

УДК 617-089.844

DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-2-107-115

КОМПОЗИТНОЕ КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ

А.В. Фролов ✉, К.А. Козырин

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

• В настоящее время наряду со стандартной методикой реваскуляризации миокарда активно применяется комpositное шунтирование, которое позволяет избежать ряда возможных проблем. С одной стороны, это возможность проведения процедуры не касаясь аорты, что предупреждает ишемические нарушения головного мозга, с другой – комpositное шунтирование позволяет преодолеть недостаток кондуитов.

Резюме

В статье показаны история, современное представление и различные варианты комpositного коронарного шунтирования. Доказано, что меньшее количество манипуляций на аорте в ходе операции существенно снижает риск ишемического инсульта, однако это всегда сопряжено с применением Off-pump технологии, которая остаётся до сих пор спорным моментом несмотря на все преимущества указанной методики. Вместе с тем неоспоримым остаётся факт того, что при применении комpositного или составного шунтирования возможна реваскуляризация миокарда даже в условиях недостатка кондуитов. А в последнее время дискутируются вопросы о соединении между собой артериальных и венозных кондуитов, что придаёт такому виду шунтирования ещё больший практический импульс.

Ключевые слова Комpositные кондуиты • Коронарное шунтирование • Варианты реконструкции

Поступила в редакцию: 19.04.19; поступила после доработки: 13.05.19; принята к печати: 27.05.19

COMPOSITE CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

A.V. Frolov ✉, K.A. Kozirin

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

• Currently, composite coronary artery bypass grafting is actively used along with conventional myocardial revascularization, as it allows avoiding a number of possible problems. On the one hand, it is no touch aorta technique, ensuring the prevention of cerebral ischemic disorders; on the other, composite coronary artery bypass grafting can overcome the lack of conduits.

Abstract

The article presents the historical insights into composite coronary artery bypass grafting, current concepts and its different variants. A smaller number of manipulations on the aorta during the procedure has been proved to reduce significantly the risk of ischemic stroke. However, it requires off-pump technology, which is still controversial despite all its advantages. No doubt, composite or compound bypass grafting allows performing myocardial revascularization even if there is a lack of conduits. A particular concern has been paid to the connection between the arterial and venous conduits, therefore emphasizing the relevance of composite coronary artery bypass grafting.

Keywords Composite conduits • Coronary artery bypass grafting • Variants of reconstruction

Received: 19.04.19; received in revised form: 13.05.19; accepted: 27.05.19

Список сокращений

КШ – коронарное шунтирование ВГА – внутренняя грудная артерия

Для корреспонденции: Фролов Алексей Витальевич, e-mail: kjerne@yandex.ru, тел.: +7 (3842) 64-05-69; адрес: 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, д. 6

Corresponding author: Frolov Alexey V., e-mail: kjerne@yandex.ru, phone: +7 (3842) 64-05-69; address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnoviy blvd.

ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия	БПВ – большая подкожная вена
ПВГА – правая внутренняя грудная артерия	ПНА – передняя нисходящая артерия
ЛА – лучевая артерия	КА – коронарная артерия
ПЖСА – правая желудочно-сальниковая артерия	ИК – искусственное кровообращение
НЭА – нижняя эпигастральная артерия	

Введение

В настоящее время коронарное шунтирование (КШ) – рутинная сердечно-сосудистая операция, применяемая во всём мире. Существует большое количество вариантов её проведения: в зависимости от наличия либо отсутствия искусственного кровообращения (ИК), а также выбора различных кондуитов, как венозных, так и артериальных и их комбинаций. В современной кардиохирургии нет единства в отношении ИК, так как одни хирурги, обосновывая свой выбор, предпочитают оперировать на остановленном и плегированном сердце в силу доступности всех коронарных артерий (КА) и технической простоты процедуры. Другие, напротив, невзирая на все сложности, выбирают именно технологию КШ на работающем сердце, постулируя о том, что как само ИК может вызвать ряд постперфузионных нарушений, так и манипуляции на аорте создают риск развития малых и больших мозговых осложнений. Однако научный спор продолжается, и в одном из последних крупных мета-анализов в 2018 г. Такақи Н. et al. показали, что Off-pump КШ увеличивает отдалённую послеоперационную смертность в сравнении с On-pump КШ несмотря на все преимущества хирургии на работающем сердце [1]. Вместе с тем, в других последних работах было убедительно доказано, что “no-touch” или “anaortic technique” КШ, которое подразумевает отсутствие каких бы то ни было манипуляций на аорте и выполняется Off-pump, существенно снижает вероятность развития инсульта в послеоперационном периоде до 75% [2, 3].

Само по себе КШ по типу “no-touch” часто требует другого технического приёма – составного шунтирования, когда одни кондуиты подшиваются к другим. Безусловно, указанная техника справедлива и для хирургии On-pump, но, учитывая, что составное или композитное шунтирование наиболее часто применяется в случае использования внутренней грудной артерии (ВГА) “in situ”, которая может не требовать вовлечения аорты в хирургический процесс и сама является донором для других кондуитов, важно указать на некоторую сопряжённость этих двух приёмов: композитного КШ и КШ Off-pump. Другой проблемой, дискутируемой вне зависимости от того, проводилось ли КШ с ИК или без него, является выбор кондуитов, которые формируют композитные шунты. В настоящее время известно по меньшей мере пять основных кондуитов, которые наиболее часто применяются в указан-

ном виде КШ, а именно: ВГА, лучевая артерия (ЛА), правая желудочно-сальниковая артерия (ПЖСА), нижняя эпигастральная артерия (НЭА) и большая подкожная вена (БПВ) [4, 5]. Немаловажную роль играет и их пространственная конфигурация или их геометрия, так как последняя определяет залог успешной реваскуляризации миокарда [6]. Несмотря на имеющиеся данные и варианты, достойные для их применения, композитное шунтирование не является в большинстве случаев рутинным, отдавая пальму первенства стандартному линейному КШ. В силу объективных причин, таких, как техническая трудность, относительно небольшая доказательная база и других, композитное КШ остаётся методом выбора в ряде ситуаций, а также в зависимости от предпочтения этой техники той или иной группы хирургов.

Общее представление и история композитного КШ

О возможности соединять между собой шунты было известно давно, и методика формирования Y-графтов началась ещё в 1960–70е гг., когда из двух фрагментов БПВ сшивался единый композитный кондуит для максимального охвата зоны реваскуляризации [6–8]. Однако на практике такой приём стали использовать более активно относительно недавно, особенно в случае артерио-артериальных составных графтов. Само по себе понятие композитного или составного шунтирования с технической точки зрения предполагает соединение между собой различных кондуитов – как венозных, так и артериальных, с целью максимального охвата реваскуляризуемой территории миокарда либо при недостаточной длине выбранных кондуитов, когда требуется их надставка и последующее использование для множественного секвенциального шунтирования. Изначально концепцию композитного КШ предложили Sauvage L.R. et al. (Сиэтл, США) в 1986 г. в рамках тотальной артериальной реваскуляризации миокарда с использованием обеих ВГА [9]. Исследователи, проведя ряд экспериментов на собаках, а затем и на реальных больных, использовали технику, когда к заднебоковой стенке левой внутренней грудной артерии (ЛВГА) “in situ” подшивали правую внутреннюю грудную артерию (ПВГА), выделенную свободным графтом, получая, таким образом, искусственную бифуркацию для реваскуляризации в бассейне как левой, так и правой КА. Примерно десятилетием позже, в 1994 г., известный итальянский кардиохирург Calafiori A.M. et al.

опубликовали работу, в которой также была показана возможность использования для композитного шунтирования не только ВГА, но и ЛА, ПЖСА, а также НЭА [10]. В этом же 1994 г. Tector A. et al. (США) в своём известном исследовании, применяя обе ВГА, впервые обосновали технические нюансы использования так называемого классического «Т-шунта» (техника Т-шунта по Tector-Barner-Calafiore), который активно используется по настоящее время [11].

Все указанные работы, а также ряд других, были направлены главным образом на составное шунтирование, кондуитами которого являлись одни артерии, что дало, в том числе, важный толчок в развитии тотальной аутоартериальной реваскуляризации миокарда [12]. Однако в ряде случаев в качестве части композитного шунта в соединении с артерией-донором ВГА может применяться также и венозный конduit. Ещё в 1991 г. американские исследователи Mills N.L. и Everson C.T. в своей работе, включившей более 1700 КШ, использовали у части пациентов фрагмент БПВ в соединении с ЛВГА “in situ”, вследствие выраженного атероматоза аорты [13]. Более частое использование БПВ при таком шунтировании стало применяться в последнее десятилетие, что связано как с приростом доказательной базы, так и с фундаментальными исследованиями в области изучения различных кондуитов. Известными апологетами такого шунтирования являются корейские хирурги и учёные Hwang H.Y. [14] и Kim Y.H. [15], которые внесли немалый вклад в этот раздел коронарной хирургии. Что касается нашей страны, то в России известны работы Лысенко А.В. с соавт. по композитному шунтированию с использованием обеих ВГА [16], Вечерского Ю.Ю. с соавт., использовавшего также обе ВГА и ЛА [17], кроме этого, одно из последних интересных исследований Россейкина Е.В. с соавт., посвящённое коронаро-коронарному шунтированию, имеющее прямое отношение к особому варианту композитного КШ [18].

В настоящее время единой позиции по вопросу композитного КШ так и не выработано, а рандомизированные исследования продолжают [19]. Истинное же количество выполнения таких процедур назвать сложно, но, исходя из того, что они часто применяются в случае тотальной аутоартериальной реваскуляризации либо её сочетании с БПВ, исходный процент вероятно невелик.

В целом важно указать на преимущества и ограничения такого метода реваскуляризации миокарда. К первым можно отнести: 1). Меньшую инвазивность при полноценной реваскуляризации миокарда даже у пациентов с выраженной недостаточностью левого желудочка за счёт достаточной длины кондуитов и их конфигурации; 2). Уменьшение манипуляций на аорте и существенное снижение ри-

ска развития периоперационного инсульта. Ко вторым: 1). Анатомо-функциональную адекватность единственного донора – ВГА; 2). Риск компротации кровотока по передней нисходящей артерии (ПНА); 3). Влияние конкурентного кровотока на состоятельность шунтов; 4). Использование множественного секвенциального шунтирования [20].

Виды композитного шунтирования относительно геометрии кондуита

Говоря о композитном шунтировании, нельзя обойти стороной пространственное расположение кондуитов друг относительно друга, так как успех такого вида КШ напрямую зависит от того, как, на каком уровне и в какой форме будут соединены между собой графты. В зависимости от пространственной геометрии кондуитов композитное КШ условно можно классифицировать по разным критериям:

1). По сложности: простое, обозначаемое буквами латинского алфавита (H, I, K, T, U, X, Y) и сложное (TY, петлеобразное, π -образное, рогаткообразное);

2). По пространственной определённости: определённое (H, I, K, T, U, X, Y, классическое π -образное, рогаткообразное), переменное (петлеобразное, модифицированное π -образное) и неопределённое (TY);

3). По количеству охвата шунтируемых КА: трёхсосудистое (K, T, X, Y, TY, π -образное, рогаткообразное), двухсосудистое (T, U, правое Y-образное) и однососудистое (H, I, петлеобразное, ЛВГА-T-образное);

4). По уровню мини-инвазивности КШ: традиционное КШ On-pump (I, K, T, U, Y, TY, петлеобразное, π -образное, рогаткообразное), КШ Off-pump (I, K, T, U, Y, TY, петлеобразное, π -образное) и КШ из мини-доступа (H, T, Y) [21].

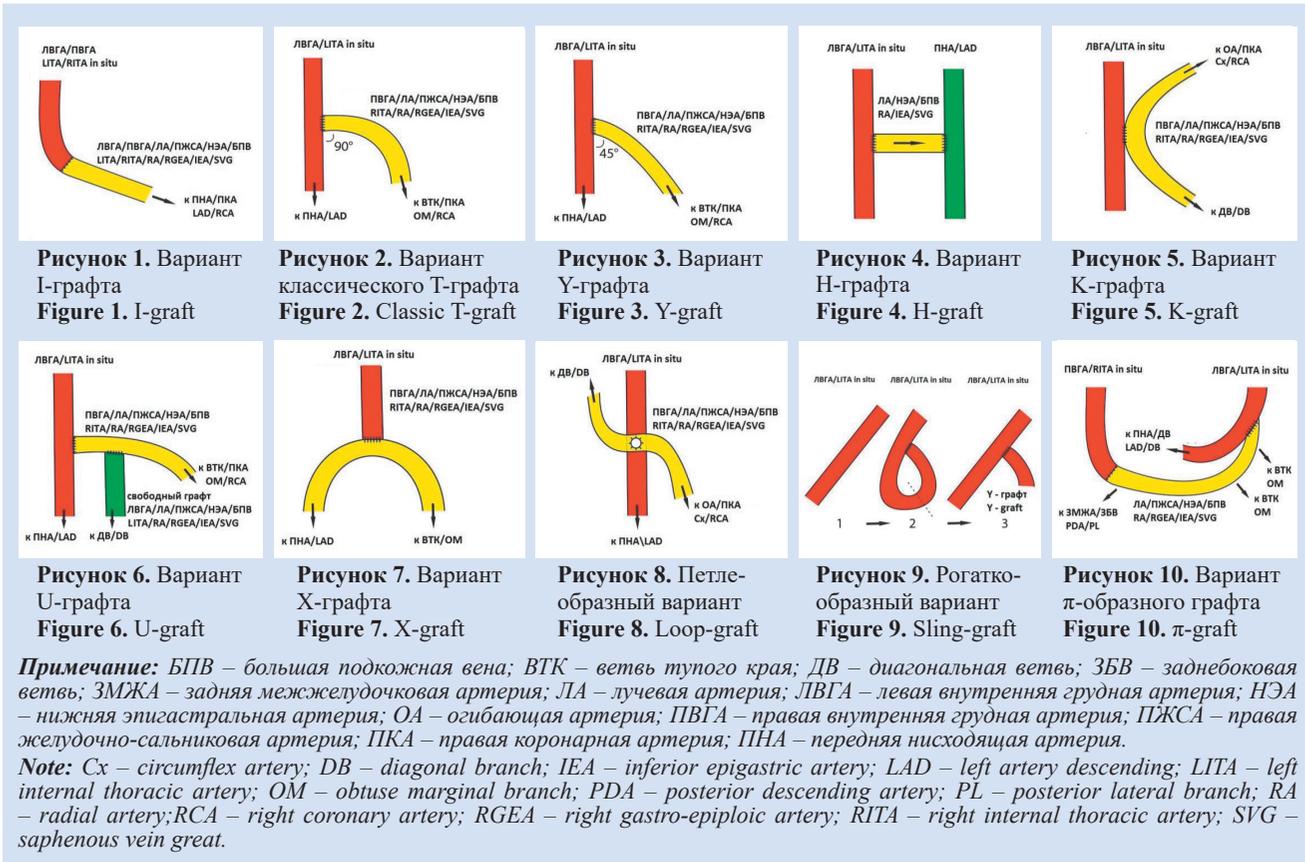
Указанные варианты могут применяться в различных ситуациях, в зависимости от технической потребности. Так, Cohn W. E. et al. продемонстрировали возможность использования H-графта в процессе минимально инвазивного КШ через боковую торакотомию [22]. В работе, посвященной КШ на работающем сердце в условиях спонтанного дыхания и высокой эпидуральной анестезии, Gupta A. назвал такой графт «интерпозиционным» [23]. U-графт, рассматриваемый как коронарно-коронарный шунт, также именуемый «подковообразным», может применяться в случае кальциноза восходящей аорты, повторного КШ либо при тотальной реваскуляризации миокарда у молодых пациентов [24]. В ситуации, когда нужно максимально сохранить длину ЛА, используется K-графт [25], а в случае более полного охвата целевых КА – π -графт [26].

Несмотря на имеющееся многообразие, наиболее часто на практике применяются T- и Y-композиционные графты, конфигураций и длины которых

вполне хватает для того, чтобы провести полную реваскуляризацию миокарда, в том числе и в случае тотального эндоскопического шунтирования – ТЕСАВ [27–29]. Об эффективности указанных графтов и их физиологии на примере ЛВГА и ЛА ранее в своей известной работе показал итальянский учёный и хирург Lemma M. [30]. В указан-

ном исследовании было доказано, что маммарная артерия в процессе её адаптации к новым гемодинамическим условиям способна увеличивать свою производительность в несколько раз и тем самым существенно улучшать кровоснабжение миокарда.

Рассмотрим основные схемы возможных сочетаний графтов:



Виды композитного шунтирования относительно морфологии кондуита

Помимо пространственного понимания, как расположены графты, важнейшим аспектом композитного КШ является морфология используемого кондуита [4, 31], так как последняя различается в ВГА, ПЖСА, ЛА, НЭА, БПВ, что, безусловно, имеет большое значение и может определять последующие результаты КШ.

Одной из первой комбинаций, которая сложилась исторически и остаётся очень востребованной на сегодняшний день, это ЛВГА “in situ” в соединении с ПВГА, выделяемой свободным кондуитом либо, наоборот. Из-за гистоморфологической схожести этих кондуитов возникла сама идея возможности анастомозирования между двумя маммарными артериями – как оказалось, они действительно практически во многом эквивалентны друг другу за исключением самых дистальных сегментов, имеющих некоторые различия в силу преобладания мышечного слоя у ПВГА и склонности его к спазму, особенно в ситуации шунтирования ПНА [32, 35].

Исследование Glineur D. et al. показало, что использование Y-графта, состоящего из ЛВГА и ПВГА, в процессе Off-pump КШ демонстрирует

хорошие 10-летние результаты и низкий риск больших сердечно-сосудистых событий [33]. Robinson V.M. et al. на 464 ангиограммах показали также хорошие результаты такого вида композитного шунтирования, подчёркивая долгосрочность адекватного функционирования ВГА [34]. А в 2018 г. группа канадских учёных попыталась ответить на вопрос, какой вариант бимаммарного КШ лучше – использование обеих ВГА “in situ” или же составное КШ, где артерией-донором выступает ЛВГА. Проанализировав имеющийся мировой опыт, авторы пришли к выводу и показали основные плюсы и минусы этой методики [35]. Положительными моментами композитного шунтирования с применением обеих ВГА оказались: 1). Возможность реваскуляризации всей передней и боковой стенок сердца, без каких бы то ни было ограничений; 2). В случае окклюзии или субокклюзии правой КА композитное КШ с применением обеих ВГА также может иметь место. Самым же главным преимуществом было подчеркнуто отсутствие манипуляций на аорте. Что касается недостатков, авторы отметили: 1). Анастомоз между ЛВГА и ПВГА является чрезвычайно важным и в определённом смысле сложным, определяющим успех всей последующей реваскуляризации

миокарда; 2). Увеличение риска конкурентного кровотока в зависимости от длины свободного кондуита ПВГА.

Следующим по распространённости является морфологический вариант соединения ЛВГА “in situ” с ЛА, первые клинические исследования которого начались ещё в 1990-е гг. [4, 10]. Несмотря на полученные обнадеживающие результаты, в настоящее время среди хирургов до сих пор существует некоторые опасения при использовании ЛА вследствие её склонности к спазму и ангиографическому феномену “string sign” [36]. Однако такая осторожность не всегда обоснованна, что подтверждают многочисленные современные работы. Так, например, группа японских учёных во главе с Shimahara Y. et al. доказала, что формирование I-графта между ЛА и ЛВГА в качестве её удлинения и возможности секвенциального шунтирования демонстрирует хорошую состоятельность таких шунтов в среднеотдалённом периоде [37]. Кроме этого, ранее было показано, что проксимальный анастомоз между ЛА и ЛВГА может быть эквивалентен анастомозу ЛА-аорта, свидетельствующий о сопоставимости результатов и минимальном влиянии на возможность спазма ЛА в зависимости от места её соединения [38]. А в одном из последних исследований австралийца Royse A.G. et al., одного из самых известных специалистов в области применения ЛА в КШ из госпиталя города Мельбурн, в 2018 г. сравнивалась 21-летняя выживаемость в двух группах в зависимости от варианта шунтирования: первую составили пациенты, подвергшиеся композитному КШ с использованием Y-графта между ЛВГА “in situ” и ЛА, вторую – стандартному КШ в виде ЛВГА “in situ” и БПВ от аорты. Авторы убедительно доказали, что выживаемость в группе композитного КШ лучше, чем в группе сравнения [39].

Не менее изучаемым, хотя и не столько распространённым, является композиция из ЛВГА “in situ” и ПЖСА в свободном лоскуте. В 2002 г. в небольшом рандомизированном исследовании сравнивались результаты составного КШ в группах ЛВГА-ЛА и ЛВГА-ПЖСА, где было показано, что ПЖСА менее состоятельна, по данным коронарной ангиографии, в ранние сроки [40]. Однако позже, в 2013 г., в корейском исследовании также сравнивались две группы – ЛВГА-ПВГА и ЛВГА-ПЖСА, и авторы пришли к выводу, что ПЖСА не уступает ПВГА не только ангиографически в сроки до пяти лет, но и по клиническим результатам в отдалённом периоде [41]. Несмотря на положительные отзывы в отношении ПЖСА как кондуита для композитного КШ, в некоторых работах отмечается склонность указанной артерии к спазму. Так, Nuh J.-H. et al. в 2017 г. показали, что окклюзия ПЖСА вследствие вероятного спазма встречается уже в первый год до 1,1%, а в сроки до 5 лет – в 10,5% случаев. Эти авторы

отметили также и другой интересный феномен, когда окклюзированная ПЖСА вновь «открывалась» в пределах пятилетнего периода у 8,9% пациентов, причем определённую роль в этом играло прогрессирование атеросклероза по нативным КА [42].

Использование НЭА в качестве кондуита для КШ известно с 1988 г., когда бразильцы Puig L.V. et al. впервые описали такую возможность [4, 43]. Вместе с тем, НЭА для композитного шунтирования была впервые предложена упоминаемым ранее Calafiori A.M. в 1994 г. [10]. Особенностью НЭА является вероятность её поражения атеросклерозом до 10% случаев в начальном сегменте, отходящем от наружной подвздошной артерии. В целом же длины 8–19 см и просвета 1,5–3 мм в зависимости от уровня НЭА вполне хватает для того, чтобы создать композит с ВГА [4]. Исследований, посвящённых этому кондуиту немного, большинство из них были проведены ещё в 90-х годах, а результаты представлены противоречиво. В 2003 г. Ayabe T. et al. сообщили об отличных ранних результатах состоятельности НЭА, которая достигала 94,9% [44]. Кроме этого, известны работы, говорящие в пользу применения НЭА даже при мини-инвазивных процедурах в ходе выполнения полной реваскуляризации миокарда [45, 46].

В настоящее время в определённых хирургических кругах стало пользоваться популярностью принципиально иное композитное шунтирование, когда к ВГА присоединяется БПВ. В относительно недавнем рандомизированном исследовании SAVE RITA trial (the Saphenous VEin versus Right Internal Thoracic Artery) Kim K.V. et al., включившем 224 пациента, сравнивались годовые ангиографические и среднесрочные клинические результаты двух групп, в одной из которых использовалось Y-составное шунтирование ЛВГА-ПВГА, во второй – ЛВГА-БПВ. Согласно полученным данным, венозный кондуит не уступал свободному артериальному, а клинические результаты были сопоставимы [47]. Последующее изучение морфологии венозного кондуита в позиции Y-композиционного графта с ЛВГА методом внутрисосудистого ультразвукового исследования спустя 1 год показало, что просвет БПВ уменьшается, проходя так называемое «негативное ремоделирование», однако это не влияет на обширность инфаркта миокарда, если такой и случается [48]. Но в одном из последних литературных обзоров, на основе имеющихся данных, Hwang H.Y. и Kim K.V. резюмировали, что, несмотря на сопоставимые результаты в средние сроки между БПВ и ПВГА, требуются дальнейшие работы по их отдалённой проходимости, так как венозные кондуиты, в отличие от артериальных, более склонны к таким патологическим изменениям, как гиперплазия интимы и атеросклероз в процессе своего функционирования [49]. Пока таких исследований не проводилось.

Заключение

Распространённость операции КШ определяется, прежде всего, её эффективностью. С 60-х годов прошлого столетия исследования в коронарной хирургии продолжаются непрерывно, так как с развитием новых технологий появляются новые вопросы, требующие ответов. Композитное шунтирование – относительно новый подход в кардиохирургии, но лишь в том смысле, что его применение растёт с каждым годом, проводятся работы по изучению как морфологии и физиологии составных графтов, так и ангиографических и клинических результатов такой операции в отдалённом периоде наблюдения. Кроме этого, важным моментом в развитии композитного

шунтирования является его нацеленность на минимально инвазивный подход, а также возможность максимальной реваскуляризации миокарда даже в условиях недостатка кондуитов.

Конфликт интересов

Фролов А.В. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Козырин К.А. заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Фролов Алексей Витальевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории реконструктивной хирургии мультифокального атеросклероза, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения, старший преподаватель научно-образовательного отдела Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Козырин Кирилл Александрович, кандидат медицинских наук, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

Вклад авторов в статью

ФАВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ККА – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Author Information Form

Frolov Alexey V., MD, PhD, senior researcher at the Laboratory of Reconstructive Surgery of Multivessel and Polyvascular Diseases, cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department, senior lecturer at the Department of Research and Education, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

Kozyrin Kirill A., MD, PhD, cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation.

Authors Contribution Statement

FAV – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

KKA – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Takagi H., Hari Y., Mitta S., Kawai N., Ando T.; ALICE (All-Literature Investigation of Cardiovascular Evidence) Group. A meta-analysis of ≥ 5 -year mortality in randomized controlled trials of off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting. *J Card Surg.* 2018 Nov;33(11):716-724. doi: 10.1111/jocs.13828.
2. Prapas S., Calafiore A.M., Katsavrias K.P., Panagiotopoulos I.A., Linardakis I.N., Tancredi F., Foschi M., Di Mauro M. Anaortic coronary surgery using the II-circuit is associated with a low incidence of perioperative neurological complications. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Nov 1;54(5):884-888. doi: 10.1093/ejcts/ezy224.
3. Albert A., Ennker J., Hegazy Y., Ullrich S., Petrov G., Akhyari P., Bauer S., Ürer E., Ennker I.C., Lichtenberg A., Priss H., Assmann A. Implementation of the aortic no-touch technique to reduce stroke after off-pump coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018 Aug;156(2):544-554.e4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.02.111.
4. Guo-Wei He. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. Second edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. 356 p.
5. Coskun I., Colkesen Y., Demirturk O.S., Tunel H.A., Turkoz R., Gulcan O. Evaluation of coronary artery-saphenous vein composite grafts: the aortic no-touch technique. *Tex Heart Inst J.* 2014 Feb;41(1):26-32. doi: 10.14503/THIJ-13-3154.
6. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2008 Jan;9(1):3-14. doi: 10.2459/JCM.0b013e3280110628.
7. Walker J.A., Friedberg H.D., Flemma R.J., Johnson W.D. Determinants of angiographic patency of aortocoronary vein bypass grafts. *Circulation.* 1972 May;45(1 Suppl):186-90.
8. Yeh T.J., Heidary D., Shelton L. Y-grafts and sequential grafts in coronary bypass surgery: a critical evaluation of patency rates. *Ann Thorac Surg.* 1979 May;27(5):409-12.
9. Sauvage L.R., Wu H.D., Kowalsky T.E., Davis C.C., Smith J.C., Rittenhouse E.A., Hall D.G., Mansfield P.B., Mathisen S.R., Usui Y. et al. Healing basis and surgical techniques for complete revascularization of the left ventricle using only the internal mammary arteries. *Ann Thorac Surg.* 1986 Oct;42(4):449-65.
10. Calafiore A.M., Di Giammarco G., Luciani N., Maddestra N., Di Nardo E., Angelini R. Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg.* 1994 Jul;58(1):185-90.
11. Tector A.J., Kress D.C., Shmahl T.M., Amundsen S. T-gaft: a new method of coronary revascularization. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 1994 35(6 Suppl. 1):19-23.
12. Фролов А.В. Тотальная артериальная реваскуляризация миокарда. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018; 7(4S):108-117. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2018-7-4S-108-117>
13. Mills N.L., Everson C.T. Atherosclerosis of the ascending

aorta and coronary artery bypass. Pathology, clinical correlates, and operative management. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991 Oct;102(4):546-53.

14. Hwang H.Y., Koo B.K., Yeom S.Y., Kim T.K., Kim K.B. Endothelial Shear Stress of the Saphenous Vein Composite Graft Based on the Internal Thoracic Artery. *Ann Thorac Surg*. 2018 Feb;105(2):564-571. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.025.

15. Kim Y.H., Oh H.C., Choi J.W., Hwang H.Y., Kim K.B. No-Touch Saphenous Vein Harvesting May Improve Further the Patency of Saphenous Vein Composite Grafts: Early Outcomes and 1-Year Angiographic Results. *Ann Thorac Surg*. 2017 May;103(5):1489-1497. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.024.

16. Лысенко А.В., Строногин А.В., Черноусов А.Ф. Сравнение результатов множественного маммаро-коронарного шунтирования на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2012; 1: 11-16

17. Вечерский Ю.Ю., Андреев С.Л., Затолокин В.В. Тактика использования правой внутренней грудной артерии «in situ» при коронарном шунтировании. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2015; 21 (1): 148-154.

18. Росейкин Е.В., Базылев В.В., Немченко Е.В., Микеуляк А.И. Результаты аутоартериального и аутовенозного коронаро-коронарного шунтирования. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2018; 19 (S6): 64.

19. Drouin A., Noiseux N., Chartrand-Lefebvre C., Soulez G., Mansour S., Tremblay J.A., Basile F., Prieto I., Stevens L.M. Composite versus conventional coronary artery bypass grafting strategy for the anterolateral territory: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2013 Aug 26;14:270. doi: 10.1186/1745-6215-14-270.

20. Paterson H.S., Bannon P.G. Composite Y Grafts From the Left Internal Mammary Artery: Current Considerations. *Heart Lung Circ*. 2018 Feb;27(2):133-137. doi: 10.1016/j.hlc.2017.10.010. Epub 2017 Oct 28.

21. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2008 Jan; 9(1): 3-14.

22. Cohn W.E., Suen H.C., Weintraub R.M., Johnson R.G. The "H" graft: an alternative approach for performing minimally invasive direct coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998 Jan;115(1):148-51.

23. Gupta A. High thoracic epidural analgesia for OPCAB via mid sternotomy in spontaneously breathing patients. *Ann Card Anaesth*. 2003 Jul;6(2):173; author reply 173-4.

24. Agüero O.R., Navia J.L., Navia J.A., Mirtzouian E. A new method of myocardial revascularization with the radial artery. *Ann Thorac Surg*. 1999 Jun;67(6):1817-8.

25. Kobayashi J., Tagusari O., Bando K., Niwaya K., Nakajima H., Ishida M., Fukushima S., Kitamura S. Total arterial off-pump coronary revascularization with only internal thoracic artery and composite radial artery grafts. *Heart Surg Forum*. 2002;6(1):30-7.

26. Prapas S.N., Anagnostopoulos C.E., Kotsis V.N., Stavropoulos G.P., Sidiropoulos A.V., Ananiadou O.G., Palatianos G.M. A new pattern for using both thoracic arteries to revascularize the entire heart: the pi-graft. *Ann Thorac Surg*. 2002 Jun;73(6):1990-2.

27. Rieß F.-C., Heller S., Cramer E., Awwad N., Amin W., Hansen L., Lehmann C., Schofer J., Stripling J., Winkel S., Kremer P. On-Pump versus Off-Pump Complete Arterial Revascularization Using Bilateral Internal Mammary Arteries and the T-Graft Technique: Clinical and Angiographic Results for 3,445 Patients in 13 Years of Follow-Up. *Cardiology* 2017;136:170-179 DOI: 10.1159/000448428.

28. Glineura D., Etienne P.-Y., Kuschner C.E., Shaw R.E., Ferrari G., Rioux N., Papadatos S., Brizzio M., Mindich B., Zapolanski A., Grau J.B. Bilateral internal mammary artery Y construct with multiple sequential grafting improves survival compared to bilateral internal mammary artery with additional vein grafts: 10-year experience at 2 different institutions. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017 Feb 1;51(2):368-375. doi: 10.1093/ejcts/ezw282.

29. Bonatti J., Göbölös L., Ramahi J., Bartel T. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting (TECAB) of the left anterior descending and right coronary artery system

using an arterial Y-graft technique. *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(5):700-703. doi: 10.21037/acs.2018.06.10.

30. Massimo L, Innorta A, Pettinari M, Mangini A., Gelpi G., Piccaluga M., Danna P., Antona C. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 29 (2006) 473-478. doi:10.1016/j.ejcts.2006.01.035.

31. Martínez-González B., Reyes-Hernández C.G., Quiroga-Garza A., Rodríguez-Rodríguez V.E., Esparza-Hernández C.N., Elizondo-Omaña R.E., Guzmán-López S. Conduits Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Review of Morphological Studies. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 23: 55-65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178.

32. Fonseca D.A., Antunes P.E., Cotrim M.D. Ultrastructural and histomorphologic properties of the internal thoracic artery: implications for coronary revascularization Cotrim. *Coron Artery Dis*. 2017 Sep;28(6):518-527. doi: 10.1097/MCA.0000000000000527

33. Glineur D., Papadatos S., Grau J.B., Shaw R.E., Kuschner C.E., Aphram G., Mairy Y., Vanbelighen C., Etienne P.Y. Complete myocardial revascularization using only bilateral internal thoracic arteries provides a low-risk and durable 10-year clinical outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;50:735-41. doi: 10.1093/ejcts/ezw120.

34. Robinson B.M., Paterson H.S., Naidoo R., Dhurandhar V., Denniss A.R. Bilateral Internal Thoracic Artery Composite Y Grafts: Analysis of 464 Angiograms in 296 Patients. *Ann Thorac Surg* 2016;101:974-80. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.008.

35. Kawajiri H., Grau J.B., Fortier J.H. Bilateral internal thoracic artery grafting: in situ or composite? *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(5):673-680. doi: 10.21037/acs.2018.05.16.

36. Miwa S., Desai N., Koyama T., Chan E., Cohen E.A., Fremes S.E.; Radial Artery Patency Study Investigators. Radial artery angiographic string sign: clinical consequences and the role of pharmacologic therapy. *Ann Thorac Surg*. 2006 Jan;81(1):112-8; discussion 119. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.06.076.

37. Watson R.A., Hamza M., Tsakok T.M. Radial artery for coronary artery bypass grafting: does proximal anastomosis to the aorta or left internal mammary artery achieve better patency? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013 Dec; 17(6): 1020-1024.

38. Shimahara Y., Fujita T., Kobayashi J., Asaumi Y., Kanzaki S., Nishimura K., Nakai M., Nakajima H. Optimal target vessel selection for composite and sequential radial artery grafting with an in situ internal thoracic artery. *J Card Surg*. 2017 Oct;32(10):613-620. doi: 10.1111/jocs.13210.

39. Royse A.G., Brennan A.P., Ou-Young J. 21-Year Survival of Left Internal Mammary Artery-Radial Artery-Y Graft. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Sep 18;72(12):1332-1340. doi: 10.1016/j.jacc.2018.06.064.

40. Santos G.G., Stolf N.A., Moreira L.F., Haddad V.L., Simões R.M., Carvalho S.R., Salgado A.A., Avelar S.F. Randomized comparative study of radial artery and right gastroepiploic artery in composite arterial graft for CABG. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002 Jun;21(6):1009-14.

41. Hwang H.Y., Cho K.R., Kim K.B. Equivalency of right internal thoracic artery and right gastroepiploic artery composite grafts: five-year outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2013 Dec;96(6):2061-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.07.003.

42. Huh J.H., Lee K.H., Cho K.R., Hwang H.Y., Kim K.B. Spasm and Reopening of the Right Gastroepiploic Artery Conduit After Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg*. 2017 Jul;104(1):138-144. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.104.

43. Puig L.B., Ciongoli W., Cividanes G.V., Teófilo Júnior S., Dantof A.C., Fiorelli A.I., Kopel L., Galiano N., Salvadori Júnior D., Joaquim E.H. Lower epigastric artery as a free graft. A new alternative in direct myocardial revascularization. *Arq Bras Cardiol*. 1988 Apr;50(4):259-61.

44. Ayabe T., Fukushima Y., Yoshioka M., Onizuka T. Clinical outcome of the coronary arterial bypass graft with inferior epigastric artery as a composite graft. *Kyobu Geka*. 2003 Aug;56(9):731-7; discussion 737-41.

45. Sani G., Mariani M.A., Benetti F., Lisi G., Totaro P., Giomarelli P.P., Toscano M. Total arterial myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass. *Cardiovasc Surg*. 1996 Dec;4(6):825-9.

46. Calafiore A.M., Teodori G., Di Giammarco G., Vitolla G.,

Contini M., Maddestra N., Paloscia L., Iacò A., Gallina S. Left internal mammary elongation with inferior epigastric artery in minimally invasive coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997 Sep;12(3):393-6; discussion 397-8.

47. Kim K.B., Hwang H.Y., Hahn S., Kim J.S., Oh S.J. A randomized comparison of the Saphenous Vein Versus Right Internal Thoracic Artery as a Y-Composite Graft (SAVE RITA) trial: One-year angiographic results and mid-term clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Sep;148(3):901-7;

discussion 907-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.03.057.

48. Hwang H.Y., Koo B.K., Oh S.J., Kim K.B. Morphologic changes of the saphenous vein Y-composite graft based on the left internal thoracic artery: 1-year intravascular ultrasound study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Feb;149(2):487-93. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.08.056.

49. Hwang H.Y., Kim K.B. Saphenous vein as a composite graft from the internal thoracic artery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018 Sep;7(5):686-689. doi: 10.21037/acs.2018.06.08.

REFERENCES

1. Takagi H., Hari Y., Mitta S., Kawai N., Ando T.; ALICE (All-Literature Investigation of Cardiovascular Evidence) Group. A meta-analysis of ≥ 5 -year mortality in randomized controlled trials of off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting. *J Card Surg.* 2018 Nov;33(11):716-724. doi: 10.1111/jocs.13828.

2. Prapas S., Calafiore A.M., Katsavrias K.P., Panagiotopoulos I.A., Linardakis I.N., Tancredi F., Foschi M., Di Mauro M. Anaortic coronary surgery using the II-circuit is associated with a low incidence of perioperative neurological complications. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Nov 1;54(5):884-888. doi: 10.1093/ejcts/ezy224.

3. Albert A., Ennker J., Hegazy Y., Ullrich S., Petrov G., Akhyari P., Bauer S., Ürer E., Ennker I.C., Lichtenberg A., Priss H., Assmann A. Implementation of the aortic no-touch technique to reduce stroke after off-pump coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018 Aug;156(2):544-554.e4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.02.111.

4. Guo-Wei He. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. Second edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. 356 p.

5. Coskun I., Colkesen Y., Demirturk O.S., Tunel H.A., Turkoz R., Gulcan O. Evaluation of coronary artery-saphenous vein composite grafts: the aortic no-touch technique. *Tex Heart Inst J.* 2014 Feb;41(1):26-32. doi: 10.14503/THIJ-13-3154.

6. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2008 Jan;9(1):3-14. doi: 10.2459/JCM.0b013e3280110628.

7. Walker J.A., Friedberg H.D., Flemma R.J., Johnson W.D. Determinants of angiographic patency of aortocoronary vein bypass grafts. *Circulation.* 1972 May;45(1 Suppl):186-90.

8. Yeh T.J., Heidary D., Shelton L. Y-grafts and sequential grafts in coronary bypass surgery: a critical evaluation of patency rates. *Ann Thorac Surg.* 1979 May;27(5):409-12.

9. Sauvage L.R., Wu H.D., Kowalsky T.E., Davis C.C., Smith J.C., Rittenhouse E.A., Hall D.G., Mansfield P.B., Mathisen S.R., Usui Y. et al. Healing basis and surgical techniques for complete revascularization of the left ventricle using only the internal mammary arteries. *Ann Thorac Surg.* 1986 Oct;42(4):449-65.

10. Calafiore A.M., Di Giammarco G., Luciani N., Maddestra N., Di Nardo E., Angelini R. Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg.* 1994 Jul;58(1):185-90.

11. Tector A.J., Kress D.C., Shmahl T.M., Amundsen S. T-graft: a new method of coronary revascularization. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 1994 35(6 Suppl. 1):19-23.

12. Frolov A.V. Total arterial myocardial revascularization. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2018;7(4S):108-117. (In Russ.) <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2018-7-4S-108-117> (In Russian)

13. Mills N.L., Everson C.T. Atherosclerosis of the ascending aorta and coronary artery bypass. Pathology, clinical correlates, and operative management. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Oct;102(4):546-53.

14. Hwang H.Y., Koo B.K., Yeom S.Y., Kim T.K., Kim K.B. Endothelial Shear Stress of the Saphenous Vein Composite Graft Based on the Internal Thoracic Artery. *Ann Thorac Surg.* 2018 Feb;105(2):564-571. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.025.

15. Kim Y.H., Oh H.C., Choi J.W., Hwang H.Y., Kim K.B. No-Touch Saphenous Vein Harvesting May Improve Further the Patency of Saphenous Vein Composite Grafts: Early Outcomes and 1-Year Angiographic Results. *Ann Thorac Surg.* 2017 May;103(5):1489-1497. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.024.

16. Lysenko A.V., Stonogin A.V., Chernousov A.F. Comparison of multiple internal thoracic artery bypass grafting off-pump vs on-pump. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2012; 1: 11-16. (In Russian)

17. Vecherskij YU.YU., Andreev S.L., Zolotkin V.V. Taktika ispol'zovaniya pravoy vnutrennej grudnoj arterii «in situ» pri koronarnom shuntirovanii. *Angiologiya i sosudistaya hirurgiya.* 2015; 21 (1): 148-154. (In Russian)

18. Rossejkin E.V., Bazylev V.V., Nemchenko E.V., Mikeulyak A.I. Rezul'taty autoarterial'nogo i autovenoznogo koronarno-koronarnogo shuntirovaniya. *Byulleten' NCCSKH im. A.N. Bakuleva RAMN. Serdechno-sosudistye zabollevaniya.* 2018; 19 (S6): 64. (In Russian)

19. Drouin A., Noiseux N., Chartrand-Lefebvre C., Soulez G., Mansour S., Tremblay J.A., Basile F., Prieto I., Stevens L.M. Composite versus conventional coronary artery bypass grafting strategy for the anterolateral territory: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2013 Aug 26;14:270. doi: 10.1186/1745-6215-14-270.

20. Paterson H.S., Bannon P.G. Composite Y Grafts From the Left Internal Mammary Artery: Current Considerations. *Heart Lung Circ.* 2018 Feb;27(2):133-137. doi: 10.1016/j.hlc.2017.10.010. Epub 2017 Oct 28.

21. Yuan S.M., Shinfeld A., Raanani E. Configurations and classifications of composite arterial grafts in coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2008 Jan; 9(1): 3-14.

22. Cohn W.E., Suen H.C., Weintraub R.M., Johnson R.G. The "H" graft: an alternative approach for performing minimally invasive direct coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 Jan;115(1):148-51.

23. Gupta A. High thoracic epidural analgesia for OPCAB via mid sternotomy in spontaneously breathing patients. *Ann Card Anaesth.* 2003 Jul;6(2):173; author reply 173-4.

24. Aguero O.R., Navia J.L., Navia J.A., Mirtzouian E. A new method of myocardial revascularization with the radial artery. *Ann Thorac Surg.* 1999 Jun;67(6):1817-8.

25. Kobayashi J., Tagusari O., Bando K., Niwaya K., Nakajima H., Ishida M., Fukushima S., Kitamura S. Total arterial off-pump coronary revascularization with only internal thoracic artery and composite radial artery grafts. *Heart Surg Forum.* 2002;6(1):30-7.

26. Prapas S.N., Anagnostopoulos C.E., Kotsis V.N., Stavropoulos G.P., Sidiropoulos A.V., Ananiadou O.G., Palatianos G.M. A new pattern for using both thoracic arteries to revascularize the entire heart: the pi-graft. *Ann Thorac Surg.* 2002 Jun;73(6):1990-2.

27. Rief F.-C., Heller S., Cramer E., Awwad N., Amin W., Hansen L., Lehmann C., Schofer J., Stripling J., Winkel S., Kremer P. On-Pump versus Off-Pump Complete Arterial Revascularization Using Bilateral Internal Mammary Arteries and the T-Graft Technique: Clinical and Angiographic Results for 3,445 Patients in 13 Years of Follow-Up. *Cardiology* 2017;136:170-179 DOI: 10.1159/000448428.

28. Glineura D., Etiennea P.-Y., Kuschner C.E., Shaw R.E., Ferrari G., Rioux N., Papadatos S., Brizzio M., Mindich B., Zapolanski A., Grau J.B. Bilateral internal mammary artery Y construct with multiple sequential grafting improves survival compared to bilateral internal mammary artery with additional vein grafts: 10-year experience at 2 different institutions. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 Feb 1;51(2):368-375. doi: 10.1093/ejcts/ezw282.

29. Bonatti J., Göbölös L., Ramahi J., Bartel T. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting (TECAB) of

- the left anterior descending and right coronary artery system using an arterial Y-graft technique. *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(5):700-703. doi: 10.21037/acs.2018.06.10.
30. Massimo L, Innorta A, Pettinari M, Mangini A, Gelpi G, Piccaluga M, Danna P, Antona C. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 29 (2006) 473-478. doi:10.1016/j.ejcts.2006.01.035.
31. Martínez-González B., Reyes-Hernández C.G., Quiroga-Garza A., Rodríguez-Rodríguez V.E., Esparza-Hernández C.N., Elizondo-Omaña R.E., Guzmán-López S. Conduits Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Review of Morphological Studies. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 23: 55–65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178.
32. Fonseca D.A., Antunes P.E., Cotrim M.D. Ultrastructural and histomorphologic properties of the internal thoracic artery: implications for coronary revascularization. *Coron Artery Dis.* 2017 Sep;28(6):518-527. doi: 10.1097/MCA.0000000000000527
33. Glineur D., Papadatos S., Grau J.B., Shaw R.E., Kushner C.E., Aphram G., Mairy Y., Vanbelighen C., Etienne P.Y.. Complete myocardial revascularization using only bilateral internal thoracic arteries provides a low-risk and durable 10-year clinical outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;50:735-41. doi: 10.1093/ejcts/ezw120.
34. Robinson B.M., Paterson H.S., Naidoo R., Dhurandhar V., Denniss A.R. Bilateral Internal Thoracic Artery Composite Y Grafts: Analysis of 464 Angiograms in 296 Patients. *Ann Thorac Surg* 2016;101:974-80. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.008.
35. Kawajiri H., Grau J.B., Fortier J.H. Bilateral internal thoracic artery grafting: in situ or composite? *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(5):673-680. doi: 10.21037/acs.2018.05.16.
36. Miwa S., Desai N., Koyama T., Chan E., Cohen E.A., Fremes S.E.; Radial Artery Patency Study Investigators. Radial artery angiographic string sign: clinical consequences and the role of pharmacologic therapy. *Ann Thorac Surg.* 2006 Jan;81(1):112-8; discussion 119. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.06.076.
37. Watson R.A., Hamza M., Tsakok T.M. Radial artery for coronary artery bypass grafting: does proximal anastomosis to the aorta or left internal mammary artery achieve better patency? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013 Dec; 17(6): 1020–1024.
38. Shimahara Y., Fujita T., Kobayashi J., Asaumi Y., Kanzaki S., Nishimura K., Nakai M., Nakajima H. Optimal target vessel selection for composite and sequential radial artery grafting with an in situ internal thoracic artery. *J Card Surg.* 2017 Oct;32(10):613-620. doi: 10.1111/jocs.13210.
39. Royse A.G., Brennan A.P., Ou-Young J. 21-Year Survival of Left Internal Mammary Artery–Radial Artery–Y Graft. *J Am Coll Cardiol.* 2018 Sep 18;72(12):1332-1340. doi: 10.1016/j.jacc.2018.06.064.
40. Santos G.G., Stolf N.A., Moreira L.F., Haddad V.L., Simões R.M., Carvalho S.R., Salgado A.A., Avelar S.F. Randomized comparative study of radial artery and right gastroepiploic artery in composite arterial graft for CABG. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002 Jun;21(6):1009-14.
41. Hwang H.Y., Cho K.R., Kim K.B. Equivalency of right internal thoracic artery and right gastroepiploic artery composite grafts: five-year outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2013 Dec;96(6):2061-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.07.003.
42. Huh J.H., Lee K.H., Cho K.R., Hwang H.Y., Kim K.B. Spasm and Reopening of the Right Gastroepiploic Artery Conduit After Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg.* 2017 Jul;104(1):138-144. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.104.
43. Puig L.B., Ciongoli W., Cividanes G.V., Teófilo Júnior S., Dontof A.C., Fiorelli A.I., Kopel L., Galiano N., Salvadori Júnior D., Joaquim E.H. Lower epigastric artery as a free graft. A new alternative in direct myocardial revascularization. *Arq Bras Cardiol.* 1988 Apr;50(4):259-61.
44. Ayabe T., Fukushima Y., Yoshioka M., Onizuka T. Clinical outcome of the coronary arterial bypass graft with inferior epigastric artery as a composite graft. *Kyobu Geka.* 2003 Aug;56(9):731-7; discussion 737-41.
45. Sani G., Mariani M.A., Benetti F., Lisi G., Totaro P., Giomarelli P.P., Toscano M. Total arterial myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass. *Cardiovasc Surg.* 1996 Dec;4(6):825-9.
46. Calafiore A.M., Teodori G., Di Giammarco G., Vitolla G., Contini M., Maddestra N., Paloscia L., Iacò A., Gallina S. Left internal mammary elongation with inferior epigastric artery in minimally invasive coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997 Sep;12(3):393-6; discussion 397-8.
47. Kim K.B., Hwang H.Y., Hahn S., Kim J.S., Oh S.J. A randomized comparison of the Saphenous Vein Versus Right Internal Thoracic Artery as a Y-Composite Graft (SAVE RITA) trial: One-year angiographic results and mid-term clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Sep;148(3):901-7; discussion 907-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.03.057.
48. Hwang H.Y., Koo B.K., Oh S.J., Kim K.B. Morphologic changes of the saphenous vein Y-composite graft based on the left internal thoracic artery: 1-year intravascular ultrasound study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Feb;149(2):487-93. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.08.056.
49. Hwang H.Y., Kim K.B. Saphenous vein as a composite graft from the internal thoracic artery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018 Sep;7(5):686-689. doi: 10.21037/acs.2018.06.08.

Для цитирования: А.В. Фролов, К.А. Козырин. Композитное коронарное шунтирование. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019; 8 (2): 107-115. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-2-107-115

To cite: A.V. Frolov, K.A. Kozirin. Composite coronary artery bypass grafting. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2019; 8 (2): 107-115. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-2-107-115