

© Коллектив авторов, 2022

УДК 616.125.6-007.253-089.843

Эндоваскулярное лечение сложных форм дефекта межпредсердной перегородки

А.Н. Пахолков, А.А. Гречишкин, К.А. Лашевич✉, А.Н. Федорченко, Н.Б. Карахалис,
Т.В. Серова, В.А. Порханов

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Минздрава Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация

Пахолков Андрей Николаевич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению;
orcid.org/0000-0002-3042-0992

Гречишкин Андрей Анатольевич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению;
orcid.org/0000-0003-1389-8414

✉ **Лашевич Кирилл Андреевич**, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению;
orcid.org/0000-0003-0492-0739, e-mail: kirill_lashevich@mail.ru

Федорченко Алексей Николаевич, д-р мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения; orcid.org/0000-0001-5589-2040

Карахалис Николай Борисович, канд. мед. наук, заведующий отделением анестезиологии-реанимации № 9; orcid.org/0000-0002-6266-4799

Серова Татьяна Викторовна, врач-кардиолог

Порханов Владимир Алексеевич, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, главный врач;
orcid.org/0000-0003-0572-1395

Резюме

Дефекты межпредсердной перегородки достаточно распространены в структуре врожденных пороков сердца. Современное состояние развития рентгенэндоваскулярной хирургии в мире и России позволяет выполнять эффективную коррекцию порока в подавляющем большинстве случаев вторичных дефектов межпредсердной перегородки. Однако в клинической практике нередко встречаются различные анатомические особенности, которые значительно снижают вероятность успеха транскатетерной коррекции. В данной статье подробно рассмотрена проблема эндоваскулярного лечения анатомически сложных форм дефектов межпредсердной перегородки, а также продемонстрирован клинический случай из практики.

Ключевые слова: эндоваскулярное лечение дефекта межпредсердной перегородки, сложные формы дефекта межпредсердной перегородки, врожденные пороки сердца

Для цитирования: Пахолков А.Н., Гречишкин А.А., Лашевич К.А., Федорченко А.Н., Карахалис Н.Б., Серова Т.В., Порханов В.А. Эндоваскулярное лечение сложных форм дефекта межпредсердной перегородки. *Эндоваскулярная хирургия*. 2022; 9 (1): 99–107. DOI: 10.24183/2409-4080-2022-9-1-99-107

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 17.01.2022
Принята к печати 03.02.2022

Endovascular treatment of complex forms of atrial septal defect

A.N. Pakholkov, A.A. Grechishkin, K.A. Lashevich✉, A.N. Fedorchenko, N.B. Karakhalis,
T.V. Serova, V.A. Porkhanov

Scientific and Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

Andrey N. Pakholkov, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-3042-0992

Andrey A. Grechishkin, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-1389-8414

✉ **Kirill A. Lashevich**, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-0492-0739,
e-mail: kirill_lashevich@mail.ru

Aleksey N. Fedorchenko, Dr. Med. Sci., Head of X-Ray Surgery Department;
orcid.org/0000-0001-5589-2040

Nikolay B. Karakhalis, Cand. Med. Sci., Head of Department of Anesthesiology and Reanimation No. 9;
orcid.org/0000-0002-6266-4799

Tat'yana V. Serova, Cardiologist

Vladimir A. Porkhanov, Dr. Med. Sci., Professor, Academician of RAS, Chief Physician;
orcid.org/0000-0003-0572-1395

Abstract

Atrial septal defects (ASD) are quite common in the structure of congenital heart disease. The current state of the development of endovascular surgery in the world and in Russia makes it possible to perform effective ASD correction in the overwhelming majority of cases of secondary atrial septal defects. However, in clinical practice, various anatomical features are often encountered that significantly reduce the likelihood of success for transcatheter correction. In this article, we tried to reveal in detail the problem of endovascular treatment of anatomically complex forms of ASD, as well as demonstrate a clinical case from our practice.

Keywords: endovascular treatment of atrial septal defects, complex forms of atrial septal defects, congenital heart disease

For citation: Pakholkov A.N., Grechishkin A.A., Lashevich K.A., Fedorchenko A.N., Karakhals N.B., Serova T.V., Porkhanov V.A. Endovascular treatment of complex forms of atrial septal defect. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2022; 9 (1): 99–107 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2022-9-1-99-107

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received January 17, 2022

Accepted February 3, 2022

Введение

Дефекты межпредсердной перегородки (ДМПП) составляют 7,1–8,7% от всех врожденных пороков сердца [1]. Существует четыре основных морфологических типа ДМПП: первичный, вторичный, дефект венозного синуса (верхний и нижний) и дефект коронарного синуса.

Первичный ДМПП составляет 10–15% от всех ДМПП. Он располагается в нижнем отделе межпредсердной перегородки (МПП), непосредственно над атриовентрикулярными отверстиями, и в большинстве случаев связан с расщеплением септальной створки митрального и/или трикуспидального клапана.

Вторичный ДМПП – наиболее распространен и встречается в 75% случаев. Иногда (менее чем в 10% случаев) вторичный ДМПП ассоциирован с аномальным дренажом легочных вен (ЛВ).

Дефект венозного синуса наблюдается в 5–10% случаев. Возникает в местах соединения полых вен с правым предсердием (ПП).

Дефект коронарного синуса встречается крайне редко. Это нетипичный ДМПП, который возникает из-за частично или полностью незакрытого коронарного синуса, с наличием или отсутствием левой верхней полой вены, дренируемой в левое предсердие (ЛП).

Патофизиология данного порока заключается в шунтировании крови слева направо на уровне предсердий с последующим увеличением преднагрузки на правые отделы сердца, перегрузкой легочного кровотока (Qp) и формированием легочной гипертензии (ЛГ) и хронической сердечной недостаточности. При естественном течении клинические симптомы манифестируют, как правило, в подростковом возрасте (исключение – первичный ДМПП)

и проявляются снижением толерантности к физической нагрузке, одышкой, различными аритмиями. Срок клинической манифестации напрямую зависит от размера дефекта. В детском возрасте ДМПП часто является случайной находкой на эхокардиоскопии (ЭхоКС). Однако нередко случаи клинического проявления и в более позднем возрасте.

Длительное наличие дефекта достоверно снижает продолжительность и качество жизни пациентов, поэтому своевременное лечение способствует значительному улучшению прогноза. Единственным радикальным методом лечения является закрытие дефекта. Впервые успешная хирургическая коррекция была выполнена в 1953 г. американским хирургом J.H. Gibbon. Данный метод лечения оставался единственным радикальным вплоть до 1976 г., когда T.D. King et al. выполнили первое интервенционное закрытие ДМПП окклюдером 17-летней девушке [2].

Малые вторичные ДМПП (менее 8 мм) имеют высокую тенденцию к спонтанному закрытию в первые годы жизни. В подростковом возрасте это случается очень редко [3–5]. Именно по этой причине хирургическое закрытие ДМПП рекомендуется проводить начиная с 3–4-летнего возраста. Наличие крупного дефекта с признаками сердечной недостаточности может потребовать медикаментозного лечения с применением диуретиков и хирургического вмешательства даже в младенчестве [6].

Выбор метода радикального лечения зависит от морфологического типа дефекта. Вторичные дефекты в большинстве случаев успешно поддаются эндоваскулярному лечению, в то время как первичные и большая часть ДМПП венозного и коронарного синусов лечатся хирургически. Несмотря на то что «золотым стандартом» лечения ДМПП остается открытая операция,

интервенционное закрытие должно рассматриваться как первичный способ коррекции вторичных дефектов, поскольку большую часть (85–90%) удастся закрыть без хирургического вмешательства [7].

В актуальных клинических рекомендациях Европейского общества кардиологов отмечается, что при объемной перегрузке правого желудочка (ПЖ) без признаков выраженной ЛГ (легочное сопротивление < 3 ед. Вуда) закрытие ДМПП является обязательным, независимо от наличия симптомов (класс I B). Вторичный ДМПП можно лечить методом чрескожного закрытия, а остальные типы следует подвергать хирургической коррекции (класс I B) [8, 9].

Описание случая

Пациент Н., 4 года, диагноз при рождении: ВПС, вторичный ДМПП. Поступил в НИИ–ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского для коррекции порока. Масса тела на момент поступления 14 кг, рост 97 см.

Данные ЭхоКС при поступлении: конечный диастолический размер левого желудочка (ЛЖ) 28 мм, стенки ЛЖ не утолщены, фракция выброса 69%, диаметр аорты 17 мм, ЛП 19 мм (длина 39 мм), ПП 15 мм, ПЖ 18 мм, толщина стенки ПЖ 4 мм. Аортальный клапан (АК) 3-створчатый, скорость кровотока на АК 1,0 мм/с, скорость кровотока на клапане легочной артерии (ЛА) 1,0 мм/с. Имеется вторичный ДМПП диаметром 18 мм, слабо выражен нижний край, истончен, подвижен (рис. 1), сброс слева направо, объем сброса (Qp/Qs) 1,7/1. Митральный

и трикуспидальный клапаны, клапан ЛА, АК без патологии.

Учитывая наличие порока сердца, приводящего к перегрузке правых отделов сердца и нарушающего гемодинамику, принято решение об эндоваскулярной коррекции порока.

В рентгенооперационной под местной анестезией и медикаментозной седацией пунктирована правая общая бедренная вена (ОБВ) и установлен интродьюсер 9 F. При помощи диагностического катетера MP 5 F проводник 0,035” заведен в верхнюю левую ЛВ. По проводнику в проекцию дефекта заведен измерительный баллон Amplatzer Sizing Ballon II 24 мм. На дилатированном баллоне образовалась перетяжка, слабо выраженная со стороны аортального края, диаметр в узком месте 20 мм (рис. 2, а). Выполнена смена интродьюсера в правой ОБВ на доставляющий катетер 10 F, который заведен в верхнюю левую ЛВ. Многочисленные попытки закрытия ДМПП окклюдером HeartR™ ASD Occluder 20 мм оказались безуспешными ввиду его постоянной дислокации в полость ПП (рис. 2, б). Поскольку попытки закрытия при помощи различных техник (от «крыши» ЛП, из левой верхней ЛВ) также не увенчались успехом, было принято решение о закрытии ДМПП при помощи баллонной поддержки. Под местной анестезией пунктирована левая ОБВ, установлен интродьюсер 9 F. Через левую ОБВ в проекцию дефекта заведен измерительный баллон Amplatzer Sizing Ballon II 24 мм. Баллон позиционирован со стороны аортального края дефекта и дилатирован, одномоментно раскрыт



Рис. 1. ЭхоКС при поступлении:

а – вторичный ДМПП, наличие двух свободных краев; б – размер ДМПП по потоку 18 мм

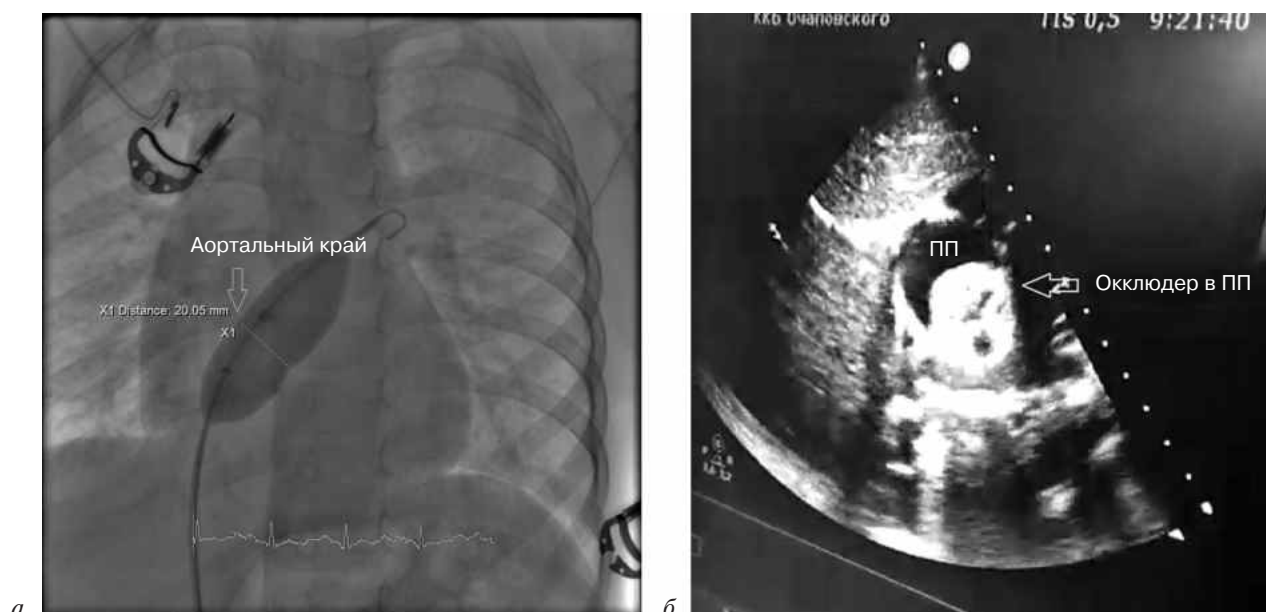


Рис. 2. Интраоперационная рентгеноскопия и ЭхоКС:

a — измерение ДМПП, отсутствие аортального края; *б* — попытка закрытия ДМПП, визуализируется дислоцированный в ПП окклюдер

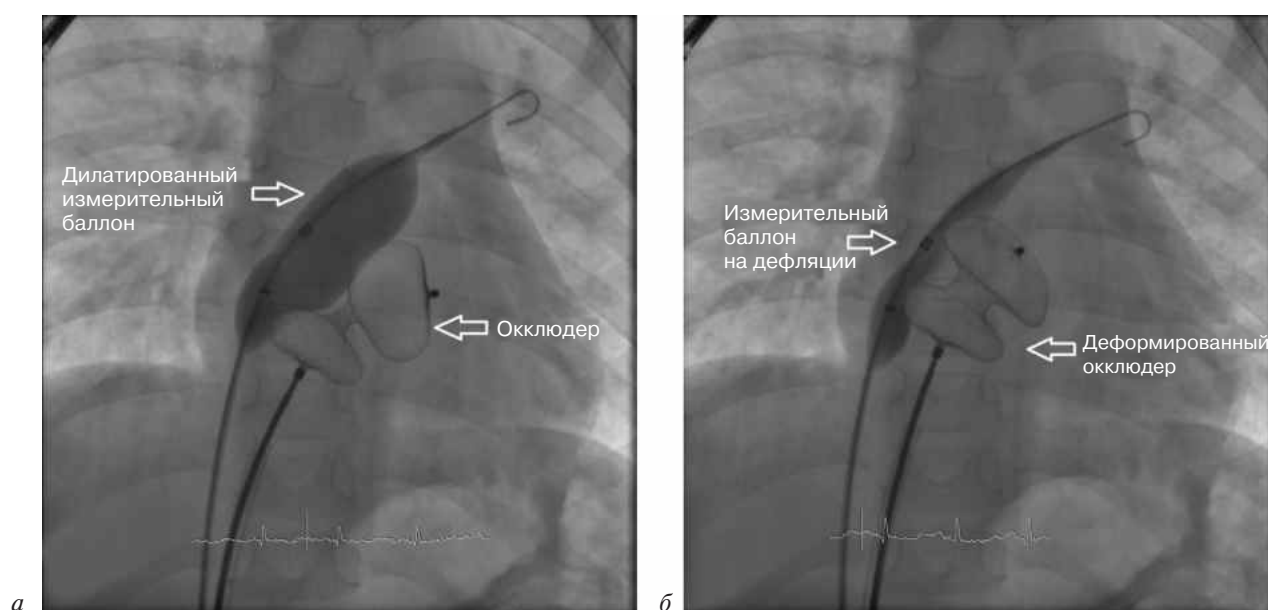


Рис. 3. Закрытие ДМПП с баллонассистенцией:

a — создание поддержки с аортального края; *б* — не оптимальное положение окклюдера в МПП

окклюдер (рис. 3, *a*). После дефляции баллона определяется деформация окклюдера (рис. 3, *б*). Далее баллон был расположен по нижнему краю дефекта и повторно проделана вышеописанная процедура, но уже под контролем ЭхоКС (рис. 4, *a*, *б*). После удаления баллона на рентгеноскопии (рис. 4, *в*) и ЭхоКС определяется оптимальное нахождение окклюдера в дефекте. При тракции окклюдера за систему до-

ставки определяется его плотная фиксация в дефекте. Выполнены отделение окклюдера и контрольная ЭхоКС (рис. 5).

Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациент выписан на 3-и сутки. Контрольная ЭхоКС: на МПП определяется эхосигнал окклюдера, без наличия шунтов, жидкость в полости перикарда и плевральных полостях отсутствует.

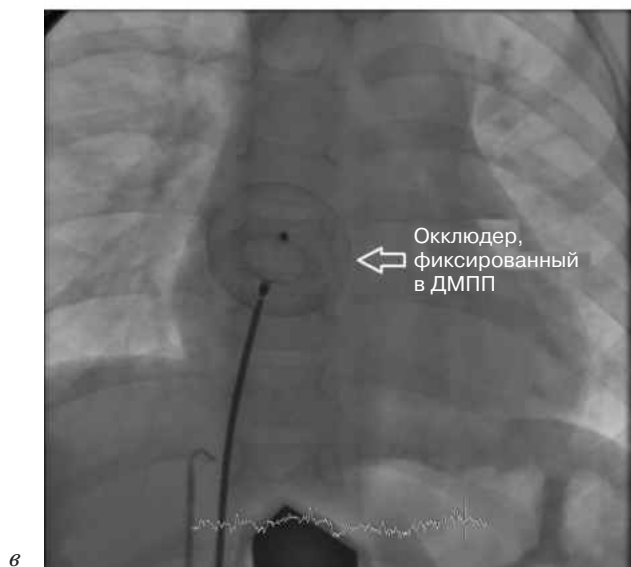
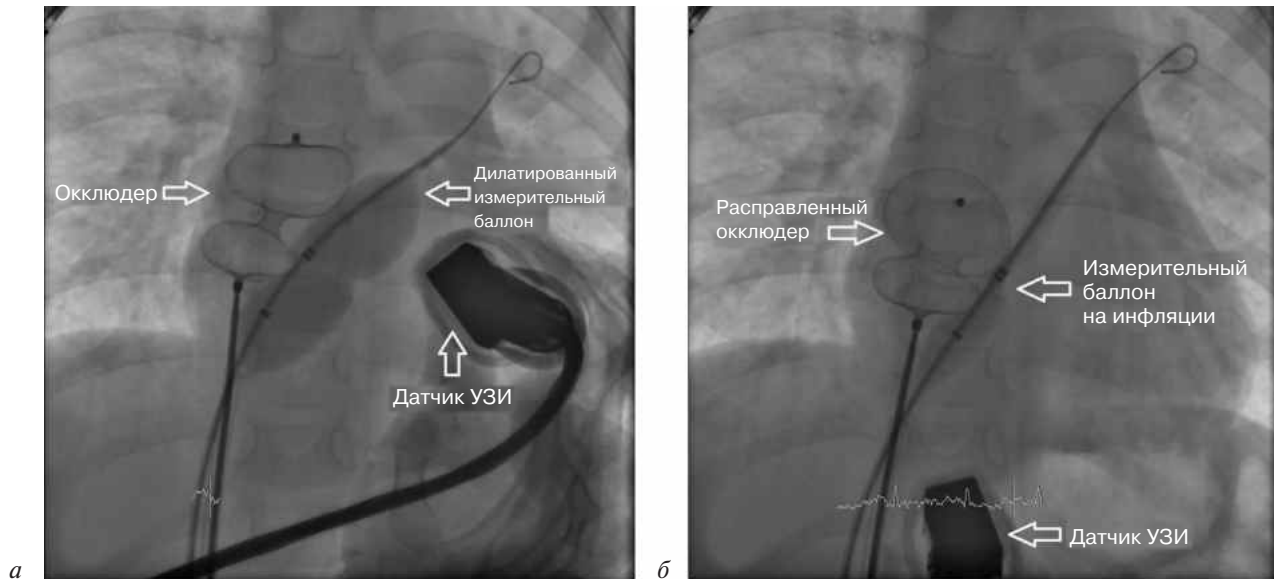


Рис. 4. Закрытие ДМПП с баллонассистенцией:

а – создание поддержки по нижнему краю дефекта; б – проверка фиксации окклюдера в МПП при помощи тракции; в – визуализация оптимального положения окклюдера в МПП на рентгеноскопии и ЭхоКС



Рис. 5. Закрытый ДМПП:

а – отсоединенный окклюдер в МПП; б – положение окклюдера по данным контрольной ЭхоКС

Обсуждение

Эндоваскулярное закрытие ДМПП окклюдером в настоящее время является альтернативой традиционному хирургическому лечению ввиду малой травматичности, отсутствия необходимости стернотомного доступа и искусственного кровообращения, а также низкой частоты осложнений и рецидивов, короткой продолжительности анестезии и госпитализации [10, 11].

Следует отметить, что в 2019 г. в России было выполнено 3838 коррекций изолированного вторичного ДМПП. Из них 1716 эндоваскулярных операций, что составляет лишь 44,7% от всех случаев коррекции данной патологии. Согласно статистике, в России на 1 млн населения выполняется 14,9 открытых операции при ДМПП, при этом в США данный показатель составляет лишь 2,8 [12]. Таким образом, доля интервенционных методов в структуре лечения данной патологии в нашей стране чрезвычайно мала по сравнению с развитыми странами.

Несмотря на постоянную модернизацию инструментария для транскатетерного закрытия ДМПП, существуют морфологические особенности дефектов, наличие которых может привести к техническим трудностям во время эндоваскулярного закрытия порока. К этим особенностям относят: большие ДМПП (> 30 мм), недоразвитие как минимум одного края дефекта и множественные дефекты. Также существует ряд гемодинамических состояний, которые ассоциированы с нежелательными последствиями эндоваскулярной коррекции порока: тяжелая ЛГ, систолическая дисфункция желудочков и рестриктивная податливость (комплаентность) левого желудочка после эндоваскулярного закрытия [13]. Исходя из этого можно сделать вывод, что тщательный отбор пациентов имеет решающее значение для успешного транскатетерного закрытия ДМПП.

У пациентов с вторичным ДМПП имеются три важнейших параметра, которые должны быть оценены методом ЭхоКС перед транскатетерным лечением: максимальный диаметр ДМПП, подходящие края дефекта и размеры ЛП. При лечении детей немаловажным фактором считается масса тела пациента, она должна быть не меньше 15 кг.

Большинство ДМПП имеют эллипсоидальную форму, которая изменяется в течение сердечного цикла, поэтому для выбора оптималь-

ного размера окклюдера необходимо знать диаметр дефекта, измеренный в фазе конечной систолы желудочков, особенно у пациентов, которым было запланировано эндоваскулярное лечение без предварительной оценки дефекта измерительным баллоном (sizing balloon), или имеющих множественные дефекты. Максимальный диаметр дефекта, подходящий для транскатетерного лечения, зависит от возраста, массы тела и длины ЛП пациента. Транскатетерное закрытие больших ДМПП (диаметр > 30 мм) является сложной задачей, требующей применения альтернативных приемов установки окклюдера. Также следует отметить, что у детей ДМПП считается большим, если отношение диаметра дефекта к площади поверхности тела превышает 15 мм/м^2 (или отношение диаметра дефекта к массе тела ребенка $> 1,2$) [14, 15].

Наиболее распространенная классификация краев ДМПП: от дефекта до аорты (верхний передний край), верхней полой вены (верхнезадний край), правой верхней легочной вены (задний край), нижней полой вены (нижнезадний край), коронарного синуса и атриовентрикулярного клапана (нижний передний край) (рис. 6). Согласно результатам исследований, край дефекта считается неполноценным, если его длина менее 5 мм [13].

В случае большого диаметра дефекта или недоразвития одного или нескольких краев зачастую происходит смещение левопредсердного диска окклюдера в полость ПП из-за недостаточной фиксации края дефекта между дисками окклюдера. Существует ряд техник имплантации окклюдера, которые способствуют центрированию и полноценной фиксации устройства за края дефекта [16].

Можно выполнить открытие левопредсердного диска в левой или правой верхней легочной вене с последующим открытием правопредсердного диска в полости ПП. Так как окклюдеры изготовлены из нитинола и обладают памятью формы, стремление к восстановлению заданной при изготовлении конфигурации приводит к тому, что левопредсердный диск в большинстве случаев подтягивается из легочной вены и фиксируется с правопредсердным диском в необходимом положении. Если не происходит самопозиционирования левопредсердного диска окклюдера, то можно выполнить умеренную тракцию всей системы на себя или в противоположную сторону, однако делать это следует без излишнего усилия, дабы не повредить ЛВ или

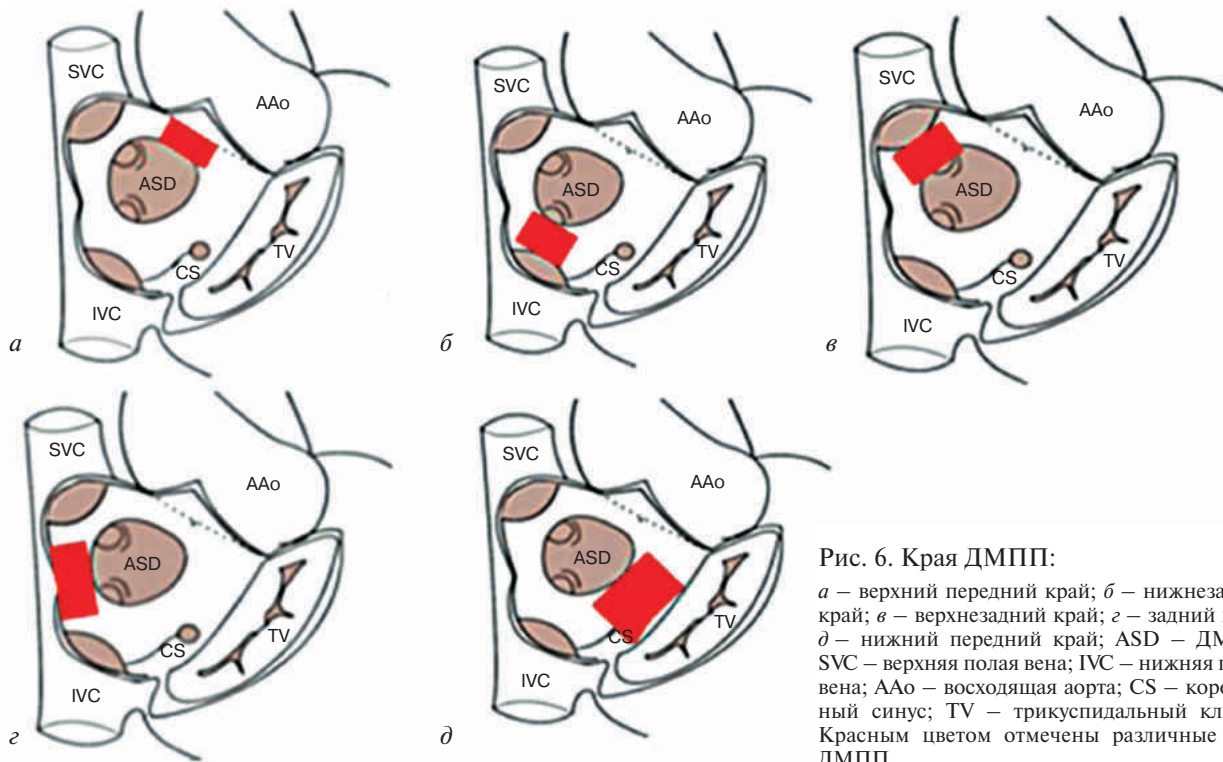


Рис. 6. Края ДМПП:

а – верхний передний край; б – нижнезадний край; в – верхнезадний край; г – задний край; д – нижний передний край; ASD – ДМПП; SVC – верхняя полая вена; IVC – нижняя полая вена; AAo – восходящая аорта; CS – коронарный синус; TV – трикуспидальный клапан. Красным цветом отмечены различные края ДМПП

ЛП. Если не удастся достичь оптимального положения окклюдера, следует перейти к другой технике. Можно также выполнять открытие левопредсердного диска от «крыши» ЛП и даже в ушке ЛП, последующие этапы аналогичны описанной выше технике [16].

В случае неэффективности данных методик возможно прибегнуть к технике имплантации окклюдера с ассистенцией баллонным катетером (БК). Для её осуществления необходим еще один венозный доступ, как правило – контралатеральная ОБВ. Техника заключается в инфляции БК по краю дефекта, противоположному неполноценному, во время раскрытия окклюдера и последующей дефляции и извлечении БК после полного раскрытия устройства. Принцип описанной техники заключается в частичном смещении окклюдера в сторону неполноценного края, благодаря чему осуществляется более плотный обхват края дисками окклюдера.

Перечисленные выше методики в большинстве случаев способствуют преодолению технических трудностей и повышают вероятность успеха процедуры при эндоваскулярном закрытии больших ДМПП и дефектов с неполноценными краями. Однако при отсутствии оптимального позиционирования окклюдера целесообразно рассмотреть вопрос о проведении открытой операции. Также стоит отметить, что оптимальным методом контроля в данных

случаях служит транспищеводная ЭхоКС. Некоторые авторы рекомендуют использовать окклюдер на 2 мм больше измеренного диаметра, если недоразвит один край дефекта, и на 4 мм больше – если недоразвиты два края [17]. При этом чрезмерное превышение диаметра устройства может привести к таким осложнениям, как эрозия аорты, перфорация сердца, атриовентрикулярная блокада или аортальная регургитация, поэтому к выбору окклюдера следует подходить с максимальной ответственностью [14, 15, 17–19].

Множественные (мультифенестрированные) ДМПП составляют 10–15% от всех ДМПП [18]. Они представляют собой сложные случаи для интервенционного лечения, потому что большинство из них ассоциированы с аневризмой МПП (экскурсия МПП более чем на 10 мм), недоразвитыми краями, дилатацией сердца, что может потребовать имплантации нескольких окклюдеров [20]. Чрезвычайно важным и широко обсуждаемым вопросом в современной медицинской литературе является использование одного или нескольких устройств для закрытия данной формы ДМПП. Каждый из этих вариантов имеет свои преимущества и недостатки. Применение одного устройства позволяет выполнить операцию за более короткое время, с меньшим воздействием рентгеновского излучения, более низкими рисками эмболии

и эрозии, меньшими финансовыми затратами и, что не менее важно, операция является менее сложной. Использование одного окклюдера возможно, если расстояние между дефектами менее 5 мм [21]. При использовании нескольких устройств операция становится более сложной технически и, соответственно, требует большего опыта хирурга; она также является более затратной, а риск осложнений в виде эмболии или эрозии МПП значительно увеличивается [22]. S.M. Awad et al. в своем исследовании, включавшем 33 пациентов, которым было имплантировано более одного устройства, сообщают об осложнениях, возникших в 6% случаев (1 случай эмболии и 1 случай эрозии), при частоте успеха 97% [22]. Авторы считают, что расстояние между дефектами более 7 мм является более благоприятным предиктором для имплантации двух устройств. Также авторы убеждены, что в первую очередь необходимо закрывать более крупный дефект [22].

В другом исследовании с участием 34 детей с множественными ДМПП у 19 (55,9%) из них закрытие выполнялось с помощью одного устройства, 15 (44,1%) детей были прооперированы с использованием более одного окклюдера (у 14 (41,2%) пациентов – 2 окклюдера, у 1 (2,9%) – 3 устройства). Пациент, которому было имплантировано 3 устройства (31 год), умер дома через 30 дней после операции в результате развившейся тампонады сердца. Признаки эрозии на аутопсии не были обнаружены [23].

В исследовании G. Butera et al., включавшем 36 пациентов с мультифенестрированными ДМПП и аневризмой МПП, у 2/3 пациентов был имплантирован 1 окклюдер, а в оставшихся случаях применялось несколько устройств. Незначительный остаточный шунт наблюдался в 12% случаев [18].

Считается, что при наличии множественных ДМПП во время диагностического измерения самого крупного дефекта с помощью баллона необходимо раздуть второй измерительный баллон в другом дефекте, прекратив тем самым сброс крови слева направо. Если расстояние между двумя отверстиями составит менее 5–7 мм, необходимо имплантировать 1 окклюдер [18, 22]. Для того чтобы избежать эрозии окклюдера, размер выбираемого устройства не должен превышать 2 мм от полученных при измерении значений. Также размер окклюдера должен быть меньше, чем диаметр МПП, полученный в четырехкамерной проекции на ЭхоКС [19].

Необычная техника лечения мультифенестрированного ДМПП была предложена N. Sarano et al., которые предварительно выполнили баллонную атриосептостомию в случае, когда дефекты не удалось бы закрыть ни с помощью одного большого окклюдера, ни с поочередной имплантацией двух меньших по размеру устройств [24]. Однако при данной технике существует значительный риск получить непредсказуемое увеличение диаметра ДМПП, что впоследствии может препятствовать интервенционному закрытию вновь сформированного дефекта.

В существующих рекомендациях Американской кардиологической ассоциации отмечается возможность эндоваскулярного лечения только вторичных ДМПП, но в современной литературе описаны новые и сложные процедуры, используемые для закрытия дефектов верхнего венозного синуса или коронарного синуса [11, 25, 26]. Для пациентов с гемодинамическими нарушениями, такими как диастолическая дисфункция правого или левого желудочка, ЛГ, которые могут значительно ухудшить прогноз эндоваскулярного лечения, разработаны фенестрированные окклюдеры для закрытия ДМПП [27].

Заключение

Эндоваскулярное лечение анатомически сложных форм ДМПП требует тщательного предоперационного обследования пациента с целью определения морфологии дефекта. Успех процедуры напрямую зависит от предоперационного отбора пациентов и опыта хирурга. Имплантация септальных окклюдеров является эффективным, радикальным и малоинвазивным методом лечения большинства пациентов разного возраста, имеющих данную патологию.

Литература/References

1. Hoffman J.I., Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 39: 1890–900. DOI: 10.1016/s0735-1097(02)01886-7
2. King T.D., Thompson S.L., Steiner C., Mills N.L. Secundum atrial septal defect. Nonoperative closure during cardiac catheterisation. *JAMA.* 1976; 235 (23): 2506–9. DOI: 10.1001/jama.1976.03260490024013
3. Cockerham J.T., Martin T.C., Gutierrez F.R., Hartmann A.F. Jr., Goldring D., Strauss A.W. Spontaneous closure of secundum atrial septal defect in infants and young children. *Am. J. Cardiol.* 1983; 52 (10): 1267–71. DOI: 10.1016/0002-9149(83)90585-4
4. Radzik D., Davignon A., van Doesburg N., Fournier A., Marchand T., Ducharme G. Predictive factors for spontaneous closure of atrial septal defects diagnosed in the first 3 months of life. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1993; 22 (3): 851–3. DOI: 10.1016/0735-1097(93)90202-c
5. Brassard M., Fourn J.C., van Doesburg N.H., Mercier L.A., De Guise P. Outcome of children with atrial septal defect con-

- sidered too small for surgical closure. *Am. J. Cardiol.* 1999; 83 (11): 1552–5. DOI: 10.1016/s0002-9149(99)00146-0
6. Phillips S.J., Okies J.E., Henken D., Sunderland C.O., Starr A. Complex of secundum atrial septal defect and congestive heart failure in infants. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1975; 70 (4): 696–700.
 7. Faccini A., Butera G. Atrial septal defect (ASD) device transcatheter closure: limitations. *J. Thorac. Dis.* 2018; 10: 2923–30. DOI: 10.21037/jtd.2018.07.128
 8. Webb G., Michael A.G. Atrial septal defects in the adult recent progress and overview. *Circulation.* 2006; 114: 1645–53. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592055
 9. Warnes C.A., Williams R.G., Bashore T.M., Child J.S., Connolly H.M., Dearani J.A. et al. 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). *Circulation.* 2008; 118: 714–833. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.190690
 10. Du Z.D., Koenig P., Cao Q.L., Waight D., Heitschmidt M., Hijazi Z.M. Comparison of transcatheter closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occluder associated with deficient versus sufficient rims. *Am. J. Cardiol.* 2002; 90: 865–9. DOI: 10.1016/s0002-9149(02)02709-1
 11. Feltes T.F., Bacha E., Beekman R.H. 3rd, Cheatham J.P., Feinstein J.A., Gomes A.S. et al. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2011; 123 (22): 2607–52. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31821b1f10
 12. Алякян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В., Карапетян Н.Г. Рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2020 год. *Эндоваскулярная хирургия.* 2021; 8 (Специальный выпуск): 5–248. DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8S-5-248
 13. Alekyan B.G., Grigor'yan A.M., Staferov A.V., Karapetyan N.G. Endovascular diagnostics and treatment in the Russian Federation (2020). *Russian Journal of Endovascular Surgery.* 2021; 8 (Special Issue): 5–248 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8S-5-248
 14. Akagi T. Current concept of transcatheter closure of atrial septal defect in adults. *J. Cardiol.* 2015; 65: 17–25. DOI: 10.1016/j.jcc.2014.09.002
 15. Tanghøj G., Odermarsky M., Naumburg E., Liuba P. Early complications after percutaneous closure of atrial septal defect in infants with procedural weight less than 15 kg. *Pediatr. Cardiol.* 2017; 38 (2): 255–63. DOI: 10.1007/s00246-016-1507-3
 16. Baruteau A.E., Petit J., Lambert V., Gouton M., Piot D., Brenot P. et al. Transcatheter closure of large atrial septal defects: feasibility and safety in a large adult and pediatric population. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2014; 7 (6): 837–43. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.001254
 17. Pinto R., Jain S., Dalvi B. Transcatheter closure of large atrial septal defects in children using the left atrial disc engagement – disengagement technique (LADED) – technical considerations and short term results. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2013; 82 (6): 935–43. DOI: 10.1002/ccd.24873
 18. Pillai A.A., Satheesh S., Pakkirisamy G., Selvaraj R., Jayaraman B. Techniques and outcomes of transcatheter closure of complex atrial septal defects – single center experience. *Indian Heart J.* 2014; 66 (1): 38–44. DOI: 10.1016/j.ihj.2013.12.016
 19. Butera G., Romagnoli E., Saliba Z., Chessa M., Sangiorgi G., Giamberti A. et al. Percutaneous closure of multiple defects of the atrial septum: procedural results and long-term follow-up. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2010; 76 (1): 121–8. DOI: 10.1002/ccd.22435
 20. Amin Z. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2006; 68 (5): 778–87. DOI: 10.1002/ccd.20872
 21. Cao Q., Radtke W., Berger F., Zhu W., Hijazi Z.M. Transcatheter closure of multiple atrial septal defects. Initial results and value of two- and three-dimensional transoesophageal echocardiography. *Eur. Heart J.* 2000; 21 (11): 941–7. DOI: 10.1053/euhj.1999.1909
 22. Tal R., Dahud Q., Lorber A. Fenestrated atrial septal defect percutaneously occluded by a single device: procedural and financial considerations. *Cardiol. Ther.* 2013; 2 (1): 97–102. DOI: 10.1007/s40119-012-0009-5
 23. Awad S.M., Garay F.F., Cao Q.L., Hijazi Z.M. Multiple Amplatzer septal occluder devices for multiple atrial communications: immediate and long-term follow-up results. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2007; 70 (2): 265–73. DOI: 10.1002/ccd.21145
 24. Bramlet M.T., Hoyer M.H. Single pediatric center experience with multiple device implantations for complex secundum atrial septal defect. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2008; 72 (4): 531–7. DOI: 10.1002/ccd.21668
 25. Carano N., Hagler D.J., Agnetti A., Squarcia U. Device closure of fenestrated atrial septal defects: use of a single Amplatz atrial septal occluder after balloon atrial septostomy to create a single defect. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2001; 52 (2): 203–7. DOI: 10.1002/1522-726x(200102)52:2<203::aid-ccd1048>3.0.co;2-p
 26. Garg G., Tyagi H., Radha A.S. Transcatheter closure of sinus venosus atrial septal defect with anomalous drainage of right upper pulmonary vein into superior vena cava – an innovative technique. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2014; 84 (3): 473–7. DOI: 10.1002/ccd.25502
 27. Santoro G., Gaio G., Russo M.G. Transcatheter treatment of unroofed coronary sinus. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2013; 81 (5): 849–52. DOI: 10.1002/ccd.24519
 28. Abdelkarim A., Levi D.S., Tran B., Ghobrial J., Aboulhosn J. Fenestrated transcatheter ASD closure in adults with diastolic dysfunction and/or pulmonary hypertension: case series and review of the literature. *Congenit. Heart. Dis.* 2016; 11 (6): 663–71. DOI: 10.1111/chd.12367