

© САКОВИЧ В. В., ГАНКИН М. И., ДРОБОТ Д. Б., МАТЮШИН Г. В., САВЧЕНКО Е. А., САКОВИЧ О. М.

УДК 616.121-073.7-06:616.125.6-053.2

DOI: 10.20333/25000136-2023-6-25-32

Применение методики «Speckle tracking» для анализа функционального состояния камер сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки

В. В. Сакович^{1,2}, М. И. Ганкин¹, Д. Б. Дробот^{1,2}, Г. В. Матюшин², Е. А. Савченко², О. М. Сакович²

¹ Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, Красноярск 660020, Российская Федерация

² Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск 660022, Российская Федерация

Цель исследования. Изучить возможность применения методики «Speckle tracking» у пациентов с изолированным дефектом межпредсердной перегородки в предоперационном и раннем послеоперационном периодах. Определить зависимость значений деформации миокарда от наличия и степени дисфункции камер сердца.

В ходе обзора литературы анализировалась информация из Medline, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Web of Science, Scopus, РИНЦ за период с января 2004 по сентябрь 2023 года.

Материал и методы. В группе детей с ДМПП применена методика определения деформации миокарда правого предсердия (наиболее гипертрофически скомпрометированной в этом случае камеры сердца). Проведено сопоставление показателей деформации миокарда камер сердца с рутинными морфофункциональными показателями, получаемыми при ЭХОКГ. Оценена динамика параметров деформации миокарда в предоперационном и раннем послеоперационном периодах у пациентов с ДМПП, и проведено сравнение с показателями здоровых детей.

Результаты. В ходе исследования были определены показатели деформации миокарда левого и правого желудочков, левого и правого предсердий у детей с ДМПП и в группе сравнения среди здоровых детей. Показана сопоставимость и неизменность значений деформации миокарда левого и правого желудочков сердца среди лиц всех исследуемых групп. Обнаружено значительное увеличение показателей продольной деформации миокарда левого и правого предсердий в группе пациентов с септальным дефектом в предоперационном периоде (у пациентов с показаниями к оперативному лечению) относительно исследуемых пациентов остальных групп. Констатировано снижение значений продольной деформации левого и правого предсердий в раннем послеоперационном периоде после операций ликвидации межпредсердного сообщения.

Заключение. Значения продольной деформации правого предсердия отличаются в группах пациентов с ДМПП в предоперационном и раннем послеоперационном периоде, в зависимости от наличия и выраженности его перегрузки и дисфункции. При этом, считаем необходимым формирование детских нормативных показателей продольной деформации камер сердца (особенно, правых отделов сердца). По нашему мнению, изучение данного вопроса поможет в выработке дополнительного маркера срочности хирургической коррекции ДМПП у детей.

Ключевые слова: эхокардиография, дефект межпредсердной перегородки, функция правого предсердия, speckle-tracking, хирургическая коррекция, сокращение миокарда, миокардиальные волокна/волокна миокарда, миокардиальная ткань, ишемия миокарда, воспаления миокарда, глобальная продольная деформация.

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

Для цитирования: Сакович ВВ, Ганкин МИ, Дробот ДБ, Матюшин ГВ, Савченко ЕА, Сакович ОМ. Применение методики «Speckle tracking» для анализа функционального состояния камер сердца у детей с дефектом межпредсердной перегородки. *Сибирское медицинское обозрение.* 2023;(6):25-32. DOI: 10.20333/25000136-2023-6-25-32

Application of the «Speckle tracking» technique for the analysis of the functional state of the heart chambers in children with atrial septal defect

V. V. Sakovich^{1,2}, M. I. Gankin¹, D. B. Drobot^{1,2}, G. V. Matushin², E. A. Savchenko², O. M. Sakovich²

¹The federal center of cardiovascular surgery, Krasnoyarsk 660020, Russian Federation

²Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

The aim of the research. To study the possibility of application of the “speckle tracking” technique for patients with isolated atrial septal defect in the preoperative and early postoperative period. To determine the dependence of myocardial strain parameters on the presence and the degree of myocardial chamber dysfunction. In search for the literatures, data published in the Medline, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Web of Science, Scopus and RSCI databases in the period from January 2004 to September 2023 were analysed.

Material and methods. In the group of children with atrial septal defect (ASD), a technique for determining the strain in the myocardium of the right atrium (the cardiac chamber that is most hypervolemically compromised in this case). A comparison between the parameters of cardiac chamber strain and the routine morpho-functional parameters measured using echocardiography (EchoCG). The dynamics of myocardial strain parameters was assessed in the preoperative and early postoperative period in children with ASD and compared with the parameters of healthy children.

Results. In the study, the parameters of myocardial strain in the left and right ventricles as well as the left and right atriums in children with ASD and in the comparison group of healthy children were determined. The comparability and constancy in the indices of myocardial strain of the ventricles among subjects of all studied groups. A significant increase in longitudinal strain of the myocardium of the left and right atriums in the group of patients with septal defect

in the preoperative period (in patients with indications to surgical treatment) in comparison with the studied patients in the rest of the groups. A decrease in the parameters of longitudinal strain of the left and right atriums in the early postoperative period after surgery for liquidation of interatrial communication has been reported.

Conclusion. The parameters of global longitudinal strain of the right atrium differ in the groups of patients with ASD in the preoperative and early postoperative period depending on the overstrain and dysfunction of the right atrium. Therewith, we deem it necessary to form normative values for longitudinal strain of cardiac chambers in children (especially the right parts). In our opinion, the investigation of this question will help to develop an additional marker of the need for prompt surgical correction of ASD in children.

Key words: echocardiography, atrial septal defect, right atrial function, speckle-tracking, surgical correction, myocardial contraction, myocardial fibres, myocardial tissue, strain, myocardial ischemia, myocardial inflammation, global longitudinal strain.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

Citation: Sakovich VV, Gankin MI, Drobot DB, Matushin GV, Savchenko EA, Sakovich OM. Application of the «Speckle tracking» technique for the analysis of the functional state of the heart chambers in children with atrial septal defect. *Siberian Medical Review*. 2023;(6):25-32. DOI: 10.20333/25000136-2023-6-25-32

Современная эхокардиография (ЭХОКГ) подразумевает использование нескольких ультразвуковых методик, в том числе Speckle-tracking echocardiography (STE), которая позволяет оценить механизм сокращения камер сердца. Для этого проводится анализ сокращения и расслабления различных зон миокарда с определением цифровых значений деформационных свойств миокарда. [1] Методика оценки деформации и скручивания миокарда по двумерному отслеживанию пятен серой шкалы ультразвукового изображения получила быстрое развитие благодаря возможности неинвазивной оценки активного и пассивного движения миокарда и, следовательно, выявления ранних признаков функциональных нарушений (Leitman M. et al., 2004) [2]. Так как методика относительно новая, происходит накопление информации о механике сокращения сердца у здоровых людей и при различных патологических состояниях.

В современной литературе наибольшее количество данных по механике сокращения миокарда представлено для левого желудочка (ЛЖ (left ventricle, LV)). Известно, что особенности расположения миокардиальных волокон в ЛЖ определяют направление их сокращения и траекторию интракардиальных потоков крови. Во время механического сокращения миокардиальная ткань, имеющая трехслойное строение, совершает движение, соответственно, в трех направлениях: продольном, радиальном и циркулярном.

Происходящие при этом изменения размеров миокарда описываются следующими терминами: перемещение, скорость перемещения и показатель деформации или относительного изменения длины сегмента миокарда (изменения выражаются в процентах от исходной величины). Аналогично проводится изучение механики сокращения и расслабления других камер сердца [3]. Для повышения скорости анализа и воспроизводимости результатов STE ведется разработка и усовершенствование программного обеспечения для оценки деформации миокарда в трехмерном режиме (J. Baum et al., 2014). При этом показатели глобальной продольной деформации ЛЖ для двумерных и трехмерных методов эхокардиографии должны

быть достаточно близкими и показывать статистически значимую корреляцию [4].

Множество исследований продемонстрировали, что глобальная продольная деформация (Global longitudinal strain (GLS)) – относительное изменение длины сегмента миокарда – может рассматриваться в качестве количественного показателя глобальной систолической функции ЛЖ [5]. Изменения этого показателя являются индикатором различных функционально-морфологических изменений миокарда: ишемии [6], гипертрофии [7], дистрофии [8], воспаления миокарда (миокардиты) [9], нарушений метаболизма под влиянием кардиотоксичных препаратов [10, 11], процессов отторжения трансплантата [12], тяжелых системных заболеваний [13]. Определение GLS у взрослого населения, особенно в ситуациях приобретенной кардиологической патологии, используется регулярно и при наличии современного эхокардиографического оборудования стало уже рутинным. Значительно реже данная методика применяется у взрослых пациентов с врожденными пороками сердца (ВПС), и в единичных публикациях описывается GLS у детей с ВПС [14, 40].

Во время внутриутробного формирования сердца плода свойственны уникальные физиологические особенности. Например, максимальная способность к деформации волокон и быстро растущее число кардиомиоцитов благодаря камбиальной зоне верхушки. После рождения, вследствие закрытия фетальных коммуникаций происходит изменение соотношения правых и левых камер. По мере роста сердце претерпевает значительные изменения: увеличиваются размеры структур сердца, объемы потоков крови и, соответственно, интракардиальные градиенты давления и скорости движения крови. Это объясняет необходимость использования возрастных нормативов планиметрических и гемодинамических характеристик сердца (имеющих разное значение у представителей разных возрастных групп) для определения функциональных нарушений при заболеваниях сердца [1]. Среди исследований, посвященных созданию нормативов STE у детей, в отечественной периодической

литературе выделяется серия работ Павлюковой Е.Н. с соавт. (НИИ кардиологии, г. Томск), в которых определялись параметры деформации, «торсии» и скручивания ЛЖ у доношенных и недоношенных новорожденных детей без кардиохирургической патологии [15, 16]. Описание механики сокращения левых отделов сердца у детей с ВПС встречаются очень редко [17]. Работ, рассматривающих деформационные характеристики ПП у детей с врожденными пороками сердца, нам не встретилось.

Врожденные пороки сердца представляют собой аномальное строение камер сердца, крупных сосудов или клапанов сердца (часто в различных сочетаниях) вследствие генетической предрасположенности, нарушений внутриутробного развития, воздействия во время формирования и развития плода инфекционных, аутоиммунных, метаболических, токсических и других тератогенных факторов [18].

Распространенность врожденных пороков сердца варьирует от 19 до 75 на 1000 детей, родившихся живыми, при этом гемодинамически-значимые аномалии строения сердца составляют 19,1–23,9 на 1000 рождений [19].

Данная группа заболеваний является чрезвычайно вариабельной. К наиболее часто встречающимся ВПС относятся открытый артериальный проток, дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) и дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП). Анатомические аномалии строения сердца обуславливают вторичные гистологические, анатомические и функциональные изменения в кардиомиоцитах с прогрессивным развитием дистрофических, дегенеративных или гипертрофических изменений миокарда [20]. Пороки сердца приводят к нарушениям гемодинамики по малому и/или большому кругам кровообращения, которые предшествуют ремоделированию сердца.

ДМПП является одним из самых часто встречающихся врожденных пороков сердца, при котором сохраняется фетальное сообщение между правым и левым предсердием. Распространенность ДМПП составляет 3,89 на 1000 детей и 0,88 на 1000 взрослых. Вероятно, эти цифры являются занижены за счет невыявленных дефектов из-за отсутствия очевидных клинических проявлений данной патологии [21].

Первое упоминание о ДМПП встречается в работах Галена. Подробное описание дефекта межпредсердной перегородки принадлежит К. Rokitansky (1875). Изолированные ДМПП различных типов встречаются с примерной частотой один случай на полторы тысячи новорожденных, составляя около 40 % всех врожденных пороков сердца [22]. Различают следующие типы ДМПП: вторичный (75 % случаев), первичный (10–20 %), дефект венозного синуса (5–10 %), а также редко встречающийся дефект коронарного

синуса [21]. Разные варианты ДМПП могут сочетаться друг с другом, часто являются составной частью комбинированной врожденной патологии сердца [23].

В соответствии с национальными рекомендациями по ведению пациентов с ДМПП, хирургическая коррекция порока выполняется в широчайшем возрастном диапазоне (от 6 месяцев до практически любого возраста) [24]. Показаниями к оперативному лечению являются появление или усиление выраженных клинических проявлений данного порока – сердечной недостаточности и легочной артериальной гипертензии. В случае бессимптомного течения, которое является довольно частым вариантом заболевания, оперативное лечение откладывается до достижения пациентом антропометрических показателей, позволяющих минимизировать операционную травму и, соответственно, операционные риски.

Эндоваскулярное закрытие вторичного ДМПП рекомендуется в качестве приоритетного метода лечения, и лишь при невозможности его осуществления по техническим причинам, следует отдавать предпочтение открытому хирургическому вмешательству в условиях искусственного кровообращения [21]. Условиями для эндоваскулярного закрытия вторичного ДМПП являются:

- 1) дефекты, размером до 36 мм,
- 2) наличие краев у дефекта не менее 5 мм,
- 3) соотношение диаметра левого диска необходимого окклюдера к диаметру всей межпредсердной перегородки меньше 1 (т. е., размер окклюдера не должен превышать размер самой межпредсердной перегородки).

Предпочтительным для выполнения чрескожного катетерного закрытия вторичного ДМПП является возраст старше 1,5-2 лет [25].

В клинических рекомендациях «Дефект межпредсердной перегородки», Ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России, указано, что оперативное лечение пациентам с ДМПП рекомендуется при соотношении объемов кровотока по малому и большому кругам кровообращения (Qp/Qs) более 1,5 единиц [21].

В большинстве случаев межпредсердное сообщение обуславливает лево-правый сброс крови. Направление и объем сброса определяются размерами дефекта и разницей давлений в предсердиях, которые связаны с податливостью левого и правого желудочков. Снижение податливости левого желудочка или любое состояние, сопровождающееся повышением давления наполнения левого желудочка (например, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, кардиомиопатия, порок аортального и митрального клапанов), приведет к увеличению

сброса крови слева направо. При больших дефектах межпредсердной перегородки давление в обоих предсердиях выравнивается, и характеристики шунта зависят только от соотношения растяжимости желудочков. При большом дефекте может возникнуть системный венозный застой (вследствие гиперволемии правого предсердия и, соответственно, правого желудочка). И наоборот, любое состояние, повышающее сопротивление правого желудочка (например, стеноз легочной артерии, легочная гипертензия, процесс фиброза правого желудочка) или заболевание трикуспидального клапана может уменьшить сброс крови слева направо и, в итоге, вызвать реверсию сброса крови, что приведет к артериальной гипоксемии и цианозу. Лево-правый шунт отвечает за объемную перегрузку правого желудочка и легочную гиперциркуляцию. В случае гемодинамически значимых шунтов гиперволемия правых отделов сердца вызывает их дилатацию. Это приводит к изменению геометрии левого желудочка с «обратным эффектом Бернхейма», предложенным Dexter et al., при котором межжелудочковая перегородка выпячивается и вторгается в полость левого желудочка. Таким образом, межжелудочковое взаимоотношение нарушается, и левый желудочек, в конечном итоге, становится недонаполненным и менее растяжимым (сдавленным расширенным правым желудочком), с перенаправлением потока из левого предсердия в правое предсердие через дефект межпредсердной перегородки и, в конечном итоге, уменьшение в сердечном выбросе. Легочная артериальная гипертензия может развиваться в ответ на хроническую объемную перегрузку малого круга кровообращения, вызванную сбросом крови слева направо. Согласно закону Пуазейля, перегрузка объемом приводит к увеличению правостороннего сердечного выброса и, следовательно, к повышению легочного давления. Хроническая объемная перегрузка легочного кровообращения вызывает необратимые изменения средних и мелких артерий. В исследовании [41] было констатировано ремоделирование легочных сосудов у пациентов с большими атрио-септальными дефектами примерно в 10 % случаев. По нашим наблюдениям при достижении показателем Qp/Qs значения 1,5 уже происходит ремоделирование полостей сердца – дилатация правых камер сердца (ПП, ПЖ), имеется значимая недостаточность трикуспидального клапана (ТК) до 2-3 степени – то есть более 30–40 % по объему, и умеренная легочная гипертензия – систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) более 40 мм рт. ст. [42].

Кроме того, интерес к проблеме выбора сроков оперативной коррекции ДМПП у детей при отсутствии клинических показаний к операции и до достижения маркера соотношения легочного и системного

кровотока (Qp/Qs) уровня 1,5 ед. является то, что ребенок относится к 3-ей группе здоровья с момента обнаружения дефекта, имеет ограничения в занятиях спортом и другие «социальные» ограничения.

Основной задачей динамического наблюдения пациентов является своевременная коррекция порока – до развития нарушений физического развития, сердечной недостаточности и легочной артериальной гипертензии. Важно отметить, что вычисление показателя Qp/Qs в значительной степени имеет субъективный характер. Поэтому выбор сроков и способа оперативного лечения в каждом конкретном случае зависит от опыта специалистов: рентгенохирургов, врачей функциональной диагностики и кардиологов [21, 26-32].

Так как правое предсердие и правый желудочек при ДМПП первыми испытывают объемную перегрузку за счет транссептального лево-правого сброса крови, маркеры тяжести течения порока следует искать, изучая структуру и функцию этих камер сердца на тканевом, анатомическом, электрофизиологическом уровнях. Изучению функционирования ПП и ПЖ в последние годы уделяется большое внимание [33, 34, 35, 36, 37, 38, 39]. Сведения о деформации миокарда камер сердца у здоровых детей единичны [15, 16], а при ВПС, и в т. ч. при ДМПП их ничтожно мало. Мы обнаружили исследование группы авторов, которые рассматривали деформационные свойства ПЖ у детей с ДМПП в предоперационном, раннем послеоперационном периодах и через 3 месяца после операции [40]. Было обнаружено значимое увеличение показателей деформации ПЖ перед операцией (по сравнению со здоровыми детьми – контрольной группой). Через день после рентген-эндоваскулярной окклюзии ДМПП GLS правого желудочка значительно снизились и были ниже показателей контрольной группы. Нормализация деформационных свойств ПЖ была обнаружена на контрольной ЭХО КГ через 3 месяца после операции. Тем не менее, параметры правых камер рассматривались в ограниченной группе и не оценивались в качестве показаний к оперативному лечению. Работ, посвященных деформации ПП у детей с ДМПП, нами не найдено.

Таким образом, считаем целесообразным применение показателей деформации камер сердца, в том числе правого предсердия в качестве новых критериев в процессе динамического ведения пациентов и объективного показателя для устранения атрио-септального сообщения. Вероятно, изменение этого показателя является наиболее ранним маркером дисфункции камер сердца. Своевременное устранение патологического фактора (дефекта межпредсердной перегородки) позволит избежать возникновения осложнений.

Литература/References

1. Wael A, Ehab K, Mahmoud S. Role of Speckle Tracking Echocardiography in Assessment of Right Ventricular Function in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Cardiometry*. 2023;(28):27-33. DOI: 10.3390/diagnostics13182923
2. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, Kaluski E, Krakover R, Vered Z. Two-Dimensional Strain – A Novel Software for Real-Time Quantitative Echocardiographic Assessment of Myocardial Function. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2004;(17):1021-1029. DOI: 10.1016/j.echo.2004.06.019
3. Мухаметгареева АВ, Кашталап ВВ, Молчанов АН, Воробьев АС, Урванцева ИА, Ромашкин ВВ, Коваленко ЛВ. Возможности использования ультразвуковой оценки деформации миокарда левого желудочка в кардиологии. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2020;(3): 28–43. [Mukhametgareeva AV, Kashtalap VV, Molchanov AN, Vorobev AS, Urvantseva IA, Romashkin VV, Kovalenko LV. Application of ultrasound assessment of left ventricular cardiac strain in cardiology. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2020;(3): 28–43]. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-28-43. (In Russian)
4. Науменко ЕП. Современные возможности применения показателей деформации миокарда в клинической практике. Практическое пособие для врачей. Гомель: ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека»; 2020. 36с. [Naumenko EP. Modern possibilities of using statistical measurements in practice. Practical guide for doctors. Gomel: Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology; 2020. 36p. (In Russian)]
5. Иванов СИ, Алёхин МН. Неинвазивные показатели работы миокарда в оценке систолической функции левого желудочка. *Кардиология*. 2020;60(3):80–88. [Ivanov SI, Alekhin MN. Myocardial Work in Assessment of Left Ventricular Systolic Function. *Kardiologiya*. 2020;60(3):80–88. (In Russian)] DOI: 10.18087/cardi.2020.3.n925
6. Adhikaree A, Malla R. Global Longitudinal Strain Measured by 2D Speckle Tracking Echocardiography in Stable Angina Patients and Their Angiographic Correlation. *International Journal of Cardiology and Cardiovascular Disorder*. 2023; 4(1):1-7. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2799556/v1
7. Аверина ИИ, Мироненко МЮ, Бокерия ЛА. Прогностическая ценность глобальной продольной деформации левого предсердия в развитии сердечной недостаточности у пациентов с клапанными пороками сердца. *Креативная кардиология*. 2021;15(4):510–23. [Averina II, Mironenko MYu, Bockeria OL. The prognostic value of peak left atrial longitudinal strain in the heart failure development in patients with acquired heart disease. *Creative Cardiology*. 2021; 15(4): 510–23. (In Russian)]. DOI: 10.24022/1997-3187-2021-15-4-510-523
8. Ганчимег Улзийсайхан, Мунгун-Улзии Хурелбаатар, Чингерел Хорлоо, Наранчимег Содовсурэн, Алтайсайхан Хасаг, Цолмон Унуржаргал. Оценка общей продольной деформации и плазменного уровня натрийуретического пептида у пациентов с бессимптомной дисфункцией левого желудочка. *Кардиология*. 2021;61(10):53–60. [Ganchimeg Ulziisaikhan, Mungun-Ulzii Khurelbaatar, Chingerel Khorloo, Naranchimeg Sodovsuren, Altaisaikhan Khasag, Tsolmon Unurjargal. Assessment of global longitudinal strain and plasma natriuretic peptide in patients with asymptomatic left ventricular dysfunction. *Kardiologiya*. 2021;61(10):53–60. (In Russian)] DOI: 10.18087/cardi.2021.10.n1692
9. Firoozeh A, Alireza A, Saideh J, Mehran K, Mohammad A, Armin A. Global longitudinal strain as an Indicator of cardiac Iron overload in thalassemia patients. *Cardiovascular Ultrasound*. 2019;(17):24. DOI: 10.1186/s12947-019-0174-y
10. Юсупова АВ, Юсупов ЭС. Оценка показателей глобальной продольной деформации левого предсердия в диагностике кардиотоксичности. *Digital Diagnostics*. 2022;3(2):119–130. [Yusupova AV, Yusupov ES. Left atrial longitudinal strain analysis in diagnostic of cardiotoxicity. *Digital Diagnostics*. 2022;3(2):119–130. (In Russian)] DOI: 10.17816/DD108243
11. Кузьмина ТП, Давыдкин ИЛ, Терешина ОВ, Данилова ОЕ, Шпигель АС, Бетанели ТШ, Наумова КВ, Попельнюк НС. Кардиотоксичность и методы ее диагностики у пациентов гематологического профиля. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2019;39(1):34-42. [Kuzmina TP, Davydkin IL, Tereshina OV, Danilova OE, Shpigel AS, Betaneli TS, Naumova KV, Popelnyuk NS. Cardiotoxicity and methods of its diagnosis in hematology patients (review). *Siberian Science Medicine Journal*. 2019;39(1):34-42. (In Russian)] DOI: 10.15372/SSMJ20190105
12. Otto MEB, Martins AMA, Campos Dall’Orto AOM, Leite SF, de Queiroz Mauricio Filho MAF, Martins NT, de Araújo SR, Almeida SV, Paiva MUB, Atik FA. Acute Cellular Rejection in Heart Transplant Patients: Insights of Global Longitudinal Strain, Myocardial Work, and an Exclusive Group of Chagas Disease. *Frontiers in Cardiovascular medicine*. 2022;27(9):841698. DOI: 10.3389/fcvm.2022.841698
13. Firoozeh A, Alireza A, Saideh J, Mehran K, Mohammad ABB, Armin A. Global longitudinal strain as an Indicator of cardiac Iron overload in thalassemia patients. *Cardiovascular Ultrasound*. 2019;17(1):24. DOI: 10.1186/s12947-019-0174-y

14. Fatma AT. Speckle tracking right ventricular myocardial strain post-percutaneous closure of atrial septal defects in children. *Interventional Cardiology*. 2021;13(4):347-354.

15. Павлюкова ЕН, Колосова МВ, Унашева АИ, Карпов РС. Раскручивание левого желудочка у детей и подростков, рожденных доношенными. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018;17(4):110–121. [Pavlyukova EN, Kolosova MV, Unasheva AI, Karpov RS. Left ventricular untwist in healthy children and adolescents born full-term. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018;17(2):110–121. (In Russian)] DOI: 20538/1682-0363-2018-4-110-121

16. Павлюкова ЕН, Колосова МВ, Унашева АИ, Поддубный ВВ, Карпов РС. Механика левого желудочка в первую треть систолы у здоровых детей, рожденных доношенными. *Сибирский медицинский журнал*. 2018;33(1):50–60. [Pavlyukova EN, Kolosova MV, Unasheva AI, Poddubnyj VV, Karpov RS. Left Ventricle Mechanics in the First Third Systole in Healthy Children Born Full-Term. *Siberian Medical Journal*. 2018;33(1):50–60. (in Russian)] DOI: 10.29001/2073-8552-2018-33-1-50-60

17. Синельников ЮС, Орехова ЕН, Матановская ТВ. Продольная механика и функция левого предсердия у детей раннего возраста после транскатетерной коррекции вторичного дефекта межпредсердной перегородки. *Научно-практический журнал Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2019;14(4):640-645. [Sinelnikov YS, Orekhova YN, Matanovskaya TV. Longitudinal mechanics and function of the left atrium in young children after trans catheter correction of a secondary atrial septal defect. *Scientific and practical journal Medical Bulletin of the North Caucasus*. 2019;14(4):640-645. (In Russian)] DOI: 14300/mnnc.2019.14159

18. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller G, Iung B, Kluin J, Lang IM, Meijboom F, Moons P, Mulder BJ, Oechslin E, Schwerzmann M, Sondergaard L, Zeppenfeld K. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller G, Iung B, Kluin J, Lang IM, Meijboom F, Moons P, Mulder BJ, Oechslin E, Schwerzmann M, Sondergaard L, Zeppenfeld K. Рекомендации ESC по ведению взрослых пациентов с врожденными пороками сердца 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(9):4702. DOI:10.15829/1560-4071-2021-4702

19. Кузибаева НК. Распространенность врожденных пороков сердца у детей. *Лечащий Врач*. 2021;9(24):48-52. Ссылка активна на 12.11.2023. [Kuzibaeva NK. Aspects of the prevalence of congenital heart diseases in early age children. *Lechashii vrach* 2021;9(24):48-52. Accessed November 12, 2023 (In Russian)] DOI: 10.51793/OS.2021.24.9.009

20. Горькаявая АЮ, Алексеева ЕО, Дей АА, Климкина ТН. Анатомия и физиология системы кровообращения: учебное пособие для студентов,

текстовое (символьное) электронное издание. ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; 2021.

21. Бокерия ЛА, Ким АИ, Зеленикин ММ, Авраменко АА, Алекаян БГ, Белов ВА, Богданов ВН, Борисков МВ, Борисова НА, Бродский АГ, Волков СС, Гаврилов Р Ю, Гармаш ОИ, Гладышев ИВ, Голубова ТФ, Горбатилов КВ, Горбатов ЮН, Горбачевский СВ, Григорян АМ, Елисеева ЛВ, Евтушенко АВ, Иртыга ОБ, Ковалёв ИА, Комиссаров МИ, Кривошеков ЕВ, Крупянко СМ, Купряшов АА, Курганова АВ, Левченко ЕГ, Лежнев АА, Любчик ВН, Мартынюк ТВ, Мовсесян РР, Налимов КА, Никифоров АБ, Петрушенко ДЮ, Плотников МВ, Подоксенев А Ю, Пурсанов МГ, Свободов АА, Семеняк ЕГ, Синельников ЮС, Татаурова ВП, Теплов ПВ, Трунина ИИ, Черногировов АЕ, Шехмаматьев РМ, Шлях- то ЕВ, Шмальц АА, Яковлева АН, Александрова СА, Барышникова ИЮ, Берген ТА, Рычина ИЕ, Синицын ВЕ, Юрпольская ЛА. Дефект межпредсердной перегородки. Клинические рекомендации 2023. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(8):5588. [Bokeria LA, Kim AI, Zelenikin MM, Avramenko AA, Alekyan BG, Belov VA, Bogdanov VN, Boriskov MV, Borisova NA, Brodsky AG, Volkov SS, Gavrilov RYu, Garmash OI, Gladyshev IV, Golubova TF, Gorbatikov KV, Gorbatykh YuN, Gorbachevsky SV, Grigoryan AM, Eliseeva LV, Yevtushenko AV, Irtyuga OB, Kovalev IA, Komissarov MI, Krivoshchekov EV, Krupyanko SM, Kupryashov AA, Kurganova AV, Levchenko EG, Lezhnev AA, Lyubchik VN, Martynyuk TV, Movsesyan RR, Nalimov KA, Nikiforov AB, Petruschenko DYU, Plotnikov MV, Podoksenov AYU, Pursanov MG, Svobodov AA, Semenyak EG, Sinelnikov YS, Tataurova VP, Teplov PV, Trunina II, Chernogrirovov AE, Shekhmametyev RM, Shlyakhto EV, Shmalts AA, Yakovleva AN, Alexandrova SA, Baryshnikova IYu, Bergen TA, Rychina IE, Sinit-syn VE, Yurpolskaya LA. Atrial septal defect. Clinical guidelines 2023. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(8):5588. (In Russian)] DOI:10.15829/1560-4071-2023-5588

22. Шиллер НБ, Осипов МА. Клиническая эхокардиография. 4-е изд. М.: МЕДпресс-информ; 2023. 344 с. [Shiller NB, Osipova MA. Clinical Echocardiography 4-th edition. Moscow: MEDpress-inform; 2023. 344 p. (In Russian)]

23. Алиев МК. Классификация ВПС. ФГБОУ Новосибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020.

24. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller G, Iung B, Kluin J, Lang IM, Meijboom F, Moons P, Mulder BJ, Oechslin E, Schwerzmann M, Sondergaard L, Zeppenfeld K. Рекомендации ESC по ведению взрослых пациентов с врожденными пороками сердца 2020. *Российский*

- кардиологический журнал. 2021;26(9): 4702. [Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller G, Jung B, Kluin J, Lang IM, Meijboom F, Moons P, Mulder BJ, Oechslin E, Schwerzmann M, Sondergaard L, Zeppenfeld K. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(9):4702. (In Russian)] DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4702
25. Yangyang H, Xiquan Z, Fengwei Z. Transcatheter and intraoperative device closure of atrial septal defect in infants under three years of age. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2020;15(1):9. DOI: 10.1186/s13019-020-1063-z
26. Белопасова АВ, Добрынина ЛА, Четчин АО, Каршиева АР, Ананьева ЛЮ, Пушкина ДС. Дефекты межпредсердной перегородки: роль в развитии нарушений мозгового кровообращения по механизму парадоксальной эмболии. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2021;13(6):142–146. [Belopasova AV, Dobrinina LA, Chechetkin AO, Karshieva AR, Ananieva LY, Pushkina DS. Atrial septal defects: the role in the development of cerebral circulation disorders caused by paradoxical embolism. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2021;13(6):142–146. (In Russian)] DOI: 10.14412/2074-2711-2021-6-142-146
27. Шушпанников ПА, Тарасов РС, Сизова ИН, Ганюков ВИ. Возрастные аспекты ремоделирования сердца у детей после транскатетерной коррекции дефекта межпредсердной перегородки. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021;14(1):11–19. [Shushpannikov PA, Tarasov RS, Sizova IN, Ganyukov VI. Age-related aspects of heart remodeling in children after transcatheter correction of atrial septal defect. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2021;14(1):11–19. (In Russian)] DOI: 10.17116/kardio2021140111
28. Евсеев ЕП, Головина ВИ., Иванов В.А., Белов Ю.В. Пластика синус септум дефекта с коррекцией частичного аномального дренажа легочных вен из миниторакотомного доступа. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;(1):85–88. [Evseev EP, Golovina VI, Ivanov VA, Belov YuV. Sinus septal defect closure with correction of partial anomalous pulmonary vein drainage through mini-thoracotomy. *Pirogov Russian Journal of Surgery – Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2020;(1):85–88. (In Russian)] DOI: 10.17116/hirurgia202001185
29. 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. [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. (In Russian)] DOI: 10.26442/20751753.2020.10.200250
30. Шушпанников ПА, Тарасов РС. Транскатетерная коррекция дефектов межпредсердной перегородки у детей: фокус на ремоделирование сердца. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020;9(1):82–91. [Shushpannikov PA, Tarasov RS. Endovascular closure of atrial septal defects in children: heart remodeling. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020;9(1): 82–91 (In Russian)] DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-1-82-91
31. Zaoui N, Boukabous A, Bachir N, Terki A, Irid N. Percutaneous Atrial Septal Defect (ASD) closure technique in case of association with an azygos continuation of the inferior vena cava “case report”. *Journal Cardiology and Cardiovascular Medicine*. 2022;(7):104–108. DOI: 10.29328/journal.jccm.1001143
32. Ackermann S, Quandt D, Hagenbuch N, Niesse O, Christmann M, Knirsch W, Kretschmar O. Transcatheter Atrial Septal Defect Closure in Children with and without Fluoroscopy: A Comparison. *Journal of Interventional Cardiology*. 2019;(1):9. DOI: 10.1155/2019/6598637
33. Голухова ЕЗ, Сливнева ИВ, Рыбка ММ, Мамалыга МЛ, Алехин МН, Ключников ИВ, Антонова ДЕ, Маратов ДИ, Волковская ИВ. Структурно-функциональные изменения правого желудочка при COVID-19 по данным эхокардиографии. *Креативная кардиология*. 2020;14(3):206–223. [Golukhova EZ, Slivneva IV, Rybka MM, Mamalyga ML, Alekhin MN, Klyuchnikov IV, Antonova DE, Marapov DI, Volkovskaya IV. Structural and functional changes of the right ventricle in COVID-19 according to echocardiography. *Creative Cardiology*. 2020;14(3):206–203. (In Russian)] DOI: 10.24022/1997-3187-2020-14-3-206-223
34. Abdul H, Condliffe R, Swift AJ, Alabed S, Kiely DG, Charalampopoulos AA. Assessment of Right Ventricular Function – a State of the Art. *Journal Current Heart Failure Reports*. 2023;(20):194–207 DOI: 10.1007/s11897-023-00600-6
35. Jones N, Burns AT, Prior DL. Echocardiographic Assessment of the Right Ventricle–State of the Art. *Journal Heart, Lung and Circulation*. 2019;(28):1339–1350 DOI:10.1016/j.hlc.2019.04.016
36. Silvertown NA, Gebhardt BR, Maslow A. The Intraoperative Assessment of Right Ventricular Function During Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2022;36(10): 3904–3915. DOI: 10.1053/j.jvca.2022.05.028
37. Benes J, Kotrc M, Wohlfahrt P, Kroupova K, Tupy M, Kautzner J, Melenovsky V. Right ventricular global dysfunction score: a new concept of right ventricular function assessment in patients with heart failure with reduced ejection fraction (HFrEF). *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023;(10):1194174. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1194174

38. Blessing R, Drosos I, Münzel T, Wenzel P, Gori T, Dimitriadis Z. Evaluation of right atrial function by two-dimensional echocardiography and strain imaging in patients with RCA CTO recanalization. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2023;(23):85. DOI: 10.1186/s12872-023-03108-y

39. Hosseinsabet A, Mahmoudian R, Jalali A, Mohseni-Badalabadi R, Davarparand T. Normal Ranges of Right Atrial Strain and Strain Rate by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2021;(8):771647. DOI: 10.3389/fcvm.2021.771647

40. Sezer A, Özyurt A, Narin N, Pamukcu Ö, Sunkak S, Argun M, Baykan A, Üzümlü K. The immediate haemodynamic response and right and left cardiac remodelling after percutaneous transcatheter closure of secundum atrial septal defect in children: a longitudinal cohort study. *Cardiology in the Young*. 2021;31(9):1476-1483. DOI: 10.1017/s1047951121000500

41. Gloan LL, Legendre A, Iserin L, Ladouceur M. Laurence Pathophysiology and natural history of atrial septal defect. *Journal Thoracic Disease*. 2018;10(24):2854-2863. DOI: 10.21037/jtd.2018.02.80

42. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller G-P, Lung B, Kluin J, M Lang I, Meijboom F, Moons P, J M Mulder B, Oechslin E, W Roos-Hesselink J, Schwerzmann M, Sondergaard L, Zeppenfeld K, ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease: The Task Force for the management of adult congenital heart disease of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Adult Congenital Heart Disease (ISACHD). *European Heart Journal*. 2021;42(6):563-645. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa554

Сведения об авторах

Сакович Виталий Валерьевич, ассистент кафедры, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии; адрес: Российская Федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Карлаульская, д. 45; Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого; адрес: Российская федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; тел.: +7(913)5139165; e-mail: sakovichvitaly@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5354-6427>

Ганкин Марк Исакович, заведующий отделением, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии; адрес: Российская Федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Карлаульская, д. 45; тел.: +7(902)9412760; e-mail: gankin@yandex.ru

Дробот Дмитрий Борисович, д. м. н., профессор, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого; адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии; адрес: Российская федерация, 660020, г. Красноярск, ул. Карлаульская, д. 45; тел.: +7(902)9276342; e-mail: profdrobot@yandex.ru

Матюшин Геннадий Васильевич, д. м. н., профессор, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого; адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; тел.: +7(908)2126157; e-mail: matyushin@yandex.ru

Савченко Елена Александровна, к. м. н., доцент кафедры, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого; адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; тел.: +7(903)9216151; e-mail: lenasavchenko@rambler.ru

Сакович Ольга Михайловна, к. м. н., доцент кафедры, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого; адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; тел.: +7(913)5321727; e-mail: olgasakov@icloud.com

Author information

Vitaliy V. Sakovich, Assistant, The federal center of cardiovascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: +7(913)5139165; e-mail: sakovichvitaly@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5354-6427>

Mark I. Gankin, Chief of department, The federal center of cardiovascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; Phone: +7(902)9412760; e-mail: gankin@yandex.ru

Dmitry B. Drobot, Dr.Med.Sci., Professor, Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; The federal center of cardiovascular surgery; Address: 45, Karaulnaya Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660020; Phone: +7(902)9276342; e-mail: profdrobot@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0379-2926>

Genmadiy V. Matyushin, Dr.Med.Sci., Professor, Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: +7(908)2126157 e-mail: matyushin@yandex.ru

Yelena A. Savchenko, Cand.Med.Sci., Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: +7(903)9216151; e-mail: lenasavchenko@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4438-1434>

Olga M. Sakovich, Cand.Med.Sci., Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: +7(913)5321727; e-mail: olgasakov@icloud.com

Дата поступления: 08.09.2022
Дата рецензирования: 08.11.2023
Принято к публикации: 30.11.2023

Received 08 September 2022
Revision Received 08 November 2023
Accepted 30 November 2023