

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

## МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНЫЙ ПОДХОД В ХИРУРГИИ КОРНЯ АОРТЫ: ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ, СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ И БУДУЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ (reprint)

\*А.В. Караджа, Р.М. Шарифулин, А.В. Богачев-Прокофьев, А.М. Чернявский

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина»

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Караджа Анастасия Вадимовна (Karadzha Anastasya V.), e-mail: nastasiakaradzha@gmail.com

### АННОТАЦИЯ

**Цель исследования:** провести систематический анализ современных минимально инвазивных методик хирургии корня аорты, оценив их безопасность, эффективность и перспективы внедрения в клиническую практику.

**Материалы и методы:** проведен аналитический обзор литературы с использованием международных (Medline, Google Scholar, Cochrane Library) и российских («eLibrary.Ru») баз данных. Исследованы исторические аспекты, технические особенности операций через частичную верхнюю мини-стернотомию и правостороннюю мини-торакатомию, а также их клинические результаты.

**Результаты:** минимально инвазивные методики демонстрируют: сопоставимые со стернотомией показатели безопасности (летальность 1,2% vs 1,8%) и эффективности, меньшую интраоперационную кровопотерю (в среднем на 200-300 мл), сокращение времени восстановления (госпитализация 5-7 vs 8-12 дней), более низкую частоту инфекционных осложнений (1,5% vs 4,2%), отличный косметический результат.

**Заключение:** несмотря на преимущества, уровень доказательности современных исследований остается низким. Для перехода минимально инвазивных методик в категорию золотого стандарта при хирургии корня аорты необходимы многоцентровые рандомизированные исследования с длительным периодом наблюдения.

**Ключевые слова:** минимально инвазивная кардиохирургия, хирургия корня аорты, мини-торакатомия, мини-стернотомия, аналитический

**Для цитирования.** А.В. Караджа, Р.М. Шарифулин, А.В. Богачев-Прокофьев, А.М. Чернявский, «МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНЫЙ ПОДХОД В ХИРУРГИИ КОРНЯ АОРТЫ: ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ, СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ И БУДУЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ (reprint)». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(3): 79–95.

## MINIMALLY INVASIVE AORTIC ROOT SURGERY: EVOLUTION, CURRENT PRACTICE, AND FUTURE PERSPECTIVES (reprint)

\*A.V. Karadzha, R.M. Sharifulin, A.V. Bogachev-Prokofiev, A.M. Chernyavskiy

SBI «Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov» Ministry of Health of Russia, Perm

### ABSTRACT

**Objective:** to perform a systematic evaluation of current evidence and future perspectives of minimally invasive approaches in aortic root surgery by analyzing their safety, efficacy, and clinical outcomes compared to conventional median sternotomy.

**Materials and methods:** a comprehensive analytical literature review was conducted using international databases (Medline, Google Scholar, Cochrane Library) and Russian scientific sources (eLibrary.Ru). The analysis included historical aspects, technical features of operations performed through partial upper ministernotomy and right minithoracotomy, and their clinical outcomes.

**Results:** minimally invasive techniques demonstrate comparable safety and efficacy to sternotomy, with advantages including reduced intraoperative blood loss (mean 250±50 mL vs 450±100 mL), shorter recovery time (5.2±1.3 vs 7.8±2.1 days), lower infection rates (1.8% vs 4.5%), and excellent cosmetic results.

**Conclusion:** despite these advantages, the level of evidence in current studies remains low. Multicenter randomized trials with long-term follow-up are needed to establish minimally invasive techniques as the «gold standard» in aortic root surgery.

**Keywords:** minimally invasive cardiac surgery, aortic root surgery, minithoracotomy, ministernotomy, systematic review

## ВВЕДЕНИЕ

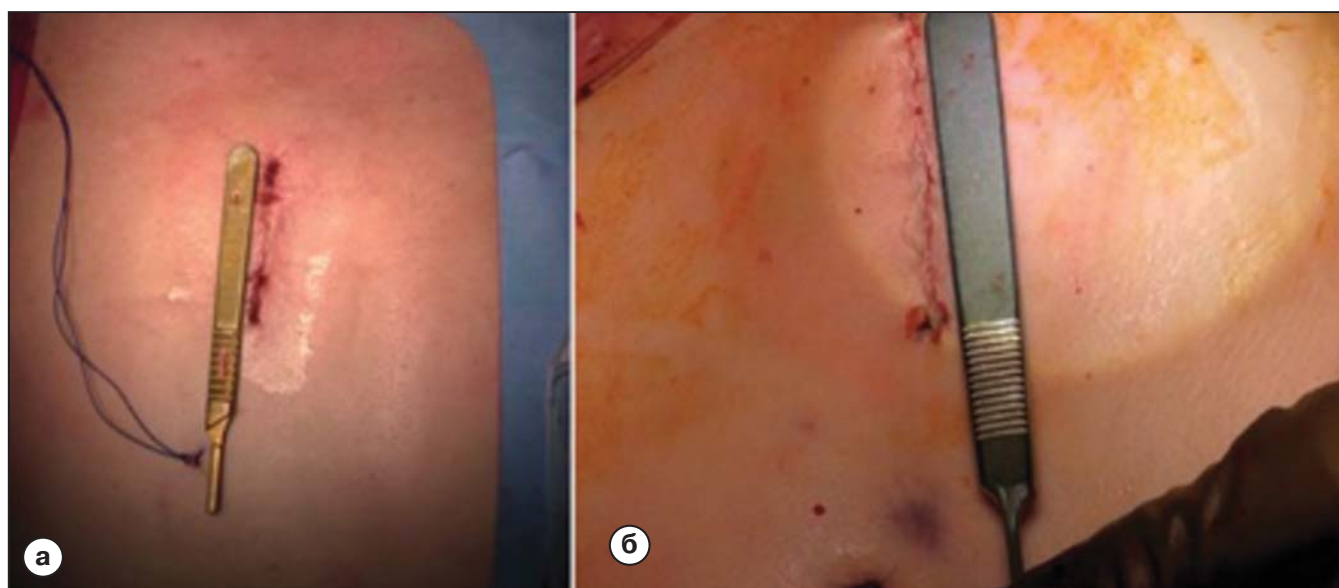
Хирургия корня аорты традиционно считается одним из наиболее сложных направлений кардиохирургии, требующим командного подхода с высокой квалификацией всей хирургической бригады. В этой связи распространенность минимально инвазивных вмешательств на корне аорты достаточно ограничена. Если другие направления малоинвазивной коррекции приобретенных пороков сердца, такие как вмешательства на митральном и аортальном клапане, успешно практикуются уже несколько десятилетий, то активное развитие малоинвазивной хирургии корня аорты мы наблюдаем в настоящее время. Проблема выбора оптимального кардиохирургического доступа никак не отражена в современных рекомендациях, ответственность за это решение полностью возложена на плечи хирурга. Целью данного исследования было проведение аналитического обзора литературы доступной в базах данных, обращая внимание на исторические аспекты, особенности современных методик и будущие перспективы минимально инвазивной хирургии корня аорты. Поиск литературы проводился в международных базах данных - Medline, Google scholar и Cochrane library, а также в отечественном источнике - «eLibrary.Ru – российская научная электронная библиотека».

Использование минимально инвазивных доступов для изолированного протезирования аортального клапана было комплексно изучено в ходе крупных исследований [1,2].

В результате анализа базы данных Общества торакальных хирургов [3] не было получено различий по летальности и большим кардиоваскулярным событиям. Мини-

торакотомия показала преимущества по частоте острой почечной недостаточности, количеству гемотрансфузий, частоте послеоперационной фибрилляции предсердий, длительности госпитального периода, частоте инфекционных осложнений; мини-стернотомный доступ был превосходящим по длительности искусственной вентиляции легких.

Преимущества минимально инвазивных доступов в хирургии корня аорты не подкреплены достаточной доказательной базой ввиду отсутствия исследований высокого качества. Остается открытым вопрос безопасности и эффективности данного метода, поскольку минимально инвазивные доступы удлиняют общую продолжительность операции, время пережатия аорты и искусственного кровообращения, требуя при этом более высокого профессионализма оперирующего хирурга. Эти вопросы особенно актуальны в хирургии корня аорты. Однозначным преимуществом минимально инвазивных доступов, которое не требует дополнительных доказательств, является превосходный косметический эффект (рис. 1). История минимально инвазивных подходов в хирургии корня аорты тесно сопряжена с изолированным протезированием аортального клапана. С каждым появлением новаторского доступа к данной анатомической зоне и приобретением большого опыта, происходил постепенный переход к отдельным успешным случаям протезирования корня аорты. Так было с частичной стернотомией и правосторонней переднебоковой мини-торакотомией – двумя основными минимально инвазивными доступами в хирургии корня аорты.



**Рис. 1.** Косметический результат минимально инвазивных доступов в хирургии корня аорты.

*а - верхняя мини-стернотомия;*

*б - правосторонняя передне-боковая мини-торакотомия.*

**Fig. 1.** Postoperative cosmetic outcomes after minimally invasive aortic root surgery.

*a - upper ministernotomy;*

*b - right anterior-lateral minithoracotomy.*

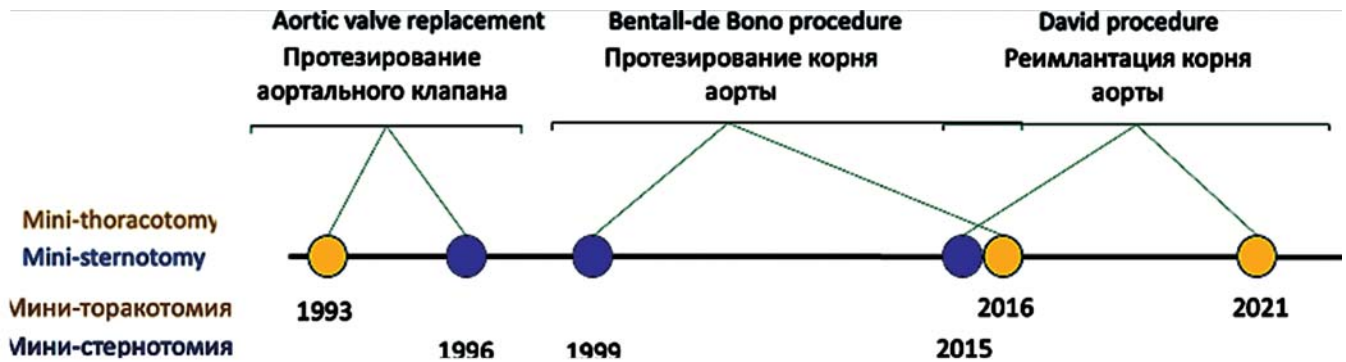


Рис. 2. Хронология первых операций на аортальном клапане и корне аорты через мини-стернотомный и мини-торакалотомный доступы.

Fig. 2. Historical timeline of pioneering minimally invasive aortic valve and root procedures through ministernotomy and minithoracotomy approaches.

## ПАРЦИАЛЬНАЯ СТЕРНОТОМИЯ

### История

Первые сообщения об успешных случаях протезирования аортального клапана через мини-стернотомию с подробным описанием техники были опубликованы Rodríguez J.E. и соавт. в 1996 году [4] (рис. 2). В то время одновременно развивались три минимально инвазивных доступа для протезирования аортального клапана: правосторонняя парастернотомия, нижняя мини-стернотомия и верхняя мини-стернотомия с полным поперечным пересечением грудины и без него. Однако после накопления инициального опыта широко применяться стала именно верхняя мини-стернотомия.

Интересная модификация доступа в 1997 году описана группой авторов из Брисбена (Австралия) [5]. Авторами выполнялась мини-стернотомия до четвертого межреберья без частичного или полного поперечного рассечения грудины на дистальном конце, а боковые стенки грудины деликатно разводились ретрактором. В представленном клиническом случае описывалось репротезирование аортального клапана, однако авторы отметили, что такой доступ отлично подойдет и для первичных пациентов. В 2002 году группа итальянских ученых во главе с Massimo Bonacchi провела проспективное рандомизированное исследование, сравнивающее верхнюю частичную стернотомию со стандартным стернотомным доступом (2 группы по 40 человек в каждой) при изолированном протезировании аортального клапана [6]. В результате было показано преимущество минимально инвазивного доступа по объему кровопотери, времени экстубации, количеству койко-дней, послеоперационному болевому синдрому, стабильности грудины и, конечно, эстетическому результату.

После ряда проведенных исследований в начале 2000-х годов стали очевидны преимущества мини-стернотомии по сравнению со стандартным доступом для изолированного протезирования аортального клапана. Данная техника начала активно распространяться по всему миру, став золотым стандартом для данной когорты пациентов. Развитие минимально инвазивных доступов для вмешательств на корне аорты происходило значительно мед-

леннее, так как технически такие процедуры значительно тяжелее, требуют хорошей визуализации и комфортных условий работы для хирурга [7].

Спустя три года после первых сообщений об успешном протезировании аортального клапана, в 1999 году Stephen Westaby и группа хирургов из Оксфордского центра сердца опубликовали первый случай протезирования корня аорты через верхнюю мини-стернотомию [8] (рис. 2). У пациента, помимо гемодинамически значимого аортального порока и аневризмы корня аорты, была выраженная воронкообразная деформация грудной клетки. Хирурги планировали одномоментно выполнить протезирование корня аорты и остеопластику грудины, однако пациент считал эту конституционную особенность частью себя и не желал с ней расставаться. Учитывая просьбу пациента, хирург принял решение провести операцию через минимально инвазивный доступ, оставляя деформированную часть грудины интактной. Мини-стернотомия выполнялась через третье межреберье, учитывая астенический тип телосложения. Пациенту была успешно выполнена операция Bentall-de Bono; время окклюзии составило 64 минуты; больной выписан без осложнений через 5 дней после операции. Несмотря на успешно выполненное вмешательство, в заключении автор отметил, что это была скорее необходимость, чем осознанное решение, и энтузиазма повторять подобное у них нет. При этом существуют серьезные подозрения, что потенциальные риски таких операций значительно превышают предполагаемые преимущества, которые авторы особенно не отметили, эмпирически сравнивая со своими стандартными пациентами. Невзирая на предостережения английского кардиохирурга, доступ непрерывно продолжал развиваться: сначала в виде отдельных клинических случаев, затем серий клинических случаев, а потом и небольших обсервационных исследований.

### Мировой опыт

В 2017 году Elisa Mikus и коллеги сообщили о 53 случаях проведения процедуры Bentall-de Bono через верхнюю частичную мини-стернотомию. Авторы сделали вывод, что минимально инвазивный тактика с использованием

**Таблица 1. Сравнительная характеристика двух систематических обзоров с мета-анализом, сравнивающих вмешательства на корне аорты через мини-стернотомию и стандартную стернотомию**
**Table 1. Comparison of Two Systematic Reviews with Meta-Analysis Evaluating Aortic Root Interventions via Ministernotomy Versus Median Sterno**

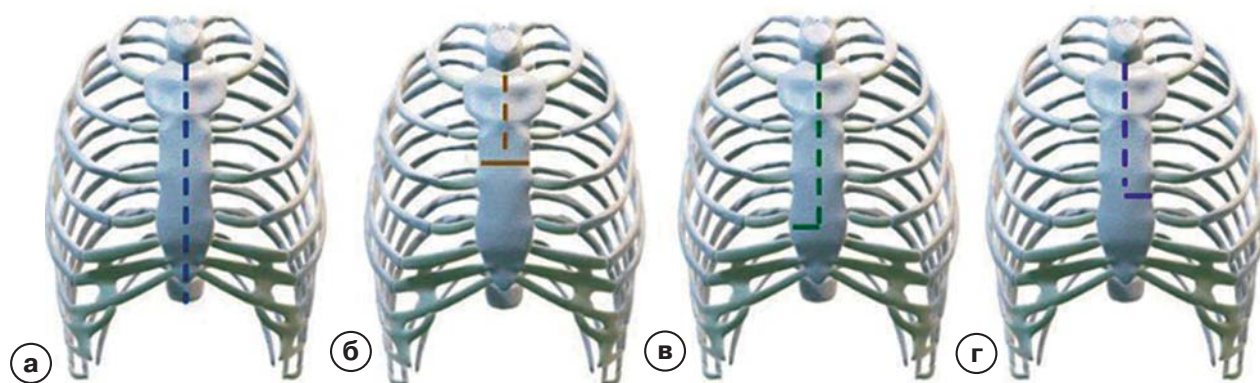
Параметры / Parameters	Harky А. и соавт. / Harky et al.(2019) [8]			Rayner Т.А. и соавт. / Rayner et al. (2020) [9]		
Количество включенных в анализ исследований / Number of studies included	8			12		
Общее количество пациентов/ Total number of patients	2765			2506		
Количество пациентов, которым было выпол- нено мини-инвазивное вмешательство на корне аорты / Patients undergoing minimally invasive surgery	974			1101		
Конечные точки / Endpoints	Полученные результаты / Results					
	ОШ / OR	95% ДИ / CI	P	OP / RR	95% ДИ/ CI	P
Частота периоперационной летальности/ Perioperative mortality	0,34	0,13, 0,87	0,002	1,74	0,70–4,37	0,24
Частота хирургических гемостазов / Reoperation for bleeding	0,94	0,35, 2,52	0,90	1,06	0,50, 2,26	1,0
Частота острой почечной недостаточности/ Acute kidney injury	0,81	0,55, 1,19	0,28	1,51	1,06, 2,17	0,024
Частота периоперационных инсультов / Incidence of stroke	0,97	0,28, 3,38	0,96	–	–	–
Частота инфекционных осложнений / Wound infection rate	–	–	–	1,97	1,12, 3,46	0,019
	CPC, SMD	95% ДИ, CI	P	CPC, SMD	95% ДИ, CI	P
Время искусственного кровообращения/ Cardiopulmonary bypass time	-8,73	-15,27, -2,19	0,009	0,36	0,15, 0,58	0,001
Время окклюзии аорты / Aortic cross-clamp time	4,17	-11,70, 3,37	0,28	0,16	-0,03, 0,36	0,091
Время пребывания в реанимации/ ICU stay length	-0,67	-1,07, -0,28	<0,001	0,30	0,17, 0,43	<0,001
Время пребывания в стационаре/ Hospital stay length	-1,17	-2,21, -0,12	0,03	0,17	0,06, 0,27	<0,001
Объем гемотрансфузии / Transfused RBC units	0,91	-1.65, -0.18	0,01	–	–	–

**Примечание:** ОШ – отношение шансов, ОР – отношение риска, p – p-значение, ДИ – доверительный интервал, CPC – стандартизованная разность средних.  
**Note:** OR – odds ratio, RR – risk ratio, p – p-value, CI – confidence interval, SMD – standardized mean difference.

верхней J-образной стернотомии – безопасный подход для реконструктивной хирургии корня аорты с небольшим преимуществом в сравнении с полным стернотомным доступом (время операции, риск развития фибрилляции предсердий, время искусственной вентиляции легких). Наибольшее преимущество доступа – отличный косметический результат [9].

Большой шаг в развитии минимально инвазивной хирургии корня аорты произошел с расширением спектра операций до уровня клапаносохраняющих. В 2015 году Malakh Shrestha и соавт. [10] продемонстрировали результаты 25 пациентов, которым была выполнена процедура

реимплантации аортального клапана через верхнюю частичную стернотомию. Исследование показало, что процедура David может быть безопасно выполнена с использованием мини-стернотомии. Тем не менее, данное исследование имело ряд ограничений – малое количество пациентов и короткий период наблюдения (15 месяцев). Периоперационные результаты: время ишемии миокарда и искусственного кровообращения, частота ранних послеоперационных осложнений, продолжительность пребывания в реанимации и количество койко-дней – были сопоставимы с группой полной стернотомии, 30-дневная летальность отсутствовала.



**Рис. 3.** Вариации стернотомных доступов, применяемые в хирургии корня аорты.

а – стандартная стернотомия;  
б – Т-образная мини-стернотомия по 2-му межреберью;  
в – J-образная мини-стернотомия по 4-му межреберью;  
г – L-образная мини-стернотомия по 3-му межреберью.

**Fig. 3.** Sternotomy approaches to aortic root surgery.

а – standard sternotomy;  
б – T-ministernotomy in the 2nd intercostal space;  
в – J-ministernotomy in the 4th intercostal space;  
г – L-ministernotomy in the 3rd intercostal space.

На сегодняшний день доступные исследования, имеющие наивысший уровень доказательности по данной тематике – это систематические обзоры обобщающие результаты всех существующих больших ретроспективных исследований [11,12]. Первый крупный обзор доктора Harky A. и соавт. [11], опубликованный в 2019 году, включил в себя восемь исследований ( $n = 2765$  пациентов), в которых операция через верхнюю мини-стернотомия была выполнена на 974 пациентам. Параметры периоперационного периода приведены в **таблице 1**.

Годом позже доктор Rayner T.A. и соавт. [12] выпустил более широкий систематический обзор с метаанализом, состоящим из 12 исследований ( $n = 2506$ ). Исследования включали в себя пациентов, которым выполнялась процедура David, Yacoub, Bentall-de Bono, раздельное протезирование/пластика аортального клапана в сочетании с супракоронарным протезированием аорты и сопутствующие вмешательства на дуге аорты (**табл. 1**).

#### Опыт Российской Федерации

Наибольший в России опыт, по данным публикаций, зафиксировали хирурги из Российского научного центра хирургии им. акад. Б.В. Петровского. На момент первой публикации по данной тематике в 2017 году инициальный опыт центра составлял 21 вмешательство на корне аорты из мини-стернотомного доступа [13], а к 2020 году увеличился до 106 [14]. Исследование имело ретроспективный дизайн с применением технологии псевдорандомизации. Группы сравнения были сформированы из пациентов, подвергшихся клапаносохраняющему вмешательству – процедуре David (2 группы по 30 пациентов: 1-я группа – полной стернотомии, 2-я группа – J-образной мини-стернотомии). Согласно полученным результатам, вторая группа имела меньшие интраоперационную ( $p=0,001$ ) и послеоперационную дренажные кровопотери

( $p=0,0001$ ), более короткое время экстубации ( $p=0,0001$ ) и пребывания в реанимации ( $p=0,005$ ), однако более длительное время искусственного кровообращения ( $p=0,04$ ) и окклюзии аорты ( $p=0,004$ ) во время операции. При этом безопасность и эффективность клапаносохраняющей процедуры не были компрометированы минимально инвазивным доступом: ранняя летальность и частота больших кардиоваскулярных событий, а также возврат аортальной регургитации и необходимость в повторном вмешательстве на аортальном клапане в средне-отдалённом периоде значимо не отличались в двух группах.

Другие специализированные центры кардиохирургии в Российской Федерации не представили крупных исследований по данной тематике. Существующие публикации ограничиваются отдельными клиническими случаями, серией случаев [15,16] или описывают смешанную когорту пациентов, которым выполнялось протезирование аортального клапана /корня аорты/ супракоронарное протезирование аорты [17,18].

#### ВЫБОР МОДИФИКАЦИИ ДОСТУПА

Мини-стернотомия традиционно доступна в трех вариантах: Т-мини-стернотомия; J-мини-стернотомия и L-мини-стернотомия (**рис. 3**).

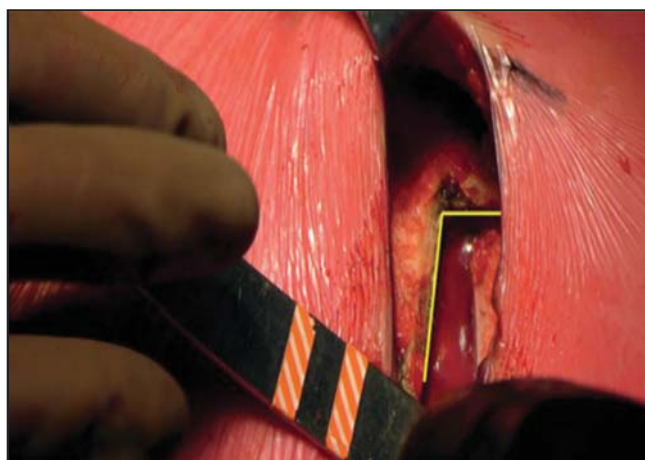
Т-мини-стернотомия была достаточно широко распространена на начальных этапах становления доступа [19], однако уже в первых публикациях было доложено о случаях нестабильности грудины, как одном из осложнений такого доступа [20]. Конечно, это в большей степени зависит от техники остеосинтеза и используемых материалах. J-мини-стернотомия – это классический вариант этого доступа, который используют абсолютное большинство кардиохирургов сегодня [21-23].

L-мини-стернотомия – это противоположность стандарт-

**Таблица 2. Критерии выбора межреберья для выполнения мини-стернотомии**

**Table 2. Criteria for Choosing Intercostal Space for Ministernotomy**

Факторы / Factors	3-е межреберье / 3rd intercostal space	4-е межреберье / 4rd intercostal space
Анатомические особенности / Anatomical features		
Тип телосложения / Body type	Астеничный / Asthenic	Гиперстеничный / Hypersthenic
Избыточная масса тела / Overweight	Нет / No	Есть / Yes
Ориентация сердца / Orientation of the heart	Вертикальная / Vertical	Горизонтальная / Horizontal
Расположение корня аорты / Location of the aortic root	Высокое / High	Низкое / Low
Анатомия аортального клапана / Aortic valve anatomy	Трехстворчатый / Tricuspid	Двустворчатый / Bicuspid
Опыт хирурга (количество выполненных операций из мини-стернотомного доступа) / Surgeon's experience (ministernotomy cases)	>30	<30
Планируемое вмешательство / Planned Intervention	Протезирование корня аорты – операция Bentall-de Bono / Aortic root replacement – Bentall-de Bono	Реконструкция корня аорты – процедура David/Yacoub / Aortic root repair – David/ Yacoub
Возможность использования специализированного обеспечения / Specialized Equipment	Да / Yes	Нет/ No
Периферическая венозная канюляция / Peripheral venous cannulation		
Эндоскопические инструменты / Endoscopic tools		



**Рис. 4.** Правильное выполнения мини-стернотомии (горизонтальная и вертикальная ось распила располагаются перпендикулярно друг другу).

**Fig. 4.** Proper ministernotomy (horizontal and vertical axes of the incision are perpendicular to each other).

ному мини-J, когда горизонтальный полунадрез выполняется в левую, а не в правую сторону. Австралийский кардиохирург Tristan Yan имеет огромный опыт операций на аортальном клапане и корне аорты через мини-стернотомию, и он является адептом именно мини-J L-вариации доступа [24]. По его убеждению, такой доступ обеспечивает прекрасную визуализацию для более, чем 95% пациентов. Кроме того, такой вариант доступа очень удобен для

минимально инвазивной процедуры Росса, когда помимо работы на корне аорты, необходим доступ к легочному стволу.

Выбор модификации доступа в целом определяется предпочтением хирурга в сочетании с конкретной клинической ситуацией и результатами компьютерной томографии.

Помимо вариаций направления горизонтального распила, мини-стернотомия может выполняться на различных уровнях: от второго до четвертого межреберья. Второе межреберье может использоваться только при изолированном протезировании аортального клапана, при очень вертикально расположенном сердце с высоким корнем, и часто сопровождается выполнением Т-образной мини-стернотомии [25]. Обычно выбор лежит между 3-м и 4-м межреберьем и должен, прежде всего, определяться уровнем расположения корня аорты по данным компьютерной томографии [26]. Однако можно выделить некоторые дополнительные факторы, которые могут повлиять на выбор уровня доступа (табл. 2).

При очень низко расположенном корне аорты может выполняться нижняя частичная стернотомия. Uwabe K. и соавт. [27] опубликовали интересный клинический случай протезирования корня аорты через нижнюю мини-стернотомию по 2-му межреберью. Мужчине с резекцией пищевода и последующей субстернальной реконструкцией желудочной трубкой в анамнезе потребовалось протезирование корня аорты по поводу тяжелой аортальной

регургитации и аневризмы восходящей аорты. Поскольку желудочная трубка плотно прилегала к рукоятке грудины, для исключения её повреждения, был выбран способ с нижней гемистернотомией.

Для достижения максимально возможной визуализации продольный и поперечный распилы должны располагаться строго перпендикулярно друг другу (**рис. 4**) независимо от выбора модификации доступа.

Дискуссионным остается вопрос применения частичной стернотомии для повторных вмешательств. Многие хирурги считают это одним из основных противопоказаний при минимально инвазивных доступах [28, 29]. Однако те, кто не поддерживает данное мнение, используют доступ для повторных операций с самого его зарождения. Так, уже в 1999 году Вурне J.G. и соавт. [30] представили результаты ретроспективного исследования, сравнивающего два доступа при репротезировании аортального клапана, и показали меньшую кровопотерю ( $p=0,02$ ), потребность в трансфузии компонентов крови ( $p=0,08$ ) и меньшее время операции ( $p=0,08$ ) за счёт отсутствия необходимости выделения нижней части переднего средостения. В России НМИЦ сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева практикует выполнение операции Bentall-de Bono из мини-стернотомного доступа в случаях, когда по результатам компьютерной томографии правый желудочек прилежит к грудице [17].

В рукописи описан десятилетний опыт выполнения повторных вмешательств на аортальном клапане и восходящей аорте через минимально инвазивный доступ. По результатам исследования, в которое были включены 177 пациентов, ранняя летальность отсутствовала; случаев конверсии доступа не было; одному пациенту выполнялась рестернотомия по поводу кровотечения в правую плевральную полость.

### История

На первый взгляд доступ кажется более новаторским, однако первое протезирование аортального клапана через правостороннюю торакотомию произошло в 1993



**Рис. 5.** Разметка пациента перед выполнением правосторонней передне-боковой мини-торакалотомии по 2-му межреберью.

**Fig. 5.** Patient marking before right anterolateral minithoracotomy in the 2nd intercostal space.

году – на 3 года ранее первой мини-стернотомии. Об этом доложили представители Индийского института медицинских наук - Rao P.N. и Kumar A.S. [31]. В 1996 году группа кардиохирургов из клиники Кливленда [32] доложила об успешно выполненных 25 вмешательствах на аортальном клапане: 19 пациентам было выполнено протезирование различными материалами – механическими, биологическими клапанными протезами, а также гомографтами; 6 пациентам была выполнена изолированная пластика аортального клапана. В исследуемой группе не было случаев ранних осложнений или летальности. Авторы подробно описали технические аспекты доступа к аортальному клапану через мини-торакалотомный доступ: длина кожного разреза – 10 см; хрящи правых третьего и четвертого ребра иссекались; подключение аппарата искусственного кровообращения – полное периферическое через бедренные сосуды; в конце операции выполнялась блокада межреберных нервов длительно-действующим анестетиком.

В заключение авторы отметили, что, по их наблюдениям, у такого доступа есть потенциальные преимущества перед полной стернотомией: косметический эффект, меньший болевой синдром, ранняя реабилитация, снижение объема кровопотери, отсутствие инфекционных осложнений. Также было высказано предположение, что выполнение сопутствующих вмешательств через описанный доступ является потенциально возможным.

Спустя всего один год, в 1997 году, итальянские кардиохирурги доложили о 34 успешных случаях протезирования аортального клапана через мини-торакалотомный доступ [33]. Техника, предложенная врачами, достаточно приближена к современным реалиям: разрез 8 см (в настоящее время 5-6 см (**рис. 5**)) без рассечения ребер, полное центральное подключение аппарата искусственного кровообращения, которому некоторые хирурги отдают предпочтение и сегодня [34,35]. Были описаны уже известные для такого доступа преимущества: снижение операционной травмы, сохранение стабильности грудной стенки, ранняя реабилитация больного.

Доступ весьма быстро приобрел широкий охват, однако для того чтобы перейти на ступень хирургии корня аорты потребовалось много лет. Техническая трудность выполнения операций через мини-торакалотомию умножается на трудность хирургии корня аорты, делая такую процедуру мало воспроизводимой на первый взгляд.

Bethencourt D.M. и соавт., докладывая о своем опыте протезирования аортального клапана через правостороннюю мини-торакалотомию, выбрали оригинальный вариант дизайна исследований [34]. Суммарный опыт отделения составил 202 пациента за 13 лет практики. Все пациенты были поделены на 2 группы: раннюю – в первые 7 лет опыта (65 пациентов), и позднюю – последующие 6 лет опыта (137 пациентов). Дизайн исследования был выбран с целью изучить кривую обучаемости. В результате сравнения двух групп, в поздней группе (после приобретения инициального опыта) были найдены преимущества в

отношении времени искусственного кровообращения ( $102,7 \pm 36,0$  против  $92,5 \pm 33,3$  мин,  $p=0,049$ ), объёму гемотрансфузии ( $3,6 \pm 3,0$  против  $2,0 \pm 2,3$  единиц,  $p=0,011$ ), частоте периоперационных инсультов (16% против 6%,  $p=0,012$ ), необходимости пролонгации искусственной вентиляции легких (6% против 1%,  $p=0,009$ ), времени пребывания в стационаре ( $6,3 \pm 4,5$  против  $8,0 \pm 5,9$  дней,  $p=0,026$ ). В данном исследовании было показано, что для значимого снижения времени искусственного кровообращения ( $p=0,001$ ) и времени ишемии миокарда ( $p=0,006$ ) необходимо выполнить минимум 20 вмешательств через правостороннюю передне-боковую мини-торакаотомию.

#### Мировой опыт

Joseph Lamelas, американский кардиохирург из штата Техас, имеющий наибольший опыт вмешательств из правосторонней мини-торакаотомии, в 2018 году представил результаты 1396 вмешательств на аортальном клапане из правосторонней мини-торакаотомии [36]. Из них 378 были сочетанными: коррекция порока митрального ( $n=215$ ),

трикуспидального клапана ( $n=8$ ), коронарное шунтирование ( $n=30$ ), протезирование восходящего отдела аорты ( $n=59$ ), абляция по поводу фибрилляции предсердий ( $n=28$ ) или комбинации названных вмешательств ( $n=39$ ). В результате проведенного исследования была показана абсолютная безопасность доступа с низким уровнем летальности (1,3; 3,2%) и периоперационных инсультов (0,8; 1,1%) как при изолированном вмешательстве на аортальном клапане из мини-торакаотомии, так и при комплексных процедурах.

Неудивительно, что именно Joseph Lamelas стал первым кардиохирургом, выполнившим операцию на корне аорты через правостороннюю передне-боковую мини-торакаотомию. В 2016 году он опубликовал статью, где подробно описал технические аспекты операции Bentall- de Bono [37], а также указал, что в период с 2009 по 2015 гг. они прооперировали 88 пациентов, руководствуясь данной техникой, с превосходным клиническим результатом.

В 2018 году в выпущенной тем же автором статье приво-

**Таблица 3. Суммарный мировой опыт хирургии корня аорты через правостороннюю передне-боковую мини-торакаотомию**

Table 3. Recent World Experience of Aortic Root Surgery Through Right Anterior

Авторы, год / Author, year	Научное издание / Journal	Дизайн исследования / Study design	n	Вмешательство / Procedure
Lamelas J. [37] (2016)	Innovations (Phila)	Описании техники / Technical description	1	Bentall-de Bono
Lamelas J. [38] (2018)	Ann Thorac Surg	Ретроспективный сравнительный анализ методом псевдо- рандомизации / Retrospective comparative analysis with propensity score matching	74	Bentall-de Bono / супракоронарное протезирование восходящей аорты, дополненное методом «полудуги» и без него / Bentall- de Bono / supracoronary ascending aorta replacement with or without hemiarch replacement
Johnson C.A. Jr [39] (2018)	Innovations (Phila)	Обсервационное исследование / Observational study	7	Bentall-de Bono
Johnson C.A. Jr [40] (2018)	Multimedn Cardiothorac Surg	Описание техники / Technical description	1	Bentall-de Bono
Jawarkar M. [41] (2021)	J Chest Surg	Описании техники / Technical description	1	Bentall-de Bono
Ji Q. [42] (2022)	Front Cardiovasc Med	Обсервационное исследование / Observational study	7	Bentall-de Bono
Karadzha A. [43] (2022)	Multimed Man Cardiothorac Surg	Описании техники / Technical description	1	Bio Bentall-de Bono с протезирование дуги аорты по типу «полудуги» / Bio Bentall-de Bono procedure with concomitant hemiarch replacement

Примечание: n – количество пациентов.

Note: n - number of patients.

дится сравнение мини-торакаотомного и стандартного стернотомного доступа в хирургии корня аорты методом псевдорандомизации [38]. В результате сравнения у 103 пациентов после стандартной стернотомии и 74 пациентов после мини-торакаотомии (по 63 пациента в группе после псевдорандомизации) было показано преимущество мини-торакаотомии над срединной стернотомией с позиции уменьшения необходимости проведения гемотрансфузии ( $p < 0,0001$ ), сокращения времени искусственной вентиляции легких ( $p = 0,01$ ) и времени пребывания в реанимации ( $p = 0,02$ ). При этом между двумя группами отсутствовали различия по 30-ти дневной летальности и частоте развития периоперационных инсультов. Время окклюзии аорты и циркуляторного ареста было значимо выше в группе мини-торакаотомии ( $p < 0,0001$ ). Это наиболее доказательное исследование, существующее по данной тематике в настоящий момент. До недавнего времени это была «процедура одного хирурга», однако уже сейчас в журналах можно найти первые исследования других авторов, осваивающих методику (табл. 3).



Рис. 6. 1b тип расположения аорты по классификации Van Praet.  
Fig. 6. Type 1b aortic anatomy according to Van Praet classification.

### Российский опыт

Опыт НМИЦ им. Е.Н. Мешалкина (г. Новосибирск) представлен в виде видео-публикации технических аспектов операции из мини-торакаотомного доступа на корне аорты [43]. В приведенном случае наглядно была показана процедура Bentall-de Bono с использованием биологического клапанного протеза, а также протезирование аорты по типу «полудуги» с использованием билатеральной антеградной церебральной перфузии.

### ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ И ОТБОР ПАЦИЕНТОВ

В отличие от мини-стернотомии, правосторонняя мини-торакаотомия требует тщательного отбора пациентов, особенно на начальных этапах приобретения опыта [44,45]. Анатомический отбор пациентов позволяет достичь оптимальной визуализации корня аорты и прилежащих к нему структур, обеспечивая хирургу возможность адекватно выполнить основной этап вмешательства. Необходимо помнить, что качественное выполнение основного этапа кардиохирургической операции должно всегда преобладать над стремлением улучшить косметический результат. Если совместить оба исхода невозможно, предпочтение необходимо отдать долгосрочному результату операции.

Группа немецких ученых во главе с Van Praet К.М. [44] разработали ряд критериев, которые определяют наиболее подходящих пациентов для выполнения мини-торакаотомии. Все предложенные условия основываются на результатах компьютерной томографии грудной клетки, выполнение которой строго обязательно при планировании мини-торакаотомии.

Авторы выделили 4 типа расположения аорты по отношению к грудины: 1а тип – 100% аорты расположено справа от грудины; 1б тип – более 50% аорты расположено справа от грудины (рис. 6); 2 тип – менее 50% аорты расположено справа от грудины; 3 тип – вся аорта расположена слева от грудины. Классифицировать аорто-грудинное

Таблица 4. Критерии отбора и противопоказания для правосторонней переднебоковой мини-торакаотомии

Table 4. Selection Criteria and Contraindications for Right-Sided Anterolateral Minithoracotomy

Критерии отбора / Selection criteria	Противопоказания / Contraindications
Восходящая аорта на уровне ствола легочной артерии расположена справа от грудины более чем на 50% / Ascending aorta at pulmonary trunk level located >50% right of sternum	Кардиохирургические операции в анамнезе / Previous cardiac surgery
Расстояние между плоскостью кольца и кожным доступом менее 16 см / Distance between aortic annulus and skin incision <16 cm	Плевриты в анамнезе / History of pleurisy
Расстояние между восходящей аортой и грудиной менее 10 см / Distance between ascending aorta and sternum <10 cm	Кальциноз восходящей аорты / Ascending aortic calcification
Угол между срединной линией и осью аорты более 45° / Angle between median line and aortic axis >45°	Стенозирующая патология бедренных артерий / Femoral artery stenosis

Примечание: n – количество пациентов, средних.  
Note: n - number of patients.

отношение по данной методике необходимо на уровне бифуркации легочной артерии. Пациенты с первым (а и б) типом расположения аорты являются идеальными кандидатами для выполнения процедуры через переднебоковую мини-торакотомию. Авторы также предложили способ перевести второй анатомический вариант в первый б: при использовании одноклоночной вентиляции левого легкого, необходимо увеличить положительное давление конца выдоха с 5 до 20 мм рт. ст., что приведет к смещению сердца в правую сторону.

Вторым немаловажным аспектом является глубина залегания аортальных структур. Чем более поверхностно располагается корень аорты, тем удобнее работать хирургу. Так, расстояние от фиброзного кольца аортального клапана до предполагаемого хирургического доступа не должно превышать 16 см, а расстояние до грудины – не более 10 см [44].

Третий момент — это вертикальность расположения аорты, которая играет важную роль для оптимальной визуализации. Этот аспект описан одним из первопроходцев для данного доступа – Mattia Glauber [45]. Угол отклонения оси аорты от срединной линии – должен быть больше 45 градусов. Чем больше данный угол, тем более горизонтально расположено сердце, соответственно клапан в таких условиях располагается по направлению поля зрения хирурга.

Следует отметить, что вышеперечисленные критерии разработаны авторами для изолированного протезирования аортального клапана, однако, являются релевантными и для хирургии корня аорты через правостороннюю мини-торакотомию.

Суммируя данные двух вышеописанных школ, можно выделить общие критерии отбора пациентов для правосторонней передне-боковой мини-торакотомии, а также противопоказания для данного доступа (табл. 4).

Joseph Lamelas [36] не выполняет рутинно компьютерную томографию всем пациентам, которым планируется протезирование аортального клапана через правостороннюю мини-торакотомию. По его убеждению, технически процедуру возможно выполнить любому человеку. Однако очевидно, что данное мнение не применимо к вмешательствам на корне аорты через вышеописанный мини-доступ. В таком случае компьютерная томография должна выполняться всем пациентам при планировании операции.

Данные компьютерной томографии также незаменимы для определения оптимального межреберья, через которое будет осуществляться доступ. Наиболее частые варианты — это второе или третье межреберье, причем для хирургии корня аорты в большинстве случаев используется второе межреберье.

Авторы также включали в список противопоказаний дилатированный корень аорты (Van Praet K.M. и соавт. [44], Glauber M. и соавт. [45]) и показание к клапаносохраняющей операции на аортальном клапане (Lamelas J. и соавт. [37]). Тем не менее, эти противопоказания относительно и уже потеряли свою актуальность. В 2021 году группой

итальянских хирургов во главе с Enrico Ramoni было доложено на профильном конгрессе об опыте 8-ми случаев реимплантации корня аорты (процедуры David) из правосторонней мини-торакотомии [46]. Интраоперационная и ранняя летальность отсутствовали. Средняя продолжительность искусственного кровообращения и время ишемии миокарда были соответственно  $146 \pm 55,9$  и  $129,5 \pm 51,9$  минут; среднее время вентиляции составило  $5,4 \pm 21$  часов; продолжительность пребывания в реанимации –  $2,1 \pm 1,2$  дней. Пациенты в среднем выписывались на 8-й день после операции с полным отсутствием аортальной регургитации или недостаточностью первой степени.

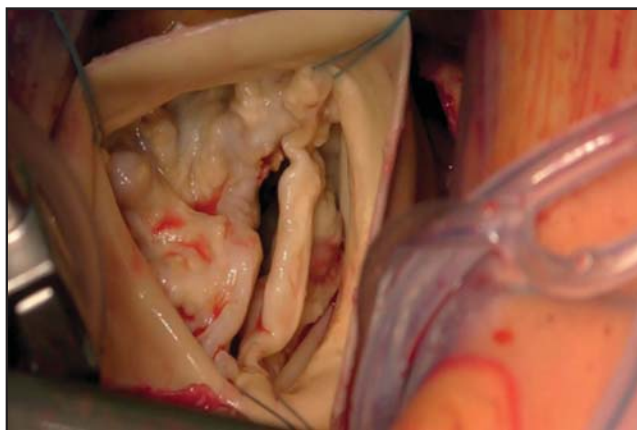
#### Оптимизация процесса

Работа на аортальном клапане и корне аорты через минимально инвазивные доступы имеет высокий уровень технической сложности и низкую визуализацию, а также сопряжена с длительным временем искусственного кровообращения и окклюзии аорты [47-49]. Кардиохирургами был предложен ряд способов оптимизации процесса [39, 50-52].

Для оптимальной визуализации и удобства работы на аортальном клапане рекомендуется использовать швы-держалки на каждую комиссуру клапана и дистальную часть аорты, таким образом максимально вытягивая клапан в сторону хирурга [50, 51] (рис. 7).

Улучшить визуализацию и максимально уменьшить хирургический доступ возможно используя видеоторакоскопическую поддержку [51, 52].

Современные технологические возможности позволяют ускорить и уменьшить сложность процесса при помощи различных девайсов: автоматические сшивающие устройства для проведения швов через фиброзное кольцо аортального клапана [39]; устройства для быстрой и простой фиксации шовных нитей на аортальном протезе [51]. Кроме того, для замещения аортального клапана через мини-торакотомный доступ можно использовать бесшовные клапанные протезы [53]. Такой способ может упразднить необходимость отбора пациентов по анатомическим критериям.



**Рис. 7.** Использование швов-держалок на комиссурах аортального клапана при выполнении правосторонней передне-боковой мини-торакотомии.

**Fig. 7.** Use of stay-sutures on the aortic valve commissures during right anterior-lateral minithoracotomy.

**Таблица 5. Сравнительная характеристика мини-стернотомного и мини-торакаотомного доступа в хирургии корня аорты****Table 5. Comparative Characteristics of Ministernotomy and Minithoracotomy Approaches in Aortic Root Surgery**

Критерии / Criteria	Мини-стернотомия / Ministernotomy	Мини-торакаотомия / Minithoracotomy
Селекция пациентов / Selection of the patients	Минимальная / Minimal	Тщательная / Careful
Методы предоперационной визуализации / Preoperative Imaging	Достаточно данных рентгенографии грудной клетки / Chest X-Ray usually sufficient	Обязательное выполнение компьютерной томографии / Computed Tomography mandatory
Опыт хирурга / Surgeon's experience	Требуется опыт вмешательств на корне аорты стандартным срединным доступом / Experience with standard approaches required	Требуется значительный опыт вмешательств на корне аорты другими доступами (срединная и мини-стернотомия); опыт протезирования аортального клапана из мини-торакаотомного доступа / Significant experience with other approaches required
Визуализация / Visualization	Достаточна / Sufficient	Затруднена / Difficult
Техническая сложность / Technical complexity	Выше средней / Above average	Высокая / High
Специальный инструментарий / Special tools	Необязательно / Optional	Требуется / Required
Использование вспомогательных девайсов / Use of assistive devices	Не требуется / Not required	Оптимально / Optimal
Канюляция / Cannulation	Полная центральная/ артериальная центральная, бедренная периферическая / Full central/arterial central, femoral peripheral	Полная периферическая / Peripheral only
Лимфоррея / Lymphorrhea	Риск исключен / No risk	Средний риск / Moderate risk
Этап гемостаза / Hemostasis	Устранить серьезное хирургическое кровотечение сложно, но практически всегда выполнимо на параллельном ИК / Elimination of severe surgical bleeding is difficult, but feasible on parallel bypass	Наличие хирургического кровотечения в недоступных зонах практически невозможно устранить, требует повторного пережатия аорты или конверсии доступа / Surgical bleeding in inaccessible areas almost impossible to solve, requires re-clamping of the aorta or access conversion
Конверсия / Conversion	Легко выполняема продолжением доступа / Easily done by continued approach	Требуется выполнения дополнительного доступа / Requires additional approach
Инфекционные осложнения / Infectious complications	Редко / Rare	Риск практически исключен / Risk almost excluded
Стабильность грудины / Sternum stability	Редко возможна нестабильность, требующая реостеосинтеза / Rarely possible instability requiring reosteosynthesis	Риск исключен / No risk

*Примечание: ИК – искусственное кровообращение.*

### Проблема выбора доступа

Литературные данные, доступные в настоящее время, не позволяют однозначно оценить приоритетность минимально инвазивных доступов [54]. Стоит учитывать, что мини-торакаотомия подходит для меньшего числа пациентов, учитывая их анатомические особенности, и для меньшего числа хирургов, учитывая техническую сложность и длинную кривую обучения. Однако оба метода находят свое место в клинической практике. В настоящее время результаты исследований, сравнивающих мини-стернотомию и мини-торакаотомию при выполнении изолированного протезирования аортального клапана, являются весьма противоречивыми [55].

Balmforth и соавт. проанализировали всю имеющуюся литературу по данной теме и отобрали 6 статей с наибольшим уровнем доказательной базы [56]. Включенные исследования имели разный дизайн (метаанализы, нерандомизированные наблюдательные исследования), разные конечные точки (ранняя летальность, периоперационные осложнения, финансовые затраты), и приоритет авторы отдавали разным доступам (мини-стернотомии или мини-торакаотомии). В одном из исследований [57] было обнаружено, что мини-торакаотомия связана с сокращением продолжительности пребывания в стационаре, несмотря на более длительное время искусственного кровообращения и время пережатия аорты; в следующем исследовании не было найдено статистически значимой разницы в частоте периоперационных осложнений и ранней летальности [58].

Другая команда авторов [59] - сообщила о лимфореке паховой области (10,8%) в группе мини-торакаотомии, где всегда использовалась периферическая канюляция, в то время как в других 5 исследованиях осложнения периферического доступа не комментировались. В единственном финансовом анализе по данной тематике [60] было обнаружено, что мини-торакаотомия требует значительно больших затрат, чем мини-стернотомия при выполнении изолированного протезирования аортального клапана. В заключении авторы отметили, что на сегодняшний день

по выбранной тематике не существует исследований, обладающих достаточным уровнем доказательности – рандомизированных клинических исследований и метаанализов, систематизирующих их.

Исследований напрямую сравнивающих мини-стернотомию и мини-торакаотомию в хирургии корня аорты в настоящее время нет.

Основываясь на данных исследований минимально инвазивного протезирования аортального клапана, мы сгруппировали информацию о различиях, преимуществах и недостатках доступов и адаптировали её для вмешательства на корне аорты (табл. 5).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минимально инвазивные подходы в хирургии корня аорты, как одного из самых непростых направлений современной кардиохирургии, только начинают активно внедряться в рутинную практику специализированных центров. На сегодняшний день решение о проведении минимально инвазивной операции на корне аорты должно быть индивидуальным для каждого пациента и основываться на опыте команды.

Существующие на сегодняшний день исследования показывают многообещающие клинические результаты применения минимально инвазивных доступов в хирургии корня аорты: сопоставимую со срединной стернотомией безопасность и эффективность процедуры, а также ряд преимуществ в виде низкой кровопотери, быстрого восстановительного периода, сниженного риска инфекционных осложнений, прекрасного косметического результата.

Однако все вышеописанные исследования имеют низкий уровень доказательной базы. Подтверждение полученных результатов рандомизированными клиническими исследованиями с длительным периодом наблюдения позволит сделать минимально инвазивный подход доступом выбора для большинства пациентов, требующих вмешательства на корне аорты. ■

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shehada S.E, Elhmid Y, Mourad F. et al. Minimal access versus conventional aortic valve replacement: a meta-analysis of propensity-matched studies. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017; 25(4):624-632. DOI: [10.1093/icvts/ivx212](https://doi.org/10.1093/icvts/ivx212)

2. Furukawa N., Kuss O., Aboud A. et al. Ministernotomy versus conventional sternotomy for aortic valve replacement: matched propensity score analysis of 808 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;46(2):221-6; discussion 226-7. DOI: [10.1093/ejcts/ezt616](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt616)

3. Ghoreishi M., Thourani V.H, Badhwar V. et al. Less-Invasive Aortic Valve Replacement: Trends and Outcomes From The Society of Thoracic Surgeons Database. *Ann Thorac Surg.* 2021; 111(4):1216-1223. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2020.06.039](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.06.039)

4. Rodríguez J.E., López M.J., Carrascal Y. et al. Sustitución valvular aórtica por miniesternotomía [Aortic valve replacement via ministernotomy]. *Rev Esp Cardiol.* 1996; 49(12): 928-30. Spanish. PMID: 9026846

5. Tam R.K., Garlick R.B., Almeida A.A. Minimally invasive redo aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(4):682-3. DOI: [10.1016/S0022-5223\(97\)70064-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70064-3)

6. Bonacchi M., Prifti E., Giunti G. et al. Does ministernotomy improve postoperative outcome in aortic valve operation? A prospective randomized study. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(2):460-5; discussion 465-6. DOI: [10.1016/S0003-4975\(01\)03402-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(01)03402-6)

7. El Gamel A. Minimal Access Aortic Root Surgery: An «Elite

Sport» or Is it for Everyone? *Heart Lung Circ.* 2019;28(12):1767-1769. DOI: [10.1016/j.hlc.2019.10.002](https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.10.002)

8. Westaby S, Katsumata T, Arifi A. Less invasive aortic root replacement. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(4):1400-1. DOI: [10.1016/s0003-4975\(98\)00642-0](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(98)00642-0)

9. Mikus E., Micari A., Calvi S. et al. Mini-Bentall: An Interesting Approach for Selected Patients. *Innovations (Phila).* 2017; 12(1):41-45. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000337](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000337)

10. Shrestha M., Krueger H., Umminger J. et al. Minimally invasive valve sparing aortic root replacement (David procedure) is safe. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015; 4(2):148-53. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04)

11. 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 Circ.* 2019; 28(12):1841-1851. DOI: [10.1016/j.hlc.2018.10.023](https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.10.023)

12. 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. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;1;57(1):8-17. DOI: [10.1093/ejcts/ezz177](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz177)

13. Чарчян Э.Р., Скворцов А.А., Панфилов В.А. и др. Хирургические вмешательства на корне и восходящем отделе аорты из минидоступа. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2017;10(1):42-46. DOI: [10.17116/kardio201710142-46](https://doi.org/10.17116/kardio201710142-46)

14. Чарчян Э.Р., Брешинов Д.Г., Белов Ю.В. Результаты мини-инвазивных клапансохраняющих вмешательств на корне аорты: анализ с применением метода «псевдорандомизации». *Кардиология.* 2020;60(7):91-97. DOI: [10.18087/cardio.2020.7.1098](https://doi.org/10.18087/cardio.2020.7.1098)

15. Янушко А. В., Черный Д. В., Соловьев С. Л. и др. Протезирование восходящей аорты из Т-образной министернотомии. УЗ «Гродненский областной клинический кардиоцентр», 2016; 1(53): 108-111.

16. Бокерия Л.А., Скопин И.И., Нарсия Б. Е. и др. Протезирование аортального клапана с реконструкцией корня аорты через мини-доступ. *Annals of surgery.* 2005; 3: 12-14.

17. Муратов Р.М., Шамсиев Г.А., Мидинов А.Ш. и др. J-образная мини-стернотомия при хирургическом лечении патологии аорты и аортального клапана после ранее выполненного хирургического вмешательства на сердце. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия,* 2013; (3): 4-8.

18. Акопов Г.А., Иванов А.С., Говорова Т.Л. и др. J-образная стернотомия в хирургии пороков аортального клапана и восходящей аорты. Непосредственные результаты. *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2020; 22(4): 75-82. DOI: [10.15825/1995-1191-2020-4-75-82](https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-4-75-82)

19. Canosa C., Mariani M.A., Grandjean J.G. et al. Aortic valve replacement via ministernotomy: early results of a two-center study. *Cardiologia.* 1999;44(10):925-7.

20. Moreno-Cabral R.J. Mini-T sternotomy for cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113:810-1. DOI: [10.1016/S0022-5223\(97\)70252-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70252-6)

21. Shah V.N., Kilcoyne M.F., Buckley M. et al. The mini-Bentall approach: Comparison with full sternotomy. *JTCVS Tech.* 2021;7:59-66. DOI: [10.1016/j.xjtc.2021.01.025](https://doi.org/10.1016/j.xjtc.2021.01.025)

22. Staromłyński J., Kowalewski M., Sarnowski W. et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery. *J Thorac Dis.* 2020; 12(11): 6446-6457. DOI: [10.21037/jtd-20-2165](https://doi.org/10.21037/jtd-20-2165)

23. Shrestha M., Kaufeld T., Shrestha P. et al. Valve-sparing David procedure via minimally invasive access does not compromise outcome. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 14: 9:966126. DOI: [10.3389/fcvm.2022.966126](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.966126)

24. Yan T.D. Mini-Bentall procedure. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015;4(2):182-90. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08)

25. Karimov J. H., Santarelli F., Murzi M. et al. A technique of an upper V-type ministernotomy in the second intercostal space, *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery.* 2009; 9( 6): 1021-1022, DOI: [10.1510/icvts.2009.215699](https://doi.org/10.1510/icvts.2009.215699)

26. Di Eusanio M., Castrovinci S., Cefarelli M. et al. Minimally invasive root surgery: a Bentall procedure through a J-ministernotomy. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;4(2):198-200. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2014.11.05](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.11.05)

27. Uwabe K., Masuda N. Aortic Root Replacement via Lower Hemisternotomy After an Esophageal Operation. *Ann Vasc Dis.* 2021;14(4):372-375. DOI: [10.3400/avd.cr.21-00075](https://doi.org/10.3400/avd.cr.21-00075)

28. Onorati F., D'Onofrio A., Biancari F., et al. Aortic valve replacement in redo-scenarios: a comparison between traditional aortic valve replacement (TAVR) and transapical TAVR from two real-world multicenter registries. *J Heart Valve Dis.* 2015;24:669-678.

29. Santarpino G., Pfeiffer S., Concistre G. et al. The Perceval S aortic valve has the potential of shortening surgical time: does it also result in improved outcome? *Ann Thorac Surg.* 2013; 96:77-82. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2013.03.083](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.03.083)

30. Byrne J.G., Aranki S.F., Couper G.S. et al. Reoperative aortic valve replacement: partial upper hemisternotomy versus conventional full sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118(6):991-7. DOI: [10.1016/S0022-5223\(99\)70092-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(99)70092-9)

31. Rao P.N., Kumar A.S. Aortic valve replacement through right thoracotomy. *Tex Heart Inst J.* 1993;20(4):307-8.

32. Cosgrove D.M. 3rd, Sabik J.F. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62(2):596-7.

33. Minale C., Reifschneider H.J., Schmitz E. et al. Early results of minimally invasive aortic valve replacement. Experience with the first 34 cases. *G Ital Cardiol.* 1997;27(5):458-61.

34. Bethencourt D.M., Le J., Rodriguez G. et al. Minimally Invasive Aortic Valve Replacement via Right Anterior Minithoracotomy and Central Aortic Cannulation: A 13 Year Experience. *Innovations (Phila).* 2017;12(2):87-94. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000358](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000358)

35. Abud B., Saydam O., Engin A.Y. et al. Outcomes of Aortic Valve Replacement Via Right Anterior Minithoracotomy and Central Cannulation Versus Conventional Aortic Valve Replacement in Obese Patients. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2022 Dec 1;37(6):875-882. DOI: [10.21470/1678-9741-2021-0098](https://doi.org/10.21470/1678-9741-2021-0098)

36. Lamelas J., Mawad M., Williams R. et al. Isolated and concomitant minimally invasive minithoracotomy aortic valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(3):926-936.e2. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2017.09.044](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.09.044)

37. Lamelas J., LaPietra A. Right Minithoracotomy Approach

for Replacement of the Ascending Aorta, Hemiarch, and Aortic Valve. *Innovations (Phila)*. 2016;11(4):301-4. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000292](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000292)

38. Lamelas J., Chen P.C., Loor G. et al. Successful Use of Sterna-Sparing Minimally Invasive Surgery for Proximal Ascending Aortic Pathology. *Ann Thorac Surg*. 2018;106(3):742-748. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2018.03.081](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.03.081)

39. Johnson C.A. Jr, Siordia J.A., Wood K.L. et al. Right Minithoracotomy Bentall Procedure. *Innovations (Phila)*. 2018;13(5):328-331. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000555](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000555)

40. Johnson C.A. Jr, Siordia J.A., Robinson D.A. et al. Right mini-thoracotomy Bentall with traditional and automated suturing devices. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2018; 2018. DOI: [10.1510/mmcts.2018.025](https://doi.org/10.1510/mmcts.2018.025)

41. Jawarkar M., Manek P., Wadhawa V. et al. Mini- Bentall Surgery: The Right Thoracotomy Approach. *J Chest Surg*. 2021; 54(6): 554-557. DOI: [10.5090/jcs.21.036](https://doi.org/10.5090/jcs.21.036)

42. Wang Y., Liu F., Yang Y. et al. Mini-Invasive Bentall Procedure Performed via a Right Anterior Thoracotomy Approach With a Costochondral Cartilage Sparing. *Front Cardiovasc Med*. 2022 ; 9:841472. DOI: [10.3389/fcvm.2022.841472](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.841472)

43. Karadzha A, Bogachev-Prokophiev A, Sharifulin R et al. The Bio-Bentall procedure with concomitant hemiarch replacement through a right anterolateral minithoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2022 Apr 5;2022. DOI: [10.1510/mmcts.2022.016](https://doi.org/10.1510/mmcts.2022.016)

44. Van Praet K.M., van Kampen A., Kofler M. et al. Minimally invasive surgical aortic valve replacement: The RALT approach. *J Card Surg*. 2020;35(9):2341-2346. DOI: [10.1111/jocs.14756](https://doi.org/10.1111/jocs.14756)

45. Glauber M., Ferrarini M., Miceli A. Minimally invasive aortic valve surgery: state of the art and future directions. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015 Jan;4(1):26-32. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2015.01.01](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2015.01.01)

46. Ramoni E., Smorto V., Magnano D. et al. Aortic Valve Reimplantation Through Right Anterior Minithoracotomy With Totally Central Cannulation. 2021. Conference: 2021 ISMICS RE-IMAGINED DOI: [10.13140/RG.2.2.23994.93124](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23994.93124)

47. Hillebrand J., Alshakaki M., Martens S. et al. Minimally invasive aortic root replacement with valved conduits through partial upper sternotomy. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;66:295-300. DOI: [10.1055/s-0037-1598196](https://doi.org/10.1055/s-0037-1598196)

48. Mikus E., Micari A., Calvi S. et al. Mini-Bentall: an interesting approach for selected patients. *Innov Technol Tech Cardiothorac Vasc Surg*. 2017;12:41-5. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000337](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000337)

49. Levack M.M., Aftab M., Roselli E.E. et al. Outcomes of a less-invasive approach for proximal aortic operations. *Ann Thorac Surg*. 2017;103:533-40. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2016.06.008](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.008)

50. Kim E., Kim J.B. Suspending Commissural Sutures for Aortic Valve Exposure in Minithoracotomy Aortic Valve Replacement. *J Chest Surg*. 2021;54(6):551-553. DOI: [10.5090/jcs.21.014](https://doi.org/10.5090/jcs.21.014)

51. Bouchot O., Petrosyan A., Morgant M.C. et al. Technical points for aortic valve replacement through right anterior minithoracotomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2018 May 1;53(suppl\_2):ii24-ii26. DOI: [10.1093/ejcts/ezy105](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy105)

52. Bakhtiyar F., El-Sayed Ahmad A., Amer M. et al. Video-Assisted Minimally Invasive Aortic Valve Replacement Through Right Anterior Minithoracotomy for All Comers With Aortic Valve Disease. *Innovations (Phila)*. 2021;16(2):169-174. DOI: [10.1177/1556984520977212](https://doi.org/10.1177/1556984520977212)

53. Solinas M., Bianchi G., Chiaramonti F. et al. Right anterior mini-thoracotomy and sutureless valves: the perfect marriage. *Ann Cardiothorac Surg*. 2020; 9(4): 305-313. DOI: [10.21037/acs-2019-surd-172](https://doi.org/10.21037/acs-2019-surd-172)

54. Kirmani B.H., Jones S.G., Malaisrie S.C. et al. Limited versus full sternotomy for aortic valve replacement. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;4(4):CD011793. DOI: [10.1002/14651858.CD011793.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011793.pub2)

55. Fattouch K., Moscarelli M., Del Giglio M. et al. Non-sutureless minimally invasive aortic valve replacement: mini-sternotomy versus mini-thoracotomy: a series of 1130 patients. *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2016; 23:253-8. DOI: [10.1093/icvts/ivw104](https://doi.org/10.1093/icvts/ivw104)

56. Balmforth D., Harky A., Lall K. et al. Is ministernotomy superior to right anterior minithoracotomy in minimally invasive aortic valve replacement? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017; 25(5):818-821. DOI: [10.1093/icvts/ivx241](https://doi.org/10.1093/icvts/ivx241)

57. Shen J.Q., Wei L., Xia L.M. et al. [Comparison of anterolateral minithoracotomy versus partial upper hemisternotomy in aortic valve replacement]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2016;54:601-4.

58. Miceli A., Murzi M., Gilmanov D. et al. Minimally invasive aortic valve replacement using right minithoracotomy is associated with better outcomes than ministernotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148:133-7. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2013.07.060](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.060)

59. Semsroth S., Matteucci-Gothe R., Heinz A. et al. Comparison of anterolateral minithoracotomy versus partial upper hemisternotomy in aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg*. 2015; 100: 868-73. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2015.03.009](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.03.009)

60. Hassan M., Miao Y., Maraey A et al. Minimally invasive aortic valve replacement: cost-benefit analysis of ministernotomy versus minithoracotomy approach. *J Heart Valve Dis*. 2015;24: 531-9.

## REFERENCE

1. Shehada S.E., Elhmidi Y., Mourad F. et al. Minimal access versus conventional aortic valve replacement: a meta-analysis of propensity-matched studies. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017; 25(4):624-632. DOI: [10.1093/icvts/ivx212](https://doi.org/10.1093/icvts/ivx212)

2. Furukawa N., Kuss O., Aboud A. et al. Ministernotomy ver-

sus conventional sternotomy for aortic valve replacement: matched propensity score analysis of 808 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;46(2):221-6; discussion 226-7. DOI: [10.1093/ejcts/ezt616](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt616)

3. Ghoreishi M., Thourani V.H., Badhwar V. et al. Less-Invasive Aor-

tic Valve Replacement: Trends and Outcomes From The Society of Thoracic Surgeons Database. *Ann Thorac Surg.* 2021;111(4):1216-1223. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2020.06.039](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.06.039)

4. Rodríguez J.E., López M.J., Carrascal Y. et al. Sustitución valvular aórtica por miniesternotomía [Aortic valve replacement via ministernotomy]. *Rev Esp Cardiol.* 1996; 49(12): 928-30. Spanish. PMID: 9026846

5. Tam R.K., Garlick R.B., Almeida A.A. Minimally invasive redo aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(4):682-3. DOI: [10.1016/S0022-5223\(97\)70064-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70064-3)

6. Bonacchi M., Prifti E., Giunti G. et al. Does ministernotomy improve postoperative outcome in aortic valve operation? A prospective randomized study. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(2):460-5; discussion 465-6. DOI: [10.1016/S0003-4975\(01\)03402-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(01)03402-6)

7. El Gamel A. Minimal Access Aortic Root Surgery: An «Elite Sport» or Is it for Everyone? *Heart Lung Circ.* 2019;28(12):1767-1769. DOI: [10.1016/j.hlc.2019.10.002](https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.10.002)

8. Westaby S., Katsumata T., Arifi A. Less invasive aortic root replacement. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(4):1400-1. DOI: [10.1016/S0003-4975\(98\)00642-0](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(98)00642-0)

9. Mikus E., Micari A., Calvi S. et al. Mini-Bentall: An Interesting Approach for Selected Patients. *Innovations (Phila).* 2017; 12(1):41-45. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000337](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000337)

10. Shrestha M., Krueger H., Umminger J. et al. Minimally invasive valve sparing aortic root replacement (David procedure) is safe. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015; 4(2):148-53. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.08.04)

11. 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 Circ.* 2019; 28(12):1841-1851. DOI: [10.1016/j.hlc.2018.10.023](https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.10.023)

12. 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. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;1;57(1):8-17. DOI: [10.1093/ejcts/ezz177](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz177)

13. Charchyan E.R., Skvortsov A.A., Panfilov V.A. et al. Experience for aortic root and ascending aortic surgery via minimal access. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery / Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2017; 10(1): 42-46. DOI: [10.17116/kardio201710142-46](https://doi.org/10.17116/kardio201710142-46) [In Russ].

14. Charchyan E.R., Breshenkov D.G., Belov Y.V. Results of Minimally Invasive Valve-Sparing Aortic Root Valve Surgery: Propensity Score Matching Analysis. *Kardiologiya.* 2020; 60(7):91-97. DOI: [10.18087/kardio.2020.7.n1098](https://doi.org/10.18087/kardio.2020.7.n1098) [In Russ].

15. Yanushko A.V., Chernyj D.V., Solov'ev S. L. Protezirovaniye voskhodyashchej aorty iz t-obraznoj ministernotomii. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2016; 1(53): 108-111 [In Russ].

16. Bockeria L.A., Skopin I.I., Narsia B. Ye. et al. Prosthetic repair of the aortic valve with repair of the aortic root via mini-access. *Annals of surgery.* 2005; 3: 12-14 [In Russ].

17. Muratov R.M., Shamsiev G.A., Midinov A.Sh. et al. J-shaped mini-sternotomy in surgical treatment of pathology of the aorta and aortic valve after cardiac surgical intervention performed earlier. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*

2013; 3: 4-8 [In Russ].

18. Akopov G.A., Ivanov A.S., Govorova T.N. et al. J-shaped sternotomy in aortic valve repair and ascending aorta replacement. Short-term results. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov.* 2020; 4: 75-82 DOI: [10.15825/1995-1191-2020-4-75-82](https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-4-75-82) [In Russ].

19. Canosa C., Mariani M.A., Grandjean J.G. et al. Aortic valve replacement via ministernotomy: early results of a two-center study. *Cardiologia.* 1999;44(10):925-7.

20. Moreno-Cabral R.J. Mini-T sternotomy for cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113:810-1. DOI: [10.1016/S0022-5223\(97\)70252-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70252-6)

21. Shah V.N., Kilcoyne M.F., Buckley M. et al. The mini-Bentall approach: Comparison with full sternotomy. *JTCVS Tech.* 2021;7:59-66. DOI: [10.1016/j.xjtc.2021.01.025](https://doi.org/10.1016/j.xjtc.2021.01.025)

22. Staromłyński J., Kowalewski M., Sarnowski W. et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery. *J Thorac Dis.* 2020; 12(11): 6446-6457. DOI: [10.21037/jtd-20-2165](https://doi.org/10.21037/jtd-20-2165)

23. Shrestha M., Kaufeld T., Shrestha P. et al. Valve-sparing David procedure via minimally invasive access does not compromise outcome. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 14: 9:966126. DOI: [10.3389/fcvm.2022.966126](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.966126)

24. Yan T.D. Mini-Bentall procedure. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015;4(2):182-90. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2015.03.08)

25. Karimov J. H., Santarelli F., Murzi M. et al. A technique of an upper V-type ministernotomy in the second intercostal space, *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery.* 2009; 9(6): 1021-1022. DOI: [10.1510/icvts.2009.215699](https://doi.org/10.1510/icvts.2009.215699)

26. Di Eusanio M., Castrovinci S., Cefarelli M. et al. Minimally invasive root surgery: a Bentall procedure through a J-ministernotomy. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;4(2):198-200. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2014.11.05](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.11.05)

27. Uwabe K., Masuda N. Aortic Root Replacement via Lower Hemisternotomy After an Esophageal Operation. *Ann Vasc Dis.* 2021;14(4):372-375. DOI: [10.3400/avd.cr21-00075](https://doi.org/10.3400/avd.cr21-00075)

28. Onorati F., D'Onofrio A., Biancari F. et al. Aortic valve replacement in redo-scenarios: a comparison between traditional aortic valve replacement (TAVR) and transapical TAVR from two real-world multicenter registries. *J Heart Valve Dis.* 2015;24:669-678.

29. Santarpino G., Pfeiffer S., Concistre G. et al. The Perceval S aortic valve has the potential of shortening surgical time: does it also result in improved outcome? *Ann Thorac Surg.* 2013; 96:77-82. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2013.03.083](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.03.083)

30. Byrne J.G., Aranki S.F., Couper G.S. et al. Reoperative aortic valve replacement: partial upper hemisternotomy versus conventional full sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118(6):991-7. DOI: [10.1016/S0022-5223\(99\)70092-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(99)70092-9)

31. Rao P.N., Kumar A.S. Aortic valve replacement through right thoracotomy. *Tex Heart Inst J.* 1993;20(4):307-8.

32. Cosgrove D.M. 3rd, Sabik J.F. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(2):596-7.

33. Minale C., Reifschneider H.J., Schmitz E. et al. Early results of minimally invasive aortic valve replacement. Experience with the first 34 cases. *G Ital Cardiol.* 1997;27(5):458-61.

34. Bethencourt D.M., Le J., Rodriguez G. et al. Minimally Invasive Aortic Valve Replacement via Right Anterior Minithoracotomy and Central Aortic Cannulation: A13 Year Experience. *Innovations (Phila)*. 2017;12(2):87-94. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000358](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000358)
35. Abud B., Saydam O., Engin A.Y. et al. Outcomes of Aortic Valve Replacement Via Right Anterior Minithoracotomy and Central Cannulation Versus Conventional Aortic Valve Replacement in Obese Patients. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2022 Dec 1;37(6):875-882. DOI: [10.21470/1678-9741-2021-0098](https://doi.org/10.21470/1678-9741-2021-0098)
36. Lamelas J., Mawad M., Williams R. et al. Isolated and concomitant minimally invasive minithoracotomy aortic valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;155(3):926-936.e2. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2017.09.044](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.09.044)
37. Lamelas J., LaPietra A. Right Minithoracotomy Approach for Replacement of the Ascending Aorta, Hemiarch, and Aortic Valve. *Innovations (Phila)*. 2016;11(4):301-4. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000292](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000292)
38. Lamelas J., Chen P.C., Loor G. et al. Successful Use of Sterna-Sparing Minimally Invasive Surgery for Proximal Ascending Aortic Pathology. *Ann Thorac Surg*. 2018;106(3):742-748. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2018.03.081](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.03.081)
39. Johnson C.A. Jr, Siordia J.A., Wood K.L. et al. Right Minithoracotomy Bentall Procedure. *Innovations (Phila)*. 2018;13(5):328-331. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000555](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000555)
40. Johnson C.A. Jr, Siordia J.A., Robinson D.A. et al. Right mini-thoracotomy Bentall with traditional and automated suturing devices. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2018; 2018. DOI: [10.1510/mmcts.2018.025](https://doi.org/10.1510/mmcts.2018.025)
41. Jawarkar M., Manek P., Wadhawa V. et al. Mini- Bentall Surgery: The Right Thoracotomy Approach. *J Chest Surg*. 2021; 54(6): 554-557. DOI: [10.5090/jcs.21.036](https://doi.org/10.5090/jcs.21.036)
42. Wang Y., Liu F., Yang Y. et al. Mini-Invasive Bentall Procedure Performed via a Right Anterior Thoracotomy Approach With a Costochondral Cartilage Sparing. *Front Cardiovasc Med*. 2022 ; 9:841472. DOI: [10.3389/fcvm.2022.841472](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.841472)
43. Karadzha A, Bogachev-Prokophiev A, Sharifulin R et al. The Bio-Bentall procedure with concomitant hemiarch replacement through a right anterolateral minithoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2022 Apr 5;2022. DOI: [10.1510/mmcts.2022.016](https://doi.org/10.1510/mmcts.2022.016)
44. Van Praet K.M., van Kampen A., Kofler M. et al. Minimally invasive surgical aortic valve replacement: The RALT approach. *J Card Surg*. 2020;35(9):2341-2346. DOI: [10.1111/jocs.14756](https://doi.org/10.1111/jocs.14756)
45. Glauber M., Ferrarini M., Miceli A. Minimally invasive aortic valve surgery: state of the art and future directions. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015 Jan;4(1):26-32. DOI: [10.3978/j.issn.2225-319X.2015.01.01](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2015.01.01)
46. Ramoni E., Smorto V., Magnano D. et al. Aortic Valve Reimplantation Through Right Anterior Minithoracotomy With Totally Central Cannulation. 2021. Conference: 2021 ISMICS RE-IMAGINED DOI: [10.13140/RG.2.2.3994.93124](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.3994.93124)
47. Hillebrand J., Alshakaki M., Martens S. et al. Minimally invasive aortic root replacement with valved conduits through partial upper sternotomy. *Thorac Cardiovasc Surg* 2018;66:295-300. DOI: [10.1055/s-0037-1598196](https://doi.org/10.1055/s-0037-1598196)
48. Mikus E., Micari A., Calvi S. et al. Mini-Bentall: an interesting approach for selected patients. *Innov Technol Tech Cardiothorac Vasc Surg* 2017;12:41-5. DOI: [10.1097/IMI.0000000000000337](https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000337)
49. Levack M.M., Aftab M., Roselli E.E. et al. Outcomes of a less-invasive approach for proximal aortic operations. *Ann Thorac Surg* 2017;103:533-40. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2016.06.008](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.008)
50. Kim E., Kim J.B. Suspending Commissural Sutures for Aortic Valve Exposure in Minithoracotomy Aortic Valve Replacement. *J Chest Surg*. 2021;54(6):551-553. DOI: [10.5090/jcs.21.014](https://doi.org/10.5090/jcs.21.014)
51. Bouchot O., Petrosyan A., Morgant M.C. et al. Technical points for aortic valve replacement through right anterior minithoracotomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2018 May 1;53(suppl\_2):ii24-ii26. DOI: [10.1093/ejcts/ezy105](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy105)
52. Bakhtyari F., El-Sayed Ahmad A., Amer M. et al. Video-Assisted Minimally Invasive Aortic Valve Replacement Through Right Anterior Minithoracotomy for All Comers With Aortic Valve Disease. *Innovations (Phila)*. 2021;16(2):169-174. DOI: [10.1177/1556984520977212](https://doi.org/10.1177/1556984520977212)
53. Solinas M., Bianchi G., Chiaramonti F. et al. Right anterior mini-thoracotomy and sutureless valves: the perfect marriage. *Ann Cardiothorac Surg*. 2020; 9(4): 305-313. DOI: [10.21037/acs-2019-surd-172](https://doi.org/10.21037/acs-2019-surd-172)
54. Kirmani B.H., Jones S.G., Malaisrie S.C. et al. Limited versus full sternotomy for aortic valve replacement. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;4(4):CD011793. DOI: [10.1002/14651858.CD011793.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD011793.pub2)
55. Fattouch K., Moscarelli M., Del Giglio M. et al. Non-sutureless minimally invasive aortic valve replacement: mini-sternotomy versus mini-thoracotomy: a series of 1130 patients. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2016; 23:253-8. DOI: [10.1093/icvts/ivw104](https://doi.org/10.1093/icvts/ivw104)
56. Balmforth D., Harky A., Lall K. et al. Is ministernotomy superior to right anterior minithoracotomy in minimally invasive aortic valve replacement? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017; 25(5):818-821. DOI: [10.1093/icvts/ivx241](https://doi.org/10.1093/icvts/ivx241)
57. Shen J.Q., Wei L., Xia L.M. et al. [Comparison of anterolateral minithoracotomy versus partial upper hemisternotomy in aortic valve replacement]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2016;54:601-4.
58. Miceli A., Murzi M., Gilmanov D. et al. Minimally invasive aortic valve replacement using right minithoracotomy is associated with better outcomes than ministernotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148:133-7. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2013.07.060](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.07.060)
59. Semsroth S., Matteucci-Gothe R., Heinz A. et al. Comparison of anterolateral minithoracotomy versus partial upper hemisternotomy in aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 2015; 100: 868-73. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2015.03.009](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.03.009)
60. Hassan M, Miao Y, Maraey A et al. Minimally invasive aortic valve replacement: cost-benefit analysis of ministernotomy versus minithoracotomy approach. *J Heart Valve Dis* 2015;24: 531-9.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Караджа Анастасия Вадимовна** – [ORCID: 0000-0002-0958-7835] младший научный сотрудник отдела новых хирургических технологий ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск 630055, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15

**Шарифулин Равиль Махарамович** – [ORCID: 0000-0002-8832-2447] к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург отделения приобретенных пороков сердца ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск 630055, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15

**Богачев-Прокофьев Александр Владимирович** – [ORCID: 0000-0003-4625-4631], д.м.н., директор института патологии кровообращения ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск 630055, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15

**Чернявский Александр Михайлович** – [ORCID: 0000-0001-9818-8678] д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск 630055, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, 15

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

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии источника финансирования.

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

## AUTHOR INFORMATION FORM

**Anastasia V. Karadzha** – [ORCID: 0000-0002-0958-7835] MD, Research Assistant, Department of Novel Surgical Technologies, E. Meshalkin National Medical Research Centre, Novosibirsk, Russian Federation 15, Rechkunovskaya Street, Novosibirsk, Russian Federation, 630055

**Ravil M. Sharifulin** – [ORCID: 0000-0002-8832-2447] MD, PhD, Cardiovascular Surgeon, Department of Acquired Heart Diseases, E. Meshalkin National Medical Research Centre, Novosibirsk, Russian Federation 15, Rechkunovskaya Street, Novosibirsk, Russian Federation, 630055

**Alexander V. Bogachev-Prokofiev** – [ORCID: 0000-0003-4625-4631] MD, PhD, Director, Institute of Circulatory Pathology, E. Meshalkin National Medical Research Centre, Novosibirsk, Russian Federation 15, Rechkunovskaya Street, Novosibirsk, Russian Federation, 630055

**Alexander M. Chernyavskiy** – [ORCID: 0000-0001-9818-8678] MD, PhD, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Director General, E. Meshalkin National Medical Research Centre, Novosibirsk, Russian Federation 15, Rechkunovskaya Street, Novosibirsk, Russian Federation, 630055

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

**Funding.** The authors declare no funding sources.

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