

МАЛОИНВАЗИВНАЯ КОРОНАРНАЯ ХИРУРГИЯ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

Сидоров Р.В.*¹, Базилевич А.В.¹, Катков А.А.²,
Борщев Г.Г.³, Сорокина В.А.¹, Поспелов Д.Ю.¹

DOI: 10.25881/20728255_2021_16_3_84

¹ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет», Ростов-на-Дону

² ГБУЗ Городская клиническая больница им. С.П. Боткина, Москва

³ ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

Резюме. Сердечно-сосудистые заболевания на протяжении 20 лет остаются на первом месте среди причин смертности в мире. В частности, наибольшего роста за этот период достигла ишемическая болезнь сердца, количество смертей от которой сейчас составляет 16% от общей летальности. Хирургические методы занимают лидирующую позицию в лечении ИБС по сравнению с консервативной терапией, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Традиционное коронарное шунтирование через стернотомию с использованием искусственного кровообращения остается травматичной процедурой с высоким риском развития осложнений, как интраоперационно, так и в ранний и поздний послеоперационные периоды. Черезкожные коронарные вмешательства, являясь менее травматичными, имеют весомый недостаток в виде высокой частоты рестеноза и повторных реваскуляризации. Попытки избавиться от недостатков и объединить достоинства вышеперечисленных методик привели к созданию такого перспективного направления, как малоинвазивная коронарная хирургия (МИКХ), которая является хорошей альтернативой стернотомии, имея при этом сходный профиль безопасности и эффективности по сравнению с обычным КШ с или без ИК. В настоящее время методики МИКХ можно рассматривать как отдельный метод хирургического лечения, так и как первый этап гибридной реваскуляризации миокарда. В данном обзоре представлено определение понятия МИКХ, представлена объединенная подробная классификация всех методик миниинвазивной коронарной реваскуляризации, их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, коронарное шунтирование, малоинвазивная коронарная хирургия.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания уже на протяжении 20 лет остаются на первом месте среди причин смертности в мире. Согласно опубликованной ВОЗ статистике ведущих причин смерти в период с 2000 по 2019 г. наибольший рост среди всех ведущих причин смерти пришелся именно на ишемическую болезнь сердца (ИБС), смертность от которой выросла на 2 млн в год в этот временной период и сейчас составляет 8,9 млн случаев в год, что равно 16% от общего числа смертей.

Хирургические методы занимают лидирующую позицию в лечении поражения коронарных артерий [2]. Множество клинических исследований показывает более высокую эффективность хирургического лечения

LOW INVASIVE CORONARY SURGERY: OVERVIEW OF CORONARY HEART DISEASE MODERN SURGICAL TREATMENT TECHNIQUES

Sidorov R.V.*¹, Bazilevich A.V.¹, Katkov A.A.²,
Borshchev G.G.³, Sorokina V.A.¹, Pospelov D.Yu.¹

¹ Rostov State Medical University, Rostov-on-Don

² S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow

³ Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Over the last twenty years, cardiovascular diseases come first among the causes of death in the world. In particular, the ischemic heart disease has reached the greatest growth during this period, the number of deaths from it now is about 16% of the total mortality. Surgical methods take a leading position in the treatment of coronary artery disease comparing with conservative therapy, both in short and long term perspective. Traditional coronary artery bypass through sternotomy with the use of artificial blood circulation remains a traumatic procedure with a high risk of complications, both intraoperative and in the early and late post-operative periods. Transdermal coronary interventions, being less traumatic, have a significant disadvantage in the form of a high rate of restenosis and repeated revascularization. The attempts to get rid of these disadvantages and to unite the advantages of the above techniques led to the creation of such promising direction as minimally invasive coronary surgery (MICH), which is a good alternative to sternotomy, having a similar safety and efficiency profile in comparison with the conventional coronary artery bypass with or without the use of artificial blood circulation. At present, the MICH technique can be considered both as a separate method of surgical treatment, and as the first stage of hybrid myocardial revascularization.

In this overview the definition of the MICH is presented, the combined detailed classification of all techniques of minimally invasive coronary revascularization, their advantages and disadvantages is given.

Keywords: coronary artery disease, coronary artery bypass, minimally invasive coronary surgery

ИБС в виде реваскуляризации миокарда посредством чрезкожного коронарного вмешательства (ЧКВ) или коронарного шунтирования (КШ) по сравнению с только медикаментозной терапией, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе [3]. При этом исследователями отмечено достоверное преимущество хирургических методик в снижении количества приступов стенокардии, улучшении толерантности к физическим нагрузкам, и как следствие, улучшении качества и продолжительности жизни пациентов [3].

Несмотря на свою полувековую историю, выполнение стратегии полной реваскуляризации миокарда и эффективность ликвидации симптомов, традиционное коронарное шунтирование через стернотомию с использованием искусственного кровообращения (ИК)

* e-mail: romas-64@mail.ru

остаётся травматичной процедурой с высоким риском развития таких осложнений, как острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), значимая кровопотеря, гнойно-воспалительный процесс, посткардиотомный синдром, диастаз грудины [4]. Стоит также отметить, что данный метод хирургического лечения сопряжен с необходимостью длительного реабилитационного периода, а также рядом ограничений в первые месяцы после операции (например, ношение послеоперационного бандажа, отсутствие возможности спать в положении лежа на боку), что не только физически, но и психологически тяжело для пациента [5].

Чрескожные коронарные вмешательства бесспорно являются менее травматичными по сравнению с коронарным шунтированием, что сопряжено с более быстрым восстановлением больных в послеоперационном периоде, а также меньшей частотой осложнений, приводящих к необходимости дополнительных хирургических вмешательств или длительной реабилитации. Однако, главным недостатком ЧКВ, несмотря на значительный прогресс в модификации коронарных стентов и их покрытий, остаётся достаточно высокая частота рестеноза и повторных реваскуляризаций [6].

Попытки ученых объединить достоинства коронарного шунтирования и миниинвазивность эндоваскулярных вмешательств привели к созданию такого перспективного направления в кардиохирургии, как малоинвазивная коронарная хирургия (МИКХ), которая является хорошей альтернативой стернотомии, имея при этом сходный профиль безопасности и эффективности по сравнению с обычным КШ с или без ИК. При этом также существует ряд очевидных преимуществ в виде уменьшения послеоперационной продолжительности госпитализации, периода реабилитации с более ранней активизацией пациента, более быстрым расширением физической активности, а как следствие более быстрым улучшением качества жизни. Однако стоит оговорить, что безопасность и эффективность малоинвазивных методик были показаны для коррекции стеноза проксимального участка левой коронарной артерии (ЛКА) или хронической ее окклюзии, а более редкая потребность в повторном коронарном вмешательстве по сравнению с ЧКВ была достоверно доказана именно при выполнении техники МИКХ при одностороннем поражении проксимальной части передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии (ПМЖВ ЛКА) (Класс рекомендаций — IIa, уровень доказательности — B) [3].

В настоящее время методики малоинвазивной коронарной хирургии рассматривают как первый этап при выполнении гибридной коронарной реваскуляризации в случае многососудистого поражения у пациентов с высоким риском хирургического вмешательства. При этом гибридную реваскуляризацию можно выполнять одновременно в специально оснащенной операционной, либо последовательно, когда после этапа малоин-

вазивного коронарного шунтирования, выполняется ЧКВ в рентгеноперационной. При этом достоверно не было выявлено значительной разницы между гибридной реваскуляризацией и КШ в отношении смертности, инфаркта миокарда (ИМ), инсульта, а также крупных кровотечений или повторных реваскуляризаций в течение 1 года и 5 лет, поэтому необходимость использования стратегии гибридной реваскуляризации в данном конкретном случае должна обсуждаться в рамках heart team и консилиума лечащих врачей [3].

Понятие миниинвазивной коронарной реваскуляризации

Есть два взгляда на определение данного понятия: А.М. Calafiore et al. относит к нему технику без использования полной стернотомии и ИК, в то время как голландская группа ученых во главе Е. Jansen включают в данное понятие реваскуляризацию миокарда без применения ИК и/или через миниторакотомический доступ [7].

Классификация методов

В настоящее время все методы миниинвазивного коронарного шунтирования можно разделить на MIDCAB (Minimally invasive direct coronary artery bypass), MICSCAB (Minimally invasive multivessel coronary artery bypass) и TECAB (Totally endoscopic coronary artery bypass), где MIDCAB — это выполнение единственного анастомоза между внутренней грудной артерией ВГА и ПМЖВ (LIMA-to-LAD) через торакалотомический доступ с использованием специальных ретракторов, как единственный этап в восстановлении кровотока в симптом-зависимой артерии или как первый этап в гибридной реваскуляризации миокарда, MICSCAB — методика, позволяющая выполнить полную реваскуляризацию миокарда с помощью аутоартериальных и аутовенозных шунтов через межреберный доступ. Этап забора ВГА при MIDCAB и MICSCAB может быть выполнен, как с помощью миниторакотомного доступа и специализированного торакального ретрактора, так и торакалоскопически или с видеоассистенцией. Методика TECAB предполагает выполнение всех этапов операции коронарного шунтирования торакалоскопически и/или с помощью системы «Da Vinci SiHD» [3; 6; 8; 9].

Минимальноинвазивное прямое коронарное шунтирование (MIDCAB)

Методика маммаро-коронарного анастомоза на работающем сердце была описана в 1964 г. профессором В.И. Колесовым. Василий Иванович впервые в мире успешно выполнил коронарное шунтирование на работающем сердце через левостороннюю торакалотомию, создав анастомоз между внутренней грудной артерией и огибающей ветвью левой коронарной артерии (ОВ ЛКА), что ознаменовало новую эру в мировой кардиохирургии [17; 18]. Однако до середины 80-х годов она оставалась невостребованной, так

как в 60–70-х годах XX века «золотым стандартом» в коронарной хирургии считали использование искусственного кровообращения. В 1985 г. F. Benetti и E. Buffalo et al. впервые использовали технику MIDCAB в группе пациентов, имеющих высокий операционный риск [12]. Как уже указывалось ранее, MIDCAB — это хирургическая техника, при которой выполняется единственный анастомоз между ВГА и ПМЖВ ЛКА, что является с одной стороны недостатком данной методики (непозволяет выполнить стратегию полной реваскуляризации миокарда), а с другой стороны является альтернативой стандартному КШ для больных пожилого возраста, с низкой фракцией выброса левого желудочка и многососудистым поражением, когда ЧКВ не может быть эффективно реализовано, а классическое коронарное шунтирование даже Off-Pump сопряжено с высоким операционным риском [13]. Также данную методику активно используют в стратегии гибридной реваскуляризации, в качестве 1 этап восстановления коронарного кровообращения, преимущественного при проксимальном поражении ПМЖВ ЛКА в сочетании с поражением других коронарных сосудов и левым типом кровообращения миокарда [3; 14; 15].

Подвидом техники MIDCAB является video assisted MIDCAB, также называемая endo-ACAB (Endoscopic atraumatic coronary artery bypass), суть которой заключается в торакоскопическом выделении ВГА, используя эндовидеохирургические инструменты под контролем 2D или 3D эндоскопии.

Минимальноинвазивное многососудистое коронарное шунтирование (MICSCAB)

Впервые полная реваскуляризация миокарда из миниторакотомного доступа была представлена J. McGrinn в 2005 г. В его методике предполагалось использование ВГА для формирования анастомоза с ПМЖВ, аутовенозных кондуитов для шунтирования ОВ ЛКА и ПКА. Уже в 2014 г. автор представил результаты 1000 операций с хорошими ближайшими и отдаленными результатами [16]. Однако данные о более коротком сроке службы аутовенозных шунтов по сравнению с аутоартериальными, полученные множеством исследователей, привели к дальнейшему совершенствованию методики и разработке новой техники бимаммарного шунтирования. Первая операция бимаммарного шунтирования of-pump через левую миниторакотомию была представлен Р. Nambiar в 2012 г. на съезде Международного общества по малоинвазивной кардиохирургии (ISMICS), техника получила название по фамилии автора — «Nambiar Technique» [17].

Техника MICSCAB on-pump была впервые применена в Дрездене в конце 90-х годов XX века и была названа «Dresden Technique», она также известна в литературе под названием PACAB (Port-access coronary artery bypass) или TCRAT (Total coronary revascularization via anterior thoracotomy). Суть этой методики заключается

в использовании ИК и кардиopleгии при выполнении коронарного шунтирования через межреберный минидоступ. Явным достоинством данной техники является возможность полной реваскуляризации миокарда с применением менее травматичной миниинвазивной техники. Недостатком же являются технические особенности в виде подключения ИК через бедренные или подключичные сосуды, использования специального баллона для пережатия аорты и подачи кардиopleгического раствора, требующие больших экономических затрат, недоступных большинству центров.

Тотальное эндоскопическое коронарное шунтирование (TECAB)

Техника TECAB в литературе подразделяется на 2 вида: nrTECAB (non-robotic total endoscopic coronary artery bypass) и Robotically assisted TECAB.

nrTECAB методика предполагает выполнение всех этапов операции коронарного шунтирования через торакоскопический доступ с использованием эндовидеохирургической техники с предварительным подключением ИК и эндоваскулярным введением баллона для пережатия аорты и подачи кардиopleгического раствора. Попытки выполнить такие операции в настоящий момент считаются скорее героическими, чем рационально применимыми в повседневной клинической практике, так как требуют достаточного технического оснащения, включающего микрохирургические инструменты для торакокопии, а также большого эндоскопического опыта хирурга, необходимого для выполнения столь ювелирной работы при ограниченном угле движения инструментов [8; 17].

Роботизированные системы для проведения миниинвазивных кардиохирургических вмешательств были разработаны в середине 90-х годов XX века. Первые системы носили названия AESOP (автоматизированная эндоскопическая система для оптического позиционирования) и Zeus. В настоящее время во всех отраслях хирургии, в том числе и в кардиохирургии используется система Da Vinci. Robotically assisted TECAB так же, как и nrTECAB предполагает выполнение всех этапов операции торакоскопически, однако для выполнения манипуляций в данной модификации TECAB используется хирургический робот.

В мае 1998 г. W. Mohr и соавт. выполнили первое шунтирование венечной артерии у человека с использованием системы Da Vinci [18]. В 2000 году V. Falk сообщил о проведении робот-ассистированного маммарокоронарного шунтирования у 22 пациентов [19]. Им же позже была представлена аналогичная группа пациентов, однако при этом был использован эндоскопический стабилизатор для выполнения процедуры на работающем сердце [20]. S. Dogan и соавт. в 2002 году сообщили о выполнении 45 процедур робот-ассистированной реваскуляризации венечных артерий, из которых у 8 пациентов было выполнено шунтирование

2 сосудов с помощью 2 ВГА [21]. Уровень конверсий снизился с 22% до 5% у последних 20 пациентов. Сообщение о самой многочисленной группе пациентов, которым было выполнено РАМКШ, было получено от S.Srivastava — 150 пациентов, подвергнутых робот-ассистированной мобилизации 2 ВГА и дальнейшему выполнению шунтирующей операции через миниторакотомию. У 55 пациентов была выполнена контрольная ангиография спустя 3 месяца — все 136 графтов были проходимы [22].

После этого успешного шага, мультицентровое исследование M.Argenziano и соавт. выполнения Da Vinci-шунтирования коронарных артерий на остановленном сердце продемонстрировало безопасность и эффективность этого вмешательства [23; 24]. В исследовании шунтирования передней межжелудочковой артерии (ПМЖА) на работающем сердце были включены 98 пациентов из 12 центров. 13 пациентов были исключены интраоперационно (невозможность выполнения канюляции бедренных сосудов, малый объем рабочего пространства в грудной полости и др.). У остальных 85 пациентов была выполнена операция. Время ИК составило 117 ± 44 мин. При этом в 5 наблюдениях (6%) была произведена конверсия к операции из типичного доступа. Имели место только 1 ранняя реоперация и 1 инфаркт миокарда. Ни одного смертельного исхода, ни инсульта не было зарегистрировано. Контрольная ангиография через 3 месяца была выполнена 76 пациентам, выявившая гемодинамически значимые стенозы у 6 пациентов (7%). Результаты исследования позволили управлению по контролю качества продуктов и лекарств (FDA USA) ввести в США это вмешательство в качестве стандарта выполнения реваскуляризации миокарда.

Методика является перспективной в отношении снижения операционной травмы, особенно у пациентов с высоким риском, позволяет уменьшить болевой синдром в периоперационном периоде, значительно сокращает время реабилитации пациента по сравнению с традиционной стернотомией, и даже с торакотомическим доступом. Недостатками остается высокая стоимость и необходимость длительного обучения как оперирующего хирурга, так и всей хирургической бригады [17].

Выводы

МИКХ на протяжении более 20 лет является активно развивающимся направлением кардиохирургии. Методики миниинвазивной коронарной хирургии можно считать перспективными, позволяющими заменить классическое коронарное шунтирование у ряда пациентов с высоким операционным риском.

Малоинвазивные техники достоверно имеют преимущества перед традиционным коронарным шунтированием в виде уменьшения времени госпитализации, времени реабилитации, более быстрым расширением спектра физической активности и улучшением качества жизни.

Внедрение роботизированных технологий является относительно новым направлением, требующим как больших экономических затрат, так и более детального изучения в отношении ближайших и отдаленных результатов для дальнейшего внедрения в рутинную практику.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Шевченко Ю.Л., Симоненко В.Б., Борщев Г.Г. Экстракардиальная реваскуляризация миокарда при диффузном поражении коронарного русла, как компонент комплексного лечения больных ИБС // Клиническая медицина. — 2018. — №96(11). — С. 10-18. [Shevchenko YUL, Simonenko VB, Borshchev GG. Extracardial revascularization of the myocardium in diffuse lesions of the coronary bed, as a component of complex treatment of patients with coronary heart disease. *Clinical medicine*. 2018; 96(11): 10-18. (In Russ).]
2. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018 // Российский кардиологический журнал. — 2019. — №8. — С.151-226. [Rekomendacii ESC/EACTS po revaskulyarizacii miokarda 2018/ Rossijskij kardiologicheskij zhurnal. 2019; №8: 151-226. (In Russ).]
3. Зеньков А.А. Анализ качества жизни при различных методах хирургической реваскуляризации миокарда: проспективное рандомизированное исследование micsrevs // Вестник ВГМУ. — 2018. — №1. [Zen'kov AA. Analiz kachestva zhizni pri razlichnyh metodah hirurgicheskoy revaskulyarizacii miokarda: prospektivnoe randomizirovannoe issledovanie micsrevs. *Vestnik VGMU*. 2018; 1. (In Russ).] Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-zhizni-pri-razlichnyh-metodah-hirurgicheskoy-revaskulyarizatsii-miokarda-prospektivnoe-randomizirovannoe>. Ссылка действительна на 06.06.2021.
4. Анцыгина Л.Н., Кордагов П. Н. Принципы реабилитации больных ишемической болезнью сердца после хирургической реваскуляризации миокарда // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. — 2020. — №2. [Ancygina LN, Kordatov PN. Principy rehabilitacii bol'nyh ishemicheskoy bolezniyu serdca posle hirurgicheskoy revaskulyarizacii miokarda. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina, medicinskaya rehabilitaciya*. 2020; 2. (In Russ).] Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-reabilitatsii-bolnyh-ishemicheskoy-boleznyu-serdtsa-posle-hirurgicheskoy-revaskulyarizatsii-miokarda>. Ссылка действительна на 06.06.2021.
5. Козырин К.А. Эффективность гибридной реваскуляризации миокарда с использованием переднебоковой миниторакотомии: Дисс. ... канд. мед. наук. — Кемерово; 2018. [Kozyrin KA. Effektivnost gibridnoy revaskulyarizacii miokarda s ispolzovaniem perednebokovoy minitorakotomii. [dissertation] Kemerovo; 2018. (In Russ)]. Доступно по: https://www.vishnevskogo.ru/download/dissertation_council/com_prot_ds/2018/KozyrinKA-2018-avtoferat.pdf. Ссылка активна на 06.06.2021.
6. Зеньков А.А. Эффективность миниинвазивной реваскуляризации миокарда без затрагивания аорты // ЕКЖ. — 2014. — №3. [Zen'kov AA. Effektivnost' miniinvazivnoj revaskulyarizacii miokarda bez zatragivaniya aorty. *EKZH*. 2014; 3. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-miniinvazivnoj-revaskulyarizatsii-miokarda-bez-zatragivaniya-aorty>. Ссылка активна на 06.06.2021.
7. Rodriguez M, Ruel M. Minimally Invasive Multivessel Coronary Surgery and Hybrid Coronary Revascularization: Can We Routinely Achieve Less Invasive Coronary Surgery?. *Methodist DeBakey Cardiovasc J*. 2016; 12(1): 14-19. doi:10.14797/mdcj-12-1-14.
8. Cao C, Indraratna P, Doyle M, et al. A systematic review on robotic coronary artery bypass graft surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016; 5(6): 530-543. doi:10.21037/acs.2016.11.08.
9. Зеньков А.А., Островский Ю.П., Выхристенко К.С. и др. Сравнительный анализ результатов миниинвазивной реваскуляризации миокарда, коронарного шунтирования на работающем сердце и с

- искусственным кровообращением // *Новости хирургии*. 2014. №1. [Zen'kov AA, Ostrovskij YUP, Vyhristenko KS, et al. Sravnitel'nyj analiz rezul'tatov miniinvazivnoj revaskulyarizacii miokarda, koronarnogo shuntirovaniya na rabotayushchem serdce i s iskusstvennym krovoobrashcheniem. *Novosti hirurgii*. 2014; 1. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-rezultatov-miniinvazivnoy-revaskulyarizatsii-miokarda-koronarnogo-shuntirovaniya-na-rabotayushchem-serdtse-i-s>. Ссылка активна на 06.06.2021.
10. Шуляковская А.С., Низамова Г.Р. Первое коронарное шунтирование человеку // *Вестник СМУС74*. — 2020. — №1(28). [SHulyakovskaya AS, Nizamova GR. Pervoe koronarnoe shuntirovanie cheloveku. *Vestnik SMUS74*. 2020; 1(28). (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervoe-koronarnoe-shuntirovanie-cheloveku>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 11. Бокерия Л.А., Глянецв С. П. Профессор Василий Иванович колесов: парад приоритетов (к 50-летию первой в мире операции маммарно-коронарного анастомоза и 110-летию со дня рождения ее автора В. И. Колесова) // *Анналы хирургии*. 2014. №3. [Bokeriya LA, Glyancev SP. Professor Vasilij Ivanovich kolesov: parad prioritetov (k 50-letiyu pervoj v mire operacii mammarno-koronarnogo anastomoza i 110-letiyu so dnya rozhdeniya ee avtora V.I. Kolesova). *Annaly hirurgii*. 2014; 3. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/professor-vasilij-ivanovich-kolesov-parad-prioritetov-k-50-letiyu-pervoy-v-mire-operatsii-mammarno-koronarnogo-anastomoza-i-110-letiyu-so>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 12. Тарасов Р.С., Казанцев А.Н., Шабаетв И.Ф. и др. Результаты целесобразной неполной реваскуляризации миокарда с использованием миниинвазивной и стандартной техники коронарного шунтирования // *РКЖ*. — 2018. — №7. [Tarasov RS, Kazancev AN, SHabaev IF, et al. Rezul'taty celesoobraznoj nepolnoj revaskulyarizacii miokarda s ispol'zovaniem miniinvazivnoj i standartnoj tekhniki koronarnogo shuntirovaniya. *RKZH*. 2018; 7. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-tselesoobraznoy-nepolnoy-revaskulyarizatsii-miokarda-s-ispolzovaniem-miniinvazivnoy-i-standartnoj-tehniki-koronarnogo>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 13. Шабаетв И.Ф., Тарасов Р.С., Козырин К.А. Госпитальные результаты миниинвазивного коронарного шунтирования передней нисходящей артерии на работающем сердце // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. — 2019. — №2. [SHabaev IF, Tarasov RS, Kozyrin KA. Gospital'nye rezul'taty miniinvazivnogo koronarnogo shuntirovaniya perednej nishkodyashchej arterii na rabotayushchem serdce. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistyh zabolevanij*. 2019; 2. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/gospitalnye-rezultaty-miniinvazivnogo-koronarnogo-shuntirovaniya-perednej-nishodyashchej-arterii-na-rabotayushchem-serdtse>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 14. Хубулава Г.Г., Кравчук В.Н., Князев Е.А. и др. Прямая реваскуляризация миокарда из левосторонней мини-торакотомии — современное исполнение операции В. И. Колесова // *Вестник хирургии*. — 2015. — №2. [Hubulava GG, Kravchuk VN, Knyazev EA, et al. Pryamaya revaskulyarizaciya miokarda iz levostoronnej mini-torakotomii — sovremennoe ispolnenie operacii V. I. Kolesova. *Vestnik hirurgii*. 2015; 2. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/plyamaya-revaskulyarizatsiya-miokarda-iz-levostoronnej-mini-torakotomii-sovremennoe-ispolnenie-operatsii-v-i-kolesova>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 15. Снегирев М.А., Пайвин А.А., Денисюк Д.О. и др. Ангиографическая оценка проходимости кондуитов после мини-инвазивного многососудистого коронарного шунтирования // *Вестник хирургии*. — 2019. — №5. [Snegirev MA, Pajvin AA, Denisjuk DO, et al. Angiograficheskaya ocenka prohodimosti konduitov posle mini-invazivnogo mnogososudistogo koronarnogo shuntirovaniya. *Vestnik hirurgii*. 2019; 5. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/angiograficheskaya-otsenka-prohodimosti-konduitov-posle-mini-invazivnogo-mnogososudistogo-koronarnogo-shuntirovaniya>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 16. Исаев М.Н., Екимов С.С., Чернов И.И. и др. Бимаммарное коронарное шунтирование на работающем сердце через левостороннюю мини-торакотомию // *Клиническая и экспериментальная хирургия*. — 2016. — №4(14). [Isaev MN, Ekimov SS, CHernov II, et al. Bimammarnoe koronarnoe shuntirovanie na rabotayushchem serdce cherez levostoronnyuyu mini-torakotomiyu. *Klinicheskaya i eksperimental'naya hirurgiya*. 2016; 4(14). (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/bimammarnoe-koronarnoe-shuntirovanie-na-rabotayushchem-serdtse-cherez-levostoronnyuyu-mini-torakotomiyu>. Ссылка активна на 06.06.2021.
 17. Bonatti J, Wallner S, Crailsheim I, Grabenwöger M, Winkler B. Minimally invasive and robotic coronary artery bypass grafting—a 25-year review. *J Thorac Dis*. 2021; 13(3): 1922-1944. doi:10.21037/jtd-20-1535.
 18. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Autschback R. Computer-enhanced coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999 Jun; 117(6): 1212-4.
 19. Falk V, Diegeler A, Walther T, Banusch J, Brucerus J, Raumans J, Autschback R, Mohr FW. Total endoscopic computer enhanced coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2000; 17: 38-45.
 20. Falk V, Diegeler A, Walther T, Jacobs S, Raumans J, Mohr FW. Total endoscopic off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surg Forum* 2000; 3: 29-31.
 21. Dogan S, Aybek T, Andressen E, Byhahn C, Mierdl S, Westphal K, Mattheis G, Moritz A, Wimmer-Greinecker G. Totally endoscopic coronary artery bypass grafting on cardiopulmonary bypass with robotically enhanced telemanipulation: report of forty-five cases. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123: 1125-1131.
 22. Srivastava S, Gadasalli S, Agusala M, Kolluru R, Naidu J, Shroff M, Barrera R, Quismundo S, Srivastava V. Use of bilateral internal thoracic arteries in CABG through lateral thoracotomy with robotic assistance in 150 patients. *Ann Thorac Surg*. 2006; 81: 800-806.
 23. Argenziano M, Katz M, Bonatti J, Srivastava S, Murphy D, Poirier R, et al. Results of the prospective multicenter trial of robotically assisted totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 2006; 81: 1666-1674.
 24. Modi P, Rodriguez E, Chitwood WR Jr. Robot-assisted cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009 Sep; 9(3): 500-5. Epub 2009 Jun 19.