

ВАРИАНТЫ МИНИ-ДОСТУПА В ХИРУРГИИ КОРНЯ АОРТЫ

Р. Н. Комаров¹, В. К. Ногинов^{2*}, В. У. Эфендиев³, А. О. Даначев¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), Москва, Россия

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Ленинградская областная клиническая больница», Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 09.07.2023 г.; принята к печати 05.02.2024 г.

Тенденция к миниинвазивности и великолепному косметическому эффекту затронула наиболее сложный раздел кардиохирургии – корень аорты. На сегодняшний день существуют различные малотравматичные доступы для коррекции патологии корня аорты, которые используются в единичных клиниках в мире. Целью данного литературного обзора было изучить настоящее состояние миниинвазивной хирургии корня аорты и критически оценить методы коррекции его патологии из разных видов мини-доступа. Представлен обзор литературы миниинвазивного подхода к этим операциям. Выполнено взаимное сравнение мини-доступов, определены их преимущества перед традиционным подходом. Несмотря на привлекательность методики, существуют серьезные ограничения его широкого применения, такие как длительная кривая обучения, крайне низкое количество отдаленных наблюдений и отсутствие многоцентровых, рандомизированных исследований сравнения с традиционным доступом.

Ключевые слова: корень аорты, аневризма аорты, миниинвазивная хирургия, министернотомия, миниторакотомия, клапансохраняющая операция, мини-Бенталл

Для цитирования: Комаров Р. Н., Ногинов В. К., Эфендиев В. У., Даначев А. О. Варианты минидоступа в хирургии корня аорты. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2023;182(5):52–58. DOI: 10.24884/0042-4625-2023-182-5-52-58.

* **Автор для связи:** Владимир Константинович Ногинов, ГБУЗ «Ленинградская областная клиническая больница», 194291, Россия, Санкт-Петербург, пр. Луначарского, д. 45, к. 2. E-mail: mrnoginov@mail.ru.

THE POSSIBILITIES OF MINIMALLY INVASIVE APPROACH IN AORTIC ROOT SURGERY

Roman N. Komarov¹, Vladimir K. Noginov^{2*}, Vidadi U. Efendiev³, Alexander O. Danachev¹

¹ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

² Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint Petersburg, Russia

³ Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia

Received 09.07.2023; accepted 05.02.2024

The trend towards minimally invasive and excellent cosmetic effect has affected the most difficult section of cardiac surgery – the aortic root. To date, there are various minimally invasive approach for the correction of aortic root pathology, which are used in single clinics in the world. The objective of this literature review was to study the current state of minimally invasive aortic root surgery and critically evaluate methods of correcting its pathology from different types of minimally invasive approach. The minimally invasive approach to these operations is presented in this review of the literature. A mutual comparison of minimally invasive approaches was carried out, their advantages over the traditional approach were determined. Despite the attractiveness of the technique, there are serious limitations of its wide application, such as a long learning curve, an extremely low number of long-term results and the absence of multicenter, randomized comparison studies with traditional approach.

Keywords: aortic root, aortic aneurysm, minimally invasive surgery, ministernotomy, minithoracotomy, valve-sparing operation, mini-Bentall

For citation: Komarov R. N., Noginov V. K., Efendiev V. U., Danachev A. O. The possibilities of minimally invasive approach in aortic root surgery. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2023;182(5):52–58. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2023-182-5-52-58.

* **Corresponding author:** Vladimir K. Noginov, Leningrad Regional Clinical Hospital, 45, build. 2, Lunacharsky Ave., Saint Petersburg, 194291, Russia. E-mail: mrnoginov@mail.ru.

Введение. Главной целью миниинвазивной хирургии (МХ) вообще и миниинвазивной кардиохирургии в частности заключается в уменьшении хирургической травмы для достижения быстреего выздоровления [1] без уменьшения качества выполненной реконструкции. МХ в первую очередь связана с прекрасным косметическим эффектом.

Необходимо отметить, что операции на сердце из мини-доступа для хирурга являются более трудоемкими по сравнению с теми же операциями, выполняемыми из традиционного доступа. Это связано с выполнением манипуляций в ограниченном пространстве с худшей визуализацией в сравнении с традиционными методиками. Длительная кривая обучения отталкивает большое количество хирургов применять мини-доступ, особенно в хирургии корня аорты (КА), которая включает в себя протезирование аортального клапана и корня аорты клапаносодержащими кондуитами, а также клапаносохраняющие процедуры, такие как процедура David и Yasoub.

Миниинвазивное протезирование аортального клапана (АК) продолжает развиваться чуть более 2 последних десятилетий [2]. Впервые D. M. Cosgrove et al. (1996) [3] сообщили о выполнении миниинвазивного протезирования АК из правосторонней миниторакотомии (МТТ). На сегодняшний день существует достаточное количество публикаций о выполнении протезирования АК как из верхней миниторакотомии (МСТ), так и из торакотомии с хорошими и сопоставимыми результатами по сравнению с традиционным подходом. Если качество выполнения и восстановления функции клапана одинаковое, то травматичность связана только лишь с хирургическим доступом [2].

На сегодняшний день не существует многоцентровых рандомизированных исследований по применению мини-доступа в хирургии КА. Существующие метаанализы и систематические обзоры включают опыт нескольких центров с небольшим объемом операций из мини-доступа. Недостатком этих обзоров является неоднородность представленных данных, обусловленная включениями сопутствующих процедур, небольшие выборки исследований и невозможность извлечения всех переменных, исследуемых в систематическом обзоре. Можно сделать вывод, что эти исследования имеют низкую доказательность [4, 5].

Целью данного литературного обзора является оценка настоящего состояния миниинвазивной хирургии КА и критическая оценка методов коррекции КА из разных видов мини-доступа.

Стратегия поиска источников. Для поиска источников литературы использованы базы данных Pubmed, GoogleScholar, Cyberleninka, РИНЦ, содержащие информацию о хирургическом лечении патологии КА из мини-доступа. Анализ публикаций проводился до октября 2022 года. Были исключены публикации, в которых были представлены неполные данные и клинические случаи.

Необходимое оборудование и инструменты для разных мини-доступов. С. А. Johnson Jr et al. (2019) [6] в своей работе опубликовали список необходимых инструментов и расходного материала для выполнения миниинвазивных операций на КА, некоторые из них в настоящий момент возможно не использовать, такие как приспособление для формирования узлов (Cot Knot System, LSI Solutions, Нью-Йорк, США) и другие. При использовании миниторакотомии все исследователи докладывали об использовании специальных удлиненных инструментов для работы. Некоторые авторы отмечают, что операции на КА возможно выполнять набором стандартных инструментов в зависимости от выбора мини-доступа [7].

В связи с невозможностью проведения открытой дефибрилляции сердца электродами «ложками» по причине ограниченного пространства доступа обязательным условием

является использование наружных электродов пластин для дефибрилляции.

Предоперационная подготовка. Предоперационная визуализация играет решающую роль в определении и отборе пациентов для миниинвазивной операции на КА. Она позволяет выявить кальцинированные бляшки в области канюляции аорты, наложения поперечного зажима и формирования дистального анастомоза [8]. К. М. Van Praet et al. (2020) [9] использовали трехмерную реконструкцию компьютерной томографии грудной клетки и аорты для определения расстояния от кожи межреберья до КА, на основании чего судили о возможности выполнения протезирования АК через выбранный доступ. Они разработали классификацию взаимоотношений аорты относительно грудины, разделив их взаимоотношения на 3 типа, подходящие для выполнения операции по протезированию АК через МТТ были тип Ia и Ib, с расположением КА правее от срединной стеральной линии. Для большего смещения восходящей аорты в сторону доступа использовали одностороннюю вентиляцию левого легкого с высоким положительным давлением в конце выдоха 20 мм рт. ст., что в итоге позволило им выполнять операции из выбранного доступа пациентам с конфигурацией II типа, когда КА расположен по срединной линии за грудиной. Однако J. Lamelas et al. (2016) [10] считают, что расположение АК левее от срединной линии не является противопоказанием к выполнению передней МТТ для протезирования АК.

Искусственное кровообращение. В зависимости от вида использованного мини-доступа подключение искусственного кровообращения (ИК) осуществляется как центрально, когда непосредственно канюлируются восходящая или дуга аорты и правое предсердие, или периферически, когда выполняется канюляция бедренной артерии или подключичной артерии и бедренной вены. Также возможен вариант, когда артериальная канюля устанавливается непосредственно в восходящую или дугу аорты, а венозная канюля устанавливается периферически. Выбор метода канюляции часто связан с предпочтением хирурга и необходимостью протезирования дуги аорты. Противопоказанием к периферическому подключению ИК через бедренные сосуды является атеросклероз и кальциноз брюшной аорты и артерий нижних конечностей с формированием гемодинамически значимых стенозов. Некоторые авторы сообщают, что при периферическом доступе канюляции отмечается повышенное количество осложнений, таких как лимфоррея, травма бедренного нерва, инфекционные осложнения в месте пункции и нарушение мозгового кровообращения [11].

Сообщается о большем времени ИК и времени ишемии миокарда (ИМ) при операциях на КА из мини-доступа, что может быть связано с ограниченным пространством для оперативного маневра и необходимости выполнения различных манипуляций во время ИК до снятия поперечного зажима (дренирование полости перикарда, постановка дренажа левого желудочка, подшивание электродов для временной электрокардиостимуляции).

Кривая обучения. Прежде чем приступить к выполнению клапаносохраняющих операций на КА из мини-доступа, необходимо получить достаточный опыт выполнения процедур на КА из полной срединной стернотомии, что позволит нивелировать влияние кривой обучаемости на результат и получить удовлетворительные результаты. М. L. Shrestha et al. (2018) начали применять миниинвазивный доступ спустя 500 процедур David через срединную продольную стернотомию, тем самым накопив большой опыт выполнения этих процедур [12]. J. Lamelas et al. (2018) [13] считают, что кривая обучения хирургии КА из правосторонней МТТ круче, чем для других видов мини-доступов.

Правосторонняя переднебоковая мини-торакомотомия. Переднебоковая МТТ выполняется во 2–3 межреберье, чаще в 3 межреберье, не используя резекцию ребра. Также не пересекаются внутренние грудные артерии и вены. Дополнительную экспозицию обеспечивают ретрактор мягких тканей и межреберный ранорасширитель. Также немаловажную роль в хорошей визуализации играют грамотно наложенные перикардальные швы, выведенные через отдельные проколы грудной стенки, а также высокое положительное давление левого легкого в конце выдоха, что смещает восходящую аорту вправо [9]. Дополнительное использование торакоскопа, введенного через 2 межреберье по передней подмышечной линии справа, обеспечивает дополнительный обзор, яркое освещение всей операционной раны и возможность введения через этот порт углекислого газа. Трансторакальный наружный аортальный зажим для пережатия аорты вводится через 3 межреберье по средней подмышечной линии справа. Все манипуляции проводятся с использованием специальных удлиненных инструментов.

Правосторонняя передняя миниторакомотомия. Разрез выполняют начиная на 1 см правее от грудины длиной до 6 см [10]. Данный доступ выполняется во 2 межреберье справа от грудины, 3 ребро рассекается, правые внутренние грудная артерия и вены лигируются. Широкое использование вытягивающих перикард швов увеличивает экспозицию [14]. M. Jawarkar et al. (2021) [7] отметили, что при слишком низком расположении кольца аорты авторы используют доступ через 3 межреберье. Используется одноплеговая вентиляция левого легкого. Некоторые авторы отмечают трудности с проведением кардиоopleгии по причине трудного доступа к устью правой коронарной артерии [15]. Некоторые авторы докладывают свои результаты о протезировании восходящей и дуги аорты через данный доступ [10, 16]. Они выполняют разрез длиной 6 см во 2 межреберье справа. Наибольший опыт замены АК, а также сопутствующих операциях на грудной аорте из этого же доступа имеют J. Lamelas et al. (2018) [17]. Также эти авторы отмечают, что при необходимости протезирования восходящего отдела аорты и формирования анастомоза ближе к проксимальному отделу дуги аорты необходим циркуляторный арест для формирования дистального анастомоза. В случае традиционного доступа в равнозначной ситуации циркуляторного ареста можно избежать [13].

C. A. Johnson et al. (2018) сообщили о выполнении серий операций Бенталла пациентам из правосторонней передней миниторакомотомии. Несмотря на вышеперечисленные преимущества мини-доступа, авторы отметили значительное увеличение времени ИК и времени ИМ при данном подходе [14]. Авторы также отмечают, что выполнение данной операции необходимо начинать после накопления достаточного опыта операций протезирования АК из правосторонней МТТ.

В некоторых исследованиях правосторонняя МТТ была связана с лучшими клиническими результатами по сравнению с МСТ после операций по протезированию АК (таблица) [18]. Одна из проблем в аортальной хирургии при правосторонней МТТ – это предполагаемый ограниченный обзор КА из-за увеличенного расстояния до базального кольца, что влечет за собой снижение маневренности и увеличение сложности выполнения необходимых манипуляций, а также использование нестандартных инструментов. Для лучшей визуализации в некоторых случаях используется торакоскопия [6, 14, 19].

Для облегчения и минимизации боли в послеоперационном периоде во время операции устанавливают специальные системы для обезболивания в межреберье с постоянной инфузией в течение 72 часов после операции 0,25 % бупивакаина [6, 19], а также лидокаиновые пластыри.

Правосторонняя инфраакилярная мини-торакомотомия. Для данного доступа пациенту приподнимают правую руку и поворачивают на левый бок на 30–45°. Выполняют разрез в 3 или 4 межреберье несколько латеральнее от передней подмышечной линии длиной 5–6 см. Этот доступ позволяет визуализировать всю восходящую аорту, хотя проксимальный отдел дуги аорты и КА визуализируются хуже [20]. Используется одноплеговая вентиляция левого легкого. Некоторые авторы отмечают значительно более глубокое положение АК при этом доступе по сравнению с представленными выше, в связи с чем возникает необходимость постоянного использования knot pusher для завязывания узлов или автоматического приспособления для формирования узлов (Cor Knot System, LSI Solutions, Нью-Йорк, США) [6]. Применения этого инструмента возможно избежать, если подтянуть перикард через пункционное отверстие грудной стенки через 7 межреберье. В результате КА подтягивается ближе к хирургу. Эта техника также известна под названием Stonehenge technique [21]. Пережатие аорты выполняется с использованием миниинвазивного зажима с удаляемым стержнем, который проводится непосредственно через основной разрез, или с использованием аортального зажима Chitwood DeBakey, устанавливаемого через отдельный 0,5 см в 3 межреберье через переднюю или среднюю подмышечную линию [20]. Некоторые авторы также предложили использовать видеоподдержку для лучшей визуализации [6].

Верхняя J-министернотомия. Верхняя J-министернотомия выполняется по средней линии от яремной вырезки до 3–4 межреберья справа [2]. Данный доступ позволяет сохранить неповрежденной левую внутреннюю грудную артерию для возможного коронарного шунтирования в будущем, однако существует небольшая вероятность повреждения правой внутренней грудной артерии при данном доступе, что составило 3,7 % в исследовании [22]. Доступ позволяет выполнить центральную канюляцию для подключения ИК, а именно дистальный отдел восходящей аорты и правое предсердие. Некоторые авторы предпочитают канюлировать дугу аорты, а в качестве венозной канюли использовать канюлю 28 Fg, выведенную через туннель, сформированный под мечевидным отростком [23, 24]. В итоге ушко правого предсердия смещается, обнажая КА для лучшей его визуализации. M. Di Eusano et al. (2019) [25] сообщили, что при очень больших аневризмах затрудняется безопасный и хорошо контролируемый доступ к центральным участкам канюляции, в связи с чем в таких случаях следует предпочесть периферическую канюляцию.

Есть сообщения о модификации данного доступа, так называемой обратной C-стернотомии, при которой грудина распиливается в правом 1 межреберном промежутке, далее по срединной линии вниз и далее в 4 межреберном промежутке справа [26].

T. D. Yan (2015) описал процедуру мини-Бенталл через J-министернотомию [27]. M. L. Shrestha et al. (2018) доложили о выполнении процедуры Дэвида через верхнюю J-министернотомию с отличными 20-летними результатами [12]. J-министернотомия может быть несколько предпочтительнее, чем V-министернотомия, по причине меньшей кровопотери из-за меньшего обнажения губчатого вещества грудины [8]. Также немаловажным дополнением является необходимость подшивания временных электродов для кардиостимуляции до снятия зажима с аорты по причине минимизации рисков травмы свободной стенки правого желудочка при резко ограниченной визуализации в условиях мини-доступа [28].

Можно предположить, что кроме косметического эффекта этот доступ позволяет уменьшить суммарную кровопотерю,

Сравнение мини-доступов при операциях на корне аорты
Comparison of minimally invasive approach in aortic root surgery

	Стернотомный минидоступ	Нестернотомный минидоступ
Простота выполнения	+	+
Простота конверсии	+	
Частота развития инфекции, медиастинита		+
Кровотечение, кровопотеря		+
Косметичность	+	+
Подключение ИК центральное периферическое	+ +	+
Визуализация	+	
Болевой синдром		+
Дополнительные инструменты, оборудование	Не требуются	Требуются
Обучаемость выполнения коррекции патологии КА	+	
Опыт применения в хирургии КА	+	

Примечание: «+» – преимущество.

общее время пребывания в стационаре, риск нестабильности грудины и, как следствие, стернальной инфекции.

L-министернотомия. L-министернотомия проводится так же, как и J-министернотомия, только с поворотом стернотомы влево. Выбор между L- или J-министернотомией определяется на дооперационном этапе при оценке положения аорты на КТ-аортографии и типом планируемого вмешательства. Выполнение L-министернотомии увеличивает экспозицию дуги аорты, а также КА [20]. При J-министернотомии доступ к правой верхней легочной вене для дренирования левого желудочка сердца проще, чем при L-министернотомии.

V-министернотомия. V-министернотомия выполняется от яремной вырезки грудины по средней линии вниз до 3 или 4 межреберья и далее латерально в каждую сторону к обоим межреберьям [8]. Данный доступ позволяет выполнить центральную канюляцию для подключения ИК. Венозная канюля выводится субкифоидально через небольшой разрез 1,5 см. Несмотря на лучшую визуализацию по сравнению с представленными, V-министернотомия может снизить послеоперационную стабильность грудины и увеличить риски повреждения обеих внутренних грудных артерий [20].

Полностью эндоскопическое протезирование корня аорты. В 2014 г. M. Vola et al. доложили о впервые выполненном полностью эндоскопически протезировании АК [29]. На сегодняшний день нам не удалось найти публикаций о выполнении полностью эндоскопической коррекции патологии КА, что может явиться перспективой будущего развития миниинвазивной кардиохирургии.

Послеоперационное дренирование. На сегодняшний момент используются различные методики дренирования раны: через яремную вырезку, через правую плевральную полость, через парастернальное пространство, стандартно субстернально, субкифоидально, однако пока еще не существует стандартного подхода.

Клапансохраняющие процедуры на КА из мини-доступа. Операция David из мини-доступа обычно не выполняется в связи с крутой кривой обучения по причине технической сложности этой процедуры [30–32]. Однако сегодня встречается все больше публикаций о сопоставимых результатах этой процедуры из мини-доступа и традиционным способом, с уточнением того, что необходимы изначальный большой опыт выполнения этих процедур из срединной стернотомии, великолепная хирургическая техника и тщательный гемостаз [33]. Процедура Yasoub выполняется гораздо реже, чем операция David и встречается в единичных случаях [8].

Результаты. Миниинвазивное протезирование КА сопряжено с меньшей кровопотерей, меньшей потребностью в донорских эритроцитах [4, 31], с меньшим количеством повторных операций по причине кровотечения, а также времени проведения в отделениях реанимации и интенсивной терапии [5, 13]. Также использование мини-доступа в кардиохирургии сопряжено с уменьшением послеоперационной боли и времени послеоперационной вентиляции легких [23], а также сроков госпитального лечения по сравнению с традиционным доступом [22]. Некоторые авторы отмечают снижение стоимости стационарного лечения у пациентов, которым выполнялся мини-доступ при операциях на КА [34].

Несмотря на вышеописанные преимущества мини-доступа, некоторые авторы описывают большее количество дренираний полости перикарда по причине тампонады у пациентов после миниинвазивного доступа при операциях на грудной аорте по сравнению с группой пациентов с традиционным подходом [35].

Заключение. Согласно данным A. Miceli et al. (2014), МТГ в сравнении с МСТ демонстрирует меньшую необходимость в компонентах крови, меньше выраженный послеоперационный болевой синдром, а также сокращение сроков пребывания в стационаре [18]. Однако С. Chang et al. (2018) [36] сравнивая МСТ и правостороннюю переднюю МТГ, не выявили существенных различий между обоими доступами и пришли к выводу, что оперативный доступ необходимо выбирать в соответствии со знаниями и умениями хирурга, а также с учетом особенностей каждого конкретного пациента.

Широкому внедрению малоинвазивных методик в хирургии грудной аорты препятствуют техническая сложность манипуляций и крутые кривые обучения [5]. Прежде чем приступать к операциям на КА из мини-доступа, необходимо приобрести достаточный опыт выполнения операций на КА из срединной стернотомии и коррекции порока АК из мини-доступа.

Миниинвазивная коррекция патологии КА является естественной эволюцией миниинвазивного протезирования АК, к которой добавляются отдельные этапы [8]. Методичный переход от более простых процедур к более сложным является обязательным для безопасного и быстрого их выполнения [20].

Противопоказаниями к операции на КА из мини-доступа могут быть: экстренная операция, кардиохирургические операции в анамнезе, тяжелая деформация грудной клетки, инфекционный эндокардит и необходимость выполнения сопутствующих процедур (коррекция митрального порока, коронарное шунтирование). Также с особой осторожностью следует подходить к пациентам с гигантской аневризмой аорты [20, 25].

По данным некоторых исследований, где проводилось сравнение операций на КА из мини-доступа и традиционного доступа, можно проследить следующую тенденцию: в группе пациентов с мини-доступом в среднесрочном периоде наблюдения отмечалось меньшее количество реопераций и меньшая летальность [31], что, на наш взгляд, можно связать с большей прецизионностью и концентрацией внимания по причине выполнения операций из минидоступа, что требует большего опыта и лучшего хирургического мастерства выполнения операций. Немаловажен и тот факт, что операции из мини-доступа проводились хирургами, которые овладели уже достаточным опытом таких операций из традиционного доступа, так или иначе пройдя кривую обучения выполнения операций на КА. Возможно, меньшее количество кровопотери связано не только с самим мини-доступом и меньшим повреждением тканей, но и с более тщательным гемостазом. Важным фактором, влияющим на успех процедуры, является отбор пациентов [34].

Выводы. Тщательный отбор пациентов для мининвазивной хирургии КА играет одну из решающих ролей в успехе операции, а именно предоперационная визуализация с использованием компьютерной томографии, конституциональные особенности пациента и необходимость выполнения сочетанных процедур. Текущие данные свидетельствуют о том, что сегодня нет ни одного большого рандомизированного многоцентрового исследования, сравнивающего операции на КА из мини-доступа и срединной стернотомии. Еще только предстоит доказать преимущества мини-доступов перед традиционным подходом в хирургии КА. Также интересным представляется сравнение стернотомных и нестернотомных мини-доступов в хирургии грудной аорты. Сегодня вид операционного доступа определяет хирург исходя из своего личного опыта и желания пациента.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

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

Compliance with ethical principles

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

ЛИТЕРАТУРА

- Monsefi N., Risteski P., Miskovic A. et al. Midterm results of a minimally invasive approach in David procedure // *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2018. Vol. 66, № 4. P. 301–306. PMID: 28582788. DOI: 10.1055/s-0037-1603495.
- Ueno G., Ohno N. Aortic valve approaches in the era of minimally invasive cardiac surgery // *Surgery today*. 2020. Vol. 50, № 8. P. 815–820. PMID: 31342159. DOI: 10.1007/s00595-019-01848-z.
- Cosgrove D. M. III, Sabik J. F. Minimally invasive approach for aortic valve operations // *The Annals of thoracic surgery*. 1996. Vol. 62. P. 596–7. PMID: 8694642. DOI: 10.1016/j.conb.2017.04.010.
- Harky A., Al-Adhami A., Chan J. S. K. et al. Minimally invasive versus conventional aortic root replacement – a systematic review and meta-analysis // *Heart, lung & circulation*. 2019. Vol. 28, № 12. P. 1841–1851. PMID: 30473416. DOI: 10.1016/j.hlc.2018.10.023.
- Rayner T. A., Harrison S., Rival P. et al. Minimally invasive versus conventional surgery of the ascending aorta and root: a systematic review and meta-analysis // *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2020. Vol. 57, № 1. P. 8–17. PMID: 31209468. DOI: 10.1093/ejcts/ezz177.
- Johnson Jr C. A., Wood K. L., Melvin A. L. et al. Video assisted right mini-thoracotomy for aortic root replacement // *Journal of visualized surgery*. 2018. Vol. 4. P. 38. PMID: 29552520. DOI: 10.21037/jovs.2018.01.15.
- Jawarkar M., Manek P., Wandhawa V., Doshi C. Mini-Bentall surgery: the right thoracotomy approach // *Journal of chest surgery*. 2021. Vol. 54, № 6. P. 554–557. PMID: 34667134. DOI: 10.5090/jcs.21.036.
- Staromyński J., Kowalewski M., Sarnowski W. et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery // *Journal of thoracic disease*. 2020. Vol. 12, № 11. P. 6446–6457. PMID: 33282347. DOI: 10.21037/jtd-20-2165.
- Van Praet K. M., van Kampen A., Kofler M. et al. Minimally invasive surgical aortic valve replacement: The RALT approach // *Journal of cardiac surgery*. 2020. Vol. 35, № 9. P. 2341–2346. PMID: 32643836. DOI: 10.1111/jocs.14756.
- Lamelas J., LaPietra A. Right minithoracotomy approach for replacement of the ascending Aorta, hemiarch, and aortic valve // *Innovations*. 2016. Vol. 11, № 4. P. 301–4. PMID: 27643976. DOI: 10.1097/imi.0000000000000292.
- Iribarne A., Easterwood R., Chan E. Y. et al. The golden age of minimally invasive cardiothoracic surgery: current and future perspectives // *Future Cardiology*. 2011. Vol. 7, № 3. P. 333–46. PMID: 21627475. DOI: 10.2217/fca.11.23.
- Shrestha M. L., Beckmann E., Abd Alhadi F. et al. Elective David I procedure has excellent long-term results: 20-year single-center experience // *The Annals of thoracic surgery*. 2018. Vol. 105, № 3. P. 731–738. PMID: 29198631. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.040.
- Lamelas J., Chen P. C., Loor G., LaPietra A. Successful use of sternal-sparing minimally invasive surgery for proximal ascending aortic pathology // *The Annals of thoracic surgery*. 2018. Vol. 106, № 3. P. 742–748. PMID: 29733827. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.03.081.
- Johnson C. A., Siordia J. A., Wood K. L. et al. Right mini-thoracotomy Bentall procedure // *Innovations*. 2018. Vol. 13, № 5. P. 328–331. PMID: 30407927. DOI: 10.1097/imi.0000000000000555.
- Hiraoka A., Totsugawa T., Kuinose M. et al. Propensity score-matched analysis of minimally invasive aortic valve replacement // *Circulation journal*. 2014. Vol. 78. P. 2876–81. PMID: 25354519. DOI: 10.1253/circj.14-0861.
- LaPietra A., Santana O., Pineda A. M. et al. Outcomes of aortic valve and concomitant ascending aorta replacement performed via a minimally invasive right thoracotomy approach // *Innovations (Phila)*. 2014. Vol. 9. P. 339–42. PMID: 25251550. DOI: 10.1097/imi.0000000000000099.
- Lamelas J., Mawad M., Williams R. et al. Isolated and concomitant minimally invasive minithoracotomy aortic valve surgery // *The journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2018. Vol. 155, № 3. P. 926–936. e2. PMID: 29061465. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.09.044.
- Miceli A., Murzi M., Gilmanov D. et al. Minimally invasive aortic valve replacement using right minithoracotomy is associated with better outcomes than ministernotomy // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014. Vol. 148, № 1. P. 133–7. PMID: 24035370. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.07.060.
- Ji Q., Wang Y., Liu F. et al. Mini-invasive Bentall procedure performed via a right anterior thoracotomy approach with a costochondral cartilage sparing // *Frontiers in cardiovascular medicine*. 2022. Vol. 9. P. 841472. PMID: 35310990. DOI: 10.3389/fcvm.2022.841472.
- Berretta P., Galeazzi M., Cefarelli M. et al. Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery // *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2022. Vol. 38, Suppl 1. P. 171–182. PMID: 35463712. DOI: 10.1007/s12055-021-01258-2.
- Yamazaki M., Yoshitake A., Takahashi T. et al. Stonehenge technique is associated with faster aortic clamp time in group of minimally invasive aortic valve replacement via right infra-axillary thoracotomy // *General thoracic and cardiovascular surgery*. 2018. Vol. 66, № 12. P. 700–706. PMID: 30117124. DOI: 10.1007/s11748-018-0987-x.
- Hastaoglu I. O., Tokoz H., Ozgen A. et al. Proximal aortic surgery: upper “J” or conventional sternotomy? // *The heart surgery forum*. 2018. Vol. 21, № 1. P. E004–E008. PMID: 29485956. DOI: 10.1532/hcf.1649.
- Elghannman N., Aljabery Y., Naraghi H. et al. Minimally invasive aortic root surgery: Midterm results in a 2-year follow-up // *Journal of cardiac*

- surgery. 2020. Vol. 35, № 7. P. 1484–1491. PMID: 32445199. DOI: 10.1111/jocs.14628.
24. Wachter K., Franke U. F. W., Yadav R. et al. Feasibility and clinical outcome after minimally invasive valve-sparing aortic root replacement // *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. 2017. Vol. 24, № 3. P. 377–383. PMID: 28040763. DOI: 10.1093/icvts/ivw362.
 25. Di Eusanio M., Cefarelli M., Zingaro C. et al. Mini Bentall operation: technical considerations // *Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2018. Vol. 35, Suppl 2. P. 87–91. PMID: 33061071. DOI: 10.1007/s12055-018-0669-4.
 26. Svensson L. G., Minimal-access “J” or “j” sternotomy for valvular, aortic, and coronary operations or reoperations // *The Annals of thoracic surgery*. 1997. Vol. 64, № 5. P. 1501–3. PMID: 9386741. DOI: 10.1371/journal.pone.0126972.
 27. Yan T. D. Mini-Bentall procedure // *Annals of cardiothoracic surgery*. 2015. Vol. 4, № 2. P. 182–90. PMID: 25870816. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08.
 28. Abjigitova D., Panagopoulos G., Orlov O. et al. Current Trends in aortic root surgery: the mini-mental approach // *Innovations*. 2018. Vol. 13, № 2. P. 91–96. PMID: 29683812. DOI: 10.1097/imj.0000000000000476.
 29. Vola M., Fuzellier J.-F., Chavent B., Duprey A. First human totally endoscopic aortic valve replacement: an early report // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014. Vol. 147, № 3. P. 1091–3. PMID: 24290705. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.010.
 30. Hillebrand J., Alshakaki M., Martens S., Scherer M. Minimally invasive aortic root replacement with valved conduits through partial upper sternotomy // *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2018. Vol. 66, № 4. P. 295–300. PMID: 28201842. DOI: 10.1055/s-0037-1598196.
 31. Monsefi N., Risteski P., Miskovic A. et al. Propensity-matched comparison between minimally invasive and conventional sternotomy in aortic valve resuspension // *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2018. Vol. 53, № 6. P. 1258–1263. PMID: 29351595. DOI: 10.1093/ejcts/ezx489.
 32. Shrestha M., Krueger H., Umminger J. et al. Minimally invasive valve sparing aortic root replacement (David procedure) is safe // *Annals of cardiothoracic surgery*. 2015. Vol. 4, № 2. P. 148–53. PMID: 25870810. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04.
 33. Sef D., Bahrami T., Raja S. G., Klokocovnik T. Current trends in minimally invasive valve-sparing aortic root replacement-Best available evidence // *Journal of cardiac surgery*. 2022. Vol. 37, № 6. P. 1684–1690. PMID: 35348237. DOI: 10.1111/jocs.16453.
 34. Levack M. M., Aftab M., Roselli E. E. et al. Outcomes of a less-invasive approach for proximal aortic operations // *The Annals of thoracic surgery*. 2017. Vol. 103, № 2. P. 533–540. PMID: 27788942. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.06.008.
 35. Wu Y., Jiang W., Li D. et al. Surgery of ascending aorta with complex procedures for aortic dissection through upper mini-sternotomy versus conventional sternotomy // *Journal of cardiothoracic surgery*. 2020. Vol. 15, № 1. P. 57. PMID: 32264907. DOI: 10.1186/s13019-020-01095-1.
 36. Chang C., Raza S., Altarabsheh S. E. et al. Minimally invasive approaches to surgical aortic valve replacement: a meta-analysis // *The Annals of thoracic surgery*. 2018. Vol. 106, № 6. P. 1881–1889. PMID: 30189193. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.018.
- ## REFERENCES
1. Monsefi N., Risteski P., Miskovic A. et al. Midterm results of a minimally invasive approach in David procedure // *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 2018;66(4):301–306. PMID: 28582788. DOI: 10.1055/s-0037-1603495.
 2. Ueno G., Ohno N. Aortic valve approaches in the era of minimally invasive cardiac surgery // *Surgery today*. 2020;50(8):815–820. PMID: 31342159. DOI: 10.1007/s00595-019-01848-z.
 3. Cosgrove D. M. III, Sabik J. F. Minimally invasive approach for aortic valve operations // *The Annals of thoracic surgery*. 1996;62:596–7. PMID: 8694642. DOI: 10.1016/j.conb.2017.04.010.
 4. Harky A., Al-Adhami A., Chan J. S. K. et al. Minimally invasive versus conventional aortic root replacement – a systematic review and meta-analysis // *Heart, lung & circulation*. 2019;28(12):1841–1851. PMID: 30473416. DOI: 10.1016/j.hlc.2018.10.023.
 5. Rayner T. A., Harrison S., Rival P. et al. Minimally invasive versus conventional surgery of the ascending aorta and root: a systematic review and meta-analysis // *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2020;57(1):8–17. PMID: 31209468. DOI: 10.1093/ejcts/ezz177.
 6. Johnson Jr C. A., Wood K. L., Melvin A. L. et al. Video assisted right mini-thoracotomy for aortic root replacement // *Journal of visualized surgery*. 2018;4:38. PMID: 29552520. DOI: 10.21037/jovs.2018.01.15.
 7. Jawarkar M., Manek P., Wandhawa V., Doshi C. Mini-Bentall surgery: the right thoracotomy approach // *Journal of chest surgery*. 2021;54(6):554–557. PMID: 34667134. DOI: 10.5090/jcs.21.036.
 8. Staromyrński J., Kowalewski M., Sarnowski W. et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery // *Journal of thoracic disease*. 2020;12(11):6446–6457. PMID: 33282347. DOI: 10.21037/jtd-20-2165.
 9. Van Praet K. M., van Kampen A., Kofler M. et al. Minimally invasive surgical aortic valve replacement: The RALT approach // *Journal of cardiac surgery*. 2020;35(9):2341–2346. PMID: 32643836. DOI: 10.1111/jocs.14756.
 10. Lamelas J., LaPietra A. Right minithoracotomy approach for replacement of the ascending Aorta, hemiarch, and aortic valve // *Innovations*. 2016; 11(4):301–4. PMID: 27643976. DOI: 10.1097/imj.0000000000000292.
 11. Iribarne A., Easterwood R., Chan E. Y. et al. The golden age of minimally invasive cardiothoracic surgery: current and future perspectives // *Future Cardiology*. 2011;7(3):333–46. PMID: 21627475. DOI: 10.2217/fca.11.23.
 12. Shrestha M. L., Beckmann E., Abd Alhadi F. et al. Elective David I procedure has excellent long-term results: 20-year single-center experience // *The Annals of thoracic surgery*. 2018;105(3):731–738. PMID: 29198631. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.040.
 13. Lamelas J., Chen P. C., Loor G., LaPietra A. Successful use of sternal-sparing minimally invasive surgery for proximal ascending aortic pathology // *The Annals of thoracic surgery*. 2018;106(3):742–748. PMID: 29733827. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.03.081.
 14. Johnson C. A., Siordia J. A., Wood K. L. et al. Right mini-thoracotomy Bentall procedure // *Innovations*. 2018;13(5):328–331. PMID: 30407927. DOI: 10.1097/imj.0000000000000555.
 15. Hiraoka A., Totsugawa T., Kuinose M. et al. Propensity score-matched analysis of minimally invasive aortic valve replacement // *Circulation journal*. 2014;78:2876–81. PMID: 25354519. DOI: 10.1253/circj.cj-14-0861.
 16. LaPietra A., Santana O., Pineda A. M. et al. Outcomes of aortic valve and concomitant ascending aorta replacement performed via a minimally invasive right thoracotomy approach // *Innovations (Phila)*. 2014;9:339–42. PMID: 25251550. DOI: 10.1097/imj.0000000000000099.
 17. Lamelas J., Mawad M., Williams R. et al. Isolated and concomitant minimally invasive minithoracotomy aortic valve surgery // *The journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2018;155(3):926–936.e2. PMID: 29061465. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.09.044.
 18. Miceli A., Murzi M., Gilmanov D. et al. Minimally invasive aortic valve replacement using right minithoracotomy is associated with better outcomes than ministernotomy // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;148(1):133–7. PMID: 24035370. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.07.060.
 19. Ji Q., Wang Y., Liu F. et al. Mini-invasive Bentall procedure performed via a right anterior thoracotomy approach with a costochondral cartilage sparing // *Frontiers in cardiovascular medicine*. 2022;9:841472. PMID: 35310990. DOI: 10.3389/fcvm.2022.841472.
 20. Berretta P., Galeazzi M., Cefarelli M. et al. Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery // *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2022;38(Suppl 1):171–182. PMID: 35463712. DOI: 10.1007/s12055-021-01258-2.
 21. Yamazaki M., Yoshitake A., Takahashi T. et al. Stonehenge technique is associated with faster aortic clamp time in group of minimally invasive aortic valve replacement via right infra-axillary thoracotomy // *General thoracic and cardiovascular surgery*. 2018;66(12):700–706. PMID: 30117124. DOI: 10.1007/s11748-018-0987-x.
 22. Hastaoglu I. O., Tokoz H., Ozgen A. et al. Proximal aortic surgery: upper “j” or conventional sternotomy? // *The heart surgery forum*. 2018; 21(1):E004–E008. PMID: 29485956. DOI: 10.1532/hcf.1649.
 23. Elghannman N., Aljabery Y., Naraghi H. et al. Minimally invasive aortic root surgery: Midterm results in a 2-year follow-up // *Journal of cardiac surgery*. 2020;35(7):1484–1491. PMID: 32445199. DOI: 10.1111/jocs.14628.
 24. Wachter K., Franke U. F. W., Yadav R. et al. Feasibility and clinical outcome after minimally invasive valve-sparing aortic root replacement //

- Interactive cardiovascular and thoracic surgery. 2017;24(3):377–383. PMID: 28040763. DOI: 10.1093/icvts/ivw362.
25. Di Eusanio M., Cefarelli M., Zingaro C. et al. Mini Bentall operation: technical considerations // Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2018;35(Suppl 2):87–91. PMID: 33061071. DOI: 10.1007/s12055-018-0669-4.
 26. Svensson L. G., Minimal-access “J” or “j” sternotomy for valvular, aortic, and coronary operations or reoperations // The Annals of thoracic surgery. 1997;64(5):1501–3. PMID: 9386741. DOI: 10.1371/journal.pone.0126972.
 27. Yan T. D. Mini-Bentall procedure // Annals of cardiothoracic surgery. 2015;4(2):182–90. PMID: 25870816. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08.
 28. Abjigitova D., Panagopoulos G., Orlov O. et al. Current Trends in aortic root surgery: the mini-mental approach // Innovations. 2018;13(2):91–96. PMID: 29683812. DOI: 10.1097/imi.0000000000000476.
 29. Vola M., Fuzellier J.-F., Chavent B., Duprey A. First human totally endoscopic aortic valve replacement: an early report // The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2014;147(3):1091–3. PMID: 24290705. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.010.
 30. Hillebrand J., Alshakaki M., Martens S., Scherer M. Minimally invasive aortic root replacement with valved conduits through partial upper sternotomy // The Thoracic and cardiovascular surgeon. 2018;66(4):295–300. PMID: 28201842. DOI: 10.1055/s-0037-1598196.
 31. Monsefi N., Risteski P., Miskovic A. et al. Propensity-matched comparison between minimally invasive and conventional sternotomy in aortic valve resuspension // European journal of cardio-thoracic surgery. 2018;53(6):1258–1263. PMID: 29351595. DOI: 10.1093/ejcts/ezx489.
 32. Shrestha M., Krueger H., Umminger J. et al. Minimally invasive valve sparing aortic root replacement (David procedure) is safe // Annals of cardiothoracic surgery. 2015;4(2):148–53. PMID: 25870810. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04.
 33. Sef D., Bahrami T., Raja S. G., Klokocovnik T. Current trends in minimally invasive valve-sparing aortic root replacement—Best available evidence // Journal of cardiac surgery. 2022;37(6):1684–1690. PMID: 35348237. DOI: 10.1111/jocs.16453.
 34. Levack M. M., Aftab M., Roselli E. E. et al. Outcomes of a less-invasive approach for proximal aortic operations // The Annals of thoracic surgery. 2017;103(2):533–540. PMID: 27788942. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.06.008.
 35. Wu Y., Jiang W., Li D. et al. Surgery of ascending aorta with complex procedures for aortic dissection through upper mini-sternotomy versus conventional sternotomy // Journal of cardiothoracic surgery. 2020;15(1):57. PMID: 32264907. DOI: 10.1186/s13019-020-01095-1.
 36. Chang C., Raza S., Altarabsheh S. E. et al. Minimally invasive approaches to surgical aortic valve replacement: a meta-analysis // The Annals of thoracic surgery. 2018;106(6):1881–1889. PMID: 30189193. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.018.

Информация об авторах:

Роман Николаевич Комаров, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой сердечно-сосудистой хирургии Института профессионального образования, директор клиники аортальной и сердечно-сосудистой хирургии УКБ № 1, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-3904-6415; **Ногинов Владимир Константинович**, врач сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения, Ленинградская областная клиническая больница (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-0476-2120; **Эфендиев Видади Умудович**, кандидат медицинских наук, зав. отделением кардиохирургии, Городская Мариинская больница (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-5170-4978; **Даначев Александр Одиссеевич**, кандидат медицинских наук, врач сердечно-сосудистый хирург клиники аортальной и сердечно-сосудистой хирургии УКБ № 1, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-9296-3119.

Information about authors:

Komarov Roman N., Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery of the Institute of Professional Education, Director of the Clinic of Aortic and Cardiovascular Surgery of the University Clinical Hospital № 1, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-3904-6415; **Noginov Vladimir K.**, Cardiovascular Surgeon of the Department of Cardiac Surgery, Leningrad Regional Clinical Hospital (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0476-2120; **Efendiev Vidadi U.**, Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Cardiac Surgery, Mariinsky City Hospital (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-5170-4978; **Danachev Alexander O.**, Cand. of Sci. (Med.), Cardiovascular Surgeon of the Clinic of Aortic and Cardiovascular Surgery of the University Clinical Hospital № 1, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-9296-3119.