



Оригинальная статья

Диастолическая функция левого желудочка у взрослых больных с дефектом межпредсердной перегородки и ее динамика после транскатетерного закрытия дефекта в зависимости от возраста

Ковальчук И.А.^{1,2} • Рафаели И.Р.¹ • Крюков В.А.² • Рогатова А.Н.¹ • Азаров А.В.^{1,2} • Курносов С.А.² • Иоселиани Д.Г.¹

Обоснование. Не существует эхокардиографических (ЭхоКГ) критериев, позволяющих предсказать, возникнет ли у взрослых пациентов с дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП) постпроцедурная левожелудочковая недостаточность после закрытия дефекта.

Цель – исследовать состояние диастолической функции левого желудочка (ЛЖ) до и после вмешательства у пациентов с ДМПП в зависимости от возраста, и на этой основе определить потенциальные эхокардиографические факторы риска развития острой сердечной недостаточности непосредственно после закрытия ДМПП.

Материал и методы. В настоящее ретроспективное исследование включено 69 пациентов (средний возраст 44,2±14,5 года), из них 57 (82,6%) женщин. В зависимости от возраста пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили 39 (56,5%) больных в возрасте 18–49 лет (средний возраст 35,4±9,4 года); 2-ю группу – 30 (43,5%) пациентов в возрасте 50–74 лет (средний возраст 60,1±6,1 года). Параметры ДМПП, камер сердца и показатели диастолической функции ЛЖ исследовались методикой трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ. До операции и в послеоперационном периоде были определены и сопоставлены индексированные показатели объема левого предсердия (ЛП) и ЛЖ. Диастолическую функцию ЛЖ определяли по показателям «e' боковой» по методике тканевого доплеровского изображения (англ. tissue Doppler imaging, TDI) и «E/e'» (нормы: > 10 см/с и < 8 соответственно).

Результаты. Исходный индексированный объем ЛП был несколько больше в группе больных ≥ 50 лет, чем в возрастной группе < 50 лет (27,6±9,8 мл/м² и 25,4±7,1 мл/м² соответственно;

р=0,311). При этом исходные показатели индексированного объема ЛЖ в группах практически не различались (41,8±7,9 мл/м² и 42,4±8,6 мл/м² соответственно; р=0,768). Непосредственно после закрытия ДМПП наблюдалось ухудшение диастолической функции ЛЖ. Среди пациентов < 50 лет, несмотря на значительные изменения показателей E/e' (с 7,6±3,6 до 9,9±4,1; р=0,012), разница не была статистически значимой, тогда как в группе больных ≥ 50 лет данный индекс увеличился статистически значимо (с 9,2±5,7 до 13,1±4,3 соответственно; р=0,005). Показатель TDI (e' боковой) снизился в обеих группах: в группе < 50 лет с 11,9±2,5 до 9,1±2,2 (р<0,001), у больных ≥ 50 лет с 9,3±3,6 до 7,9±1,6 (р=0,061). У 2 пациентов старшей возрастной группы, у которых сразу после закрытия дефекта были выявлены признаки левожелудочковой недостаточности, при ЭхоКГ зафиксированы самые низкие показатели TDI (e' боковой): 7,8 и 8,0 см/с до закрытия и 6,4 и 7,0 см/с после закрытия, а также самые высокие значения E/e' до закрытия: 13,4 и 13,1 соответственно. В отдаленном периоде (в среднем 12,5±6,5 месяца) индекс E/e' снизился в обеих группах по сравнению с ранним послеоперационным периодом и приблизился к дооперационным значениям (группа < 50 лет: 7,6±3,6→9,9±4,1→8,7±4,8; группа ≥ 50 лет: 9,2±5,7→13,1±4,3→10,8±5,6). Показатели TDI e' тоже стали близкими к исходным значениям, увеличившись с 9,1±2,2 до 11,6±1,9 в группе < 50 лет и с 7,9±1,6 до 8,9±2,8 у пациентов ≥ 50 лет. Индекс объема ЛП значительно не изменился в обеих группах в отдаленном периоде по сравнению с исходными значениями. При этом индексированные конечно-диастолический

объем и конечно-диастолический размер ЛЖ статистически значимо увеличились через год после закрытия ДМПП в обеих группах, но не выходили за пределы нормальных значений, а показатели систолической функции ЛЖ сохранялись на том же уровне.

Заключение. Объемные показатели ЛП и функция ЛЖ продемонстрировали ожидаемое положительное ремоделирование после транскатетерного закрытия ДМПП. Выявлены потенциальные эхокардиографические факторы риска развития острой сердечной недостаточности непосредственно после закрытия ДМПП: исходно низкие показатели ранней диастолической скорости движения митрального кольца (TDI e' боковой) менее 8,0 см/с и высокие показатели давления наполнения ЛЖ (E/e') более 13 у пациентов с ДМПП.

Ключевые слова: дефект межпредсердной перегородки, транскатетерное закрытие, эхокардиография, диастолическая функция левого желудочка, давление наполнения левого желудочка (E/e'), отношение легочного кровотока к системному (Qp/Qs), окклюдер

Для цитирования: Ковальчук ИА, Рафаели ИР, Крюков ВА, Рогатова АН, Азаров АВ, Курносов СА, Иоселиани ДГ. Диастолическая функция левого желудочка у взрослых больных с дефектом межпредсердной перегородки и ее динамика после транскатетерного закрытия дефекта в зависимости от возраста. Альманах клинической медицины. 2023;51. doi: 10.18786/2072-0505-2023-51-008.

Поступила 11.01.2023; доработана 19.04.2023; принята к публикации 26.04.2023; опубликована онлайн 17.05.2023



Дефект межпредсердной перегородки – самый частый врожденный порок сердца с распространенностью 16 случаев на 10 000 живорожденных и 97% вероятностью выживания во взрослом возрасте [1, 2]. Порок характеризуется относительно доброкачественным и бессимптомным течением в периоде детства и в ряде случаев остается нераспознанным до взрослого возраста [2]. Несмотря на это, наличие значительного лево-правого сброса, независимо от клинических проявлений, вызывает гемодинамические и структурные изменения в системе легочной артерии, оказывает отрицательное влияние на функциональное состояние миокарда желудочков. Патологической основой дисфункции левого желудочка (ЛЖ) служит его объемная недогрузка и снижение «комплаенса» [3]. Естественно, что с возрастом данные изменения прогрессируют вследствие как самого временного фактора, так и развития естественных фиброзных изменений в строении сердечной мышцы, приводящих к повышению диастолической жесткости миокарда, особенно при сочетании с ишемической болезнью сердца и другими патологиями [4, 5]. Учитывая тот факт, что сразу после устранения дефекта ЛЖ подвергается значительному объемному «стрессу», становится очевидным, что от его состоятельности адекватно отреагировать на эти мгновенно возникшие изменения во многом будет зависеть как непосредственный (в виде острой левожелудочковой недостаточности), так и отдаленный (хроническая сердечная недостаточность) результат [6]. Не вызывает сомнений, что дооперационное исследование исходного функционального состояния ЛЖ у данной категории больных с целью выявления диагностических критериев, объективно указывающих на наличие клинически значимых и прогностически опасных изменений, крайне важно для правильного определения как тактики и методики самого вмешательства, так и ведения послеоперационного периода. При этом к настоящему времени функция ЛЖ мало изучена у указанной категории больных с учетом возраста пациентов и степени внутрисердечной и легочной гемодинамики.

Цель – исследовать состояние диастолической функции ЛЖ до и после вмешательства у пациентов с дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП) в зависимости от возраста и на этой основе определить потенциальные эхокардиографические факторы риска развития острой сердечной недостаточности непосредственно после закрытия ДМПП.

Ковальчук Илья Александрович – канд. мед. наук, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению Научно-практического центра интервенционной кардиоангиологии¹; ст. науч. сотр., заведующий отделением ангиографии, доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии факультета усовершенствования врачей²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6834-6150> ✉ 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация. E-mail: kovalchuk_ilya@mail.ru

Рафаели Ионатан Рафаелевич – д-р мед. наук, врач сердечно-сосудистой хирург Научно-практического центра интервенционной кардиоангиологии¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0495-2645>. E-mail: rafaeli50@yandex.ru

Крюков Владислав Алексеевич – канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5051-6772>. E-mail: vak.cardio-echo@yandex.ru

Рогатова Анна Николаевна – заведующая отделением функциональной диагностики, врач ультразвуковой диагностики Научно-практического центра интервенционной кардиоангиологии¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0187-2516>. E-mail: roganny@mail.ru

Материал и методы

С января 2009 по август 2021 г. у 105 пациентов (средний возраст $46,4 \pm 15,2$ года) с вторичным ДМПП была выполнена рентгенэндоваскулярная процедура транскатетерного закрытия дефекта. Всем больным проводилась трансторакальная эхокардиография с использованием ультразвуковой системы Toshiba Aplio 500 и регистрацией изображений в 2D- и M-режимах; применялись доплерографические методы оценки кровотока и тканевого доплера. Исследования выполняли до транскатетерного закрытия ДМПП, а затем через 2–3 дня после вмешательства. Последующее наблюдение проводилось амбулаторно с оценкой клинического статуса и данных трансторакальной эхокардиографии в отдаленном периоде (в среднем $12,5 + 6,5$ месяцев). Чреспищеводная эхокардиография проводилась у 89 (84,8%) пациентов для детализации анатомии краев дефекта. С целью изучения диастолической функции ЛЖ оценивали эхокардиографические данные, которые включали: ранние (Е) и поздние (А) скорости митрального притока ЛЖ, соотношение этих показателей (Е/А), параметры движения фиброзного кольца митрального клапана в тканевом доплеровском изображении (англ. tissue Doppler imaging, TDI), а также стандартные эхокардиографические измерения, такие как размер и объем левого предсердия (ЛП) и ЛЖ, в том числе индексированные показатели. Фракция выброса ЛЖ была рассчитана с использованием формулы Тейхгольца. Доплерографический показатель митрального притока оценивали посредством измерения Е (пиковая скорость раннего притока) и А (пиковая скорость позднего диастолического притока), отношения Е к А и времени замедления (англ. deceleration time, DT) Е. Скорости движения миокарда были получены с помощью TDI (боковая e' – ранняя диастолическая скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца). Давление наполнения ЛЖ оценивали на основании расчета отношения трансмитрального раннего наполнения к ранней диастолической скорости митрального кольца (Е/е') [7, 8]. Соотношение системного и легочного кровотоков Qp/Qs вычислялось по стандартной методике.

Для оценки динамики показателей диастолической функции ЛЖ в раннем послеоперационном периоде между группами использовалось значение ΔX , где X было исследуемой величиной, а ΔX – разницей между контрольной исследуемой величиной (X_k) и исследуемой величиной, полученной в начале исследования ($X_{исх}$). Показатель ΔX высчитывали по следующей формуле: $\Delta X = X_k - X_{исх}$.



Исходя из поставленной цели, нами были определены следующие критерии включения:

- наличие вторичного ДМПП с $Qp/Qs > 1,5$;
- возраст старше 18 лет;
- проведение эхокардиографического исследования.

Критериями исключения служили:

- ишемическая болезнь сердца;
- фибрилляция предсердий;
- наличие легочной гипертензии более 1-й степени;
- сопутствующие умеренные и выраженные пороки сердца;
- длительная артериальная гипертензия в анамнезе.

Мы также исключили одного пациента, у которого произошла миграция окклюдера в правые отделы сердца (была выполнена экстренная кардиохирургическая операция в условиях искусственного кровообращения – удаление дислоцированного окклюдера из ствола легочной артерии с пластикой ДМПП синтетической заплатой), 11 пациентов с мерцательной аритмией, 6 – с ишемической болезнью сердца (у двух из них имелась постоянная форма мерцательной аритмии), 3 – с трикуспидальной недостаточностью 2–3-й степени. Из оставшихся 86 пациентов мы исключили 17, которым не проводилась тканевая доплеровская визуализация. Таким образом, в настоящее исследование было включено 69 пациентов (возраст – от 18 до 74 лет, средний возраст $44,2 \pm 14,5$ года), из них 57 (82,6%) женщин.

В нашем исследовании пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от возраста:

- 1-я группа – 39 (56,5%) пациентов в возрасте 18–49 лет;
- 2-я группа – 30 (43,5%) пациентов старшего возраста (50–74 года).

Средний возраст в 1-й группе составил $35,4 \pm 9,4$ года, тогда как во 2-й – $60,1 \pm 6,1$ года. Клинические проявления порока были отмечены у 30 (76,9%) пациентов 1-й группы и у 26 (86,6%) – 2-й ($p=0,365$). Средний размер дефекта составил $18,7 \pm 6,3$ мм в 1-й группе, $21,3 \pm 5,5$ мм во 2-й ($p=0,076$). Во всех случаях по данным эхокардиографии отмечались признаки объемной перегрузки правых отделов сердца.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), протокол № 30-20 от 21.10.2020, и соответствует принципам Хельсинкской декларации 2013 г.

Азаров Алексей

Викторович – канд. мед. наук, доцент кафедры интервенционной кардиоангиологии Института профессионального образования¹; врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, вед. науч. сотр., заведующий отделом эндоваскулярного лечения сердечно-сосудистых заболеваний и нарушений ритма²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7061-337X>. E-mail: azarov_al@mail.ru

Курносов Сергей Алексеевич

– врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, науч. сотр. отделения ангиографии²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6820-1536>. E-mail: sergey.kurnosov.88@mail.ru

Иоселиани Давид

Георгиевич – д-р мед. наук, академик РАН, заведующий кафедрой интервенционной кардиоангиологии Института профессионального образования¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6425-7428>. E-mail: davidgi@mail.ru

Статистический анализ

Обработка полученных данных проводилась одним исследователем с использованием программы Statistica (версия 10.0, StatSoft Inc., США).

Для количественных показателей были рассчитаны среднее значение (M), среднеквадратическое отклонение (SD), 95% доверительный интервал, медиана (Me), интерквартильный размах ($Q_{25\%}-Q_{75\%}$). Для качественных и порядковых показателей были рассчитаны частоты (%).

Все полученные количественные параметры были проверены на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для нахождения различий между группами пациентов использовали: для нормально распределенных числовых показателей – t-критерий Стьюдента, для двух независимых выборок – непараметрический метод, для несвязанных совокупностей – U-критерий Манна – Уитни.

Для определения различий в числовых показателях, изменявшихся в ходе лечения, применяли парный критерий Стьюдента для двух зависимых выборок или непараметрический парный метод – T-критерий Вилкоксона.

Для сравнения дихотомических показателей между независимыми выборками и установления достоверных различий между ними использовали критерий хи-квадрат с поправкой Йейтса на непрерывность, а также точный критерий Фишера для небольших выборок. При невозможности применения критерия хи-квадрат использовался Z-критерий, для 0 и 100% – с поправкой для конечных точек. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты

В изученных группах больных исходные объемные показатели левых отделов сердца по данным трансторакальной эхокардиографии статистически не различались. Исходный индексированный объем ЛП был несколько больше во второй группе, чем в первой ($27,6 \pm 9,8$ мл/м² и $25,4 \pm 7,1$ мл/м² соответственно; $p=0,311$). Индексированный объем ЛЖ составил в первой группе $42,4 \pm 8,6$ мл/м², во второй – $41,8 \pm 7,9$ мл/м² ($p=0,768$). Однако при сравнительном анализе больных моложе 30 лет с пациентами второй группы выявили, что исходный индексированный объем ЛЖ у пациентов старшего возраста был значительно ниже ($41,8 \pm 7,9$ мл/м² против $49,4 \pm 6,7$ мл/м² соответственно; $p=0,024$). Доплеровские параметры, отражающие диастолическую функцию ЛЖ в первой группе в среднем, соответствовали

¹ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8/2, Российская Федерация

² ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация

**Таблица 1.** Исходные стандартные эхокардиографические параметры и показатели диастолической функции в группах

Показатель	Группа < 50 лет (n = 39)	Группа ≥ 50 лет (n = 30)	Значение <i>p</i>
Qp/Qs	2,74 ± 0,22	2,96 ± 0,23	< 0,001
Объем ЛП, мл (норма 18–58 мл (м), 22–52 мл (ж))	44,2 ± 11,5	48,8 ± 16,4	0,202
Индекс объема ЛП, мл/м ² (норма 16–34 мл/м ²)	25,4 ± 7,1	27,6 ± 9,8	0,311
КДР ЛЖ, мм (норма < 58,4 (м), < 52,2 (ж))	42,2 ± 4,5	40,7 ± 3,5	0,376
КДО ЛЖ, мл (норма 62–120 мл (м), 58–103 мл (ж))	74,2 ± 12,4	73,2 ± 10,9	0,727
Индекс КДО ЛЖ, мл/м ² (норма < 76 мл/м ² (м), < 57 мл/м ² (ж))	42,4 ± 8,6	41,8 ± 7,9	0,768
ФВ ЛЖ, % (норма 55–70%)	65,1 ± 8,6	67,6 ± 8,1	0,227
E, см/с (норма < 50 см/с)	80,2 ± 18,4	73,5 ± 22,5	0,196
A, см/с (норма 45–70 см/с)	51,7 ± 11,4	49,5 ± 24,3	0,653
Трансмитральное E/A (норма 1,0–1,5)	1,52 ± 3,4	1,44 ± 5,4	0,944
DT трансмитрального E, м/с (норма 160–220 м/с)	213,5 ± 66,8	195,6 ± 47,3	0,204
TDI e' боковой, см/с (норма > 10 см/с)	11,9 ± 2,5	9,3 ± 3,6	0,001
E/e' среднее (норма < 8)	7,6 ± 3,6	9,2 ± 5,7	0,190

A – пиковая скорость позднего притока, DT E – время замедления, E – пиковая скорость раннего притока, E/e' – отношение трансмитрального раннего наполнения к ранней диастолической скорости митрального кольца, Qp/Qs – отношение объемного кровотока малого круга кровообращения к большому, TDI e' боковой – ранняя диастолическая скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца, ж – женщины, КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем левого желудочка, КДР ЛЖ – конечно-диастолический размер левого желудочка, ЛП – левое предсердие, м – мужчины, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка

нормальным значениям (e' боковое > 10 см/с, а E/e' < 8), в то время как во второй группе эти параметры исходно отличались от нормальных: e' боковое 9,3 ± 3,6 см/с, E/e' 9,2 ± 5,7 (6,5–11,7) (табл. 1).

Непосредственные (госпитальные) результаты эндоваскулярного закрытия дефекта межпредсердной перегородки

Технический успех эндоваскулярного закрытия дефекта составил 100%. Всем 69 пациентам с ДМПП было успешно имплантировано 69 окклюдеров. У подавляющего числа пациентов – 53 (76,8%) – для закрытия межпредсердного дефекта использовался окклюдер системы Figulla Flex II (Occlutech), у 9 (13%) – системы Sear Care (Lifetech Scientific), у остальных 7 (10,2%) – окклюдер системы Amplatzer (AGA Medical). Средний размер окклюдера составил 24,8 ± 6,95 (от 12 до 40) мм, среднее время вмешательства – 42,5 ± 26,2 мин, среднее время рентгеноскопии – 14,6 ± 9,3 мин. Непосредственно после имплантации окклюдера полное закрытие ДМПП отмечалось в 65 (94,2%) наблюдений. Резидуальный сброс (< 3 мм) наблюдали у 4 (5,8%) пациентов. В подавляющем большинстве наблюдений (67 пациентов, 97,1%) в изученных группах больных госпитальный период

протекал гладко. В двух случаях во 2-й группе в ближайшем послеоперационном периоде отмечались явления острой левожелудочковой недостаточности в виде интерстициального отека легких, купированные медикаментозно в условиях реанимационного отделения. У 2 (5,1%) пациентов 1-й группы и у 4 (13,3%) пациентов 2-й группы значительно увеличилась частота сердечных сокращений сразу после закрытия ДМПП с эпизодами наджелудочковой и желудочковой экстрасистолии. Все пациенты были выписаны из центра интервенционной кардиоангиологии в удовлетворительном состоянии в среднем на 3,5 ± 1,4 дня после эндоваскулярного вмешательства.

Динамика показателей диастолической функции в группах на 2–3-е сутки после транскатетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки (по данным эхокардиографии)

При оценке эхокардиографических показателей диастолической функции пролеченных пациентов в раннем послеоперационном периоде как в группах, так и между группами были выявлены статистически значимые различия (табл. 2, 3).

Полученные нами эхокардиографические данные убедительно показали, что транскатетерное



Таблица 2. Сравнение эхокардиографических показателей диастолической функции в группах до и сразу после закрытия дефекта межпредсердной перегородки

Показатель	Группа < 50 лет (n=39)			Группа ≥ 50 лет (n=30)		
	исходно	после закрытия	значение p	исходно	после закрытия	значение p
E, см/с	80,2 ± 18,4	73,7 ± 21,6	0,162	73,5 ± 22,5	77,1 ± 23,8	0,522
A, см/с	51,7 ± 11,4	63,4 ± 12,8	< 0,001	49,5 ± 24,3	70,3 ± 15,1	< 0,001
Трансмитральное E/A	1,52 ± 3,4	1,19 ± 3,8	0,291	1,44 ± 5,4	1,12 ± 4,4	0,805
DT трансмитрального E, м/с	213,5 ± 66,8	200,5 ± 48,5	0,332	195,6 ± 47,3	176,7 ± 28,6	0,070
TDI e' боковой, см/с	11,9 ± 2,5	9,1 ± 2,2	< 0,001	9,3 ± 3,6	7,9 ± 1,6	0,061
E/e' среднее	7,6 ± 3,6	9,9 ± 4,1	0,012	9,2 ± 5,7	13,1 ± 4,3	0,005

A – пиковая скорость позднего притока, DT E – время замедления, E – пиковая скорость раннего притока, E/e' – отношение трансмитрального раннего наполнения к ранней диастолической скорости митрального кольца, TDI e' боковой – ранняя диастолическая скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца

закрытие ДМПП приводит к усугублению нарушенной диастолической функции ЛЖ, указывающему на повышение давления наполнения ЛЖ. Вышеизложенное основано на динамике таких показателей, как среднее соотношение E/e' (давление наполнения ЛЖ), которое значительно увеличилось – с $7,6 \pm 3,6$ до $9,9 \pm 4,1$ ($p = 0,012$) в первой группе, с $9,2 \pm 5,7$ до $13,1 \pm 4,3$ ($p = 0,005$) во второй. При этом повышение E/e' в ближайшем периоде после окклюзии ДМПП было наиболее выражено во 2-й группе больных ($9,9 \pm 4,1$ против $13,1 \pm 4,3$; $p = 0,002$). Показатель TDI e' боковой, отражающий релаксирующую способность миокарда ЛЖ, снизился в обеих группах: в первой группе с $11,9 \pm 2,5$ до $9,1 \pm 2,2$ ($p < 0,001$), во второй, где он исходно не был высоким, – с $9,3 \pm 3,6$ до $7,9 \pm 1,6$ ($p = 0,061$). Доплеровские показатели трансмитрального кровотока также отразили изменение диастолической функции ЛЖ в обеих группах за счет значительного увеличения пиковой скорости позднего притока A (систола предсердия) и соответствующего снижения соотношения E/A.

Таким образом, по данным ультразвукового исследования между группами получена статистически значимая разница по пиковой скорости позднего притока ΔA ($11,7$ см/с в первой группе против $20,8$ см/с во второй; $p < 0,023$), показателю, отражающему раннюю диастолическую скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца ΔTDI e' боковой ($-2,8$ в первой группе и $-1,4$ во второй; $p = 0,014$), и по давлению наполнения ЛЖ ΔE/e' ($2,3$ и $3,9$ соответственно; $p < 0,002$) (рис. 1).

Следует отметить, что у 2 пациентов второй группы, у которых сразу после закрытия

дефекта были выявлены признаки развивающейся левожелудочковой недостаточности, при ЭхоКГ зафиксированы самые низкие показатели ранней диастолической скорости движения митрального кольца по TDI (e' боковой): $7,8$ и $8,0$ см/сек до закрытия и $6,4$ и $7,0$ см/сек после закрытия (при нормальном среднем значении e' бокового > 10 см/с), а также самые высокие значения (E/e') до закрытия: $13,4$ и $13,1$ соответственно (в норме среднее значение E/e' < 8 , при тяжелой дисфункции 3-й степени E/e' > 13). Данные результаты подтверждают существующую гипотезу о влиянии тяжести диастолической дисфункции ЛЖ на риск развития сердечной недостаточности после эндоваскулярного закрытия ДМПП.

Динамика эхокардиографических показателей в группах в отдаленном периоде после транскатетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки по сравнению с исходными данными

Указанная динамика эхокардиографических показателей приведена в табл. 4.

Параметры диастолической функции в отдаленном периоде имели следующую тенденцию: показатель давления наполнения ЛЖ E/e' снизился в обеих группах по сравнению с ранним послеоперационным периодом и приблизился к исходному до операции (первая группа: $7,6 \pm 3,6 \rightarrow 9,9 \pm 4,1 \rightarrow 8,7 \pm 4,8$; вторая группа: $9,2 \pm 5,7 \rightarrow 13,1 \pm 4,3 \rightarrow 10,8 \pm 5,6$). Показатель TDI e' тоже стал близок к исходным значениям, увеличившись с $9,1 \pm 2,2$ сразу после операции до $11,6 \pm 1,9$ через 12 месяцев после операции в первой группе и с $7,9 \pm 1,6$ до $8,9 \pm 2,8$ во второй группе соответственно (рис. 2).

**Таблица 3.** Сравнение эхокардиографических показателей диастолической функции между группами сразу после транскатетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки

Показатель	Группа < 50 лет (n=39)	Группа ≥ 50 лет (n=30)	Значение p
E, см/с	73,7 ± 21,6	77,1 ± 23,8	0,307
A, см/с	63,4 ± 12,8	70,3 ± 15,1	0,023
Трансмитральное E/A	1,19 ± 3,8	1,12 ± 4,4	0,212
DT трансмитрального E, м/с	200,5 ± 48,5	176,7 ± 28,6	0,007
TDI e' боковой, см/с	9,1 ± 2,2	7,9 ± 1,6	0,014
E/e' среднее	9,9 ± 4,1	13,1 ± 4,3	0,002

A – пиковая скорость позднего притока, DT E – время замедления, E – пиковая скорость раннего притока, E/e' – отношение трансмитрального раннего наполнения к ранней диастолической скорости митрального кольца, TDI e' боковой – ранняя диастолическая скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца

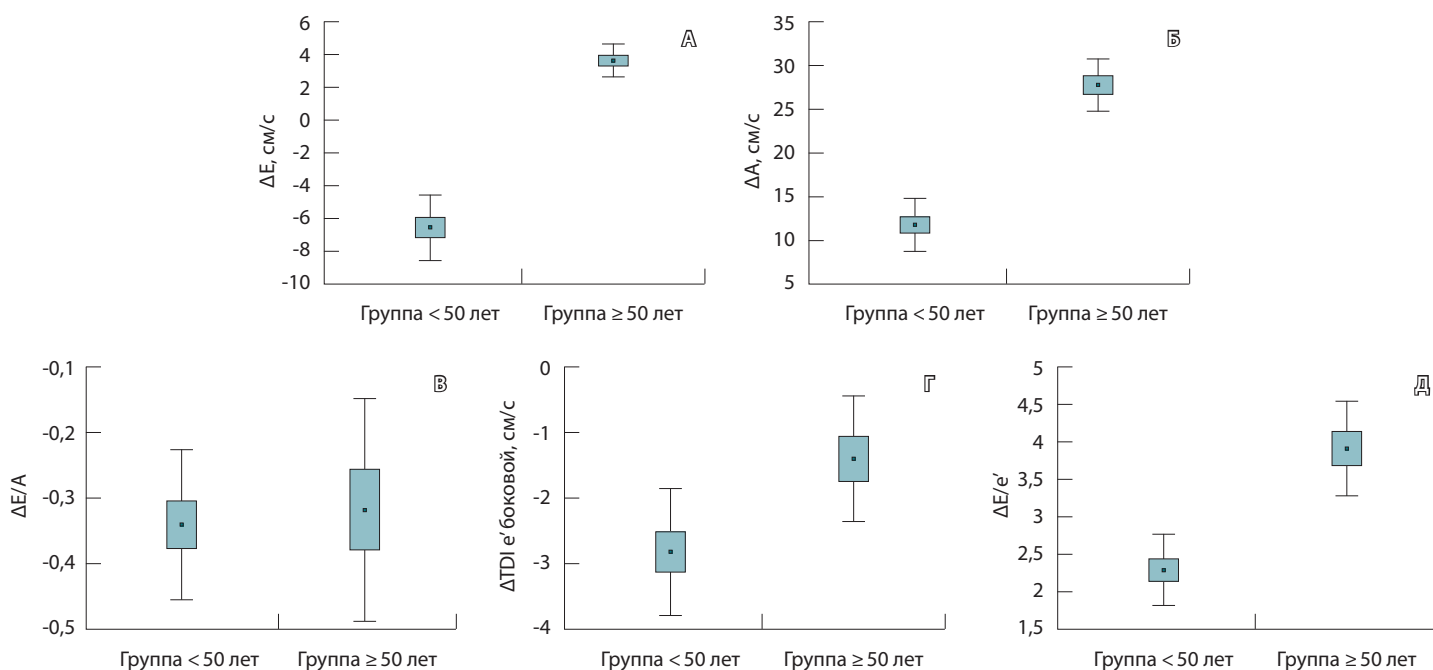


Рис. 1. Динамика показателей, отражающих диастолическую функцию ЛЖ в изученных группах больных (госпитальный период): **А** – ΔE , см/с, $p=0,307$; **Б** – ΔA , см/с, $p<0,023$; **В** – $\Delta E/A$, $p=0,212$; **Г** – ΔTDI e' боковой, см/с, $p=0,014$; **Д** – $\Delta E/e'$, $p<0,002$

Доплеровские показатели трансмитрального кровотока во всех группах через год после оперативного лечения имели тенденцию к изменению в направлении исходных значений до операции.

Индекс объема ЛП значительно не изменился в обеих группах в отдаленном периоде по сравнению с исходными значениями. При этом индексированный конечно-диастолический объем (КДО) и конечно-диастолический размер (КДР) ЛЖ статистически значимо увеличились через год после закрытия ДМПП. Отметим, что показатели систолической функции ЛЖ в отдаленном

периоде в обеих группах сохранялись на прежнем уровне.

Обсуждение

Диастолическая дисфункция ЛЖ представляет собой самостоятельный этиологический фактор развития сердечной недостаточности. Одной из причин ее возникновения служит объемная перегрузка. Следовательно, разумно предположить, что изучение диастолической состоятельности ЛЖ перед закрытием ДМПП с учетом выраженного исходного лево-правого

**Таблица 4.** Сравнение эхокардиографических данных в группах до и после закрытия дефекта межпредсердной перегородки (отдаленный период наблюдения)

Показатель	Группа < 50 лет (n = 39)			Группа ≥ 50 лет (n = 30)			Значение p*
	исходно	через 12 месяцев	значение p	исходно	через 12 месяцев	значение p	
Объем ЛП, мл	44,2 ± 11,5	47,6 ± 14,5	0,246	48,8 ± 16,4	51,7 ± 15,3	0,489	0,260
Индекс объема ЛП, мл/м ²	25,4 ± 7,1	26,2 ± 7,3	0,630	27,6 ± 9,8	29,0 ± 8,5	0,563	0,108
КДР ЛЖ, мм	41,4 ± 4,5	45,2 ± 5,4	0,001	40,7 ± 3,5	44,2 ± 4,9	0,003	0,413
КДО ЛЖ, мл	74,2 ± 12,4	95,1 ± 18,5	< 0,001	73,2 ± 10,9	88,1 ± 16,4	< 0,001	0,048
Индекс КДО ЛЖ, мл/м ²	42,4 ± 8,6	54,3 ± 11,8	< 0,001	41,8 ± 7,9	50,3 ± 7,8	0,019	0,263
ФВ ЛЖ, %	65,1 ± 8,6	69,6 ± 7,1	0,015	67,6 ± 8,1	69,7 ± 7,0	0,295	0,954
E, см/с	80,2 ± 18,4	76,5 ± 19,8	0,398	73,5 ± 22,5	75,2 ± 21,6	0,762	0,796
A, см/с	51,7 ± 11,4	54,6 ± 12,8	0,301	49,5 ± 24,3	59,8 ± 15,1	0,057	0,127
Трансмитральное E/A	1,52 ± 3,4	1,40 ± 4,2	0,885	1,44 ± 5,4	1,26 ± 4,8	0,890	0,225
DT трансмитрального E, м/с	213,5 ± 66,8	207,3 ± 45,1	0,636	195,6 ± 42,3	188,7 ± 40,5	0,551	0,081
TDI e' боковой, см/с	11,9 ± 2,5	11,6 ± 1,9	0,558	9,3 ± 3,6	8,9 ± 2,8	0,603	0,0014
E/e' среднее	7,6 ± 3,6	8,7 ± 4,8	0,262	9,2 ± 5,7	10,8 ± 5,6	0,285	0,0985

A – пиковая скорость позднего притока, DT E – время замедления, E – пиковая скорость раннего притока, E/e' – отношение трансмитрального раннего наполнения к ранней диастолической скорости митрального кольца, Qr/Qs – отношение объемного кровотока малого круга кровообращения к большому, TDI e' боковой – ранняя диастолическая скорость движения латеральной части митрального фиброзного кольца, КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем левого желудочка, КДР ЛЖ – конечно-диастолический размер левого желудочка, ЛП – левое предсердие, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка

* Сравнение между группами < 50 лет и ≥ 50 лет в точке «через 12 месяцев»

сброса крови и того факта, что после эндоваскулярного устранения порока мгновенно и значительно увеличивается объемная нагрузка на ЛЖ, вполне оправдано и даже необходимо. Очевидно, что информация о возможности возникновения столь опасного осложнения будет способствовать своевременному проведению профилактических и лечебных мероприятий и, следовательно, улучшит как ближайшие, так и отдаленные результаты.

По результатам нашего исследования объемные показатели ЛП и функция ЛЖ показали значительное ремоделирование после транскатетерного закрытия ДМПП. Закрытие ДМПП в исследуемом периоде привело к статистически значимому увеличению индекса КДО и КДР ЛЖ в обеих группах. Таким образом, нормализация преднагрузки ЛЖ привела к увеличению до нормы его объемных показателей. При этом отсутствовала динамика фракции выброса ЛЖ по сравнению с дооперационными показателями, что вполне объяснимо.

По данным ранее проведенных исследований, было показано значительное увеличение давления заполнения ЛЖ после закрытия ДМПП,

оцениваемое как отношение E/e' [9, 10]. В нашем исследовании также отмечено увеличение E/e' у всех пациентов в обеих группах непосредственно после закрытия ДМПП, что указывало на снижение диастолической функции с аномальной релаксацией. При этом у пациентов второй группы по сравнению с первой закрытие ДМПП привело к более значимому ухудшению релаксации, увеличению жесткости ЛЖ и, как следствие, дополнительному повышению давления заполнения ЛЖ. Следует отметить, что послеоперационный средний показатель E/e' во 2-й группе был более 13, что считается прогностически неблагоприятным значением в соответствии с рекомендациями Американского общества эхокардиографии (American Society of Echocardiography, ASE) и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (European Association of Cardiovascular Imaging, EACVI) от 2016 г. [8]. На наш взгляд, именно по этой причине у двух пациентов из второй группы развились явления острой левожелудочковой недостаточности, к счастью, быстро разрешившиеся на фоне медикаментозной терапии.

Таким образом, результаты нашего исследования обоснованно указывают на то, что пожилой возраст

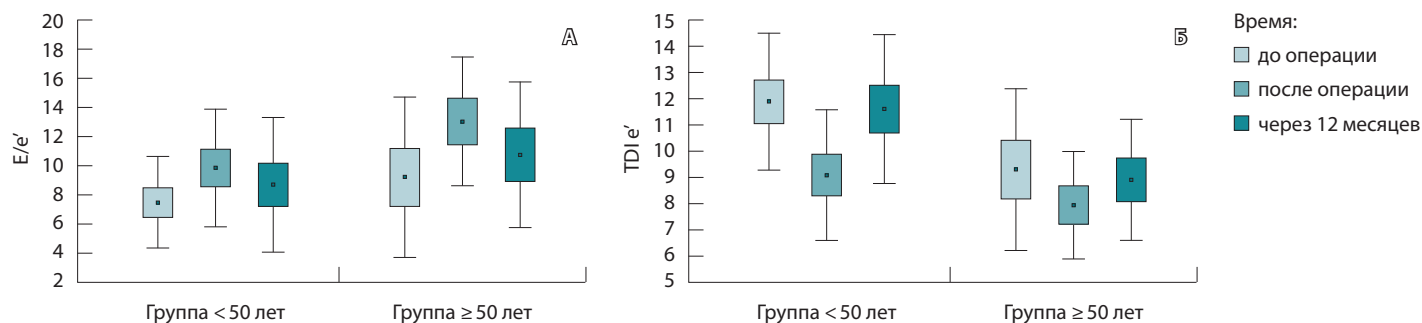


Рис. 2. Основные показатели диастолической функции в группах после транскатетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки: А – динамика давления наполнения левого желудочка (E/e'); Б – динамика TDI e' в группах

тесно связан с устойчивым увеличением давления наполнения ЛЖ после закрытия ДМПП, что клинически проявляется диастолической дисфункцией ЛЖ разной степени выраженности, вплоть до развития симптомов сердечной недостаточности. Снижение показателя $TDI e'$ бокового, отражающего релаксирующую способность миокарда ЛЖ в ранний послеоперационный период, было характерно для обеих групп, однако значение e' возвращалось к исходному уровню через 12 месяцев после транскатетерного закрытия. Следует отметить, что полученные результаты согласуются с рядом проведенных ранее исследований [11–14]. При этом нами отмечено, что исходно низкое значение $e' < 8,0$ см/сек до операции ассоциировалось с очень высоким риском развития сердечной недостаточности. В результате можно предположить, что при наличии вышеизложенных показателей целесообразно и тактически правильно применение баллон-окклюзионного теста. Это позволит, с одной стороны, скорректировать тактику закрытия ДМПП, с другой – прогнозировать возможные осложнения, проводить соответствующие профилактические и при необходимости лечебные мероприятия.

Ограничения исследования

Основным ограничением настоящего исследования было то, что число пациентов с измерением

параметров диастолической функции в режиме тканевого доплера до и после эндоваскулярного закрытия ДМПП было относительно небольшим. По этой причине выводы следует рассматривать как предварительные. К тому же это было ретроспективное исследование, проведенное в одном учреждении, что может уменьшить суммирование результатов для других условий. Тем не менее настоящее исследование предоставляет некоторые данные о динамике диастолической функции ЛЖ у взрослых больных после транскатетерного закрытия ДМПП для оценки риска развития острой сердечной недостаточности.

Заключение

Объемные показатели ЛП и функция ЛЖ продемонстрировали ожидаемое положительное ремоделирование после транскатетерного закрытия ДМПП. В результате проведенного исследования были выявлены потенциальные эхокардиографические факторы риска развития острой сердечной недостаточности непосредственно после закрытия ДМПП, такие как исходно низкие показатели ранней диастолической скорости движения митрального кольца ($TDI e'$ боковой) менее 8,0 см/сек и высокие показатели давления наполнения ЛЖ (E/e') более 13 у пациентов с ДМПП. ☺

Дополнительная информация

Финансирование

Работа проведена без привлечения дополнительного финансирования со стороны третьих лиц.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Участие авторов

И.А. Ковальчук – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ полученных данных, написание текста;

И.Р. Рафаели – написание и редактирование текста; В.А. Крюков – сбор и обработка материала, анализ полученных данных; А.Н. Рогатова – сбор и обработка материала, анализ полученных данных; А.В. Азаров – сбор и обработка материала, написание текста; С.А. Курносов – анализ полученных данных, редактирование текста; Д.Г. Иоселиани – редактирование текста. Все авторы прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией, согласны нести ответственность за все аспекты работы и гарантируют, что ими надлежащим образом были рассмотрены и решены вопросы, связанные с точностью и добросовестностью всех частей работы.



Список литературы / References

1. Geva T, Martins JD, Wald RM. Atrial septal defects. *Lancet*. 2014;383(9932):1921–1932. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62145-5.
2. Kijpers JM, Mulder BJ, Bouma BJ. Secundum atrial septal defect in adults: a practical review and recent developments. *Neth Heart J*. 2015;23(4):205–211. doi: 10.1007/s12471-015-0663-z.
3. Masutani S, Senzaki H. Left ventricular function in adult patients with atrial septal defect: implication for development of heart failure after transcatheter closure. *J Card Fail*. 2011;17(11):957–963. doi: 10.1016/j.cardfail.2011.07.003.
4. Ковальчук ИА, Рафаели ИР, Азаров АВ, Семитко СП, Иоселиани ДГ. Особенности эндоваскулярного закрытия вторичного дефекта межпредсердной перегородки у больных старшего возраста. *Consilium Medicum*. 2020;22(10):64–68. doi: 10.26442/20751753.2020.10.200250. [Kovalchuk IA, Rafaeli IR, Azarov AV, Semitko SP, Ioseliani DG. [Features of endovascular closure of secondary atrial septal defect in older patients]. *Consilium Medicum*. 2020;22(10):64–68. Russian. doi: 10.26442/20751753.2020.10.200250.]
5. Иоселиани ДГ, Ковальчук ИА, Рафаели ТР, Рогатова АН, Степанов АВ, Захарова ОВ, Пекарская МВ. Одномоментные чрескожные вмешательства на коронарных артериях в сочетании с эндоваскулярным закрытием дефекта межпредсердной перегородки у взрослых. *Кардиология*. 2019;59(2):56–60. doi: 10.18087/cardio.2019.2.10222. [Ioseliani DG, Kovalchuk IA, Rafaeli TR, Rogatova AN, Stepanov AV, Zakharova OV, Pekar'skaya MV. [Simultaneous Percutaneous Coronary Intervention and Endovascular Closure of Atrial Septal Defect in Adults]. *Kardiologiya* [Cardiology]. 2019;59(2):56–60. Russian. doi: 10.18087/cardio.2019.2.10222.]
6. Ewert P, Berger F, Nagdyman N, Kretschmar O, Dittrich S, Abdul-Khaliq H, Lange P. Masked left ventricular restriction in elderly patients with atrial septal defects: a contraindication for closure? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2001;52(2):177–180. doi: 10.1002/1522-726x(200102)52:2<177::aid-cccd1043>3.0.co;2-g.
7. Шахнович ПГ, Захарова АИ, Черкашин ДВ, Свистов АС, Шуленин КС, Ткаченко КН, Аланичев АЕ, Макиев РГ, Кутелев ГГ, Ефимов СВ. Диастолическая дисфункция миокарда: эхокардиографический феномен

Left ventricular diastolic function in adult patients with an atrial septal defect and its age-dependent changes over time after transcatheter closure of the defect

I.A. Kovalchuk^{1,2} • I.R. Rafaeli¹ • V.A. Kryukov² • A.N. Rogatova¹ • A.V. Azarov^{1,2} • S.A. Kurnosov² • D.G. Ioseliani¹

Background: There are no echocardiographic (echoCG) criteria to predict whether adult patients with an atrial septal defect (ASD) will develop post-procedural left ventricular (LV) failure after the defect closure.

Aim: To evaluate the LV diastolic function before and after the intervention in ASD patients depending on their age and, based on this, to identify potential echoCG risk factors for the development of acute heart failure immediately after the ASD closure.

Materials and methods: This retrospective study included 69 patients with the mean age of 44.2±14.5 years and 57 (82.6%) being women. The patients were divided into 2 age groups: group 1 included 39 (56.5%) patients aged 18 to 49 years (mean±SD, 35.4±9.4 years) and group 2, 30 (43.5%) patients aged 50 to 74 years (mean±SD, 60.1±6.1 years). The characteristics of the ASD, heart chambers and LV diastolic function were assessed with transthoracic and transesophageal echoCG. The indexed indicators of the left atrial (LA) and LV volumes were measured before the intervention and in the postoperative period and

compared. LV diastolic function was assessed by the e' lateral (determined by tissue Doppler imaging, TDI) and E/e' ratio (reference values > 10 cm/s and < 8, respectively).

Results: The indexed LA volume at baseline in the second group was slightly higher than in the first one (27.6±9.8 ml/m² and 25.4±7.1 ml/m²; p=0.311), whereas there was no between-group difference in the baseline indexed LV volume parameters (41.8±7.9 ml/m² and 42.4±8.6 ml/m², respectively; p=0.768). Immediately after the closure of the ASD, LV diastolic function deteriorated. In the patients below 50 years of age, this difference was non-significant, despite significant changes in the E/e' values (from 7.6±3.6 to 9.9±4.1; p=0.012). In the second age group, this parameter increased significantly (from 9.2±5.7 to 13.1±4.3, respectively; p=0.005). The TDI index (e' lateral) decreased in both groups: in the group 1, from 11.9±2.5 to 9.1±2.2 (p<0.001) and in the group 2, from 9.3±3.6 to 7.9±1.6 (p=0.061). Two patients of the elderly group, in whom sings of LV failure were identified immediately after the defect closure, by echoCG showed the lowest TDI values

(e' lateral) (7.8 and 8.0 cm/sec before closure and 6.4 and 7.0 cm/sec thereafter), as well as the highest values E/e' before closure (13.4 and 13.1, respectively). In the long-term (12.5±6.5 months on average), the E/e' index decreased in both age groups, compared to that in the early postoperative period, approaching the preoperative parameters (group < 50 years of age: 7.6±3.6→9.9±4.1→8.7±4.8, group ≥ 50 years of age, 9.2±5.7→13.1±4.3→10.8±5.6). The TDI e' indicators also shifted close to their initial values, increasing from 9.1±2.2 to 11.6±1.9 in the group < 50 years of age and from 7.9±1.6 to 8.9±2.8 in the group ≥ 50 years of age. In the long-term, the LA volume index in both groups was unchanged, compared to its baseline values. The indexed LV end diastolic volume and end diastolic diameter increased significantly at one year after the ASD closure in both groups; however, they did not fall outside the reference ranges, and the LV systolic function indicators remained at the same level.

Conclusion: LA volumes and LV function demonstrated the expected positive remodeling after the transcatheter ASD closure. Potential echoCG risk



или вид сердечной недостаточности? Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015;3(51):54–57. [Shakhnovich PG, Zakharova AI, Cherkashin DV, Svistov AS, Shalenin KS, Tkachenko KN, Alanichev AE, Makiev RG, Kutelev GG, Efimov SV. [Diastolic myocardium dysfunction: echocardiographic phenomenon or type of heart failure?]. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2015;3(51):54–57. Russian.]

8. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am*

Soc Echocardiogr. 2016;29(4):277–314. doi: 10.1016/j.jecho.2016.01.011.

9. Shin C, Kim J, Kim J-Y, Min P-K, Yoon YW, Lee BK, Hong B-K, Rim S-J, Kwon HM, Choi E-Y. Determinants of serial left ventricular diastolic functional change after device closure of atrial septal defect. *J Am Col Cardiol.* 2020;75(11 Suppl 1):1692. doi: 10.1016/s0735-1097(20)32319-6.

10. Eun LY, Park HK, Choi JY. Comparison of the Change in Diastolic Dysfunction after Transcatheter Atrial Septal Defect Closure between Asymptomatic Younger and Older Age Groups. *J Clin Med.* 2020;9(11):3637. doi: 10.3390/jcm9113637.

11. Lange A, Coleman DM, Palka P, Burstow DJ, Wilkinson JL, Godman MJ. Effect of catheter device closure of atrial septal defect on diastolic mitral annular motion. *Am J Cardiol.* 2003;91(1):104–108. doi: 10.1016/s0002-9149(02)03013-8.

12. Pauliks LB, Chan KC, Chang D, Kirby SK, Logan L, DeGross CG, Boucek MM, Valdes-Cruz LM. Regional myocardial velocities and isovolumic contraction acceleration before and after device closure of atrial septal defects: a color tissue Doppler study. *Am Heart J.* 2005;150(2):294–301. doi: 10.1016/j.ahj.2004.09.052.

13. Masutani S, Taketazu M, Ishido H, Iwamoto Y, Yoshida S, Matsunaga T, Kobayashi T, Senzaki H. Effects of age on hemodynamic changes after transcatheter closure of atrial septal defect: importance of ventricular diastolic function. *Heart Vessels.* 2012;27(1):71–78. doi: 10.1007/s00380-011-0122-8.

14. Yamano M, Yamano T, Nakamura T, Zen K, Shiraishi H, Shirayama T, Matoba S. Predictors of Increased Left Ventricular Filling Pressure After Transcatheter Atrial Septal Defect Closure. *Circ Rep.* 2020;2(2):113–120. doi: 10.1253/circrep.CR-19-0128.

factors for the development of acute heart failure immediately after the ASD closure were identified. These were low baseline rates of early diastolic velocity of the mitral ring (TDI e' lateral) of less than 8.0 cm/sec and high LV filling pressure (E/e') of more than 13 in the patients with ASD.

Key words: atrial septal defect, transcatheter closure, echocardiography, left ventricular diastolic function, left ventricular filling pressure (E/e'), Qp/Qs (ratio of pulmonary to systemic blood flow), occluder

For citation: Kovalchuk IA, Rafaeli IR, Kryukov VA, Rogatova AN, Azarov AV, Kurnosov SA, Ioseliani DG. Left ventricular diastolic function in adult patients with an atrial septal defect and its age-dependent changes over time after transcatheter closure of the defect. *Almanac of Clinical Medicine.* 2023;51. doi: 10.18786/2072-0505-2023-51-008.

Received 11 January 2023; revised 19 April 2023; accepted 26 April 2023; published online 17 May 2023

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Authors' contributions

I.A. Kovalchuk, the study concept and design, data collection and management, analysis of the results, text writing; I.R. Rafaeli, text writing and editing; V.A. Kryukov and A.N. Rogatova, data collection and management, analysis of the results; A.V. Azarov, data collection and management, text writing; S.A. Kurnosov, analysis of the results, text editing; D.G. Ioseliani, text editing. All the authors have read and approved the final version of the manuscript before submission, agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately considered and resolved.

Ilya A. Kovalchuk – MD, PhD, Specialist in X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, Scientific and Practical Center for Interventional Cardioangiology¹; Senior Research Fellow, Head of Department of Angiography; Associate Professor, Chair of Cardiovascular Surgery, Postgraduate Training Faculty²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6834-6150>

✉ Ul. Shchepkina 61/2, Moscow, 129110, Russian Federation. E-mail: kovalchuk_ilya@mail.ru

Ionatan R. Rafaeli – MD, PhD, Cardiovascular Surgeon, Scientific and Practical Center for Interventional Cardioangiology¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0495-2645>. E-mail: rafaeli50@yandex.ru

Vladislav A. Kryukov – MD, PhD, Ultrasound Specialist²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5051-6772>. E-mail: vak.cardio-echo@yandex.ru

Anna N. Rogatova – Head of Department of Functional Diagnostics, Ultrasound Specialist, Scientific and Practical Center for Interventional

Cardioangiology¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0187-2516>.

E-mail: roganny@mail.ru

Alexey V. Azarov – MD, PhD, Associate Professor, Chair of Interventional Cardioangiology, Institute of Professional Education¹; Specialist in X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, Leading Research Fellow, Head of Department of Endovascular Treatment of Cardiovascular Diseases and Disorders²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7061-337X>. E-mail: azarov_al@mail.ru

Sergey A. Kurnosov – Specialist in X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, Research Fellow, Department of Angiography²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6820-1536>. E-mail: sergey.kurnosov.88@mail.ru

David G. Ioseliani – MD, PhD, Member of Russ. Acad. Sci., Head of Chair of Interventional Cardioangiology, Institute of Professional Education¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6425-7428>. E-mail: davidgi@mail.ru

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; 8/2 Trubetskaya ul., Moscow, 119991, Russian Federation

² Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI); 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation