

УДК 616.132.2-072-06

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-3-80-92>

ДИСФУНКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ «КОНДУИТ- АРТЕРИЯ» ПОСЛЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

ФРОЛОВ А.В.^{1*}, ЗАГОРОДНИКОВ Н.И.², ТАРАСОВ Р.С.¹, ГРИГОРЬЕВ Е.В.¹¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»,
г. Кемерово, Россия²ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша», г. Кемерово,
Россия

Резюме

Цель. Провести анализ причин и связанных с ними механизмов дисфункции различных морфофункциональных систем (МФС) «конduit-артерия» после коронарного шунтирования (КШ) в отдалённом периоде наблюдения.

Материал и методы. Методом простого визуального анализа оценены 102 ангиограммы, полученные в отдалённом послеоперационном периоде в ходе проведения коронарной шунтографии (КШГ) больным, подвергшимся ранее прямой реваскуляризации миокарда в виде КШ по поводу ишемической болезни сердца (ИБС). Проведён анализ дисфункций МФС «конduit-артерия» в зависимости от коронарной позиции и используемых кондуитов, установлены их причины и вероятные механизмы в сроки свыше 10 лет наблюдения.

Результаты. В ходе изучения 102 послеоперационных ангиограмм было выявлено, что среди 323 анализируемых МФС «конduit-артерия» нормально функционирующие системы составили 230 (71,2%), а количество дисфункций систем в виде стенозов и окклюзий шунтов, а также различных изменений в КА, сопряжённых с этими состояниями, – 93 (28,8%). Наиболее частой причиной для систем ЛВГА-ПНА,

ЛВГА-ДВ, ПВГА-ПНА, ПВГА-ПКА оказалось наличие конкурентного кровотока, ЛВГА-ВТК – плохое дистальное русло, ПВГА-ВТК – прогрессирование атеросклероза (АС) и плохое дистальное русло, БПВ-ДВ, БПВ-ВТК, БПВ-ПКА – плохое дистальное русло, а также дегенерация шунта, ЛА-ВТК и ЛА-ПКА – плохое дистальное русло, конкурентный кровоток и дегенерация шунта. В 5 (5,4%) случаев причина дисфункций не была установлена.

Выводы. Доказано, что основными причинами и связанными с ними последующими механизмами дисфункций МФС «конduit-артерия» с использованием ЛВГА и ПВГА является конкурентный кровоток, в то время как для систем с БПВ наличие плохого дистального коронарного русла.

Ключевые слова: дисфункция, шунт, коронарные артерии, 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. Дисфункция различных морфофункциональных систем «конduit-артерия» после коронарного шунтирования. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2023;8(3): 80-92. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-3-80-92>

*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

SINGLE OR MULTIPLE ARTERIAL GRAFTING TO DESIGN A CORONARY BYPASS: A RETROSPECTIVE STUDY

ALEXEY V. FROLOV^{1*}, NIKITA I. ZAGORODNIKOV², ROMAN S. TARASOV¹, EVGENY V. GRIGORIEV¹¹Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation²Kuzbass Clinical Cardiological Dispensary, Kemerovo, Russian Federation

Abstract

Aim. To compare the efficiency of single arterial grafting (SAG) and multiple arterial grafting (MAG) at coronary artery bypass graft (CABG) surgery in the long term.

Material and Methods. To assess the angiographic outcomes, we evaluated the patency of 323 bypasses at 102 angiograms obtained during coronary angiography performed ≥ 10 years post-CABG surgery.

Results. Out of 323 analyzed bypasses, 230 (71.2%) showed physiological functioning, whereas stenosis, occlusions, and other coronary artery alterations were found in 93 (28.8%) bypasses. The most common cause for the failure of anastomoses was competitive flow (most frequently registered in the anastomoses between left internal thoracic artery and left anterior descending artery, left internal thoracic artery and diagonal branches of left anterior descending artery, right internal thoracic artery and left anterior descending artery, and between right internal thoracic artery and right coronary artery), poor distal bed (most frequently revealed in the anastomosis between left internal thoracic artery and obtuse mar-

ginal artery, saphenous vein and diagonal branches of left anterior descending artery, saphenous vein and obtuse marginal artery, and between saphenous vein and right coronary artery), progression of atherosclerosis in combination with poor distal bed (most frequently detected in the anastomosis between right internal thoracic artery and obtuse marginal artery), and combination of poor distal bed, competitive flow, and graft degeneration (most frequently found in the anastomoses between radial artery and obtuse marginal artery and between radial artery and right coronary artery). In 5 (5.4%) cases, the cause of coronary bypass dysfunction was unclear.

Conclusion. The main causes for the coronary bypass failure included competitive flow (in case with multiple arterial grafting) and poor distal bed (in case with single arterial grafting).

Keywords: coronary artery bypass graft surgery, coronary angiography, bypass dysfunction, single arterial grafting, multiple arterial grafting.

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. Single or multiple arterial grafting to design a coronary bypass: a retrospective study. *Fundamental and Clinical Medicine*. (In Russ.). 2023;8(3): 80-92. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-3-80-92>

*Corresponding author:

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

© Alexey V. Frolov, et al.

Введение

КШ является самой распространённой операцией в открытой кардиохирургии, направленной на реваскуляризацию миокарда в связи с окклюзионно-стенотическим поражением КА. Одним из важнейших вопросов, касающихся этого вмешательства, остаётся проходимость коронарных шунтов, так как от их функционирования зависит эффективность операции и последующие результаты. Вместе с тем, как по-

казывают исследования, важно не только состояние шунта, но и целевой КА, так как в совокупности они представляют собой единый структурный и функциональный комплекс, элементы которого находятся в тесном и взаимном контакте, названного МФС «конduit-артерия» [1, 2, 3]. Исследований подобных систем до настоящего времени не было, однако отдельно анализу подлежали различные аспекты патофизиологии кондуитов, а также КА. В связи

с этим, было проведено изучение различных в структурном отношении МФС «конduit-артерия» в связи с их дисфункцией в отдалённом периоде наблюдения после операции КШ.

Цель исследования

Провести анализ причин и связанных с ними механизмов дисфункции различных МФС «конduit-артерия» после КШ в отдалённом периоде наблюдения.

Материалы и методы

В исследование вошли все доступные для изучения коронарные ангиограммы ($n = 102$), полученные в отдалённом послеоперационном периоде в ходе проведения КШГ больным, подвергшимся ранее КШ по поводу ИБС в 2004–2006 годах на базе ГУЗ «Кемеровская областная клиническая больница» с лабораторией ГУ НП-ПЛ РХСС СО РАМН. КШ проводилось двумя основными хирургическими бригадами в соответствии с общепринятыми методиками в виде технологии бимаммарного КШ (БиМКШ) ($n =$

49), а также простого аортокоронарного шунтирования (АКШ) ($n = 53$). Среди больных, средний возраст которых составил $53,5 \pm 6,48$ лет, постинфарктный кардиосклероз (ПИКС) в анамнезе встречался – у 75 (73,5%), факторы риска развития и прогрессирования АС в виде наследственности у 23 (22,5%), артериальной гипертензии (АГ) – у 96 (94,1%), сахарного диабета – у 11 (10,7%), избыточной массы тела – у 72 (70,5%), курения – у 27 (26,4%) и дислипидемии – у 21 (20,5%) человека соответственно. 97 (95%) пациентов были представлены лицами мужского пола, помимо коронарного поражения у 36 (35,3%) выявлялся также АС брахиоцефальных артерий, у 5 (4,9%) артерий нижних конечностей, и в 1 (0,9%) случае имелось поражение почечных артерий. Антиагрегантную терапию получали 100 (98%) человек, а статины принимали все исследуемые пациенты (таблица 1).

Частота исходных поражений КА, по данным предоперационной коронарной ангиографии (КАГ) в бассейне ствола левой КА (стЛКА) определялась у 17 (16,6%), передней нисходя-

Таблица 1.

Характеристика исследуемой выборки (данные представлены в виде $M \pm SD$, n , %).

Table 1.

Clinicopathological features of the study sample (data presented as mean and standard deviation of the mean or as proportions).

Показатели <i>Parameters</i>	$n = 102$
Возраст, лет, $M \pm SD$ <i>Age, years, $M \pm SD$</i>	$53,5 \pm 6,48$
Мужской пол, n (%) <i>Male, n (%)</i>	97 (95)
Инфаркт миокарда в прошлом, n (%) <i>Past medical history of myocardial infarction, n (%)</i>	75 (73,5)
Отягощённая наследственность, n (%) <i>Family history of major adverse cardiovascular events, n (%)</i>	23 (22,5)
Артериальная гипертензия, n (%) <i>Arterial hypertension, n (%)</i>	96 (94,1)
Сахарный диабет, n (%) <i>Diabetes mellitus, n (%)</i>	11 (10,7)
Избыточная масса тела, n (%) <i>Overweight or obesity, n (%)</i>	72 (70,5)
Курение, n (%) <i>Smoking, n (%)</i>	27 (26,4)
Дислипидемия, n (%) <i>Dyslipidemia, n (%)</i>	21 (20,5)
Поражение брахиоцефальных артерий, n (%) <i>Brachiocephalic artery atherosclerosis, n (%)</i>	36 (35,2)
Поражение артерий нижних конечностей, n (%) <i>Lower extremity artery atherosclerosis, n (%)</i>	5 (4,9)
Поражение почечных артерий, n (%) <i>Renal artery atherosclerosis, n (%)</i>	1 (0,9)
Приём антиагрегантов, n (%) <i>Antiplatelet drugs intake, n (%)</i>	100 (98)
Приём статинов, n (%) <i>Statin intake, n (%)</i>	102 (100)

Показатели Parameters	n = 102
Ствол левой коронарной артерии, n (%) <i>Left main coronary artery, n (%)</i>	17 (16,6)
Передняя нисходящая артерия, n (%) <i>Left anterior descending artery, n (%)</i>	98 (96)
Диагональная ветвь, n (%) <i>Diagonal branch of the left anterior descending artery, n (%)</i>	38 (37,2)
Огибающая артерия, n (%) <i>Circumflex artery, n (%)</i>	55 (53,9)
Ветвь тупого края, n (%) <i>Obtuse marginal artery, n (%)</i>	67 (65,6)
Правая коронарная артерия, n (%) <i>Right coronary artery, n (%)</i>	91 (89,2)

Таблица 2.

Предоперационные ангиографические показатели частоты поражения КА исследуемой выборки (данные представлены в виде n, %).

Table 2.

Prevalence of coronary artery lesions according to pre-operative angiography (data are presented as proportions).

щей артерии (ПНА) – у 98 (96%), диагональной ветви (ДВ) – у 38 (37,2%), огибающей артерии (ОА) – 55 (53,9%), ветви тупого края (ВТК) – у 67 (65,6%), правой КА (ПКА) – у 91 (89,2%) пациентов, соответственно (таблица 2).

При этом доля хронической окклюзии КА (ХОКА), по данным предоперационной КАГ, составила в бассейне ПНА – 39 (39,7%), ДВ – 4 (10,5%), ОА – 14 (25,4%), ВТК – 16 (23,8%), ПКА – 42 (46,1%) случая (рисунок 1).

Правый тип коронарного кровотока был отмечен в 87 (85,2%), левый – в 7 (6,8%) и сбалансированный в 8 (8%) случаях соответственно (рисунок 2).

В ходе операций было использовано 323 кондуита, среди которых применялись такие, как левая ВГА (ЛВГА) in situ – 102 (31,6%), правая ВГА (ПВГА) – 49 (15,2%) in situ, ЛА свободным графтом – 12 (3,7%), БПВ свободным графтом – 160 (49,5%) в виде линейных – 296 (91,6%), естественных Y-образных – 24 (7,4%) и секвен-

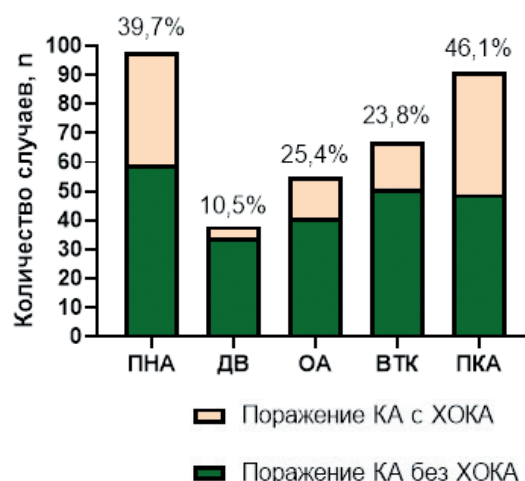


Рисунок 1.

Доля ХОКА в каждом коронарном бассейне по данным предоперационной КАГ.

Figure 1.

Proportion of chronic total occlusion in each coronary bed according to pre-operative angiography.

Примечания: ПНА – передняя нисходящая артерия, ДВ – диагональная ветвь, ОА – огибающая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ПКА – правая коронарная артерия, КА – коронарные артерии, ХОКА – хроническая окклюзия коронарной артерии.

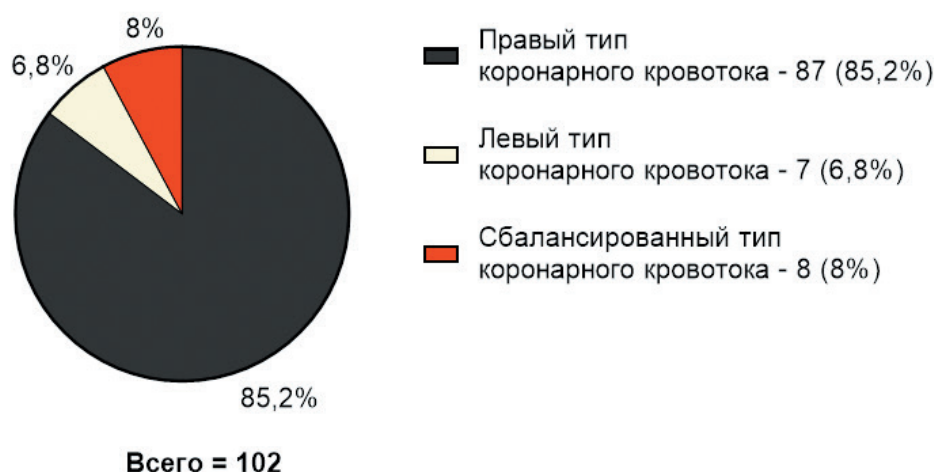


Рисунок 2.

Тип коронарного кровотока по данным предоперационной коронарной ангиографии.

Figure 2.

Type of coronary circulation according to pre-operative angiography.

Таблица 3.

Интраоперационная характеристика кондуитов исследуемой выборки (данные представлены в виде Me [25%; 75%], n, %).

Table 3.

Intraoperative grafts characteristic of the sample under the study (data is presented in the form Me [25%; 75%], n, %).

Показатели <i>Parameters</i>	n = 323
ЛВГА in situ, n (%) <i>Left internal thoracic artery in situ, n (%)</i>	102 (31,6)
ПВГА in situ, n (%) <i>Right internal thoracic artery in situ, n (%)</i>	49 (15,2)
ЛА свободным графтом, n (%) <i>Radial artery as free graft, n (%)</i>	12 (3,7)
БПВ свободным графтом, n (%) <i>Saphenous vein as free graft, n (%)</i>	160 (49,5)
ЛВГА по методу «скелетирования», n (%) <i>Left internal thoracic artery, skeletonization, n (%)</i>	27 (8,3)
ЛВГА по методу «на лоскуте», n (%) <i>Left internal thoracic artery, pedicled technique, n (%)</i>	75 (23,2)
ПВГА по методу «скелетирования», n (%) <i>Right internal thoracic artery, skeletonization, n (%)</i>	34 (10,5)
ПВГА по методу «на лоскуте», n (%) <i>Right internal thoracic artery, pedicled technique, n (%)</i>	15 (4,6)
БПВ по методу «скелетирования», n (%) <i>Saphenous vein, skeletonization, n (%)</i>	160 (49,5)
ЛА по методу «скелетирования», n (%) <i>Radial artery, skeletonization, n (%)</i>	12 (3,7)
Линейный шунт, n (%) <i>Linear graft, n (%)</i>	296 (91,6)
Естественный Y-образный шунт, n (%) <i>Natural Y-shaped graft, n (%)</i>	24 (7,4)
Секвенциальный или «прыгающий» шунт, n (%) <i>Sequential or "jumping" graft, n (%)</i>	3 (1)
ИР, n, Me [25%; 75%] <i>Revascularization index, n, median [25%; 75%]</i>	3 [3; 4]

Примечания: ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия, ПВГА – правая внутренняя грудная артерия, ЛА – лучевая артерия, БПВ – большая подкожная вена, ИР – индекс реваскуляризации.

циальных или «прыгающих» – 3 (1%) шунтов. Все БПВ- и ЛА-кондуиты были забраны открытым способом по методу «скелетирования», без использования «no-touch technique», ЛВГА и ПВГА по методу «скелетирования» в 27 (8,3%) и 34 (10,5%) случаях, а «на лоскуте» – в 75 (23,2%) и 15 (4,6%) соответственно. При этом средний индекс реваскуляризации (ИР) составил 3 [3; 4] (таблица 3).

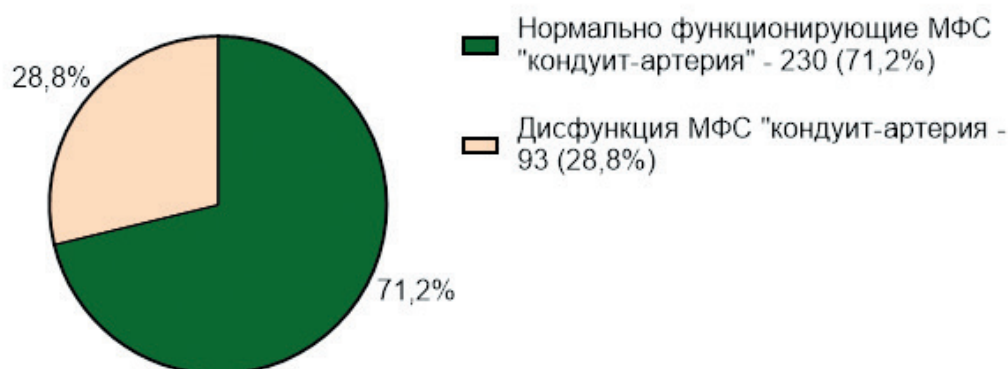
В ходе изучения данных КИШГ был использован простой визуальный анализ коронарных ангиограмм, учитывающий описание качественных и количественных изменений КА. Дисфункция МФС «конduit-артерия» определялась как дисфункция коронарного шунта в виде его стеноза или окклюзии и одновременное изменение сопряжённой с ним шунтируемой КА, которое проявлялось в виде, например, конкурентного коронарного кровотока или прогрессированием АС.

Формирование базы данных проводилось в Microsoft Excel 2016 (Microsoft). Статистиче-

ская обработка материала осуществлялась с использованием пакета статистических программ Statistica версии 10.0.1011.0 (StatSoft) и Graph-Pad Prism версии 8.0.2 (GraphPad Software). 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%] – интерквартильный размах (квартиль $Q_1 = 25$ процентиль и квартиль $Q_3 = 75$ процентиль), для качественных (бинарных) – в виде процентного отношения n (%).

Результаты

Средний период времени с момента проведения КИШ до КИШГ составил $10,2 \pm 2,99$ (от 4 до 17) лет, общее количество изучаемых МФС «конduit-артерия» составило 323, при этом нормаль-

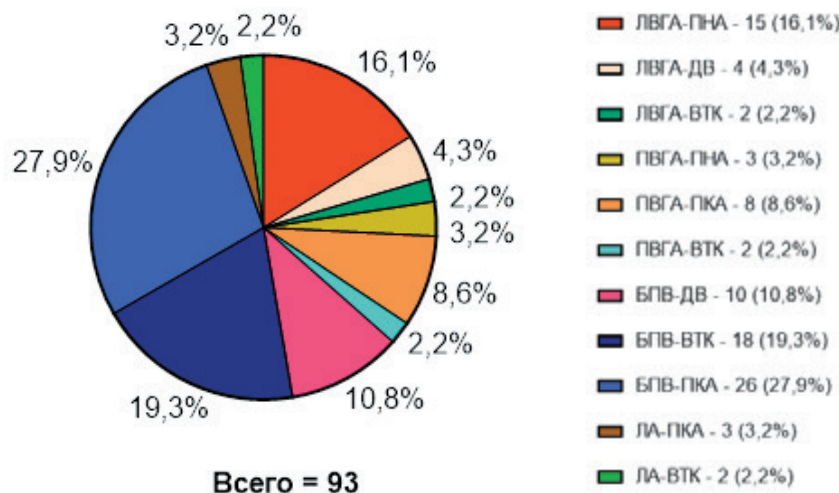


Всего = 323

Примечания: МФС – морфофункциональная система.

но функционирующие системы составили 230 (71,2%), а количество дисфункций систем в виде стенозов и окклюзий шунтов, а также различных изменений в КА, сопряженных с этими состояниями, – 93 (28,8%) соответственно (рисунк 3).

Встречаемость дисфункций МФС «конduit-артерия» в зависимости от шунтируемого коронарного бассейна составила для ЛВГА-ПНА 15 (16,1%), ЛВГА-ДВ – 4 (4,3%), ЛВГА-ВТК – 2 (2,2%), ПВГА-ПНА – 3 (3,2%),



Всего = 93

Примечания: ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия, ПВГА – правая внутренняя грудная артерия, ЛА – лучевая артерия, БПВ – большая подкожная вена, ПНА – передняя нисходящая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ДВ – диагональная ветвь, ПКА – правая коронарная артерия.

ПВГА-ПКА – 8 (8,6%), ПВГА-ВТК – 2 (2,2%), БПВ-ДВ – 10 (10,8%), БПВ-ВТК – 18 (19,3%), БПВ-ПКА – 26 (27,9%), ЛА-ПКА – 3 (3,2%), ЛА-ВТК – 2 (2,2%) случаев, соответственно (рисунк 4).

Дисфункции МФС, ассоциированные с плохим дистальным руслом КА, наблюдались в 40 (43%) прогрессированием АС шунтируемых КА, – в 13 (3,2%), конкурентным коронарным кровотоком – в 34 (36,6%), дегенерацией самого шунта – в 11 (11,8%) случаях соответственно. В 5 (5,4%) случаях установить причину дисфункции не удалось (рисунк 5).

В ходе проведения настоящего исследования было определено распределение причин, вызывавших дисфункцию МФС «конduit-артерия» при использовании различных кондуитов и в зависимости от целевой КА. Так, дисфункции в МФС «конduit-артерия» с использованием БПВ по причине плохого дистального русла встречались в 32 (59,3%) случаях, прогрессирования АС КА – в 1 (1,8%), конкурентного кровотока – в 10 (18,5%), дегенерации шунта – в 9 (16,7%), по не установленной причине – в 2 (3,7%) случаях. В МФС «конduit-артерия» с ЛВГА причинами дисфункций стали плохое дистальное

Рисунок 3.

Доля дисфункций МФС «конduit-артерия» среди всех систем в отдалённом периоде после КШ.

Figure 3.

Prevalence of coronary bypass dysfunction after CABG surgery in the long term.

Рисунок 4.

Дисфункция МФС «конduit-артерия» в зависимости от шунтируемого коронарного бассейна.

Figure 4.

Coronary bypass dysfunction in relation to the type of anastomoses.

Рисунок 5.

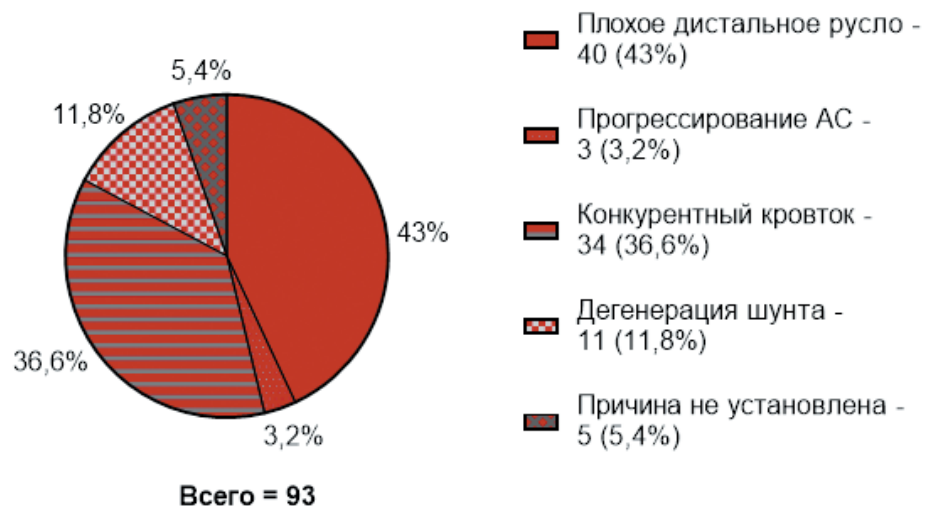
Дисфункция МФС «конduit-артерия» в зависимости от причины.

Figure 5.

Causes of coronary bypass dysfunction.

Примечания:

АС – атеросклероз.



русло – 5 (23,8%), прогрессирование АС КА – 1 (4,8%), конкурентный коронарный кровток – 13 (61,9%), причина не установлена – 2 (9,5%), МФС «конduit-артерия» с ПВГА плохое дистальное русло – 1 (7,7%), прогрессирование АС КА – 1 (7,7%), конкурентный коронарный кровток – 10 (76,9%), дегенерация шунта – 1 (7,7%), в МФС «конduit-артерия» с ЛА плохое дистальное русло – 2 (40%), конкурентный коронарный кровток – 1 (20%), дегенерация шунта – 1 (20%), а также по неустановленной причине – 1 (20%) соответственно. Распределение дисфункций по их причинам с учётом разных коронарных бассейнов представлено в **таблицах 4-7**.

Таблица 4.

Дисфункция МФС «конduit-артерия» с использованием ЛВГА в зависимости от целевой КА и причины, вызвавшей её (данные представлены в виде п, %).

Table 4.

Dysfunctions of coronary bypasses which included left internal thoracic artery as the graft, according to the target coronary artery and cause of the dysfunction (data are presented as proportions).

Примечания: МФС – морфофункциональная система, ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия, ПНА – передняя нисходящая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ДВ – диагональная ветвь, КА – коронарные артерии, АС – атеросклероз.

Причины дисфункции МФС «конduit-артерия» Causes of coronary bypass dysfunction		Общее количество дисфункций Total dysfunctions
ЛВГА-ПНА, n, % Anastomosis between left internal thoracic artery and left anterior descending artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	2 (13,3)	15 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	1 (6,7)	
Конкурентный кровоток Competitive flow	10 (60)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	2 (20)	
ЛВГА-ДВ, n, % Anastomosis between left internal thoracic artery and diagonal branches of left anterior descending artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	1 (25)	4 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	3 (75)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	0	
ЛВГА-ВТК, n, % LITA-OM. n. %		

Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	2 (100)	2 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	0	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	0	

Причины дисфункции МФС «конduit-артерия» Causes of coronary bypass dysfunction		Общее количество дисфункций Total dysfunctions
ПВГА-ПНА, n, % Anastomosis between right internal thoracic artery and left anterior descending artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	1 (3,3)	3 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	2 (66,7)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	0	
ПВГА-ПКА, n, % Anastomosis between right internal thoracic artery and right coronary artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	0	8 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	7 (87,5)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	1 (12,5)	
Причина не установлена Cause not defined	0	
ПВГА-ВТК, n, % Anastomosis between right internal thoracic artery and obtuse marginal artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	0	2 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	1 (50)	
Конкурентный кровоток Competitive flow	1 (50)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	0	

Таблица 5.

Дисфункция МФС «конduit-артерия» с использованием ПВГА в зависимости от целевой КА и причины, вызвавшей её (данные представлены в виде n, %).

Table 5.

Dysfunctions of coronary bypasses which included right internal thoracic artery as the graft, according to the target coronary artery and cause of the dysfunction (data are presented as proportions).

Примечания: МФС – морфофункциональная система, ПВГА – правая внутренняя грудная артерия, ПНА – передняя нисходящая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ПКА – правая коронарная артерия, КА – коронарные артерии, АС – атеросклероз.

Таблица 6.

Дисфункция МФС «конduit-артерия» с использованием БПВ в зависимости от целевой КА и причины, вызвавшей её (данные представлены в виде n, %).

Table 6.

Dysfunctions of coronary bypasses which included saphenous vein as the graft, according to the target coronary artery and cause of the dysfunction (data are presented as proportions).

Примечания: МФС – морфофункциональная система, БПВ – большая подкожная вена, ДВ – диагональная ветвь, ПКА – правая коронарная артерия, ВТК – ветвь тупого края, КА – коронарные артерии, АС – атеросклероз.

Причины дисфункции МФС «конduit-артерия» Causes of coronary bypass dysfunction		Общее количество дисфункций Total dysfunctions
БПВ-ДВ, n, % Anastomosis between saphenous vein and diagonal branches of left anterior descending artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	6 (60)	10 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	3 (30)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	1 (10)	
Причина не установлена Cause not defined	0	
БПВ-ПКА, n, % Anastomosis between saphenous vein and right coronary artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	18 (69,2)	26 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	2 (7,6)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	5 (19,2)	
Причина не установлена Cause not defined	1 (4)	
БПВ-ВТК, n, % Anastomosis between saphenous vein and obtuse marginal artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	8 (44,4)	18 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	1 (5,5)	
Конкурентный кровоток Competitive flow	5 (28)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	3 (16,6)	
Причина не установлена Cause not defined	1 (5,5)	

Таблица 7.

Дисфункция МФС «конduit-артерия» с использованием ЛА в зависимости от целевой КА и причины, вызвавшей её (данные представлены в виде n, %).

Table 7.

Dysfunctions of coronary bypasses which included radial artery as the graft, according to the target coronary artery and cause of the dysfunction (data are presented as proportions).

Причины дисфункции МФС «конduit-артерия» Causes of coronary bypass dysfunction		Общее количество дисфункций Total dysfunctions
ЛА-ПКА, n, % Anastomosis between radial artery and right coronary artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	1 (33,3)	3 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	0	
Дегенерация шунта Graft degeneration	1 (33,3)	
Причина не установлена Cause not defined	1 (33,3)	

ЛА-ВТК, n, %		
Anastomosis between radial artery and obtuse marginal artery, n, %		
Плохое дистальное русло КА Poor distal bed	1 (50)	2 (100)
Прогрессирование АС КА Progression of coronary atherosclerosis	0	
Конкурентный кровоток Competitive flow	1 (50)	
Дегенерация шунта Graft degeneration	0	
Причина не установлена Cause not defined	0	

Примечания: МФС – морфофункциональная система, ЛА – лучевая артерия, ПКА – правая коронарная артерия, ВТК – ветвь тупого края, КА – коронарные артерии, АС – атеросклероз.

Обсуждение

В настоящее время понятие «дисфункция коронарного шунта» всё чаще обсуждается в контексте состояния целевой КА, в зоне ответственности которой проводится реваскуляризация [2]. Ни у кого не вызывает сомнения, что на проходимость шунтов, особенно в отдалённый период наблюдения, оказывает влияние большое количество факторов, включая предоперационные (АС и атеросклероз Мönckeberg'a, варикозная болезнь и флебоэктазия, предшествующие трансрадиальные ангиографии), интраоперационные (неделикатное выделение и нерациональная консервация кондуита, технические особенности наложения анастомоза, недооценка или переоценка степени стеноза КА), а также постоперационные (низкая приверженность к лечению статинами, антиагрегантами и блокаторами кальциевых каналов, прогрессирование коронарного АС и другие). Однако всё это влияет не только на шунт, но и на саму целевую КА, что предопределяет их тесную взаимосвязь, которая выражается в виде МФС «конduit-артерия», где каждый элемент влияет друг на друга, стараясь поддержать равновесное состояние системы [3]. С одной стороны, осуществляется доказанный коронаропротективный эффект шунтов, особенно в случае использования аутоартериальных кондуитов, с другой – КА отвечает своими гемодинамическими факторами, способными опосредованно влиять на шунт [4, 5]. Однако это не ограничивается только крупными морфологическими изменениями, сам процесс контакта эндотелиальных клеток шунта и КА по механизму паракринного взаимодействия, в образованном неоваскулярном континууме, вызывает тонкую регуляцию такой системы [6].

В настоящей работе были анализированы МФС «конduit-артерия» с использованием различных кондуитов и в различных коронарных бассейнах. Среди трёх наиболее частых причин дисфункций этих систем явились: плохое дистальное русло КА, конкурентный коронарный

кровоток, а также дегенеративные изменения самого шунта. Как показывают некоторые исследования, изменение КА или шунта отражается друг на друге, демонстрируя тем самым взаимный и системный характер их взаимодействия, определяя, в конечном счете, качество шунтирования и дальнейшие сердечно-сосудистые события [1, 2].

Характерным для систем с использованием аутоартериальных кондуитов оказалась их дисфункция по причине конкурентного коронарного кровотока, который вызывал в последующем стенозы и окклюзии шунтов. Практически все варианты МФС «конduit-артерия» с ВГА, такие, как ЛВГА-ПНА, ЛВГА-ДВ, ПВГА-ПНА, ПВГА-ПКА наиболее часто имели дисфункции, находясь в состоянии коронарной конкуренции, определяемой по ретроградному потоку крови в шунт во время систолы либо по наличию межсистемных коллатералей, говорящих в пользу имеющихся дополнительных путей кровоснабжения шунтируемой зоны [7]. С другой стороны, для указанных выше систем не была характерной причина в виде прогрессирования АС в КА, что может быть связано с их коронаропротективным потенциалом, заключающимся в антиатерогенной защите ВГА-шунта как самого себя, так и КА за счёт продукции NO, простагличина и тканевого активатора плазминогена [4]. В целом, по некоторым данным, явные признаки АС в ВГА встречаются крайне редко и составляют порядка 2,5%, однако имеются данные, что проявления начальных атеросклеротических изменений в виде утолщения интимы может наблюдаться достаточно часто и ассоциированы с такими факторами, как возраст, пол, почечная дисфункция и наличие ПИКС [8, 9].

Среди систем с применением БПВ, а именно БПВ-ДВ, БПВ-ВТК и особенно БПВ-ПКА, в качестве причины дисфункции превалировало наличие плохого дистального коронарного русла. В пользу этого говорят некоторые работы по изучению несостоятельности аутовенозных шунтов, в частности исследование PRAGUE-4, в котором

было показано, что риск возникновения окклюзии БПВ-шунта выше при использовании её в бассейнах ПКА и ВТК по сравнению с бассейном ПНА [10].

Примечательно, что так же, как и МФС «конduit-артерия» с использованием ВГА, системы с БПВ имели в качестве причины дисфункции лишь единичный случай явного прогрессирования АС КА, определяемого ангиографически в зоне хирургического анастомоза и дистальнее его. Однако можно предположить, что часть причин, связанных с плохим дистальным руслом, вероятно ассоциировано также с прогрессированием АС, поскольку аутолены никак не защищают КА от него и сами подвержены поражению, что особенно проявляется с истечением времени в отдалённом послеоперационном периоде [11]. Что касается дегенерации аутовенозного шунта, рассматриваемого также в качестве причины дисфункции таких МФС «конduit-артерия», как БПВ-ПКА и БПВ-ВТК, то она представляется вполне закономерной, в силу того, что в сроки наблюдения 10 лет одним из главных механизмов несостоятельности ауто-вен является процесс АС [10].

Нужно отметить, что различные КА, как и различные кондуиты, имеют свои особенности, в том числе в зависимости от локализации, что отражается как на коронарной гемодинамике, изучаемой экспериментально, так и на частоте развития АС, демонстрируемой в ходе анализа ангиограмм [12, 13]. Так, по данным Giannoglou G.D. et al., встречаемость АС в ПНА и ПКА различна и составляет при изолированном их поражении 34,7% и 6,5% соответственно [14]. Это объясняется тем, что движение крови по ПНА не такое, как в бассейне ПКА. Для последней характерен более равномерный поток во время сердечного цикла в отличие от ПНА, где происходит выраженное систолическое снижение, сопровождаемое в последующем значительным диастолическим приростом, приводящим, в свою очередь, к изменению напряжения сдвига сосудистой стенки – именно эти колебания способствуют большей её склонности к развитию АС [15]. Однако, несмотря на выше указанный факт, именно из-за склонности бассейна ПКА к прогрессированию уже существующего в ней АС, в том числе в виде хронической её окклюзии, наиболее часто имеет место неполная реваскуляризация миокарда, когда КШ в этом коронарном бассейне не проводят в силу высокой частоты дисфункции БПВ-шунтов [16, 17]. Это также показательно, в частности, в отношении

системы БПВ-ПКА, изучаемой в рамках настоящего исследования, так как она чаще всех имела, по данным предоперационной КАГ, хроническую окклюзию КА.

Что касается группы систем с использованием ЛА в виде ЛА-ПКА и ЛА-ВТК, то она была малочисленна, и отметить достоверно какую-либо тенденцию оказалось проблематично, что указывало на одно из имеющихся ограничений настоящей работы. Вместе с этим, для указанных систем также были характерны единичные случаи основных причин дисфункций, факторами риска которых, например, в случае дегенерации ЛА-шунта и коронарной конкуренции, как показывают исследования, мог быть проксимальный стеноз сопряжённой с ним КА менее 75% [18].

В целом, если экстраполировать проходимость шунтов на функционирование МФС «конduit-артерия», то возможно получить очень схожие статистические данные, в связи с тем, что дисфункция шунтов всегда отражает дисфункцию всей системы. Так, исходя из результатов настоящей работы, удовлетворительное функционирование спустя 10 лет ЛВГА-шунтов составило около 80%, ПВГА – 74%, БПВ – 66%, а ЛА – 59%, что в целом соответствовало другим исследованиям, в частности, Gaudino M. et al. [19]. Исходя из этого, можно говорить, что МФС «конduit-артерия» с использованием указанных кондуитов функционировала с такой же частотой, а её дисфункция приравнивалась к частоте дисфункций шунтов. Вместе с тем, нужно учитывать, так называемые, латентные случаи несостоятельности МФС «конduit-артерия», например, когда в БПВ-шунте в отсутствие какого-либо очевидного изменения имеется только гипертрофия его интимы, которая практически не визуализируется на КШГ, однако уже отмечается уменьшение просвета дистального русла шунтируемой КА в связи с возможным прогрессированием АС. Очевидно, что в подобной ситуации количество дисфункций МФС «конduit-артерия» окажется существенно больше, и указанный факт может иметь важное практическое значение, так как изменение в одной из частей такой системы способно сигнализировать о потенциальном изменении в другой, даже если в настоящий момент нет никаких видимых проявлений. Полученные данные требуют осмысления, а также проведения дальнейших исследований, в том числе с целью разработки ранней профилактики дисфункции МФС «конduit-артерия» в целом и коронарных шунтов в частности.

Заключение

Доказано, что основными причинами и связанными с ними последующими механизмами дисфункций МФС «конduit-артерия» с ис-

пользованием ЛВГА и ПВГА является конкурентный кровоток, в то время как для систем с БПВ – наличие плохого дистального коронарного русла.

Литература:

- Hwang H.Y., Paeng J.C., Kang J., Jang M.J., Kim K.B. Relation between functional coronary artery stenosis and graft occlusion after coronary artery bypass grafting. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2021;161(3):1010-1018.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.11.072>
- Limanto D.H., Chang H.W., Kim D.J., Kim J.S., Park K.H., Lim C. Coronary artery size as a predictor of Y-graft patency following coronary artery bypass surgery. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(2):e24063. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024063>
- 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>
- Kraler S., Libby P., Evans P.C., Akhmedov A., Schmiady M.O., Reinehr M., Camici G.G., Lüscher T.F. Resilience of the Internal Mammary Artery to Atherogenesis: Shifting From Risk to Resistance to Address Unmet Needs. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2021;41:2237-2251. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.121.316256>
- Dogan P., Kuyumcu M.S., Demiryapan E., Arisoy F., Ozeke J. Competitive Coronary Flow between the Native Left Anterior Descending Artery and Left Internal Mammary Artery Graft: Is It a Surrogate Angiographic Marker of Over-or-Unnecessary Revascularization Decision in Daily Practice? *Int. J. Angiol.* 2017;26:27-31. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1587695>
- Shishkova D., Markova V., Sinitsky M., Tsepokina A., Frolov A., Zagorodnikov N., Bogdanov L., Kutikhin A. Co-Culture of Primary Human Coronary Artery and Internal Thoracic Artery Endothelial Cells Results in Mutually Beneficial Paracrine Interactions. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(21):8032. <https://doi.org/10.3390/ijms21218032>
- Doenst T., Sousa-Uva M. How to deal with nonsevere stenoses in coronary artery bypass grafting – a critical perspective on competitive flow and surgical precision. *Curr. Opin. Cardiol.* 2022;37(6):468-473. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000993>
- Borović M.M.L., Lalić I.M., Borović S.D., Zaletel I.V., Mutavdžin S.S., Bajčetić M.I., Kostić J.V., Trifunović Z.Z. Structural features of arterial grafts important for surgical myocardial revascularization: Part I – Histology of the internal thoracic artery. *Vojnosanit. Pregl.* 2015;72(10):914-921. <https://doi.org/10.2298/VSP140515079L>
- Fonseca D.A., Antunes P.E., Antunes M.J., Cotrim M.D. Histomorphometric analysis of the human internal thoracic artery and relationship with cardiovascular risk factors. *PLoS ONE*. 2019;14(1):e0211421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211421>
- Xenogiannis I., Zenati M., Bhatt D.L., Rao S.V., Rodés-Cabau J., Goldman S., Shunk K.A., Mavromatis K., Banerjee S., Alaswad K., Nikolakopoulos I., Vemmou E., Karacsonyi J., Alexopoulos D., Burke M.N., Bapat V.N., Brilakis E.S. Saphenous Vein Graft Failure: From Pathophysiology to Prevention and Treatment Strategies. *Circulation*. 2021;144(9):728-745. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052163>
- Zhu Y.Y., Hayward P.A., Hare D.L., Reid C., Stewart A.G., Buxton B.F. Effect of lipid exposure on graft patency and clinical outcomes: arteries and veins are different. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2014;45(2):323-328. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt261>
- Duanmu Z., Chen W., Gao H., Yang X., Luo X., Hill N.A. A One-Dimensional Hemodynamic Model of the Coronary Arterial Tree. *Front. Physiol.* 2019;10:853. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00853>
- Li J., Liu R., Ji X., Xue H., Zhang G., Wang C., Chen Q., Xue F., Cui L. Insight into the Spectrum of Coronary Atherosclerosis in Asymptomatic Urban Han Chinese Population by Coronary Computed Tomography Angiography. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0132188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132188>
- Giannoglou G.D., Antoniadis A.P., Chatzizisis Y.S., Louridas G.E. Difference in the topography of atherosclerosis in the left versus right coronary artery in patients referred for coronary angiography. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2010;10:26. <https://doi.org/10.1186/1471-2261-10-26>
- Chatzizisis Y.S., Giannoglou G.D., Parcharidis G.E., Louridas G.E. Is left coronary system more susceptible to atherosclerosis than right? A pathophysiological insight. *Int. J. Cardiol.* 2007;116(1):7-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.03.029>
- Fiddicke M., Fleissner F., Brunkhorst T., Kühn E.M., Obed D., Boethig D., Ismail I., Haverich A., Warnecke G., Sommer W. Coronary artery bypass grafts to chronic occluded right coronary arteries. *JTCVS Open*. 2021;7:169-179. <https://doi.org/10.1016/j.jxon.2021.06.007>
- McKavanagh P., Yanagawa B., Zawadowski G., Cheema A. Management and Prevention of Saphenous Vein Graft Failure: A Review. *Cardiol. Ther.* 2017;6(2):203-223. <https://doi.org/10.1007/s40119-017-0094-6>
- Hosono M., Murakami T., Hirai H., Sasaki Y., Suehiro S., Shibata T. The Risk Factor Analysis for the Late Graft Failure of Radial Artery Graft in Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;25(1):32-38. <https://doi.org/10.5761/atcs.0a.18-00054>
- Gaudino M., Antoniadis C., Benedetto U., Deb S., Di Franco A., Di Giammarco G., Fremes S., Glineur D., Grau J., He G.W., Marinelli D., Ohmes L.B., Patrono C., Puskas J., Tranbaugh R., Girardi L.N., Taggart D.P.; 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.117.027>

References:

- Hwang HY, Paeng JC, Kang J, Jang MJ, Kim KB. Relation between functional coronary artery stenosis and graft occlusion after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;161(3):1010-1018.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.11.072>
- Limanto DH, Chang HW, Kim DJ, Kim JS, Park KH, Lim C. Coronary artery size as a predictor of Y-graft patency following coronary artery bypass surgery. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(2):e24063. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024063>
- Frolov A.V. Morphological and functional system of graft-artery junctions. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019;8(1):112-122. (In Russ). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-1-112-122>
- Kraler S, Libby P, Evans PC, Akhmedov A, Schmiady MO, Reinehr M, Camici GG, Lüscher TF. Resilience of the Internal Mammary Artery to Atherogenesis: Shifting From Risk to Resistance to Address Unmet Needs. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2021;41:2237-2251. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.121.316256>
- Dogan P, Kuyumcu MS, Demiryapan E, Arisoy F, Ozeke J. Competitive Coronary Flow between the Native Left Anterior Descending Artery and Left Internal Mammary Artery Graft: Is It a Surrogate Angiographic Marker of Over-or-Unnecessary Revascularization Decision in Daily Practice? *Int J Angiol.* 2017;26:27-31. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1587695>
- Shishkova D, Markova V, Sinitsky M, Tsepokina A, Frolov A, Zagorodnikov N, Bogdanov L, Kutikhin A. Co-Culture of Primary Human Coronary Artery and Internal Thoracic Artery Endothelial Cells Results in Mutually Beneficial Paracrine Interactions. *Int J Mol Sci.* 2020;21(21):8032. <https://doi.org/10.3390/ijms21218032>
- Doenst T, Sousa-Uva M. How to deal with nonsevere stenoses in coronary artery bypass grafting – a critical perspective on competitive flow and surgical precision. *Curr Opin Cardiol.* 2022;37(6):468-473. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000993>
- Borović MML, Lalić IM, Borović SD, Zaletel IV, Mutavdžin SS, Bajčetić MI, Kostić JV, Trifunović ZZ. Structural features of arterial grafts important for surgical myocardial revascularization: Part I – Histology of the internal thoracic artery. *Vojnosanit Pregl.* 2015;72(10):914-921. <https://doi.org/10.2298/VSP140515079L>
- Fonseca DA, Antunes PE, Antunes MJ, Cotrim MD. Histomorphometric analysis of the human internal thoracic artery and relationship with cardiovascular risk factors. *PLoS ON.* 2019;14(1):e0211421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211421>
- Xenogiannis I, Zenati M, Bhatt DL, Rao SV, Rodés-Cabau J, Goldman S, Shunk KA, Mavromatis K, Banerjee S, Alaswad K, Nikolakopoulos I, Vemmou E, Karacsonyi J, Alexopoulos D, Burke MN, Bapat VN, Brilakis

- ES. Saphenous Vein Graft Failure: From Pathophysiology to Prevention and Treatment Strategies. *Circulation*. 2021;144(9):728-745. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052163>
11. Zhu YY, Hayward PA, Hare DL, Reid C, Stewart AG, Buxton BF. Effect of lipid exposure on graft patency and clinical outcomes: arteries and veins are different. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45(2):323-328. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt261>
 12. Duanmu Z, Chen W, Gao H, Yang X, Luo X, Hill NA. (2019) A One-Dimensional Hemodynamic Model of the Coronary Arterial Tree. *Front Physiol*. 2019;10:853. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00853>
 13. Li J, Liu R, Ji X, Xue H, Zhang G, Wang C, Chen Q, Xue F, Cui L. (2015) Insight into the Spectrum of Coronary Atherosclerosis in Asymptomatic Urban Han Chinese Population by Coronary Computed Tomography Angiography. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0132188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132188>
 14. Giannoglou GD, Antoniadis AP, Chatzizisis YS, Louridas GE Difference in the topography of atherosclerosis in the left versus right coronary artery in patients referred for coronary angiography. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2010;10:26. <https://doi.org/10.1186/1471-2261-10-26>
 15. Chatzizisis YS, Giannoglou GD, Parcharidis GE, Louridas GE. Is left coronary system more susceptible to atherosclerosis than right? A pathophysiological insight. *Intern J Cardiology*. 2007;116(1):7-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.03.029>
 16. Fiddicke M, Fleissner F, Brunkhorst T, Kühn EM, Obied D, Boethig D, Ismail I, Haverich A, Wamecke G, Sommer W. Coronary artery bypass grafts to chronic occluded right coronary arteries. *JTCVS Open*. 2021;7:169-179. <https://doi.org/10.1016/j.xjon.2021.06.007>
 17. McKavanagh P, Yanagawa B, Zawadowski G, Cheema A. Management and Prevention of Saphenous Vein Graft Failure: A Review. *Cardiol Ther*. 2017;6(2):203-223. <https://doi.org/10.1007/s40119-017-0094-6>
 18. Hosono M, Murakami T, Hirai H, Sasaki Y, Suehiro S, Shibata T. The Risk Factor Analysis for the Late Graft Failure of Radial Artery Graft in Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;25(1):32-38. <https://doi.org/10.5761/atcs.0a.18-00054>
 19. 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.117.02>

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, корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации.

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, Сосновский 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, Сосновский бульвар, д. 6)

Вклад в статью: написание статьи, корректура 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, Сосновский бульвар, д. 6)

Вклад в статью: корректура статьи.

ORCID: 0000-0001-8370-3083

Authors

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

Contribution: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-1746-8895

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

Prof. Roman S. Tarasov, MD, DSc, Head of the Laboratory of Endovascular and Reconstructive 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

Статья поступила: 11.04.2023 г.

Принята в печать: 30.08.2023 г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Received: 11.04.2023

Accepted: 30.08.2023

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.