



УДК 616.1

DOI 10.17802/2306-1278-2020-9-1-82-91

ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ДЕФЕКТОВ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ У ДЕТЕЙ: ФОКУС НА РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЦА

П.А. Шушпанников, 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

- Изложено современное представление о способах лечения детей в возрасте от 1 до 18 лет с изолированным дефектом межпредсердной перегородки.

Резюме

Среди врожденных пороков сердца изолированный дефект межпредсердной перегородки занимает второе место после септального дефекта межжелудочковой перегородки. До настоящего времени нет крупных рандомизированных исследований, показывающих спектр изменений как до, так и после закрытия дефекта. В литературе представлены единичные наблюдения с ограниченными данными. В связи с этим четко не определены временные сроки для коррекции данного порока. В обзоре проанализированы современные данные литературы о ремоделировании сердца у детей в возрасте до 18 лет после эндоваскулярной коррекции дефекта межпредсердной перегородки.

Ключевые слова

Врожденные пороки сердца • Дефект межпредсердной перегородки • Эндоваскулярная коррекция • Хирургическая коррекция

Поступила в редакцию: 02.10.19; поступила после доработки: 06.11.19; принята к печати: 21.12.19

ENDOVASCULAR CLOSURE OF ATRIAL SEPTAL DEFECTS IN CHILDREN: HEART REMODELING

P.A. Shushpannikov, R.S. Tarasov ✉

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

Highlights

- The review article provides an update on the treatment of isolated atrial septal defect in children aged 1 to 18 years.

Abstract

Isolated atrial septal defect is the second leading congenital heart defect after ventricular septal defect. To date, there are few studies showing the range of changes both before and after the defect closure, except single studies with limited data. Therefore, the optimal timing for the ASD closure is not clearly defined. The review presents an update on heart remodeling in children under 18 years of age after endovascular closure of atrial septal defects.

Keywords

Congenital heart disease • Atrial septal defect • Endovascular closure • Surgical repair

Received: 02.10.19; received in revised form: 06.11.19; accepted: 21.12.19

Список сокращений

ДМПП	– дефект межпредсердной перегородки	АСС	– Американский колледж кардиологии (англ. American College of Cardiology)
ЛЖ	– левый желудочек	АНА	– Американская ассоциация сердца (англ. American Heart Association)
ПЖ	– правый желудочек		
РС	– ремоделирование сердца		
ЭхоКГ	– эхокардиография		

Для корреспонденции: Роман Сергеевич Тарасов, roman.tarasov@mail.ru; адрес: Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Россия, 650002

Corresponding author: Tarasov Roman S., roman.tarasov@mail.ru; address: 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, 650002, Russian Federation

Введение

Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) – это сообщение между правым и левым предсердиями. Дефект может быть изолированным или в сочетании с другими врожденными пороками сердца. ДМПП занимает второе место по встречаемости после дефекта межжелудочковой перегородки и составляет, по данным ряда авторов, 5–15% всех врожденных пороков сердца [1]. Частота вторичных ДМПП – около 75% всех септальных дефектов с преобладанием женской популяции 2:1 [2, 3]. Патологический лево-правый сброс приводит к объемным перегрузкам правого предсердия и желудочка (изменению геометрии полостей сердца), а также гиперволемии малого круга кровообращения. Длительное существование дефекта ведет к осложнениям, в частности нарушению ритма (желудочковой тахикардии, фибрилляции или трепетанию предсердий), сердечной недостаточности, прогрессирующей легочной гипертензии, а также частым легочным инфекциям, легочным, системным или церебральным эмболиям [4].

Целесообразность эндоваскулярной коррекции ДМПП, не дающих значимых клинических манифестаций у детей первых лет жизни, остается под вопросом. По некоторым литературным данным, оптимальным для коррекции ДМПП считается возраст пациентов более трех лет [5]. Другие авторы считают, что закрытие асимптомного ДМПП можно отложить до достижения пациентом 2–4 или даже 4–6 лет [6, 7]. Согласно клиническим рекомендациям по лечению детей с врожденными пороками сердца под редакцией Л.А. Бокерии, чрескожное закрытие ДМПП также не показано детям раннего возраста [8]. Однако чем старше пациенты, тем более выражены и устойчивы изменения структурно-функциональных показателей сердца [9].

Эндоваскулярные методы лечения детей с дефектом межпредсердной перегородки: доказательная база, преимущества и ограничения в сравнении с хирургическими способами

Первые сообщения о хирургическом закрытии дефекта межпредсердной перегородки появились в конце 1940-х – начале 1950-х гг. [10, 11]. С ростом опыта «открытых» операций за последние десятилетия показатели осложнений и смертности снизились. На современном этапе операция на «открытом» сердце в условиях искусственного кровообращения является методом выбора при коррекции дефектов межпредсердной перегородки [11]. Классический подход лечения септальных дефектов заключается в срединной стернотомии.

Клинические результаты традиционной, хирур-

гической, коррекции вторичных ДМПП представлены в 1996 г. С. Mavroudis, который опубликовал опыт чикагского центра за 10-летний период – с 1985 по 1995 г. В исследование вошли 212 человек: 47% пациентам выполнена пластика заплатой из аутоперикарда, 53% пациентов – ушивание дефекта. Летальность, повторные операции по поводу кровотечения, неврологические осложнения и резидуальный септальный шунт отсутствовали [12]. Позже, в 2001 г., D.A. Jones и соавт. представили ретроспективный 4-летний опыт австралийского центра. В обзор включили 87 детей возрастом от 2 мес. до 15 лет. Летальных исходов не отмечено, но в 24% случаях в послеоперационном периоде выявлен перикардальный выпот, требовавший дренирования перикарда [13].

В последнее время широкое распространение получили мининвазивные технологии лечения врожденных пороков сердца, снижающие риск осложнений [14]. Начало этому направлению положено в 1990-х гг. В 2001 г. D.P. Bichell и соавт. из детского госпиталя в Бостоне представили результаты хирургического лечения 135 пациентов в возрасте от 6 мес. до 25 лет, которым использовали малоинвазивный доступ для коррекции дефекта межпредсердной перегородки [15]. Современные методы хирургии, такие как торакокопическая видео- и робот-ассистенция, на данном этапе более безопасны, позволяют улучшить косметические результаты и сократить период пребывания пациента в стационаре [16, 17].

В 1974 г. T.D. King и N.L. Mills первыми выполнили рентгенэндоваскулярное закрытие ДМПП с использованием окклюзирующего устройства – это ознаменовало начало периода транскатетерной хирургии септальных дефектов. Конструкция устройства была представлена в виде двойного зонтика, состоящего из стальных спиц, расположенных радиально от центра, между которыми была натянута дакроновая ткань [18]. Эксперимент выполнен на собаках, которым искусственно закрыт центральный ДМПП, что доказало возможность лечения патологии эндоваскулярным методом. При этом устройство и система доставки требовали совершенствования.

Позже, в 1976 г., эти же исследователи опубликовали результаты успешного использования рентгенохирургической техники для закрытия ДМПП размерами от 13 до 30 мм у людей [19]. Тогда же они определили основные показания и противопоказания для эндоваскулярного закрытия ДМПП. Но на тот период устройство имело ряд недостатков: большие размеры доставляющих устройств, частые поломки конструкций, их смещение, неполное закрытие ДМПП, перфорация сердца при установке.

Через несколько лет после первых успешных закрытий ДМПП, в 1983 г., W. Rashkind разработал устройство для закрытия открытого артериального протока и септального дефекта [20]. Устройство имело ненадежное крепление и сложности при установке, что в некоторых случаях требовало экстренной «открытой» операции. В конце 1980-х и в течение 1990-х гг. активно разрабатывали окклюдеры для закрытия ДМПП [21]. Опубликованы клинические исследования, в которых хоть и сообщалось об успешном применении и обнадеживающих результатах различных устройств, но они имели ряд недостатков. У устройства ASDOS (Sulzer Osyka, Rheinfelden, Германия) часто возникали тромбозы, после имплантации требовалось хирургическое вмешательство, присутствовал резидуальный сброс и хирурги отказывались от его имплантации. Устройство Transcatheter Patch (Foamex, Media, США) требовало длительное пребывание пациента в отделении реанимации со строгим постельным режимом до момента ожидания фиксации окклюдера. В некоторых случаях происходили миграции устройства Das Angel Wings (Microvena Corporation, США).

В 1996 г. представлен отличающийся от предшественников окклюдер, который активно используется и в настоящее время, является самораскрывающимся и самоцентрирующимся – AMPLATZER Septal Occluder (AGA Medical Corporation, США). По данным мультицентрового исследования, закрытие септального дефекта с использованием данного окклюдирующего устройства и системы доставки показало себя эффективным и безопасным методом в 2-летнем наблюдении [22].

С учетом положительных результатов эндоваскулярного закрытия вторичного ДМПП в 2002 г. опубликовано многоцентровое нерандомизированное исследование, в котором сравнивались «открытый» хирургический и эндоваскулярный методы [23]. Исследование проведено в 29 педиатрических кардиологических центрах с марта 1998 г. по март 2000 г. Группу эндоваскулярной хирургии составили 442 пациента, «открытой» – 154 пациента. По результатам однолетнего наблюдения летальных исходов в обеих группах не отмечено. Частота осложнений и средняя продолжительность пребывания в стационаре среди пациентов эндоваскулярной группы были статистически значимо ниже. Показатели эффективности между группами не отличались.

В 2011 г. опубликован систематический обзор исследований, проведенных до 2008 г. и включавших более 20 пациентов [24]. Общее количество составило 13 нерандомизированных исследований (3 082 пациента). Анализ показал значительно меньшую частоту ранних осложнений у пациентов с чрескожным закрытием ДМПП в сравнении

с хирургическим.

В 2016 г. опубликованы результаты многоцентрового исследования, в которое вошли около 10 тысяч детей в возрасте от 1 до 17 лет. Пациентам выполнена как хирургическая, так и эндоваскулярная коррекция ДМПП [25]. Продемонстрированы ряд преимуществ эндоваскулярной коррекции перед «открытой» хирургией: снижение риска летальности, инфекционных осложнений и срока пребывания в стационаре. Все эти факторы имели и клинико-финансовую целесообразность, уменьшая затраты на лечение пациентов.

В небольших исследованиях существенных различий между «открытым» и эндоваскулярным вмешательствами не выявлено [26].

В 2008 г. эндоваскулярный метод закрытия дефекта межпредсердной перегородки внесен в Рекомендации Американского колледжа кардиологии и Американской ассоциации сердца (ACC/AHA) и отнесен к первому классу показаний [27].

В 2019 г. опубликован анализ «открытых» и эндоваскулярных вмешательств в Великобритании и Ирландии у пациентов с изолированными септальными дефектами [28]. Оценены результаты коррекции за 16 лет. Согласно данным обсервационного исследования, количество эндоваскулярных процедур в год с 323 в 2000–2001 гг. возросло до 708 в 2015–2016 гг. как среди детей, так и взрослых (преимущественно за счет взрослой группы). При этом число «открытых» вмешательств почти не изменилось за этот период и составляет 370–430 операций в год. Эндоваскулярный метод, по данным авторов, в настоящее время является стандартом лечения пациентов с анатомически подходящими ДМПП. «Открытое» хирургическое вмешательство показано пациентам, у которых края перегородки составляют менее 5 мм. У пациентов с функционально значимым сбросом и без легочной гипертензии эндоваскулярная коррекция септального дефекта ассоциируется с лучшими отдаленными результатами: меньшим количеством предсердных аритмий, улучшением функции сердца и выживаемости.

Несмотря на то что интервенционный метод получил статус «операции выбора» для пациентов с изолированным ДМПП, ряд ограничений транскатетерных технологий не позволяет полностью отказаться от «открытых» хирургических вмешательств. При ДМПП большого размера, анатомии перегородки с выраженным дефицитом краев, делающим невозможным адекватное позиционирование окклюдера или использование системы доставки нужного диаметра, предпочтение отдается операциям на «открытом» сердце [8].

Следует учитывать, что центральные ДМПП имеют тенденцию к спонтанному закрытию в течение первого года жизни, однако в абсолютном

большинстве случаев дети первого года жизни не являются кандидатами для транскатетерной коррекции порока. Если у ребенка выраженная сердечная недостаточность на фоне значимого ДМПП, предпочтение отдается «открытому» вмешательству.

По данным российских рекомендаций, хирургическая коррекция ДМПП размером менее 5 мм не показана детям младше 6 мес. с неосложненным дефектом (без признаков перегрузки объемом правого желудочка (ПЖ), парадоксальной эмболии), а эндоваскулярная – детям от 2 до 6 лет [8], так как такие дефекты не влияют на продолжительность жизни. У пациентов с дефектами более 5 мм с признаками перегрузки объемом ПЖ (по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) симптомы появляются уже к концу первого года жизни. Коррекция этих врожденных пороков предпочтительна в детском возрасте для профилактики отдаленных осложнений: снижения толерантности к физической нагрузке, недостаточности трехстворчатого клапана, наджелудочковых аритмий и сброса крови справа налево. Эндоваскулярное закрытие не показано при дефекте венозного синуса, венозного синуса и первичных дефектах, а ДМПП с большой аневризмой перегородки или фенестрированной межпредсердной перегородкой требуют тщательной оценки и консультации сердечно-сосудистого хирурга перед транскатетерным закрытием.

В настоящее время представлена широкая линейка окклюдеров для закрытия ДМПП и систем доставки меньшего сечения, уменьшающих риск осложнений и не вызывающих трудностей при транскатетерном закрытии ДМПП, в том числе у пациентов первых лет жизни.

Согласно данным литературы, эндоваскулярная коррекция ДМПП является оптимальным и эффективным методом лечения детей с подходящей анатомией, включая случаи с множественными дефектами по типу перфорированной аневризмы и дефицитом краев [29–31]. Успех вмешательства и отсутствие осложнений связано с тщательным отбором пациентов и зависит от опыта центра [32].

Малая инвазивность транскатетерной коррекции ДМПП в сравнении с «открытой» хирургией, требующей искусственного кровообращения, вентилиции легких и стерно- или торакотомии, стала одним из главных аргументов в пользу доминирования эндоваскулярной технологии у пациентов с подходящей анатомией порока.

В настоящее время соотношение «открытых» и эндоваскулярных операций составляет примерно 1 к 7. Увеличение за последние два десятилетия количества эндоваскулярных вмешательств при изолированных ДМПП по отношению к хирургическим методам подтверждают это. Изменения отражены и в клинических рекомендациях – транскатетерная окклюзия стала операцией выбора [28].

Патологическое ремоделирование сердца при дефекте межпредсердной перегородки и потенциал обратного ремоделирования после эндоваскулярной и хирургической коррекции

Понятие «ремоделирование» введено в начале 80-х гг. прошлого столетия. Сначала термин применяли для обозначения постинфарктных изменений левого желудочка (ЛЖ), которые включали гипертрофию и дилатацию, что приводило к нарушению систоло-диастолической функции [33]. Позже, после серии исследований, термин «ремоделирование» приобрел более широкий смысл. В настоящее время процесс ремоделирования подразумевает молекулярные, клеточные, интерстициальные и генные перестройки, клинически проявляющиеся изменением размеров, формы и функции сердца после его повреждения или структурных изменений [33, 34].

Исследование этого сложного процесса началось с изучения ремоделирования сердца (РС) у пациентов с ишемической болезнью сердца, артериальной гипертензией и фибрилляцией предсердий [35–37]. Для оценки показателей РС используются неинвазивные методы исследования: ЭхоКГ, магнитно-резонансная и мультиспиральная компьютерная томографии. Наиболее доступным методом визуализации является ЭхоКГ [38], но его эффективность зависит от опыта врача и качества визуализации, что приводит к вариабельности при оценке результатов [39]. Современные методы визуализации, магнитно-резонансная и мультиспиральная компьютерная томографии, демонстрируют высокое качество изображений и точные характеристики контуров полостей в нескольких проекциях, поэтому их используют все чаще [40, 41]. Хотя ряд авторов, несмотря на высокую информативность методов, признают немаловажную роль 3D-ЭхоКГ в диагностике РС [42].

При ДМПП сначала возникает перегрузка объемом правого предсердия. После увеличения в объеме правого предсердия происходит изменение фиброзного кольца трикуспидального клапана с возникновением регургитации на клапане, что в свою очередь приводит к перегрузке ПЖ и легочного кровотока, тем самым повышается давление в малом круге кровообращения. Этот патологический круг приводит к ухудшению систолической и диастолической функций ПЖ. Увеличение давления в правом желудочке приводит к изменению функциональных свойств и геометрии левого [43]. Если не устранять септальный дефект в детском возрасте, в последующем у пациентов развиваются суправентрикулярные нарушения ритма, фибрилляция и трепетание предсердий [44, 45].

Известно, что обратное РС вследствие эндоваскулярной или хирургической коррекции заболевания может наблюдаться уже в раннем послеоперационном периоде [5].

В 2006 г. опубликовано исследование, в котором приведены результаты изменения систолической и диастолической функций сердца после коррекции ДМПП у детей эндоваскулярным и хирургическим методами [46]. Средний возраст пациентов составил $7,39 \pm 4,53$ и $9,82 \pm 5,6$ года. Период наблюдения – более 2 лет. Авторы показали, что после коррекции ДМПП при долгосрочном исследовании происходит уменьшение объема ПЖ, увеличение объема и улучшение диастолической функции ЛЖ как в группе эндоваскулярных, так и «открытых» вмешательств. Но при чрескожной коррекции процесс ремоделирования протекал быстрее.

Позже, в 2007 г., российские исследователи изучили влияние хирургической коррекции митральных, митрально-аортальных пороков и ДМПП на течение ремоделирования ПЖ сердца [47]. Обследованы пациенты старше 18 лет. На основе полученных данных сделан вывод о том, что патологическое ремоделирование ПЖ определяется не возрастом, а степенью наступивших в миокарде изменений. При ДМПП выявили критерий перехода адаптивного ремоделирования правого желудочка в патологическое: дооперационный передне-задний размер ПЖ 4,0 см и размер короткой оси в 4-камерной позиции 4,7 см. Если показатели превышают эти значения, то устранение объемной перегрузки хирургическим путем не приводит к уменьшению размеров правого желудочка до нормальных значений.

Существуют и другие исследования, в которых приводятся данные РС после эндоваскулярного и хирургического лечения вторичного ДМПП [4]. В исследование включили 100 детей, средний возраст которых составил $5,7 \pm 4,3$ и $5,2 \pm 4,4$ года для двух групп. Авторы установили, что дилатация правых отделов сердца ввиду сброса большого объема крови через ДМПП слева направо и объемной недогрузке ЛЖ приводит к диастолическому ремоделированию. Эндоваскулярная коррекция уже в раннем послеоперационном периоде приводит к восстановлению диастолической функции ЛЖ, тогда как после «открытой» операции этот процесс протекает более длительно – в течение 6 мес. Дилатация правых отделов сердца наблюдалась в госпитальном периоде и сохранялась в поздних сроках наблюдения независимо от метода коррекции.

Также в литературе приводятся данные сравнения РС при естественном течении и эндоваскулярном лечении атриосептальных дефектов у детей [48]. Установлено, что у детей старше 3 лет имеется значимая дилатация правых отделов сердца и легочной артерии. Выраженные проявления РС, обусловленного ДМПП, выявлены у детей старше 6 лет. Эндоваскулярная коррекция ДМПП у детей любого возраста сопровождается нормализацией

объема правого предсердия в течение года.

Несмотря на появление новых исследований, процесс РС у детей разного возраста при ДМПП остается не до конца изученным. При этом исследование роли обратного РС у детей имеет важное значение.

Роль возраста детей с дефектом межпредсердной перегородки в эндоваскулярной коррекции, связь возраста и потенциала обратного ремоделирования сердца

Вопрос о том, в каком возрасте целесообразно выполнять коррекцию ДМПП исследуется давно, но по-прежнему остается дискуссионным. Лечение септального дефекта в раннем возрасте может приводить к неблагоприятным событиям, а в поздние сроки ассоциировано с прогрессированием патологического РС. Дети первых лет (1–3 года) жизни имеют малый диаметр бедренной вены и малый размер МПП. Возможность коррекции дефекта у таких детей ограничена из-за высокого риска осложнений как со стороны места доступа, так и сердца, в связи с чем в ряде случаев необходима отсрочка вмешательства. Это связано с тем, что требуемая система доставки окклюдера может превышать диаметр бедренной вены и привести к ее повреждению. Также необходимо учитывать соотношение размеров дисков окклюдера с длиной МПП: размер устройства может превышать размер перегородки, что приведет к компрометации внутрисердечных структур и/или риску гемотампонады. У детей более старшего возраста можно беспрепятственно использовать как системы доставки, так и окклюдеры большего диаметра.

Современная линейка окклюдеров для закрытия ДМПП и систем доставки меньшего сечения уменьшает риск осложнений и не вызывает трудностей при эндоваскулярной окклюзии дефекта, в том числе у пациентов первых лет жизни [49]. Ранее мы уже отметили, что это подтверждают данные недавнего крупного исследования [25]. Также обоснование ранней эндоваскулярной коррекции ДМПП представлено в крупном обзоре, опубликованном в 2014 г. [50]. Авторы обзора ссылаются на исследование [51], включавшее 227 человек, из них 164 детей в возрасте от 9 мес. до 15 лет и 149 взрослых от 15 до 78 лет, в котором продемонстрировано преимущество чрескожного закрытия ДМПП в детской возрастной группе. Также в обзоре сообщается о важности ранней диагностики и наблюдения за ДМПП, которые позволяют избежать поздних осложнений: сердечной недостаточности, аритмий и инсультов [52].

О положительном влиянии эндоваскулярной коррекции ДМПП на патологическое ремоделирование правых отделов сердца сообщалось ранее [53, 54].

В 2001 г. представлены результаты исследования, в котором изучались сроки нормализации перегруженного объемом ЛЖ после транскатетерного закрытия ДМПП у детей и взрослых [55]. С июля 1999 г. по апрель 2001 г. 68 пациентов с изолированным септальным дефектом подверглись чрескожной окклюзии ДМПП с использованием устройства AMPLATZER Septal Occluder (AGA Medical Corporation, США). Все пациенты имели соотношение Qp/Qs 1,5:1 с лево-правым шунтом или перегрузки объемом ЛЖ. Два пациента выбыло из исследования из-за отсутствия предварительного ЭхоКГ-обследования, включены оставшиеся 66 пациентов (24 мужчины и 42 женщины) в возрасте от 1 до 81 года (медиана 30). Вес пациентов колебался от 8,3 до 125,0 кг (медиана 62,8). В исследовании показано, что нормализация размера ЛЖ (более расширенного), перегруженного объемом после окклюзии септального дефекта, протекала медленнее у взрослых пациентов, чем у молодых (с менее расширенным ЛЖ). Также отмечено пропорциональное увеличение размера ЛЖ ввиду перераспределения кровотока. Высказано предположение, что ранняя коррекция данной патологии приводит к менее выраженным изменениям полостей сердца.

В исследовании 2014 г., в которое вошли 683 ребенка с естественным течением ДМПП в возрасте от 8 мес. до 18 лет, 495 пациентам выполнена эндоваскулярная коррекция порока. В течение госпитализации, через 6 и 12 мес. после коррекции 225 детям выполнена оценка нормализации объема правого предсердия. Пациентов разделили на две группы: первую составили дети до 6 лет ($n = 100$), вторую – дети в возрасте 7–18 лет ($n = 125$). Согласно результатам исследования, систолическая функция ЛЖ не меняется у детей в зависимости от возраста, тогда как недостаточная насосная функция выявлена у больных старше 6 лет. У детей старше 6 лет более выражено проявление РС, обусловленное ДМПП. Через год после эндоваскулярной окклюзии ДМПП у детей любого возраста нормализуются объемы правого предсердия [48].

Помимо структурно-функционального РС у детей проводятся исследования электрического ремоделирования.

В 2018 г. опубликовано проспективное исследо-

вание электрического РС педиатрической группы [56]. В исследование вошли 30 детей с изолированным септальным дефектом и подходящими краями перегородки, которым успешно выполнено закрытие ДМПП. Оценивалось изменение параметров в 12 отведениях электрокардиограммы в период госпитализации, через 1 и 6 мес. после операции. Улучшение электрического ремоделирования у детей после коррекции окклюдером происходит уже через 24 ч после закрытия дефекта. По данным электрокардиограммы отмечались прогрессивное и устойчивое улучшение продолжительности зубца Р, дисперсия Р зубца, длительность и дисперсия QT, которые после 6 мес. наблюдения. Таким образом, коррекция ДМПП в педиатрической группе играет важную профилактическую роль в развитии предсердных аритмий через обратное электрическое ремоделирование.

Заключение

Для оценки целесообразности транскатетерной коррекции ДМПП в раннем возрасте необходим персонифицированный подход, включающий тщательный отбор пациентов с детальной оценкой анатомии порока по данным ЭхоКГ на аппарате экспертного класса, а также выбор параметров окклюдера и системы доставки с учетом размера межпредсердной перегородки и диаметра общей бедренной вены пациента.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о взаимосвязи возраста ребенка и обратного ремоделирования сердца после закрытия ДМПП. Однако результаты исследований не отвечают на целый ряд вопросов, связанных с потенциалом обратного ремоделирования у детей разного возраста и его особенностями в разные сроки после транскатетерного закрытия дефекта.

Конфликт интересов

П.А. Шушпанников заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную коллегию журнала КПССЗ.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Шушпанников Павел Андреевич, младший научный сотрудник лаборатории интервенционных методов диагностики и лечения отдела мультифокального атеросклероза федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; ORCID 0000-0001-7928-1121

Тарасов Роман Сергеевич, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией реконструктивной хирургии

Author Information Form

Shushpannikov Pavel A., research assistant at the Laboratory of Interventional Cardiology, Department of Polyvascular and Multivessel Disease, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation; ORCID 0000-0001-7928-1121

Tarasov Roman S., MD, PhD, Head of the Laboratory of Reconstructive Surgery for Multivessel and Polyvascular

мультифокального атеросклероза отдела мультифокального атеросклероза федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; ORCID 0000-0003-3882-709X

Вклад авторов в статью

ШПА – существенный вклад в концепцию и дизайн статьи, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

TPC – существенный вклад в концепцию и дизайн статьи, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Author Contribution Statement

SPA – significant contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

TRS – significant contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоконь Н.А., Подзолков В.П. Врожденные пороки сердца. М.: Медицина; 1991.
2. Crawford M.H. Current diagnosis and treatment: cardiology. 3 edn. Lange McGraw Hill. San Francisco; 2009. P. 379-384
3. Gabriels C., De Meester P., Pasquet A., De Backer J., Paelinck B.P., Morissens M., Van De Bruaene A., Delcroix M., Budts W. Affiliations expand et al. A different view on predictors of pulmonary hypertension in secundum atrial septal defect. *Int J Cardiol.* 2014; 176 (3): 833-840. doi:10.1016/j.ijcard.2014.08.009
4. 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.
5. 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
6. Kim N.K., Park Su-Jin, Choi 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
7. Badran H.M., Soltan G.M., Alrefaey Atwa M.A. Atrial septal defects: clinical presentation and recent approach in its diagnosis and treatment. *Menoufia Med J* 2014; 27: 145-151. doi:10.4137/CMC.S15715
8. Клинические рекомендации по ведению детей с врожденными пороками сердца. Под ред. Л.А. Бокерия. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2014. С. 342. Режим доступа: https://racvs.ru/custom/files/clinic/Nac_rec_VPS_deti.pdf (дата обращения: 09.02.2020)
9. Siwińska A., Mroziński V., Górzna-Kamiska H., Pawelec-Wojtalik M., Wojtalik M., Bobkowski W., Zachwieja J., Maciejewski J. Echocardiographic parameters of left ventricular systolic and diastolic function in infants, children and adolescents before and after surgical correction of secundum atrial septal defect. *Kardiologia Pol.* 2002; 57 (11): 422-434.
10. Bailey C.P., Nichols H.T., Bolton H.E., Jamison W.L., Gomez-Almeida M. Surgical treatment of forty-six interatrial septal defect by atrio-septopexy. *Ann. Surg.* 1954; 140: 805-820. doi: 10.1097/00000658-195412000-00004
11. Lewis F.J., Taufic M. Closure of atrial septal defects with the aid of hypothermia; experimental accomplishments and the report of one successful case. *Surgery.* 1953; 33: 52-59.
12. Mavroudis C. VATS ASD closure: a time not yet come. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62: 638-639. doi:10.1016/s0003-4975(96)00503-6
13. Jones D.A., Radford D.J., Pohlner P.G. Outcome following surgical closure of secundum atrial septal defect. *J Paediatr Child Health* 2001; 37: 274-277.
14. Nagendran J., Habib H.F., Kiai B., Chu M.W. Minimally invasive endoscopic repair of atrial septal defects via right minithoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2016. doi:10.1093/mmcts/mmv042
15. 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: 115-118. doi:10.1016/s0003-4975(00)01251-0
16. Suematsu Y., Kiai B., Bainbridge D.T., del Nido P.J., Novick R.J. Robotic-assisted closure of atrial septal defect under real-time three-dimensional echo guide: in vitro study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007; 32: 573-576. doi:10.1016/j.ejcts.2007.06.026
17. Burkhart H.M., Suri R.M.. Minimally invasive video assisted surgical closure of secundum atrial septal defect. *Ann Cardiothorac Surg* 2017; 6: 60-63. doi:10.21037/acs.2017.01.05
18. King T.D., Mills N. L. Nonoperative closure of atrial septal defects. *Surgery.* 1974; 75 (3): 383-388.
19. King T.D., Mills N. L. Nonoperative closure of left-to-right shunts. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1976; 72 (3): 371-377.
20. Rashkind W. Transcatheter treatment of congenital heart disease. *Circulation.* 1983; 67 (4): 711-716. doi:10.1161/01.cir.67.4.711
21. Лазарев С.М., Агаркова Е.Ю. Эволюция эндоваскулярной хирургии дефектов межпредсердной перегородки. *Вестник хирургии им. И. И. Грекова.* 2008; 167 (6): 132-136.
22. Turner D.R., Owada C.Y. Closure of Secundum Atrial Septal Defects With the AMPLATZER Septal Occluder: A Prospective, Multicenter, Post-Approval Study. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017; 10 (8). doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004212
23. Du Z.D., Hijazi Z.M., Kleinman C.S., Silverman N.H., Larntz K. Amplatzer Investigators. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults: results of a multicenter nonrandomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 39: 1836-1844.
24. Butera G., Biondi-Zoccai G., Sangiorgi G., Abella R., Giamberti A., Bussadori C., Sheiban I., Saliba Z., Santoro T., Pelissero G., Carminati M., Frigiola A. Percutaneous versus surgical closure of secundum atrial septal defects: a systematic review and meta-analysis of currently available clinical evidence. *EuroIntervention.* 2011; 7: 377-385. doi:10.4244/EIJV7I3A63
25. Ooi Y.K., Kelleman M., Ehrlich A., Glanville M., Porter A., Kim D., Kogon B., Oster M.E. Transcatheter Versus Surgical Closure of Atrial Septal Defects in Children: A Value Comparison. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016 Jan 11; 9 (1): 79-86. doi:10.1016/j.jcin.2015.09.028
26. Thomson J.D., Aburawi E.H., Watterson K.G., Van Doorn C., Gibbs J. L. Surgical and transcatheter (Amplatzer) closure of atrial septal defects: a prospective comparison

of results and cost. *Heart*. 2002; 87: 466-469. doi:10.1136/heart.87.5.466

27. Warnes C.A., Williams R.G., Bashore T.M., Child J.S., Connolly H.M., Dearani J.A., del Nido P., Fasules J.W., Graham T.P., Jr, Hijazi Z.M., Hunt S.A., King M.E., Landzberg M.J., Miner P.D., Radford M.J., Walsh E.P., Webb G.D., Smith S.C., Jr, Jacobs A.K., Adams CD., Anderson J.L., Antman E.M., Buller C.E., Creager M.A., Ettinger S.M., Halperin J.L., Hunt S.A., Krumholz H.M., Kushner F.G., Lytle B.W., Nishimura R.A., Page R.L., Riegel B., Tarkington L.G., Yancy C.W. American College of Cardiology; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease); American Society of Echocardiography; Heart Rhythm Society; International Society for Adult Congenital Heart Disease; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society of Thoracic Surgeons. ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease). Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 52: 143-263.

28. Farooqi M., Stickley J., Dhillon R., Barron D.J., Stumper O., Jones T.J., Clift P.F., Brawn W.J., Drury N.E. Trends in surgical and catheter interventions for isolated congenital shunt lesions in the UK and Ireland. *Heart* 2019; 0: 1-6. doi:10.1136/heartjnl-2018-314428

29. Butera G., Saracino A., Danna P., Sganzerla P., Chessa M., Carminati M. Transcatheter PFO closure with GORE septal occluder: early and mid-term clinical results. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013; 82: 944-949. doi:10.1002/ccd.25106

30. Qiu X., Lü B., Xu N., Yan C.W., Ouyang W.B., Liu Y., Zhang F.W., Yue Z.Q., Pang K.J., Pan X.B. Feasibility of device closure for multiple atrial septal defects using 3D printing and ultrasound-guided intervention technique. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2017; 25; 97 (16): 1214-1217. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.16.006

31. 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 3 years of age. *Kardiologia Pol.* 2018; 4. doi:10.5603/KP.a2018.0113

32. 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). doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004212

33. Pfeffer M.A., Braunwald E. Ventricular remodeling alter myocardial infarction. Experimental observations and clinical implications. *Circulation*. 1990; 81 (4): 1161-1172. doi:10.1161/01.cir.81.4.1161

34. 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

35. Tadic M., Cuspidi C. Childhood obesity and cardiac remodeling: from cardiac structure to myocardial mechanics. *Journal of Cardiovascular Medicine (Hagerstown)*. 2015; 16 (8): 538-46. doi:10.2459/JCM.0000000000000261

36. Karaye K.M., Bonny A. Right ventricular dysfunction in systemic hypertension: A call to action. *International Journal of Cardiology*. 2016; 206: 51-3. doi:10.1016/j.ijcard.2016.01.049

37. Коков А.Н., Семенов С.Е., Масенко В.Л., Хромов А.А., Портнов Ю.М. Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике врожденных пороков сердца у детей первых лет жизни. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2013;(4):42-49. doi:https://doi.org/10.17802/2306-1278-2013-4-42-49

38. Hagendorff A., Stoebe S, Tarr A, Pfeiffer D. Standardized transthoracic echocardiography in patients with primary and

secondary mitral valve regurgitation. *Ultraschall in der Medizin*. 2015; 36 (1): 10-34. doi:10.1055/s-0034-1385684

39. Бокерия Л.А., Косарева Т.И., Куц Э.В., Макаренко В.Н., Мироненко В.А. Оценка ремоделирования полостей сердца при патологии митрального клапана методами эхокардиографии и магнитно-резонансной томографии. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2013; 3 (14): 19-26. doi:10.20333/2500136-2017-2-5-14

40. Habibi M., Lima J.A., Khurram I.M., Zimmerman S.L., Zipunnikov V., Fukumoto K., Spragg D., Ashikaga H., Rickard J., Marine J.E., Calkins H., Nazarian S. Association of left atrial function and left atrial enhancement in patients with atrial fibrillation: cardiac magnetic resonance study. *Circulation. Cardiovascular Imaging*. 2015; 8 (2). doi:10.1161/CIRCIMAGING.114.002769

41. Rebergen S.A., de Roos A. Congenital heart disease. Evaluation of anatomy and function by MRI. *Herz*. 2000; 25 (4): 365-383. doi:10.1007/s000590050029

42. Muraru D., Badano L.P., Peluso D., Dal Bianco L., Casablanca S., Kocabay G., Zoppellaro G., Iliceto S. Comprehensive analysis of left ventricular geometry and function by three-dimensional echocardiography in healthy adults. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2013; 26 (6): 618-628. doi:10.1016/j.echo.2013.03.014

43. Соколов А.А., Марцинкевич Г.И., Кривошеков Е.В. Раннее ремоделирование сердца у детей первого года жизни после хирургической коррекции дефекта межжелудочковой перегородки. *Сибирский медицинский журнал*. 2009; 1 (1): 96-97.

44. 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

45. Swan L., Gatzoulis M. A. Closure of atrial septal defects is the debate over? *Eur. Heart. J.* 2003; 24 (2): 130-132. doi:10.1016/s0195-668x(02)00527-4

46. Pawelec Wojtalik M., Wojtalik M., Mrowczynski W., Surmacz R., Ahmed S. Quereshe Comparison of cardiac function in children after surgical and Amplatzer occluder closure of secundum atrial septal defects. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006; 29 (1): 89-92. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.10.017

47. Цеханович В.Н., Морова Н.А., Ярославская Е.И. Влияние хирургической коррекции митральных, митрально-аортальных пороков и дефекта межпредсердной перегородки на течение ремоделирования правого желудочка сердца. *ПКиК*. 2007; 4.

48. Соколов А. А., Марцинкевич Г. И., Кривошеков Е. В. Ремоделирование сердца при естественном лечении и при эндоваскулярной коррекции атрио-септальных дефектов у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2014; 17 (4): 9-13.

49. Bissessor N. Current perspectives in percutaneous atrial septal defect closure devices. *Med Devices (Auckl)*. 2015 Jul 15; 8: 297-303. doi:10.2147/MDER.S49368

50. Badran H.M., Soltan G.M., Alrefaey Atwa M.A. Atrial septal defects: clinical presentation and recent approach in its diagnosis and treatment. *Menoufia Med J* 2014; 27: 145-51. doi:10.4103/1110-2098.132788

51. Wilson N.J., Smith J., Prommete B., O'Donnell C., Gentles T.L., Ruygrok P.N. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder in adults and children-follow-up closure rates, degree of mitral regurgitation and evolution of arrhythmias. *Heart Lung Circ* 2008; 17: 318-324. doi: 10.1016/j.hlc.2007.10.013

52. Steele P.M., Fuster V., Cohen M., Ritter D.G., McGoon D.C. Isolated atrial septal defect with pulmonary vascular obstructive disease — long-term follow-up and prediction of outcome after surgical correction. *Circulation* 1987; 76: 1037-1042. doi: 10.1161/01.cir.76.5.1037

53. Тарасов Р.С., Карташян Э.С., Ганюков В.И., Сизова И.Н., Моисеенков Г.В. Результаты эндоваскулярной коррекции дефекта межпредсердной перегородки у детей раннего и дошкольного возраста. *Сибирский медицинский журнал*. 2012; 27 (1). doi:10.15829/1560-4071-2018-11-27-33

54. Тарасов Р.С., Шушпанников П.А., Ганюков В.И., Сизова И.Н. Результаты эндоваскулярной коррекции дефекта межпредсердной перегородки и раннее ремоделирование сердца у детей дошкольного и школьного возраста. Российский кардиологический журнал. 2018; 11: 27-33. doi:10.15829/1560-4071-2018-11-27-33

55. Du Z.D., Cao Q.L., Koenig P., Heitschmidt M., Hijazi Z.M. Speed of normalization of right ventricular volume

overload after transcatheter closure of atrial septal defect in children and adults. *Am J Cardiol* 2001; 88: 1450-1453. doi:10.1016/s0002-9149(01)02135-x

56. Roushdy A.M., Attia H., Nossir H. Immediate and short term effects of percutaneous atrial septal defect device closure on cardiac electrical remodeling in children. *Egypt Heart J*. 2018 Dec; 70 (4): 243-247. doi:10.1016/j.ehj.2018.02.005

REFERENCES

1. Belokon N.A., Podzolkov V.P. Congenital heart diseases. Moscow: The medicine; 1991 (In Russian)

2. Crawford M.H. Current diagnosis and treatment: cardiology. 3 edn. Lange McGraw Hill. San Francisco; 2009. P. 379-384

3. Gabriels C., De Meester P., Pasquet A., De Backer J., Paelinck B.P., Morissens M., Van De Bruaene A., Delcroix M., Budts W. Affiliations expand et al. A different view on predictors of pulmonary hypertension in secundum atrial septal defect. *Int J Cardiol*. 2014; 176 (3): 833-840. doi:10.1016/j.ijcard.2014.08.009

4. Nechkina I.V., Sokolov A.A., Kovalev I.A., Varvarenko V.I., Krivoshechekov E.V. Heart remodeling in children after endovascular and surgical repair of atrial septal defect. *Siberian J. Medical*. 2012; 27 (3): 77-81. (In Russian)

5. 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

6. Kim N.K., Park Su-Jin, Choi 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

7. Badran H.M., Soltan G.M., Alrefaey Atwa M.A. Atrial septal defects: clinical presentation and recent approach in its diagnosis and treatment. *Menoufia Med J* 2014; 27: 145-151. doi:10.4137/CMC.S15715

8. Clinical recommendations for management of children with congenital heart disease. Bockeria L.A. edit. Moscow; 2014. Available from: https://racvs.ru/custom/files/clinic/Nac_rec_VPS_deti.pdf (accessed 09.01.2029) (In Russian)

9. Siwińska A., Mroziński V., Górzna-Kamiska H., Pawelec-Wojtalik M., Wojtalik M., Bobkowski W., Zachwieja J., Maciejewski J. Echocardiographic parameters of left ventricular systolic and diastolic function in infants, children and adolescents before and after surgical correction of secundum atrial septal defect. *Kardiologia Pol.* 2002; 57 (11): 422-434.

10. Bailey C.P., Nichols H.T., Bolton H.E., Jamison W.L., Gomez-Almeida M. Surgical treatment of forty-six interatrial septal defect by atrio-septopexy. *Ann. Surg.* 1954; 140: 805-820. doi: 10.1097/00000658-195412000-00004

11. Lewis F.J., Taufic M. Closure of atrial septal defects with the aid of hypothermia; experimental accomplishments and the report of one successful case. *Surgery*. 1953; 33: 52-59.

12. Mavroudis C. VATS ASD closure: a time not yet come. *Ann Thorac Surg*. 1996; 62: 638-639. doi:10.1016/s0003-4975(96)00503-6

13. Jones D.A., Radford D.J., Pohlner P.G. Outcome following surgical closure of secundum atrial septal defect. *J Paediatr Child Health* 2001; 37: 274-277.

14. Nagendran J., Habib H.F., Kiai B., Chu M.W. Minimally invasive endoscopic repair of atrial septal defects via right minithoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2016. doi:10.1093/mmcts/mmvt042

15. 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: 115-118. doi:10.1016/s0003-4975(00)01251-0

16. Suematsu Y., Kiai B., Bainbridge D.T., del Nido P.J., Novick R.J. Robotic-assisted closure of atrial septal defect under real-time three-dimensional echo guide: in vitro study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007; 32: 573-576. doi:10.1016/j.ejcts.2007.06.026

17. Burkhart H.M., Suri R.M.. Minimally invasive video assisted surgical closure of secundum atrial septal defect. *Ann Cardiothorac Surg* 2017; 6: 60-63. doi:10.21037/acs.2017.01.05

18. King T.D., Mills N. L. Nonoperative closure of atrial septal defects. *Surgery*. 1974; 75 (3): 383-388.

19. King T.D., Mills N. L. Nonoperative closure of left-to-right shunts. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 1976; 72 (3): 371-377.

20. Rashkind W. Transcatheter treatment of congenital heart disease. *Circulation*. 1983; 67 (4): 711-716. doi:10.1161/01.cir.67.4.711

21. Lazarev S.M., Agarkova E.Yu. The evolution of endovascular surgery of atrial septal defects. *Bulletin of Surgery them. I.I. Grekov*. 2008; 167 (6): 132-136. (In Russian)

22. Turner D.R., Owada C.Y. Closure of Secundum Atrial Septal Defects With the AMPLATZER Septal Occluder: A Prospective, Multicenter, Post-Approval Study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017; 10 (8). doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004212

23. Du Z.D., Hijazi Z.M., Kleinman C.S., Silverman N.H., Larntz K. Amplatzer Investigators. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults: results of a multicenter nonrandomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2002; 39: 1836-1844.

24. Butera G., Biondi-Zoccai G., Sangiorgi G., Abella R., Giamberti A., Bussadori C., Sheiban I., Saliba Z., Santoro T., Pelissero G., Carminati M., Frigiola A. Percutaneous versus surgical closure of secundum atrial septal defects: a systematic review and meta-analysis of currently available clinical evidence. *EuroIntervention*. 2011; 7: 377-385. doi:10.4244/EIJV7I3A63

25. Ooi Y.K., Kelleman M., Ehrlich A., Glanville M., Porter A., Kim D., Kogon B., Oster M.E. Transcatheter Versus Surgical Closure of Atrial Septal Defects in Children: A Value Comparison. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016 Jan 11; 9 (1): 79-86. doi:10.1016/j.jcin.2015.09.028

26. Thomson J.D., Aburawi E.H., Watterson K.G., Van Doorn C., Gibbs J. L. Surgical and transcatheter (Amplatzer) closure of atrial septal defects: a prospective comparison of results and cost. *Heart*. 2002; 87: 466-469. doi:10.1136/heart.87.5.466

27. Warnes C.A., Williams R.G., Bashore T.M., Child J.S., Connolly H.M., Dearani J.A., del Nido P., Fasules J.W., Graham T.P., Jr, Hijazi Z.M. Hunt S.A., King M.E., Landzberg M.J., Miner P.D., Radford M.J., Walsh E.P., Webb G.D., Smith S.C., Jr, Jacobs A.K., Adams CD., Anderson J.L., Antman E.M., Buller C.E., Creager M.A., Ettinger S.M., Halperin J.L., Hunt S.A., Krumholz H.M., Kushner F.G., Lytle B.W., Nishimura R.A., Page R.L., Riegel B., Tarkington L.G., Yancy C.W. American College of Cardiology; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease); American Society of Echocardiography; Heart Rhythm Society; International Society for Adult Congenital Heart Disease; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society of Thoracic Surgeons. ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease). Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular

Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. J Am Coll Cardiol. 2008; 52: 143-263.

28. Farooqi M., Stickley J., Dhillon R., Barron D.J., Stumper O., Jones T.J., Clift P.F., Brawn W.J., Drury N.E. Trends in surgical and catheter interventions for isolated congenital shunt lesions in the UK and Ireland. Heart 2019; 0: 1-6. doi:10.1136/heartjnl-2018-314428

29. Butera G., Saracino A., Danna P., Sganzerla P., Chessa M., Carminati M. Transcatheter PFO closure with GORE septal occluder: early and mid-term clinical results. Catheter Cardiovasc Interv 2013; 82: 944-949. doi:10.1002/ccd.25106

30. Qiu X., Lü B., Xu N., Yan C.W., Ouyang W.B., Liu Y., Zhang F.W., Yue Z.Q., Pang K.J., Pan X.B. Feasibility of device closure for multiple atrial septal defects using 3D printing and ultrasound-guided intervention technique. Zhonghua Yi Xue Za Zhi. 2017; 25; 97 (16): 1214-1217. doi: 10.3760/cma.j.isn.0376-2491.2017.16.006

31. 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 3 years of age. Kardiologia Pol. 2018; 4. doi:10.5603/KP.a2018.0113

32. 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). doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004212

33. Pfeffer M.A., Braunwald E. Ventricular remodeling alter myocardial infarction. Experimental observations and clinical implications. Circulation. 1990; 81 (4): 1161-1172. doi:10.1161/01.cir.81.4.1161

34. Kuzmina O.K., Rutkovskaya N.V. Myocardial remodeling in patients with lesions of the heart valves. Siberian medical review 2017; 2 (104): 5-14. (In Russian) doi:10.20333/2500136-2017-2-5-14

35. Tadic M, Cuspidi C. Childhood obesity and cardiac remodeling: from cardiac structure to myocardial mechanics. Journal of Cardiovascular Medicine (Hagerstown). 2015; 16 (8): 538-46. doi:10.2459/JCM.0000000000000261

36. Karaye K.M., Bonny A. Right ventricular dysfunction in systemic hypertension: A call to action. International Journal of Cardiology. 2016; 206: 51-3. doi:10.1016/j.ijcard.2016.01.049

37. Kokov A.N., Semenov S.E., Masenko V.L., Khromov A.A., Portnov Y.M. Multislice computed tomography in the diagnosis of congenital heart disease in children early years. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2013;(4):42-49. (In Russian) doi:https://doi.org/10.17802/2306-1278-2013-4-42-49

38. Hagendorff A, Stoebe S, Tarr A, Pfeiffer D. Standardized transthoracic echocardiography in patients with primary and secondary mitral valve regurgitation. Ultraschall in der Medizin. 2015; 36 (1): 10-34. doi:10.1055/s-0034-1385684

39. Bockeria L.A., Kosareva T.I., Kuts E.V., Makarenko V.N.I., Mironenko V.A. Estimation of remodeling of the heart chambers in the condition of mitral valve pathology by methods of echocardiography and magnetic resonance tomography. The Bulletin of Bakoulev Center Cardiovascular Diseases. 2013; 3 (14): 19-26. (In Russian) doi:10.20333/2500136-2017-2-5-14

40. Habibi M., Lima J.A., Khurram I.M., Zimmerman S.L., Zipunnikov V., Fukumoto K., Spragg D., Ashikaga H., Rickard J., Marine J.E., Calkins H., Nazarian S. Association of left atrial function and left atrial enhancement in patients with atrial fibrillation: cardiac magnetic resonance study. Circulation. Cardiovascular Imaging. 2015; 8 (2). doi:10.1161/CIRCIMAGING.114.002769

41. Rebergen S.A., de Roos A. Congenital heart disease. Evaluation of anatomy and function by MRI. Herz. 2000; 25 (4): 365-383. doi:10.1007/s000590050029

42. Muraru D., Badano L.P., Peluso D., Dal Bianco

L., Casablanca S., Kocabay G., Zoppellaro G., Iliceto S. Comprehensive analysis of left ventricular geometry and function by three-dimensional echocardiography in healthy adults. Journal of the American Society of Echocardiography. 2013; 26 (6): 618-628. doi:10.1016/j.echo.2013.03.014

43. Sokolov A. A., Martsinkevich G.I., Krivoshechekov E.V. Early cardiac remodeling in children the first year of life after surgical correction of ventricular septal defect. Siberian medical journal. 2009; 1 (1): 96-97. (In Russian)

44. 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

45. Swan L., Gatzoulis M. A. Closure of atrial septal defects is the debate over? Eur. Heart. J. 2003; 24 (2): 130-132. doi:10.1016/s0195-668x(02)00527-4

46. Pawelec Wojtalik M., Wojtalik M., Mrowczynski W., Surmacz R., Ahmed S. Quereshi Comparison of cardiac function in children after surgical and Amplatzer occluder closure of secundum atrial septal defects. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2006; 29 (1): 89-92. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.10.017

47. Tsekhanovich V. N., Morova N. Ah. Yaroslavskaya E. I. Effect of surgical correction of mitral, mitral-aortic defects and atrial septal defect on the course of right ventricular remodeling. PBCCS. 2007; 4. (In Russian)

48. Sokolov A. A., Martsinkevich G. I., Krivoshechenkov E. V., Varvarenko V. I. Cardiac remodeling in the natural course and endovascular correction of atrial septal defects in children. Russian pediatric journal. 2014; 17. (4): 9-13. (In Russian)

49. Bissessor N. Current perspectives in percutaneous atrial septal defect closure devices. Med Devices (Auckl). 2015 Jul 15; 8: 297-303. doi:10.2147/MDER.S49368

50. Badran H.M., Soltan G.M., Alrefaey Atwa M.A. Atrial septal defects: clinical presentation and recent approach in its diagnosis and treatment. Menoufia Med J 2014; 27: 145-51. doi:10.4103/1110-2098.132788

51. Wilson N.J., Smith J., Prommete B., O'Donnell C., Gentles T.L., Ruygrok P.N. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder in adults and children-follow-up closure rates, degree of mitral regurgitation and evolution of arrhythmias. Heart Lung Circ 2008; 17: 318-324. doi: 10.1016/j.hlc.2007.10.013

52. Steele P.M., Fuster V., Cohen M., Ritter D.G., McGoon D.C. Isolated atrial septal defect with pulmonary vascular obstructive disease — long-term follow-up and prediction of outcome after surgical correction. Circulation 1987; 76: 1037-1042. doi: 10.1161/01.cir.76.5.1037

53. R.S. Tarasov, E.S. Kartashyan, V.I. Ganyukov, I.N. Sizova, G.V. Moiseenkov. Results of endovascular correction of atrial septal defect in preschool children. Siberian Medical Journal. 2012; 27 (1). (In Russian) doi:10.15829/1560-4071-2018-11-27-33

54. Tarasov R.S., Shushannikov P.A., Ganiukov V.I. et al. The results of endovascular correction of atrial septal defect and early remodeling of the heart in children of preschool and school age. Russian cardiology journal. 2018; 11: 27-33. (In Russian) doi:10.15829/1560-4071-2018-11-27-33

55. Du Z.D., Cao Q.L., Koenig P., Heitschmidt M., Hijazi Z.M. Speed of normalization of right ventricular volume overload after transcatheter closure of atrial septal defect in children and adults. Am J Cardiol 2001; 88: 1450-1453. doi:10.1016/s0002-9149(01)02135-x

56. Roushdy A.M., Attia H., Nossir H. Immediate and short term effects of percutaneous atrial septal defect device closure on cardiac electrical remodeling in children. Egypt Heart J. 2018 Dec; 70 (4): 243-247. doi:10.1016/j.ehj.2018.02.005

Для цитирования: П.А. Шушпанников, Р.С. Тарасов. 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

To cite: P.A. Shushpannikov, R.S. Tarasov. Endovascular closure of atrial septal defects in children: heart remodeling. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2020; 9 (1): 82-91. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-1-82-91