

© СС ① Коллектив авторов, 2022
УДК [616.127-089.844].019.941
DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-3-108-114

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ГИБРИДНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

Я. А. Дьяченко, А. В. Гурщенков, Г. И. Ишмухаметов*, Д. Г. Заварзина,
В. С. Кучеренко, М. Л. Гордеев

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 24.06.2020 г.; принята к печати 28.09.2022 г.

Несмотря на совершенствование эндоваскулярных технологий, методом выбора при многососудистом поражении коронарных артерий на сегодняшний день остается операция коронарного шунтирования. Однако у ряда пациентов возможно выполнение гибридной реваскуляризации – методики с минимальной травматичностью, сохраняющей хорошие отдаленные результаты, аналогичные таковым при коронарном шунтировании. В обзоре приведен анализ текущих данных мировой литературы и современные тенденции выбора метода реваскуляризации.

Ключевые слова: гибридная реваскуляризация, коронарное шунтирование, чрескожное коронарное вмешательство

Для цитирования: Дьяченко Я. А., Гурщенков А. В., Ишмухаметов Г. И., Заварзина Д. Г., Кучеренко В. С., Гордеев М. Л. Современный подход к гибридной реваскуляризации миокарда. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2022;181(3):108–114. DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-3-108-114.

* **Автор для связи:** Глеб Ильдарович Ишмухаметов, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2. E-mail: 89625466934g@gmail.com.

CURRENT TRENDS OF HYBRID MYOCARDIAL REVASCULARIZATION

Yakov A. Dyachenko, Alexander V. Gurshchenkov, Gleb I. Ishmukhametov*,
Daria G. Zavarzina, Vladimir S. Kucherenko, Mikhail L. Gordeev

Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Received 24.06.2020; accepted 28.09.2022

Despite the improvement of endovascular technologies, the method of choice for multi-vascular lesions of the coronary arteries today remains coronary bypass surgery. However, in a range of patients, it is possible to perform hybrid revascularization – a technique with minimal injury that preserves good long-term results similar to those of coronary bypass surgery. The review analyzes current data from the world literature and current trends in the choice of the revascularization method.

Keywords: hybrid revascularization, coronary bypass surgery, percutaneous coronary intervention

For citation: Dyachenko Ya. A., Gurshchenkov A. V., Ishmukhametov G. I., Zavarzina D. G., Kucherenko V. S., Gordeev M. L. Current trends of hybrid myocardial revascularization. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2022;181(3):108–114. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2022-181-3-108-114.

* **Corresponding author:** Gleb I. Ishmukhametov, Almazov National Medical Research Centre, 2, Akkuratov str., Saint Petersburg, 197341, Russia. E-mail: 89625466934g@gmail.com.

Введение. Несмотря на значительные достижения современной медицины, ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается ведущей причиной смерти [1]. Коронарное шунтирование (КШ) на протяжении уже 50 лет является золотым стандартом реваскуляризации миокарда, ассоциированным с хорошими отдаленными результатами [2, 3]. Чрескожное коро-

нарное вмешательство (ЧКВ) было применено в клинике в 1977 г. и стало направлением лечения заболеваний коронарных артерий с минимально инвазивным подходом [4]. Вопрос о выборе оптимального метода реваскуляризации у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий (КА) до сих пор остается актуальным. G. D. Angelini et al. (1996)

опубликовали информацию о гибридной реваскуляризации: комбинации миниинвазивного КШ и баллонной ангиопластики [5]. На сегодняшний день определение гибридной реваскуляризации (ГР) включает в себя комбинацию плановых КШ и ЧКВ для реваскуляризации различных коронарных артерий, выполненных с интервалом не более 60 дней, независимо от последовательности процедур [6]. Ранний опыт ГР показал неудовлетворительные результаты в сравнении с хирургической коррекцией, что в первую очередь было связано с использованием металлических стентов без лекарственного покрытия. Однако по мере совершенствования эндоваскулярных методик ГР становится достойной альтернативой хирургической коррекции при многососудистом поражении КА.

Действующие мировые руководства [7, 8] рекомендуют КШ всем пациентам с многососудистым поражением, за исключением пациентов с баллом ≤ 22 по шкале SYNTAX, у которых ЧКВ может рассматриваться как оптимальная альтернатива. 5-летние результаты SYNTAX показали превосходство КШ у пациентов со сложной анатомией левой КА и 3-х сосудистым поражением [9]. Кроме того, частота серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых и цереброваскулярных событий и необходимость повторной реваскуляризации в течение 5 лет значительно выше в группе ЧКВ. Впрочем, многие исследования, сравнивающие хирургическую и чрезкожную реваскуляризацию, включали пациентов, у которых были использованы металлические стенты без лекарственного покрытия или стенты с лекарственным покрытием первого поколения. Новое поколение зотаролимус-покрытых стентов показало хорошие результаты в отношении рестеноза стента и отдаленной эффективности, что может расширить показания к ЧКВ [10]. Это доказывают результаты исследования EXCEL, в которых частота серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых и цереброваскулярных событий через 3 года была аналогичной в группах КШ и ЧКВ [11]. Впрочем, исследование NOBLE с более длительной продолжительностью наблюдения показало, что смерть, инфаркт миокарда, инсульт или повторная реваскуляризация были значительно ниже в группе КШ по сравнению с ЧКВ [12]. Тем не менее, противоречивые результаты вышеупомянутых исследований указывают на превосходство анастомоза левой внутренней грудной артерии (ВГА) к передней межжелудочковой артерии (ПМЖА) над стентами нового поколения. Это согласуется с более ранними исследованиями, показавшими хорошую долгосрочную проходимость гrafta и лучшую 10-летнюю выживаемость у пациентов после КШ с использованием левой ВГА [14]. Кроме того, аутовенозные кондуиты имеют склонность к окклюзии: послеоперационная ангиография показала частоту окклюзии аутовен от 6 до 18 месяцев в диапазоне от 13 до 30 % [15–17]. Недостаточная проходимость венозных кондуитов после КШ и удовлетворительные отдаленные результаты усовершенствованных стентов поднимают вопрос о возможности замены аутовен на ЧКВ. Сочетание превосходной долгосрочной проходимости левой ВГА и эффективности стентов с лекарственным покрытием нового поколения обуславливает целесообразность обсуждения актуальности выполнения минимально инвазивной ГР.

Классическим показанием к ГР является многососудистое поражение КА с наличием проксимального комплексного поражения и оптимальной дистальной анатомией ПМЖА для формирования анастомоза левой ВГА к ПМЖА [18]. Кроме того, характер поражения прочих КА должен соответствовать возможностям выполнения ЧКВ. К важным хирургическим состояниям, которые могут помешать выполнению ГР, относятся предшествующие операции на сердце или грудной клетке с развитием спаечного процесса в плевральных полостях и полости перикарда, узкие межреберные промежутки, поражение клапанного аппарата, требующее одномоментной коррекции, индекс массы тела более $35 \text{ кг}/\text{м}^2$, а также заболевания аорты и периферических сосудов [19]. Последнее связано с потенциальной необходимостью периферического подключения АИК для экстренного ЭКК во время операции, и наличие значительного аорто-подвздошного поражения может сделать его проблематичным. Тяжелое заболевание легких или легочная гипертензия могут препятствовать способности пациента переносить однолегочную вентиляцию (ОЛВ), которая требуется в большинстве процедур ГР. Поскольку ОЛВ не рекомендуется у пациентов с гиперкарпнией в состоянии покоя (парциальное давление углекислого газа (PaCO_2) $>50 \text{ мм рт. ст.}$), гипоксией (парциальное давление кислорода (PaO_2) $<65 \text{ мм рт. ст.}$), значимым уменьшением форсированной жизненной емкости легких и объемом форсированного выдоха за 1 секунду, малоинвазивные ГР в этой группе могут оказаться неосуществимыми [20, 21].

Исследование FAME 3, опубликованное J. Dharam et al. в 2022 г., показывает, что ЧКВ с использованием современных стентов с лекарственным покрытием (DES), выполненное под контролем фракционного резерва кровотока, обладает меньшей эффективностью по сравнению с КШ у пациентов с трехсосудистым поражением. При оценке первичной конечной точки (серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые и цереброваскулярные события, в том числе инфаркт миокарда) уже через 1 год результаты ЧКВ по сравнению с КШ оказались хуже (10,6% против 6,9% (отношение рисков 1,5, 95% доверительный интервал 1,1–2,2)). Данное исследование показало

преимущество КШ и в отношении качества жизни, связанного с наличием стенокардии. По данным опроса, соотношение пациентов со стенокардией ≥ 2 ФК для ЧКВ по сравнению с АКШ через 12 месяцев составило 6,2 и 3,1% ($p > 0,05$), соответственно. Исследование еще раз продемонстрировало, что у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и низкой фракцией выброса КШ является предпочтительным способом реваскуляризации (показания класс I) [13].

Противоречивые результаты вышеупомянутых исследований указывают на превосходство анастомоза левой внутренней грудной артерии (ВГА) к передней межжелудочковой артерии (ПМЖА) над стентами нового поколения. Это согласуется с более ранними исследованиями, показавшими хорошую долгосрочную проходимость гrafta и лучшую 10-летнюю выживаемость у пациентов после КШ с использованием левой ВГА [14]. Кроме того, аутовенозные кондуиты имеют склонность к окклюзии: послеоперационная ангиография показала частоту окклюзии аутовен от 6 до 18 месяцев в диапазоне от 13 до 30 % [15–17]. Недостаточная проходимость венозных кондуитов после КШ и удовлетворительные отдаленные результаты усовершенствованных стентов поднимают вопрос о возможности замены аутовен на ЧКВ. Сочетание превосходной долгосрочной проходимости левой ВГА и эффективности стентов с лекарственным покрытием нового поколения обуславливает целесообразность обсуждения актуальности выполнения минимально инвазивной ГР.

Классическим показанием к ГР является многососудистое поражение КА с наличием проксимального комплексного поражения и оптимальной дистальной анатомией ПМЖА для формирования анастомоза левой ВГА к ПМЖА [18]. Кроме того, характер поражения прочих КА должен соответствовать возможностям выполнения ЧКВ. К важным хирургическим состояниям, которые могут помешать выполнению ГР, относятся предшествующие операции на сердце или грудной клетке с развитием спаечного процесса в плевральных полостях и полости перикарда, узкие межреберные промежутки, поражение клапанного аппарата, требующее одномоментной коррекции, индекс массы тела более $35 \text{ кг}/\text{м}^2$, а также заболевания аорты и периферических сосудов [19]. Последнее связано с потенциальной необходимостью периферического подключения АИК для экстренного ЭКК во время операции, и наличие значительного аорто-подвздошного поражения может сделать его проблематичным. Тяжелое заболевание легких или легочная гипертензия могут препятствовать способности пациента переносить однолегочную вентиляцию (ОЛВ), которая требуется в большинстве процедур ГР. Поскольку ОЛВ не рекомендуется у пациентов с гиперкарпнией в состоянии покоя (парциальное давление углекислого газа (PaCO_2) $>50 \text{ мм рт. ст.}$), гипоксией (парциальное давление кислорода (PaO_2) $<65 \text{ мм рт. ст.}$), значимым уменьшением форсированной жизненной емкости легких и объемом форсированного выдоха за 1 секунду, малоинвазивные ГР в этой группе могут оказаться неосуществимыми [20, 21].

Наиболее часто используемыми хирургическими методами являются минимально инвазивное шунтирование КА (MIDCAB), эндоскопическое атравматическое шунтирование КА (endoACAB), роботизированная endoACAB и полное эндоскопическое шунтирование КА (TECAB). TECAB является наиболее технически сложной хирургической процедурой, при которой выделение ВГА и коронарный анастомоз выполняются эндоскопически [22]. Однако сдерживающим фактором выступает экономическая составляющая, а также нередкие осложнения: кровотечение из эндоскопических доступов, неудовлетворительное формирование анастомозов с возникновением кровотечения или стеноза и повреждение ВГА при выделении [23]. При использовании MIDCAB выполняется небольшая передняя торакотомия (4–5 см) через четвертое или пятое межреберье,



Рис. 1. Одномоментное PCI и CS: PCI – Percutaneous Coronary Intervention; КШ – коронарное шунтирование; ПИТ – палата интенсивной терапии

Fig. 1. Simultaneous PCI and CS: PCI – Percutaneous Coronary Intervention; КШ – coronary bypass; ПИТ – intensive care unit

и с помощью специальных ретракторов осуществляется выделение ВГА с последующим формированием анастомоза [24]. В роботизированной endoACAB используется хирургическая система da Vinci (Intuitive Surgical Sunnyvale, CA) для облегчения выделения ВГА: роботизированные манипуляторы вводятся в грудную клетку через небольшие порты и управляют хирургическими инструментами [25]. Торакоскопическая endoACAB с помощью робота-ассистента имеет преимущество по сравнению с MIDCAB, обеспечивая наиболее оптимальное выделение ВГА и избегая чрезмерной ретракции грудной стенки. Технически MIDCAB и endoACAB менее сложны в хирургическом отношении, однако не способны обеспечить полной реваскуляризации. Однако это ограничение превосходно нивелируется при использовании этих методов в гибридной хирургии.

ГР может выполняться либо одномоментно, либо как двухэтапная процедура [26]. Первый вариант подразумевает одновременное выполнение КШ и ЧКВ в гибридной операционной, при этом ЧКВ осуществляется в течение нескольких минут после КШ. При «двухэтапном» подходе вмешательства должны быть осуществлены с интервалом не более 60 дней. При этом первоочередным может быть КШ, а затем PCI или наоборот. Каждый подход имеет свои преимущества и недостатки, приведенные ниже.

Одномоментный подход (рис. 1). Преимуществом является непосредственный ангиографический контроль сформированного анастомоза перед имплантацией стента. Кроме того, ЧКВ выполняется на фоне реваскуляризованной ПМЖА. В случае неудачной имплантации стента возможно расширение хирургической реваскуляризации. Кроме того, одновременный подход ГР может быть экономически эффективным путем сокращения продолжительности пребывания в стационаре, риска дестабилизации поражения и повторных госпитализаций между стадиями [27–28]. Что касается ограничений этого подхода, то существенной проблемой является баланс между необходимостью соответствующей антиагрегантной терапии, чтобы избежать тромбоза стента и риском хирургического кровотечения. Кроме того, реакция стентов с лекарственным покрытием на введение протамина в конце КШ не была полностью исследована [29]. Также одномоментный подход затруднен у пациентов с хронической болезнью почек, которые за короткий промежуток времени подвергаются двойному нефротоксиче-

скому воздействию: ишемии во время хирургического этапа вмешательства и введению контрастных веществ.

КШ после ЧКВ (рис. 2). Основным преимуществом этого подхода является то, что в случае неудовлетворительного ЧКВ возможно обеспечить полную реваскуляризацию с помощью стандартного КШ. Недостатком данной этапности является прием двойной антитромбоцитарной терапии перед КШ, что создает повышенный риск хирургического кровотечения. Кроме того, существует повышенный риск тромбоза стента, поскольку хирургическое вмешательство может привести к активации прокоагулянтных систем крови в ответ на воспаление и стрессовую реакцию [30].

ЧКВ после КШ (рис. 3). Этот подход оптимален по отношению к приему антиагрегантной терапии без дополнительного риска хирургического кровотечения. Кроме того, бассейн ПМЖА к моменту ЧКВ уже реваскуляризирован, что позволяет провести контрольную коронарощунгографию. Недостаток этого подхода заключается в том, что хирургический этап осуществляется на фоне поражения прочих коронарных артерий, что усложняет задачу анестезии и хирургической бригады избежать ишемии [31].

За последние 20 лет было проведено множество исследований, в которых изучались краткосрочные и долгосрочные результаты ГР. Эти исследования показали безопасность и эффективность этого метода по сравнению с традиционными хирургическими и интервенционными методами реваскуляризации. Так, J. Qiu et al. (2019) опубликовали результаты исследования, в котором 8-летняя свобода от неблагоприятных сердечно-сосудистых заболеваний в группе ГР была достоверно выше, чем в группе ЧКВ, и аналогична таковой в группе АКШ [32]. При этом продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии и длительность пребывания в стационаре были значительно ниже в группе ГР в сравнении с группой АКШ. Другое проспективное рандомизированное исследование HYBRID, сравнивающее ГР и традиционное АКШ с 5-летним периодом наблюдения, также не показало различий в смертности от всех причин, неблагоприятных сердечно-сосудистых заболеваний и повторной реваскуляризации [33]. V. Giambruno et al. (2017) представили опыт выполнения 203 робот-ассистированных ГР в 3 канадских больницах. В этом исследовании сообщили о превосходной проходимости анастомоза ЛВГА к

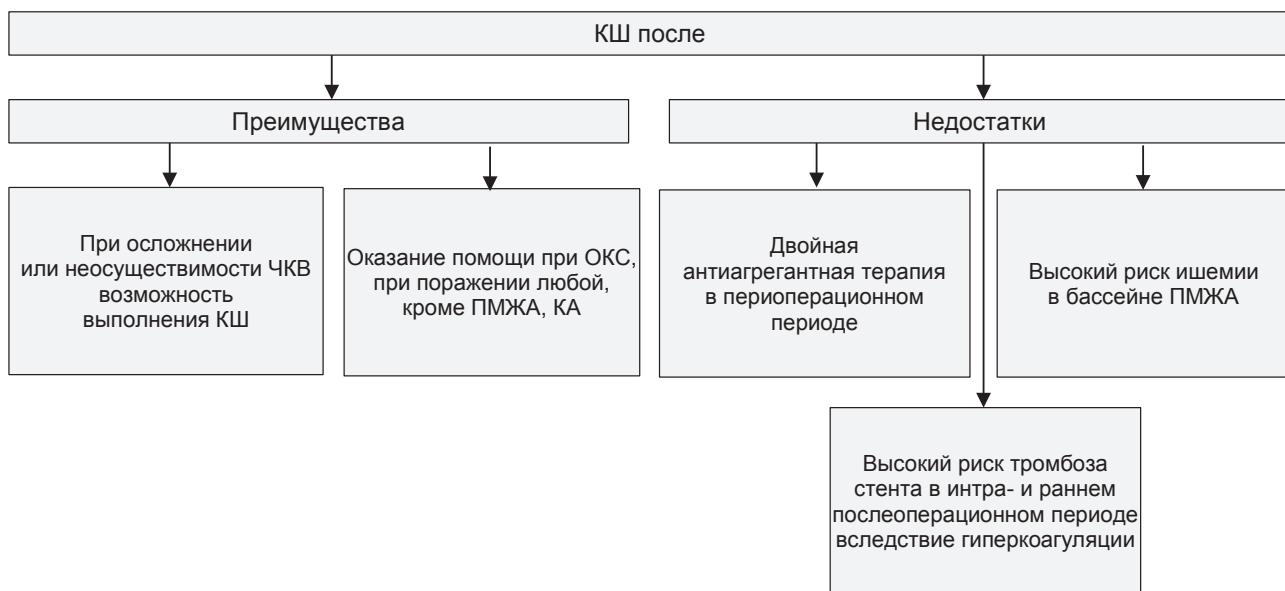


Рис. 2. КШ после выполнения ЧКВ: ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; КШ – коронарное шунтирование; КА – коронарные артерии; ПМЖА – передняя межжелудочковая артерия; ОКС – острый коронарный синдром

Fig. 2. CS after PCI: ЧКВ – percutaneous coronary intervention; КШ – coronary bypass; КА – coronary arteries; ПМЖА – anterior interventricular artery; ОКС – acute coronary syndrome

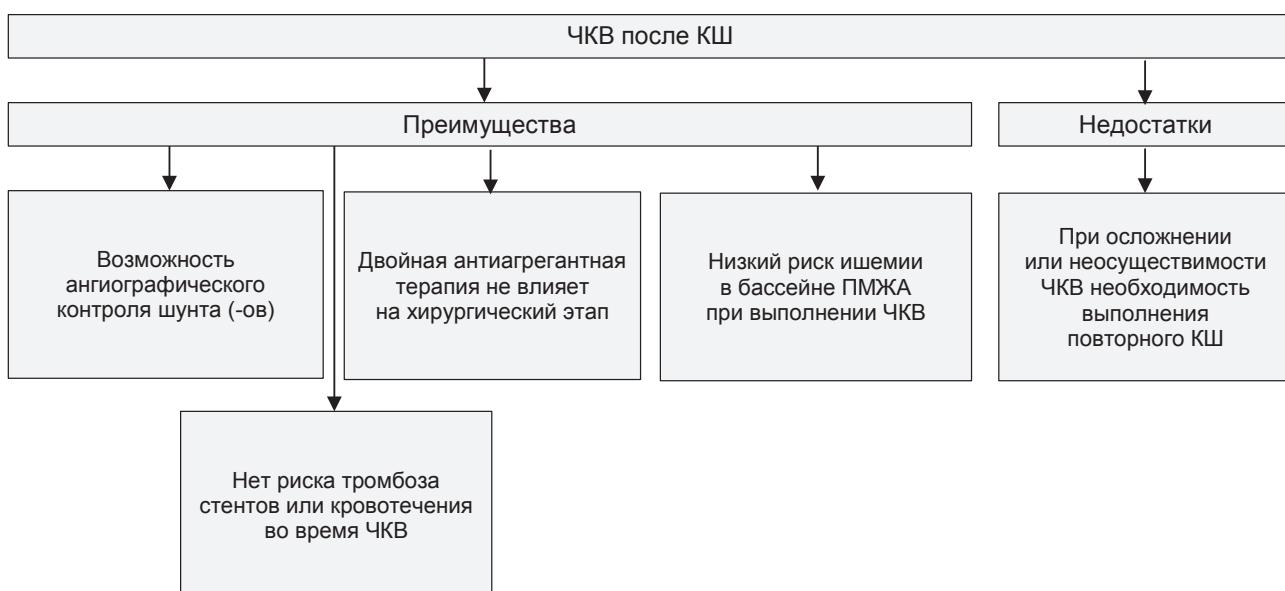


Рис. 3. ЧКВ после выполнения КШ: ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; КШ – коронарное шунтирование; ПМЖА – передняя межжелудочковая артерия

Fig. 3. PCI after CB: ЧКВ – percutaneous coronary intervention; КШ – coronary bypass; ПМЖА – anterior interventricular artery

ПМЖА (97,9 %) и отсутствию рестеноза в стенте (92,6 %) по результатам коронарографии через 6 месяцев [34]. Недавно опубликованные результаты рандомизированного клинического исследования HREVS, в котором рассматривались остаточная (резидуальная) ишемия миокарда (РИ) и клинические исходы в течение 1 года в группах АКШ, ГР и ЧКВ [35]. РИ оценивалась с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. Через 12 месяцев РИ составила 2,9 % в группе АКШ против 3,7 % в группе ГР и 3,1 % в группе ЧКВ, что говорит о высоком уровне полной реваскуляризации. Кроме того, смерть от любых причин и неблагоприятные сердечно-сосудистые события были сопоставимы во всех 3 группах. Однако существуют и альтернативные мнения: V. Esteves et al. (2021) отме-

чают, что ГР ассоциируется с увеличением частоты серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 2 лет клинического наблюдения, в то время как традиционная АКШ имела низкий уровень осложнений в течение того же периода [36]. Z. Guan et al. (2019) провели метаанализ, в который вошли 8 исследований, посвященных проблеме ГР [37]. Исследования проводились в период между 1990 и 2018 гг. и включали 1084 случая ГР и 2349 случаев АКШ. Метаанализ этих исследований показал, что ГР был связан со сниженной потребностью в ИВЛ и гемотрансfusion, а также со снижением времени госпитализации в сравнении с традиционным АКШ. Сравнение отдельных компонентов не выявило существенных различий с точки зрения внутрибольничной смертности, неблагоприятных

сердечно-сосудистых заболеваний, инфаркта миокарда, долгосрочной выживаемости и хирургических осложнений (включая почечную недостаточность, дренирование грудной клетки, послеоперационное кровотечение). Необходимы дальнейшие рандомизированные исследования для подтверждения данных предположений.

При всей важности поисков путей снижения травматичности и рисков реваскуляризации миокарда фундаментальным сегодня и, весьма вероятно, в дальнейшем остается принципиальный вопрос о показаниях к ней. Последнее в очередной раз продемонстрировали результаты исследование REVIVED, показавшие отсутствие влияния реваскуляризации методом ЧКВ на вероятность смерти, неблагоприятные события и частоту госпитализации у пациентов с сердечной недостаточностью по сравнению с медикаментозной терапией [38].

Выходы. 1. Наиболее распространенные методы хирургического лечения ИБС – коронарное шунтирование и стентирование – имеют клинически значимые особенности, включающие травматичность АКШ и повышенный риск повторной реваскуляризации с ЧКВ. Однако, рассматривая долгосрочные результаты мониторинга пациентов с различными методами реваскуляризации, описанные во многих исследованиях, необходимо подчеркнуть, что при многоартериальном поражении вероятность возникновения неблагоприятного сердечно-сосудистого события, в частности инфаркта миокарда, выше у пациентов после ЧКВ в сравнении с КШ.

2. Развитие идеологии реваскуляризации должно сочетать снижение травматичности за счет совершенствования хирургических доступов и низкий риск periоперационных осложнений при сохранении отдаленных результатов, сопоставимых с традиционным коронарным шунтированием.

3. Гибридная реваскуляризация способна обеспечить благоприятные результаты в отношении рисков и эффективности у определенной группы пациентов, особенно имеющих высокую коморбидность и ограниченные возможности реабилитации. Требуется дальнейшее изучение возможностей методики у пациентов с многососудистым поражением, включая поражение ствола левой коронарной артерии.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- Stamler J., Vaccaro O., Neaton J. D., Wentworth D. Diabetes, other risk factors, and 12-yr cardiovascular mortality for men screened in the Multiple Risk Factor Intervention Trial // Diabetes Care. 1993. Vol. 16, № 2. P. 434–444. Doi:10.2337/diacare.16.2.434.
- EIBardissi A. W., Aranki S. F., Sheng S. M., O'Brien S. M., Greenberg C. C., Gammie J. S. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery data-base // J Thorac Cardiovasc Surg. 2012;143(2):273–281. Doi:10.1016/j.jtcvs.2011.10.029.
- Колесов В. И. Хирургия венечных артерий сердца. Л. : Медицина, 1977. 359 с.
- Gruntzig A. Transluminal dilatation of coronary-artery stenosis // Lancet. 1978. Vol. 1, № 8058). P. 263. Doi:10.1016/s0140-6736(78)90500-7.
- Angelini G. D., Wilde P., Salerno T. A., Bosco G., Calafiore A. M. Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multivessel coronary artery revascularization // Lancet. 1996. Vol. 347, № 9003. P. 757–758. Doi:10.1016/s0140-6736(96)90107-5.
- Harskamp R. E. Current state and future direction of hybrid coronary revascularization // Curr Opin Cardiol. 2015. Vol. 30, № 6. P. 643–649. Doi:10.1097/HCO.0000000000000223.
- Fihn S. D., Blankenship J. C., Alexander K. P. et al. 2014 ACC/AHA/ AATS/PCNA/SCAI/STS focused update of the guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons // Journal of the American College of Cardiology. 2014. Vol. 64, № 18. P. 1929–1949. Doi:10.1016/j.jacc.2014.07.017.
- Neumann F. J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC Scientific Document Group (2019). 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization // European heart journal. 2019. Vol. 40, № 2. P. 87–165. Doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
- Mohr F. W., Morice M. C., Kappetein A. P. et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial // Lancet. 2013. Vol. 381, № 9867. P. 629–638. Doi:10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
- Kandzari D. E., Mauri L., Popma J. J. et al. Late-term clinical outcomes with zotarolimus- and sirolimus-eluting stents. 5-year follow-up of the ENDEAVOR III (A Randomized Controlled Trial of the Medtronic Endeavor Drug [ABT-578] Eluting Coronary Stent System Versus the Cypher Sirolimus-Eluting Coronary Stent System in De Novo Native Coronary Artery Lesions). JACC // Cardiovascular interventions. 2011. Vol. 4, № 5. P. 543–550. Doi:10.1016/j.jcin.2010.12.014.
- Stone G. W., Sabik J. F., Serruys P. W., & Kappetein A. P. (2017). Everolimus-Eluting Stents or Bypass Surgery for Left Main Coronary Disease // The New England journal of medicine. 2017. Vol. 376, № 11. P. 1089. Doi:10.1056/NEJM1701177.
- Mäkkitalio T., Holm N. R., Lindsay M. et al. Percutaneous coronary angioplasty versus coronary artery bypass grafting in treatment of unprotected left main stenosis (NOBLE): a prospective, randomised, open-label, non-inferiority trial // Lancet. 2016. Vol. 388, № 10061. P. 2743–2752. Doi:10.1016/S0140-6736(16)32052-9.
- Fearon W. F. et al. Fractional Flow Reserve–Guided PCI as Compared with Coronary Bypass Surgery // N Engl J Med. 2022;386(2):128-137. Doi: 10.1056/NEJMoa2112299.
- Loop F. D., Lytle B. W., Cosgrove D. M. et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events // The New England journal of medicine. 1986. Vol. 314, № 1. P. 1–6. Doi:10.1056/NEJM198601023140101.
- Lopes R. D., Hafley G. E., Allen K. B. et al. Endoscopic versus open vein-graft harvesting in coronary-artery bypass surgery // The New England journal of medicine. 2009. Vol. 361, № 3. P. 235–244. Doi:10.1056/NEJMoa0900708.
- Yun K. L., Wu Y., Aharonian V. et al. Randomized trial of endoscopic versus open vein harvest for coronary artery bypass grafting: six-month patency rates. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2015. Vol. 129, № 3. P. 496–503. Doi:10.1016/j.jtcvs.2004.08.054.
- Alexander J. H., Hafley G., Harrington R. A. et al. Efficacy and safety of edifoligide, an E2F transcription factor decoy, for prevention of vein graft failure following coronary artery bypass graft surgery: PREVENT IV: a randomized controlled trial // JAMA. 2015. Vol. 294, № 19. P. 2446–2454. Doi:10.1001/jama.294.19.2446.
- Panoulas V. F., Colombo A., Margonato A., Maisano F. Hybrid coronary revascularization: promising, but yet to take off // Journal of the American College of Cardiology. 2015. Vol. 65, № 1. P. 85–97. Doi:10.1016/j.jacc.2014.04.093.
- Seco M., Edelman J. J., Yan T. D., Wilson M. K., Bannon P. G., Valley M. P. Systematic review of robotic-assisted,totally endoscopic coro-

- nary artery bypass grafting // Annals of cardiothoracic surgery. 2013. Vol. 2, № 4. P. 408–418. Doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.23.
20. Murkin J. M., Ganapathy S. Anesthesia for robotic heart surgery: an overview. // The heart surgery forum. 2001. Vol. 4, № 4. P. 311–314.
21. Lee J. D., Srivastava M., Bonatti J. History and current status of robotic totally endoscopic coronary artery bypass // Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society. 2012. Vol. 76, № 9. P. 2058–2065. Doi:10.1253/circj.cj-12-0981.
22. Deshpande S. P., Lehr E., Odonkor P. et al. Anesthetic management of robotically assisted totally endoscopic coronary artery bypass surgery (TECAB). Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2013. Vol. 27, № 3. P. 586–599. Doi:10.1053/j.jvca.2013.01.005.
23. Bonatti J., Schachner T., Bonaros et al. Technical challenges in totally endoscopic robotic coronary artery bypass grafting // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2006. Vol. 131, № 1. P. 146–153. Doi:10.1016/j.jtcvs.2005.07.064.
24. Ejiofor J. I., Leacche M., Byrne J. G. Robotic CABG and Hybrid Approaches: The Current Landscape // Progress in cardiovascular diseases. 2015. Vol. 58, № 3. P. 356–364. Doi:10.1016/j.pcad.2015.08.012.
25. Bernstein W. K., Walker A. Anesthetic issues for robotic cardiac surgery // Annals of cardiac anaesthesia. 2015. Vol. 18, № 1. P. 58–68. Doi:10.4103/0971-9784.148323.
26. Leyvi G., Dabas A., Leff J. D. Hybrid Coronary Revascularization – Current State of the Art // Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2019. Vol. 33, № 12. P. 3437–3445. Doi:10.1053/j.jvca.2019.08.047.
27. Zhou S., Fang Z., Xiong H., et al. Effect of one-stop hybrid coronary revascularization on postoperative renal function and bleeding: a comparison study with off-pump coronary artery bypass grafting surgery // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2014. Vol. 147, № 5. P. 1511–1516.e1. Doi:10.1016/j.jtcvs.2013.05.026.
28. Song Z., Shen L., Zheng Z., Xu B., Xiong H., Li L., Hu S. One-stop hybrid coronary revascularization versus off-pump coronary artery bypass in patients with diabetes mellitus // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2016. Vol. 151, № 6. P. 1695–1701. E1. Doi:10.1016/j.jtcvs.2016.01.049.
29. Dong L., Kang Y. K., An X. G. Short-Term and Mid-Term Clinical Outcomes Following Hybrid Coronary Revascularization Versus Off-Pump Coronary Artery Bypass: A Meta-Analysis // Arquivos brasileiros de cardiologia. 2018. Vol. 110, № 4. P. 321–330. Doi:10.5935/abc.20180044.
30. Lison S., Weiss G., Spannagl M., Heindl B. Postoperative changes in pro-coagulant factors after major surgery // Blood coagulation & fibrinolysis : an international journal in haemostasis and thrombosis. 2011. Vol. 22, № 3. P. 190–196. Doi:10.1097/MBC.0b013e328343f7be.
31. Leyvi G., Dabas A., Leff J. D. Hybrid Coronary Revascularization – Current State of the Art // Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2019. Vol. 33, № 12. P. 3437–3445. Doi:10.1053/j.jvca.2019.08.047.
32. Qiu J., Zhu P., Liu Z., Xu H., Liu J., Zhao Q. Hybrid coronary revascularization versus off-pump coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention for the treatment of two-vessel coronary artery disease with proximal left anterior descending artery stenosis // Journal of thoracic disease. 2019. Vol. 11, № 6. P. 2402–2409. Doi:10.21037/jtd.2019.05.54.
33. Tajstra M., Hrapkowicz T., Hawranek et al. Study Investigators. Hybrid Coronary Revascularization in Selected Patients With Multivessel Disease: 5-Year Clinical Outcomes of the Prospective Randomized Pilot Study. JACC // Cardiovascular interventions. 2018. Vol. 11, № 9. P. 847–852. Doi:10.1016/j.jcin.2018.01.271.
34. Giambruno V., Hafiz A., Fox S. A. et al. Is the Future of Coronary Arterial Revascularization a Hybrid Approach? // The Canadian Experience Across Three Centers. Innovations (Philadelphia, Pa.). 2017. Vol. 12, № 2. P. 82–86. Doi:10.1097/IMI.0000000000000355.
35. Ganyukov V., Kochergin N., Shilov A. et al. Randomized Clinical Trial of Surgical vs. Percutaneous vs. Hybrid Revascularization in Multivessel Coronary Artery Disease: Residual Myocardial Ischemia and Clinical Outcomes at One Year-Hybrid coronary REvascularization Versus Stenting or Surgery (HREVS) // Journal of interventional cardiology. 2020. Vol. 5458064. Doi:10.1155/2020/5458064.
36. Esteves V., Oliveira M., Feitosa F. S. et al. Late clinical outcomes of myocardial hybrid revascularization versus coronary artery bypass grafting for complex triple-vessel disease: Long-term follow-up of the randomized MERGING clinical trial // Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions. 2021. Vol. 97, № 2. P. 259–264. Doi:10.1002/ccd.28710.
37. Guan Z., Zhang Z., Gu K. et al. Minimally Invasive CABG or Hybrid Coronary Revascularization for Multivessel Coronary Diseases: Which Is Best? A Systematic Review and Metaanalysis // The heart surgery forum. 2019. Vol. 22, № 6. E493–E502. Doi:10.1532/hsf.2499.
38. Perera D., Clayton T., O'Kane P. D. et al. REVIVED-BCIS2 Investigators. Percutaneous Revascularization for Ischemic Left Ventricular Dysfunction // N Engl J Med. 2022 Oct. 13; 387(15). P. 1351–1360. Doi: 10.1056/NEJMoa2206606. Epub 2022 Aug 27. PMID: 36027563.

REFERENCES

1. Stamler J., Vaccaro O., Neaton J. D., Wentworth D. Diabetes, other risk factors, and 12-yr cardiovascular mortality for men screened in the Multiple Risk Factor Intervention Trial // Diabetes Care. 1993;16(2):434–444. Doi:10.2337/diacare.16.2.434.
2. ElBardissi A. W., Arranki S. F., Sheng S. M., O'Brien S. M., Greenberg C. C., Gamie J. S. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database // J Thorac Cardiovasc Surg. 2012;143(2):273–281. Doi:10.1016/j.jtcvs.2011.10.029.
3. Kolesov V. I. Surgery of the coronary arteries of the heart. L. : Medicine, 1977;359. (In Russ.).
4. Gruntzig A. Transluminal dilatation of coronary-artery stenosis // Lancet. 1978;1(8058):263. Doi:10.1016/s0140-6736(78)90500-7.
5. Angelini G. D., Wilde P., Salerno T. A., Bosco G., Calafiore A. M. Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multivessel coronary artery revascularization // Lancet. 1996;347(9003):757–758. Doi:10.1016/s0140-6736(96)90107-5.
6. Harskamp R. E. Current state and future direction of hybrid coronary revascularization // Curr Opin Cardiol. 2015;30(6):643–649. Doi:10.1097/HCO.0000000000000223.
7. Fihn S. D., Blankenship J. C., Alexander K. P. et al. 2014 ACC/AHA/AATS/PCNA/SCAI/STS focused update of the guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons // Journal of the American College of Cardiology. 2014;64(18),1929–1949. Doi:10.1016/j.jacc.2014.07.017.
8. Neumann F. J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC Scientific Document Group (2019). 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization // European heart journal. 2019;40(2):87–165. Doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
9. Mohr F. W., Morice M. C., Kappetein A. P. et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial // Lancet. 2013;381(9867):629–638. Doi:10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
10. Kandzari D. E., Mauri L., Popma J. J. et al. Late-term clinical outcomes with zotarolimus- and sirolimus-eluting stents. 5-year follow-up of the ENDEAVOR III (A Randomized Controlled Trial of the Medtronic Endeavor Drug [ABT-578] Eluting Coronary Stent System Versus the Cypher Sirolimus-Eluting Coronary Stent System in De Novo Native Coronary Artery Lesions). JACC // Cardiovascular interventions. 2011; 4(5):543–550. Doi:10.1016/j.jcin.2010.12.014.
11. Stone G. W., Sabik J. F., Serruys P. W., & Kappetein A. P. (2017). Everolimus-Eluting Stents or Bypass Surgery for Left Main Coronary Disease // The New England journal of medicine. 2017;376(11):1089. Doi:10.1056/NEJMc1701177.
12. Mäkkilä T., Holm N. R., Lindsay M. et al. Percutaneous coronary angioplasty versus coronary artery bypass grafting in treatment of unprotected left main stenosis (NOBLE): a prospective, randomised, open-label, non-inferiority trial // Lancet. 2016;388(10061):2743–2752. Doi:10.1016/S0140-6736(16)32052-9.
13. Fearon W. F. et al. Fractional Flow Reserve–Guided PCI as Compared with Coronary Bypass Surgery // N Engl J Med. 2022;386(2):128–137. Doi: 10.1056/NEJMoa2112299.
14. Loop F. D., Lytle B. W., Cosgrove D. M. et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events // The New England journal of medicine. 1986;314(1):1–6. Doi:10.1056/NEJM198601023140101.

15. Lopes R. D., Hafley G. E., Allen K. B. et al. Endoscopic versus open vein-graft harvesting in coronary-artery bypass surgery // The New England journal of medicine. 2009;361(3), 235—244. Doi:10.1056/NEJMoa0900708.
16. Yun K. L., Wu Y., Aharonian V. et al. Randomized trial of endoscopic versus open vein harvest for coronary artery bypass grafting: six-month patency rates. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2015;129(3):496–503. Doi:10.1016/j.jtcvs.2004.08.054.
17. Alexander J. H., Hafley G., Harrington R. A. et al. Efficacy and safety of edifoligide, an E2F transcription factor decoy, for prevention of vein graft failure following coronary artery bypass graft surgery: PREVENT IV: a randomized controlled trial // JAMA. 2015;294(19), 2446–2454. Doi:10.1001/jama.294.19.2446.
18. Panoulas V. F., Colombo A., Margonato A., Maisano F. Hybrid coronary revascularization: promising, but yet to take off // Journal of the American College of Cardiology. 2015;65(1):85–97. Doi:10.1016/j.jacc.2014.04.093.
19. Seco M., Edelman J. J., Yan T. D., Wilson M. K., Bannon P. G., Vallely M. P. Systematic review of robotic-assisted,totally endoscopic coronary artery bypass grafting // Annals of cardiothoracic surgery. 2013;2(4),408–418. Doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.23.
20. Murkin J. M., Ganapathy S. Anesthesia for robotic heart surgery: an overview. // The heart surgery forum. 2001;4(4):311–314.
21. Lee J. D., Srivastava M., Bonatti J. History and current status of robotic totally endoscopic coronary artery bypass // Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society. 2012;76(9):2058–2065. Doi:10.1253/circj.cj-12-0981.
22. Deshpande S. P., Lehr E., Odonkor P. et al. Anesthetic management of robotically assisted totally endoscopic coronary artery bypass surgery (TECAB). Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2013;27(3):586–599. Doi:10.1053/j.jvca.2013.01.005.
23. Bonatti J., Schachner T., Bonaros et al. Technical challenges in totally endoscopic robotic coronary artery bypass grafting // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2006;131(1):146–153. Doi:10.1016/j.jtcvs.2005.07.064.
24. Ejiogor J. I., Leacche M., Byrne J. G. Robotic CABG and Hybrid Approaches: The Current Landscape //Progress in cardiovascular diseases. 2015;58(3),356–364. Doi:10.1016/j.pcad.2015.08.012.
25. Bernstein W. K., Walker A. Anesthetic issues for robotic cardiac surgery // Annals of cardiac anaesthesia. 2015;18(1),58–68. Doi:10.4103/0971-9784.148323.
26. Leyvi G., Dabas A., Leff J. D. Hybrid Coronary Revascularization – Current State of the Art // Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2019;33(12),3437–3445. Doi:10.1053/j.jvca.2019.08.047.
27. Zhou S., Fang Z., Xiong H., et al. Effect of one-stop hybrid coronary revascularization on postoperative renal function and bleeding: a comparison study with off-pump coronary artery bypass grafting surgery // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2014;147(5),1511–1516. e1. Doi:10.1016/j.jtcvs.2013.05.026.
28. Song Z., Shen L., Zheng Z., Xu B., Xiong H., Li L., Hu S. One-stop hybrid coronary revascularization versus off-pump coronary artery bypass in patients with diabetes mellitus // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2016;151(6),1695–1701.e1. Doi:10.1016/j.jtcvs.2016.01.049.
29. Dong L., Kang Y. K., An X. G. Short-Term and Mid-Term Clinical Outcomes Following Hybrid Coronary Revascularization Versus Off-Pump Coronary Artery Bypass: A Meta-Analysis // Arquivos brasileiros de cardiologia. 2018;110(4),321–330. Doi:10.5935/abc.20180044.
30. Lison S., Weiss G., Spannagl M., Heindl B. Postoperative changes in procoagulant factors after major surgery // Blood coagulation & fibrinolysis : an international journal in haemostasis and thrombosis. 2011;22(3),190–196. Doi:10.1097/MBC.0b013e328343f7be.
31. Leyvi G., Dabas A., Leff J. D. Hybrid Coronary Revascularization – Current State of the Art // Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2019;33(12),3437–3445. Doi:10.1053/j.jvca.2019.08.047.
32. Qiu J., Zhu P., Liu Z., Xu H., Liu J., Zhao Q. Hybrid coronary revascularization versus off-pump coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention for the treatment of two-vessel coronary artery disease with proximal left anterior descending artery stenosis // Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2019;11(6),2402–2409. Doi:10.21037/jtd.2019.05.54.
33. Tajstra M., Hrapkowicz T., Hawranek et al. Study Investigators. Hybrid Coronary Revascularization in Selected Patients With Multivessel Disease: 5-Year Clinical Outcomes of the Prospective Randomized Pilot Study. JACC // Cardiovascular interventions. 2018;11(9),847–852. Doi:10.1016/j.jcin.2018.01.271.
34. Giambruno V., Hafiz A., Fox S. A. et al. Is the Future of Coronary Arterial Revascularization a Hybrid Approach? // The Canadian Experience Across Three Centers. Innovations (Philadelphia, Pa.). 2017;12(2),82–86. Doi:10.1097/IMI.0000000000000355.
35. Ganyukov V., Kochergin N., Shilov A. et al. Randomized Clinical Trial of Surgical vs. Percutaneous vs. Hybrid Revascularization in Multivessel Coronary Artery Disease: Residual Myocardial Ischemia and Clinical Outcomes at One Year-Hybrid coronary REvascularization Versus Stenting or Surgery (HREVS) // Journal of interventional cardiology. 2020;5458064. Doi:10.1155/2020/5458064.
36. Esteves V., Oliveira M., Feitosa F. S. et al. Late clinical outcomes of myocardial hybrid revascularization versus coronary artery bypass grafting for complex triple-vessel disease: Long-term follow-up of the randomized MERGING clinical trial // Catheterization and cardiovascular interventions: official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions. 2021;97(2),259–264. Doi:10.1002/ccd.28710.
37. Guan Z., Zhang Z., Gu K. et al. Minimally Invasive CABG or Hybrid Coronary Revascularization for Multivessel Coronary Diseases: Which Is Best? A Systematic Review and Metaanalysis // The heart surgery forum. 2019;22(6),E493–E502. Doi:10.1532/hsf.2499.
38. Perera D., Clayton T., O'Kane P. D. et al. REVIVED-BCIS2 Investigators. Percutaneous Revascularization for Ischemic Left Ventricular Dysfunction // N Engl J Med. 2022 Oct. 13;387(15):1351-1360. Doi: 10.1056/NEJMoa2206606. Epub 2022 Aug 27. PMID: 36027563.

Информация об авторах:

Дьяченко Яков Александрович, врач-кардиохирург, аспирант по специальности сердечно-сосудистая хирургия, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0003-2777-8739; **Гуршченков Александр Викторович**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8494-0646; **Ишмухаметов Глеб Ильдарович**,ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-9496-6508; **Заварзина Дарья Геннадьевна**,ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-0924-2810; **Кучеренко Владимир Сергеевич**,доктор медицинских наук, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-5493-5205; **Гордеев Михаил Леонидович**,доктор медицинских наук, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-5362-3226.

Information about authors:

Dyachenko Yakov A., Cardiac Surgeon, Postgraduate Student in Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint, Petersburg), ORCID: 0000-0003-2777-8739; **Gurshchenkov Alexander V.**, Cand. of Sci. (Med.), Assistant of the Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint, Petersburg), ORCID: 0000-0001-8494-0646; **Ishmukhametov Gleb I.**, Resident of the Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint, Petersburg), ORCID: 0000-0001-9496-6508; **Zavarzina Daria G.**, Resident of the Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0924-2810; **Kucherenko Vladimir S.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-5493-5205; **Gordeev Mikhail L.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Cardiovascular Surgery, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-5362-3226.