

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ • REVIEWS

МИНИИНВАЗИВНЫЕ ДОСТУПЫ В КАРДИОХИРУРГИИ
ПРИОБРЕТЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦАЕлисеев И.Г.¹, Лищук А.Н.¹, Хавандеев М.Л.¹, Гительзон Е.А.*²,
Файбушевич А.Г.²

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_106

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр
высоких медицинских технологий – Центральный военный
клинический госпиталь им. А.А. Вишневецкого», Красногорск² ФGAOU ВО «Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы», Москва

Резюме. Традиционно операции на сердце выполнялись при помощи стернотомии. После разработки новых методов последовали процедуры протезирования клапанов и реваскуляризации миокарда при помощи торакотомии и гемистернотомии. С появлением транскатетерного протезирования аортального клапана и аортальных клапанов быстрого раскрытия возник вопрос о необходимости минимизации травмы при хирургической замене клапана. Приводятся данные об историческом развитии миниинвазивных доступов в кардиохирургии, а также предпринимается попытка сопоставить преимущества и недостатки разных методик.

Ключевые слова: стернотомия, миниинвазивная кардиохирургия, мини-торакотомия, аортальный клапан, митральный клапан.

Введение

С середины 1990-х гг. миниинвазивная кардиохирургия (МИК) быстро завоевала популярность благодаря пионерам в этой области, таким как Ф.Дж. Бенетти и Х. Ванермен [1]. После 2000-х гг. мини-доступы приобрели еще большую популярность. В клинических исследованиях доказана эффективность и безопасность МИК [2]. В течение последних десятилетий широко стали применяться методики эндоскопической хирургии с роботизированной поддержкой [3]. Применение МИК обеспечивает меньшую травму, уменьшение количества осложнений, больший реабилитационный потенциал.

Несколько миниинвазивных доступов (в том числе правый парастернальный доступ, верхняя и нижняя мини-торакотомия, V-образная, Z-образная, обратная T-, J-, C- и L- частичная мини-торакотомия, поперечная стернотомия и правая мини-торакотомия) были разработаны для протезирования аортального клапана (АК) с 1993 г. [4]. При их использовании наблюдались лучшие результаты и меньшая периоперационная заболеваемость по сравнению с полной стернотомией

MINIMALLY INVASIVE APPROACHES IN CARDIAC SURGERYEliseev I.G.¹, Lischuk A.N.¹, Havandeev M.L.¹, Gitelzon E.A.*², Faibushevich A.G.²¹ The National Medical Research Center of High Medical Technologies
– the Central Military Clinical Hospital of A.A. Vishnevsky», Krasnogorsk
² RUDN University, Moscow

Abstract. Traditionally, heart surgery was performed using a sternotomy. After the development of new methods, procedures for valve replacement and myocardial revascularization using thoracotomy and hemisternotomy followed. With the advent of transcatheter aortic valve replacement and rapid opening aortic valves, the question arose of the need to minimize trauma during surgical valve replacement. This article provides data on the historical development of minimally invasive approaches in cardiac surgery, and an attempt is made to compare the advantages and disadvantages of different techniques.

Keywords: sternotomy, minimally invasive cardiac surgery, mini-thoracotomy, aortic valve, mitral valve.

[5]. Однако все доступы имеют как преимущества, так и недостатки (Табл. 1).

Первое сообщение о протезировании АК из мини-доступа в отечественной хирургической практике было опубликовано в 1998 г. Ю.В. Беловым и соавт. [6]. В качестве доступа ими использовалась поперечная стернотомия в третьем межреберье.

Общество торакальных хирургов (Society of Thoracic Surgeons — STS) в 2003 г. выделяет отдельный термин «миниинвазивная кардиохирургия» и определяет ее, как «любую процедуру, которая выполняется без применения искусственного кровообращения и полной стернотомии в качестве доступа» [7]. Но в 2008 г. Американская ассоциация сердца (American Heart Association — АНА) определила этот термин как «операция, выполненная из минимального разреза на грудной клетке, исключая полную стернотомию» [8].

Верхняя мини-стернотомия

В настоящее время верхняя мини-стернотомия — это наиболее предпочтительный доступ для миниинвазивной

* e-mail: altnlu88@mail.ru

Табл. 1. Виды доступов, их преимущества и недостатки

Доступ	Преимущества	Недостатки
Верхняя мини-стернотомия	Ранняя мобилизация и реабилитация Не требуется специальный инструментарий	Необходим опыт хирурга Ограничения одновременных операций на других клапанах и коронарных артериях Деформация грудной клетки, патология аорты (аневризма), абсцессы являются противопоказанием
Нижняя мини-стернотомия	Возможность прямой канюляции и перекрестного зажима аорты Сохранение верхней части грудины, угла Людовика и рукоятки у пожилых пациентов с остеопорозом грудины Не требуется специальный инструментарий	Операция на аорте и замена клапана аорты – относительные противопоказания Пережатие и канюлирование восходящей аорты может быть затруднено, если восходящая аорта расположена каудально Размещение кардиоплегической канюли или канюлирования верхней полой вены может быть затруднено
Правая мини-торакотомия	Эффективность Стабилизация грудины пациентов Ранняя реабилитация и мобилизация	Ограничение доступа и экспозиции при вариантах анатомии аорты и аортального клапана Использование специального инструментария
Правая переднебоковая мини-торакотомия	Меньшая кровопотеря Меньше риск инфекций Лучший косметический эффект Не требуется специальный инструментарий Возможность проведения эндоскопической операции	Необходим опыт хирурга Относительные противопоказания: правосторонняя торакотомия в анамнезе, лучевая терапия, перикардит, деформация грудной клетки, заболевания периферических артерий Абсолютные противопоказания: выраженный атеросклероз аорты и периферических артерий

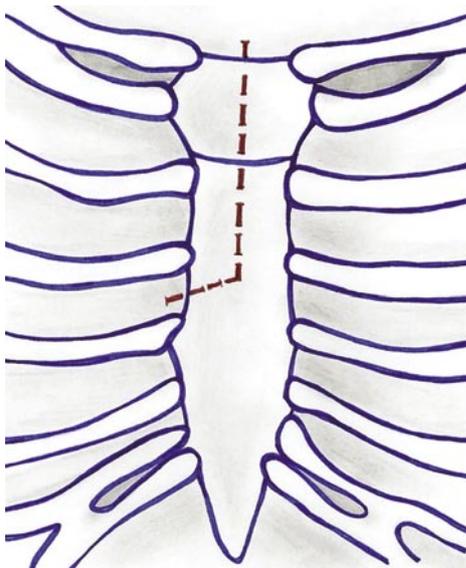


Рис. 1. Верхняя J-образная мини-стернотомия.

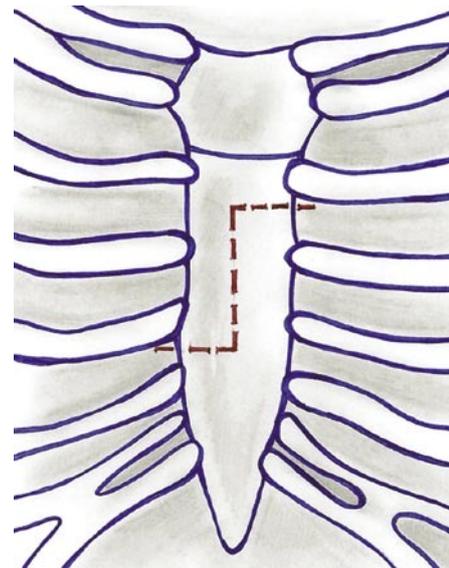


Рис. 2. S-образная мини-стернотомия.

хирургии АК [9]. Техника представляет собой J-образный верхний министернотомический разрез (Рис. 1) [10]. Впервые такой доступ был озвучен Konertz и соавт. в 1996 г. [11].

Эффективность этого подхода почти сопоставима с традиционными доступами в хирургии АК. Ранняя мобилизация и реабилитация являются большим преимуществом данного доступа (Табл. 1). Из J-образного министернотомического разреза в четвертом межреберье возможно выполнение практически всех вмешательств на грудной части аорты и сердце [12].

По мнению некоторых авторов L-образная верхнесрединная мини-стернотомия является оптимальной для операций на дуге аорты. Первое вмешательство на дуге аорты из данного доступа выполнил Svensson и соавт. [13].

Свою эффективность и сравнительную безопасность показал S-образный (или Z-образный) доступ в исследовании Autschbach и соавт. [14]. Этот разрез представляет собой манубриально-сохраняющая стернотомия из второго межреберья слева в четвертое межреберье справа (Рис. 2) [15].

Также в исследованиях и клинической практике зарекомендовала себя V-образная мини-стернотомия (Рис. 3) [16].

При использовании верхней мини-стернотомии существует ряд ограничений (Табл. 1). Для успешного выполнения операции с использованием подобного доступа у оперирующего хирурга должен быть опыт работы с мини-доступами [17]. Одновременное выполнение протезирования разных клапанов и шунтирования коронарных

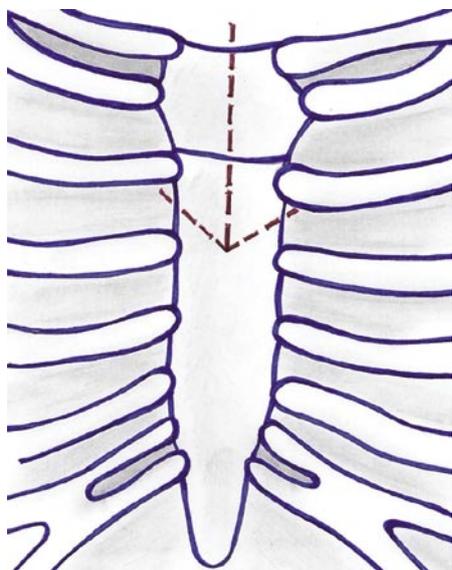


Рис. 3. V-образная мини-стернотомия.

артерий следует выполнять из большего доступа. Также не рекомендуется данный доступ при протезировании аорты или операциях по поводу абсцессов. Верхняя J-образная министернотомия является хорошей, выполнимой и безопасной альтернативой срединной стернотомии при замене АК и операции на аорте. Использование специально разработанных инструментов не требуется.

Нижняя мини-стернотомия

Нижняя мини-стернотомия используется для восстановления или замены митрального клапана (МК), операций на трикуспидальном клапане (ТКК), закрытия дефекта межпредсердной перегородки или удаления опухоли сердца с 1990-х гг. (Рис. 4) [11; 18; 19].

Использование этого доступа обеспечивает лучшую стабильность грудной стенки, улучшение функций дыхания и большой реабилитационный потенциал. Основным преимуществом этого доступа является возможность прямой канюляции и перекрестного зажима аорты (см. табл. 1). Оперативная техника аналогична полной стернотомии. При использовании данного доступа не требуется большого опыта проведения МИК. Используются традиционные инструменты. Также преимуществом данного разреза является сохранение верхней части грудины, угла Людовика и рукоятки у пожилых пациентов с остеопорозом.

Этот доступ является безопасным и подходит для операций на МК и ТКК, удаления опухоли сердца. С помощью этого разреза можно выполнить реваскуляризацию правой коронарной артерии и дистального отдела огибающей артерии. Операция на аорте и замена АК могут быть относительным противопоказанием из-за сложного и ограниченного хирургического доступа (Табл. 1). Пережатие и канюлирование восходящей аорты может быть затруднено, если восходящая аорта расположена

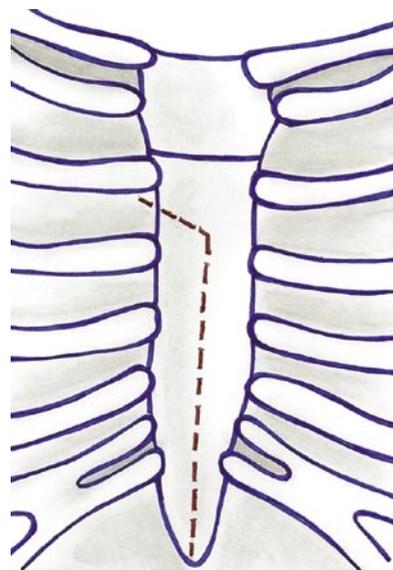


Рис. 4. Нижняя мини-стернотомия.

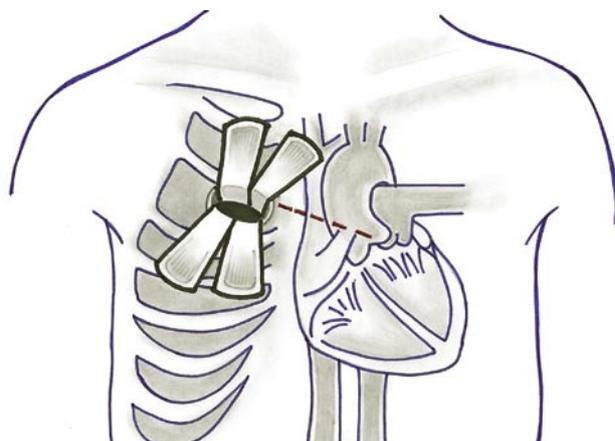


Рис. 5. Правая мини-торакотомия.

каудально под неповрежденной грудиной. Размещение кардиоплегической канюли или канюлирования верхней полой вены также может быть сложной задачей.

Нижняя частичная мини-стернотомия является выполнимой, но менее часто используемой техникой. Она предполагает сохранение стабильности грудины с хорошей послеоперационной реабилитацией и быстрой мобилизацией. Этот доступ легко выполнить при операциях на МК и ТКК или при удалении опухоли. Данный доступ менее травматичен у пожилых пациентов, особенно с обструктивными заболеваниями легких.

Правая передняя мини-торакотомия

За последние два десятилетия широкое применение получила правая мини-торакотомия [20]. Это относительно новый доступ с минимальным разрезом через второе или третье межреберье справа (Рис. 5) [12].

Впервые выполнение протезирования АК из правосторонней передней мини-торакалотомии было проведено Kumat и соавт. в 1993 г. [20]. В 90-х гг. стали появляться публикации о выполнении замены АК из правостороннего парастернального доступа размером до 10 см.

В литературе сообщается о благоприятных исходах операций с использованием подобного доступа [21]. Эта техника может быть осуществима, если АК расположен кзади от грудины или ближе к правой части грудной клетки. В таких случаях данный доступ обеспечивает превосходную экспозицию.

Тем не менее, предоперационное планирование хирургической стратегии необходимо, чтобы избежать технических трудностей. Использование этого доступа может быть потенциально полезным для защиты стабильности грудины у молодых пациентов, пожилых пациентов и пациентов с множественными сопутствующими заболеваниями, такими как диабет, почечная недостаточность, обструктивная болезнь легких и повышенный индекс массы тела (Табл. 1). Этот разрез МИК позволяет обеспечить раннюю мобилизацию пожилых пациентов.

Имеют место некоторые ограничения данного метода (Табл. 1). Они в основном связаны с техническими аспектами и отбором пациентов. Предоперационная анатомическая оценка необходима для определения возможности такого доступа для замены АК. Следует оценить анатомию восходящей аорты или плоскость аортального кольца. Положение АК должно быть под грудиной или смещаться вправо к груди. Если клапан отклонится влево, экспозиция будет крайне ограничена. Другие ограничения включают невозможность катетеризации пациента. Также следует исключить больных, которым необходимы клапан сохраняющие операции на корне аорты. Экспозиция кольца аорты, особенно правого и левого синуса Вальсальвы, может быть затруднена. В таких случаях наложение швов и завязывание узлов могут вызывать трудности при механической или биологической замене клапана. Хирургу может понадобиться использовать инструменты с длинным стержнем или аппарат для завязывания узлов. Хотя эти инструменты экономят время, они увеличивают стоимость процедуры.

Правая переднебоковая миниторакотомия

Правая переднебоковая мини-торакалотомия широко используется для операций на МК (Рис. 6) [15]. Ее применение обеспечивают меньшую кровопотерю, меньший риск инфекции и лучший косметический эффект [22]. Протезирование МК может выполняться под визуальным контролем или эндоскопически.

При операциях прямого обзора миниинвазивные реберные ретракторы используются через торакалотомические разрезы длиной 6–8 см, и операции можно проводить с использованием обычных инструментов. Однако в эндоскопической хирургии с истинным порт-доступом операции выполняются через рабочий порт с использова-

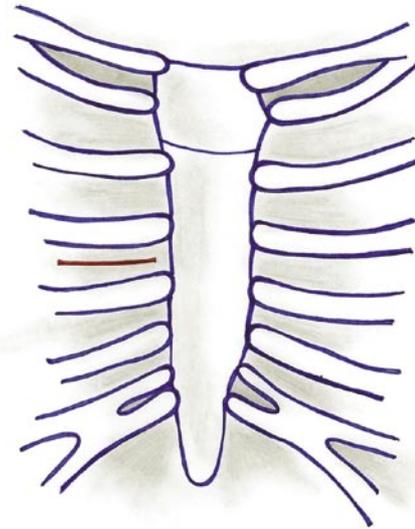


Рис. 6. Правая переднебоковая мини-торакалотомия.

нием длинноствольных миниинвазивных инструментов без использования реберного ретрактора. Операция с доступом к порту — это процедура без расширения ребер, и все хирургические маневры выполняются через рабочий порт длиной от 4 до 6 см.

Данный доступ имеет ряд ограничений к своему применению (Табл. 1). Оперирующий хирург должен владеть методикой операции и иметь опыт работы в МИК, чтобы избежать ятрогенных осложнений. Пациенты с правосторонней торакалотомией в анамнезе, лучевой терапией, перикардитом, деформацией грудной клетки, заболеваниями периферических артерий имеют относительные противопоказания к использованию данного доступа. Фактическими противопоказаниями являются выраженный атеросклероз аорты (так называемая «фарфоровая аорта») и тяжелое поражение периферических артерий.

Левая переднебоковая мини-торакалотомия

Левая переднебоковая мини-торакалотомия успешно используется для реваскуляризации коронарных артерий при МИК [23]. С 2000 г. данный доступ применяется при роботизированных операциях. Такие операции выполняются через миниторакотомные разрезы длиной от 6 до 8 см с использованием техники с применением ИК или без него. Эти процедуры можно выполнять с использованием традиционных инструментов.

Обсуждение

Большинство пациентов с аортальным стенозом являются кандидатами для МИК. Относительные противопоказания включают экстренные операции, повторные стернотомии и тяжелые деформации грудной клетки. Необходимость коронарной реваскуляризации не является как таковым противопоказанием, т.к. отдельные поражения можно лечить чрескожно до или после операции на АК в зависимости от клинической картины [24].

Не было продемонстрировано терапевтического превосходства МИК доступа по сравнению со стандартным посредством полной стернотомии [25]. Тем не менее, результаты недавних исследований говорят об определенных преимуществах, таких как уменьшение продолжительности пребывания в стационаре, меньшая кровопотеря и потребность в переливании крови, более низкая частота почечной недостаточности, меньшее время ИВЛ и более низкие показатели раневых инфекций и расхождения швов.

Недостатками МИК при протезировании АК являются более длительное время пережатия аорты, ИК и общее более продолжительное время операции [26].

Данные долгосрочного наблюдения, опубликованные Merk и соавт. продемонстрировали абсолютное преимущество в выживаемости на 7,5 и 4,9% через 5 и 8 лет наблюдения при сравнении МИК со стандартным методом протезирования АК [27]. Эти результаты были подтверждены в других исследованиях: 5-, 10- и 15-летняя выживаемость 83,8±1,1%, 69,4±1,7% и 47,8±4,7%, соответственно [28]. Основным преимуществом является возможность разворачивания протезов клапанов сердца без необходимости использования фиксирующих швов, что частично сокращает время вмешательства [29].

В настоящее время данные об изучении сравнения методов протезирования МК, их безопасности и эффективности, ограничены. Опубликованные результаты исследований показывают безопасность, осуществимость и эффективность в отношении послеоперационной выживаемости, риска развития инсульта и почечной недостаточности, продолжительности пребывания в больнице, потребности в переливании крови и послеоперационных аритмий по сравнению со стандартной полной стернотомией [30].

Глаубер и соавт. опубликовали результаты наблюдения 1604 пациентов, перенесших протезирование МК посредством правой мини-тораотомии, которые свидетельствуют о низкой смертности, высокой скорости восстановления работы МК и отличные долгосрочные результаты. Большинству пациентов была выполнена аннулопластика (95%), в сочетании резекцией створок в 63%, имплантацией неоходорд 16% и скользящей пластикой 11%. Перевод доступа в стернотомию составила 2,1%. Частота развития послеоперационного инсульта составила 2%. Послеоперационная летальность составила 1,1% при общей выживаемости через 10 лет 88±2%. Без повторных операций через 10 лет обошлись 94±2% при восстановлении и 80±6% при замещении МК. Отсутствие рецидивов митральной недостаточности >3+ по данным эхокардиографии через 10 лет составило 90±3% [31].

Систематический обзор и мета-анализ, проведенный Moscarelli и соавт., показали, что МИК при операции на МК способствует уменьшению послеоперационных осложнений, но может быть связан с более длительным периодом ИК [32].

Отечественные исследователи также в своих работах подтверждают безопасность и эффективность МИК, а также его универсальность, в т.ч. у пациентов с сочетанной патологией [33].

Заключение

Кардиохирургические вмешательства с применением мини-доступов являются перспективным направлением для дальнейшего изучения в рамках клинических и экспериментальных исследований, а также более широкого внедрения в повседневную практику в связи со все большим количеством информации, подтверждающей их безопасность, применимость, эффективность.

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

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Benetti FJ, Mariani MA, Rizzardi JL, Benetti I. Minimally invasive aortic valve replacement. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1997; 113: 806-807. doi: 10.1016/S0022-5223(97)70246-0.
- Cosgrove DM 3rd, Sabik JF, Navia JL. Minimally invasive valve operations. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1998; 65: 1535-1538. doi: 10.1016/s0003-4975(98)00300-2.
- Onan B, Aydin U, Kadriogullari E, Onan IS, Sen O, Kahraman Z. Robotic repair of partial anomalous pulmonary venous connection: the initial experience and technical details. *Journal of Robotic Surgery*. 2020; 14: 101-107. doi: 10.1007/s11701-019-00943-0.
- Rao PN, Kumar AS. Aortic valve replacement through right thoracotomy. *Texas Heart Institute Journal*. 1993; 20: 307-308.
- Glauber M, Miceli A, Gilmanov D, Ferrarini M, Bevilacqua S, Farneti PA, Solinas M. Right anterior minithoracotomy versus conventional aortic valve replacement: a propensity score matched study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2013; 145: 1222-1226. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.03.064.
- Белов Ю.В., Степаненко А.Б., Генс А.П., Бабалян Г.В. Протезирование аортального клапана из мини-доступа // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. — 1998. — Т.157. — №3. — С.47-49. [Belov YuV, Salagaev GI, Lysenko AV, Lednev PV. Aortic valve replacement from mini-access. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 1998; 157(3): 47-49. (In Russ.)] doi: 10.17116/hirurgia20171266-69.
- STS National Database Spring 2003, Executive Summary. Duke Clinical Research Institute, Durham, NC (2003).
- Bakir I, Casselman FP, Onan B, Van Praet F, Vermeulen Y, Degrieck I. Does a minimally invasive approach increase the incidence of patient-prosthesis mismatch in aortic valve replacement. *The Journal of Heart Valve Disease*. 2014; 23: 161-167.
- Onan B. Minimal access in cardiac surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahi Dergisi*. 2020; 28(4): 708-724. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2020.19614.
- Mikus E, Calvi S, Campo G, Pavasini R, Paris M, Raviola E, Panzavolta M, Tripodi A, Ferrari R, Del Giglio M. Full sternotomy, hemisternotomy, and minithoracotomy for aortic valve surgery: Is there a difference. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2018; 106: 1782-1788. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.019.
- Konertz W, Waldenberger F, Schmutzler M, Ritter J, Liu J. Minimal access valve surgery through superior partial sternotomy: a preliminary study. *The Journal of Heart Valve Disease*. 1996; 5(6): 638-40.
- Чернов И.И., Макеев С.А., Козьмин Д.Ю., Тарасов Д.Г. Коррекция многоклапанных пороков сердца из мини-доступа // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского. — 2018. — Т.6. — №1. — С.21-26. [Chernov II, Makeev SA, Kozmin DYU, Tarasov DG. Multivalve heart surgery through a mini-access. *Clinical Experimental Surgery Petrovsky Journal*. 2018; 1(19): 21-26. (In Russ.)] doi: 10.24411/2308-1198-2018-00003.
- Svensson LG, Nadolny EM, Kimmel WA. Minimal access aortic surgery including re-operations. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2001; 19(1): 30-33. doi: 10.1016/s1010-7940(00)00597-2.

14. Autschbach R, Walther T, Falk V, Diegeler A, Metz S, Mohr FW. S-shaped in comparison to L-shaped partial sternotomy for less invasive aortic valve replacement. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 1998; 1: S117-21. doi:10.1016/s1010-7940(98)00118-3.
15. Rawn Salenger MD, James S, Gammie MD, Julia A, Collins BS. Minimally Invasive Aortic Valve Replacement. *Journal of Cardiac Surgery*. 2016; 31: 38-50. doi: 10.1111/jocs.12652.
16. McClure RS, Cohn LH, Wiegerinck E, Couper GS, Aranki SF, Bolman RM 3rd, Davidson MJ, Chen FY. Early and late outcomes in minimally invasive mitral valve repair: an eleven-year experience in 707 patients. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009; 137: 70-75. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.058.
17. Walther T, Autschbach R. Conventional Aortic Valve Replacement: Standard Therapy in the 1990s and the Development of Minimally Invasive Approaches. *The Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2017; 65(3): S183-S186. doi: 10.1055/s-0037-1601048.
18. El-Sayed Ahmad A, Salamate S, Amer M, Sirat S, Akhavuz Ö, Bakhtiyari F. The First 100 Cases of Two Innovations Combined: Video-Assisted Minimally Invasive Aortic Valve Replacement Through Right Anterior Mini-Thoracotomy Using a Novel Aortic Prosthesis. *Advances in Therapy*. 2021; 38(5): 2435-2446. doi: 10.1007/s12325-021-01705-x.
19. Cosgrove DM, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1996; 62: 596-597. doi: 10.1016/0003-4975(96)00418-3.
20. Kumar AS, Prasad S, Rai S, Saxena DK. Right thoracotomy revisited. *Texas Heart Institute Journal*. 1993; 20(1): 40-42.
21. Göde S, Aksu T, Kadiroğulları E, Demirel A, Başgöze S, Erkanlı K, Yeniterzi M, Bakır İ. Early- and mid-term results of sutureless aortic valve replacement in high-risk patients: our singlecenter experience. *Türk Gogus Kalp Dama*. 2016; 24: 446-453. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2016.12517.
22. Lehr EJ, Guy TS, Smith RL, et al. Minimally Invasive Mitral Valve Surgery III: Training and Robotic-Assisted Approaches. *Innovations*. 2016; 11: 260-267. doi: 10.1097/IMI.0000000000000299.
23. Kofler M, Schachner T, Reinstadler SJ, et al. Comparative analysis of perioperative and mid-term results of tecab and MIDCAB for revascularization of anterior wall. *Innovations*. 2017; 12: 207-213. doi: 10.1097/IMI.0000000000000378.
24. von Segesser LK, Westaby S, Pomar J, Loisançe D, Groscurth P, Turina M. Less invasive aortic valve surgery: rationale and technique. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*. 1999; 15(6): 78-785. doi: 10.1016/s1010-7940(99)00119-0.
25. Khoshbin E, Prayaga S, Kinsella J, Sutherland FW. Mini-sternotomy for aortic valve replacement reduces the length of stay in the cardiac intensive care unit: meta-analysis of randomized controlled trials. *BMJ Open*. 2011; 1(2): e000266 doi: 10.1136/bmjopen-2011-000266.
26. Murtuza B, Pepper JR, Stanbridge RD, Jones C, Rao C, Darzi A, Athanasiou T. Minimal access aortic valve replacement: is it worth it? *The Annals of Thoracic Surgery*. 2008; 85(3): 1121-1131. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.09.038.
27. Merk DR, Lehmann S, Holzhey DM, Dohmen P, Candolfi P, Misfeld M, Mohr FW, Borger MA. Minimal invasive aortic valve replacement surgery is associated with improved survival: a propensity-matched comparison. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2014; 47(1): 11-17. doi: 10.1093/ejcts/ezu068.
28. Barnhart GR, Shrestha ML. Current clinical evidence on rapid deployment aortic valve replacement: sutureless aortic bioprostheses. *Innovations (Phila)*. 2016; 11(1): 7-14. doi: 10.1097/IMI.0000000000000232.
29. Shrestha M, Folliguet TA, Pfeiffer S, et al. Aortic valve replacement and concomitant procedures with the Perceval valve: results of European trials. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2014; 98(4): 1294-1300. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.05.033.
30. Ailawadi G, Agnihotri AK, Mehall JR, et al. Minimally invasive mitral valve surgery I: patient selection, evaluation and planning. *Innovations*. 2016; 11(4): 243-250. doi: 10.1097/IMI.0000000000000301.
31. Glauber M, Miceli A, Canarutto D, Lio A, Murzi M, Gilmanov D, Ferrarini M, Farneti PA, Quaini EL, Solinas M. Early and long-term outcomes of minimally invasive mitral valve surgery through right minithoracotomy: a 10-year experience in 1604 patients. *The Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2015; 10: 181. doi: 10.1186/s13019-015-0390-y.
32. Moscarelli M, Emmanuel S, Athanasiou T, Speziale G, Fattouch K, Casula R. The role of minimal access valve surgery in the elderly. A meta-analysis of observational studies. *International Journal of Surgery*. 2016; 33: 164-171. doi: 10.1016/j.ijssu.2016.04.040.
33. Чарчян Э.Р., Брешенков Д.Г., Белов Ю.В. Миниинвазивный подход в хирургии грудной аорты: опыт одного центра // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. — 2019. — Т.12. — №6. — С.522-535. [Charchyan ER, Breshenkov DG, Belov YUV. Minimally invasive approach in thoracic aortic surgery: a single center experience. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2019; 12(6): 522-535 (In Russ.)] doi: 10.17116/kardio201912061522.