

К.В. Шаталов, И.В. Арнаутова, М.А. Абдуразаков

Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
им. А.Н. Бакулева, Москва, Российская Федерация

Мини-инвазивная хирургия септальных пороков сердца у детей (обзор литературы)

В настоящее время использование мини-инвазивных доступов стало неотъемлемой частью современной кардиохирургии, в том числе и в области хирургической коррекции врожденных пороков сердца. Основная цель применения мини-инвазивных доступов — достижение необходимого эффекта от операции с нанесением минимальной травмы пациенту, что, в свою очередь, ускоряет и облегчает восстановительный период после хирургического вмешательства. Благодаря непрерывному развитию технологий и накоплению огромного опыта в хирургии сердца, мини-инвазивные доступы становятся все более распространенными, в том числе и в педиатрической группе пациентов. Данный обзор отражает основные проблемы и пути их решения при использовании мини-инвазивных доступов в хирургическом лечении некоторых видов врожденных пороков сердца, таких как дефект межпредсердной и межжелудочковой перегородок, частичный аномальный дренаж легочных вен, частичная форма атриовентрикулярного канала. Описаны основные методики проведения искусственного кровообращения, техника операции с использованием мини-доступов и полученные результаты.

Ключевые слова: мини-инвазивная кардиохирургия, видеоассистированные вмешательства, врожденные пороки сердца, дети

Для цитирования: Шаталов К.В., Арнаутова И.В., Абдуразаков М.А. Мини-инвазивная хирургия септальных пороков сердца у детей (обзор литературы). Вестник РАМН. 2023;78(2):114–119. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn8355>

114

Введение

Срединная стернотомия уже длительное время является основным доступом, используемым при операциях на сердце, который полностью обеспечивает визуализацию всех структур сердца, быструю и простую канюляцию центральных сосудов и возможность контролировать все операционное поле в случае возникновения таких осложнений, как кровотечение. Однако в середине 1990-х годов благодаря быстрому развитию цифровых технологий, в том числе совершенствованию медицинских устройств для визуализации, мини-инвазивные доступы стали получать все большее распространение. Уменьшение травматизации выполненной операции обеспечивало ее экономическую эффективность, так как сокращало длительность госпитализации, а косметический результат приобретал все большее значение для пациентов. Все это дало толчок к развитию эндоскопической и мини-инва-

зивной хирургии сердца, сначала у взрослого контингента пациентов, а затем и в хирургии детского возраста.

Мини-инвазивные доступы практически сразу стали получать широкое распространение в кардиохирургии. В 1993 г. P.N. Rao и A.S. Kumar одними из первых выполнили протезирование аортального клапана с использованием мини-инвазивного доступа через правостороннюю переднюю торакотомию [1]. В 1996 г. D. Cosgrove et al. и J. Navi et al. сообщали о сериях из более чем 50 случаев хирургического лечения пороков аортального и митрального клапанов, оперированных через мини-доступы [2, 3]. Развитие эндоскопических методов визуализации также способствовало росту интереса к мини-инвазивным доступам у кардиохирургов [4, 5] и разработке периферического искусственного кровообращения (ИК) (Port Access, Heart-port Inc, Redwoods, CA) в 1997 г.

Несколько позже появились первые сообщения, описывающие опыт закрытия дефекта межпредсердной

K.V. Shatalov, I.V. Arnautova, M.A. Abdurazakov

A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation

Minimally Invasive Surgery for Septal Defects Inchild: Literature Review

Nowadays a minimally invasive approach is a rapidly evolving strategy in particular in the field of congenital heart surgery. The main advantage of minimally invasive approaches is less trauma to a patient which positively effects early postoperative period and recovery after surgery. Own to continuous technological progress and growing experience minimally invasive approaches become widely used in cardiac surgery as well as in treatments of congenital heart defects. This review highlights the main problems and their potential solutions in using minimally invasive approaches in surgical treatment of atrial septal defect, ventricular septal defect, partial atrioventricular canal, partial anomalous pulmonary venous drainage. We describe specific considerations of cardiopulmonary bypass, operative techniques and results of minimally invasive approaches.

Keywords: minimally invasive cardiac surgery, video-assistant surgery, congenital heart defects, children

For citation: Shatalov KV, Arnautova IV, Abdurazakov MA. Minimally Invasive Surgery for Septal Defects Inchild: Literature Review. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2023;78(2):114–119. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn8355>

перегородки, выполненного через мини-доступ [6, 7]. Критика со стороны части хирургов [8] не остановила развитие данного направления, и сегодня мини-инвазивная кардиохирургия при коррекции некоторых форм врожденных пороков сердца (ВПС) предлагается некоторыми авторами в качестве замены традиционной срединной стернотомии для определенной категории больных [9, 10].

Перфузия при мини-инвазивных вмешательствах

Проведение ИК при мини-инвазивных кардиохирургических операциях имеет свои особенности, одной из которых является выбор стратегии канюляции — центральная, периферическая или в некоторых случаях комбинация обоих методов. Метод канюляции — важный момент в мини-инвазивной кардиохирургии, зависящий от многих факторов, основными из которых являются вид хирургического доступа, характер оперативного вмешательства, анатомические особенности пациента (размеры бедренных сосудов, наличие добавочной верхней полой вены и др.) и личные предпочтения оперирующего хирурга [11]. Чаще всего центральная канюляция выполняется у детей раннего возраста, масса тела которых не превышает 15 кг. Детям старшего возраста и с массой тела более 15 кг размеры бедренных сосудов позволяют выполнить периферическую канюляцию.

Артериальная канюляция. Бедренная артерия чаще всего используется в качестве места установки артериальной канюли при периферической канюляции [12]. Канюляция бедренной артерии возможна чрезкожно пункционным методом либо с помощью хирургического выделения сосуда, которое считается более безопасным в плане проведения канюли без риска повреждения стенки сосуда и надежным с точки зрения достижения и сохранения необходимой скорости и объема перфузии [13]. В некоторых случаях возможна канюляция обеих бедренных артерий для достижения необходимого объема перфузии [12]. Проведение периферической перфузии посредством канюляции бедренных артерий в основном выполняется у детей старшего возраста и с массой тела более 15 кг, так как размеры сосудов позволяют использовать канюли необходимого диаметра.

Центральная канюляция аорты и полых вен производится через операционную рану и чаще используется у детей раннего возраста и с массой тела менее 15 кг. Грудная клетка у детей раннего возраста имеет в основном хрящевую структуру, что дает возможность более широко разводить края раны и, соответственно, обеспечивает лучшую визуализацию и доступ к магистральным сосудам. Чреспищеводная эхокардиография — обязательный метод исследования при выполнении мини-инвазивных кардиохирургических вмешательств (вне зависимости от выбранной стратегии канюляции), обеспечивающий надежный контроль правильного позиционирования канюль.

Венозная канюляция. Адекватный венозный дренаж и декомпрессия сердца необходимы для успешного выполнения оперативного вмешательства. Два ключевых фактора для обеспечения грамотного венозного оттока — это размер используемой канюли и вакуум-ассистированный дренаж. Вакуум-ассистированный венозный дренаж (ВАВД) — это широко используемая методика при мини-инвазивных оперативных вмешательствах, направленная

на уменьшение необходимого размера венозных канюль без потери в объеме и скорости, так как венозный возврат осуществляется активно благодаря отрицательному давлению, а не пассивно, как в случае оперативных вмешательств, выполняемых через стандартную срединную стернотомию. Кроме того, использование ВАВД позволяет уменьшить расстояние между пациентом и аппаратом ИК и вместе с тем обеспечить необходимый объем первичного заполнения аппарата, что выступает особенно важным преимуществом при проведении перфузии у детей.

Однако при проведении перфузии с ВАВД важно соблюдать осторожность для предупреждения создания чрезмерно высокого давления в венозном резервуаре, что может приводить к повреждению форменных элементов крови, образованию микроэмболии и т.д. Использование различных систем и приспособлений для профилактики превышения давления в резервуаре, а также постоянный мониторинг давления значительно снижают риск развития нежелательных осложнений. При этом параметры отрицательного давления могут варьировать от –30 до –60 мм рт. ст. [14].

Канюляция бедренной вены — наиболее распространенный вариант при проведении периферической перфузии. Как и в случае канюляции бедренной артерии, канюляция бедренной вены возможна пункционным методом или с помощью хирургического выделения сосуда. Для обеспечения надежного венозного оттока и комфортной работы хирурга чаще всего используют двухуровневую канюлю, которая через бедренную вену одновременно устанавливается в просвете и нижней полой, и верхней полой вены через полость правого предсердия, с обязательным контролем позиции с помощью чреспищеводной эхокардиографии [12].

Внутренняя яремная вена является дополнительными местом канюляции, и чаще всего канюля устанавливается анестезиологом пункционно по методу Сельдингера до начала операции. Канюляция внутренней яремной вены в основном требуется при малом размере бедренной вены, не позволяющем проведение двухуровневой венозной канюли или невозможности выполнения центральной канюляции верхней полой вены через операционную рану. Также изолированная канюляция внутренней яремной вены показана при наличии гемодинамически значимой добавочной верхней полой вены.

Центральная венозная канюляция также в основном используется у детей раннего возраста. Канюля в этом случае может быть установлена через рану либо через отдельно сформированное отверстие в грудной стенке.

Наиболее частое и серьезное осложнение, возникающее при использовании периферической канюляции, — нарушение мозгового кровоснабжения [12], наблюдающееся с частотой от 1,17 до 2,6% [15]. Причиной данного осложнения, возможно, является ретроградный поток крови через артериальную канюлю в бедренной артерии [16–18]. Однако многочисленные исследования, посвященные этому вопросу, не выявили какой-либо достоверной корреляции между проведением периферической перфузии и возникновением неврологических осложнений [19].

Другими относительно часто встречающимися осложнениями периферической канюляции являются ретроградная диссекция стенки сосуда, эмболия дистального кровяного русла и тромбоз артерии с развитием ишемии нижней конечности [20, 21]. Снизить риск развития этих осложнений можно благодаря качественной пред-

операционной диагностике, а именно ультразвуковому исследованию или компьютерной томографии сосудов для определения их размеров и анатомии [22]. В целях профилактики ишемии нижней конечности возможно использование небольшой канюли для антеградного кровообращения либо сосудистого протеза, подшитого к бедренной артерии «конец-в-бок» [23].

Техника операции

Существует несколько различных оперативных доступов, используемых при выполнении мини-инвазивных оперативных вмешательств у детей, но наиболее распространенными являются срединная нижняя мини-стернотомия и переднелатеральная торакотомия.

Срединная нижняя мини-стернотомия. Пациент укладывается на спину с валиком на уровне плеч. Разрез длиной от 3 до 6 см начинают на границе средней и нижней трети грудины. У детей раннего возраста и с массой тела до 15 кг достаточно выполнить продольную стернотомию нижней трети грудины. У детей старшего возраста грудина большей частью имеет костную структуру, и для удобного разведения краев раны необходимо выполнение Т-образного разреза. Далее выполняется частичная или полная тимэктомия и вскрывается полость перикарда. При необходимости возможно выполнение забора участка перикарда для использования его в качестве заплаты. При выборе периферической перфузии выполняются выделение и канюляция бедренных сосудов. В случае выполнения центральной канюляции прямой сосудистый зажим накладывается на ушко правого предсердия и на нем формируется кисетный шов. На восходящую аорту также накладывается кисетный шов ближе к устью брахиоцефального ствола, и после системной гепаринизации выполняется канюляция аорты. В дальнейшем через ушко правого предсердия канюлируется верхняя полая вена и начинается ИК. Далее накладываются кисетные швы у устья нижней полой вены. Установка канюли возможна через отдельный разрез длиной 0,5 см чуть ниже основного разреза. Впоследствии через этот разрез возможна установка дренажа. У устья правых легочных вен накладывается еще один кисет для установки левожелудочкового дренажа.

После канюляции в восходящую аорту устанавливается кардиоплегическая канюля, аорта пережимается и начинается антеградное введение кардиоплегического раствора. Следующим этапом выполняется атриотомия, визуализируются все края дефекта межпредсердной (ДМПП) или межжелудочковой (ДМЖП) перегородок, и производится его пластика либо ушивание. После основного этапа разрез правого предсердия ушивается. С помощью кардиоплегической канюли выполняется профилактика воздушной эмболии. После восстановления адекватной сердечной деятельности искусственное кровообращение прекращается, канюли удаляют, и операция завершается установкой дренажа, сведением краев грудины и послойным ушиванием послеоперационной раны.

Переднелатеральная мини-торакотомия справа. Боковой доступ является альтернативой срединной мини-торакотомии и широко используется в мини-инвазивной хирургии приобретенных пороков, в частности при коррекции пороков митрального клапана. В педиатрической практике этот доступ используется при коррекции некоторых ВПС у детей старшего возраста, ткани которых менее пластичны и сложнее поддаются тракции, в связи

с чем возможны некоторые сложности с визуализацией при использовании мини-стернотомии.

Пациент укладывается на спину с валиком под правым боком. После выделение и подготовки к канюляции бедренных сосудов производится разрез длиной 5–6 см в области IV или V межреберья (рис. 1). Далее с помощью одного или двух ретракторов разводятся края раны. После вскрытия перикарда и обеспечения удовлетворительного обзора операционного поля выполняется канюляция бедренных сосудов и начинается ИК. Бедренная вена канюлируется либо двухуровневой канюлей, либо центрально через основной разрез. После канюляции, установки левожелудочкового дренажа и кардиоплегической канюли верхняя и нижняя полые вены обходятся тесьмой. Для безопасного выполнения этих манипуляций, а также визуального контроля отдаленных участков полости перикарда широко используется видеоподдержка.

После начала введения кардиоплегического раствора и остановки сердечной деятельности выполняется правая атриотомия. Визуализируются все края септального дефекта, и производится его пластика (рис. 2). После ушивания правого предсердия и профилактики воздушной эмболии ИК завершают. Канюли удаляются из бедренных сосудов, и раны послойно ушиваются с оставлением дренажа в плевральной полости.



Рис. 1. Мини-торакотомия справа

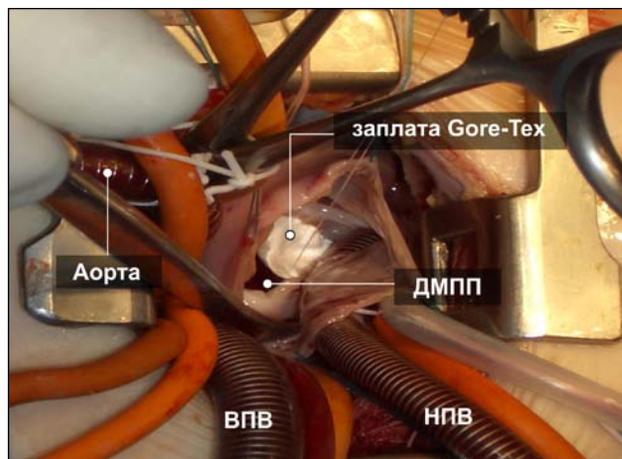


Рис. 2. Пластика дефекта межпредсердной перегородки синтетической заплатой доступом из правосторонней мини-торакотомии (интраоперационное фото): ДМПП – дефект межпредсердной перегородки; ВПВ – верхняя полая вена; НПВ – нижняя полая вена

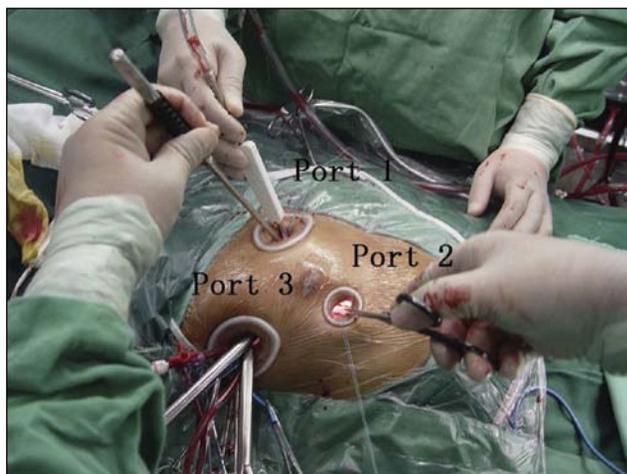


Рис. 3. Торакоскопическая пластика дефекта межжелудочковой перегородки. Port 1 используется для установки пинцета, зажима и других инструментов левой руки, Port 2 — для иглодержателя, Port 3 — для эндоскопа, зажима на аорту, установки кардиоплегической канюли и выведения кисетных швов (интраоперационное фото [30])



Рис. 4. Торакоскопическая пластика дефекта межжелудочковой перегородки. Места установки портов после ушивания. Длина разрезов — не более 2–3 см [30]

Также существуют другие мини-инвазивные доступы, используемые при коррекции ВПС. Среди них верхняя мини-стернотомия — для вмешательств на аортальном клапане; заднелатеральная торакотомия справа и латеральная мини-торакотомия слева — для коррекции аномального дренажа левых легочных вен [24–26].

Кроме описанных мини-инвазивных доступов с использованием видеоподдержки при коррекции ВПС существует опыт полностью торакоскопического закрытия дефектов ДМПП или ДМЖП [27–30]. При этом в условиях периферической перфузии в грудной полости формируются три порта (рис. 3, 4), через которые проводятся инструменты для захвата (Port 1), иглодержатель или ножницы (Port 2) и эндоскоп, зажим на аорту и кардиоплегическая канюля (Port 3).

Результаты и обсуждение

V. Vida et al. обладают одним из наиболее больших опытов выполнения мини-инвазивных вмешательств у детей

с ВПС — более 900 пациентов [14, 31–33]. Средний возраст детей на момент операции составил 5 лет. Наиболее частыми причинами операции являлись вторичный ДМПП (60%), ДМЖП (21%), частичный атриовентрикулярный канал (7,7%) и частичный аномальный дренаж легочных вен (6,4%). Летальных исходов не было. Осложнения в виде нарушений ритма сердца, кровотечения, пневмоторакса, гидроторакса, наличия остаточного сброса наблюдались у 8,2% пациентов. Средний период нахождения в отделении интенсивной терапии составил 1 сут, средний период госпитализации — 6 дней. Чаще всего авторы использовали нижнюю срединную мини-стернотомию с центральной канюляцией магистральных сосудов.

Во многих других исследованиях получены схожие результаты [34, 35]. Авторы отмечают эффективность методики, более благоприятное течение послеоперационного периода, безопасность методики при накоплении определенного уровня опыта и удовлетворенность пациентов косметическим результатом. В одном крупном исследовании, где выполнялся метаанализ и систематический обзор, проводилось сравнение между результатами срединной стернотомии и переднелатеральной мини-торакотомии на основе оперативного лечения 665 пациентов с ДМПП, выполненных преимущественно у взрослых пациентов, однако продемонстрированные результаты могут быть перенесены и на пациентов детского возраста. Исследование показало, что, несмотря на то что время пережатия аорты и общее время ИК в группе стернотомии было меньше, длительность операции, искусственной вентиляции легких, длительность пребывания в отделении интенсивной терапии и общий период госпитализации были короче в группе пациентов с переднелатеральной мини-торакотомией [37].

Zeng-Shan Ma et al. сообщили о 40 операциях пластики ДМПП и 119 закрытий ДМЖП, выполненных полностью торакоскопически со 100%-й эффективностью, без возникновения тяжелых интра- или послеоперационных осложнений [27, 30]. Критерием отбора больных для использования данной методики стала масса тела не менее 15 кг. При этом, по утверждению авторов, значительного различия во времени ИК и пережатия аорты относительно контрольной группы, где коррекция порока осуществлялась через стернотомию, не отмечалось.

На сегодняшний день большое распространение получила техника эндovasкулярного закрытия ДМПП [37–39]. Преимуществами данной методики являются низкая частота развития хирургических осложнений, очень короткий период госпитализации и хороший косметический результат [38–40]. В мировой литературе имеется несколько крупных исследований, где сравниваются результаты транскатетерного закрытия ДМПП и с помощью мини-инвазивных доступов. Во многих исследованиях продемонстрировано, что транскатетерное вмешательство имеет преимущества в виде низкой частоты развития хирургических осложнений, таких как кровотечение, инфицирование послеоперационной раны, а также необходимость в гемотрансфузии [40, 41]. Однако при выполнении мини-инвазивного закрытия ДМПП отмечается более высокая эффективность в виде низкой частоты развития остаточных сбросов (3,9% в группе транскатетерного закрытия против 0,95% в группе мини-инвазивной пластики ДМПП в метаанализе K.S. Mylonas et al. [40]). В связи с этим транскатетерное закрытие показано определенной категории больных, как правило, с хорошо выраженными краями ДМПП для обеспечения правильной установки окклюдера. В то же время мини-инвазивный доступ обеспечивает надежный результат вне

зависимости от анатомических характеристик дефекта. К тому же мини-инвазивные доступы все больше используются при коррекции более сложных форм ВПС, таких как ДМЖП, частичный аномальный дренаж легочных вен, частичная форма атриовентрикулярного канала [42]. Существуют статьи с описанием мини-инвазивной коррекции тетрады Фалло, патологии митрального клапана и даже транспозиции магистральных сосудов [43, 44].

Одним из основных плюсов мини-инвазивного доступа является минимальная травматизация пациента и, соответственно, более благоприятный послеоперационный период с меньшей частотой развития послеоперационных осложнений, а также менее выраженным развитием патофизиологических процессов в сравнении со стандартным доступом через срединную стернотомию. Так, в работе X. Liu et al. [45] анализируется выраженность синдрома системной воспалительной реакции (СВР) у пациентов после мини-инвазивной пластики ДМПП ($n = 20$) в сравнении с пациентами, оперированными через срединную стернотомию ($n = 20$). Анализ проводился путем подсчета уровня фактора некроза опухоли- α (ФНО- α), интерлейкина-6 (ИЛ-6), интерлейкина-10 (ИЛ-10), молекул клеточной адгезии и креатин-фосфокиназы МВ в крови. Пробу брали сразу после снятия зажима с аорты, а в последующем — через 2, 6, 12, 24 и 72 ч. В результате проведенного анализа выявлено, что уровень перечисленных ферментов у пациентов исследуемой группы был ниже, чем у пациентов контрольной группы, но все равно показатели достигали высоких значений. Однако уже через 2 ч уровень этих ферментов значительно снижался, а через 72 ч находился практически на уровне нормы. Тогда как у пациентов после стандартной стернотомии уровень ферментов СВР длительное время имел высокое значение. Авторы объясняют это тем, что активация СВР и повышение ферментов у пациентов обеих групп возникают в ответ на контакт крови с контуром аппарата ИК, но в связи с меньшей травматизацией тканей у больных, оперированных мини-инвазивным доступом, уровень этих ферментов и, соответственно, степень активации СВР в скором времени начинают снижаться. В то время как у больных, оперированных «открыто», ФНО- α , ИЛ-6, ИЛ-10 и ICAM-1 относительно долго остаются на высоком уровне, приводя тем самым к нарушению системы гемостаза, иммунным, дыхательным нарушениям, болевому синдрому и другим патологическим процессам. Кроме того, авторы выявили

значительную разницу в уровне КФК-МВ, которая является маркером повреждения миокарда и важным показателем восстановления миокарда после кардиохирургических вмешательств. У больных, оперированных через мини-доступы, уровень КФК-МВ был гораздо ниже, чем у больных, оперированных через срединную стернотомию, что говорит о менее выраженном повреждении миокарда и, соответственно, о более быстром его восстановлении.

Заключение

Мини-инвазивная кардиохирургия активно развивается на протяжении последних 20 лет, став «золотым стандартом» в хирургии некоторых приобретенных пороков сердца. В педиатрической практике ее внедрение происходит медленнее по причине ограничений, связанных с методами проведения перфузии и более сложной анатомией как самого ребенка, так и корригируемых пороков сердца. Однако по мере усовершенствования технического обеспечения операционного процесса и увеличения опыта хирургов простые формы врожденных пороков сердца, такие как септальные дефекты, все чаще выполняются через мини-инвазивные доступы. Дальнейший прогресс мини-инвазивной кардиохирургии в педиатрической популяции будет связан с выполнением операций по коррекции более сложных ВПС.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Рукопись подготовлена и опубликована за счет финансирования по месту работы авторов.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. К.В. Шаталов — постановка проблемы, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации; И.В. Арнаутова — написание текста рукописи, обзор и редактирование; М.А. Абдуразаков — отбор и работа с научной литературой и клиническим материалом, написание текста рукописи. Все авторы статьи внесли существенный вклад в организацию и проведение исследования, прочли и одобрили окончательную версию статьи перед публикацией.

ЛИТЕРАТУРА

- Rao PN, Kumar AS. Aortic valve replacement through right thoracotomy. *Texas Heart Inst J.* 1993;20(4):307–308.
- Cosgrove DM, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(2):596–597.
- Navi JL, Cosgrove DM. Minimally invasive mitral valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(5):1542–1544. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(96\)00779-5](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(96)00779-5)
- Carpentier A, Loulmet D, Carpentier A, et al. Open heart operation under videosurgery and minithoracotomy. First case (mitral valvuloplasty) operated with success. *C R Acad Sci III.* 1996;319(3): 219–223.
- Chitwood Jr WR, Wixon CL, Elbeery JR, et al. Video-assisted minimally invasive mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(5):773–780. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(97\)70081-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70081-3)
- Chang CH, Lin PJ, Chu JJ, et al. Video-assisted cardiac surgery in closure of atrial septal defect. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(3):697–701. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(96\)00461-4](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(96)00461-4)
- Shetty DP, Dixit MD, Gan MD, et al. Video-assisted closure of atrial septal defect. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(3):940.
- Mavrodīs C. VATS ASD Closure: A time not yet come. *Ann Thorac Surg.* 1996;62:638–639. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(96\)00503-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(96)00503-6)
- Torracca L, Ismeno G, Alfieri O. Totally endoscopic computer-enhanced atrial septal defect closure in six patients. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(4):1354–1357. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(01\)02990-3](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(01)02990-3)
- Vistarini N, Aiello M, Pellegrini C, et al. Port-access minimally invasive surgery for atrial septal defects: A 10-year single-center experience in 166 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139(1):139–145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.07.022>
- Lamelas J, Aberle C, Macias AC, et al. Cannulation Strategies for Minimally Invasive Cardiac Surgery. *Innovations (Phila).* 2020;15(3):261–269. doi: <https://doi.org/10.1177/1556984520911917>
- Grossi EA, Loulmet DF, Schwartz CF, et al. Evolution of operative techniques and perfusion strategies for minimally invasive mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(4Suppl):S68–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.01.011>
- Vida VL, Tessari C, Putzu A, et al. The peripheral cannulation technique in minimally invasive congenital cardiac surgery. *Int J Artif Organs.* 2016;39(6):300–303. doi: <https://doi.org/10.5301/ijao.5000505>
- Vida VL, Giovanni Stellin. *Fundamentals of Congenital Minimally Invasive Cardiac Surgery.* London: Elsevier; 2018.

15. LaPietra A, Santana O, Mihos CG, et al. Incidence of cerebrovascular accidents in patients undergoing minimally invasive valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(1):156–160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.08.016>
16. Grossi EA, Loulmet DF, Schwartz CF, et al. Evolution of operative techniques and perfusion strategies for minimally invasive mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(4Suppl):S68–S70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.01.011>
17. Chan EY, Lumbao DM, Iribarne A, et al. Evolution of cannulation techniques for minimally invasive cardiac surgery: a 10-year journey. *Innovations.* 2012;7(1):9–14. doi: <https://doi.org/10.1097/IMI.0b013e318253369a>
18. Modi P, Chitwood Jr WR. Retrograde femoral arterial perfusion and stroke risk during minimally invasive mitral valve surgery: is there cause for concern? *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(6):E1. doi: <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2013.11.13>
19. Burns DJ, Birla R, Vohra HA. Clinical outcomes associated with retrograde arterial perfusion in minimally invasive mitral valve surgery: a systematic review. *Perfusion.* 2021;36(1):11–20. doi: <https://doi.org/10.1177/0267659120929181>
20. Murzi M, Glauber M. Central versus femoral cannulation during minimally invasive aortic valve replacement. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015;4(1):59–61. doi: <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.10.06>
21. Gander JW, Fisher JC, Reichstein AR, et al. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem. *J Pediatr Surg.* 2010;45(11):2136–2140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.07.005>
22. Sinclair MC, Singer RL, Manley NJ, et al. Cannulation of the axillary artery for cardiopulmonary bypass: safeguards and pitfalls. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):931–934. doi: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04497-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04497-1)
23. Bisdas T, Beutel G, Warnecke G, et al. Vascular complications in patients undergoing femoral cannulation for extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(2):626–631. doi: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.02.018>
24. Tabata M, Umakanthan R, Cohn LH, et al. Early and late outcomes of 1000 minimally invasive aortic valve operations. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33(4):537–541. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.037>
25. Gil-Jaurena JM, González-López MT, Pérez-Caballero R. 15 years of minimally invasive paediatric cardiac surgery; development and trends. *An Pediatr (Barc).* 2016;84(6):304–310. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2015.06.007>
26. Gil-Jaurena JM, Pérez-Caballero R, Pita-Fernández A, et al. How to set-up a program of minimally invasive surgery for congenital heart defects. *Transl Pediatr.* 2016;5(3):125–133. doi: <https://doi.org/10.21037/tp.2016.06.01>
27. Ma Z-Sh, Dong M-F, Yin Q-Y, et al. Totally thoracoscopic closure for atrial septal defect on perfused beating hearts. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(6):1316–1319. doi: <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezr193>
28. Liu G, Qiao Y, Ma L, et al. Totally thoracoscopic surgery for the treatment of atrial septal defect without of the robotic DaVinci surgical system. *J Cardiothorac Surg.* 2013;8:119. doi: <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-119>
29. Xiangjun Z, Xufa C, Liang T. Endoscopic atrial septal repair using no robotic techniques. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2011;19(6):403–406. doi: <https://doi.org/10.1177/0218492311407791>
30. Ma Z-Sh, Yang C-Y, Dong M-F, et al. Totally thoracoscopic closure of ventricular septal defect without a robotically assisted surgical system: A summary of 119 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(3):863–867. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.065>
31. Vida VL, Zanotto L, Zanotto L, et al. Minimally invasive surgery for atrial septal defects: a 20-year experience at a single centre. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;28(6):961–967. doi: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz017>
32. Vida VL, Padalino MA, Boccuzzo G, et al. Minimally invasive operation for congenital heart disease: a sexdifferentiated approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138(4):933–936. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.03.015>
33. Vida VL, Tessari C, Fabozzo A, et al. The evolution of the right anterolateral thoracotomy technique for correction of atrial septal defects: cosmetic and functional results in pre-pubescent patients. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(1):242–247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.08.026>
34. Kale SB, Ramalingam S. Minimally Invasive Cardiac Surgery without Peripheral Cannulation: A Single Centre Experience. *Heart Lung Circ.* 2019;28(11):1728–1734. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.08.018>
35. Sabzi F, Faraji R, Kazeminasab M. Minimal Invasive Technique in Atrial Septal Defect Surgery. *Cardiol Res.* 2018;9(2):90–93. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.14740/cr699w>
36. Lei Y-Q, Liu J-F, Xie W-P, et al. Anterolateral minithoracotomy versus median sternotomy for the surgical treatment of atrial septal defects: a meta-analysis and systematic review. *J Cardiothorac Surg.* 2021;16(1):266. doi: <https://doi.org/10.1186/s13019-021-01648-y>
37. Houeijeh A, Hascoët S, Bouvaist H, et al. Transcatheter closure of large atrial septal defects (ASDs) in symptomatic children with device/weight ratio ≥ 1.5 . *Int J Cardiol.* 2018;267:84–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.05.069>
38. Zhu P, Qiang H, Liu F. Clinical evaluation of percutaneous and intra-operative device closure of atrial septal defects under transesophageal echocardiographic guidance: one center experience and mid-term follow-up. *J Cardiothorac Surg.* 2020;15(1):20. doi: <https://doi.org/10.1186/s13019-020-1071-z>
39. Wyss Y, Quandt D, Weber R, et al. Interventional closure of Secundum type atrial Septal defects in infants less than 10 kilograms: indications and procedural outcome. *J Interv Cardiol.* 2016;29(6):646–653. doi: <https://doi.org/10.1111/joic.12328>
40. Mylonas KS, Ziogas IA, Evangeliou A, et al. Minimally Invasive Surgery vs Device Closure for Atrial Septal Defects: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatr Cardiol.* 2020;41(5):853–861. doi: <https://doi.org/10.1007/s00246-020-02341-y>
41. Goh E, Mohammed H, Salmasi MY, et al. Minimally invasive versus transcatheter closure of secundum atrial septal defects: a systematic review and meta-analysis. *Perfusion.* 2022;37(7):700–710. doi: <https://doi.org/10.1177/02676591211021935>
42. Bacha E, Kalfa D. Minimally invasive paediatric cardiac surgery. *Nat Rev Cardiol.* 2014;11(1):24–34. doi: <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2013.168>
43. Kadner A, Dave H, Dodge-Khatami A, et al. Inferior partial sternotomy for surgical closure of isolated ventricular septal defects in children. *Heart Surg Forum.* 2004;7(5):E467–470. doi: <https://doi.org/10.1532/HSF98.20041076>
44. Gundry SR, Shattuck OH, Razzouk AJ, et al. Facile minimally invasive cardiac surgery via ministernotomy. *Ann Thorac Surg.* 1998;65(4):1100–1104. doi: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(98\)00064-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(98)00064-2)
45. Liu X, Wu Y, Zhu J, et al. Totally thoracoscopic repair of atrial septal defect reduces systemic inflammatory reaction and myocardial damage in initial patients. *Eur J Med Res.* 2014;19(1):13. doi: <https://doi.org/10.1186/2047-783X-19-13>

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Арнаутова Ирина Владимировна, д.м.н. [*Irina V. Arnautova*, MD, PhD]; адрес: 121552, Москва, Рублевское ш., д. 135 [address: 135, Rublevskoe highway, 121552, Moscow, Russia]; e-mail: arnautova74@mail.ru, SPIN-код: 8494-5070, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3204-3561>

Шаталов Константин Валентинович, д.м.н., профессор [*Konstantin V. Shatalov*, MD, PhD, Professor]; e-mail: shatalovk@mail.ru, SPIN-код: 4175-8013, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1120-9363>

Абдуразаков Магомед Абдуразакович, к.м.н. [*Magomed A. Abdurazakov*, MD, PhD]; e-mail: walk_man7@mail.ru, SPIN-код: 8534-3197, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-4931>