в некотором смысле представляется в равной степени неблагоприятной для обеих групп, однако очевидно, что, несмотря на преобладание ФР в первой группе, последующие результаты анализа демонстрируют в ней более эффективную систему защиты в отношении прогрессирования АС КА.

Также различиями в группах стали метод выделения ЛВГА и применение Y-образного графта как показатели, потенциально способные влиять на МФС «конduit-артерия» как со стороны шунта, так и КА в отдалённом периоде. Было установлено, что выделение ЛВГА методом «скелетизации» преобладало в первой группе, что, вероятно, было связано с мак-

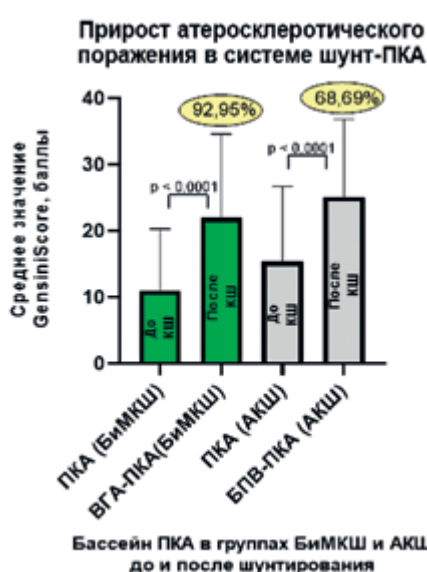


Рисунок 5.

Прирост атеросклеротического поражения в системе функционирующей шунт-ПКА.

Figure 5.

Development of atherosclerosis in the internal thoracic artery and saphenous vein grafts connected with the right coronary artery.

Примечания: ПКА – правая коронарная артерия, ВГА – внутренняя грудная артерия, БПВ – большая подкожная вена, АКШ – аортокоронарное шунтирование, БиМКШ – бимаммарное коронарное шунтирование.

симальным увеличением длины кондуита для достижения целевых КА, а также с уменьшением риска развития стернальных осложнений при использовании обеих ВГА в соответствии с современными рекомендациями [16]. Однако с точки зрения влияния метода на МФС «конduit-артерия» и, в частности, на саму ВГА, «скелетизация» и метод «на лоскуте» функционально сопоставимы, в том числе и в продукции NO, вместе с тем последний в большей степени сохраняет морфологическую целостность кондуита [17]. Что касается Y-образного естественного графта, который встречался чаще во второй группе, то данный факт может быть связан с доступностью такого биоматериала и минимизацией наложения проксимальных анастомозов с аортой. Влияние его на прогрессирование АС КА не изучено.

Количественный анализ по шкале Gensini score показал, что в бассейне ПНА и ДВ у первой группы случаев поражение КА было более выражено, по сравнению со второй. Данный факт также может свидетельствовать о том, что даже в условиях исходно более агрессивного АС КА, последующее его прогрессирование, возможно, замедляется за счёт преобладания в этой группе аутоартериальных шунтов. Несмотря на это, послеоперационный подсчёт по шкале Gensini AC всех КА и только шунтированных, а также подсчёт по шкале SYNTAX score достоверных различий не показали.

Интересной, хотя и закономерной находкой явился анализ причин дисфункций шунтов, в том числе с позиции их влияния в МФС «конduit-артерия» на шунтируемые КА. Так, вполне

закономерным оказался тот факт, что в первой группе случаев преобладали дисфункции по причине конкурентного кровотока, а во второй – плохого дистального русла. С одной стороны, именно такой факт может быть интерпретирован как неспособность аутовенозных кондуитов эффективно противостоять нарастанию АС дистальнее наложенного анастомоза. С другой – ранее было доказано, что дисфункция аутоартериальных, превалирующих шунтов в первой группе часто связана с конкуренцией коронарного кровотока вследствие исходно неточного выбора целевой КА [9].

Однако самым важным в настоящем исследовании фактом стал достоверно подтвержденный коронаропротективный эффект аутоартериальных кондуитов. Так, в ходе анализа степени атеросклеротического поражения только шунтированных КА в послеоперационном периоде по шкале Gensini score одной и той же локализации функционирующими аутоартериальными (ВГА) или аутовенозными (БПВ) кондуитами в МФС «конduit-артерия», установлено, что оно было менее выражено в бассейне ВТК в первой группе, где в качестве шунтов применялась ВГА вместо БПВ. Более того, прирост в процентном соотношении, относительно изначальной степени поражения, был существенно ниже именно в континууме ВГА-ВТК по сравнению с БПВ-ВТК и статистически значимо увеличивался в динамике во второй группе. Всё это позволило заключить, что ВГА, обладая особым набором вазотропных веществ,

способна редуцировать темп прогрессирования коронарного АС, то есть защищать шунтируемое коронарное русло. Полученный результат согласуется с ранее проведенным единственным крупным в своём роде и очень важным исследованием Dimitrova K.R. ещё в 2012 году [10].

Несмотря на полученные результаты, важно отметить, что исследование имеет ряд недостатков, а именно: наличие некоторых различий в пред- и интраоперационном периодах в группах, относительно небольшая выборка случаев, невозможность проведения анализа других шунтируемых КА ввиду их статистической нерепрезентативности, субъективность расчёта процента стеноза КА для шкал Gensini score и SYNTAX score, отсутствие прицельного изучения самих шунтов в анализируемых континуумах. Указанные недостатки, а также сделанные выводы требуют дальнейшего всестороннего изучения, что позволит более точно ответить на вопросы физиологии и морфологии как кондуитов, так и коронарного кровотока в рамках МФС «конduit-артерия», формируемой в ходе проведения процедуры КШ.

## Выводы

Доказано, что ВГА редуцирует прогрессирование атеросклероза в шунтируемых КА по сравнению с БПВ и обладает значительным защитным эффектом, способным, вероятно, объяснять лучшие долговременные клинические результаты аутоартериального КШ.

## Литература:

1. Shevchenko YL, Borshchev GG, Ulbashev DS, Zemlyanov AV. Choice of Conduits in Coronary Surgery. *Bull Pirogov Natl Med Surg Cent.* 2019;14(1):97-104. <https://doi.org/10.25881/bpnmisc.2019.69.57.019>
2. Caliskan E, de Souza DR, Böning A, Liakopoulos OJ, Choi YH, Pepper J, Gibson CM, Perrault LP, Wolf RK, Kim KB, Emmert MY. Saphenous vein grafts in contemporary coronary artery bypass graft surgery. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17(3):155-169. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0249-3>
3. Baganha F, de Jong A, Jukema JW, Quax PHA, de Vries MR. The Role of Immunomodulation in Vein Graft Remodeling and Failure. *J Cardiovasc Transl Res.* 2021;14(1):100-109. <https://doi.org/10.1007/s12265-020-10001-y>
4. Gaudino M, Antoniadis C, Benedetto U, Deb S, Di Franco A, Di Giammarco G, Fremes S, Glineur D, Grau J, He GW, Marinelli D, Ohmes LB, Patrono C, Puskas J, Tranbaugh R, Girardi LN, Taggart DP; ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance. Mechanisms, Consequences, and Prevention of Coronary Graft Failure. *Circulation.* 2017;136(18):1749-1764. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027597>
5. He G-W. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. In: *Arterial Grafting for Coronary Artery Bypass Surgery*. Second ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2006:356. Available at: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=O->. Accessed: 25 November, 2021.
6. Spadaccio C, Antoniadis C, Nenna A, Chung C, Will R, Chelilo M, Gaudino MFL. Preventing treatment failures in coronary artery disease: what can we learn from the biology of in-stent restenosis, vein graft failure, and internal thoracic arteries? *Cardiovasc Res.* 2020;116(3):505-519. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz214>
7. Фролов А.В. Морфофункциональная система «конduit-артерия». *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2019;8(1):112-122. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-1-112-122>
8. Ruiter MS, Pesce M. Mechanotransduction in Coronary Vein Graft Disease. *Front Cardiovasc Med.* 2018;5:20. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00020>
9. Gaudino M, Di Franco A, Bhatt DL, Alexander JH, Abbate A, Azzalini L, Sandner S, Sharma G, Rao SV, Crea F, Fremes SE, Bangalore S. The association between coronary graft patency and clinical status in patients with coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2021;42(14):1433-1441. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab096>
10. Dimitrova KR, Hoffman DM, Geller CM, Dincheva G, Ko W, Tranbaugh RF. Arterial grafts protect the native coronary vessels from atherosclerotic disease progression. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2):475-

481. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.04.035>
11. Zhang M, Guddeti RR, Matsuzawa Y, Sara JD, Kwon TG, Liu Z, Sun T, Lee SJ, Lennon RJ, Bell MR, Schaff HV, Daly RC, Lerman LO, Lerman A, Locker C. Left Internal Mammary Artery Versus Coronary Stents: Impact on Downstream Coronary Stenoses and Conduit Patency. *J Am Heart Assoc.* 2016;5(9):e003568. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.003568>
12. Ferguson TBJr. Physiology of in-situ arterial revascularization in coronary artery bypass grafting: Preoperative, intraoperative and postoperative factors and influences. *World J Cardiol.* 2016;8(11):623-637. <https://doi.org/10.4330/wjc.v8.i11.623>
13. Григорьев В.С., Петросян К.В., Абросимов А.В. Анатомическая шкала оценки риска SYNTAX Score – инструмент определения тяжести поражения коронарного русла и прогнозирования исходов эндоваскулярных вмешательств. *Креативная кардиология.* 2019;13(2):159-172. <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2019-13-2-159-172>
14. Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, Giannopoulos AA, Buechel RR. A guide for Gensini Score calculation. *Atherosclerosis.* 2019;287:181-183. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.05.012>
15. Torregrossa G, Amabile A, Williams EE, Fonceva A, Hosseini L, Balkhy HH. Multi-arterial and total-arterial coronary revascularization: Past, present, and future perspective. *J Card Surg.* 2020;35(5):1072-1081. <https://doi.org/10.1111/jocs.14537>
16. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet JP, Falk V, Head SJ, Jüni P, Kastrati A, Koller A, Kristensen SD, Niebauer J, Richter DJ, Seferovic PM, Sibbing D, Stefanini GG, Windecker S, Yadav R, Zembala MO; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019;40(2):87-165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
17. Masroor M, Zhou K, Chen C, Fu X, Zhao Y. All we need to know about internal thoracic artery harvesting and preparation for myocardial revascularization: a systematic review. *J Cardiothorac Surg.* 2021;16(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s13019-021-01733-2>

## References:

1. Shevchenko YL, Borshchev GG, Ulbashev DS, Zemlyanov AV. Choice of Conduits in Coronary Surgery. *Bull Pirogov Natl Med Surg Cent.* 2019;14(1):97-104. <https://doi.org/10.25881/bpmsc.2019.69.57.019>
2. Caliskan E, de Souza DR, Böning A, Liakopoulos OJ, Choi YH, Pepper J, Gibson CM, Perrault LP, Wolf RK, Kim KB, Emmert MY. Saphenous vein grafts in contemporary coronary artery bypass graft surgery. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17(3):155-169. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0249-3>
3. Baganha F, de Jong A, Jukema JW, Quax PHA, de Vries MR. The Role of Immunomodulation in Vein Graft Remodeling and Failure. *J Cardiovasc Transl Res.* 2021;14(1):100-109. <https://doi.org/10.1007/s12265-020-10001-y>
4. Gaudino M, Antoniadis C, Benedetto U, Deb S, Di Franco A, Di Giammarco G, Fremes S, Glineur D, Grau J, He GW, Marinelli D, Ohmes LB, Patrono C, Puskas J, Tranbaugh R, Girardi LN, Taggart DP; ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance. Mechanisms, Consequences, and Prevention of Coronary Graft Failure. *Circulation.* 2017;136(18):1749-1764. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027597>
5. He G-W. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. In: *Arterial Grafting for Coronary Artery Bypass Surgery*. Second ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2006:356. Available at: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=O->. Accessed: 25 November, 2021.
6. Spadaccio C, Antoniadis C, Nenna A, Chung C, Will R, Chello M, Gaudino MFL. Preventing treatment failures in coronary artery disease: what can we learn from the biology of in-stent restenosis, vein graft failure, and internal thoracic arteries? *Cardiovasc Res.* 2020;116(3):505-519. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz214>
7. Frolov AV. Morphological and functional system of graft-artery junctions. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy.* 2019;8(1):112-122. (In Russ). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-1-112-122>
8. Ruiter MS, Pesce M. Mechanotransduction in Coronary Vein Graft Disease. *Front Cardiovasc Med.* 2018;5:20. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00020>
9. Gaudino M, Di Franco A, Bhatt DL, Alexander JH, Abbate A, Azzalini L, Sandner S, Sharma G, Rao SV, Crea F, Fremes SE, Bangalore S. The association between coronary graft patency and clinical status in patients with coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2021;42(14):1433-1441. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab096>
10. Dimitrova KR, Hoffman DM, Geller CM, Dincheva G, Ko W, Tranbaugh RF. Arterial grafts protect the native coronary vessels from atherosclerotic disease progression. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2):475-481. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.04.035>
11. Zhang M, Guddeti RR, Matsuzawa Y, Sara JD, Kwon TG, Liu Z, Sun T, Lee SJ, Lennon RJ, Bell MR, Schaff HV, Daly RC, Lerman LO, Lerman A, Locker C. Left Internal Mammary Artery Versus Coronary Stents: Impact on Downstream Coronary Stenoses and Conduit Patency. *J Am Heart Assoc.* 2016;5(9):e003568. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.003568>
12. Ferguson TBJr. Physiology of in-situ arterial revascularization in coronary artery bypass grafting: Preoperative, intraoperative and postoperative factors and influences. *World J Cardiol.* 2016;8(11):623-637. <https://doi.org/10.4330/wjc.v8.i11.623>
13. Григорьев В.С., Петросян К.В., Абросимов А.В. Анатомическая шкала SYNTAX Score: a tool for coronary artery disease severity assessment and predicting endovascular treatment outcomes. *Creative Cardiology.* 2019;13 (2):159-172 (in Russ). <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2019-13-2-159-172>
14. Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, Giannopoulos AA, Buechel RR. A guide for Gensini Score calculation. *Atherosclerosis.* 2019;287:181-183. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.05.012>
15. Torregrossa G, Amabile A, Williams EE, Fonceva A, Hosseini L, Balkhy HH. Multi-arterial and total-arterial coronary revascularization: Past, present, and future perspective. *J Card Surg.* 2020;35(5):1072-1081. <https://doi.org/10.1111/jocs.14537>
16. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet JP, Falk V, Head SJ, Jüni P, Kastrati A, Koller A, Kristensen SD, Niebauer J, Richter DJ, Seferovic PM, Sibbing D, Stefanini GG, Windecker S, Yadav R, Zembala MO; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019;40(2):87-165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
17. Masroor M, Zhou K, Chen C, Fu X, Zhao Y. All we need to know about internal thoracic artery harvesting and preparation for myocardial revascularization: a systematic review. *J Cardiothorac Surg.* 2021;16(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s13019-021-01733-2>

## Сведения об авторах

**Фролов Алексей Витальевич**, кандидат медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, старший научный сотрудник лаборатории рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** написание статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации.

**ORCID:** 0000-0002-1746-8895

## Authors

**Dr. Alexey V. Frolov**, MD, PhD, Senior Research Fellow, Laboratory of Endovascular and Reconstructive Surgery, Department of Cardiovascular Surgery, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** performed the data analysis; wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-1746-8895



**Загородников Никита Игоревич**, сердечно-сосудистый хирург отделения нейрохирургии ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** формирование базы данных.

**ORCID:** 0000-0003-3539-0291

**Тарасов Роман Сергеевич**, доктор медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** написание статьи, корректировка статьи.

**ORCID:** 0000-0003-3882-709X

**Григорьев Евгений Валерьевич**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** корректировка статьи.

**ORCID:** 0000-0001-8370-3083

**Иванов Сергей Васильевич**, доктор медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, ведущий научный сотрудник лаборатории рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации.

**ORCID:** 0000-0002-9070-5527

**Барбараш Леонид Семёнович**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, д. 6)

**Вклад в статью:** корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации.

**ORCID:** 0000-0001-6981-9661

**Dr. Nikita I. Zagorodnikov**, MD, Cardiovascular Surgeon, Neurosurgery Unit, Kuzbass Clinical Cardiological Dispensary (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** collected and processed the data.

**ORCID:** 0000-0003-3539-0291

**Dr. Roman S. Tarasov**, MD, DSc, Head of the Laboratory of Endovascular and Reconstructive Surgery, Department of Cardiovascular Surgery, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0003-3882-709X

**Prof. Evgeny V. Grigoriev**, MD, DSc, Professor, Chief Scientific Officer, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0001-8370-3083

**Dr. Sergey V. Ivanov**, MD, DSc, Leading Research Fellow, Laboratory of Endovascular and Reconstructive Surgery, Department of Cardiovascular Surgery, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-9070-5527

**Prof. Leonid S. Barbarash**, MD, DSc, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation)

**Contribution:** wrote the manuscript.

**ORCID:** 0000-0002-9070-5527

Статья поступила: 24.11.2022 г.

Принята в печать: 28.02.2023 г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Received: 24.11.2022

Accepted: 28.02.2023

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.