

## Нюансы роботического выделения внутренней грудной артерии: серия клинических случаев

Р.Н. Комаров, И.В. Луценко, О.О. Огнев, А.Н. Дзюндзя, Н.О. Курасов, Л.З. Фараджеева, С.С. Казакова, А.А. Романовский

**Для корреспонденции:** Артем Андреевич Романовский, [romanovskiy\\_a\\_a1@student.sechenov.ru](mailto:romanovskiy_a_a1@student.sechenov.ru)

Поступила в редакцию 26 ноября 2025 г. Исправлена 15 апреля 2026 г. Принята к печати 5 мая 2026 г.

**Цитировать:** Комаров Р.Н., Луценко И.В., Огнев О.О., Дзюндзя А.Н., Курасов Н.О., Фараджеева Л.З., Казакова С.С., Романовский А.А. Нюансы роботического выделения внутренней грудной артерии: серия клинических случаев. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2026;30(3):78-87. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-3-78-87>

### Информированное согласие

Получено информированное согласие пациентов на использование медицинских данных в научных целях.

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарность

Коллектив авторов выражает признательность Полине Александровне Ковалевой, операционной медсестре отделения малоинвазивной и роботической сердечно-сосудистой хирургии УКБ № 1 Сеченовского Университета, за высокий профессионализм и отличное исполнение трудовых обязанностей при проведении высокотехнологичных операций.

### Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: Р.Н. Комаров, И.В. Луценко, О.О. Огнев

Сбор и анализ данных: И.В. Луценко, О.О. Огнев, Л.З. Фараджеева, С.С. Казакова

Статистическая обработка данных: И.В. Луценко, А.А. Романовский

Написание статьи: все авторы

Исправление статьи: Р.Н. Комаров, О.О. Огнев, А.Н. Дзюндзя, Н.О. Курасов

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

### ORCID

Р.Н. Комаров, <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

И.В. Луценко, <https://orcid.org/0000-0003-3222-6963>

О.О. Огнев, <https://orcid.org/0000-0002-9305-2250>

А.Н. Дзюндзя, <https://orcid.org/0000-0003-1133-8106>

Н.О. Курасов, <https://orcid.org/0000-0001-6269-2207>

Л.З. Фараджеева, <https://orcid.org/0009-0003-7098-3372>

С.С. Казакова, <https://orcid.org/0009-0002-7023-2387>

А.А. Романовский, <https://orcid.org/0009-0004-2300-6795>

© Комаров Р.Н., Луценко И.В., Огнев О.О., Дзюндзя А.Н., Курасов Н.О., Фараджеева Л.З., Казакова С.С., Романовский А.А., 2026

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

### Аннотация

**Актуальность.** Одной из основных тенденций современной кардиохирургии является уменьшение инвазивности оперативного вмешательства. Роботические технологии позволяют выполнять широкий спектр операций без стернотомии, что существенно ускоряет восстановление пациента и снижает риск послеоперационных осложнений.

**Цель.** Описать необходимые этапы и нюансы робот-ассистированного коронарного шунтирования, обеспечивающие удобство, безопасность и воспроизводимость данной методики реваскуляризации миокарда.

**Методы.** В основу описываемой в данной статье техники выполнения робот-ассистированного коронарного шунтирования положен опыт проведения 50 операций мини-инвазивного коронарного шунтирования с применением роботических технологий в кардиохирургическом отделении Университетской клинической больницы № 1. Среди пациентов преобладали мужчины – 47 (94 %). Возрастная медиана – 63 года [59; 66], при этом наибольшая доля пациентов относилась к возрастной категории 60–69 лет (52 %). Средний индекс массы тела составил  $28,6 \pm 5,6$  кг/м<sup>2</sup>. Все вмешательства выполнялись в плановом порядке, случаев конверсии не наблюдалось.

**Результаты.** Все оперативные вмешательства были успешно завершены, в трех случаях внутренняя грудная артерия была повреждена на этапе ее мобилизации. На текущем этапе в нашей практике принято стратегическое решение ограничиться робот-ассистированным выделением внутренней грудной артерии (ВГА) без формирования дистального анастомоза. Модульная структура освоения полностью эндоскопического коронарного шунтирования (Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass, ТЕСАВ) позволяет последовательно отрабатывать каждый компонент вмешательства. По мере накопления опыта нами постепенно расширяется объем вмешательства.

**Заключение.** Робот-ассистированное коронарное шунтирование, при котором роботически выделяется ВГА, а формирование анастомоза осуществляется через торакотомный доступ, представляет собой надежный фундамент для освоения и последующего внедрения полноценного ТЕСАВ. При этом важно понимать, что результаты улучшаются с приобретением соответствующего опыта. Пошаговое овладение роботической коронарной хирургией делает возможным выполнение данных операций на ранних этапах кривой обучения без лишнего риска для пациентов.

**Ключевые слова:** внутренняя грудная артерия; мини-инвазивное коронарное шунтирование; роботическая хирургия, техника операции



# Technical considerations in robotic internal thoracic artery harvesting: a series of clinical cases

Roman N. Komarov, Ilya V. Lutsenko, Oleg O. Ognev, Andrey N. Dzyundzia, Nikolay O. Kurasov, Lala Z. Faradzheva, Sofia S. Kazakova, Artem A. Romanovskii

**Corresponding author:** Artem A. Romanovskii,  
[romanovskiy\\_a\\_a1@student.sechenov.ru](mailto:romanovskiy_a_a1@student.sechenov.ru)

Received 26 November 2025. Revised 15 April 2026.  
Accepted 5 May 2026.

**How to cite:** Komarov R.N., Lutsenko I.V., Ognev O.O., Dzyundzia A.N., Kurasov N.O., Faradzheva L.Z., Kazakova S.S., Romanovskii A.A. Technical considerations in robotic internal thoracic artery harvesting: a series of clinical cases. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2026;30(3):78-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-3-78-87>

## Informed consent

The patient's informed consent to use the records for medical purposes is obtained.

## Funding

The study did not have sponsorship.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgements

The authors express their gratitude to Polina A. Kovaleva, an operating room nurse in the Department of Minimally Invasive and Robotic Cardiovascular Surgery, University Clinical Hospital No. 1, Sechenov University, for her high level of professionalism and outstanding performance of her duties during high-technology surgical procedures.

## Contribution of the authors

Conception and study design: R.N. Komarov, I.V. Lutsenko, O.O. Ognev

Data collection and analysis: I.V. Lutsenko, O.O. Ognev, L.Z. Faradzheva, S.S. Kazakova

Statistical analysis: I.V. Lutsenko, A.A. Romanovskii

Drafting the article: all authors

Critical revision of the article: R.N. Komarov, O.O. Ognev, A.N. Dzyundzia, N.O. Kurasov

Final approval of the version to be published: all authors

## ORCID

R.N. Komarov, <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

I.V. Lutsenko, <https://orcid.org/0000-0003-3222-6963>

O.O. Ognev, <https://orcid.org/0000-0002-9305-2250>

A.N. Dzyundzia, <https://orcid.org/0000-0003-1133-8106>

N.O. Kurasov, <https://orcid.org/0000-0001-6269-2207>

L.Z. Faradzheva, <https://orcid.org/0009-0003-7098-3372>

S.S. Kazakova, <https://orcid.org/0009-0002-7023-2387>

A.A. Romanovskii, <https://orcid.org/0009-0004-2300-6795>

Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),  
Moscow, Russian Federation

## Abstract

**Introduction:** One of the main trends in modern cardiac surgery is the reduction of the invasiveness of surgical procedures. Robotic technologies enable a broad range of operations to be performed without sternotomy, thereby accelerating patient recovery and reducing the risk of postoperative complications.

**Objective:** To describe the essential steps and technical considerations of robot-assisted coronary artery bypass grafting (CABG) that ensure the convenience, safety, and reproducibility of this myocardial revascularization technique.

**Methods:** The technique of robot-assisted CABG described in this article is based on experience with 50 minimally invasive CABG procedures performed using robotic technology in the Cardiac Surgery Department of University Clinical Hospital No. 1. Most patients were men – 47 (94%). The median age was 63 years [59–66], with the largest proportion of patients belonging to the 60–69-year age group (52%). The mean body mass index was  $28.6 \pm 5.6$  kg/m<sup>2</sup>. All procedures were performed electively, and no conversions were required.

**Results:** All surgical procedures were completed successfully. In three cases, the internal thoracic artery (ITA) was injured during mobilization. At the current stage of our program, we have adopted a strategy of limiting the robotic stage to ITA harvesting without performing the distal anastomosis. The modular structure of the learning process for totally endoscopic coronary artery bypass grafting (TECAB) allows each component of the procedure to be practiced sequentially. As our experience has accumulated, we have gradually expanded the scope of the intervention.

**Conclusion:** Robot-assisted CABG, in which the ITA is harvested robotically and the anastomosis is constructed through a thoracotomy, provides a reliable foundation for mastering and subsequently implementing complete TECAB. It is important to recognize that outcomes improve as the surgical team gains relevant experience. Stepwise acquisition of robotic coronary surgery skills makes it possible to perform these procedures during the early stages of the learning curve without exposing patients to undue risk.

**Keywords:** internal thoracic artery; minimally invasive coronary artery bypass grafting; robotic surgery; surgical technique



## Введение

Истоки роботической кардиохирургии берут свое начало более 25 лет назад – в конце 1990-х гг. [1]. В последнее время отмечается рост количества роботических кардиохирургических операций. Так, с 2010-х гг. до настоящего времени их доля увеличилась с менее чем 1 до 3 % [2; 3]. Применение роботических технологий в кардиохирургии позволяет снизить травматизацию пациента, уменьшив таким образом выраженность послеоперационного болевого синдрома и частоту развития раневой инфекции, что способствует более быстрому восстановлению пациента и его скорейшему возвращению к повседневной деятельности.

В частности, роботическое выделение внутренней грудной артерии (ВГА), являющейся основным кондуктом в хирургии ишемической болезни сердца, обеспечивает деликатное выделение сосуда и минимизирует риск его повреждения, что, в свою очередь, улучшает его проходимость и долгосрочные результаты проведенного шунтирования [2; 4]. В данной статье мы систематизируем практические особенности и технические нюансы мобилизации ВГА, выявленные по мере накопления клинического опыта.

## Методы

### Выборка пациентов

В кардиохирургическом отделении Университетской клинической больницы № 1 выполнено 50 операций мини-инвазивного коронарного шунтирования с применением роботических технологий. У всех пациентов было получено информированное согласие. Среди пациентов преобладали мужчины – 47 (94 %). Возрастная медиана – 63 года [59; 66], при этом наибольшая доля пациентов относилась к возрастной категории 60–69 лет (52 %). Средний индекс массы тела

составил  $28,6 \pm 5,6$  кг/м<sup>2</sup>. Все вмешательства выполнялись в плановом порядке, случаев конверсии не наблюдалось. Стоит отметить, что необходимо осуществлять поэтапный, с накоплением достаточного опыта, подход к роботической технике выделения внутренних грудных артерий. В данной статье мы хотели отразить необходимые этапы и нюансы, обеспечивающие удобство, безопасность и воспроизводимость данной манипуляции.

### Положение пациента на операционном столе

Пациент располагался в позиции на спине. Под левой лопаточной областью и тазом располагается валик из пеноматериала (рис. 1). Таким образом, левый бок пациента приподнимается под углом 30–45°, а правый остается прижатым к операционному столу, что облегчает дальнейшую расстановку троакарров. Правая рука фиксируется вдоль тела, в то время как левая рука, находясь в согнутом положении в локтевом суставе, прижимается только в районе таза. Данное положение левой верхней конечности обеспечивает неограниченное движение правой роботической руки.

### Анестезиологическое обеспечение

Для вентиляции легких используется раздельная интубация двухпросветной эндобронхиальной правосторонней трубкой, которая необходима для коллапса левого легкого с целью адекватной визуализации операционного поля. Также важно учитывать возможность немедленной конверсии на двулегочную вентиляцию при возникновении осложнений, поэтому раздельная интубация бронхов эндобронхиальной двухпросветной трубкой является «золотым стандартом» при робот-ассистированных операциях в кардиохирургии. Во время оперативного вмешательства осуществляется строгий контроль за состоянием сердечно-сосудистой системы пациента (инвазивное измерение артериального давления, мониторинг электрокардио-

**Рис. 1.** Расположение пациента:  
1 – валик из пеноматериала; 2 – укладка левой верхней конечности; 3 – установленный эндокардиальный электрод; 4 – наружные электроды для дефибрилляции

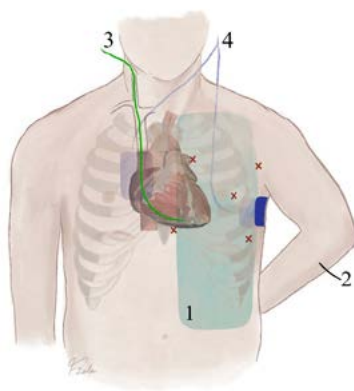
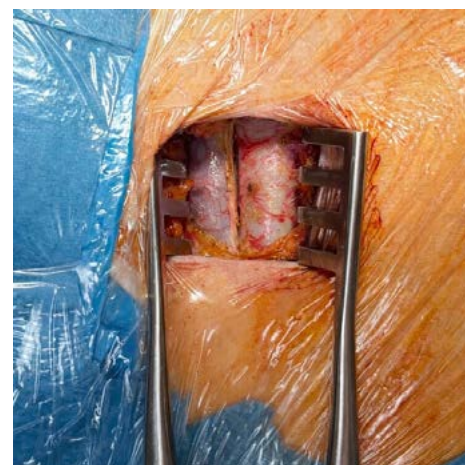


**Рис. 2.** Доступ к бедренным сосудам:  
1 – общая бедренная артерия;  
2 – общая бедренная вена



граммы), поскольку инсуффляция углекислого газа в плевральную полость и смещение органов средостения в противоположную сторону могут привести к значительным сдвигам параметров гемодинамики. Через яремную или подключичную вену устанавливается эндокардиальный электрод, расположенный в правом желудочке. Стоит также учитывать влияние карбокситоракса на газообмен. Обезболивание, седация и миорелаксация должны быть адекватными для хирургического вмешательства и учитывать индивидуальные особенности пациента. Незапланированное восстановление сознания и мышечного тонуса, даже малейшие движения диафрагмы во время оперативного вмешательства могут вызвать серьезные повреждения хирургическими инструментами.

Для возможной дефибрилляции используются наружные электроды с адгезивным покрытием, которые наклеиваются до стерилизации операционного поля: один – по левой средней подмышечной линии на уровне V межреберья, второй – паравerteбрально справа, на уровне II–IV межреберья. Их расположение позволяет провести экстренную электрическую кардиоверсию, не затрагивая зоны расстановки троакаров, не нарушая стерильность операционного поля и не проводя конверсию хирургического доступа.

### **Периферическое искусственное кровообращение**

После подготовки пациента первым этапом выполняется доступ к общей бедренной артерии и общей бедренной вене в скарповском треугольнике слева на случай необходимости начала периферического искусственного кровообращения (рис. 2). Выбор левой стороны обусловлен дальнейшим расположением робота справа от пациента. Несмотря на мини-инвазивный характер операции, при котором искусственное кровообращение обычно не требуется,

нами применяется стратегия двойной безопасности. Это связано с начальным этапом освоения методики робот-ассистированного коронарного шунтирования и необходимостью минимизации рисков при возникновении интраоперационных осложнений, таких как неконтролируемое кровотечение или развитие нестабильной гемодинамики.

### **Расстановка портов**

Расстановка портов при робот-ассистированном коронарном шунтировании является важным этапом, от которого зависит удобство работы хирурга, качество визуализации и, как следствие, безопасность оперативного вмешательства (рис. 3). Порты расставляются во II–VII межреберьях по переднебоковой поверхности грудной клетки в зависимости от предварительно выполненного рентгенологического исследования. В первую очередь после коллапса левого легкого в IV или V межреберье между среднеключичной и передней подмышечной линиями размещается игла Вереша, необходимая для нагнетания углекислого газа с исходным давлением 10–12 мм рт. ст. и скоростью потока 8–10 литров в минуту. Этот подход в сочетании с раздельной эндобронхиальной интубацией позволяет осуществить безопасное смещение левого легкого, обеспечивая оптимальную экспозицию переднего средостения, уменьшая риск повреждения структур при дальнейшей установке портов. Давление в плевральной полости тщательно мониторируется в режиме реального времени, так как его повышение может привести к сдавлению правых отделов сердца, уменьшению преднагрузки и, следовательно, снижению сердечного выброса. Далее устанавливается камерный порт (порт № 1) (12 мм) в месте установки иглы Вереша. Правильное расположение данного порта является важным, поскольку не только обеспечивает оптимальную визуализацию структур грудной полости, но и часто служит местом для последующей торакото-

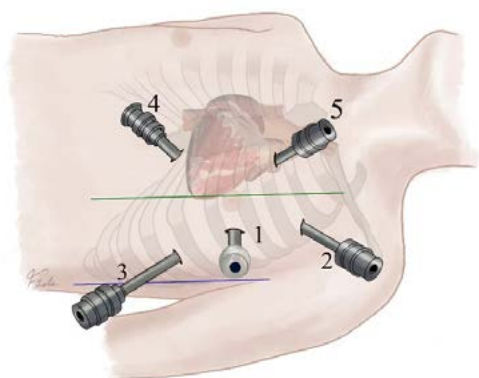


**Рис. 3.** Схема расположения портов: порт № 1 – камерный порт; порт № 2 – для правой роботической руки; порт № 3 – для левой роботической руки; порт № 4 – для размещения стабилизатора; порт № 5 – ассистентский порт. Зеленым и синим обозначены среднеключичная и передняя подмышечная линии соответственно

мии. Для предотвращения травматизации сердца камерный порт при введении ориентируют вниз и латерально. Дальнейшие манипуляции в плевральной полости происходят исключительно под визуальным контролем при помощи камеры.

Два рабочих порта (по 8 мм) размещаются на расстоянии 7–10 см сверху и снизу от камерного: один – во II или III межреберье слева между среднеключичной и передней подмышечной линиями (порт № 2 – для первой роботической руки), второй – в VI или VII межреберье по этой же линии (порт № 3 – для второй роботической руки). Стоит отметить, что порт № 2 должен быть несколько ближе к передней подмышечной линии, чем порт № 3. Данная особенность расстановки предотвращает «конфликт» правой роботической руки с плечом пациента. В некоторых случаях нами устанавливался вспомогательный порт в точке Ларрея с целью применения эндоскопического стабилизатора или предсердного ретрактора для улучшения визуализации во время выделения ВГА. Также во II межреберье слева по парастеральной линии размещается ассистентский порт, с помощью которого возможно доставить необходимые вспомогательные инструменты или шовный материал в грудную клетку.

Во второй рабочий порт (порт № 2) помещается инструмент, используемый для выделения внутренних грудных артерий. Все указанные в дальнейшем роботические инструменты произведены компанией Intuitive Surgical (Калифорния, США). В начале освоения данной методики нами использовался монополярный крючок Permanent Cautery Hook. При работе данным инструментом трижды происходило повреждение ВГА, что требовало использования в этих операциях аутовенозного графта. В связи с этим в дальнейшем для выделения внутренних грудных артерий мы перешли на использование монополяр-

ной лопатки Permanent Cautery Spatula. Ее плоский наконечник позволяет более деликатно работать с окружающими тканями и выполнять более точные и аккуратные манипуляции с ВГА. Так, с появлением данного инструмента в нашей клинике повреждений ВГА не наблюдалось. Также данный порт используется для клипатора Small Clip Applier, применяемого для наложения клипс на крупные межреберные ветви, и ножниц Potts Scissors или Curved Scissors.

Третий рабочий порт (порт № 3) в основном используется для выполнения тракции тканей. Первоначально из-за отсутствия в свободной продаже необходимого оснащения нами использовались

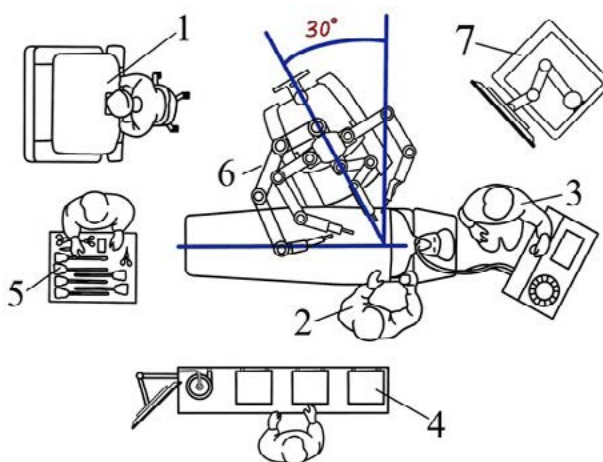


**Рис. 4.** Расположение членов хирургической бригады и оборудования в операционной: 1 – консоль хирурга; 2 – ассистент; 3 – анестезиолог; 4 – аппарат искусственного кровообращения; 5 – операционная медсестра; 6 – роботическая система; 7 – роботическая видеостойка

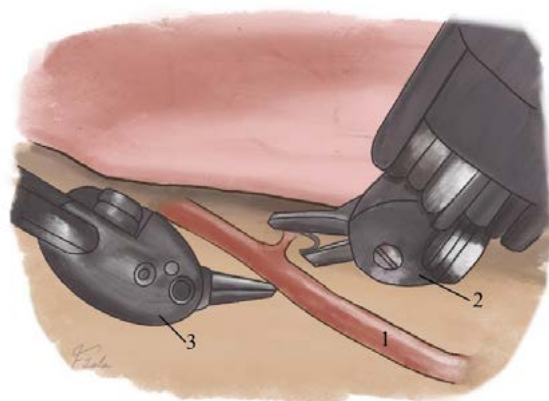


**Рис. 5.** Клипирование боковой ветви внутренней грудной артерии: 1 – внутренняя грудная артерия; 2 – Small Clip Applier; 3 – Micro Bipolar Forceps

зажим-диссектор Maryland Bipolar Forceps и иглодержатель Large Needle Driver. На наш взгляд, оба инструмента неудобны для работы в кардиохирургии из-за их крупного размера. В дальнейшем для более деликатной тракции артерии и окружающих тканей использовался зажим Black Diamond Micro Forceps. Благодаря миниатюрным зубцам и манипуляционным характеристикам инструмента обеспечивался безопасный захват артерии без травмирования эндотелия. На данный момент нами используется подключенный к биполярной коагуляции зажим Micro Bipolar Forceps, позволяющий не только выполнять аккуратный захват тканей, но и при необходимости применять электрокоагуляцию.

Четвертый рабочий порт (порт № 4) размещается в точке Ларрея, он необходим для введения эндоскопического стабилизатора или предсердного ретрактора (EndoWrist Stabilizer, Atrial Retractor).

Ассистентский порт (порт № 5) в настоящее время (на этапе освоения методики) используется нами в тех случаях, когда необходима медикаментозная дилатация ВГА.

После установки необходимых портов происходит докинг – этап стыковки роботической системы с установленными портами. При этом необходимо разместить роботическую систему так, чтобы она была установлена несколько под углом по отношению к операционному столу (примерно 30° по направлению к ногам пациента) (рис. 4). Такое расположение увеличивает маневренность роботической руки, присоединяющейся к порту № 4.

### **Выделение внутренних грудных артерий**

Роботическая система обеспечивает визуализацию под увеличением в 10–12 раз, что существенно повышает детализацию анатомических ориентиров

и безопасность диссекции. При бимаммарном шунтировании мобилизацию правой внутренней грудной артерии (ПВГА) целесообразно выполнять первым этапом, так как предварительное выделение левой внутренней грудной артерии (ЛВГА) связано с риском ее травмирования при последующих манипуляциях. Кроме того, мобилизованная ЛВГА может ограничивать обзор во время работы в правой половине грудной полости. Для выделения ПВГА в плевральной полости создается увеличенное давление до 18 мм рт. ст. и широко рассекается правая медиастинальная плевра. Нами используется скелетизированная техника выделения, позволяющая увеличить функциональную длину ВГА на 2–3 см, что в сочетании с роботической технологией мобилизации дает возможность осуществить выделение артерии на всем протяжении. Это обеспечивает проведение шунтирования без дополнительных аутовенозных надставок. При выраженных постлучевых инфильтративно-фиброзных изменениях тканей возможно выделение внутренней грудной артерии в виде лоскута (*pedicled harvesting*), без скелетизации, с сохранением фасциально-мышечного футляра и периваскулярной клетчатки. При выделении ВГА межреберные ветви диаметром 1 мм и менее коагулируются, для крупных ветвей используется Small Clip Applier, накладывающий титановые клипсы (рис. 5).

После клипирования ветвей используются ножницы Potts Scissors для пересечения тканей. Важно пересекать ветви между клипсами за несколько движений. Данная техника позволяет оценить правильность наложения клипс и в случае кровотечения прибегнуть к их повторному наложению или использованию биполярной коагуляции. Стоит отметить, что смену инструментов необходимо осуществлять строго под визуальным контролем, чтобы избежать повреждения внутренних органов

и структур. В проксимальной части ПВГА часто пересекает одна из правых внутренних грудных вен (*venae comitantes*). Для получения максимальной длины графта необходимо выделить и пересечь данную вену. Для этого она предварительно мобилизуется, коагулируется для уменьшения размера, а далее клипруется и пересекается. В дистальном отделе артерия выделяется до уровня ее бифуркации на *a. musculophrenica* и *a. epigastrica superior*. Стоит отметить, что мобилизацию ВГА допустимо продолжить при достаточном ее диаметре за местом бифуркации. Далее, не отсекая ПВГА, переходят к выделению ЛВГА согласно тем же принципам.

После системной гепаринизации на дистальные концы артерий накладываются клипсы. Ножницами надсекается кончик ВГА, но не отсекается полностью с целью оценки кровотока. При получении неудовлетворительного кровотока нами применяется медикаментозная дилатация раствором папаверина. Через ассистентский порт доставляются эпидуральный катетер и сосудистый зажим по DeBakey типа «бульдог» с закрепленной нитью, чтобы исключить возможную утерю инструмента. На проксимальный конец ВГА накладывается зажим, а в дистальный вводится эпидуральный катетер, во второй конец которого ассистентом вводится раствор папаверина. Эту процедуру удобнее выполнять при неотсеченной и натянутой ВГА. Далее, после получения удовлетворительного кровотока, артерия также клипруется и отсекается.

Артерии укладываются и фиксируются к краю перикарда при помощи клипс. Поскольку из переднебоковой мини-тораотомии ограничена визуализация грудной полости и полости перикарда, то данная манипуляция предотвращает смещение артерий. Завершающим этапом применения роботической системы является проведение ревизии и гемостаза ложа внутренних грудных артерий, а также мест установки портов, после чего выполняется дедокинг (извлечение роботических инструментов) с последующей тораотомией в IV–V межреберье (в зависимости от анатомо-топографических особенностей пациента).

### Увеличение рабочего пространства

Выполнение коронарного шунтирования с использованием мини-инвазивных технологий сопряжено со сниженной визуализацией. Роботические технологии позволяют преодолеть данные ограничения благодаря увеличенной маневренности инструментов, а также использованию видеотехнологий. При этом мы отметили ряд манипуляций, позволяющих увеличить рабочее пространство, тем самым улучшив доступ к обеим ВГА, особенно к их дистальным и проксимальным

отделам. Так, перед началом выделения ВГА мы выполняем заднюю перикардиотомию, благодаря чему сердце несколько опускается. Для этого камера ротируется в положение 30° вниз, далее с помощью зажима Micro Bipolar Forceps и ножниц Curved Scissors, подключенных к биполярной электрокоагуляции, перикард вскрывается на протяжении 4–5 см параллельно левому диафрагмальному нерву в 1–2 см кзади от него. В данном случае использование монополярной электрокоагуляции может привести к нарушениям ритма и потребовать немедленной конверсии. Передняя перикардиотомия с удалением перикардального жира над целевой артерией, чаще передней межжелудочковой, выполняется тем же способом. Также увеличение рабочего пространства возможно с помощью инструментов, установленных в точке Ларрея. Вышеуказанные инструменты создают дополнительное пространство в грудной полости путем смещения правого желудочка. Эндоскопический стабилизатор является дефицитным и дорогостоящим инструментом на рынке из-за приостановки его производства для используемой нами системы da Vinci Si (Intuitive Surgical, Калифорния, США). На этапах выделения ВГА различий в функциональности между эндоскопическим стабилизатором и предсердным ретрактором нами не отмечалось. Необходимо с осторожностью применять данные инструменты ввиду возможного нарушения гемодинамики.

### Статистический анализ

При помощи критерия Шапиро – Уилка была проведена оценка распределения данных для количественных показателей. При условии соблюдения допущения

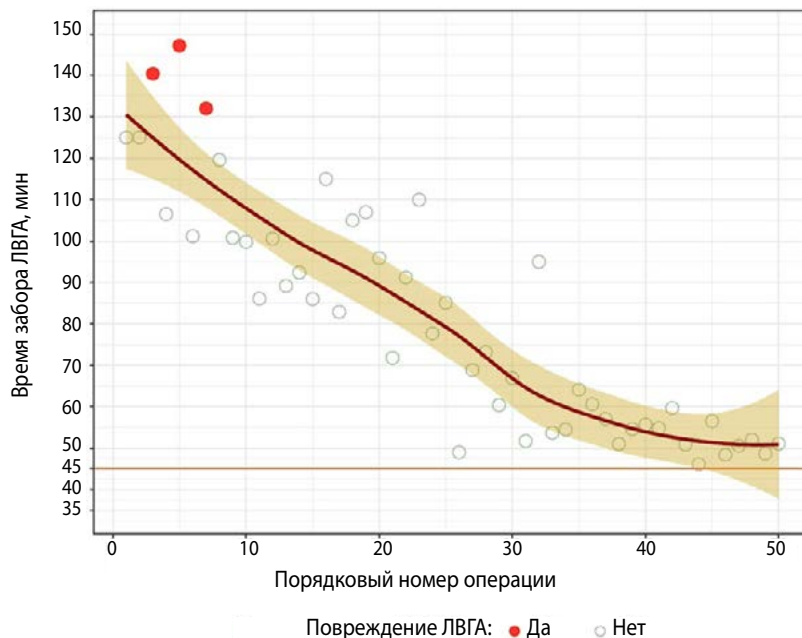
Табл. 1. Интраоперационные показатели (n = 50)

| Показатель                      | Значение       |
|---------------------------------|----------------|
| Время операции, мин             | 299 ± 71       |
| Использование АИК:              |                |
| Off pump, n (%)                 | 35 (70,0)      |
| Параллельное ИК, n (%)          | 15 (30,0)      |
| Выделение ЛВГА, мин             | 76 [54; 101]   |
| Повреждение ЛВГА, n (%)         | 3 (6,0)        |
| Повреждение ПВГА, n (%)         | 0 (0,0)        |
| Бимаммарное шунтирование, n (%) | 12 (24,0)      |
| Кровопотеря, мл                 | 100 [100; 275] |
| Конверсия, n (%)                | 0 (0,0)        |

Примечание. АИК – аппарат искусственного кровообращения; ИК – искусственное кровообращение; ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия.

**Рис. 6.** График времени выделения левой внутренней грудной артерии

Примечание. ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия



о нормальности распределения рассчитывалось среднее значение и соответствующее среднее квадратическое отклонение. В противном случае данные по выборке описывались в виде медиан с указанием первого и третьего квартилей [Q1 – Q3]. Качественные показатели представлены абсолютными значениями и их долями, выраженными в процентах.

## Результаты

Все оперативные вмешательства были успешно завершены. В трех случаях ЛВГА была повреждена в процессе ее мобилизации, в связи с чем было принято решение об использовании аутовенозного шунта из большой подкожной вены. Во всех операциях робот-ассистированный этап выполнялся одним и тем же хирургом. Интраоперационные показатели отражены в табл. 1.

На первых порах освоения роботической техники на мобилизацию ВГА затрачивалось около 120 минут, в настоящее время длительность данного этапа операции приближается к 45 минутам при отсутствии повреждений ВГА (рис. 6).

## Обсуждение

На текущем этапе в нашей практике принято стратегическое решение ограничиться роботической мобилизацией ВГА без формирования дистального анастомоза. Модульная структура освоения полностью эндоскопического коронарного шунтирования (totally endoscopic coronary artery bypass, TECAB) – выделение ВГА, перикардия, идентификация

целевой коронарной артерии, наложение анастомоза – позволяет последовательно отрабатывать каждый компонент вмешательства, учитывая, что у каждого этапа существует собственная кривая обучения, при этом данный поэтапный подход описан и в ряде зарубежных публикаций [5–8]. Стремление к выполнению всех этапов операции в начале кривой обучения сопряжено с неоправданно высокими рисками [9].

По мере накопления опыта нами последовательно расширяется объем вмешательства: выполняется двусторонняя мобилизация ВГА, что открыло возможность проводить хирургическое лечение пациентов с гемодинамически значимым поражением нескольких коронарных артерий. В дополнение к базовым приемам мы внедрили переднюю и заднюю перикардиялотию для оптимизации обзора и надежной идентификации целевых артерий, а также фармакологическую дилатацию ВГА *in situ* с целью улучшения перфузионных характеристик предполагаемого графта. Освоение данных элементов приближает команду к выполнению полноценного TECAB при приемлемом профиле риска.

Также по мере накопления опыта нами было принято решение переходить к постепенному снижению количества анастомозов с восходящей аортой, что достигалось несколькими путями: во-первых, за счет более широкого применения композитных графтов, во-вторых, за счет увеличения доли бимаммарного шунтирования. Эффективность обоих подходов в достаточной степени отражена в литературе. Так, в работе Kim K.B. и соавт. было продемонстрировано, что композитные Y-графты из аутовены не усту-

пают аналогичным графтам из свободной правой ВГА при сравнении результатов ангиографических исследований спустя год после оперативного вмешательства. Также по прошествии 1 года и 4 лет между двумя группами не было обнаружено статистически значимых различий в общей выживаемости и частоте сердечно-сосудистых осложнений ( $p = 0,998$  и  $p = 0,597$  соответственно) [10].

Одним из ключевых индикаторов прогресса выступает сокращение длительности выделения ВГА. Аналогичные тенденции описаны в международной литературе: время робот-ассистированной мобилизации левой ВГА достоверно уменьшается по мере накопления опыта, причем наиболее выраженные улучшения отмечаются при первых 15–20 случаях [11; 12].

При обсуждении мини-инвазивных методик оперативных вмешательств одним из наиболее существенных показателей является длительность послеоперационной госпитализации. Быстрое восстановление и скорейшее возвращение к повседневной деятельности – вот то, к чему стремится современная кардиохирургия. Согласно полученным нами данным, длительность пребывания пациента в стационаре после оперативного вмешательства составила 10 [8; 15] суток. Для сравнения, в работе Gofus J. и соавт. послеоперационная госпитализация в группе робот-ассистированного коронарного

шунтирования составила 6 [5; 7] суток [13]. Jonsson A. и соавт. представили серию из 1000 последовательных операций робот-ассистированного коронарного шунтирования с длительностью послеоперационной госпитализации  $4,4 \pm 2,5$  суток [14].

Следует отметить, что в последние годы расширился спектр пациентов, которым проводится роботическая реваскуляризация. Ожирение, пожилой возраст или повторная операция перестали являться ограничивающими факторами при отборе пациентов, которым можно выполнить робот-ассистированную операцию [15–17].

## Заключение

Робот-ассистированное коронарное шунтирование, при котором роботически выделяется ВГА, а формирование анастомоза осуществляется через торакотомный доступ, представляет собой надежный фундамент для освоения и последующего внедрения полноценного TECAB. При этом важно понимать, что результаты улучшаются с приобретением соответствующего опыта. Пошаговое овладение роботической коронарной хирургией делает возможным выполнение данных операций на ранних этапах кривой обучения без лишнего риска для пациентов.

## Список литературы / References

1. Loulmet D., Carpentier A., D'Atellis N., Berrebi A., Cardon C., Ponzio O., Aupecle B., Relland J.Y. Endoscopic coronary artery bypass grafting with the aid of robotic assisted instruments. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118(1):4-10. PMID: 10384177. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(99\)70133-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(99)70133-9)
2. Algoet M., Melvin T., Cerny S., Bonatti J., Singh S., Folliguet T., Modi P., Franke U., Gianoli M., Agnino A., Casselman F., Oosterlinck W. How to advance from minimally invasive coronary artery bypass grafting to totally endoscopic coronary bypass grafting: challenges in Europe versus United States of America. *Ann Cardiothorac Surg.* 2024;13(5):397-408. PMID: 39434975; PMCID: PMC11491180. <https://doi.org/10.21037/acs-2023-rcabg-0210>
3. Whellan D.J., McCarey M.M., Taylor B.S., Rosengart T.K., Wallace A.S., Shroyer A.L., Gammie J.S., Peterson E.D. Trends in Robotic-Assisted Coronary Artery Bypass Grafts: A Study of the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database, 2006 to 2012. *Ann Thorac Surg.* 2016;102(1):140-6. PMID: 27016838. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.12.059>
4. Gaudino M., Bakaeen F.G., Sandner S., Aldea G.S., Arai H., Chikwe J., Firestone S., Fremes S.E., Gomes W.J., Bong-Kim K., Kisson K., Kurlansky P., Lawton J., Navia D., Puskas J.D., Ruel M., Sabik J.F., Schwann T.A., Taggart D.P., Tatoulis J., Wyler von Ballmoos M. Expert systematic review on the choice of conduits for coronary artery bypass grafting: endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and The Society of Thoracic Surgeons (STS). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2023;64(2):ezad163. PMID: 37535847. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezad163>
5. Cheng N., Gao C., Yang M., Wu Y., Wang G., Xiao C. Analysis of the learning curve for beating heart, totally endoscopic, coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(5):1832-6. PMID: 24629222. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.02.002>
6. Bonatti J., Schachner T., Bernecker O., Chevtchik O., Bonaros N., Ott H., Friedrich G., Weidinger F., Laufer G. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass: program development and learning curve issues. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(2):504-10. PMID: 14762361. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2003.09.005>
7. Schachner T., Bonaros N., Wiedemann D., Weidinger F., Feuchtnner G., Friedrich G., Laufer G., Bonatti J. Training surgeons to perform robotically assisted totally endoscopic coronary surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(2):523-7. PMID: 19632405. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.04.089>
8. Bonatti J., Schachner T., Bonaros N., Rützler E., Weidinger F., Schistek R., Feuchtnner G., Friedrich G., Pachinger O., Laufer G. Robotic technology-probably a safe tool for development of completely endoscopic coronary revascularization procedures. *Innovations (Phila.)*. 2008;3(3):139-41. PMID: 22436855. <https://doi.org/10.1097/IMI.0b013e31817ea8ed>
9. de Cannière D., Wimmer-Greinecker G., Cichon R., Gulielmos V., Van Praet F., Seshadri-Kreaden U., Falk V. Feasibility, safety, and efficacy of totally endoscopic coronary artery bypass grafting: multicenter European experience. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(3):710-6. PMID: 17723822. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.06.057>

10. Kim K.B., Hwang H.Y., Hahn S., Kim J.S., Oh S.J. A randomized comparison of the Saphenous Vein Versus Right Internal Thoracic Artery as a Y-Composite Graft (SAVE RITA) trial: One-year angiographic results and mid-term clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(3):901-7. PMID: 24973924. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.03.057>
11. Hemli J.M., Henn L.W., Panetta C.R., Suh J.S., Shukri S.R., Jennings J.M., Fontana G.P., Patel N.C. Defining the learning curve for robotic-assisted endoscopic harvesting of the left internal mammary artery. *Innovations (Phila).* 2013;8(5):353-8. PMID: 24346584. <https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000017>
12. Boutros C.S., Kim M.J., Diasty M.E. The learning curve of robotic cardiac surgery: a scoping review. *J Robot Surg.* 2025;19(1):476. PMID: 40788514; PMCID: PMC12339607. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02427-w>
13. Gofus J., Cerny S., Shahin Y., Sorm Z., Vobornik M., Smolak P., Sethi A., Marcinov S., Karalko M., Chek J., Harrer J., Vojacek J., Pojar M. Robot-assisted vs. conventional MIDCAB: A propensity-matched analysis. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:943076. PMID: 36110419; PMCID: PMC9468449. <https://doi.org/10.3389/FCVM.2022.943076>
14. Jonsson A., Binongo J., Patel P., Wang Y., Garner V., Mitchell-Cooks D., Halkos M.E. Mastering the Learning Curve for Robotic-Assisted Coronary Artery Bypass Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2023;115(5):1118-1125. PMID: 36848999. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.02.045>
15. Nisivaco S., Bhasin R., Kitahara H., Patel B., Coleman C., Grady K., Oh W.H., Balkhy H.H. Bilateral internal thoracic artery grafting in robotic beating-heart totally endoscopic coronary artery bypass: 10-year outcomes. *Ann Cardiothorac Surg.* 2024;13(4):354-363. PMID: 39157183; PMCID: PMC11327409. <https://doi.org/10.21037/acs-2024-rcabg-0016>
16. Balkhy H.H., Nisivaco S.M., Hashimoto M., Torregrossa G., Grady K. Robotic Total Endoscopic Coronary Bypass in 570 Patients: Impact of Anastomotic Technique in Two Eras. *Ann Thorac Surg.* 2022;114(2):476-482. PMID: 34890572. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.10.049>
17. Zhou Z., Dilip K.A., Gleboff A., Nazem A., Green G.R., Cherney A., Lutz C.J. Comparison of Robot-Assisted Multivessel Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass and Hybrid Revascularization. *Ann Thorac Surg Short Rep.* 2023;2(2):226-230. PMID: 39790165; PMCID: PMC11708408. <https://doi.org/10.1016/j.atssr.2023.11.029>