



УДК 617-089.844

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-173-181

ЛУЧЕВАЯ АРТЕРИЯ – ПЕРСПЕКТИВА ИЛИ ЗАБЛУЖДЕНИЕ?**А.В. Фролов**

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

Основные положения

- Лучевая артерия является второй после внутренней грудной артерии по частоте использования среди всех аутоартериальных кондуитов. Результаты некоторых современных исследований свидетельствуют о превосходстве данного кондуита над аутовеной, однако дискуссия до сих пор продолжается.
- В статье представлен аналитический обзор применения лучевой артерии в качестве одного из кондуитов в ходе коронарного шунтирования. Дан исторический и современный взгляд на ее использование, приведены примеры крупных исследований, продемонстрированы результаты и перспективы, в том числе с позиции концепции кондуит-артерии.

Резюме

Лучевая артерия (ЛА) занимает второе после внутренней грудной артерии (ВГА) место по частоте использования при выполнении коронарного шунтирования (КШ) среди всех аутоартериальных кондуитов, однако применяется менее чем в 13% случаев. История использования ЛА в качестве возможного кондуита уходит в 1970-е гг. – именно тогда знаменитый французский хирург A.F. Carpentier, основоположник современной пластики митрального клапана, предложил альтернативный вариант коронарного шунтирования. По мере развития сердечно-сосудистой хирургии ЛА активно внедряли в качестве кондуита для КШ, и в настоящее время есть как сторонники, так и противники ее использования. С одной стороны, доказано, что отдаленные результаты такого вмешательства превосходят КШ с применением аутовены, а проходимость ЛА сопоставима даже с ВГА. С другой, продемонстрировано обратное, в частности показаны худшие ангиографические показатели ЛА, что можно объяснить в том числе ее диффузным спазмом вплоть до полной окклюзии в отдаленные сроки, получившим в англоязычной литературе такое образное название, как феноменом струны, или string-sing. Кроме того, как и в случае с другими кондуитами, важную роль в долгосрочности функционирования ЛА после КШ играют место проксимального анастомоза, способ забора («открыто» либо эндоскопически) ЛА, а также ее особенность противостоять атеросклерозу в шунтируемых коронарных артериях, что делает ЛА перспективным объектом исследования и предопределяет новые горизонты ее использования.

Ключевые слова

Лучевая артерия • Кондуит • Коронарное шунтирование • Результаты • Кардиопротективный эффект

Поступила в редакцию: 10.10.2022; поступила после доработки: 04.11.2022; принята к печати: 15.12.2022

RADIAL ARTERY – PERSPECTIVE OR FALLACY?**A.V. Frolov**

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

Highlights

- Radial artery is the second after internal thoracic artery by frequency of use among all of autogenous arterial conduits. Some modern studies indicate the superiority of this conduit to autogenous venous conduits; however, it remains an ongoing discussion.
- The article presents an analytical review regarding the use of the radial artery as one of conduits during coronary artery bypass grafting. Historical and contemporary perspectives of its use are given, examples of large-scale studies and results are provided, including the “graft-artery junction” concept.

Для корреспонденции: Алексей Витальевич Фролов, kjerne@yandex.ru; адрес: Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Alexey V. Frolov, kjerne@yandex.ru; address: 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Abstract

Radial artery (RA) is the second after internal thoracic artery (ITA) by frequency of use among all of autogenous arterial conduits in coronary artery bypass grafting (CABG), however it is used in less than 13% of cases. The story of RA as a conduit starts in the 1970s, when the famous French surgeon, founder of modern mitral valve repair Alain Frédéric Carpentier proposed to use it. During the development of cardiovascular surgery, RA was actively introduced as a conduit for CABG, and nowadays there are both supporters and opponents of its application. On the one hand, long-term results of CABG with RA are superior to CABG with autogenous venous conduits, whereas the patency of RA is comparable with ITA. On the other hand, RA demonstrates worse angiographic indicators, which could be explained by a diffuse narrowing resulting in complete occlusion; such phenomenon is entitled “string-sign”. Moreover, as in case with other conduits, the site of proximal anastomosis, and harvesting method (open or endoscopic) play an important role in the long-term RA functioning and its resistance to atherosclerosis in grafted coronary arteries, thus making RA a good target for studying and predetermining new perspectives of its use.

Keywords

Radial artery • Conduits • Coronary artery bypass grafting • Results • Cardioprotective effect

Received: 10.10.2022; received in revised form: 04.11.2022; accepted: 15.12.2022

Список сокращений

АТ – ангиотензин	КШ – коронарное шунтирование
ВГА – внутренняя грудная артерия	ЛА – лучевая артерия
КА – коронарная артерия	NO – оксид азота

История использования ЛА в качестве кондуита для КШ

В 1973 г. в журнале The Annals of Thoracic Surgery вышла знаменательная статья группы французских исследователей во главе с А.Ф. Carpentier, в которой впервые описан опыт использования лучевой артерии (ЛА) в качестве кондуита для коронарного шунтирования (КШ) [1]. Главной целью этой работы было предложить новое решение проблемы несостоятельности венозных кондуитов, а именно альтернативный аутоартериальный конduit. Кроме этого, авторы подчеркивали, что даже внутренняя грудная артерия (ВГА), которую уже широко использовали к тому времени, имела недостатки по сравнению с ЛА в виде меньшего диаметра, а также склонности к прорезыванию нити и хрупкости стенки при наложении анастомоза. В исследование вошли 30 пациентов в возрасте от 35 до 65 лет, которым выполняли КШ с использованием ЛА и применяли проксимальный анастомоз с аортой. Непосредственные результаты были отличными и обнадежили хирургическую общественность. Однако уже в 1975 г. у этих же пациентов в используемых ЛА отмечен высокой процент (35%) сужения и окклюзии [2], а также выраженная гиперплазия интимы [3]. А. Carpentier предположил, что такие изменения могли быть следствием спазма и денервации ЛА после ее забора, который предполагал на тот период скелетиза-

цию артерии. В последующем указанный конduit не использовали: он был упразднен из клинической практики и длительное время воспринимался как забытый [4].

Однако все изменилось в 1992 г., когда С. Асар и коллеги опубликовали статью, в которой показали, что у пациентов, оперированных более 18 лет назад и имевших суженные либо окклюзированные ЛА в качестве кондуитов КШ, шунты были вновь состоятельны и функционировали [5]. Учитывая предыдущий опыт коллег, С. Асар предложил более щадящую методику забора кондуита по типу no-touch technique, а также фармакологическую обработку для профилактики спазма ЛА, добившись 100% проходимости кондуита в ранние сроки. Вслед за историческим пересмотром отношения к ЛА как конduitу для КШ стало появляться все больше сторонников ее использования, которые видели положительные результаты на основании собственных исследований [6, 7]. Последующие работы по изучению и внедрению различных лекарственных препаратов для профилактики спазма ЛА окончательно предопределили практику применения этого аутоартериального кондуита [8]. В настоящее время в коронарной хирургии ЛА, наряду с большой подкожной веной, рассматривают в качестве второго или третьего кондуита после ВГА и не редко – составной частью тотальной аутоартериальной реваскуляризации миокарда [4].

Морфологические и функциональные особенности ЛА

Согласно функциональной классификации, учитывающей морфологию сосуда и его склонность к спазму, все артериальные кондуиты делят на три основных типа: I – соматические артерии (ВГА, нижняя надчревная артерия, подлопаточная артерия, межреберная артерия), II – артерии внутренних органов (желудочно-сальниковая артерия, нижняя мезентериальная артерия), III – артерии конечностей (ЛА, локтевая артерия, латеральная артерия, огибающая бедренную кость) [9]. В соответствии с указанной классификацией, ЛА относится к кондуитам группы артерий конечностей и характеризуется рядом особенностей. В частности, согласно гистологическому строению, является артерией мышечного типа, длина которой, как правило, варьирует от 15,2 до 23,5 см со средним диаметром 2–3 мм и толщиной стенки 254–529 нм в зависимости от сегмента [10, 11]. В целом этого вполне достаточно, чтобы осуществить полную реваскуляризацию миокарда всех основных бассейнов коронарной артерии (КА).

Как и другие артерии, ЛА имеет три основных слоя: наружный (адвентиция), средний (медиа) и внутренний (интима). Внутренний слой традиционно состоит из эндотелия, выступающего основным продуцентом вазоактивных веществ. На границе интимы и медики располагается субэндотелиальный слой, или внутренняя эластическая мембрана, которая хорошо развита у ЛА, однако некоторые морфологи говорят о наличии в ней множественной фенестрации, объясняющей в свою очередь склонность ЛА к поражению ее атеросклерозом. Средний слой является особенностью ЛА, так как он значительно выражен по сравнению с другими артериальными кондуитами и состоит из большого количества гладкомышечных клеток. Вместе с тем более 18% медики составляют эластические волокна. Характерной чертой среднего слоя можно считать развитие в нем так называемого артериосклероза Менкеберга (Mönckeberg's arteriosclerosis), встречаемого в 25% случаев. Суть данного поражения заключается в отложении депозитов кальция в медики, однако природа его до конца не ясна, но известно, что артериосклероз Менкеберга ассоциирован с сахарным диабетом, а также факторами риска, характерными и для атеросклероза. Доказано, что сама по себе кальцификация медиального слоя не вызывает обструкции ЛА, вместе с тем она значительно уменьшает ее эластичность и служит неблагоприятным прогностическим фактором, заставляющим в некоторых случаях отказаться от применения этого кондуита [10, 12].

Другая особенность ЛА заключается в строении ее адвентиции: vasa vasorum, располагающиеся в наружном слое, не пенетрируют средний

слой артерии и не идут в толщу ее стенки, так как питание последней извне не требуется, что, следовательно, делает ЛА, по мнению некоторых исследователей, идеальным свободным кондуитом для КШ [13, 14]. Однако ЛА не лишена такого недостатка, как наличие атеросклероза, который при ее использовании способен оказывать негативное влияние как на состоятельность и функционирование самого шунта, так и последующие клинические результаты. В целом вопрос о том, насколько артерии, применяемые в качестве кондуитов для КШ, исходно подвержены атеросклерозу, изучен слабо, однако имеются убедительные данные о том, что менее всего к данному заболеванию склонна ВГА, порядка 2,5–7% [15, 16], в то время как в ЛА он встречается в 5–16% случаев [10, 16].

Интересны параллели функций вазоконстрикции и вазодилатации ЛА и ВГА в свете упомянутого выше феномена string-sing, выраженного в диффузном спазме, вплоть до полной окклюзии кондуита [17, 18]. Так, установлено, что ЛА более реактивна, чем ВГА, в отношении многих сосудосуживающих веществ, таких как норэпинефрин, 5-гидрокси-триптамин, ангиотензин II, эндотелин, хлорид калия, фенилэфрин и вазопрессин. Даже при наличии одинакового функционального статуса эндотелия ЛА имеет более выраженный вазоконстрикторный ответ на воздействие эндотелина и ангиотензина II, чем ВГА. ЛА изобилует различного рода рецепторами, такими как $\alpha 1$ - и $\alpha 2$ -адренорецепторы, H1-гистаминовые рецепторы, а также рецепторы к уротензину I, ангиотензину I, эндотелину и кальцитонину. Ранее методами гистохимии показано, что синтаза III оксида азота (NO) представлена в большем количестве в ВГА, чем в аутовене и ЛА, что свидетельствует о склонности последней к вазоконстрикции, а ВГА к вазодилатации. С другой стороны, даже в анатомических пределах самой ЛА существует некоторая разница в отношении сосудистой реакции. Так, в экспериментах стало известно, что проксимальный (исходно больший по размеру) сегмент обладает более выраженным ответом на хлорид калия, фенилэфрин, ангиотензин II по сравнению с дистальным, однако именно последний, несмотря на меньший диаметр, более склонен к вазоконстрикции и вышеупомянутому феномену string-sing [10].

С точки зрения нормальной анатомии ЛА, наряду с более крупной по размеру локтевой, является продолжением плечевой артерии, которая в 92% случаев появляется в локтевой ямке тотчас ниже межмышечковой линии плечевой кости, однако описаны варианты, когда ЛА отходит выше этой линии и даже отдельным стволом от подмышечной артерии [19]. По ходу следования ЛА она отдает несколько ветвей, с которыми наиболее часто мож-

но встретится при хирургическом заборе кондуита, а именно *a. recurrens radialis* в проксимальном ее сегменте, а также *rami musculares* к окружающим мышцам. Топографически после отхождения от плечевой ЛА идет на предплечье латерально и под брюшком *m. brachioradialis*, далее следует в *sulcus radialis*, переходя на кисти в *arcus palmaris profundus*, соединяясь с локтевой артерией. Последний факт имеет большое прикладное значение и в ряде случаев ограничивает использование ЛА. По данным метаанализа М.Р. Zarzecki и коллег, проведенного в 2018 г., замкнутая глубокая ладонная дуга встречалась в 95,2% случаев, разобщенная – в 4,8% [20], в то время как процент тяжелой ишемии после забора ЛА составил всего 0,03%, а умеренно выраженной, в виде сохраняющейся слабости и онемения, достигал 10% [21]. Для предотвращения ишемии верхней конечности на практике предложены различные тесты [22], позволяющие оценить функциональный резерв циркуляции после предполагаемого забора ЛА, а также ее проходимость. Среди известных проб тест Аллена (*Allen's test*), который выполняют в виде одновременной компрессии лучевой и локтевой артерий на уровне запястья до тех пор, пока кисть не начнет бледнеть, после чего локтевая артерия освобождается и наблюдается реперфузия. Тест Барбо (*Barbeau's test*) проводят аналогично тесту Аллена, только дополняют использованием пульсоксиметра, который помещают на указательный палец и пережимают локтевую артерию, при этом регистрируют плетизмографическую кривую, а также ультразвуковую пробу.

Исследования и рекомендации по применению кондуита ЛА

Известно, что основными преимуществами использования ЛА в ходе процедуры КШ являются ее длина, достаточная для достижения основных целевых КА, меньшее количество поверхностных и глубоких стерильных осложнений по сравнению с бимаммарным КШ, более долгосрочная состоятельность в отличие от аутовенозных кондуитов, кроме этого, достаточный диаметр, прочная анатомо-гистологическая структура и относительная устойчивость к кинкингу. Все это часто делает ЛА предпочтительной в качестве второго кондуита. Однако среди недостатков следует упомянуть неврологические и ишемические осложнения забора ЛА, склонность артерии к вазоспазму, вероятность существующего в ней атеросклероза и последующее его прогрессирование, а также возможное проявление феномена конкуренции коронарного кровотока после шунтирования КА со значимым, но не выраженным стенозом [23].

Современные рандомизированные исследования демонстрируют неоднозначные результаты, однако в большей их части ЛА рассмотрена в каче-

стве предпочтительного кондуита в сравнении с аутовеной [24]. Так, известный трайл RAPCO (*Radial Artery Patency and Clinical Outcomes*) 2003 г. показал, что ЛА не имеет ни клинических, ни ангиографических преимуществ перед правой ВГА и аутовеной в сроки до 5 лет [7]. Однако в исследовании RSVP (*Radial Artery versus Saphenous Vein Patency*) 2008 г. зарегистрировано обратное: более высокая, чем у аутовены 5-летняя состоятельность ЛА [25]. В другом исследовании *Stand-in-Y* 2008 г. G. Nasso и соавт. изучали двухлетнюю свободу от различных сердечно-сосудистых событий при использовании второго аутоартериального кондуита в виде ЛА или правой ВГА против аутовены. Авторы пришли к выводу, что группа, в которой использовали ЛА, имела меньше сердечно-сосудистых событий в сравнении с группой, где применяли аутовенозный конduit [26]. В 2012 г. опубликованы результаты еще одного анализа – RAPS (*Radial Artery Patency Study*), авторы которого также показали 5-летние сроки ангиографических наблюдений пациентов после КШ: использование ЛА ассоциировано со снижением частоты функциональной и полной окклюзии шунта по сравнению с аутовеной [27]. Сербские исследователи во главе с I. Petrovic в 2015 г. опубликовали результаты небольшого рандомизированного анализа, в котором продемонстрировано отсутствие значимой разницы в клинических результатах применения ЛА и аутовены в сроки до 8 лет наблюдения [28].

Согласно американским рекомендациям 2011 г. (*American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA)*), ЛА может быть использована в случае стеноза более 70% в бассейне огибающей и передней нисходящей артерии, а также в случае поражения правой КА при стенозе свыше 90% (класс IIB, уровень доказательности B) [29]. В других американских рекомендациях 2016 г. (*Society of Thoracic Surgeons (STS), American Association of Thoracic Surgeons (AATS), AHA, ACC*) рассмотрено использование ЛА в качестве второго кондуита в добавление к ВГА в случае выраженного стеноза целевой КА, особенно у больных с высоким риском стерильных осложнений после применения обеих ВГА (пациентов с ожирением и/или сахарным диабетом) (класс IIA, уровень доказательности B). Кроме этого, составители этого же документа рекомендуют использовать различные фармакологические средства для профилактики спазма ЛА в периоперационном периоде (класс IIA, уровень доказательности C) [30]. Последние европейские рекомендации 2018 г. (*European Society of Cardiology (ESC), European Association for Cardiothoracic Surgery (EACTS)*) также указывают на необходимость применения ЛА в качестве кондуита КШ вместо аутовены при выраженном стенозе КА (класс I, уровень доказательности B) [31].

Кардиопротективный эффект ЛА

Многие современные исследователи, опираясь на полученные ими данные, поддерживают идею о широком использовании аутоартериальных кондуитов для КШ, при этом делая акцент прежде всего на их проходимости [32–34]. Однако самые последние данные, согласно которым целевая КА и выбранный конduit рассмотрены как единая взаимосвязанная система, свидетельствуют о том, что актуальность применения аутоартерий, в том числе ЛА, определяется в том числе особым защитным воздействием на миокард в ходе такого шунтирования [35].

Под защитным, или кардиопротективным, эффектом конкретного кондуита предполагается, что используемый конduit обладает свойством, защищающим миокард через адекватное его кровоснабжение и оксигенацию, а также доставку в само коронарное русло определенных вазоактивных веществ. Это достигается несколькими путями: во-первых, за счет долговременности поддержания функции самого кондуита (его проходимости); во-вторых, вследствие продукции и/или доставки им веществ, обладающих антиатерогенным, противовоспалительным и антиангинальным эффектами. Наличие такого кардиопротективного эффекта у ЛА зарегистрировано исходя из немногочисленных исследований и находок.

В целом интерес в данном контексте к ЛА появился именно тогда, когда, например, было отмечено, что пациенты с ишемической болезнью сердца имеют более хорошие результаты КШ после использования ВГА в силу ее способности противостоять атеросклерозу [36–38]. Известно, что ВГА продуцирует вазоактивные молекулы, в том числе NO, а также противовоспалительные цитокины [39]. Проводя параллели с ЛА, важно отметить, что последняя, даже в состоянии свободного графта, то есть кондуита, не имеющего питающей ножки *in situ*, обладает схожим функционалом эндотелия. Так, при должном сохранении целостности внутреннего слоя в ходе «открытой» и более щадящей методики забора ЛА эндотелий продолжает проявлять свою функцию по регуляции сосудистого тонуса, осуществляет противовоспалительный и антитромботический эффекты, а также препятствует миграции и пролиферации гладкомышечных клеток [40]. В знаковом исследовании K.R. Dimitrova и соавт. (Beth Israel Medical Center, Нью-Йорк) по изучению протективного действия аутоартериальных кондуитов в отношении прогрессирования атеросклероза в шунтируемых КА показано, что ЛА, наряду с ВГА, защищает коронарное русло от последующего нарастания в нем окклюзионно-стенотического поражения. Прогрессирование атеросклероза в отдаленные сроки в бассейне диагональной ветви для

ЛА составило 10%, в то время как для аутовены – 40% ($p < 0,0001$); в бассейне огибающей артерии для ЛА – 11%, для аутовены – 50% ($p < 0,0001$) [41].

В этом смысле особенно интересен так называемый Т-, или Y-графт (вариант классического составного шунта по Tector – Barner – Calafiore), который в ходе композитного КШ накладывается между ВГА и ЛА [4, 42]. Последняя, соединяясь с маммарной артерией, исходно имеющей питающую ножку *in situ* и выступающей для ЛА донором, принимает на себя все вещества, продуцируемые ВГА. Это позволяет сохранить не только морфологический континуум артериального русла, то есть единство соединения ВГА и ЛА как артерий, но и положительное влияние ВГА на функцию эндотелия ЛА. В исследовании M. Lemma и коллег 2006 г. продемонстрировано, что при композитном КШ в варианте ВГА и ЛА по сравнению с не композитным, маммарная артерия увеличивает свою производительность, улучшая перфузию миокарда [43]. Однако можно предположить, что такое улучшение происходит не только благодаря самой ВГА, но и как ответ ЛА на секрецию эндотелием маммарной артерии NO и других веществ.

В работе турецких исследователей изучена вазореактивность и вазоспазм ЛА в связи с циркулирующим в крови асимметричным диметиларгинином, являющимся естественным ингибитором NO. Ученые пришли к выводу, что высокий уровень асимметричного диметиларгинина в сыворотке может предопределять склонность ЛА к спазму во время чрескожной транслюминальной процедуры [44]. Данный факт косвенно может свидетельствовать о пользе кардиопротективного эффекта ЛА за счет ВГА, которая в композитном шунте выступает донором NO и профилактирует спазм, несмотря на циркулирующие вещества, включая асимметричный диметиларгинин. Указанное выше соотносится с данными D. Obed и соавт. (2020), согласно которым пациенты после композитного КШ с использованием Т-графта между ВГА и ЛА имеют лучшие отдаленные результаты по сравнению со стандартным линейным КШ [45].

Существуют доказательства того, что ЛА в позиции коронарного шунта спустя продолжительное время прогрессивно увеличивает просвет в отличие от аутовены, которая со временем в большей степени склонна к окклюзии. Так, в небольшой работе на 20 пациентах M.H. Al-Bustami и коллеги ангиографически показали, что ЛА увеличивает просвет на 0,4 мм через 3 недели после КШ, а также спустя 6 мес. [46]. В исследовании под руководством M. Ikeda также продемонстрированы схожие результаты: ЛА увеличивала просвет через 27 мес. после реваскуляризации миокарда [47]. Кроме указанного феномена M. Gaudino и соавт. исследовали феномен трансформации ЛА из мышечного типа в

мышечно-эластический, к которому принадлежит ВГА, и подтвердили, что ЛА спустя 10 лет становится менее склонной к вазоспазму [48]. Эти и некоторые другие работы свидетельствуют об особом функциональном статусе ЛА как кондуита для КШ, который способен не только потенциально защищать нативное русло КА благодаря продукции или доставки вазоактивных веществ, но и приспосабливаться, меняя свою морфологическую принадлежность от одного типа артериального кондуита к другому, сохраняя в позиции шунта долговременную проходимость. Однако, несмотря на вышесказанное, требуется дальнейшее всестороннее исследование вопроса о кардиопротективной роли ЛА в контексте реваскуляризации миокарда.

Заключение

Однозначная позиция в отношении применения ЛА в качестве второго или третьего кондуита для КШ до сих пор отсутствует, клинические и ангио-

графические исследования продолжаются, однако то, что уже показано при опыте использования ЛА, свидетельствует о перспективности данного кондуита. Кроме этого, с увеличением проведения различных фундаментальных исследований в безотрывной связи от реальной клинической практики приоткрываются новые горизонты использования ЛА. Выбор кондуита для реваскуляризации миокарда всегда альтернативен, и вместе с тем не будет заблуждением сказать, что эффективность такого рода шунтирования предопределена конкретной ситуацией.

Конфликт интересов

А.В. Фролов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Автор заявляет об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Фролов Алексей Витальевич, кандидат медицинских наук старший научный сотрудник лаборатории рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов, врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1746-8895

Author Information Form

Frolov Alexey V., MD, PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Interventional and Reconstructive Surgery of Heart and Vessels, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiovascular Surgeon at the Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1746-8895

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carpentier A., Guermontprez J. L., Deloche A., Frechette C., DuBost C. The Aorta-to-Coronary Radial Artery Bypass Graft. The Annals of Thoracic Surgery, 1973;16(2), 111–121. doi:10.1016/s0003-4975(10)65825-0
2. Carpentier A. Discussion of Geha A.S., Krone R.J., McCormick J.R., Baue A.E. Selection of coronary bypass: anatomic, physiological, and angiographic considerations of vein and mammary artery grafts. J Thorac Cardiovasc Surg 1975;70:414-31.
3. Curtis J.J., Stoney W.S., Alford W.C.Jr., Burrus G.R., Thomas C.S. Jr. Intimal hyperplasia. A cause of radial artery aortocoronary bypass graft failure. Ann Thorac Surg. 1975;20:628-35
4. Buxton B.F., Galvin S.D. The history of arterial revascularization: from Kolesov to Tector and beyond. Ann Cardiothorac Surg. 2013;2(4):419-26. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.24
5. Acar C., Jebara V. A., Portoghesi M., Beyssen B., Pagny J. Y., Grare P., Carpentier A. F. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. The Annals of Thoracic Surgery, 1992;54(4), 652–660. doi:10.1016/0003-4975(92)91007-v
6. Amano A., Hirose H., Takahashi A., Nagano N. Coronary artery bypass grafting using the radial artery: midterm results in a Japanese institute. Ann Thorac Surg. 2001;72(1):120-5. doi: 10.1016/s0003-4975(01)02706-0
7. Buxton B.F., Raman J.S., Ruengsakulrach P., Gordon I., Rosalion A., Bellomo R., Horrigan M., Hare D.L. Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of a randomized trial. J Thorac Cardiovasc Surg. 2003;125(6):1363-71. doi: 10.1016/s0022-5223(02)73241-8
8. Attaran S., John L., El-Gamel A. Clinical and potential use of pharmacological agents to reduce radial artery spasm in coronary artery surgery. Ann Thorac Surg. 2008;85(4):1483-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.10.042
9. He G.W. Arterial grafts: clinical classification and pharmacological management. Ann Cardiothorac Surg. 2013;2(4):507-518. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.12
10. Gaudino M., Crea F., Cammerton F., Mazza A., Toesca A., Massetti M. Morpho-functional features of the radial artery: implications for use as a coronary bypass conduit. Ann Thorac Surg. 2014;98(5):1875-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.06.101
11. 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(2):55-65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178
12. Dogan A., Sever K., Mansuroglu D., Hacisalihoglu P., Kurtoglu N. Mönckeberg's arteriosclerosis: a possible reason for non-use of radial conduit. Asian Cardiovasc Thorac Ann. 2019;27(8):685-687. doi: 10.1177/0218492319841977
13. van Son J.A., Smedts F., Vincent J.G., van Lier H.J., Kubat K. Comparative anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularization. J Thorac Cardiovasc Surg. 1990;99(4):703-7
14. Hinojosa-Amaya J.M., Villarreal-Silva E.E., Elizondo-Omaña R.E., JorgeGutiérrez-de-la O., Dávila-Canales R., González-Cantú Á., Fernández-Zambrano E.M., Guzmán-López S. Conduits for myocardial revascularization grafts: The importance of morphology and imaging. Med Univ 2010; 12: 115-9.
15. Sisto T. Atherosclerosis in internal mammary and related arteries. Scand J Thorac Cardiovasc Surg. 1990;24(1):7-11. doi: 10.3109/14017439009101814
16. Ozkan S., Akay T.H., Gultekin B., Aslim E., Arslan A., Ozdemir B.H., Becit N., Tasdelen A. Atherosclerosis of radial and internal thoracic arteries used in coronary bypass: atherosclerosis in

arterial grafts. *J Card Surg.* 2007;22(5):385-9. doi: 10.1111/j.1540-8191.2007.00431.x

17. Khot U. N. Radial Artery Bypass Grafts Have an Increased Occurrence of Angiographically Severe Stenosis and Occlusion Compared With Left Internal Mammary Arteries and Saphenous Vein Grafts. *Circulation.* 2004;109(17): 2086–2091. doi:10.1161/01.cir.0000127570.20508.5c

18. Miwa S., Desai N., Koyama T., Chan E., Cohen E. A., Fremes S. E. Radial Artery Angiographic String Sign: Clinical Consequences and the Role of Pharmacologic Therapy. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2006;81(1), 112–119. doi:10.1016/j.athoracsur.2005.06.076

19. Nasr A.Y. The radial artery and its variations: anatomical study and clinical implications. *Folia Morphol (Warsz).* 2012;71(4):252-262

20. Zarzecki M.P., Popieluszko P., Zayachowski A., Pękala P.A., Henry B.M., Tomaszewski K.A. The surgical anatomy of the superficial and deep palmar arches: A Meta-analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2018;71(11):1577-1592. doi: 10.1016/j.bjps.2018.08.014

21. Manabe S., Tabuchi N., Tanaka H., Arai H., Sunamori M. Hand circulation after radial artery harvest for coronary artery bypass grafting. *J Med Dent Sci.* 2005;52(2):101-107

22. Elwali A., Moussavi Z. The modified Allen test and a novel objective screening algorithm for hand collateral circulation using differential photoplethysmography for preoperative assessment: a pilot study. *J Med Eng Technol.* 2020;44(2):82-93. doi: 10.1080/03091902.2020.1723729

23. Baikoussis N.G., Papakonstantinou N.A., Apostolakis E. Radial artery as graft for coronary artery bypass surgery: Advantages and disadvantages for its usage focused on structural and biological characteristics. *J Cardiol.* 2014;63(5):321-8. doi: 10.1016/j.jcc.2013.11.016

24. Gaudino M., Benedetto U., Fremes S., Ballman K., Biondi-Zoccai G., Sedrakyan A., Nasso G., Raman J., Buxton B., Hayward P.A., Moat N., Collins P., Webb C., Peric M., Petrovic I., Yoo K.J., Hameed I., Di Franco A., Moscarelli M., Speziale G., Puskas J.D., Girardi L.N., Hare D.L., Taggart D.P.; RADIAL Investigators. Association of Radial Artery Graft vs Saphenous Vein Graft With Long-term Cardiovascular Outcomes Among Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA.* 2020;324(2):179-187. doi: 10.1001/jama.2020.8228

25. Collins P., Webb C.M., Chong C.F., Moat N.E.; Radial Artery Versus Saphenous Vein Patency (RSVP) Trial Investigators. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up. *Circulation.* 2008;117(22):2859-64. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736215

26. Nasso G., Coppola R., Bonifazi R., Piancone F., Bozzetti G., Speziale G. Arterial revascularization in primary coronary artery bypass grafting: Direct comparison of 4 strategies--results of the Stand-in-Y Mammary Study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(5):1093-100. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.10.029

27. Deb S., Cohen E.A., Singh S.K., Une D., Laupacis A., Fremes S.E.; RAPS Investigators. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(1):28-35. doi: 10.1016/j.jacc.2012.03.037

28. Petrovic I., Nezie D., Peric M., Milojevic P., Djokic O., Kosevic D., Tasic N., Djukanovic B., Otasevic P. Radial artery vs saphenous vein graft used as the second conduit for surgical myocardial revascularization: long-term clinical follow-up. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:127. doi: 10.1186/s13019-015-0331-9

29. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G., Cigarroa J.E., Disesa V.J., Hiratzka L.F., Hutter A.M. Jr., Jessen M.E., Keeley E.C., Lahey S.J., Lange R.A., London M.J., Mack M.J., Patel M.R., Puskas J.D., Sabik J.F., Selnes O., Shahian D.M., Trost J.C., Winniford M.D. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2011;124(23):e652-735. doi: 10.1161/CIR.0b013e31823c074e

30. Aldea G.S., Bakaeen F.G., Pal J., Fremes S., Head S.J., Sabik J., Rosengart T., Kappetein A.P., Thourani V.H., Firestone S., Mitchell J.D.; Society of Thoracic Surgeons. The Society

of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(2):801-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.100

31. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A., Alfonso F., Banning A.P., Benedetto U., Byrne R.A., Collet J.P., Falk V., Head S.J., Jüni P., Kastrati A., Koller A., Kristensen S.D., Niebauer J., Richter D.J., Seferovic P.M., Sibbing D., Stefanini G.G., Windecker S., Yadav R., Zembala M.O.; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019;40(2):87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394. Erratum in: *Eur Heart J.* 2019 Oct 1;40(37):3096

32. Royse A., Pamment W., Pawanis Z., Clarke-Errey S., Eccleston D., Ajani A., Wilson W., Canty D., Royse C. Patency of conduits in patients who received internal mammary artery, radial artery and saphenous vein grafts. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):148. doi: 10.1186/s12872-020-01433-0

33. Ji Q., Song K., Shen J., Wang Y., Yang Y., Ding W., Xia L., Wang C. Long-Term Patency Rate of Radial Artery Conduits in Chinese Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Int Heart J.* 2019;60(6):1276-1283. doi: 10.1536/ihj.18-305

34. Gaudino M., Bakaeen F.G., Benedetto U., Di Franco A., Fremes S., Glineur D., Girardi L.N., Grau J., Puskas J.D., Ruel M., Tam D.Y., Taggart D.P.; ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance members. Arterial Grafts for Coronary Bypass: A Critical Review After the Publication of ART and RADIAL. *Circulation.* 2019;140(15):1273-1284. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041096

35. Фролов А.В. Морфофункциональная система «конduit-ит-артерия». Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019; 8 (1): 112-122. doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-1-112-122

36. Deb S., Singh S. K., Moussa F., Tsubota H., Une D., Kiss, A., Tomlinson G., Afshar M., Sless R., Cohen E.A., Radhakrishnan S., Dubbin J., Schwartz L., Fremes S.E.; Radial Artery Patency Study Investigators. The long-term impact of diabetes on graft patency after coronary artery bypass grafting surgery: A substudy of the multicenter Radial Artery Patency Study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(4), 1246–1253. doi:10.1016/j.jtcvs.2014.06.057

37. Otsuka F., Yahagi K., Sakakura K., Virmani R. Why is the mammary artery so special and what protects it from atherosclerosis? *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(4):519-26. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.06

38. Kitamura S. Physiological and metabolic effects of grafts in coronary artery bypass surgery. *Circ J.* 2011;75(4):766-72. doi: 10.1253/circj.CJ-10-1302

39. Gaudino M.F.L., Spadaccio C., Taggart D.P. State-of-the-Art Coronary Artery Bypass Grafting: Patient Selection, Graft Selection, and Optimizing Outcomes. *Interv Cardiol Clin.* 2019;8(2):173-198. doi: 10.1016/j.iccl.2018.11.007.

40. Gaudino M.F., Lorusso R., Ohmes L.B., Narula N., McIntire P., Gargiulo A., Bucci M.R., Leonard J., Rahouma M., Di Franco A., He G.W., Girardi L.N., Tranbaugh R.F., Di Lorenzo A. Open radial artery harvesting better preserves endothelial function compared to the endoscopic approach. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(4):561-567. doi:10.1093/icvts/ivz129

41. Dimitrova K.R., Hoffman D.M., Geller C.M., Dincheva G., Ko W., Tranbaugh R.F. Arterial grafts protect the native coronary vessels from atherosclerotic disease progression. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2): 475-81. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.04.035

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

43. Lemma M., Innorta A., Pettinari M. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* 2006; 29 473-478. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.035

44. Kocayigit I., Cakar M.A., Kahyaoglu B., Aksoy M.N.M., Tatli E., Akdemir R. The relationship between serum asymmetric dimethylarginine levels and radial artery spasm. *Anatol J Cardiol.* 2020;23(4):228-232. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2020.93213

45. Obed D., Fleissner F., Martens A., Cebotari S., Haverich A., Warnecke G., Ismail I. Total Arterial Revascularization with Radial Artery and Internal Thoracic Artery T-Grafts Is Associated with Superior Long-Term Survival in Patients Undergoing

Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;26(1):30-39. doi: 10.5761/atcs.oa.19-00226

46. Al-Bustami M.H., Amrani M., Chester A.H., Ilsley C.J., Yacoub M.H. In vivo early and mid-term flow-mediated endothelial function of the radial artery used as a coronary bypass graft. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(4):573-7. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01791-0

47. Ikeda M., Ohashi H., Tsutsumi Y., Hige K., Kawai T., Ohnaka M. Angiographic evaluation of the luminal changes in the

radial artery graft in coronary artery bypass surgery: a concern over the long-term patency. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21(5):800-3. doi: 10.1016/s1010-7940(02)00077-5

48. Gaudino M., Prati F., Caradonna E., Trani C., Burzotta F., Schiavoni G., Glieda F., Possati G. Implantation in coronary circulation induces morphofunctional transformation of radial grafts from muscular to elastomuscular. *Circulation.* 2005;112(9 Suppl):I208-11. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.512889

REFERENCES

1. Carpentier A., Guermontprez J. L., Deloche A., Frechette C., DuBost C. The Aorta-to-Coronary Radial Artery Bypass Graft. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1973;16(2), 111–121. doi:10.1016/s0003-4975(10)65825-0

2. Carpentier A. Discussion of Geha A.S., Krone R.J., McCormick J.R., Baue A.E. Selection of coronary bypass: anatomic, physiological, and angiographic considerations of vein and mammary artery grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;70:414-31.

3. Curtis J.J., Stoney W.S., Alford W.C.Jr., Burrus G.R., Thomas C.S. Jr. Intimal hyperplasia. A cause of radial artery aortocoronary bypass graft failure. *Ann Thorac Surg.* 1975;20:628-35

4. Buxton B.F., Galvin S.D. The history of arterial revascularization: from Kolesov to Tector and beyond. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(4):419-26. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.24

5. Acar C., Jebara V. A., Portoghesi M., Beyssen B., Pagny J. Y., Grare P., Carpentier A. F. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *The Annals of Thoracic Surgery*, 1992;54(4), 652–660. doi:10.1016/0003-4975(92)91007-v

6. Amano A., Hirose H., Takahashi A., Nagano N. Coronary artery bypass grafting using the radial artery: midterm results in a Japanese institute. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(1):120-5. doi: 10.1016/s0003-4975(01)02706-0

7. Buxton B.F., Raman J.S., Ruengsakulrach P., Gordon I., Rosalion A., Bellomo R., Horrigan M., Hare D.L. Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;125(6):1363-71. doi: 10.1016/s0022-5223(02)73241-8

8. Attaran S., John L., El-Gamel A. Clinical and potential use of pharmacological agents to reduce radial artery spasm in coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(4):1483-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.10.042

9. He G.W. Arterial grafts: clinical classification and pharmacological management. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(4):507-518. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.12

10. Gaudino M., Crea F., Cammerton F., Mazza A., Toesca A., Massetti M. Morpho-functional features of the radial artery: implications for use as a coronary bypass conduit. *Ann Thorac Surg.* 2014;98(5):1875-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.06.101

11. 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(2):55-65. doi: 10.5761/atcs.ra.16-00178

12. Dogan A., Sever K., Mansuroglu D., Hacisalihoglu P., Kurtoglu N. Mönckeberg's arteriosclerosis: a possible reason for non-use of radial conduit. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2019;27(8):685-687. doi: 10.1177/0218492319841977

13. van Son J.A., Smedts F., Vincent J.G., van Lier H.J., Kubat K. Comparative anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;99(4):703-7

14. Hinojosa-Amaya J.M., Villarreal-Silva E.E., Elizondo-Omaña R.E., JorgeGutiérrez-dela O., Dávila-Canales R., González-Cantú Á., Fernández-Zambrano E.M., Guzmán-López S. Conduits for myocardial revascularization grafts: The importance of morphology and imaging. *Med Univ* 2010; 12: 115-9.

15. Sisto T. Atherosclerosis in internal mammary and related arteries. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;24(1):7-11. doi: 10.3109/14017439009101814

16. Ozkan S., Akay T.H., Gultekin B., Aslim E., Arslan A.,

Ozdemir B.H., Becit N., Tasdelen A. Atherosclerosis of radial and internal thoracic arteries used in coronary bypass: atherosclerosis in arterial grafts. *J Card Surg.* 2007;22(5):385-9. doi: 10.1111/j.1540-8191.2007.00431.x

17. Khot U. N. Radial Artery Bypass Grafts Have an Increased Occurrence of Angiographically Severe Stenosis and Occlusion Compared With Left Internal Mammary Arteries and Saphenous Vein Grafts. *Circulation.* 2004;109(17):2086–2091. doi:10.1161/01.cir.0000127570.20508.5c

18. Miwa S., Desai N., Koyama T., Chan E., Cohen E. A., Fremes S. E. Radial Artery Angiographic String Sign: Clinical Consequences and the Role of Pharmacologic Therapy. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2006;81(1), 112–119. doi:10.1016/j.athoracsur.2005.06.076

19. Nasr A.Y. The radial artery and its variations: anatomical study and clinical implications. *Folia Morphol (Warsz).* 2012;71(4):252-262

20. Zarzecki M.P., Popieluszko P., Zayachkowski A., Pękala P.A., Henry B.M., Tomaszewski K.A. The surgical anatomy of the superficial and deep palmar arches: A Meta-analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2018;71(11):1577-1592. doi: 10.1016/j.bjps.2018.08.014

21. Manabe S., Tabuchi N., Tanaka H., Arai H., Sunamori M. Hand circulation after radial artery harvest for coronary artery bypass grafting. *J Med Dent Sci.* 2005;52(2):101-107

22. Elwali A., Moussavi Z. The modified Allen test and a novel objective screening algorithm for hand collateral circulation using differential photoplethysmography for preoperative assessment: a pilot study. *J Med Eng Technol.* 2020;44(2):82-93. doi: 10.1080/03091902.2020.1723729

23. Baikoussis N.G., Papakonstantinou N.A., Apostolakis E. Radial artery as graft for coronary artery bypass surgery: Advantages and disadvantages for its usage focused on structural and biological characteristics. *J Cardiol.* 2014;63(5):321-8. doi: 10.1016/j.jjcc.2013.11.016

24. Gaudino M., Benedetto U., Fremes S., Ballman K., Biondi-Zoccai G., Sedrakyan A., Nasso G., Raman J., Buxton B., Hayward P.A., Moat N., Collins P., Webb C., Peric M., Petrovic I., Yoo K.J., Hameed I., Di Franco A., Moscarelli M., Speziale G., Puskas J.D., Girardi L.N., Hare D.L., Taggart D.P.; RADIAL Investigators. Association of Radial Artery Graft vs Saphenous Vein Graft With Long-term Cardiovascular Outcomes Among Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA.* 2020;324(2):179-187. doi: 10.1001/jama.2020.8228

25. Collins P., Webb C.M., Chong C.F., Moat N.E.; Radial Artery Versus Saphenous Vein Patency (RSVP) Trial Investigators. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up. *Circulation.* 2008;117(22):2859-64. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736215

26. Nasso G., Coppola R., Bonifazi R., Piancone F., Bozzetti G., Speziale G. Arterial revascularization in primary coronary artery bypass grafting: Direct comparison of 4 strategies--results of the Stand-in-Y Mammary Study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(5):1093-100. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.10.029

27. Deb S., Cohen E.A., Singh S.K., Une D., Laupacis A., Fremes S.E.; RAPS Investigators. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(1):28-35. doi: 10.1016/j.jacc.2012.03.037

28. Petrovic I., Nezc D., Peric M., Milojevic P., Djokic O., Kosevic D., Tasic N., Djukanovic B., Otasevic P. Radial artery

vs saphenous vein graft used as the second conduit for surgical myocardial revascularization: long-term clinical follow-up. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:127. doi: 10.1186/s13019-015-0331-9

29. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G., Cigarroa J.E., Disesa V.J., Hiratzka L.F., Hutter A.M. Jr., Jessen M.E., Keeley E.C., Lahey S.J., Lange R.A., London M.J., Mack M.J., Patel M.R., Puskas J.D., Sabik J.F., Selnes O., Shahian D.M., Trost J.C., Winniford M.D. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2011;124(23):e652-735. doi: 10.1161/CIR.0b013e31823c074e

30. Aldea G.S., Bakaeen F.G., Pal J., Fremes S., Head S.J., Sabik J., Rosengart T., Kappetein A.P., Thourani V.H., Firestone S., Mitchell J.D.; Society of Thoracic Surgeons. The Society of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(2):801-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.100

31. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A., Alfonso F., Banning A.P., Benedetto U., Byrne R.A., Collet J.P., Falk V., Head S.J., Jüni P., Kastrati A., Koller A., Kristensen S.D., Niebauer J., Richter D.J., Seferovic P.M., Sibbing D., Stefanini G.G., Windecker S., Yadav R., Zembala M.O.; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019;40(2):87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394. Erratum in: *Eur Heart J.* 2019 Oct 1;40(37):3096

32. Royse A., Pamment W., Pawanis Z., Clarke-Errey S., Eccleston D., Ajani A., Wilson W., Canty D., Royse C. Patency of conduits in patients who received internal mammary artery, radial artery and saphenous vein grafts. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):148. doi: 10.1186/s12872-020-01433-0

33. Ji Q., Song K., Shen J., Wang Y., Yang Y., Ding W., Xia L., Wang C. Long-Term Patency Rate of Radial Artery Conduits in Chinese Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Int Heart J.* 2019;60(6):1276-1283. doi: 10.1536/ihj.18-305

34. Gaudino M., Bakaeen F.G., Benedetto U., Di Franco A., Fremes S., Glineur D., Girardi L.N., Grau J., Puskas J.D., Ruel M., Tam D.Y., Taggart D.P.; ATLANTIC (Arterial Grafting International Consortium) Alliance members. Arterial Grafts for Coronary Bypass: A Critical Review After the Publication of ART and RADIAL. *Circulation.* 2019;140(15):1273-1284. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041096

35. Frolov A.V. Morphological and functional system of graft-artery junctions. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2019;8(1):112-122. (In Russian) doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-1-112-122

36. Deb S., Singh S. K., Moussa F., Tsubota H., Une D., Kiss, A., Tomlinson G., Afshar M., Sless R., Cohen E.A., Radhakrishnan S., Dubbin J., Schwartz L., Fremes S.E.; Radial Artery Patency Study Investigators. The long-term impact of diabetes on graft patency after coronary artery bypass grafting surgery: A substudy of the multicenter Radial Artery Patency Study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(4), 1246–1253. doi:10.1016/j.jtcvs.2014.06.057

37. Otsuka F., Yahagi K., Sakakura K., Virmani R. Why

is the mammary artery so special and what protects it from atherosclerosis? *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(4):519-26. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.06

38. Kitamura S. Physiological and metabolic effects of grafts in coronary artery bypass surgery. *Circ J.* 2011;75(4):766-72. doi: 10.1253/circj.CJ-10-1302

39. Gaudino M.F.L., Spadaccio C., Taggart D.P. State-of-the-Art Coronary Artery Bypass Grafting: Patient Selection, Graft Selection, and Optimizing Outcomes. *Interv Cardiol Clin.* 2019;8(2):173-198. doi: 10.1016/j.iccl.2018.11.007.

40. Gaudino M.F., Lorusso R., Ohmes L.B., Narula N., McIntire P., Gargiulo A., Bucci M.R., Leonard J., Rahouma M., Di Franco A., He G.W., Girardi L.N., Tranbaugh R.F., Di Lorenzo A. Open radial artery harvesting better preserves endothelial function compared to the endoscopic approach. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(4):561-567. doi:10.1093/icvts/ivz129

41. Dimitrova K.R., Hoffman D.M., Geller C.M., Dincheva G., Ko W., Tranbaugh R.F. Arterial grafts protect the native coronary vessels from atherosclerotic disease progression. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2): 475-81. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.04.035

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

43. Lemma M., Innorta A., Pettinari M. Flow dynamics and wall shear stress in the left internal thoracic artery: composite arterial graft versus single graft. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* 2006; 29 473-478. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.035

44. Kocayigit I., Cakar M.A., Kahyaoğlu B., Aksoy M.N.M., Tatli E., Akdemir R. The relationship between serum asymmetric dimethylarginine levels and radial artery spasm. *Anatol J Cardiol.* 2020;23(4):228-232. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2020.93213

45. Obed D., Fleissner F., Martens A., Cebotari S., Haverich A., Warnecke G., Ismail I. Total Arterial Revascularization with Radial Artery and Internal Thoracic Artery T-Grafts Is Associated with Superior Long-Term Survival in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;26(1):30-39. doi: 10.5761/atcs.0a.19-00226

46. Al-Bustami M.H., Amrani M., Chester A.H., Ilsley C.J., Yacoub M.H. In vivo early and mid-term flow-mediated endothelial function of the radial artery used as a coronary bypass graft. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(4):573-7. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01791-0

47. Ikeda M., Ohashi H., Tsutsumi Y., Hige K., Kawai T., Ohnaka M. Angiographic evaluation of the luminal changes in the radial artery graft in coronary artery bypass surgery: a concern over the long-term patency. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21(5):800-3. doi: 10.1016/s1010-7940(02)00077-5

48. Gaudino M., Prati F., Caradonna E., Trani C., Burzotta F., Schiavoni G., Glieca F., Possati G. Implantation in coronary circulation induces morphofunctional transformation of radial grafts from muscular to elastomuscular. *Circulation.* 2005;112(9 Suppl):I208-11. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.512889

Для цитирования: Фролов А.В. Лучевая артерия – перспектива или заблуждение? Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2022;11(4S): 173-181. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-173-181

To cite: Frolov A.V. Radial artery – perspective or fallacy? *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(4S): 173-181. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-173-181