Сведения об авторах:

Матвиенко Елена Витальевна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры педиатрии;
тел.: 89192777174; e-mail: tabletka-2013@mail.ru

Летяго Анна Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры педиатрии; тел.: +38(099)7783723; e-mail: annalet@ukr.net

Хмелевская Ирина Григорьевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой педиатрии;
тел.: (4712)588137; e-mail: kurskmed@mail.ru

Кривдина Нина Дмитриевна, кандидат медицинских наук, ассистент; тел.: (4712)588137; e-mail: kurskmed@mail.ru

Разинькова Наталья Сергеевна, кандидат медицинских наук, доцент; тел.: (4712)588137; e-mail: kurskmed@mail.ru

Сережкина Александра Владимировна, кандидат медицинских наук, ассистент; тел.: (4712)588137; e-mail: kurskmed@mail.ru

© Коллектив авторов, 2019

УДК [611.127:616-053.3]616-089.168.1

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14159>

ISSN – 2073-8137

ПРОДОЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ФУНКЦИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА ПОСЛЕ ТРАНСКАТЕТЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ВТОРИЧНОГО ДЕФЕКТА МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Ю. С. Синельников^{1,2}, Е. Н. Орехова^{1,2}, Т. В. Матановская¹

¹ Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии им. С. Г. Суханова,
Пермь, Российская Федерация

² Пермская государственная медицинская академия им. Е. А. Вагнера,
Российская Федерация

LONGITUDINAL LEFT ATRIAL MECHANICS AND FUNCTION IN CHILDREN AFTER TRANSCATHETER CLOSURE OF SECONDARY ATRIAL SEPTAL DEFECT

Sinelnikov Yu. S.^{1,2}, Orekhova E. N.^{1,2}, Matanovskaya T. V.¹

¹ S. G. Sukhanov Federal Center for Cardiovascular Surgery, Perm, Russian Federation

² E. A. Vagner Perm State Medical Academy, Russian Federation

Оценивали динамику продольной механики и фазовой функции левого предсердия (ЛП) у детей раннего возраста со вторичным дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП) после транскатетерной коррекции порока. Обследовано 38 детей 2,1±0,7 лет, со вторичным ДМПП 10,4±2,5 мм, Qp/Qs 1,86±0,2, которым выполнена транскатетерная коррекция порока. Оценивали функциональные (фракция пассивного и активного опустошения, ФПО, ФАП, индекс расширения – ИР) и механические (продольная деформация – S и скорость деформации – SR в фазу сокращения, время до пика деформации в систолическую фазу – TTP S_{pump}) параметры ЛП исходно, в первые сутки после операции и через 6 месяцев. Все данные сравнивали с результатами, полученными у 23 здоровых детей, сопоставимых по возрасту, полу, весу. У детей с ДМПП снижены все функциональные и продольные механические показатели ЛП во все фазы его деятельности. После транскатетерной коррекции функциональные и механические параметры ЛП в резервуарную и насосную фазу улучшаются, но остаются сниженными по сравнению с группой здоровых детей более чем в два раза. Компенсаторно увеличивается кондуитная функция ЛП. Выявлена связь ФАО ЛП и ударного индекса левого желудочка (ЛЖ) через 6 месяцев после операции (R_S=0,63, p=0,0001) и ФАО ЛП и ФВ ЛЖ (R_S=0,4, p=0,011). Выявлена обратная корреляция размера установленного окклюдера и резервуарной продольной механики ЛП через 6 месяцев наблюдения (S-R_S=–0,64, p=0,0001, SR-R_S=–0,51, p=0,001), прямая связь показателей продольной механики ЛП в систолическую фазу ЛП и TTP S_{pump} (S-R_S=0,86, p=0,0001; SR-R_S=0,7, p=0,0001 соответственно). Таким образом, через 6 месяцев после транскатетерной коррекции ДМПП сохраняются признаки дисфункции ЛП в виде угнетения насосного и резервуарного функционального и механического компонентов деятельности ЛП и компенсаторного увеличения кондуитного функционального вклада.

Ключевые слова: вторичный дефект межпредсердной перегородки, левое предсердие, продольная деформация

In this article we evaluated the dynamics of longitudinal mechanics and phase function of the left atrium (LA) in infants with secondary atrial septal defect (ASD) after transcatheter closure. We examined 38 children of 2.1±0.7 years old, with secondary ASD 10.4±2.5 mm, Qp/Qs 1.86±0.2, with performed transcatheter correction of defect. The functional (passive and active emptying fraction, PEF, AEF, expansion index – EI) and mechanical (longitudinal strain – S and strain rate – SR during the contraction phase, time to peak strain in the systolic phase – TTP S_{pump}) LA parameters were evaluated initially, in the first day after surgery and after 6 months. All data were compared with the results obtained in 23 healthy children, comparable in age, gender, weight. In children with ASD, all functional and longitudinal mechanical parameters of LA are

reduced in all phases of its activity. After transcatheter correction, the functional and mechanical parameters of the LA in the reservoir and pump phases are improved, but remain reduced by more than two times compared with the group of healthy children. Conduit function of the LA increases compensatory. A relationship was found between LA AEF and stroke index of the left ventricle (LV) 6 months after surgery ($R_s=0.63$, $p=0.0001$) and LA AEF and LV EF ($R_s=0.4$, $p=0.011$). An inverse correlation was found between the size of the installed occluder and reservoir longitudinal mechanics of LA after 6 months of observation ($S-R_s=-0.64$, $p=0.0001$, $SR-R_s=-0.51$, $p=0.001$), a direct relationship between the parameters of longitudinal mechanics of LA in the systolic phase of the LA and TTP S_{pump} ($S-R_s=0.86$, $p=0.0001$; $SR-R_s=0.7$, $p=0.0001$, respectively). Thus, 6 months after transcatheter correction of the ASDs, signs of LA dysfunction persist in the form of inhibition of the pumping and reservoir functional and mechanical components of LA activity and a compensatory increase in conduit functional contribution.

Keywords: atrial septal defect, left atrial, longitudinal strain

Для цитирования: Синельников Ю. С., Орехова Е. Н., Матановская Т. В. ПРОДОЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ФУНКЦИЯ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА ПОСЛЕ ТРАНСКАТЕТЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ВТОРИЧНОГО ДЕФЕКТА МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2019;14(4):640-645. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14159>

For citation: Sinelnikov Yu. S., Orekhova E. N., Matanovskaya T. V. LONGITUDINAL LEFT ATRIAL MECHANICS AND FUNCTION IN CHILDREN AFTER TRANSCATHETER CLOSURE OF SECONDARY ATRIAL SEPTAL DEFECT. *Medical News of North Caucasus*. 2019;14(4):640-645. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14159> (In Russ.)

ДМПП – дефект межпредсердной перегородки
ИР – индекс расширения
ЛЖ – левый желудочек
ЛП – левое предсердие
МПП – межпредсердная перегородка
ОАО – объем активного опустошения
ОЗ – объем заполнения
ОПО – объем пассивного опустошения
ППТ – площадь поверхности тела

TTP S_{pump} – время до пика деформации ЛП в систолическую (насосную) фазу
УИ – ударный индекс
ФАО – фракция активного опустошения
ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка
ФПО – фракция пассивного опустошения
ЭхоКГ – эхокардиограмма
S – продольная деформация
SR – скорость деформации

Вторичный дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) – второй по частоте встречаемости врожденный порок сердца, составляющий 5–10 % [1]. Возможность чрескожной транскатетерной коррекции вторичного ДМПП с использованием септальных окклюдеров у детей раннего возраста стала реальной альтернативой конвенциональному хирургическому лечению с низкой частотой осложнений [2–5]. Имеются немногочисленные данные об особенностях функционального ремоделирования левого предсердия (ЛП) у детей до и после транскатетерной коррекции ДМПП, причем у детей раннего возраста подобных исследований в литературе не найдено. Использование данных о механике ЛП в продольном направлении предоставит клиницистам дополнительные возможности изучения функционального аспекта ремоделирования ЛП [6–11]. Целью исследования была оценка динамики продольной механики и фазовой функции левого предсердия у детей раннего возраста с вторичным дефектом межпредсердной перегородки после транскатетерной коррекции порока.

Материал и методы. Обследовано 38 детей (основная группа исследования, I) в возрасте от 1 до 3 лет ($2,1 \pm 0,7$, медиана, Ме, 2 года), мальчиков 21 (55,3 %) со вторичным ДМПП (максимальный размер дефекта $10,4 \pm 2,5$ мм, Ме 10 мм, от 7 до 16 мм), госпитализированных в Федеральный центр ССХ МЗ РФ (Пермь) с 2015 по 2017 г. Вес пациентов составил $12,7 \pm 1,8$ кг (Ме 12,5 кг, от 9,6 до 16,4 кг), площадь поверхности тела (ППТ) – $0,57 \pm 0,08$ м² ($0,43$ – $0,71$ м², Ме $0,58$ м²). Исследование было одобрено локальным этическим комитетом учреждения. Критерии включения: наличие изолированного вторичного ДМПП одиночного центрального со сбросом крови слева направо, с соотношением легочного к системному

кровотоку (Qp/Qs) более 1,5/1. Критерии исключения: наличие других врожденных пороков сердца, дефицит краев дефекта, большая аневризма межпредсердной перегородки (МПП), несколько фенестраций МПП. У детей I группы Qp/Qs составил $1,86 \pm 0,2$ (Ме 1,9, от 1,6 до 2,4), среднее давление в легочной артерии $29,5 \pm 3,2$ мм рт. ст. (Ме 28,5 мм рт. ст. – от 26,3 до 36,3 мм рт. ст.).

Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась на ультразвуковом сканере Acuson S 2000 (Siemens Medical Systems, Mountain View, CA, USA) секторным датчиком 10V4 с оценкой общепринятых данных в соответствии с текущими рекомендациями [12]. Также проводилась чреспищеводная ЭхоКГ интраоперационно с оценкой размеров краев ДМПП (не менее 4 мм во всех случаях) и контролем позиционирования окклюдера. Изучали следующие функциональные параметры ЛП: для характеристики систолического (насосного) компонента функции ЛП объем активного опустошения ЛП (ОАО), фракцию активного опустошения ЛП (ФАО), для описания кондуктного компонента функции ЛП – объем пассивного опустошения ЛП (ОПО) и фракцию пассивного опустошения (ФПО); для оценки резервуарного (накопительного) компонента функции ЛП – объем заполнения (ОЗ) и индекс расширения (ИР) [8, 13, 14].

Оценку продольной механики ЛП проводили с использованием векторного анализа скорости движения эндокарда (Syngo Vector Velocity Imaging, VVI) [7, 9, 15]. Автоматически от начала зубца R программным обеспечением SyngoVVI генерировались кривые продольной деформации и скорости деформации от 12 сегментов и усредненные данные от всех сегментов в 4- и 2-камерной [6, 7, 8, 16, 17]. Оценивали пик негативной деформации (S) ЛП, отражающую механику ЛП в насосную фазу (S_{pump} , %), пиковое значение скорости деформации (SR) в насосную фазу ЛП

(SR_{pump} , в с^{-1}). Рассчитывали время до достижения пика негативной деформации ЛП (в систолу ЛП от начала зубца Р на ЭКГ до пика негативной деформации предсердия, Time To Peak, TTP S_{pump}). Изучали резервуарную S ЛП (S_{reserv} , %) и SR (SR_{reserv} , с^{-1}), отражающие механику ЛП в накопительную фазу ЛП.

Для сравнения полученных данных с нормативными параметрами фазовой функции и продольной механики ЛП обследованы 23 практически здоровых ребенка (II группа исследования), сопоставимых с пациентами I группы по возрасту ($1,74 \pm 0,81$ года, Ме 2 года, от 1 до 3 лет, $r_{1-II}=0,08$), полу (мальчиков 13, 56,5 %, $\chi^2_{(1-II)}=0,8$), весу ($9-16$ кг, $12,5 \pm 2,4$ кг, Ме 12 кг, $r_{1-II}=0,9$) и ППТ ($0,39-0,71$ м², $0,53 \pm 0,12$ м²; Ме $0,55$ м², $r_{1-II}=0,6$). У детей с ДМПП (I группа) ЭхоКГ-показатели анализировали до операции (1), в первые сутки (2) и через 6 месяцев после операции (3; с учетом изменившейся ППТ, в среднем $0,68 \pm 0,08$ м²). Группу здоровых детей (II группа) обследовали дважды с интервалом в 6 месяцев (с учетом новых данных о ППТ, в среднем $0,67 \pm 0,1$ м², $r_{1-II}=0,5$).

Пациентам I группы выполнена транскатетерная коррекция порока (окклюдер Memo Part™ ASD, Shanghai Shape Memory Alloy Co., Ltd, China). Диаметр ДМПП по измерительному баллонному катетеру составил $12,1 \pm 2,6$ мм (Ме 11,5 мм, $9-18$ мм), размер имплантированного окклюдера $13,9 \pm 2,9$ (Ме 14, $10-20$), отношение размер окклюдера/размер ДМПП $1,35 \pm 0,1$ (Ме 1,3; $1,2-1,65$), отношение размер окклюдера/длина МПП $0,7 \pm 0,15$ (Ме 0,66; $0,41-0,95$), продолжительность процедуры составила $28,2 \pm 12,7$ мин (Ме 24 мин, от 13 до 64 минут).

Полученные данные статистически обработаны с использованием программы STATISTICA версии 10.0. Количественные данные представлены как арифметическая средняя (М) и стандартное отклонение (SD) после проверки нормальности их распределения, медианы (Ме), минимальных и максимальных значений. При $p < 0,05$ делали вывод о статистически значимых различиях между изучаемыми параметрами. Различия между данными I и II группы при нормальном распределении проводили с использованием t-теста Стьюдента. Для сравнения непараметрических данных зависимых выборок с ненормальным распределением использовали тест Вилкоксона. Для сравнения результатов исследуемой группы (I) в динамике (сравнение трех зависимых выборок) использован дисперсионный анализ Фридмана (Fridman ANOVA). Различия между качественными переменными оценены с использованием критерия χ^2 . Вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R_s) для установления связи между количественными признаками.

Результаты и обсуждение. У всех обследованных детей с ДМПП проведена успешная имплантация окклюдера в межпредсердную позицию. Не выявлено шунтового потока через МПП ни при завершении операции, ни через 6 месяцев. Не было зафиксировано каких-либо осложнений за время наблюдения за пациентами.

При анализе фазовых функциональных показателей ЛП выявлено, что исходно у детей с ДМПП все изучаемые параметры во все фазы ЛП были значимо ниже, чем в группе здоровых детей (табл. 1). Определялась обратная корреляция ОЗ и Q_p/Q_s ($R_s=-0,55$, $p=0,0001$), ИР и Q_p/Q_s ($R_s=-0,45$, $p=0,012$), то есть чем больше соотношение легочного к системному кровотоку, тем меньше приток в ЛП из легочных вен, тем меньше накопительный компонент ЛП и тем меньше ОЗ и ИР. Прослежена обратная связь ОПО и Q_p/Q_s ($R_s=-0,52$, $p=0,001$) и ФПО и Q_p/Q_s ($R_s=-0,6$,

$p=0,0001$). Следовательно, чем больше шунт крови слева направо, тем меньше кондуктивный вклад ЛП. Размер ДМПП обратно коррелировал с ОАО ($R_s=-0,46$, $p=0,002$) и ФАО ($R_s=-0,44$, $p=0,01$): чем большая часть МПП отсутствовала, тем меньший контрактильный вклад ЛП регистрировался. Таким образом, сниженные функциональные показатели ЛП у детей с ДМПП связаны с анатомией и гемодинамикой порока.

В первые сутки после транскатетерной коррекции ДМПП существенно увеличились кондуктивные функциональные параметры ЛП (табл. 1). Через 6 месяцев пассивный вклад ЛП в наполнение ЛЖ увеличился, превысив параметры, определяемые у детей II группы. Функциональные данные, характеризующие резервуарную функцию ЛП у детей с ДМПП, демонстрировали существенные различия в сравнении с группой здоровых. В первые сутки после транскатетерной коррекции ДМПП возросли как ОЗ, так и ИР. Однако если по ОЗ данные в группах стали сопоставимы, то ИР у детей I группы был ниже, чем у здоровых. Через 6 месяцев наблюдения ОЗ у детей обеих групп статистически не различался, но ИР в I группе демонстрировал более низкие значения, по сравнению со II группой. Отметим, что ОЗ у детей после коррекции ДМПП соответствовал диапазону нормативных значений, то есть заполнение предсердия происходило адекватно, но соотношение между ОЗ и минимальным объемом ЛП было существенно меньше, чем у здоровых детей.

Отсутствовала динамика насосной функции ЛП как в раннем послеоперационном периоде, так и через 6 месяцев наблюдения у детей I группы (табл. 1), таким образом, через 6 месяцев показатели контрактильности ЛП были существенно ниже, чем во II группе. Обнаружена связь ФАО ЛП и УИ ЛЖ через 6 месяцев после операции ($R_s=0,63$, $p=0,0001$) и ФАО ЛП и ФВ ЛЖ ($R_s=0,4$, $p=0,011$), что подтверждает наличие дисфункции ЛП в виде сниженного контрактильного вклада (ОАО и ФАО) и уменьшения резервуарного компонента (ИР). Компенсаторно увеличились кондуктивные характеристики (ОПО и ФПО).

У детей I группы показатели резервуарной продольной механики были существенно меньше, чем во II группе, как до транскатетерной коррекции ДМПП, так и через 6 месяцев после операции (табл. 2). За время наблюдения у детей I группы продольная резервуарная деформация значимо увеличилась, но не достигла значений, сопоставимых с параметрами во II группе. Резервуарная скорость деформации у пациентов I группы за время наблюдения существенно не изменилась и была достоверно меньше, чем во II группе. Обнаружена значимая корреляция резервуарных функциональных и механических параметров ЛП (табл. 3). Выявлена обратная корреляция размера установленного окклюдера и резервуарной продольной механики ЛП (S_{reserv} и SR_{reserv}) как в первые сутки после операции ($R_s=-0,49$, $p=0,002$, $R_s=-0,47$, $p=0,005$ соответственно), так и через 6 месяцев наблюдения ($R_s=-0,64$, $p=0,0001$, $R_s=-0,51$, $p=0,001$ соответственно). Также значимая связь прослежена между индексом длина окклюдера/длина МПП и S_{reserv} и SR_{reserv} в первые сутки после эндоваскулярной окклюзии ДМПП ($R_s=-0,42$, $p=0,009$, $R_s=-0,44$, $p=0,005$ соответственно) и через 6 месяцев наблюдения ($R_s=-0,59$, $p=0,0001$, $R_s=-0,5$, $p=0,001$ соответственно). Таким образом, резервуарная механика ЛП продемонстрировала признаки дисфункции у детей I группы как до операции (что связано с малым ОЗ ЛП), так и после транскатетерной окклюзии ДМПП (за счет сниженного ИР).

Таблица 1

Функциональные эхокардиографические характеристики левого предсердия

Показа- тель	Пациенты с ДМПП (I, n=38)			Группа сравнения (II, n=23)		pI-pII исходно	pI-pII через 6 мес.
	1	2	3	1	2		
ОПО (мл)	1,2±0,2 (0,8-1,9, Me 1,1)	2,39±1,4 (0,2-6, Me 2,05)	4,08±1,9 (1,1-8,9, Me 3,7)	2,36±0,68 (1,1-4, Me 2,3)	2,7±0,66 (1,7-4,3, Me 2,5)	0,00000*	0,002*
P	p1- p2=0,00004*	p2- p3=0,00000*	p1- p3=0,00000*	p1-p2 =0,06			
ФПО (%)	22,9±3,16 (18,8-33, Me 22)	32,3±10,3 (12,8-51, Me 31,7)	42,3±10,1 (30-70, Me 39)	35,2±4,08 (30-45, Me 35)	35,6±2,5 (32,2-41, Me 35)	0,00000*	0,003*
P	p1- p2=0,00001*	p2- p3=0,00000*	p1- p3=0,00000*	p1-p2 =0,73			
ОЗ (мл)	3,49±1,6 (0,4-6,4 Me 3,5)	5,9±1,6 (2,9-9,5, Me 5,9)	6,3±1,7 (3,3-12, Me 6,3)	5,8±1,9 (2,5-10, Me 5,6)	6,7±1,88 (3,8-11,8, Me 6,3)	0,000004*	0,44
P	p1-p2= 0,00000*	p2-p3=0,25	p1-p3= 0,00000*	p1-p2 =0,12			
ИР	0,58±0,3 (0,1-1,3, Me 0,57)	0,9±0,31 (0,37-1,42, Me 0,86)	0,88±0,28 (0,43-1,45, Me 0,84)	1,12±0,2 (0,75-1,53, Me 1,14)	1,1±0,18 (0,79-1,5, Me 1,15)	0,00000*	0,0002*
P	p1-p2= 0,00002*	p2-p3=0,79	p1-p3= 0,00002*	p1-p2 =0,77			
ОАО (мл)	1,69±0,59 (Me 1,8, 0,1-2,5)	1,4±0,69 (Me 1,3, 0,1-3,2)	1,46±0,47 (Me 1,3, 0,5-3,5)	2,2±0,59 (Me 2,2, 1,2-3,5)	2,51±0,6 (Me 2,4, 1,4-4)	0,0004*	0,00000*
P	p1-p2=0,054	p2-p3=0,9	p1-p3=0,02*	p1-p2 =0,19			
ФАО (%)	21±7,6 (Me 21; 12-37)	17,5±8,03 (Me 17; 12-35)	20,3±6,6 (Me 20,4 от 15-34)	35,06±9,8 (Me 31,1 24-59)	34,5±5,3 (Me 33, 26-46)	0,00000*	0,00000*
P	p1-p2=0,06	p2-p3=0,1	p1-p3=0,6	p1-p2 =0,83			

Примечание: ОПО – объем пассивного опустошения, ФПО – фракция пассивного опустошения, ОЗ – объем заполнения; ИР – индекс расширения; ОАО – объем активного опустошения, ФАО – фракция активного опустошения; I группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование в первые сутки после операции, 3 – исследование через 6 месяцев после операции; II группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование через 6 месяцев; pI-pII (1) – сравнение данных пациентов с ДМПП (I) и здоровых детей из группы сравнения (II); p1-p2, p1-p3, p2-p3 – сравнение данных детей с ДМПП на разных этапах оценки; * – значимость различий p<0,05.

Таблица 2

Продольная механика левого предсердия

Показа- тель	Пациенты с ДМПП (I, n=38)			Группа сравнения (II, n=23)		pI-pII исходно	pI-pII через 6 мес.
	1	2	3	1	2		
S _{reserv} (%)	20,7±7,2 (11-34, Me 19,5)	28,4±7 (15-40, Me 29,7)	31,4±7,6 (16-42, Me 32)	41,8±2,7 (37,4-46,1, Me 41,1)	42,4±2,5 (39-48, Me 42)	0,00000*	0,00000*
p	p1-p2= 0,00000*	p2-p3=0,07	p1-p3= 0,00000*	p1-p2 =0,47			
SR _{reserv} (с ⁻¹)	1,18±0,52 (0,5-2,2, Me 1)	1,23±0,5 (0,58-2,3, Me 1,1)	1,29±0,54 (0,55-2,4, Me 1,1)	2,26±0,26 (1,76-2,69, Me 2,3)	2,25±0,26 (1,8-2,7, Me 2,3)	0,00000*	0,00000*
p	p1-p2=0,68	p2-p3=0,63	p1-p3=0,38	p1-p2 =0,9			
S _{pump} (%)	«-»5,3±1,4 («-»2 - «-»7,1, Me «-»5,4)	«-»4,5±1,07 («-»2 - «-»6,4, Me «-»4,7)	«-»6,6±2,03 («-»2 - «-»9,2, Me «-»6,9)	«-»13,3±1,3 («-»11,4 - «-»16, Me «-»12,9)	«-»13,4±1,28 («-»11 - «-»16, Me «-»13,3)	0,00000*	0,00000*
p	p1- p2=0,00007*	p2- p3=0,00001*	p1- p3=0,00009*	p1-p2 =0,58			
SR _{pump} (с ⁻¹)	«-»1,74±0,6 («-»0,7 - «-»2,9, Me «-»1,73)	«-»1,6±0,5 («-»0,86 - «-»2,9, Me «-»1,54)	«-»1,8±0,53 («-»0,75 - «-»2,9, Me «-»1,9)	«-»2,4±0,6 («-»1 - «-»3,4, Me «-»2,5)	«-»2,5±0,5 («-»1,7 - «-»3,5, Me «-»2,4)	0,0001*	0,00001*
p	p1-p2=0,3	p2-p3=0,1	p1-p3=0,7	p1-p2 =0,39			
TTP S _{pump} (мс)	80,3±12,9 (Me 84; 50-104)	109,7±31,2 (Me 98; 73-182)	118,9±49,6 (Me 95; 72-230)	81,6±11,9 (Me 84; 52-98)	82,6±9,4 (Me 86; 63-94)	0,69	0,001*
p	p1-p2= 0.00000*	p2-p3=0,3	p1-p3= 0.000001*	p1-p2 =0,76			

Примечание: S_{reserv} – деформация левого предсердия в фазу резервуара; SR_{reserv} – скорость деформации левого предсердия в фазу резервуара; S_{pump} – деформация левого предсердия в насосную фазу; SR_{pump} – скорость деформации левого предсердия в насосную фазу; ТТР S_{pump} – время до пика деформации левого предсердия в насосную фазу; I группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование в первые сутки после операции, 3 – исследование через 6 месяцев после операции; II группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование через 6 месяцев; pI-pII (1) – сравнение данных пациентов с ДМПП (I) и здоровых детей из группы сравнения (II); p1-p2, p1-p3, p2-p3 – сравнение данных детей с ДМПП на разных этапах оценки; * – значимость различий p<0,05.

При анализе продольной механики ЛП в насосную фазу выявлена существенная депрессия сократительной деформации и скорости деформации у детей I группы как до транскатетерной коррекции ДМПП, так и через 6 месяцев после операции, причем в первые сутки после операции отмечены максимально низкие значения изучаемых параметров (табл. 2). Через 6 месяцев наблюдения по сравнению с исходными данными насосная деформация ЛП у пациентов I группы улучшилась, но определяемые показатели были более чем в 2 раза ниже, чем в группе здоровых детей. Время до достижения пика систолической деформации ЛП исходно не различалось между группой детей с ДМПП и группой сравнения (TTP S_{pump} I группа $80,3 \pm 11,9$ мс, II группа $81,6 \pm 11,9$ мс, $p_{I-II}=0,69$). В первые сутки после операции TTP S_{pump} у детей I группы увеличилось (с $80,3 \pm 11,9$ мс до $109,7 \pm 31,2$ мс, $p_{1-2}=0,00000$) и через 6 месяцев наблюдения существенно превышало значения в группе здоровых детей (I группа $118,9 \pm 49,6$ мс, II группа $82,6 \pm 9,4$ мс, $p_{I-II}=0,001$). Обнаружена обратная связь функциональных (ОАО и ФАО) и механических (S_{pump} и SR_{pump}) параметров ЛП (табл. 3). У детей I группы после транскатетерной коррекции ДМПП выявлена прямая связь S_{pump} и SR_{pump} и TTP S_{pump} . Следовательно, чем больше время до достижения пиковой деформации ЛП в насосную фазу, тем меньше контрактильная деформация ЛП. У детей сравниваемых групп до операции значимой корреляции параметров насосной механики ЛП и TTP S_{pump} не обнаружено. Выявлена корреляция насосной механики ЛП (S_{pump} и

SR_{pump}) через 6 месяцев после операции и отношения размер окклюдера/длина МПП ($R_s=0,71$, $p=0,0001$; $R_s=0,68$, $p=0,0001$ соответственно), а также обратная связь ОАО и ФАО через 6 месяцев после операции и отношения размер окклюдера/длина МПП ($R_s=-0,49$, $p=0,002$; $R_s=-0,6$, $p=0,0001$ соответственно). Таким образом, чем большая часть МПП представлена окклюдером, тем меньше контрактильная функция и механика ЛП.

Вопросам изучения функции ЛП у детей после эндоваскулярной коррекции ДМПП в настоящее время посвящены немногочисленные исследования. Между тем собственно структурно-функциональные характеристики ЛП являются одним из важных факторов появления наджелудочковых аритмий, а значит, способны влиять на отдаленный прогноз, что определяет необходимость проследить динамику ответа ЛП на изменившиеся после транскатетерной коррекции ДМПП гемодинамические и функциональные характеристики ЛП [3, 6, 7, 8, 11, 13]. G. Di Salvo изучал посегментарную продольную деформацию ЛП у детей (7 ± 2 года) через год после транскатетерной коррекции ДМПП и показал отсутствие деформации ЛП на уровне МПП из-за наличия окклюдера [11]. По нашим данным определялась значимая связь насосной механики и функции ЛП после операции и отношения размер окклюдера/длина МПП, что также показывает ассоциацию систолической продольной дисфункции ЛП и отсутствия вклада МПП в контрактильный компонент деятельности ЛП. В нашей работе

Таблица 3

Статистически значимые корреляции функциональных и механических ЭхоКГ-параметров левого предсердия

Показатели	Пациенты с ДМПП (I, n=38)			Группа сравнения (II, n=23)	
	1 R_s (p=)	2 R_s (p=)	3 R_s (p=)	1 R_s (p=)	2 R_s (p=)
$S_{\text{reserv}} - O_3$	0,41 (p=0,01)	0,39 (p=0,04)	0,3 (p=0,02)	0,54 (p=0,02)	0,55 (p=0,03)
$SR_{\text{reserv}} - O_3$	0,48 (p=0,02)*	0,4 (p=0,03)*	0,31 (p=0,03)*	0,81 (p=0,0001)*	0,82 (p=0,0001)*
$S_{\text{reserv}} - IP$	0,63 (p=0,0001)*	0,75 (p=0,0001)*	0,9 (p=0,0001)*	0,74 (p=0,0001)*	0,72 (p=0,0001)*
$SR_{\text{reserv}} - IP$	0,66 (p=0,0001)*	0,7 (p=0,0001)*	0,8 (p=0,0001)*	0,7 (p=0,0001)*	0,69 (p=0,001)*
$OAO - S_{\text{pump}}$	-0,65 (p=0,0001)*	-0,45 (p=0,004)*	-0,6 (p=0,0001)*	-0,49 (p=0,017)*	-0,61 (p=0,002)*
$OAO - SR_{\text{pump}}$	-0,77 (p=0,0001)*	-0,75 (p=0,0001)*	-0,55 (p=0,0001)*	-0,44 (p=0,032)*	-0,48 (p=0,02)*
$\Phi AO - S_{\text{pump}}$	-0,78 (p=0,0001)*	-0,45 (p=0,004)*	-0,81 (p=0,0001)*	-0,44 (p=0,036)*	-0,43 (p=0,039)*
$\Phi AO - SR_{\text{pump}}$	-0,9 (p=0,0001)*	-0,89 (p=0,0001)*	-0,7 (p=0,0001)*	-0,4 (p=0,04)*	-0,52 (p=0,01)*
$S_{\text{pump}} - TTP S_{\text{pump}}$	0,23 (p=0,1)	0,6 (p=0,0001)*	0,86 (p=0,0001)*	-0,1 (p=0,45)	-2,6 (p=0,2)
$SR_{\text{pump}} - TTP S_{\text{pump}}$	0,1 (p=0,2)	0,66 (p=0,01)*	0,7 (p=0,0001)*	0,1 (p=0,5)	0,02 (p=0,9)

Примечание: R_s – коэффициент ранговой корреляции Спирмена, * – статистическая значимость коэффициента корреляции; S_{reserv} – продольная деформация левого предсердия в фазу резервуара, SR_{reserv} – скорость продольной деформации левого предсердия в фазу резервуара, O_3 – объем заполнения левого предсердия, IP – индекс расширения левого предсердия; SR_{pump} – скорость деформации левого предсердия в насосную фазу, TTP S_{pump} – время до пика деформации левого предсердия в насосную фазу; I группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование в первые сутки после операции, 3 – исследование через 6 месяцев после операции; II группа: 1 – исходный результат исследования, 2 – исследование через 6 месяцев; p_{I-II} (1) – сравнение данных пациентов с ДМПП (I) и здоровых детей из группы сравнения (II); p_{1-2} , p_{1-3} , p_{2-3} – сравнение данных детей с ДМПП на разных этапах оценки.

показано, что еще одним фактором дисфункции ЛП после чрескатетерной коррекции ДМПП является нарушение электромеханической сопряженности ЛП, что проявляется существенным увеличением времени до достижения пиковой систолической (насосной) деформации ЛП и является отражением внутрисердечной диссинхронии. Обнаруженная корреляция TTP S_{pump} и показателей продольной механики в насосную фазу ЛП подтверждает значимое влияние внутрисердечной диссинхронии на систолический компонент функции ЛП. В свою очередь, угнетение механической систолы ЛП проявляется дисфункцией ЛП в виде снижения ФАО, уменьшая вклад в наполнение ЛЖ: чем ниже ФАО, тем меньше УИ ЛЖ. Компенсаторным механизмом для поддержания адекватного УИ ЛЖ выступает выявленное у обследованных нами пациентов I группы после транскатетерной коррекции ДМПП увеличе-

ние кондуктивной функции ЛП. Несмотря на коррекцию анатомии ЛП после закрытия ДМПП окклюдером, выявляются другие признаки геометрической и функциональной перестройки ЛП – увеличение ФПО, снижение ИР и ФАО, что свидетельствует о продолжающемся ремоделировании ЛП. Полученные данные ставят новые вопросы, требующие решения: имеются ли нарушения ритма и проводимости у этих пациентов в отдаленный послеоперационный период, будут ли прогрессировать выявленные изменения и сможет ли увеличение кондуктивной функции ЛП компенсировать резервную и насосную дисфункцию ЛП длительное время, не вызывая нарушений наполнения и функции ЛЖ.

Выводы

1. У детей раннего возраста с вторичным дефектом межпредсердной перегородки снижены все ком-

поненты фазовой функции и продольной механики левого предсердия, что связано с анатомией и гемодинамикой порока.

2. В первые сутки после транскатетерной коррекции порока отмечается возрастание резервуарных и кондуктивных компонентов функции левого предсердия, однако насосная функция и механическая составляющая контрактильности предсердия остаются значительно сниженными.

3. Через 6 месяцев после транскатетерной коррекции дефекта межпредсердной перегородки сохраняются признаки дисфункции левого предсердия в виде угнетения насосного и резервуарного функционального и механического компонентов деятельности левого предсердия и компенсаторного увеличения кондуктивного функционального вклада.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Moore J., Hegde S., El-Said H. Transcatheter device closure of atrial septal defects: a safety review. *J. Am. Coll. Cardiol. Interv.* 2013;6:433-442.
2. Suchon E., Pieculewicz M., Tracz W. Transcatheter closure as an alternative and equivalent method to the surgical treatment of atrial septal defect in adults: Comparison of early and late results. *Med. Sci. Monit.* 2009;15(12):612-617.
3. Cakal S., Eroglu E., Baydar O. Two-dimensional strain and strain rate imaging of the left atrium and left ventricle in adult patients with atrial septal defects before and after the later stage of percutaneous device closure. *Echocardiography.* 2014;00:1-5.
4. Castaldi B., Vida V. L., Agriolas A. Late Electrical and Mechanical Remodeling After Atrial Septal Defect Closure in Children: Surgical Versus Percutaneous Approach. *Ann. Thorac. Surg.* 2015;100:181-187.
5. Kim J. Y., Yun B.-S., Lee S. Changes in Strain Pattern and Exercise Capacity after Transcatheter Closure of Atrial Septal Defects. *Korean Circ. J.* 2017;47(2):245-253.
6. Павлюкова Е. Н., Кужель Д. А., Матюшин Г. В. Функция левого предсердия: современные методы оценки и клиническое значение. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2017;13(5):675-683. [Pavlyukova E. N., Kughel D. A., Matyushin G. V. The function of the left atrium: modern methods of assessment and clinical significance. *Ratsionalnaya farmakoterapiya v kardiologii.* – *Rational Pharmacotherapy in Cardiology.* 2017;13(5):675-683. (In Russ.)].
7. Cameli M., Lisi M., Focardi M. Left atrial deformation analysis by speckle tracking echocardiography for prediction of cardiovascular outcomes. *Am. J. Cardiol.* 2012;110(2):264-269.
8. Ghelani S. J., Brown D. W., Kuebler J. D. Left Atrial Volumes and Strain in Healthy Children Measured by Three-Dimensional Echocardiography: Normal Values and Maturational Changes. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2018;31(2):187-193.
9. Todaro M. C., Choudhuri I., Belohlavek M. New echocardiographic techniques for evaluation of left atrial mechanics. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2012;13(12):973-984.
10. Voigt J. U., Pedrizzetti G., Lysansky P. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015;16:1-11.
11. Di Salvo G., Pacileo G., Castaldi B. Two-dimensional strain and atrial function: a study on patients after percutaneous closure of atrial septal defect. *Eur. J. Echocardiogr.* 2009;10:256-259.
12. Lopes L., Colan S. D., Frommelt P. C. Recommendations for Quantification Methods During the Performance of a Pediatric Echocardiogram: A Report From the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010;23:465-495.
13. Aslan M., Erturk M., Turen S. Effects of percutaneous closure of atrial septal defect on left atrial mechanical and conduction functions. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2014;15:1117-1124.
14. Blume G., McLeod C. J., Barnes M. E. Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implications. *Eur. J. Echocardiogr.* 2011;12(6):421-430.
15. Vieira M. J., Teixeira R., Goncalves L. Left atrial mechanics: echocardiographic assessment and clinical implications. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2014;27(5):463-478.
16. Esmaeilzadeh M., Nikparvar M., Maleki M. Assessment of Inter and Intra-atrial Asynchrony in Patients with Systolic Heart Failure Using Velocity Vector Imaging. *Res. Cardiovasc. Med.* 2013;2(3):114-120.
17. Marcus K. A., Mavinkurve-Groothuis A. M., Barends M. Reference values for myocardial two-dimensional strain echocardiography in a healthy pediatric and young adult cohort. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011;24:625-636.

Сведения об авторах:

Синельников Юрий Семенович, доктор медицинских наук, главный врач; заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии; тел.: (3422)398787; e-mail: fccvs@permheart.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6819-2980>

Орехова Екатерина Николаевна, доктор медицинских наук, доцент; тел.: 2398707; e-mail: fccvs@permheart.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7097-8771>

Матановская Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, врач-кардиолог; тел.: 2398707; e-mail: Tania-larigina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2277-8935>