

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ • REVIEWS

О РОЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЖИЗНЕСПОСОБНОГО МИОКАРДА ПРИ ДИФфуЗНОМ ПОРАЖЕНИИ КОРОНАРНОГО РУСЛА

Шевченко Ю.Л., Борщев Г.Г.*, Вахромеева М.Н.,
Вахромеева А.Ю., Ульбашев Д.С., Ермаков Д.Ю.

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

DOI: 10.25881/20728255_2024_19_2_89

Резюме. Ишемическая болезнь сердца в настоящее время является одной из основных причин смертности, временной и стойкой утраты трудоспособности населения в развитых странах мира. Проблема лечения таких пациентов в настоящее время усугубляется увеличением случаев выявления диффузного поражения коронарного русла, когда обычная тактика полной прямой реваскуляризации становится невозможной. В связи с этим внимание кардиохирургов направлено на разработку новых методов лечения. В таких условиях становится особенно актуальным вопрос дооперационной диагностики «жизнеспособного миокарда», что может значительно повлиять на выбор тактики операции, ориентированной на полное восстановление перфузии миокарда левого желудочка.

Ключевые слова: ИБС, реваскуляризация, жизнеспособный миокард, гибернация, станнинг, синхро-ОФЭКТ.

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) в настоящее время остается одной из самых значимых проблем медицины. В 2022 г. общая заболеваемость ИБС среди взрослого населения в РФ составила 6517,9 случаев на 100 тыс. популяции [1]. Несмотря на медикаментозную терапию и применение различных хирургических методов лечения пациентов ИБС, 5-летняя выживаемость по данным разных авторов колеблется от 25 до 69% [2; 3]. Причинами этого могут быть изначально тяжелое клиническое состояние пациентов, увеличение количества больных осложненными формами ИБС, наличием жизнеугрожающих нарушений ритма, повторных инфарктов миокарда (ИМ). Особое место в этом вопросе занимают пациенты с диффузным поражением коронарного русла [4; 5].

В настоящее время в лечении больных ИБС «золотыми стандартами» считаются оптимальная медикаментозная терапия (ОМТ), чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ) и коронарное шунтирование (КШ) [6]. Внедрение в клинику ЧКВ уменьшило количество КШ в развитых странах в среднем на 35% [7]. По данным НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России в 2022 г. коли-

THE IMPORTANCE OF DETERMINING THE VIABLE MYOCARDIUM IN THE PATIENTS WITH CHD AND DIFFUSE LESION OF CORONARY ARTERIES

Shevchenko Yu.L., Borshchev G.G.*, Vahromeeva M.N., Vahromeeva A.Yu.,
Ulbashev D.S., Ermakov D.Yu.

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Coronary heart disease is currently one of the main causes of mortality, temporary and permanent disability of the population in the developed countries of the world. The problem of treating such patients is currently aggravated by an increase in cases of detection of diffuse lesions of the coronary bed, when the usual tactics of complete direct revascularization becomes impossible. In this regard, the attention of cardiac surgeons is directed to the development of new treatment methods. In such conditions, the issue of preoperative diagnosis of the viable myocardium becomes especially relevant, which can significantly affect the choice of surgery tactics aimed at the complete restoration of myocardial perfusion of the left ventricle.

Keywords: coronary heart disease, revascularization, viable myocardium, hibernation, stanning, gated SPECT.

чество открытых операций на коронарных артериях (КА) составило 35458, а эндоваскулярных — 239070, что на 5,4% и 6,2% больше, чем в предыдущем году, соответственно [1]. Однако до сих пор существует проблема выбора метода лечения пациентов, поскольку результаты многих исследований крайне противоречивы. Рандомизированное контролируемое исследование по оценке исходов лечения больных ИБС различными методами (хирургическими, ЧКВ и терапевтическими) MASS II — продемонстрировало значимое снижение рецидивов стенокардии, ИМ и смерти в десятилетней перспективе при выполнении КШ [8]. Напротив, исследование «ISCHEMIA», куда вошли данные 5 международных регистров и 5179 пациентов, показало, что к концу пятого года достоверных различий в частоте летальных исходов, ИМ, госпитализаций из-за дестабилизации состояния между группами выявлено не было. Однако острых ИМ и повторных госпитализаций было меньше в группе прямой реваскуляризации миокарда [9; 10]. Вероятно, существуют другие неучтенные факторы, которые значительно влияют на исход лечения.

В последние годы кардиохирургам все чаще приходится сталкиваться с выраженным диффузным пораже-

* e-mail: glebcenter@mail.ru

нием коронарного русла, при котором результаты эндоваскулярных методов и КШ остаются неудовлетворительными, а риск повторных вмешательств значительно увеличивается. Лечение таких больных переросло в самостоятельную проблему [11–15]. Приблизительно в 20–30% случаев диаметр венечных артерий недостаточен для шунтирования [16; 17]. Доказано, что диффузное дистальное стенозирование коронарных артерий ухудшает результаты операции [18]. Не менее сложна и проблема эффективного лечения таких больных, которым необходима повторные ЧКВ и КШ [19–26].

Наличие дистальных сужений и диффузного поражения венечного русла существенно увеличивает количество осложнений, как в раннем, так и в отдаленном послеоперационных периодах, значимо влияет на число пациентов с возвратом стенокардии, заметно укорачивает сроки эффективного функционирования шунтов и нередко приводит к летальному исходу [27–29]. Н. Schaff и соавт. с коллегами еще в 1983 г. продемонстрировали, что наличие коронарных артерий, которые не могут быть шунтируемы, является наиболее значительным прогностическим признаком отдаленных осложнений и высокой летальности после КШ [30].

Неудовлетворенность результатами этих операций побудила кардиохирургов искать новые эффективные методы лечения больных. В последние годы для этих целей используются различные альтернативные методики, способствующие неоангиогенезу в бассейнах пораженных коронарных артерий, к которым относят трансмиокардиальную лазерную реваскуляризацию (ТМЛР), терапевтический ангиогенез, применение стволовых клеток и методику хирургической стимуляции экстракардиальной васкуляризации «Юр/Леон» [5; 31–37]. Для решения вопроса в определении показаний к реваскуляризации у таких больных, выбора тактики и метода лечения особую роль играет оценка наличия и объема жизнеспособного миокарда.

Определение жизнеспособности миокарда у пациентов с ИБС с диффузным поражением коронарного русла

Понимание и определение «жизнеспособности» миокарда остается распространенной и клинически значимой проблемой в настоящее время и напрямую связано с результатами лечения [38]. «Жизнеспособный миокард» определяется теми кардиомиоцитами и их пучками, которые после ишемического повреждения обратимо находятся в гиподисфункциональном состоянии и восстанавливают свои функции после реваскуляризации. На сегодняшний день выделяют синдромы, которые показывают различное состояние миокарда у пациентов ИБС и свидетельствуют о наличии «жизнеспособного миокарда», такие как стэннинг («оглушенный» миокард), и гибернация («спящий» миокард).

«Оглушенный» миокард (Stunning) определяется как контрактильная дисфункция жизнеспособного миокарда, которая возникает после быстрого и тяжелого эпизода окклюзии КА с последующим восстановлением коронарного кровотока. Это было замечено и описано еще в 1975 г.

G. Heyndrickx [39]. В 1982 г. E. Braunwald и R. Kloner дали определение «станнированного» миокарда — они назвали так «жизнеспособный миокард» в состоянии постишемической дисфункции [40]. Теперь известно, что снижение коронарного кровотока вызывает нарушение сократимости, которая сохраняется даже после его восстановления и может длиться часами или неделями. Повторные эпизоды ишемии могут привести к кумулятивному эффекту, что в свою очередь, способствует развитию хронической дисфункции левого желудочка (ЛЖ), степень дисфункции которого у различных пациентов может быть связана с объемом «жизнеспособного миокарда». Для диагностики данного состояния необходимо определение нормального кровотока и регистрация нарушений кинетики миокарда ЛЖ [41]. В кардиохирургической практике этот феномен происходит при КШ с использованием искусственного кровообращения (ИК), а также при окклюзии КА во время выполнения ее ангиопластики или стентирования. Такое состояние миокарда определяется как преходящая дисфункция ЛЖ, которая сохраняется после реперфузии, при отсутствии необратимых изменений миокарда и восстановлении коронарного кровотока и характеризуется: сохраненным полноценным кровотоком, сублетальным поражением миоцитов и временным, обратимым нарушением функции ЛЖ [40]. В клинике стэннинг возникает при реперфузии после ИМ при раннем применении тромболитика, после длительного приступа вазоспастической стенокардии, стресс-индуцированной ишемии и обусловлен нарушением энергетического обмена, образованием свободных радикалов, нарушением кальциевого обмена, нарушением микроциркуляции или их сочетанием [41–47].

Однако стоит отметить, что в некоторых ситуациях резкий приток крови при реперфузии приводит к избытку O_2 с инициацией перекисного окисления липидов и кальциевой перегрузке, что в свою очередь, может привести не к восстановлению функции, а к необратимому нарушению метаболизма и некрозу клетки [48; 49].

В 1973 г. Kanu Chatterjee обнаружил, что у пациентов с хронической ишемией, не переносивших инфаркт, миокардиальная функция восстанавливается после реваскуляризации, это были первые догадки о формировании гибернированного миокарда [50]. А в 1974 г. Howard R. Horn продемонстрировал улучшение сократимости стенки ЛЖ в ответ на инотропную стимуляцию в дисфункциональных сегментах «жизнеспособного миокарда» без рубцовых изменений [51].

Термин «гибернация» был предложен в 1978 г. G. Diamond, он был заимствован из зоологии и обозначал механизм регуляции, адаптирующий функциональную активность сердца к конкретным условиям кровоснабжения [52]. В 1984 г. S. Rahimtoola описал дисфункциональные сегменты находящегося в гипоперфузии миокарда, потенциально способного к восстановлению после улучшения перфузии. Это защитная, адаптивная реакция сердца, при которой не происходит усугубления ишемии [53].

С 1986 г. и по настоящее время благодаря трудам E. Braunward и J. Rutherford проведено много исследований гибернированного миокарда. Основные его клинические признаки можно охарактеризовать как обратимое нарушение сократимости ЛЖ с наличием хронического дефицита коронарной перфузии [40]. У пациентов с нестабильной стенокардией гибернированный миокард выявляется в 75% случаев и только в 28% у больных со стабильной стенокардией. После реваскуляризации 10-летняя выживаемость выше у пациентов с нестабильной стенокардией, что подтверждает защитный механизм гибернации [54].

Таким образом, клиническими признаками гибернированного миокарда являются: дисфункции ЛЖ, отсутствие ишемических изменений по ЭКГ и клинике ИБС, хронический дефицит коронарного кровотока, нормализация сократимости ЛЖ после реваскуляризации. В целом «жизнеспособный миокард» обладает набором различных характеристик, включая целостность клеточной мембраны, сохранность метаболизма глюкозы, жирных кислот и инотропного резерва [54].

Точная и своевременная диагностика гибернированного миокарда в постинфарктной зоне у пациентов с ИБС и дисфункцией ЛЖ имеет большое значение в прогнозировании его восстановления после реваскуляризации [19].

Существуют зоны дисфункции ЛЖ, которые представлены и гибернированным и станированными миокардом и это может быть связано с длительностью восстановления сократимости после операции. В 2001 г. F. Naas и соавт. проанализировали 240 дисфункциональных сегментов, предварительно разделив их на две группы. В первую группу с гибернированным миокардом вошли 55 сегментов (23,8%), средний балл кинетики составлял $0,46 \pm 0,8$ (акинез или дискинез). Во вторую группу с оглушенным миокардом были включены 167 сегментов (69,9%) и с баллом кинетики $1,01 \pm 0,7$ (выраженный гипокинез). К рубцовому поражению были отнесены 16 сегментов (6,7%) со средним баллом кинетики $0,19 \pm 0,8$. На 11 сутки после реваскуляризации в первой группе была отмечена следующая динамика: 1 сегмент — «ухудшился», 11 сегментов остались без изменений, в 43 сегментах наблюдалось улучшение функции. Во второй группе 50 сегментов остались без динамики, 108 — улучшились. На сроке 14 недель в обеих группах отмечена нормализация функции или уменьшение степени выраженности гипокинеза в 79,5% и 66,7% сегментов, соответственно. К 12 месяцам наблюдения автор пишет, что нормализация функции происходит чаще в группе станированного миокарда, максимальное улучшение функции которого происходит в первые недели после операции с более медленной динамикой к концу года [55].

Оценка метаболизма миокарда позволяет достаточно точно предсказать восстановление его сократительной функции после реваскуляризации. J. Вах и соавт. считали, что выраженность изменений гибернированного миокарда на фоне хронической ишемии влияет на сроки восстановления сократимости. Через 3 месяца после реваскуляризации функциональное восстановление в станированных

сегментах наблюдалось в 61% и в 31% сегментов в группе с гибернацией. К 12 месяцам дальнейшая динамика выявлена в 61% гибернированных сегментов и только в 9% станированных. На последнем этапе (14 месяцев) показатели кинетики в обеих группах не различались [56].

Исследование PPAR-2 продемонстрировало, что определение жизнеспособности миокарда с помощью ПЭТ и неинвазивных методов диагностики играет важную роль в прогнозировании результатов реваскуляризации у пациентов с осложненными формами ИБС [57].

В исследовании STICH, в котором определяли роль дооперационной оценки жизнеспособного миокарда у больных с сердечной недостаточностью показано отсутствие прогностической ценности метода независимо от способа лечения. Данное исследование вызвало множество дискуссий относительно целесообразности определения жизнеспособного миокарда на этапе отбора больных на реваскуляризацию. Однако был выявлен ряд недостатков исследования в частности жизнеспособность миокарда оценивалась по ЭхоКГ с добутамином или ОФЭКТ и не применялись ПЭТ и МРТ сердца, кроме того не учитывались параметры систолического утолщения стенки ЛЖ [58].

В практической медицине определение степени нарушения перфузии миокарда является важным этапом обследования пациентов ИБС для прогнозирования его восстановления после реваскуляризации. Необходима точная оценка состояния ЛЖ, которая может быть достигнута с помощью ОФЭКТ или ПЭТ-визуализации. Ключевую роль в дифференциальной оценке состояния миокарда (ишемия, гибернация станинг, рубец) играют нагрузочные тесты, результатом которых является достижение субмаксимальной ЧСС по возрасту или ряд критериев для преждевременного прекращения исследования. В зависимости от конкретной клинической задачи определяется тип нагрузки (фармакологическая или физическая) и целесообразность ее проведения [59]. У больных ИБС с диффузным поражением коронарного русла особенно необходима полноценная и достоверная оценка состояния миокарда (перфузия, функция, метаболизм) в покое и при нагрузочных пробах, так как это будет играть решающую роль в определении тактики лечения, улучшении результатов хирургической реваскуляризации, выполнении необходимого объема операции.

Заключение

В кардиохирургической практике применение радионуклидных методов обследования является абсолютно обоснованным и целесообразным для идентификации объема «жизнеспособного миокарда» и дифференциации характера его поражения (гибернации или станинга), особенно у пациентов с диффузным поражением, которым невозможно выполнение полного объема прямой реваскуляризации. Таким пациентам необходим комплексный анализ перфузии и функции миокарда, заложенный в основу обработки изображений при синхро-ОФЭКТ, в комбинации с разработанными коронаро-сцинтиграфическими

схемами для выполнения в последующем реваскуляризации миокарда конкретному больному [42].

Такой подход при обследовании пациентов до операции и в различные сроки после нее, с одной стороны, позволит оценить эффективность лечения больных, а с другой, — изучить результаты применения современных методик непрямой реваскуляризации миокарда.

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

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бокерия Л.А., Милюевская Е.Б., Прынишников В.В., Юрлов И.А. Сердечно-сосудистая хирургия — 2022. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. М.: НМИЦ ССХ им. А.Н.Бакулева, 2023. [Bokeria LA, Milievskaya EB, Pryanishnikov VV, Yurlov IA. Cardiovascular surgery — 2022. Diseases and congenital anomalies of the circulatory system. Moscow: NMIC SSH named after A.N.Bakulev; 2023. (In Russ.)]
2. Толпыгина С.Н., Марцевич С.Ю. Исследование ПРОГНОЗ ИБС. Новые данные по отдаленному наблюдению // Профилактическая медицина. — 2016. — №19(1). — С.30-36. [Tolpygina SN, Martsevich Slu. Investigation of CHD PROGNOSIS: New long-term follow-up data. Profilakticheskaya Meditsina. 2016; 19(1): 30-36. (In Russ.)] doi: 10.17116/profmed201619130-36.
3. Шлякто Е.В. Кардиология : национальное руководство. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. [Shlyakhto EV. Cardiology : a national guide. 2nd ed., reprint. and an additional one. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. (In Russ.)]
4. Драккина О.М., Самородская И.В. Динамика региональных показателей смертности от болезней сердца в России в 2019-2021 гг. // Профилактическая медицина. — 2022. — №25(12). — С.64-70. [Drapkina OM, Samorodskaya IV. Dynamics of regional mortality rates from heart disease in Russia in 2019-2021. Preventive medicine. 2022; 25(12): 64-70. (In Russ.)] doi: 10.17116/profmed20222512164.
5. Шевченко Ю.Л., Борщев Г.Г. Экстракардиальная реваскуляризация миокарда у больных ИБС с диффузным поражением коронарного русла. — М.: Национальный медико-хирургический центр им. Н.И.Пирогова, 2022. [Shevchenko YL, Borshchev GG. Extracardial myocardial revascularization in patients with coronary artery disease with diffuse coronary lesion. — М.: National Medical and Surgical Center named after N.I.Pirogov, 2022. (In Russ.)]
6. Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines [published correction appears in Circulation. 2022; 145(11): e771]. Circulation. 2022; 145(3): e4-e17. doi: 10.1161/CIR.0000000000001039.
7. Bangalore S, Toklu B, Patel N, Feit F, Stone GW. Newer-generation ultrathin strut drug-eluting stents versus older second-generation thicker strut drug-eluting stents for coronary artery disease. Circulation. 2018; 138: 2216-26.
8. Hueb W, Lopes N, Gersh BJ, et al. Ten-year follow-up survival of the Medicine, Angioplasty, or Surgery Study (MASS II): a randomized controlled clinical trial of 3 therapeutic strategies for multivessel coronary artery disease. Circulation. 2010; 122(10): 949-57.
9. Hochman JS, Reynolds HR, Bangalore S, O'Brien SM, et al. ISCHEMIA Research Group. Baseline Characteristics and Risk Profiles of Participants in the ISCHEMIA Randomized Clinical Trial. JAMA Cardiol. 2019; 4(3): 273-286.
10. Spertus J, Mark D. ISCHEMIA trial update. Am Heart J. 2019; 218: 8.
11. Бокерия Л.А., Вахромеева М.Н., Асланиди И.П. и др. Возможности методов ядерной диагностики в дифференциации жизнеспособного миокарда у больных ишемической болезнью сердца, планирующих на трансмиокардиальную лазерную реваскуляризацию // Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. — 2004. — №4. — С.13-24. [Bokeria LA, Vakhromeeva MN, Aslanidi IP, et al. The possibilities of nuclear diagnostic methods in the differentiation of viable myocardium in patients with coronary heart disease who are planning to undergo transmucardial laser revascularization. Bulletin of the A.N.Bakulev National Agricultural Research Center of the Russian Academy of Sciences. 2004; 4: 13-24. (In Russ.)]
12. Бокерия Л.А., Георгиев Г.П., Голухова Е.З. и др. Возможности использования генных и клеточных технологий для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. 2004; 5(3): 19-38. [Bokeria LA, Georgiev GP, Golukhova EZ, et al. The possibilities of using gene and cellular technologies for the treatment of cardiovascular diseases. Bulletin of the National Academy of Sciences named after A.N.Bakulev of the Russian Academy of Sciences. 2004; 5(3): 19-38. (In Russ.)]
13. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Еремеева М.В. и др. Первый опыт клинического применения терапевтического ангиогенеза с использованием гена VEGF165 человека // Бюллетень НЦ ССХ им.А.Н.Бакулева РАМН. — 2004. — №5(4). — С.134-142. [Bokeria LA, Golukhova EZ, Eremeeva MV, et al. The first clinical experience of therapeutic angiogenesis using the human VEGF165 gene. Bulletin of the National Academy of Sciences named after A.N.Bakulev of the Russian Academy of Sciences. 2004; 5(4): 134-142. (In Russ.)]
14. Шевченко Ю.Л., Березовец И.Г., Попов Л.В. Реваскуляризация миокарда на работающем сердце у больных с сочетанной патологией // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. — 2008. — №4(3). — С.105. [Shevchenko YL, Berezovets IG, Popov LV. Myocardial revascularization on a working heart in patients with combined pathology. Bulletin of the National Academy of Sciences named after A.N. Bakulev of the Russian Academy of Sciences. 2008; 4(3): 105. (In Russ.)]
15. Шевченко Ю.Л., Борисов И.А., Виллер А.Г. и др. Возможности эндоваскулярных технологий в восстановлении кровоснабжения миокарда у больных ИБС с хроническими окклюзиями венечных артерий и рецидивом стенокардии после АКШ // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. — 2003. — №4(11). — С.223. [Shevchenko YL, Borisov IA, Viller AG, et al. Possibilities of endovascular technologies in restoring myocardial blood supply in patients with coronary artery disease with chronic occlusion of the coronary arteries and recurrence of angina pectoris after CABG. Bulletin of the National Academy of Sciences named after A.N. Bakulev of the Russian Academy of Sciences. 2003; 4(11): 223. (In Russ.)]
16. Крнчоян А.В., Ляшенко С.А., Старовойтенко А.Г. и др. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация в сочетании с аортокоронарным шунтированием у пациентов с тяжелыми формами ишемической болезни сердца // Эндоскопическая хирургия. — 2018. — №24(5). — С.39-44. [Krnchoyan AV, Lyashenko SA, Starovojtenko AG, et al. Transmyocardial laser revascularization combined with coronary artery bypass grafting in patients with severe forms of ischemic heart disease. Endoscopic Surgery. 2018; 24(5): 39-44. (In Russ.)] doi: 10.17116/endoskop20182405139.
17. Троицкий А.В., Зотов А.С., Терещенко В.И. и др. Непосредственные результаты хирургического лечения ишемической болезни сердца у пациентов с диффузным поражением коронарного русла // Анналы хирургии. — 2018. — №23(3). — С.159-166. [Troitskiy AV, Zotov AS, Tereshchenko VI, et al. Immediate results of surgical treatment of coronary artery disease in patients with diffuse coronary lesion. Annals of Surgery. 2018; 23(3): 159-166. (In Russ.)] doi: 0.18821/1560-9502-2018-23-3-159-166.
18. Акчурин П.С., Ширяев А.А., Андреев А.В. и др. Коронарное шунтирование при диффузном поражении коронарных артерий: использование аутоартериальных трансплантатов // Кардиологический вестник. — 2021. — №16(4). — С.5-10. [Akchurin PS, Shiryayev AA, Andreev AV, et al. Coronary bypass surgery in diffuse coronary artery disease: the use of autoarterial transplants. Cardiological Bulletin. 2021; 16(4): 5-10. (In Russ.)]
19. Бокерия Л.А., Бершвили И.И., Сигаев И.Ю. Реваскуляризация миокарда: меняющиеся подходы и пути развития // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 1999. — №6. — С.102-112. [Bokeria LA, Berishvili II, Sigaev IV. Myocardial revascularization: changing approaches and ways of development. Thoracic and cardiovascular surgery. 1999; 6: 102-112. (In Russ.)]
20. Бокерия Л.А., Пя Ю.В., Батыралиев Т.А., Першуков И.В. и др. Определение дооперационных и интраоперационных предикторов эффективности хирургической реваскуляризации миокарда при диффузном поражении передней межжелудочковой ветви // Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. — 2002. — №3(7). — С.20-26. [Bokeria LA, Pyat YuV, Batoryaliev TA, Pershukov IV, et al. Determination of preoperative and intraoperative predictors of the effectiveness of surgical myocardial revascularization in diffuse lesions of the anterior interventricular branch. Bulletin of the A.N. Bakulev National Agricultural Research Center of the Russian Academy of Sciences. 2002; 3(7): 20-26. (In Russ.)]

21. Бокерия Л.А., Пя Ю.В., Батыралиев Т.А., Першуков И.В. и др. Хирургическая реваскуляризация миокарда при диффузном поражении передней межжелудочковой ветви // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2002. — №3. — С.43-46. [Bokeria LA, Pyat YuV., Batoryaliev TA, Pershukov IV, et al. Surgical revascularization of the myocardium with diffuse lesion of the anterior interventricular branch. Thoracic and cardiovascular surgery. 2002; 3: 43-46. (In Russ.)]
22. Жбанов И.В., Шабалкин Б.В. Отдаленные результаты повторного аортокоронарного шунтирования // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2000. — №1. — С.35-37. [Zhbanov IV, Shabalkin BV. Long-term results of repeated coronary artery bypass grafting. Thoracic and cardiovascular surgery. 2000; 1: 35-37. (In Russ.)]
23. Кнышев Г.В., Фуркало С.Н. и др. Возможности прогностической оценки состояния аортокоронарных трансплантатов и динамики изменений коронарного русла у больных ишемической болезнью сердца после аортокоронарного шунтирования // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 1994. — №2. — С.27-30. [Knyshv GV, Furkalo SN, et al. The possibilities of prognostic assessment of the condition of coronary artery grafts and the dynamics of changes in the coronary artery in patients with coronary artery disease after coronary artery bypass grafting. Thoracic and cardiovascular surgery. 1994; 2: 27-30. (In Russ.)]
24. Barakate MS, Hemli JM, Hughes CF, et al. Coronary artery bypass grafting (CABG) after initially successful percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA): a review of 17 years experience. Eur. J. Cardiothoracic Surg. 2003; 23: 179-186.
25. Salomon NW, Page US, Bigelow JC, et al. Reoperative coronary surgery. Comparative analysis of 6591 patients undergoing primary bypass and 508 patients undergoing reoperative coronary artery bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 1990; 100: 250-260.
26. Verheul HA, Moulijn AC, Hondema S, Schouwink M, Dunning AJ. Late results of 200 repeat coronary bypass operations. Ann. J. Cardiol. 1991; 67: 24-30.
27. Jones EL, Craver JM, Guyton RA, Bone DK, Hatcher CR. Jr Riechwald N. Importance of complete revascularization in performance of the coronary bypass operation. Am J Cardiol. 1983; 51(1): 7-12.
28. Lawrie GM, Morris GC, Jr Silvers A, Wagner WF, et al. The influence of residual disease after coronary bypass on the 5-year survival rate of 1274 men with coronary artery disease. Circulation. 1982; 66(4): 717-23.
29. Saatvedt K, Dragsund M, Nordstrand K. Transmyocardial laser revascularization and coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1996; 62(1): 323-4.
30. Schaff HV, Gersh BJ, Pluth JR, Danielson GK, et al. Survival and functional status after coronary artery bypass grafting: results 10 to 12 years after surgery in 500 patients. Circulation. 1983; 68(3 Pt 2): II200-4.
31. Бокерия Л.А., Беришвили И.И., Бузиашвили Ю.И. и др. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация в сочетании с аортокоронарным шунтированием в лечении больных ишемической болезнью сердца // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2001. — №2. — С.17-24. [Bokeria LA, Berishvili II, Buziashvili Yul, et al. Transmyocardial laser revascularization in combination with coronary artery bypass grafting in the treatment of patients with coronary heart disease. Thoracic and cardiovascular surgery. 2001; 2: 17-24. (In Russ.)]
32. Бокерия Л.А., Беришвили И.И., Бузиашвили Ю.И., Сигаев И.Ю. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация. — М.: ФГБУ НМИЦ ССХ ИМ. А.Н. Бакулева, 2001. [Bokeria LA, Berishvili II, Buziashvili Yul, Sigaev IYu. Transmyocardial laser revascularization. M.: Institution NMIC SSH named after A.N.Bakulev, 2001. (In Russ.)]
33. Бокерия Л.А., Панченко В.Я., Беришвили И.И. и др. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация: опыт 230 операций // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2003. — №1(11). — С.5-10. [Bokeria LA, Panchenko VYa., Berishvili II, et al. Transmyocardial laser revascularization: experience of 230 operations. Pacific Medical Journal. 2003; 1(11): 5-10. (In Russ.)]
34. Sakakibara Y, Tambara K, Sakaguchi G, Lu F, et al. Toward surgical angiogenesis using slow-released basic fibroblast growth factor. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2003; 24(1): 105-11; discussion 112.
35. Shevchenko YL, Gudymovich VG. Implantation of Embryonic Cardiomyocytes in a Post-Infarction Myocardium: A Long-Term Outcome after 25 Years of Follow-Up. Arch Clin Med Case Rep. 2023; 7(2): 114-119. doi: 10.26502/acmcr.96550583.
36. Shevchenko YuL, Borshechev GG, Ulbashev DS. Surgical technique of angiogenesis stimulation (extracardial myocardial revascularization) in patients with coronary artery disease. Cardiology and Cardiovascular Medicine. 2022; 6: 529-535.
37. Yamamoto N, Kohmoto T, Gu A, et al. Angiogenesis is enhanced in ischemic canine myocardium by transmyocardial laser revascularization. J. Am. Coll. Cardiol. 1998; 31: 1426-1433.
38. Rahimtoola SH. Concept and evaluation of hibernating myocardium. Annu Rev Med. 1999; 50: 75-86.
39. Heyndrickx GR, Millard RW, McRitchie RJ, et al. Regional myocardial functional and electrophysiological alterations after brief coronary artery occlusion in conscious dogs. J.Clin. Invest. 1975; 56: 978-985.
40. Braunwald E, Kloner RA. The stunned myocardium: prolonged, postischemic ventricular dysfunction. Circulation. 1982; 66(6): 1146-9.
41. Bolli R. Why myocardial stunning is clinically important? Basic Res. Cardiol. 1998; 93: 169-72.
42. Вахромеева М.Н. Отбор больных и оценка результатов трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации с помощью методов ядерной медицины: Дисс. ... докт. биол. наук. Москва; 2003. [Vahromeeva MN. Otbor bol'nyh i ocenka rezul'tatov transmiokardial'noj lazernoj revaskulyarizacii s pomoshch'yu metodov yadernoj mediciny. [dissertation] Moskva; 2003. (In Russ.)]
43. Bourdillon PD, Broderick TM, Sawada SG, et al. Regional wall motion index for infarct and non-infarct regions after reperfusion in acute myocardial infarction: comparison with global wall motion index. J. Am. Soc. Echocardiogr. 1989; 2: 398-408.
44. Du Toit J, Opie LH. Modulation of severity of reperfusion stunning in the isolated rat heart by agents altering calcium flux at onset of reperfusion. Circ. Res. 1992; 70: 960-967.
45. Hearse J.D. Myocardial ischemia: can we agree on a definition for the 21st century? Cardiovascular Res. 1994; 28: 1737-1744.
46. Kloner RA, Allen J, Cox TA, et al. Stunning left ventricular myocardium after exercise treadmill testing in coronary artery disease. Am. J. Cardiol. 1991; 68: 329-334.
47. Perez NG, Gao WD, Marban E. Novel myofilament Ca²⁺-sensitizing property of xanthine oxidase inhibitors. Circ. Res. 1998; 83: 423-430.
48. Carden DL, Granger DN. Pathophysiology of ischaemia-reperfusion injury. J Pathol. 2000; 190(3): 255-266. doi: 10.1002(SICI)1096-9896(200002)190:3<255.
49. Park JL, Lucchesi BR. Mechanisms of myocardial reperfusion injury. Ann Thorac Surg. 1999; 68(5): 1905-1912. doi: 10.1016/s0003-4975(99)01073-5.
50. Chatterjee K, Swan HJ, Parmley WW, Sustaita H, Marcus HS, Matloff J. Influence of direct myocardial revascularization on left ventricular asynergy and function in patients with coronary heart disease. With and without previous myocardial infarction. Circulation. 1973; 47(2): 276-86.
51. Horn HR, Teichholz LE, Cohn PF, Herman MV, Gorlin R. Augmentation of left ventricular contraction pattern in coronary artery disease by an inotropic catecholamine. The epinephrine ventriculogram. Circulation. 1974; 49(6): 1063-71.
52. Diamond GA, Forrester JS, deLuz PL, Wyatt HL, Swan HJ. Post-extrasystolic potentiation of ischemic myocardium by atrial stimulation. Am Heart J. 1978; 95(2): 204-9.
53. Rahimtoola SH. Coronary bypass surgery for unstable angina. Circulation. 1984; 69(4): 842-848.
54. Rahimtoola SH. A perspective on the three large multicenter randomized clinical trials of coronary bypass surgery for chronic stable angina. Circulation. 1985; 72(6): 123-35.
55. Haas F, Augustin N, Holper K, et al. Time course and extent of improvement of dysfunctioning myocardium in patients with coronary artery disease and severely depressed left ventricular function after revascularization: correlation with positron emission tomographic findings. J Am Coll Cardiol. 2000; 36(6): 1927-1934. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00968-2.
56. Bax JJ, Visser FC, Poldermans D, et al. Time course of functional recovery of stunned and hibernating segments after surgical revascularization. Circulation. 2001; 104(12 Suppl 1): I314-I318. doi: 10.1161/hc37t1.094853.
57. Shah BN, Senior R. Role of viability imaging in the post-STICH era. Curr Opin Cardiol. 2014; 29(2): 145-151. doi:10.1097/HCO.0000000000000047.
58. Carson P, Wertheimer J, Miller A, et al. The STICH trial (Surgical Treatment for Ischemic Heart Failure): mode-of-death results. JACC Heart Fail. 2013; 1(5): 400-408. doi: 10.1016/j.jchf.2013.04.012.
59. Opie LH. The ever expanding spectrum of ischemic left ventricular dysfunction. Cardiovasc Drugs Ther. 1994; 8(2): 297-304.