

УДК 616.125.6

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-3-152-161

МИНИИНВАЗИВНАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ И ЭНДОВАСКУЛЯРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ДЕФЕКТА МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ У ДЕТЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

П.А. Шушпанников, И.К. Халивопуло, И.Ф. Шабаев, И.Н. Сизова, Р.С. Тарасов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- В статье представлены результаты эндоваскулярной и миниинвазивной коррекции дефекта межпредсердной перегородки у детей в возрасте до 3 и от 3 до 18 лет с последующей оценкой процесса ремоделирования сердца.

Цель

Сравнить результаты и особенности ремоделирования сердца (РС) у детей в возрасте до и старше 3 лет после миниинвазивной хирургической и эндоваскулярной коррекции дефекта межпредсердной перегородки (ДМПП).

Материалы и методы

В ретроспективное одноцентровое исследование включено 100 детей с вторичным ДМПП, которым выполнена коррекция с использованием методов миниинвазивной и эндоваскулярной хирургии. Пациенты разделены на две группы: в первую ($n = 42$) вошли дети в возрасте до 3 лет, медиана возраста 2 [1,5; 3] года, во вторую ($n = 58$) – дети в возрасте 4–18 лет, медиана возраста 7 [6; 12] лет ($p = 0,001$). Группы детей, в соответствии с дизайном исследования, статистически значимо различались по росту и массе тела ($p = 0,001$). По диаметру ДМПП, доли пациентов, имеющих морфологию дефекта в виде перфорированных аневризм, дефицита аортального края различий в группах не выявлено ($p < 0,05$). В госпитальном периоде и через 3–4 мес. после операций оценены результаты вмешательств, а также функциональные показатели, характеризующие РС по данным эхокардиографии.

Результаты

Анализ госпитальных результатов показал, что всем детям в обеих группах успешно выполнено хирургическое закрытие ДМПП в отсутствие резидуального шунта. Не выявлено госпитальных и среднеотдаленных осложнений. Время нахождения в стационаре детей до 3 лет составило 7,5 [3; 9] сут, что было значимо больше в сравнении с детьми старшей возрастной группы (3 [3; 7] сут); $p = 0,001$. Длительность пребывания детей младшей возрастной группы в отделении анестезиологии и реанимации составила 24 ч [0; 24], тогда как в старшей группе – 0 [0; 24] сут; $p = 0,001$. В послеоперационном периоде у детей до 3 лет значимо снижался уровень гемоглобина (со 124,5 [119; 130] до 105 [97; 122] г/л, $p = 0,001$), тогда как в старшей группе данный показатель практически не менялся. Анализ эхокардиографических параметров РС на протяжении 3–4 мес. наблюдения в группах продемонстрировал, что у детей старше 3 лет исходные изменения сердца, свидетельствовавшие о патологическом РС, были выражены в большей степени. В обеих исследуемых группах на протяжении всего периода наблюдения выявлена существенная динамика эхокардиографических показателей, проявившаяся в виде возрастания объема и размера левых отделов сердца и уменьшения объема и размеров правого сердца.

Заключение

Госпитальные и среднеотдаленные результаты миниинвазивной и эндоваскулярной коррекции ДМПП подтверждают эффективность и безопасность данных вмешательств у детей различного возраста. У исследуемых старше 3 лет исходно более выражено патологическое РС по сравнению с детьми в возрасте до 3 лет, что, вероятно, свидетельствует о целесообразности коррекции ДМПП в раннем возрасте. При этом дети младшей возрастной группы чаще нуждаются в искусственной вентиляции легких, искусственном кровообращении

и характеризуются более длительным пребыванием в отделении интенсивной терапии и стационаре. Увеличение доли эндоваскулярных вмешательств в группе детей младшего возраста могло бы нивелировать данные негативные последствия. Динамика показателей РС после коррекции ДМПП в группах детей различного возраста демонстрирует сопоставимые положительные тренды.

Ключевые слова Дефект межпредсердной перегородки • Эндоваскулярная коррекция • Миниинвазивная хирургия • Ранний возраст • Ремоделирование сердца

Поступила в редакцию: 28.04.2022; поступила после доработки: 22.06.2022; принята к печати: 03.07.2022

MINIMALLY INVASIVE AND ENDOVASCULAR CLOSURE OF ATRIAL SEPTAL DEFECT IN CHILDREN OF DIFFERENT AGES

P.A. Shushpannikov, I.K. Halivopulo, I.F. Shabaev, I.N. Sizova, R.S. Tarasov

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

• The article presents the outcomes of endovascular and minimally invasive atrial septal defect closure in children under the age of 3 and aged 3 to 18 years with subsequent assessment of heart remodeling.

Aim To compare the outcome and features of cardiac remodeling (CR) in children under and over 3 years of age after minimally invasive (MI) and endovascular closure of atrial septal defect (ASD).

Methods The retrospective single-center study included 100 children with secondary ASD who underwent endovascular and MI ASD closure. The patients were divided into 2 groups. The first group (n = 42) included children under the age of 3 years after MI and EC, the median age was 2 years [1.5; 3], and the second group (n = 58) included children aged 4-18 years after MI and EC, the median age was 7 years [6; 12], respectively, p = 0.001. According to the design of the study, the groups statistically differed in height and body weight (p = 0.001). According to the ASD diameter, there were no differences between the groups (p < 0.05) in the number of patients with perforated atrial septal aneurysms and aortic rim deficiency. During inpatient care and 3–4 months after surgery, the outcome and indices of CR obtained by echo imaging were assessed.

Results Surgical outcomes and medium-term follow-up analysis revealed that all children in both groups successfully underwent ASD closure in the absence of residual shunts. There were no hospital-acquired and medium-term complications. The length of hospital stay of children under 3 years was 7.5 days. [3; 9], which was significantly longer in comparison with the children of the older age group (3 days. [3;7]), (p = 0,001). ICU length of stay in the younger group of children was 24 hours [0; 24], while in the older group it was 0 days. [0; 24], p = 0,001. In the postoperative period, hemoglobin levels significantly decreased in children under 3 years of age (from 124.5 [119; 130] g/L, to 105 [97; 122] g/L, (p = 0.001)), while in the older age group this indicator remained the same. The analysis of features of CR during 3-4-month follow-up in both groups revealed that the initial changes indicating pathological CR were more pronounced in children older than 3 years. Significant dynamics of echocardiographic indices were observed in both groups during follow-up period, it manifested in the form of an increased volume and size of the left heart, and decreased volume and size of the right heart.

Conclusion Endovascular and minimally invasive ASD closure is an effective and safe technique of ASD closure in children of various ages. In children over 3 years of age, pathological CR is initially more pronounced than in children under 3 years of age, indicating the expediency of an early ASD closure. At the same time, younger

children more often require mechanical ventilation, cardiopulmonary bypass, and a longer hospital stay and ICU stay. Higher number of EC performed in the group of young children could offset these negative consequences. Changes in CR indices after ASD closure in groups of children of different ages demonstrates comparable positive trends.

Keywords

Atrial septal defect • Endovascular closure • Minimally invasive surgery • Early age • Heart remodeling

Received: 28.04.2022; received in revised form: 22.06.2022; accepted: 03.07.2022

Список сокращений

ДМПП	– дефект межпредсердной перегородки	ПЖ	– правый желудочек
ИВЛ	– искусственная вентиляция легких	ПП	– правое предсердие
ИК	– искусственное кровообращение	РС	– ремоделирование сердца
ЛЖ	– левый желудочек	ЭхоКГ	– эхокардиография
ЛП	– левое предсердие		

Введение

Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) – распространенный врожденный порок сердца, связанный с шунтированием объема крови из левого (ЛП) в правое предсердие (ПП) через отверстие разного размера и морфологии в межпредсердной перегородке и приводящий к расширению правых отделов сердца. Гемодинамическая перегрузка объемом крови провоцирует патологическое ремоделирование миокарда, которое включает множество процессов [1]. Механизмы ремоделирования миокарда сложны и в основном изучены на моделях ишемического повреждения миокарда или перегрузки давлением, в частности при системной гипертензии [2]. Длительное существование ДМПП приводит к фиброзу миокарда и его систоло-диастолической дисфункции, а также может вызывать поздние наджелудочковые аритмии [3]. У детей младшего возраста механический стресс, связанный с перегрузкой правого сердца давлением, способствует активации в миокарде провоспалительных цитокинов, также вносящих вклад в патологическое ремоделирование сердца (РС) [4]. В литературе представлены данные о спонтанном закрытии ДМПП, характерном для малых дефектов, тогда как большие дефекты, наоборот, склонны к увеличению [5, 6].

С середины XX в. основным методом лечения ДМПП стала «открытая» операция с искусственным кровообращением (ИК). В последние десятилетия начали применять миниинвазивные хирургические доступы (в том числе боковую миниторакотомию), которые способствовали минимизации операционной травмы. У таких пациентов снизился риск осложнений, ускорился процесс реабилитации [7]. С конца семидесятых годов XX в. активно развиваются эндоваскулярные методы лечения ДМПП.

Накопление опыта, совершенствование и расширение линейки окклюдеров, изучение отдаленных

результатов эндоваскулярных вмешательств позволило получить этому виду коррекции статус операции выбора при изолированных ДМПП и в настоящее время доминировать над «открытыми» методами коррекции, несмотря на ряд ограничений (большой размер дефекта, дефицит краев, перфорированная аневризма, не всегда позволяющие адекватно позиционировать и имплантировать окклюдер).

До настоящего времени остается дискуссионным вопрос о сроках коррекции ДМПП. Одни авторы считают, что вмешательство необходимо выполнять детям в возрасте не менее 3 лет, другие – детям старше 4–6 лет [8, 9]. По данным российских рекомендаций, эндоваскулярное лечение ДМПП не показано детям раннего возраста, под которым понимают широкий диапазон – от 2 до 6 лет [10].

Несмотря на большое количество исследований, посвященных изучению процессов РС при различной патологии, работ по оценке РС у детей разного возраста при ДМПП крайне мало, а сопоставление результатов миниинвазивной и эндоваскулярной коррекции порока сердца у данных больных ранее не выполняли. Между тем получение новых знаний о потенциале обратного РС у детей различного возраста имеет важное значение, поскольку позволит определить оптимальные сроки коррекции септального дефекта с использованием малоинвазивных хирургических и эндоваскулярных методов лечения.

Целью настоящего исследования стало сравнение результатов и особенностей РС у детей в возрасте до и старше 3 лет после миниинвазивной хирургической и эндоваскулярной коррекции ДМПП.

Материалы и методы

В ретроспективное одноцентровое исследование, дизайн которого одобрен локальным этическим комитетом научно-исследовательского института, включено 100 детей с изолированным вторичным ДМПП (старше года, но до 18 лет), которым

выполнена малоинвазивная хирургическая и эндоваскулярная коррекция порока в период с начала 2017 г. по начало 2020 г. По возрастному принципу сформированы две группы пациентов, доступных для динамического наблюдения с выполнением эхокардиографии (ЭхоКГ) спустя 3–4 мес. после вмешательства. В первую группу вошли дети до 3 лет ($n = 42$), медиана возраста 2 года [1,5; 3], во вторую группу – дети от 4 до 18 лет ($n = 58$), медиана возраста 7 лет [6; 12], после миниинвазивного хирургического и эндоваскулярного лечения.

Проведена клиничко-демографическая оценка включенных в исследование больных (табл. 1). Группы были статистически различны по возрасту, росту и массе тела, что подразумевал дизайн исследования; сопоставимы – по диаметру ДМПП, доли пациентов женского пола. Успех вмешательства в обеих группах составил 100%, при отсутствии значимых неблагоприятных событий (смерть, дислокация устройства, реоперация, резидуальный сброс). По структуре и количеству пациентов со сложной анатомией ДМПП (дефицит краев, наличие множественных дефектов) группы были сопоставимы.

При эндоваскулярной коррекции ДМПП применена стандартная методика с использованием соответствующего окклюдера. При помощи измерительного баллона оценены размеры септального дефекта только при наличии одиночных ДМПП. В случаях с множественными дефектами измерение баллонами не проводили ввиду риска разрыва истонченной перегородки и увеличения дефекта с уменьшением вероятности корректно имплантировать окклюдер. В таких случаях ориентировались на данные трансторакальной эхокардиографии, выполненной на аппарате экспертного класса, и применяли окклюдер для закрытия открытого овального окна. После коррекции ДМПП детям назначали стандартную терапию, в частности включающую ацетилсалициловую кислоту в дозе 3–5 мг/кг массы

тела на 6 мес. У детей при миниинвазивном хирургическом вмешательстве использована правосторонняя аксиллярная торакотомия с наложением заплат из аутоперикарда в зоне дефекта в условиях ИК.

Накануне перед вмешательством и через 3–4 мес. после закрытия дефекта всем пациентам выполнена трансторакальная ЭхоКГ на аппарате экспертного класса. Оценивали стандартные показатели: конечные систолический и диастолический размеры, конечные систолический и диастолический объем, размер ЛП, размер ПП и правого желудочка (ПЖ), фракция выброса левого желудочка (ЛЖ), толщина межжелудочковой перегородки и градиент на трикуспидальном клапане (табл. 2.).

В течение госпитального и 3–4 мес. периода наблюдения оценивали следующие клинические конечные точки: смерть, значимые геморрагические осложнения (которые включали кровотечения, связанные с вмешательством), экстренное хирургическое вмешательство, резидуальный шунт. Помимо этого, учитывали развитие гидро- или гемоперикарда, воздушной эмболии, дислокации окклюдера, нарушения ритма, связанные с вмешательством, тромбообразование на окклюдере. Определяли длительность пребывания больных в отделении анестезиологии и реанимации и продолжительность госпитального периода.

Статистический анализ

Статистическая обработка результатов исследования осуществлена с помощью пакета программ Statistica for Windows 10.0 (StatSoft Inc., США). Первоначально проведена проверка на нормальность распределения данных по критерию Колмогорова – Смирнова и в связи с отсутствием нормального распределения данных использованы непараметрические критерии. Описательные статистические данные представлены в виде медианы и 25-го

Таблица 1. Клиничко-демографическая и периоперационная характеристика больных
Table 1. Clinical, demographic and perioperative characteristics of patients

Показатель / Indicator	До 3 лет / Up to 3 years	После 3 лет / Older than 3 years	p
Возраст, лет / Age, years	2 [1,5; 3]	7 [6; 12]	0,001
Женский пол / Female, n (%)	30 (71,5)	39 (67)	0,725
Рост, см / Height, cm	85 [83; 92]	129 [116; 148]	0,001
Масса тела, кг / Weight, kg	12 [10; 13]	24,5 [20; 38]	0,001
Диаметр ДМПП, мм / ASD diameter, mm	13 [10; 16]	13,5 [10; 16]	0,870
Наличие перфорированной аневризмы / Presence of atrial septal aneurysm, n (%)	12 (28,5)	11 (19)	0,418
Наличие двух и более дефектов / Presence of two or more defects, n (%)	13 (28,5)	11 (19)	0,696
Дефицит краев / ASD rim deficiency, n (%)	17 (40,5)	25 (43)	0,715
Остаточный сброс / Residual discharge, n (%)	0 (0)	0 (0%)	

Примечание: данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей (Me [25%; 75%]) или n (%). ДМПП – дефект межпредсердной перегородки.

Note: data are presented as median, 25 and 75 percentiles (Me [25%; 75%]) or n (%). ASD – atrial septal defect.

и 75-го квартилей – Ме (25%; 75%) для количественных переменных, в виде частоты встречаемости n (%) для качественных. При сравнении количественных признаков в группах использовали критерий Манна – Уитни. При сравнении динамики показателей внутри групп применяли критерий Уилкоксона. Для оценки качественных признаков – критерий χ^2 (Пирсона) с поправкой Йетса.

Исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации.

Результаты

Соотношение детей после миниинвазивной хирургической и эндоваскулярной коррекции ДМПП в младшей группе составило 30 и 12 пациентов, в старшей группе – 20 и 38 больных соответственно. Длительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ) для детей группы младшего возраста составила 246 [0; 330] мин, для пациентов группы старшего возраста – 0 [0; 264] мин; $p = 0,001$. Продолжительность ИК – 34 [0; 47] и 0 [0; 24] мин соответственно; $p = 0,001$. В группе детей до 3 лет во время операции значимо снижался уровень гемоглобина, который до операции составлял 124,5 [119; 130] г/л, а после – 105 [7; 122] г/л, тогда как в группе старшего возраста – 134,5 [128; 136] и 128,5 [113; 135] г/л соответственно; $p = 0,001$. В группе младшего возраста в 2 (4,8%) случаях потребовалось переливание крови, в группе старшего возраста – в 3 (5,2%) случаях. Несмотря на это, больные не нуждались в реоперациях, связанных с кровотечением, резидуального шунта в группах также не выявлено.

Пребывание в отделении анестезиологии и реанимации было более продолжительным среди детей группы младшего возраста в сравнении с детьми старшего возраста – 24 [0; 24] и 0 [0; 24] ч соответственно; $p = 0,001$. Дислокации окклюдера, воздушной эмболии, резидуального шунта, а также

осложнений со стороны места доступа в группах не отмечено ни в одном случае. Время пребывания в стационаре для детей группы младшего возраста составило 7,5 [3; 9] сут, тогда как во второй лишь 3 [3; 7] сут; $p = 0,001$ (табл. 2).

При анализе данных трансторакальной ЭхоКГ до вмешательства выявлены различия между группами, что было связано как с большими значениями показателей в группе детей старшего возраста, так и, вероятно, с большей выраженностью показателей патологического РС, что проявлялось увеличением значений объема и размера ЛЖ, ПЖ, ПП в сагиттальной и фронтальной плоскости, чем в группе детей младшего возраста. Спустя 3–4 мес. сохранились прежние статистические изменения (табл. 3).

При анализе данных ЭхоКГ внутри каждой группы до и после вмешательства у детей младшего возраста отмечено статистически значимое уменьшение размера ПЖ и ПП в сагиттальной и фронтальной плоскостях, тогда как в группе детей старшего возраста статистически значимо увеличились размер и объем ЛЖ (конечные систолический и диастолический размеры, конечные систолический и диастолический объемы), а также уменьшился размер ПЖ и ПП в сагиттальной и фронтальной плоскостях ($p < 0,05$). ЛП, фракция выброса ЛЖ и регургитация на трикуспидальном клапане статистически значимо не менялись (табл. 4).

Обсуждение

Последние два десятилетия активно развиваются миниинвазивное хирургическое лечение, направленное на уменьшение рисков раневых осложнений, улучшение результатов реабилитации и оптимизацию косметического эффекта, а также эндоваскулярные вмешательства, не требующие выполнения разрезов, применения ИК и чаще всего ИВЛ. В литературе приведено много различных сравнений «открытой» и эндоваскулярной хирургии ДМПП.

Таблица 2. Результаты операции
Table 2. Surgery outcomes

Показатель / Indicator	До 3 лет / Up to 3 years	После 3 лет / Older than 3 years	P
Длительность ИВЛ, мин / Duration of the mechanical ventilation, min	246 [0; 330]	0 [0; 264]	0,001
Длительность пребывания в стационаре, сут / The length of hospital stay, days	7,5 [3; 9]	3 [3; 7]	0,001
Гемоглобин до операции / Hemoglobin before surgery	124,5 [119; 130]	134 [128; 136]	0,561
Гемоглобин после операции с учетом коррекции, г/л / Hemoglobin after taking into account the correction, g/L	105 [97; 122]	128,5 [113; 135]	0,001
Длительность пребывания в АРО, ч / The length of stay in the ICU, h	24 [0; 24]	0 [0; 24]	0,001
Продолжительность ИК, мин / CPB duration, min	34 [0; 47]	0 [0; 31]	–
Диаметр перешейка окклюдера, мм / Occluder diameter, mm	–	12 [8; 26]	–

Примечание: данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей (Me [25%; 75%]). АРО – отделение анестезиологии и реанимации; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ИК – искусственное кровообращение.
Note: data are presented as median, 25 and 75 percentiles (Me [25%; 75%]), ICU – intensive care unit; CPB – cardiopulmonary bypass.

Таблица 3. Динамика ЭхоКГ-показателей ремоделирования сердца между группами
Table 3. Dynamics of echocardiographic indices of cardiac remodeling in groups

Показатель / Indicator	До лечения ДМПП / Before ASD treatment, <3 лет / years	До лечения ДМПП / Before ASD treatment, >3 лет / years	p	Через 3–4 мес. / After 3–4 months, <3 лет / years	Через 3–4 мес. / After 3–4 months, >3 лет / years	p
КДР ЛЖ, см / LVEDD, cm	2,9 [2,7; 3,2]	3,7 [3,3; 4,1]	0,0001	2,9 [2,7; 3,2]	3,8 [3,5; 4,35]	0,0001
КСР ЛЖ, см / LVESD, cm	1,8 [1,6; 1,9]	2,3 [2; 2,5]	0,0001	1,8 [1,6; 2,0]	2,35 [2,15; 2,6]	0,0001
КДО ЛЖ, мл / LVEDV, mL	34 [27; 40]	59,5 [44,5; 74]	0,0001	38 [30; 41]	62 [49; 85,5]	0,0001
КСО ЛЖ, мл / LVESV, mL	10 [7; 13]	18 [13; 22]	0,0001	10 [7; 11]	19 [15; 25]	0,0001
ЛП, см / LA, cm	2 [1,8; 2,1]	2,4 [2,1; 2,8]	0,0001	2 [1,8; 2,2]	2,6 [2,35; 2,85]	0,0001
ФВ ЛЖ / LVEF, %	70 [65; 74]	71 [67; 74]	0,377	71 [68; 74]	69,5 [67; 73]	0,104
ПЖ, см / RV, cm	1,6 [1,4; 2,0]	1,8 [1,5; 2,3]	0,0001	1,2 [1,1; 1,3]	1,5 [1,25; 1,65]	0,0001
ПП сагиттальный, см / RA sagittal, cm	3,1 [2,8; 3,3]	3,7 [3,4; 4]	0,0001	2,5 [2,2; 2,6]	3,1 [2,75; 3,55]	0,0001
ПП фронтальный, см / RA frontal, cm	3,2 [2,9; 3,5]	3,8 [3,5; 4,1]	0,0001	2,7 [2,3; 2,9]	3,2 [2,9; 3,7]	0,0001
МЖП, см / IVS, cm	0,4 [0,4; 0,4]	0,5 [0,4; 0,6]	0,0002	0,4 [0,4; 0,5]	0,5 [0,4; 0,6]	0,0002
Регургитация на ТК, степень / Regurgitation in TV, degree	0 [0; 1]	0 [0; 1]	0,727	0 [0; 1]	0 [0; 1]	0,957

Примечание. Здесь и в табл. 4 данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей (Me [25%; 75%]). ДМПП – дефект межпредсердной перегородки; КДО ЛЖ – конечный диастолический объем левого желудочка; КДР ЛЖ – конечный диастолический размер левого желудочка; КСО ЛЖ – конечный систолический объем левого желудочка; КСР ЛЖ – конечный систолический размер левого желудочка; ЛП – левое предсердие; МЖП – межжелудочковая перегородка; ПЖ – правый желудочек; ПП – правое предсердие; ТК – трикуспидальный клапан; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка.
Note. Here and in Table 4 the data are presented in the form of median, 25 and 75 percentiles – Me [25%; 75%]. ASD – atrial septal defect; IVS – interventricular septum; LA – left atrium; LVEDD – left ventricular end-diastolic dimension; LVEDV – left ventricular end-diastolic volume; LVEF – ejection fraction; LVESD – left ventricular end-systolic dimension; LVESV – left ventricular end-systolic volume; RA – right atrium; RV – right ventricle; TV – tricuspid valve.

Таблица 4. Динамика ЭхоКГ-показателей ремоделирования сердца внутри групп
Table 4. Dynamics of echocardiographic indices of cardiac remodeling in groups

Показатель / Indicator	До лечения ДМПП / Before ASD treatment, <3 лет / years	После ДМПП / After ASD treatment, <3 лет / years	p	Через 3–4 мес. / After 3–4 months, <3 лет / years	Через 3–4 мес. / After 3–4 months, >3 лет / years	p
КДР ЛЖ, см / LVEDD, cm	2,9 [2,7; 3,2]	2,9 [2,7; 3,2]	0,757	3,7 [3,3; 4,1]	3,8 [3,5; 4,35]	0,026
КСР ЛЖ, см / LVESD, cm	1,8 [1,6; 1,9]	1,8 [1,6; 2,0]	0,773	2,3 [2; 2,5]	2,35 [2,15; 2,6]	0,026
КДО ЛЖ, мл / LVEDV, mL	34 [27; 40]	38 [30; 41]	0,061	59,5 [44,5; 74]	62 [49; 85,5]	0,027
КСО ЛЖ, мл / LVESV, mL	10 [7; 13]	10 [7; 11]	0,958	18 [13; 22]	19 [15; 25]	0,022
ЛП, см / LA, cm	2 [1,8; 2,1]	2 [1,8; 2,2]	0,133	2,4 [2,1; 2,8]	2,6 [2,35; 2,85]	0,013
ФВ ЛЖ / LVEF, %	70 [65; 74]	71 [68; 74]	0,193	71 [67; 74]	69,5 [67; 73]	0,172
ПЖ, см / RV, cm	1,6 [1,4; 2,0]	1,2 [1,1; 1,3]	0,001	1,8 [1,5; 2,3]	1,5 [1,25; 1,65]	0,002
ПП сагиттальный, см / RA sagittal, cm	3,1 [2,8; 3,3]	2,5 [2,2; 2,6]	0,001	3,7 [3,4; 4]	3,1 [2,75; 3,55]	0,001
ПП фронтальный, см / RA frontal, cm	3,2 [2,9; 3,5]	2,7 [2,3; 2,9]	0,001	3,8 [3,5; 4,1]	3,2 [2,9; 3,7]	0,001
МЖП, см / IVS, cm	0,4 [0,4; 0,4]	0,5 [0,4; 0,6]	0,001	0,4 [0,4; 0,5]	0,5 [0,4; 0,6]	0,576
Регургитация на ТК, степень / Regurgitation in TV, degree	0 [0; 1]	0 [0; 1]	0,463	0 [0; 1]	0 [0; 1]	0,523

За последние 10 лет появились единичные сравнения миниинвазивного метода с эндоваскулярной коррекцией ДМПП [11, 12]. Однако эти работы включали результаты вмешательств безотносительно изучения процессов РС и возрастных характеристик пациентов.

В ряде исследований [13, 14] показано, что после эндоваскулярной коррекции положительное РС происходит в ранние сроки, тогда как после «открытого» вмешательства – в сроки от 6 мес. до года. Максимальное снижение объема и размеров правых отделов отмечено в первые 7 дней после вмешательства. Кроме того, по мере увеличения возраста детей росло число больных с повышенным систолическим давлением в ПЖ. У детей старшего возраста чаще встречалась дилатация ПП, ПЖ и легочного ствола. Независимо от возраста нормализация объемов и размера правых отделов сердца зарегистрирована через год после коррекции ДМПП. Представленное нами исследование согласуется с результатами этих работ в части раннего РС после обоих способов лечения и более выраженных процессов РС у детей старшего возраста, что может быть аргументом для более рутинного применения в клинической практике методов миниинвазивной и эндоваскулярной хирургии ДМПП, в том числе у детей раннего возраста (до 3 лет), разумеется, при сопоставлении всех рисков и пользы от вмешательства в соответствии с опытом кардиокоманды конкретного центра. Результаты опубликованной ранее работы исследователей нашего центра [15], в которой авторы провели анализ процесса РС у детей после коррекции ДМПП эндоваскулярным методом в госпитальный, тридцатидневный и трехмесячный периоды наблюдения, показали, что уже спустя сутки после установки окклюдера в ДМПП происходит значимое положительное РС. Через месяц после коррекции у детей обеих групп (дошкольного и школьного возраста) выявлена еще более выраженная динамика положительного РС. К трехмесячному периоду наблюдения отмечено замедление процессов РС в группах – в основном обнаружены лишь тенденция уменьшения некоторых оцениваемых ЭхоКГ-параметров или отсутствие динамики.

Помимо структурно-функционального РС у детей в мировой практике проводят исследования электрического ремоделирования. Так, в зарубежной литературе в 2018 г. опубликовано проспективное исследование, посвященное изучению электрического РС педиатрической группы [16]. В исследование вошли 30 детей с изолированным септальным дефектом и хорошими краями, которым успешно выполнено закрытие ДМПП. Оценено изменение параметров в 12 отведениях электрокардиограммы в госпитальный, одно- и 6-месячный периоды. Улучшение электрического ремоделиро-

вания у детей после коррекции окклюдером зарегистрировано уже через 24 ч после закрытия дефекта. По электрокардиограмме отмечено прогрессивное и устойчивое улучшение продолжительности зубца Р, дисперсия зубца Р, длительность QT и дисперсия QT, которое сократилось к 6-месячному сроку наблюдения. Следовательно, коррекция ДМПП в педиатрической возрастной группе играет важную профилактическую роль в развитии в будущем предсердных аритмий через обратное электрическое ремоделирование.

В 2018 г. опубликовано одноцентровое исследование [17], которое обосновывает пользу коррекции ДМПП у детей младше 3 лет. В период с 1999 по 2014 г. в исследование включено 157 детей, направленных на эндоваскулярную коррекцию гемодинамически значимого дефекта сердца. Средний возраст исследуемых составил $2,2 \pm 0,6$ года, вес – $12,5 \pm 2,5$ кг. Из всей когорты прооперировано 149 детей (8 отказались): в 92 случаях с одинарным дефектом и в 52 – с двойным или множественным дефектами. После процедуры в течение года у детей произошло положительное ремоделирование и наблюдалось ускорение физического развития, субъективное улучшение клинического состояния (лучшая переносимость физических нагрузок). У более половины пациентов показано улучшение антропометрических параметров (увеличение веса) и снижение числа эпизодов инфекций дыхательных путей. Осложнений в госпитальном и отдаленном периодах не выявлено. Результаты этого исследования коррелируют с данными, полученными и в нашем исследовании, согласно которому в группе детей в возрасте до 3 лет при использовании методов миниинвазивного хирургического и эндоваскулярного лечения получены удовлетворительные результаты в отсутствие осложнений, что сопоставимо с результатами коррекции ДМПП у детей старшего возраста.

Проведенное исследование показало, что коррекция ДМПП в ранние сроки (до 3 лет) демонстрирует спустя 3–4 мес. наблюдения положительное РС (уменьшение размера ПЖ и ПП) без существенного изменения левых отделов. Тогда как у детей старше 3 лет в среднеотдаленном периоде наблюдения отмечено изменение как правых отделов (уменьшение размера ПЖ и ПП), так и левых (увеличение размера и объема ЛЖ) отделов сердца, что, вероятно, обусловлено более длительным существованием патологического ремоделирования и перераспределением объема шунтирования крови после коррекции септального дефекта [18]. Данные, полученные в работе, указывают на обратимость патологических изменений у детей с ДМПП в любом возрасте, но с более выраженными изменениями у детей в группе старше 3 лет, что может свидетельствовать о пользе ранней коррекции ДМПП.

Современное развитие хирургических и эндоваскулярных методов лечения позволяет получать обнадеживающие результаты коррекции ДМПП у детей младшего возраста без увеличения рисков как в госпитальном, так и отдаленном периоде наблюдения. Однако помимо положительного влияния есть и отрицательные стороны коррекции ДМПП в группе детей до 3 лет: чаще необходима ИВЛ, более длительное пребывание в отделении анестезиологии и реанимации, более продолжительное ИК и общее нахождение в стационаре. Тем не менее эти особенности не оказывают значимого влияния на результаты коррекции септального дефекта в сравнении с детьми старшего возраста.

Заключение

Результаты данного исследования показали, что оба метода коррекции ДМПП, миниинвазивный хирургический и эндоваскулярный, включая случаи со сложной анатомией перегородки, демонстрируют высокую эффективность и безопасность как в госпитальном периоде наблюдения, так и спустя 3–4 мес. после вмешательства. У участников обеих групп (младше и старше 3 лет) отмечено положительное влияние лечения на процессы ремоделиро-

вания сердца. Несмотря на то что дети младше 3 лет чаще нуждаются в использовании ИВЛ и ИК, пребывании в отделении анестезиологии и реанимации, более длительном нахождении в стационаре, при сопоставимых госпитальных и среднетотдаленных клинических и функциональных результатах, у них менее выражены процессы патологического ремоделирования по сравнению с детьми старшего возраста. Увеличение доли эндоваскулярной хирургии в группе детей младшего возраста могло бы нивелировать данные негативные последствия.

Конфликт интересов

П.А. Шушпанников заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.К. Халивопуло заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Ф. Шабает заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Н. Сизова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Шушпанников Павел Андреевич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7928-1121

Халивопуло Иван Константинович, врач – сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением кардиохирургии № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0661-4076

Шабает Ильмир Фанильевич, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-0101-2567

Сизова Ирина Николаевна, кандидат медицинских наук научный сотрудник лаборатории пороков сердца отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8076-8746

Тарасов Роман Сергеевич, доктор медицинских наук, доцент заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Author Information Form

Shushpannikov Pavel A., Specialist in Endovascular Diagnostics and Treatment, Department of Endovascular Diagnostics and Treatment, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7928-1121

Halivopulo Ivan K., Cardiovascular Surgeon, Head of the Department of Cardiac Surgery No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0661-4076

Shabaev Ilmir F., Cardiovascular Surgeon at the Department of Cardiac Surgery No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-0101-2567

Sizova Irina N., PhD, Researcher at the Laboratory of Heart Defects, Department of Cardiovascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8076-8746

Tarasov Roman S., MD, PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Endovascular and Reconstructive Cardiovascular Surgery, Department of Cardiovascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Вклад авторов в статью

ШПА – вклад в концепцию исследования, получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ХИК – получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ШИФ – получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СИН – получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТРС – вклад в концепцию исследования, получение и анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

ShPA – contribution to the concept of the study, data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

KhIK – data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

ShIPh – data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

SIN – data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

TRS – contribution to the concept of the study, data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмина О.К., Рутковская Н.В. Ремоделирование миокарда при поражениях клапанов сердца. Сибирское медицинское обозрение. 2017; 2(104): 5-14. doi:10.20333/2500136-2017-2-5-14
2. Humeres C., Frangogiannis N.G. Fibroblasts in the infarcted, remodeling, and failing heart. JACC Basic Transl Sci. 2019; 4(3): 449–467. doi: 10.1016/j.jacbs.2019.02.006
3. Smith B., Thomson J., Crossland D., Spence M.S., Morgan G.J. UK multicenter experience using the gore septal occluder (GSO (TM)) for atrial septal defect closure in children and adults. Catheter. Cardiovasc. Interv. 2014; 83(4): 581–586. doi: 10.1002/ccd.25216.
4. Qing M., Schumacher K., Heise R., Wöltje M., Vazquez-Jimenez J.F., Richter T., Arranda-Carrero M., Hess J., Bernuth G., Seghaye M-C. Intramyocardial synthesis of pro- and anti-inflammatory cytokines in infants with congenital cardiac defects. JACC. 2003; 41(12): 2266–2274. doi: 10.1016/s0735-1097(03)00477-7.
5. Fiszer R., Szkutnik M., Chodór B., Białkowski J. Spontaneous closure of a large atrial septal defect in an infant. Postepy Kardiologii Interwencyjnej. 2014; 10(4): 264–266. doi: 10.5114/pwki.2014.46768
6. Galea N., Grech V. Spontaneous closure of a large secundum atrial septal defect. Images Paediatr Cardiol. 2002; 4(3): 21–29.
7. Kim N.K., Su-Jin, J.Yo. Transcatheter Closure of Atrial Septal Defect: Does Age Matter? Korean Circ J. 2011; 41(11): 633–638. doi: 10.4070/kcj.2011.41.11.633
8. De Meester P., Van De Bruaene A., Herijgers P., Voigt J-U., Vanhees L., Budts W. Increased pulmonary artery pressures during exercise are related to persistent tricuspid regurgitation after septal defect closure. Acta Cardiol. 2013; 68(4): 365–372. doi:10.1016/j.amjcard.2009.05.017
9. Шушпанников П.А., Тарасов Р.С. Транскатетерная коррекция дефектов межпредсердной перегородки у детей: фокус на ремоделирование сердца. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2020; 9 (1): 82-91. doi:10.17802/2306-1278-2020-9-1-82-91
10. Клинические рекомендации по ведению детей с врожденными пороками сердца. Под ред. Л.А. Бокерия. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева. 2014; 342 с. https://racvs.ru/custom/files/clinic/Nac_rec_VPS_deti.pdf
11. Bichell D.P., Geva T., Bacha E.A., Mayer J.E., Jonas R.A., del Nido P.J. Minimal access approach for the repair of atrial septal defect: the initial 135 patients. Ann. Thorac. Surg. 2000; 70(1). 115–118. doi: 10.1016/s0003-4975(00)01251-0.
12. Shahrukh N. Bakar, Daniel J.P. Burns, Diamantouros P., Sridhar K., Kiai B., Michael W. A. Chu. Clinical outcomes of a combined transcatheter and minimally invasive atrial septal defect repair program using a 'Heart Team' approach. Journal of Cardiothoracic Surgery. 2018; 13(11): 1-7. doi:10.1186/s13019-018-0701-1
13. Нечкина И.В., Соколов А.А., Ковалев И.А., Варваренко В.И., Кривошеков Е.В. Ремоделирование сердца у детей после эндоваскулярной и хирургической коррекции дефекта межпредсердной перегородки. Сибирский медицинский журнал. 2012, 27(3). 77-81.
14. Соколов А.А., Марцинкевич Г.И., Кривошеков Е.В., Варваренко В.И. Ремоделирование сердца при естественном лечении и при эндоваскулярной коррекции атриосептальных дефектов у детей. Российский педиатрический журнал. 2014; 4.
15. Шушпанников П.А., Тарасов Р.С., Сизова И.Н., Ганюков В.И. Возрастные аспекты ремоделирования сердца у детей после транскатетерной коррекции дефекта межпредсердной перегородки. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2021; 14(1): 11-19. doi:10.17116/kardio2021140111
16. Kamphuis V.P., Nassif M., Man S.C., Swenne C.A., Kors J.A., Vink A.S., Ten Harkel A.D.J., Maan A.C., Mulder B.J.M., de Winter R.J., Blom N.A. Electrical remodeling after percutaneous atrial septal defect closure in pediatric and adult patients Int J Cardiol. 2019; 285: 32-39. doi: 10.1016/j.ijcard.2019.02.020.
17. Knop M.T., Białkowski J., Szkutnik M., Fiszer R., Smerdziński S., Gałeczka M., Litwin L. Transcatheter closure of atrial septal defects type 2 in children under three years of age. Kardiologia Polska. 2018; 76(8): 1257–1262. doi: 10.5603/KP.a2018.0113.
18. Шушпанников П.А., Халивопуло И.К., Шабаев И.Ф., Сизова И.Н., Омельченко А.Ю., Тарасов Р.С. Результаты эндоваскулярной и миниинвазивной коррекции и ремоделирование сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2022; 11(2): 151-161. doi:10.17802/2306-1278-2022-11-2-151-161

REFERENCES

1. Kuzmina O.K., Rutkovskaya N.V. Myocardial remodeling in patients with valvular heart disease. Siberian medical review. 2017; 2(104): 5-14. (in Russian) doi:10.20333/2500136-2017-2-5-14

2. Humeres C., Frangogiannis N.G. Fibroblasts in the infarcted, remodeling, and failing heart. *JACC Basic Transl Sci.* 2019; 4(3): 449–467. doi: 10.1016/j.jacbs.2019.02.006
3. Smith B., Thomson J., Crossland D., Spence M.S., Morgan G.J. UK multicenter experience using the gore septal occluder (GSO (TM)) for atrial septal defect closure in children and adults. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2014; 83(4): 581–586. doi: 10.1002/ccd.25216.
4. Qing M., Schumacher K., Heise R., Wöltje M., Vazquez-Jimenez J.F., Richter T., Arranda-Carrero M., Hess J., Bernuth G., Seghaye M-C. Intramyocardial synthesis of pro- and anti-inflammatory cytokines in infants with congenital cardiac defects. *JACC.* 2003; 41(12): 2266–2274. doi: 10.1016/s0735-1097(03)00477-7.
5. Fiszer R., Szkutnik M., Chodór B., Białkowski J. Spontaneous closure of a large atrial septal defect in an infant. *Postępy Kardiologii Interwencyjnej.* 2014; 10(4): 264–266. doi: 10.5114/pwki.2014.46768
6. Galea N., Grech V. Spontaneous closure of a large secundum atrial septal defect. *Images Paediatr Cardiol.* 2002; 4(3): 21–29.
7. Kim N.K., Su-Jin, J.Yo. Transcatheter Closure of Atrial Septal Defect: Does Age Matter? *Korean Circ J.* 2011; 41(11): 633–638. doi: 10.4070/kcj.2011.41.11.633
8. De Meester P., Van De Bruaene A., Herijgers P., Voigt J-U., Vanhees L., Budts W. Increased pulmonary artery pressures during exercise are related to persistent tricuspid regurgitation after septal defect closure. *Acta Cardiol.* 2013; 68(4): 365–372. doi:10.1016/j.amjcard.2009.05.017
9. Shushpannikov P.A., Tarasov R.S. Transcatheter correction of atrial septal defects in children: focus on remodeling the heart. Complex problems of cardiovascular diseases. 2020; 9 (1): 82-91. (in Russian) doi:10.17802/2306-1278-2020-9-1-82-91
10. Bockeria L.A. Clinical recommendations for management of children with congenital heart disease. *RACVS.* 2014. (In Russian) https://racvs.ru/custom/files/clinic/Nac_rec_VPS_deti.pdf
11. Bichell D.P., Geva T., Bacha E.A., Mayer J.E., Jonas R.A., del Nido P.J. Minimal access approach for the repair of atrial septal defect: the initial 135 patients. *Ann. Thorac. Surg.* 2000; 70(1). 115–118. doi: 10.1016/s0003-4975(00)01251-0.
12. Shahrukh N. Bakar, Daniel J.P. Burns, Diamantouros P., Sridhar K., Kiaii B., Michael W. A. Chu. Clinical outcomes of a combined transcatheter and minimally invasive atrial septal defect repair program using a 'Heart Team' approach. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2018; 13(11): 1-7. doi:10.1186/s13019-018-0701-1
13. Nechkina I.V., Sokolov A.A., Kovalev I.A., Varvarenko V.I., Krivoshechekov E.V. Remodeling of the heart in children after endovascular and surgical correction of atrial septal defect. *Siberian Medical Journal.* 2012, 27(3). 77-81. (In Russian)
14. Sokolov A.A., Martsinkevich G.I., Krivoshechekov E.V., Varvarenko V.I. Remodeling of the heart in natural treatment and endovascular correction of atrioseptal defects in children. *Russian Pediatric Journal.* 2014; 4. (In Russian)
15. Shushpannikov P.A., Tarasov R.S., Sizova I.N., Ganyukov V.I. Age-related aspects of heart remodeling in children after transcatheter correction of atrial septal defect. *Cardiology and cardiovascular surgery.* 2021; 14(1): 11-19. (In Russian) doi:10.17116/kardio20211401111
16. Kamphuis V.P., Nassif M., Man S.C., Swenne C.A., Kors J.A., Vink A.S., Ten Harkel A.D.J., Maan A.C., Mulder B.J.M., de Winter R.J., Blom N.A. Electrical remodeling after percutaneous atrial septal defect closure in pediatric and adult patients *Int J Cardiol.* 2019; 285: 32-39. doi: 10.1016/j.ijcard.2019.02.020.
17. Knop M.T., Białkowski J., Szkutnik M., Fiszer R., Smerdziński S., Gałeczka M., Litwin L. Transcatheter closure of atrial septal defects type 2 in children under three years of age. *Kardiologia Polska.* 2018; 76(8): 1257–1262. doi: 10.5603/KP.a2018.0113.
18. Shushpannikov P.A., Halivopulo I.K., Shabaev I.F., Sizova I.N., Omelchenko A.Yu., Tarasov R.S. Cardiac remodeling and outcome after endovascular and minimally invasive closure of atrial septal defect in children. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(2):151-161. (In Russian) doi:10.17802/2306-1278-2022-11-2-151-161

Для цитирования: Шушпанников П.А., Халивопуло И.К., Шабает И.Ф., Сизова И.Н., Тарасов Р.С. Минималноинвазивная хирургическая и эндоваскулярная коррекция дефекта межпредсердной перегородки у детей различного возраста. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2022;11(3): 152-161. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-3-152-161

To cite: Shushpannikov P.A., Halivopulo I.K., Shabaev I.F., Sizova I.N., Tarasov R.S. Minimally invasive and endovascular closure of atrial septal defect in children of different ages. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(3): 152-161. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-3-152-161