

Эхокардиографический подход при эндоваскулярном закрытии дефектов межпредсердной перегородки у детей с дефицитом или отсутствием аортального края: ретроспективный анализ

М.М. Курако¹, М.А. Абрамян^{1,2}, Т.Ю. Кулагина³, М.Г. Пурсанов¹

Для корреспонденции: Мария Михайловна Курако, marka64@yandex.ru

Поступила в редакцию 17 марта 2026 г.
Исправлена 17 июня 2026 г. Принята к печати 23 июня 2026 г.

Цитировать: Курако М.М., Абрамян М.А., Кулагина Т.Ю., Пурсанов М.Г. Эхокардиографический подход при эндоваскулярном закрытии дефектов межпредсердной перегородки у детей с дефицитом или отсутствием аортального края: ретроспективный анализ. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2026;30(3):49-56.

<https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-3-49-56>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: М.М. Курако

Сбор и анализ данных: М.М. Курако, М.А. Абрамян, М.Г. Пурсанов

Статистическая обработка данных: М.М. Курако

Написание статьи: М.М. Курако, М.А. Абрамян

Исправление статьи: Т.Ю. Кулагина, М.Г. Пурсанов

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID

М.М. Курако,
<https://orcid.org/0000-0002-1100-1506>

М.А. Абрамян,
<https://orcid.org/0000-0003-4018-6287>

Т.Ю. Кулагина,
<https://orcid.org/0000-0001-6165-6474>

М.Г. Пурсанов,
<https://orcid.org/0000-0002-1421-1795>

© Курако М.М., Абрамян М.А., Кулагина Т.Ю., Пурсанов М.Г., 2026

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Российская Федерация

³ Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Эндоваскулярное закрытие вторичных дефектов межпредсердной перегородки (ДМПП) является стандартом лечения, однако случаи с дефицитом или отсутствием аортального края остаются технически сложными из-за риска развития эрозии стенки аорты или крыши предсердия. Несмотря на наличие обширной мировой статистики, в отечественной практике методики безопасного закрытия таких дефектов у детей изучены недостаточно.

Цель. Разработка и оценка эффективности дифференцированного алгоритма подбора окклюдера на основе комплексной эхокардиографической визуализации для минимизации рисков при транскатетерном закрытии ДМПП с дефицитом аортального края у детей.

Методы. Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 265 детей с изолированным дефицитом или полным отсутствием аортального края. Ведущим инструментом контроля на всех этапах выступали трансторакальная (ТТЭХОКГ) и чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭХОКГ). Применялся персонализированный подход к выбору размера устройства: при плотных краях размер определялся по данным эхокардиографии с цветным доплеровским картированием, при истонченных – техникой stop-flow. Особое внимание уделялось индексу соразмерности (диаметр устройства / масса тела пациента).

Результаты. Среднее значение индекса соразмерности в исследуемой группе составило 0,88, что позволило избежать чрезмерного давления на структуры сердца. Внедрение дифференцированного алгоритма (выбор размера окклюдера от –2 до +2 мм в зависимости от эхо-картины краев) обеспечило высокую техническую успешность вмешательств. За весь период наблюдения (Me = 38 мес., [IQR]: 24–52 мес.; диапазон: от 6 до 84 мес.) не было зафиксировано ни одного случая эрозии аорты или других жизнеугрожающих осложнений.

Заключение. Транскатетерное закрытие ДМПП при дефиците аортального края у детей является безопасным методом при условии строгого соблюдения протокола визуализации и корректного подбора размера окклюдера. Использование предложенного алгоритма и контроль индекса соразмерности минимизируют механическое воздействие на корень аорты, обеспечивая отличные клинические результаты.

Ключевые слова: дефект межпредсердной перегородки; дефицит аортального края; окклюдер; техника stop-flow; эндоваскулярная хирургия; эрозия стенки предсердия и аорты; эхокардиография



Echocardiographic approach to transcatheter closure of atrial septal defects in children with a deficient or absent aortic rim: a retrospective analysis

Mariya M. Kurako¹, Mikhail A. Abramyan^{1,2}, Tatyana Yu. Kulagina³, Manolis G. Pursanov¹

Corresponding author: Mariya M. Kurako, marka64@yandex.ru

Received 17 March 2026. Revised 17 June 2026.
Accepted 23 June 2026.

How to cite: Kurako M.M., Abramyan M.A., Kulagina T.Yu., Pursanov M.G. Echocardiographic approach to transcatheter closure of atrial septal defects in children with a deficient or absent aortic rim: a retrospective analysis. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2026;30(3):49-56. (In Russ.)
<https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-3-49-56>

Funding

The study did not have sponsorship.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: M.M. Kurako

Data collection and analysis: M.M. Kurako, M.A. Abramyan, M.G. Pursanov

Statistical analysis: M.M. Kurako

Drafting the article: M.M. Kurako, M.A. Abramyan

Critical revision of the article: T.Yu. Kulagina, M.G. Pursanov

Final approval of the version to be published: all authors

ORCID

M.M. Kurako,

<https://orcid.org/0000-0002-1100-1506>

M.A. Abramyan,

<https://orcid.org/0000-0003-4018-6287>

T.Yu. Kulagina,

<https://orcid.org/0000-0001-6165-6474>

M.G. Pursanov,

<https://orcid.org/0000-0002-1421-1795>

© 2026 Kurako et al.

¹ Morozov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

² Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

³ Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

Abstract

Introduction: Transcatheter closure of secundum atrial septal defects (ASDs) is the standard of care. However, defects with a deficient or absent aortic rim remain technically challenging because of the risk of erosion of the aortic wall or atrial roof. Despite extensive international experience, techniques for the safe closure of such defects in children remain insufficiently studied in Russian clinical practice.

Objective: To develop and evaluate the effectiveness of a differentiated occluder-sizing algorithm based on comprehensive echocardiographic imaging to minimize the risks of transcatheter ASD closure in children with a deficient aortic rim.

Methods: A retrospective analysis was performed in 265 children with an isolated deficient or completely absent aortic rim. Transthoracic (TTE) and transesophageal echocardiography (TEE) were the principal imaging modalities used for monitoring at all stages of the procedure. A personalized approach to device sizing was applied: in patients with firm rims, device size was determined using echocardiography with color Doppler mapping; in patients with thin rims, the stop-flow technique was used. Particular attention was paid to the device-to-body-weight ratio (device diameter/body weight).

Results: The mean device-to-body-weight ratio in the study group was 0.88, which helped avoid excessive pressure on cardiac structures. Implementation of the differentiated algorithm, involving selection of an occluder 2 mm smaller to 2 mm larger than the measured size depending on the echocardiographic appearance of the rims, resulted in a high technical success rate. During the entire follow-up period (median, 38 months; interquartile range [IQR], 24–52 months; range, 6–84 months), there were no cases of aortic erosion or other life-threatening complications.

Conclusion: Transcatheter ASD closure in children with a deficient aortic rim is a safe procedure provided that the imaging protocol is strictly followed and the occluder is appropriately sized. The proposed algorithm and monitoring of the device-to-body-weight ratio minimize mechanical stress on the aortic root and provide excellent clinical outcomes.

Keywords: aortic and atrial wall erosion; atrial septal defect; deficient aortic rim; echocardiography; occluder; stop-flow technique; transcatheter intervention



Введение

В современной кардиохирургической практике рентгенэндоваскулярное закрытие вторичных дефектов межпредсердной перегородки (ДМПП) с использованием окклюдеров стало основным методом лечения, придя на замену открытой хирургической пластике дефекта [1; 2]. Ключевым условием для надежного и безопасного закрытия ДМПП транскатетерным методом является наличие у дефекта сформированных краев достаточной высоты. В частности, серьезной технической проблемой, а ранее и противопоказанием

ми к транскатетерному вмешательству при вторичных ДМПП считались дефицит или отсутствие аортального (переднего) края ДМПП [3]. Под дефицитом края в настоящее время принято понимать его высоту менее 5 мм, а под отсутствием – менее 1 мм [3]. Данная анатомическая особенность ассоциирована с риском развития одного из самых грозных интра- и послеоперационных осложнений – эрозии стенки аорты или крыши предсердия [4; 5].

Согласно данным литературы, общая вероятность возникновения эрозии составляет около 0,10–0,27 %

[4–6]. Важным фактом является то, что эрозия может иметь отсроченный характер, проявляясь через месяцы или даже годы после успешной имплантации устройства [6; 7]. По данным различных исследований, до 89 % всех случаев этого жизнеугрожающего осложнения, сопровождающегося обильным кровотечением, отмечалось именно у пациентов с дефицитом аортального края [5; 6; 8]. Имплантированный в таких условиях окклюдер тесно контактирует с корнем аорты или обхватывает его, создавая постоянное травмирующее воздействие, что является основной патофизиологической причиной как ранних, так и поздних эрозий [5–8].

Вторым по значимости серьезным осложнением является эмболизация (миграция) устройства, встречающаяся с частотой до 0,62 % и чаще возникающая в раннем послеоперационном периоде при использовании окклюдеров меньшего размера и/или при сопутствующем дефиците других краев [9; 10].

Анализ публикаций показывает, что ключевым модифицируемым фактором риска развития эрозии сосудистой стенки является не только анатомия дефекта, но и техническая точность подбора размера окклюдирующего устройства. Так, описанные случаи эрозии при использовании современных окклюдеров у детей в половине наблюдений были связаны с гиперселекцией устройства на 2 мм и более относительно измеренного размера дефекта [6; 7]. Это подтверждает, что профилактика осложнений требует максимально точного и дифференцированного подхода к определению оптимального размера окклюдера.

Несмотря на накопленный мировой опыт, в отечественной литературе методикам и проблемам закрытия ДМПП при дефиците аортального края у детей, включая долгосрочные риски и профилактику отсроченных осложнений, уделено недостаточно внимания. В настоящей работе мы представляем ретроспективный анализ транскатетерного закрытия ДМПП без аортального края с разработкой стратегии для безопасного и успешного закрытия и оцениваем непосредственные и отдаленные результаты вмешательства.

Методы

В период с октября 2018 г. по декабрь 2025 г. в отделении экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии Морозовской детской клинической больницы транскатетерному закрытию вторичных ДМПП подверглись 750 детей, из которых 265 детей имели дефекты без аортального края. Средний возраст составил 8,5 года (95 % ДИ 7,8–10,6). По половому признаку преобладали девочки – 155 (58,5 %), 95 % ДИ 47,1–69,3, мальчиков было 110 (41,5 %), 95 % ДИ 30,7–52,9. Антропометрические данные пациентов приведены в табл. 1.

У всех пациентов были признаки гемодинамически значимого шунтирования слева направо, среднее соотношение легочного и системного кровотока составляло 1,63:1 (95 % ДИ 1,54–1,68) с перегрузкой правых отделов сердца.

Для оценки анатомии межпредсердной перегородки (МПП) и выбора окклюдирующего устройства всем пациентам первоначально проводилась детальная трансторакальная эхокардиография (ТТЭХОКГ) на аппаратах Philips EPIQ 7 (Philips, Нидерланды/США) и Vivid S70 (GE Healthcare, США) секторными фазированными датчиками с диапазоном частот 2,5–8,0 МГц. Помимо определения размера дефекта оценивались края МПП, их высота и устойчивость, учитывалась общая длина МПП, которая измерялась при ТТЭХОКГ в субкостальной, супрастеральной и апикальной проекциях и/или при чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭХОКГ) в трех стандартных плоскостях изображения: 0, 45 и 90°. Все дефекты были классифицированы как большие (диаметр ДМПП/площадь поверхности тела (BSA) > 15 мм/м²), умеренные (5–15 мм/м²) и маленькие (< 5 мм/м²) [11; 12].

Предоперационная ЧПЭХОКГ для оценки анатомии МПП требовалась не у всех пациентов, поскольку ТТЭХОКГ-изображения были оптимальными за счет хорошего акустического окна у детей. Однако у пациентов с большими дефектами и истонченными другими краями применялась интраоперационная ЧПЭХОКГ на протяжении всей процедуры. С учетом

Табл. 1. Антропометрические данные пациентов с ДМПП с дефицитом/отсутствием аортального края

Показатель	M±SD	95 % ДИ	min	max
Возраст, лет	8,5±3,9	8,03–8,97	3,0	17,0
Масса, кг	32,8±17,5	30,69–34,91	14,5	90,0
Рост, см	138,4±22,1	135,74–141,06	88,0	190,0
BSA, м ²	1,05±0,35	1,008–1,092	0,55	2,10

Примечание. BSA (Body Surface Area) – площадь поверхности тела; M (Mean) – среднее арифметическое значение признака в исследуемой группе; SD (Standard Deviation) – стандартное (среднеквадратичное) отклонение; 95 % ДИ (95 % Confidence Interval) – 95 % доверительный интервал; min и max – минимальное и максимальное значения показателя в исследуемой выборке (размах вариации).

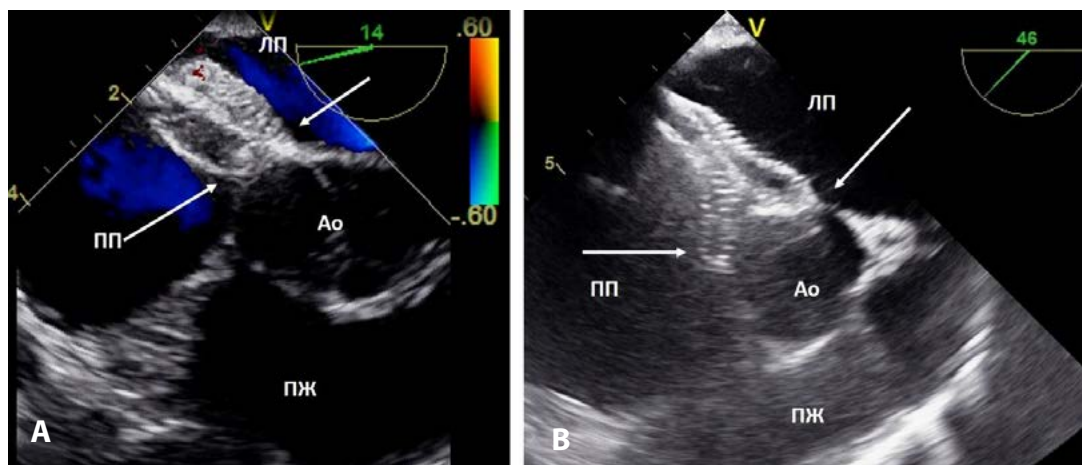


Рис. 1. Чреспищеводные эхокардиографические изображения по короткой оси аорты: А – края дисков окклюдера соприкасаются со стенкой аорты, указано стрелками; В – диски окклюдера обхватывают корень аорты, указано стрелками

Примечание. Ао – аорта; ЛП – левое предсердие; ПЖ – правый желудочек; ПП – правое предсердие.

возраста и массы пациентов в детской популяции 3D-ЧПЭХОКГ не могла быть использована у этой группы пациентов.

Обязательно оценивалось отношение размера окклюдера к массе тела ребенка (диаметр устройства / масса тела). Для безопасности установки и уменьшения рисков послеоперационных осложнений этот коэффициент не должен превышать 1. Некоторые авторы считают, что транскатетерное закрытие у маленьких детей массой менее 20 кг не следует выполнять, если это соотношение превышает 1,5 [13].

Эндоваскулярную имплантацию окклюдера выполняли стандартным способом, а при больших ДМПП с истонченными краями применялись методика высвобождения левопредсердного диска из правосторонней или левосторонней легочной вены и методика с баллонной поддержкой.

Протокол исследования одобрен Локальным независимым этическим комитетом Морозовской детской городской клинической больницы (протокол № 12/2023 от 15.03.2023).

При ДМПП с относительно плотными краями размер окклюдирующего устройства подбирался по данным ТТЭХОКГ и/или ЧПЭХОКГ с учетом максимального диаметра межпредсердного сообщения по данным цветного доплеровского картирования, измеренного в одной из трех проекций.

При больших передних ДМПП с истонченными краями проводили определение размера ДМПП с последующим подбором окклюдирующего устройства с помощью измерительного баллона, но с применением техники stop-flow. Баллон проводили через венозный интродьюсер по проводнику

и позиционировали его средней частью в просвете дефекта под контролем интраоперационной ЧПЭХОКГ (или ТТЭХОКГ при хорошем окне) и рентгеноскопии. Затем баллон медленно заполняли разведенным контрастным веществом, контролируя прекращение трансептального сброса по цветному доплеровскому картированию. При этом мы не ориентировались на появление «тали» на баллоне (как при стандартной ангиографии), так как перерастяжение несостоятельных краев дефекта у детей приводит к ложному увеличению диаметра и, как следствие, к выбору чрезмерно большого окклюдера. В этом случае размер устройства был равен размеру измеренного диаметра баллона при эхокардиографии (ЭХОКГ).

Если же у ребенка имелся дефект небольшого или среднего размера с истонченными краями, то размер устройства подбирался по диаметру, определенному по измерительному баллону.

Выбор окклюдирующего устройства зависел и от наличия или отсутствия подаортального края: меньше требуемого размера при дефиците подаортального края, в этом случае края дисков окклюдера должны лишь соприкасаться с корнем аорты (рис. 1, А); больше требуемого размера при отсутствии подаортального края дефекта, в этом случае диски окклюдера обхватывают корень аорты (рис. 1, В), но не сдавливают его.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics (версия 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Проверка нормальности распределения количественных признаков проводилась

Табл. 2. Эхокардиографические характеристики ДМПП с дефицитом/отсутствием аортального края

Показатель	M±SD	95 % ДИ	min	max
Размер окклюдера / масса тела	0,88±0,25	0,85–0,91	0,4	1,34
ASD/BSA, мм/м ²	11,2±6,0	10,5–11,9	6,5	29,5
ASD/масса, мм/кг	0,75±0,24	0,72–0,78	0,35	1,33
Суммарный размер сброса, мм	11,9±4,7	11,3–12,5	2,5	22,0

Примечание. ASD (Atrial Septal Defect) – дефект межпредсердной перегородки (ДМПП); BSA (Body Surface Area) – площадь поверхности тела; M (Mean) – среднее арифметическое значение признака в исследуемой группе; SD (Standard Deviation) – стандартное (среднеквадратичное) отклонение; 95 % ДИ (95 % Confidence Interval) – 95 % доверительный интервал; min и max – минимальное и максимальное значения показателя в исследуемой выборке (размах вариации); ASD/BSA – индексированный размер дефекта относительно площади поверхности тела, мм/м²; ASD/масса – отношение размера дефекта к массе тела пациента, мм/кг.

с использованием критерия Шапиро – Уилка. Распределение большинства антропометрических и эхокардиографических показателей (возраст, масса, рост, BSA, размер дефекта, индексы ASD/BSA и ASD/масса) не противоречило нормальному закону, поэтому для их описания использовали среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD), а 95 % доверительные интервалы (95 % ДИ) для средних рассчитывали по формуле $M \pm 1,96 \times (SD / \sqrt{n})$.

Для показателей, распределение которых значимо отличалось от нормального (в частности, срок наблюдения), применяли непараметрический подход: данные представляли в виде медианы и межквартильного размаха (IQR) с указанием общего диапазона (min и max). Для оценки факторов, потенциально влияющих на развитие незначительного резидуального сброса, планировали проведение многофакторного логистического регрессионного анализа (пошаговое включение), однако из-за малого числа событий (отсутствие мажорных осложнений) регрессионная модель не применялась. Анализ выживаемости без осложнений не проводился в связи с нулевой частотой неблагоприятных событий в исследуемой когорте. Критический уровень значимости (*p*-value) принят равным 0,05. Все статистические тесты являлись двусторонними. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Из 265 детей с передними дефектами полное отсутствие аортального края было диагностировано у 57 пациентов, дефицит края – у 208. Средний размер дефекта составил 11,9 мм (диапазон 10,9–13,0). Мелкие дефекты были у 115 (43,4 %) детей, средний размер межпредсердных сообщений – у 128 (48,3 %)

и большие дефекты были у 22 (8,3 %) пациентов. Эхокардиографические данные анатомии ДМПП представлены в табл. 2.

Успешность процедуры составила 99,6 %. Только в одном случае у ребенка с большим размером дефекта ($d \text{ ASD/BSA} = 22 \text{ мм/м}^2$) с дефицитом подаортального края и истонченными всеми краями было решено отказаться от имплантации окклюдера из-за отсутствия перетяжки на измерительном баллоне по ангиографии и по методике stop-flow. Ребенку в плановом порядке была проведена хирургическая коррекция в условиях искусственного кровообращения.

У двух пациентов с дефицитом аортального края и его истончением интраоперационно была произведена смена окклюдеров: после установки окклюдера были выявлены значимые сбросы по верхнему краю дисков окклюдера, устройства были заменены на другие, больших размеров, при контрольной ЭХОКГ сбросов крови выявлено не было. Еще у одного ребенка с дефицитом аортального края во время имплантации окклюдера по данным ЭХОКГ левопредсердный диск устройства упирался в стенку аорты (рис. 2), после замены устройства на меньший размер устройство V-образно охватывало корень аорты, признаков сдавления стенки аорты и сброса крови выявлено не было.

У 226 (85,6 %) пациентов сразу после процедуры было достигнуто полное закрытие ДМПП, отмечалось полное герметичное закрытие дефекта в виде отсутствия сброса крови на межпредсердной перегородке по данным ЭХОКГ. У 38 (14,4 %) пациентов сразу после процедуры был выявлен незначительный остаточный сброс крови. Перед выпиской из стационара резидуальный незначительный сброс через устройство оставался у 25 больных. Причем у 20 детей этот сброс определялся между дисками

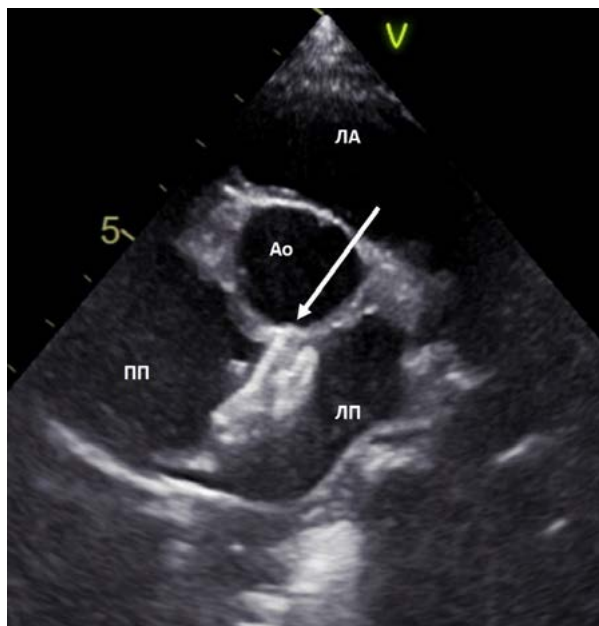


Рис. 2. Трансторакальная эхокардиография, проекция по короткой оси аорты, стрелкой указано вдавление левого предсердного диска окклюдера в стенку аорты

Примечание. Ао – аорта; ЛА – легочная артерия; ЛП – левое предсердие; ПП – правое предсердие.

окклюдера, лишь у пяти пациентов незначительный сброс был по краям окклюдеров.

Отдаленные результаты прослежены у 227 (85,9 %) пациентов в сроки от 6 до 84 мес. Медиана срока наблюдения составила 38 мес. (межквартильный размах [IQR]: 24–52 мес.; диапазон: от 6 до 84 мес.). Ни ранних, ни поздних осложнений, таких как эмболизация устройства, эрозии сердца, тромбоэмболия, инфекционный эндокардит или атриовентрикулярная блокада, в нашем исследовании не было. За пациентами проводилось клиническое наблюдение, осуществлялись электрокардиография и трансторакальная эхокардиография через 1, 3, 6 и 12 мес., а затем ежегодно.

Обсуждение

Эндоваскулярное закрытие вторичных ДМПП стало стандартом лечения, однако дефекты с дефицитом или отсутствием аортального края остаются предметом дискуссии ввиду риска редкого, но жизнеугрожающего осложнения – эрозии стенки аорты или крыши предсердия [8; 9]. Первые сообщения о данной проблеме датируются 2004 г. и были связаны с применением окклюдера Amplatzer Septal Occluder (ASO) (Abbott, США), при этом частота осложнения составила около 0,1 % с возможным отсроченным проявлением до 5 лет после операции [4; 5; 14–16].

Патогенез эрозии напрямую связан с механическим воздействием края диска окклюдера на уязвимую зону крыши левого предсердия и корня аорты, особенно при отсутствии тканевой поддержки [9; 10; 17; 18].

Последующий анализ крупных серий показал, что эрозия является вторым по частоте серьезным осложнением (22,9 %) после миграции устройства, однако общая связанная с ней смертность (0,05 %) остается ниже, чем при хирургическом ушивании дефекта (0,13 %) [19; 20]. В то же время современные окклюдеры, такие как Lepu Medical (Китай) и Figulla (Occlutech, Германия/Швейцария), демонстрируют высокие показатели успеха (до 99,3 %) и низкую частоту эрозий при соблюдении техники имплантации [11; 19; 21; 22]. Анализ публикаций об эрозиях после установки устройств Occlutech у детей (8 случаев) позволяет сделать вывод, что ключевыми факторами риска являются не только дефицит аортального края (наблюдался в 3 из 8 случаев), но и техническая ошибка в виде гиперселекции размера окклюдера на 2 мм и более относительно данных ЧПЭХОКГ или баллонного измерения [7; 23].

Данный вывод подчеркивает первостепенную значимость точного подбора размера устройства, это особенно важно у детей, что связано с ростом сердца. Общепринятым ориентиром является коэффициент отношения размера окклюдера к массе тела пациента, оптимальное значение которого приближается к 1,0. Ряд исследователей рассматривают коэффициент «диаметр устройства / масса пациента» > 1,5 как прямое противопоказание к эндоваскулярному вмешательству у детей раннего возраста. Превышение этого лимита ассоциировано с высокой вероятностью эрозии аорты и нарушением работы внутрисердечных структур из-за дефицита свободного пространства в предсердиях [15; 24]. В нашем исследовании из 265 детей с изолированным дефицитом или полным отсутствием аортального края не было выявлено ни одного случая эрозии. Мы полагаем, что решающим фактором безопасности в нашей когорте стало строгое соблюдение индекса соразмерности (диаметр устройства / масса тела), который составил 0,88, что обеспечило необходимый запас прочности даже при неблагоприятной анатомии краев.

На основе анализа литературы и собственного опыта мы разработали дифференцированный алгоритм, когда стратегия измерения и выбор размера окклюдера зависят как от размера аортального края, так и от состояния всех краев дефекта. Данный подход позволяет нивелировать риски, описанные в литературе [5–9].

1. При ДМПП с дефицитом аортального края, но сохранными (плотными) остальными краями размер окклюдера определяется по мак-

симальному диаметру дефекта, измеренному с помощью ТТЭХОКГ или интраоперационной ЧПЭХОКГ с цветным доплеровским картированием. Для обеспечения надежной фиксации за счет плотных краев размер устройства подбирался равным измеренному значению или превышающим его на 1–2 мм.

2. При небольших и средних ДМПП с отсутствием/дефицитом аортального края и истонченными остальными краями размер дефекта определялся по измерительному баллону.
3. При больших ДМПП с отсутствием/дефицитом аортального края и истонченными остальными краями применялась техника stop-flow с баллонным измерением. В отличие от стандартного ангиографического ориентира на «талию» баллона, под контролем ЭХОКГ измерительный баллон раздувается до момента полного прекращения межпредсердного сброса. Это позволяет определить не анатомический, а гемодинамически значимый диаметр, который и принимается за размер окклюдера, что предотвращает выбор чрезмерно большого устройства из-за перерастяжения несостоятельных краев дефекта.

После получения базового размера (по данным измерительного баллона или stop-flow) выполняется ключевая корректировка, направленная на минимизацию механического контакта с аортой: при дефиците аортального края предпочтение отдавалось окклюдеру на 1–2 мм меньше базового размера для уменьшения площади и силы давления левопредсердного диска на зону риска, дабы избежать избыточного контакта; при полном отсутствии аортального края имплантировался окклюдер на 1–2 мм больше базового размера. Это обеспечивает полное и безопасное обхватывание корня аорты широким диском устройства, давление распределяется по большей площади и предотвращается точечное травмирующее воздействие его края на стенку аорты [4; 25].

Ограничения исследования

Необходимо учитывать, что ретроспективный характер работы и отсутствие контрольной группы (пациентов, оперированных открытым способом или с применением устройств других производителей) не позволяют провести прямое сравнительное исследование эффективности описанного алгоритма и альтернативных подходов, однако полученные данные формируют основу для дальнейших проспективных наблюдений. Важно также отметить, что ключевая методика измерения дефекта – техника stop-flow – в значительной мере опирается на практический опыт эхокардиографа: момент прекращения сброса фиксируется по цветному доплеровскому картированию. Это вызывает определенные требования к квалификации персонала и может влиять на воспроизводимость результата при внедрении в учреждениях с меньшим объемом подобных вмешательств, что следует учитывать при планировании мультицентровых исследований.

Заключение

Таким образом, в нашем исследовании эндоваскулярное закрытие ДМПП с дефицитом или отсутствием аортального края у детей было безопасным и эффективным методом коррекции с отличными отдаленными результатами.

Безопасность и эффективность эндоваскулярного закрытия данного врожденного порока сердца у детей могут быть повышены за счет внедрения персонализированного комплексного протокола подбора размера и типа окклюдера.

Представленный алгоритм с последовательной и детальной эхокардиографической визуализацией является ключом к успешной эндоваскулярной коррекции ДМПП без аортального края у детей, позволяет заранее определить методику и тактику закрытия, а также размер имплантируемых устройств.

Список литературы / References

1. Rigatelli G., Gianese F., Zuin M. Secundum Atrial Septal Defects Transcatheter Closure: An Updated Reappraisal. *Cardiovasc Revasc Med.* 2022;44:92–97. PMID: 35680528. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2022.06.002>
2. Сойнов И.А., Ким А.И., Мовсесян Р.Р., Теплов П.В., Миллер А.Ю., Кулябин Ю.Ю., Авраменко А.А., Горбатов К.В., Горбатов А.В., Налимов К.А., Абрамян М.А., Борисков М.В., Ковалев С.А., Свободов А.А., Архипов А.Н., Кривошеков Е.В., Амансахатова Е.Н., Тарасюк Е.С. Хирургическое лечение врожденных пороков сердца в Российской Федерации: данные национального регистра за 2024 год. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2026;30(1):5–25. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-1-5-25>
3. Soynov I.A., Kim A.I., Movsesyan R.R., Teplov P.V., Miller A.Yu., Kulyabin Yu.Yu., Avramenko A.A., Gorbatkov K.V., Gorbatykh A.V., Nalimov K.A., Abramyan M.A., Borisikov M.V., Kovalev S.A., Svobodov A.A., Arkhipov A.N., Krivoshchekov E.V., Amansakhatova E.N., Tarasyuk E.S. Surgical Management of congenital heart diseases in the Russian Federation: national registry data for 2024. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2026;30(1):5–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2026-1-5-25>
3. Silvestry F.E., Cohen M.S., Armsby L.B., Burkule N.J., Fleishman C.E., Hijazi Z.M., Lang R.M., Rome J.J., Wang Y.; American Society of Echocardiography; Society for Cardiac Angiography and

- Interventions. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of Atrial Septal Defect and Patent Foramen Ovale: From the American Society of Echocardiography and Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(8):910-58. PMID: 26239900. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.05.015>
4. Amin Z., Hijazi Z.M., Bass J.L., Cheatham J.P., Hellenbrand W.E., Kleinman C.S. Erosion of Amplatzer septal occluder device after closure of secundum atrial septal defects: review of registry of complications and recommendations to minimize future risk. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2004;63(4):496-502. PMID: 15558755. <https://doi.org/10.1002/ccd.20211>
5. Crawford G.B., Brindis R.G., Krucoff M.W., Mansalis B.P., Carroll J.D. Percutaneous atrial septal occluder devices and cardiac erosion: a review of the literature. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012;80(2):157-67. PMID: 22552868. <https://doi.org/10.1002/ccd.24347>
6. Jalal Z., Hascoet S., Baruteau A.E., Iriart X., Kreitmann B., Boudjemline Y., Thambo J.B. Long-term Complications After Transcatheter Atrial Septal Defect Closure: A Review of the Medical Literature. *Can J Cardiol*. 2016;32(11):1315.e11-1315.e18. PMID: 27179546. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.02.068>
7. Auriau J., Bouvaist H., Aaberge L., Abe T., Dähnert I., Panzer J., Santoro G., Khalil M., Hijazi Z.M., Fraisse A. Cardiac Erosions After Transcatheter Atrial Septal Defect Closure With the Occlutech Figulla Flex Device. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12(14):1397-1399. PMID: 31320034. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.03.005>
8. Diab K., Kenny D., Hijazi Z.M. Erosions, erosions, and erosions! Device closure of atrial septal defects: how safe is safe? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012;80(2):168-74. PMID: 22718680. <https://doi.org/10.1002/ccd.24517>
9. Zhang Z.Q., Ding J.W. Perforation of the atrial wall and aortic sinus after closure of an atrial septal defect with an Atrioseptal occluder: a case report. *J Cardiothorac Surg*. 2021;16(1):53. PMID: 33766059; PMCID: PMC7993524. <https://doi.org/10.1186/s13019-021-01441-x>
10. Kitano M., Yazaki S., Sugiyama H., Ohtsuki S.I., Tomita H. Risk factors and predictors of cardiac erosion discovered from 12 Japanese patients who developed erosion after atrial septal defect closure using Amplatzer septal occluder. *Pediatr Cardiol*. 2020;41(2):297-308. PMID: 31732763. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02256-3>
11. Nakayama R., Takaya Y., Akagi T., Watanabe N., Miki T., Nakagawa K., Toh N., Ito H. Efficacy and safety of atrial septal defect closure using Occlutech Figulla Flex II compared with Amplatzer Septal Occluder. *Heart Vessels*. 2021;36(5):704-709. PMID: 33386412. <https://doi.org/10.1007/s00380-020-01739-1>
12. Baruteau A.E., Petit J., Lambert V., Gouton M., Piot D., Brenot P., Angel C.Y., Houyel L., Le Bret E., Roussin R., Ly M., Capderou A., Belli E. Transcatheter closure of large atrial septal defects: feasibility and safety in a large adult and pediatric population. *Circ Cardiovasc Interv*. 2014;7(6):837-43. PMID: 25423959. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.001254>
13. Tanghöj G., Odermarsky M., Naumburg E., Liuba P. Correction to: Early Complications After Percutaneous Closure of Atrial Septal Defect in Infants with Procedural Weight Less than 15 kg. *Pediatr Cardiol*. 2021;42(2):468. PMID: 33575831; PMCID: PMC8025282. <https://doi.org/10.1007/s00246-021-02550-z>
14. Turner D.R., Owada C.Y., Sang C.J. Jr, Khan M., Lim D.S. Closure of Secundum Atrial Septal Defects With the AMPLATZER Septal Occluder: a Prospective, Multicenter, Post-Approval Study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(8):e004212. PMID: 28801537; PMCID: PMC5559192. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004212>
15. Kenny D., Eicken A., Dähnert I., Boudjemline Y., Sievert H., Schneider M.B., Gori T., Hijazi Z.M.; Investigators. A randomized, controlled, multi-center trial of the efficacy and safety of the Occlutech Figulla Flex-II Occluder compared to the Amplatzer Septal Occluder for transcatheter closure of secundum atrial septal defects. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2019;93(2):316-321. PMID: 30719850. <https://doi.org/10.1002/ccd.27899>
16. Onakatomi Y., Asou T., Takeda Y., Ueda H., Goda M., Masuda M. Aortic erosion occurring in over 5 years after Amplatzer septal Occluder implantation for secundum atrial septal defect: a case report. *J Cardiothorac Surg*. 2019;14(1):159. PMID: 31492164; PMCID: PMC6728993. <https://doi.org/10.1186/s13019-019-0982-z>
17. Dardas P.S., Ninios V.N., Mezilis N.E., Tsikaderis D.D., Thanopoulos V.D. Percutaneous closure of atrial septal defects: immediate and mid-term results. *Hellenic J Cardiol*. 2010;51(2):104-12. PMID: 20378511.
18. El-Said H.G., Moore J.W. Erosion by the Amplatzer septal occluder: experienced operator opinions at odds with manufacturer recommendations? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2009;73(7):925-30. PMID: 19455668. <https://doi.org/10.1002/ccd.21931>
19. Roymanee S., Promphan W., Tonklang N., Wongwaitaweewong K. Comparison of the Occlutech ® Figulla ® septal occluder and Amplatzer ® septal occluder for atrial septal defect device closure. *Pediatric Cardiology*. 2015;36(5):935-41. PMID: 25633819. <https://doi.org/10.1007/s00246-015-1103-y>
20. Takaya Y., Akagi T., Nakagawa K., Nakayama R., Miki T., Toh N., Ito H. Feasibility of transcatheter closure for absent aortic rim in patients with atrial septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;97(5):859-864. PMID: 33458916. <https://doi.org/10.1002/ccd.29457>
21. Rao P.S., Harris A.D. Recent advances in managing septal defects: atrial septal defects. *F1000Res*. 2017;6:2042. PMID: 29250321; PMCID: PMC5701442. <https://doi.org/10.12688/f1000research.11844.1>
22. Shrivastava S., Shrivastava S., Allu S.V.V., Schmidt P. Transcatheter Closure of Atrial Septal Defect: A Review of Currently Used Devices. *Cureus*. 2023;15(6):e40132. PMID: 37425612; PMCID: PMC10329454. <https://doi.org/10.7759/cureus.40132>
23. Boccalandro F., Baptista E., Muench A., Carter C., Smalling R.W. Comparison of intracardiac echocardiography versus transesophageal echocardiography guidance for percutaneous transcatheter closure of atrial septal defect. *Am J Cardiol*. 2004;93(4):437-40. PMID: 14969617. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2003.10.037>
24. Ohno N., Chaturvedi R., Lee K.J., Benson L. Characteristics of secundum atrial septal defects not percutaneously closed. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;85(2):234-9. PMID: 25315692. <https://doi.org/10.1002/ccd.25700>
25. Jung S.Y., Choi J.Y. Transcatheter closure of atrial septal defect: principles and available devices. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 24):S2909-S2922. PMID: 30305951; PMCID: PMC6174149. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.02.19>