

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

## МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЕ АОРТОКОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ЛЕВУЮ МИНИ-ТОРАКОТОМИЮ: ТЕХНИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДА

\*А.С. Веревкин<sup>1</sup>, В.А. Попов<sup>2</sup>, Майкл Боргер<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ленинградская областная клиническая больница, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» МЗ РФ

<sup>3</sup>Университетская клиника Лейпцига, Штрумпельштрассе, 39, Лейпциг, 04289, Федеративная Республика Германия

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): А.С. Веревкин (Aleksandr S. Verevkin), e-mail: verevkin\_a@yahoo.de

### АННОТАЦИЯ

Тотальное артериальное коронарное шунтирование, выполняемое минимально инвазивным доступом через переднебоковую миниторакотомию, обладает значительными преимуществами за счет полной артериальной реваскуляризации миокарда. Вместе с тем, следует отметить, что указанная методика характеризуется высокой технической сложностью выполнения и требует преодоления выраженной кривой обучения. В рамках настоящего исследования проведен комплексный анализ динамики развития и совершенствования хирургической программы на протяжении 8-летнего периода ее реализации.

**Материалы и методы:** в ходе исследования проводился проспективный сбор данных обо всех пациентах, которым было выполнено данное вмешательство в нашем учреждении в период с января 2015 г. по декабрь 2023 года. В течение указанного периода программа претерпела ряд модификаций, включая: оптимизацию хирургического доступа с использованием различных доступных инструментов и управления операционным временем, стандартизацию методики выполнения всех операций коронарного шунтирования на работающем сердце, внедрение системы наставничества для членов хирургической бригады. Изменения в системе контроля качества заключались в переходе от рутинного послеоперационного коронарного исследования к проведению визуализации только по клиническим показаниям. Эффективность данных мероприятий оценивалась по следующим параметрам: первичная конечная точка (госпитальная летальность), вторичные конечные точки (продолжительность операции и частота perioperative инфаркта миокарда). Анализ проводился путем сравнения двух временных периодов: группа 1 (n=137) - пациенты, прооперированные в первые 4 года исследования, группа 2 (n=142) - пациенты, прооперированные во вторые 4 года исследования.

**Результаты:** всего 279 последовательных пациентов были подвергнуты плановому тотальному артериальному МИС-АКШ в нашем учреждении в течение исследуемого периода. Средний возраст составил 66 лет ( $\pm 7$ ), среди пациентов 86% (n=241) были мужского пола, а 33,1% (n=77) страдали сахарным диабетом. Трехсосудистое поражение было выявлено у 53% пациентов (n=123), а поражение ствола левой коронарной артерии - у 43% (n=101). Общая 30-дневная летальность составила 0,4% (n=1). По сравнению с начальным 4-летним периодом, в последней группе пациентов наблюдалось трехкратное снижение частоты perioperative инфаркта миокарда (4,3% против 1,4%, p=0,1) и статистически значимое сокращение продолжительности операции (275±59,5 минут против 246±72,6 минут, p<0,001).

**Заключение:** тотальное артериальное МИС-АКШ представляет собой выполнимый хирургический подход, который может демонстрировать очень хорошие результаты даже на этапе освоения методики. Эволюционирующая образовательная программа способна обеспечить плавный переход от ОПКАБ к МИС-АКШ при выполнении операций у отобранных пациентов в высокоспециализированных кардиохирургических центрах.

**Ключевые слова:** MICSCABG, коронарное шунтирование, минимально инвазивная хирургия.

**Для цитирования.** А.С. Веревкин, В.А. Попов, Майкл Боргер, «МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЕ АОРТОКОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ЛЕВУЮ МИНИ-ТОРАКОТОМИЮ: ТЕХНИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДА». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(3): 52–61.

## MINIMALLY INVASIVE AORTOCORONARY BYPASS GRAFTING VIA LEFT MINI-THORACOTOMY: TECHNIQUE, RESULTS AND EVOLUTION OF THE METHOD

\*Aleksandr S. Verevkin<sup>1</sup>, Vadim A. Popov<sup>2</sup>, Michael Borger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Leningrad Regional Clinical Hospital, St. Petersburg

<sup>2</sup>FSBU «National Medical Research Center of Surgery named after A.V. Vishnevsky» Ministry of Health of Russia

<sup>3</sup>University Hospital Leipzig, Germany

### ABSTRACT

**Aim:** total arterial coronary bypass performed via minimally invasive access through an anterolateral mini-thoracotomy has significant advantages due to complete myocardial arterial revascularization. At the same time, it should be noted that this technique is technically challenging and requires overcoming a significant learning curve. This study presents a comprehensive analysis of the dynamics of development and improvement of the development and refinement of a surgical program over an 8-year period.

**Materials and methods:** a prospective data collection was performed for all patients who underwent this procedure at our institution between January 2015 and December 2023. During this period, the program underwent several modifications, including: optimization of surgical access using various available instruments and operative time management; standardization of the technique for all off-pump coronary artery bypass procedures; and implementation of a mentoring system for the surgical team. Changes in the quality control system involved a transition from routine postoperative coronary angiography to imaging only when clinically indicated. The effectiveness of these measures was evaluated according to the following parameters: Primary endpoint: in-hospital mortality. Secondary endpoints: procedure duration and incidence of perioperative myocardial infarction. The analysis was performed by comparing two time periods: Group 1 (n=137): patients operated on during the first 4 years of the study; Group 2 (n=142): patients operated on during the second 4 years.

**Results:** a total of 279 consecutive patients underwent elective total arterial minimally invasive coronary artery bypass grafting at our institution during the study period. The mean age was 66 years ( $\pm 7$ ), 86% (n=241) were male, and 33.1% (n=77) had diabetes mellitus. Three-vessel disease was present in 53% of patients (n=123), and left main coronary artery disease in 43% (n=101). The overall 30-day mortality was 0.4% (n=1). Compared to the initial 4-year period, the latter patient group showed threefold reduction in the incidence of perioperative myocardial infarction (4.3% vs. 1.4%, p=0.1) and a statistically significant reduction in the time of surgery (275 $\pm$ 59.5 minutes vs. 246 $\pm$ 72.6 minutes, p<0.001).

**Conclusion:** total arterial minimally invasive coronary artery bypass grafting is a feasible surgical approach that can yield excellent results even during the initial learning phase. An evolving educational program can facilitate a smooth transition from off-pump coronary artery bypass grafting to minimally invasive coronary artery bypass grafting in selected patients at highly specialized cardiac surgery centers.

**Keywords:** MICSCABG, minimally invasive coronary surgery.

## ВВЕДЕНИЕ

Аортокоронарное шунтирование (АКШ) остается одной из наиболее распространенных кардиохирургических операций в мире, традиционно выполняемой через срединную продольную стернотомию. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов (ESC) 2018 года, АКШ с искусственным кровообращением (ИК), известное как "он-римп" или ONCAB, рассматривается как золотой стандарт [1,2]. Операция АКШ на работающем сердце (off-pump coronary artery bypass, OPCAB) рекомендуется пациентам с повышенным хирургическим риском (класс рекомендаций IIa, уровень доказательности В) и при наличии кальциноза восходящей аорты (класс I, уровень доказательности В) [1,2]. Однако данная процедура должна выполняться только опытными хирургами в специализированных центрах (класс I, уровень доказательности В) [1,2]. В соответствии с рекомендациями ESC 2018 года, мини-инвазивное прямое коронарное шунтирование (MIDCAB) через левостороннюю переднебоковую миниторакотомию показано при изолированном гемодинамически значимом стенозе проксимального отдела передней межжелудочковой артерии или в рамках гибридной реваскуляризации (класс IIa, уровень доказательности В) [1,2]. Предпочтительным материалом для шунтирования при АКШ является внутренняя грудная артерия (ВГА), демонстрирующая превосходные показатели проходимости в долгосрочной перспективе и обеспечивающая значимые преимущества в плане выживаемости пациентов [3,4]. Хотя использование обеих внутренних грудных артерий (ДВГА) ассоциируется с лучшей долговременной проходимостью по сравнению с комбинацией левой ВГА и аутовенозных шунтов [3,4], такой подход также сопряжен с повышенным риском развития инфекционных осложнений в области послеоперационной раны [3-6].

Многие исследователи активно изучают стратегии, направленные на уменьшение хирургической травмы. В нашем центре в 2015 году впервые была выполнена минимально инвазивная операция полной артериальной реваскуляризации на работающем сердце с использованием ДВГА через переднебоковую миниторакотомию [7]. С момента внедрения методики мы разработали программу для выполнения тотального артериального МИС-АКШ у отобранных пациентов. В работе представлены критерии отбора, хирургическая техника, ближайшие результаты и эволюция данного перспективного, хотя и технически сложного метода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января 2015 г. по декабрь 2023 г. в нашем центре было выполнено 279 последовательных операций тотального артериального МИС-АКШ. Проспективно анализировались демографические показатели, предоперационные клинические параметры, интраоперационные характеристики и послеоперационные исходы.

Для оценки эволюции методики пациенты были разделены на две группы:

- Группа 1 (n=137) включала пациентов, оперированных с января 2015 г. по декабрь 2019 г.
- Группа 2 (n=142) - с января 2020 г. по декабрь 2023 г.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом. Информированное согласие пациентов не требовалось в связи с ретроспективным характером данного исследования.

### Критерии отбора пациентов

Стандартное предоперационное обследование включало физикальный осмотр, сбор анамнеза, трансторакальную эхокардиографию, рентгенографию органов грудной клетки в двух проекциях, ультразвуковое исследование сонных артерий, электрокардиографию, исследование функции внешнего дыхания и лабораторные анализы. В последние годы в перечень обязательных исследований также вошла предоперационная компьютерно-томографическая ангиография сердца (КТ-ангиография).

Все пациенты с показаниями к изолированному коронарному шунтированию рассматриваются в нашем центре как потенциальные кандидаты на МИС-АКШ. Однако для выполнения данного хирургического вмешательства учитывались следующие критерии:

- Индекс массы тела (ИМТ) менее 30 кг/м<sup>2</sup>.
- Сохранную функцию легких (объем форсированного выдоха за 1 секунду >50-80% от должного значения или PaO<sub>2</sub> >60 мм рт.ст. и PaCO<sub>2</sub> <55 мм рт.ст. при дыхании комнатным воздухом).
- Отсутствие выраженной деформации грудной клетки (включая воронкообразную грудь).
- Кардиоторакальный индекс (КТИ) <50% по данным рентгенографии или КТ-ангиографии.
- Конечный диастолический размер левого желудочка <55 мм.
- Отсутствие выраженной кальцификации или интрамурального расположения целевых сосудов.

- Отсутствие острого инфаркта миокарда в предшествующие 30 дней.

#### *Анестезиологическое обеспечение*

Вентиляция легких во время операции осуществляется через двухпросветную эндотрахеальную трубку, установленную под бронхоскопическим контролем. Дополнительно выполняется чреспищеводная эхокардиография для оценки функционального состояния сердца, включая: волемический статус, вновь возникшую регургитацию на митральном и триkusпидальном клапанах, компрессию правого желудочка при люксации сердца.

#### *Хирургическая техника*

Наша исходная хирургическая методика была подробно описана в предыдущей публикации [7]. В данном разделе представлены модификации, внесенные с тех пор для упрощения техники и повышения ее воспроизводимости в рамках структурированной образовательной программы. Описание основано на опыте, полученном в процессе обучения трех хирургов.

Первоначально мы стандартизировали все инструменты и стабилизаторы, используемые для процедур OPCAB и MIDCAB. В частности, во всех операциях OPCAB, MIDCAB и МИС-АКШ, выполняемых в нашем учреждении, используется исключительно стабилизатор Octopus (Medtronic, Minneapolis, MN).

Во-вторых, мы изменили расположение кожного разреза, сместив его латеральнее по сравнению с первоначальным подходом - примерно 3/4 разреза теперь располагается латеральнее среднеключичной линии. Такое положение обеспечивает более латеральный «вид сверху» на обе внутренние грудные артерии, что существенно упрощает процесс их выделения и ускоряет данный этап операции. Полученного хирургического доступа достаточно для полного выделения правой внутренней грудной артерии на всем ее протяжении без необходимости использования подгрудинного крюка.

В-третьих, Y- или T-образный анастомоз «конец в бок» между левой и правой внутренними грудными артериями формируется на уровне пульмонального клапана с использованием непрерывного шва проленовой нитью 8/0 (Ethicon, Somerville, NJ). Стабилизатор Octopus применяется в качестве опоры для выполнения данного анастомоза внутри грудной полости, что существенно облегчает создание этого технически сложного соединения. Для улучшения визуализации операционного поля на стабилизатор Octopus натягивается фрагмент хирургической перчатки, к которому внутренняя грудная артерия фиксируется проленовым швом 6-0, что обеспечивает стабильную иммобилизацию сосуда и оптимальные условия для выполнения анастомоза.

В-четвертых, иммобилизация области передней нисходящей артерии теперь осуществляется непосредственно с помощью стабилизатора Octopus без изменения положения реберного ранорасширителя.

Наконец, для улучшения доступа перикард вскрывается электрокоутером у верхушки сердца, и разрез продлевается

вниз по направлению к диафрагмальному нерву. Это позволяет осуществить люксацию сердца без гемодинамических нарушений и обеспечить визуализацию латеральной и задней стенок левого желудочка. Верхушка левого желудочка смещается вверх и в направлении операционного доступа, а стабилизация зоны анастомоза выполняется с помощью стабилизатора Octopus, который репозиционируется непосредственно через основной разрез. Дополнительно накладывается глубокая шовная лигатура на перикард между левыми легочными венами, которая затем подтягивается к разрезу и фиксируется дополнительным зажимом. При выполнении манипуляций по люксации дополнительные аспирационные устройства не используются.

#### *Стандартизация интракоронарных устройств и контроль качества*

В нашем центре для всех операций OPCAB, MIDCAB и МИС-АКШ стандартизированы используемые интракоронарные шунты (ClearView Shunt®, Medtronic) и устройства для обдува-орошения (AccuMist®, Medtronic). Контроль качества шунтов выполняется у всех пациентов с помощью измерения транзитного потока (система QuickFlow DPS, Medtronic). Во всех случаях с сомнительными параметрами потока (поток < 10 мл/мин и/или индекс пульсативности >5,0) анастомоз пересматривается. После подтверждения хорошего качества анастомоза сердце осторожно репозиционируется, а перикард ушивается рассасывающимися швами без компрессии шунтов. Дренажи устанавливаются в обе плевральные полости, и левое лёгкое раздувается под визуальным контролем. Ребра адаптируются с помощью PDS-петель (Ethicon®, Johnson & Johnson, NJ), а в межреберье вводится местный анестетик (Naropin®, Aspen, Germany). Затем выполняется послойное ушивание раны и наложение кожных швов.

#### *Послеоперационное ведение*

После операции пациенты переводятся в палату пробуждения, где проводится экстубация в течение 1-2 часов. Далее, пациенты через 4 часа после операции получают 500 мг ацетилсалциловой кислоты внутривенно, а на следующий день при наличии показаний начинается двойная антиагрегантная терапия.

В нашем центре для всех пациентов после АКШ применяется стандартизованный протокол обезболивания, целью которого является поддержание уровня боли ниже 4 баллов по числовой рейтинговой шкале (NRS).

Первым 92 пациентам, перенесшим МИС-АКШ в нашем центре, выполнялась плановая послеоперационная коронарография или КТ-ангиография в рамках контроля качества. После демонстрации отличных показателей проходимости шунтов [7] мы перешли к выполнению коронарографии только при подозрении на ишемию миокарда.

*Результаты и определения объясняющих переменных*  
Основной конечной точкой исследования была госпитальная летальность. Вторичными конечными точками стали продолжительность операции и периоперацион-

ный инфаркт миокарда. Хроническая почечная недостаточность оценивалась по клиренсу креатинина [8]. Острый инфаркт миокарда (ИМ) диагностировался согласно третьему универсальному определению ИМ [9]. Кардиоторакальный индекс рассчитывался как отношение максимального горизонтального диаметра сердца к максимальному горизонтальному диаметру грудной клетки (по внутренним краям ребер/плевры на рентгенограмме или КТ) × 100 [10].

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Количественные переменные представлены в виде медианы с межквартильным размахом и анализировались с использованием критерия Уилкоксона или точного критерия Уилкоксона, где это было уместно. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений с процентным соотношением и анализировались с помощью критерия хи-квадрат или точного критерия

Фишера. Все анализы проводились с использованием языка статистического программирования R.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Все предоперационные данные представлены в **таблице 1**. Средний возраст пациентов составил  $66 \pm 7$  лет, при этом около двух третей были мужского пола и одна треть страдала сахарным диабетом. В обеих группах наблюдалось сходное распределение пациентов с трехсосудистым поражением и поражением ствола левой коронарной артерии. Показатель EuroSCORE II был выше в группе 1 (медиана [IQR]: 1,8 [1,2; 2,4] против 1,1 [0,8; 1,8],  $p < 0,001$ ). Кардиоторакальный индекс (КТИ), используемый для оценки доступного пространства для хирургических манипуляций в грудной клетке и отражающий техническую сложность процедуры, также был выше в группе 2 (медиана [IQR]: 47,0 [44,0; 49,0] против 48,0 [45,0; 51,6],  $p = 0,005$ ).

**Таблица 1. Исходные характеристики пациентов**

Table 1. Baseline patient characteristics

| Параметр / Parameter   | Группа 1 (2015-2019 гг.)<br>n=137 / Group 1<br>(2015-2019), n=137 | Группа 2 (2020-2023 гг.)<br>n=142 / Group 2<br>(2020-2023), n=142 | Всего<br>n=279 /<br>Total, n=279 | p-value |
|--|---|---|----------------------------------|---------|
| Возраст (лет),<br>среднее ± CO / Age (years), mean ± SD  | 67,1 [ $\pm 9,3$ ]  | 64,8 [ $\pm 9,0$ ]  | 65,9 [ $\pm 9,2$ ]               | 0,03    |
| Мужской пол,<br>n (%) / Male gender, n (%)   | 119 (86,9%)   | 122 (85,9%)   | 241 (86,4%)                      | 0,9     |
| ИМТ ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),<br>медиана [МКР] / BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), median<br>[IQR] | 26,8 [24,7;29,1]  | 26,9 [24,4;28,8]  | 26,8 [24,5;29,0]                 | 0,9     |
| ФВ ЛЖ, % медиана [МКР] / LVEF (%),<br>median [IQR]   | 60,0 [53;64]  | 57,0 [50;60]  | 58,0 [51,0;62,0]                 | 0,0     |
| Артериальная гипертензия, n (%) /<br>Hypertension, n (%)   | 130 (94,9%)   | 134 (94,4%)   | 264 (94,6%)                      | 0,9     |
| Гиперлипидемия, n (%) /<br>Hyperlipidemia, n (%)   | 126 (92,0%)   | 127 (89,4%)   | 253 (90,7%)                      | 0,6     |
| Сахарный диабет, n (%) /<br>Diabetes mellitus, n (%)   | 49 (35,8%)  | 45 (31,7%)  | 94 (33,7%)                       | 0,5     |
| Курение (активное или в анамнезе), n<br>(%) / Smoking (current or history), n (%)                  | 42 (30,7%)  | 59 (41,5%)  | 101 (36,2%)                      | 0,07    |
| ХОБЛ, n (%) / COPD, n (%)  | 12 (8,7%)   | 16 (11,3%)  | 28 (10,0%)                       | 0,6     |
| Креатинин (мг/дл), медиана [МКР] /<br>Creatinine (mg/dL), median [IQR]                             | 0,90 [0,79;1,05]  | 0,88 [0,79;1,01]  | 0,90 [0,79;1,04]                 | 0,5     |
| Облитерирующее поражение<br>периферических артерий, n (%) /<br>Peripheral artery disease, n (%)    | 24 (17,5%)  | 22 (15,5%)  | 46 (16,5%)                       | 0,7     |
| Трехсосудистое поражение, n (%) /<br>Three-vessel disease, n (%)                                   | 76 (55,5%)  | 78 (54,9%)  | 154 (55,2%)                      | 1,0     |
| Поражение ствола ЛКА, n (%) / Left<br>main disease, n (%)  | 59 (43%)  | 56 (39,4%)  | 115 (41,2%)                      | 0,8     |
| EuroSCORE II, медиана [МКР] /<br>EuroSCORE II, median [IQR]  | 1,82 [1,23;2,36]  | 1,13 [0,80;1,80]  | 1,51 [0,94;2,08]                 | <0,001  |
| КТИ, медиана [МКР] / Cardiotoracic<br>index, median [IQR]  | 47,0 [44,0;49,0]  | 48,0 [45,0;51,6]  | 47,1 [44,0;50,9]                 | 0,005   |

**Примечание:** ИМТ - индекс массы тела, ХОБЛ - хроническая обструктивная болезнь легких, ЛКА - левая коронарная артерия, КТИ - кардиоторакальный индекс, ФВ ЛЖ - фракция выброса левого желудочка, CO - стандартное отклонение, МКР - межквартильный размах.

**Note:** BMI - body mass index; COPD - chronic obstructive pulmonary disease; LVEF - left ventricular ejection fraction; SD - standard deviation; IQR - interquartile range.

**Таблица 2. Интраоперационные показатели**

Table 2. Intraoperative parameters

| Параметр / Parameter  | Группа 1<br>(2015-2019 гг.), n=137 /<br>Group 1 (2015-2019)<br>n=137 | Группа 2<br>(2020-2023 гг.), n=142 /<br>Group 2 (2020-2023),<br>n=142 | Всего, n=279 /<br>Total, n=279 | p-value |
|---|--|---|--------------------------------|---------|
| Конверсия в ИК, n (%) /<br>Conversion to CPB, n (%)                               | 4 (2,9%)   | 0 (0%)  | 4 (1,4%)                       | 0,05    |
| Конверсия в стернотомию, n (%) /<br>Conversion to sternotomy, n (%)               | 0 (0%)   | 0 (0%)  | 0 (0%)                         |         |
| Длительность операции (мин),<br>среднее ± CO / Procedure time (min),<br>mean ± SD | 275 ±59,5  | 246 ±72,6   | 258 ±67,9                      | <0,001  |
| Двусторонние ВГА, n (%) /<br>Bilateral ITA, n (%)                                 | 122 (89,1%)  | 112 (78,9%)   | 234 (83,9%)                    | 0,03    |
| Лучевая артерия, n (%) /<br>Radial artery, n (%)                                  | 15 (10,9%)   | 29 (20,4%)  | 44 (15,8%)                     | 0,04    |
| Последовательные анастомозы, n (%) / Sequential anastomoses, n (%)                |  |   |                                |         |
| 1   | 87 (63,5%)   | 103 (72,5%)   | 190 (68,1%)                    |         |
| 2   | 48 (35,0%)   | 38 (26,8%)  | 86 (30,8%)                     | 0,2     |
| 3   | 2 (1,4%)   | 1 (0,7%)  | 3 (1,0%)                       |         |

**Целевые сосуды для шунтирования / Target vessels for grafting**

|  |             |             |             |     |
|--|-------------|-------------|-------------|-----|
| Передняя нисходящая артерия, n (%) /<br>Left anterior descending artery, n (%) | 134 (97,8%) | 139 (97,9%) | 273 (97,8%) | 0,9 |
| Ветви тупого края, n (%) / Obtuse Marginal branch, n (%)                       | 119 (86,9%) | 113 (79,6%) | 232 (83,2%) | 0,1 |
| Правая коронарная артерия, n (%) / Right coronary artery, n (%)                | 13 (9,4%)   | 21 (14,8%)  | 34 (12,2%)  | 0,2 |

*Примечание: ВГА - внутренние грудные артерии, СО - стандартное отклонение, ИК- искусственное кровообращение.*

*Note: ITA - internal thoracic artery; CPB - cardiopulmonary bypass; SD - standard deviation.*

Интраоперационные данные представлены в **таблице 2**. Во всех случаях основные сегменты коронарного русла были шунтированы с одинаковой частотой в обеих группах. В ходе операций ни в одной из групп не потребовалось экстренного перехода на стернотомию.

Продолжительность операции была достоверно короче в группе 2, несмотря на более сложную реваскуляризацию, включавшую более частое шунтирование ветвей правой коронарной артерии и использование коротких сегментов большой подкожной вены для удлинения шунтов.

Послеоперационные исходы представлены в **таблице 3**. Трем пациентам из группы 1 потребовалась полная стернотомия при ревизии коронарных шунтов во время повторной операции, тогда как в группе 2 таких случаев не наблюдалось. Один пациент из группы 1 умер в госпитальный период в день выписки вследствие внезапной сердечной смерти, что составило общую госпитальную летальность 0,4%.

Всего у 16 пациентов (5,7%) наблюдалось повышение уровня КФК-МБ/ тропонина или другие клинические признаки ишемии миокарда.

В группе 1 у 10 (7,2%) пациентов было зафиксировано

повышение КФК-МБ/ тропонина и/или изменения на ЭКГ, свидетельствующие о послеоперационной ишемии миокарда. У 6 (4,3%) из них был подтвержден периоперационный инфаркт миокарда [9]. Плановая и экстренная коронарография в группе 1 выявила раннюю дисфункцию шунтов у 11 (8%) пациентов. Из них у 5(3,6%) пациентов обнаружено стенозирование анастомозов/шунтов ветви тупого края (3 случая) и задней нисходящей артерий (2 случая), потребовавшие ЧКВ. Хирургическая ревизия шунтов потребовалась 3(2,1%) пациентам.

В группе 2 у пяти пациентов наблюдалось послеоперационное повышение КФК-МБ/ тропонина и другие клинические признаки, указывающие на ишемию миокарда. У 2 (1,4%) из них были зафиксированы критерии периоперационного инфаркта миокарда без ангиографического подтверждения. Среди остальных трех пациентов в одном наблюдении по данным коронарографии был диагностирован стеноз шунта из левой внутренней грудной артерии 40-50%, не потребовавший хирургической коррекции, у двух других пациентов ангиографическая картина была без особенностей.

Кроме того, у 2 пациентов постоперативно (1,4%) наблю-

**Таблица 3. Послеоперационные исходы**

Table 3. Postoperative outcomes

| Показатель / Outcome Measure   | Группа 1<br>(2015-2019 гг.), n=137 /<br>Group 1<br>(2015-2019), n=137 | Группа 2<br>(2020-2023 гг.), n=142 /<br>Group 2<br>(2020-2023), n=142 | Всего, n=279 /<br>Total, n=279 | p-value |
|--|---|---|--------------------------------|---------|
| Госпитальная летальность, n (%) /<br>In-hospital mortality, n (%)          | 1 (0,7%)  | 0   | 1(0,4)                         | -       |
| Периоперационный ИМ, n (%) /<br>Perioperative MI, n (%)                    | 6 (4,3%)  | 2 (1,4%)  | 8 (2,8%)                       | 0,1     |
| Ревизия по поводу кровотечения, n (%) / Re-exploration for bleeding, n (%) | 9 (6,6%)  | 4 (2,8%)  | 13 (4,0%)                      | 0,2     |
| Низкий сердечный выброс, n (%) / Low cardiac output, n (%)                 | 3 (2,2%)  | 1 (0,7%)  | 4 (1,4%)                       | 0,3     |
| Неполная реваскуляризация, n (%) /Incomplete revascularization, n (%)      | 7 (5,1%)  | 3 (2,1%)  | 10 (3,5%)                      | 0,9     |
| ОПН, требующая ЗПТ, n (%) / AKI requiring RRT, n (%)                       | 3 (2,2%)  | 1 (0,7%)  | 4 (1,4%)                       | 0,3     |

**Примечание:** ИМ - инфаркт миокарда, ОПН - острая почечная недостаточность, ЗПТ - заместительная почечная терапия.

**Note:** MI- Myocardial infarction , AKI- acute kidney injury, RRT- renal replacement therapy

дались желудочковые экстрасистолы и неустойчивая желудочковая тахикардия без других изменений на ЭКГ и без повышения КФК-МБ/тропонина, что потребовало проведения внеплановой коронарографии. В обоих случаях были выявлены патологические изменения:

- У одного пациента - перегиб шунта к заднелатеральной артерии.
  - У другого пациента - шunt левой внутренней грудной артерии к маломерной передней нисходящей артерии.
- Оба пациента получили хирургическую ревизию, однако не соответствовали критериям периоперационного инфаркта миокарда [9].
- Также в группе 2:
- У 3 пациентов (2,1%) отмечена неполная реваскуляризация из-за малого диаметра и кальциноза правой коронарной артерии, не подходящей для шунтирования.
  - 3 пациента (2,1%) прошли плановые гибридные процедуры с ЧКВ на втором этапе.

По сравнению с начальным 4-летним периодом исследования, частота периоперационного инфаркта миокарда в группе 2 снизилась в три раза (4,3% против 1,4%, p = 0,1). Также важно отметить, что количество ревизий по поводу кровотечений в группе 2 было ниже, хотя и не достигло статистической значимости.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе представлен 8-летний опыт совершенствования методики МИС-АКШ, включая эволюцию хирургической техники, организационных аспектов и периоперационных результатов. С момента внедрения программы МИС-АКШ в нашем центре непрерывно развивалась благодаря мультидисциплинарному отбору пациентов (Heart Team) и стандартизации ключевых этапов оперативного вмешательства. Основной целью данного

исследования явился анализ влияния технических модификаций и организационных улучшений на клинические исходы.

Модификации хирургической методики включали смешение разреза в латеральном направлении, отказ от использования подгрудинного крюка, стандартное применение стабилизатора Octopus при всех операциях на работающем сердце (OPCAB, MIDCAB и МИС-АКШ) в нашем учреждении, а также использование глубоких перикардиальных швов для ротации сердца и улучшения экспозиции. Более латеральное расположение разреза, впервые описанное McGinn и соавт., стало логическим развитием нашей методики, обеспечивающим лучший хирургический доступ [7,11]. Техника люксации сердца, заимствованная из OPCAB и адаптированная для МИС-АКШ, позволила упростить процедуру. Данный подход, исключающий использование аспирационных устройств и основанный на применении перикардиальных швов, был детально описан Babliak и соавт. [12,9]. Общее время операции в последнем периоде наблюдения составило около 3 часов, что значительно меньше по сравнению с нашими первоначальными результатами и соответствует данным, представленным Kikuchi и соавт. [13]. Мы связываем это улучшение со всеми вышеописанными модификациями, особенно со стандартизацией оборудования и хирургических методик.

Мы также модифицировали предоперационное обследование, включив в него КТ-ангиографию для исключения интрамиокардиального расположения сосудов, выраженного коронарного кальциноза и плевральных спаек. Таким образом, КТ-ангиография позволяет получить исчерпывающие данные о коронарной анатомии, что соответствует данным других исследователей [14-16]. КТ-ангиография также описана как метод оценки послеоперационной проходимости шунтов после МИС-АКШ [17].

Ранее мы уже сообщали о нашем первоначальном опыте тотального артериального МИС-АКШ на работающем сердце с использованием исключительно двусторонних внутренних грудных артерий, демонстрируя сопоставимые показатели 30-дневной летальности с результатами ОРСАВ через стернотомию, выполненными опытными хирургами [7,18,19]. В текущем исследовании госпитальная летальность составила всего 1 случай (0,4%), зарегистрированный на самом начальном этапе нашей работы. Полученные результаты сопоставимы с данными трех крупнейших серий МИС-АКШ, опубликованных на сегодняшний день [11,12,20]. Частота хирургических ревизий по поводу несостоятельности шунтов оставалась стабильной на протяжении всего периода исследования и соответствует показателям, представленным другими авторами [11,12,13]. При этом в наиболее поздней группе нашего исследования отмечено снижение частоты periоперационного инфаркта миокарда - трехкратное уменьшение осложнений (4,3% против 1,4%), хотя и без достижения статистической значимости ( $p=0,1$ ).

Частота осложнений в текущем исследовании, включая инсульты и инфекции раны грудной клетки, соответствует нашим ранним наблюдениям [7]. Согласно литературным данным, частота инсультов после изолированного АКШ колеблется от 0,6% до 4,0% [7,21,22]. Примечательно, что в нашей программе МИС-АКШ не было зарегистрировано ни одного случая эмболического инсульта. Этот результат, вероятно, связан с отсутствием манипуляций на аорте во время операции и более низкой частотой фибрillation предсердий (18,8%), что согласуется с данными других исследований МИС-АКШ [12]. В текущей работе мы наблюдали только 1 случай инсульта, который был обусловлен пролонгированной гипоперфузией вследствие геморрагического шока из-за кровотечения из правой внутренней грудной вены, как было описано в нашей первоначальной публикации [7].

Обучение молодых хирургов методике МИС-АКШ остается предметом активных дискуссий в связи с технической сложностью данного вмешательства. Основные трудности включают: ограниченный обзор через мини-доступ, технически сложное выделение двусторонних внутренних грудных артерий и необходимость освоения сложных техник люксации сердца. В нашей клинике разработана поэтапная образовательная концепция, предусматривающая последовательный переход от ОНСАВ к ОРСАВ, затем к MIDCAB и, наконец, к МИС-АКШ для опытных коронарных хирургов. Аналогичный ступенчатый подход к освоению МИС-АКШ рекомендован и другими хирургами [23,24]. Особого внимания заслуживает индийский опыт,

основанный на опросе хирургов, выполняющих МИС-АКШ: 69% из них имели опыт минимально инвазивных операций до начала выполнения МИС-АКШ [25]. Обучение молодых хирургов методике МИС-АКШ остается сложной задачей из-за технических особенностей процедуры. В нашей клинике принята поэтапная система обучения: от освоения аортокоронарного шунтирования с искусственным кровообращением к аортокоронарному шунтированию на работающем сердце, затем к MIDCAB и, наконец, к МИС-АКШ.

Как правило, после получения достаточного опыта в ОРСАВ хирурги переходят к MIDCAB и начинают ассистировать при МИС-АКШ. Следующими этапами являются освоение выделения левой внутренней грудной артерии, затем правой внутренней грудной артерии в подходящих анатомических случаях, выполнение Y/T-образных анастомозов, анастомоза между левой внутренней грудной артерией и передней нисходящей артерией, и в завершение - более сложных анастомозов между правой внутренней грудной артерией и заднелатеральной артерией и правой внутренней грудной артерией с дистальными ветвями правой коронарной артерии. Вопросы о необходимости количестве операций и продолжительности обучения под руководством наставника остаются предметом дискуссий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тотальное артериальное минимально инвазивное коронарное шунтирование является выполнимой, хотя и технически сложной хирургической процедурой, дающей отличные результаты в рамках структурированной программы. Стандартизация оборудования и методик, вместе с совершенствованием образовательных аспектов, может обеспечить плавный переход от шунтирования на работающем сердце к МИС-АКШ для опытных кардиохирургов при выполнении у отобранных пациентов в специализированных центрах.

### Ограничения исследования

Несмотря на ретроспективный характер нашего исследования и включение данных о периоде обучения трех хирургов, оно предоставляет ценные клинические данные. Важно учитывать специализированный характер данной методики, выполняемой ограниченным числом хирургов у тщательно отобранных пациентов. В связи с этим, возможность широкого распространения результатов на всех хирургов и пациентов требует осторожной интерпретации. Тем не менее, полученные результаты демонстрируют перспективность данной техники в специализированных центрах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol 2019;14(14):1435–534. [DOI:10.4244/EIJY19M01\\_01](https://doi.org/10.4244/EIJY19M01_01)
2. Harskamp R.E., Bonatti J.O., Zhao D.X. et al Standardizing definitions for hybrid coronary revascularization. J Thorac Cardiovasc Surg. 2014;147(2):556–60. [DOI:10.1016/j.jtcvs.2013.10.019](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.019)
3. 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. N Engl J Med. 1986;314(1):1–6. [DOI:10.1056/NEJM198601023140101](https://doi.org/10.1056/NEJM198601023140101)
4. Taggart D.P., Benedetto U., Gerry S. et al Bilateral versus Single Internal-Thoracic-Artery Grafts at 10 Years. N Engl J Med. 2019;380(5):437–46. [DOI:10.1056/NEJM198601023140101](https://doi.org/10.1056/NEJM198601023140101)
5. Head SJ, Milojevic M, Taggart DP, Puskas JD. Current Practice of State-of-the-Art Surgical Coronary Revascularization. Circulation. 2017 Oct 3;136(14):1331–45. [DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022572](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022572)
6. Gaudino M, Audisio K, Rahouma M. et al Association between sternal wound complications and 10-year mortality following coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg. 2023;166(2):532–539.e4. [DOI:10.1016/j.jtcvs.2021.10.067](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2021.10.067)
7. Davierwala P.M., Verevkina A., Sgouropoulou S. et al Minimally invasive coronary bypass surgery with bilateral internal thoracic arteries: Early outcomes and angiographic patency. J Thorac Cardiovasc Surg. 2021;162(4):1109–1119.e4. [DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.12.136](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.12.136)
8. Webster A.C., Nagler E.V., Morton R.L. Chronic Kidney Disease. The Lancet. 2017;389(10075):1238–52. [DOI:10.1016/S0140-6736\(16\)32064-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32064-5)
9. Thygesen K, Alpert J.S., Jaffe A.S. et al Third Universal Definition of Myocardial Infarction. J Am Coll Cardiol. 2012;60(16):1581–98. [DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.08.001)
10. Truszkiewicz K, Poręba R, Gać P. Radiological Cardiotoracic Ratio in Evidence-Based Medicine. J Clin Med. 2021;10(9):2016. [DOI: 10.3390/jcm10092016](https://doi.org/10.3390/jcm10092016)
11. McGinn J.T., Usman S., Lapierre H. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: dual-center experience in 450 consecutive patients. Circulation. 2009;120(11 Suppl): S78–84. [DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.840041](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.840041)
12. Babliak O., Demianenko V., Melnyk Y. Complete Coronary Revascularization via Left Anterior Thoracotomy. Innov Phila Pa. 2019;14(4):330–41. [DOI:10.1177/1556984519849126](https://doi.org/10.1177/1556984519849126)
13. Kikuchi K., Chen X., Mori M. Perioperative outcomes of off-pump minimally invasive coronary artery bypass grafting with bilateral internal thoracic arteries under direct vision†. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2017;24(5):696–701. [DOI:10.1093/icvts/ivw431](https://doi.org/10.1093/icvts/ivw431)
14. Mowatt G, Cummins E, Waugh N. et al Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. Health Technol Assess Winch Engl. 2008;12(17):iii–iv, ix 143. [DOI : 10.3310/hta12170](https://doi.org/10.3310/hta12170)
15. Berman D.S., Hachamovitch R., Shaw L.J. et al Roles of nuclear cardiology, cardiac computed tomography, and cardiac magnetic resonance: 26 439 assessment of patients with suspected coronary artery disease. J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med. 2006;47(1):74–82. PMID: 16391190
16. Cademartiri F, Casolo G, Clemente A. et al Coronary CT angiography: a guide to examination, interpretation, and clinical indications. Expert Rev Cardiovasc Ther. 2021;19(5): 413–25. [DOI: 10.1080/14779072.2021.1915132](https://doi.org/10.1080/14779072.2021.1915132)
17. Liu J.J., Kong Q.Y., You B. et al Surgical Challenges in Multi Vessel Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting. J Intervent Cardiol. 2021; 2021:1195613. [DOI: 10.1155/2021/1195613](https://doi.org/10.1155/2021/1195613)
18. Puskas J.D., Williams W.H., Mahoney E.M. et al Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: a randomized trial. JAMA. 2004;291(15):1841–9. [DOI:10.1001/jama.291.15.1841](https://doi.org/10.1001/jama.291.15.1841)
19. Navia D, Vrancic M, Vaccarino G. et al Total arterial off pump coronary revascularization using bilateral internal thoracic arteries in triple-vessel disease: surgical technique and clinical outcomes. Ann Thorac Surg. 2008;86(2):52430. [DOI:10.1016/j.athoracsur.2008.04.069](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.04.069)
20. Nambiar P, Kumar S, Mittal C.M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting with bilateral internal thoracic arteries: Will this be the future? J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;155(1):190–7. [DOI:10.1016/j.jtcvs.2017.07.088](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.07.088)
21. Davierwala P.M., Leontyev S., Garbade J. et al Off-pump coronary artery bypass surgery with bilateral internal thoracic arteries: the Leipzig experience. Ann Cardiothorac Surg. 2018;7(4):483–91. [DOI:10.21037/acs.2018.06.15](https://doi.org/10.21037/acs.2018.06.15)
22. Houlsdon K, Kjeldsen B.J., Madsen S.N. et al On-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery in elderly patients: results from the Danish on-pump versus off-pump randomization study. Circulation. 2012;125(20):2431–9. [DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.052571](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.052571)
23. Chan V, Lapierre H, Sohmer B. et al Handsewn proximal anastomoses onto the ascending aorta through a small left thoracotomy during minimally invasive multivessel coronary artery bypass grafting: a stepwise approach to safety and reproducibility. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2012; 24(1):79–83. [DOI:10.1053/j.semtcvs.2011.12.010](https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2011.12.010)
24. Rodriguez M.L., Lapierre H.R., Sohmer B. et al Mid-Term Follow-up of Minimally Invasive Multivessel Coronary Artery Bypass Grafting: Is the Early Learning Phase Detrimental? Innov Phila Pa. 2017;12(2):116–20. [DOI:10.1097/IML.0000000000000353](https://doi.org/10.1097/IML.0000000000000353)
25. Kayatta M.O., Halkos M.E., Narayan P. Minimally invasive coronary artery bypass grafting. Indian J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;34(Suppl 3):302–9. [DOI:10.1007/s12055-017-0631-x](https://doi.org/10.1007/s12055-017-0631-x)

## REFERENCES

1. Neumann F.J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol 2019;14(14):1435–534. DOI:10.4244/EIJY19M01\_01
2. Harskamp R.E., Bonatti J.O., Zhao D.X. et al Standardizing definitions for hybrid coronary revascularization. J Thorac Cardiovasc Surg. 2014;147(2):556–60. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.019
3. 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. N Engl J Med. 1986;314(1):1–6. DOI: 10.1056/NEJM198601023140101
4. Taggart D.P., Benedetto U., Gerry S. et al Bilateral versus Single Internal-Thoracic-Artery Grafts at 10 Years. N Engl J Med. 2019;380(5):437 46. DOI : 10.1056/NEJM198601023140101
5. Head SJ, Milojevic M, Taggart DP, Puskas JD. Current Practice of State-of-the-Art Surgical Coronary Revascularization. Circulation. 2017 Oct 3;136(14):1331–45. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022572
6. Gaudino M, Audisio K, Rahouma M. et al Association between sternal wound complications and 10-year mortality following coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg. 2023;166(2):532-539.e4. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2021.10.067
7. Davierwala P.M., Verevkin A., Sgouropoulos S. et al Minimally invasive coronary bypass surgery with bilateral internal thoracic arteries: Early outcomes and angiographic patency. J Thorac Cardiovasc Surg. 2021;162(4):1109-1119.e4. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.12.136
8. Webster A.C., Nagler E.V., Morton R.L. Chronic Kidney Disease. The Lancet. 2017;389(10075):1238–52. DOI : 10.1016/S0140-6736(16)32064-5
9. Thygesen K, Alpert J.S., Jaffe A.S. et al Third Universal Definition of Myocardial Infarction. J Am Coll Cardiol. 2012;60(16): 1581–98. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.001
10. Truszkiewicz K, Poręba R, Gać P. Radiological Cardiothoracic Ratio in Evidence-Based Medicine. J Clin Med. 2021;10(9):2016. DOI: 10.3390/jcm10092016
11. McGinn J.T., Usman S., Lapierre H. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: dual-center experience in 450 consecutive patients. Circulation. 2009;120(11 Suppl): S78-84. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.840041
12. Babliak O., Demianenko V., Melnyk Y. Complete Coronary Revascularization via Left Anterior Thoracotomy. Innov Phila Pa. 2019;14(4):330–41. DOI: 10.1177/1556984519849126
13. Kikuchi K, Chen X, Mori M. Perioperative outcomes of off-pump minimally invasive coronary artery bypass grafting with bilateral internal thoracic arteries under direct vision†. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2017;24(5):696–701. DOI: 10.1093/icvts/ivw431
14. Mowatt G, Cummins E, Waugh N. et al Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. Health Technol Assess Winch Engl 2008;12(17):iii–iv, ix 143. DOI: 10.3310/hta12170
15. Berman D.S., Hachamovitch R, Shaw L.J. et al Roles of nuclear cardiology, cardiac computed tomography, and cardiac magnetic resonance: 26 439 assessment of patients with suspected coronary artery disease. J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med. 2006;47(1):74–82. PMID: 16391190
16. Cademartiri F, Casolo G, Clemente A. et al Coronary CT angiography: a guide to examination, interpretation, and clinical indications. Expert Rev Cardiovasc Ther. 2021;19(5):413–25. DOI: 10.1080/14779072.2021.1915132
17. Liu J.J., Kong Q.Y., You B. et al Surgical Challenges in Multi Vessel Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting. J Intervent Cardiol 2021; 2021:1195613. DOI: 10.1155/2021/1195613
18. Puskas J.D., Williams W.H., Mahoney E.M. et al Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: a randomized trial JAMA. 2004;291(15):1841–9. DOI : 10.1001/jama.291.15.1841
19. Navia D, Vrancic M, Vaccarino G. et al Total arterial off pump coronary revascularization using bilateral internal thoracic arteries in triple-vessel disease: surgical technique and clinical outcomes. Ann Thorac Surg. 2008;86(2):52430. DOI : 10.1016/j.athoracsur.2008.04.069
20. Nambiar P, Kumar S, Mittal C.M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting with bilateral internal thoracic arteries: Will this be the future? J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;155(1):190–7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.07.088
21. Davierwala P.M., Leontyev S., Garbade J. et al Off-pump coronary artery bypass surgery with bilateral internal thoracic arteries: the Leipzig experience. Ann Cardiothorac Surg. 2018;7(4):483–91. DOI : 10.21037/acs.2018.06.15
22. Hougaard K, Kjeldsen B.J., Madsen S.N. et al On-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery in elderly patients: results from the Danish on-pump versus off-pump randomization study. Circulation. 2012;125(20):2431–9. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.052571
23. Chan V, Lapierre H, Sohmer B. et al Handsewn proximal anastomoses onto the ascending aorta through a small left thoracotomy during minimally invasive multivessel coronary artery bypass grafting: a stepwise approach to safety and reproducibility. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2012;24(1):79–83. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2011.12.010
24. Rodriguez M.L., Lapierre H.R., Sohmer B. et al Mid-Term Follow-up of Minimally Invasive Multivessel Coronary Artery Bypass Grafting: Is the Early Learning Phase Detrimental? Innov Phila Pa. 2017;12(2):116–20. DOI: 10.1097/IMI.0000000000000353
25. Kayatta M.O., Halkos M.E., Narayan P. Minimally invasive coronary artery bypass grafting. Indian J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;34(Suppl 3):302–9. DOI: 10.1007/s12055-017-0631-x

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Веревкин Александр Сергеевич** - [ORCID: 0000-0002-7412-9988] к.м.н.,  
врач сердечно-сосудистый хирург, кардиохирургического отделения Ленинградской областной клинической больницы  
194291, Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, ул. Луначарского, 45 к. 2

**Попов Вадим Анатольевич** - [ORCID: 0000-0003-1395-2951] д.м.н., профессор, заведующий отделом кардиохирургии  
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ.  
115093, Российской Федерации, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

**Майкл Боргер** - [ORCID: 0000-0003-0780-6851] профессор, врач сердечно-сосудистый хирург,  
директор университетской клиники Лейпцига  
39, Штрумпельштрассе, г. Лейпциг, Федеративная Республика Германия, 04289

**Вклад авторов.** Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Финансирование.** Отсутствует.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## AUTHOR INFORMATION FORM

**Aleksandr S. Verevkin** - [ORCID: 0000-0002-7412-9988] M.D., Ph.D., Cardiovascular Surgeon, Cardiosurgical Department,  
Leningrad Regional Clinical Hospital, St. Petersburg  
5-2 Lunacharskogo St., St. Petersburg, Russian Federation, 194291

**Vadim A. Popov** - [ORCID: 0000-0003-1395-2951] M.D., Ph.D., Professor, Head of the Department of Cardiac Surgery,  
Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of Surgery named after A.V. Vishnevsky"  
of the Ministry of Health of the Russian Federation  
27, Bolshaya Serpukhovskaya Street, Moscow, Russian Federation, 117997

**Michael Borger** - [ORCID: 0000-0003-0780-6851] M.D., Ph.D., Professor, Cardiovascular Surgeon, director of University Hospital Leipzig,  
39, Strumpelstrasse, Leipzig, Germany, 04289

**Contribution.** All authors contributed equally to the preparation of the publication.

**Funding.** None declared.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.